T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
TEMEL BİLİMLER ANABİLİM DALI

SALİH ZEKİ BEY'İN "HİKMET-İ TABÎİYYE-İ UMÛMİYYE'DEN MEBHÂS-I SAVT" İSİMLİ ESERİ VE "MÛSİKÎ SESLERİ" BÖLÜMÜNÜN İNCELENMESİ

AYŞEGÜL BAŞAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ferdi KOÇ

TEMMUZ - 2021

T.C
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

SALİH ZEKİ BEY'İN "HİKMET-İ TABÎİYYE-İ UMÛMİYYE'DEN MEBHÂS-I SAVT" İSİMLİ ESERİ VE "MÛSİKÎ SESLERİ" BÖLÜMÜNÜN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayşegül BAŞAR

Enstitü Anabilim Dalı : Temel Bilimler
Enstitü Bilim Dalı : Müzik Bilimleri

"Bu tez 29/07/2021 tarihinde online olarak savunulmuş olup aşağıdaki isimleri bulunan jüri üyeleri tarafından Oyçokluğu ile kabul edilmiştir."

JÜRİ ÜYESİ	KANAATİ
Prof. Dr. Mükerrem Bedizel ZÜLFİKAR AYDIN	Başarılı
Prof. Dr. Ferdi KOÇ	Başarılı
Doç. Dr. Erhan ÖZDEN	Başarılı

ETİK BEYAN METNİ

Enstitünüz tarafından Uygulama Esasları çerçevesinde alınan Benzerlik Raporuna göre yukarıda bilgileri verilen tez çalışmasının benzerlik oranının herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve Etik Kurul Onayı gerektiği takdirde onay belgesini aldığımı beyan ederim.

Etik kurul onay belgesine ihtiyaç var mıdır?

Evet ☐

Hayır ☒

AYŞEGÜL BAŞAR

29/07/2021

ÖNSÖZ

Bilim dünyamızda önemli bir yere sahip olan Salih Zeki Bey matematik, fizik ve astronomi bilgini ve bilim tarihçisidir. Devlet kurumlarında memuriyetinin yanısıra Darülfünûn'da ve birçok okulda müderrislik ve idarecilik yapmıştır. Darülfununda okuttuğu derslerin bir kısmını Hikmet-i Tabîiyye başlığıyla kitaplaştırmıştır. Bu çalışmada Salih Zeki Bey'in *"Hikmet-i Tabîiyye-i Umûmiyyeden Mebhâs-ı Savt"* adlı eseri latinize edilerek, eserin "Mûsikî Sesleri" bahsinin incelemesi yapılmıştır.

Çalışmamda desteğini gördüğüm değerli hocam, tez danışmanım Prof. Dr. Ferdi KOÇ'a teşekkürü borç bilirim. Çalışmam vesilesiyle tanışma şerefine eriştiğim, özverisi, katkıları ve bir anne şefkati yaklaşımıyla çalışmama büyük destek sağlayan Prof. Dr. Mükerrem Bedizel ZÜLFİKAR AYDIN'a müteşekkirim. Prof. Dr. Nilgün SAZAK, Doç. Dr. Cemal KARABAŞOĞLU ve üzerimde emeği olan bütün hocalarıma teşekkürü borç bilirim. Yazım aşamasında yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Neva TEZCAN TOPUZ ve eşi Mehmet TOPUZ'a teşekkür ederim.

Manevi desteklerini her zaman üzerimde hissettiğim annem Fatma BALTÜRK, babam Ahmet BALTÜRK ve kardeşlerime, kızım Elif Tuğba BAŞAR ve eşim Serhat BAŞAR'a, kıymetli hocam Neyzen Salih BİLGİN'e, değerli dostum Lütfiye ÇEÇEN'e çok teşekkür ederim.

Ayşegül BAŞAR

29/07/2021

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR ..... **iii**
ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
GİRİŞ **1**

BÖLÜM 1: SALİH ZEKİ BEY'İN HAYATI VE *MEBHÂS-I SAVT*

1.1. Salih Zeki Bey'in Hayatı Ve Eserleri **6**
1.2. Mebhâs-ı Savt **12**
1.2.1.Genel Özellikleri **12**
1.2.2.Yazım Tarihi ve İzin Belgesi **12**
1.2.3.Konusu ve İçeriği **13**

BÖLÜM 2: MEBHÂS-I SAVT'TA YER ALAN "MÛSİKÎ SESLERİ" BÖLÜMÜNÜN İNCELENMESİ

2.1.Mûsikî Sesleri **17**
2.1.1.Sesin Tarifi **17**
2.1.2.Sesin Şiddeti, Yüksekliği ve Çınlama **17**
2.2.Mûsikî Aralıkları **18**
2.2.1.Melodi ve Armoni **18**
2.2.2.Uyumlu ve Uyumsuz Aralıklar **19**
2.3.Batı Mûsikîsi **21**
2.3.1.Gamlar **21**
2.3.1.1.Majör Gam-Batlamyus Gamı **22**
2.3.1.2.Minör Gam **25**
2.3.1.3.Pisagor Gamı **26**
2.3.1.4.Tampere Gam **39**
2.3.1.5.Tabîî Gam **32**
2.3.2.Diyez ve Bemol **33**
2.3.3. Ahenk **38**

2.3.4.Bileşik Sesler 41
2.3.5.Armonik Sesler 42
2.4.Doğu Mûsikîsi 43
2.4.1.Lahnî Aralıklar 43
2.4.1.1.İsimler 43
2.4.1.2.Oranlar 43
2.4.1.3.Özel İşaretleri 43
2.4.2.Dizi 45
2.4.2.1.Yegah Dizisi 45
2.4.2.2.Acemaşiran Dizisi 46
2.4.2.3.Hicaz Dizisi 46
2.4.2.4. Uşşak Dizisi 46
2.4.2.5.Isfahan Dizisi 47
2.4.2.6.Saba Dizisi 47
2.4.2.7. Karcığar Dizisi 48
2.4.2.8.Segah Dizisi 48
2.4.2.9.Rast Dizisi 48
2.4.2.10.Nihavend Dizisi 48

BÖLÜM 3: ÇEVİRİ METİN

***MEBHÂS-I SAVT'*IN ÇEVİRİ METNİ** 55
SONUÇ 239
SÖZLÜK 241
KAYNAKÇA 249
EK 252
ORJİNAL METİN 264
ÖZGEÇMİŞ 353

KISALTMALAR

age : Adı geçen eser

agm : Adı geçen makale

bkz. : Bakınız

c. : Cilt

DİA : Diyanet İslam Ansiklopedisi

No : Numara

s. : Sayfa

sy. : Sayı

Yay. Haz: Yayına hazırlayan

ÖZET

Başlık: Salih Zeki Bey ve "Hikmeti Tabîiyye-i Umûmiyyeden Mebhâs-ı Savt" İsimli Eseri ve "Mûsikî Sesleri" Bölümünün İncelenmesi

Yazar: Ayşegül BAŞAR

Danışman: Prof. Dr. Ferdi KOÇ

Kabul Tarihi: 29/07/2021 **Sayfa Sayısı:** V(ön kısım)+353(tez)

Türk Mûsikîsi nazariyesinde geçmişten günümüze kadar kullanılan farklı sistemler mevcuttur. Günümüzde teoride kullanılan sistem Arel-Ezgi sistemidir. Bu sistem, Rauf Yekta Bey'in kurduğu sistemden belli başlı kalıplarla ayrılsa da, temelleri bakımından onun kurduğu sisteme dayanmaktadır. Rauf Yekta Bey mûsikîmizin ilmi esaslarının tespitinde ve ses fiziği alanında önemli çalışmalar yapmıştır. Yekta, yaptığı bu çalışmalarda, dönemin ünlü fizik ve matematik bilgini Salih Zeki Bey'den yardım almıştır. Salih Zeki Bey (1864-1921) Osmanlı Devleti'nin son dönemlerinde yetişmiş bir matematik ve fizik bilginidir. Farklı bilim dallarında yaptığı atılımlarla Türk bilim tarihi yazıcılığının öncü ismi olarak kabul edilmektedir. Çeşitli kurumlarda memuriyyet ve Darülfünûn'da uzun yıllar hocalık yapmış ve pek çok önemli eser kaleme almıştır. Bu eserlerden biri de TTK Kütüphanesi'nin "A005920" numaralı dijital kaynağından ulaştığımız "Hikmet-i Tabîiyye-i Umûmiyyeden Mebhâs-ı Savt" adlı eseridir. Eser Osmanlı'da ses fiziği alanında yayımlanmış ilk eser olması bakımından önem taşımaktadır. Bu çalışmada Mebhâsı Savt'ın istifade edilebilir hale getirilebilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç ışığında eserin tamamı tarafımızdan günümüz Türkçesi'ne aktarılmış ve Salih Zeki Bey'in bilimsel anlamda mûsikîmize katkılarının görülmesi açısından "Mûsikî Sesleri" bölümünün incelemesi yapılmıştır

Anahtar Kelimeler: Mebhâs-ı Savt, Salih Zeki Bey, Türk Mûsikîsi, Ses Fiziği

ABSTRACT

Title of Thesis: The review of Salih Zeki Bey's Work "Hikmet-i Tabîiyyeyi Umûmiyyeden Mebhâs-ı Savt" (Matter of Sound in Knowledge of General Nature) and The Chapter "Sounds of Music"

Author of Thesis: Ayşegül BAŞAR

Supervisor: Prof. Dr. Ferdi KOÇ

Accepted Date: 29/07/2021 **Number of Pages:** V(pre text)+353(main body)

There are different systems that have been used in Turkish Music Theory from to past to the current times. In this day and age, Arel-Ezgi Melody System is used in theory. Although this system differs from the system that was founded by Rauf Yekta Bey in some certain aspects, its foundations are based on the system that was found by him. Rauf Yekta Bey had important contributions on finding of scientific basics of our music and acoustics. In his studies, Yekta got assistance from Salih Zeki Bey who was a famous physicist and mathematician. Salih Zeki Bey (1864-1921) was a mathematician and physicist who had lived in last era of Ottoman Empire. He is well accepted as a leading name of science histography due to the breakthroughs he had contributed in different branches of science. He had worked in various institutes, been a teacher in Darülfünun for years and written many important works. One of these works is "Hikmet-i Tabîiyye-i Umûmiyyeden Mebhâs-ı Savt" (Matter of Sound in Knowledge of General Nature) that we had access in TTK Library digital source number "A005920". The work is important due to its quality as the first publishing on the subject of acoustics in Ottoman Era. In this study, it is aimed to make Mebhâs-ı Savt (Matter of Sound) to become utilisable. In consideration of this aim the whole work is transcribed to modern Turkish. The section of "Sounds of Music" is reviewed to demonstrate Salih Zeki Bey's scientific contribution to our music.

Keywords: Mebhâs-ı Savt (Matter of Sound), Salih Zeki Bey, Turkish Music, Acoustics

GİRİŞ

Mûsikî bediî sanatlarımızın en önemli şubelerindendir. Bir sanat dalı olmasının yanısıra kendi içinde konusu, kuralları ve yöntemi olan bir bilim dalıdır. Fizik, matematik, edebiyat ve tarih gibi bilim dallarıyla iç içedir. Medeniyetlerin süzgeci olan mûsikî kültürü, her toplum için farklı bir kimlik kazanmıştır.

Türk mûsikîsi tarihi, geniş bir coğrafya ve uzun bir zamanı kapsar. Geçmişten günümüze Türk mûsikîsinde hem önemli hanende, sazende, bestekâr ve müzikologlar yetişmiş hem de Türk mûsikîsini bize bilimsel bir şekilde tanıtan nazarî sistemler gelişmiştir.

Bu sistemlerin ilki "Sistemci Okul" olarak adlandırılan, 13. yüzyılda Safiyüddin Urmevi ile başlayan ve on yedili ses sistemini esas alan okuldur. Bu sistem 15. yüzyılın bir kısmını kapsayacak şekilde devam etmiştir (Köprülü;2018:s.265). Sistemci okul döneminde makamı oluşturan dörtlü aralıklar Cins olarak adlandırılmış, cinslerin çeşitli şekillerde bölünüp biraraya gelmesiyle makam dizileri oluşmuştur (Kaçar; 2008: s.148). Sistemci okuldan sonra Ladikli Mehmed, Cemişgezekli Şükrullah ve Molla Câmî gibi isimlerin çalışmaları vardır.

Aradan geçen uzun bir dönemden sonra Rauf Yekta Bey'in kurduğu sistem karşımıza çıkar. Rauf Bey kendinden önceki üç önemli ismin, Mevlevi şeyhi Ataullah Dede, Celaleddin Dede ve Hüseyin Fahreddin Dede'nin, birikimlerini devralmış ve ayrıca Mihail Meşakka'dan da etkilenmiştir. Çalışmalarıyla mûsikî nazariyemizin fizik temellerini atan Yekta'nın kurduğu sistem 24 perdeli ses sistemidir. Bu sistemde ana dizi olarak Yegâh dizisi kabul edilmiştir.

Ana çizgileri Abdülkadir Töre tarafından ortaya koyulan ve daha sonra öğrencisi Ekrem Karadeniz'in derlediği sistem olan Töre- Karadeniz sistemi, 41 aralıklı ses düzenine göre kurulmuştur. Sent sistemi yerine Türk sent usûlü adı verilen yeni hesap sistemi kullanılmıştır.

Arel- Ezgi sistemi olarak bilinen sistem, günümüz nazariyesinde kullanılan, yine 24 perdeye dayalı ses sistemidir. Bu sistem Rauf Yekta Bey sisteminden farklı olarak Çargâh dizisini esas almıştır.

Rauf Yekta Bey, kurduğu sistem ve yaptığı çalışmalarla, Osmanlı mûsikîsinin ilmi esaslarının tespitinde önemli rol oynamış ve mûsikîmizin fizik temellerini atmıştır.

Yaptığı çalışmalarda, müzikolojinin ayrılmaz bir parçası olduğuna inandığı ses fiziği konularında, ünlü fizik bilgini Salih Zeki Bey'den yararlanmıştır (Öncel; 2014: s.48). Salih Zeki Bey, bir bilim insanı sıfatıyla Yekta'nın araştırmalarına ilgi göstermekle kalmamış, aynı zamanda, konuyla ilgili, Batıdaki çağdaş bilgiyi Osmanlı dünyasına aktaran ilk fizikçi olmuştur (Öztürk; 2020: s.187).

Osmanlı'nın son dönemlerinde yetişmiş olan Salih Zeki Bey matematik, fizik ve astronomi bilginidir. Ayrıca çalışmalarıyla Türk bilim tarihi yazıcılığının öncüsü sayılmaktadır. Başka bilim dallarında da önemli çalışmaları olan Salih Zeki Bey'in pek çok eseri vardır. Bu eserlerden biri, Darülfünûn'daki hocalığı döneminde derslerde okutulması için hazırladığı, *"Hikmet-i Tabîiyye-i Umûmiyye'den Mebhâs-ı Savt"* adlı eseridir. Mebhâs-ı Savt Osmanlı'da ses fiziği alanında yayımlanmış ilk eserdir.

Araştırmanın Konusu

Salih Zeki Bey ve *Hikmet-i Tabîiyye-i Umûmiyyeden Mebhas-ı Savt* adlı eserindeki "Mûsikî Sesleri" bahsinin incelenmesi.

Araştırmanın Problemi

Araştırmanın problemini Mebhâs-ı Savt'taki "Mûsikî Sesleri" bahsi nasıldır?" sorusu oluşturmaktadır.

Amaç

Bu araştırmada Salih Zeki Bey'in *Mebhâs-ı Savt* adlı eserinin, Latinize edilerek istifâde edilebilir hale getirilmesinin yanı sıra, "Musîki Sesleri" bahsinin incelemesi yapılarak Salih Zeki Bey'in mûsikî nazariyesi alanına katkılarını göstermek amaçlanmıştır. Bu amaç ışığında aşağıdaki alt problemlere cevap aranacaktır:

Alt Problemler:

1) Mebhâs-ı Savt'ın yazarı kimdir?

2) Mebhâs-ı Savt hangi konuları içermektedir?

3) Mebhâs-ı Savt'taki mûsiki sesleri ve aralıkları nelerdir?

4) Mebhâs-ı Savt'ta Batı mûsikîsi bahsi nasıldır?

5) Mebhâs-ı Savt'ta Doğu mûsikîsi bahsi nasıldır?

Araştırmanın Önemi

Mebhâs-ı Savt Osmanlı'da modern akustikle ilgili yayımlanmış ilk eser olması bakımından önemli bir eserdir. Eserdeki "Mûsikî Sesleri" bahsi Salih Zeki Bey'in mûsikî nazariyesi alanına katkılarını ortaya çıkarması bakımından ve o dönemindeki Doğu - Batı Mûsikîsi'ne bakış açısını yansıtması bakımından önem arz etmektedir.

Bu çalışma Mebhâs-ı Savt'ın Osmanlıcadan Latinize edilerek istifade edilebilir hale getirilmesi ve "Mûsikî Sesleri" bahsiyle Salih Zeki Bey'in mûsikîmizin bilimsel esaslarına katkılarının görülmesi açısından önem taşımaktadır.

Sınırlılık

Bu çalışma Salih Zeki Bey'in *Mebhâs-ı Savt* adlı eserinin, "Mûsikî Sesleri" bahsi ile sınırlıdır.

Yöntem

Araştırmanın Modeli

Bu çalışmada kullanılan yöntem nitel araştırma yöntemlerinden, tarihsel araştırma yöntemidir. Tarîhsel araştırma yöntemi: "Dönemin dökümanları incelenerek ya da o zamanda yaşamış kişilerle görüşmeler yapılarak odaklanılan problemle ilgili olarak "Geçmişte ne oldu?" sorusuna cevap arar." (Büyüköztürk,Akgün, Demirel, Karadeniz ve Kılıç; 2019: s.21) Bu yöntemden hareketle elde ettiğimiz veriler yorumlanmış ve alt problemlere göre bulgular bölümüne yerleştirilmiştir.

Evren ve Örneklem:

Evren: Mebhâs-ı Savt

Örneklem: Mebhâs-ı Savt'taki "Mûsikî Sesleri"

Verilerin Toplanması:

Bu araştırmadaki verilere kaynak tarama ve belgesel inceleme teknikleri kullanılarak ulaşılmıştır. Belgesel inceleme; belgelere-dökümana dayalı araştırmalar, programlar, yönetmelikler, kitaplar, gazeteler, raporlar gibi çeşitli yazılı ya da eloktronik ortamda

kayıtlı olan verilerin analizine dayalı yürütülen çalışmaları tanımlar (Büyüköztürk, 2019, s.21).

Hikmeti Tabîiyye-i Umûmiyyeden Mebhâs-ı Savt adlı esere TTK Kütüphanesi'nin "A005920" numaralı dijital kaynağından ulaşılmıştır.

Verilerin Çözümlenmesi ve Yorumlanması:

Bu çalışma bir dil çalışması olmadığı için tam transkripsiyon yapılmamıştır. Metni ağırlaştırmamak ve okuyuşu kolaylaştırmak için bugün kullanılan kelimelerde günümüz imlası tercih edilmiştir, bugün kullanılmayan kelimelerde ise doğru okuyuşu sağlayabilmek adına 'ayn' ve 'hemze' işaretleri gösterilmiştir. Tamlamalar aslına uygun şekliyle yazılmıştır.

Bu çalışma eserin "Mûsikî Sesleri" bahsi ile sınırlıdır; geri kalan kısmının, ileride yapılacak çalışmalara katkı sağlaması bakımından, çeviri metni konulmuştur. Eserin "Mûsiki Sesleri" bahsi inceleme konusu olduğundan sözlük kısmında burdaki terimlere yer verilmemiş, eserin diğer bölümlerindeki terim anlamı taşıyan kelimelerden sözlük oluşturulmuştur.

Eser içinde yer alan denklem ve formüller çalışmamızın asıl konusunu oluşturmadığından, bu konuda fizik uzmanı Sakarya Üniversitesi Fizik Bölümü Öğretim Üyelerinden Doktor Öğretim Üyesi Yılmaz Güney'in görüşü de alınarak, bunlar sadece Latinize edilmiş, tahlile girişilmemiştir.

Salih Zeki Bey eser içinde çeşitli semboller kullanmıştır. Bunların bazıları Arap harfleriyle gösterilmiştir bazılarında ise birtakım işaretler verilmiştir. Burada takip ettiğimiz yöntem işaretleri aynen muhafaza etmek, Arap harfleriyle gösterilen yerleri ise Latin harflerine çevirmek şeklinde olmuştur. Örneğin "ﷺ ", "ها " gibi işaretler aynen muhafaza edilerek çeviri metinde yer almıştır. Müellifin "ﷺ" işaretini, bir noktadan bir noktaya ulaşmak için sarf edilen zamanı simgelendirmek için kullandığı, ها işâretini ise tek başına kullanmayıp denklemlerde bileşen olarak kullandığı görülmüştür.

Denklemlerde verilen bazı harflerin noktasız, ب gibi, olması nedeniyle bu harflerin 'b'olabileceği gibi 'p, s' gibi başka harflerden biri olabileceği de göz önünde bulundurulmalıdır. Harfler Latinize edilirken kullanılan harf bileşenlerinin bazı

kelimelerin kısaltması olabileceği de unutulmamalıdır. Metin içindeki şekiller fotoğraf olarak alınmıştır, hem bu şekillerdeki hem de denklemlerdeki harflerin transkripsiyonu aşağıdaki şekilde yapılmıştır:

ب : b . Bu harf noktalı olup olmamasına veya kalın olup olmamasına göre bazı yerlerde ‘B’ , bazı yerlerde de ‘ be’ şeklinde aktarılmıştır.

ل : L	ط : ṭ	ف : ḳ	ے : e
ی : y	ف : f	م : m	ع : a
گ : g	س : s	ع : c	ص : ṣ

لا : le

Çalışma üç ana bölümden oluşmaktadır:

Birinci bölümde Salih Zeki Bey’in hayatı ve memuriyetiyle ilgili bilgilere yer verilmiştir. Daha sonra Mebhâs-ı Savt’ın içeriği ve bölümleri anlatılmıştır.

İkinci bölümde eserdeki “Mûsikî Sesleri” bahsinin incelemesi yapılmıştır. İnceleme yapılırken müellifin verdiği bilgileri doğru şekilde aktarabilmek adına, gerekli yerlerde açıklamalar yapılıp gerekli görülen yerlerde başka kaynaklarla konu desteklenmiştir.

Üçüncü bölümde eserin tamamının tarafımızdan çeviri metni yapılmıştır.

Eserin ismi çalışma içinde Mebhâs-ı Savt olarak kullanılacaktır.

BİRİNCİ BÖLÜM: SALİH ZEKİ BEY'İN HAYATI VE MEBHÂS-I SAVT

1.1.Salih Zeki Bey'in Hayatı ve Eserleri (1864-1921)

Salih Zeki Bey esnaftan Hasan Efendi'nin oğludur. 1864 senesinde İstanbul'da doğmuştur.[1] Küçük yaşlarda anne ve babasını kaybettiği ve büyükannesi tarafından büyütüldüğü bilinmektedir. Sıbyan Mektebi'nde ve Darüşşafaka'da eğitim görmüştür. Darüşşafaka'daki öğrenciliği döneminde matematikteki başarısını göstermiş ve 1882'de mezun olmuştur.

Darüşşafaka'daki matematik hocası Mehmed Nadir Bey'dir[2]. Yine Darüşşafaka'da telgraf tekniği dersleri vermekte olan Telgraf Nezareti Fen Müşaviri, Fransız Emile Henri Lacoine'dan[3] astronomiyle ilgili bilgiler edinmiş ve takvim çalışmalarını da ilk defa onunla yapmıştır. Lacoine, Salih Zeki Bey'in zekasına ve matematik konularındaki ileri eğilim ve istidadına hayran olmuş ve arkadaşı Ahmed Fahri ile birlikte Salih Efendi'ye, telgraf tekniği ile ilgili ilk bilgilerle yüksek matematiğe giriş- diferansiyal ve integral hesap- konuları üzerine ders vermiştir (Saraç, 2001, s.15).

Darüşşafaka'nın amaçlarından biri de mezunlarına bir meslek kazandırmaktır. Bu nedenle ,dönemin gözde mesleklerinden biri olanı, son sınıfta iyi bir fizik bilgisinin yanısıra telgrafçılığa yönelik dersler de verilmektedir. Darüşşafaka mezunlarının önemli bir bölümü Posta ve Telgraf Nezâreti'nde memur olarak çalışmaktadırlar. (Dölen, 2005, s.123). Salih Zeki Bey 1882' de Posta ve Telgraf Nezareti Fen Kalemi'ne girip 1883' te tahsilini tamamlamak için Paris'e gönderilmiştir[4]. Tahsilinden sonra 1 Ocak 1883'te

---

[1] Bkz. Ek 2 , T.C Cumhurbaşkanlığı Devlet Arşivleri Başkanlığı, DH_SAİDd_00022_00148

[2] Mehmed Nadir Bey (1856-1927): Darülfunun Sayılar Teorisi Müderrisi. 1856 yılında Sakız adasında dünyaya gelmiştir. Nadir Bey, ilk, orta ve lise öğrenimini Bursa Askerî Rüşdiyesi ve İstanbul Kuleli Askerî Lisesi'nde tamamladıktan sonra Harbiye Mektebi'ne girmiş ve oradan da Deniz Harp Okulu'na geçmiştir. Buradan mezun olup Bahriye Meclisi Başkanlığı'nda sekreterliğeatanmıştır. 22 yaşındayken Bahriye Nezareti tarafından, Bahriye Mektebi'ne, matematik hocası cebirci Eşref Bey'in yardımcısı olarak atanmıştır. Yine aynı yıl Darüşşafaka'da "hesap (aritmetik), cebir, hendese (geometri), münhaniyât (eğriler)" derslerini vermeye başlamıştır. Buradaki öğrencilerinden biri de Salih Zeki Bey'dir. Bkz. Doğan Enfel, İstanbul (Erkek) Lisesi'nin Kurucusu Mehmed Nadir Bey'in Öğretmenlik Mesleği Ve Öğretim Yöntemleri İle İlgili Görüş Ve Öneriler, SAÜ Eğitim Fakültesi Dergisi:2007, c.14, s.142-160.

[3] Emile Henri Lacoine (1835-1899): Fransız elektrik mühendisi. 1850'lerde Osmanlı Devleti'nin hizmetine girerek telgraf hatlarının tesisinde öncü rol oynamış ve Darüşşafaka Lisesi'nde elektrik dersi vermiştir. Bu dönemdeki iki öğrencisi Salih Zeki Bey ile elektrik mühendisi ve matematikçi Mehmed Emin Kalmuk'tur.

[4] Kendisine "Zeki" mahlası da, Paris' teki öğrenimi döneminde, arkadaşları tarafından verilmiştir. Derslerine devam ettiği Yüksek Mühendislik Okulu'nun ileri sınıfındaki Fransız arkadaşları tarafından,bir integral hesabının çözümünde gösterdiği başarı dolayısıyla kendisine "Sen çok *intelligent* (zekisin)"

rütbe-i sâlise[5] ile yine Posta ve Telgraf Nezareti'nde görev yapmaya başlamıştır (Ek 2). Bir müddet sonra Kıbrıs adası kablolarının tamiri memuriyetine tayin edilmiş ve 1305(1887/1888)'te rütbe-i sâniye sınıfı sânisi[6] ile ünvanı mühendis kalemine döndürülen eski görev yerinin müdür muavinliğine nakledilmiştir (Ek 2).

Salih Zeki Bey Posta ve Telgraf Nezareti'ndeki görevlerinin yanı sıra matematikle ilgilenmiş ve ortaöğretimlere yönelik çeşitli alanlara yönelik ders kitapları yazmıştır. Mekteb-i Bahriyye-i Hümâyunda elektrik tatbikâtı adıyla açılan dersi okutmaya görevli olduğu dönemde elektrik bilimine dair iki kısım olarak bir eser yazmıştır ve döneminde henüz bu eseri yayınlamadığı kaydedilmiştir (Ek 2).

1890'lı yıllarda, daha sonraki dönemde müdürlüğünü yaptığı, Resimli Gazete'de Âsâr-ı Eslâf, Felekiyat, Matematik – Fizik, güncel ve teknik konular gibi başlıklarla makaleler yayınlamıştır (Dölen, 2005, s.124). 1889'da bir Türk bilim adamının yurt dışında yayımladığı ilk bilim tarihi çalışması olan "Mémoire sur les chiffres indiens" adlı makalesi çıkmıştır (Unat, 2009, s.43).

Hoca İshak Efendi ve Vidinli Tevfik Paşa'dan sonra Türkiye'de çağdaş matematiğin tanınması ve benimsenmesi yolunda en çok katkıda bulunan bilginlerin başında Salih Zeki Bey gelmektedir (Köten, 2009, s.2).

Salih Zeki Bey'e vazifelerindeki gayret ve mesaisinden dolayı 16 nisan 1893'te bir kıt'a rütbe-i sâniye sınıfı mütemâyizi[7] rütbesi verilmiştir. Memûriyet vazifesini hüsn-i îfa ile

---

denilmesi sebep olmuş ve bundan sonra artık daima Salih Zeki diye anılmaya başlamıştır. Bkz. Saraç, age, s. 16.

[5] Rütbe, devlet memurları ile halktan bazı kimselere verilen paye ve unvanlar için kullanılan bir tabirdir. Osmanlılarda rütbe Yeniçeri teşkilatıyla meydana gelmiş, sonradan mülkiye sınıfına ve daha sonra ulemaya verilmeye başlanmıştır. Osmanlı protokolünün basamaklarını oluşturan her rütbenin konuşmada ve yazışmada lâkab-ı resmiyye denilen bir de özel hitap şekli vardı. Kalemiye ile mülkiye sınıfının birleştiği 1833 tarihinde ûla, sâniye, salise ve râbia olarak dört sınıf mülkiye rütbesi kabul edilmiştir. Böylece, her memuriyetin hangi rütbeye ait olduğu belirlenmiştir. Bkz. Ahmet Gündüz, *Madalya, Rütbe ve Nişanlar,* History Studies, s. 133. Aşağıdan yukarıya doğru sırasıyla mülkiye rütbeleri ve lâkapları şunlardır: Hâmise (fütüvvetli efendi/bey), Hâcegânlık (fütüvvetli efendi/bey), Râbia (fütüvvetli efendi/bey), Sâlise (rif'atli efendi/bey), Saniye (izzetli efendi/bey) ve Mir-i Ümerâ (izzetli paşa), Saniye Sınıfı Mütemâyizi (izzetli efendi/bey), Ula Sanisi (saadetli efendi/bey) ve mirmiran (saadetli paşa), Ula Evveli (saadetli efendi/bey) ve Rumeli Beylerbeyliği (saadetli paşa), Bâlâ (atufetli beyefendi), Vezir (devletli paşa). Bkz Yılmaz Öztuna, Devletler ve Hânedanlar II, Türkiye (1074-1990), Ankara: 1990, s.905-909, 913. Bu rütbelerden Rütbe-i sâlise, saniye´den küçük, rabia´dan büyük olan bir mülkiye rütbesidir. Askeri rütbelerdeki karşılığı binbaşılıktır. Salise rütbesine sahip olanlar ricalden sayılmadıkları için, teşrifata dâhil değildirler.

[6] Rütbe-i sâniye sınıfı sânisi *:* Aşağıdan yukarıya doğru sayıldığında beşinci rütbe olan sâniye rütbesi ikiye ayrılmıştır, rütbe-i sâniye sınıfı bunlardan biridir. Ricalden sayılmadıkları için teşrifata dahil değildirler.

[7] Rütbe-i sâniye sınıfı mütemâyizi: Saniye sınıfının iki kolundan diğeridir. Ricalden sayılmadıkları için teşrifata dahil değillerdir.

yerine getirmesinden dolayı 8 Ağustos 1894'te dördüncü rütbeden Mecîdî Nişânı'yla[8] taltif olunmuştur (Ek 2).

Salih Zeki Bey 14 Ekim 1893'te bir ilave memuriyet suretiyle daire muayene komisyonu reis-i sâniliğine tayin olmuştur. 31 ocak 1896'da Rasathâne-i Âmire müdüriyetine tayin edilmiştir.[9] 1898 senesi ramazanın yedisinde terfian rütbe-i ûla sınıfı sânisi[10] rütbesi verilmiştir. Daha sonra Mercan İdâdisi'nde hikmet ve makine muallimliğine nakl edilmiştir. Hizmet ve gayretlerinden dolayı kendisine rütbe-i ulâ sınıfı evveli[11] verilmiştir (Ek 2).

1908'de Tanin gazetesinde bilimsel makaleler yazmaya başlamıştır. Bu sırada Dârülfünûn-ı Şâhâne'nin Ulûm-i Riyâziyye ve Tabîiyye Şubesi'nde analitik geometri, matematiksel fizik, astronomi ve ihtimaller hesabı derslerini vermiştir. Meclis-i Maarif Daire-i İlmiye üyesi olmuş, burada Emrullah Efendi[12] ile birlikte çalışmıştır . İdareci olarak Mektebi Sultâni (Galatasaray Lisesi) müdürlüğü[13] yapmıştır. 28 Aralık 1913'te Darülfünûn Umum Müdürlüğü (rektör)'ne getirilmiştir (Dölen, 2005, s.125).

Salih Zeki Bey'in ilk eşi piyanist Vecihe Hanım'dır ve ondan bir oğlu olmuştur (Malik Sayar). İkinci eşi Halide Edip (Adıvar) Hanım'dır ve ondan da iki oğlu olmuştur(

---

[8] Nişanlar, devlet adına gösterilen üstün başarı ve yararlılıklardan dolayı hak eden kişileri onurlandırmak amacıyla verilen ve göğse takılan alametin adıdır. Ahmet Gündüz, *Madalya , Rütbe ve Nişanlar,* History Studies, s. 134. Klasik dönemdeki hıl'at, çeleng/murassa tac ve murassa altın kılıçtan ibaret olan taltif eşyalarının yerini II. Mahmud'tan başlayarak Tanzimat döneminde nişanlar aldı. Bu nişanlar kıdem sırasına göre yukarıdan aşağıya doğru ihdas tarihleriyle beraber şunlardı: Tasvir-i Hümâyûn Nişanı (II. Mahmud döneminde kısa bir süre kullanıldı), Hanedan-ı Âl-i Osman Nişanı (hanedan üyelerine mahsustu, 1893, II. Abdülhamid), Ertuğrul Nişanı (1908, II. Abdülhamid), Murassa İftihar Nişanı (II. Mahmud), Murassa İmtiyaz Nişanı (1878, II. Abdülhamid), Meziyet Nişanı (II. Meşrutiyet döneminde ihdas edildi ve vaz geçildi), Osmânî Nişanı (1862, Abdülaziz, murassasıyla birlikte beş rütbedir), Mecîdî Nişanı (1852,) Abdülmecid, murassasıyla birlikte altı rütbedir), Şefkat Nişanı (1878, II. Abdülhamid, yalnız kadınlara mahsustur), Maârif Nişanı (II. Meşrutiyet). Bkn. Yılmaz Öztuna, *Devletler ve Hânedanlar II, Türkiye (1074-1990),* (Ankara: 1990, s. 910-911. Mecidî nişanının birinci rütbesinin 50, ikinci rütbesinin 150, üçüncü rütbesinin 800, dördüncü rütbesinin 3000, beşincisinin 6000 olmak üzere toplam 10.000 adet olduğu belirtilmiştir.

[9] Bkz. T.C Cumhurbaşkanlığı Devlet Arşivleri Başkanlığı, İ.MF.3/40.

[10] Ûlâ sânisi: Ula sınıfı iki kola ayrılmıştır, Ûla sânisi bunun bir koludur ve tefrişata dahil değillerdir.

[11] Ûlâ sınıfı evveli: Ûla sınıfının diğer koludur, ricalden sayılıp teşrifata dahil edilmiştirler.

[12] Emrullah Efendi (1858-1914): Osmanlı Maarif Nâzırı. Lüleburgaz'da doğdu. 1900 yılında Meclis-i Maârif üyeliğine tayin edildi. II. Meşrutiyet'in ilânından sonra Kırklareli mebusu olarak meclise girdi. Galatasaray Mekteb-i Sultânîsi müdürlüğüne ve Meclis-i Maârif İlmiye Dairesi başkanlığına getirildi. 10 Ocak 1910'da kurulan İbrâhim Hakkı Paşa kabinesinde Maarif nâzırı oldu. Münif Mehmed Paşa'dan sonra Osmanlı eğitim sisteminin yenileştirilmesinde öncü rolü oynayan Emrullah Efendi Maarif nâzırlığı döneminde ilk öğretim kanununu çıkarmış, orta ve yüksek öğretimle ilgili birçok yönetmelik hazırlayarak yürürlüğe koymuştur. Ziya Kazıcı, Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi, c.11 , s.165-166

[13] Bkz. T.C Cumhurbaşkanlığı Devlet Arşivleri Başkanlığı, İ.MF.15/59.

Ayetullah ve Zeki Sayar) . Üçüncü eşi öğretmen Münevver hanımdır ondan da iki oğlu olmuştur (Tarık ve Faruk Sayar). Salih Zeki Bey 1920'de geçirdiği rahatsızlığın ardından 2 Temmuz 1921'de vefat etmiş ve Fatih Camii hazîresine defnedilmiştir.[14]

Salih Zeki Bey Osmanlı'nın çeşitli kadrolarında memur olarak görev yapmıştır. Döneminde Osmanlı Devleti'nde bütün memurların biyografileri ve mesleki kariyerleri defterlere kaydedilmektedir. Kayıtların tutulduğu bu defterlere Sicilli Ahval (Umûmî) Defterleri denilmektedir. Sicilli Ahval Defterleri'nde şeriye, askeriye ve zaptiye dışında kalan dahiliye, mülkiye, adliye, maliye, evkaf gibi dairelerdeki bütün personelin biyografisi kaydedilmiştir (Çetin, t.y, s.93). Salih Zeki Bey'in sicil kaydı bahsi geçen Sicilli Ahval Defterlerinden 22 numaralı defterin 293. sayfasında kayıtlıdır[15] .

Salih Zeki Bey çalışmalarıyla modern bilim tarihçiliğinin öncülüğünü yaparak bilim dünyamıza matematik, fizik, kimya , astronomi gibi birçok alanda katkılar sağlamıştır. Diğer yandan Rauf Yekta Bey'in yaptığı çalışmalara olan desteğiyle mûsikîmize ses fiziği alanında katkıları olmuştur. Salih Zeki Bey, "bir bilim insanı sıfatıyla Yekta'nın araştırmalarına ilgi göstermekle kalmamış, aynı zamanda, konuyla ilgili, Batıdaki 'çağdaş' bilgiyi Osmanlı dünyasına aktaran ilk fizikçi olmuştur" (Öztürk, 2020, s.187). Bu konuyla ilgili olarak Nazmi Özalp, Rauf Yekta'nın hayatını anlatırken "ses fiziğine dair merak ederek yakın akrabası ve o dönemin ünlü matematikçisi Salih Zeki Bey'den fizik ve matematik öğrenerek mûsikînin bilimsel yönüne ilk adım atmış oldu" der (Özalp, t.y, s.83).

Rauf Yekta Bey mûsikîmiz üzerine yaptığı çalışmalarla döneminin önde gelen sîmalarından biridir ve mûsikî nazariyemizin fizik temellerini atmıştır.Bu çalışmalarında Rauf Yekta, ses fiziği ve sonometre konularında Salih Zeki'den dersler almış ve Salih Zeki Bey'in ses fiziğiyle ilgili müstakil bir kitap meydana getirmesine vesile olmuştur (Öztürk, agm, 33).

Makaleler ve verdiği konferanslar dışında çok sayıda olan eserlerinden 30'u aşkını basılmıştır. Basılmayan diğer eserlerinin de basımı için Salih Zeki Bey'in ölümünden

[14] Fatih Camii haziresine defnedilmesine izin verildiğine dair evrak için bkz. Devlet Arşivleri, İ.DUİT.17/89.
[15] Bkz. Ek 2, T.C Cumhurbaşkanlığı Devlet Arşivleri Başkanlığı, DH_SAİDd_00022_00148

sonra büyük çaba harcayan Hüsnü Hamid (Sayman)[16] (1890-1975) eserlerin müsveddelerini İstanbul Darülfünûnu (Üniversitesi) Kütüphanesi'ne bağışlayarak günümüze ulaşmasını sağlamıştır. Salih Zeki Bey'in ayrıca Büzürg makamında bestelediği aksak semai şarkısı[17] vardır (Öztuna, 1990, s. 259). Eserleri[18] **:**

Kâmûs-ı Riyâziyyât: Salih Zeki'nin bilim tarihi konusundaki en büyük eserlerinden biridir. İlk cildi 1899'da İstanbul' da basılmıştır. Salih Zeki Bey bu eserinde, matematik ve astronomide kullanılan terimleri açıklamış ve matematikçilerle astronomların biyografilerine yer vermiştir. Eser içeriği itibariyle ilk matematik ve astronomi ansiklopedisi özelliği taşımaktadır. Bu eserin diğer ciltleri basılamamıştır, yazma halinde İstanbul Üniversitesi Kütüphanesi'ndedir.

Âsâr-ı Bâkıye (1913) : Salih Zeki Bey'in en önemli eserlerinden biridir. Bu eserinde, İslam dünyasındaki matematik yazmaları üzerindeki araştırmalarının neticelerini açıklamaktadır.Tamamı basılmamıştır.

Mîzân-ı Tefekkür (1908) : Dârülfünûn'da mantığa dair verdiği ders notlarıyla beraber, İngiliz matematikçilerinden George Boole'ün geliştirmiş olduğu cebirsel mantığı ayrıntılı biçimde tanıtttığı eseridir.

Darülfünunda okuttuğu derslere ait ders kitaplarını Hikmet-i Tabîiyye-i Umûmiyyeden başlığıyla yayınlamıştır. Bunlar:

-*Hikmet-i Tabîiyye-i Umûmiyyeden Mebhas-ı Harâret-i Harekiyye* (1326)

-*Hikmet-i Tabîiyye-i Umûmiyyeden Mebhas-ı Savt* (1326)

-*Hikmet-i Tabîiyye-i Umûmiyyeden Mebhas-ı Câzibe-i Umûmiyye* (1327)

-*Hikmet-i Tabîiyye-i Umûmiyyeden Mebhas-ı Elastikiyyet ve Şa'riyyet* (1327)

-*Hikmet-i Tabîiyye-i Umûmiyyeden Mebhas-ı Elektrik* (1328);

---

[16]Hüsnü Hamid Sayman (1890-1975): Matematikçi. Mühendis Mektebi'nde öğrenci iken Lozan'a gönderilerek matematik öğrenimi gördü. Darülfünun Fen Fakültesi reisi (dekanı) (1924-30) ve Matematik Fizik Şubesi dekanı olmuştur. Safiye Yılmaz Erten, *Hamid Hüsnü Sayman'ın Muallimler Mecmuası'ndaki Yazıları*, Osmanlı Bilimi Araştırmaları, Cilt 21, sayı 2, 321-345.

[17] Bkz. Ek-4

[18] Eserleri için bakınız: Celal Saraç, Salih Zeki Bey Hayatı ve Eserleri, yay. haz. Y. Işıl Ülman, İstanbul, Kızılelma yay., 2001, s.18-19-20 ; Yavuz Unat, s. 43, DİA, İstanbul, 2009,c.36; Emre Dölen, *Salih Zeki ve Darülfünun,* s.129 ; Feza Günergün, *Darüşşafakalı Salih Zeki Bey: Matematik Eğitiminin ve Bilim Tarihinin Ülkemizdeki Öncüsü*.

Matematik ders kitapları:

Hesab-ı İhtimalî (1912) (Darülfünun dersleri için)

Hendese-i Tecrübiye (1914) (Rüşdiye Mektebi 3. Sınıf).

Hendese: Kısm-ı evvel: Hendese-i Müsteviye (1911) (Geometri. Birinci Kısım: Düzlem Geometri)

Hesab-ı İhtimâlat (1912) (Darülfünun dersleri için)

Cebir Dersleri (1912)

Cebir Dersleri Muidi (1912)

Müsellesât-ı Müsteviyye (1329)

Yeni Usul Resimli Hesab Dersleri (1916) Kitap 1-6 (ilkokullar için)

Çeviri Eserleri:

Henri Poincaré'nin (1854-1912) bilim felsefesini konu alan üç kitabını Türkçe'ye çevirmiştir.

-*İlmin Kıymeti* (1911-1912).

-*İlim ve Usul* (İstanbul 1928).

-*İlim ve Faraziye* (İstanbul 1927).

Alexis Bertrand'ın (1850-1923) orta öğretim öğrencileri için yazdığı Principes de philosophie scientifique et de philosophie morale (Bilim Felsefesi ve Ahlak Felsefesi İlkeleri) (1893) adlı kitabını iki eser olarak Türkçeye çevirmiştir, bunlar:

-*Felsefe-i İlmiye* (1914-1915)

-*Felsefe-i Ahlâkiye* (1014-1915)

Astronomiyle ilgili olarak çevirdiği eserler:

-*Yeni Kozmografya*

-*Muhtasar Kozmografya*

Diğer Eserleri: 1. *Hikmet-i Tabîiyye Dersleri* (1891-1892) (Ahmed Fahri ile birlikte, I-II, İstanbul), *Dârülfünûn Konferansları* (1912-1913) (I-II, İstanbul); İlm-i Tabakātü'l-arz

(1923), 1308 Sene-i Mâliyyesine Mahsus Takvim(1891-1892), *Takvîm-i Cedîd*:(1893-1894) (Emile Lacoine ile birlikte), *Muhtasar Hikmet-i Tabîiyye* (1894-1895)**;** *Hülâsa-i Hesâbı İhtimâli* (1897-1898); *Nazarî ve Amelî Hendese* (1904-1905) (I-III) ; *Mebâdî-i Hendese* (İstanbul 1907-1908), *Muhtasar Hendese* (1907-1908), *Yeni ve Musahhah Muhtasar Hikmet-i Tabîiyye* (İstanbul 1909-1910); *Cebir Dersleri* (1910-1911); *Mücmel Cebir* (1911); *Mücmel Hendese* (1911); *Nazarî ve Amelî Mücmel Hendese* (1911), *Yeni ve Musahhah Hikmet-i Tabîiyye* (1911-1912), *Yeni Tertip Hikmet-i Tabîiyye* (1911-1912), *Yeni Kozmoğrafya* (İstanbul 1911-1912); *İlk Hendese Dersleri*: Devr-i Mutavassıta Birinci Sene (1913-1914), *İlk Hendese Dersleri*: Devr-i Mutavassıta İkinci Sene (1913-1914); Muhtasar Kozmoğrafya (1913-1914), *Yeni Usul Resimli Hesap Dersleri* (1913-1914) (altı kitap, Hamazasb Hakiyan ile birlikte), *Mukaddimât-ı Ulûm-i Tabîiyyeden Yeni Hikmet ve Kimya* (1916-1917); Usûl-i Cebir (1919-1920) (I-II),

1.2. Mebhâs-ı Savt

1.2.1.Genel Özellikleri:

Eserin İsmi: "Mebhâs" kelimesi, Arapça kökenlidir ve bahisler anlamına gelir. Arapça olan "Savt" ise ; ses, sadâ gibi anlamlara gelir.

Eserin konusu düşünüldüğünde, Mebhâs-ı Savt Arapça bir isim tamlaması olarak "Ses Bahisleri" "Ses Bilgisi" "Fonetik" ve esasen "Ses Araştırmaları" gibi şekillerde tercüme edilebilir.

1.2.2.Yazım Tarihi ve İzin Belgesi :

Matbaâ-yı Âmire 1326/1910 160 s.

Eserin basım iznini gösteren belgenin günümüz Türkçesi'ne aktarımı aşağıdaki gibidir:

"Maârif-i Umûmiyye Nezareti Celîlesine

Devletlü efendim hazretleri

Sâye-i maarifvâye-i hazreti hilâfetpenâhiyyede te'lifine muvaffak olduğum Hikmeti Tabîiyye-i Umûmiyye'den Mebhâs-ı Savt'ın tab'ına müsâade-i celîli bâbında ve her halde emr-ü ferman hazreti menlehü'l-emrindir.

Dârülfünûn Hikmet-i Tabîiyye muallimi ve Rasathâne-i Âmire Müdürü Salih Zeki

Haziran 324"

Hikmet-i Tabîiyye'nin Mebhâsü'l-Savt'a müteallik olan işbu eserin…..…tab'ına maruzdur".[19]

1.2.3. Konusu ve İçeriği:

Mebhâs-ı Savt, döneminde modern akustik adına yazılmış ilk kitaptır. Salih Zeki Bey bu eserinin Darülfünûn'da verdiği fizik derslerinin özeti olduğunu eserin önsözünde belirtmiştir. Eser içinde "Mûsikî Sesleri" bölümü Salih Zeki Bey'in mûsikî nazariyesi alanına yaptığı katkıları göstermesi açısından önem taşımaktadır. Rauf Yekta Bey Salih Zeki Bey'in bu eseriyle ilgili olarak şunları söylemiştir:

"Osmanlı Maarif Nezareti tarafından mektepler için kabul edilmiş olan fizik kitabında Salih Zeki Bey akustikle ilgili bahsi Batı müelliflerine göre yazmıştı. Ve bunu yazarken Doğu musikisinde kullanılan sesler arasında mevcut olan nisbetleri tanımak merakını da ortaya koymuştu…Kendi imal ettiğim bir sonometre üzerinde araştırmalarımın sonuçlarını meşhur fizikçiye anlattım; bunları doğru buldu ve makalelerinin birçoğunda benim çalışmalarımı zikretmek nezaketini göstermekle beraber o zamana kadar tamamen hayalî bir ilim şeklinde ele alınmış olan Doğu musikisinin nazariyesinin fizik temellerini ilk defa izah etmiş olduğumdan dolayı beni alenen tebrik etti." (Yekta, 1986, s.56).

1.2.3.1.Giriş: Bu bölümde "Mûsikî Sesleri" başlığı altında yer alan konular**:**

-Ses: Şiddet, Yükseklik , Çınlama

-Mûsikî aralıkları

-Melodi , Armoni

-Batı mûsikîsi

- Uyumlu ve Uyumsuz aralıklar

-Majör gam veya Batlamyus gamı

[19] Bkz. T.C Cumhurbaşkanlığı Devlet Arşivleri, MF.MKT.01066.00024.001

- Minör gam, ses aralıkları

-Pisagor gamı: Diyez, Bemol

-Tampere gam

-Âhenk

- Pisagor gamının armoni açısından mahzûru

-Tabîî gam

-Armonik Sesler

-Şark mûsıkîsi

-Mıstar

-Makâmât

konularını içermektedir.

1.2.3.2.Birinci Bölüm: Bu bölümde "Titreşim hareketinin yayılması ve yankılanması" başlığı altında yer alan konular aşağıdaki gibidir:

-Titreşim hareketinin muâdele-i tefâzuliyesi (muâdele:Denklem, tefâzulî:İki sayı arasında miktarca olan farktan doğan nisbet) – muâdele-i tefâzuliyenin tamamlanması

-Titreşim hareketinin devri, safhası - tenbih

-Titreşim hareketinin şiddeti , enine ve boyuna titreşim: Boyuna titreşimin elastik bir silindir aracılığıyla yayılması

-Yayılma olayının denklem nisbeti – denklem nisbetinin tamamlanması

-Dalgalanma hareketi , toplanmış dalga , yayılmış dalga _ dalga boyu, dalga boyu ile titreşim devri arasındaki münâsebet

-Boyuna titreşimin sınırsız bir silindir içinde yayılması , enine titreşim, sesin yayılma hızı gazlarda sesin yayılma hızı

-Newton nazariyesi

-Sıvılarda sesin hızı, katılarda sesin hızı - tenbih

konularını içermektedir.

1.2.3.3.İkinci Bölüm: Bu bölümde "Titreşim hareketlerinin tedâhülü" başlığı altında yer alan konular aşağıdaki gibidir:

-Aynı devre tâbi iki titreşim hareketinin birleştirilmesi

-Tecrübelerin araştırılması , titreşim hareketinin birleştirilmesi için Ferenli esası, zıt devir iki titreşim hareketinin birleştirilmesi

- Darban hâdisesi ve açıklaması _ seslerin salıverilmiş yüksekliklerinin tayini

- Bileşik sesler - bileşik seslerin armoniye tatbiki

- İki dik titreşim hareketinin terkibi – özel hallere tatbik

- Leysajon'un usul tahkîki

1.2.3.4.Üçüncü Bölüm: Bu bölümde "Ses çıkaran borular" başlığı altında yer alan konular aşağıdaki gibidir:

- Sada Boruları

-Bernolli nazariyesi: Kapalı sadâ boruları, kanunları, düğüm ve batın (karın, iç) noktaları açık sadâ boruları, kuralları; düğüm ve batın noktaları - adı geçen nazariyenin ses karışımları nazariyesiyle açıklanması

-Bir tarafı kapalı sınırlı silindirin ses karışımları- tecrübelerin araştırılması - tecrübe ile nazariyye arasındaki zıtlık

-Postun nazariyesi

-Hopkins ve (Ket) in doğrulamaları – sabit miktarın tayini - tenbih - sesin hızının borular vasıtsıyla tayini konularını içermektedir.

1.2.3.5.Dördüncü Bölüm: Bu bölümde " Tellerin titreşimleri" başlığı altında yer alan konular aşağıdaki gibidir:

-Ses çıkaran telli aletler

-Tellerin titreşimleri

-Enine titreşen teller ve muâdele-i tefâzuliyesi – muâdele-i tefâzuliyenin tamamlanması - özel haller

-Forye davası

-Taylor kuralları

-Tellerin titreşim kanunları - sür‘at-i ibtidâiye(başlama hızı)siz yer değiştirilmesi-bir örneğe tatbiki, tenbih

-Yong kanunu - İnce çubukları

-Boyuna titreşim - tellerin boyuna titreşimleri- çubukların enine titreşimleri ve muâdele-i tefâzuliyesi - bu muâdeleye denk gelen hareket-i raksiye

- Birinci durum: Çubuğun her iki ucunun serbest bırakılması

- İkinci durum: Çubuğun uclarının sâbit kalması

- Üçüncü durum: Çubuğun bir ucunun serbest ve bir ucunun sabit olması

-Dördüncü durum: Bir ucunun serbest ve diğerinin dayandırılması

-Beşinci durum: Bir ucunun sabit ve diğerinin dayandırılması

-Altıncı durum: İki ucun birden dayandırılması

-Zarların titreşimleri

-Levhaların titreşimleri konularını içermektedir.

İKİNCİ BÖLÜM: MEBHÂS-I SAVT'IN "MÛSİKÎ SESLERİ" BÖLÜMÜNÜN İNCELENMESİ

2.1.Mûsikî Sesleri (Esvât-ı Mûsikiyye)

2.1.1.Sesin Tarifi

Salih Zeki Bey sesin tarifini şöyle yapmaktadır: Fizik bilimi açısından ses, bir cisimde meydana getirilen ve kulağa kadar intikal eden bir titreşim hareketidir (Ek 6: s.5).

Her ses çıkaran cisimde bir titreşim hareketi vardır diyen müellif, bu titreşim hareketinin ses çıkaran cisimlerden kulağa intikal etmesi için ara yerde bir elastik maddenin vasıta bulunması gerektiğini söylemektedir (Ek 6,s.5). Sesin oluşumunu örneklendirirken müellif gök cisimleri ile yeryüzünü ayıran alanı örnek vermiştir , bu alan iletici bir alan olmadığından gök cisimleri bizim açımızdan sessizlik içindedir (Ek 6, s.5).

Titreşim hareketi; bir cismin bir parçasının denge durumu etrafında, pek küçük fakat birbirine eşit aralıklar ile yaptığı harekettir (Ek 6, s.5). Müellif burada sarkaç örneğini vermiştir; sarkaçtaki gibi her titreşim hareketi bir yayılmış hareket ve bir de ters hareketten meydana gelir, bu iki hareketin genel görünüşü ise titreşimi oluşturur (Ek 6, s.5).

Titreşim hareketi, "güç (genişlik)", "süre" ve "muharrik" (hareket getiren) açısından, müzikte üç niteliğe uyar. Bu üç nitelik "şiddet", "yükseklik veya perde" ve "çınlamadır" (Ek 6, s.5).

2.1.2. Sesin Şiddeti , Yüksekliği ve Çınlama

Kulağımızın algıladığı her ses mûsikîde kullanılmaya uygun sesler değildir. Sesler iki çeşittir. Birincisi; ölçülü ve ahenkli sesler (müzikal sesler), ikincisi; ölçüsüz ve ahenksiz sesler (anti- müzikal sesler- gürültü) (Özkan, 1994, s.29).

Müzikte kullandığımız sesleri birbirinden ayıran birtakım özellikler vardır. Bu özelliklerden biri sesin şiddetidir. Sesin şiddetini basit olarak iki ses arasındaki hafiflik kuvvetlilik farkı olarak tanımlayabiliriz. Müellif tarifini; ses çıkaran bir cisme yaklaşıp uzaklaştıkça seste yükseklik ve alçaklık hissedilir, işte bir sesin işitilebileceği mesafeyi sınırlayan niteliğe "sesin şiddeti" denir, şeklinde yapmıştır (Ek 6, s.5).

Sesleri birbirinden ayıran diğer özellik sesin yüksekliğidir. Müellif sesin şiddetinin, kulağa ulaşan titreşimin gücüyle uyumlu olduğunu bununla birlikte iki sesin güçlerinin eşitliği halinde dahi kulağın duyarlılık derecesinin bunların yükselmeleriyle değişeceğini ve sesi belirleyen şeyin sesin niteliği olduğunu söylemiştir. Bir sesi diğer sesten ayıran bu nitelik, ses çıkaran cismin belli bir zamanda ve benzer bir saniye zarfında yaptığı titreşimlerin sayısına bağlıdır ve fizikte ses çıkaran cisimlerin bir sâniyede yaptıkları titreşimlerin sayısını belirlemek için görülen gereklilik bundan dolayıdır (Ek 6, s.6).

Çınlama diğer bir ifadeyle tını, sesleri birbirinden ayıran bir diğer özelliktir. Müellif çınlamayı şöyle tarif etmiştir; aynı şiddet ve aynı perdeden, fakat çeşitli müzik aletlerinden çıkan seslerde kulak bir fark hisseder; bu farkın nedeni "çınlama"dır. Çınlama, birkaç titreşim hareketinin birbiriyle uygunluğundan meydana gelir (Ek 6, s.6).

2. 2. Mûsikî Aralıkları: (**Fâsıla-i Mûsikiyye**)

2.2.1. Melodi ve Armoni

Kulağa gelen her titreşim mutlaka bir ses hissi vermez çünkü bir sesin kulak vâsıtasıyla işitilmesi için o sesin ne çok pest ne de tiz olmaması gerekir (Ek 6, s.6). Müellif bu seslerin, geçmiş tecrübelere göre, işitilmesi mümkün olan seslerin en pestinin sâniyede 16 tam titreşimden meydana geldiğini ve en tizinin de 38000 tam titreşimden meydana geldiğini söylemiş ve bu sesleri "özel sesler" olarak nitelendirmiştir. Bu oranlar günümüzde 20 ile 20000 olarak bilinmektedir.

Kulak vâsıtasıyla hissedilen seslerin hepsi mûsikîde kullanılmaz. Mûsikîde kullanılan sesler titreşim sayıları saniyede 30 ile 4000 arasında bulunanlardır (Ek 6, s.6) Bundan başka eski ve bugünkü toplumların hepsinin melodilerde kullandıkları seslerin düzenli bir dizi meydana getirmediğini; tam tersine kullanılan seslerin aralarının, belirli birer aralık ile ayrılmış bazı derecelerden ibaret olduğunu söylemiştir. Mûsikî seslerinin, en kalınından en incesine kadar böyle derece derece yükselmesi, mûsikînin asıl şartlarından biri ve belki birincisidir (Ek 6, s.6).

Frekans bir cismin bir saniyedeki titreşim sayısıdır, frekans arttıkça ses incelir , azaldıkça kalınlaşır (Özkan, 1994, s.53). Aralık ise iki ses arasındaki frekans farkıdır. Başka bir tarifle aralık pest tiz iki sesin titreşim sayılarının arasındaki nisbete denilir. Müellif genel

olarak bir sesin bir saniyedeki titreşim hareketiyle değerlendirildiğini, o nedenle iki ses arasındaki "aralık"ın da bu titreşim sayıları arasındaki bağ ile ifade edilmesi gerektiğini söylemiştir. Bu iki sesten ince olanının kalın olanına bağlı olması esası kabul edilmiştir (Ek 6, s.7)."Ses aralığı, tiz sesin pest sesinkine oranıyla yani bağıl frekansıyla anlatılır. Bir aralığı oluşturan seslerin mutlak frekansları değişebilir. Ama aralarındaki oran değişmiyorsa hep aynı aralık oluşur ve dolayısıyla aynı müzik duygusu algılanır.Aralığı oluşturan seslerden birinin frekansını ve aralığın bağıl frekansını biliyorsak öbür sesin frekansını kolayca bulabiliriz" (Zeren, 2010, s.295,296).

Mûsıkîde kullanılan ve "mûsikî aralıkları"denilen aralıklar iki görüş üzerinedir (Ek 6: s.7):

1) Melodi: Müellif en eski sanatlardan biri olduğunu söylediği melodiyi, iki sesin birbirini takipteki uyumunun kulağa hoş gelmesi olarak tarif etmiştir ve seslerin birbirini takibi şeklinde oluşan 'nağmelerden' meydana geldiğini söylemiştir.
2) Armoni: İki veya daha çok sesin bir anda ortaya çıkışının kulakta güzel bir tesir oluşturmasıdır şeklinde armonin tarifini yapan müellif armoninin iki veya daha çok sesin uyumu esasına dayandığını söylemiştir.

Doğu mûsikîsinin sadece melodiden ibâret olduğunu söyleyen müellif, batı mûsikîsinin ise melodi ile berâber armoniden meydana geldiğini söylemiştir (Ek 6, s.7).

2.2.2.Uyumlu Aralıklar (Fâsılât-ı Mülâyime) ve Uyumsuz Aralıklar (Gayrı Mülâyime):

Gerek melodi ve gerek armoni için olsun kulak daima titreşim sayıları arasından mümkün mertebe basit olan sesleri seçer (Ek 6, s.7). Sesler arasındaki bu bağlılık derecesi ne kadar basit olur ise bunların birbirini takibi ve birleşmesinin kulağa o derece uyumlu, ve ne kadar karmakarışık bulunur ise kulağa o derece uyumsuz gelir (Ek 6, s.7).

Türk Mûsikîsi'nde makam dizileri mülâyim (uygulu), mütenâfir (uygusuz) diye ayrılmıştır. Bu herhangi bir makam dizisinin başka bir diziye göre kulağa daha hoş veya daha az hoş gelmesi demektir (Özkan, 1994, s.73). Öztuna bu sınıflamayı derli - dersiz olarak yapılmıştır. "İki veya daha ziyade ses birarada işitildiği zaman, bunlar ya iyice kaynaşıp birleşerek tek ses gibi duyulurlar; yahut kaynaşamayıp, az çok birbirlerinden

ayrı kalırlar. Kaynaşanlara ‘derli’, kaynaşmayanlara ‘dersiz’ denir” (Öztuna, 1990, s.217).

İyi oranlar (uygun oranlar) olarak adlandırılan niseb-i basîtenin[20] birincisi 1/1’ dir ve bu aralığa tek ses (hâdiye) adı verilmiştir. Bundan sonra 2/1 oranı gelir ve buna da oktav (sâmine) denilmiştir (Ek 6, s.7).

Müellif, gerek melodi gerek armoni açısından, kulağa hoş gelen mûsikî aralıklarını aşağıda olduğu gibi göstermiştir (Ek 6, s.7) :

$\frac{1}{1}$ Tek ses (Hâdiye) (Unisson)

$\frac{5}{4}$ Üçlü majör (Salise-i kübrâ) (Tierce majeure)

$\frac{6}{5}$ Üçlü minör (Sâlise-i sugrâ) (Tierce mineure)

$\frac{4}{3}$ Dörtlü (Râbia) (Quatre)

$\frac{3}{2}$ Beşli (Hâmise) (Quinte)

$\frac{5}{3}$ Altılı majör (Sâdise-i kübrâ) (Sixte majeure)

$\frac{8}{5}$ Altılı minör (Sâdise-i sugrâ) (Sixte mineure)

$\frac{2}{1}$ Sekizli (Sâmine) (Octave)

Bu aralıklar arasında en çok kulağa hoş gelen tek ses (hâdiye) ve bundan sonra sırasıyla sekizli (sâmine/oktav), beşli (hâmise), dörtlü (râbia), üçlü majör (salise-i kübrâ), üçlü minör (sâlise-i sugrâ) ve altılı minör (sâdise-i sugrâ) dür (Ek 6, s.7).

Batı mûsikîsinde tek ses ile sekizli arasındaki uyumlu aralıklardan başka aşağıda olduğu gibi “uyumsuz aralıklar” da kullanılır diyen müellif bu aralıkları aşağıdaki şekilde göstermiştir (Ek 6, s.8):

[20] Bkz. İsmail Hakkı Özkan, age, Ötüken Neşriyat, İstanbul 1994, Pan Yayıncılık, İstanbul , 2003, s. 73; Yılmaz Öztuna, Büyük Türk Mûsikîsi Ansiklopedisi 2, Kültür Baknlığı Yay., Ankara, 1990 s.131

$\frac{9}{8}$ İkili majör (Sâniye-i kübrâ / Seconde majeure)

$\frac{10}{9}$ İkili minör (Sâniye-i sugrâ / (Seconde mineure)

$\frac{16}{15}$ Yarım ikili majör (Nısf-ı sâniye-i kübrâ / Demi-Seconde majör)

$\frac{15}{8}$ Yedili majör (Sâbia-i kübrâ / Septiéme majeure)

$\frac{9}{5}$ Yedili minör (Sâbia-i sugrâ / Septiéme mineure)

Türk mûsikîsi'nde ise niseb-i şerifeden 8 veya daha fazlasına sahip olanlar uyumlu, 5' ten daha azına sahip olanlar ise uyumsuz olarak kabul edilir (Özkan, age, s.74)

Uyumlu aralıklar ile uyumsuz aralıklar veya başka uyumlu aralıkları (gayr-ı mülâyemeyi) oluşturan küsûrat arasında, 7 adedini içeren oranların yokluğu görülür ki bu yokluk, bir sekizlinin içine 7 adedinin dahil edilememesinden meydana gelir (Ek 6, s.8) .

Mûsikîde uyumsuz aralıklara bir lüzum varsa o da uyumlu aralıklar ile zıtlık ve bunların daha tatminkâr işitilmesi için bir zemin oluşturmalarıdır (Ek 6, s.8). Müellif bu nedenle batı mûsıkîsinde bu türlü aralıkların kullanımının günden güne yaygınlaştığını söylemektedir.

Müellif nota ve gam'ı aşağıdaki şekilde tanımlamıştır (Ek 6, s.8):

Nota (Note) : Bir gamı oluşturan yedi sesten her birine nota veya "perde" denilir.

Gam (Gamme) : Bir oktav içinde titreşim sayıları farklı olan ses dizimine gam denir.

2.3. Batı Mûsikîsi

Batı müziği tonalite sistemi içerisinde, yedi temel sesli gamı temel almış, ancak tonal müzikte gam majör ve minör olmak üzere düzenlemiştir (Tarkum, 2017, s.32). Bu seslerin oluşturduğu bir sekizli Batı müziğinde birbirine eşit 12 eşit parçaya bölünür (Darbaz, 1973, s.63).

2.3.1.Gamlar

2.3.1.1. Majör Gam - Batlamyus Gamı:

Batı mûsıkîsi'nde kullanılan ve "gam majör" (Gamme majeure) veya " Batlamyus gamı" (Gamme de Ptoléméé) ismiyle bilinen gamı oluşturan perdelerin, en pest olanının tam titreşim sayısı bir sayıldığına göre, oranları aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Ek 6, s.8):

Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do_2
$\frac{1}{1}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{2}{1}$

Müellif, bu oranlara dikkat edildiğinde armoni gamının; üçlü majör (sâlise-i kübra - 5/4), dörtlü (râbia - 4/3) ve beşli (hâmise - 3/2) uyumlu aralıklarını içerdiği gibi, ikili majör (sâniye-i kübrâ - 9/8), ikili minör (sâbi'a-i kübrâ - 10/9) ve başka uyumlu aralıkları da içerdiğini söylemiştir.

Majör gamına genellikle bir dörtlü ile bir beşliden oluşmuş gözüyle bakılabilir, bu gamda "sol" notasın, "asıl ses" (savt-ı aslî) denilen "do" notasına nazaran bir beşli kadar tiz, ikinci "do" notası da "fa" notasından bir beşli kadar tizdir.

Armoni gamını teşkil eden perdelerin aralıklarını en pest olan "do" notasına göre değil de birinin diğerine oranına göre (takip eden) aralıklarını yazacak olursak aşağıdaki oranlar karşımıza çıkar (Ek 7, s.9):

Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do_2
	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{15}$

Bu şekilde elde edilen üç çeşit "birbirini takip eden aralıklar"dan;

$\frac{9}{8}$ aralığına "ton majör" (Ton majeur)

$\frac{10}{9}$ aralığına "ton minör" (Ton mineur)

$\frac{16}{15}$ aralığına "yarım ton majör" (Demi-Ton majeur) adı verilir (Ek 6, s.9).

İki aralığın toplamının, yani birbirini takibinin, bu aralıkları gösteren oranların çarpımıyla ifâde olunması gerekir.Çünkü aralıkların her biri zaten bir orandır ve iki adet titreşim arasındaki bölümden ibarettir. Birbirini takip eden üç sesten üçüncüsü ile birincisi

arasındaki oran, ikincisi ile birincisi ve üçüncüsü ile ikincisi arasındaki oranların çarpımına eşit olur (Ek 6, s.9). Bu halde:

$$\frac{10}{9} = \frac{16}{15} \times \frac{25}{24}$$

şeklinde yazılabileceğine göre bir ton minör, bir yarım ton majör ile diğer 25/24 lük bir aralığın toplamına eşit olması gerekir ve bu son aralığa "yarım ton minör" (Demi-Ton mineur) denilir (Ek 6, s.9). Müellif yaım minör tonun Batı mûsıkîsinde kullanılan aralıkların en küçüğü olduğunu söylemiştir.

Karşılıklı iki aralığın farkının yani birbirine olan uzaklığının da, bu aralıkları gösteren oranlardan oluşan bölümlerle gösterilmesi gerekir (Ek 6, s.9). Bu takdirde bir majör ton ile bir minör ton arasındaki fark:

$$\frac{9}{8} \div \frac{10}{9} = \frac{9}{8} \times \frac{9}{10} = \frac{81}{80}$$

gibi en küçük miktâra eşit bulunur ki bu farkı kulak fark eder etmez bir durumdadır. İşte bu farka "koma" (Comma) adı verilerek terk edilebilen aralıkların son oranı (en küçük aralık) gözüyle bakılır (Ek 6, s.9)

Müellif armoni gamını teşkil eden perdeleri ve izâhını aşağıdaki şekilde yapmıştır (Ek 6, s.10)

Birinci (Sâniye)	**Üçlü Aralık (Sâlise)**
$\frac{do}{do} = \frac{9}{8}$	$\frac{mi}{do} = \frac{5}{4}$
$\frac{mi}{re} = \frac{10}{9} = \frac{9}{8} \times \frac{80}{81}$	$\frac{fa}{re} = \frac{32}{27} = \frac{6}{5} \times \frac{80}{81}$
$\frac{fa}{mi} = \frac{16}{15} = \frac{9}{8} \times \frac{80}{81} \times \frac{24}{25}$	$\frac{sol}{mi} = \frac{6}{5} = \frac{5}{4} \times \frac{24}{25}$
$\frac{sol}{fa} = \frac{9}{8}$	$\frac{la}{fa} = \frac{5}{4}$
$\frac{la}{sol} = \frac{10}{9}$	$\frac{si}{sol} = \frac{5}{4}$

$\frac{si}{la} = \frac{9}{8}$ $\frac{do2}{la} = \frac{6}{5}$

$\frac{do2}{si} = \frac{16}{15}$ $\frac{do2}{si} = \frac{6}{5}$

Armoni gamının birinci aralığı yani perdenin kendinden öncekine oranı, evvelce de görüldüğü üzere 9/8, 10/9, 6/10 gibi üç çeşit kıymete sahiptir , bu gamı diğer gamlardan ayıran başlıca aralıklar da bunlardır.

Üçlü aralığı üç çeşittir: Birincisi 5/4' tür bu <üçlü majör> dür, ikincisi 6/5' tir "üçlü minör" adıyla bilinir. Üçüncüsü "fa" ile "re" arasında olan 32/27 = 6/5 X 80/81 aralığıdır ve üçlü minörden bir koma kadar eksiktir.

Dörtlü (Râbia') **Beşli (Hâmise)**

$\frac{fa}{do} = \frac{4}{3}$ $\frac{sol}{do} = \frac{3}{2}$

$\frac{sol}{re} = \frac{4}{3}$ $\frac{la}{re} = \frac{40}{27} = \frac{2}{3} \text{ X } \frac{81}{80}$

$\frac{la}{mi} = \frac{4}{3}$ $\frac{si}{mi} = \frac{3}{2}$

$\frac{si}{fa} = \frac{45}{32} = \frac{4}{3} \text{ X } \frac{25}{24} \text{ X } \frac{81}{80}$ $\frac{do2}{fa} = \frac{3}{2}$

$\frac{do2}{sol} = \frac{4}{3}$ $\frac{re2}{sol} = \frac{3}{2}$

$\frac{do2}{la} = \frac{27}{20} = \frac{4}{3} \text{ X } \frac{81}{80}$ $\frac{mi2}{la} = \frac{3}{2}$

$\frac{mi2}{si} = \frac{4}{3}$ $\frac{fa2}{si} = \frac{3}{2}$

Dörtlü aralığı da üç çeşittir: Birincisi 4/3 'tür ve asıl "dörtlü" aralıktır; ikincisi 45/32' dir bu da takriben bir dörtlüden 25/24 yani bir yarım ton minör kadar yüksek olduğundan uyumsuz aralık meydana getirir. Bâki kalan 27/20 fâsılası ise dörtlüden yalnız bir koma kadar fazladır.

Beşli aralığı eşit seviyede 3/2 ise de yalnız ‘la’ ile ‘re’ arasında 40/27 yani asıl beşliden bir koma kadar noksandır.

Altılı (Sâdise)

$$\frac{la}{do} = \frac{5}{3}$$

$$\frac{si}{re} = \frac{5}{3}$$

$$\frac{do2}{mi} = \frac{8}{5} = \frac{5}{3} \times \frac{24}{25}$$

$$\frac{re2}{fa} = \frac{5}{3}$$

$$\frac{mi2}{sol} = \frac{5}{3}$$

$$\frac{fa2}{la} = \frac{8}{5}$$

$$\frac{sol2}{si} = \frac{8}{5}$$

Yedili (Sâbia)

$$\frac{si}{do} = \frac{15}{8}$$

$$\frac{do2}{re} \times \frac{16}{9} = \frac{9}{5} \times \frac{80}{81}$$

$$\frac{re2}{mi} = \frac{9}{5} = \frac{10}{8} \times \frac{24}{25}$$

$$\frac{mi2}{fa} = \frac{10}{8}$$

$$\frac{fa2}{sol} = \frac{16}{9}$$

$$\frac{sol2}{la} = \frac{9}{5}$$

$$\frac{la2}{si} = \frac{16}{9}$$

Altılı aralığı iki çeşittir: Birincisi 5/3’tür ve “altılı majör” den ibaretir; ikincisi bundan yarım ton minör kadar noksan olan 8/5 yani “altılı minör” aralığıdır.

Yedili aralığı üç kıymete sahiptir: Birincisi 15/8’dir ve “yedili majör” ismiyle bilinir; ikincisi bundan bir yarım ton minör kadar eksik olan 9/5 aralığıdır ve “yedili minör”ü teşkil eder. Üçüncüsü 16/9 dur ve bu da yedili minörden bir koma kadar noksandır.

2.3.1.2.Minör Gam:

Batı mûsıkîşinâslarının bir ikinci gam daha kullandıklarını söyleyen müellif, bu gamda büyük üçlü majör, altılı majör ve yedili majör aralıkları, küçükleriyle değiştirilmiş olduğundan, bu gamın “minör gam” (Gamme mineure) adıyla bilindiğini söylemiştir (Ek 6, s.11). Bir minör gamı meydana getiren perdelerin “do” ana sesine göre aralıkları aşağıdaki şekilde vermiştir (Ek 6, s.11):

Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{9}{5}$	2

olduğu gibi perdelerin devam eden aralıkları da:

Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do_2
	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	

dan ibarettir (Ek 6, s.12).

Müellif bu gamı meydana getiren devam eden aralıkların, majör gamı birleştiren devam eden aralıklardan başka bir şey olmadığını fakat düzenleri itibarıyla birbirinden farklı olduklarını söylemiştir. Şöyle ki: majör ton t (ط), minör ton t ′(ط′) ve yarım majör ton t½ (ط½) ile gösterilir ise gam majör ile gam minör arasındaki fark aşağıda olduğu gibi gösterilebilir Ek 6, s.12):

	Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do_2
Majör gam:	t	t ′	$t_{1/2}$	t	t ′	t	$t_{1/2}$	
Minör gam:	t	$t_{1/2}$	t ′	t	$t_{1/2}$	t	t ′	

2.3.1.3.Pisagor Gamı

Avrupa'da bazı mûsıkî üstatları arasında kullanılmış bir gam daha vardır diyen müellif bunun "Pisagor gamı" (Gamme de Pythagore) adıyla anıldığını söylemiştir. Bu gamın perdelerini ayırmaya hizmet eden oranlar (Ek 6, s.12).

Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do_2
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{81}{64}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{27}{16}$	$\frac{243}{128}$	**2**

veyâhud

Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do_2
1	$\frac{2}{\frac{3}{2}}$	$\frac{4}{\frac{3}{2}}$	$\frac{2}{\frac{2}{3}}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{2}{\frac{3}{2}}$	$\frac{5}{\frac{3}{2}}$	**2**

den ibâret ve tamamı beşli aralık üzerine dizilmiştir. Pisagor gamını meydana getiren her bir notanın kıymeti 3/2 ile çarpılırsa o notaya göre beşinci olan notanın değeri meydana getirilir (Ek 6, s.12). Şöyle ki:

Do X Beşli(Hâmise) = Sol

$$\frac{1}{1} \times \frac{3}{2} = \frac{3}{2}$$

Mi X Beşli (Hâmise) = Si

$$\frac{81}{64} \times \frac{3}{2} = \frac{423}{281}$$

Re X Beşli (Hâmise) = La

$$\frac{9}{8} \times \frac{3}{2} = \frac{27}{16}$$

Fa X Beşli (Hâmise) =Do_2

$$\frac{4}{3} \times \frac{3}{2} = \mathbf{2}$$

olur. Müellif bunun bazı telli sazların akord edilmesini kolaylaştırdığını fakat "armoni" sanatı açısından pek büyük bir mahzura sebep olduğunu ve bu gamın ne kadar basit görünse de o derece karışık aralıklar içerdiğini söylemiştir (Ek 6, s.13).

Kornu (Cornu) ve Merkadiye (Merkadier)[21]' nin icrâ tecrübelerine göre melodiye en uygun olan gam Pisagor gamıdır (Ek 6, s.13). Hatta keman ile bir melodi çalındığı halde bunu çalan kimse haberi olmaksızın, Pisagor gamının perde ve aralıklarını kullandığını, adı geçen tecrübe ile isbatta başarılı olmuşlardır (Ek 6, s13). Müellif bu durumu , bundan dolayı Pisagor gamına "melodi gamı" denilse haklı olarak yeri vardır şeklinde ifade etmiştir.

Pisagor gamının takip eden aralıkları aşağıda olduğu gibidir:

Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do_2
$\frac{9}{8}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{256}{243}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{256}{243}$	

Bu gamın tonu, armoni gamının majör tonuna eşit ise de yarım tonu diğerinin yarım tonundan bir koma kadar noksan fakat daha karışıktır; hakikatte:

$$\frac{256}{243} \times \frac{81}{80} = \frac{256}{243} = \frac{16}{15}$$

[21] Marie Alfred Cornu (1841-1902) : Fransız fizikçi
Merkadier (1835-1911) : Fransız mühendis

bulunur. Ancak bunda dikkate değer bir şey var ise o da tonlar ile yarım tonların armoni gamındaki dizi üzere bulunmasıdır; eski tabirle, Pisagor gamının devam eden aralıklarının

Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do_2
t	t	$t_{1/2}$	t	t	t	$t_{1/2}$	

dizisini takip etmesidir (Ek 6, s.13).

Pisagor gamının aralıkları incelenirse aşağıdaki gibi oranlara ulaşılır (Ek 6, s.13):

İkili	Üçlü	Dörtlü	Beşli	Altılı	Yedili	Sekizli
$\frac{9}{8}$	$\frac{81}{64}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{27}{16}$	$\frac{243}{128}$	2
$\frac{256}{243}$	$\frac{32}{27}$	$\frac{128}{81}$	$\frac{1024}{729}$	$\frac{759}{512}$	$\frac{16}{9}$	

bu oranlardan anlaşılır ki:

Pisagor gamının ikili aralığı, armoni gamının ikili majörüne eşittir fakat yarım ikili olan 256/ 243 aralığı ile asıl ikili aralık arasındaki fark:

$$\frac{9}{8} \div \frac{256}{243} = \frac{9}{8} \times \frac{243}{256} = \frac{2187}{2048}$$

den ibaretdir, buna "Apatom" (Apatome) denilir. 256/243 aralığına da "Lima" (Limma) adı verilmiştir (Ek 6, s.14)[22] . Bir <apotom> ile bir <lima>[23] arasındaki farka gelince o da:

$$\frac{2187}{2048} \div \frac{206}{243} = \frac{531441}{524288}$$

miktarına eşittir ve buna bir <Pisagor koması> (Comma de Pythagore) denilir. İşte bu gamda mevcut olan gerekli bir durumda terk olunabilen en küçük aralık budur (Ek 6, s.14).

[22] Fârâbi Yunanca olan lima kelimesini (limma) Arapça "geriye kalan" mânasına gelen "Bakiye" olarak tercüme etmiştir. Bkz. Rauf Yekta, Türk Mûsikîsi, Pan Yay., İstanbul 1986, s. 19

[23] Bugün kendisine yarım kromatik ton adı verilen aralığın eski adı "apotom"dur, diyatonik yarım perde ismi verilen aralığın adı "lima" dır. Bkz. Rauf Yekta, age, s. 35, 36

Pisagor gamının üçlü majör yerinde olan 81/64 aralığı armoni gamının üçlü majöründen sıradan bir koma kadar fazla ve aksine üçlü minör makâmında olan 32/27 oranı diğer gamın üçlü minöründen yine bir koma kadar noksandır (Ek 6, s.14).

Pisagor gamında dörtlü aralığın bir kıymeti armoni gamındaki dörtlü aralığın asıl kıymetinin aynı ise de diğer kıymeti bundan da:

$$\frac{759}{512} \div \frac{4}{3} = \frac{2187}{2048}$$

yani bir apotum kadar büyüktür ki burası gerçekten dikkat çekicidir (Ek 6, s.14).

Pisagor gamında beşli aralığın bir kıymeti, her iki gamda bir ise de diğer kıymeti bundan bir apotom kadar noksandır. Pisagor gamında altılı majör yerinde olan 27/16 oranı armoni gamının altılı majöründen sıradan bir koma kadar fazla ise de altılı minörü hükmünde bulunan 128/81 oranı altılı minörden bir koma kadar aşağıdadır (Ek 6, s.14).

Yedili majör (sâbia) yerinde olan 243/128 aralığı yedili majörden hem büyük, hem karışıktır (Ek 6, s.14)

2.3.1.4.Tampere Gam (Mu‘tedil Gam , Gamme Tempérée)

Kullanılan gam hangisi olur ise sâbit perdeli bir müzik aleti mesela piyanoya diyez ve bemollerin hepsini dahil etmek mümkün olamaz (Ek 6, s.18). Müellif gerçekte bir sekizlide yedi esas perde ve beş diyez ile beş bemol bulunacağından her sekizli için 17 tel olması gerektiğini söylemiştir . Bundan dolayı yedi “oktav” yani sekizliyi içine alan sıradan bir piyanoda perdeler adedi 17 x 7 = 119 adedine erişmiş olması lazımdır ki bu nitelik âletin inşasını güçleştirdiği gibi çalmasını da güçleştirir. Bundan dolayı diğerine pek yakın bulunan perdeleri birleştirmek ve takrîbi aralıklar ile yetinmek mecburiyyeti hâsıl olur (Ek 6, s.18).

İşte bu zorunluluktandır ki bir sekizliyi diğer bir tabirle do dan do ya kadar olan aralığı birbirine eşit on iki kısma bölmüşlerdir (Ek 6, s.19) . Bu halde her y (ى) s (س) olan bu aralıklardan on iki tanesinin diğerini takibi:

$$s^{12} - 2$$

denkliğini oluşturacağından

$$s = \sqrt[12]{2} = 1{,}05946$$

bulunur. Bu aralık yarım ton sayılacağından her bir ton böyle iki aralıktan bileşik veya

$$\sqrt[12]{2} \times \sqrt[12]{2} = \sqrt[2]{2} = 1{,}12246$$

miktarına denk farz edilmiştir (Ek 6, s.19).

"Mu'tedil gam" (Gamme tempérée) adıyla bilinen bu gamda bir perdenin diyezi ile bundan sonra gelen perdenin bemolü birbirine birleştirilmiştir. Aşağıdaki cetvelde armoni gamı ile denk gamda birbirine uymayan, usule uygun olarak diyez ve bemoller sayısal değerleriyle gösterilmiştir (Ek 6, s.19). Cetvelden anlaşılacağı üzere tampere gamda hiçbir aralığın tamamıyla muhafaza olunamadığını söyleyen müellif, en çok değişikliğe uğrayan aralığın üçlü aralık olduğunu söylemiştir. Armoni gamındaki üçlü (mi) aralığına oranla tampere gamın üçlüsü 1/126 oranında yükselmiştir ve bu da hiçbir yöntem ile görülen bir miktar değildir. Bununla birlikte diyezler ile bemolleri birleştirmek lüzumu, bu farkı da mûsikî erbâbına kabul ettirmiştir (Ek 6, s.19).

Batlamyus[24] Gamı

	Aristohsen kâidesine göre	Delzen kâidesine göre
d	1 = 1,00000	1=1,00000
do **d**	25/24 = 1,04167	135/128 = 1,05469
re **b**	27/25 = 1,08000	16/15 = 1,06667
re	9/8 = 1,12500	9/8 = 1,12500
re **d**	75/64 = 1,17178	75/64 = 1,17187
mi **b**	6/5 = 1,20000	6/5 = 1,20000
mi	5/4 = 1,25000	5/4 = 1,25000

[24] İslâm astronomisi üzerinde önemli etkileri olan İskenderiyeli astronom, matematikçi, coğrafyacı ve müzik bilgini. 108 yılı civarında doğduğu tahmin edilmektedir, hayatı hakkında yeterli bilgi yoktur.Bkz. Cengiz AYDIN, Gülseren AYDIN, Batlamyus, Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi, c.5, s.196-199

fa	4/3 = 1,33333	4/3 = 1,33333
fa **d**	25/18 = 1,38889	45/32 = 1,40625
sol **b**	36/25 = 1,44000	64/45 = 1,42222
sol	3/2 = 1,50000	3/2 = 1,50000
sol **d**	25/16 = 1,56250	25/16 = 1,56520
la **b**	8/5 = 1,60000	8/5 = 1,60000
la	5/3 = 1,66667	5/3 = 1,66667
la **d**	125/72 = 1,73611	225/128 = 1,75781
si **b**	9/5 = 1,80000	16/9 = 1,77778
si	15/8 = 1, 87500	15/8 = 87500
do_2	2 = 2,00000	2 = 2,00000

Mûtedil Gam		**Pisagor Gamı**
		Mösyö (Şöve)ye göre
d	$\frac{0}{12}$ 2 = 1,00000	1=1,00000
do **d**	$\frac{1}{12}$	$\frac{2187}{2048}$ = 1,06787
re **b**	2 = 1,05946	$\frac{256}{243}$ = 1,05350
re	$\frac{2}{12}$ 2 = 1,12246	9/8 = 1,12500
re **d**	$\frac{2}{12}$	$\frac{11683}{13684}$ = 1,17187
mi **b**	2 = 1,18921	$\frac{32}{27}$ = 1,18519

mi	$\frac{4}{12}$ 2 = 1,25992	$\frac{81}{64}$ = 1,26563
fa	$\frac{5}{12}$ 2 = 1,33484	4/3 = 1,33333
fa **d**	6/12	129/512 = 1,42383
sol **b**	2 = 1,41421	1024/121 = 1,40467
sol	$\frac{7}{12}$ 2 = 1,49831	3/2 = 1,50000
sol **d**	8/12	1561/4096 = 1,60181
la **b**	2 = 1,58740	128/81 = 1,58024
la	$\frac{9}{12}$ 2 = 1,68179	27/16 = 1,68750
la **d**	10/12	59049/22.98 = 1,80203
si **b**	2 = 1,78180	16/9 = 1,77778
si	$\frac{11}{12}$ 2 = 1, 80775	243/128 = 89844
do_2	2 = 2,00000	2 = 2,00000

2.3.1.5.Tabîî Gam: Bir gamı meydana getiren notaların kıymetlerinin belli olması ve gamlarda titreşim adetleri diğerinin zayıfı olmak üzere meydana getirilmesiyle, bu notaların hakiki kıymetlerinin belli olması için birinin mutlak değerinin titreşimini bilmek yeterlidir (Ek 6: s.23). Âdet olunduğu üzere mûsikî seslerinin titreşim sayılarını belli etmek için asıl kabul olunan ses La_3 ile gösterilen notadır. On yedinci asırda bu nota Fransa'da saniyede 405 tam titreşim adedinden bileşik olmak üzere tayin edilmiş ise de yavaş yavaş yükselerek 1857 senesinde opera tiyatrosunda titreşim adedi 448'e çıkmıştır. Bunun üzerine Fransa'da 1859 senesinde La_3 notasının 435 tam titreşimden bileşik olmak üzere sabit bir kıymete çıkarılması karar altına alınmıştır (Ek 6, s.23).

İşte bu halde La/3 üzerine düzenlenen gama "tabîî gam" (Gamme naturelle) denilir ki titreşim değerleri aşağıda olduğu gibidir (Ek 6, s. 24).

Do_3	Re_3	Mi_3	Fa_3	Sol_3	La_3	Si_3	Do_4
261	625 , 293	25, 321	384	5, 391	435	375,489	522

Diğer oktâvların baş perdelerine gelince onlar da:

Do_2= 130, 5	Do_3= 261	Do_7= 4176
Do_1= 65, 25	Do_4= 522	Do_8= 8352
$Do_{1_}$= 32,625	Do_5= 1044	Do_9= 16704
$Do_{2_}$= 16,3125	Do_6= 2088	Do_{10}= 33408

den ibârettir.

2.3.2. Diyez ve Bemol

Her gamda "baş perde" olan asıl ses özel bir ehemmiyete sahiptir. Çünkü bir morso'yu[25] elde bulunan saza veya okuyacak olan kimsenin sesine uygun gelecek şekilde indirip çıkarabilmek lazımdır (Ek 6, s.14). Mûsîki aralıkları, seslerin mutlak değerlerine tâbi bulunduğu yönüyle, bir "morso" yu istenilen perdeden okumak mümkün ise de mûsikî aletlerinin çoğunda bu nakil perde niteliği kolaylıkla icrâ olunamaz; sabit perdeli bir sazla sol perdesinden armoni gamını çıkarmak lazım gelse hemen zorluklar baş gösterir (Ek 6, s.15). Aletin doğal perdelerine göre bu gamın:

Sol	La	Si	Do	Re	Mi	Fa	Sol_2
	t ′	t	$t_{1/2}$	t	t ′	$t_{1/2}$	t

veya iki çeşit tonu birleştirme ile:

Sol	La	Si	Do_2	Re_2	Mi_2	Fa_2	Sol_2

[25] Morso (Fr:morceau; Alm.: stück; İng.: piece) müzikal eserleri ifade eden parça anlamına gelmektedir (Aktüze, 2004: 368). Günümüzde çok kullanılmayan bu terim farklı sözlüklerde şu anlamlara gelmektedir; kısa edebi veya müzikal parça. Bkn . Erhan TEKİN, Bando Yarbay Halit Recep Arman, 2020, Rast Müzikoloji dergisi, s. 2445, 2446

t t $t_{1/2}$ t t $t_{1/2}$ t

tarzında olması gerekir ki bunda ikinci yarım ton asıl dizisinden bir derece evvel gelmiştir (Ek 6, s.15).

İşte asıl gamda mevcut olan:

t t $t_{1/2}$ t t t $t_{1/2}$

dizisini muhâfaza için "fa" notasını biraz tizleştirmek gerekir. Bu ise "fa" notasını 25/24 oranında yükseltmek ile mümkün olur ki buna da "diyezlemek" (Dieser) denilir. "Diyez" lenmiş bir notanın yanına **d** işareti konulmuştur (Ek 6, s.15).

Hakikatte:

Sol	La	Si	Do_2	Re_2	Mi_2	Fa_2	Sol_2
$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2	$\frac{9}{4}$	$\frac{5}{2}$	$\frac{8}{3}$	3

t t $t_{1/2}$ t t $t_{1/2}$ t

silsilesindeki "fa" notasının olduğu gibi yükselmesi istenilir ki "mi" notasına oranı t ve "sol" notasına oranı da $t_{1/2}$ olsun. İşte bu halde tabîi olarak:

$$\frac{\frac{8}{3}\times s}{\frac{5}{2}} = \frac{10}{9}$$

olacağından

$$s = \frac{5\times10\times3}{2\times9\times8} = \frac{150}{144} = \frac{25}{24}$$

bulunur (Ek 6, s.15).

"Fa" perdesinden itibaren yine armoni gamını meydana getirmek gerekirse alette:

Fa Sol La Si Do Re Mi Fa

t t t $t_{1/2}$ t t $t_{1/2}$

dizisini düzeltmek için “si” perdesini biraz pestleştirmek ve bunun için de adı geçen perdeyi 25/24 oranında indirmek icâb eder ki buna da “bemollemek” (Bemoller) denilir. “Bemole” olan notanın yanına **b** işareti konulmuştur (Ek 6, s.16).

Kezâ :

Fa	Sol	La	Si	Do_2	Re_2	Mi_2	Fa_2
$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2	$\frac{9}{4}$	$\frac{5}{2}$	$\frac{8}{3}$
t	t	t	$t_{1/2}$	t	t	$t_{1/2}$	

silsilesindeki <si> perdesini bir derece indirmek gerekir ki “la” perdesine oranı yarım ton ve do_2 perdesinin de buna oranı bir ton olsun. Bu halde:

$$\frac{2}{\frac{10}{s} \times s} = \frac{10}{9}$$

olacağı gibi:

$$s = \frac{9 \times 2 \times 8}{10 \times 15} = \frac{144}{150} = \frac{24}{25}$$

olur (Ek 6, s.16).

Bir notaya diyezlemek ve bemollemek için bildiren bu kâideye <Aristohsen kaidesi> (Réglé d’Aristoxêne) denilir ve altmış yetmiş seneden beri genel olarak kabul edilmiştir. Bununla birlikte ünlü mûsikîşinâlardan Delzen (Delezenne) in te’sîs eylediği bir kâideye göre bir notayı diyezlemek için bundan sonra gelen notanın 15/16 mislini ve bemollemek için de bu notadan evvel gelen notanın 16/15 mislini almak yeterli gelir (Ek 6, s.16). Herhangi bir kâide ile olursa olsun armoni gamında araları bir ton ile ayrılmış olan tam perdeler arasına bu sûretle ikişer perde daha ilâve edilir; bunun biri pest olan perdenin diyezi, diğeri tiz olan perdenin bemolüdür. Bundan dolayı bir armoni gamı aşağıdaki yedi esas perde ile on diyez ve bemolden mürekkeb bulunur (Ek 6, s.16):

Do Do**d** Re**b** Re Re **d** Mi**b** Mi Fa Fa**d** Sol**b** Sol Sol**d** La**b** La La**d** Si**b** Si Do_2

Pisagor gamını kullanmayı kabul edenler de[26] bir notayı diyezlemek ve bemollemek ihtiyacından kurtulmuş değillerdir. Ancak Pisagor gamında bir notayı diyezlemek için Mösyö Şöve (Cheve)ye göre, bundan sonra gelen notanın 243/256 misli; bemollemek için de evvel gelen notanın 256/243 misli almak yeterli gelir (Ek 6, s.17). Müellif Pisagor gamında bir notayı diyezlemek için o notayı 2187/2048 nisbetinde tizleştirmek ve aksine bemollemek için de 2048/2187 oranında pestleştirmek gerektiğini söylemiştir. (Ek 6, s. 17).

Müellif Pisagor gamında devam eden aralıkları aşağıdaki şekilde göstermiştir:

Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{81}{64}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{27}{16}$	$\frac{243}{128}$	2
	t	t	$t_{1/2}$	t	t	t	$t_{1/2}$

olduğundan meselâ baş perdesi sol olmak üzere bir gam meydana getirilecek olsa;

Sol	La	Si	Do_2	Re_2	Mi_2	Fa_2	Sol_2
$\frac{3}{2}$	$\frac{17}{16}$	$\frac{243}{128}$	2	$\frac{9}{4}$	$\frac{81}{32}$	$\frac{8}{3}$	3

silsilesine rastlanılır. İşte bu silsilede, ikinci yarım ton bir derece evvel gelmiş olduğundan, $\frac{8}{3}$ (fa_2) notasını olduğu gibi yükseltmek gerekir ki kendinden öncekine oranı 9/8 (ton) ve kendinden sonrakine oranı $\frac{243}{256}$ (yarım tonun aksi) olsun. Bu hâlde:

$$\frac{s \times \frac{8}{s}}{\frac{81}{82}} = \frac{9}{8} \quad \text{veya} \quad \frac{s \times \frac{8}{s}}{3} = \frac{243}{256}$$

olacağından bunlardan:

$$s = \frac{81 \times 9 \times 3}{22 \times 8 \times 8} = \frac{2187}{2048} \qquad \text{veya} \qquad s = \frac{243 \times 3 \times 3}{256 \times 8} = \frac{2187}{2048}$$

bulunur. Keza baş perde "fa" olmak üzere meydana getirilen:

[26] Galin – Paris – Chevé ekolü.

Fa	Sol	La	Si	Do_2	Re_2	Mi_2	Fa_2
$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{27}{16}$	$\frac{243}{128}$	2	$\frac{9}{4}$	$\frac{81}{32}$	$\frac{8}{3}$
t	t	t	$t_{1/2}$	t	t	t	

gibi bir gamda yarım ton bir derece sonra gelmiş bulunacağından si notasını biraz indirmek gerekir. İşte si notası eksiltilmelidir ki kendinden evvelkine oranı $t_{1/2}$ ve kendinden sonrakine oranı bu tonun aksine eşit olsun. Bu halde:

$$\frac{\frac{243}{28}Xs}{\frac{27}{16}} = \frac{256}{243} \quad \text{veya} \quad \frac{\frac{243}{28}Xs}{2} = \frac{8}{6}$$

olacağından bu denkliklerden:

$$s = \frac{256\times27\times128}{242\times16\times243} = s = \frac{2048}{2187}, \quad s = \frac{8\times2\ \ 128}{9\times243} = \frac{2048}{2187}$$ bulunur (Ek 6, s. 17)

Bu halde bir perdenin diyezi, üst tarafındaki perdenin bemolünden daha tiz demek olur . Bundan dolayı bir Pisagor gamı diyez ve bemoller ile aşağıda olduğu gibi meydana gelir (Ek 6, s. 18):

Do, re **b**, do **d**, re, mi **b**, re **d**, mi, fa, sol **b**, fa **d**, sol, la **b**, sol **d**, la, si **b**, la **d**, si, do_2

İşte bu diyezler ve bemoller yardımıyladır ki batı mûsikîsinde bir morsoyu "transpoze" etmek eski tabirle yazıldığı perdeden daha tiz veya daha pest perdelerden çalabilmek kolay olmuştur (Ek 6, s.18).

Armoni gamında; bir perdenin diyezi o perdenin arkasından geldiği ve bemolü ise kendisinden evvel bulunduğu, eski tabirle do ile re arasındaki "diyez" ve "bemol":

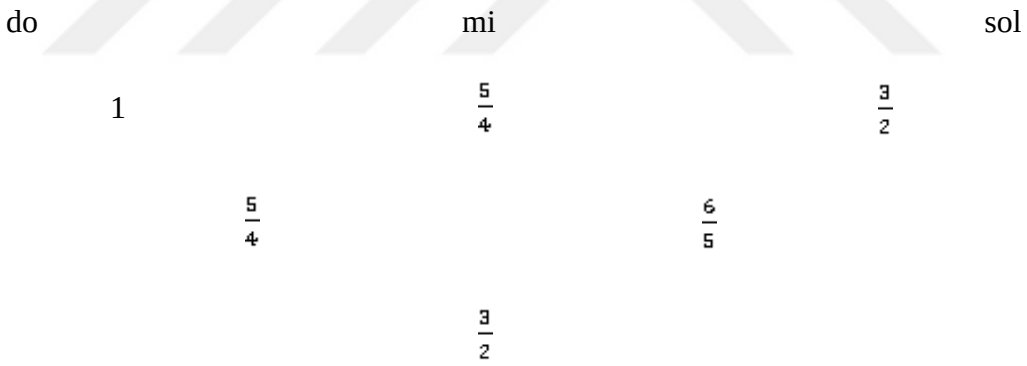
do do **d** re **b** re

dizisi üzere olduğu halde Avrupa hânendegânı do diyez perdesine "re bemol" ve aksine "re bemol" perdesine "do diyez" demektedirler (Ek 6, s18). Bu nitelik Pisagor gamından kalma bir şey olsa gerektir, ya da do sesinden doğrudan doğruya asıl do diyez perdesine çıkamadıklarından, fakat re bemol perdesine kolaylıkla çıkabildiklerinden kinâyedir ki bu da re bemol perdesini do perdesine daha ziyade yakınlığı olan bir perde gibi kabul etmelerine sebep olmuştur (Ek 6, s.18).

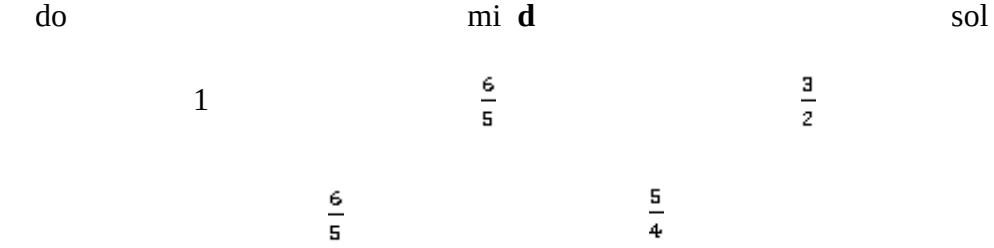
2.3.3.Ahenk (Accord) – (Te'lîf –Uzlaştırma)

İki ve daha çok sesin birleşmesinden ortaya çıkan bileşik sese "âhenk" (accord) veya daha doğrusu "te'lîf" (uzlaştırma) denilir.(Ek 6, s.20). Burada şunu belirtmek gerekir ki ahenk ; herhangi bir sazın perde veya tellerinin belli bir sese göre düzenlemesi anlamını taşımaktadır (Özkan, age, s.70). Konumuzu oluşturan ahenk ise aslında ahengî aralıktır. Ahengi aralık; iki sesi aynı zamanda işitilen aralık ki, bir uygu teşkil eder ve tek sesli mûsikîdeki lahnî aralık mefhumuna uymaz (Öztuna, 1990, 29). Yine bahsi geçen ahenk için; günümüzde "acor" (uygu) kelimesinin karşılığıdır. Fr. accorder (uyumlamak) fiilinden alınmış olan akort kelimesi, aynı kökten gelen "aynı anda duyulan birden fazla ses" anlamındaki akor (uygu) terimiyle karıştırılmamalıdır (Tanrıkorur, 2005, s.201).

Müellif üç sesten bileşik bir âhengin kulağa hoş gelmesi için, her birinin asıl sese yani baş perdeye olan oranının basit olmasının yeterli olmadığını; belki bu seslerin birbirine nazaran aralıklarının da basit olmaları gerektiğini söylemiştir. Aksi takdirde bunların birleşmesinden oluşan "armoni" kulağa hoş gelmez. Üç sesten bileşik âhenklerin en mülâyimi:



notalarından oluşan âhenktir. "Büyük tam ahenk" (Âheng-i tâm kebîr) adıyla anılan bu âhenk üçlü majör ile bir üçlü minörün birleşmesinden oluşmuştur ve her ikisi bir beşliye müntehi (nihâyet bulan, sona eren) bulunmuştur (Ek 6, s.21). Diğer bir âhenk de:



$\frac{3}{2}$

notalarından meydana gelen “Küçük tam ahenk” (Âheng-i tâm-ı sagîr)’ tir. Bu âhengin diğerinden farkı ancak üçlü majör yerine üçlü minörün geçmesinden ibârettir (Ek 6, s.21).

Bu iki âhenkten birincisin titreşim adetleri:

4 5 6

ve ikincisi de:

10 12 15

sayılarıyla uygun olan seslerden meydana gelir. Bir gamın baş perdesinin titreşim sayısı 24 farz olunursa diğerleri ard arda:

Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do_2	Re_2	Mi_2
24	27	30	32	36	40	45	48	54	60

olacağından bu silsileye göre evvel 4, 5, 6 sayılarıyla uygun bulunan:

Do	Mi	Sol	,	Fa	La	Do_2
24	30	36		32	40	48

sol	si	re_2
36	45	54

birleşmeleri bulunur; ikinci olarak 10, 12, 15 sayılarıyla uygun olmak üzere:

Mi	Sol	Si	,	La	Do_2	Mi_2
30	36	45		40	48	60

birleşmelerine erişilmiş olur (Ek 6, s.22).

Bunlardan başka bir sekizli içinde üç notadan meydana gelen mülâyim âhenkler aşağıda olduğu gibidir (Ek 6, s.22):

Do	Fa	La
3	4	5

Do	Mi **b**	La **b**
5	6	8
Do_2	Fa_2	La $\mathbf{b}_2$
15	20	24
Do_2	Mi_2	La_2
12	15	20

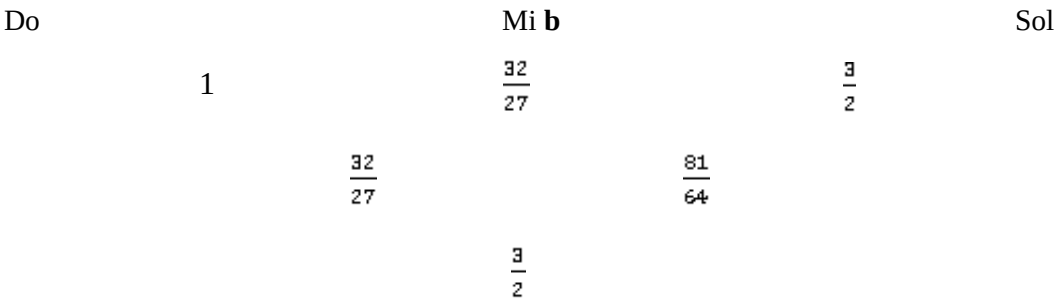
Bu açıklamalardan anlaşılacağı üzere Batı mûsıkîsinde kullanılan gam "büyük tam ahenk" (âheng-i tâm-ı kebîr)' in tekâmülünden ibarettir; eski tabirle Batlamyus gamının (Ek 6, s.22). Bilhassa "armoni" sanatı açısından tesis edilmiştir. Hakikatte baş perdesi "do" olan bir büyük tam ahenk "mi" ile "sol" notalarından bileşik olduğu gibi; "sol" den başlayan bir büyük tam ahenk "si" ve "re" notalarını, "do" ile son bulan bir "büyük tam ahenk de "fa" ve "la" notalarını içerir (Ek 6, s.22). Müellif, böyle birbiriyle birleşerek ayrı bir ses meydana getiren bileşik seslerin sayesinde Batı mûsıkîsinin sahip olduğu büyüklük ve vüsati kazandığını söylemiştir. Halbûki Doğu mûsikîsinde henüz böyle üç sesten bileşik bir tek sesin ne olduğu bile bilinememektedir (Ek 6, s.22).

Pisagor gamına gelince "büyük tam ahengi" meydana getiren:

Do	Mi	Sol
1	$\frac{81}{64}$	$\frac{3}{2}$
$\frac{81}{64}$		$\frac{32}{27}$
	$\frac{3}{2}$	

notaları yukarıda anlatılan şartlara sahip olmadıklarından bu âhenk kulağa asla mülâyim gelmez. Çünkü Pisagor gamında üçlü majör yerine geçen $\frac{81}{64}$ aralığı pek karışıktır (Ek 6, s.23).

Kezâ



Küçük tam ahenk (aheng-i tâm-ı sagîr) de yine niseb-i basîteden (iyi oranlar, uygun oranlar) teşekkül etmediğinden bileşik sesleri pek zıttır ki bu da üçlü minör yerine $\frac{32}{27}$ aralığının geçmesinden meydana gelmiştir(Ek 6, s.23).

Özetle Pisagor gamında üçlü majör ve üçlü minör oranlarının basit olmaması bu gama armoni sanatının uygulanmasına mani bulunmuş ve hatta eski Yunanlıların armoni sanatını tesis edememesinin başlıca sebebi de, ihtimâle göre, bu olmuştur (Ek 6, s. 23).

2.3.4. Bileşik Sesler:

Bileşik sesler Batı mûsıkîsinde çok önemlidir. Çünkü bu seslerin, ahenklerin sıhhat ve tamâmiyyeti üzerine pek büyük etkisi vardır (Ek 6, s.84). "Büyük tam ahenk"i teşkîl eden seslere ikinci sekizli de ilave edilecek olur ise:

Do	Mi	Sol	Do
$\frac{1}{1}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{2}{1}$

dizisi meydana gelir ki bunlardan meydana gelen bileşik sesler aşağıdaki gibidir (Ek 6, s.84):

$\frac{5}{3} - \frac{1}{1} = \frac{1}{4}$ (asıl sesin yani birinci do nun pest za'f (zayıf) sekizlisi)

$\frac{3}{2} - \frac{1}{1} = \frac{1}{2}$ (asıl sesin pest sekizlisi)

$\frac{3}{2} - \frac{5}{4} = \frac{1}{4}$ (asıl sesin pest zayıf sekizlisi)

$\frac{2}{1} - \frac{5}{4} = \frac{2}{4}$ (beşincinin yani sol'ün pest sekizlisi)

$\frac{2}{1} - \frac{1}{1} = 1$ (asıl ses)

Bu bileşik sesler, âhengi teşkîl eden üç sesi ve bilhassa asıl sesi takviye edeceğinden bunlar arasındaki uzlaştırma pek görünür ve pek yardımcı olur (Ek 6, s.85). Şimdi bir de:

Do	Mi	Sol	Do
$\frac{1}{1}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{2}{1}$

küçük tam ahengini inceleyelim: Bu âhengi teşkîl eden seslerden aşağıdaki gibi bileşik sesler meydana gelir (Ek 6, s.85):

$\frac{6}{5} - \frac{1}{1} = \frac{1}{5}$ (pest üçlü majörün pest zayıf sekizlisi)

$\frac{3}{2} - \frac{1}{1} = \frac{1}{2}$ (asıl sesin pest sekizlisi)

$\frac{3}{2} - \frac{6}{5} = \frac{3}{10}$ (pest küçük üçlünün pest zayıf sekizlisi)

$\frac{3}{2} - \frac{1}{1} = \frac{1}{1}$ (asıl ses)

$\frac{2}{1} - \frac{6}{5} = \frac{3}{5}$ (pest üçlü majör)

$\frac{2}{1} - \frac{3}{2} = \frac{1}{2}$ (asıl sesin sekizlisi)

Müellif bunlar arasında üçlü majör ile beşli birbirine uyumsuz bulunduğundan "küçük tam ahenk" in kesin bir âhenk olamayacağını söylemiştir.

2.3.5.Armonik Sesler (Esvât-ı Müellefe)

Titreşim adetleri birincisine göre 1, 2, 3, 4, …. tabîî sayıları üzere giden sesler dizisine "esvât-ı müellefe" (armonik sesler - sons harmoniques) ve titreşim adedi 1 olan "savt-ı aslî" (asıl-temel ses- son fondamental)"nin "müellefeleri" (armonikleri-harmoniques) denilir (Ek 6, s.24). İşte majör gamında bu diziyi takip eden sesler sırasıyla yazılacak olursa:

Do_1 Do_2 Sol_2 Do_3 Mi_3 Sol_3 ! Do_4

1 2 3 4 5 6 7 8

bulunur. Bu dizinin baş taraflarından birbirini takip ederek alınan iki derece, en uygun âhenkleri verir. Meselâ birinci ile ikinci "oktav"ı, ikinci ile üçüncü "beşli"yi, üçüncü ile dördüncü "dörtlü" yü, dördüncü ile beşinci "üçlü"yü oluşturur (Ek 6, s.24).

Tabîi armoniklerin mûsikîdeki önemi büyüktür. Çünkü mûsıkîde kullanılan aralıklar tabîi armoniklerden alınmıştır (Öztuna, age, s.55)

4.DOĞU MÛSİKÎSİ

2.4.1.Lahnî Aralıklar (Eb'âd-ı Lahniyye)

Doğu mûsıkîsinin sırf melodi üzerine kurulu olduğunu söyleyen müellif; bu mûsıkîde kullanılan gamın "mıstar (dizi)" olarak adlandırıldığını belirtmiştir. Birbirini takip eden iki dizi arasını ayıran mûsıkî seslerine veya sekizliye "zülküll" denilir (Ek 6, s.25). Bir diziyi oluşturan perdelerin takip eden aralıklarına ise "eb'âd-ı lahniyye (ses aralıkları)" denir. Bu aralıkların isimleri, oranları ve özel işaretleri aşağıda olduğu gibidir (Ek 6, s.25):

İsimler	Sayısal Değerleri	Özel İşaretleri
Tanini aralığı	$\frac{9}{8}$ = 1,12507	ح ب^2
Büyük mücenneb aralığı	$\frac{65536}{59049}$ = 1,10985	ب^2
Küçük mücenneb aralığı	$\frac{2187}{2048}$ = 1,06787	ح ب
Tam bakiye aralığı	$\frac{256}{243}$ = 1,05357	ب
Eksik bakiye aralığı	$\frac{531441}{524288}$ = 1,01555	ح
Tavîl (uzun) aralığı	$\frac{16777216}{14348907}$ = 1,16930	ب^3
Atvel (pek uzun) aralığı	$\frac{32}{27}$ = 1,18588	ح ب^3

ب: Bir tam bakiye aralığı

ب^2 : İki tam bakiye

ح ب^2 : İki tam bakiye ile bir eksik bakiye

ح: Eksik bakiye

Salih Zeki Bey'in "eksik bakiye" olarak gösterdiği sayısal değeri $\frac{531441}{524288}$ = 1,01000 olan aralık günümüz nazariyyesinde "koma" olarak adlandırılmaktadır. "Atvel" aralığı ise artık ikili olarak adlandırılmıştır (Özkan, age, s.62).Üç bakiyeden oluşan tavil aralığı Ezgi'de "artık tanini" olarak geçmektedir (Arel, 1932, s.18)

Yukarıda müellifin verdiği oranlara göre;

-Bir tanini aralığı; iki tam bakiye ile bir eksik bakiyeden

-Bir büyük mücenneb aralığı; iki tam bakiyeden

-Bir küçük mücenneb aralığı; bir tam bakiye ile bir eksik bakiyeden

-Bir tavîl; üç tam bakiyeden

-Bir atvel aralığı; üç tam bakiye ile bir eksik bakiyeden meydana gelmiştir.

Müellif; doğu mûsıkisindeki bu ses aralıklarına dikkatle bakılacak olursa:

-Tanini aralığının Pisagor gamının tonundan olduğu,

-Küçük mücennep aralığının Apotom'dan,

- Tam bakiye aralığının Lima'dan,

-Eksik bakiye aralığının da Pisagor komasından başka bir şey olmadığını söylemiş ve doğu mûsıkîsinde esâs kabul olunan aralığın ise bakiye aralığı olduğunu belirtmiştir (Ek 6, s.25).

Müellif doğu mûsikîsinden bahsederken bir dizinin aralığı olan sekizli (zülküll)' yi; on iki tam bakiye aralığı ile beş eksik bakiye aralığından oluşur şeklinde tarif etmiştir (Ek 6, s.25). Eskilerin ise bir sekizliyi bir dörtlü ile bir beşliden meydana gelir şeklinde tarif ettiklerini söyleyip daha sonradan ise bu kanunun muhâfaza olunamadığını söylemiştir (Ek 6, s.25).

Doğu mûsıkîsinde diziler, bu ses aralıkları ile birbirinden ayrılmış yedi esâs perde ve bunlar arasında bulunan ara (tâlî) perdelerden meydana gelir (Ek 6, s.25). Müellif bir diziyi oluşturan perdelerden her birinin bir özel isimle bilindiğini fakat ara (tâli) perdelerin isimlerinde mûsikîşinâslarca bile anlaşmazlık olduğunu söylemiştir. Bu

hususu; her ne kadar şimdileri Osmanlı mûsıkîşinâsları perdeleri do, re…. isimleriyle ansalar da bu notaların doğu mûsikîsi perdelerine tamamı tamamına uymadığını göstermek pek kolaydır şeklinde ifade etmiştir (Ek 6, s.26).

Müellif doğu mûsikîsi iki veya iki buçuk oktav (zülküll) dâhilinde sınırlanmış olduğundan mûsıkî seslerinin sayısını arttırma ve bununla birlikte perdeleri de çoğaltmak için gamları çeşitlendirme mecburiyyeti olduğunu söylemiştir. Doğu mûsikîsinin Batı mûsikîsi gibi gamlarının sayısı ikiye sınırlanmış değildir diyen müellif Osmanlı mûsikîsinde kullanılan gamlardan birkaçını aşağıdaki şekilde vermiştir (Ek 6, s.26):

2.4.2. Dizi (Mıstar)

2.4.2.1.Yegâh Dizisi (1)

Perdelerin İsimleri	Yegâh	Aşîran	Irak	Rast	Dügâh	Segâh	Çargâh	Nevâ
Sayısal Oranları	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{8192}{6561}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{32768}{19683}$	$\frac{16}{9}$	2
Takip eden Aralıkları		ح^{2}ب	ب^2	حب	ح^{2}ب	ب^2	حب	ح^{2}ب

Yegah dizisini Rauf Yekta Bey Osmanlı'nın kullandığı tabîi dizi olarak nitelendirmektedir. Salih Zeki Bey'in yukarıdaki çizelgede verdiği oranlar gibidir Rauf Yekta Bey'in yegâh dizisi için verdiği oranlarla aynıdır. Yekta bu diziyle ilgili olarak şunları söylemiştir:

> "Her türlü i'tirâzâta mahall kalmamak ve mûsikî-i Osmânî'de müsta'mel tabiî sadâlardan ekserîsinin alafranga mûsikîdeki sadâlara tevâfuk etmediğini isbât etmek üzere hikmetşinâs-ı şehîr saâdetli Sâlih Zeki Bey Efendi hazretlerinin muâvenet ve inâyet-i tahrîrâneleri sâyesinde icrâ edilen tecârib netîcesi olarak Osmanlı mûsikîsinin tabiî sadâlarının (yegâh) perdesine nisbetle hâiz oldukları niseb-i adedîyi ber-vech-i zîr aynen yazıyoruz." (Çergel, 2007, s.62).

Günümüz nazariyesinde ise Yegah makamdaki perdelerin isimleri şu şekildedir: Yegâh'ta Râst dizisi ; Yegâh, Hüseyni Aşiran, Irak, Rast, Dügah, Bûselik, Nim Hicaz veya Çargah,

Neva. Yerinde Nevâ dizisi: Dügâh, Segâh, Çârgâh, Nevâ, Hüseynî, Eviç, Gerdâniye, Acem (Özkan, age, s.546).

2.4.2.2.Acemaşîran Dizisi (2)

Perdelerin İsimleri	Acemaşîran	Rast	Dügâh	Kürdi	Çargâh	Nevâ	Hüseyni	Acem
Sayısal Oranları	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{81}{64}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{27}{16}$	$\frac{243}{128}$	2
Takip eden Aralıkları	ح^{2}ک	ح^{2}ک	ک	ح^{2}ک	ح^{2}ک	ح^{2}ک	ک	

2.4.2.3.Hicaz Dizisi (3)

Perdelerin İsimleri	Dügâh	Uzzal	Hicaz	Neva	Hüseyni	Acem	Gerdaniye	Muhayyer
Sayısal Oranları	1	$\frac{2187}{2048}$	$\frac{8192}{6561}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{128}{81}$	$\frac{16}{9}$	2
Takip eden Aralıkları	ح ک	ک^2	ح ک	ح^{2}ک	ک	ح^{2}ک	ح^{2}ک	

Arel- Ezgi sisteminin getirisi olarak, Hicaz ailesi şeklinde 4 ayrı şekilde incelenen hicaz makamlarının hepsinde günümüz nazariyyesinde, dügâh perdesinden sonraki perde dik kürdî perdesi olarak görünmektedir. Müellif bu perdeyi uzzal olarak göstermiştir. Uzzal perdesi ile ilgili olarak: Harîrî bin Muhammed'in Kırşehrî Edvar çevirisinde*; "*Kırşehri hicaz makamını tarif ederken, çargâh ile ısfahan arasındaki perdeyi uzzal olarak yazmıştır..Demek ki hicaz ve uzzal birbirlerinin yerine kullanılmaktadır"(Doğrusöz, 2007, s.20). Buradaki tariflerden de anlaşılacağı üzere hicaz ve uzzalın birbirinin yerine ve sonraki dönemde de hicaz ve saba'nın birbirinin yerine kullanılmıştır. Fakat müellif uzzal perdesini hicaz yerine kullanmamıştır, buradaki uzzalın günümüz nazariyyesinde karşılığı dik kürdi perdesidir.

2.4.2.4.Uşşak Dizisi (4)

Perdelerin İsimleri	Dügâh	Segâh	Çargâh	Neva	Hüseyni	Acem	Gerdaniye	Muhayyer
Sayısal Oranları	1	$\frac{65536}{59049}$	$\frac{33}{27}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{128}{81}$	$\frac{16}{9}$	2
Takip eden Aralıkları	ب	ح ب	ح^{2}ب	ح^{2}ب	ب	ح^{2}ب	ح^{2}ب	

2.4.2.5.Isfahan Dizisi (5)

Perdelerin İsimleri	Dügâh	Bûselik	Sabâ	Nevâ	Hüseyni	Acem	Gerdaniye	Muhayyer
Sayısal Oranları	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{81}{64}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{128}{81}$	$\frac{16}{9}$	2
Takip eden Aralıkları	ح^{2}ب	ح^{2}ب	ب	ح^{2}ب	ب	ح^{2}ب	ح^{2}ب	

Isfahan makamı günümüzde basit ve bileşik olmak üzere iki şekildedir. Basit Isfahan makamı dizisinin; Uşşak ve Beyâti makamı dizisinden başka bir şey olmadığı, Bileşik Isfahan makamında ise Uşşak ve Beyati dizisi, yerinde uşşak dörtlüsüne Nevâ perdesinde bir Bûselik beşlisinin eklenmesinden meydana gelmiştir (Özkan, age, s.301). Müellifin verdiği perde isimlerinde Bûselik perdesinden sonra Sabâ perdesi gelmektedir. Sistemci okulun ilk mensuplarının kullandığı ve Dügâhta Isfahan beşlisinde Re koma bemolü olarak gösterilen Uzzal perdesi de bugün kullanılmamaktadır (Kutluğ, 2000, s.341).

2.4.2.6.Sabâ Dizisi (6)

Perdelerin İsimleri	Dügâh	Segâh	Çargâh	Sabâ	Hüseyni	Acem	Gerdaniye	Muhayyer
Sayısal Oranları	1	$\frac{65536}{59049}$	$\frac{32}{27}$	$\frac{81}{64}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{128}{81}$	$\frac{16}{9}$	2
Takip eden Aralıkları	ب	ح ب	ح ب	ح^{2}ب	ب	ح^{2}ب	ح^{2}ب	

Günümüz nazariyyesinde Saba makamının perdelerinin isimleri şu şekildedir; Dügâh, Segâh, Çargâh, Hicaz, Dik Hisar, Acem, Gerdâniye, Şehnâz veya Dik Şehnâz , Tîz Çârgâh (Özkan;age:s.344). Bugün kullandığımız sistemde teoride Hicaz olarak gösterilen perdeyi müellifin verdiği dizide Sabâ perdesi olarak görmekteyiz.

2.4.2.7.Karcığar Dizisi (7)

Perdelerin İsimleri	Dügâh	Segâh	Çargâh	Nevâ	Hisar	Evc	Gerdaniye	Muhayyer
Sayısal Oranları	1	$\frac{65536}{59049}$	$\frac{32}{27}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{729}{512}$	$\frac{32768}{19683}$	$\frac{16}{9}$	2
Takip eden Aralıkları		ک^2	ح ک	ح^{2}ک	ح ک	ک^2	ح ک	ح^{2}ک

2.4.2.8.Segâh Dizisi (8)

Perdelerin İsimleri	Segâh	Çargâh	Nevâ	Hisar	Evc	Gerdaniye	Muhayyer	Tiz Segâh
Sayısal Oranları	1	$\frac{2187}{2028}$	$\frac{19683}{16364}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{6561}{4096}$	$\frac{59049}{32768}$	2
Takip eden Aralıkları		ح ک	ح^{2}ک	ک^2	ح^{2}ک	ح ک	ح^{2}ک	ک^2

2.4.2.9.Rast Dizisi (9)

Perdelerin İsimleri	Rast	Dügâh	Segâh	Çargâh	Nevâ	Hüseyni	Evc	Gerdaniye
Sayısal Oranları	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{8192}{6561}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{27}{16}$	$\frac{4096}{2187}$	2
Takip eden Aralıkları		ح^{2}ک	ک^2	ح ک	ح^{2}ک	ح^{2}ک	ک^2	ح ک

2.4.2.10.Nihavend Dizisi (10)

Perdelerin İsimleri	Rast	Dügâh	Kürdi	Çargâh	Nevâ	Beyati	Acem	Gerdaniye
Sayısal Oranları	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{32}{27}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{128}{81}$	$\frac{16}{9}$	2
Takip eden Aralıkları		ب حـ^2 ى		ب حـ^2 ى	ب حـ^2 ى	ب حـ^2 ى	ب حـ^2 ى	

Nihavend makamında günümüz nazariyesinde Nevâ perdesinden sonraki perde Nim Hisâr perdesidir. Müellifin verdiği dizide bu perde Beyâti olarak görülmektedir.

Müellif kullanılan dizileri yukarıdaki şekilde gösterdikten sonra, bu isimlerin mûsıkî üstatlarına göre birbirine uymadığını ve o nedenle de oranların doğru kabul edilmesi gerektiğini söylemiştir (Ek 6, s. 27)

Arel- Ezgi sistemi olarak bilinen ve günümüz nazariyesinde kullanılan sistemde makamlar dörtlü ve beşlilerin biraraya gelmesinden oluşmaktadır. Özkan makamı şöyle tarif etmiştir: Bir dizide durak ve güçlünün önemi belirtilmek ve diğer kurallara da bağlı kalmak suretiyle nağmeler meydana getirerek gezinmeye denir (Özkan, age, s.77).

Müellif makamlardan bahsederken, bir gamda bulunan perdelerden veya bunlara eşdeğer diğer perdelerden meydana gelen melodilerin bir "makâm" dan varsayıldığını ve gamların çeşitli şekilde bileşimleri yönüyle makamların çoğaldığını söylemiştir (Ek 6, s.27). Ayrıca müellif makamlarla ilgili olan şu bahsin iyice anlaşılması gerektiğini belirtmiştir: Meselâ hicâz makamından bestelenmiş bir şarkı denince bu şarkının nağmeleri hicâz dizisini aynen takip ettiği fikrine kapılmamalıdır. Böyle olsaydı, her makamdan yalnız bir beste veya bir şarkı olurdu; aksine, bu ifâdeden hicazdan bestelenmiş bir şarkı alınsa ve bu şarkıyı meydana getiren perdeler tizlikleri sırasıyla yazılsa, bunların elbette hicaz dizisini meydana getiren sesler dizisinin derecelerine uyacağı anlaşılmalıdır (Ek 6, s. 27). Özel kurallara uyarak bestelenmiş bir şarkıda, ait olduğu makâmın dizisinde, içinde bulunduğu perdelerden veya bunların benzerlerinden başkasına tesâdüf edilmez (Ek 6, s. 27). Bunun için doğu mûsıkîsinin bir makamından birçok şarkı okunduğu hâlde bu mûsıkîye yabancı olan bir kimsenin dâima aynı şey okunuyor zanneder. Taksimlerde ise

bir diziden diğer diziye geçildiğini belirten müellif taksimlerdeki bu geçişin kulağa hoş ve mülâyim gelmesi,saz veya hanendenin mahâretli icrasındandır demiştir. (Ek 6, s.27).

Müellif makamların çoğalmasından bahsederken aynı gama tâbi fakat sıraca birbirinden farklı mûsıkî bileşimlerinin de çeşitli makâmdan sayıldığını söylemiş ve örnek olarak da uşşak ile beyati makamını vermiştir (Ek 6, s.28).

O dönemde "dizi"lerin çok çeşitlendiğini ve birçoğunun isminden başka bir şeyi kalmadığını belirten müellif kullanılan makamların yüzü geçkin olduğunu söylemiştir (Ek 6, s.28) . Ancak bu gamların çeşitlenmesinde eskiler daima bir sekizlinin bileşik olmasını kural saymışlar ise de son zamanlarda yetişenler bu kurala da riâyet etmemişlerdir (Ek 6, s.28). İşte yukarıda örnek olarak verilen dizilerden altıncısı (saba) ile yedincisinden (karcığar) başkasında, dördüncü perde birinci perdeden 4/3 kadar ve sekizinci perde de beşinci perdeden 3/2 kadar yüksektir; ve yine beşinci perde birinci perdeden 3/2 kadar ve sekizinci perde de beşinci perdeden 4/3 kadar daha tizdir (Ek 6, s.28). Bir halde ki dâima:

$$\frac{4}{3} \text{ X } \frac{3}{2} = \frac{3}{2} \text{ X } \frac{4}{3} = 2$$

olmak üzere bir sekizli meydana gelir. Fakat altıncı (saba) ile yedinci (karcığar) dizide bu kânun kısmen geçerli değildir. Hakikatte sabâ dizisinden dördüncü perde birinci perdeye oranla 81/64 kadar ve sekizinci perde ise buna nazaran 128/81 kadar yüksektedir ki bu sayılar ile 3/2 oranlarından pek farklıdırlar (Ek 6, s.28). Eski tabirle bu iki dizi için:

$$\frac{81}{64} \text{ X } \frac{3}{2} = \frac{243}{128}$$

ve

$$\frac{4}{3} \text{ X } \frac{729}{512} = \frac{243}{128}$$

aralıkları, bir sekizliden bir tam bakiye aralığı kadar noksandır (Ek 6, s.28). Müellif düzeni korumak için karcığar makamındaki Evc perdesini Acem perdesine indirmek veya Hisar perdesini Hüseyni perdesine çıkarmanın yeterli olacağı gibi, Saba makâmında da Hüseyni perdesini Şuri perdesine kadar indirmek gerektiğini söylemiştir.

Doğu mûsıkîsinde kullanılan gamların birkaçından başkası üç ve üçten çok mûsıkî aralıkları içerdiğinden, bunların her birini gerçek diyezlemek ve bemollemek için bir basit kural koymak mümkün değildir (Ek 6, s.28). Meğer ki $ح^2ب$ ile ifâde olunan tanini aralığı, $ب^2$ ile ifâde olunan büyük mücennep aralığı ve $ح\ ب$ ile gösterilen küçük mücennep aralığı da $ب$ tam bakiye aralığına eşit sayılsın.

Müellif yalnız iki çeşit ses aralığına sahip olan dizilerden acemaşiran makamının burada örnek olarak alınmaması gerektiğini söylemiştir ve nihâvend dizisini örnek olarak vermiştir. Çünkü acemaşiran dizisi Pisagor gamı gibi olduğundan diyez ve bemol için onun tâbi bulunduğu kânuna tâbi olmak gerekir (Ek 6, s.28). Müellif örnek olarak nihavend dizisini ele alıp, perdeleri arasındaki ses aralıklarını aşağıdaki şekilde göstermiştir (Ek 6, s.28):

Rast	Dügâh	Kürdi	Çargâh	Nevâ	Beyati	Acem	Gerdaniye
$ح^2ب$	$ب$	$ح^2ب$	$ح^2ب$	$ب$	$ح^2ب$	$ح^2ب$	

Bu dizi nevâ perdesinden yürütülecek olsa:

Nevâ	Beyati	Acem	Gerdaniye	Muhayyer	Sünbüle	Tiz Çargâh	Tiz Nevâ
$ب$	$ح^2ب$	$ح^2ب$	$ح^2ب$	$ب$	$ح^2ب$	$ح^2ب$	

oluşacağından birinci ses aralığı olan $ح^2ب$ ile ikinc ses aralığı olan $ب$ nin yer değiştirdiği görülür. Düzeni korumak için, zarûrî olarak beyâti perdesini diyezlemek gerekir ki nevâ ile arasındaki aralık $ح^2ب$ ve acem ile arasındaki aralık da $ب$ olsun; bunun için de beyati perdesini de = $\frac{2187}{2048}$ oranına yükseltmek yeterli olur (Ek 6, s.29).

Bu şekilde:

Nevâ	Hüseyni	Acem	Gerdaniye	Muhayyer	Sünbüle	Tiz Çargâh	Tiz Nevâ
$ح^2ب$	$ب$	$ح^2ب$	$ح^2ب$	$ب$	$ح^2ب$	$ح^2ب$	

bulunur ki bu da istenilen diziden ibarettir (Ek 6, s.29). Müellif nihâvend gamının birinci perdesine nazaran titreşim sayılarını gösteren rakamlar dizisini aşağıdaki şekilde göstemiştir:

Rast	Dügâh	Nihavend	Çargâh	Neva	Beyâti	Acem	Gerdaniye

1	9/8	32/27	4/3	3/2	128/81	16/9	**2**
	ح ق^2	ب	ح ق^2	ح ق^2	ب	ح ق^2	ح ق^2

olmakla beyâti perdesi $\frac{2187}{2041}$ ile darb olunur ise oluşan:

$$\frac{121}{81} X \frac{2107}{2048} = \frac{17}{16}$$

hüseynî perdesinin nevâ perdesine oranı:

$$\frac{27}{16} \div \frac{3}{2} = \frac{9}{8} \text{ tanini aralığı}$$

ve acem perdesinin buna oranı ise:

$$\frac{16}{9} \div \frac{27}{16} = \frac{256}{243} \text{ tam bakiye aralığı}$$

‘ndan ibâret bulunur (Ek 6, s.29).

Nihâvend dizisi çargâh perdesinden itibaren yürütülecek olursa;

Çargah	Neva	Beyati	Acem	Gerdaniye	Muhayyer	Sünbüle	Tiz Çargâh
	ح ق^2	ب	ح ق^2	ح ق^2	ح ق^2	ب	ح ق^2

yazmamak ve aksine mâhur perdesini bemollemek ($\frac{2048}{2187}$ oranında indirmek), eski tabirle mâhuru şehnaza kadar indirmek gerekir (Ek 6, s.30). Bu hâlde

Çargah	Neva	Beyati	Acem	Gerdaniye	Şehnaz	Sünbüle	Tiz Çargâh
	ح ق^2	ب	ح ق^2	ح ق^2	ح ق^2	ب	ح ق^2

bulunur ki bu da istenilen diziden ibârettir (Ek 6, s.30).

Müellif bir de ikiden çok ses aralığı olan makamların dizilerini incelemek için örnek olarak hicaz dizisini almış ve aşağıdaki şekilde açıklamıştır (Ek 6, s.30):

Dügâh	Uzzâl	Hicâz	Nevâ	Hüseyni	Acem	Gerdaniye	Muhayyer
1	$\frac{2187}{2048}$	$\frac{8192}{6561}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{128}{81}$	$\frac{16}{9}$	**2**

ـ ـ ـ ـ ـ ـ ـ

ve hüseyni perdesinden itibaren bu diziyi yürütelim. Bu hâlde :

Hüseyni Acem Gerdâniye Muhayyer Tiz Uzzal Tiz Hicâz Tiz Nevâ Tiz Hüseyni

ـ ـ ـ ـ ـ ـ ـ

bulunur ki bu dizinin nağmeleri ile hicaz dizisinin nağmeleri arasında büyük fark vardır. Çünkü sonuncu ses aralığından başkasının yerleri değiştirilmiştir. Hakikatte ilk olarak ikinci acem perdesini, (eksik bakiye aralığı) kadar yükseltmek, ikinci olarak üçüncü gerdâniye perdesini ـ (tam bakiye aralığı) oranında tizleştirmek, üçüncü olarak bu sûretle dördüncü muhayyer perdesi yerine gelmiş olacağından dolayı beşinci tiz uzzâl[27] perdesini ـ kadar yükseltmek dördüncü olarak altıncı tiz hicâz perdesini de ـ kadar indirmek gerekir (Ek 6, s.30). Böyle gayet karışık yapılan şeyler özel bir cetvele müracaatla mümkün olur ki onun da neticesi şundan ibârettir:

Hüseyni ?[28] Şehnaz Muhayyer Tiz Segâh Tiz Çargâh Tiz Nevâ Tiz Hüseyni

ـ ـ ـ ـ ـ ـ ـ

Bu açıklamalardan anlaşılacağı üzere bir gam ne kadar az ses aralığını içerirse diyez ve bemol kuralları da o kadar basit olur (Ek 6, s.31). Avrupalılar armoni gamını kolayca diyezlemek ve bemole etmek için majör ton ve minör tonu birbirine denk sayarak bu gamdaki ses aralıklarını ikiye düşürmüşlerdir. Çünkü diyezlemek ve bemole etmek için en çok düzene tâbi olan gamlar “iki sesli” (Diatonique) gamlardır ki Pisagor gamı veya bizdeki acemaşiran dizisi ile ısfahân, nihâvend, mâhur dizisi bunlardandır (Ek 6, s.31). Diğer ikiden çok ses aralığı içerenler için her perdenin kaç tam bakiye aralığı ve eksik bakiye aralığı arttırma veya azaltma lazım geleceğini bilgi edinme yoluyla tayîn eylemek gerekir. İşte bundan dolayı bu bahsin başlangıcında doğu mûsıkîsinde esâs olan aralık, bakiye aralığıdır denilmiştir (Ek 6, s.31).

[27]Müellif bu perdenin isminin olmadığı veyâhud mûsıkîşinâslarca birbirine uymayan farklı isimler bulunduğu için burada bu şekilde gösterdiğini belirtmiştir.

[28]? Müellif acem ile evc arasında ve evcden bir eksik bakiye kadar aşağı bir yere tesâdüf eder ise de orada böyle bir perde belli değildir demiştir.

Bununla birlikte bu usûl ile dahî bir şarkıyı her istenilen perdeden başlayarak çalmak mümkün değildir. Meselâ yukarıdaki hicâz makamının dizisini hüseyniden başlamak gerekse eski tabirle dügâh perdesi hüseyni farzedilse, uzzâl perdesinin karşılığı bulunamaz(Ek 6, s.31).Yine her makâm için ayrı bir gam olmasından dolayıdır ki meselâ mandalsız kanunun telleri uşşak makamına göre akord edildiği halde bununla diğer bir makâmdan ve örneğin acem aşirandan bir şey çalınamaz. Özetle gamların çoğalması ve çeşitlenmesi doğu mûsıkîsi için büyük bir sakıncadır diyen müellif bunun düzeltilmesinin ise mûsıkîşinaslara ait bir vazife olduğunu söylemiştir (Ek 6, s.31).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM: MEBHÂS-I SAVT'IN ÇEVİRİ METNİ

İfâde-i Merâm

Bu kitap, İstanbul Darülfünûn-u Riyâziyyât şu'besinde tedrîs etmekte olduğum Hikmet-i Tabîiyye-i Umûmiyye'den sadece Mebhâs-ı Savt' ın hulâsasıdır. Bu mebhâsda, ecsâm-ı sulbe ve seyyâlenin kavânîn-i hareket ve muvâzeneti hareket-i ihtizâziyye denilen harekât-ı sagîreye tatbîk edilmiş ve tahlîl-i riyâzî de âncak lüzûmu derecesinde isti'mâl olunmuştur. Binaenaleyh bu kitabı, temevvücât-ı nazariyyesini ta'mîk ve buna dâir elsine-i ecnebiyye üzere yazılmış olan ümmehât-ı kütübü tedkîk etmek isteyen gençlerimize, bir medhal olmak üzere, tavsiye ederim.

Muhteviyyâtına gelince o da bir mukaddime ile dört bâba taksîm edilmiştir: Birinci bâbda hareket-i ihtizâziyyenin intişâr ve in'ikâsı , ikinci bâbda harekât-ı ihtizâziyyenin tedâhülü tedkîk olunmuş; üçüncü bâbda enâbib-i mutasavvıta, dördüncü bâbda evtâr ve safihât-ı mühtezze nazariyyâtına girişilmiştir. Burada mevcut olmaması lazım gelen bir bahis var ise o da esvât-ı mûsikiyyenin nazariyye-i hikemiyyesidir. Fakat bu nazariyye henüz bizde lâyıkıyla anlaşılmadığı ve garb, şark mûsikîsi mebâhisi de ara sıra teceddüd eylediği cihetle mukaddemede buna dâir ba'zı mürettebe kat 'i ve sarîh ma'lumât i'tâsına mecbûr oldum.

Salih Zeki

MEBHÂS-I SAVT

İşte (ellerini şiddetlice birbirine çarparak) bir sadâ ! Bu noktada münâkaşa olmaz; bu sadâ mıdır, değil midir? Bunu kimse sormaz. Bu bir sadâdır, eğer işitir iseniz. Eğer işitmez iseniz… Sizin için sadâ değildir.

Lord Kelvin

(3 teşrini evvel sene 1883-Birmingham)

FİHRİST

Sâhife

İfâde-i Merâm 2

Mukaddime -Esvât-ı Mûsikiyye 5

Savt: Şiddet, irtifa‘, tınnet, fâsıla-i mûsikiyye _ melodi_ armoni _ garb mûsikîsi _ fâsılât-ı mülâyime ve gayrı mülâyime _ gam majör veya Batlamyus gamı, fâsılat-ı lahniyyesi _ gam minör, fâsılat-ı lahniyyesi _ Pisagor gamı:diyez, bemol _ usûlü muhtelife, mu‘tedil gam _ âhenk, âheng-i tâm-ı kebîr, âheng-i tâm-ı sagîr _ Pisagor gamının armoni nokta-i nazarından mahzûru, tabîî gam _ esvât-ı müellefe, şark mûsıkîsi: eb‘ad-ı lahniyyesi _ mıstar, mıstarların taaddüd ve tenevvü‘ü _ bu tenevvü‘ün mahzûru _ makâmât.

Bâb-ı Evvel_ Hareket-i İhtizâziyenin İntişâr ve İn‘ikâsı: 32

Hareket-i ihtizâziyenin muâdele-i tefâzuliyesi _ muâdele-i tefâzuliyyenin itmâmı_hareket-i ihtizâziyenin devri, safhası _ tenbih _ hareket-i ihtizâziyenin şiddeti, ihtizâzâtı tûlaniye ve arzâniyye: İhtizazât-ı tûlâniyenin üstüvânî bir vâsıta-i elestikiye derûnunda intişârı _ hâdise-i intişârın muâdele-i tefâzuliyesi _ muâdele-i tefâzuliyenin itmâmı _ hareket-i temevvüciye, mevc-i munkabız, mevc-i münbasit, _ tûl-i mevc, tûl-i mevc ile devr-i ihtizâz beynindeki münâsebet _ ihtizâzâtı tûlaniyenin bir üstüvâne-i gayr-ı mahdûde dâhilinde intişârı, ihtizâzât-ı arzâniye, savtın sür’at-i intişârı _ gazlarda sür‘at-i intişâr-ı savt _ Newton nazariyesi _ mâyiâtda sür‘at-i savt, sulblerde sür‘at-i savt _ tenbih.

Bâb-ı Sâni_Harekât-ı İhtizâziyyenin Tedâhülü 71

‘Aynı devre tâbi iki hareket-i ihtizâziyenin terkîbi _ tahkîkât-ı tecrübiye, harekât-ı ihtizâziyenin terkîbi için Ferenli kâidesi, muhtelifü’d-devr iki hareket-i ihtizâziyenin terkîbi _ Darban hâdisesi ve îzâhı _ esvâtın irtifâ‘-ı mutlaklarının ta‘yîni _ esvât-ı

muhassala _ esvât-ı muhassalanın armoniye tatbikî _ iki hareket-i ihtizâziyye-i kâ'imenin terkîbî _ hâlât-ı husûsiyeye tatbikî _ Leysajonun usul tahkikî.

Bâb-ı Sâlis _ Enâbib-i Mutasavvıta 95

Sadâ boruları - Bernolli nazariyyesi: Kapalı sadâ boruları, kavânîni, ukde ve batın noktaları _ açık sadâ boruları, kavânîni; ukde ve batın noktaları _ nazariyye-i mezkûrenin tedâhül-ü esvât-ı nazariyyesiyle îzâhı _ bir tarafı kapalı üstüvâne-i mahdûdede tedâhül-ü esvât _ tahkikât-ı tecrübiye _ tecrübe ile nazariyye meyânındaki tehâlüf _ Postun nazariyyesi _ Hopkins ve (Ket) in ta'dîlâtı _ miktâr-ı sâbitin ta'yîni _ tenbih _ sür'at-i savtın borular vasıtasıyla ta'yîni.

Bâb-ı Râbi' _ Evtâr-ı Mühtezze: 128

Telli alât-ı savtiyye _ Evtâr-ı mühtezze _ Evtârın ihtizâzat-ı arzâniyesi ve muâdele-i tefâzuliyesi _ muâdele-i tefâzuliyenin itmâmı _ Hâlât-ı hususiye _ Forye da'vâsı _ Taylor düstûru _ Evtâr-ı mühtezze kânunları _ Sür ' at-i ibtidâiyesiz tebdîl-i mevzi' _ Bir misale tatbîkî _ Tenbih _ Yong kânunu _ Kad'ib çubukları _ İhtizâzat-ı tûlaniyyesi _ Evtârın İhtizâzat-ı tûlanîyyesi çubukların ihtizâzat-ı arzâniyesi ve muâdele-i tefâzuliyesi _ Bu muâdeleye tevâfuk eden hareket-i raksiye _ Birinci hâl: Çubuğun her iki ucunun serbest bırakılması _ İkinci hâl: Çubuğun uçlarının sâbit kalması _ Üçüncü hâl: Çubuğun bir ucunun serbest ve bir ucunun sâbit olması _ Dördüncü hâl: Bir ucunun serbest ve diğerinin istinâd ettirilmesi _ Beşinci hâl: Bir ucunun sâbit ve diğerinin istinâd ettirilmesi _ Altıncı hâl: İki ucun birden istinâd ettirilmesi _ Zarların ihtizâzı _ Levhaların ihtizâzı.

HATA VE SEVAP CETVELİ

Sahife Numarası	Satır	Hata	Sevap
8	12	ihtizâz	ihtizâzlar
16	4	mezkûreyi	mezkûri
16	Son		bulunur.
17	5	$\frac{2040}{2187}$	$\frac{2048}{2187}$
19	4	2- s^{12}	$2=s^{12}$
31	11	nâkası	nâkas
37	26	$\frac{2\pi m}{k}$	$\frac{2\pi m}{n}$
39	3	tem	temâm
39	10-12	$ş = \frac{bmă\ bhb\ \text{ها}\odot}{2n}$	$ş = \frac{bmă\ B^2\ \text{ها}\odot}{2n}$
		$ş = \frac{1}{2\pi}\ bmă\ k$....	$ş = \frac{1}{2\pi}\ bmă\ k^2$...
		$\frac{1-bhb\ 4\ h\left(\frac{\odot}{n}-h\right)}{2}$	$\frac{1-bhb\ 4-\left(\frac{\odot}{n}-h\right)}{2}\odot\text{ها}$
42	5	k k′L′ L	k k k′ k′
43	5	$h\ \frac{\text{ها}^2\ s}{\text{ها}\ ş^2}$	$h\ \frac{\text{ها}^2\ ş}{\text{ها}\ s^2}$
43	7	$b^2\ \frac{\text{ها}^2\ s}{\text{ها}\ ş^2}$	$b^2\ \frac{\text{ها}^2\ ş}{\text{ها}\ s^2}$

48	son	24	61
61	10	$\sqrt{\dot{k}r}$	$\sqrt{\frac{\dot{k}r}{g}}$
61	12	32	31
66	23	ebet	ibtidâ
68	12	kıymetleri	kıymetler
68	18	mebde ne	mebde’ne
69	1	$\dot{h}$	$\dot{h}$
makta‘na 69	10	$-\frac{\text{ما}_{\dot{s}}}{\text{ما}_{\odot}}$	$-\frac{\text{ما}_{\dot{s}}}{\text{ما}_{s}}$
71	8	müntericâtı	müntericâtı da
71	11	$\dot{k}_1\,\dot{h}b\,2\times$	$\dot{k}_1\,\dot{h}b\,2\pi$
71	15	$\dot{k}_2\,\dot{h}b\,2\times$	$\dot{k}_2\,\dot{h}b\,2\pi$
71	15	m , ḿ	m , ḿ gibi
75	2	$2\,\dot{h}+\frac{L}{2}$	$2\,\dot{h}+\frac{L}{3}$
79	22	$\frac{\odot}{}$	$\frac{\odot}{n'}$
80	1	$\frac{\odot}{n}$	$\frac{\odot}{n'}$
82	23	münâsib	münâsebet
83	1	aded	m aded
83	4	d le_1	le_2
84	13	mürekkebler	savt-ı mürekkebleri
84	14	nâmı	nâmını
85	11	muhassalası	muhassala
85	13	43	4
85	22	edilir.	edilir ve
86	10	44	45

91	(şekil 15) de ṭ harfini hâvi hassın diğer ucuna ṭ′ vaz ‘ edilecektir		
93	15	yaklaşmasından	yaklaşmasından hâsılolmuştur
94	1	$\frac{1}{n''}$	$\frac{1}{n}$
96	12	sükût	sükûn
98	5	$\frac{\text{ما}_{ṣ}}{\text{ما}_{s}}$	$-\frac{\text{ما}_{ṣ}}{\text{ما}_{s}}$
101	10	kalması	kalmasını
102	11	(=	= (
103	4	fâsıla	fâsılası
105	6	$\frac{5\,ṭ}{2\,ḥ+2}$	$\frac{5\,ṭ}{2\,ḥ+1}$
105	13	bunda	bunda da
107	12	$\frac{\text{ما}_{ṣ}}{\text{ما}_{s}}$	B = $\frac{\text{ما}_{ṣ}}{\text{ما}_{s}}$
111	6	aded,	aded
113	1	$\frac{k}{ḥ}\,ṭ$	$\frac{r}{ḥ}\,ṭ$
113	2	$ḳ$	r
113	21	tûlunda	tûlda
115	12	$(\frac{\odot}{n}\quad\frac{t}{l})$	$(\frac{\odot}{n}-\frac{t}{l})$
116	12	$= 2\,ḥ + 1$	$= (2\,ḥ + 1)\,\pi$
118	12	tecrübeye	tecrübeye?
118	15	mevcinin	mevcin

118	15	kalı	kapalı
118	24	kaba rest	kaba rast
119	5	hevâi	hevâiyye
119	6	olmasıdır ki burada	olmasındandır ki bu da
121	nota	G.	J.
122	13	$bḥb\ 2\ ḥ\ (ḥ'' - ḥ')$	$bḥb\ 2\ \pi\ (ḥ'' - ḥ')$
123	12	müsâvidir	müsâvi bulunur
125	1	mecmu ‘nu	mecmu ‘u
127	3	mûmâileyh	mûmâileyhe
128	20	61	62
134	11	te’lîki	te’lîfi
144	20	decehedü	derecede
144	17	kâbil-i inhâ	kâbil-i inhinâ
145	10	ihtizâzatın	ihtizâzâtın
147	16	asl	ıslah
148	3	çuyuğun	çubuğun
149	8	$\left(\frac{hLb}{d}\right)$	$\frac{hLb}{r}$
194	nota	d	r
160	2	Cleboch	Clebseh
160	14	yelpazesiye	yelpazesine
160	15	lodifon	odifon

MUKADDİME

Esvât-ı Mûsikiyye

Savt: Şiddet, İrtifâ‘ , Tınnet _ Fâsıla-i mûsikiyye _ Melodi, Armoni _ Garb mûsikîsi: Fasılât-ı mülâyime ve gayrı mülâyime _ Gam majör veya Batlamyus gamı _ Fâsılat-ı lahniyyesi _ Gam minör, Fâsılat-ı lahniyyesi _ Pisagor gamı: Diyez, bemol _ usûl-ü muhtelife _ Mu ‘tedil gam _ Âhenk _ Âheng-i tâm-ı kebîr _ Âheng-i tâm-ı sagîr _ Pisagor gamının armoni nokta-i nazarından mahzûru _ Tabîî gam _ Esvât-ı müellefe.. _ Şark mûsıkîsi: Eb‘âd-ı lahniyye _ Mıstar _ Mıstarların taaddüd ve tenevvü‘ ü _ bu tenevvü‘ ün mahzûru _ Makâmat.

1) Savt: _ Hikmet-i tabîiyye nokta-i nazarından savt, bir cisimde vuku‘a getirilen ve kulağa kadar intikâl eden bir hareket-i ihtizâziyyedir. Fi’l-hakîka her cism-i mutasavvıt bir hareket-i ihtizâziyyeye mukarrerdir; ancak bu hareket-i ihtizâziyyenin cism-i mutasavvıttan kulağa intikâli için ara yerde bir vâsıta-i maddiye-i elastikiyyenin vücûdu lâzımdır. Aksi takdirde hâsıl olan savtın istimâ‘ı mümkün değildir. İşte ecrâm-ı semâviyye ile küre-i arz meyânını tefrîk eden saha-i fesîhe bu gibi bir vâsıta-i maddiyeden ârî bulunmasına mebnîdir ki ecrâm-ı semaviyye bizim için dâimâ âlem-i semt ve sükût içindedir.

Hareket-i ihtizâziyye , bir cismin eczâ-yı ferdiyyesinin muvâzenet vazi‘yyetleri etrafında pek cüz’ i fakat yekdîğerine müsâvi, fâsılalar ile icrâ eyledikleri harekât-ı raksiyyeden başka bir şey değildir. Binâberîn rakkasda olduğu gibi her bir hareket-i ihtizâziyye, bir hareket-i mebsûta ve bir de hareket-i ma‘kûseden terekküb eder ; bu iki hareketin hey’et-i mecmuâsı da “ihtizâz-ı tâm” denilen şey’i teşkil eyler.

Hareket-i ihtizâziyye, vüs‘at, müddet, muharrik gibi üç cihetden nâmütenâhi sûretde tenevvü‘ edebilirr. Hareket-i ihtizâziyye’nin bu üç sûret-i tenevvü‘ü savtda üç keyfiyyete tevâfuk eder ki onlar da < şiddet>, <irtifa‘> veya <perde> ve <tınnet> dir: Herkes bilirki bir cism-i mutasavvıtdan tebâüd veya o cism-i mutasavvıta takarrüb edildikçe hissolunan savtda hiffet veya cehâret kesb eder. İşte bir savtın son derecede işitilebileceği mesafeyi tahdîd eden şu keyfiyyete <şiddet-i savt> nâmı verilir.

6. Sayfa

Şiddet-i savt kulağa vâsıl olan hareket-i ihtizaziyyenin kuvve-i zindesi veya ta‘biri sahîhi ile <kudret-i harekiyye>si ile mütenâsibdir. Mamâfih iki savtın kudret-i harekiyyelerinin müsâvâtı halinde dahî kulağın derece-i hassasiyeti bunların irtifâ‘ ları ile tahavvül eder. Bir savtın irtifa‘ ı, tiz veya pest olmasını intâc eden keyfiyyetidir. Bir savtı diğer savttan tefrîk eden bu keyfiyyet, cism-i mutasavvıtın bir müddet-i muayyene ve mesela bir saniye zarfında icra eylediği ihtizâzâtın ‘adedine tâbi‘dir. İşte hikmet-i tabî‘iyyede ecsâm-ı mutasavvıtanın sâniye-i vâhidede icrâ eyledikleri ihtizâzâtın adedini takdire görülen lüzûm bundan mütevelliddir. Mamâfih ‘aynı şiddet ve ‘aynı perdeden, fakat muhtelif âlat-ı mûsıkîyyeden çıkan esvatda da kulak bir fark hisseder ki bu farkı tevlîd eden şey <tınnet> denilen keyfiyettir. Tınnet, ihtizâzâtın eşkâl-i muhtelife üzere vuku‘a gelmesinden ve daha doğrusu devirleri muhtelif birkaç hareket-i ihtizâziyyenin yekdiğerine inzimâm eylemesinden neş’et eder.[29]

Kulağa vâsıl olan hareket-i ihtizâziyye mutlaka bir hiss-i tasavvut hâsıl etmez. Çünkü bir savtın kulak vasıtasıyla istimâ‘ı için o savtın ne fevkal‘âde pest ne de tiz olmaması lazımdır. Tecârib-i âhireye nazaran sâniyede 16 ihtizâz-ı tâmdan husûle gelen bir savt kabil-i istimâ‘ olan esvâtın gâye-i süflâsı olduğu gibi sâniyede 38000 ihtizâzât-ı tâmdan husûle gelen bir savt da <esvât-ı mahsûsanın> gaye-i ulyâsını teşkîl eder.

2) Fâsılâ-i Mûsikiyye: Kulak vasıtasıyla hissolunabilen esvat mahdûd olmakla beraber kâffesi mûsıkîde müsta‘mel değildir. Fi’l-hakîka alel‘âde mûsıkîde isti‘mâl olunan esvat, aded-i ihtizâzları saniyede 30 ile 4000 arasında bulunanlardır. Bundan başka akvâm-ı mâziye ve milel-i hâzıranın kâffesinin terennümât ve taganniyâtında müsta‘mel olan esvat, bir silsile-i mütemâdiyye teşkîl etmez. Bilakis esvat-ı müsta‘mile bu silsilede vâki, beyinleri birer fâsıla-i muayyene ile tefrîk kılınmış bazı hadlerden ibâretdir. Esvât-ı musıkîyyenin en pestinden en tizine varıncaya kadar böyle derece derece terakki etmesi, mûsıkînin şerâit-i esâsiyesinden biri ve belki birincisidir.

Ale’l-umûm bir savt saniye-i vâhidedeki adet-i ihitzâzıyla takdîr edilir; bu halde iki savt beynindeki <fâsıla>nın da bunların adet-i ihtizâzları beynindeki nisbet ile ifâde edilmesi

[29] Bu bâbda Karine Helmoc’un <Mûsikînin Nazariyye-i Fizyolojiyyesi> nâmındaki eserinin mütalâasını tavsiye ederim.

7.Sayfa

lazım gelir. Ancak bu iki savttan tiz olanı pest olanına nisbet olunması kâide ittihâz edilmiştir. Mûsikîde isti‘mâl edilen ve bundan dolayı <fâsıla-i mûsikiyye>denilen fâsılalar iki nokta-i nazardan intihâb olunur: Bu nokta-i nazarların biri, iki savtın yekdiğerine teakubu keyfiyyetinin kulağa hoş gelmesi diğeri, iki ve daha ziyâde savtın bir anda husûlü halinde hey’et-i mecmûasının yine kulakta hüsn-i te’sir hâsıl eylemesidir. İşte bu iki sûret intihâb-ı musıkîde iki mühim san‘atın zuhûruna sebep olmuştur. Bu san‘atların birincisi ve en eskisi <melodi> dir ki esvâtın yekdiğerine teâkubu sûretiyle hâsıl olan <nagâmat> dan teşekkül eder. İkincisi <armoni> dir ki bu da iki veya daha ziyade savtın te’lîfi esâsına mebnîdir. Şark mûsikîsi münhasıran melodiden ibaret; halbuki garb mûsıkîsi melodi ile beraber armoni san’at-ı nefîsesinden mürekkebdir. Burada evvel-emirde garb mûsıkîsi’nden badehû bahis şark mûsıkîsine intikal ettirilecektir.

3) Fâsıla-i mülâyime, Fâsıla-i gayr-ı mülâyime: Bi’t-tecrübe müsbettir ki gerek melodi gerek armoni için olsun, kulak daima aded-i ihtizâzları beynindeki nisbet mümkün mertebe basit olan esvâtı intihâb eder. İki savt beynindeki nisbet ne derece basit olur ise bunların yekdiğerine teâkubu veya yekdiğeriyle terkîbi kulağa o derece mülâyim ve ne kadar müşevveş bulunur ise o kadar da kulağa münâfer gelir. İşte niseb-i basîtenin birincisi 1/1’dir ki bu fâsılaya “hâdîye” (Unisson) namı verilmiştir. Bundan sonra 2/1 nisbeti gelir ki buna da “sâmine” (Octave) denilmiştir.

Hâdiye ile sâmine meyânında ta‘bîr-i âharla aded-i ihtizâzları yekdiğerine müsâvi olan iki savt ile aded-i ihtizâzları birbirinin za‘fı bulunan iki savt arasında, gerek melodi gerek armoni nokta-i nazarından, kulağa hoş gelen fâsıla-i mûsıkîyyeler bervech-i âtidir:

$\frac{1}{1}$ Hâdiye (Unisson)

$\frac{5}{4}$ Salise-i kübrâ (Tierce majeure)

$\frac{6}{5}$ Sâlise-i sugrâ (Tierce mineure)

$\frac{4}{3}$ Râbia (Quatre)

$\frac{3}{2}$ Hâmise (Quinte)

$\frac{5}{3}$ Sâdise-i kübrâ (Sixte majeure)

$\frac{8}{5}$ Sâdise-i sugrâ (Sixte mineure)

$\frac{2}{1}$ Sâmine (Octave)

Bu fâsılalar meyânında en ziyâde sem‘e mülâyim gelen hâdiye ve bundan sonra sırasıyla sâmine, hâmise, râbia, salise-i kübrâ, sadise-i kübrâ. Sâlise-i sugrâ, sâdise-i sugrâdır.

8.sayfa

Garb mûsikîsinde hâdiye ile sâmine meyânında sâli’z-zikr fâsıla-i mülâyimelerden başka bervech-i âti <fâsılat-ı münâfere> de isti‘mâl olunur:

$\frac{9}{8}$ Sâniye-i kübrâ (Seconde majeure)

$\frac{10}{9}$ Sâniye-i sugrâ (Seconde mineure)

$\frac{16}{15}$ Nısf-ı sâniye-i kübrâ (Demi-Seconde majör)

$\frac{15}{8}$ Sâbia-i kübrâ (Septiéme majeure)

$\frac{9}{5}$ Sâbia-i sugrâ (Septiéme mineure)

Fâsılat-ı mülâyime ile fâsılat-ı münâfere veya gayr-ı mülâyimeyi teşkil eden küsûrât meyânında 7 adedini hâvi nisbetleri fıkdânı görülür ki bu fıkdân, bir sâminenin muhteviyâtına 7 adedinin idhâl edilememesinden neş’et eder.

Mûsıkîde fâsıla-i münâferelerin vücuduna bir lüzum var ise o da fasılâ-i mülayimeler ile bir zıddiyet teşkîl etmesi ve bunların daha lezzetle istima‘ ına bir zemîn tehyie eylemesidir. Bunun içindir ki garb mûsikîsinde bu nev‘i fâsılaların isti‘mâli günden güne taammüm etmektedir.

Bir sâmine dâhilinde, ta‘bîri diğerle aded-i ihtizâz yekdiğerinin za‘fı olan iki savt meyânında, bulunan silsile-i esvat-ı mûsikiyyeye “gam” (Gamme) ta‘bîr olunur. Bir gamı teşkîl eden yedi savtdan her birine de “nota” veya “perde” (Note) nâmı verilir.

4) Gam majör, ve Fâsılat-ı müteâkıbesi : Garb mûsıkîsinde isti‘mâl olunan ve “gam majör” (Gamme majeure) veya “Batlamyus gamı” (Gamme de Ptoléméé) nâmıyla ma‘rûf bulunan gamı teşkîl eden perdeler, en pest olanının aded-i ihtizâz-ı tâmmı vahid i‘tibâr edildiğine göre, bervech-i âti nisbetler ve isimler ile takdîr ve ifâde olunur:

Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do_2
$\frac{1}{1}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{2}{1}$

Bu nisbetlere atf-ı nazar-ı dikkat edilecek olur ise görülürki armoni gamı, sâlise-i kübrâ ($\frac{5}{4}$), râbia ($\frac{4}{3}$), hâmise ($\frac{3}{2}$) , fâsıla-i mülayimelerini hâvî olduğu gibi sâniye-i kübra ($\frac{9}{8}$), sabi‘a-i kübrâ ($\frac{10}{9}$) fâsıla-i gayri mülayimelerini de muhtevîdir. Bu gama ale’l-ıtlak bir râbia ile bir hâmiseden mürekkeb nazarıyla bakılabilir. Fi’l- hakîka

9. Sayfa

“sol” notası “savt-ı aslî” denilen “do” notasına nazaran bir hâmise kadar tiz olduğu gibi ikinci “do” notası da “fa” notasından bir hâmise kadar tizdir.

Armoni gamını teşkil eden perdelerin en pest olan “do” notasına nazaran fâsılaları alınacağı yerde yekdiğerine nisbeten fâsıla-i müteâkıbeleri taharri edilecek olur ise bervech-i âti nisbetlere tesadüf olunur:

Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do_2
	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{15}$

İşte bu sûretle istihsâl olunan üç nev‘i “fâsıla-i müteâkıbe”de $\frac{9}{8}$ fâsılasına “ton majör” (Ton majeur), $\frac{10}{9}$ fâsılasına “ton minör” (Ton mineur) ve $\frac{16}{15}$ fâsılasına “nısf ton majör” (Demi-Ton majeur) nâmı verilir.

İki fâsılanın mecmu‘u yani birbirini teâkubu, bu fâsılaları irâe eden nisbetler hâsıl-ı darbıyla ifâde olunmak icâb eder. Çünkü fâsılaların her biri zaten bir nisbet ve daha doğrusu iki aded-i ihtizâz beynindeki hâric-i kısmetten ibâret bulunduğundan birbirini müteâkıb üç savtdan üçüncüsü ile birincisi beynindeki nisbet, ikincisi ile birincisi ve üçüncüsü ile ikincisi beynindeki nisbetlerin hâsıl-ı darbına müsâvi olur. Bu halde

$$\frac{10}{9} = \frac{16}{15} \text{ X } \frac{25}{24}$$

sûretinde yazılabileceğine göre bir ton minör, bir nısf ton majör ile diğer $\frac{25}{24}$ lük bir fâsıla mecmu‘una müsâvi olmak lâzım gelir ki bu son fâsılaya “nısf ton minör” (Demi-Ton mineur) denilir. Nısf ton minör garb mûsıkîsi’nde isti‘mâl olunan fâsılaların en küçüğüdür.

Bi’l-mukâbele iki fâsılanın tefâzulu yani birbirine olan bu‘du da, bu fâsılaları irae eden nisbetlerin hâsıl-ı taksîmi ile gösterilmek iktizâ eder. Bu takdirce bir ton majör ile bir ton minör beynindeki fark:

$$\frac{9}{8} \div \frac{10}{9} = \frac{9}{8} \text{ X } \frac{9}{10} = \frac{81}{80}$$

gibi asgar bir miktâra müsâvi bulunur ki bu farkı kulak hemen fark eder etmez bir hâldedir. İşte bu farka <koma> (Comma) nâmı verilerek kâbil-i terk olunabilen fâsılaların haddül-gâyesi nazarıyla bakılır.

Sayfa 10

Armoni gamını teşkil eden perdelerin meyânlarındaki nisbet mümkün mertebe taharri edilecek olur ise bervech-i âti cetvele dest-res olunur.

Cetvel

Sâniye (Birinci)	**Sâlise (Üçlü Aralık)**
$\frac{do}{do} = \frac{9}{8}$	$\frac{mi}{do} = \frac{5}{4}$
$\frac{mi}{re} = \frac{10}{9} = \frac{9}{8} \text{ X } \frac{80}{81}$	$\frac{fa}{re} = \frac{32}{27} = \frac{6}{5} \text{ X } \frac{80}{81}$

$$\frac{fa}{mi} = \frac{16}{15} = \frac{9}{8} \text{ X } \frac{80}{81} \text{ X } \frac{24}{25}$$

$$\frac{sol}{fa} = \frac{9}{8}$$

$$\frac{la}{sol} = \frac{10}{9}$$

$$\frac{si}{la} = \frac{9}{8}$$

$$\frac{do2}{si} = \frac{16}{15}$$

$$\frac{sol}{mi} = \frac{6}{5} = \frac{5}{4} \text{ X } \frac{24}{25}$$

$$\frac{la}{fa} = \frac{5}{4}$$

$$\frac{si}{sol} = \frac{5}{4}$$

$$\frac{do2}{la} = \frac{6}{5}$$

$$\frac{do2}{si} = \frac{6}{5}$$

Râbia‘ (Dörtlü)

$$\frac{fa}{do} = \frac{4}{3}$$

$$\frac{sol}{re} = \frac{4}{3}$$

$$\frac{la}{mi} = \frac{4}{3}$$

$$\frac{si}{fa} = \frac{45}{32} = \frac{4}{3} \text{ X } \frac{25}{24} \text{ X } \frac{81}{80}$$

$$\frac{do2}{sol} = \frac{4}{3}$$

$$\frac{do2}{la} = \frac{27}{20} = \frac{4}{3} \text{ X } \frac{81}{80}$$

$$\frac{mi2}{si} = \frac{4}{3}$$

Hâmise (Beşli)

$$\frac{sol}{do} = \frac{3}{2}$$

$$\frac{la}{re} = \frac{40}{27} = \frac{2}{3} \text{ X } \frac{81}{80}$$

$$\frac{si}{mi} = \frac{3}{2}$$

$$\frac{do2}{fa} = \frac{3}{2}$$

$$\frac{re2}{sol} = \frac{3}{2}$$

$$\frac{mi2}{la} = \frac{3}{2}$$

$$\frac{fa2}{si} = \frac{3}{2}$$

Sâdise (Altılı)

$$\frac{la}{do} = \frac{5}{3}$$

$$\frac{si}{re} = \frac{5}{3}$$

$$\frac{do2}{mi} = \frac{8}{5} = \frac{5}{3} \text{ X } \frac{24}{25}$$

$$\frac{re2}{fa} = \frac{5}{3}$$

Sâbia (Yedinci)

$$\frac{si}{do} = \frac{15}{8}$$

$$\frac{do2}{re} \text{ X } \frac{16}{9} = \frac{9}{5} \text{ X } \frac{80}{81}$$

$$\frac{re2}{mi} = \frac{9}{5} = \frac{10}{8} \text{ X } \frac{24}{25}$$

$$\frac{mi2}{fa} = \frac{10}{8}$$

$\frac{mi2}{sol} = \frac{5}{3}$ $\frac{fa2}{sol} = \frac{16}{9}$

$\frac{fa2}{la} = \frac{8}{5}$ $\frac{sol2}{la} = \frac{9}{5}$

$\frac{sol2}{si} = \frac{8}{5}$ $\frac{la2}{si} = \frac{16}{9}$

Şimdi bu cetvelin muhteviyâtını tetkik edelim:

Sayfa 11

Evvela, sâniye fâsılasını yani bir perdenin mâ-kabline nisbeti, evvelce de görüldüğü üzere $\frac{9}{8}$, $\frac{10}{9}$, $\frac{16}{10}$ gibi üç muhtelif kıymeti hâizdir ki bu gamı diğer gamlardan tefrik eden başlıca fâsılalar da bunlardır.

Sâniyen, sâlise fâsılası üç nev‘dir: Birincisi $\frac{5}{4}$ dür ki <salise-i kübrâ>, ikincisi $\frac{6}{5}$ dir ki <sâlise-i sugrâ> nâmıyla ma‘rûftur. Üçüncüsü <fa> ile <re> arasında vakî‘ $\frac{32}{27} = \frac{6}{5} \text{ X } \frac{80}{81}$ fâsılasıdır ki sâlise-i sugrâdan bir koma kadar noksandır.

Salisen, râbia‘ fâsılası da üç nev‘dir: Birincisi $\frac{5}{4}$ dür ki asıl <râbia‘> fâsılasıdır; ikincisi $\frac{45}{32}$ dir ki bu da takrîben bir râbia‘ dan $\frac{25}{24}$ yani bir nısf-ı ton minör kadar yüksek olduğundan bir fâsıla-i münâfere teşkil eder. Bâki kalan $\frac{27}{20}$ fâsılası ise râbia‘dan yalnız bir koma kadar fazladır.

Rabiân, hâmise fâsılası ale’s-seviyye $\frac{3}{2}$ ise de yalnız <la> ile <re> arasında $\frac{40}{27}$ yani asıl hâmiseden bir koma kadar noksandır.

Hâmisen, sâdise fâsılası iki nev‘dir. Birincisi $\frac{5}{3}$ dür ki <sâdise-i kübrâ> dan ibaretdir; ikincisi bundan nısf ton minör kadar noksan olan $\frac{8}{5}$ yani <sâdise-i sugrâ> fâsılasıdır. Sâdisen, sabi‘a fâsılası üç kıymeti hâizdir: Birincisi $\frac{15}{8}$ dir ki <sâbi‘a-i kübra> nâmıyla ma‘rûfdur; ikincisi bundan bir nısf ton minör kadar noksan olan $\frac{9}{5}$ fâsılasıdır ki <sâbi‘a-i sugrâ> yı teşkil eder. Üçüncüsü $\frac{16}{9}$ dur ki bu da sabi‘a- i sugrâdan bir koma kadar noksandır.

5) Gam Minör , Fâsılat-ı müteâkıbesi:

Garb mûsikiyyunu bir ikinci gam daha isti‘mâl etmektedirler ki bunda sâlise-i kübra, sâdise-i kübrâ , sâbi‘a-i kübrâ fâsılaları sugrâlarıyla tebdîl edilmiş olduğundan <gam minör> (Gamme mineure) nâmıyla meşhûrdur. Bir gam minörü teşkîl eden perdelerin <do> savt-ı aslîsine nazaran fâsılaları:

Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{9}{5}$	2

Sayfa 12

olduğu gibi perdelerin fâsıla-i müteâkıbeleri de:

Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do_2
$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	

dan ibarettir.

Vâkıâ bu gamı teşkîl eden fâsıla-i müteâkıbeler gam majörü terkib eden fâsıla-i müteâkıbelerden başka bir şey değil ise de tertîbleri itibariyle yekdiğerinden farklıdırlar. Şöyleki: Ton majör t (ط), ton minör t ′ (ط’) ve nısf ton majör t ½ (ط½) ile gösterilir ise gam majör ile gam minör beynindeki fark bervech-i âti irâe edilebilir:

	Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do_2
Gam majör :	t	t ′	$t_{1/2}$	t	t ′	t	$t_{1/2}$	
Gam minör :	t	$t_{1/2}$	t ′	t	$t_{1/2}$	t	t ′	

6) Pisagor gamı, fâsılât-ı müteâkıbesi:

Avrupa’ da bazı esâtize-i mûsikî meyanında müsta‘mel bir gam daha vardır ki bilhassa <Pisagor gamı> (Gamme de Pythagore) nâmıyla yâd edilir. Bu gamın perdelerini ta‘yine hizmet eden nisbetler:

Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do_2
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{81}{64}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{27}{16}$	$\frac{243}{128}$	**2**

veyâhud

Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do_2
1	$\frac{2}{\frac{3}{2}}$	$\frac{4}{\frac{3}{2}}$	$\frac{2}{\frac{2}{3}}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{2}{\frac{3}{2}}$	$\frac{5}{\frac{3}{2}}$	**2**

den ibâret ve hey'et-i umûmiyyesi hâmise fâsılası üzerine mürettebdir. Fi'l-hakîka Pisagor gamını teşkil eden herbir notanın kıymeti $\frac{3}{2}$ ile darb olunur ise o notaya nazaran beşinci olan notanın kıymeti istihsâl olunur. Şöyle ki:

Do X Hâmise = Sol

$$\frac{1}{1} \times \frac{3}{2} = \frac{3}{2}$$

Mi X Hâmise = Si

$$\frac{81}{64} \times \frac{3}{2} = \frac{423}{281}$$

Re X Hâmise = La

$$\frac{9}{8} \times \frac{3}{2} = \frac{27}{16}$$

Fa X Hâmise = Do_2

$$\frac{4}{3} \times \frac{3}{2} = \mathbf{2}$$

Sayfa 13

olur. Vâkıâ bu hâssa bazı telli sazların kolaylıkla akorde edilmesini intâc eder ise de, ileride görüleceği üzere, <armoni> san'atı nokta-i nazarından pek büyük bir mahzurı dâî'dir.[30]

Mâmafih Fransa erbâb-ı hikmet-i tabîiyyesinden Kornu (Cornu) ve Merkadiye (Merkadier) nin icrâ eyledikleri tecâribe nazaran melodiye en muvâfık gelen gam Pisagor gamıdır. Hatta keman ile bir melodi çalındığı halde bunu çalan kimse haberi olmaksızın, Pisagor gamının perde ve fâsılalarını isti'mâl eylediğini mûmâ-ileyhümâ bittecrübe isbata

[30]Bu gam kadîm Yunânilerin musikisinde müsta'mel olan gamdır. Acaba Yunanlılar, başlıca alet-i mûsîkiyyeleri olan <Lira> (Lyre) yı kolaylıkla akorde etmeğe yardım ettiği için mi bu gamı intihab etmişler! Yoksa Pisagor Mısır kehenesinden kendisine mevrûs olan <Âheng-i erkam> sevdasına mı kapılmıştır! Burası bilinememektedir. Fakat Pisagor gamının menşe'i her ne olur ise olsun, bu gam zâhiren ne kadar basit ise o derece karışık fâsılaları muhtevîdir.

muvaffak olmuşlardır. Binâenaleyh Pisagor gamına <melodi gamı> denilse bi-hakkın yeri vardır.

Pisagor gamının fâsılat-ı müteâkıbesine gelince o da bervech-i âtidir:

Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do_2
$\frac{9}{8}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{256}{243}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{256}{243}$	

Bu gamın tonu, armoni gamının ton majörüne müsâvi ise de nısf tonu diğerinin nısf tonundan bir koma kadar noksan ve fakat daha karışıktır; fi'l- hakîka:

$$\frac{256}{243} \text{ X } \frac{81}{80} = \frac{256}{243} = \frac{16}{15}$$

bulunur. Ancak bunda şâyân-ı dikkat bir şey var ise o da tonlar ile nısf tonların armoni gamındaki tertîb üzere bulunmasıdır; ta'bir-i aharla Pisagor gamının fâsılat-ı müteâkıbesinin

Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do_2
t	t	$t_{1/2}$	t	t	t	$t_{1/2}$	

silsilesini ta'kîb etmesidir. Pisagor gamının fâsılaları mümkün olduğu mertebe taharri edilecek olsa bervech-i âti cetvele dest-res olunur:

Sâniye	Sâlise	Râbia'	Hâmise	Sâdise	Sâbia'	Sâmine	
$\frac{9}{8}$	$\frac{81}{64}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{27}{16}$	$\frac{243}{128}$		2
$\frac{256}{243}$	$\frac{32}{27}$	$\frac{128}{81}$	$\frac{1024}{729}$				
				$\frac{759}{512}$	$\frac{16}{9}$		

bu cetvelden istidlâl olunurki:

Evvela sâniye fâsılası armoni gamının sâniye-i kübrâsına müsâvi, ve fakat nısf sâniyesi olan $\frac{256}{243}$ fâsılası ile asıl sâniye fâsılası meyanındaki fark:

$$\frac{9}{8} \div \frac{256}{243} = \frac{9}{8} \text{ X } \frac{243}{256} = \frac{2187}{2048}$$

den ibaretdir ki buna bilhassa <apatom> (Apatome) ve $\frac{256}{243}$ fâsılasına da <lima> (Limma) nâmı verilmiştir. Bir <apotom> ile bir <lima> beynindeki farka gelince o da:

$$\frac{2187}{2048} \div \frac{206}{243} = \frac{531441}{524288}$$

miktarına müsâvidir ki buna da bir <Pisagor koması> (Comma de Pythagore) denilir. İşte bu gamda mevcut olan icabı halinde terk olunabilen en küçük fâsıla budur.

Sâniyen, sâlise-i kübrâ makâmında bulunan $\frac{81}{64}$ fâsılası armoni gamının sâlise-i kübrâsından âdî bir koma kadar fazla ve bil-akis sâlise-i sugrâ makamında olan $\frac{32}{27}$ nisbeti diğer gamın sâlise-i sugrâsından yine bir koma kadar noksandır.

Sâlisen râbia‘ fâsılasının bir kıymeti armoni gamındaki râbia‘ fâsılasının asıl kıymetinin aynı ise de diğeri bundan da:

$$\frac{759}{512} \div \frac{4}{3} = \frac{2187}{2048}$$

yani bir apotom kadar büyüktür ki burası hakîkaten câlib-i nazar-ı dikkattir .

Râbian, hâmise fâsılasının bir kıymeti her iki gamda bir ise de diğer kıymeti bundan bir apotom kadar noksandır.

Hâmisen, sâdise-i kübrâ makâmında olan $\frac{27}{16}$ nisbeti armoni gamının sâdise-i kübrâsından âdî bir koma kadar fazla ise de sâdise-i sugrâ hükmünde bulunan $\frac{128}{81}$ nisbeti sâdise-i sugrâdan bir koma kadar dûndur.

Sâdisen sâbi‘a -i kübrâ makâmında bulunan $\frac{243}{128}$ fâsılası sâbi‘a-i kübrâdan hem büyük, hem karışıktır.

7) Diyez, bemol :

Her gamda <ser perde> olan savt-ı aslî bir ehemmiyet-i mahsûsayı hâizdir. Çünkü bir “morso” yu elde bulunan saza veya okuyacak olan kimsenin sesine muvâfık gelecek sûretde indirip çıkarabilmek lazımdır. Vâkıâ fâsıla-i mûsıkiyyeler, esvâtın kıymet-i mutlakalarına tâbi‘ bulunduğu cihetle bir “morso” yu istenilen perdeden okumak

Sayfa 15

mümkün ise de alât-ı mûsikiyyenin ekserisinde bu nakl-i perde keyfiyyeti kolaylıkla icrâ olunamaz. Meselâ sabit perdeli bir saz ile sol perdesinden armoni gamını çıkarmak lâzım gelse, derhal müşkilât baş gösterir. Fi'l-hakîka aletin tabî'i perdelerine göre bu gamın:

Sol	La	Si	Do	Re	Mi	Fa	Sol
t′	t	$t_{1/2}$	t	t′	$t_{1/2}$	t	

veya iki nev' tonu tevhîd ile:

Sol	La	Si	Do_2	Re_2	Mi_2	Fa_2	Sol_2
t	t	$t_{1/2}$	t	t	$t_{1/2}$	t	

tarzında olması iktizâ eder ki bunda ikinci nısf ton tertîb-i aslîsinden bir mertebe evvel gelmiş bulunur.

İşte asıl gamda mevcut olan:

t	t	$t_{1/2}$	t	t	t	$t_{1/2}$

tertîbini muhâfaza için <fa> notasını biraz tiz kılmak icâb eder. Bu ise <fa> notasını $\frac{25}{24}$ nisbetinde yükseltmek ile mümkün olur ki buna da <diyezlemek> (Dieser) ta'bîr olunur. <Diyez> lenmiş bir notanın yanına **d** işareti konulmuştur[31].

---

[31] Fi'l- hakîka:

Sol	La	Si	Do_2	Re_2	Mi_2	Fa_2	Sol_2
$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2	$\frac{9}{4}$	$\frac{5}{2}$	$\frac{8}{3}$	3
t	t	$t_{1/2}$	t	t	$t_{1/2}$	t	

silsilesindeki <fa> notasının bervech ile yükselmesi matlubdur ki <mi> notasına nisbeti t ve <sol> notasına nisbeti de $t_{1/2}$ olsun. İşte bu halde bi-t-tabi :

$$\frac{\frac{8}{3}\times s}{\frac{5}{2}} = \frac{10}{9}$$

olacağından

$$s = \frac{5\times10\times3}{2\times9\times8} = \frac{150}{144} = \frac{25}{24}$$ bulunur.

Sayfa 16

Bil‘akis <fa> perdesinden itibaren yine armoni gamını teşkîl etmek iktizâ eylese alette:

Fa	Sol	La	Si	Do	Re	Mi	Fa
	t	t	t	$t_{1/2}$	t	t	$t_{1/2}$

tertîbini tashîh için <si> perdesini biraz pest kılmak ve bunun için de perde-i mezkûreyi 24/25 nisbetinde indirmek icâb ederki buna da <bemollemek> (Bemoller) denilir. “Bemole” olan notanın yanına **b** işareti vaz‘ olunmuştur[32].

Bir notaya diyezlemek ve bemollemek için beyân olunan şu kâideye <Aristohsen kaidesi> (Réglé d’Aristoxêne) denilir ki altmış yetmiş seneden beri umûmen kabul edilmiştir. Mamafih meşâhir-i mûsikîşinâsândan Delzen (Delezenne)in te’sîs edildiği bir kâideye göre bir notayı diyezlemek için bundan sonra gelen notanın 16/15 mislini ve bemollemek için de bu notadan evvel gelen notanın 16/15 mislini almak kifâyet eder.

Herhangi kâide ile olursa olsun armoni gamında meyanları birer ton ile tefrîk kılınmış olan tam perdeler arasına bu sûretle ikişer perde daha ilâve edilir ki bunun biri pest olan perdenin diyezi, diğeri tiz olan perdenin bemolüdür. Binâen-aleyh bir armoni gamı bervech-i âti yedi esas perde ile on diyez ve bemolden mürekkeb bulunur:

Do Do**d** Re**b** Re Re **d** Mi**b** Mi Fa Fa**d** Sol**b** Sol Sol**d** La**b** La La**d** Si**b** Si Do_2

---

[32] Kezalik

Fa	Sol	La	Si	Do_2	Re_2	Mi_2	Fa_2
$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2	$\frac{9}{4}$	$\frac{5}{2}$	$\frac{8}{3}$
	t	t	t	$t_{1/2}$	t	t	$t_{1/2}$

silsilesindeki <si> perdesini bir derece indirmelidir ki <la> perdesine nisbeti nısf ton ve do/2 perdesinin de buna nisbeti bir ton olsun.

$$\frac{2}{\frac{10}{8} \times s} = \frac{10}{9}$$

olacağı cihetle:

$$s = \frac{9 \times 2 \times 8}{10 \times 15} = \frac{144}{150} = \frac{24}{25}$$

Sayfa 17

Pisagor gamını kabul ve isti ‘mâl edenler de [33] bir notayı diyezlemek ve bemollemek ihtiyacından vâreste değillerdir. Ancak Pisagor gamında bir notayı diyezlemek için Mösyö Şeve (Cheve)ye göre, bundan sonra gelen notanın $\frac{243}{256}$ misli; bemollemek için de evvel gelen notanın $\frac{256}{243}$ misli almak kifâyet eder. Bize göre Pisagor gamında bir notayı diyezlemek için o notayı $\frac{2187}{2048}$ nisbetinde tizleştirmek ve bil‘akis bemollemek için de $\frac{2048}{2187}$ nisbetinde pestleştirmek icâb eder[34].

[33] < Galin, Paris , Şeve> mektebi (Ecole Galin, Paris, Chevé)

[34] Fi-l-hakîka Pisagor gamında fasıla-i müteâkıbeler:

Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{81}{64}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{27}{16}$	$\frac{243}{128}$	2
	t	t	$t_{1/2}$	t	t	t	$t_{1/2}$

olduğundan meselâ ser perdesi sol olmak üzere bir gam teşkîl edilecek olsa nazm-ı tabî‘i ile … (bu kelime silik çıktığından okunamamıştır).

Sol	La	Si	Do_2	Re_2	Mi_2	Fa_2	Sol_2
$\frac{3}{2}$	$\frac{17}{16}$	$\frac{243}{128}$	2	$\frac{9}{4}$	$\frac{81}{32}$	$\frac{8}{3}$	3

silsilesine tesâdüf olunur. İşte bu silsilede ikinci nısf ton bir hadd-i evvel gelmiş olduğundan 8/3(fa_2) notasını ber-vech ile yükseltmek icâb eder ki mâ-kabline nisbeti 9/8 (ton) ve mâ-ba‘dine nisbeti 243/256 (nısf-ı tonun aksi) olsun. Bu hâlde:

$$\frac{3 \times \frac{8}{3}}{\frac{81}{32}} = \frac{9}{8} \text{ veyâhud } \frac{3 \times \frac{8}{3}}{3} = \frac{243}{256}$$

olacağından bunlardan:

$$s= \frac{81\times9\times3}{22\times8\times8} = \frac{2187}{2048} \text{ veyâhud } s= \frac{243\times3\times3}{256\times8} = \frac{2187}{2048}$$

bulunur. Kezalik ser perde <fa> olmak üzere teşkîl edilen:

Fa	Sol	La	Si	Do_2	Re_2	Mi_2	Fa_2
$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{27}{16}$	$\frac{243}{128}$	2	$\frac{9}{4}$	$\frac{81}{32}$	$\frac{8}{3}$
	t	t	t	$t_{1/2}$	t	t	t

Sayfa 18

Bu halde bir perdenin diyezi üst tarafındaki perdenin bemolünden daha tiz demek olur. Binâen ‘aleyh bir Pisagor gamı diyez ve bemoller ile bervech-i âti terekküb eder [35]:

Do, re **b**, do **d**, re, mi **b**, re **d**, mi, fa, sol **b**, fa **d**, sol, la **b**, sol **d**, la, si **b**, la **d**, si, do_2

İşte bu diyezler ve bemoller yardımıyladır ki garb mûsikîsi’nde bir morsoyu “transpoze” etmek ta‘bir-i âhirle yazıldığı perdeden daha tiz veya daha pest perdelerden çalabilmek müyesser olmuştur.

8) Mu‘tedil Gam: İsti‘mâl olunan gam hangisi olur ise sâbit perdeli bir âlet-i mûsıkîye ve mesela piyanoya diyez ve bemollerin kâffesini idhâl eylemek mümkün olamaz. Fi’l-hakîka bir sâmineden yedi esâs perde ve beş diyez ile beş bemol bulunacağı cihetle cem‘an her bir sâmine için 17 tel olmak icâb eder. Binâen‘aleyh yedi <oktav> yani sâmineyi hâvî olan âdî bir piyanoda perdeler adedi 17 X 7 = 119 adedine bâliğ olmak lazım gelir ki bu keyfiyyet âletin inşasını tas‘îb ettiği gibi çalmasını da duçâr- eşkâl eyler. Binâberin yekdiğerine pek karîb bulunan perdeleri birleştirmek ve takrîbi fâsılalar ile iktifâ eylemek mecburiyeti hâsıl olur.

Sayfa 19

---

gibi bir gamda nısf ton bir had sonra gelmiş bulunacağından si notasını biraz indirmek iktizâ eder. İşte si notası bervech ile tenkis edilmelidir ki mâ-kabline nisbeti $t_{1/2}$ ve mâ-ba‘dine nisbeti bir tonun aksine müsâvi olsun. Bu halde:

$$\frac{\frac{248}{28}\text{X } s}{\frac{27}{16}} = \frac{256}{243} \quad \text{veyâ} \quad \frac{\frac{248}{28}\text{X } s}{2} = \frac{8}{6}$$

olacağından bu muâdelelerden:

$s = \frac{256\times27\times128}{242\times16\times243} = s = \frac{2048}{2187}$, $s = \frac{8\text{X } 2 \quad 128}{9\text{X}243} = \frac{2048}{2187}$ bulunur.

[35] Armoni gamında bir perdenin diyezi o perdeyi müte‘âkıb geldiği, bemolü ise kendisinden evvel bulunduğu ta‘bir-i âharla mesela do ile re arasındaki “diyez” ve “bemol” :

do do **d** re **b** re

tertîbi üzere olduğu halde Avrupa hânendegânı do diyez perdesine <re bemol> ve bil‘akis “re bemol” perdesine “do diyez” diyegelmektedirler. Bu keyfiyyet Pisagor gamından kalma bir şey olsa gerektir yâhud do savtından doğrudan doğruya asıl do diyez perdesine çıkamadıklarından ve fakat re bemol perdesine kolaylıkla çıkabildiklerinden kinâyedir ki bu da re bemol perdesini do perdesine daha ziyade karâbeti var bir perde gibi telakki edegelmelerine sebep olmuştur. (Mûsıkî mebâhise-i meşhûresinde anlatmaya muvaffak olamadığımız mes’elenin biri de bu idi.)

İşte bu mecbûriyyet sevkıyledir ki bir sâmineyi ta‘bir-i diğerle bir <do> dan müteâkıb <do> ya kadar olan fâsılayı birbirine müsavi on iki kısma taksim etmişlerdir. Bu halde beher ‘y’ ‘s’ olan bu fâsılalardan on iki adedinin yekdiğerine teâkubu:

$$s^{12} - 2$$

muâdelesini hâsıl edeceğinden bi’t-tabi

$$s = \sqrt[12]{2} = 1{,}05946$$

bulunur. Bu fâsıla nısf ton i‘tibâr edilerek her bir ton böyle iki fâsıladan mürekkeb veya

$$\sqrt[12]{2} \times \sqrt[12]{2} = \sqrt[6]{2} = 1{,}12246$$

miktarına müsâvi farz edilmiştir.

“Mu‘tedil gam” (Gamme tempérée) nâmı tahtında ma‘rûf bulunan bu gamda bir perdenin diyezi ile bundan sonra gelen perdenin bemolü yekdiğerine birleştirilmiştir. Âtideki cetvelde armoni gamı ile mu‘tedil gamda muhtelif usule tevfîkan diyez ve bemollerin kıymet-i adediyyeleri gösterilmiştir.Bu cetvelin mündericâtından anlaşılacağı üzere mu‘tedil gamda hiçbir fâsıla tamamıyla muhafaza olunamamıştır. Hele en ziyade duçar-ı ta‘dîl olan fâsıla sâlise fâsılasıdır: Armoni gamındaki sâlise (mi) fâsılasına nisbetle mu‘tedil gamın sâlisesi 1/126 nisbetinde tereffu‘ etmiştir ki bu da hiçbir vech ile kâbil-i terk veya tecvîz bir miktar değildir. Ma‘mâfih piyanolarda diyezler ile bemolleri birleştirmek lüzumu bu farkı da erbâb-ı mûsıkîye kabul ettirmiştir.

Sayfa 20

Batlamyus Gamı

	Aristohsen kaidesine göre	Delzen kaidesine göre
d	1 = 1,00000	1=1,00000
do **d**	25/24 = 1,04167	135/128 = 1,05469
re **b**	27/25 = 1,08000	16/15 = 1,06667
re	9/8 = 1,12500	9/8 = 1,12500

re **d**	75/64 = 1,17178	75/64 = 1,17187
mi **b**	6/5 = 1,20000	6/5 = 1,20000
mi	5/4 = 1,25000	5/4 = 1,25000
fa	4/3 = 1,33333	4/3 = 1,33333
fa **d**	25/18 = 1,38889	45/32 = 1,40625
sol **b**	36/25 = 1,44000	64/45 = 1,42222
sol	3/2 = 1,50000	3/2 = 1,50000
sol**d**	25/16 = 1,56250	25/16 = 1,56520
la **b**	8/5 = 1,60000	8/5 = 1,60000
la	5/3 = 1,66667	5/3 = 1,66667
la **d**	125/72 = 1,73611	225/128 = 1,75781
si **b**	9/5 **=** 1,80000	16/9 = 1,77778
si	15/8 = 1, 87500	15/8 = 87500
do_2	2 = 2,00000	2 = 2,0000
	Mûtedil Gam	**Pisagor Gamı**
		Mösyö (Şöve) ye göre
d	$\frac{0}{12}$ 2 = 1,00000	1=1,00000

do **d**	$\frac{1}{12}$	$\frac{2187}{2048}$ = 1,06787
re **b**	2 = 1,05946	$\frac{256}{243}$ = 1,05350
re	$\frac{2}{12}$ 2 = 1,12246	9/8 = 1,12500
re **d**	$\frac{2}{12}$	$\frac{11683}{13684}$ = 1,17187
mi **b**	2 = 1,18921	$\frac{32}{27}$ = 1,18519
mi	$\frac{4}{12}$ 2 = 1,25992	$\frac{81}{64}$ = 1,26563
fa	$\frac{5}{12}$ 2 = 1,33484	4/3 = 1,33333
fa **d**	6/12	129/512 = 1,42383
sol **b**	2 = 1,41421	1024/121 = 1,40467
sol	$\frac{7}{12}$ 2 = 1,49831	3/2 = 1,50000
sol **d**	8/12	1561/4096 = 1,60181
la **b**	2 = 1,58740	128/81 = 1,58024
la	$\frac{9}{12}$ 2 = 1,68179	27/16 = 1,68750
la **d**	10/12	59049/22.98 = 1,80203

si **b** 2 = 1,78180 16/9 = 1,77778

si $\frac{11}{12}$ 2 = 1, 80775 243/128 = 89844

do_2 2 = 2,00000 2 = 2,00000

9) Âhenk: İki savtın ittihâdı hakkında evvelce beyân olunan kâide ikiden ziyade esvâtın terekkübüne de kâbil-i tatbîktir. Alel-umûm iki ve daha ziyade savtın ittihâdından hâsıl olan savt-ı mürekkebe <âhenk> (accord) veya daha doğrusu <te'lîf> ta'bir olunur. Üç savtdan mürekkeb bir âhengin kulağa mülâyim gelmesi için, herbirinin savt-ı aslîye

Sayfa 21

yani ser perdeye olan nisbetinin basit olması kâfi değildir; belki bu savtların yekdiğerine nazaran fâsılalarının da basit olmaları lazımdır. Aksi takdirde bunların terekküb ve ittihâdından hâsıl olan <armoni> kulağa hoş gelmez. Üç savtdan mürekkeb âhenklerin en mülâyimi:

do mi sol

1 5/4 3/2

5/4 6/5

3/2

notalarından teşekkül eden âhenktir. <Âheng-i tâm-ı kebîr> nâmıyla yâd olunan bu âhenk bir sâlise-i kübra ile bir sâlise-i sugrânın iltihâkından hâsıl olmuş ve her ikisi bir hâmiseye müntehî bulunmuştur, diğer bir âhenk de:

do mi d sol

1 6/5 3/2

6/5 5/4

3/2

notalarından terekküb eden <âheng-i tâm-ı sagîr> dir. Bu âhengin diğerinden farkı ancak sâlise-i kübrâ yerine sâlise-i sugrânın kâim olunmasından ibârettir.

Bu iki âhenkten birincisi aded-i ihtizâzları:

4	5	6

ve ikincisi de:

10	12	15

adedleriyle mütenâsib olan esvattan terekküb eder. Bir gamın ser perdesinin aded-i ihtizâzı 24 farz olunursa diğerleri mütevâliyen:

Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do_2	Re_2	Mi_2
24	27	30	32	36	40	45	48	54	60

olacağından bu silsileye göre evvela 4, 5, 6 adedleriyle mütenâsib bulunan:

Sayfa 22

Do	Mi	Sol	,	Fa	La	Do_2
24	30	36		32	40	48

sol	si	re_2
36	45	54

terkibâtı bulunur; sâniyen 10, 12, 15 adedleriyle mütenâsib olmak üzere:

Mi	Sol	Si	,	La	Do_2	Mi_2
30	36	45		40	48	60

terkibâtına dest-res olunur.

Bunlardan başka bir sâmine dâhilinde üç notadan terekküb eden mülâyim âhenkler bervech-i âtidir:

Do	Fa	La
3	4	5

Do	Mi **b**	La **b**
5	6	8
Do_2	Fa_2	La $\mathbf{b}_2$
15	20	24
Do_2	Mi_2	La_2
12	15	20

bu izâhatten anlaşılacağı üzere garb mûsıkîsi'nde müsta'mel olan gam "âheng-i tâm-ı kebîr" in tekâmülünden ibarettir; ta'bir-i âharla Batlamyus gamı.. Bilhassa <armoni> san'atı nokta-i nazarından te'sis edilmiştir. Fi'l-hakîka ser perdesi 'do' olan bir âheng-i tâm-ı kebîr 'mi' ile 'sol' notalarından mürekkeb olduğu gibi <sol> den başlayan bir âheng-i tâm-ı kebîr <si> , <re> notalarını ve <do> ile hitâm bulan bir âheng-i tâm-ı kebir de 'fa' ve 'la' notalarını ihtivâ eder. İşte böyle yekdiğeriyle ittihâd ederek adeta münferid bir savt husûle getiren esvât-ı mürekkebe sayesindedir ki garb mûsıkîsi hâiz olduğu azâmet ve vüs'ati kesb eylemiştir. Halbûki şark mûsıkîsi'nde henüz böyle üç savtdan mürekkeb bir savt-ı vâhid'in ne olduğu bile bilinememektedir.

Sayfa 23

Pisagor gamına gelince âheng-i tâm-ı kebiri teşkîl eden:

Do	Mi	Sol
1	81/64	3/2
	81/64	32/37
	3/2	

notaları yukarıda beyân olunan şerâit-i hâiz olmadıklarından bu âhenk kulağa asla mülâyim gelmez. Çünkü Pisagor gamında sâlise-i kübrâ yerine kaîm olan 81/64 fâsılası pek müşevveştir.

Kezalik

Do		Mi **b**		Sol
	1	32/27	3/2	
	32/27		81/64	
		3/3		

aheng-i tâm-ı sagîrî de yine niseb-i basîteden müteşekkil olmadığından esvât-ı mürekkebesi pek mütenâfirdir ki bu da sâlise-i sugrâ yerine 32/27 fâsılâsının kâim olmasından mütevelliddir.

Hülâsa Pisagor gamında sâlise-i kübrâ ve sâlise-i sugrâ nisbetlerinin basit olmaması bu gama armoni san‘atının tatbîkine mani bulunmuş ve hatta kadîm Yunanlılarda armoni san‘atının te’sis edememesinin başlıca sebebi de _ihtimâle nazaran_ bu olmuştur (1)[36].

10) Tabîî Gam: Bir gamı teşkîl eden notaların kıymet-i nesebiyyeleri malûm olduğu ve gamlarda aded-i ihtizâzı yekdiğerinin za‘fı olmak üzere teşkîl olunduğu cihetle bu notaların kıymet-i hakikiyyelerini tayin için birinin kıymet-i mutlaka-i ihtizâziyyesini bilmek kifâyet eder. Alelâde esvât-ı mûsıkîyyenin aded-i ihtizâzâtını tayin için esâs ittihâz olunan savt La/3 ile gösterilen notadır. On yedinci asr-i milâdîde bu nota Fransa’da saniyede 405 aded-i ihtizâz-ı tâmdan mürekkeb olmak üzere taayyün etmiş idiyse de yavaş yavaş tereffü ederek 1857 senesinde opera tiyatrosunda aded-i ihtizâzı 448 adedine kadar çıkmış idi. Bunun üzerine fransada 1859 senesinde La/3 notasının 435 ihtizâz-ı tâmdan mürekkeb olmak üzere bir kıymet-i sâbiteye iktiran hâsıl ettirilmesi taht-ı karâra alınmıştır.

Sayfa 24

İşte bu halde La/3 üzerine tanzîm olunan gama <tabîî gam> (Gamme naturelle) denilir ki kıymet-i ihtizâziyyeleri bervech-i âtidir:

Do_3	Re_3	Mi_3	Fa_3	Sol_3	La_3	Si_3	Do_4
267	625 , 293	25, 321	384	5, 391	435	375,489	522

[36] Bu bâbda esvât-ı muhassala bahsinde başkaca malûmât verilmiştir.

Diğer oktâv (sâmine) lerin ser perdelerine gelince onlar da

Do_2= 130, 5	Do_3= 261	Do_7= 4176
Do_1= 65, 25	Do_4= 522	Do_8= 8352
$Do_{1_}$= 32,625	Do_5= 1044	Do_9= 16704
$Do_{2_}$= 16,3125	Do_6= 2088	Do_{10}= 33408

den ibârettir.

11) Esvât-ı Müellefe: Aded-i ihtizâzları birincisine nisbeten 1, 2, 3, 4, …. a‘dâd -ı tabîiyyesi üzere giden silsile-i esvâta <esvât-ı müllefe> (Sons harmoniques) veya aded-i ihtizâzı 1 olan <savt-ı aslî> (Son fondamental) nin <müellefeleri> (harmoniques) denilir. İşte gam-ı majörde bu silsileyi takib eden esvât sırasıyla tahrîr edilecek olur ise:

Do_1	Do_2	Sol_2	Do_3	Mi_3	Sol_3	!	Do_4
1	2	3	4	5	6	7	8

bulunur. Bu silsilenin baş taraflarından birbirini müteâkıb alınan iki had, en mütevâfık âhenkleri i‘tâ eder. Meselâ birinci ile ikinci “sâmine” yi, ikinci ile üçüncü “hâmise” yi, üçüncü ile dördüncü “râbia”yı, dördüncü ile beşinci “sâlise” yi hâsıl eyler.

12) Şark Mûsikîsi: Sırf melodi üzerine müesses bulunan bu mûsikîde müsta‘mel gama <mıstar> ve birbirini müteâkıb iki mıstar meyânını tefrîk eden fâsıla-i mûsıkîye

Sayfa 25

veya sâmineye <zülküll> denilir. Bir mıstarı teşkîl eden perdelerin fâsıla-i müteaâkıbelerine ise <eb‘âd-ı lahniyye> tâbir olunur ki eb‘âd-ı mezkûrenin esâmî ve kıyem-i nesebiyyesi bervech-i âtidir.

Esâmi	Kıymet-i Nesebiyyeleri	İşârât-i Mahsûsa
Bu‘d-ı tanini	$\frac{9}{8}$ = 1,12507	حـ^{2}ب
Bu‘d-ı mücenneb-i kebîr	$\frac{65536}{59049}$ = 1,10985	ب^2

Bu‘d-ı mücenneb-i sagîr	$\frac{2187}{2048}$ = 1,06787	حـ ب
Bu‘d-ı bakiye-i tâm	$\frac{256}{243}$ = 1,05357	ب
Bud-ı bakiye-i nâkıs	$\frac{531441}{524288}$ = 1,01555	حـ
Bu‘d-ı tavîl	$\frac{16777216}{14348907}$ = 1,16930	$ب^3$
Bûd-ı atvel	$\frac{32}{27}$ = 1,18588	$حـ ب^3$

Bu eb‘âd-ı lahniyyeye atf-ı nazar-ı dikkat edilecek olur ise görülür ki bu‘d-ı tanini, Pisagor gamının tonundan bu‘d-ı mücenneb-i sagîr, apotomundan ,bu‘d-i bakıyye-i tâm limasından velhâsıl bu‘d-ı bakıyye-i nâkıs da Pisagor komasından başka bir şey değildir.

Fakat şark mûsıkîsinde esâs ittihâz olunan bu‘d, bu‘d-ı bakıyedir. Şöyle ki bir bu‘d-ı tanini iki bu‘d-ı bakiye-i tâm ile bir bu‘d-ı bakıye-i nâkıstan, bir bu‘d-ı mücenneb-i kebir yalnız iki bu‘d-ı bakiye-i tâmdan, bir bu ‘d-ı mücenneb-i sagîr bir bakiye-i tâm ile bir bakiye-i nâkıstan, bir bu‘d-ı tavîl üç bakiye-i tâmdan ve-l-hâsıl bir bu‘d-ı atvel de üç bakiyye-i tâm ile bir bakıye-i nâkıstan mürekkebdir. İşte bir bu‘d-ı bakiye-i tâm ب ve bakıye-i nâkıs da حـ ile irâe olunur ise eb‘âd-ı lahniyye-i sâire yukarıdaki cetvelin üçüncü sütununda muharrer işâret-i mahsûsa ile gösterilebilir.

Şark mûsikîsi’nde bir bir mıstarın bu‘du olan bir zülküll on iki bu ‘d-ı bakıyye-i tâm ile beş bu‘d-ı bakıye-i nâkıstan teşekkül eder. Vâkıâ kudemâ bir zülküll‘ (yani sâmine) bir zülerba‘(râbia) ile bir zülhâmis (hâmiseden) terekküb eder demişler ise de bu kânun bilahare muhâfaza olunamamıştır.

Şark mûsıkîsinde mıstarlar, bu eb‘âd-ı lahniye ile yekdiğerinden tefrîk edilmiş yedi esâs perde ile bunlar arasında bulunan tâlî perdelerden terekküb eder. Bir mıstarı teşkîl eden

Sayfa 26

perdelerden her biri bir ism-i mahsus ile yâd edilir ise de tâlî perdelerin isimlerinde mûsikiyyunnca bile ihtilâf vardır. Vâkıâ şimdileri Osmanlı mûsıkîşinâsânı perdeleri do, re.. namlarıyla yâd edegelmekte iseler de bu notaların şark mûsikîsi perdelerine tamamı tamamına tevâfuk etmediğini göstermek pek kolaydır.

Şark mûsıkîsi iki veya iki buçuk zülküll dâhilinde mahsur olduğundan esvât-ı mûsıkîye adedini tezyîd ve binâberin perdeleri de teksîr için gamları tenevvü‘ ettirmeye mecburiyet hâsıl olmuştur. Fi’l-hakîka bu mûsıkîde garb mûsıkîsi’nde olduğu gibi gamların adedi ikiye münhasır değildir. Mûsikî’i Osmânîde müsta‘mel olan gamlardan birkaçını misal olarak bervech-i âti tahrîr edelim:

Yegâh Mıstarı (1)

Perdelerin Esâmîsi	Yegâh	Aşîran	Irak	Rast	Dügâh	Segâh	Çargâh	Nevâ
Nisbet-i Adediyyeleri	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{8192}{6561}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{32768}{19683}$	$\frac{16}{9}$	2
Fâsılâ-i Müteâkıbeleri		$ح^2ی$	$ی^2$	$ح ب$	$ح^2ی$	$ی^2$	$ح ب$	$ح^2ی$

Acemaşîran Mıstarı (2)

Perdelerin Esâmîsi	Acemaşîran	Rast	Dügâh	Kürdi	Çargâh	Nevâ	Hüseyni	Acem
Nisbet-i Adediyyeleri	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{81}{64}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{27}{16}$	$\frac{243}{128}$	2
Fâsılâ-i Müteâkıbeleri		$ح^2ی$	$ح^2ی$	ب	$ح^2ی$	$ح^2ی$	$ح^2ی$	ب

Hicaz Mıstarı (3)

Perdelerin Esâmîsi	Dügâh	Uzzal	Hicaz	Neva	Hüseyni	Acem	Gerdaniye	Muhayyer
Nisbet-i Adediyyeleri	1	$\frac{2187}{2048}$	$\frac{8192}{6561}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{128}{81}$	$\frac{16}{9}$	2
Fâsılâ-i Müteâkıbeleri		$ح ب$	$ی^2$	$ح ب$	$ح^2ی$	ب	$ح^2ی$	$ح^2ی$

Uşşak Mıstarı (4)

Perdelerin Esâmîsi	Dügâh	Segâh	Çargâh	Neva	Hüseyni	Acem	Gerdaniye	Muhayyer
Nisbet-i Adediyyele.	1	$\frac{65536}{59049}$	$\frac{32}{27}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{128}{81}$	$\frac{16}{9}$	2
Fâsılâ-i Müteâkıbeleri		ک^2	ح ک	ح^2 ک	ح^2 ک	ک	ح^2 ک	ح^2 ک

Isfahan Mıstarı (5)

Perdelerin Esâmîsi	Dügâh	Bûselik	Sabâ	Nevâ	Hüseyni	Acem	Gerdaniye	Muhayyer
Nisbet-i Adediyyeleri	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{81}{64}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{128}{81}$	$\frac{16}{9}$	2
Fâsılâ-i Müteâkıbeleri		ح^2 ک	ح^2 ک	ک	ح^2 ک	ک	ح^2 ک	ح^2 ک

Sayfa 27

Sabâ Mıstarı (6)

Perdelerin Esâmîsi	Dügâh	Segâh	Çargâh	Sabâ	Hüseyni	Acem	Gerdaniye	Muhayyer
Nisbet-i Adediyyele.	1	$\frac{65536}{59049}$	$\frac{32}{27}$	$\frac{81}{64}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{128}{81}$	$\frac{16}{9}$	2
Fâsılâ-i Müteâkıbeleri		ک^2	ح ک	ح ک	ح^2 ک	ک	ح^2 ک	ح^2 ک

Karcığar Mıstarı (7)

Perdelerin Esâmîsi	Dügâh	Segâh	Çargâh	Nevâ	Hisar	Evc	Gerdaniye	Muhayyer
Nisbet-i Adediyyeleri	1	$\frac{65536}{59049}$	$\frac{32}{27}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{729}{512}$	$\frac{32768}{19683}$	$\frac{16}{9}$	2
Fâsılâ-i Müteâkıbeleri	ک^2	ح ک	ح^{2}ک	ح ک	ک^2	ح ک	ح^{2}ک	

Segâh Mıstarı (8)

Perdelerin Esâmîsi	Segâh	Çargâh	Nevâ	Hisar	Evc	Gerdaniye	Muhayyer	Tiz Segâh
Nisbet-i Adediyyeleri	1	$\frac{2187}{2028}$	$\frac{19683}{16364}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{6561}{4096}$	$\frac{59049}{32768}$	2
Fâsılâ-i Müteâkıbeleri	ح ک	ح^{2}ک	ک^2	ح^{2}ک	ح ک	ح^{2}ک	ک^2	

Rast Mıstarı (9)

Perdelerin Esâmîsi	Rast	Dügâh	Segâh	Çargâh	Nevâ	Hüseyni	Evc	Gerdaniye
Nisbet-i Adediyyeleri	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{8192}{6561}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{27}{16}$	$\frac{4096}{2187}$	2
Fâsılâ-i Müteâkıbeleri	ح^{2}ک	ک^2	ح ک	ح^{2}ک	ح^{2}ک	ک^2	ح ک	

Nihavend Mıstarı (10)

Perdelerin Esâmîsi	Rast	Dügâh	Kürdi	Çargâh	Nevâ	Beyati	Acem	Gerdaniye
Nisbet-i	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{32}{27}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{128}{81}$	$\frac{16}{9}$	2

Adediyyeleri									
Fâsılâ-i Müteâkıbeleri	حـ^{2}ب		ب	حـ^{2}ب	حـ^{2}ب	ب	حـ^{2}ب	حـ^{2}ب	[37]

13) Makâmât: Bir gamda bulunan perdelerden veya bunlara muâdil diğer perdelerden terekküb eden melodiler bir <makam> dan i‘tibâr edilmiş ve gamların sûret-i terkibi tenevvü‘ ettirildiği cihetle makâmat tekessür eylemiştir[38].

Hatta bununla da kanâat edilmeyerek aynı gama tâbi ve fakat sıraca

Sayfa 28

yekdiğerinden mütefâvit terkibât-ı mûsıkîyye de muhtelif makamdan addedilmiştir ki uşşak ile beyati bu zümreye dâhil olan makamatdandır. Gamlar o kadar tenevvü‘ ettirilmiştir ki bugün birçoğunun isminden başka birşeyi kalmayan makâmâtın adedi yüzü mütecavizdir. Ancak bu gamların tenevvüünde mütekaddimîn dâima bir bu‘d-ı zülkülün bir zülhams ile zülerba‘dan mürekkeb olmasını kâide ittihâz eylemişler ise de müteahhirîn bu kâideye de ri‘âyet eylememişlerdir. İşte yukarıda misâl olarak îrâd olunan gamlardan altıncısı ile yedincisinden mâadâsında dördüncü perde birinci perdeden $\frac{4}{3}$ kadar ve sekizinci perde de beşinci perdeden $\frac{3}{2}$ kadar yüksektir; ve yine beşinci perde birinci perdeden 3/2 kadar ve sekizinci perde de beşinci perdeden $\frac{4}{3}$ kadar daha tizdir. Bir halde ki dâima:

[37] İsimler esâtize-i mûsikiyye göre tehallüf ettiğinden nisbetler esâs ittihâz edilmelidir.

[38] Bu cihet iyice anlaşılmalıdır: Meselâ hicâz makamından bestelenmiş bir şarkı denince bu şarkının nagamâtı hicâz mıstarını aynen ta‘kîb ettiğine zâhib olmamalıdır. Böyle olsa idi, her makâmdan yalnız bir beste veya bir şarkı olmak lazım gelirdi; bilakis, bu ifadeden hicazdan bestelenmiş bir şarkı alınsa ve bu şarkıyı teşkîl eden perdeler tizlikleri sırasıyla yazılsa, bunların behemehâl hicaz mıstarını teşkîl eden silsile-i esvâtın hadlerine tevafuk edeceği anlaşılmalıdır. Kavâid-i mahsûsasına tevfikan bestelenmiş bir şarkı da, âid bulunduğu makâmın mıstarında münderic perdelerden veya bunların nazîrlerinden mâadâsına tesâdüf edilmez. Bunun içindir ki şark mûsıkîsinin bir makâmından birçok şarkı okunduğu hâlde bu mûsıkîye yabancı olan bir kimse dâima aynı şey okunuyor zanneder. Taksimlerde ise bir mıstardan diğer mıstara intikâl edilir ki bunda da sazende veya hanendenin bütün mahâreti, bu intikâlin sem‘e mülâyim ve hoş gelecek surette icrâ edilmesindedir.

$$\frac{4}{3} \text{ X } \frac{3}{2} = \frac{3}{2} \text{ X } \frac{4}{3} = 2$$

olmak üzere bir zülküll teşekkül eder. Fakat altıncı ile yedinci mıstarda bu kânun kısmen câri değildir. Fi'l-hakîka sabâ mıstarında dördüncü perde birinci perdeye nisbeten $\frac{81}{64}$ kadar ve sekizinci perde ise buna nazaran $\frac{128}{81}$ kadar yüksektedir ki bu adedler $\frac{4}{3}$ ile $\frac{3}{2}$ nisbetlerinden pek farklıdırlar. Ta'bir-i âharla bu iki mıstar için:

$$\frac{81}{64} \text{ X } \frac{3}{2} = \frac{243}{128}$$

ve

$$\frac{4}{3} \text{ X } \frac{729}{512} = \frac{243}{128}$$

fâsılaları bir zülkülden bir bu'd-ı bakiyye-i tâm kadar noksandır[39].

Şark mûsıkîsinde müsta'mel gamların, birkaçından mâadâsı üç ve üçten ziyâde fâsıla-i mûsikiyyeyi hâvi olduklarından bunların her birini sûret-i sâhihada diyezlemek ve bemollemek için bir kâide-i basîte vaz' etmek mümkün değildir. Meğer ki حـ^{2}ب ile ifâde olunan bu'd-ı tanini, ب^{2} ile ifâde olunan bu'd-ı mücenneb-i kebîre , ve حـب ile gösterilen bu 'd-ı mücenneb-i sagîre de ب bu 'd-ı bakiye-i tâmına müsâvi itibâr olunsun.
Mesela yalnız iki nev' bu'd-ı lahnîyi hâiz olan gamlardan nihavend mıstarını nazar-ı itibâra alalım[40] ve perdeleri meyânındaki eb 'âd-ı lahniyeyi yukarıdaki işâratı mahsusa ile gösterelim:

Sayfa 29

Rast	Dügâh	Kürdi	Çargâh	Nevâ	Beyati	Acem	Gerdaniye
حـ^{2}ب	ب	حـ^{2}ب	حـ^{2}ب	ب	حـ^{2}ب	حـ^{2}ب	

Bi'l-farz nevâ perdesinden itibaren bu mıstar yürütülecek olsa:

[39] İntizâmı muhâfaza için karcığar makamındaki evc perdesini aceme tenzil etmek veyahut hisarı hüseyniye çıkarmak kifâyet edeceği gibi sabâ makâmında da hüseyniyi şuriye kadar indirmek icâb eder.

[40] Burada misal olarak acemaşiran gamı alınmamalıdır. Zîra bu gam Pisagor gamının aynı olduğundan diyez ve bemol için onun tâbi bulunduğu kanuna tâbi olmak lâzım gelir.

Nevâ Beyati Acem Gerdaniye Muhayyer Sünbüle Tiz Çargâh Tiz Nevâ

ب ب²حـ ب²حـ ب²حـ ب ب²حـ ب²حـ

hâsıl olacağından birinci bu ‘d-ı lahnî olan ب²حـ ile ikinci bu ‘d-ı lahnî olan ب nin tebdil-i mevzi‘ ettikleri görülür. Muhâfaza-i intizâm için, bi’z-zarûre beyâti perdesini diyezlemek icâb ederki nevâ ile arasındaki bu‘d ب²حـ ve acem ile meyanındaki bu ‘d da ب olsun; bunun için de beyati perdesini de = $\frac{2187}{2048}$ nisbetinde yükseltmek kifâyet eder. İşte bu sûretle:

Nevâ Hüseyni Acem Gerdaniye Muhayyer Sünbüle Tiz Çargâh Tiz Nevâ

ب²حـ ب ب²حـ ب²حـ ب ب²حـ ب²حـ

bulunur ki bu da matlub olan silsileden ibârettir. Fi’l-hakîka nihâvend gamının birinci perdesine nazaran aded-i ihtizâzâtı gösteren silsile-i erkam:

Rast	Dügâh	Nihavend	Çargâh	Neva	Beyâti	Acem	Gerdaniye
1	9/8	32/27	4/3	3/2	128/81	16/9	**2**

ب²حـ ب ب²حـ ب²حـ ب ب²حـ ب²حـ

olmakla beyâti perdesi $\frac{2187}{2041}$ ile darb olunur ise hâsıl olan:

$$\frac{121}{81} \text{ X } \frac{2107}{2048} = \frac{17}{16}$$

hüseynî perdesinin nevâ perdesine nisbeti:

$$\frac{27}{16} \div \frac{3}{2} = \frac{9}{8} \text{ (bu ‘d-ı taninî)}$$

ve acem perdesinin buna nisbeti ise:

$$\frac{16}{9} \div \frac{27}{16} = \frac{256}{243} \text{(bu ‘d-ı bakıyye-i tâm)}$$

dan ibâret bulunur.

Sayfa 30

Kezalik nihâvend mıstarı çargâh perdesinden itibaren yürütülecek olsa cetvele bilmürâcaa

Çargah Neva Beyati Acem Gerdaniye Muhayyer Sünbüle Tiz Çargâh

ح ک² ب ح ک² ح ک² ح ک² ب ح ک²

yazmamak ve bilakis muhayyer perdesini bemollemek ($\frac{2048}{2187}$ nisbetinde indirmek), tabîr-i âharla muhayyeri şehnaza kadar tenzîl eylemek icâb eder. Bu hâlde

Çargah Neva Beyati Acem Gerdaniye Şehnaz Sünbüle Tiz Çargâh

ح ک² ب ح ک² ح ک² ح ک² ب ح ک²

bulunur ki bu da matlub olan silsileden ibârettir.

Şimdi bir de misal olarak ikiden ziyâde eb‘âd-ı lahniyeyi hâiz olan makâmatın mıstarlarını ve meselâ hicâz mıstarını nazar-ı itibâra alalım:

Dügâh Uzzâl Hicâz Nevâ Hüseyni Acem Gerdaniye Muhayyer

1 $\frac{2187}{2048}$ $\frac{8192}{6561}$ $\frac{4}{3}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{128}{81}$ $\frac{16}{9}$ **2**

ح ب ک² ح ب ح ک² ب ح ک² ح ک²

ve hüseyni perdesinden itibaren bu mıstarı yürütelim. Bu hâlde :

Hüseyni Acem Gerdâniye Muhayyer Tiz Uzzal Tiz Hicâz Tiz Nevâ Tiz Hüseyni

ب ح ک² ح ک² ح ب ک² ح ب ح ک²

bulunur ki bu silsilenin elhânı ile hicâz mıstarının elhânı beyninde fark-ı azîm vardır. Çünkü sonuncu bu‘d-ı lahnîden maadâsının mevkileri tebeddül etmiştir. Fi’l-hakika evvela ikinci acem perdesini, (bu ‘d-ı bakıyye-i nâkıs) kadar yükseltmek, sâniyen üçüncü gerdâniye perdesini ب (bu ‘d-ı bakıye-i tâm) nisbetinde tizleştirmek, sâlisen bu suretle

dördüncü muhayyer perdesi yerine gelmiş olacağından dolayı beşinci tiz uzzal[42] perdesini ب kadar yükseltmek râbian altıncı tiz hicâz

Sayfa 31

perdesini de ب kadar indirmek iktiza eder. Böyle gayet karışık ameliyat ise mahsûs bir cetvele bilmürâcaa mümkün olur ki onun da neticesi şundan ibârettir:

Hüseyni	?[43]	Şehnaz	Muhayyer	Tiz Segâh	Tiz Çargâh	Tiz Nevâ	TizHüseyni
حب	ب2	حب	ح2ب	ب	ح2ب	ح2ب	

Bu tafsîlattan anlaşılacağı üzere bir gam ne kadar az bu‘d-ı lahnîyi hâvi olur ise diyez ve bemol kâidesi de o kadar basit olur. Avrupalılar armoni gamını kolayca diyezlemek ve bemole etmek içindir ki ton majör ile ton minörü birbirine müsâvi addederek bu gamdaki eb‘ad-ı lahniyeyi ikiye tenzîl eylemişlerdir. Çünkü diyezlemek ve bemole etmek için en ziyâde inzibâta tâbi olan gamlar <iki lahinli> (Diatonique) gamlardır ki Pisagor gamı veya bizdeki acemaşiran mıstarı ile ısfahân, nihâvend, mahur mıstarı bu cümledendir. Diğer ikiden ziyâde bu‘d-ı lahnîyi hâvi olanları için her perdenin kaç bu ‘d-ı bakiye-i tâm ve bu‘d-ı bakiye-i nâkısı tezyîd veya tenkisi lâzım geleceğini istikrâ tarîkıyle tayin eylemek icab eder. İşte bu dakikaya mebni idi ki bu bahsin ibtidâsında şark mûsıkîsinde esâs olan bu‘d, bu‘d-ı bakıyyedir denilmiş idi.

Mâmafih bu usûl-i ameliyye ile dahi bir şarkıyı her istenilen perdeden başlayarak çalmak mümkün değildir. Mesela yukarıdaki hicaz makamının mıstarını hüseyniden başlamak lâzım gelse tabir-i âharla dügâh perdesi hüseyni itibar edilse, uzzâl perdesinin mukabili bulunamaz. Yine her makam için ayrı bir gam olmasından dolayıdır ki meselâ mandalsız bir kanunun telleri uşşak makamına göre akorde edildiği halde bununla diğer bir makâmdan ve bi’l-farz acem aşirandan bir şey çalınamaz. Hülâsa gamların taaddüd ve tenevvüü şark mûsikîsi için büyük bir mahzurdur. Bunun ıslahı ise mûsıkîşinâsana âit bir vazifedir.

[42] Bu perdenin ismi olmadığı veyâhud mûsıkîşinâsanca muhtelefün-fîh bulunduğu için burada bu sûretle yâd edilmiştir.

[43]? Bu perde acem ile evc arasında ve evcden bir bakıye-i nâkıs kadar dûn bir mevki‘e tesâdüf eder ise de orada böyle bir perde malûm değildir.

Sayfa 32

BÂB-I EVVEL

Hareket-i İhtizâziye'nin İntişâr ve İn'ikâsı

Hareket-i ihtizâziyenin muâdele-i tefâzuliyesi _ muâdele-i tefâzuliyenin itmâmı_hareket-i ihtizâziyenin devri, safhası _ tenbih _ hareket-i ihtizâziyenin şiddeti, ihtizâzâtı tûlâniye ve arzâniye ; ihtizazât-ı tûlâniyenin üstüvânî bir vasıta-i elastikiye derûnunda intişârı _ hâdise-i intişârın muadele-i tefâzuliyesi _ muadele-i tefâzuliyenin itmâmı _ hareket-i temevvüciye , mevc-i munkabız, mevc-i münbasit, _tûl-i mevc, tûl-i mevc ile devr-i ihtizâz beynindeki münâsebet _ ihtizâzâtı tûlâniyenin bir vâsıta-i gayr-ı mahdûde dâhilinde intişârı, ihtizâzât-ı arzâniye, savtın sür'at-i intişârı_gazlarda sür'i intişâr _ Newton düsturu _ Laplas farziyesi ve düstûru _ Laplas'ın düstûr-u diğeri; Tecârib-i ahîre _ Tahkikât-ı nazariye _ mâyiâtda sür'at-ı savt, sulblerde sür'at-i savt_ tenbih

14) Hareket-i İhtizâziye' nin Muâdele-i Umûmiyesi: Savt denilen hâdise bir cismin eczâ-yı ferdiyesinin ihtizâzından, ta'bir-i âharla mûvazenet-i vaziyetleri etrafında icrâ-yı raks eylemesinden ileri geldiği evvelce söylenmiş idi. Ancak hâdisât-ı savtiyeyi husûle getiren bu harekât cüz'-i ferdiye, lâ-alettta'yîn bir hareket-i ihtizâziye değildir. Fi'l-hakîka ihtizâzât-ı savtiyye darb, tazyîk, delk gibi bir te'sîr-i hârici ile cisimde vukua getirilen bir < tebeddül-i şekl> den münbais kuvâ-yı elâstikiyenin netîcesidir. Hâlbuki <mebhâs-ı elâstikiyyet>de görüldüğü üzere bir cisimde vuku'a getirilen tebeddül-i şekl cüz'î olduğu takdirde eczâ-yı ferdiyeyi muvâzenet vaziyetlerine ircâ-a sa'y eden kuvâ-yı elâstikiyyenin muhassalası eczâ-yı mezkûrenin muvâzenet-i vaziyetlerinden olan mikdar-ı tebâüdleriyle mütenâsibdir.

Şöyle ki: Kütlesi 'k' olan bir cüz'-i ferd veya bir nokta-yı maddiye (Şekil 1) 'b' muvâzenet-i vaz'iyyetinden bir te'sir-i hârici ile gayet karîb bir 'b_1' mevzi'ne kadar tebâüd ettirilmiş olsa bu vaziyetten, 'b' 'b_1' bu'duyla mütenâsib bir kuvve-i elâstikiyye, cüz-i mezkûru tekrar 'b' vaziyetine ircâ'a sa'y eder. İşte cüz'-i ferdin 'b' muvâzenet-i vaziyetini kesb için icrâ edeceği hareket esnasında bulunduğu bir 'e' vaziyeti mutavassıtasını nazar-ı itibâra alalım ve meseleyi sâdeleştirmek için cüz'-i ferdin hatt-ı müstakîm üzere

b_2 b e b_1

Şekil 1

Sayfa 33

hareket eylediğini kabul eyleyelim. Bu ‘e’ noktasının ‘b’ vaziyetine olan bu‘du ‘s’, ‘b’ ‘b_1’ miktar-ı tebâüdü ‘m’ ve ‘b’ noktasından itibaren cüz’-i ferdin ‘e’ mevzi‘ne vusûl için sarf ettiği zaman da ʘ olsun. Evvela bu vaziyette bulunan cüz’-i ferd üzerine te’sir eden ‘f’ kuvve-i elâstikiyyesi ‘s’ bu‘dıyla ve cüz’-i ferdin ‘k’ kütlesiyle mütenâsib olacağından, ‘ţ’ bir emsâl-i tenâsüb olmak üzere:

$$f = ţ\ k\ s \tag{1}$$

olur. Sâniyen cüz’-i ferdin b_1 noktasına vusûlünde mebde’-i zamandan itibaren kat‘ eylediği mesâfe $b_1\,e = m\ b\ s$ olacağından noktâ-i mezkûredeki sür ‘ati:

$$B = \frac{\partial_{(m-s)}}{\partial ʘ} = -\frac{\partial_{s}}{\partial ʘ}$$

ve miktar-ı ta‘cîli de:

$$\frac{\partial B}{\partial ʘ} = -\frac{\partial^2 s}{\partial ʘ^2}$$

olmakla

$$f = -k\frac{\partial^2 s}{b ʘ^2} \tag{2}$$

bulunur. İşte (1), (2) ifâdelerinden:

$$ţ\,k\,s = -k\frac{\partial^2 s}{\partial ʘ^2}$$

veya

$$\frac{\partial^2 s}{\partial ʘ^2} = -ţs \tag{3}$$

muâdele-i tefâzuliyesi istihsâl edilir ki bu muâdele gayet küçük rakslar icrâ eden bir raks-ı basîtin

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial \Theta^2} = -\frac{h}{l}\psi$$

düsturunun aynıdır , yalnız bu düsturda $\frac{h}{l}$ miktâr-ı sâbiti yerine 'ṭ' emsâli kâim olmuştur.

15) Muâdele-i Tefâzuliyenin İtmâmı:

Yukarıki muâdele-i tefâzuliyenin tamâmi-i gayr-ı mahdûdu[44] :

---

[44] Fi'l-hakîka 's' miktârı Θ mütehavvil-i müstakilinin bir tâbii olmak üzere

$$\frac{\partial^2 s}{\partial \Theta^2} = -t s$$

muâdele-i tefâzuliyesini itmâm için tarafeyni $2\partial s$ ile darb edelim. Bu hâlde:

$$2\frac{\partial^2 s}{\partial \Theta^2}\partial s = -2t s\,\partial s$$

olacağından tarafeynin tamâmîsi alınacak olur ise:

$$\left(\frac{\partial s}{\partial \Theta}\right)^2 = -t s^2 + \text{sabit}$$

bulunur. Şimdi $t = L^2$ ve miktâr-ı sâbit yerine de $L^2 k^2$ vaz' edilecek olur ise:

$$\left(\frac{\partial s}{\partial \Theta}\right)^2 = l^2(k^2 - s^2)$$

ve binâberin $$\partial\Theta = \frac{\partial s}{\pm\sqrt{k^2 - s^2}}$$

veyâhud $$l\partial\Theta = \frac{\partial s}{\pm\sqrt{k^2 - s^2}}$$

istihsal olunur. İşte bunun tarafeyni de itmâm edilecek olur ise, "r" bir ikinci miktâr-ı sâbit olmak üzere:

Sayfa 34

$$s = b\ bḥb\ \omega\sqrt{t} + ḥ\ ḥb\ \omega\sqrt{t} \qquad (4)$$

dir ki "b", "h" miktarları şerâit-i ibtidâiyeye göre tayin edilecek iki miktâr-ı sâbitden ibarettir. Şimdi bu miktâr-ı sâbitlerin tayin-i kıymetleri için cüz'-i ferdin 'e' noktasındaki

$$B = \frac{ما_s}{ما\omega} = b\sqrt{t}\ ḥb\ \omega\sqrt{t} - ḥ\ \sqrt{t}\ bḥb\ \omega\sqrt{t} \qquad (5)$$

süratini nazar-ı itibâra alalım:

Mebde-i zamanda cüz'-i ferd 'b_1' vaziyetinde bulunduğu ve "B" sür'at-i sıfıra müsâvi olduğu gibi "s" miktar-ı tebâüdü de "m" miktâr-ı tebâüdüne müsâvi bulunur.Tâbir-i âharla:

Sayfa 35

ω = 0 kıymeti için s = m , $\frac{ما_s}{ما\omega} = 0$

bulunacağından evvela (4) muâdelesinden:

$$l\ \omega \pm r = kos\ hb\ \frac{s}{k}$$

ve binâenaleyh $ḥb\ \left(l\ \omega + r\right) = \frac{s}{ḳ}$

veya $s = ḳ\ ḥb\ (l\ \omega + r)$

veyâhud $s = ḳ\ ḥb\ l\ \omega\ bḥb\ r + ve\ bḥb\ l\ \omega\ ḥb\ r$

bulunur ki bu da

$$ḳ\ bḥb\ r\ ,ḳ\ ḥb\ r,1$$

miktâr-ı sâbitleri yerine nazîr-i nazîre b, ḥ ve $\sqrt{t}$ konulduğu halde.

$$s = b\ ḥb\ \omega\sqrt{t} + ḥ\ bḥb\ \omega\sqrt{t}$$

şekline münkalib olur.

$$m = b\,bḥb(0) + ḥ\,ḥb(0)$$

veya $$m = b$$

ve sâniyen (5) muâdelesinden:

$$0 = b\sqrt{t}\,ḥb(0) - ḥ\sqrt{t}\,bḥb(0)$$

ve binâberin $$ḥ = 0$$

şartları istihsal edilir.

İşte b, ḥ miktâr-ı sâbitlerinin bu kıymetleri mahallerine vaz‘ olunur ise:

$$s = m\,bḥb\,\omega\sqrt{t} \tag{6}$$

ve $$B = -\frac{\partial s}{\partial \omega} = +m\sqrt{t}\;ḥb\;\omega\sqrt{t} \tag{7}$$

muâdelelerine dest-res olunur.

İmdi cüz’i ferdin “b” muvâzenet-i vaziyetine vusûlünde:

$$s = 0$$

olacağından (6) muâdelesine tevfîkan

$$0 = m\,bḥb\,\omega\sqrt{t}$$

veya $$bḥb\,\omega\sqrt{t} = 0$$

ve binâberin $$\omega\sqrt{t} = \frac{\pi}{2}$$

ve $$\omega = \frac{\pi}{2}\frac{1}{\sqrt{t}}$$

bulunur ki bu da cüz’i ferdin “b_1” vaziyet-i inhirâfından “b” vaziyeti muvâzenetine avdeti için sarf ettiği zamandan ibârettir. Vâkıa cüz’i ferd

$$\omega = \frac{\pi}{2}\frac{1}{\sqrt{t}}$$

zamanı zarfında “b_1” vaziyyetinden “b” vaziyetine avdet eder ise de bu meyanda sürati kıymet-i mutlakaca sûret-i mütemâdiyede tezâyüd ettiğinden “b” vaziyetinde sükûnete dahil olamaz. Fi’l-hakîka (7) düstûruna tevfîkan

$$\omega = \frac{\pi}{2}\frac{1}{\sqrt{t}}$$

Sayfa 36

zamanında yani cüz'-i ferdin "b" vaziyet-i muvâzenetine vusûlünde süratin kıymeti taharrî edilecek olur ise:

$$B = -\frac{\partial s}{\partial \omega} = m\sqrt{t}\,\text{hb}\left(\frac{\pi}{2}\frac{\sqrt{t}}{\sqrt{t}}\right)$$

veya $$B = m\sqrt{t}\,\text{hb}\,\frac{\pi}{2}$$

bulunur; binâberin bu sür'at-i müktesebe ile 'b' vaziyetinde kalamayarak, sürat-i mezkûre sıfıra müncer oluncaya kadar 'b' cihetine doğru harekete devam eder. Halbuki süratin sıfır olması, ta 'bir-i âharla:

$$-\frac{\partial s}{\partial \omega} = m\sqrt{t}\,\text{hb}\,\omega\sqrt{t} = 0$$

bulunması için $$\omega\sqrt{t} = \pi$$

veya $$\omega = \pi\frac{1}{\sqrt{t}}$$

olması iktizâ edeceğinden cüz'-i ferd de

$$\omega = \pi\frac{1}{\sqrt{t}}$$

zamânı nihâyetine kadar 'b_2' cihetinde harekete devam ve (6) muâdelesine tevfîkan 'b' noktasından itibâren

$$s = m\,\text{bhb}\,\frac{\pi}{\sqrt{t}} \times \sqrt{t} = -m$$

mesafesini kat' eyleyerek 'b_1' noktasının mütenâzırı bulunan 'b_2 ' noktasında ârâm eder.

İşte bu sûretle 'b' muvâzenet-i vaziyetinden 'b_1' noktasına kadar tebâüd ettirilmiş olan cüz'-i ferd bir hareket-i mütezâyide ile 'b' vaziyetine takarrüb eder ise de orada tevakkuf edemeyerek bir hareket-i mütenâkısa ile 'b_1' noktasının mütenâzırı bulunan 'b_2' noktasına kadar tekrar tebâüde sa'y eyler. Kezalik bu 'b_2 ' noktasında da sürati sıfıra

müntehî olur ise de ‘b’ muvâzenet-i vaziyetinden m = b “b_2” kadar tebâüd etmiş bulunacağı cihetle kuvve-i elâstikiyye taht-ı te’sirinde bir hareket-i mütezâyide ile ‘b’ vaziyetine takarrüb eder; ve yine bu vaziyetinde tevakkuf edemeyerek bir hareket-i mütenâkısa ile tekrar ‘b_1’ noktasına kadar tebâüd eyler. Hülâsa bu minval üzere cüz’-i ferd ‘b_1’ , ‘b_2’ vaziyât-ı mütenâzırası meyanında nazarî olarak ilâ gayrin nihâye icra-yı raks eder ki vüs‘ati gayetle asgar olan bu hareket-i raksiyeye <hareket-i ihtizâziye> nâmı verilir.

Hareket-i raksıyede olduğu gibi hareket-i ihtizâziyede de cüz’-i ferdin “b_1”, “b_2” vaziyet-i intihâiyelerinin birinden hareket, diğerine muvâsalat ve badehu tekrar evvelki vaziyet-i intihâiyeye

Sayfa 37

avdet etmesi için icra eylediği hareket <bir ihtizâz-ı tâm> ve yalnız bir vaziyet-i intihâiyye ile mukâbil vaziyet-i intihâiye arasında icrâ ettiği nısf-ı ihtizâz-ı tâm’a da <ihtizâz-ı basit> denilir.

16) Hareket-i İhtizâziyenin Devri :

Rakkasta olduğu gibi burada da ihtizâz-ı tâm’ın vüsati lâ-yenkat‘-ı tenâkus eder ise de müddeti sabit kalır ki bu müddete bilhassa hareket-i ihtizâziyenin <devri> tâbir olunur.

Yukarıda verilen izâhatten anlaşılacağı üzere cüz’-i ferdin her iki vaziyet-i intihâiyeye vusulünde “b” sür‘ati sıfır olduğundan bu vaziyetlerde bulunduğu zamanlar (7) düstûruna tevfikân sırasıyla:

$$\omega = 0 \quad \omega = \pi\frac{1}{\sqrt{\xi}} \quad \omega = 2\pi\frac{1}{\sqrt{\xi}} \quad \omega = 3\pi\frac{1}{\sqrt{\xi}} \ldots.$$

kıymetlerine tevâfuk eder.

Bilakis ‘b’ muvâzenet-i vaziyetinden her defa mürûrunda sürati âzami veya asgarî ‘v’ ‘s’ mesâfesi ise sıfır olacağından (6) düstûruna tevfîkan cüz’-i ferdin bu vaziyetinden mürûru ânları da yine sırasıyla:

$$\omega = \frac{\pi}{2\sqrt{\xi}} \quad \omega = \frac{3\pi}{2\sqrt{\xi}} \quad \omega = \frac{5\pi}{2\sqrt{\xi}} \quad \omega = \frac{7\pi}{2\sqrt{\xi}} \ldots.$$

zamanlarına tesâdüf eder. Binâberin bir ihtizâz-ı basît müddeti:

$$\omega = \frac{\pi}{\sqrt{t}}$$

olduğu gibi bir ihtizâz-ı tâm müddeti de:

$$\omega = \frac{2\pi}{\sqrt{t}}$$

olmak lazım gelir. İşte hareket-i ihtizâziyenin <devri> "n" ile gösterilir ise:

$$n = \frac{2\pi}{\sqrt{t}} \qquad (8)$$

düsturuna dest-res olunur.

Şimdi $\sqrt{t}$ emsalinin bu düstûrdan istihsâl olunan

$$\sqrt{t} = \frac{2\pi}{h}$$

kıymeti (6), (7) düsturlarından mahallerine konulur ise

$$s = m\,b\,h\,b\,2\pi\,\frac{\omega}{n} \qquad (9)$$

$$B = \frac{2\pi m}{k}\,h\,b\,2\pi\,\frac{\omega}{n} \qquad (10)$$

muâdeleleri hâsıl olur.

Sayfa 38

Bu muâdelelerden zâhir olacağı üzere hareket-i ihtizâziye ω zamanının bir tâbi'-i devrîsinden ibârettir. Şöyle ki: Bir ihtizâz-ı tâm müddeti "n" olduğuna göre

$$\omega + n \qquad \omega + 2n \qquad \omega + 3n \ \ldots\ldots$$

zamanlarında sürat yekdiğerine müsâvi ve işâretce mutâbık kıymetler kesb eder.

Bilakis:

$$\omega + \frac{n}{2} \qquad \omega + \frac{3n}{2} \qquad \omega + \frac{5n}{2} \ \ldots\ldots$$

zamanlarında ise sürat müsâvi ve işâretce muhâlif kıymetler ahz eder.

Binâenaleyh ‘s’ mihveri zamana ve “a” mihveri de sürate tahsîs edilecek olur ise hareket-i ihtizâziye bir münhanî-i ceybi ile irâe edilebilir.

17) Hareket-i İhtizâziyenin Safhası: Mebde’-i zaman cüz’-i ferdin “b_1” vaziyetinden hareketi ânına tevâfuk etmediği ve bilakis bu an mebde-i zamâna nazaran θ' zamanına tesadüf eylediği sûrette yukarıki düsturlar:

$$s = m\, b\dot{h}b\, 2\pi \frac{\theta - \theta'}{n} = m\, b\dot{h}b\, 2\pi \left(\frac{\theta}{n} - \frac{\theta'}{n}\right)$$

$$B = \frac{2\pi m}{n}\, \dot{h}b\, 2\pi \left(\frac{\theta - \theta'}{n}\right) = \frac{2\pi m}{n}\, \dot{h}b\, 2\pi \left(\frac{\theta}{n} - \frac{\theta'}{n}\right)$$

şekillerini kesberderler.

Alelâde $\frac{\theta'}{n}$ miktârı “c” ile ve $+\frac{2\pi m}{n}$ emsâli de “ḳ” ile gösterilerek bu düsturlar da

$$s = m\, b\dot{h}b\, 2\pi \left(\frac{\theta}{n} - c\right) \qquad (11)$$

$$B = \dot{k}\, \dot{h}b\, 2\pi \left(\frac{\theta}{n} - c\right) \qquad (12)$$

sûretinde irâe edilir, ve bu halde “k” emsâline < hareket-i ihtizâziyenin vüs‘ati > ve “c” miktârına da <hareket-i ihtizâziyyenin safha> sı denilir.

Hareket-i ihtizâziyenin safhası, mebde-i zaman ile cüz’-i ferd veya müteharrikin “b_1” noktasından hareketi arasında geçen ihtizâz-ı tâm müddetinin adedlerini irâe eder. Mamafih hesâbatta bunun aded-i sahîh kısmından sarf-ı nazarla yalnız kesir kısmı dahil hesâb edilir. Zirâ düsturdaki tamâm-ı ceybin kıymeti yalnız kesir kısmına tâbi‘dir.

Tenbîh: Mebde-i zaman, $2\pi \frac{\theta}{n}$ hâsıl-ı darbını $\frac{\pi}{2}$ kadar tezyîd edecek surette intihâb edildiği takdirde yukarıdaki iki düstûrda ceybler tamâm-ı ceybe, ve tamâm-ı ceybler ceybe tebeddül eder.

Sayfa 39

Bundan anlaşılır ki biri müteharrikin muvâzenet vaziyetine olan miktar-ı tebâüdünü, diğeri

süratini ifade eden iki şu düstur esâsen yekdiğerinin müşâbihidir. Ancak mu‘tâd olduğu üzere mikdar-ı tebâüd tamâm-ı ceyb ile ve sürat de ceyb ile gösterilegelmiştir.

18) Hareket-i İhtizâziyenin Şiddeti: Hareket-i ihtizâziyede bir devir zarfında müteharrikin sürati her an tahavvül ettiğinden hareket-i mezkûrenin eser-i mihânikîsi, tâbir-i âherle şiddeti, bu müddet zarfındaki kuvve-i zinde-i vâsatiyye ile takdir edilir.

Binâenaleyh hareket-i ihtizâziyenin şiddetini istihsâl için “n” devri zarfında müteharrikin hâiz olduğu kuvve-i zindeler mecmuunu bu “n” zamanına taksîm etmek icâb eder: İmdi bu şiddet “ş” ile gösterilir ve müteharrikin kütlesi vâhid itibar olunur ise:

$$ş = \frac{bmă\,bhb\ \text{لهما}}{2n}$$

veya

$$ş = \frac{1}{2\pi}\,bmă\,k\,h\,b^2\,2\pi\left(\frac{\text{لهما}}{n} - c\right) = \text{لهما}$$

velhâsıl

$$ş = \frac{k^2}{2n}\,bmă\frac{1-bhb\,4-\left(\frac{\text{لهما}}{n}-c\right)}{2}$$

$$ş = \frac{k^2}{4} \qquad (13)$$

bulunur.

Bundan istidlâl edilir ki bir hareket-i ihtizâziyenin şiddeti, $\frac{1}{4}$ mazrûb-ı sâbitinden sarf-ı nazar olunduğu halde, vüsat-i ihtizâzın murabba‘ıyla takdîr olunabilir.

19) Hareket-i İhtizâziyenin İntişârı : İhtizâzat-ı Tûlaniye ve Arzaniye: Bir vâsıta-i elâstikiyyenin bir cihetinde, her ne sûretle olur ise olsun, bir ihtizâz husûle getirildiği halde bu ihtizâz-ı vâsıta-i mezkûrenin en baîd bulunan nikatına kadar intikâl eder. Fakat bu hususta ihtizâzat-ı tûlaniye ile ihtizâzat-ı arzâniyeyi yekdiğerinden tefrîk etmek lazımdır.

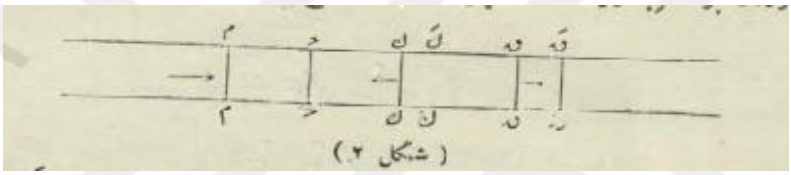
İhtizâzat-ı tûlaniye, hareket-i ihtizâziyenin cihet-i intişârına mütevâziyen vuku‘a gelen

Sayfa 40

ihtizâzat-ı arzâniye ise hareket-i ihtizâziyenin cihet-i intişârına amûden husûle getirebilen ihtizâzatdan ibarettir. Gerilmiş bir keman kirişi ortasından çekilerek bırakılacak olur ise

bu kirişin ihtizâzatı, ihtizâzat-ı arzâniyeye ve bilakis şâkulen bir ucundan asılmış bir kauçuk borunun diğer ucundan çekilerek bırakıldığı haldeki ihtizâzatı da ihtizâzat-ı tûlaniyeye misâl olabilir. Mamafih ecsâm-ı sulbe derûnunda intişâr eden bazı ihtizâzat-savtiye ile alelumûm mâyi‘ ve gazlardaki ihtizâzat-ı savtiye ihtizâzat-ı tûlaniyeden başka bir şey değildir. Burada evvel emirde ihtizâzat-ı tûlaniyenin sûret-i intişârı tedkîk edilecek muahharan ihtizâzat-ı arzâniyenin intişârı nazar-ı tedkîkten geçirilecektir.

20) İhtizâzat-ı Tûlâniyenin Bir Üstüvâne-i Gayr-ı Mahdûde Derûnunda İntişârı: Sulb, mâyi‘ veya gazdan ibâret, fakat mütecânis, elâstikî ve gayr-ı mahdûd bir sütun-ı üstüvâni tasavvur edelim; ve bu sütunun bir kıt‘asında bir ihtizâz-ı basit hâsıl edilmiş, tabir-i âherle kıt‘a-i mezkûrenin bir darba veya sadme tesiriyle tebdîl-i mevzi‘ ettirilmiş olduğunu tahayyül edelim.



(Şekil 2)

Bir sûretdeki bu kıt‘anın her bir makta‘-ı kaiminde bulunan eczâ-yı ferdiye mütesâviyen ve üstüvanenin mihverine mütevâziyen ileriye doğru bir miktar sevk edilmiş bulunsun. Vâkıâ şu ihtizâz sebebiyle (şekil 2) doğrudan doğruya müteessir olan “m” “ḥ” ve kıta‘-i mahdûdesi dâhilinde her bir makta‘ın kesb edecek sürat ve miktar-ı hareket yekdiğerine müsâvi olmaz ise de herhalde bunların bir kanûna tâbi bulunduklarına şüphe edilemez. İşte bu sûretle doğrudan doğruya tahrîk edilen eczâ-yı ferdiyenin tebdîl-i mevzi‘ etmelerinden dolayı zuhur eden kuva-yı elâstikiyye, ön taraflarında bulunan diğer eczâ-yı ferdiyeyi tahrîk ve bunlardan husûle gelen kuvâ-yı elâstikıyye de daha uzaktakilerini tehzîz eyler; binâenaleyh şu ihtizâz, aynı makta‘da eczâ-yı ferdiyeyi mütesâviyen ve mihver-i üstüvâneye mütevâziyen hareket ettirmek üzere üstüvâne dâhilinde intişâr eder. Adeta üstüvâne-i mütecânisenin dâhilinde vuku‘a getirilen böyle bir darbenin üstüvâne derûnunda intişârı Maryot (Mariotte) un yedi aded fil dişi yuvarlak ile icrâ eylediği tecrübe-i meşhûrede sadmenin yuvarlaklar meyânındaki intişârına müşâbihtir.

Sayfa 41

21) Muadele-i Tefâzuliye: Şimdi üstüvâne dahilinde "m" mebde'inden "s" bu'dunda ve "φ s" sihanında mütevâziyyü'l-vecheyn bir k k′ k′ k tabakası tasavvur ve bu tabakanın $\odot$ zamanı nihâyetinde k $\dot{k}'$ $\dot{k}'$ k vaziyyetini kesb eylemiş olduğunu tasavvur edelim. k k makta'nın bu esnada kat' eylediği $\dot{k}'$ bu'du ṣ ile gösterilir ise bu ṣ miktarına $\odot$ zamanıyla "s" bu'dunun

$$\dot{s} = ba(s, \odot)$$

gibi bir tâbii nazarıyla bakılabilir. Şu kadar ki üstüvâne derûnunda darbenin intikâli esnâsında aynı makta'a ait " k k, $\dot{k}'$ $\dot{k}'$ " gibi vaz'iyyât- ı muhtelife nazar-ı itibâra alındığına göre "s" mesâfesini sabit ve $\odot$ zamânını mütehavvil farzetmek ve " k k, k′ k′ " gibi muhtelif makta'ların bir anda bulundukları vaz'iyât nazar-ı tetkîke alındığına göre de $\odot$ zamanını sabit ve "s" mesâfesini mütehavvil addeylemek icâb eder.

İşte mebde'den "s" bu'dunda kâin" k k "makta'ı $\odot$ zamanı nihâyetinde mebde'den s+ṣ bu'dunda bulunan $\dot{k}$ $\dot{k}$ vaziyetini ahz ettiği halde yine mebde'den s+ φs bu'dunda kâin makta'nın aynı zaman zarfında kesbeyleceği $\dot{k}'$ $\dot{k}'$ mevki'ni tayin için yukarıdaki tâbi'de "s" yerine s+φs vaz' ederek tâbi-ı mezkûru tevsi' eylemek kifâyet eder. Bu halde ikinci mertebeden olan asgâr-ı nâmütenâhiler terk edilmek şartıyla:

$$k' \dot{k}' = ba'(s + \varphi s, \odot) = ba'(s, \odot) + ba'_s(s, \odot)\, \varphi s$$

veyâhud:

$$k'\dot{k}' = \dot{s} + \frac{\varphi \dot{s}}{\varphi s}\, \varphi s$$

bulunur.

Binaenaleyh bu tebdîl-i mevzi'den dolayı "k $\dot{k}'$ k′ k" kıt'asının sihanı k $\dot{k}'$ = φs iken şimdi:

$$\dot{k}\,\dot{k}' = k\,k! + k'\dot{k}' - k\,\dot{k}$$

$$= \text{لهـ} + \text{ṣ} + \frac{\text{لهـ ṣ}}{\text{لهـ s}} \text{لهـ s} - \text{ṣ}$$

$$= \left(1 + \frac{\text{لهـ ṣ}}{\text{لهـ s}}\right) \text{لهـ s} = \text{f̃ s}$$

olur.

Sayfa 42

Bundan anlaşılacağı üzere $\frac{\text{لهـ}_{\text{ṣ}}}{\text{لهـ}_{s}}$ miktarı üstüvânenin mihverine muvâzi olarak vâhid-i tûlunun mikdâr-ı tevsiinden ibâret olduğu gibi zaten üstüvânenin makta‘-ı vâhid itibar edildiğinden, vâhid-i hacminin miktâr-ı takabbuzu veya daha umûmi olmak üzere <miktâr-ı tekâsüfü > de $\frac{\text{لهـ}_{s}}{\text{لهـ}_{\text{ṣ}}}$ miktarına müsâvi olmak lâzım gelir.

İşte k k̇′ k′ l kıt‘asının k , k′ makta‘larının yekdiğerinden tebâüdü hasebiyle kıt ‘ı-ı mezkûrede hâsıl olan şu tebeddül-i şekl ile mütenâsib bir kuvve-i elâstikiyye zuhûr eder ki bunun da vâhid-i satha âit olan kısmı _ <mebhâs-ı elâstikiyyet> de görüldüğü üzere _

$$\text{f}' = \text{h} \frac{\text{لهـ ṣ}}{\text{لهـ ṣ}}$$

ile ifâde olunur. Halbuki bu kuvve-i elâstikiyye asıl tebeddül-i şekli mûcib olan kuvve-i muharrikeye müsâvi ve maâkîs olacağı cihetle kuvve-i mezkûrenin k̇ k̇ makta‘ının vâhid-i sathına isâbet eden kısmı

$$\text{f}' = \text{h} \frac{\text{لهـ}_{\text{ṣ}}}{\text{لهـ}_{s}} \qquad (1)$$

olur; ve hâiz olduğu _ işaretine nazaran cihet-i menfiyede (şekilde sola müteveccih) bulunur. Diğer taraftan k̇′ k̇′ makta‘ının vâhid-i sathı üzerine tesir eden kuvve-i elâstikiyye de:

$$\text{f}'' = \text{h} \left(\frac{\text{لهـ ṣ}}{\text{لهـ s}} + \frac{\text{لهـ}^{2} \text{ṣ}}{\text{لهـ s}^{2}} \text{f̃ s}\right)$$

olacağından aynı zamanda makta‘-ı mezkûrun vâhid-i sathı üzerine cihet-i müsbete de (şekilde sağa müteveccih) olarak:

$$f'' = h\left(\frac{\partial \dot{s}}{\partial s} + \frac{\partial^2 \dot{s}}{\partial s^2}\bar{f}s\right) \qquad (2)$$

gibi bir kuvve-i hârice de tesir eder. Bundan istidlâl olunur ki $\dot{k}$ $\dot{k}'$ $\dot{k}'$ $\dot{k}$ kıt‘asının beher vâhid-i makta‘ı :

$$f = f' + f'' = h\left(\frac{\partial \dot{s}}{\partial s} + \frac{\partial^2 \dot{s}}{\partial s^2}\bar{f}s\right) - h\frac{\partial \dot{s}}{\partial s} = h\frac{\partial^2 \dot{s}}{\partial s^2}\bar{f}s \qquad (3)$$

ile ifâde olunan bir kuvve-i müessire-i hâriciyyenin taht-ı tesirindedir.

Fakat bir cismin hareketini mûcib olan kuvvet, cism-i mezkûr kütlesiyle miktar-ı ta‘cîli

Sayfa 43

hâsıl darbına müsâvi olacağından üstüvâneyi teşkil eden maddenin kesâfeti “g” olduğuna göre bu kuvve-i müessire:

$$f = g\left(\frac{\partial^2 \dot{s}}{\partial \omega^2}\bar{f}s \qquad (4)$$

olmak lâzım gelir; ve binâenberîn (3) ve (4) ifâdelerinden:

$$h\left(\frac{\partial^2 s}{\partial \dot{s}^2}\bar{f}s = g\frac{\partial^2 \dot{s}}{\partial \omega^2}\bar{f}s\right.$$

veyâhud $$\frac{h}{g} = b^2 \qquad (5)$$

vaz‘ıyla $$\left(\frac{\partial^2 \dot{s}}{\partial \omega^2} = b^2\frac{\partial^2 s}{\partial \dot{s}^2}\right. \qquad (6)$$

muâdele-i tefâzuliyesi istihsâl edilir.

22) Muadele-i Tefâzulîye’nin İtmâmı: Bu muâdele-i tefâzulîyenin tamâmi-i umûmîsi ilk defa olarak Dalamber (D’Alambert) tarafından bulunmuş ve ba, a tâbi‘leri keyfi olmak üzere,

$$\dot{s} = ba\left(s + b\omega\right) + la\left(s - b\omega\right) \qquad (7)$$

sûretinde ifâde olunmuştur[45] . Bu halde üstüvâne derûnunda ve mebde'den "s" bu'dunda kâin

[45] Fi'l-hakîka müştakât-ı kısmiyyeyi hâvi

$$\frac{\partial^2 ş}{\partial \odot^2} = b^2 \frac{\partial^2 ş}{\partial s^2}$$

muâdelesini itmâm için yekdiğerine

$$s + b\odot = f$$

$$s - b\odot = ķ$$

Münasebetleriyle merbut f , ķ gibi iki mütehavvil-i mutavassıtt kabul edelim.Eğer s , $\odot$ mütehavvillerinin bu muadelelerden f, ķ mütehavvillerine tâbi' olarak istihraç olunacak kıymetleri ş tâbiinde mahallerine konulacak olur ise tabiidir ki f , ķ mütehavvillerine nazaran bir tâbi-i sarîhi istihsâl olunur. Bundan istintâc olur ki " ş " miktârı f , ķ mütehavvil-i mutavassıtalarının ş = ba (f , ķ) gibi bir tâbiidir. Bu halde:

$$\frac{\partial ş}{\partial s} = \frac{\partial ş}{\partial f} + \frac{\partial ş}{\partial ķ}$$

olacağı gibi:

$$\frac{\partial^2 ş}{\partial s^2} = \frac{\partial^2 ş}{\partial f^2} + 2\frac{\partial^2 ş}{\partial f \partial ķ} + \frac{\partial^2 ş}{\partial ķ^2}$$

bulunur; ve aynıyla:

$$\frac{\partial ş}{\partial \odot} = b\frac{\partial ş}{\partial f} - b\frac{\partial ş}{\partial ķ}$$

ve

$$\frac{\partial^2 ş}{\partial \odot^2} = b^2\left(\frac{\partial^2 ş}{\partial f^2} - 2\frac{\partial^2 ş}{\partial f \partial ķ} + \frac{\partial^2 ş}{\partial ķ^2}\right)$$

istihsâl olunur. İşte bu ifâdeler yukarıdaki muâdele-i tefâzuliyede mahallerine vaz' edilir ise:

$$\frac{\partial^2 ş}{\partial f \partial ķ} = 0$$

neticesine dest-res olunur. Bundan anlaşılır ki:

$$\frac{\partial ş}{\partial ķ}$$

müştâkk-ı evveli f mütehavvil-i mutavassıtına tâbi' değildir. Tâbir-i âherle müştâkk-ı mezkûr:

Sayfa 44

K k′ kıt‘asının ⍥ zamanındaki p sür‘ati ile “ne” mikdâr-ı takabbuzu veya mikdâr-ı tekâsüfü bervech-i âti olmak lâzım gelir:

$$B = -\frac{\partial s}{\partial \theta} = b\ ba'(s + b\theta) - b\ a'(s - b\theta) \qquad (8)$$

$$ne = -\frac{\partial s}{\partial z} = -ba'(s + b\theta) - a'(s - b\theta) \qquad (9)$$

Bu muadelelere dâhil olan ba , a tâbi‘leri hâlât-i ibtidâiye (⍥= 0 zamânında p , be

Sayfa 45

mikdarlarının kıymetleri) vasıtasıyla tayin olunur. Şöyle ki: İlk darbenin hissolunduğu kıt‘a dâhilinde ve ⍥ = 0 zamânında $\bar{B}$ sür‘ati ile be mikdâr-ı tekâsüfü malum olacağı cihetle bunlar nazîr-i nazîreyi by (s), bv (ṣ) ile gösterilecek olur ise:

$$\bar{B} = b\,ba'(s) - b\,na'(s) = by(s) \qquad (m)$$

$$be = -ba'(s) - la'(s) = -bv(s) \qquad (\theta)$$

mikarları ‘s’ bu‘dunun tevâbi‘-i muayyenesinden ibâret demek olur. Bu hâlde muâdelât-ı ahîreyi bir kere cem‘ ve bir kere tarh ederek:

$$\frac{\partial s}{\partial k} = la(k)$$

gibi k mütehavvilinin bir tâbi‘inden ibârettir. İfâde-i ahîreden ise:

$$\partial s = la(k)\,\partial k$$

bulunacağından bu da itmâm edilecek olur ise:

$$s = bma\ la(k)\,\partial k + sabit$$

veyâ miktâr-ı sâbit yerine b (f) vaz‘ olunur ise:

$$s = a(k) + ba(f)$$

olur.

Burada da f ile k mütehavvillerinin kıymetleri mahallerine konulur ise:

$$s = ba\left(s + b\theta\right) + la(s - b\theta)$$

istihsâl olunur.

$$ba'(s) = \frac{by(s) + b\,bv(s)}{2b}$$

$$la'(s) = \frac{by(s) + b\,bv(s)}{2b}$$

tâbi‘lerine dest-res olunur. İşte bunlar yukarıda (8) , (9) düsturlarında mahallerine vaz‘ olunur ise:

$$\bar{B} = \frac{1}{2}\{[by(s + b\,\omega) + b\,bv(s + b\,\omega] + [by(s - b\,\omega) - b\,bv(s - b\,\omega)]\} \qquad (10)$$

$$ne = \frac{1}{2b}\{[by(s + b\,\omega) + b\,bv(s + b\,\omega] - [by(s - b\,\omega) - b\,bv(s - b\,\omega)]\} \qquad (11)$$

düstûrları istihsâl edilir ki bunlar da < mes’ele-i intişâr> ı tamâmıyle hâlle kâfidirler.

Şimdi ihtizâz-ı basîtin mıntıkasını (şekil 3) s = 0 , s = L bu‘dlarında kâin m m , ḥ ḥ arasında mahsûr farz edelim. Bu halde by , bv tâbi‘leri s mütehavvilinin sıfırdan asgar ve L = $\overline{mḥ}$ ’den a‘zam herbir kıymeti için sıfıra müsâvi bulunurlar. Üstüvâneyi üç mıntıkaya taksim ile evvela cihet-i müsbetede s = L = $\overline{mḥ}$ ile s = + ∞ arasında bir k k makta‘nı nazar-ı itibâra alalım. Böyle bir makta‘ için şüphesiz by $(s + b\,\omega)$, bv $(s + b\,\omega)$ tâbi‘leri sıfır olur ise de diğeri by $(s - b\,\omega)$, bv $(s - b\,\omega)$ tâbi‘leri :

$$s - b\,\omega > 0 \qquad s - b\,\omega < L$$

olmak şartıyla bir kıymet-i mahdûdeyi hâiz olabilirler.Bu takdirce yukarıki sürat ve tekâsüf düsturları:

$$B_1 = \frac{1}{2}[by(s - b\,\omega) - b\,bv(s - b\,\omega)]$$

$$ne_1 = \frac{1}{2b}[by(s - b\,\omega) - b\,bv(s - b\,\omega)]$$

Sayfa 46

şekillerine müncer olacağından bunlardan

$$B = b\,ne$$

münâsebeti istihrâc olunur. Ancak bu münâsebetin vücudu, evvelce de söylendiği vecih üzere,

$$s - b\,\textcircled{\scriptsize t} < L$$

ve $$s - b\,\textcircled{\scriptsize t} > 0$$

veyâhud $$\frac{s-L}{b} < \textcircled{\scriptsize t}$$

ve $$\frac{s}{b} > \textcircled{\scriptsize t}$$

olmasına mütevakkıftır.

Bundan istidlâl edilir ki makta‘-ı mefrûz $\textcircled{\scriptsize t} = \frac{s-L}{b}$ zamanına kadar sükûn üzere bulunarak bu zamandan itibâren ihitizâza dâhil ve $\textcircled{\scriptsize t} = \frac{s}{b}$ anında ihtizâzdan fârig olur. Mamâfih ihtizâz-ı basît aynı minval üzere üstüvâne derununda ileriye doğru intişâra devam eyler; çünkü s – b $\textcircled{\scriptsize t}$ mikdâr-ı mütehavvili her makta‘da L ile sıfır meyanında vâki‘ aynı silsile-i kıymetten mürûr eder. Hülâsa lâ-aletta‘yîn bir $\textcircled{\scriptsize t}$ zamânında üstüvâne dahilinde hareket üzere bulunan (yani ilk ihtizâz-ı basitin tesiriyle müteessir olan) noktalar

$$s - b\,\textcircled{\scriptsize t} = L \quad \text{ile} \quad s - b\,\textcircled{\scriptsize t} = 0$$

bu‘dlarına tevâfuk eden makta‘lar arasında mahsur olan noktalardır.

Bundan anlaşılacağı üzere ihtizâz-ı basît, üstüvâne derûnunda ve cihet-i müsbetede L tûlundan yegâne bir <mevc> şeklinde olarak hareket-i mütesâvile ile intikal eder ki bu hareket-i intikaliyenin sürati de şüphesiz b’dir [46]. Binaenaleyh üstüvâne dâhilinde hareket-i ihtizâziyenin sürat-i intişârı (5) düstûruna tevfîkân

$$b = \sqrt{\frac{h}{g}}$$

[46] $\textcircled{\scriptsize t}$ zamânını itâ eden $\frac{s}{b}$ ifâdesinde s mesâfeden ibâret bulunduğuna ve harekette bir hareket-i mütesâviye olduğuna göre behemehâl b mikdârı sürate müsâvi olur.

ile ifâde olunur. Fakat bu hareket-i intikaliye bir hareket-i zâhiriyeden ibârettir. Mevci teşkîl eden eczâ-yı ferdiye her an makta'dan makta'a tebeddül eder. Binâenaleyh b sürat-i sâbitesiyle intikâl eden şey mevci teşkîl eden eczâ-yı ferdiye değil, bilakis bu eczâ-yı ferdiyenin işgal eylediği kıt'anın şekl-i hendesîsîdir. Şurası da şayân-ı dikkattir ki hareket-i ihtizâziyenin bu sürat-i intişârı ne mevcin şekline, ne de darbenin kanun-ı tesirine tâbi' değildir.

Sayfa 47

Sâniyen s tûlunun cihet-i menfiyesinde s = 0 ile s = - ∞ arasında kâin bir k k makta'nı nazar-ı itibâre alalım. Bu makta' için by (- s – b ω), bv (- s - b ω) tâbi'leri sıfır olur ise de by (- s + b ω), bv (- s + b ω) tâbi 'leri

$$-s + b\,\omega > 0 \qquad\qquad -s + b\,\omega < L$$

olmak şartıyla bir kıymet-i mahdûdeyi hâiz olabilirler.Bu halde sürat ve tekâsüf düstûrları

$$B_2 = \frac{1}{2}\left[by\left(-s + b\,\omega\right) + b\,bv\left(-s + b\,\omega\right)\right)$$

$$ne_2 = \frac{1}{2b}\left[by\left(-s + b\,\omega\right) + b\,bv\left(-s + b\,\omega\right)\right)$$

şekillerini kesb edeceğinden bunlardan da:

$$B = b\,ne$$

münâsebeti istihrâc olunur. Bundan anlaşılır ki her iki halde üstüvâne-i gayr-ı mahdûde dâhilinde bir makta' üzerinde p sür'ati ve ne mikdâr-ı tekâsüfü, işaretten sarf-ı nazarla, yekdiğerine aynı münâsebetle merbûtdur. Fakat bu münâsebetin vücûdu mutlaka

$$-s + b\,\omega > 0 \qquad \text{ve} \qquad -s + b\,\omega < L$$

veyâhud

$$\omega > \frac{s}{b},\ \omega < \frac{s+L}{b}$$

olmasına mütevakkıftır. Binâenaleyh makta'-ı mefrûz $\frac{S}{l}$ zamânında ihtizâza dâhil ve $\frac{s+L}{b}$ zamanında ise ihtizazdan fârig olacağından $\frac{l}{b}$ müddetince ihtizâz eder.

Hülâsa ihtizâz-ı basît cihet-i menfiyede dahi b sür‘at-i sabitesiyle L tûlunda bir mevc sûretinde intişâr eyler. Buraya kadar görülen mevâddan anlaşılacağına göre böyle bir üstüvâne-i gayr-ı mahdûde dâhilinde cihet-i müsbetede bir tûl-u muayyende vuku‘a getirilen bir ihtizâz-ı basît iki mevcin zuhûruna sebep olur ki bu mevcler b sür’at-i sabitesiyle biri bir tarafa diğeri diğer tarafa doğru intişâr eder. Ancak cihet-i müsbetede bulunan mevc, takabbuzât ile diğeri tevsîât ile intişâr eylediğinden birincisi <mevc-i munkabız> ikincisi < mevc-i münbasit > nâmıyla yâd edilir.

Sâlisen s = 0 ile s = L = $\overline{mt}$ arasında ve ihtizâz-ı basîtin mıntıkası dâhilinde bulunan t t makta‘ını nazar-ı itibâra alalım:

Sayfa 48

Böyle bir makta‘ için $s - b\odot > 0$, $s + b\odot < L$

olamaz ise de $s - b\odot < 0$, $s + b\odot > l$

olmak şartıyla da by $(s - b\odot)$, by $(s + b\odot)$, bv$(s - b\odot)$, bv $(s + b\odot)$

tâbileri de birer kıymet-i mahdûde kesb edebilirler.

İşte bu şartlar mevcut olduğu, tâbir-i âharl

$$s - b\odot > 0 > s - b\odot \qquad s - b\odot > l > s + b\odot$$

veyâhud $s - b\odot = 0$ $s + b\odot = L$

Bulunduğu surette (10) , (11) düstûrlarını teşkil eden b_1, b_2 kısımlarından her ikisi birer kıymet-i mahdûdeyi hâiz bulunur. Binenaleyh makta‘-ı mefrûzda her an b sürati o anda mevc-i munkabız da:

$$s = b\odot = \overline{mt}$$

bu‘dunda bulunan bir makta ‘ın b_1 süratiyle, mevc-i münbasitde de :

$$L - s = b\odot = \overline{ht}$$

bu‘dunda bulunan makta‘ın b_2 sürati , mecmu‘na müsâvi olacağı gibi her an ‘ne’ miktâr-ı tekâsüfü de mevc-i munkabız ve mevc-i münbasit de nazîri olan noktaların ne_1 ne_2 tekâsüfleri mecmu‘na müsâvi bulunur.

Eğer üstüvâne derûnunda ‘L’ tûlundaki kıt‘a-i mahdûde, bir ihtizâz-ı basît yerine bir ihtizâz-ı tâma yani birbirine mukâbil iki ihtizâz-ı basîte tâbi bulunsa, herbir ihtizâz-ı basît üstüvâne derûnunda müteveccih bulunduğu cihetde bir mevc-i munkabız ile mukâbil cihetde, aynı tûlda bir mevc-i münbasit tevlîd edeceğinden üstüvânenin her iki cihetinde b sür’at-i sabitesiyle intikal eden bir mevc-i munkabız ile bir mevc-i münbasitden mürekkeb birer mevc-i tâm hâsıl olur.

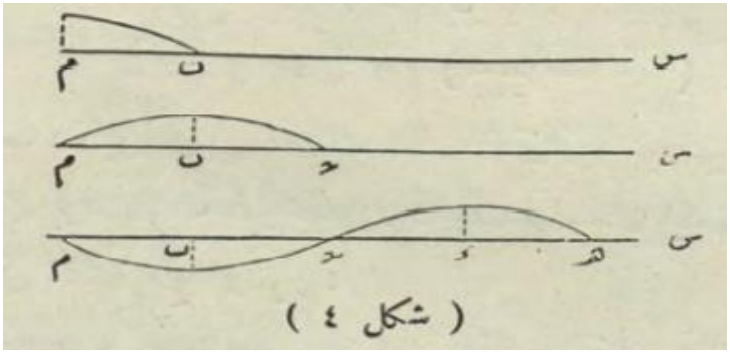
İşte her ne sûretle olur ise olsun, bu ihtizâz-ı tâm idâme edilecek olur ise üstüvânenin her iki cihetine doğru b sür’at-i sâbitesiyle intikâl eden birer hareket-i temevvüciyye-i mütemâdiye istihsâl olunur. Bir sûretde ki : Üstüvâne dâhilinde bir makta‘ veya bir noktanın zamânen yekdiğerinden müsâvi fâsılalar ile tefrîk kılınmış olan hâlat-ı ihtizâziyesi aynı zamanda üstüvâne derûnunda yekdiğerinden mesâfeten müsâvi fâsılalar ile ayrılmış bulunur.

24) Münhanî-i Musavver : Her makta‘ın hâlet-i ihtizâziyesini tasavvur için bu

Sayfa 49

makta‘ın mebde’ noktasına olan bu’dunu s mihveri intihâb ve her an bu makta‘da sür’at-i ihtizâziyeyi hareket-i temevvüciyenin cihet-i intişârına müteveccih olduğuna göre müsbet ve aksi takdirde menfi itibâr ile, a mihveri üzerinde ahz ve kat‘ eyleyelim.

Bu halde n ile gösterilen bir ihtizâz-ı tâm müddetinin rub‘una , nısfına, tâmına müsâvi bir zamanda (şekil 4) bervech-i âti münhanîyata dest-res olunur.



Şekil 4

Bunların birincisi bir rub‘-ı mevci , ikincisi bir nısf-ı mevci, üçüncüsü de bir mevc-i tâmı müş‘irdir.

Bu münhanîler süratler ile beraber miktar-ı tekâsüfü yani takabbuzât ve tevessü‘âtı da irâe ederler. Fi’l-hakîka bir mevc-i tâmı irâe eden münhanî nazar-ı itibâra alınacak olur ise miktar-ı tekâsüf sürat-i ihtizâz gibi m noktasından rub‘ tûl-ı mevce müsâvi bir m b bu‘duna kadar tezâyüd ve bu‘da tenâkus ederek, nısf-ı tûl-ı mevc de sıfıra müncer olur; müteâkıben süratler bu nısf-ı devr-i ihtizâzdaki süratlerin nazîrleri, fakat işâretçe muhâlifleri olan kıymetlerden mürûr ederek evvelce vukua gelen takabbuzâta bedel bir silsile-i tevessüât hâsıl olur.

Fakat mebde’den hareket-i ihtizâziyeye devâm edildiği cihetle bu birinci mevc, üstüvânenin her iki tarafına doğru b sürat-i sâbitesiyle intişâr ettiği esnada yeniden birtakım mevcler hâsıl olarak mevc-i evveli takip ederler. Ber-vech ile ki bir zaman-ı muayyende üstüvânenin hâlet-i ihtizâziyesi, mütesâvi ve fakat mütenâviben müsbet ve menfî kavislerden mürekkeb bir münhanî ile irâe olunabilir. Bu münhanînin mebde’deki tertîbi doğrudan doğruya tehzîz edilen kıt‘anın makta‘-ı ibtidâîsinin o andaki hâl-i ihtizâzını tasvîr eder.

Bu münhanîlerin mâhiyetini tayîn için hareket-i ihtizâziye muadele-i umûmiyesini üstüvâne-i gayr-ı mahdûdeye tatbik edelim; ve bunun için de üstüvanenin doğrudan doğruya tehzîz edilen ‘m’ mebde’ndeki kıt’asının sür‘atini:

$$B = ḳ\,hb'2\,\pi\,\frac{\circlearrowright}{n}$$

düstûruyla ifâde eyleyelim. Hareket-i ihtizâziyenin üstüvâne derûnundaki sür‘at-i

intikâli b olduğuna

Sayfa 50

göre bu kıt‘a-ı ibtidâiyenin bir andaki sürati mebde’den s bu‘dunda kâin diğer bir kıt‘aya ancak $\frac{s}{b}$ zamânında intikal eder. Binâberin bu ikinci kıt‘anın hâlet-i ihtizâziyesini tedkik için yukarıdaki düstûrda $\circlearrowright$ yerine $(\circlearrowright - \frac{s}{b})$ koymak icâb eyler. İşte bu suretle istihsâl olunan

$$B = ḳ\,hb\,2\pi\left(\frac{\circlearrowright}{n} - \frac{s}{bn}\right)$$

veyâhud $$b\,n = L$$

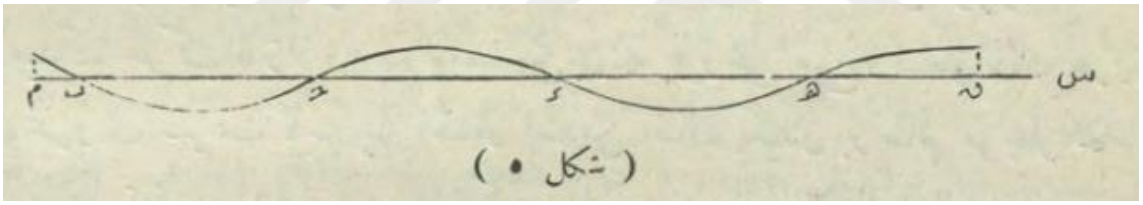
vaz‘iyle $$B = ḳ\,h\,b\,2\pi\left(\frac{\text{ز}}{n} - \frac{s}{L}\right)$$

düsturu mebde’den s bu‘dunda bulunan bir makta‘ın hâlet-i ihtizâziyesini tayine kâfidir. Fi’l-hakîka düstur-u âhirin münâkaşasıyla bir üstüvâne-i gayr-ı mahdûde dâhilinde intikal eden hareket-i ihtizâziyenin kâffe-i şerâiti bervech-i âti istihrâc olunur:

Evvela ز zamânı sabit ve s mesâfesi suret-i mütemâdiye mütezâyid farz olunur ise b sürati bir münhanî-i ceybinin tertîbleriyle irâe olunabilir. Bu halde yekdiğerinden

$$b\,n = L$$

kadar baîd olan makta‘ların kâffesinde b sür‘ati aynı kıymeti hâizdir. İşte yukarıdaki düstura dâhil olan L mikdarı _ ki hareket-i ihtizâziyenin , n devrine müsâvi bir zaman zarfında üstüvâne derûnunda kat‘ eylediği mesafeden ibârettir_ <tûl- ı mevc> nâmıyla ma‘rûftur. (şekil 5) de bir mevc-i munkabız ile müteâkıb gelen mevc-i münbasitin imtidâdını irâe eden



(شكل ٥)

Şekil 5

b e, e ḳ , ḥ e bu‘dları tûl-ı mevcden ibârettir. Kıt‘a-i mühtezzenin saniye-i vahidede icrâ eylediği ihtizâzât-ı tâmmenin ‘adı m ile gösterilecek olur ise:

$$m = \frac{L}{n}$$

olacağından

$$L = \frac{b}{m}$$

ifâdesi istihsâl olunur.[47]

Sayfa 51

İşte bir savtın ‘n’ devr-i ihtizâzı ile sâniye-i vâhidedeki aded-i ihtizâzi o savt için birer rükn-i aslî hükmündedir. Çünkü savtın ‘b’ sür‘at-i intişârı, bu intişâra vâsıta olan cismin cinse tâbi olduğu gibi ‘L’ tûl-ı mevci de savtın perdesine ve sür‘at-i intişârına göre tahavvül eder.

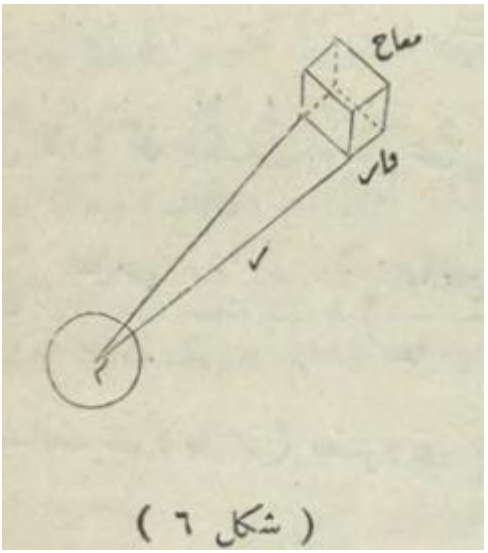
Sâniyen ⊙ zamânını mütehavvil ve ‘s’ mesâfesini sâbit farz edelim: Bu halde ⊙ zamânı ‘n’ kadar tezâyüd ettiği halde mebde’ noktasına mesâfesi ‘s’ olan makta‘ın sürati gûya bu mesâfe ‘L’ kadar tenâkus etmiş gibi tahavvül eder.

Binâberin münhanî-i ceybînin ‘b’ sürati sâbitesiyle ileriye doğru hareket ettiği ve makta ‘ların kâffesi de ‘n’ devri zarfında bir ihtizâz-ı tâm icrâ eylediği zâhir olur. Bundan istintâc olunur ki $\frac{s}{l}$ miktarı yukarıda ihtizâz-ı düstûr- umûmîsine dâhil olan ‘c’ safhasından başka bir şey değildir.

24) İhtizâzât-ı Tûlâniyenin Bir Vâsıta-i Gayr-ı Mahdûde Derûnunda İntişârı:

Mütâlaât-ı mesrûde, bir vâsıta-i gayr-ı mahdûdeye de tatbîk olunabilir.Şöyle ki: Bir vâsıta-i mütecânise gayr-ı mahdûde dâhilinde (şekil 6) müteâkıben takabbuz ve tevessü‘ ile ihtizâz eden, gayet asgar bir nısf-ı kutrda, bir ‘m’ küresi farz edelim ve vasıta dâhilinde merkez-i ihtizâzdan ‘r’ bu‘dunda ve ‘fa r’ sihanında bir de tabaka-i küreviye farz eyleyelim. Bu tabaka-i küreviyenin sathı üzerinde alınan asgâr-ı nâmütenâhi ما ḥ cüz’-i sathı ile ‘m’

[47] Bu hareket-i temevvüciyeye âid olan nazariye doğrudan doğruya ṣ tâbi‘inin tevâbi‘ devriye cinsinden olan tamamîî gayr-ı mahdûdu vasıtasıyla da istihrâc olunabilir.



Şekil 6

merkez-i ihtizâzından geçen sath-ı ehrâmiyenin tabaka-i mezkûreden ifrâz eylediği asgar-ı nâmütenâhi cüz'-i hacmi nazar-ı itibâra alalım: Bu cüz'-i hacmin $\text{معا}\ \text{ḥ}$, $\text{معا}\ \acute{\text{ḥ}}$ kâideleri üzerine tesir eden tazyîkler (madde: 3) de görüldüğü üzere nazîr-i nazîre :

$$f' = -h\,\frac{\text{معا}\ \text{ṣ}}{\text{معا}\ r}\ \text{معا}\ \text{ḥ} \qquad f'' = h\,(\frac{\text{معا}\ \text{ṣ}}{\text{معا}\ r} + \frac{\text{معا}^2\ \text{ṣ}}{\text{معا}^2\ r}\,\bar{f}\,r)\ \text{معا}\ \text{ḥ}'$$

olacağından cüz'-i mezkûre ait olan kuvve-i müessire:

Sayfa 52 :

$$f = f' + f'' = h\left(\frac{\text{معا}\ \text{ṣ}}{\text{معا}\ r} + \frac{\text{معا}^2\ \text{ṣ}}{\text{معا}\ r^2}\ \text{fa}\ r\right)\text{معا}\ \text{ḥ}' - h\left(\frac{\text{معا}\ \text{ṣ}}{\text{معا}\ r}\right)\text{معا}\ \text{ḥ}$$

den ibâret bulunur. Fakat ehrâmın hassa-i meşhûresine binâen:

$$\frac{\text{معا}\ \text{ḥ}'}{\text{معا}\ \text{ḥ}} = \frac{(r + \text{fa}\ r)^2}{r^2}$$

ve binâberin

$$\text{معا}\ \text{ḥ}' = \text{معا}\ \text{ḥ}\,(\frac{r + \text{fa}\ r}{r})^2 = \text{معا}\ \text{ḥ}\,(1 + \frac{\text{fa}\ r}{r})^2$$

veya ba'de't-tevsî'

$$\text{لم } \dot{h}' = \text{لم } \dot{h}\,(1 + \frac{2\,fa\,r}{r})$$

olacağı gibi diğer taraftan, vâsıtanın kesâfeti g olduğuna göre,

$$f = \text{لم } \dot{h}\,fa\,r \times\ g\,\frac{\text{لم}^2\,\dot{s}}{\text{لم}\,\odot^2}$$

olmak lâzım geleceğinden bunlar mahallerine bilvaz‘ :

$$\text{لم } \dot{h}\,far\,\frac{\text{لم}^2\,\dot{s}}{\text{لم}\,\odot^2}\ g = h\left(\frac{\text{لم } \dot{s}}{\text{لم } r} + \frac{\text{لم}^2\,\dot{s}}{\text{لم}^2\,r}\,fa\,r\right)\left(1 + 2\,\frac{fa\,r}{r}\right)\text{لم } \dot{h} - h\left(\frac{\text{لم } \dot{s}}{\text{لم } r}\right)\text{لم } \dot{h}$$

veya ba‘de-d-darb (fa r) mazrûbunu hâvi olan hadler terk edilecek olur ise:

$$\frac{\text{لم } \dot{s}}{\text{لم}\,\odot^2} = \frac{h}{g}\left[\frac{\text{لم}^2\,\dot{s}}{\text{لم}\,r^2} + \frac{2}{r}\,\frac{\text{لم } \dot{s}}{\text{لم } r}\right]$$

istihsâl olunur.

Yukarıdaki (5) muâdelesi mûcibince

$$b^2 = \frac{h}{g}$$

olmakla muâdele-i âhire

Sayfa 53

$$\frac{\text{لم } \dot{s}^2}{\text{لم}\,\odot^2} = \frac{b^2}{r}\left[2\,\frac{\text{لم } \dot{s}}{\text{لم } r} + r\,\frac{\text{لم } \dot{s}^2}{\text{لم}\,r^2}\right]$$

ve $\dot{s} = \frac{a}{r}$

vaz‘ ve kabul olunur ise:

$$\frac{\text{لم}^2\,a}{\text{لم}\,\odot^2} = b^2\,\frac{\text{لم}^2\,a}{\text{لم}\,r^2} \qquad (6')$$

şekline irca‘ edilir ki bu da evvelce Dalamber tarafından itmâm olunan (6) muâdelesinin aynıdır. Binâenaleyh (7) muâdelesine tevfîkan:

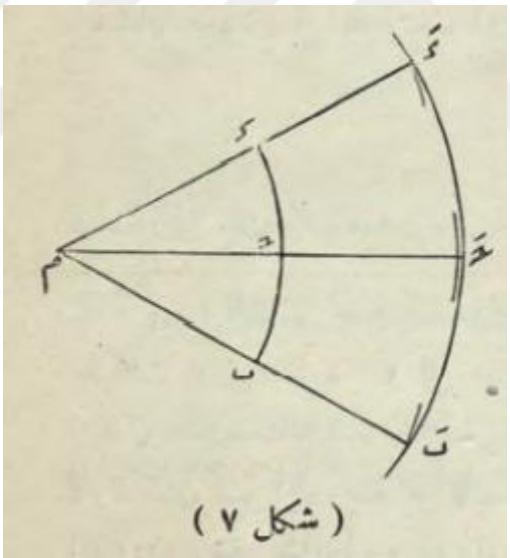
$$a = ba\left(s + b\,\text{ﷺ}\right) - la\left(s - b\,\text{ﷺ}\right) \qquad (7')$$

olacağı gibi

$$ṣ = \frac{1}{r}\left[ba\left(s + b\,\text{ﷺ}\right) + a\left(s - b\,\text{ﷺ}\right)\right] \qquad (7'')$$

bulunur.

İşte bu muâdelelerden evvel bir vâsıta-i gayr-ı mahdûde dâhilinde hareket-i ihtizâziyenin her cihete doğru, bir üstüvâne-i gayr-ı mahdûde derûnunda olduğu gibi,b sür‘at-i sâbitesiyle intişâr ettiği; sâniyen her bir cüz-i ferdin sürati merkez-i ihtizâza olan bu‘duyla ma‘kûsen tahavvül eylediği sâbit olur. Bu halde bir vâsıta-i mütecânise-i gayr-ı mahdûde dâhilinde bir noktada hareket-i ihtizâziyenin kudret-i harekiyesi (nısf-ı zinde kuvveti) bu noktanın merkez-i ihtizâza olan mesâfesi murabba‘ıyla ma‘kûsen mütenâsib olmak lâzım gelir. Halbuki bu kudret-i harekiye savtın o noktadaki şiddetini hâsıl ettiğinden bundan bir vâsıta-i gayr-ı mahdûde dâhilinde şiddet-i savtın<mesafenin murabba‘ıyla ma‘kûsen mütenâsibdir> kânunu istihrâc olunur.



Şekil 7

Hülâsa bir vâsıta-i gayr-ı mahdûde dâhilinde ihtizâzât, bir üstüvânede olduğu gibi sür‘at-i mütesâviye ile intişâr eder ise de artık mütevâzî ol vechin kıt‘adan kıt‘aya intikal etmez; belki müttehidel merkez tabaka-i küreviyyeden tabaka-i küreviyyeye intikal eyler ki bu da bir takım <emvâc-ı kürevî> tevlîd eyler. Bu emvâc-ı küreviyenin sûret-i intişârını îzah etmek ise pek kolaydır. Fi’l-hakîka m noktasından (şekil 7) sudûr eden savt b ḵ é mevc

Sayfa 54

küreviyesine vâsıl olmadan bir ‘b ḥ e’ mevc-i mutavassıtı üzerinde bulunur. Bu ‘b ḥ e’ mevc kürreviyyesinin her bir noktası âdeta bir merkez tasavvut veya ihtizâz gibi her cihete doğru neşr-i emvâc eder ki şu emvâc-ı tâliyenin bir zaman-ı muayyen sonraki tarafı ḃ ḥ́ é mevc-i küreviyyesinden ibârettir. Tâbir-i âharla ḃ ḥ́ é mevci b ḥ e mevc-i dâhiliyyesinin her noktasından sudûr eden emvâcın aynı zamânda vâsıl oldukları mahâl-i hendesîden başka bir şey değildir. Fakat b ḥ e mevcinin nikat-ı muhtelifesinden sudûr ve en evvel diğer bir noktaya, mesela ḥ́ noktasına, vürûd eden mevc nokta-i mezkûreyi en karîb bulunan ḥ noktasından sudûr eden mevcdir. İşte alelâde <savt her cihete doğru hatt-ı müstakîm üzere intişâr eder> denilmesi bundan kinâyedir.

25) İhtizâzât-ı Arzâniye : Buraya kadar ihtizâzât-ı tûlâniyye hakkından beyân olunan mevâd, ihtizâzât-ı arzâniyeye dahi tatbîk olunabilir. Fi’l-hakîka m kürre-i mutasavvıtası bir hareket-i ihtizâziyye-i mümâsiye ile müteharrik bulunsa, tâbir-i diğerle merkezi üzerinde ihtizâz edecek olsa yine birtakım müttehidel merkez emvâc-ı kürüye hâsıl olur ise de bu emvâcın sür‘at-i intişârı ḃ gibi diğer bir kıymeti hâiz bulunur. Mamâfih bu nev‘ hareket-i ihtizâziye mâyiât ile gazlar derûnunda intikal edemez. Çünkü emvâc-ı küreviyenin hareket-i raksiyye-i mümâsiyyesi, civarlarında bulunan mayi‘ ve gaz eczâ-yı ferdiyesine _seyyâliyetleri hasebiyle_ hiçbir hareket ‘ita edilemez. Fakat ecsâm-ı sulbede bir anda bu iki nevi ihtizâzın intikali bile mümkündür. Bazı tezelzülât-ı arziyede müşâhede olunan <halât-ı istisnâiye> ve <halâtı garbiye>[48] buna başlıca bir delîldir.

26) Savtın Sür‘at-i İntişârı : Yukarıda üstüvâne-i mahdûde dâhilinde sür‘at-i intişâr-ı savtı irâe etmek üzere istihsâl olunan

$$b = \sqrt{\frac{h}{g}}$$

[48] Bizzat mahaline giderek icrâ-yı tedkikât ettiğim 1320 sene-i hicriyyesi Aydın havâlisi harekâtı arziyyesinde bu gibi bazı garâibe tesâdüf olunmuştur. Ez Cümle Denizli’ de bir cami‘in yıkılmış olan minâresinin kısm-ı tahtânîsi kaidesinden ayrılmış ve otuz beş derece kadar şarkdan garba doğru döndükten sonra yine bu kaide üzerine oturmuştur. İşte bu keyfiyyet harekât-ı arzda tezelzülât-ı afakıyyeden başka şâkuli ve devrâni harekâtın da mevcûd ve belki müterâfik bulunduğunu îma etmektedir.

düsturu pek umûmîdir. Ancak düstûr-ı mezkûrede vaki‘ ‘h’ mikdârı _ harâret bahsinde

Sayfa 55

görüleceği üzere _ bir cismin harâreti tezâyüd ve tenakûs etmemek şartıyla tazyikinin $\frac{\partial p}{\partial \rho}$ ķ mikdâr-ı tezâyüdü ile ḥ hacminin vâhid-i tûlde, vâhid-i makta ‘da olan bir kısmı kendi veznine müsâvi bir kuvvetle cer veya tazyîk edildiği halde husûle gelen mikdâr itâle veya mikdâr-ı iktisârdan ibâret bulunan <emsâl-i elâstikiyyet> değildir.

27) Gazların Derûnunda Sür‘at-i Savt ; Newton Düstûru : El-emirde bu düstûru bir gaz kütlesine tatbîk edelim: Nokta-i temeyyü‘nden kâfi derecede baîd farz olunan bir gaz kütlesinde savtın intişârı esnasında vukûa gelen takabbuzât ve tevsîâtda gazın tazyikinin tahavvülâtı, Mariyot kânununa tâbi bulunduğu kabul edilir. Ve vâhid-i hacme âid tazyik ķ ve vâhid-i hacmin vezni ve vâhid-i vezne âit hacim de ḥ ile gösterilir ise:

$$ķ\ ḥ = \text{sabit}$$

olacağından

$$ḥ\frac{\partial ķ}{\partial ḥ} + ķ = 0$$

veyâ

$$\frac{\partial ķ}{\left(\frac{\partial ḥ}{ḥ}\right)} = ķ$$

bulunur.

İşte yukarıdaki h mikdârı, tazyikın $\frac{\partial p}{\partial \rho}$ ķ mikdâr-ı tezâyüdü ile, bundan dolayı hacme ârız olan $\left(\frac{\partial ḥ}{ḥ}\right)$ mikdâr-ı takabbuz izâfîsine nisbetine müsâvi olduğundan muâdele-i âhirenin tarf-ı evveline müsâvi demek olur.

Bu hâlde düstûr-u sâbıkada h yerine ķ vaz‘ edilecek olur ise:

$$b = \sqrt{\frac{ķ}{g}} \qquad (16)$$

düstûru istihsâl edilir ki gazlar derûnundaki sür‘at-i savt hakkında en evvel Newton’un bulmuş olduğu düstûr da bundan ibârettir.

Newton düsturunda vaki‘ ‘ḳ , g’ mikdarları gazın ahad-ı mihânikiyeye göre takdîr olunan tazyik ve kesâfetidir ki bervech-i âti ta‘yîn olunur :

Sayfa 56

Şiddet câzibe ḥ cantimetre hesâbiyle gaz dâhilinde barometre irtifa‘ı ‘a’ cıvanın vezn-i mahsusu ‘k’ , gazın 76,0 metre tazyik-i tahtında ve sıfır derece-i harâretteki kesâfeti de ‘ǵ’ ve emsâli inbisâtı da ‘lā’ velhâsıl derece-i sühûneti n olduğuna göre:

$$ḳ = ḥ\,k\,a$$

ve $$\frac{c}{0,79} = \frac{g}{g'}(1 + lā\,n$$

veyâhud $$g = g' \frac{a}{0,79}\left(\frac{1}{1+lā\,n}\right)$$

olacağından bunlar mahallerine konulur ise:

$$b = \sqrt{\frac{a\,k}{g'}(1 + lā\,n) \times 0,76}$$

metre bulunur.

İşte havâ-yı nesîmi için:

$$g' = 0,001292$$

olduğu gibi zaten $$ḥ = 9,808$$

$$k = 13,593$$

bulunmakla $$b = 280\sqrt{1 + lā\,n}$$

düstûru istihsâl olunur.

28) Laplas Düstûru; Tecârib-i İcrâsı : Fakat hava dâhilinde Borelli tarafından doğrudan doğruya icrâ edilen tecrübelerden istihsâl olunan sür‘at-i savtın, Newton’un salefüzzikr düstûrundan istihrâc olunan mikdâra tevâfuk etmediği[49] görülmüş

[49] Kudemâ-i yunâniye havâ derûnunda savtın batâetle intişâr ettiğine dikkat etmişler ise de sür‘at- i savtı adeden takdîr edememişlerdi. Hevâ derûnunda savtın kıymetini en evvel ta‘yin eden on yedinci asr-ı milâdi evâsıtına doğru ber-hayât bulunan rahip Mersen (P. Mersenne) dir. Mûmaileyh uzak bir mahalde atılan bir silahın ziyâsının rü’yeti ile sadâsının istimâı arasında geçen müddeti ta’yin ve bu mahal ile bulunduğu nokta arasındaki mesâfeyi bu müddete taksîm ederek sür‘at-i savtı 1380 kadim (yani 448 metre) bulunmuş

Sayfa 57

ve bunun üzerine hemân aynı zamanda birçok taraftan yeniden tecrübe icrâsına teşebbüs olunmuştur ki bunlardan en mühimleri bervech-i âti cetvele derc edilmiştir.

Tecrübekârın esâmi	Târihi tecrübe	Sür‘at-i savtın bulunan kıymeti	Kıymeti hâzırası
Boyle (Boyle)	1600 ?	1126 kadem	366 metre
Dominik Kasini (D. Cassini)			
Hugin (Huyghens)	1667	1098 kadem	356 metre
Pikar (Picard)			
Romer (Roemer)			
Flamsted (Flamstead)			
Halley (Halley)	1708	1071 kadem	348 metre
Derhem (Derhem)	1708	1071 kadem	348 metre

Ma‘atteessüf bu tecâribin hiçbiri mütekabilen icra edildiği cihetle kâfi derecede kanâat-bahş görülememiştir. Binâenaleyh 1738 sene-i milâdiyyesinde Paris encümen-i dânişi yeniden icrâ-yı tecrübe etmek üzere Kassini Dö Turi (Cassini De Thury), Lakay (Lacaille), Maraldi (Maraldi) den mürekkeb bir komisyon teşkîl eylemiştir. Bu zevât Paris’te yekdiğerinden görülebilen tepecikler ile bunlara küçük çapta toplar vaz‘ eyleyerek ve topları mütekabilen ve mütenâviben endâht ederek 6 derece cantigratta sür‘at-i savtı sâniyede 173 tuas(?) (yani 337) metre bulmuşlardır.

idi. Biraz sonra yani 1656 senesinde Floranseli Borelli (Borelli) ile Viviyani (Viviyani) aynı usûl ve fakat daha ziyâde bir ihtimam ile icrâ-yı tecrübe ederek sür‘at-i savtı 1037 kadim (yani 350) metre bulmuşlar idi. İşte Newton, sür ‘at-i savt hakkındaki düstûrini neşr ve i‘lân edildiği esnâda sür‘at-i savtın kıymet-i tecrübiyyesi bundan ibâret idi.

Fakat bu netîcede[50] Newton düstûruna tevâfuk etmemiş ve adetâ nazariyye ile tecrübe meyânındaki ihtilâfı te'yîd eylemişlerdir. Nihâyet nazariye ile tecrübe meyânında bu sûretle vücudu kat'iyyen tahakkuk eden bu ihtilâfın îzah ve izâlesi Laplas'a müyesser olmuştur. Şöyle ki: Mûmaîleyh gazların pek cüz'i nakkal-ı harâret olmasından dolayı bir kıt'â-i havâiyede takabbuz ile hâsıl olan harâretin der-akab diğer kat'âları intikâl edemediğini ve savtın nisbeten sür'atle intişâr eylediği kütle-i hava derûnunda her noktada sühûnetin bir olmadığını beyân etmiştir. Bunun üzerine

Sayfa 58

sâbit bir sühûnet tahtında bulunan kütle-i gazlar hakkında cârî olan Maryot kânununun bu hâle kâbil-i tatbik olunamayacağını, fakat kat'ı havâ dahilinde hâsıl olan harâret diğer kat'alara derhâl sirâyet edemediği takdirde bu havâ tabakasına Poison (Poisson) ın:

$$ḳ = ḥ^{r} = sabit$$

kânununu tatbîk eylemek lâzım geleceğini ilâve etmiştir ki bu kânun da 'r' mikdâr-ı gazın sâbit tazyik-i tahtındaki $se_{ḳ}$ sea-i harûriyesi ile sâbit hacim tahtındaki $se_{ḥ}$ sea-i harûriyyesi beynendeki nisbetten ibârettir. İşte bu halde ifâde-i âhireden

$$لها\ ḳ = \frac{ḳ\ لها\ ḥ}{ḥ}\ r$$

veya

$$\frac{لها_{ḳ}}{\left(\frac{لها_{ḥ}}{ḥ}\right)} = ḳ\ r$$

bulunacağından (13) düstûrunda h yerine konulur ise:

$$b = \sqrt{\frac{ḳ\ r}{g}}$$

düstûru hâsıl olur ki Laplas'un düstûru da bundan ibarettir.

Bu düsturdan da anlaşılacağı üzere Newton düstûruyla bulunan miktarı tashîh için $\sqrt{r}$ ile darb etmek iktizâ eder.

[50] Zîra Newton düstûru 6 derecede sür'at-i savt için $280\sqrt{1+\frac{6}{273}} = 285$ metre gibi bir kıymet i'tâ ediyor idi.

Havâ-yı nesîmi için r = 1, 41 ve binâberin $\sqrt{r}$ = 1,1874 bulunmakla sür‘at-i savtın sıfır derece-i harâretteki kıymeti:

$$280 \text{ X } 1{,}1874 = 332{,}4 \text{ metre}$$

olur ki bu da nazariyye ile tecrübe meyânında kâfi bir i’tilâfın vücûdunu hıtâr eder.

29) Laplas’un Düstûr-ı Diğeri, Tecârib-i Âhire : Laplos’un sür‘at-i savtı hakkındaki salefüzzikre düstûru bervech-i âti diğer bir surete dahî ifrâğ olunabilir. Şöyle ki nazariyeye esâs olan üstüvâneyi teşkîl eden gazın vâhid-i hacminin vezni k ile gösterilir ise:

$$k = h\,g$$

veyâ $$g = \frac{k}{h}$$

olacağı gibi bu cismin (gazın) vâhid-i tûlu ve vâhid-i makta‘da bulunan bir kıt‘asının kendi

Sayfa 59

veznine (yani k miktarına) müsâvi bir tazyîk-i tahtında kısaldığı miktar, tâbir-i âharla ‘h’ emsâli elâstikî

$$h = \frac{\text{tazyikin miktâr−tezâyüdü}}{\text{hacmin miktâr−ı takabbuz−ı izâfiyyesi}} = \frac{k}{\frac{ne}{1}} = \frac{k}{ne}$$

olacağından (13) düstûrunda mahallerine konulur ise:

$$b = \sqrt{\frac{h}{g}} = \sqrt{\frac{k}{ne} \times \frac{h}{k}}$$

veya $$b = \sqrt{\frac{h}{ne}} \qquad (19)$$

düstûr-ı meşhuru istihsâl olunur.

İşte Laplas salefülarz ihtilâfı bertarâf eder etmez havâ dâhilinde sür ‘at-i savtın

$$b = -333\sqrt{1 + l\bar{a}\,n} \qquad (19')$$

düsturuyla hisâb olunması lâzım geleceğini irâe etmiştir. .Hattı yeniden icrâ-yı tecrübe etmek ve 1738 senesi tecrübelerinde ehemmiyet verilmeyen bir ciheti ki havâ-yı

nesiminin sühûneti maddesinden ibârettir, dahil-i hisâb eylemek üzere bir komisyon teşkîlini encümen-i dânişten tâb eylemiştir.

İşte bunun üzerine Fransa <Tûl dâiresi> azâsından Arago (Arago) , Buvar (Bouvard), Mâtyu (Mathieu), Proni (Prony) ile Keylusâk (Cay-Lussac) ve Humbold (Humboldt) dan mürekkeb bir komisyon teşekkül ederek bu komisyon 1822 sene-i milâdiyesinde Paric civârında <Vil Jövif> ile <Moneteri> tepelerini tecrübegâh ittihâz etmiş ve mütekâbilen icrâ olunan tecârib-i adîdeden 9, 10 santigratta sür ‘at-i savtı 331 metreye müsâvi bulmuştur. Bir sene sona Mol (Moll) ve, Van-Bek (Van-Beck), Uterhat civârında tekrar icrâ-yı tecrübe ile sıfır derece-i harârette sür‘at-i savtı 8, 332 buldukları gibi 1822-1844 senelerinde Kapudan Pâri (Parry) ve 1825 senesinde Kapudan Kendal (Kendall) nevâhî-i kat‘iyyede _ 40 derecede sür‘ati savtın yine Laplas düstûrunun irâe ettiği miktara tevâfuk ettiğini görmüşlerdir[51].

Sayfa 60

30) Tahkikât-ı Nazariye: Tecrübe ile nazariye meyânındaki bu tevâfukun vücuduyla berâber erbâb-ı hikmet Laplas’un mütâlaası sahih olup olmadığını tedkîkden geri durmamışlardır. Acaba takabbuz ile hâsıl olan harâretin bir kısmı intikâl veyâ inşiâ‘ suretiyle, husûle geldiği mahalden intişâr etmiyor mu? Ve bu halde havâ dâhilinde savtın sür ‘at-i hakîkıyesi sür‘at-i nazariyesinden daha dûn değil midir? Buralarını taharri ve tahkîk etmişlerdir. İşte İngiliz erbâb-ı hikmetinde Istok (Stokes) bu tetkîkât meyânında Newton’ un, Laplos tarafından muâdele-i nazariyesinin bir gaz kütlesi dâhilinde tevsiât ile takabbuzunun yekdiğerine, hiçbir amel-i mihâniki sarf edilmeksizin, tevâli edebilmesine yegâane müsâit bir farziyye olduğunu isbât da etmiştir. Bir surette ki bu farziyyenin hâricinde bir kütle-i gaz dâhilinde vukûa gelen takabbuzâtın tevsiâta ve tevsiâtın takabbuzâta tevâli etmesi, ta‘bir-i âharla kütle-i mezkûrenin tevsiât ve takabbuzâttan mürekkeb bir devre-i harûriyeyi takîb eylemesi için mutlaka bir mikdar kudret-i harûriye sarfına lüzum görülmektedir. Çünkü bu halde savtı husûle getiren hareket-i ihtizâziyyenin şiddeti, ki hareket-i mezkûriyyeye âit olan kudret-i harekiyye ile mütenâsibdir, o derece tenâkusa dûçar olması iktizâ ediyor ki tabîatde böyle bir hâdiseye

[51] Muahharen (187) Renyol (Regnault) vesâire taraflarından icrâ olunan tecârib-i dikkate dakika netâyicine göre sıfır derece-i harârette ve y….. havâ dâhilinde sür ‘at-i savtın 6, 330 metre olduğu tahakkuk etmiştir.

yani savtın fevkâl‘âde bir sür‘atiyle muntafî olmasına asl-ı tesâdüf olunmamıştır. Binâberin (Newton-Laplas) farziyesi, hâdisât-ı meşhûdeye göre yegâne şâyân-ı kabûl bir farziye olmak lâzım gelir. Bundan başka Laplos düstûru Newton düstûru gibi savtın sür‘atini, perdesine ve mahal-ı husûlünde tazyîk-i nesîminin kıymetine tâbi olmayarak îtâ eylemektedir.

Ma‘mâfih Renyul (Regnault) un tecâribinden sonra bu düstûrların kâffesi, vüs‘atlari gâyet asgar olan ihtizâzât hakkında sahîh olabileceği tezâhür eylemiştir. Fi’l-hakîka bir kütle-i gazda tazyîkin miktâr-ı tahavvülü ile miktâr-ı takabbuz gayet asgar olmadığı sûrette hacmin $h - h'$ miktâr-ı tahavvülünden dolayı tazyîka ârız olan $k' - k$ miktâr-ı tahavvülü:

$$k' - k = k \frac{h^r - h'^r}{h'^r}$$

düsturuyla hisâb edilmek îcâb eder. Bu ifâdede

$$k' - k = k \frac{[h^r - h^r (1 - ne)^r]}{h^r (1 - ne)^r}$$

Sayfa 61

$$\text{veyâ} \quad k' - k = k [(1 - ne)^{-r} - 1]$$

$$\text{veyâhud} \quad k' - k = k \left[r\, ne + \frac{r(r+1)}{1 \times 2} ne^2 + \ldots\right]$$

olacağından

$$h = k\, r\, ne + k \frac{r(r+1)}{1 \times 2} ne^2 + \ldots$$

bulunur ki bu da emsâl-i elâstikiyenin, bu zamâna kadar farz edildiği gibi sâbit olmadığını irâe eder. İşte bir kütle-i gazın elâstikiyyeyi “ne” emsâl-i takabbuzu ile tezâyüd ettiği hâlde sür ‘at-i savtın da bu sûretle tezâyüd eylemesi tabiidir.

Hülâsa bir savtın sür‘at-i şerâit-i mütesâviye tahtında şiddetle tezâyüd eder; fakat vüs‘ati gayet asgar farz olunabilen ihtizâzattan mütehassıl bir savtın sür‘âti sâbit ve Laplos’un:

$$b = \sqrt{\frac{k}{r}}$$

düstûru netîcesine mutâbıktır.

32) Mâyiâtda Sür‘at-i Savt: Evvelce istihrâc olunan:

$$b = \sqrt{h}$$

düstûru doğrudan doğruya mâyiâta tatbîk olunabilir. Fi’l-hakîka L tûlunda ve ṭ makta‘ında bir sütûn mâyi‘ tasavvur edelim ve bu mâyi‘in emsâl-i ….. ‘ ḍ’ ile gösterelim. Eğer mâyi‘ üzerine icrâ olunan tazyîki bir havâ-yı nesîmi tazyîki kadar tezâyüd edilecek olur ise sütûn-u mâyi‘in L tûlu L' tûluna tebeddül ve hacmi de L ṭ den L ṭ́ miktârına tenezzül eder. Ta‘bir-i diğerle:

$$l' = l\,t\,(1 - ḍ)$$

bulunur. Sütûn-u mâyi‘in vâhid-i tûlu nazar-ı îtibâra alınır ise L = 1 olacağından müsâvât-ı âhirede

$$l' = 1 - ḍ$$

şekline müncerr olur. Bundan istintâc olunur ki tazyîk-i nesîmi-i tabîiyyesi tahtında sütûn-u mâyi‘in vâhid-i hacminin miktâr-ı takabbuzu ḍ emsâline müsâvidir. Halbûki ḳ tazyîk-i tabîiyesinin kıymet-i mihanikiyyesinin istihsâl için barometrede civanın irtifâı a ve vezn-i mahsûsu k , şiddet-i câzibe ḥ ile gösterilecek olur ise:

Sayfa 62

$$ḳ = ḥ\,k\,a$$

bulunacağından

$$h = \frac{\text{tazyikin miktâr} - \text{ı tezâyüdü}}{\text{miktâr} - \text{ı takabbuz izâfî}} = \frac{ḳ}{h} = \frac{ḥ\,k\,a}{ḍ}$$

ve mahaline bilvaz‘ $$b = \sqrt{\frac{ḥ\,k\,a}{-ḍ}} \qquad (19)$$

düstûru hâsıl olur.

Düstûr-u mezkûr bir sütûn-u mâyi‘ için istihrâc edilmiş ise de mâyi‘ olan vâsıtâ-i gayr-ı mahdûdeye dahi kabil-i tatbîktir. Bir de bir mâyi‘ tazyîk olunduğu halde ekseriyâ derece-i harâreti tezâyüd edeceği cihetle h emsâlinin hisâbında bir tezâyüd derece-i harâret dahi

nazar-ı i‘tibâra alınmak îcab eder. Fakat bundan dolayı h emsâli pek cüz’i tahavvül edeceğinden his olunacak derecede bir hatâ vukua getirilmeksizin bundan sarf-ı nazâr olunabilir.

İşte + 4 derece-i sühunetinde bulunan su için Grasi (Grassi) ye tevfikan

$$d = 0{,}0000499$$

olduğundan

$$b = \sqrt{\frac{9{,}81+13{,}59 \times 0{,}72}{130{,}000499}} = 1420 \text{ metre}$$

bulunur. Filvâki‘ Kolladan (Kolladan) ile Şıturm (Sturm) Cenevre Gölü’ nde 1827 senesinde icrâ-yı tecrübe ederek 1, 8 santigratta su içinde sür‘ati savtı 1435 metreye müsâvi bulmuşlardır.

32) Sulblerde Sür‘ati Savt: Sulb bir çubuktan ihtizâzât-ı tûlaniyenin sür‘at-i intişârı yine

$$b = \sqrt{\frac{h}{g}}$$

düsturuyla ta‘yîn olunabilir.Mebhâs-ı elâstikiyede görüldüğü üzere L tûlunda, $h = t$ makta‘ında bulunan menşûri veya üstüvâni bir sulb çubuk bir $f = k$ tazyîk-i tahtında te’sirinde:

$$b' = \frac{k\,l}{he\,h}$$

kadar bir miktar iktisâr eder ki buradaki “he” emsâli cismin alel-âde emsâl-i elâstikiyeden

Sayfa 63 :

ibârettir[52]. Şimdi çubuğun tûlu vâhid-i i‘tibârdan tazyîki de çubuğun veznine müsâvi farz edilir, ve çubuğun vezn-i mahsûsu da ‘v’ ile gösterilir ise de:

$$k = tv = h\,g$$

[52]Burada alelâde istimâl olunan ‘he’ emsâli elâstikiyyetini yukarıdaki ‘h’ emsâli elâstikiyyeti ile karıştırmamalıdır.

ve binâberin $b' = \frac{tv}{he\,t} = \frac{v}{he}$

olacağından

$$h = \frac{\text{tazyîkin miktâr} - \text{ı tezâyüdü}}{\text{miktâr} - \text{ı takabbuz îzâfi}} = \frac{k}{b'} = \frac{ḥ\,g\,he}{v}$$

bulunur düstûr da mahaline konulur ise:

$$b = \sqrt{\frac{ḥ\,he}{v}} \qquad (20)$$

düstûru istihsâl olunur.

İşte bu düstur bir demir çubuğa tatbîk edilecek olur ise:

beher milimetre murabba'ı için $he = 20{,}000$ kilogram

beher cantimetre mükâ'abı $v = 7{,}7$ gram

ve zâten $ḥ = 9{,}81$ metre

olduğuna göre

$b = \sqrt{\frac{9{,}81 \times 20000000000}{7700}} = 5100$ metre bulunur.

Bâzı ecsâm-ı sulbe hakkında aynı hisâbat icra edildiği surette bervech-i netâyice dest-res olunur:

Esâmî-i ecsâm	**Sür 'at-i savt**	**Esâmî-i ecsâm**	**Sür'at-i savt**
Çam ağacı	6000 metre	Bakır	2750 metre
Cam	5200 metre	Platin	2650 metre
Çelik	5200 metre	Gümüş	2600 metre
Demir	5100 metre	Altın	1780 metre
Font	4300 metre	Kurşun	1200 metre

Sayfa 64

Mamafih bu sür‘atleri bittecrübe ta‘yîn etmek müşkilât-ı azîmeyi dâîdir. Meşâhir hükümetşinâsından Biyo (Biot) 25, 951 metre tûlunda fonttan ma‘mûl “lükün” ve kurşun halkalar ile yekdiğerine merbut 379 borudan mürekkeb kühene bir su mecrâsında icrâ-yı tecrübe ederek sür‘at-i savtı 3189 metreye muâdil bulmuştur. Vâkıâ muahharen 1851 senesinde Verteym (Wertheim) ile Berhke (Bréguet) Fransa’da Versay (Versaiile) hatt-ı telgrafîsi üzerinde icrâ-yı tecrübe etmişler ise de bir netice-i sahîh istihsâline muvâfık olamamışlardır.

33) Tenbih : Ecsâm-ı sulbe üzerine icrâ olunan tazyîk yalnız bir cihetten veyâhud her cihetten olduğuna göre vukûa gelecek olan takabbuz kânun-ı muhtelifeye tevfîkan tahavvül edeceğinden sür ‘at-i savtın da bir çubuk dâhilinde veyâ bir cism-i sulb gayr-ı mahdûde derûnunda kıymeti bir olmayacağı şüphesizdir. İşte Mösyö Verteym (Wertheim) in tetkikâtına nazaran bir cism-i sulb gayr-ı mahdûde vukûa getirilen ihtizâz, tûlâni ise bir mevc-i müstevînin sür‘ati:

$$b_1 = \sqrt{\frac{h\,he}{v}} \times \sqrt{\frac{1-me}{(1+me)1+2\,me)}} = b\sqrt{\frac{1-me}{(1+me)(1-2\,me)}}$$

ile, bil‘akis ihtizâz-ı arzâni ise mevc-i müstevînin sür‘ati de

$$b_2 = \sqrt{\frac{h\,he}{v}} \times \sqrt{\frac{1}{2\,(1+me)}} = b_h\sqrt{\frac{1}{2\,(1+me)}}$$

düstûru ile ifâde olunmak îcab eder ki buradaki “me” emsâli mebhâs-ı elâstikiyyeden beyân olunan Poisson emsalinden ibârettir. Bu emsâlin Verteym’e göre kıymeti $\frac{1}{3}$ olmakla:

$$b_1 = b\sqrt{\frac{3}{2}}$$

$$b_2 = b\sqrt{\frac{3}{8}}$$

ve binâberin

$$\frac{b_2}{b_1} = \frac{1}{2}$$

bulunur. Fakat mebhâs-ı elâstikiyeden görüldüğü üzere Poisson' a göre $\frac{1}{4}$ olduğundan bu halde de

Sayfa 65 :

$$b_1 = b\sqrt{\frac{5}{6}}$$

$$b_2 = b\sqrt{\frac{5}{5}}$$

$$\frac{b_2}{b_1} = \frac{1}{1,732}$$

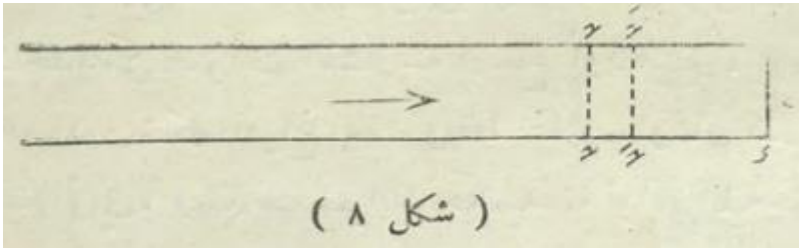
ve

olur. Ma'ttessüf bu netâyicin hiçbiri henüz biltecrübe tahakkuk edememiştir.

34) Bir Cihetten Mahdûd Olan Bir Üstüvâne Derûnunda İhtizâzât-ı Tûlâniyenin İntişârı: Bir üstüvâne-i gayr-ı mahdûde dâhilinde bir kıt'ada vukûa getirilen bir hareket-i ihtizâziyenin üstüvane-i mezkûrun her iki cihetine doğru intişârı yukarıda görülmüş idi. Şimdi bir cihetten mahdûd olan bir üstüvâne dâhilinde hareket-i ihtizâziyyenin intişârınca vukûa gelecek ta'dilât ve tagyîrâtı nazar-ı îtibâra alalım. Bu sûrette bervech-i âti iki halden birinin zuhurî tabîidir:

Ya üstüvânenin makta '-ı intihâiyyesi üzerine, vârid olan mevce üstüvâneyi teşkîl eden vâsıtadan daha ziyâde bir mukâvemet gösterilebilir ki bu hâl-i üstüvâne gayet muhkem bir müstevî-i sâbit ile nihâyet bulduğu zaman vaki' olur;

Veyâhud üstüvâne'nin nihâyeti mevc-i vâride daha az bir mukâvemet ibrâz eden diğer bir vâsıtâ-i gayr-ı mahdûde dâhilinde açılmış bulunur.

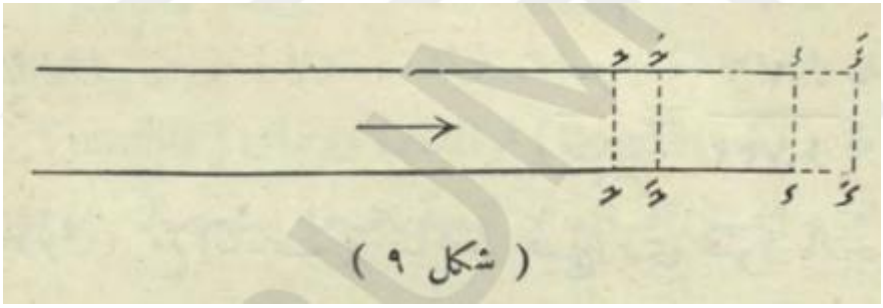


Şekil 8

Birinci hâlde (şekil 8) ḥ makta‘ intihâ-i müstevîsi sûret-i mutlakâda sükûn üzere ise de mevc-i munkabîzin buraya vürûdunda bu makta‘ ile hitâm bulan ḥe eḥ kat‘a-i intihâiyyesi ḥ ḥ́ kadar takabbuz etmiş bulunacağından behemehâl kesb-i tevsi‘ etmedikçe tekrar sükûnete dâhil olamaz. Binâberin kıt‘a-i mezkûrenin her makta‘ı hâiz olduğu sür‘ate müsâvi ve maâks bir sür ‘atle bir hareket-i râci‘ye icrâ eder; ve bu hareket-i râci‘ye üstüvâne derûnunda aksi cihete doğru intikâl eden bir mevc-i munkabız -ı tevlîd eyler ki <hareket-i ihtizâziye-i mün‘akis> denilen hareket de bundan ibârettir. Bu nev‘ in‘ikâsda makta‘-ı intihâiyyede sür ‘at-i ihtizâz tebdîl-i işâret eylediği cihetle buna <tebdîl-i işâretli in‘ikâs> tesmiye olunur. Ma‘mâfih

Sayfa 66

sür‘at-i ihtizâzın bu tebdîl-i işâretle berâber hareket-i ihtizâziyye-i mün‘akise üstüvâne derûnunda aksi cihete doğru yine takabbuzât ile münteşir olur. İkinci halde (şekil 9) mevc



Şekil 9

e e makta‘ intihâiyyesine vürudunda, ḥ e e ḥ kat‘a-i intihâiyyesi nisbeten daha az bir mukâvemete tesâdüf edeceğinden ikinci vâsıta derûnunda é é vaz‘ına kadar ilerleyerek ḥ é é ḥ şeklinde tevsi‘ eder. İşte kat‘a-i mezkûre bu sûretle ikinci vâsıta derûnunda, ön tarafında, bulunan tabaka-yi tazyîk ederek bu vâsıta dâhilinde bir mevc-i munkabiz tevlîd eyleyeceği gibi kesb tevsi‘ eylediğinden dolayı da üstüvâne dâhilinde bir de mevc-i münbasit hâsıl eder. Bu iki mevcin birincisi ikinci vâsıtanın derûnunda cihet-i mebsûtede ve ikincisi ise üstüvâne dâhilinde cihet-i ma‘kûsede intişâr eder ki bu hâlde <hareket-i ihtizâziyye-i mün ‘akise> denilen hareket de bundan ibârettir.

Bu nev‘ in‘ikâsta makta‘-ı intihâiyyede her cüz‘-i ferdin sür‘at-i ihtizâziyesi tebdîl-i işâret etmediğinden buna <tebdîl işaretsiz in‘ikâs> ta‘bir olunur; fakat hareket-i mün‘akise üstüvâne derûnunda takabbuzâta bedel-i tevsiât ile münteşir olur.

Hülâsa birinci halde makta‘-ı intihâiyyede sür‘at-i ihtizâz tebdîl-i işâret eder ise de hareket-i mün‘akise yine takabbuzât ile intişâr ettiğinden mikdâr-ı tekâsüf işâretini muhâfaza eder; ikinci halde makta‘ -ı intihâiyyede sür‘at tebdîl-i işâret etmez ise de hareket-i mün‘akisenin intişârında takabbuzât yerine tevsiât-ı kaim olduğundan miktârı tekâsüf tebdîl-i işâret eder.

Bu iki hâlin her ikisi bervech-i âti hareket-i ihtizâziyyenin bir üstüvâne-i gayr-ı mahdûde dâhilindeki sûret-i intişârına ircâ‘ olunabilir. Bunun için yukarıdaki üstüvâneyi gayr-ı mahdûd bir şekle ifrağ eylemek ve fakat ilâve olunan kısım üstüvâne için kabul edilecek hâl-i ibtidâiyyeyi, mes’elenin şerâit-i hükmiyyesine tevâfuk eyleyecek sûrette intihâb etmek kifâyet eder.

35) Bir Tarafı Mesdûd Olan Bir Üstüvâne-i Mahdûde: Bir cihetten (şekil 10) bir ḥ müstevîsiyle suret-i kat‘iyyede mesdûd bir üstüvâne-i mütecânise tasavvur edelim; ve bu üstüvânenin ḥ kâidesini mebde’ ittihâz ile hareket-i ihtizâziyyenin vârid olduğu b e cihetini s mihverinin kısm-ı müsbeti itibâr eyleyelim. ḥ kâidesi dâima sûret-i mutlakada sükûn üzere bulunacağından s = 0 kıymeti için her an:

Sayfa 67

$$B = \frac{\partial_{s}}{\partial_{s}\omega} = 0 \qquad (1)$$

olmak lâzım gelir. Bu halde:

$$B = ba'(s + b\omega) - b\,la'(s - b\omega) \qquad (8)$$

muâdelesi:

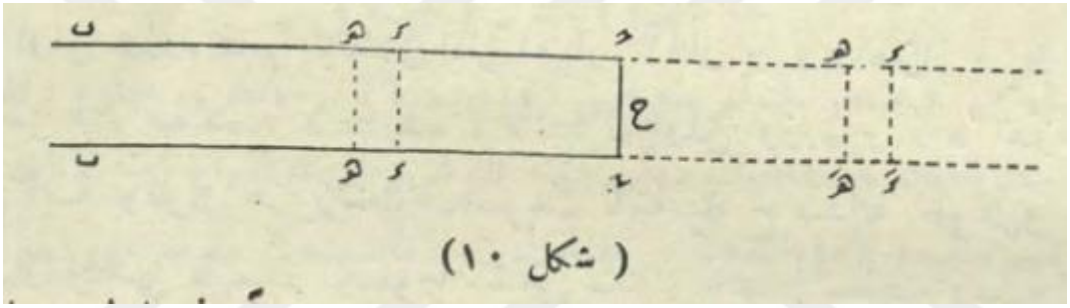
$$ba'(b\omega) - la'(-b\omega) = 0 \qquad (2)$$

şekline müncerr olacağından ve ∞ zamânı her ne kıymeti hâiz olur ise olsun mevcûd bulunacağından a = b ∞ vaz‘iyle sûret-i umûmiyyede olarak:

$$ba'(a) - la'(-a) = 0$$

veya $$ba'(a) - la'(-a) \qquad (3)$$

muâdele-i şartiyyesine dest-res olunur. Binâenaleyh a mütehavvilinin kıyem-i müsbetesi için ma‘lûmolan ba' , la' tâbileri kıyem-i menfiyyesi içinde ma‘lûm demek olmakla üstüvâne-i gayr-ı mahdûd farz edildiği ta‘bir-i âhirle ḥ cihetine doğru ilâ gayrin-nihâye temdîde tasavvur olunduğu halde dahi mes’ele hal olunabilir.



Şekil 10

Şimdi üstüvâne-i gayr-ı mahdûde farz edilerek ḥ kâidesi zihnen ref‘ olunur ve üstüvânenin ḥ , é kısm-ı menfiyyesinde bulunan sütuna yukarıdaki (1), (2) şartlarını hâiz bir hareket-i ihtizâziyye verilecek olur ise üstüvanenin kısm-ı müsbetinde hareket-i ihtizâziyye asl-ı tegayyür edilmemiş olur. Bu (1) ve (2) şartları ise aynı netîceyi müstelzimdir. Fi’l-hakîka üstüvânenin kısm-ı menfiyyesinin laetta‘yin bir makta ‘ında b sür ‘ati ile ne' mikdâr-ı tekâsüfünü hisâb edelim. Evvelce istihrâc olunan (8), (9) düstûrlarında s yerine - s vaz‘iyle:

$$B' = b\,ba'\left(-s + b\infty\right) - b\,la'\left(-s - b\infty\right)$$

veyâ (3) münâsebetine binâen:

$$B' = b\,ba'\left(s - b\infty\right) - b\,la'\left(s + b\infty\right)$$

Sayfa 68

ve binâberin $B' = -B$

olacağı gibi diğer taraftan da:

$$ne' = -ba'(-s + b\circlearrowright) - la'(-s - b\circlearrowright)$$

veyâ $$ne' = -la'(s - b\circlearrowright) - ba'(s + b\circlearrowright)$$

velhâsıl $ne'ne$

bulunur. İşte mebde' ittihâz olunan ḥ makta'ının iki cihetinde aynı ṭ mesâfesinde keenne h , ḥ́ makta' veya kat 'alarına müsâvi ve maâks sür'atler ve fakat aynı mikdâr-ı tekâsüfleri i'tâ edilecek olur ise ḥ́ ḥ́ mebde'-i makta'ı da ilâ gayrın-nihâye sükûn üzere ibka edilmiş olur.

Şimdi hareket-i ihtizâziyye-i ibtidâiyenin a = ṭ ile a = ṭ + L meyânında mahsûr bulunduğunu tasavvur edelim. Bu halde ba', la' tâbileri:

$$a = ṭ \qquad a = ṭ + L$$

kıymetleri arasında mahsur olmayan müsbet kıymetleri için sıfır olacağı gibi (3) muâdelesine tevfîkan:

$$a = ṭ \qquad a = -ṭ - L$$

arasında mahsur olmayan menfî kıymetler için de sıfır olur. İşte ḥ e = ṭ , e h = L olmak üzere kısm-ı müsbetedeki nazar-ı îtibâra alınan bir e h ihtizâz-ı basît mahduduna mukâbil ve mütenâzır kısm-ı menfiyyede ḥ é = ṭ , é ḥ́ = L olmak üzere bir é ḥ́ ihtizâzı basîti tahayyül olunur ise bunların her birinin b sür'at sabitesiyle -i ḥ mebde'e doğru bir mevc-i munkabız îsal etmesi tabîidir. Mevc-i munkabız-ı müsbetin ḥ mebde' sathına vusûlünde mevc-i munkabiz menfî vâsıl olacağından bunlar yekdiğerinden bil-mürûr her biri istikâmetince intişâra devam eder. Bundan anlaşılır ki h mevc-i hakikiyyesinin e mebde'i ḥ makta'ına vâsıl olunca güya nikat-ı muhtelifesi aynı tekâsüfü ve aksi işâretle aynı sür 'ati muhâfaza etmek üzere receât ediyormuş ve henüz bu makta'a takarrüb eylemekte bulunan nikatına iltihâk eyliyormuş gibi görünür. Ve tamamen e h mevc-i müsbetenin h nihâyeti ḥ makta'ına vürûdunda mevc-i mezkûr kâmilen receât eylemiş ve aksi cihete

doğru üstüvâne derûnunda intişâra hazırlanmış bulunur. İşte takabbuzât ile intişâr eden hareket-i ihtizâziyye-i mün‘akise bundan ibârettir.

36) Bir Tarafı Meftûh Bir Üstüvâne-i Mahdûde: Şimdi (şekil 10)

Sayfa 69

ḥ innihâiyyesini, takabbuzu her noktada bir olan bir vâsıta-i gayr-ı mahdûde ve meselâ hevâ-yı nesîmiyyeye açılmış farz edelim ve üstüvânenin meftûh olan bu makta‘ını mebde’ ittihâz ile hareket-i ihtizâziyyenin vürûd ettiği ciheti s fâsılaları için cihet-i müsbete olarak kabul eyleyelim. Bu halde üstüvânenin açık olan makta ‘ında ne “ ṣ “ tâbi‘i, ne de:

$$B = \frac{\partial \varphi}{\partial \omega}$$

sür‘ati hiçbir şarta tâbi‘ bulunmaz ise de makta‘-ı mezkûrede tazyîk, tazyîk-i hâricîden pek de farklı olamaz. Binâenaleyh mebde’ makta‘ında ne mikdâr-ı tekâsüfü (yani buradaki noktaların tazyîki ile tazyîk harici beynendeki mikdâr-ı tahavvül) gayet asgar olacağından s = 0 kıymeti için her an:

$$ne = -\frac{\partial \varphi}{\partial \omega} = 0 \qquad (1)$$

farz olunabilir. Bu şarta nazaran:

$$ne = -ba'(s + b\omega) = la'(s - b\omega) = 0 \qquad (9)$$

muâdelesi

$$-ba'(+b\omega) = la'(-b\omega) = 0 \qquad (2)$$

şekline müncerr olacağından ω zamânı her ne olur ise olsun $b\omega = a$ vaz‘iyle

$$-ba'(a) = la'(-a) \qquad (3)$$

bulunur ve binâberin a mütehavvilinin kıyem-i menfiyyesi içinde ba' , la' tâbileri malûm demek olur.

İşte üstüvânenin ḥ makta‘ının diğer cihete doğru ilâ gayrınnihâye imtidâd eylediği farz olunur ve kısm-ı menfîde la-ale-tta‘yin bir makta‘ın $\odot$ zamânındaki b′ sür‘ati ile ne′ mikdâr-ı tekâsüfü aranılacak olur ise:

$$B' = b\,ba'(-s + b\odot) - b\,la'(-s - b\odot)$$

veyâ (3) münâsebetine binâen

$$B' = -b\,la'(s + b\odot) + b\,ba'(s + b\odot)$$

velhâsıl $B' = B$

bulunacağı gibi

$$ne' = -la'(-s + b\odot) - la'(-s - b\odot)$$

ve yine (3’) mûcibince:

Sayfa 70

$$ne' = -la'(s - b\odot) + ba'(s + b\odot)$$

ve nihâyet $ne' = -n$

bulunur.

Bu takdirce ḥ makta‘ından müsâvi bu‘dda bulunan iki makta‘ veya iki kat‘a müsâvi sür‘atler ve fakat ‘aksi işâretli mikdâr-ı tekâsüfler olmak şartıyla ittihâz ettirilecek olur ise ḥ makta‘ının mikdâr-ı tekâsüfü sûret-i dâimede sıfıra müsâvi tutulmuş olur.

Şimdi üstüvânenin kısm-ı müsbetesindeki hareket-i itizâziyye-i ibtidâiyyeyi a = ṭ ile α = ṭ + .L meyânında mahsûru tasavvur edelim:

Bu halde ba′ ve la′ tâbileri a = ṭ, a = ṭ + L kıymetleri arasında mahsûr olmayan kıyem-i müsbete için sıfır olacağı gibi a = - ṭ , a = -ṭ - L kıymetleri meyânında mahsûr olmayan kıyem-i menfiyye için de yine sıfır olur. Kısm-ı müsbete de ḥ h = ṭ, h e = L olmak üzere

tasavvur olunan bir ihtizâz-ı basîte mukabil ḫ́ é = ṭ̀ é ḥ́ = L olmak üzere mütenâzır bir ihtizâz-ı basît daha tahayyül olunur ise bunlardan birincisinin ḫ makta‘ına doğru bir mevc-i munkabız ve diğerinin de bir mevc-i münbasit îsâl etmesi zarûridir. Bu iki mevc aynı zamanda ḫ makta‘ına vâsıl olarak yekdiğerinden ba‘del-mürûr her biri istikâmatince intişâra devam eder. Binâenaleyh mevc-i munkabız ikinci vâsıta derûnunda intişâr edeceği gibi mevc-i münbasit de aynı sür‘atle ve fakat tevsiât ile üstüvâne derûnunda intişâra başlar. İşte tevsiâtle intişâr eden hareket-i ihtizâziyye-i mün‘akis de bundan ibârettir.

Sayfa 71

BÂB-I SÂNİ

Hareket-i İhtizâziyenin Tedâhülü

Aynı devre tâbi iki hareket-i ihtizâziyenin terkîbi _tahkikât-ı tecrübiye_ harekât-ı ihtizâziyenin terkîbi için Ferenli kâidesi _muhtelif- ed-devr iki hareket-i ihtizâziyenin terkîbi_ Darbân hâdisesinin îzahı _ üstüvânın irtifâ‘ mutlaklarının ta‘yîni _ esvât-ı muhassala _ esvât-ı muhassalanın armoniye tatbîki _ iki hareket-i ihtizâziyye-i kaimenin terkîbi _ ve halât-ı husûsiyyeye tatbîki _ Leysajon’un usûl tahkiki.

Hareket-i ihtizâziyenin husûl ve intişârı kavânîni görüldükten sonra bahs-i bittab‘ harekât-ı ihtizâziyenin tererekkübüne intikal eder ki bu bâbın mündericâtı bundan ibârettir.

37) Aynı Devre Tâbi İki Hareket-i İhtizâziyyenin Terkîbi: Aynı devre tâbi ve yekdiğerine müvâzi iki hareket-i ihtizâziyenin bir andaki sür‘atlerini nazîr-i nazîre:

$$B_1 = k_1 \,\text{hb}\, 2 \times \left(\frac{\omega}{n} - h_1\right)$$

$$B_2 = k_1 \,\text{hb}\, 2 \times \left(\frac{\omega}{n} - h_2\right)$$

düstûrlarıyla gösterelim.

Bu iki hareket-i ihtizâziyenin bir istikâmette bulunduğu veyâhud birbirine pek karîb (şekil 11) m , ḿ iki noktadan sudûr ile bir e noktasında yekdiğerine iltihâk eylediği farz olunur ise husûle gelen hareket-i muhassalanın sür‘ati bittab‘ :

$$B = B_1 + B_2$$

veyâ

$$B = k_1 + \text{hb}\, 2\pi \left(\frac{\omega}{n} - h_1\right) + k_2 \,\text{hb}\, 2\pi \left(\frac{\omega}{n} - h_2\right)$$

veyâhud

$$B = (k_1 \,\text{bhb}\, 2\pi h_1 + k_2 \,\text{bhb}\, 2\pi h_2)\,\text{hb}\, 2\pi \frac{\omega}{n}$$

$$-(k_1 \,\text{hb}\, 2\pi h_1 + k_2 \,\text{hb}\, 2\pi h_2)\,\text{bhb}\, 2\pi \frac{\omega}{n}$$

olur. Halbûki dâima:

$$k_1 \,\text{hb}\, 2\pi h_1 + k_2 \,\text{bhb}\, 2\pi h_2 = k \,\text{bhb}\, 2\pi c \qquad (1')$$

$$k_1 \,\text{hb}\, 2\pi h_1 + k_2 \,\text{hb}\, 2\pi h_2 = k \,\text{hb}\, 2\pi c \qquad (2')$$

Sayfa 72

farz olunabilir. Çünkü bu ifâdeleri tarafeyni terbi‘ olunur ise:

$$k_1^{\,2}\, b\!\!\!/b^2\, 2\pi\, h\!\!\!/_1 + 2\, k_1\, k_2\, b\!\!\!/b\, 2\pi\, h\!\!\!/_1\, b\!\!\!/b\, 2\pi\, h\!\!\!/_2 + k_2^{\,2}\, b\!\!\!/b^2\, 2\pi\, h\!\!\!/_2 = k^2\, b\!\!\!/b^2\, 2\pi\, c$$

$$k_1^{\,2}\, h\!\!\!/b^2\, 2\pi\, h\!\!\!/_1 + 2\, k_1\, k_2\, h\!\!\!/b\, 2\pi\, h\!\!\!/_1\, h\!\!\!/b\, 2\pi\, h\!\!\!/_2 + k_2^{\,2}\, h\!\!\!/b^2\, 2\pi\, h\!\!\!/_2 = k^2\, h\!\!\!/b^2\, 2\pi\, c$$

ve bunlar da taraf bîtaraf cem‘ edilir ise:

$$k_1^{\,2}\,(h\!\!\!/b^2\, 2\pi\, h\!\!\!/_1 + b\!\!\!/b^2\, 2\pi\, h\!\!\!/_1) + k_2^{\,2}\, h\!\!\!/b^2\, 2\pi\, h\!\!\!/_2 + b\!\!\!/b^2\, 2\pi\, h\!\!\!/_2)$$

$$+ 2\, k_1\, k_2\,(h\!\!\!/b\, 2\pi\, h\!\!\!/_1\, h\!\!\!/b\, 2\pi\, h\!\!\!/_2 + b\!\!\!/b\, 2\pi\, h\!\!\!/_1\, b\!\!\!/b\, 2\pi\, h\!\!\!/_2) = k^2\,(h\!\!\!/b^2\, 2\pi\, c + b\!\!\!/b^2\, 2\pi\, c)$$

velhâsıl

$$k_1^{\,2} + k_2^{\,2} + 2\, k_1\, k_2\, b\!\!\!/b\, 2\pi\,(h\!\!\!/_1 - h\!\!\!/_2) = k^2 \qquad (15)$$

bulunur ki bu da $k\!\!\!/$ için dâimi sûretde bir kıymet-i hakîkiyye te’minine kâfidir.

Kezâlik (2’), (1’) ifâdeleri taraf tarafa taksim olunur ise:

mümâss

$$2\pi\, c = \frac{k_1\, h\!\!\!/b\, 2\pi\, h\!\!\!/_1 + k_2\, h\!\!\!/b\, 2\pi\, h\!\!\!/_2}{k_1\, b\!\!\!/b\, 2\pi\, h\!\!\!/_1 + k_2\, b\!\!\!/b\, 2\pi\, h\!\!\!/_2} \qquad (16)$$

bulunur ki bu muâdeleye tevâfuk edecek sûrette $h\!\!\!/$ mikdârına bir kıymet tahsîsi de mümkündür.

İşte (1’), (2’) ifâdelerinin imkânı bu sûretle isbât olunduktan sonra b düstûrunda müsâviler mahallarine vaz‘ olunur ise:

$$B = k\!\!\!/\, h\!\!\!/b\, 2\pi\,(\frac{\odot}{n} - c) \qquad (17)$$

düstûru hâsıl olur.

Bu düstûrdan istidlâl edilir ki yekdiğerine muvâzî ve aynı devre tâbi iki hareket-i ihtizâziyyenin muhassalası yine bir hareket-i ihtizâziyedir. Bu hareket-i ihtizâziyye-i muhassalanın vüs‘ati $k\!\!\!/$ ve safhası ise c dan ibârettir.

Bu halde $k\!\!\!/$ vüs‘at-i ihtizâziyenin murabba‘ı da hareket-i muhassalanın şiddetiyle mütenâsib olmak lâzım gelir. Halbûki

$$k^2 = k_1^{\,2} + k_2^{\,2} + 2\,k_1\,k_2\,bhb\,(h_1 - h_2)$$

düsturundan da görüleceği üzere k vüs‘at-i ihtizâzı her iki hareket-i ihtizâziyenin

Sayfa 73

nokta-i mefrûzada h_1 , h_2 safhaları meyânında mevcûd tefâzula tâbidir. Şöyleki: h lā-ale-tta‘yîn bir aded-i tâm olmak üzere:

$$bhb\,2\pi\,(h_1 - h_2) = +1$$

veyâ

$$h_1 - h_2 = \frac{2h}{2}$$

olduğu sûretde k ve binâberin e nokta-i telâkkiyesindeki hareket-i muhassalanın şiddeti de azamî olur.

Bil‘akis

$$bhb\,2\pi\,(h_1 - h_2) = -1$$

veyâ

$$h_1 - h_2 = \frac{2h+1}{2}$$

olduğu takdirde şiddet-i muhassala da asgarî bulunur.

Ta‘bîr-i âharla iki hareket-i ihtizâziyenin safhaları meyânındaki $h_1 - h_2$ tefâzulî, nısf-ı devrin zevc veyâ ferd misli olduğuna göre e noktasındaki şiddet de azamî veya asgarî bir kıymet kesb eder[53].

İşte e noktasında yekdiğerine inzimâm eden şu iki hareket-i ihtizâziyye nazîr-i nâzire $\odot - h_1\,n$, $\odot - h_2\,n$ zamanlarında m, ḿ noktalarında bulunacağına binâen (h_1, h_2) n miktârı her iki hareket-i ihtizâziyyenin m, ḿ noktalarından e noktasına intikal için sarf ettikleri zamanlar beynendeki fazla müsâvi demek olur.

Şimdi harekât-ı mürekkebenin m, ḿ noktalarından e nokta-i telakkıyyesine intikalleri için sarf eyledikleri zamanlar yerine bunların kat‘ ettikleri m e, ḿ e mesâfelerini nazar-ı itibâra alalım. Bunun için h_1, h_2 safhalarının kıymetlerini:

$$h_1 = \frac{\odot_1}{n} \qquad\qquad h_2 = \frac{\odot_2}{n}$$

İle ifâde ve ‘n’ devri yerine de (14) den müstahric:

[53] h safhasının yukarıdaki ifâdesinde ‘n’ devri bulunduğuna der-hâtır etmelidir.

$$n = \frac{L}{b}$$

kıymetini vaz‘ eyleyelim. Bu halde:

$$h_1 = \frac{b\,\omega_1}{l}$$

Sayfa 74

olacağı gibi

$$h_2 = \frac{b\,\omega_2}{L}$$

bulunur.

Alelâde <mikdâr-ı te’hir> denilen ve ω_1 zamânı zarfında birinci hareket-i ihtizâziye tarafından kat‘ edilen m e mesâfesi r' ile ω_2 zamânında ikinci hareket-i ihtizâziyenin kat‘ ettiği ḿ e bu‘du ve mikdâr-ı te’hiri de r' ifâde olunur ise:

$$h_1 = \frac{r'}{L} \qquad\qquad h_2 = \frac{r''}{L}$$

olur. İşte bu kıymetler yukarıda mahallerine vaz‘ olunur ise:

$$b_1 = k_1\, h\, b\, 2\pi \left(\frac{\omega}{n} - \frac{r'}{L}\right)$$

$$b_2 = k_2\, h\, b\, 2\pi \left(\frac{\omega}{n} - \frac{r''}{L}\right)$$

bulunur. Bunların muhassalası olan hareket-i ihtizâziyenin sür‘atine gelince o da

$$b = k\, h\, b\, 2\pi \left(\frac{\omega}{n} - \frac{r}{L}\right)$$

şekline kesb edeceği gibi (15) muâdelesi:

$$k_2 = k_1^2 + k_2^2 + 2\, k_1\, k_2\, b\, h\, b\, 2\pi \frac{r' - r''}{L} \qquad (18)$$

ve (16) muâdelesi de

$$\text{mümâss} \quad 2\pi \frac{r}{L} = \frac{k_1\, h\, b\, 2\pi \frac{r'}{L} + k_2\, h\, b\, 2\pi \frac{r''}{L}}{k_1\, b\, h\, b\, 2\pi \frac{r'}{L} + k_2\, b\, h\, b\, 2\pi \frac{r''}{L}} \qquad (19)$$

sûretini ahz eder.

Bu halde $r' - r''$ fazlına iki hareket-i ihtizâziyyenin <tefâzul-u seyri> ta‘bîr olunur; ve tefâzul-u mezkûr ile gösterilir ise:

$$k^2 = k_1^2 + k_2^2 + 2 k_1 k_2 \text{bḥb} \, 2\pi \frac{f}{L}$$

olacağından hareket-i muhassalanın şiddeti:

Sayfa 75

$$\text{bḥb} \, 2\pi \frac{f}{l} = +1$$

veyâ: $$f = 2h + \frac{l}{2}$$

olduğuna göre a‘zâmi ve bil‘akis

$$\text{bḥb} \, 2\pi \frac{f}{l} = -1$$

veyâ $$f = (2h + 1)\frac{L}{2}$$

bulunduğuna göre de asgari olmak lâzım gelir.

Hülâsa $r' - r''$ tefâzul seyri sıfır veya nısf tûl-ı mevcin misli zevc olduğu nikâtda şiddet-i azâmı, bil‘akis ferd misli bulunduğu noktada şiddeti asgarî olur.

38) Tedâhül-ü Esvât: Şimdi iki hareket-i ihtizâziyye-i mürekkebenin şiddetlerini yekdiğerine müsâvi farz edelim: Bu halde:

$$k^2 = k_1^2 + k_2^2 + 2 k_1^2 \, \text{bḥb} \, 2\pi \frac{f}{L}$$

olacağı cihetle

$$\text{bḥb} \, 2\pi \frac{f}{l} = +1$$

olduğuna veyâ

$$f = 2h \, \frac{l}{2}$$

bulunduğuna göre:

$$k^2 = k_1^2 + k_1^2 + 2k_1^2 = 4k_1^2$$

olur ve binâenaleyh hareket-i muhassalanın şiddeti hareket-i mürekkebelerden birinin şiddetinin dört misline müsâvi bulunur.

bil‘akis $$bḥb\ 2\pi\frac{f}{l} = -1$$

veyâ $$f = (2ḥ + 1)\frac{L}{2}$$

olduğu sûrette:

$$k^2 = k_1^2 + k_2^2 - 2k_1^2 = 0$$

bulunur ve hareket-i muhassalanın şiddeti de sıfıra müncerr olur.

Bundan istintâc edilir ki aynı devre tâbi bulunan ve yekdiğeri üzerine inzimâm eden

Sayfa 76

İki hareket-i ihtizâziyyenin şiddetleri birbirine müsâvi olduğu takdirde hareket-i muhassalanın şiddet-i a‘zâmiyyesi hareket-i mürekkebeden birinin şiddetinin dört misline ve şiddeti asgariyyesi sıfıra müsâvidir. Binâberin $r' - r''$ tefâzul seyri nısf-ı tûl-ı mevcin zevc misli olan noktalarda savtın şiddeti dört def‘a tezâyüd ettiği gibi ferd misli bulunduğu noktalarda da savtın savta inzimâm-ı sükûnu intâc eder.

Eğer hareket-i ihtizâziyenin şiddetleri yekdiğerine müsâvi ve maâkis olur ise, ta ‘bîr-i âhirle:

$$k_1 = -k_2$$

bulunur ise:

$$k^2 = k_1^2 + k_2^2 - 2k_1^2\ bḥb\ 2\pi\frac{f}{l}$$

olacağı cihetle

$$bḥb\ 2\pi\frac{f}{L} = = 1$$

olduğuna göre:

$$k_1^2 + k_1^2 - 2k_1^2 = 0$$

ve bil‘akis

$$bḥb\ 2\pi\frac{f}{L} = -1$$

olduğuna göre de:

$$k^2 = k_1^2 + k_1^2\ 2k_1^2 = 4k_1^2$$

bulunur. Binâenaleyh evvelce istihrâc olunan netâyic burada bir akis olarak zuhûr eder.

İşte <emvâc-ı savtiyenin tedâhül-ü nazariyesi> bundan ibârettir:

Yekdiğerinin aynı iki merkez-i tasavvuttan çıkan iki savt, intişâr eyledikleri sahanın bazı nikatında birbirine inzimâm ve bazı nikatında ise yekdiğerini imhâ eder. Şöyle ki, (şekil 11) m, ḿ gibi yekdiğerinin aynı iki menba‘-ı savtdan sudûr eden iki hareket-i ihtizâziyye bir .. noktasında birbirine tesâdüf eylediği halde ḳ ḿ - ḳ m = $r' - r''$ tefâzul seyri $2\ ḥ\ \frac{L}{2}$ ye müsâvi olduğuna göre bu iki hareket-i ihtizâziyyenin sür‘atleri yekdiğerine bilhendese munzam olur, bil‘akis ḳ m - ḳ ḿ = $r' - r''$ tefâzulî $(2\ ḥ + 1)\ \frac{L}{2}$ ye müsâvi ise bu iki sür‘at de yekdiğerinden bilhendese tarh edilmiş bulunur. Bu halde m ḿ ḳ müstevîsi üzerinde ḳ, t, e gibi şiddet-i a‘zamiyyeyi hâiz olan noktalar muâdelesi:

$$r' - r'' = 2\ ḥ\ \frac{L}{2}$$

Sayfa 77

ve mihrâkları m , ḿ dan ibâret bulunan ḥ ḳ gibi kat‘-ı zâid münhanileri üzerine tesâdüf eder. Bilakis ḳ , ť gibi şiddet-i asgariyyeyi hâiz bulunan noktalar ise mihrâkları yine m, ḿ ve muâdelesi:

$$r' - r'' = (2ḥ + 1)\frac{L}{2}$$

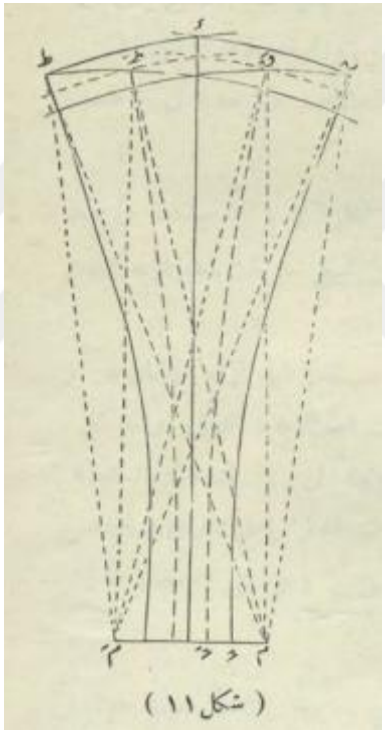
olan ḥ ḱ gibi kat‘-ı zâid münhanîleri üzerine tesâdüf eyler.

39) Tahkikât-ı Tecrübiye:

Nazariyât sabıkâ-i netâyici biltecrübe tahkîk olunabilir. Bunun için Dezen (Desains)in âlet-i mahsûsası veyâhud Huyken (Huyghens)in veyâhud Lissajo (Lissajous) nun <levha-i mühtezzesi> veyâ Konig (Koenig) in usulü üzere eşi‘a manometrikıyyeli iki aded sadâ

borusu velhâsıl Helmoc (Helmholz) un <çifte meleke-i savtı> isti‘mâl edilebilir[54]. Burada ise sâdece diyapazonun irâe ettiği âsar-ı tedâhülün zikriyle iktifâ edilecektir.

Hikmet-i tabîiyyede görüldüğü üzere bir diyapozonun iki kolu yekdiğerine takarrub ve yekdiğerinden tabâüd etmek üzere ihtizâz ettirilecek olur ise her kolundan bir savt hâsıl olur ki bunların muhassalası kulağın bulunduğu mevkı‘a göre tahavvül eder. Bu keyfiyyet diyapozonun kollarını kulak hizâsında devr etmekle veyâ diyâpozon sâbit ise etrâfında bir sandukçe-i tınnet gezdirmekle meydana çıkarılabilir; şöyle ki: İşitilen savtın şiddeti (şekil 12) evvel a ṣ á müstevi-i tenâzurî üzerinde a‘zâmıdır ki bu müstevi kolların makta‘larının büyük dıl‘larını muvâzîdir.



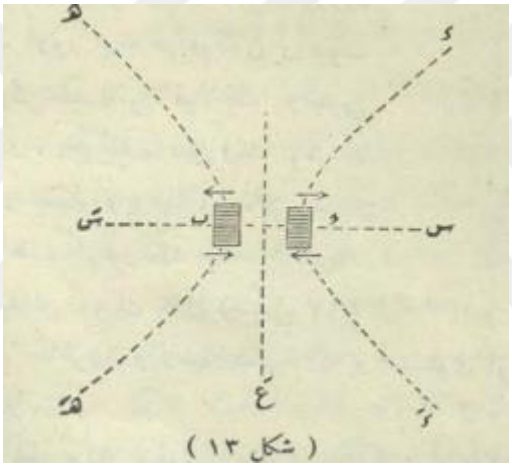
Şekil 11

Sâniyen bu müstevîye nâzım bulunan ve kolların makta‘larının küçük dıl‘larını müvâzi olan s ś müstevîsi üzerinde de şiddeti a‘zâmidır. Bil‘akis iştilen savtın şiddeti s m a, s m ṣ müstevîlerini s, a ve s, ṣ mihverlerine nazaran katr-ı akta‘ eden bir müstevî üzerinde asgarîdir. Meseleyi îzâh için diyapozon uçlarının bulunduğu müstevî-i afâkıyi (şekil 13)

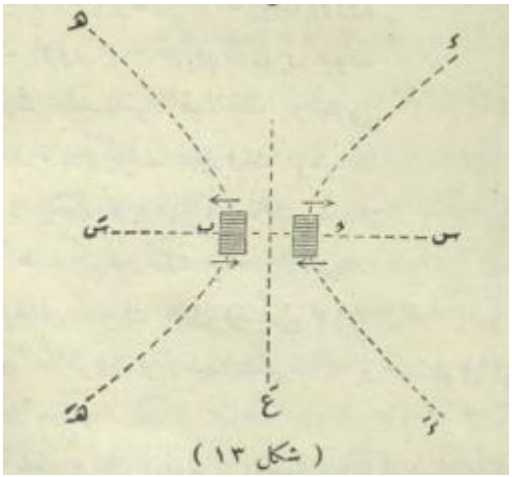
[54] Bu aletler için Dârülfünûn-u Osmaniyyenin birinci sene derslerine mürâcaat edilmeli.

Sayfa 78

tasavvur edelim. Bu müstevî üzerinde a á istikametinde şiddet-i savtı azamî olduğu gibi s ś istikâmetinde yine azamîdir. Fakat e ẹ é, h b ḥ ḥ́ kat‘-ı zâid kolları üzerinde savt kâmilen sükûna mübeddeldir. Kulak bu münhanî kolları üzerinde bulunduğu sırada diyapozonun diğer kolu bir boru derûnüne idhâl edilerek bu kolun hareket-i ihtizâziyyesinin intişârı men‘ edilecek olur ise açıkta kalan kolun ihtizâzından hâsıl olan savt derhâl iştilir. Veber (Veber) birâderler tarafından meydana çıkarılan bu hâdise bir diyapazonun kollarının ihtizâzıyla havada hâsıl olan emvâc kürreviyye-i mütevâfıkanın yekdiğerine müsâvi ve ma‘âkis şiddetleri hâiz olduğunu da isbât eder.



Şekil 12



Şekil 13

40) Ferenli Kâidesi : Mihânik-i umûmiyede görüldüğü üzere bir müstevî üzerinde keenne $f'^2 + f''^2$ yekdiğerini bir noktada kat‘ eden ve bir hatt-ı müstakîm ma‘lûm ile $la' - la''$ zâviyelerini teşkîl eyleyen iki kuvvetin muhassalası f ve bu muhassalanın yine bu hatt-ı müstakîm-i sâbit ile teşkîl ettiği zâviyede le gösterilir ise:

Sayfa 79

$$f^2 = f'^2 + f''^2 + 2 f' f'' \text{ bḥb } (la' - la'')$$

ve mümâs $$\text{le} = \frac{f' \text{ ḥb } la' + f'' \text{ ḥb } la''}{f' \text{ bḥb } la' + f'' \text{ bḥb } la''}$$

olur. Halbûki bu düstûrlar da

$$f' = k_1 \qquad f'' = k_2 \qquad f = k \qquad la' = 2\pi \frac{r'}{l}$$

$$la'' = 2\pi \frac{r''}{L} \qquad la = 2\pi \frac{r' - r''}{L}$$

farz olunur ise yukarıdaki (18), (19) numaralı düstûrlara dest-res olunur :

İşte meşâhir-i hükümetşinâsından Ferenli bu müşâbehetten bilistifâde bervech-i âti bir kâide vücûda getirmiştir:

<Her bir hareket-i ihtizâziyye k_1 tûlunda ve bir mihver-i sâbite nazaran $2\pi \frac{r'}{l}$ meylinde bir hatt-ı müstakîm ile gösterilir ise vüs‘at-i ihtizâzları ma‘lûm olan iki hareket-i ihtizâziye şiddet ve istikâmetleri ma‘lûm iki kuvvet gibi terkîb edilebilir.>

Bu kâideden istinbât olunacağı üzere böyle bir hatt-ı müstakîm ile irâe olunan her bir hareket-i ihtizâziyede keyfe mâ yeşâ safhaları hâiz iki hareket-i ihtizâziyeye tahlîl olunabilir. Ancak adedi nâ-mahdûd olan bu sureti tahlîl meyânında bercevch-i âti biri pek ziyâde isti‘mâl olunur ki bu da vüs‘ati k ve safhası $2\pi \frac{r}{l}$ olan hareket-i ihtizâziyyeyi, biri safhası sıfır, vüs‘at-i ihtizâzi diğeri $k \text{ bḥb } 2\pi \frac{r}{L}$, diğeri safhası $\frac{1}{4}$ ve vüs‘ati $k \text{ ḥb } 2\pi \frac{r}{L}$ olan iki hareket-i ihtizâziyye-i kaimeye tahlîldir.

41) Muhtelifü'd-devr İki Hareket-i İhtizâziyenin Terkîbi: Yekdiğerine muvâzî ve devirleri birbirinden cüz'i farkla iki hareket-i ihtizâziye tasavvur ve bu hareket-i ihtizâziyelerin bir noktada yekdiğerine iltihâk ettiğini farz edelim.

Bu nokta-i iltihâkta lâaletta'yîn bir ω zamânında her iki hareket-i ihtizâziyyenin sür'atleri:

$$B_1 = k_1 \hbar b\, 2\pi \left(\frac{\omega}{r''} - \frac{r'}{L'}\right)$$

Sayfa 80

$$B_2 = k_2 \hbar b\, 2\pi \left(\frac{\omega}{r} - \frac{r''}{L''}\right)$$

ile ifâde olunmak îcâb eder.

İmdi bu düstûrlardan ikincisi:

$$B_2 = k_2 \hbar b\, 2\pi \left\{\frac{\omega}{n'} - \frac{r'}{l'} + \frac{\omega}{n''} - \frac{r''}{l''} - \frac{\omega}{n'} + \frac{r'}{l'}\right\}$$

veya

$$B_2 = k_2 \hbar b\, 2\pi \left\{\frac{\omega}{n'} - \frac{r'}{L'} - \frac{r''}{L''} - \frac{r'}{L'} - \frac{n' - n''}{n'\, n''}\ \omega\right\}$$

tarzında yazılacak olur ise hareket-i muhassalaya, aynı devre tâbi bulunan ve yalnız safhaları beynendeki fazl:

$$\frac{r}{L} = \frac{r''}{L''} - \frac{r'}{L'} - \frac{n' - n''}{n'\, n''}\ \omega$$

miktarına müsâvi olan iki hareket-i ihtizâziyenin terkîbinden hâsıl olmuş nazarıyla bakılabilir.

Vâkıa bu surette ikinci hareketin safhası ω zamanıyla mütehavvil bulunur ise de zaten n', n'' devirleri yekdiğerine karîb farz olunduğu cihetle $n' - n''$ fazlı pek asgâr olacağından bu tahavvül keyfiyyeti de pek beta'etle vukûa gelir. Binâberin bir ihtizâz-ı tâm müddetinde $\frac{r}{L}$ safha-i muhassalası hassen sâbit bir kıymeti hâiz bulunur ve mes'ele de yalnız safhaları muhtelif iki hareket-i ihtizâziyye-i mütevâziyyenin terkîbi mes'elesine

irca‘ edilmiş olur. Fakat müteâkıb ihtizâz-ı tâmda $\frac{r}{L}$ safhası tamâmen aynı kıymeti muhâfaza edemeyeceğinden tedâhülü şerâiti biraz tahavvül etmiş bulunur.

İşte bu tahavvül devâm ettiği cihetle nokta-i mefrûzedeki tedâhül hâdisesi evvelce mesâfe dâhilinde intişâr ettiği gibi şimdi de aynı noktada ve zaman dâhilinde imtidâd eder. Tabir-i diğerle evvelce tedâhül, hareket-i muhassalanın imtidâdınca mesâfe bi-mesâfe vukûa geldiği halde şimdi bir noktada zaman bezmân husûle gelir.

Hareket-i muhassalanın şiddeti, safhalar beynendeki tefâzul, bir aded tâm ve yâhud $\frac{1}{2}$ kesirinin zevc misli olduğu zamanlarda azamî ve ferd misli bulunduğu zamanlarda asgarî olur.

Sayfa 81

Şiddet-i azamîler yekdiğerinden:

$$\Theta' = \frac{n' n''}{n' - n''}$$

fâsılalarıyla munfasıl zamanlarda husûle geldiği gibi şiddet-i asgariyeler de aynı fâsılalar ile tevâli eder. Tabir-i âhirle bu Θ' zamânı birbirini veli eden iki şiddet-i azamî veya iki şiddeti asgarî beynendeki fâsıla-i zamâneye ve $\frac{\Theta'}{2}$ de şiddet-i a‘zamî ile bunu veli eden şiddet-i asgarî meyânında güzerân olan müddete müsâvidir.

Binâenaleyh yekdiğerinden zamânen eb‘âd-ı mütesâviyede birtakım <darbe> ler vukuâ gelir ki bu darbeler meyânını yine zamânen yekdiğerine müsâvi iki kısma tefrîk edecek sûretde sükûnları hâsıl olur.

İşte Sauvur (Sauveur) un <Darban hâdisesi> bundan ibâretdir. Yukarıdaki Θ zamânı:

$$\Theta' = \frac{1}{\frac{1}{n''} - \frac{1}{n'}}$$

tarafında dahi yazılacağı cihetle bundan iki savt hakkında bervech-i âti bir netîce istihsâl

olunur. Şöyle ki $\frac{1}{n'}$ miktarı birinci hareket-i ihtizâziyyenin husûle getirdiği savtın sâniye-i vâhidedeki ṁ aded-i ihtizâzîni, $\frac{1}{n''}$ de ikinci savtın yine sâniye-i vâhide tarafındaki aded-i ihtizâzîni ifâde ettiğinden:

$$\odot'' = \frac{1}{m'' - m'}$$

olur. Şimdi sâniye-i vâhidede husûle gelen darbâtın adedi ile gösterilir ise aded-i mezkûr fâsıla-i zamânın aksine müsâvi olacağından:

$$ḥ = m'' - m'$$

bulunur. Bundan anlaşılır ki böyle iki savtın yekdiğerine inzimâmından hâsıl olan darbânın adedi, sâniye-i vâhidedeki aded-i ihtizâzları beynendeki fazla müsâvîdir. İşte

Sayfa 82

iki savtın şiddetleri yekdiğerine ne kadar karîb bulunur ise darbân hâdisesi de o kadar vâzıh olur Bir haldeki savtların şiddeti birbirine müsâvi olduğu farz edilir ise darbân da şiddetçe muzâaf ve sükûnlar da mutlak olur. Bilakis iki savtın perdeleri yekdiğerine ne kadar karîb bulunur ise darbân hâdisesi o kadar sür‘at ile ve ne mikdar birbirinden baîd olur ise o derece batâetle vukuâ gelir.

Hülâsa yekdiğerine muvâzi iki hareket-i ihtizâziyye bir istikamette olarak bir noktada birbirine iltihâk ettiği halde bu iki hareket müttehid’üd-devr olduklarına göre <tedâhül> ve muhtelifü’d-devr bulunduklarına göre de <Darbân> hâdisesi hâsıl olur.

Darbân hâdisesi esvât-ı basîte çıkaran âlet-i mûsıkîyyenin üzerinde bis-suhûle müşâhede olunabilir. Birbirinin aynı iki diyapazon alınarak birisinin kollarından birinin kısm-ı fevkanîsine küçük bir cism yapıştırılacak olur ise bu iki diyapazonun savtları beynendeki i’tilâf ihlal edilmiş olacağından derhâl tedâhül hâdisesi yerine darbân hâdisesi kâim olur. Darbân hâdisesi vasıtasıyladır ki organistler, bir orgun borularını akorde etmeğe muvâfık olmaktadırlar. Çünkü iki borunun sadâları beynendeki nisbet ne derce nisbet-i hâddiyyeye takarrub eder ise hâsıl olan darbân da o kadar yekdiğerinden tebâüd eder.

42) Savtın İrtifâ‘-ı Mutlaklarının Ta‘yîni: Darbân hâdisesini evvel-emirde tedkik eden Sauver, hâdise-i mezkûreden bilistifâde esvât-ı mûsıkîyyenin perdelerinin kıymet-i

mutlakalarını ta‘yin için bir tarîk bulmuştur. Şöyle ki aded-i ihtizâzları olan iki savt meyânında madde-i sâlife görüldüğü üzere:

$$m' - m = h$$

aded, darbân hâsıl olacağından şu savtların beynendeki f fâsıla-i mûsıkîyyesi veyâ

$$\frac{m'}{m} = f$$

nisbeti bilinecek olur ise bu iki münâsib vâsıtasıyla m, m' aded-i ihtizâzları bis-suhûle ta‘yîn olunur. Fi’l-hakîka yukarıdaki münasebetlerden:

$$m = \frac{h}{f-1}, m' = \frac{hf}{f-1}$$

bulunur. Fakat bu usûl hemân, hemân kabil-i icrâ değildir. Çünkü iki savtın ta‘dâdı kolay

Sayfa 83

olacak sûrette darbân hâsıl edebilmesi için m' aded-i ihtizâzının aded-i ihtizâzına pek karîb bulunması iktizâ eder. Bu halde ise $\frac{m'}{m}$ fâsıla veya nisbetini takdîr etmek müşkil olur.

Mamâfiye erbâb-ı hikmet-i tabîiyyeden Şibler (Scheibeler) bu mahzûre bir çâre bulmuştur: Mumâileyh aded-i ihtizâzı 220 den ibâret olan d le_2 den aded-i ihtizâzı 440 olan le_3 notasına kadar aded-i ihtizâzı dörder , dörder tezâyüd etmek üzere elli altı aded diyapazondan mürekkeb bir âlet vücûda getirmiştir.

Lâ-ale-tta‘yîn bir savt bu gâyeler ($lâ_1, lâ_2$) meyânında bulunacak olur ise bu savtın kıymet-i mutlakasını ta‘yîn için buna en karîb olan diyapazonun sadâsıyla hâsıl edildiği darbânın adedini ta‘dâd etmek kifâyet eder (1). Kıymeti ta‘yîn eyleyecek olan savtın aded-i ihtizâzı 220 ile 440 arasında bulunmayacak olur ise 1,2,3, def’a tezyîd veya tenkis edilerek bu meyâna idhâl edildikten sonra sâbıkı gibi icrâ-yı tecâribe olunur. İşte <tonometre> veya <mikyâsül-elhân> (Tonometre) nâmıyla ma‘rûf olan âletin esâsı bundan ibârettir.

43)Esvât-ı Muhassala: Sâniye-i vahidedeki aded-i ihtizâzları m', m'' olan ve yekdiğerinden farklı bulunan iki savt birden husûle getirilecek olur ise bunların ittihadından sâniye-i vâhidedeki aded-i ihtizâzı:

$$m = m'' - m'$$

olan bir savt hâsıl olur. İşte Hamburglu Sorc (Sorge) ve Monpelyeli Romeyo (Romieu) nun hemen aynı zamanda <esvât-ı muhassala> nâmıyla husûlünü haber verdikleri savt budur. Fi'l-hakika ayrı ayrı çalındığı vakit do_4 , fa_4 savtlarını hâsıl eden iki aded ince boru birden çalınacak olur ise hâsıl olan savt fa_2 den başka bir şey değildir. Ancak iki savtın böyle bir muhassala hâsıl etmesi için şiddetlerinin kâfi derecede bir kıymeti hâiz bulunması lâzımdır.Erbâb-ı hikmet-i tabîiyyeden Helmoc (Helmholtz) bu ciheti nazar-ı itibâra alarak hâdise-i mezkûreyi hareket-i ihtizâziyyeye ârız olan bir nev' te'sirât-ı muhilleye atf eylemiştir. Şöyle ki:

Sayfa 84

İhtizâzât-ı cüz'i ferdiye kâfi derecede asgar bulunduğu halde bu ihtizâzâtı hâsıl eden kuvây-ı elâstikıyye, eczâ-yı ferdiyenin muvâzanet-i vaziyetlerinden mikdâr-ı tebâüdleriyle mütenâsibdir; ve böyle harekât-i ihtizâziye-i sagîrenin yekdiğerine inzimâmı evvelce beyân olunan kavânîn-i riyaziyeye tevfikan vuku' bulur ise de ihtizâzâtın vüs'ati büyük olduğu takdirde kavânin-i mezkûre tamâmıyla, tatbîk olunamaz. Fi'l-hakika vüs'at-i ihtizâz büyük olur ise bittabi eczâ-yı ferdiyenin mikdâr-ı tebâüdlerinin murabba'ları kuvây-ı elâstikiyye hesâbında bir tesir-i mühim icrâ edeceğinden daha basit bir takım harekât-i ihtizâziye hâsıl olur. Meselâ bir diyapazon şiddetle ihtizâz ettirildiği sûrette dördüncü hadde kadar esvât-ı müellefeyi tevlîd eder. Fakat diyapazon daha cüz'i bir kuvvetle ihtizâz ettirildiği takdirde daha yüksek ve fakat gayr-ı müellef esvât hasıl olur.

İşte vüs'at-i ihtizâza mâlik olan iki hareket-i ihtizâziye veya iki savt bir noktada yekdiğerine mülâki olur ise bundan iki nev' muhassala husûle gelir: Biri aded-i ihtizâzi mürekkeblerin aded-i ihtizâzları beynindeki fazla müsâvi olan savtdır ki Helmoc buna <savt-ı tefâzulî> nâmı vermiş, diğeri aded-i ihtizâzi savt-ı mürekkeblerin aded-i ihtizâzları mecmu'na müsâvi bulunan savtdır ki buna da <savt mecmu'u> demiştir.

Esvât-ı muhassala garb mûsıkîsinde pek ziyâde hâiz-i ehemmiyettir.Çünkü esvât-ı mezkûrenin, ahenklerin sıhhat ve tamâmiyeti üzerine pek büyük te'sîr te'sîri vardır. Şöyle ki: âheng-i tâm-ı kebîri teşkîl eden esvâta ikinci sâmine de ilave edilecek olur ise:

Do	Mi	Sol	Do
$\frac{1}{1}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{2}{1}$

Silsilesi hâsıl olur ki bunlardan tevellüd eden esvât-ı muhassala bervech-i âtidir:

$\frac{5}{3} - \frac{1}{1} = \frac{1}{4}$ (savt-ı aslînin yani birinci do' nun pest za'f-ı sâminesi)

$\frac{3}{2} - \frac{1}{1} = \frac{1}{2}$ (savt-ı aslînin pest sâminesi)

$\frac{3}{2} - \frac{5}{3} = \frac{1}{4}$ (savt-ı aslînin pest za'f-ı sâminesi)

$\frac{2}{1} - \frac{5}{3} = \frac{2}{3}$ (hâmisenin yani sol'ün pest sâminesi)

$\frac{2}{1} - \frac{1}{1} = 1$ (savt-ı aslî)

halbuki bu esvât-ı muhassala, âhengi teşkîl eden üç savtı ve bilhassa savt-ı aslîyi

Sayfa 85

takviye edeceğinden bunlar meyânındaki te'lîf pek zâhir ve pek muayyen olur. Şimdi bir de:

Do	Mi 6	Sol	Do
$\frac{1}{1}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{2}{1}$

âheng-i tâm-ı sagîrini tetkîk edelim: Bu âhengi teşkîl eden esvâttan bervech-i âti:

$\frac{6}{5} - \frac{1}{1} = \frac{1}{5}$ (pest sâlise-i kübrânın pest za'f-ı sâminesi)

$\frac{3}{2} - \frac{1}{1} = \frac{1}{2}$ (savt-ı aslînin pest sâminesi)

$\frac{3}{2} - \frac{6}{5} = \frac{3}{10}$ (pest sâlise-i sugrânın pest za‘f-ı sâminesi)

$\frac{3}{2} - \frac{1}{1} = \frac{1}{1}$ (savt-ı aslî)

$\frac{2}{1} - \frac{6}{5} = \frac{3}{5}$ (pest sâlise-i kübrâ)

$\frac{2}{1} - \frac{3}{2} = \frac{1}{2}$ (savt-ı aslînin pest sâminesi)

esvât-ı muhassalası zuhûr eder. Fakat bunlar meyânında pest sâlise-i kübrâ ile hâmise yekdiğerine mütenâfir bulunduğundan ahengi tâm-ı sagîr kat‘i bir âhenk olamaz.

43) İki Hareket-i İhtizâziyenin Terkîbi: Bir m noktasını m s gibi yekdiğerine nazaran kâim iki istikâmette iki hareket-i ihtizâziye ile müteharrik farz edelim; ve bu hareket-i ihtizâziyelerin vüs‘at, safha ve devirlerini lâaletta‘yîn birer surette tasavvur eyleyelim. Bu halde şu iki hareket-i ihtizâziyenin safhaları beynindeki fazl ḥ olduğuna göre birinin ω zamanındaki sür‘ati:

$$B_1 = \frac{\partial a}{\partial \omega} = k_1 \hbar b \, 2\pi \frac{\omega}{n''}$$

ve diğerinin sürati de:

$$B_2 = \frac{\partial s}{\partial \omega} = k_2 \hbar b \, 2\pi \left(\frac{\omega}{n''} + \hbar\right)$$

ile ifâde olunabilir.

Bu muadelât-ı tefâzuliye itmâm edilir. k_1 , k_2 vüs‘ati ihtizâzları için münâsib bir vâhid-i kıyâsi ve mebde’-i zamân için de münâsib bir zaman intihâb olunur ise, m' , m'' sâniye-i vâhidedeki aded-i ihtizâzâtı irâe etmek üzere,

Sayfa 86

$$a = k_1 \, bḥb \, 2\pi \frac{\omega}{n'} = bḥb \, 2\pi \, \omega \, m'$$

$$s = k_2 \, bḥb \, 2\pi \left(\frac{\omega}{n''} + ḥ \right) = k_2 \, bḥb \, 2\pi \, (\omega \, m'' - ḥ)$$

bulunur ki bu düsturlarda m nokta-i mühtezzesinin ω zamanındaki kemmiyât-ı vaz‘iyyesinin ifâdelerinden başka bir şey değildir.

İşte bu iki muâdele meyânından ω zamânı ifnâ edilecek olur ise m noktasının her iki hareket-i ihtizâziyeye iştirâkı halinde resm edeceği muharrikin muâdelesi istihsâl edlir. Ancak sûret-i umûmiyyede olarak bu ifnâ maddesi pek müşkildir. Halât-ı husûsiyyede ise bil‘akis pek kolaydır. Binâberin bervech-i âti hâlat-ı husûsiyeyi yegân yegân mütâlaadan geçirmek iktizâ eder.

44) Evvela n', n'' ihtizâz-ı tâm müddetlerini yekdiğerine m' , m'' adedlerini de yine birbirine müsâvi farz edelim. Bu halde:

$$s = k_2 \, bḥb \, 2\pi \left(\frac{\omega}{n'} + ḥ \right)$$

veya

$$s = k_2 \, bḥb \, 2\pi \frac{\omega}{n'} \, bḥb \, 2\pi ḥ - k_2 \, ḥb \, 2\pi \frac{\omega}{n''} \, ḥb \, 2\pi ḥ$$

veyâhud

$$s = \frac{k_2}{k_1} \, a \, bḥb \, 2\pi ḥ - k_2 \sqrt{1 - bḥb^2 \, 2\pi \frac{\omega}{n'}} \times ḥb \, 2\pi ḥ$$

$$s = \frac{k_2}{k_1} \, a \, bḥb \, 2\pi ḥ - k_2 \sqrt{1 - \left(\frac{a}{k_1} \right)^2} \times ḥb \, 2\pi ḥ$$

$$s = \frac{k_2}{k_1} \, a \, bḥb \, 2\pi ḥ - \frac{k_2}{k_1} \sqrt{{k_1}^2 - a^2} \times ḥb \, 2\pi ḥ$$

$$s - \left(\frac{k_2}{k_1}\ bḥb\ 2\pi ḥ\right)a = -\frac{k_2}{k_1}\sqrt{{k_1}^2 - a^2} \times ḥb\ 2\pi ḥ$$

o tarafeyn terbî‘ olunur ise:

$$s^2 - 2\frac{k_2}{k_1}\ a\ s\ bḥb\ 2\pi ḥ + \frac{{k_2}^2}{{k_1}^2}\ a^2\ bḥb^2\ 2\pi ḥ = \frac{{k_2}^2}{{k_1}^2}\ \left({k_1}^2 - a^2\right) ḥb^2\ 2\pi ḥ$$

Sayfa 87

$$s^2 - 2\frac{k_2}{k_1}\ a\ s\ bḥb\ 2\pi ḥ + \frac{{k_2}^2}{{k_1}^2}\ a^2\ bḥb^2\ 2\pi ḥ - {k_2}^2\ ḥb^2\ 2\pi ḥ + \frac{{k_2}^2}{{k_1}^2}\ ḥb^2 2\pi ḥ = 0$$

$$s^2 - 2\frac{k_2}{k_1}\ a\ s\ bḥb\ 2\pi ḥ + \frac{{k_2}^2}{{k_1}^2}\ a^2\ (bḥb^2\ 2\pi ḥ + ḥb^2\ 2\pi ḥ) - {k_2}^2\ ḥb^2\ 2\pi ḥ = 0$$

$$s^2 - 2\frac{k_2}{k_1}\ a\ s\ bḥb\ 2\pi ḥ + \frac{{k_2}^2}{{k_2}^2}\ a^2 - {k_2}^2\ ḥb^2\ 2\pi ḥ = 0$$

velhâsıl

$$\frac{s^2}{{k_2}^2} + \frac{a^2}{{k_1}^2} - \frac{2\ bḥb\ 2\pi ḥ}{k_1\ k_2}\ s\ a = ḥb^2\ 2\pi ḥ$$

bulunur ki bu da merkezinden geçen iki mihver-i kâime nisbet edilmiş ve $2\pi ḥ$ zâviyesine göre bir vaz‘iyyet alarak dıl‘ları $2k_1$, $2k_2$ olan bir mustatil dâhiline resm olunmuş bir kat‘-ı nâkıs (şekil 14) muâdelesinden ibârettir.

Fi’l-hakîka evvel emirde $s = k_2$ farz edilecek olur ise muâdele-i mezkûreden:

$$1 + \frac{a^2}{{k_1}^2} - 2\frac{bḥb\ 2\pi ḥ}{k_1}\ a = ḥb^2\ 2\pi ḥ$$

veyâ

$$a^2 - 2\ k_1\ bḥb\ 2\pi ḥ \times a + {k_1}^2\ (1 - ḥb^2\ 2\pi ḥ) = 0$$

$$a^2 - 2\,k_1\,bhb\,2\pi h \times a + k_1^{\,2}\,bhb^2\,2\pi h = 0$$

$$a = \frac{2\,k_1\,bhb\,2\pi h \pm \sqrt{4\,k_1^{\,2}\,bhb^2\,2\pi h - 4\,k_1^{\,2}\,bhb^2\,2\pi h}}{2}$$

el-hâsıl

$$a = k_1\,bhb\,2\pi h = \overline{b\,h}$$

istihrâc olunur.

Sayfa 88

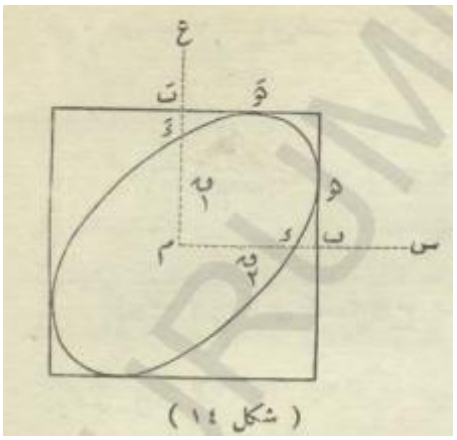
Bir kürede $a = k_1$ farz olunur ise:

$$s = k_1\,bhb\,2\pi h = \overline{b'h'}$$

bulunur. İmdi bu iki neticeden:

$$bhb\,2\pi h = \frac{\overline{b\,h}}{k_1} = \frac{\overline{b\,h}}{\overline{m\,b}}$$

$$bhb\,2\pi h = \frac{\overline{b'\,h'}}{k_1} = \frac{\overline{b'\,h'}}{\overline{m\,b'}}$$



Şekil 14

münâsbetleri bulunacağı gibi yine sırasıyla bir küre s = 0 ve bir küre de a = 0 farz edilerek:

$$ḥb\ 2\pi ḥ = \frac{m\ e}{m\ b'}$$

$$ḥb\ 2\pi ḥ = \frac{m\ e'}{m\ b'}$$

münâsebetleri istihsâl olunur. Bundan anlaşılır ki kat'-ı nâkısın $2k_2$, $2k_1$ mustatîli dâhilindeki vaz'iyyeti $2\pi ḥ$ zaviyesine tâbidir.

İşte iki hareket-i ihtizâziyyenin safhaları beynendeki fazl yani ḥ miktarı sıfır olduğuna göre (şekil 15) muâdele:

$$\frac{s}{k_1} - \frac{a}{k_1} = 0$$

şekline müncerr ve kat'-ı nâkıs da hatt-ı müstakîmine mübeddel olur. Fakat bu hattın emsâli zâviyesi $\frac{k_1}{k_2}$ olduğu gibi ibtidâi emirde $s = k_2$, $a = k_1$ bulunduğu ve sıfırdan geçerek muahhiren $s = -k_2$, $a = -k_1$ olduğu cihetle hatt-ı müstakîm-i mezkûrda evvel t dan ť ve bu'da ť dan t doğru resm edilmiş bulunur.

Sayfa 89

Eğer ḥ tefâzul safhiyetini $\frac{1}{8}$ kesrine müsâvi bulunur ise muâdele:

$$\frac{s^2}{k_2{}^2} + \frac{a^2}{k_1{}^2} - \frac{\sqrt{2}}{k_1 k_2}\, s\, a = \frac{1}{2}$$

şeklini kesb eder ki bu da s, a mihverlerine nazaran 45 derece mâil (şekil 16) bir kat'-ı nâkısı irâe eder.

Eğer $ḥ = \frac{2}{8} = \frac{1}{4}$ olur ise muâdele:

$$\frac{s^2}{k_2{}^2} + \frac{a^2}{k_1{}^2} = 1$$

sûretini kesb eder ki bu da kendi mihverlerine nisbet edilmiş bir kat'-ı nâkıs muâdelesinden ibârettir. Harekât-ı mürekkeb bu halde:

$$s = k_2 \text{bḥb} 2\pi \left(\frac{\omega}{n'} + \frac{1}{4} \right) = -k_2 \text{ḥb} 2\pi \frac{\omega}{n'}$$

$$a = k_1 \text{bḥb} 2\pi \frac{\omega}{n'}$$

muâdeleleriyle ifâde olunacağı cihetle kat‘-ı nâkıs sehmin irâe ettiği (şekil 17) cihette tersîm edilmiş bulunur.

Eğer $\text{ḥ} = \frac{3}{8}$ ise muâdele-i umûmiyye:

$$\frac{s^2}{k_2{}^2} + \frac{a^2}{k_1{}^2} - \frac{\sqrt{2}}{k_1 k_2} s a = \frac{1}{2}$$

olur ki bu da ‘s’ mihverine nazaran 135 derece mâil (şekil 18) bir kat‘-ı nâkıs irâe eder.

Eğer $\text{ḥ} = \frac{4}{8} = \frac{1}{2}$ bulunur ise muâdele-i umûmiyye (şekil 19)

$$\frac{s}{k_2} + \frac{a}{k_1} = 0$$

sûretini ahz eder ki bu da emsâl-i zâviyesi $\frac{k_1}{k_2}$ olan bir hatt-ı müstakîmi irâe eyler.

Sayfa 90

İşte bu hat yukarıda $\text{ḥ} = 0$ halinde istihsâl olunan hatt-ı müstakîmin mütenâzırı ise de ‘aksi cihete doğru resm edilmiştir:

Eğer $\text{ḥ} = \frac{5}{8}$ olur ise muâdele-i umûmiyye:

$$\frac{s^2}{k_2{}^2} + \frac{a^2}{k_2{}^2} - \frac{\sqrt{2}}{k_1 k_2} s a = \frac{1}{2}$$

olacağından $\text{ḥ} = \frac{1}{8}$ hâlinde istihsâl olunan kat‘-ı nâkısın aynı bir kat‘-ı nâkıs istihsâl edilir ise de burada da (şekil 20) yine kat‘-ı nâkıs diğerinin aksi cihetine doğru resm edilmiş olur.

Eğer $\text{ḥ} = \frac{6}{8} = \frac{3}{4}$ bulunur ise muâdele-i umûmiyye yine:

$$\frac{s^2}{k_2{}^2} + \frac{a^2}{k_1{}^2} = 1$$

sûretini kesb eder ve bu da mihveri tenâzurîlerine nisbet edilmiş bir kat‘-ı nâkısı ifâde eyler ise de hâlinde istihsâl olunan kat‘-ı nâkısın (şekil 21) ‘aksi cihetine resm edilmiş bulunur.

Eğer $\frac{7}{8}$ olur ise muâdele-i umûmiyye:

$$\frac{s^2}{k_2{}^2} + \frac{a^2}{k_1{}^2} - \frac{\sqrt{2}}{k_1 k_2} s\, a = \frac{1}{2}$$

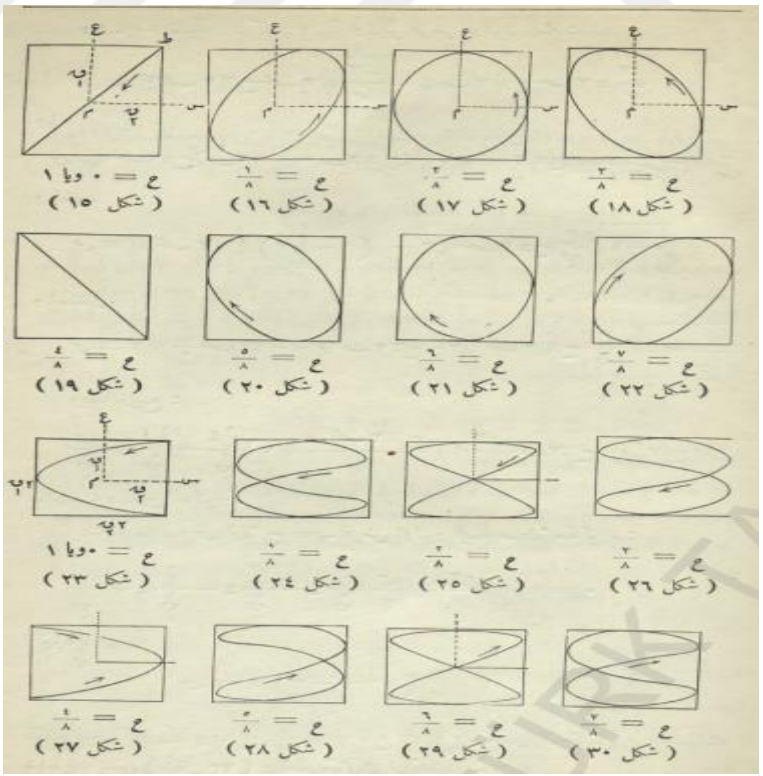
olur ki $\frac{3}{8}$ hâlinde zuhûr eden kat‘-ı nâkısın aynıdır. Ancak (şekil 22) bunun cihet-i tersîmi diğerinin ‘aksidir.

El-hâsıl $\frac{8}{8}$ = 1 olduğu surette muâdele-i umûmiyye yine:

$$\frac{s}{k_2} - \frac{a}{k_1} = 0$$

şekline müncerr ve kat‘-ı nâkıs da tekrar hatt-ı müstakîme mübeddel olur ki bu hatt-ı müstakîm hem vaz‘an hem ciheten c = 0 hâlinde istihsâl olunan hatt-ı müstakîmin aynıdır.

Sayfa 91



Şekil 15 : c = 0 veya 1 Şekil16 : $c = \frac{1}{8}$ Şekil 17 : $c = \frac{2}{8}$ Şekil 18 : $c = \frac{3}{8}$

Şekil 19: $c = \frac{4}{8}$ Şekil 20 : $c = \frac{5}{8}$ Şekil 21 : $c = \frac{6}{8}$ Şekil 22 : $c = \frac{7}{8}$

Şekil 23 : $c = 0$ veya 1 Şekil 24 : $c = \frac{1}{8}$ Şekil 25: $c = \frac{2}{8}$ Şekil 26: $c = \frac{3}{8}$

Şekil 27 : $c = \frac{4}{8}$ Şekil 28 : $c = \frac{5}{8}$ Şekil 29: $c = \frac{6}{8}$ Şekil 27: $c = \frac{7}{8}$

Sayfa 92

45) Sâniyen $n' = 2n''$ olduğu farz olunur ise:

$$s = k_2 \, bḥb\, 2\pi ḥ \, bḥb\, 2\pi \frac{2\omega}{n'} - k_2 ḥb\, 2\pi ḥ \, ḥb\, 2\pi \frac{2\omega}{n'}$$

veya

$$s = k_2 \, bḥb\, 2\pi ḥ \left(bḥb^2\, 2\pi \frac{\omega}{n'} - ḥb^2\, 2\pi \omega_{n'} \right) - 2k_2 ḥb\, 2\pi ḥ \, ḥb\, 2\pi \frac{\omega}{n'} \, bḥb\, 2\pi \frac{\omega}{n'}$$

veyâhud

$$s = k_2 \, bḥb\, 2\pi ḥ \left(2\frac{a^2}{{k_1}^2} - 1 \right) - 2k_2 ḥb\, 2\pi ḥ \, \frac{a}{k_1} \sqrt{1 - \frac{a^2}{{k_1}^2}}$$

velhâsıl

$$s = 2k_2 \frac{a^2}{{k_1}^2} \, bḥb\, 2\pi ḥ - k_2 \, bḥb\, 2\pi ḥ - 2k_2 ḥb\, 2\pi ḥ \, \frac{a}{k_1} \sqrt{1 - \frac{a^2}{{k_1}^2}}$$

ve ba‘del-terbi‘

$$\frac{s^2}{{k_2}^2} + \frac{4a^4}{{k_1}^4} - \frac{4a^2}{{k_1}^2} \left(1 + \frac{s \, bḥb\, 2\pi ḥ}{k_2} \right) + \frac{2s}{k_2} \, bḥb\, 2\pi ḥ + bḥb^2\, 2\pi ḥ = 0$$

muâdelesine dest-res olunur.

İşte bu halde dahi evvel $ḥ = 0$ farz olunur ise muâdele-i mezkûre:

$$\frac{s^2}{k_2{}^2} + 4\frac{a^4}{k_1{}^4} - 4\frac{a^2}{k_1{}^2} - 4\frac{a^2}{k_1{}^2}\frac{s}{k_1} + \frac{2s}{k_2} + 1 = 0$$

ve nihâyet-ül-emr

$$s = k_2\left(2\frac{a^2}{k_1{}^2} - 1\right)$$

şekline müncerr olur ki bu da s = 2 k_2 , a = 2 k_1 hatlarından müteşekkil bir mustatîlin dıl'larına mümâss (şekil 23) kat'-ı mükâfi irâe eder.

Sayfa 93

Eğer $h = \frac{4}{8} = \frac{1}{3}$ veya farz edilir ise muâdele:

$$s = -k_2\left(2\frac{a^2}{k_1{}^2} - 1\right)$$

sûretini ahz eyler ki bu da evvelki kat'-ı mükâfîye mütenâzır bir diğer (şekil 27) kat'-ı mükâfiyi irâe eder.

Eğer $h = \frac{2}{8} = \frac{1}{4}$ veya $h = \frac{6}{8}$ olur ise:

$$s = \pm k_2\left(2\frac{a}{k_1}\right)\sqrt{1 - \frac{a^2}{k_1{}^2}}$$

muâdelesine dest-res olunur. Muâdele-i mezkûre Fransızca 8 (sekiz) rakamı şeklinde bir münhanîyi irâe eder ki bu münhanînin merkezi (şekil 25) ve (şekil 26), mebde'de keenne bir nokta-i muzâafadan ibârettir. Münhanînin cem'an altı re'si vardır ki bunun ikisi şâkuli

ve $s = 0$, $a = \pm k_1$

kemmiyât-ı vaz 'iyyesine ve diğer dördü afâki ve

$$a = \pm\frac{k_2}{\sqrt{2}} \qquad s = \pm k_1$$

kemmiyât-ı vaz 'iyyesine tevâfuk eder.

Eğer h tefâzul safhiyyetini $\frac{1}{8}, \frac{3}{8}, \frac{5}{8}, \frac{7}{8}$ gibi bir kıymeti hâiz bulunur ise yine daima dıl'ları

$2k_1$, $2k_2$ olan mustatîl dâhiline mersûm birtakım münhanîler istihsâl olunur. Bu münhanîler (8) münhanîsinin merkezi üzerine kıvrılmasından ve kollarının birbirine yaklaşmasından harekek-i muhassalayı irâe eden münhanînin kat'ı- mükâfiden ta (8) münhanîsine ve bu münhanîden tekrar ma'kûs bir kat'ı- mükâfiye ne sûretle tahavvül ve avdet ettiğini izâh için şekillerin altına sıra numarası vaz' edilmiştir.

Alel-umûm m m , m' mütebâyin iki aded tâm olmak üzere $\frac{n'}{n''} = \frac{m}{m'}$ bulunur ise hareket-i muhassala münhanîsi mustatilin $s = \pm 2k_2$ dıl'ına m kadar ve $a = \pm 2k_1$ dıl'ına da m' kadar noktada temâs eder. Çünkü s, a kemiyyât- vaz 'iyyesinin kıyem-i azamiyyesi, bir taraftan $+k_2$ ile $-k_2$ ve diğer taraftan $-k_1$ ile $-k_1$ arasında mahsûrdur. Münhanî $a = +k_1$ $a = -k_1$ $s = +k_2$, $s = -k_2$ hatlarından müteşekkil mustatîle mümâss bulunur.Bundan başka a bir sâniye zarfında iki evvelki hatta $\frac{1}{n'}$ def'a ve ise diğer iki hatta $\frac{1}{n}$

Sayfa 94

def'a temâs eder. Halbuki $\frac{1}{n'}$ ile $\frac{1}{n''}$ arasındaki nisbet, sâniye-i vâhidedeki aded-i ihtizâzlar beynendeki nisbete müsâvidir; binâberin bir zaman muayyen zarfında afâki dıl 'ları ile m aded temâs vukua' gelir ise şâkuli dıl'ları ile de m' adedi defa temâs vukua' gelmiş olur.

46) Lisajo (Lissajous)' nun Tahkîki: İki hareket-i ihtizâziyye-i kaimenin terekkübünden hâsıl olan bu eşkâl en evvel Vayston (Wheatstone) tarafından nazar-ı itibâra alınmış ve mumâileyh bu bâbda <Kaleydofun> tesmiye ettiği altı isti'mâl eylemiştir. Fakat eşkâl-i mezkûreyi en vâzıh bir sûrette irâe etmeye muvâfık olan Leysajo'nun ihtira' ettiği bu usûl, bir şua'-ı ziyâîyyeyi beynleri bir fâsıla-i mûsıkiyyeyi ma'lûme ile tefrîk edilmiş iki diyapazonun müteâkıben te'sirine tâbi' kalmaktan ibârettir. Bunun için diyapazonlardan her birinin bir kolunun nihâyetine bir küçük âyîne veya adese rabt edilmiş ve diğer koluna husûl-ü muvâzenet zımnında bir küçük cism ilâve olunmuştur.

İşte karanlık bir oda dâhiline bir adese vâsıtasıyla bir şua'-i şems idhâl ve bu şua'-i şâkuli bir diyapazonun bir kolundaki âyînede mün'akis olduktan sonra bir haîl üzerine tevcih edilir.

Her iki diyapazon birbirine amûd iki müstevî üzerinde ihtizâz ettiği ve şua'-ı ziyâîde bu

iki ihtizâz-ı kaime iştirâk eddildiği cihetle, bunların safhaları beynendeki fazla göre hâil üzerinde bir münhanî teressüm eder. Vakıâ bu münhanîyi şua‘ sür‘atle resm eder ise de tabaka-i şebekîye üzerinde vaz‘iyyât-ı mütevâliyesinin te’sîri o kadar sür‘atle zâil olmadığından bir göz münhanî mersûmu bit-tamâm rü’yet eder[55].

[55] Bu ve diğer alet için birincisine hikmeti tabîiyye derslerine müracaat oluna.

Sayfa 95

BÂB-I SÂLİS

Enâbib-i Mutasavvıta

Sadâ boruları _ Bernolli nazariyesi : Kapalı sada boruları, kuvvânini; ukde ve batın noktaları _ açık sadâ boruları _ kuvvânîni; ukde ve batınları _ nazariyye-i mezkûrenin tedâhülü esvât nazariyesiyle îzâhı _ bir tarafı kapalı üstüvâne-i mahdûdede tedâhül-ü esvât _ tahkikât-ı tecrübiye _ tecrübe ile nazariyye meyânındaki tehâlüf, Postun nazariyyesi _ Hopkins ve (ket) ta‘dilâtı; mikdâr-ı sâbitin ta‘yîni _ tenbih _ boruların cidârlarının te’sîri _ sür‘at-i savtın borular vasıtasıyla ta‘yîni

47) Sadâ Boruları: Sadâ borularının isti‘mâli pek kadîddir : Adetâ kaval , düdük gibi âlet-i savtiyyenin zamân icâdı târihin edvâr-ı muzlımesi arasında gaib olmaktadır. Zamanımızda ise bu nev‘ alâtın isti‘mâli pek ziyâde ta‘mîm etmektedir. Fi’l-hakîka büyük kilîsalardaki cisim orgları binlerce muhtelif-elcins borudan mürekkebdir.

Bir sadâ borusundan çıkan savtın perdesi, borunun kenarları kâfi derecede kalın olduğu halde, ma‘mûl bulunduğu maddenin cinsiyle pek tahavvül etmez; bil‘akis derûnuna nefh olunan gazın cins ve kesâfeti ile tebeddül eder.

Mamafih bu nev‘ alâtın kâffesinde ihtizâz eden cisim, hevâdır. Üstüvâni veya menşûrî bir boru alınarak bir tarafından üflenecek olur ise derûnundaki hevâ ileriye doğru bir hareket-i mütemâdiye ile sevk edilmiş olur ise de borudan hiçbir ses istihsâl edilemez. Çünkü bir borudan ses çıkarabilmek için o boru derûnundaki hevâyı bir hareket-i mütemâdiye haline değil, bil‘akis bir hareket-i ihtizâziyye haline koymak lâzımdır.

Sadâ borularındaki hevâ sur-ı muhtelife üzere ihtizâz ettirilebilir. Bunun için borunun baş tarafına ya bir <ağız> veya bir <dil> ilâve edilir veyâhud hevâ boruya mâilen nefh olunarak kenarına çarpmak suretiyle bu ihtizâz hâsıl ettirilir. Fakat nefh olunan hevânın gerek borunun ağzındaki dudağa, gerek dile, veyâhud kenarına çarpmasından hâsıl olan

Sayfa 96

şey âdi bir ıslık sadâsıdır[56] . Bu ıslık yekdiğeriyle hem âhenk olmayan bir takım savtdan mürekkebdir ki boru bu esvât meyânında yalnız biri veya birkaçını bilintihâb takviye eder.

Sadâ borularının nazariyye-i riyâziyyesini en evvel vaz‘ ve te’sîs eden on sekizinci asır mîlâdi riyâziyyunundan Danil _ Bernolli (D. Bernoulli) dir. Mûmaileyh kapalı veya açık bir borunun, medhalinde husûle gelen esvât-ı muhtelifeden hangilerini intihâb ederek bittakviye i‘tâ edildiğini ta‘yîn edildiği gibi esvât-ı mezkûrenin boru dâhilinde sûret-i intişârını da irâe etmiştir.

48) Bir Tarafı Kapalı Sadâ Borusu: Kutrî tûluna nisbetle asgâr ve kendileri gayet mukâvemetle üstüvâni bir boru tasavvur ve şu borunun medhalinde husûle getirilen bir hareket-i ihtizâziyyenin dahilen sûret-i intişârını tetkîk edelim. Bunun için Bernolli tevfikan: Evvel borunun kapalı olan nihâyetiyle temâsta bulunan eczâyı ferdiyye-i hevânın sûret-i katiyyede sükût üzere bulunduğu, sâniyen açık olan tarafta (medhalinde) mikdâr-ı tekâsüfün sıfıra vey ta‘biri diğerle borudaki hevâ tabakasının kesafetinin hevâyı muhitînin kesafetine müsâvi olduğunu kabul edelim.

Bu halde borunun tûlu t ile gösterildiğine ve açık olan ucu yani medhali mebde’ ittihâz olunduğuna göre

$$s = t \qquad \text{kıymeti için} \qquad b = \frac{\partial \varphi}{\partial s} = 0 \tag{1}$$

$$s = 0 \qquad \text{kıymeti için} \qquad ne = \frac{\partial \varphi}{\partial s} = 0 \tag{2}$$

olacağından hareket-i ihtizâziyyenin bir üstüvâne-i gayr-ı mahdûde dâhilindeki intişâr-ı muâdelesi olan

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial \omega^2} = b^2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial s^2} \tag{3}$$

muâdele-i tefâzuliyesinin

$$s = ba\left(s + b\omega\right) + la\left(s - b\omega\right) \tag{4}$$

[56] Lokomotiflerin düdükleri böyle bir ıslık hâsıl eder bir ağızdan ibârettir.

tamâm-ı umûmiyyesinin tevâfuk etmesi icâb eder.

Sayfa 97

Bundan başka ba, la tâbi ‘leri hâl-i ibtidâiyye (mes’elenin şerâit-i ibtidâiyyesine) ta‘bîr-i âhirle$\circlearrowright = 0$ zamânında $\bar{B}$ = be sür‘at ve miktar-ı tekâsüfleriyle ma‘lûm olması lâzım gelen (madde: 22)

$$\bar{B} = \frac{\partial_{\circlearrowright} \bar{s}}{\partial_{\circlearrowright}} = b\,ba(s) - b\,la'(s) = by(s) \tag{5}$$

$$be = \frac{\partial_{\circlearrowright} \bar{s}}{\partial_{s}} = -ba(s) - la'(s) = bv(s) \tag{6}$$

tâbi‘lerine göre ta‘yîn edilmelidir.

Diğer taraftan k, k' . h , h', emsâl-i sâbitesi keyfî birer miktardan ibâret olmak üzere:

$$\bar{s} = \left(k\,\bar{h}b\,b\,e^{\circlearrowright} + k'\,b\bar{h}b\,b\,e^{\circlearrowright}\right)(h\,\bar{h}b\,e\,s + h'b\bar{h}b\,e\,s) \tag{7}$$

tâbi‘i (3) muâdele-i tefâzuliyyesine tevâfuk ettiğinden muâdele-i mezkûrede (4) tamâm-ı umûmiyyesinin bir şekl-i diğeri gibi kabûl olunabilir[57].

---

[57] Bu tâbiin ‘s’ mütehavviline göre müştakkı alınacak olur ise:

$$\frac{\partial_{\circlearrowright} \bar{s}}{\partial_{s}} = '\left(k\,\bar{h}b\,b\,e^{\circlearrowright} + k'\,b\bar{h}b\,b\,e^{\circlearrowright}\right)(h\,e\,b\bar{h}b\,e\,s - h'e\,\bar{h}b\,e\,s)$$

ve bir dah müştak alınır ise:

$$\frac{\partial^{2}_{\circlearrowright} \bar{s}}{\partial_{s^2}} = \left(k\,\bar{h}b\,b\,e^{\circlearrowright} + k'\,b\bar{h}b\,b\,e^{\circlearrowright}\right)(-h\,e^{2}\,\bar{h}b\,e\,s - h'\,e^{2}\,b\bar{h}b\,e\,s)$$

$$= e^{2}\left(k\,\bar{h}b\,b\,e^{\circlearrowright} + k'\,b\bar{h}b\,b\,e^{\circlearrowright}\right)(h\,\bar{h}b\,e\,s + h'b\bar{h}b\,e\,s) = -e^{2}\,\bar{s}$$

bulunacağı gibi $\circlearrowright$ zamanına göre müştakkı alındığı halde de:

Sayfa 98

Ancak ṣ tâbi‘nin bu şeklini evvel mes’elenin (1), (2) şartına ta‘dîl tevfîkan ta‘dîl etmek ve sâniyen hâl-i ibtidâiyye irâe eden (5) , (6) muâdele-i şartiyyelerine tevâfuk edip etmediğini tetkîk ve muâdelât-ı mezkûreye mutâbakatını te’mîn eylemek icâb eder.

Evvel birinci şarta nazaran $\odot$ zamanının kıymeti her ne olur ise olsun s = 0 için

$$\text{ne}\ \frac{\text{lâ}\ ṣ}{\text{lâ}\ s} = -\left(ḳ\ ḥb\ b\ e\ \odot + ḳ'\ bḥb\ b\ e\ \odot\right)(h\ e\ bḥb\ e\ s - h'\ e\ ḥb\ e\ s)$$

ifâdesinin sıfır olması mutlaka:

$$(h\ e\ bḥb\ e\ s - h'e\ ḥb\ e\ s)$$

mazrubunun – s = 0 kıymeti için sıfır bulunması menûttur ki bu da:

$$h = 0$$

olmasını intâc eder.

$$\frac{\text{lâ}\ ṣ}{\text{lâ}\ \odot} = \left(ḳ\ b\ e\ bḥb\ e\ \odot - ḳ'\ b\ e\ ḥb\ b\ e\ \odot\right)(h\ ḥb\ e\ s + h'\ bḥb\ e\ s)$$

ve binâberin

$$\frac{\text{lâ}^2\ ṣ}{\text{lâ}\ \odot^2} = \left(-ḳ\ b^{22}\ e\ ḥb\ b\ e\ \odot - ḳ'\ b^{22}\ e\ bḥb\ b\ e\ \odot\right)(h\ ḥb\ e\ s + h'\ bḥb\ e\ s)$$

veyâ

$$\frac{\text{lâ}^2\ ṣ}{\text{lâ}\ \odot^2} = -b^{22}\ e\ \left(ḳ\ ḥb\ b\ e\ \odot + ḳ'\ bḥb\ b\ e\ \odot\right)(h\ ḥb\ e\ s + h'\ bḥb\ e\ s)$$
$$= -b^{22}\ e\ ṣ$$

hâsıl oacağından bunlar (3) muâdele-i-i tefâzuliyyesinde mahallerine konulacak olur ise muâdele-i mezkûre:

$$-b^{2\ 2}e\ ṣ = -b^{22}e\ ṣ$$

şeklinde tahakkuk eder.

Sayfa 98

Ancak ṣ tâbi‘nin bu şeklini evvel mes’elenin (1), (2) şartına ta‘dîl tevfîkan ta‘dîl etmek ve sâniyen hâl-i ibtidâiyye irâe eden (5) , (6) muâdele-i şartiyyelerine tevâfuk edip etmediğini tetkîk ve muâdelât-ı mezkûreye mutâbakatını te’mîn eylemek icâb eder.

Evvel birinci şarta nazaran ω zamanının kıymeti her ne olur ise olsun s = 0 için

$$\text{ne}\ \frac{\text{lim}\ \varsigma}{\text{lim}\ s} = -\left(k_1 b e^{\omega} + k_2' b_1 b e^{\omega}\right)(h e b_1 b e s - h_2' e_1 b e s)$$

ifâdesinin sıfır olması mutlaka:

$$(h e b_1 b e s - h_2' e_1 b e s)$$

mazrubunun – s = 0 kıymeti için sıfır bulunması menûttur ki bu da:

$$h = 0$$

olmasını intâc eder.

Bu halde ṣ tâbi‘i:

$$\varsigma = \left(k_1 b e^{\omega} + k_2' b_1 b e^{\omega}\right) h_2' b_1 b e s \qquad (8)$$

şeklini kesb eyler.

Sâniyen (8) şeklini kesb eden ṣ tâbi‘nin ikinci şarta tevâfuk etmesi, ta‘bir-i âharle:

$$\frac{\text{lim}\ \varsigma}{\text{lim}\ \omega} = h_2' b_1 b e s\left(k_1 b e b_1 b e^{\omega} - k_2' b e_1 b e^{\omega}\right)$$

ifâdesinin s = t kıymeti için sıfıra müsâvi bulunması, mutlaka:

$$h_2' b_1 b e_1 = 0$$

veyâhud ḥ müsbet veya menfî bir aded-i sahîh olmak üzere:

Sayfa 99

$$t\,e = \frac{2h-1}{2}\,\pi \text{ veya } \quad e = (2h-1)\frac{\pi}{2t}$$

olmasına mütevakkıftır. Bu hâlde:

$$e = (2h-1)\frac{\pi}{2t}$$

olacağından s tâbi'nin (8) ifâdesinde mahaline vaz' olunur ise tâbi' mezkûr:

$$s = h'\,bhb(2h-1)\,\frac{\pi s}{2t}\left\{k\,hb(2h-1)\,\frac{b\pi}{2t} + k'\,bhb(2h-1)\,\frac{b\pi}{2t}\right\}$$

şeklini kesb eder.

Tâb' mezkûre dâhil olan h aded-i sahîhi müsbet ve menfî kıymetleri ahz edebilir ise de bunun yalnız kıyem-i müsbetesi ile de iktâfa olunur. Çünkü k, k' emsallerinin gayr-ı muayyen olmasından dolayı s tâbinin 'h' adedinin kıyem-i müsbetesine âid kıymetleri ile kıyem-i menfiyesine âid kıymetleri meyânında bir fark tesîs olunamaz. İşte 'h' adedinin her bir kıymet-i müsbetesi için bu tâb' hem borunun iki ucunda mevzu' olan şerâit-i hükmiyyeye hem muâdele-i tefâzuliyeye tevâfuk edeceği gibi bunların mecmu'u da tevâfuk eder.

Binâenaleyh mes'elenin en umûmi sûret-i hâli olmak üzere 's' tâbi 'ni 'h' adedinin mecmu' kıymetine göre:

$$s = mh\,h'\,bhb(2h-1)\left\{k\,hb(2h-1)\,\frac{b\pi}{2t} + k'\,bhb(2h-1)\,\frac{b\pi k}{2t}\right\}$$

şeklinde almak, ve h' emsâlini hızf ederek k, k' emsallerine de h aded-i tâmının kıyem-i müsbetesi ile keyfî olarak tahavvül eden iki mikdârı nazariyle bakmak iktizâ eder ise de mes'eleyi sadeleştirmek için burada 'h' adedinin la-ale-etta'yin bir kıymetine âid olmak üzere tâbi' mezkûr:

$$s = bhb(2h+1)\,\frac{\pi s}{2t}\left\{k\,hb(2h-1)\,\frac{b\pi}{2t} + k'\,bhb(2h-1)\,\frac{b\pi}{2t}\right\} \qquad (9)$$

sûretinde alınmıştır.

Sayfa 100

Ancak tâbi‘ mezkûr her ne şeklinde alınır ise alınsın $\omega = 0$ için yukarıda (5), (6) muâdeleleriyle ifâde olunan hâl-i ibtidâiye tevâfuk etmesi îcâb eder. Şimdi ne tâbi‘nin ω mütehavvillerine nazaran müştakları alınacak olur ise:

$$B = \frac{\partial \psi}{\partial \omega} = b h b\,(2h+1)\,\frac{\pi s}{2t}\left\{\frac{(2h+1)\,b\pi}{2t}\,k\,b h b\,(2h-1)\times\frac{b\pi\omega}{2t} - \frac{(2h-1)\,b\pi}{2t}\,k\,h b\,\frac{(2h+1)\,b\pi\omega}{2t}\right\}$$

$$ne = \frac{\partial \psi}{\partial s} = -\frac{(2h-1)\pi}{2t}\,h b\,(2h+1)\,\frac{\pi s}{2t}\left\{k\,h b\,(2h+1)\times\frac{b\pi\omega}{2t} + k' b h b\,(2h+1)\,\frac{b\pi\omega}{2t}\right\}$$

ve bu ifâdelerde $\omega = 0$ vaz‘ olunur ise nazîr nazîre:

$$\bar{B} = k\,0\,\frac{(2h+1)\,b\pi}{2t}\,b h b\,(2h+1)\,\frac{\pi s}{2t}$$

$$be = k'\,0\,\frac{(2h+1)\,b\pi}{2t}\,b h b\,(2h+1)\,\frac{\pi s}{2t}$$

bulunacağından

$$k\,0\,\frac{(2h+1)\,\pi}{2t} = k_1$$

$$k'\,0\,\frac{(2h+1)\,\pi}{2t} = k_2$$

farzıyle:

$$\bar{B} = b\,k_1 h b\,(2h+1)\,\frac{\pi s}{2t} \qquad (10)$$

$$be = k_2\,b h b\,(2h+1)\,\frac{\pi s}{2t} \qquad (11)$$

Sayfa 101

istihsâl edilir. İşte $\bar{B}$, be miktarlarının bu kıymetleri yukarıda (5), (6) muâdelelerindeki ifâdelerine müsâvi kalınacak olur ise:

$$b\,k_1\,hb\,(2\,h+1)\,\frac{\pi\,s}{2\,t} = -ba'(s) - b\,la'(s) = by(s) \qquad (12)$$

$$k_2\,bhb\,(2\,h+1)\,\frac{\pi\,s}{2\,t} = -ba'(s) - la'(s) = bv(s) \qquad (13)$$

muâdele-i şartiyyelerine dest-res olunur.

Bu muadelât-ı şartiyyeden birincisinin tarafı evveli bir tâb-ı ceybî olması tarf-ı saniyedeki by (s) tâb‘ında s yerine - s vaz ‘ olunduğu halde tâb-ı mezkûrun kıymetce sâbit kalmasını ve işaretçe tahavvül etmesini istilzâm eder. İkincisinin tarf-ı evveli bir tâb‘-ı temâmı ceybî olması ise tarf-ı sâniyede bulunan bv (s) tâb‘ında s yerine –s vaz‘ edildiği surette tâb‘-ı mezkûrun işâret ve kıymetçe sâbit kalması intac eyler: Ta‘bîr-i âharla tarf-ı evvellerin tarf-ı sâniyeler yerine kabûl edilebilmesi için by (s), bv (s) tâb‘larının:

$$by(-s) = -by(s) \qquad (14)$$

$$bv(-s) = bv(s) \qquad (15)$$

şartlarını hâiz bulunmaları lazım ve bundan başka bu tâb‘ların birer tâb‘-ı devri olmaları lâ-bûddur.

İşte:

$$by(s) = -b\,ba'(s) - b\,la'(s)$$
$$bv(s) = -ba'(s) - la\ (s)$$

tâb‘larında bu şartlar mevcûd olduğu her iki cihetten gayr-ı mahdûd farz olunan bir sütûn hevânın, s = 0 ile s = t arasında mahsûr bir kısm-ı mahdûdu, t tûlunda kapalı bir sadâ ile borusunda husûle gelecek bilcümle hâdisâtı ibrâz eder. Ta‘bir-i diğerle gayr-ı mahdûd bir sütûn hevâ bu hâl-i ibtidâîyyeyi hâiz bulunduğu takdirde mevzu-i bahs olan sadâ borusundaki mes’ele-i intişâr, her iki taraftan nâ-mahdûd olan bu sütûn-u hevâdaki mes’ele-i intişârı tahvil edilmiş olur.

Sayfa 102

Halbuki ‘by’, ‘bv’ tâbi‘lerinde (14), (15) şartlarının vücûdu farz olunabilir. Çünkü bu tâb‘leri mes’elede yalnız s = 0 ile s = t arasında birer kıymet-i muayyeneyi hâiz ve bu gâyelerin haricinde sûret-i mutlakada keyfî birer tâbi‘dirler. Binâenaleyh tevâbi‘-i

mezkûreyi s = 0 ile s = t arasında (14), (15) hassalarıyla muttasıf olarak intihâb etmek mümkündür.

İşte bu sûretle kapalı borunun dâhilinde savtın intişârı mes'elesini gayr-ı mahdûd bir sütûn üstüvânî-i hevânın derûnundaki intişârı mes'elesine tahvil eden mes'ele bervech-i âti hal olunur.

Boru dâhilinde fasılası olan bir noktada ω zamanındaki B sür'at ve ne miktârı tekâsüfü yukarıdaki ifâdelerine tevfîkan:

$$B = \frac{\partial p}{\partial \omega} = \left\{ b\, k_1\, b\mu b\,(2\mu+1)\,\frac{b\pi\omega}{2t} - k_1\,\mu b\,(2\mu+1)\,\frac{b\pi\omega}{2t} \right\} \times b\mu b\,(2\mu+1)\,\frac{\pi s}{2t}$$

$$ne = \frac{\partial p}{\partial s} = -\left\{ k_1\, b\mu b\,(2\mu+1)\,\frac{b\pi\omega}{2t} + k_1\, b\mu b\,(2\mu+1)\,\frac{b\pi\omega}{2t} \right\} \times \mu b\,(2\mu+1)\,\frac{\pi s}{2t}$$

olur ki bunların her ikisi de hem s mütehavvilinin hem ω zamânının birer tâbi'-i devrîlerinden ibârettir. Şimdi evvel emirde, μ aded-i tâmmının lâ-ale-tta'yîn bir kıymetine göre gerek B gerek ne miktarlarının ω zamanına nazaran devirlerine imtidâdı:

$$(2\mu+1)\,\frac{b\pi\omega}{2t} = 2\pi$$

müsâvatında istihsâl olunan:

Sayfa 103

$$\omega = \frac{4t}{(2\mu+1)b}$$

müddetine müsâvidir. Bir sûretteki boru dâhilinde fâsılası 's' olan nokta-i muayyenede

$$\omega = \frac{4t}{(2\mu+1)b}$$

fâsıla ile ayrılmış zamanlarda sür'at-i ihtizâz ve miktâr-ı tekâsüfü aynı kıymetleri kesb eder. Halbuki, bu suretle ta'rîf olunan ω müddeti boru dâhilinde keenne lâ-ale-tta'yîn bir noktadan bir mevc-i tâmmın mürûru için geçen müddetten ve daha doğrusu borunun

medhalindeki savtı hâsıl eden hareket-i ihtizâziyyenin n derûnundan başka bir şey değildir.

Binâberin $\circlearrowright$ yerine n vaz‘iyle:

$$n = \frac{4t}{(2h+1)b} \tag{16}$$

bulunacağı gibi borunun medhalinde hâsıl olan savtın sâniye-i vâhidedeki aded-i ihtizâzı da m ile gösterildiğine göre:

$$m = \frac{1}{n} = \frac{(2h+1)b}{4t} \tag{17}$$

olmak lâzım gelir.

Bundan istintâc olunur ki t tûlunda kapalı bir boruda husûle gelebilen en pest (aded-i ihtizâzı en az olan) savt $h = 0$ kıymetine tavâfuk eden:

$$m = \frac{1}{n}\frac{b}{4t}$$

savtıdır ki buna borunun <savt-ı aslîsi> nâmı verilir. Fakat h aded-i tâm müsbeti mütevâliyen 1, 2, 3 ….. adedlerine müsâvi farz olunabildiğine göre borudan aded-i ihtizâzı savt-ı aslînin aded-i ihtizâzının 3, 5, 7 ….. misli olan esvât-ı müellife istihsâl edilmesi de icâb eder.

Sâniyen ‘B’ miktarlarının s bu‘duna nazaran devirlerinin imtidâdı:

Sayfa 104

$$(2h+1)\frac{\pi s}{2t} = 2\pi$$

münasebetinden istihrâc olunan:

$$s = \frac{4t}{(2h+1)}$$

dan ibârettir. Bir halde ki ‘h’ aded-i tâmının aynı bir kıymeti yani borunun çıkarabildiği esvât-ı müellefeden lâetta‘yîn biri için boru dâhilinde yekdiğerinden:

$$\frac{4t}{2h+1}$$

kadar bir bu‘dla tefrîk edilmiş olan noktalarda ‘B’ sür‘ati ihtizâzı ve ne miktar-ı tekâsüfü aynı kıymeti hâizdir. Bundan anlaşılır ki:

$$\frac{4\,t}{2\,n+1}$$

fâsıla-i bu‘diyyesi borunun dâhilinde intişâr eden savtın tûl-u mevcinden başka bir şey değildir. Bu hâlde tûl-u mezkûr L ile ifâde edilecek olur ise:

$$L = \frac{4\,t}{2\,n+1}$$

bulunur. Savt-ı aslî için $n = 0$ olduğundan savt-ı mezkûrun tûl-u mevcî

$$L = 4\,t$$

olmak ve ta‘bir-i âhirle borunun tûlunun dört misline müsâvi bulunmak lâzım gelir.

Şimdi boru dâhilinde bir anda, bir savt-ı muayyen için, sür‘ati ihtizâzları sıfır olabilen nikâtı taharrî edelim: Bunun için ‘B’ ifâdesinin ‘s’ fâsılasına tâbi‘ bulunan:

$$bnb\,(2\,n+1)\,\frac{\pi\,s}{2\,t}$$

mazrûbunu sıfıra müsâvi kılmak kifâyet eder. Fi-l-hakika:

Sayfa 105

$$bnb\,(2\,n+1)\,\frac{\pi\,s}{2\,t} = 0$$

muâdelesinden, ‘r’ bir aded-i sahîh olmak üzere,

$$s = \frac{(2\,r+1)\,t}{(2\,n+1)}$$

bulunur. Bu halde n aded-i sahîhin bir kıymet-i muayyenesi (yani herbir savt-ı müellefe) için r aded-i tâmına sırasıyla 0, 1, 2, … kıymetleri verildiği halde bulunacak olan:

$$\frac{t}{2\,n+1}\ \frac{3\,t}{2\,n+1}\ \frac{5\,t}{2\,n+2}\ \cdots\ \frac{(2\,n+1)}{(2\,n+1)}\,t \qquad (18)$$

bu‘dlarına tesâdüf eden noktalarda sür‘at-i ihtizâz sıfıra müsâvi bulunur ki bu noktalara <ukde noktaları> denilir.

Birbirini müteâkib iki ukde noktası beynendeki fâsıla ales-seviye:

$$s_{r+1} - s_r = \frac{2t}{2n+1} = \frac{L}{2}$$

Nısf-ı tûl mevcine müsâvidir.

Diğer taraftan yine boru dâhilinde bir savt-ı müellefe (yani n adedinin bir kıymeti) için ne miktâr-ı tekâsüfü sıfır olan noktalar aranılacak olsa bunda ne ifâdesinin s mütehavvilini hâvi mazrubunu sıfıra müsâvi kılmak kifâyet eder. Bu hâlde:

$$nb(2r+1)\frac{\pi s}{2t} = 0$$

ve binâberin r aded-i sahîh olmak üzere:

$$s = \frac{2rt}{2n+1}$$

istihsâl olunur. Binâenaleyh aynı savt-ı müellefe için r aded-i tâmına 1,2 … kıymetleri verildiği halde bulunacak olan:

Sayfa 106

$$\frac{2t}{2n+1}\ \frac{4t}{2n+1}\ \frac{6t}{2n+2}\cdots\ \frac{2rt}{2n+1} \qquad (19)$$

mesâfelerine tesâdüf eden noktalarda miktâr-ı tekâsüfü sıfır olur; ta‘bir-i âhirle tazyîk, tazyîk-i hâricîye müsâvi bulunur ki bu noktalarda da bilhassa <batın noktaları, nâmı verilir.

Birbirini müteâkıb iki batn arasındaki fâsıla ales-seviye:

$$s_{r+1} - s_r = \frac{2t}{2n+1} = \frac{L}{2}$$

dir.

Ukde ve batın noktalarının medhâle olan bu‘dlarını ifâde eden bu iki silsile nazar-ı dikakte alınacak olur ise görülür ki kapalı bir boruda borunun ağzı dâima bir batn ve kâidesi bir ukde olmak üzere batn ve ukde noktaları mütenâviben mevzû‘ ve yekdiğerinden $\frac{L}{2} = \frac{t}{2n-1}$ kadar bir fâsıla ile müteferrikdir.

Bu îzâhatdan anlaşılacağı üzere kapalı bir boruda ukde ve batın noktalarının aded ve mevki‘ borudan çıkarılan savta (yani n adedinin kıymetine) göre tahavvül eder.

49) Bernolli Kavânîni: Boruya kadar istihrâc olunan netâyic hülâsa edilecek olur ise kapalı borular hakkında Bernolli' nin kuvânînine dest-res olunur:

Evvelâ kapalı bir boru savt-ı aslî ile ferd-i mürettebeden olan esvât-ı müellefeye îtâ edebilir.

Sâniyen bu esvâttan her birinin perdesi -şerâiti mütesâviye tahtında- borunun tûluyla ma'kûsen mütenâsibdir.

Sâlisen kapalı bir borunun îtâ edildiği savt-ı aslînin tûl-u mevci borunun tûluyla dört misline müsâvidir.

Râbian borunun mebde'-i batın ve müntehâsı ukde olmak üzere ukde batın noktaları mütenâviben mevzû' beynleri rabi' tûl-u mevc kadar bir bu'd ile mefsûldur.

Sayfa 107

50) Açık Sadâ Borusu: İki tarafı açık, katrî tûluna nisbetle gayet asgar, cidârları gâyet metîn bir üstüvâni sadâ borusu tasavvur edelim ve bunun medhalinde husûle getirilen bir savtın boru derûnunda sûret-i intişârını tetkîk eyleyelim.

Bernolliye tevfîkan borunun serbest olan iki ucunda tazyîk-i hevâ, tazyîk-i nesîmîye müsâvi bulunacağından "ne" miktâr-ı tekâsüfü sıfır olur. Bu hâlde borunun tûlu "ṭ " ile gösterildiğine ve medhali mebde'-i ittihâz edildiğine göre:

$$\frac{\partial^2 ş}{\partial \odot^2} = b2\,\frac{\partial^2 ş}{\partial s^2} \qquad (1)$$

muadele-i tefâzîlesinin

$$ş = \left(k\,ḥb\,b\,e^{\odot} + k'\,bḥb\,b\,e^{\odot}\right)\left(h\,ḥb\;e\,s + h'\,bḥb\,e\,s\right)$$

tamâmiyesi:

$$s = 0 \qquad \text{kıymeti için} \qquad ne = -\frac{\partial ş}{\partial s} = 0 \qquad (2)$$

ve $s = t$ kıymeti için $\frac{\partial \varphi}{\partial s} = 0$ (3)

şartlarına tevâfuk etmesi îcâb eder.

İşte madde-i sâbıkada görüldüğü üzere:

$$\text{ne} = \frac{\partial \varphi}{\partial s} - \left(k\,\text{hb}\,b\,e^{\omega} + k'\,\text{bhb}\,b\,e^{\omega}\right)\left(h\,e\,\text{bhb}\,e\,s + h'e\,\text{hb}\,e\,s\right)$$

olduğundan bu ifâdenin, ω zamânı her ne olur ise olsun, (2) şartına tevâfuk etmesi mutlaka

$$\left(h\,e\,\text{bhb}\,e\,s - h'e\,\text{hb}\,h\,s\right)$$

mazrubunun, s = 0 kıymeti için, sıfıra müsâvi bulunmasına mütevâkıftır ki bu da:

$$h = 0$$

neticesini îta eder ve bu halde φ tâb'ı da

Sayfa 108

$$\varphi = \left(k\,\text{hb}\,b\,e^{\omega} + k'\,\text{bhb}\,b\,h\,e^{\omega}\right)h'\,\text{bhb}\,e\,s$$

şeklini kesb eyler.

Sâniyen bu şekli kesb eden φ tâb' ının da (3) şartına tevâfuk eylemesi için de:

$$\text{ne} = \frac{\partial \varphi}{\partial s} = -\left(k\,\text{hb}\,b\,e^{\omega}\,k'\,\text{bhb}\,b\,e^{\omega}\right)h'\,e\,\text{hb}\,e\,s$$

ifâdesinde vâkî $h'\,e\,\text{hb}\,e\,s$ mazrubunun $s = t$ kıymeti için sıfır olması yani:

$$h'\,e\,\text{hb}\,e\,t = 0$$

ve binâberin h bir aded-i tâm olmak üzere:

$$e\,t = h\,\pi \qquad \text{veya} \qquad e = \frac{h\,\pi}{t}$$

bulunması lâzımdır. İşte bu iki şart-ı hükmîye tevâfuk eden φ tâb'ı:

$$\varphi = h'\,\text{bhb}\,h\,\frac{\pi\,s}{t}\left(k\,\text{hb}\,h\,\frac{b\,\pi\,\omega}{t} + k'\,\text{bhb}\,h\,\frac{b\,\pi\,\omega}{t}\right)$$

olur ki tâbi‘ mezkûr da h' emsâlinden sarf-ı nazâr olunduğu ve n adedinin yalnız kıymet-i müsbetesi ile kifâyet kılındığı halde:

$$s = b n b n \frac{\pi s}{t} \left(k n b n \frac{b \pi \omega}{t} + k' b n b n \frac{b \pi \omega}{t} \right) \tag{6}$$

sûretinde yazılabilir.

Şimdi şerâit-i hükmiyeye tevâfuk eden tâb‘ın ω , s mütehavvillerine nazaran müştaklarını alarak B , ne miktarlarının ifâdelerini istihsâl edelim. Bu hâlde:

$$B = \frac{\partial s}{\partial \omega} = \left(k n \frac{b \pi}{t} b n b n \frac{b \pi \omega}{t} - k' n \frac{b \pi}{t} n b n \frac{b \pi \omega}{t} \right) b n b n \frac{\pi s}{t}$$

$$ne = -\frac{\partial s}{\partial s} = -\left(k n b n \frac{b \pi \omega}{t} k' b n b n \frac{b \pi \omega}{t} \right) n b \frac{n \pi}{t} n b n \frac{\pi s}{t}$$

Sayfa 109

veyâhud: $k n \frac{b \pi}{t} = k_1$ ve $k' n \frac{\pi}{t} = k_2$

vaz ‘iyle:

$$B = \left(k_1 b b n b n \frac{b \pi \omega}{t} - k_2 b n b n \frac{b \pi \omega}{t} \right) b n b n \frac{\pi s}{t} \tag{7}$$

$$ne = -\left(k_1 n b n \frac{b \pi \omega}{t} - k_2 b n b n \frac{b \pi \omega}{t} \right) n b n \frac{\pi s}{t} \tag{8}$$

bulunur.

Mevzû‘ bahs olan boru mes’elesini iki cihetten gayr-ı mahdûd bir sütûn hevâ mes’elesini tahvîl için, B ve ne miktarlarının bu kıymetlerinin hâl-i ibtidâiyye tevâfuk etmeleri ve bunun için de $\omega = 0$ zamânında bulunacak olan:

$$\overline{B} = k_1 b b n b n \frac{\pi s}{t} \tag{9}$$

$$be = k_2\, hb\, h\, \frac{\pi s}{t} \qquad (10)$$

kıymetlerinin nazîr-i nâzire:

$$\overline{B} = b\, ba'(s) - b\, la(s) = by(s)$$
$$be = -ba'(s) - la'(s) = bv(s)$$

tâbi‘ lerine muâdil bulunması lâzımdır. Halbuki s = 0 ile s = t arasında

$$by(s) = k_1\, b\, bhb\, h\, \frac{\pi s}{t}$$
$$bv(s) = k_2\, hb\, h\, \frac{\pi s}{t}$$

olduğunu farz eylemek by, bv tâbi‘ lerini:

$$by(-s) = by(s) \qquad (11)$$

Sayfa 110

$$bv(-s) = -bv(s) \qquad (12)$$

şartlarına tevâfuk edecek sûrette devri olduklarını kabul etmek demektir. “bv” ise mümkündür. Zîra by, bv tâbi‘leri s = 0 ile s = t gâyeleri hâricinde keyfî birer tâb‘ bulunduğundan bunları s = 0 ile s = t arasında (11) ve (12) şartlarına tevâfuk edecek sûretinde intihâb etmek güç değildir.

İşte bu farziyât dâiresinde, mevzû‘-i bahs olan boru mes’elesi bir üstüvâne-i gayr-ı mahdûde mes’elesine tahvîl edilmiş bulunacağından mes’ele-i mezkûre (7), (8) düstûrlarına tevfîkan bervech-i âti hal olunur. Şöyleki: Bu düstûrlara nazaran: böyle bir boru 0 B ve ne miktarları hem s mesâfesinin hem ω zamanının birer tâb‘-ı devrîsinden ibâret oldukları sâbit olur.

Şimdi evvelâ h aded-i tâmını lâ-ale-tta‘yîn bir kıymet-i müsbetesine göre B ve ‘ne’ mikdarlarının ω zamanına nazaran devirleri:

$$h\, \frac{b\, \pi\, \omega}{t} = 2\pi$$

müsâvatından istihsâl olunan:

$$\text{⊙} = \frac{2t}{hb}$$

müddetine müsâvidir. Bir sûretde ki boru dâhilinde fâsılası s olan bir nokta-i sâbitede

$$\text{⊙} = \frac{2t}{hb}$$

fâsılası ile ayrılmış zamanlarda sür‘at-i ihtizâz ve mikdâr-ı tekâsüfü aynı kıymetleri kesb ederler. Bu sûretle ta‘rîf olunan ⊙ müddeti ise boru dâhilinde keenne lâaletta‘yîn bir noktadan bir mevc-i tâmmın mürûru için geçen zamandan ve daha doğrusu borunun medhalinde vukûa‘ getirilen savtı hâsıl eden hareket-i ihtizâziyyenin n devrinden başka bir şey değildir. Binâberin:

$$n = \frac{2t}{hb} \qquad (13)$$

olacağı gibi hâsıl olan savtın sâniye-i vâhidedeki m aded-i ihtizâzî de:

Sayfa 111

$$m = \frac{1}{n} = \frac{hb}{2t} \qquad (14)$$

olmak lâzım gelir. Bundan istintâc olunur ki t tûlunda bir açık sadâ borusundan istihsâl olunabilen en pest (aded-i ihtizâzî en az) savt h = 1 kıymetine tevâfuk eden:

$$m = \frac{1}{n} = \frac{b}{2t}$$

savtıdır ki bu da borunun <savt-ı aslî> sinden ibârettir. Fakat h aded-i tâmı mütevâliyen 1, 2, 3, ….. farz edebileceğine göre borudan aded, ihtizâzları savt-ı aslînin 2,3,4,5, …. misli olan esvât istihsâl edilmese de icâb eder.

Sâniyen B, ne miktarlarının medhale olan s bu ‘duna nazaran devirlerinin imtidâdı:

$$h = \frac{\pi s}{t} = 2\pi$$

ifâdesinden istihsâl olunan:

$$s = \frac{2t}{h}$$

dan ibârettir. Bir cihetledir ki h aded-i tâmının aynı kıymeti için (yani borunun çıkardığı esvât-ı müellefeden her biri için) boru dâhilinde yekdiğerinden:

$$s = \frac{2t}{h}$$

kadar birer bu‘dla tefrîk edilmiş olan noktalarda B sür‘at-i ihtizâzi ve ne miktar-ı tekâsüfü aynı kıymetleri hâizdirler.

Bundan anlaşılır ki:

$$\frac{2t}{h}$$

fâsıla-i bu‘diyesi boru dâhilinde intişâr eden savtın tûl-ı mevcinden başka bir şey değildir: Tûl-ı mezkûr L ile ifâde edilecek olur ise:

$$L = \frac{2t}{h}$$

Sayfa 112

bulunur. Savt-ı aslî için $h = 1$ olduğundan savt-ı mezkûrun tûl-ı mevci de:

$$L = 2t$$

ve ta‘bir-i diğerle borunun tûlunun za‘fına müsâvi olur.

Şimdi böyle bir boru dâhilinde bir anda bir savt-ı muayyen için sür‘at-i ihtizâzları sıfır olan nikâtı taharri edelim: Bunun için B ifâdesinde s fâsılasına tâbi bulunan:

$$bhb\,h\,\frac{\pi s}{t}$$

mazrûbunu sıfıra müsâvi kalmak kifâyet eder. Fi-l-hakika:

$$bhb\,h\,\frac{\pi s}{t} = 0$$

muâdelesinden, r bir aded-i sahîh olmak üzere:

$$s = \frac{(2r+1)}{2h}$$

bulunur. İşte aded-i sahîhin bir kıymet-i muayyenesi için r aded-i tâmmına sırasıyla 0,1,2,2 …. kıymetleri verilecek olur ise methalden mütevâliyen:

$$\frac{t}{2h}\ \frac{3t}{2h}\ \frac{5t}{2h}\ \ldots\ \frac{(2r+1)}{2h} \qquad (13)$$

bu‘dlarına dest-res olunur ki bu bu‘dlara tesâdüf eden noktalar <ukde> noktalarından ibârettir.

Birbirini müteâkıb iki ukde noktası arasındaki bu‘d:

$$s_{r+1} - s_r = \frac{t}{h} = \frac{L}{2}$$

nısf-ı tûl-ı mevcine müsâvidir.

Diğer taraftan yine boru dâhilinde bir savt-ı müellefe için ne miktar-ı takabbuzunun sıfır olduğu noktalar aranılacak olur ise bunun için de:

$$hb\,h\,\frac{\pi s}{t} = 0$$

vaz‘ eylemek kifâyet eder. Fi-l-hakika r yine bir aded-i tâmm olmak üzere:

Sayfa 113

$$s = \frac{k}{h}\,t$$

istihsâl edilir ki bunda da mütevâliyen k aded-i tâmına 0, 1,2, …. kıymetleri verildiği halde batın noktalarının medhale olan:

$$., \qquad \frac{t}{h} \quad \frac{2t}{h}, \frac{3t}{h} \ldots . \frac{kt}{h} \tag{18}$$

bu‘dları bulunur.

Birbirini müteâkıb iki batn arasındaki mesâfe ale-seviye:

$$s_{r+1} - s_r = \frac{t}{h} = \frac{L}{2}$$

Nısf-ı tûlu mevcine müsâvidir.

Ukde ve batn noktalalarının medhale olan bu‘dlarını ifâde eden bu iki silsileden zâhir olacağı vech üzere açık bir sadâ borusunda ağız ile kaide bir batın olmak üzere batın ve

ukde noktaları mütenâviben tekrar eder; ve yekdiğerinden $\frac{L}{4} = \frac{t}{h2}$ bir fâsıla ile mevzu‘ a bulunur.

İşte boruya kadar istihrâc oluna netâyic hülâsa edilecek olur ise açık sadâ boruları hakkında Bernolli’ nin bervech-i âti kânunlarına dest-res olunur:

51) Bernolli Kavânîni: Evvela açık bir boru savt-ı aslî ile beraber kâffe-i esvâtı müellefeyi i‘tâ edebilir.

Sâniyen bu esvâttan her birinin perdesi -şerâit-i mütesâviye tahtında- borunun tûluyla ma‘kûsen mütenâsibdir.

Sâlisen açık bir borunun i‘tâ edildiği savt-ı aslînin tûl-ı mevci borunun za‘f tûluna müsâvidir.

Râbian bir açık boru vasıtasıyla istihsâl olunan savt-ı aslî za‘f tûlunda kapalı bir boru vasıtasıyla istihsâl edilen savt-ı aslîye müsâvidir.

Hâmisen bir açık borunun mebde’ ve müntehâsı batn olmak üzere ukde ve batn noktaları mütenâviben mevzû‘ ve beynleri rabi tûl-ı mevc kadar bir fâsıla ile müteferrikdir.

Sayfa 114

54) Netâyic-i Sâbıkanın Tedâhül-ü Nazariyesi ile Îzâhı: Bernolli nazariyesinde sadâ borularında vücûdu tahakkuk eden ukde ve batın noktalarının zuhûru <tedâhül> hâdisesinin bir netîcesidir. Şöyle ki: Bir borunun ağzında husûle getirilen hareket-i ihtizâziye hevâ vâsıtasıyla nihâyetine kadar intişâr edilerek boruda in‘ikâs eyleyeceği ve hâsıl olan hareket-i mün‘akise, hareket-i mebsûta-i asliyeye inzimâm ve iltihâk edeceği cihetle ukde ve batn noktalarının zuhûruna sebep olur. Fakat bu hareket-i mün‘akise borunun ağzına vürûdunda bir ikinci def‘a daha in‘ikâs edeceğinden âdetâ hareket-i mebsûta şeklini iktisâb ile borunun tûlunca intişâr eder. Eğer böyle iki def‘a in‘ikâs etmiş olan bir hareket-i ihtizâziye hareket-i ihtizâziyye-i asliyeye tevâfuk edecek olur ise borunun nihâyetinde üçüncü def‘a in‘ikâs ederek aynı batın ve ukdeleri tevlîd ve borunun ağzında dördüncü def‘a in‘ikâsla hareket-i mebsûta şeklini kesb ile hareket-i asliyeyi teşdîd eder.

İşte bu minval üzere zuhûr eden harekât-ı mün‘akisenin kâffesi nâzir-i nâzire yekdiğerine inzimâm edeceğinden boruda hâsıl olan savtta kesb-i kuvvet eyler. Bu izahattan anlaşılır ki bir borunun bir savtı ne gibi şerâit tahtında takviye ettiğini ta‘yîn için bu savtı husûle getiren hareket-i ihtizâziye ile iki defa in‘ikâs eden hareket-i ihtizâziye arasında bir tevâfuk tâmmın husûlü şerâitini ta‘yîn eylemek kifâyet eder. Bu şerâitin tayîni için de kapalı veya açık bir üstüvâne-i gayr-ı mahdûde dâhilinde intişâr eden emvâcın tedâhülünü nazar-ı i‘tibâra almak lâzım gelir.

53) Bir Üstüvâne-i Mahdûde Dâhilindeki Emvâcın Tedâhülü: Bir nihâyeti bir müstevi ile mesdûd bir üstüvâni borunun medhalinde husûle getirilen bir hareket-i ihtizâziyenin intişârını tahattur edelim.

Bu hareket-i ihtizâziyye üstüvânenin nihâyetine kadar bir hareke-ti mütesâviye ile intişâr ederek orada evvelce görüldüğü üzere bilin’ikâs üstüvânenin medhalinden lâ-yenkati‘ vürûd eden ihtizâzâta iltihâk eder.

Üstüvânenin kapalı olan nihâyetinden itibaren s bu‘dunda bulunan bir k k' makta‘ı üzerinde keenne bir noktada hareket-i ihtizâziyyenin sür‘ati, üstüvanenin tûlu t olduğuna göre, (17) numaralı düstûra tevfîkan:

Sayfa 115

$$B_1 = k\,h\,b\,2\pi\left(\frac{\odot}{n} - \frac{t - s}{l}\right)$$

olur.

Üstüvânenin medhalinde sudûr ile kapalı olan nihâyetinde ba‘del in‘ikâs bu esnâda makta‘-ı mezkûre avdet eden hareket-i ihtizâziyye-i mün‘akisenin nokta-i mefrûza i‘tâ edeceği sür‘at de:

$$B_2 = = -k\,h\,b\,2\pi\left(\frac{\odot}{n} - \frac{t + s}{L}\right)$$

olmak lâzım gelir.

İmdi bu noktada hareket-i muhassalanın sür‘ati bu sür‘at-i mürekkebeler mecmu‘na müsâvi olacağından:

$$B = B_1 + B_2 = k\,hb\,2\pi\left[\left(\frac{\omega}{n} - \frac{t}{l}\right) + \frac{s}{l}\right] - k\,hb\,2\pi\left[\left(\frac{\omega}{n} - \frac{t}{L}\right) - \frac{s}{L}\right]$$

veyâhud:

$$B = 2k\,hb\,2\pi\frac{s}{l}\,bhb\,2\pi\left(\frac{\omega}{n} - \frac{t}{l}\right)$$

bulunur.

Şimdi bu düstûru münâkaşa edelim:

Evvel lâetta‘yîn bir zamanda $hb\,2\pi\frac{s}{L}$ veyâhud $s = 2\pi\frac{L}{4}$ olan makta‘larda B sür‘at-i muhassalası sıfır olur.

İşte bu şarta tevâfuk eden ya‘ni üstüvânenin nihâyetine olan bu‘du nısf-ı tûlu mevcin emseli veya rabi‘ tûl-ı mevcin misli olan 0, $\frac{2L}{4}$, $4\frac{L}{4}$, gibi makta‘lar ukde noktalarını hâvi olan makta‘lardan ibâret olur.

Sâniyen lâ-etta‘yîn bir zamanda bir noktada:

$$hb\,2\pi\frac{s}{L} \pm 1 \qquad \text{veyahut} \qquad s = (2h+1)\frac{L}{4}$$

bulunur ise B sür‘at-i muhassalası da kıymet-i mutlakaca a‘zamî olur.

İşte bu şarta tevâfuk eden ta‘bîr-i âhirle üstüvânenin nihâyetine olan bu‘du $\frac{L}{4}$, $\frac{3L}{4}$, $\frac{5L}{4}$ .. gibi rabi‘ tûl-ı mevcin ferd misli olan makta‘lar da sür‘at-i azamî olacağından

Sayfa 116

bu makta‘lar batın noktalarını hâvi bulunur; ve birbirini müteâkıb iki batında aynı zamandaki sür‘atler yekdiğerine ma‘kûs olur.

Sâlisen böyle bir üstüvânenin bir ses çıkarabilmesi için ağızdan $S = 2t$ bu‘dunda B_1, B_2 sür ‘at-i mebsûta ve sür ‘at-i mün‘akislerinin yekdiğerine tevâfuk etmesi iktizâ eder ki bunun için de:

$$k\,hb\,2\pi\frac{\omega}{n} = -k\,hb\,2\pi\left(\frac{\omega}{n} - \frac{2t}{L}\right)$$

ve binâberin

$$2\pi\frac{2t}{l}=(2h+1)\pi$$

veyâhud sâniye-i vâhide zarfındaki aded-i ihtizâzât m ile gösterildiğine göre,

$$L=\frac{b}{m}$$

olmakla

$$\frac{4\pi t\,m}{b}=2h+1$$

velhâsıl

$$m=\frac{(2h+1)b}{4t}$$

bulunması lâzım ve kâfidir.

İşte kapalı bir borudan savtın çıkması için vücûdu iktizâ eden şart bundan ibârettir.

Râbian, herbir kıt‘ada hevânın kesâfeti B_1, B_2 sür‘atleri beynindeki tefâzul ile mütenâsibdir. Bu tefâzulu i‘tâ eden:

$$B_1+B_2=2k\,bhb\,2\pi\frac{s}{L}\,hb\,2\pi\left(\frac{\omega}{n}-\frac{t}{L}\right)$$

düsturûyla yukarıdaki

$$B_1+B_2=2k\,hb\,2\pi\frac{s}{L}\,bhb\,2\pi\left(\frac{\omega}{n}-\frac{t}{L}\right)$$

düstûru mukâyese edilecek olur ise evvel n, L mikdâr-ı sâbitleri her ikisinde bir

Sayfa 117

olduğu cihetle takabbuzât-ı hevâiyyenin sür‘at-i muhassala gibi aynı tahavvülâta tâbi‘ bulunduğu görülür; sâniyen bu düstûrların ikincisinde $hb\,2\pi\frac{s}{L}$ ve halbuki birincisinde $bhb\,2\pi\frac{s}{L}$ olduğu müşâhede olunur ki bu da inbisâtat ve takabbuzâtın ukde noktalarında a‘zamî ve batın noktalarında asgarî olduğunu ve sür 'at-i muhassalanın ise bil ‘akis ukde noktalarında sıfır ve batınlarda azamî bulunduğunu imâ eder.

54) Aynı usûle tevfîkan açık bir üstüvânedeki ihtizâzât-ı hevâiyye kavânînide istihrâc olunabilir. Bunun için yukarıki hesâbâtı, b_2 sür'atine $-$ işâretini vererek tekrâr etmek kifâyet eder. Çünkü açık boruların nihâyetlerinde vukûa' gelen in'ikâs-ı tebdîl işâretsiz in'ikâstır. Binâenaleyh sür'a-ti muhassala düstûru:

$$B = B_1 + B_2 = 2\,k\,bh\,b\,2\,\pi\,\frac{s}{L}\,h\,b\,2\,\pi\left(\frac{\omega}{n} - \frac{t}{L}\right)$$

ve B_1, B_2 sür'atlerinin yekdiğerine tefâzulunu i'tâ eden düstûr da

$$B_1 + B_2 = 2\,k\,h\,b\,2\,\pi\,\frac{s}{L}\,bh\,b\,2\,\pi\left(\frac{\omega}{n} - \frac{t}{L}\right)$$

olur ki evvelki haldeki batınların ukde ve ukdelerin batın olmalarını intâc eder.

Böyle açık bir üstüvânenin ses çıkarabilmesi için $s = 2\,t$ bu'dunda ve aynı zamanda B_1, B_2 sür 'atlerinin yekdiğerine tevâfuk eylemesi iktizâ eder ki bunun için de:

$$k\,h\,b\,2\,\pi\,\frac{\omega}{n} = h\,b\,2\,\pi\left(\frac{\omega}{n} - \frac{2\,t}{L}\right)$$

ve binâberin

$$2\,\pi\,\frac{2\,t}{L}\,2\,h\,\pi$$

olması kâfidir.

Fakat borudan çıkan savtın sâniye-i vâhidedeki aded-i ihtizâzı m olduğuna göre:

$$L = \frac{b}{m}$$

Bulunacağından

Sayfa 118

$$2\,\pi\,\frac{2\,t\,m}{b} = 2\,h\,\pi$$

velhâsıl

$$m = h\,\frac{2\,t}{b}$$

istihsâl edilir ki açık borulardan savtın çıkması için iktizâ eden şerâit de bundan ibârettir.

Batın noktalarında tekâsüf sıfır olduğu ta‘bîr-i âharla burada hevânın tazyîk ve kesâfeti hevâyı hâricinin tazyîk ve kesâfetine müsâvi bulunduğu cihetle bu noktalarda birer delîl açılacak olur ise borudan çıkan savtın perdesi tegayyür etmez.

Ukde noktalarında ise sür‘at-i ihtizâz sıfır olmasına mebnî hevâ hâl-i sükûnda ise de tazyîk-i hadd-i a‘zamîde bulunduğundan bu noktaların birinde bir delîl açılacak olsa derhâl savtın perdesi tereffu‘ eder.

55) Tahkikât-ı Tecrübiye: Nazariyât-ı sabıkâdan istihrâc olunan kavânînin üçüncülerinden mâ‘dâsı biltecrübe tahakkuk etmiştir[58]. Ancak açık ve kapalı borularda savt-ı aslîyeye âid tûl-ı mevc ile borunun tûlu beynendeki münâsebet muhtâc-ı tashîh görülmüştür. Şöyle ki: Açık bir borunun ṭ tûlu savt-ı aslîye mahsûs tûl-ı mevcinin nısfından ve kapalı bir borunun tûlu da yine savtı aslînin tûl-ı mevcinin rabi‘nden dûn bulunmuştur.

Bundan başka ukde ve batn noktaları yekdiğerinden ales-seviye $\frac{L}{4}$ kadar bir fâsıla ile tefrîk edilmiş ise de ağza karîb olan ukde ile açık borularda en son ukde ve kapalı borularda da en son batn borunun uclarından $\frac{L}{4}$ mikdârından daha dûn bir mesâfede vaki‘ oldukları

Sayfa 119

tahakkuk etmiştir. İşte alal-âde Koning (Koeunig) tarafından tarafından <sadâ borularının uçlarındaki tagayyürât> nâmı tahtında keşf olunan intizâmsızlık bundan ibârettir.

56) Boruların Uclarında Vuku‘a Gelen Teşvîşât: Sadâ borularının uclarında husûle gelen teşvîşâtın en mühimi ağızlarında meşhûd olan intizâmsızlıktır. Bu intizâmsızlık, en evvel hâl-i ihtizâze getirilen kat‘ı hevâinin her noktasında, nazariyyede farz olunduğu

[58] Bir sadâ borusunun husûle getirdiği savt-ı aslînin yalnız müellefelerini çıkarabildiğini en evvel rahib Mersen (P. Mersenne) haber vermiş ve Suvur (Sauveur) un da buna mümâsil hâdisâtı 1701 de neşr olunan <Encümen-i Daniş Muhtırât>ında zikreylediği görülmüş ise de bu keyfiyyet şarkta pek kadimden beri ma‘lûm bulunmuştur. Fi-l-hakika şarka mahsûs olan bir mansur <nây> ın da tekmîl delikleri kapamak ve mütevâliyen şiddetli ve daha şiddetli üfürülmek suretiyle kaba rast, rast, nevâ, gerdaniye perdeleri istihsâl edilmektedir. Bunların son üçü savt-ı aslî olan kaba rastın esvât-ı müellifesinden başka bir şey değildir. Mamâfih gerek açık gerek kapalı borulardan savt-ı aslîden başka böyle esvât-ı âliyyenin südûr-u kânununu en evvel Bernolli vaz‘ ve te’sîs eylemiştir.

gibi, miktar-ı takabbuzun sıfır olmasıdır ki burada tarz-ı tehezzüzden mütevellid bir keyfiyyettir.

Açık bir boru derûnunda ihtizâz eden sütûn-u hevâ borunun hâricinde bir mesafeye kadar imtidâd ettiğinden, hareket-i ihtizâziyyenin hevâ-yi hârici üzerindeki in‘ikâs borunun son makta‘ı üzerinde vukûa gelmemekte ve bittâb‘ biraz ötesinde husûle gelmektedir. Halbûki in‘ikâs vuku‘ bulduğu noktalarda kat‘iyyen sıfıra müsâvi bir miktar-ı tekâsüfün vücûdu kabul edilemez. Çünkü boru dâhilindeki hevânın kesâfeti her an hâl-i sükûnda bulunan hevâyı hâricînin kesâfeti sâbitesine değil, bil‘akis hâl-i ihtizâzda bulunan bir hevânın kesâfeti mütehavvilesine müsâvidir.

Kapalı borulara gelince: Bunlar da gayr-ı kâbil tehezzüz ‘add edilerek boru derûnundaki son kat‘ı hevânın sür‘at-i ihtizâzı sıfıra müsâvi farz olunmuş ise de bu şart sûret-i kat ‘iyyede îfâ edilemez. Mamâfih bundan dolayı hâsıl olacak tagayyürât, pek cüz’i olacak sûrette borunun kâidesine metîn ve muhkem yapmak da güç değildir.

57) Poesson Nazariyesi: Poesson ilk defa olarak boruların serbest olan uçlarında miktâr-ı takabbuzun sıfır olması kaziyyesini reddederek ve fakat boruda sür‘at-i ihtizâzları ile mütenâsib gâyet asgar birer miktâr-ı takabbuz mevcûd olduğunu kabul eyleyerek sadâ boruları için bir nazariye te’sîs eylemiştir. Vâkıâ bu nazariye hâdisâtı meşhûdeyi îzah eyler ve kavânînini hatâdan tahlîs ile boruların uçlarında vukua‘ gelen teşvişâtı tesrîh eder ise de bu teşvişâtı adeden takdîre müsâit değildir [59].

Muahhiren nazariyye-i mezkûre Hopkins (Hopkins) ve daha sonra Ket (Quet) taraflarından

Sayfa 120

tashîh[60] ve ikmâl edilmiştir ki boruların uçlarında vuku‘ a gelen in‘ikâsât-ı mütevâliyeyi îzâh eden bu nazariyenin hülâsası bervech-i âti zikr olunur:

[59] Fransız Encümen-i Danişinin 1817 senesi muhtıralarının ikinci cildinde bu nazariyye mevcuttur.

[60] Hopkins, boruların açık uçlarında miktar-ı takabbuzun sür‘at-i ihtizâzları ile mütenâsıb olması farziyyesini hem lüzumsuz hem yanlış bulmuştur. Mûmâileyhin nazariyyesi Kamberih’de neşr olunan (Philos Transaction) nâmındaki mecmuânın 1838 senesi nüshâsında münderictir. Ket (Quet) in makâlesi de Paris’ de neşr olunan (Journal de Liouville) nâmındaki mecmua‘i riyâziyyenin 1855 senesine mahsûs yiğirminci cildinde mukayyeddir.

Borunun mebde'inde ⊙ zamanındaki sür'ati:

$$B = k_1 \, bḥb \, 2\pi \frac{⊙}{n}$$

olan bir hareket-i ihtizâziyye tasavvur edelim. Bu hareket-i ihtizâziye borunun nihâyetine vüsûlünde in'ikâs ile ric'at eder. Hopkins ile müttefikan her in'ikâsın hareket-i ihtizâziyenin vüs'at ve safhasında birer tebeddül husûle getirdiğini de kabûl eyleyelim: Hareket-i mün'akisenin vüs'ati 'e' mazrub-u vâhidden asgar olmak üzere e k_1 olsun. Şu hareket-i mün'akise hareket-i aslîyye-i mebsûtaya inzimâm edeceğinden vücûda gelecek hareket-i muhassalanın, borunun nihâyetinden s bu'dunda kâin bir noktadaki k vüs'ati ile ḥ safhası -Ferenlin kâidesine tevfîkan

$$k^2 = k_1{}^2 \, [1 + e^2 + 2\,e \, bḥb \, 2\pi (ḥ' - ḥ'')]$$

ve

$$\text{mümâss} \quad 2\pi ḥ = \frac{ḥb \, 2\pi ḥ' + e \, ḥb \, 2\pi ḥ''}{bḥb \, 2\pi ḥ' + e \, bḥb \, 2\pi ḥ''}$$

muâdeleleriyle tahdîd ve ta'yîn olunur ki bu muâdelelere dâhil olan $ḥ'$, $ḥ''$ miktarları nazîr-i nazîre hareket-i mebsûta ve hareket-i mün'akisenin nokta-i mefrûzadaki safhalarından ibârettir.

Bu hareket-i mün'akise ise mebde' yani medhale vusulünde tekrâr in'ikâs eder: İki defa in'ikâs etmiş olan bu hareketin vüs'ati e e' k_1 = h k_1 ve mebde'deki safhası da f olsun.

Şu hareketde borunun nihâyetinde in'ikâs edeceğinden ve bu üç def'a in'ikâs etmiş olan bu hareketde iki def'a in'ikâs eylemiş bulunan harekete inzimâm eyleceğinden vüs'ati h k ve safhası c + f olan bir ikinci hareket-i muhassala daha tevlîd eder. Çünkü ilk iki hareket-i ihtizâziyenin tedâhülündeki şerâit bunlarda dahi mevcuttur; yalnız harekât-ı mürekkebenin vüs'atleri h ile darb edilmiş ve her birinin safhası f kadar tezyîd olunmuştur.

Sayfa 121

Aynı vech üzere dört def'a in'ikâs etmiş olan harekette beş def'a in'ikâs eden hareket ile bilittihâd vüs'ati h^2 k safhası c + 2 f olan bir <hareket-i muhassala> vücûda getireceği gibi ilâ âhire bu minvâl üzere bir çok harekât-ı muhassala teşekkül eder. İşte adedi pek

cüz'i bir zaman zarfında pek çok olan bu harekât-ı muhassala yekdiğeri üzerine inzimâm ve iltihâk ederek boru dâhilindeki <hareket-i kat'iyyeyi> teşkîl eder. Bu halde hareket-i kat'iyyenin şiddeti:

$$k^2 \quad [b_h b\, 2\pi h + h\, b_h b\, 2\pi\, (h+f) + \; h^2\, b_h b\, 2\pi\, (h+2f) + \; h^3\, b_h b\, 2\pi\, (h+3f) + \cdots]^2$$

$$+ [h_b\, 2\pi h + h\, h_b\, 2\pi\, (h+f) + \; h^2\, h_b\, 2\pi\, (h+2f) + \; h^3\, h_b\, 3\pi\, (h+3f) + \cdots]^2$$

veyâ bi-l-ihtisâr

$$k^2 \quad [1 + h\, b_h b\, 2\pi f + h^2\, b_h b\, 2\,(2\pi f) + \; h^2\, b_h b\, 3\; (2\pi\, f) + \ldots]^2$$

$$+ [h\, h_b\, 2\pi f + h^2\; h_b\, 2\,(2\pi\, f) + \; h^2\, h_b\, 3\,(2\pi f) + \ldots]^2$$

ile ifâde olunur halbuki [ ] dâhilinde bulunan ifâdelerden birincisi:

$$\frac{1 - h\, b_h b\, 2\pi f}{1 - 2h\, b_h b\, 2\pi f + h^2}$$

ikincisi de

$$\frac{h\, h_b\, 2\pi f}{1 - 2h\, b_h b\, 2\pi f + h^2}$$

ifâdesine müsâvi olduğundan[61] hareket-i kat'iyyenin şiddeti:

$$k^2 \frac{1}{1 - 2h\, b_h b\, 2\pi f + h^2}$$

veyâhud

$$k_1{}^2 \frac{1 + e^2 + 2e\, b_h b\, 2\pi\,(h'' - h')}{1 - 2h\, b_h b\, 2\pi f + h^2}$$

Sayfa 122

[61] Jozef – Bertran (G. Bertrand) ın 1864 senesinde basılan Hisâb tefâzulî ve temâmîsinin cild olunan 389 sahîfesine mürâcaat oluna.

olur. Bu ifâdenin mahreci s bu‘duna tâbi olmasına mebnî şiddetin azamî ve asgar kıymetlerine tevâfuk eden batın ve ukde noktalarına mevki‘leri de sâdece suretine tâbi olmak lâzım gelir. Şöyle ki: Sûretin kıymet-i azamiyelerine, ta‘bîr-i âhirle $\text{bḥb}\, 2\pi\,(\text{ḥ}'' - \text{ḥ}'$ miktarının +1 olduğu noktalara batınlar tevâfuk eder. Halbûki borunun tûlu ṭ ve borunun nihâyetinde vukua‘ gelen in‘ikâsla hâsıl olan miktâr-ı te’hir de r ile ifâde olunur ise:

$$\text{ḥ}'' - \text{ḥ}' = \frac{\text{ṭ}+s}{L} - \frac{\text{ṭ}-s}{L} + \frac{r}{L} = \frac{2s}{L} + \frac{r}{L}$$

bulunur. Binâenaleyh batın noktaları, ḥ lâetta‘yîn bir aded-i sahîh olmak üzere:

$$\frac{2s}{L} + \frac{r}{L} = \text{ḥ} \qquad \text{veya} \qquad s = \frac{L}{2}\left(\text{ḥ} - \frac{r}{L}\right)$$

münasebetiyle ta‘yîn edileceği gibi birbirini müteâkıb iki batn arasındaki bu‘d da tamâmen:

$$s_{\text{ḥ}+1} - s_{\text{ḥ}} = \frac{L}{2}\left[\text{ḥ} + 1 - \frac{r}{l}\right] - \frac{L}{2}\left[\text{ḥ} - \frac{r}{l}\right]\frac{L}{2}$$

ye müsâvidir.

Ukde noktalarına gelince bunların yukarıki ifâdenin suretinin kıyem-i azamiyesine, ta‘bîr-i diğerle $\text{bḥb}\, 2\,\text{ḥ}\,(\text{ḥ}'' - \text{ḥ}')$ miktârının sıfıra müsâvi bulunduğu noktalara tevâfuk eder. Binâenaleyh ukde noktaları:

$$\frac{2s}{L} + \frac{r}{L} = \frac{2\text{ḥ}+1}{2}$$

veyâhud:

$$s = \frac{L}{2}\left[\frac{2\text{ḥ}+1}{2} - \frac{r}{l}\right]$$

münâsebetiyle tayîn edileceği gibi birbirini müteâkıb iki ukde noktası arasındaki fâsıla da yine

$$s_{\text{ḥ}+1} - s_{\text{ḥ}} = \frac{L}{2}\left[\frac{2\text{ḥ}+3}{2} - \frac{r}{l}\right] - \frac{L}{2}\left[\frac{2\text{ḥ}+1}{2} - \frac{r}{L}\right] = \frac{L}{2}$$

Sayfa 123

olur. Fakat borunun nihâyetine en karîb olan batın bu nihâyete olan mesâfesi s' ile gösterilecek olur ise[62] düstûrunda batın-ı mezkûr için $\frac{h}{b} = 1$ vaz‘ olunacağından

$$\frac{2s'}{L} + \frac{r}{L} = 1$$

bulunur; bundan bervech-i âti netâyic istihrâc olunur:

1) Açık bir borunun nihâyetine en karîb bulunan batının bu nihâyete olan bu‘du:

$$s' = \frac{L}{2}\left[1 - \frac{r}{L}\right] = \frac{L}{2} - \frac{r}{2}$$

dan ibârettir.

2) Kapalı bir boruda r mikdâr-ı te’hîri $\frac{L}{2}$ bu‘duna karîb bulunduğundan

$$r = \frac{L}{2} + r'$$

vaz‘iyle borunun nihâyetine en karîb olna batın s'' bu‘du:

$$s'' = \frac{l}{2} - \frac{r}{2} = \frac{l}{2} - \frac{\frac{l}{2} + r'}{2} = \frac{l}{4} - \frac{r'}{2}$$

miktarına müsâvîdir.

Bu îzâhatden anlaşılacağı üzere bir sadâ borusundan çıkan bir savta âit ukde ve batın noktalarının mevâzı’ı borunun tûluna tâbi değildir; fakat savtın şiddeti bu tûla tâbidir. Fi’l-hakika boru dâhilinde bir nokta-i muayyene için s bu‘du ve binâberin şiddetin ifâde-i riyâziyesinin sûreti sâbit olacağı cihetle mahrecin kıymet-i asgariyesi ya‘ni:

$$\frac{h}{b} = 2\pi f = +1$$

kıymeti için nokta-i mezkûrede şiddet-i a‘zamî olur. Bu halde mebde’ de vukua‘ gelen in‘ikâstan dolayı hâsıl olan mikdâr-ı te’hîr r'' ile gösterilecek olur ise:

Sayfa 124

[62] Hattı bu tûl ilk in‘ikâsın vuku‘a geldiği noktadan dahi ta‘dâd edilmiş olsa yine ukde ve batın noktalarının mevki‘leri bu tûla nazaran ifâde edilemez.

$$f = \frac{2\,t}{L} + \frac{r + r'}{L}$$

olur. İşte borunun tûlu:

$$t = \frac{r}{2} + \frac{r''}{2} = h\,\frac{L}{2}$$

şartına tevâfuk ettiği halde hareket-i mün‘akise, hareket-i mebsûtaya tamâmı tamâmına tevâfuk edeceğinden savt-ı mahrecin takviyesi keyfiyyeti hadd-ı azamîde bulunur. Bu bâbda akla en basît gelen farziyye bu r, r'' miktâr-ı te’hirlerini L tûl-ı mevcine gayr-ı tâbi add etmekten ibârettir. Bu farza göre bunların mecmû‘u:

$$r + r' = 2\,t'$$

gibi sâbit bir miktara müsâvi olacağından savtın takviyesi için iktizâ eden şart da

$$t + t' = (2\,h - 1)\,\frac{L}{4}$$

şekline müncerr olur.

İşte açık borularda bu nazariyeye göre tûllar kânunu yine aynı olur ise de borudan çıkan savtın teşeddüd etmesi için borunun tûlu değil bu tûl ile t' miktâr-ı sâbiti mecmû‘unun $\frac{L}{2}$ nısf-ı tûl-ı mevcinin bir misli tâmı olması lâzımdır.

Kapalı borulara gelince bunlar da:

$$r = r'' + \frac{L}{2}$$

olduğundan

$$r + r' = 2\,t' + \frac{L}{2}$$

farz olunarak:

$$t + t' = (2\,h - 1)\,\frac{L}{4}$$

bulunur.

Bundan istintâc olunur ki kapalı borularda en ziyâde şiddetle takviye edilen esvât

Sayfa 125

borunun tûluyla bir t' miktâr-ı sâbiti mecmû‘unu, rabi‘-i tûl-ı mevcin ferd misli olan esvâtdan ibârettir.

58) t' Miktâr-ı Sâbitinin Ta‘yîni: Bu miktâr-ı sâbiti ta‘yîn için t_1, t_2, t_3 tûlunda ve aynı katrede nazîr-i nazîre m_1, m_2, m_3 savt-ı aslîlerini hâsıl eder. Birkaç kapalı boru tasavvur edelim. Bunların derûnundaki sür‘at-i savt ‘b’ ile gösterilecek olur ise:

$$m_1 = \frac{b}{L} = \frac{b}{4(t_1 + t')}$$

$$m_2 = \frac{b}{L} = \frac{b}{4(t_2 + t')}$$

$$m_3 = \frac{b}{L} = \frac{b}{4(t_3 + t')}$$

olacağından bunlardan:

$$4 m_1 = (t + t') = 4 m_2 (t_2 + t') = 4 m_3 (t_3 + t') \ldots.$$

veyâhud:

$$t' = \frac{m_2 t_2 - m_1 t_1}{m_1 - m_2} = \frac{m_3 t_3 - m_2 t_2}{m_2 - m_3} = \cdots$$

istihsâl edilir. İşte erbâb-ı hikmet-i tabî‘iyyeden Vertaym (Wertheim) bu sûretle icrâ-yı tecrübe ederek $\frac{1}{20}$ kadar bir fark ile t' tûluna bir miktâr-ı sâbite müsâvi bulmuştur. Mamâfih boruların kutrları yekdiğerine müsâvi farz olunduğundan Vertaym kutrları tahavvül ettirildiği halde miktâr-ı sâbitenin de tahavvül eylediğini irâe etmiştir[63].

59) Tenbih: Alel-umûm sadâ borularının nazariyyesinde cidârları gâyet metîn olduğu ve kâbil-i tehzîz olmadığı farz ve kabul olunmuş idi. Halbûki alelâde bir borudan bir ses çıkarıldığı halde borunun cidârları da bir takım ihtizâzât-ı arzâniye icrâ eder. Fakat borunun

[63] Vertaym t' miktâr-ı sâbitini borunun nısf-ı kutrının 0,862 misli ile 0,638 misli arasında tahavvül eder bulmuştur.

Sayfa 126

takviye edeceği esvât-ı basîte meyânında devirleri, cidârlarının ihtizâzâtı-ı arzâniyesinden hâsıl olan esvâtın devirlerine müsâvi bulunanlarından mâ‘dâsı imâ edilmiş olur. İşte aynı kat‘ada ve fakat muhtelif maddeden ma‘mûl borular ile hâsıl edilen esvâtın tınneti meyânında meşhûd olan ihtilâf bu sûretle îzâh olunduğu gibi muhtelif hâl Yapost Vardopet’te bulunan bir borunun hâsıl edildiği savtın tonunca vuku‘a gelen tahavvülde yine cidârlarının te’sîri vâsıtasıyla tefsîr edilebilir.

60) Sür‘at-i Savtın Borular Vâsıtasıyla Ta‘yîni: Sadâ boruları gazlar derûnunda sür‘at-i savtın bilvâsıta ve fakat pek sahîh olarak ta‘yînine müsâiddirler.

Fi’l-hakîka:

$$b\,n = L\,\frac{b}{m}$$

düstûrundan anlaşılacağı üzere perdesi ma‘lûm bir savtın ‘L’ tûl-ı mevci ta‘yîn edilecek olursa bundan derhâl ‘b’ sür‘ati intişârı istihsâl olunur. Halbûki borular vâsıtasıyla L tûl-ı mevcini ta‘yîn etmek kolaydır. İşte bu hususta en evvel icrâ-yı taharriyât eden Dulong (Dulong) dur. Mûmâileyh olan 1829 senesinde ṭ tûlunda birinci kapalı boru alarak bu borunun savt-ı aslîsinin tûl-ı mevcini Bernolli kânununa tevfîkan borunun za‘f-ı tûluna müsâvi farz ederek sür‘at-i savtı:

$$2\,ṭ = \frac{b}{m}$$

düstûruyla hisâb eylemiştir. Fakat bu sûretle istihsâl edildiği sür‘at doğrudan doğruya hevâ derûnunda biltecrübe istihsâl olunan miktâr-ı nisbetle pek dûn bulunmuştur. Bunun üzerine borudan ikinci savt-ı müellefi ihrâc etmek ve birbirini müteâkıb iki ukde arasındaki bu‘du yani $\frac{L}{2}$ nısf-ı tûl mevcini hisâb eylemek suretiyle icrâ-yı tecrübe eylemiştir. Vâkıâ bu usûl ile istihsâl eylediği erkam alelâde gazlar için kabul olunan sür‘atlere pek ziyâde takarrub etmiş ise de boruların uclarında vuku‘a gelen teşvişât dâhil hisâb edildiği cihetle erkam-ı mezkûreye

Sayfa 127

kat‘i nazarıyla bakılamamıştır. Ahîren Vertaym bu teşvişâtı da nazar-ı itibâra alarak

borularun tûllarına ṭ′ miktâr-ı sâbitlerini zımmetmiş ve bu sûretle icrâ eylediği tecârib vâsıtasıyla hevâ ile diğer gazlar derûnunda sür‘at-i savtın kıymet-i mutlakasını ta ‘yîne muvâfık olmuştur. Mûmaileyhe göre sıfır derece-i harâretde hevâ dâhilinde sür‘at-i savt 330,9 metredir[64].

[64] Bu usûl mâyiâta dahî tatbîk edilmiş ise de henüz doğru bir neticeye dest-res olunamamıştır.

Sayfa 128

BAB-I RÂBİ‘

Evtâr-ı Mühtezze

Telli alât-ı savtiye _ Evtâr-ı mühtezze _ Evtârın ihtizâzat-ı arzâniyyesi ve muâdele-i tefâzuliyyesi _ Muâdele-i tefâzuliyenin itmâmı _ Halât-ı hususiye _ Forye da‘vâsı _ Taylor düsturu _ Evtâr-ı mühtezze kânunları _ Sür‘at-i ibtidâiyesiz tebdîl mevzu‘ _ Bir misâle tatbîkî _ Tenbih _ Yong kânunu _ Çubuklar _ Çubukların İhtizâzat-ı tûllaniyesi _ Evtârın ihtizâzat-ı tûlaniyeleri _ Çubukların ihtizâzat-ı arzâniyesi; ve muâ‘dele-i tefâzuliyesi _ Bu muâdeleye tevâfuk eden hareket-i raksiyye _ Birinci hâl: Çubuğun her iki ucunun serbest bırakılması _ İkinci hâl: Çubuğun uçlarının sâbit kalması _ Üçüncü hâl: Çubuğun bir ucunun serbest ve bir ucunun sâbit olması _ Dördüncü hâl: Bir ucunun sâbit ve diğerinin istinâd ettirilmesi _ Beşinci hâl: İki ucun birden istinâd ettirilmesi _ Zarların ihtizâzı _ Levhaların ihtizâzı _ Bir mütâla‘a.

61) Telli Âlât-ı Savtiye: Akvâm-ı kadime-i muhtelifenin her biri <Lura> (Lyre) denilen telli sazın ihtirâ‘ını kendi meşâhirinden birine isnâd edegelmiştir. Ez-cümle yunanlılar bu âletin Apollon (Apollon) ve beni isrâil Yubal (Jubal) kadim mısırlılar Terismecits (Trismegiste) nâmına verdikleri ma‘bûd ve çinliler Konfüçyus (Confucius) tarafından ihtirâ‘ edilmiş olduğunu rivâyet etmişlerdir. Esâtirî olan bu rivâyet bertaraf edildiği halde dahi telli sazların îcâdı pek kadîm olduğuna şüphe edilemez. Fi’l-hakîka üçüncü Ramses zamânında (kabl-el-milâd 1250) kadim mısırîlerin gâyet mükemmel denilecek telli sazları olduğu bu gün kat‘iyyen sübût bulmuştur.

Alelumûm tel şeklinde ma‘den veya kursaktan ma‘mûl, son derece de kâbil-i inhinâ, fakat gerilme sûretiyle bir elâstikıyyet-i mahsûsa kesb eden cisimlere mebhas-ı savtda <veter> veya <tel> nâmı verilir. Evtâr-ı mühtezze nazariyyesi mebhâs-ı savtın en mühim kısmını teşkîl eder.

61) Evtâr-ı Mühtezzenin Muâdele-i Tefâzuliyyesi: Evtâr-ı mühtezzenin kavânîni on yedinci asırda Mersen (Mersenne) tarafından bit-tecrübe bulunmuş; fakat nazariyye-i riyâziyyesine en evvel 1793 senesinde Taylor (Taylor) başlamış ve muahhiren Danyal-Bernolli (D. Bernoulli),

Sayfa 129

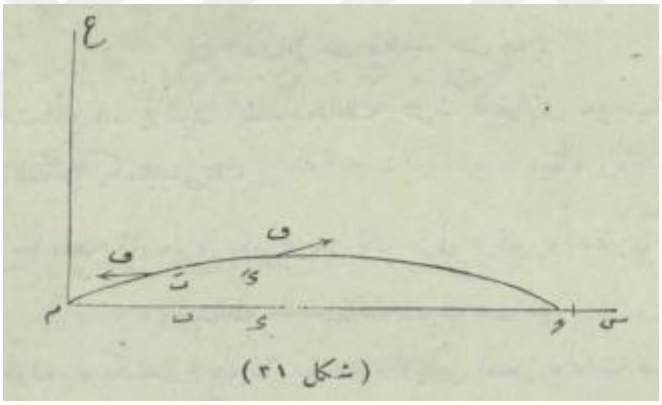
Dalamber (d’ Alembert), Öler (Euler), Lagranj (Lagrange) taraflarından da devâm olunmuştur.

Evtâr-ı mühtezzenin nazariyesini te’sîs için telin sûret-i mükemmelede kâbil-i inhinâ olduğu elâstikıyyetten külliyen mahrum bulunduğu farz olunur. Bu halde:

Evvel telin eb‘ad-ı arzâniyesi gâyet asgar olmak iktizâ eder ki kâbil-i inhinâ bir iplik gibi kabul olunabilsin.

Sâniyen tel kâfi derecede gerilmiş olmalı ve gâyet cüz’i bir tebeddül şekline ma‘rûz bulunmalıdır ki bundan dolayı husûle gelen kuvve-i mütehavvile-i elâstikıyye kuvve-i carreye nisbetle kâbil-i terk addedilsin.

İşte bu şerâiti hâiz olan ve böyle tebeddülât-ı şekliyye-i cüz’iyyeye tâbi‘ bulunan bir telin bir cüz’ü asgâr nâmütenâhîsi her vaz‘iyette vaz‘iyyet-i asliyenin istikâmetiyle asgâr-ı nâmütenâhi bir zâviye teşkîl edeceğinden bu zaviyenin kuvva-yı âliyyesi terk olunabilir.



Şekil 13

Şimdi (şekil 13) m, ḥ noktaları arasında bir f kuvvetiyle gerilmiş bir tel tasavvur edelim.

Ve bu tel üzerinde lâ-ale-tta‘yîn bir b e hûz-u asgarenin bir zaman-ı muayyenedeki mevzi‘ni de b′ e′ ile gösterelim. Bu cüz’i b′ e′ nihâyetlerinden ‘f’ kuvve-i cârresine müsâvi birer kuvvet ile gerilmiş bulunur ise de şu iki kuvvet istikametce müttehid olmadıklarından muvâzenetde bulunamazlar.

Cüz’ü mutasavverin b′ noktasına mümâss istikâmetinde te’sîs eden f kuvve-i carresinin

telin vaz‘iyyet-i evveliyyesi olan b ḥ istikâmetiyle teşkîl edildiği zâviyeyi he ve e′ noktasına te’sîs eden fkuvve-i cârresinin yine bu istikâmetle teşkîl etttiği zâviyeyi de ṭe ile ifâde edelim. Bundan başka telin vaz‘iyyeti asliyyesi istikâmetine ya‘ni m ḥ hattını ‘s’ mihveri ve buna ‘m’ noktasında amûd bulunan m a hattını da a mihveri olmak üzere kabûl eyleyelim. Bu kuvve-i cârrelerden her biri

Sayfa 130

ve meselâ b′ noktasına te‘sîs eden f kuvveti biri s ve diğeri a mihveri istikâmetinde olmak üzere birbirine amûd:

$$-f\,bḥb\,he \qquad -f\,ḥb\,he$$

gibi iki mürekkebe tahlîl olunabilir. Kezalik e′ noktasına te’sîs eden f kuvveti de yine s, a mihverleri istikâmetlerince:

$$f\,bḥb\,ṭe \qquad f\,ḥb\,ṭe$$

mürekkebelerine tefrîk olunur.

Binâenaleyh b′ e′cüz’i s mihveri istikâmetince:

$$f_1 = f\,(bḥb\,ṭe - bḥb\,he)$$

ve a mihveri istikâmetince de:

$$f_2 = f\,(ḥb\,ṭe - ḥb\,he$$

kuvvetleri taht-ı te’sîrinde bulunur ise de telin arzan ihtizâzı mûcib olan kuvvet bu mürekkeplerden yalnız ikincisidir.

Fakat ṭe , he zâviyeleri yekdiğerinden pek cüz’i farklı bulundukları cihetle

$$ḥb\,ṭe - ḥb\,he = \text{لما}\; ḥb\,he$$

gibi kabul olunabileceğinden vâhid-i zâtında he zâviyesi asgar bulunmasına mebni-i ceybî yerine de mümâss alınabileceğinden:

$$f_2 = f\,\text{لما}\; ḥb\,he = f\,\text{لما}\; \text{mümass}\; he$$

olur. Halbuki

$$\text{mümass he} = \frac{\text{لها}_a}{\text{لها}_s}$$

ve

$$\text{لها mümass he} = \frac{\text{لها}^z_a}{\text{لها}_s}\text{لها}_S$$

Sayfa 131

olmakla

$$f_2 = f\,\frac{\text{لها}^z_a}{\text{لها}_{s^2}}\,\text{لها}_s \qquad (1)$$

hâsıl olur.

Diğer taraftan telin vâhid-i tûlunun kütlesi k ve $b'\,e'$ tûlu da لها_t ile gösterilir ise $b'\,e'$ cüz'ünün a istikâmetince icrâ eylediği şu hareketi husûle getiren kuvvet-i cüz-ü mezkûrun $k\,\text{لها}_t$ kütlesinin $\frac{\text{لها}^z_a}{\text{لها}_{\odot^z}}$ miktâr-ı ta'cîline hâsıl darbına müsâvi bulunmakla:

$$f_2 = k\,\text{لها}_t\,\frac{\text{لها}^z_a}{\text{لها}_{\odot^z}} \qquad (2)$$

olur. İşte (1), (2) muâdelelerinden:

$$k\,\text{لها}_t\,\frac{\text{لها}^2_a}{\text{لها}_{\odot^2}} = f\,\frac{\text{لها}^2_a}{\text{لها}_{s^2}}\,\text{لها}_s$$

muâdelesine dest-res olunur ki bu da $b'\,e'$ cüz'ünün a cihetinde icrâ eylediği harekâtın muâdelesinden ibârettir.

Ancak $\text{لها}_t = b'\,e'$ tûl-ı asgarî, s mihveri üzerindeki mürtesmi olan لها_s bu'duna akreb-i nâmütenâhî olmakla لها_t yerine لها_s vaz' olunabilir. Bu suretde muâdele-i hareket:

$$k\frac{\partial^2 a}{\partial \omega^2}\partial s = f\frac{\partial^2 a}{\partial s^2}\partial s$$

veyâ

$$\frac{\partial^2 a}{\partial \omega^2} = \frac{f}{k}\cdot\frac{\partial^2 a}{\partial s^2}$$

veyâhud $$\frac{f}{k} = b^2 \qquad (2)$$

vaz‘iyle:

$$\frac{\partial^2 a}{\partial \omega^2} = b^2\frac{\partial^2 a}{\partial s^2} \qquad (3)$$

Sayfa 132

muâdele-i tefâzuliyesine müncer olur ki bu da elâstikî bir üstüvâne-i gayr-ı mahdûde dahîlindeki ihtizâzâtı tûllaniyyesinin intişârı sadedinde istihsâl olunan:

$$\frac{\partial^2 ş}{\partial \omega^2} = b^2\frac{\partial^2 ş}{\partial s^2}$$

muâdele-i tefâzuliyyesinin aynıdır.

63) Muâdele-i Tefâzuliyenin İtmâmı: Muâdele-i tefâzuliyenin tamâm-ı umûmîsi evvelce de görüldüğü üzere:

$$a = ba\left(s + b\omega\right) + la\left(s - b\omega\right)$$

gibi iki tâbi‘ keyfî mecmu‘na müsâvidir ki bu da aynı b sür‘ati ile mukâbil iki cihete doğru intişâr eden iki hareketin yekdiğeri üzerine inzimâmı ifâde eder.

İşte azamî riyâziyyundan Lagronj bu sûret-i itmâmı kabûl ederek mes’eleyi mihânik nokta-i nazarından tamamıyla hâl etmiş ise de şu sûret-i hâl harekât-ı ihtizâziyye-i arzâniyenin hâsıl ettiği esvâtı ta‘yîne kâfi gelmemiştir. Binâenaleyh muâdele-i mezkûreyi silsile-i müsellesâtiyyeleri vasıtasıyla bervech-i âti itmâm etmek iktizâ eder ki bu sûret-i itmâmda en evvel Danyal-Borenli tarafından irâe edilmiştir.

Şöyle ki: Evvel a tâbi‘nin

$$a = k\,bhb\,2\pi\left(\frac{\omega}{n} - h\right)$$

gibi bir tâbi‘ dâierevî olabileceğini, ta‘bîr-i âharle hareket-i vâkıanın hakîki bir hareket-i riyâziyye-i sagîre ile te’lîf mümkün olup olmayacağını taharrî edelim. Fakat cüz’ü mutasavveri mebde’e nazaran tebdîl-i mevki‘ ettikçe k vüs‘at-i ihtizâzenin de tahavvül eyleyeceğini ya‘ni k vüs‘atinin b e cüz’ünün s mihveri üzerindeki mevki‘ne tâbi bulunduğunu da unutmayalım. Şimdi bu:

$$a = k\,bhb\,2\pi\left(\frac{\omega}{n} - h\right)$$

tâbi‘nin (3) muâdele-i tefâzuliyyesine tevâfuk ettiği muvakkaten farz ve kabul olunur ise, tâbi‘-i mezkûrun ω zamanına göre birinci müştakkı:

Sayfa 133

$$\frac{\partial a}{\partial \omega} = -k\,hb\,2\pi\left(\frac{\omega}{n} - h\right) \times \frac{2\pi}{n}$$

ve ikinci müştakkı:

$$\frac{\partial^2 a}{\partial \omega^2} = -k\,bhb\,2\pi\left(\frac{\omega}{n} - h\right) \times \left(\frac{2\pi}{n}\right)^2$$

ve kezalik s mütehavviline nazaran birinci müştakkı:

$$\frac{\partial a}{\partial s} = \frac{\partial k}{\partial s} + hb\,2\pi\left(\frac{\omega}{n} - h\right)$$

ve ikinci müştakkı da:

$$\frac{\partial^2 a}{\partial s^2} = \frac{\partial^2 k}{\partial s^2} \times bhb\,2\pi\left(\frac{\omega}{n} - h\right)$$

olacağından bunlar yukarıdaki muâdele-i tafâzuliyyede mahallerine konulur ise:

$$-k\,bhb\,2\pi\left(\frac{\omega}{n} - h\right)\left(\frac{2\pi}{n}\right)^2 = b^2\,\frac{\partial^2 k}{\partial s^2} \times bhb\,2\pi\left(\frac{\omega}{n} - h\right)$$

veya

$$-k\left(\frac{2\pi}{n}\right)^2 = b^2\frac{\partial^2 k}{\partial s^2}$$

veyâhud

$$\frac{\partial^2 k}{\partial s^2} = -\left(\frac{2\pi}{n}\right)^2 \frac{k}{b^2} \tag{5}$$

bulunur. Fakat hareket-i raksiye veya ihtizâziyede:

$$bn = l \tag{6}$$

bulunmakla:

Sayfa 134

$$\frac{\partial^2 k}{\partial s^2} = -\left(\frac{2\pi}{n}\right)^2 \times \frac{n^2 k}{L^2}$$

veya

$$\frac{\partial^2 k}{\partial s^2} = -\left(\frac{2\pi}{L}\right)^2 k \tag{7}$$

olur.

İşte bu muâdele-i tefâzuliye de itmâm edilecek olur ise:

$$k = h\,h_1 b\,2\pi\frac{s}{L} + h'b\,h_1 b\,2\pi\frac{s}{L} \tag{8}$$

düstûru istihsâl olunur ki düstûr-u mezkûrede vaki‘ h , h' miktâr-ı sâbitlerinin kıymetleri şerâit-i evveliyyeye göre ta ‘yîn edilmek îcâb eder.

Bundan istintâc edilir edilir ki k vüs‘ati her an bu muâdeleye tevâfuk ettiği halde a tâbi‘i de (3) muâdele-i tefâzuliyyesine tevâfuk eyleyeceğinden hareket-i vâkıanın bir hareket-i raksiyye veyâ ihtizâziye ile te’lîfi mümkün olur. Muâdele-i ahîreye dâhil h , h' emsallerinin kıymetlerine gelince onlar da bervech-i âti ta‘yîn olunur:

Telin m, ḥ nihâyetleri sâbit olduğu cihetle bu noktalar da ‘a’ tertîbi ve binâberin ḳ vüs‘ati sıfır olur. Ta‘bîr-i âharla telin tûlu ṭ olduğuna göre:

$$s = 0 \qquad \text{ve} \qquad s = ṭ$$

kıymetleri için:

$$a = 0 \qquad \text{ve} \qquad ḳ = 0$$

bulunur. Halbûki $s = 0,\ ḳ = 0$ kıymeti için (8) muâdelesi:

$$0 = h\, ḥb\,(0) + h'\, bḥb\,(0)$$

veyâ

$$h'\, bḥb\,(0) = 0 \qquad \text{ve} \qquad h' = 0$$

istihsâl edileceği gibi $s = ṭ$ ve binâberin $ḳ = 0$ kıymeti için de yine (9) muâdelesi:

Sayfa 135

$$0 = h\, ḥb\, 2\pi \frac{ṭ}{l} + h' bḥb\, 2\pi \frac{ṭ}{l}$$

ve $h' = 0$ olmasına mebnî:

$$0 = h\, ḥb\, 2\pi \frac{ṭ}{L}$$

ve binâenaleyh h = 0 olamayacağından [65](*)

$$ḥb\, 2\pi \frac{ṭ}{L} = 0$$

ve e bir aded-i tâm olmak üzere:

$$2\pi \frac{ṭ}{L} = e\pi$$

veyâhud

$$L = \frac{2ṭ}{e} \qquad (9)$$

[65] (*) h = 0 bulunduğu takdirde (8) muâdelesi mefkuddur.

olur. Fakat (6) muâdelesinde bu kıymet mahaline konulur ise:

$$b\,n = \frac{2\,t}{e}$$

ve

$$n = \frac{1}{e} \cdot \frac{2\,t}{b} \qquad (10)$$

bulunur.

Hülâsa tel vüs‘ati $\frac{2\,t}{b}$ nin aksâm-ı asliyyesine veyâ kendisine müsâvi olan her bir hareket-i raksiyyeyi icrâ eder ise de bundan mâ‘dâ harekât-ı raksiyeyi icrâ edemez.

Şimdi (8) muâdelesinde L tûl-ı mevcinin (9) kıymeti konulacak olur ise:

$$k = h\,b\,2\,\pi\,\frac{s}{l} = h\,b\,2\,\pi\,\frac{e}{2}\,\frac{s}{t}$$

veyâ

$$k = h\,b\,\frac{e\,\pi\,s}{t} \qquad (11)$$

Hâsıl olur ve (8) muâdelesinde k ile n nin kıymetleri mahallerine vaz‘ edilince:

Sayfa 136

$$a = h\,b\,\frac{e\,\pi\,s}{t}\,b\,b\,\left(\frac{2\,\pi\,\textcircled{e}\,b}{2\,t} - 2\,\pi\,b\right)$$

veya $2\,\pi\,b$ miktârı s ile gösterilerek:

$$a = h\,b\,\frac{e\,\pi\,s}{t}\,b\,b\,\left(\frac{e\,\pi\,b\,\textcircled{e}}{t} - s\right) \qquad (12)$$

bulunur.

İşte iki ucundan gerilmiş bir telin ihtizâzât-ı arzâniyyesinin muâdele-i umûmiyyesi bundan ibârettir.

Muâdele-i mezkûrede vâki‘ e aded-i tâmının (9) muâdelesine tevâfuk eden birinci kıymeti:

e = 1

dir ki bu halde savt-ı aslînin sâniye-i vâhidedeki m aded-i ihtizâzı (10) düstûru mûcibince:

$$m = \frac{1}{n} = \frac{b}{2t}$$

olmak lâzım gelir; bu aded-i ihtizâz telin şerâit-i mesrûde tahtında husûle getireceği savt-ı aslîye âiddir. Şu kadar ki e adedinin diğer kıyem-i tâmmesi için istihsâl edilecek olan esvâtın kâffesi de bu savt-i aslînin müellefesi olur.

Bu esvât-ı müellefe için:

$$s = 0 \qquad s = \frac{t}{e} \qquad s = \frac{2t}{e} \qquad s = \frac{3t}{e} \qquad \dots \qquad s = \frac{(e-1)t}{e}$$

$$s = t$$

noktalarında a = 0 bulunur. Binâberin bu noktalar birtakım ukde noktalarından ibâret olur.

Telin tûlunca böyle birtakım ukde noktalarının bulunması ihtizâzâtın bir takım ihtizâzât-ı sagîreden terekküb ettiğini irâe eder. Zîra ukde noktaları tedâhül hâdisesine tevfîkan iki hareket-i ihtizâziyyenin yekdiğerini imhâ eylemesinden neş'et eyler.

Riyâziye nokta-i nazarından evtâr-ı mühtezze muâdelesi bir muâdele-i hattıyyeden ibâret olduğundan muâdele-i mezkûreye tevâfuk eden kıyem-i husûsiye ile berâber bunların mecmu'unun da tevâfuk eylemesi îcâb eder. Binâberin e adedinin bir kıymeti için:

Sayfa 137

Nâmütenâhî $a_e = h_e \, ḥb \frac{e\pi s}{t} \, bḥb\left(\frac{e\pi b}{t} - s_e\right)$

gibi kıyem-i husûsiyyenin mecmu'u alınacak olur ise hâsıl olan:

$$a = mbḥ^{\infty} = h_e \, ḥb \frac{e\pi s}{t} \, bḥb\left(\frac{e\pi b}{t} - s_e\right) \qquad (13)$$

muâdelesi de (12) muâdilesine tevâfuk eden bir kıymetten ibâret olur. $mbḥ$ işâreti e miktâr-ı sâbitine sıfırdan $+\infty$ ye kadar bilcümle kıyem-i tâmma verildiği halde hâsıl olan a_e kıymetlerinin mecmu'na şâmildir.

Hikmet-i tabîiyye nokta-i nazarından bunun ma‘nâsı şu olur ki böyle gerilmiş bir telin hareket-i ihtizâziyyesi müddet-i raksî $\frac{2t}{b}$ miktarının mazrûbat-ı asliyesinden birine müsâvi olan ve münâsib vüs ‘at ve safhada bulunan[66] bir sıra harekât-ı ihtizâziyyenin yekdiğeri üzerine inzimamından mütehassıldır. Hatta böyle bir tel arzan ihtizâz ettirildiği halde savt-ı aslîden başka bunun sâmine ve za‘f-ı sâminesi ve bazen âşiresi olan esvât dahi işitilir.

Bu keyfiyyet yalnız tellere mahsûs değil, belki lâetta‘yîn bir cism-i mühtezz hakkında dahi cârîdir. İşte <Forye da‘vâsı> (Fourrier) nâmı tahtında ma ‘rûf bulunan da‘vâ-yı âti bunu müeyyiddir.

Her bir hareket-i ihtizâziye, dâima ve fakat yalnız bir tarzdan, bir takım hareket-i ihtizâziyye-i sagîrenin terekkübünden hâsıl olmuş gibi kabûl olunabilir.>

Forye’ nin bu da‘vâsı tahlîl-i riyâzîde:

<Alel-umûm bir tâbi‘ devri dâima ve yalnız bir siyâk üzere n, $\frac{n}{2}$, $\frac{n}{3}$ …. devirlerinde bulunan bir takım:

$$k_0 b_0 b\, 2\pi\left(\frac{\odot}{r} - h_0\right) \qquad k_0' b_0' b\, 2\pi\left(\frac{\odot}{\frac{r}{2}} - h_0'\right) \qquad k_0'' b_0'' b\, 2\pi\left(\frac{\odot}{\frac{r}{3}} - h_0''\right) \ldots$$

tevâbi‘-i dâireviyyesi mecmu‘na müsâvîdir>

Sayfa 138

da‘vâsının mebhâs-ı savta tatbîk edilmiş suretinden başka bir şey değildir.

59) Taylor Düstûru: Yukarıda istihsâl olunan:

$$m = \frac{b}{2t}$$

düstûrunda, f kuvve-i cârresinin ($2'$)

$$f = b^2 k$$

ifâdesinden istihrâc olunan:

[66] Bunların her ikisi de telin nazar-ı mütâla‘ya alınan noktasına göre tahavvül eder.

$$b = \sqrt{\frac{f}{k}}$$

kıymeti ikame edilecek olur ise:

$$m = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{f}{t^2 k}}$$

bulunur. Fakat şiddet-i câzibe ḥ ve telin mecmu‘ vezni de v ile gösterilir ise:

$$v = t k ḥ$$

veyâ

$$k = \frac{v}{t ḥ}$$

olacağından o da mahâline konulunca:

$$m = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{f ḥ}{v t}}$$

düstûru istihsâl edilir ki tellerin ihtizâzât-ı arzâniyyesi hakkında Taylor’un bulmuş olduğu düstûr bundan ibârettir.

Tel üstüvâni olduğu ve nısf-ı kutrı ‘r’ ve vezn-i mahsûsu da g ile ifâde olunduğu takdirde düstûr-u sâbıkada:

$$m = \frac{1}{2 t r}\sqrt{\frac{f ḥ}{\pi g}}$$

şeklini kesb eder.

Bu düsturdan bervech-i âti kavânîn istihrâc olunur:

Sayfa 139

Bir telin husûle getirdiği savt-ı aslînin perdesi:

Evvelâ telin tûluyla ma‘kûsen mütenâsibdir.

Sâniyen <kutrıyla < <

Sâlisen < kesafetinin cezr-i murabba‘ıyla ma‘kûsen mütenâsibdir.

Râbian <teli cerr eden kuvvetin cezr-i murabba‘ıyla mebsûten mütenâsibdir.

İşte hikmet-i tabî‘iyyede rahip Mersen (P. Mersenne) tarafından keşf edildiği beyân olunan kavânîn-i tecrübiyye bunlardan ibârettir. Kavânîn-i mezkûre <sonometre> denilen âlet vâsıtasıyla isbât olunur.

64) Sür‘at-i İbtidâiyyesiz Olarak Telin Tebdîl-i Mevzi‘ Etmesi: Şimdi iki nihâyetinden sâbit kılınmış böyle bir telin, muvâzenet vaz‘iyyetinden inhirâf ettirildikten sonra, bilâ sür‘at-i ibtidâiyye âlî hâle terk edilmiş olduğunu farz edelim. Bu halde $\odot = 0$ zamânında

B sür‘ati:

$$\frac{\partial a}{\partial \odot} = 0$$

olacağından (13) düsturundaki ş miktârları kâmilen sıfır olmak lâzım gelir. Bu hâlde (12) düstûru:

$$a = mb\dot{h}^{\infty} h_{e} \dot{h}b \frac{e\pi s}{t} b\dot{h}b \frac{e\pi b \odot}{t} \qquad (14)$$

şeklini kesb eder. Şimdi $\odot = 0$ zamanındaki tebeddül-ü şekl etmiş olan telin irâe ettiği münhaniyyenin muâdelesi:

$$a' = ba(s)$$

olsun.

İşte (14) muâdelesinin bu münhanîyi irâe edebilmesi için:

$$a = a' = ba(s) = mb\dot{h}^{\infty} h_{e} \dot{h}b \frac{e\pi s}{t}$$

veyâ

Sayfa 140

$$ba(s) = h_1 \dot{h}b \frac{\pi s}{t} + h_2 \frac{\dot{h}b\, 2\pi s}{t} + \ldots h_{e'} \dot{h}b \frac{e'\pi s}{t} + \ldots$$

bulunması îcâb eder.

Bu münâsebette vâki‘ h_1, h_2 … h_3 … emsallerinin birini ta‘yîn için muâdelenin tarafeynini o emsâlin haddiyle darb etmek ve hâsıl darb-ı bütün telin tûluna göre itmâm eylemek kifâyet eder.

Meselâ : (e‘) k bhby $h_{e'}$ haddın emsâlini ta‘yîn için tarafeyn $\dot{h}b\ \frac{e'\pi s}{t}$ ile darb olunur ise:

$$ba(s)\ \dot{h}b\ \frac{e'\pi s}{t}\ \text{لها}\ s = \left[h_1\ \dot{h}b\ \frac{\pi s}{t}\ \dot{h}b\ \frac{e'\pi s}{t} + h_2\ \dot{h}b\ \frac{2\pi s}{t}\ \dot{h}b\ \frac{e'\pi s}{t} + \right.$$

$$\left. \ldots\ldots + h_e\ \dot{h}b\ \frac{e\pi s}{t}\ \dot{h}b\ \frac{e'\pi s}{t} + \ldots\ldots \right]\ \text{لها}\ s$$

ve $s = 0$, $s = t$ gayeleri arasında itmam edilir ise:

$$bma^t\ ba(s)\ \dot{h}b\ \frac{e'\pi s}{t}\ \text{لها}\ s = mb\dot{h}\ mba^t\ h_e\ \dot{h}b\ \frac{e\pi s}{t}\ \dot{h}b\ \frac{e'\pi s}{t}\ \text{لها}\ s$$

olur. Fakat:

$$bma^t\ h_e\ \dot{h}b\ \frac{e\pi s}{t}\ \dot{h}b\ \frac{e'\pi s}{t}\ \text{لها}\ s = h_e\ \frac{1}{2}\ bma^t \left[b\dot{h}b\ \frac{(s-s')-s}{t} - b\dot{h}b\ \frac{(s+s')\pi s}{t}\right]\ \text{لها}\ s$$

$$= \frac{1}{2}\ h_e \left[\frac{t}{(s-s')\pi}\ \dot{h}b\ \frac{(s-s')\pi s}{t} - \frac{t}{(s+s')\pi}\ \dot{h}b\ \frac{(s+s')\pi s}{t}\right]^t$$

$$= \frac{1}{2}\ h_e\ \frac{t}{\pi} \left[\frac{1}{s-s'}\ \dot{h}b\ \frac{(s-s')\pi s}{t} - \frac{1}{s+s'}\ \dot{h}b\ \frac{(s+s')\pi s}{t}\right]^t$$

$$= \frac{1}{2}\ h_e\ \frac{t}{\pi} \left\{\frac{1}{s-s'} - \dot{h}b\ (s-s')\pi - \frac{1}{s+s'}\ \dot{h}b\ (s+s')\pi\right\}$$

olduğundan ve halbuki bu ifâde e aded-i tâmı e' den farklı bulundukça sıfıra müsâvi ve yalnız $e = e'$ olduğu halde bir kıymeti hâiz bulunduğundan taraf-ı sânîyi teşkîl eden haddlerin bundan mâ‘dâsı sıfır olmak iktizâ eder.

Sayfa 141

Binâenaleyh $e' = e$ için:

$$bma^t\ ba(s)\ \dot{h}b\ \frac{e'\pi s}{t}\ \text{لها}\ s = bma^t\ h_e\ \dot{h}b\ \frac{e\pi s}{t}\ \dot{h}b\ \frac{e\pi s}{t}\ \text{لها}\ s$$

veyâ

$$\text{mba}^{\text{t}}\,\text{ba}\,(\text{s})\,\text{ḥb}\,\frac{\text{e}\,\pi\,\text{s}}{\text{ṭ}}\;\text{لها}\;\text{s}\;=\frac{1}{2}\,\text{bma}^{\text{t}}\,\text{h}_{\text{e}}\left[\text{bḥb}'(0)-\text{bḥb}\,\frac{2\,\text{e}\,\pi\,\text{s}}{\text{ṭ}}\right]\text{لها}\;\text{s}$$

$$=\frac{1}{2}\,\text{h}_{\text{e}}\,\text{bma}^{\text{t}}\left[1-\text{bḥb}\,\frac{2\,\text{e}\,\pi\,\text{s}}{\text{ṭ}}\right]\text{لها}\;\text{s}$$

$$=\left[\text{h}_{\text{e}}\,\text{bma}^{\text{t}}\,\text{لها}\;\text{s}\;-\;\text{h}_{\text{e}}\,\text{mba}^{\text{t}}\,\text{bḥb}\,\frac{2\,\text{e}\,\pi\,\text{s}}{\text{ṭ}}\;\text{لها}\;\text{s}\right]\times\frac{1}{2}$$

$$=\frac{1}{2}\,[\text{s}]^{\text{t}}-\frac{1}{2}\,\text{h}_{\text{e}}\left[\frac{\text{ṭ}}{2\,\pi\,\text{s}}\,\text{ḥb}\,\frac{2\;\pi\,\text{e}\,\text{s}}{\text{ṭ}}\right]^{\text{t}}$$

$$=\frac{1}{2}\,\text{h}_{\text{e}}\,\text{ṭ}-\frac{1}{2}\,\text{h}_{\text{e}}\left[\frac{\text{ṭ}}{2\,\pi\,\text{e}}\,\text{ḥb}\,2\;\pi\,\text{e}\right]$$

$$=\frac{1}{2}\,\text{h}_{\text{e}}\,\text{ṭ}$$

ve bittâb‘

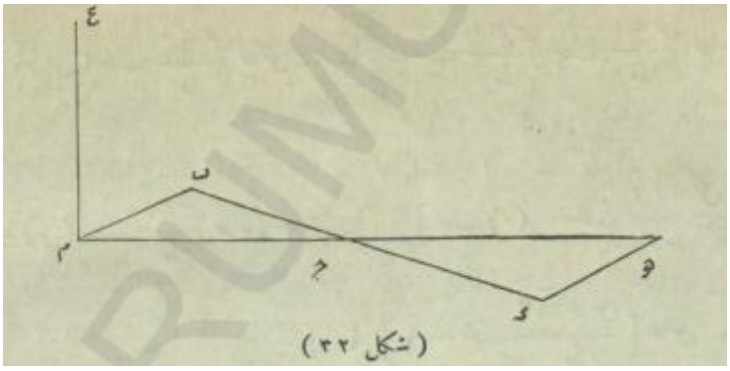
$$\text{h}_{\text{e}}\,\frac{2}{\text{ṭ}}\,\text{bma}^{\text{t}}\,\text{ba}\,(\text{s})\,\text{ḥb}\,\frac{\text{e}\,\pi\,\text{s}}{\text{ṭ}}\;\text{لها}\;\text{s}\qquad(10)$$

istihrâc olunur ki bu düstûr vâsıtasıyla h_1, h_2, … emsâllerinin kâffesinin kıymetleri bulunabilir.

İşte muvâzenet vaz‘iyyetinden inhirâf ettirilmiş olan telin ⟲ = 0 zamânında resm ettiği münhanî veyâhud hatt-ı münkesir ‘m b ḥ’ (Şekil 32) olsun. ḥ noktasına nazaran bu m b ḥ münhanîsinin mütenâzırı olan ‘ḥ e h’ ve ‘h’noktasına nisbeten de bunun mütenâzırı bulunan ilâ ahire münhanîsini resm edelim. Bu halde m ḥ telinin hareket-i âdetâ gayr-ı mahdûd olan bir telin m ḥ kısmının hareketi gibi kabul olunabilir ki bunda da tebeddül-ü şekl her iki cihete doğru ‘b’ sür‘ât-i sâbitesi ile intişâr eder.

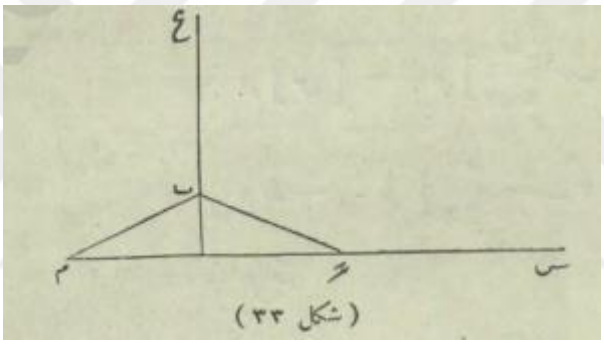
Sayfa 142

Misâl olarak telin vasatından gâyet ucu ince bir mazreb ile çekildikten sonra âlî hâle



Şekil 32

terk edildiğini (Şekil 33) tasavvur edelim. Bu hâl-i husûsiyyede telin ⊙ = 0 zamânında irâe ettiği münhanî bir 0 m b ḥ müselles-i mütesâvi-s-sakaynından ibâret olur ki bunun kâidesi telin ṭ tûluna



Şekil 33

müsâvi olduğu gibi irtifa'ı da ḥ olsun. Ve suhûlet olmak üzere a mihveri de telin vasat noktasına nakl edilmiş bulunsun. Bittab' (15) düstûru 0 ile $\frac{t}{2}$ ve 0 $-\frac{t}{2}$ gâyeleri arasında itmâm edileceğinden:

$$h_e = \frac{4}{t}\ bma^{\frac{t}{2}}\ ba\ (s)\ ḥb\ \frac{e\pi s}{t}\ \text{لها}\ s \qquad (16)$$

olur.

Eğer 'e' zevc ise, ḥb $\frac{e\pi s}{t}$ ceyb-i münhanîsi zevc adedi fostuni hâvi olacağından 0 ile $-\frac{t}{2}$ arasında mahsûr olan:

$$\text{bma}^{\frac{t}{2}}\ \text{ḥb}\ \frac{e\,\pi\,s}{t}\ \text{لما}\ s$$

sâhası 0 ile $\frac{t}{2}$ arasında mahsûr bulunan:

Sayfa 143

$$\text{bma}^{-\frac{t}{2}}\ \text{ḥb}\ \frac{2\,\pi\,s}{t}\ \text{لما}\ s$$

sahasına müsâvi ve yalnız işâretce muhâlif bulunacağından mecmu‘u sıfır olur. Binâenaleyh zevc-i mürettebeden olan h_e emsâlleri de birer birer sıfıra müsâvi olmak lâzım gelir.

Fakat e ferd ise, yukarıki iki saha yekdiğeriyle inzimâm edeceğinden ferd-i mürettebeden olan emsâllerin kıymetleri: (16)

$$h_e = \frac{4}{t}\ \text{bma}^{\frac{t}{2}}\ \text{ba}\,(s)\ \text{ḥb}\ \frac{2\,\pi\,s}{t}\ \text{لما}\ s$$

düsturuyla ta‘yîn olunabilir. Fi’l-hakîka düstûr-u mezkûrede vâki‘ ba (s) ifâdesi, sıfır ile $\frac{t}{2}$ arasında:

$$a' = \text{ba}\,(s) = \frac{2\,h}{t}\ s$$

olmakla[67](·)

$$h_e = \frac{4}{t}\ \text{bma}^{\overline{2}}\ \frac{2\,h}{t}\ s\ \text{ḥb}\ \frac{e\,\pi\,s}{t}\ \text{لما}\ s$$

veyâ

$$h_e = \frac{8\,h}{t^2}\ \text{bma}^{\frac{t}{2}}\ s\ \text{ḥb}\ \frac{e\,\pi\,s}{t}\ \text{لما}\ s$$

bulunur.

---

[67] (·) b ḥ hattının muâdelesi, emsâl-i zâviyesi $\frac{2\,h}{t}$ olmasına binâen:

$$a' = \frac{2\,h}{t}\ s$$

dir.

Ve temâmî itmâm-ı bittefrîk usûlüyle itmâm olunur ise:

$$h_e = \frac{8h}{t^2}\left[-\frac{t}{e\pi}\, s\, bhb\, \frac{e\pi s}{t} + \left(\frac{t}{e\pi}\right)^2 hb\, \frac{e\pi s}{t}\right]^{\frac{t}{2}}$$

Sayfa 144

veyâ

$$h_e = \frac{8h}{t^2}\left\{-\frac{t^2}{e\pi} bhb\, \frac{e\pi}{2} + (\frac{t}{e\pi})^2\, hb\, \frac{e\pi}{2}\right\}$$

ve fakat e ferd olduğundan:

$$bhb\, \frac{e\pi}{2} = 0$$

ve binâberin:

$$h_e = \frac{8h}{t^2}\left\{\frac{t^2}{e^2\pi^2}\, hb\, \frac{e\pi}{2}\right\} = \frac{8h}{e^2\pi^2}\, hb\, \frac{e\pi}{2}$$

istihsâl olunur.

Bu halde telin hareketi (14) muâdelesine tevfîkan:

$$a = \frac{8h}{\pi'^2}\left\{hb\, \frac{\pi s}{t}\, bhb\, \frac{\pi b}{t} - \frac{1}{3^2}\, hb\, \frac{3\pi s}{t}\, bhb\, \frac{3\pi b s}{t} +\right.$$

$$\left.\frac{1}{5^2}\, hb\, \frac{6\pi s}{t}\, bhb\, \frac{5\pi b}{t} \ldots\right\} \ldots\ldots$$

olur ki bu da serî-ül mütekarribe bir silsiledir.

Bu hâl-i husûsda telin ihtizâzından hâsıl olan savt-ı aslî ile müterâfık bulunan esvât-ı müellefenin zevc -i mürettebeden olanları külliyen mefkud ve ferd-i mürettebeden bulunanları da sür‘atle mütenezzil olacağından savt-ı aslî kâffesine galebe eder. İşte Yong (Young) un biltecrübe bulmuş olduğu kânun da bunu îcâb eder.

65) Tenbih: Evtâr-ı mühtezze hakkında bervech-i bâla istihrâc olunan kavânîn-i nazariyye uzun ve kâbil-i inhinâ ve, gâyet kuvvetle gerilmiş, olan teller hakkında câridir. Fakat kısa ve kalın ve az gerilmiş tellerin hakîkat-i halde icrâ eyledikleri ihtizâzâtın adedi, nazarî olarak icrâ edecekeleri ihitizâzâtın adedinden fazladır; bu fazla telin salâbeti (Rigidité) ne kadar ziyâde olur ise o derece de ziyâdedir.

Sayfa 145

66) Kadîb: Gâyet sert olan ve binâberin kâbil-i inhinâ olmayan çubuklara mebhâs-ı savtda bilhassa "kadîyyet" (Verge) nâmı verilir. Sûret-i mutlakada kâbil-i inhinâ teller olmadığı gibi sûret-i kat'iyyede hâiz salâbet çubuklar da mefkuddur. Fakat bu iki cism tasavvurunun tedkîki, nazariyyât noktasından ehemmiyetine ve ameliyyât cihetinden de menfaatine binâen elzemdir.

67) Kadîblerin İhtizâzât-ı Tûlaniyyesi: Bir kadîbin mihverine muvâzî olarak vukua' getirilen hareket-i ihtizâziyye-i tûlaniyenin evvelâ elâstikî bir sütûn dâhilinde ve bu sütunu teşkîl eden maddeye gayr-ı tâbi' bir surette intişâr ettiği; sâniyen enâbîb-i mutasavvıtanın tâbi' bulunduğu kavânîne tâbi' olduğu ilk def'a erbâb-ı hikmetden Kaladni (Chladni) tarafından isbât edilmiştir [68]. Bir sûretdeki iki ucu serbest bırakılmış veyâhud sâbit kılınmış bir çubuğun tûl-ı ihtizâzı iki tarafı açık bir borudaki ihtizâzatın aynıdır; kezalik bir ucundan sâbit kılınmış, diğer ucu serbest bırakılmış bir çubuğun tûlen ihtizâzı da bir tarafı kapalı bir borudaki ihtizâzâta müşabihtir.

Bu müşâbehetlerden bilistifâ Kaladni 1796 senesinde ecsâm-ı sulbede savtın sür'ati intişârını ta'yîn için diğer bir tarik bulmuştur. Fi'l-hakika aynı ṭ tûlunda bir hevâ borusu

[68] Bir kadîbi tûllen ihtizâz ettirmek için, eğer kadîb ma'denî ise, üzerine reçine sürülmüş bir çûha parçasıyla tûllani olarak delik kifâyet eder. Böyle bir çubuk ortasından tutularak delik edildiği halde tüllen ihtizâz edeceğinden serbest olan iki nihâyeti birer batn teşkîl eder ki borularda eczâ-yı ferdiyyenin mihveri kadîbe mütevâziyen olan hareketleri a'zamîdir. Erbâb-ı hikmet-i tabî'iyyeden Savar (Savard) bu hareket-i ihtizâziyyenin vüs'atini ta'yîn etmiş ve bir çubuğun tûllen ihtizâzı esnâsında uzandığı miktârın binlerce kilogramlık bir cerr tahtında uzanacağı miktar râddesinde olduğunu mulastagrab görmüştür. Fi'l-hakîka tûllanî ihtizazdan dolayı çubuktan hâsıl olan uzanma keyfiyyeti ba'zı def'a çubuğun gerilmesini intâc edecek derecede mühimdir: Şâkulen ortasından tutulan ve tûllani olarak delik olunan bir billur çubuğun âlet ucunun mütemâdiyen kurs şeklinde koparak yere düşmesi bu hakîkati isbât eder.

İşte ba'zı def'a pek cüz'i olan ve fakat sûret-i mütemâdiye ve mütenazzımede tekrar eden bir tesîr fevkal'âde 'azîm bir kuvvetin bir def'ada husûle getireceği eseri hâsıl edebilir. Aje (Ager) asma köprüsünü tutan kalın demir hatların, köprü üzerinden geçmekte olan bir küçük müfreze-i askeriyenin muntazaman atdıkları hatvelerin te'siriyle kırıldığı pek meşhûrdur.

ile bir sulb çubuk nazar-ı mütala‘aya alınacak olur ve bunlarda hâsıl olan savt-ı

Sayfa 146

aslîlerin aded-i ihtizâzları nazîr nazîre m, m' ve her birinden savtın sür‘at-i intişârı b, b' ile irâe olunur ise:

$$m = \frac{b}{2t} \qquad m' = \frac{b'}{2t'}$$

olacağından:

$$\frac{m'}{m} = \frac{b'}{b}$$

bulunur. Bundan anlaşılır ki bu iki savtın hâsıl eylediği savtların perdeleri beynendeki nisbet her birinden savtın sür‘ât-i intişârı beynendeki nisbete müsâvîdir. İşte Kaladni bu sûretle sür‘at-i savtın hevâdaki kıymetini ta‘yîne muvaffak olmuştur.

68) Evtârın İhtizâzât-ı Tûlaniyyesi: Teller de, çubuklar gibi tûlen ihtizâz ettirilebilir. Bu halde dâhil-i hisâb edilmesi lâzım gelen kuvvet telin kuvve-i cârresi değil bil‘akis kuvve-i elâstikıyyesidir. Kaladni’nin kânununa tevfîkan tûlen ihtizâz eden bir telden çıkan savt-ı aslînin aded-i ihtizâzı:

$$m = \frac{b}{2t}$$

düstûruyla veyâhud (madde: 32) de

$$b = \sqrt{\frac{h\,he}{v}}$$

kıymeti mahâline konularak:

$$m = \frac{1}{2t}\sqrt{\frac{h\,he}{v}}$$

düstûruyla ta‘yîn olunur. Şimdi bu tel ‘arzan ihtizâz ettirildiği halde hâsıl olan savt-ı aslînin aded-i ihtizâzını ifâde eden (madde:63)

$$m' = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{f\,h}{t\,k_1}}$$ [69] (*)

düstûruyla mukâyese olunur ise:

Sayfa 147

$$\frac{m}{m'} = \frac{1\sqrt{\frac{h\,he}{v}}}{t\sqrt{\frac{h\,f}{t\,k_1}}}$$

veyâ

$$v = \frac{k_1}{t\,h}$$

olmasına mebnî

$$\frac{m}{m'} = \sqrt{\frac{h}{f}\,he}$$

bulunur. Fakat t tûlunda olan bir telin f kuvve-i cârresine taht-ı te'sîrindeki miktâr-ı itâlesi $l\bar{a}$ ile gösterilecek olur ise:

$$l\bar{a} = \frac{f\,t}{he\,h}$$

ve binâberin

$$\frac{m}{m'} = \sqrt{\frac{t}{l\bar{a}}}$$

hâsıl olur ki bu da bir telin ihtizâzât-ı tûlaniyyesinden hâsıl olan savt-ı aslînin ihtizâzât-ı arzâniyyesinden husûle gelen savt-ı aslîden pek çok tiz olduğunu irâe eder.

69)Kadîblerin İhtizâzât-ı Arzâniyesi: Çubukların ihtizâzât-ı arzâniyesi nazariyesini te'sîs Danyal_Bernolli (D. Bernoulli) başlamış ise de nazariyye-i mezkûrenin ikmâli Uler

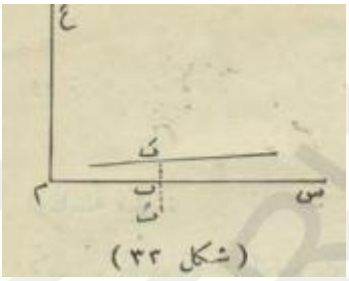
[69] (*) Bu düsturda v yerine k_1 vaz' edilmiştir.

(Euler) e müyessir olmuştur. Ma‘mâfih muahharen bu nazariyye Rikati (Ricati), Koşi (Cauchy), Poisson (Poisson) taraflarından asl ve tevsi‘ edilmiştir.

Elâstıkî bir çubuk, tûluna amûden bir kuvvetle eylediği halde bu çubuğun her bir makta‘ kâiminde hâsıl olan kuvvâ-yı elâstikıyye-i tûlaniye hâl-i muvâzenetinde te’sîrât-ı arzâniye ile tevâzün eder ise de hâl-i fa‘âliyyette çubuğun hareketini mûcib olur.

70) Muâdele-i Tefâzuliye: Hâl-i sükûnette bulunan menşûrî bir çubuğun lîf vasatîsinin istikâmeti s mihveri ve bu mihverin bir noktasından, inhinâ-i müstevîsi üzerinde

Sayfa 148



Şekil 33

olmak üzere, ikame olunan amûdîde a mihveri intihâb edelim; ve çubuğun tûluna nazaran diğer iki bu‘dunu küçük farz ile berâber inhinanın da pek cüz’i olduğunu kabul eyleyelim. Bu halde çubuğun her bir makta‘-ı kâime üzerinde bulunan nikatın hareketi bir addolunabileceği gibi çubuğun ihtizâzâtını tetkîk için de lîf vasatîsinin tetkîki kifâyet eder. Bu lîf vasatî üzerinde fâsılası m b olan (şekil 33) noktası lîf-i mezkûrun hâl-i tabîiyyedeki m s istikâmetine amûden gâyet asgâr bir b′ b″ hatt-ı müstakîmi üzerinde raks eder. Bu nokta-i mühtezzenin bir ⊙ zamanındaki tertîbini yani b vaz‘iyyet-i tabî‘iyyesinden miktâr-ı tebâüdünü a ile irâe edelim; ve s ile s + ما s fâsılalarına tevâfuk eden makta‘-ı kaimeler ile tahdîd edilmiş olan menşûr asgâr-ı nâmütenâhiyi tasavvur eyleyelim. Bu asgar-ı nâmütenâhi menşûrun s fâsılasına tevâfuk eden makta‘daki kuvve-i elâstikıyye-i mümâssiye ‘f’ (kayma kuvveti) ve çubuğun makta‘-ı kaimenin sathı ḥ ve çubuğu teşkîl eden maddenin kesâfeti ‘g’ olduğuna göre hareket-i arzâniyenin muâdelesi, mebhâs-ı elâstikıyyette görüldüğü üzere:

$$f-\left(f+\frac{\partial f}{\partial s}\partial s\right)=\dot{h}\,g\,\partial s\,\frac{\partial^2 a}{\partial\odot^2}\qquad(*)^{70}$$

Sayfa 149

veyâhud:

$$\frac{\partial^2 a}{\partial\odot^2}=-\frac{1}{\dot{h}\,g}\cdot\frac{\partial f}{\partial s}\qquad(1)$$

dan ibârettir.

Şimdi bu f kuvvetini ta‘yîn için inhinâ-i müstevîsine amûd olmak üzere menşûr-ı asgar-ı nâmütenâhinin merkez sıkletinde mürûr eden bir mihvere nazaran vezniyyetlerini (mumanlarını) nazar-ı itibâra alalım. Evvel f kuvâyı elâstikıyye-i mümâssiyyenin vezniyyetleri mecmu‘u-f ∂ s olduğu gibi s makta‘na âid olan kuvâyı elâstikıyye-i mümâsiyyenin vezniyyeti:

$$\frac{h\,Lb}{d}$$

Veyâ

$$h\,Lb\,\frac{\partial^2 a}{\partial s^2}\qquad(*)^{71}$$

ve diğer s + ∂ s makta‘ına âid kuvve-i elâstikıyye-i mümâssiyyenin vezniyyeti de:

---

[70] (*)Muâdele- i mezkûrenin tarf olunan birinci hadd-i asgâr nâmütenâhi menşûrun ‘s’ makta‘ndaki kuvve-i elâstikıyye-i mümâssiyyeyi ve mu‘terize derûnunda bulunan ikinci haddi s + ∂ s makta‘ındaki kuvve-i elâstikıyye-i mümâssiyeyyi irâe eder ki menşûrun istikâmetine hemân amûden icrâ eylediği hareket-i raksiyyede bu iki kuvvetin beynendeki tefâzulun taht-ı te’sîrinde vukua‘ gelir. Tarf-ı sâni ise bu kuvve-i muharrikenin diğer ifâdesinden ibârettir; ta‘bîr-i âhirle ‘a’ istikâmetinde menşûrun kesb eylediği $\frac{\partial^2 a}{\partial\odot^2}$ miktâr-ı ta‘cîlinin $\dot{h}\,g$ ∂s miktâr-ı kütlesine hâsıl darbına müsâvidir.

[71] Bu ifâdedeki h miktârı çubuğun emsâli elâstikıyyeti, Lb miktârı da $\dot{h}$ makta‘ının vezniyyet-i ‘atâleti (moment d’inertie) dir. ‘d’ miktarına gelince bu da lif vasatının s noktasındaki nısfı kutr-i inhinâsıdır ki bunun ‘aksi $\frac{\partial^2 a}{\partial s^2}$ tefâzuliyyesinin müsâvi gibi kabûl olunabilir.

$$h\,Lb\left(\frac{\partial^2 a}{\partial s^2}+\frac{\partial^2 a}{\partial s^2}\,\partial s\right)$$

olduğundan her ikisine âid olan vezniyyetler mecmu‘u:

$$h\,Lb\,\frac{\partial^2 a}{\partial s^2}-h\,lb\left(\frac{\partial^2 a}{\partial s^2}+\frac{\partial^2 a}{\partial s^2}\,\partial s\right)=-h\,Lb\,\frac{\partial^2 a}{\partial s^2}\,\partial s$$

olacağından vezniyyetler da‘vâsı mûcibince:

Sayfa 150

$$-f\,\partial s=-h\,Lb\,\frac{\partial^2 a}{\partial s^2}\,\partial s$$

veyâhud

$$f=h\,Lb\,\frac{\partial^2 a}{\partial s^2} \qquad (2)$$

bulunur ki bu da <mukavemet-i ecsâm>nazariyyesindeki da‘vâyı esâsiyye muâdelesinden başka bir şey değildir.

İşte bu kıymet (1) muâdelesinden mahâline vaz‘ olunur ise:

$$\frac{\partial^2 a}{\partial \odot^2}=-\frac{h\,Lb}{h\,g}\,\frac{\partial^4 a}{\partial s^4}$$

veyâhud ihtizâzâtı-ı tûlaniyyenin sür‘at-i intişârı:

$$b=\sqrt{\frac{he}{g}}$$

olduğu gibi h makta‘nın, merkez sıkletinde inhinâ-i müstevîsine amûden resm olunan bir mihver etrafındaki nısf-ı kutr-ı cevelâni de r ile gösterildiğine göre:

$$r=\sqrt{\frac{Lb}{h}}$$

bulunduğundan bunlar da mahallerine konulduğu halde muâdele-i ahîre:

$$\frac{\partial^2 a}{\partial \odot^2} = b^2 r^2 \frac{\partial^4 a}{\partial s^4}$$

veyâ

$$\frac{\partial^2 a}{\partial \odot^2} + b^2 r^2 \frac{\partial^4 a}{\partial s^4} = 0 \qquad (3)$$

Sayfa 151

şeklini kesb eder. İşte müsta‘razen ihtizâz eden bir çubuğun muâdele-i hareketi bundan ibârettir.

71) Muâdeleye Tevâfuk Eden Hareket-i Raksiye: Şimdi vüs‘ati ṣ gibi mütehavvil olan bir hareket-i raksiyyenin bu muâdileye tevâfuk edip etmeyeceğini taharrî edelim. Bunun için de çubuğun tûlu ṭ v ḥ ta‘yîni matlube bir aded olmak üzere:

$$a = ṣ\, bḥb\left(\frac{br}{ṭ^2} ḥ^2 \odot + ne\right) \qquad (4)$$

vaz‘ edelim. Bu kıymet (3) muâdelesinde mahâline konulur ise:

$$\frac{\partial^4 ṣ}{\partial s^4} = \left(\frac{h}{h}\right)^4 ṣ \qquad (5)$$

bulunur.

Eğer e + 1 adedinin dördüncü kuvvetten cezrlerini teşkîl eden + 1, -1, + $\sqrt{-1}$, - $\sqrt{-1}$ adedlerinden birini göstermek üzere:

$$ṣ = y^{\theta \frac{h s}{ṭ}}$$

ifâdesi (5) muadelesinin bir sûret-i hâlini ‘itâ eder ise bütün sûret-i haller:

$$ṣ = k_3\, bḥb\, ḥ\, \frac{s}{ṭ} + k_2\, ḥb\, ḥ\, \frac{s}{ṭ} + k_1 y^{\frac{h a}{ṭ}} + k_4\, y^{\frac{h ṣ}{ṭ}} \qquad (6)$$

veyâhud ceyb ve tamâm-ı ceyb kat‘-ı zâidî idhâl olunduğuna ve $\frac{\text{h s}}{\text{ṭ}} = \text{s}$ ile gösterildiğine göre:

$$\text{ṣ} = \text{b}_1\,(\text{bḥb s}' + \text{bḥbe s}') + \text{b}_2\,(\text{bḥb s}' - \text{bḥbe s}') + \text{b}_3\,(\text{ḥb s}' + \text{ḥbe s}')$$
$$+ \text{b}_\text{n}\,(\text{ḥb s}' - \text{ḥbe s}') \quad [72](*) \qquad (7)$$

muâdelesinden istihrâc olunabilir.

Sayfa 152

İşte ṣ mütehavvilinin bu ifâdesinde dört miktâr-ı sâbit vardır ki bunlar çubuğun her ucuna âid iki şart-ı ibtidâi ile ta‘yîn olunur.

76) Birinci Hâl: Çubuğun her iki Ucunun Serbest Bırakılması: Bu halde çubuğun serbest olan makta‘ında $\frac{\text{hLb}}{\text{V}}$ vezniyyeti elâstikıyyeti dâima sıfıra müsâvi bulunacağı gibi f kâime kuvveti de sıfır olur. Binâberin her an:

$$\frac{\text{ها}^{\text{z}}{}_{\text{a}}}{\text{ها}_{\text{s}^2}} = 0 \qquad \frac{\text{ها}^{\text{s}}{}_{\text{a}}}{\text{ها}_{\text{s}^3}} = 0$$

bulunur. İşte evvelâ s = 0 kıymeti için:

$$\frac{\text{ها}^{\text{z}}{}_{\text{ṣ}}}{\text{ها}_{\text{s}^2}} = 0 \qquad \frac{\text{ها}^{\text{s}}{}_{\text{ṣ}}}{\text{ها}_{\text{s}^3}} = 0$$

---

[72] (*) Kat’-ı zâidî denilen ceybler ile tamâm-ı ceybleri âdi ceybler ile tamâm-ı ceyblerden tefrîk için evvelkiler hbe , bhbe İşâretleriyle gösterilmiştir ki bunlar âdetâ:

$$\text{bḥbe s} = \frac{1}{2}\,(\text{y}^{\text{s}} + \text{y}^{-\text{s}})$$

$$\text{ḥye s} = \frac{1}{2}\,(\text{y}^{\text{s}} - \text{y}^{-\text{s}})$$

münasebetleriyle ta‘rîf olunan tevâbi‘-i âsiyeden başka bir şey değildir. Şu iki münâsebeti ahîreden ise:

$$\text{bḥbe}^2\,\text{s} - \text{ḥbe}^2\,\text{s} = 1$$

istihrâc olunur.

olacağından ve bu da $b_2 = 0$, $b_4 = 0$ olmasını intâc eyleyeceğinden (3) muâdelesi bu hâl-i husûsiyyede:

$$ṣ = b_1 (bḥb s' + bḥbe s') + b_2 (ḥb s' + ḥbe s') \qquad (8)$$

şekline müncerr olur.

Sâniyen: $s = ṭ$ veyâ $s' = ḥ$ kıymeti için:

$$\frac{\partial^2 ṣ}{\partial s^2} = 0 \qquad \frac{\partial^2 ṣ}{\partial s^2} = 0$$

olması îcâb ettiğinden (8) muâdelesinin s' mütehavviline nazaran ikinci ve üçüncü müştâkları alınacak olur ise:

$$\frac{\partial^2 ṣ}{\partial s^2} = b_1 (- bḥb s' + bḥbe s') + b_3 (- ḥb s' + ḥbe s')$$

$$\frac{\partial^3 ṣ}{\partial s^3} = b_1 (ḥb s' + ḥbe s') + b_3 (- bḥb s' + bḥbe s')$$

ve s' yerine $ḥ$ vaz‘ edilir ise:

Sayfa 153

$$\begin{bmatrix} b_1 (- bḥb ḥ + bḥbe ḥ) + b_3 (- ḥb ḥ + ḥbe ḥ) = 0 \\ b_1 (ḥb ḥ + ḥbe ḥ) + b_3 (- bḥb ḥ + bḥbe ḥ) = 0 \end{bmatrix} \qquad (9)$$

istihsâl olunur.

Halbuki bu iki muâdelenin yekdiğeri ile kâbil-i te’lîf olması için mutlaka:

$$(bḥbe ḥ - bḥb ḥ)^2 = ḥbe^2 ḥ - ḥb^2 ḥ$$

veyâhud

$$bḥbe ḥ bḥbe ḥ = 1 \qquad (10)$$

bulunması lâzımdır. İşte bu hâl-i husûsiyede mes’eleye tevâfuk eden $ḥ$ miktâr-ı sâbitini Poeston (10) münâsebeti vâsıtasıyla tayîn etmiştir. Yukarıdaki (10) mâadele-i şartiyesi

tahakkuk ettiği halde (9) muâdelelerinden her biri $\frac{b_2}{b_1}$ nisbeti için aynı kıymeti 'itâ edeceğinden bu kıymet ṣ mütehavvilinin (8) ifâdesinde mahâline konulacak olur ise, ḥ gibi bir miktâr-ı sâbit kadar fark ile:

$$ṣ = (bḥb\,ḥ - bḥbe\,ḥ)\left(bḥb\,\frac{ḥ\,s}{ṭ} + bḥbe\,\frac{ḥ\,s}{ṭ}\right) + (ḥb\,ḥ + ḥbe\,ḥ)$$

$$\times (ḥb\,\frac{ḥ\,s}{ṭ} + ḥbe\,\frac{ḥ\,s}{ṭ})$$

kıymeti istihsâl olunur.

ṣ mütehavvilinin bu kıymeti için:

$$a = ḥ\,ṣ\,bḥb\,(\frac{b\,r}{ṭ^2}\,ḥ^2\,\circlearrowleft + ne) \qquad (11)$$

olacağı cihetle böyle bir hareket-i raksiyyenin sâniye-i vâhidedeki aded-i ihtizâzı da bittab' [73]

Sayfa 154

$$m = \frac{b\,r}{2\,\pi\,ṭ^2}\,ḥ^2$$

dan ibâret bulunur; ve bundan da bervech-i âti kavânîn istihrâc olunur:

---

[73] Bu ifâde

$$a = ḳ\,bḥb\,2\,\pi\,\frac{\circlearrowleft}{n}$$

ile gösterilen bir hareket-i ihtizâziyye muâdelesiyle mukâbele edilince:

$$2\,\pi\,\frac{\circlearrowleft}{n} = \frac{b\,r}{ṭ^2}\,ḥ^2\,\circlearrowleft$$

veyâ

$$m = \frac{1}{n} = \frac{b\,r\,ḥ^2}{2\,\pi\,ṭ^2}$$

bulunur.

Evvelâ her iki ucu serbest olan bir çubuk müsta‘razan ihtizâz ettirildiği halde bir sıra esvât-ı husûle getirir ki bu esvâtın aded-i ihtizâzları beynindeki nisbet (10) muâdelesiyle ta‘yîn olunan ḥ adedinin ahz edeceği kıymetlerin murabba‘ları beynendeki nisbete müsâvîdir.

Muâdele-i ahîreye tevâfuk edecek surette ḥ miktarına verilecek olan kıymetler:

$$\frac{\pi}{2}(3{,}011), \qquad \frac{\pi}{2}5, \qquad \frac{\pi}{2}7 \quad \dots \quad \frac{\pi}{2}(2k+1)$$

dan ibârettir.

Binâberin böyle bir çubuktan hâsıl olan esvâtın adedi ferd-i mürettebeden ‘âdâd -ı mütevâliyyenin murabba‘larına pek karîbdir. Ta‘bîr-i âharla savt tizlendikçe aded-i ihtizâzı da:

$$m = \frac{\pi}{2}\,\frac{br}{t^2}\,.\frac{(2k+1)^2}{4} \tag{13}$$

ifâdesine takarrüb eder.

Sâniyen bu esvâtdan biri, çubuğun tûlunun murabba‘ıyla ma‘kûsen ve nısf-ı kutr cevelâni (ve binâenaleyh çubuğun kalınlığını veya kutrı) ve ihtizâzât- tûllaniyenin sür‘ati-i intişârı ile mebsûten mütenâsibdir [74] (*).

Sâlisen ukde noktaları s = 0 kıymetine tevâfuk eder; ve çubuktan çıkan savt kâfi derecede tiz olduğu halde birbirini müteâkib iki ukde beyneni takrîb eden mesâfe:

$$\Delta = \frac{2t}{2k+1} \tag{14}$$

ifâdesine takarrüb eder.

73) İkinci Hâl: Çubuğun İki Ucunun Sabit Kılınmış Olması: Çubuğun uclarından her birinin sâbit olması:

[74] (*) Çubuğun arzına gayr-ı tâbi‘dir.

$$a = 0 \qquad \frac{\text{لها}_a}{\text{لها}_s} = 0$$

Sayfa 155

gibi iki şart ile tahdîd olunur. Halbuki çubuğun iki ucu serbest bulunduğu takdirde

$$\frac{\text{لها}^2_a}{\text{لها}_{s^2}} = 0 \qquad \frac{\text{لها}^s_a}{\text{لها}_{s^s}} = 0$$

olacağından bu hâl bundan evvelki hâle ircâ‘ edilmiş demek olur. Binâenaleyh:

$$\text{bḥbe ḥ bḥbe ḥ} = 1$$

muâdelesi ḥ adedinin kıymetlerini tanzÎm edeceği gibi bu kıymetlerin murabba‘ları da çubuğun şu ikinci halde ‘itâ eyleceği esvâtın aded-i ihtizâzatını ta‘yîne hidmet eder. Tâbir-i âharla savt-ı aslîden sarf-ı nazarla diğerleri:

$$m = \frac{\pi}{2}\frac{b\,r}{t^2}\frac{(2k+1)^2}{4}$$

düstûruna tevâfuk edeceği gibi çubuğun ortasına doğru iki müteâkıb ukde arasındaki mesâfe de:

$$\Delta = \frac{2t^2}{2k+1} \qquad (15)$$

ifâdesine takarrüb eyler.

74) Üçüncü Hâl: Çubuğun bir ucunun serbest diğer ucunun sâbit olması: Bu halde b_1, b_2 emsâlleri sıfır olacağı cihetle ṣ mütehavvili de:

$$ṣ = (\text{bḥb ḥ} + \text{bḥbe ḥ})\left(\text{bḥb}\,\frac{ḥ\,s}{t} - \text{bḥbe}\,\frac{ḥ\,s}{t}\right) + (\text{ḥb ḥ} - \text{ḥbe ḥ})(\text{ḥb}\,\frac{ḥ\,s}{t} - \text{ḥbe}\,\frac{ḥ\,s}{t}$$

şeklini kesb eder; ve a da yine:

$$a = ḥ\,ṣ\,\text{bḥb}\,(\frac{b\,r}{t^2}\,ḥ^2\,\text{ﷺ} + \text{ne})$$

gibi bir hareket-i raksiyye-i müellefeyi irâe eyler. Ancak bu halde de:

$$\text{bḥb ḥ bḥbe ḥ} = -1$$

olacağından ve buna tevâfuk eden cezrler de:

$$\frac{\pi}{2}(1{,}194), \qquad \frac{\pi}{2}(2{,}989), \qquad \frac{\pi}{2}5, \qquad \frac{\pi}{2}7\ldots \qquad \frac{\pi}{2}(2k+1)$$

Sayfa 156

dan ibâret bulunduğundan çubuktan hâsıl olan esvâtın, iki evvelkisinden mâ‘dâsının, aded-i ihtizâzları:

$$m = \frac{\pi}{2}\frac{br}{t^2}\cdot\frac{(2k+1)^2}{4}$$

ifâdesine tevâfuk eder.

Ukdelere gelince bunlar da çubuğun ortasına doğru:

$$\Delta = \frac{2t}{2k+1}$$

kânununa muvâfıktır.

75) Dördüncü Hâl: Bir ucu serbest bırakılmış diğer ucu istinâd ettirilmiş olması: Bu hâl-i husûsîde çubuğun iki ucu serbest, fakat nısf-ı tûlda, bir çubuk gibi ihtizâz eder ki bunu da vasatına tamâmen bir ukde tesâdüf eyler.

76) Beşinci Hâl: Bir ucu sâbit kılınmış diğer ucu istinâd ettirilmiş olması: Bu halde dahi çubuk iki ucu sâbit kılınmış, nısf-ı tûlda, bir çubuk gibi ihtizâz eyler v vasatına ise bir ukde tesâdüf eder.

77) Altıncı Hâl: İki ucunun istinâd ettirilmiş olması: Çubuğun her iki ucunun istinâd etmiş olmasının şerâit-i riyâziyyesi:

$$a = 0 \qquad \frac{\text{لما}^{z}{}_{a}}{\text{لما}_{s^2}} = 0$$

olması ve son makta‘da vezniyyet-i elâstikiyyetinin sıfıra müsâvi bulunmasıdır. İşte o halde:

olacağı gibi $b_1 = 0$ $b_2 = 0$ $b_3 - b_4 = 0$ $\text{ḥb ḥ} = 0$

bulunacağından mes'eleye tevâfuk eden yegâne sûret-i hâl (Elur)un bulmuş olduğu:

$$a = \text{ḥ ḥb}\,\frac{k\,\pi\,s}{\text{ṭ}}\,\text{bḥb}\,(\frac{k^2\,\pi^2\,b\,r}{\text{ṭ}^2}\,\text{⊙}\,-\text{ne})$$

ifâdesinden ibârettir.

Sayfa 157

Binâenaleyh bu hâl-i husûsiyede çubuk adetâ bir tel gibi k aded-i kıt'aya tefrîk edilmiş olur ki her bir kıt'a bir nisbet-i hâdîye üzerinde yani bil-ittihâd ihtizâz eder. Bu kısımlarda her birinin tûlu Δ gösterilir ise:

$$\Delta = \frac{\text{ṭ}}{k}$$

olur; fakat husûle gelen esvâtın sûret-i tevâlisi artık evvelki kânunlara tevâfuk etmez. Şöyle ki: esvât-ı mezkûrenin aded-i ihtizâzları 'adâd sahîh-i mütevâliye üzere tezâyüdü:

$$m = \frac{\pi}{2}\,\frac{b\,r}{\text{ṭ}^2}\,k^2$$

düstûruna tevâfuk eder. Bu ifâdede k^2 yerine:

$$k^2 = \frac{\text{ṭ}^2}{\Delta^2}$$

kıymet-i konulur ise:

$$m = \frac{\pi}{2}\,\frac{b\,r}{\Delta^2}$$

istihsâl edilir ki bu da, Lisajo (Lissajou) nun bulmuş olduğu bervech-i âti kanûn-ı tecrübîden ibârettir.

<Her iki ukde arasında bulunan çubuk kat'ası iki ucu istinâd ettirilmiş olan asl çubuk gibi ihtizâz eder ve sâniye-i vâhidedeki aded-i ihtizâzı, şerâit-i mütesâviye tahtında, Δ bu'dunun murabba'ıyla ma'kûsen mütenâsib olarak tahavvül eyler.>

İşte hâlât-ı sitte-i muhtelifeye göre istihsâl olunan bu netâyic-i nazireye Poesson ile Savar, Kaladi, Leysajo ve Merkâdi (Mercadier) kâfi derecede bittecrübe tahkik eylemişlerdir. Mühtezze çubukların mûsıkîde başlıca mahal-i tatbîki ise diyapazondur.

78) Diyapazon: Latin hurûfundan U harfi şeklinde çelikten mamûl ve bir sandukce-i tınnetine üzerine sâbit kılınmış bir alettir; ta‘bîr-i diğerle diyapazon birer ucları sâbit kılınmış, diğerleri serbest bırakılmış iki demir çubuktan mürekkebdir. Bunların ihtizâzât-ı

Sayfa 158

arzâniyyesinden hâsıl olan esvât (madde: 76) mûcibince çubukların ihtizâzât-ı müstevîsine amûd bulunan arzlarına tâb‘ değil, yalnız ‘e’ sihanıyla mebsûten ve ṭ tûlunun murabba‘ıyla ma‘kûsen mütenâsibdir. Binâberin esvât-ı mezkûrenin aded-i ihtizâzı, k bir aded-i sahîh olmak üzere:

$$m = k\,\frac{e}{t^2}$$

ile ifâde olunabilir.

Mebhâs-ı savta hâtme çekmeden evvel zarlar ile ince levhaların ihtizâzına dâir de birkaç söz söylemek îcâb eder.

79) Zârların ihtizâzı: Mebhâs-ı savt nokta-i nazarından sulb ve son derecede ince sûret-i mükemmelede kâbil-i inhinâ ve her cihetten gerilmiş safihalara <zâr> ta‘bîr olunur. Birçok erbâb-ı hikmet tarafından muhîti üzerine sâbit kılınmış zârların ihtizâzât-ı arzâniyyesine gerek nazarî gerek amelî olarak tedkik edilmiştir. Fi’l-hakika ilk def a 1787 senesinde meşâhir-i riyaziyyundan Elur (Euler) tamburalara dâir yazmış olduğu bir muhtırada [75] böyle bir levha-i mühtezzeyi fevkalâde elâstkî ve yekdiğerini kâimen kat‘ eden elyâfdan mürekkeb gibi farz ve kabûl ederek hareket-i ihtizâziyyenin muâdelesini istihsâl eylemiştir. Muahhiren 1869 târihinde Poesson (Poisson) sûret-i kat‘iyyede olarak:

$$\frac{\partial^2 te}{\partial \omega^2} = \frac{f}{g}\left[\frac{\partial^2 te}{\partial s^2} + \frac{\partial^2 te}{\partial a^2}\right]$$

[75] Evvelce evtâr-ı mühtezze hakkında icrâ olunan muhâkemât-ı müşâbih bir muhakeme-i fikriyye iânesiyle ve <tütür(?).> ün mürekkeb şâkulesinin ma‘lûm olması delâletiyle muâdile-i mezkûre doğrudan doğruya dahi istihsâl olunabilir. (Tafsilâtı için Fransa encümen-i daniş muhtıralarının 1829 senesinde neşr olunan sekizinci cildine mürâcaat oluna.

düstûrunu bilisbât ‘itâ etmiştir. Bu düstûrda vaki‘ ṭe evvel-emirde müstevî farz olunan zarın sathı üzerinde, üç mihveri kaime nazaran kemiyyât-ı vaz‘iyyesi (s, a, 0) olan bir noktanın müstevîye kâimen asgâr-ı nâmütenâhi tebdîl mevzu‘ miktârını ve f vâhid-i tûla âid <tütüy(?)> velhâsıl k de zarın vâhid-i sathına âid olan kütlesini irâe eder.

Sayfa 159

Vakıa‘ Poessun mustatîl şeklinde olan zarlara dâir bilcümle mesâil etmiş ise de müdevvir zarlarda yalnız nısf-ı kutr istikâmetince olan ihtizâzâtı nazar-ı mütâlaaya almakla iktifâ eylemiştir. Bunun üzerine Kirkof (Kirchhoff) 1850 senesinde safyehât-ı müdevvire mes’elesinin yeniden tedkik etmiş ve Kelbiş (Clebche) ecsâm-ı sulbenin elâstikiyeti nazariyesine dâir yazmış olduğu eserde bu meseleyi kâmilen hâl ve fasıl eylemiştir..Muahhiren Fransa erbâb-ı hikmet-i riyâziyyesinden Matyu (Mathieu) 1868’de beyzî veya kat‘-ı nâkıs şeklinde bulunan zarların muâdele-i harekâtını bulmuştur.

80) Levhaların İhtizâzı: Camdan veya madenden ma‘mûl levhalara gelince bunların kenarlarına bir keman yayı sürüldüğü ve bir noktalarına parmak ile basıldığı halde nâ-mahdûd surette esvât-ı mürekkebe istihsâl olunabilir. Şu keyfiyyet bu nev‘ ecsâmın ihtizâzâtı ne derecede müşevveş olduğunu îmâ eder. İşte evvel-emirde erbâb-ı hikmet-i tabîiyyeden Kaladni (Chladni) böyle bir levha üzerine gâyet ince bir tabaka kum dökerek bervech-i meşrûh levhâyı ihtizâz ettirdiği halde hâsıl olan esvât-ı muhtelifeye göre kum tabakasının levha üzerinde bir takım eşkâl-i muntazama ve mütenevvi‘a kesb ettiğini görmüştür.

Bizzat bu tecrübede hâzır bulunarak <eşkâl-i savtiyye> denilen bu eşkâlin bir sûret-i mütemâdiyede teressüm ve tenevvü‘nü gören büyük Napolyon bu hâdise-i garîbenin nazariyesini encümen-i dâniş ma‘rifetiyle mevki‘-i müsâbakaya koymuştur. Vâkıâ 1810 senesinde Sofi- Jermen (Sophie Germain) mes’eleyi hâle kıyâm eylemiş ise de ikmâle muvâfık olamamış ve fakat bulmuş olduğu usûl-ü vâsıta ile Lagranj (Lagrange) bervechi âti:

$$\frac{\partial^4 te}{\partial s^4} + 2\frac{\partial^4 te}{\partial s^2\,\partial a^2} + \frac{\partial^4 te}{\partial a^4} = ba\,(s,a)$$

muâdelesine dest-res olmuştur. Bu muâdelete levhanın mürekkeb farz olunduğu varakalardan varaka-i vâsatiyyenin şâkulen olan tebeddül mevzu‘nu irâe eder. Ancak Lagranj bu muâdeleyi neşr etmemiş ve 1813 senesinde evrâk-ı metrûkesi meyânında bilâ-isbât bulunmuş olduğundan muâdele-i mezkûrenin isbâtı bil-âhire birçok riyâziyyûnu meşgûl etmiştir. Ma‘etteessüf bu bâbda evvel

Sayfa 160

emirde Poesun (1813), ba‘de Poesun ile Koşi (Cauchy) (1829), ve daha sonra Kirkof (Kirchkoff) ve Gehring (Gehring) (1852) ve Kalbiş (Cleboch) (1862) ve ahîren Bosinin (Boussinesq) (1779-1870) taraflarından sarf olunan mesâi semeresiz kalmıştır.

Vâkıâ‘ bu riyâziyyunun hiçbiri muâdelenin sıhhatinden şübhe etmemiş ise de levhânın kenarlarına âid olan şerâit-i riyâziyye hakkında Poessun, Kirkof, Matyu meyânında münâkaşât-ı şedîde vuku‘a gelmiş, ve nihâyet Kirkof kâffesine galebe çalmıştır.

Levhâ-i ma‘denîlerin bu sûretle pek mütenevvi‘ sûrette ihtizâz edebilmeleri telefonlarda bir büyük mahzuru dâidir. Gerçi bu keyfiyyet telefonlarda bazı esvâtı teşdîd ve takviye eder ise de sadânın perdesini de tagayyür eder.

Telefonlardaki levhâ-i hadîdiyyenin her nev‘ savtı nakl eylemesi zannolunduğu gibi bu hâssasına mebnî değildir; bil’akis sirâyet ihtizâz sebebiyle <tınnet-i umûmî> ye müsâid bulunmasından mütevelliddir. İşte Şikagolu Doktor Rodes (Rodes) in a‘sâb-ı sem‘iyyesi pek ma‘lûl olmayan sağırlar için îcad etmiş olduğu, Japonya yelpazesine müşâbih, sertleştirilmiş kauçuktan ma‘mûl “lodifon” denilen aletin kâffe-i esvâtı demir vâsıtasıyla kulağa îsâl etmesi de yine sirâyet-i umûmiye hassasına mebnîdir.

SONUÇ

Salih Zeki Bey matematikçi ve fizikçi olmasının yanı sıra farklı bilim dallarına yaptığı katkılarla Türk bilim tarihinin öncü isimlerinden biri sayılmaktadır. Döneminde Rauf Yekta Bey'in mûsikî nazariyesi alanında yaptığı çalışmalara katkılar sağlamıştır. Ayrıca müzik teorisi hakkında oluşan fikir ayrılıklarında, Rauf Yekta Bey'in fikirlerine başvurduğu bir isim olarak da karşımıza çıkmaktadır.

Müziğimizin fizik alanına katkıları olan Salih Zeki Bey'in, Darülfünûnda hocalığı döneminde derslerde okutulması için kaleme aldığı Mebhâs-ı Savt, modern akustik anlamında döneminde yazılmış ilk eser olma özelliği taşımaktadır. Ayrıca Salih Zeki'nin, bilhassa uzman bir fizikçi ve matematikçi sıfatıyla, konuyu ele alması bakımından ayrı bir öneme sahiptir.

Salih Zeki Bey son derece önemli bir isim olmasına rağmen üzerinde hakettiği miktarda çalışma yapılmamıştır, bu eseriyle onun bilinmeyen bir tarafı daha ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca bu çalışma günümüz sistemiyle 19. yüzyıl arasında mukayese farkı da sunmaktadır.

Eser içinde yabancı literatürden de istifade edilerek bu alandaki öncü isimlerin, Newton, Laplos, Dalamber, Delezenne, Cornu, Mercadieri, Helmholtz, Regnault, Poisson, Maraldi, D.Cassini, Huyghens, Picard, Roomer, Flamstead, Halley, Roomer, Derhem Lakay gibi, teorilerine de yer verilmiştir. Eser içinde ilgili alanın önemli simaları isimleriyle yer almış, eser ismi örneğine ise çok az yer verilmiştir.

Eserde Doğu ve Batı mûsikîsi adına verilen bilgiler o dönemde kullanılan mûsikî aralıklarının anlaşılması açısından önemlidir. Doğu ve Batı mûsikîsi ele alınırken aynı zamanda bu mûsikîlerin temeldeki farklılıkları da ortaya konulmuştur.

Eserde daha çok Batı mûsikîsi üzerinde durulmuş ve Batı musikisinin temeldeki farklılıkları ifade edilerek pek çok yönde Doğu mûsikîsinden ileri düzeyde olduğu vurgulanmıştır. Batının kullandığı ahenklerin bizde bilinmediğini ve Batı mûsikîsinin bu nedenle sahip olduğu büyüklüğü kazandığını belirtmiştir. Burada Osmanlıda Batılaşmanın hem mûsikî alanında hem de o dönemin aydın simalarından olan Salih Zeki üzerindeki tezahürü görülmektedir.

Müellif Doğu mûsikîsi için ise birtakım problemlere dikkat çekmiştir. Özellikle o dönemde kullanılan dizilerin çok çeşitlendiğini ve makamların yüzü geçkin olduğunu belirten müellif, makamların çoğalmasının Doğu mûsikîsi için bir sakınca olduğunu söylemiştir. Bu hususun düzeltilmesinin ise mûsikîşinâslara ait bir vazife olduğunu dile getirmiştir.

Eserde müellifin üzerinde durduğu bazı konularda günümüz nazariyesinden farklılıklar olduğu görülmüştür. Salih Zeki Bey'in Osmanlı'da kullanılan makam dizileri olarak verdiği diziler, döneminin anlayışına uygun olarak sekizli olarak düşünülüp ele alınmıştır. Günümüzde ise, Arel- Ezgi sisteminde kullanılan şekliyle, dörtlü ve beşliler vardır. Müellif bu konuyla ilgili olarak daha önce bunların dörtlü ve beşli olarak ele alındığını fakat o gün için artık bunun unutulduğunu ve kullanılmadığını belirtmiştir.

Müellifin verdiği dizilerdeki perde isimleri günümüzdekilerle farklılıklar göstermektedir. Perdelerden bazılarının, Hicaz- Uzzal veya Hicaz-Saba gibi, birbirinin yerine kullanıldığı görülmüştür. Müellif bazı perdelerin isimleri belli olamadığını, bazılarının da ismi hususunda mûsikîşinâslarca fikir ayrılıkları olduğunu belirtmiştir.

Bu çalışma Salih Zeki Bey'in mûsiki nazariyesi alanına katkılarının anlaşılması ve ayrıca Osmanlıcadan günümüz Türkçe'sine aktarılmamış olması sebebiyle istifâde edilemeyen eserlerin, tanıtılması ve üzerinde çalışılması açısından bir örnek teşkil etmektedir.

Doğu ve Batı mûsikîsine bakış ve bu konuda yapılan açıklamalar, dönemin mûsikî anlayaşının anlaşılabilmesi açısından önemlidir. Bu eser özelinde benzer eserlerin incelenmesi bir mûsikî terminolojisi oluşturulması açısından da kayda değer bir bilgi birikimi kazandıracaktır.

SÖZLÜK

A

Amûden: Dik olarak, boyuna

Asgâr: (Daha , pek, çok en) küçük

Arzâni: Enine olarak

B

Baîd: Uzak, ırak

Batâet: Yavaşlık, ağırlık, ağır davranma

C

Cem‘: Toplama, yığma gr. çoğul

Ceyb: 1)geo.Sinüs 2) Cep

Cüz’ : Kısım, parça, bölük Cüz’-i ferd: Atom

D

Düstûr: Kanun ,kaide , kural

E

Ecsam: Gövdeler, bedenler ecsâm-ı semâviyye: coğr. Gök cisimleri

Eczâ’ : Parçalar, kısımlar

Ehram: Tepeleri ortak bir noktada bulunan, tabanları da herhangi bir poligonun birrer kenarından ibâret olan bir takım *üçgenlerden meydana gelmiş şekil

Endâht: Atma, atış; atılma

Esâmi: Namlar, adlar

Evtar: Yaya gerilmiş ipler, kirişler , teller

F

Fâsılâ: Aralık, ara

G

Gayrı mahdûd: Hudutsuz, uçsuz, sınırsız

H

Hâiz: Mâlik, sâhip; taşıyan

Harûrî: Harârete mensup, harâretle ilgili

Hâvi: İhtivâ eden, içine alan, şâmil, kaplayan, toplayan

Hendesi: Geometrik , geometri ile ilgili

İ

İbtidâî : İlk ile ilgili, ilke mensup, ilk derecede

İcrâ: Akıtma , akıtılma 2) Yapma , yerine getirme

İfrâğ: 1)Kalıba dökme 2)Şekillendirme 3) biy. *boşaltım

İfrâz: Bir bütünden bir parça ayırma; ayırma; ayrılma

İhtizâz : Titreme , deprenme

İnhiraf: Dönme, fiz. Sapma

İnikas: fiz. Aksetme, bir yere çarpıp geri dönme, yansıma

İntişar: Neşrolunma, yayılma , dağılma, fiz. Ayrılma , kim. Dağılım

İrca: Eski haline çevirme, çevrilme

İstidlâl: Bir delile dayanarak bir netîce çıkarma, ayartmaya çalışma

İstihsal: Hâsıl etme, meydana getirme, üretme

İntihâb: 1)Seçme, seçilme 2) Seçim

İrâe: Gösterme, tayin etme

İstihrâc: Çıkarma, çıkarılma

İstihsâl: Hâsıl etme, meydana getirme, üretme

K

Kadîm: Eski

Kâffe: Hep, bütün, cümle

Karîb: Yakın, yakın olan, uzak olmayan; soyca yakın

Katı nakıs: geo. Elips

Kavânîn: Kanunlar

Kemmiyet: 1)Sayı 2)Nicelik

Kesâfet: 1)Sıklık, tokluk 2) fiz. Kalabalık, koyuluk, kalınlık, yoğunluk

Kezâlik: Kezâ, bu; bu da öyle

Kıymet-i mutlaka: mat. Mutlak değer

Kutr: Yan, taraf, bölük mat. *köşegen, çap

Kuvve: Kuvvet, güç Kuvve-i elâstikıyye: fiz. Esnek kuvvet

L

Lâ-aletta'yin: Ayırdetmeksizin, rastgele, gelişigüzel

Lîf : Tel

M

Maâkîs: Ters şeyler

Mahdûd: 1) Tahdîd edilmiş, sınırlanmış 2) Sınırlı 3) Belirli

Mahrec: Hurûcedeceki, dışarı çıkacak, çıkılacak kapı mat. *Payda, âdî kesirde çizginin altındaki sayı

Makta ': Kat'edilen, kesilen yer, bir şeyin kesildiği yer mat. Kesit

Mayi: Su gibi akan, su haline bulunan şey, *sıvı

Mazrûb: Zarbolunmuş, dövülmüş, vurulmuş, çarpılmış mat. çarpılan

Mebde: Evvel, başlangıç

Mebnî: Binâ olunmuş, yapılmış, kurulmuş

Meftûh: Fethedilmiş, açılmış, açık

Menfî: Olumsuz, Fiz. Mat. Negatif

Mevâdd: 1)Fezâda, boşlukta yer dolduran varlıklar, cisimler 2) İşler, hususlar 3)Maddeler

Mevc: Dalga

Mezkûr: Zikrolunmuş, adı geçmiş, anılmış

Mihver: *Eksen mat. Üzerinde bir pozitif cihet varsayılan sonsuz hat

Muâdele: Müsâvilik, muvâzîlik, beraberlik , ma. Denklem

Mucîb: 1) Îcâbeden, lâzım gelen, gereken, gerektiren 2)Sebep, vesîle

Muhassala: Elde edilen netice, fiz. Bileşke

Munkabız: Toplanmış, çekilmiş, büzülmüş

Munkalib: İnkılâbeden, dönen, dönmüş, değişen, başka bir şekle, kılığa girmiş, giren

Murabba: Terbi' olunmuş, dörde çıkarılmış 2) Dörtlü 3) Kare

Mutâbık: Uyan, uygun (birbirine)

Mutavassıt: 1) Tavassut eden, vâsıta olan, aracılık eden, aracı 2) Orta, ortalama

Muvâzenet: Denkleşme, denk gelme , fiz.denge

Müellef: HarmonikMühtezz: İhtizâz eden, titreyen

Müessir: Te'sir yapan, iz bırakan

Mühtezz: İhtizâz eden, titreyen

Mükâ'ab:geo. Mikâp, küb

Mümass: Temâs eden, dokunan ilişen geo. *teğet trig. *tangent

Münbasit: İnbisât eden, yayılan, açılan, genişleyen

Müncerr: 1) Bir tarafa çekilip sürüklenen, sürülen, kayıp bir tarafa giden 2) Varıp sona eren 3) Netîcelenen

Münhanî: İnhinâ eden, eğilen geo. Eğri, eğrili

Müntehâ: Nihâyet bulmuş; bir şeyin varabildiği en uzak yer, son derece, son kerte

Müsâvi: 1) *eşit, denk 2) mat. *eşit (=) işareti

Müstahric: İstihrâç eden, çıkaran

Müsta'raz: geo. Enine

Müstevî: 1) Düz, her tarafı bir 2) geo. *Düzlem

Müştakk: İştiyak etmiş, başka bir kelimeden çıkmış, türemiş, türeme *mat. Türev

Mütehavvil: Tahavvül eden, değişen, değişmiş mat. Değişken

Mütemâdiyen: Temâdi ederek, arkası kesilmeyerek, devamlı, sürekli olarak

Mütenâvib: 1) Nöbetleşe 2) man. Alternative mütenâvib cereyân: fiz. Dalgalı *akım

Mütenâzır: 1) Tenâzur eden, birbirinin karşısında bulunan, birbirine bakan 2)mat. *bakışık, simetrik 3) kim. Bakışık

Mütesâvi: Birbirine müsâvi (*eşit), eş olan

Mütevali: Tevâlî eden, birbiri ardınca giden; art arda gelen, üstüste, bir düziye olan

Mütevâziyen: Muvâzî, paralel olarak, birbiriyle birleşmeden

Müteveccih: Teveccüh eden, bir cihete, bir tarafa dönen, yönelen

Mütezâyid: Tezâyüdeden, ziyâdeleşen, çoğalan, artan

Müttehid: İttihâd etmiş, birleşmiş, birlik olmuş , birleşik

N

Nâ-mütenâhi: Sonsuz, uçsuz bucaksız

Nazîr: Benzer, eş

Nazîre: Örnek, karşılık

Nısf: Yarım, yarı

Nikat: Noktalar

R

Rakkas: fiz. Sarkaç

S

Sarfı nazar: Vazgeçme

Sâniyen: İkinci derecede, ikinci olarak

Sa'y: Çalış, çabalama, gayret, emek

Silsile: 1) Zincir, zincirleme olan şey 2) Art arda gelen şeylerin meydana getirdiği sıra mat. Seri ,dizi

Sulb: fz**.** Katı

Sühûnet: Katılık, peklik

Ş

Şâkulî: mat. Şâkule mensup, şâkul ile ilgili geo.* düşey

Şerâit: Şartlar

T

Tâcil: Acele ettirme, çabuklaştırma

Tagyirât: Başkalaştırılmalar; değiştirmeler; bozmalar

Tahavvül: Değişme, dönme, bir halden bir şekilden, başka bir hâle, şekle girme

Takabbuz: Büzülme, kısılma; toplanıp çekilme

Tamamî: Noksan tamamlamaya mahsûs, onunla ilgili; tamamlayan, bölünmeyen

Tarafeyn:1) İki taraf 2) mat. Yanlar

Tarh: Atma, koma, bırakma mat. Çıkarma

Tebdîl: Değiştirme, değiştirilme, başka bir hâle getirme

Tebâüd: Uzaklaşma, birbirinden uzak düşme

Tebeddül: Değişme, başka hale girme

Tedâhül: Birbirinin içine girme, karışma

Tefâzûl: Fark , miktar fazlalığı *Diferansiyal

Tehzîz: Hareket ettirme, hafif titreme, titretilme

Tekâsüf: Sıklaşma, koyulaşma; yoğunlaşma

Temevvüc: Dalgalanma, dalgalı olma, dalga dalga olma

Temeyyü ‘: Mâyi (sıvı) haline gelme, cıvıklaşma

Tenâkus: Azalma, eksilme

Tevâfuk: Uyma, uygun gelme

Tevfîkan: Uyarak, uygun olarak, (e) göre

Tevsîât: Genişletmeler, genişletilmeler

Tınnet:Çınlama

Tûl: Uzunluk, boy

Tûlâni: Boyuna, uzunluğuna

U

Ukde: Düğüm

Ü

Üstüvânî: Üstüvâne, silindir biçiminde

V

Vahid: Tek, bir

Vasati: Orta; ortalama, ikisi ortası, orta halde

Vech: 1) Yüz, surat, çehre 2) Üst, satıh, düz, yüz

Vezniyyet: fiz. Moment

Va‘z: Koyma, konulma

Vusûl: Ulaşma, gelme, varma

Vüsat: Genişlik, bolluk, mat.genlik

Y

Yekdiğer: Birbirini, bir tarafa öbür tarafı

Z

Zâviye: Köşe mat.*Açı

Zıll:Gölge

KAYNAKÇA

Aydın, C., Aydın, G.Gülseren, (1992), *Batlamyus*, Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi, c.5, s.196-199

Baştürk, S. (2013) Sicill-i Ahval Defterlerine Göre Ali Emîrî Efendi'nin Sicil Kaydı, *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, c.12, sy. 45, s.1-17

Büyüköztürk, Ş. ve Akgün, Ö. (2019), *Bilimsel Araştırma Yöntemleri (26. Baskı)*, Ankara: Pegem Akademi.

Çergel, M. (2007), *Rauf Yekta Bey'in İkdam Gazetesi'nde Neşredilen Türk Mûsikîsi Konulu Makaleleri,* (Yüksek Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi Sosyal , İstanbul Bilimler Enstitüsü İlahiyat Ana Bilim Dalı İslam Tarihi Ve Sanatları Bilim Dalı, İstanbul.

Çetin, A. (t.y), Sicilli Ahval Defterleri ve Dosyaları Hakkında Bir Araştırma, s.89

Darbaz, F. (1973), *Türk ve Batı Müziği*, İstanbul: Hüsnitabiat Matbaası

Devellioğlu, F.(2006). *Osmanlıca- Türkçe Ansiklopedik Lûgat (23. Baskı),* Ankara: Aydın Kitabevi Yayınları

Doğan, E. (2007), *, İstanbul (Erkek) Lisesi'nin Kurucusu Mehmed Nadir Bey'in Öğretmenlik Mesleği Ve Öğretim Yöntemleri İle İlgili Görüş Ve Öneriler,* SAÜ Eğitim Fakültesi Dergisi, c.14, s.142-160.

Doğrusöz, N., Şehvar, B. ,Uslu, R. (2007) , Harîrî bin Muhammed'in Kırşehrî Edvar çevirisinde Perdeler, *İtü Dergisi,* c. 4, sy.1

Dölen, E. (2005), Salih Zeki ve Darülfünun, Osmanlı Bilimi Araştırmaları c. 7, sy. 1, s.123-135

Enfel,D. (2007), İstanbul (Erkek) Lisesi'nin Kurucusu Mehmed Nadir Bey'in Öğretmenlik Mesleği Ve Öğretim Yöntemleri İle İlgili Görüş Ve Öneriler, *SAÜ Eğitim Fakültesi Dergisi,* c.14, s.142-160.

Erten, S. (2020) *Hamid Hüsnü Sayman'ın Muallimler Mecmuası'ndaki Yazıları*, Osmanlı Bilimi Araştırmaları, c. 21, sy. 2, s.321-345.

Ezgi, S. (1935), Nazarî ve Amelî Türk Mûsikîsi, c.2, İstanbul Konservatuar Neşriyatından

Gündüz , A. (2016), "Sicill-i Ahval Deftelerine Göre Kayserili Müslim ve Gayrimüslim Memurların Aldıkları Madalya, Rütbe ve Nişanlar, *History Studies*, Internatıonal Journal Of History, s. 133

Günergün, F. (2011), Darüşşafakalı Salih Zeki Bey: Matematik Eğitimini ve Bilim Tarihinin Ülkemizdeki Öncüsü (Darüşşafaka Eğitim Kurumları'nda yapılan konuşmanın taslağıdır).

İsmail Fazıl Ayanoğlu, *Mezar Taşları Defterleri*, Müellifler 7-2, s.124, Milli Kütüphane

Kaçar, G. (2008), Türk Mûsikî'nde Makam, *İstem*, yıl: 6, sy.11, s.145-158

Köprülü, G.((2018), 13-15. Yüzyıl Ortaçağ İslam Medeniyeti'nde Sistemci Okul ve Türk Mûsıkîsi İlmine Katkıları, *Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi*, sy. 2, s.263-276.

Köten, H. (2009), *Salih Zeki'de Modern Matematik Kavramları Analizi*, (Yüksek lisans tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik Anabilim Dalı, Ankara

Kubbealtı Lugatı, Kubbealtı Akademesi Kültür ve Sanat Vakfı, Kubbealti Lugati (lugatim.com), Erişim Tarihi: 23 Mayıs 2021

Kutluğ, Y. (2000). *Türk Musikisi'nde Makamlar (1. Baskı)*. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları

Lexiqamus.com.tr, Erişim tarihi: 25 Haziran 2021

Öncel, M.(2014), *Türkiye'nin Birikimleri-3*, Müzisyenler, İstanbul:İlke Yayıncılık

Özalp, M.N. (t.y), *Türk Mûsikîsi Tarihi* -Derleme -, Müzik Dairesi Başkanlığı Yayın No:34 , c. 2

Özkan, İ.(1994). *Türk Mûsikîsi Nazariyatı Ve Usulleri, Kudüm Velveleleri* . İstanbul: Ötüken Neşriyat

Öztuna, Y. (1990), *Büyük Türk Mûsikîsi Ansiklopedisi 1-2*, Ankara: Kültür Bakanlığı Yayınları.

Öztürk, O.(2020), Türk Müziğinde Yekta, Ezgi ve Arel Teorilerinin Pozitivist İnşası: Kısa Fakat Eleştirel Bir Tarihçe, *Eurasian Journal of Music and Dance, sy. 16.* s. 171-215

Öztuna, Y. (1990) *Devletler ve Hânedanlar II, Türkiye (1074-1990),* Ankara, s. 905-909, 910-911, 913.

Sami, Ş. (1899), Kâmûs-ı Türkî, İstanbul: Çağrı Yayınları

Saraç, C.(2001), *Salih Zeki Bey Hayatı ve Eserleri*, Yay. Haz. Y. Işıl Ülman, İstanbul, Kızılelma Yay., s.18-19-20

Tanrıkorur, C. (2005), *Osmanlı Dönemi Türk Mûsikîsi*, İstanbul: Dergâh Yayınları

Tarkum, E. (2017), Türk Müziği ve Batı Müziğinin Yapısal Özellikleri ve Çokseslilik Açısından İncelenmesi, *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, c.20 , sy 1, s.31- 43

TC Cumhurbaşkanlığı Devlet Arşivleri Başkanlığı, DH_SAİDd_00022_00148,

TC Cumhurbaşkanlığı Devlet Arşivleri Başkanlığı, İ.MF.3/40

TC Cumhurbaşkanlığı Devlet Arşivleri Başkanlığı, İ.DUİT.17/89

TC Cumhurbaşkanlığı Devlet Arşivleri Başkanlığı, MF.MKT.01066.00024.001

Tekin, E.(2020), Bando Yarbay Halit Recep Arman' ın Afganistan' da Askeri Müzik Alanında Bando Çalışmaları ve Besteleri, *Rast Müzikoloji Dergisi*, c.8 , sy. 2, s.2444- 2470

Unat, Y. (2009) , *Sâlih Zeki*, Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi, c.36, s.43-45, İstanbul

Yekta, R. (1986). *Türk Musikisi,* Fransızcadan çeviren: Orhan Nassuhioğlu, İstanbul:Pan Yayıncılık

www.sanatmuziginotalari.com/nota_inderme.asp?notaid=4716&mode=2&sessionid=165681309, Salih Zeki, Erişim Tarihi: 23 Mart 2021

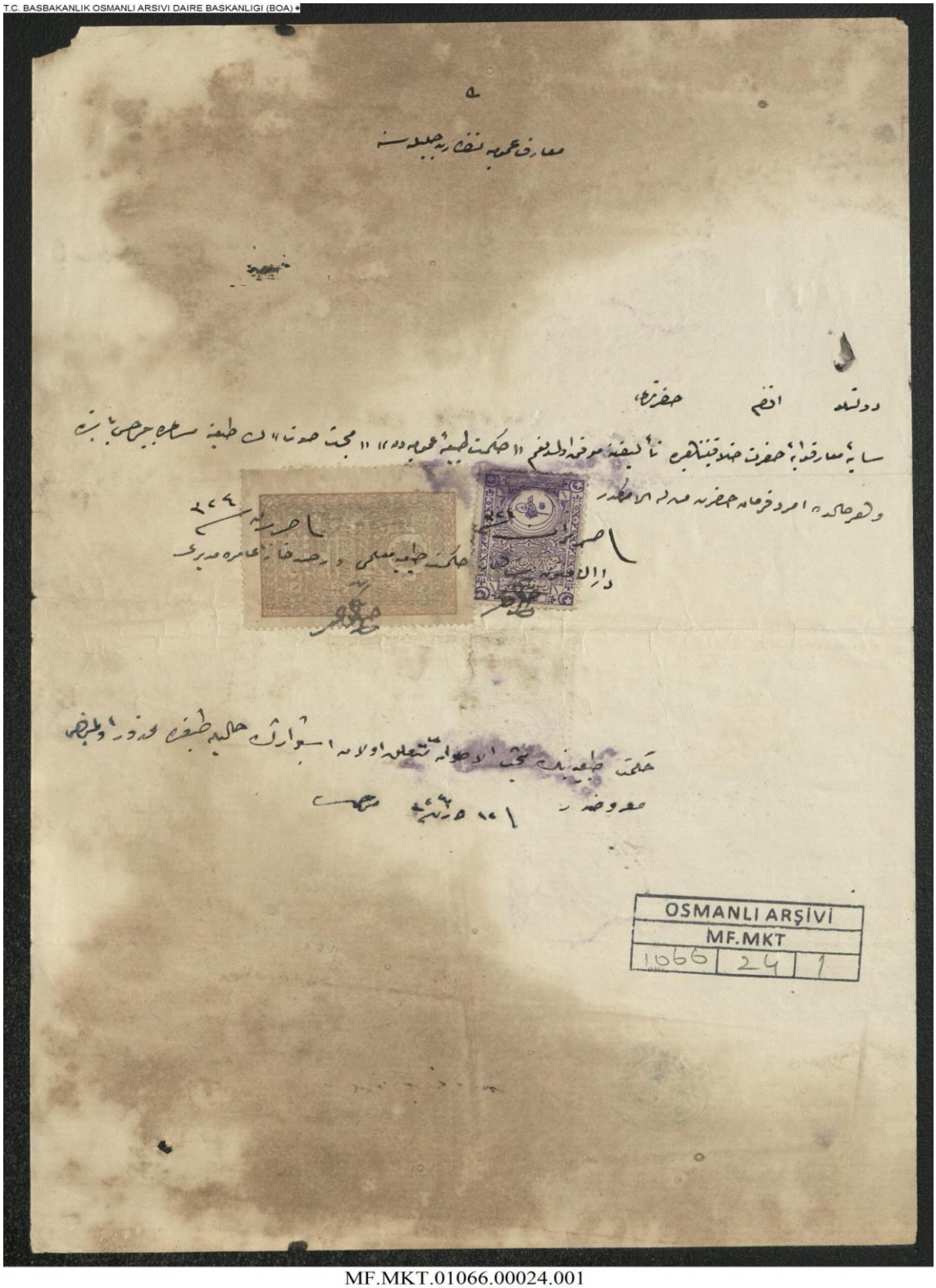
www.sanatmuziginotalari.com/nota_inderme.asp?notaid=39661&mode=1&sessionid=1865681309, Refik Fersan, Erişim Tarihi: 23 Mart 2021

Zeki, S .(1326-1910) *Mebhâs-ı Savt*, TTK Kütüphanesi (1.8.0.2026) (ttk.gov.tr). Matbaâyı Âmire, İstanbul

Zeren, A. (2010). *Müzik Fiziği (5. Baskı).* İstanbul: Pan Yayıncılık

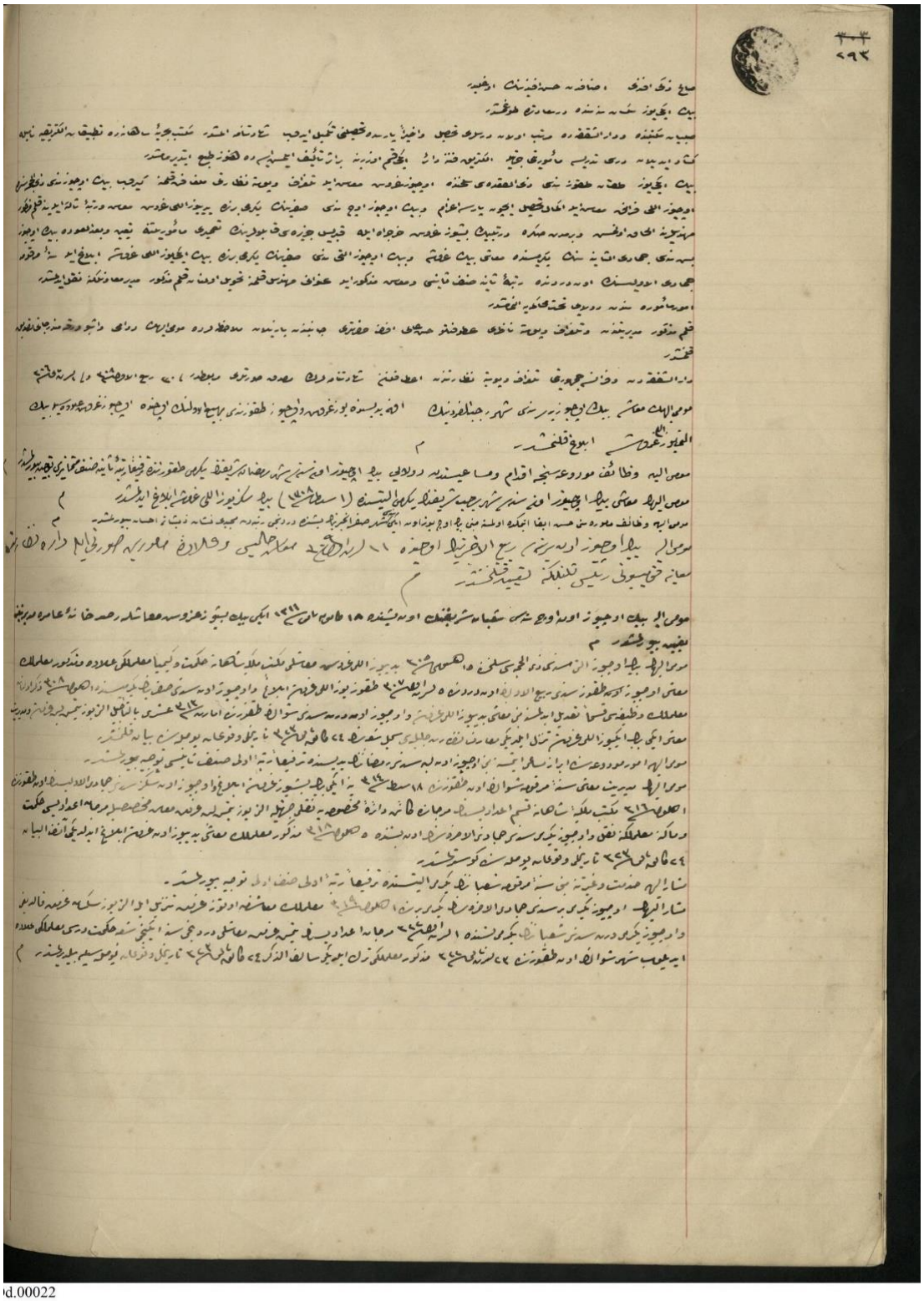
EK

Ek - 1 Mebhâs-ı Savt'ın Basım İznine Dair Belge



MF.MKT.01066.00024.001

Ek – 2.1 Salih Zeki Bey'in Sicilli Umûmi Belgesi



d.00022

Ek- 2.2

Salih Zeki Bey'in Sicilli Umûmi Belgesinin Çeviri Metni

Salih Zeki Efendi

Salih Zeki Efendi esnaftan Hasan Efendi' nin oğludur. 1280 senesinde Dersaadet' te doğmuştur. Sıbyan mektebinde Darüşşafaka'da müretteb olan dersleri tahsil ve ahîren Paris'te tahsilini tekmîl edip şahâdetnâme almıştır. Mektebi Bahriyye-i Hümâyunda tatbikât-ı elektirikiyye nâmıyla küşâd edilen dersi tedrîse me'mûriyyeti cihetiyle elektrik fennine dâir iki kısım üzerine bir eser te'lîf etmiş ise de henüz tab ettirmemiştir. Bin iki yüz doksan dokuz senesi zi-l-ka'desi selhinde üç yüz kuruş maaşla Telgraf ve Posta Nezareti mülga fen kalemine girip bin üç yüz senesi zilhiccesinde üç yüz elli kuruş maaş ile ikmâl-i tahsil için Paris'e i'zâm ve bin üç yüz üç senesi saferinin yirmi birinde yedi yüz elli kuruş maaş ve rütbe-i sâlise ile yine kalem-i mezkur mühendisîne ilhâk olunmuş ve bir müddet sonra dörtbin beş yüz kuruş harcırah ile Kıbrıs cezîresi kablolarının ta'mîri me'mûriyyetine tayin ve ba'de-l- avde bin üç yüz beş senesi cemadissaniyesinin yirmisinde maaşı bin kuruş ve bin üç yüz altı senesi saferinin yirmi birinde bin iki yüz elli kuruşa iblâğ ile seneyi merkume cemadiyelulasının on dördünde rütbe-i sâniye sınıfı sânisi ve maaşı mezkur ile ünvân-ı mühendis kalemine tahvîl olunan kalem-i mezkûr müdür muavinliğine nakl edilmiştir. Umûr-ı me'mûresinden dolayı taht-ı muhâkemeye alınmamıştır.

Kalem-i mezkûr müdiriyyetinden ve telgraf ve posta nâzırı atûfetlü Hasan Ali Efendi Hazretleri cânibinden yazılan mülâhazalarda mûmâi-leyhin devamı ve işbu varaka mündericâtı tasdîk kılınmıştır.

Darüşşafakadan ve Fransa cumhuriyeti telgraf ve posta nezaretinden i'ta kılınan şahâdet-nâmelerin musaddak sûretleri merbuttur, 30 rebiülevvel 308 ve fil 1 teşrinisani 306.

Mûmâ-ileyhin maaşı bin üç yüz yedi senesi şehri recebül ferdinin on yedisinde yüz kuruş ve üç yüz dokuz senesi rebiülevvelinin üçünde üç yüz kuruş ilavesiyle bin altı yüz elli kuruşa iblağ kılınmıştır.

Mûmâ-ileyhin vezâifi mevdûasınca ikdam ve mesâîsinden dolayı bin üç yüz on senesi şehr-i ramazânı şerîfinin yirmi dokuzunda terfian bir kıtâ rütbe-i sâniye sınıfı mütemâyizi tevcîh buyrulmuştur.

Mumâ-ileyhin maaşı bin üç yüz on senesi şehr-i Recebi şerîfinin yirmi altısında 1 şubat 1308 bin sekiz yüz elli kuruşa iblâğ edilmiştir.

Mumâ-ileyhin vezâifi me'mûresini hüsn-i îfâ etmekte olmasına mebnî bin üç yüz on iki senesi şehr-i saferül hayrının beşinde dördüncü rütbeden mecîdi nişânı zî-şânı ihsan buyrulmuştur.

Mumâ-ileyhin bin üç yüz on bir senesi rebiül âhirinin üçünde 11 fil teşrinievvel 309 maaş-ı hâlîsi bir ilâve-i me'mûriyyet sûretiyle idâre nezâretinde muâyene komisyonu reisi sâniliğine tayin kılınmıştır.

Mumâ-ileyhin bin üç yüz on üç senesi şa'bân-ı şerîfinin on beşinde 18 kanûn-ı sânî 1311 iki bin beş yüz kuruş maaşla rasâd-hâne-i âmire müdüriyyetine ta'yîn buyurulmuştur.

Mumâ-ileyhin 1306 senesi zilhiccesinin selhinde 15 ağustos sene 305 yedi yüz elli kuruş maaşla Mekteb-i Mülkiyye-i Şâhâne hikmet ve kimya muallimliği ilâve ve mezkur muallimlik maaşı 309 senesi rebiülevvelinin on dördünde 5 teşrîn-i evvel sene 307 dokuz yüz elli kuruşa iblâğ ve 310 senesi saferinin yirmisinde 1 eylül sene 308 zikrolunan muallimlik vazifesi kısmen ta'dîl edilmesine mebnî maâşı yedi yüz elli kuruşa ve 314 senesi şevvalinin dokuzunda 1 mart 313 uşru bit-tecil altı yüz yetmiş beş kuruşa ve müdiriyyet maaşı iki bin iki yüz elli kuruşa tenezzül eylediği Maârif Nezâreti Celîlesi sicil şu'besinin 24 kanûn-ı sani 323 tarihli vukuatı yevmiyesinde 312 tarihli vukuât pusulasında beyân kılınmıştır.

Mumâ-ileyhin umûr-i mevdûasında ibrâz-ı mesai etmesine mebnî 315 senesi Ramazanın yedisinde terfîan rütbe-i ûlâ sınıfı sânisi tevcîh buyurulmuştur.

Mumâ-ileyhin müdîriyyet maâşı sene-i merkume şevvalinin on dokuzunda 18 şubat 314 yine iki bin beş yüz kuruşa iblâğ ve 318 senesinde cemaziyelulasının on dokuzunda 1 eylül 316 Mekteb-i Mülkiyye-i Şâhâne kısm-ı i'dâdîsinin Mercan'da kâin dâire-i mahsusaya nakli cihetiyle 675 kuruş maaş- muhassasıyla Mercan i'dâdîsi hikmet ve makine muallimliğine mektebi makine muallimliğine nakil ve 320 senesi cemaziyel ahiresinin on beşinde 5 eylül 318 mezkûr muallimlik maaşı 710 kuruşa iblâğ edildiği anifülbeyan 24 kanuni sani 323 tarihli vukuât pusulasında gösterilmiştir.

Müşârün-ileyhin hizmet ve gayretine mebnî sene-i merkume şabanının yirmi altısında terfian rütbe-i ûlâ sınıfı evveli tevcîh buyrulmuştur.

Müşârün-ileyhin 321 senesi cemaziyel âhiresinin yirmi birinde 1 eylül sene 319 muallimlik maaşının otuz kuruşa tenzîl ile altı yüz seksen kuruş kaldığı ve üç yüz yirmi dört senesi şabanının yirmi beşinde 1 teşrinievvel 322 Mercan i‘dâdîsinin yetmiş kuruş maaşla dördüncü sene ikinci şu‘be hikmet dersi muallimliği ilâve edilip şehr-i şevvalin 19 unda 23 teşrini sani 322 mezkûr muallimliği terk eylediği salifüzzikr 24 kânûn-i sânî 323 tarihli vukuât pusulasıyla vukuat-ı yevmiyesiyle bildirilmiştir.

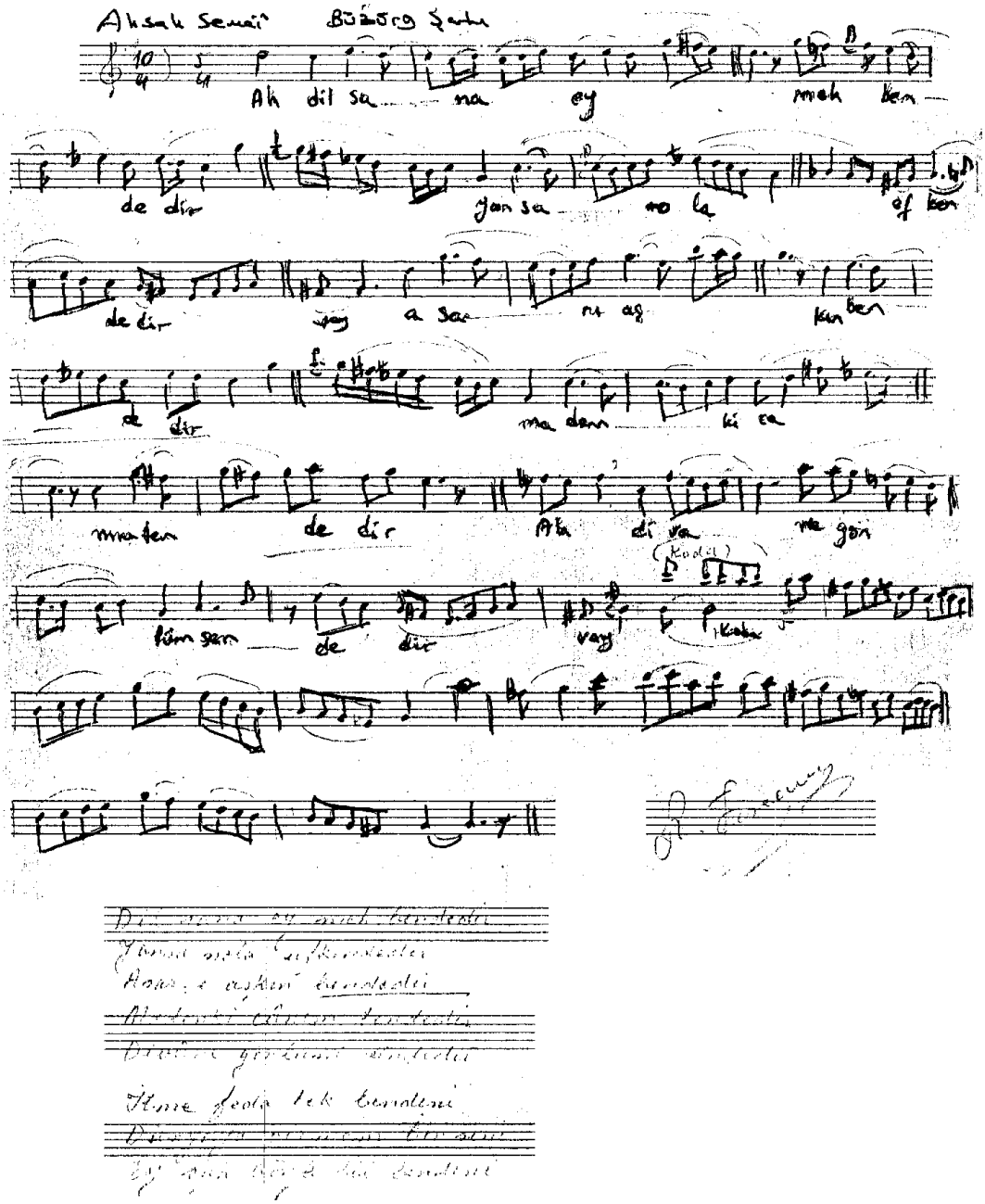
Ek - 3.1 Salih Zeki Bey'in Büzürg Makamındaki Şarkısı



Dil sana qy meh bendedir
Yansa o'ldu eşgendedir
Āsār-ı aşkın bendedir
Madem ki canım tendedir
Dilvane qönlüm sendedir

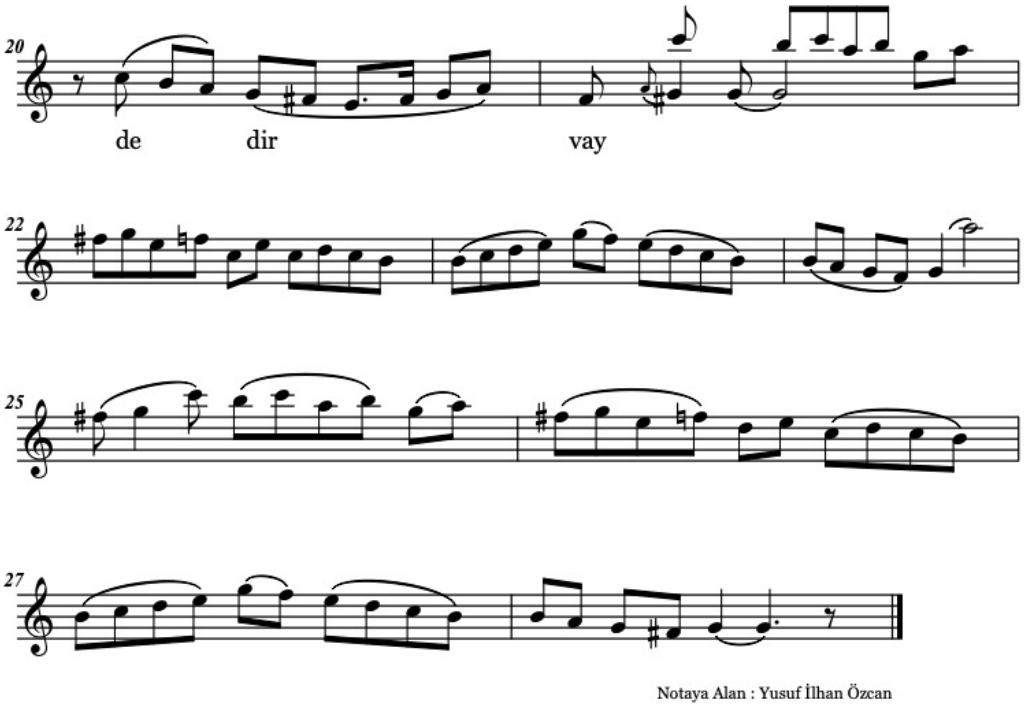
Etme feda tek bendeni
Dünyaya ver onun beni
Ey meh böyle bil bendeni
Madem ki

Ek - 3.2


Ah dil sa na ey meh ben
de dir jan sa mo la of ben
de dir way a sa nı ağ ben
de dir ma dem ki ca
ma ben de dir Ah di ya ma gin
kim sen de dir way

Ek- 3.3


BÜZÜRG ŞARKI
AĞIR AKSAK
Bestekâr : Sâlih Zeki Bey
Ah dil sa na ey meh ben
de dir yan sa
no la of ben
de dir vay a sa rı aş
kın ben de dir ma dem
ki ca nıma ten de dir
ah di va ne gön lüm sen
1



Notaya Alan : Yusuf İlhan Özcan

Ek – 4.1

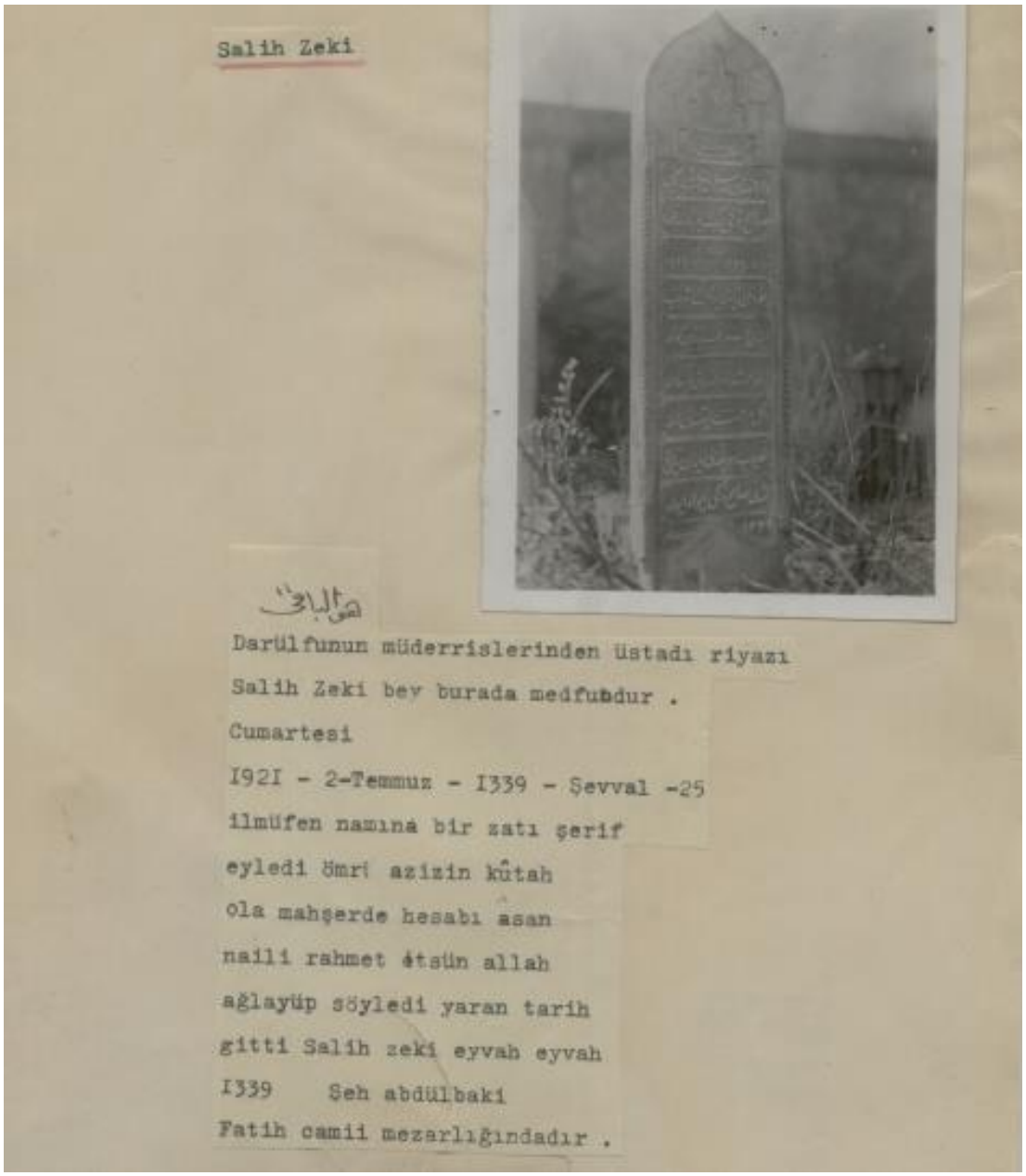


4.2



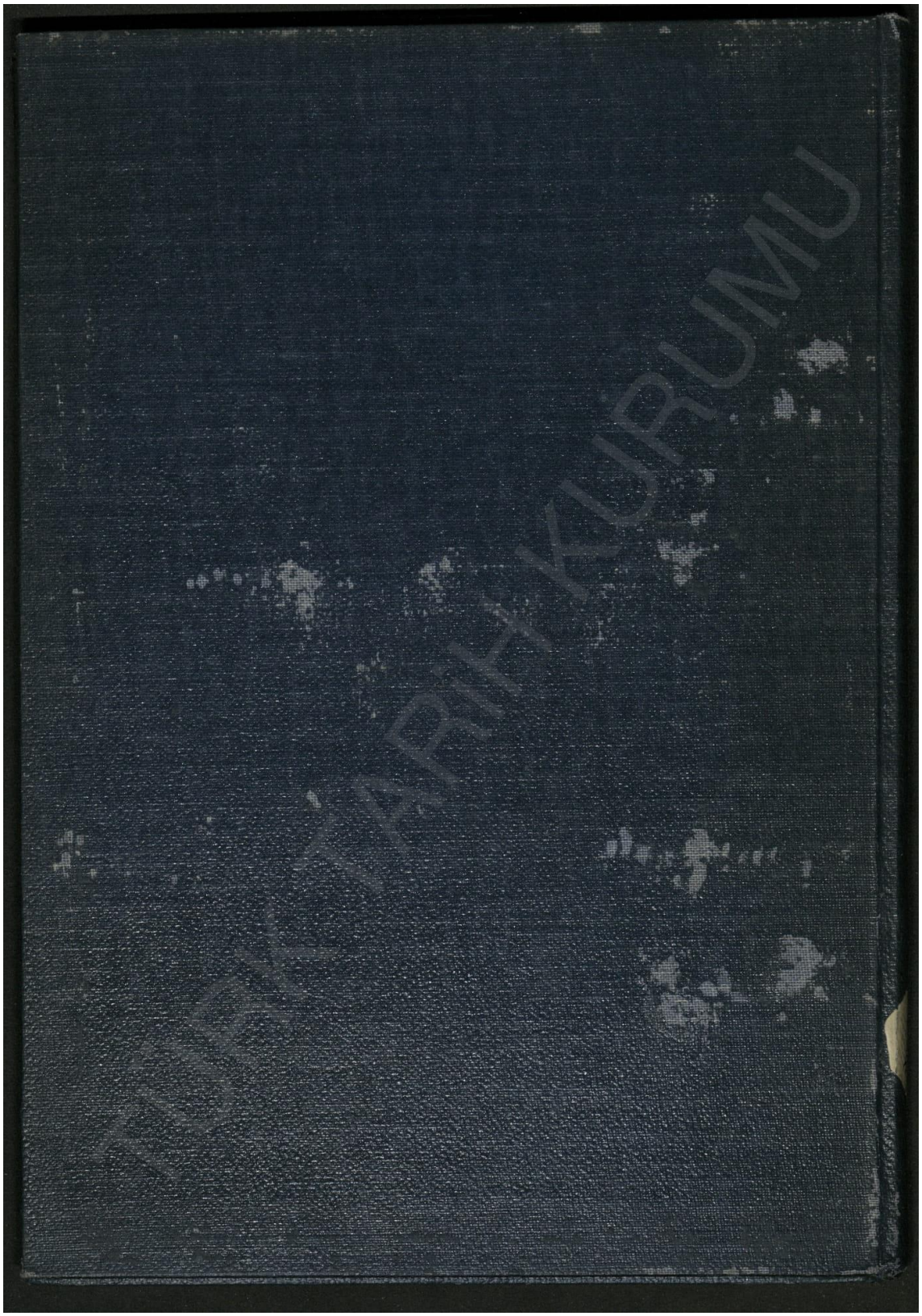
Foto için bkz. Dölen E. agm

Ek-5 Salih Zeki Bey'in Mezar Taşı



Fazıl Ayanoğlu Defterleri'nden , Müellifler 7-1, s.124

Ek - 6 Orjinal Metin



Kitabın kapak sayfası

TÜRK TARİH KURUMU
KÜTÜPANESİ
KAYİT No. 5220
YER No. A.460

TÜRK TARİH KURUMU

دار الفنون عثمانی ریاضیه شعبه‌سی دیرلری

حکمت طبیعیهٔ عمومیه

دن

منتخبات صوت

5920
A4360

اثر:
صالح ذکی

هر حقی محفوظدر

TÜRK TARİH KURUMU
KÜTÜPHANESİ

مطبعهٔ عامره — استانبول
۱۳۲۶

TÜRK TARİH KURUMU

دار الطباعة العامره
١٢٤٧

افادهٔ مرام

بو کتاب، استانبول دار الفنونی ریاضیات شعبه‌سنده تدریس ایتمکده اولدیغم حکمت طبیعیهٔ عمومیه‌دن ساده‌جه مبحث صوتك خلاصه‌سیدر. بو مبحثده، اجسام صلبه وسیاله‌نك قوانین حرکت وموازنتی حرکت اهتزازیه دنیلن حرکات صغیره‌یه تطبیق ایدلمش؛ و تحلیل ریاضی‌ده آنجق لزومی درجه‌سنده استعمال اولنمشدر. بناءً علیه بو کتابی، تموجات نظریه‌سنی تعمیق و بو کا دائر السنهٔ اجنبیه اوزره یازلمش اولان امهات کتبی تدقیق ایتمك ایسته‌ین کنجلرمزه، برمدخل اولمق اوزره، توصیه ایدرم.

محتویاتنه کلنجه اوده برمقدمه ایله درت بابه تقسیم ایدلمشدر: برنجی بابده حرکت اهتزازیه‌نك انتشار وانعکاسی، ایکنجی بابده حرکات اهتزازیه‌نك تداخلی تدقیق اولنمش؛ اوچنجی بابده انابیب متصوته، دردنجی بابده اوتار وصفیحات مهتزه نظریاتنه کیریشلمشدر. بوراده موجود اولمامسی لازم کلن بربحث وارایسه اوده اصوات موسیقیه‌نك نظریهٔ حکمیه‌سیدر.. فقط بو نظریه هنوز بزده لایقیله آکلاشلمادیغی وغرب، شرق موسیقیسی مباحثی ده آره‌صره تجدد ایلدیکی جهتله مقدمه‌ده بو کا دائر بعض مرتبه قطعی وصریح معلومات اعطاسنه مجبور اولدم.

صالح زکی

TÜRK TARİH KURUMU

مبحث صوت

ایشته [الارنی شدتلیجه بربرینه چارپه‌رق]
بر صدا ! بو نقطه‌ده مناقشه اولماز ؛ بو صدامیدر ،
دکلیدر ؟ یونی کیمسه صورماز . یوبر صدادر ،
اکر ایشیدیر ایسه‌کز . اکر ایشتمز ایسه‌کز ...
سزك ایچون صدا دکلدر .

لوردو - کلوین

[۳ تشرین اول سنه ۱۸۸۳ - بیرمنغام]

TÜRK TARİH KURUMU

فهرست

صحیفه

افادهٔ مرام ۲

مقدمه — اصوات موسیقیه: ۵

صوت: شدت، ارتفاع، طنت - فاصلهٔ موسیقیه - ملودی - آرمونی - عرب موسیقیسی - فاصلات ملایمه وغیر ملایمه - غام‌ماژور ویا بطلمیوس غامی، فاصلات لحنیه‌سی - غام مینور، فاصلات لحنیه‌سی - فیثاغور غامی: دیەز، بەمول - اصول مخففه - معتدل غام - آهنك - آهنك تام کبیر - آهنك تام صغیر - فیثاغور غامنك آرمونی نقطهٔ نظرندن محذوری طبیعی غام - اصوات مؤلفه - شرق موسیقیسی: ابعاد لحنیه‌سی - مسطر، مسطرلرك تعدد وتنوعی - بو تنوعك محذوری - مقامات.

باب اول — حرکت اهتزازیه‌نك انتشار وانعکاسی: ۳۲

حرکت اهتزازیه‌نك معادلهٔ تفاضلیه‌سی - معادلهٔ تفاضلیه‌نك اتمامی - حرکت اهتزازیه‌نك دوری، صفحه‌سی - تنبیه - حرکت اهتزازیه‌نك شدتی، اهتزازات طولانیه و عرضانیه؛ اهتزازات طولانیه‌نك اسطوانی بواسطهٔ الاستیقیه دروننده انتشاری - حادثهٔ انتشارك معادلهٔ تفاضلیه‌سی - معادلهٔ تفاضلیه‌نك اتمامی - حرکت تموجیه - موج منقبض، موج منبسط - طول موج، طول موج ایله دور اهتزاز بینلرنده‌کی مناسبت - اهتزازات طولانیه‌نك بر اسطوانهٔ غیر محدوده داخلنده انتشاری - اهتزازات عرضانیه - صوتك سرعت انتشاری - غازلرده سرعت انتشار صوت - نیوتون نظریه‌سی - مابعاتنده سرعت صوت - صلبلرده سرعت صوت - تنبیه.

باب ثانی — حرکات اهتزازیه‌نك تداخلی: ۷۱

عینی دوره تابع ایکی حرکت اهتزازیه‌نك ترکیبی - تحقیقات تجربیه - حرکات اهتزازیه‌نك ترکیبی ایچون فرنل قاعده‌سی - مختلف‌المدور ایکی حرکت اهتزازیه‌نك ترکیبی - ضربان حادثه‌سی وایضاحی - اصواتك ارتفاع مطلقلرینك تعیینی - اصوات محصله - اصوات محصله‌نك آرمونی‌یه تطبیقی - ایکی حرکت اهتزازیهٔ قائمه‌نك ترکیبی - حالات خصوصیه‌یه تطبیقی - لیساژونك اصول تحقیقی.

TÜRK TARİH KURUMU

صحيفه

باب ثالث — انابيب متصوته : ٩٥

صدا بورولری - برنوالی نظريه‌سی : قابالی صدا بورولری ، قوانينی ، عقده و بطن نقطه‌لری - آچيق صدا بورولری ، قوانينی، عقده وبطن نقطه‌لری - نظريهٔ مذکوره‌نك تداخل اصوات نظريه‌سيله ايضاحی - بر طرفی قابالی اسطوانهٔ محدوده‌ده تداخل اصوات - تحقيقات تجربيه - تجربه ايله نظريه ميانده‌كی تخالف - پواسون نظريه‌سی - هويكنس و(كت)ك تعديلاتی - مقدار ثابتك تعيينی - تنبيه - سرعت صوتك بورولر واسطه‌سيله تعيينی.

باب رابع — اوتار مهتزه : ١٢٨

تللی آلات صوتيه - اوتار مهتزه - اوتارك اهتزازات عرضانيه‌سی ومعادلهٔ تفاضليه‌سی - معادلهٔ تفاضليه‌نك اتمامی - حالات خصوصيه - فوريه دعواسی - تايلور دستوری - اوتار مهتزه قانونلری - سرعت ابتدائيه‌سز تبديل موضع - بر مثاله تطبيق - تنبيه - يوغ قانونی - قضيب جيوفلری - اهتزازات طولانيه‌سی - اوتارك اهتزازات طولانيه‌سی جيوفلرك اهتزازات عرضانيه‌سی و معادلهٔ تفاضليه‌سی - بو معادله‌يه توافق ايدن حركت رقصيه - برنجی حال : جيوغك هرايكی اوجنك سربست براقلماسی - ايكنجی حال: جيوغك اوجلرينك ثابت قلماسی - اوچنجی حال: بوغك براوجنك سربست و بر اوجنك ثابت اولماسی- دردنجی حال: بر اوجنك سربست و ديگرينك استناد ايتديرلمه‌سی- بشنجی حال : بر اوجنك ثابت وديگرينك استناد ايتديرلمه‌سی - آلتنجی حال : ايكی اوجك بردن استناد ايتديرلمه‌سی - زارلرك اهتزازای - لوحه‌لرك اهتزازی .

خطا و صواب جدولی

صحيفه نومروسی	سطر	خطا	صواب
٨	١٢	اهتزاز	اهتزازلری
١٦	٤	مذكوره‌ی	مذكوری
١٦	صوك		بولنور .
١٧	٥	$\frac{٢٠٤٠}{٢١٨٧}$	$\frac{٢٠٤٨}{٢١٨٧}$
١٩	٤	$س^{١٢} - ٢$	$س^{١٢} = ٢$
٣١	١١	ناقصی	ناقص
٣٧	٢٦	$\frac{٢\pi ٤}{ق}$	$\frac{٢\pi ٣}{س}$
٣٩	٣	تمم	تمام
٣٩	١٠ — ١٢	$س = \frac{بأ^{٢} نحب نهاية}{س^{٢}}$ $س = \frac{١}{\pi^{٢}} بأ^{٢} ق^{٢} ...$ $\frac{١ - نحب ٤ (\frac{ق}{س} - ح)}{٢}$ نهاية	$س = \frac{بأ^{٢} نحب نهاية}{س^{٢}}$ $س = \frac{١}{\pi^{٢}} بأ^{٢} ق^{٢} ...$ $\frac{١ - نحب ٤ (\frac{ق}{س} - ح)}{٢}$ نهاية
٤٢	٥	ك ك ل ل	ك ك ك ك
٤٣	٥	$هـ \frac{هاس^{٢}}{هاص^{٢}}$	$هـ \frac{هاص^{٢}}{هاس^{٢}}$
٤٣	٧	$ح \frac{هاس^{٢}}{هاص^{٢}}$	$ح \frac{هاص^{٢}}{هاس^{٢}}$
٤٨	صوك	٢٤	٢٣
٦١	١٠	$\sqrt{ق س}$	$\sqrt{\frac{ق س}{ك}}$
٦١	١٢	٣٢	٣١

TÜRK TARİH KURUMU

صحیفه نومروسی	سطر	خطا	صواب
٦٦	٢٣	ابتـ	ابتدا
٦٨	١٢	قیمتلری	قیمتلر
٦٨	١٨	مبدأ به	مبدأنه
٦٩	١	ح	ح مقطع
٦٩	١٠	$\frac{\text{بعاص}}{\text{بعا}\,\odot}$	$\frac{\text{بعاص}}{\text{بعاس}}$
٧١	٨	مندرجاتی	مندرجاتی ده
٧١	١١	$\text{ب}_{\text{ع}}$ حب ٢ ×	$\text{ب}_{\text{ع}}$ حب ٢ π
٧١	١٥	$\text{ب}_{\text{ع}}$ حب ٢ ×	$\text{ب}_{\text{ع}}$ حب ٢ π
٧١	١٥	م ، مُ	م ، مُ کبی
٧٥	٢	$\frac{\text{ل}}{٢}$ + ٢ ح	$\frac{\text{ل}}{٢}$ ٢ ح
١٩	٢٢	$\frac{\odot}{\text{ب}_{\text{ع}}}$	$\frac{\odot}{\text{ب}_{\text{ع}}}$
٨٠	١	$\frac{\odot}{\text{ب}_{\text{ع}}}$	$\frac{\odot}{\text{ب}_{\text{ع}}}$
٨٢	٢٣	مناسب	مناسبت
٨٣	١	عدد	م عدد
٨٣	٤	د لا	لا
٨٤	١٣	مرکبلرك	صوت مرکبلرك
٨٤	١٤	نامی	نامنی
٨٥	١١	محصله‌سی	محصله
٨٥	١٣	٤٣	٤٤
٨٥	٢٢	ایدیلیر .	ایدیایر و
٨٦	١٠	٤٤	٤٥
٩١		(شکل ١٥)ده ط حرفی حاوی خصك دیگر اوجنه طَ وضع ایدیله‌جکدر	
٩٣	١٥	یاقلاشماسندن	یانلاشماسندن حاصل اولمشدر
٩٤	١	$\frac{١}{\text{ب}_{\text{ع}}}$	$\frac{١}{\text{ب}_{\text{ع}}}$
٩٦	١٢	سکوت	سکون

صحیفه نومروسی	سطر	خطا	صواب
٩٨	٥	$\frac{\text{بعاص}}{\text{بعاس}}$	$\frac{\text{بعاص}}{\text{بعاس}}$
١٠١	١٠	قالماسی	قالماسنی
١٠٢	١١	=	=
١٠٣	٤	فاصله	فاصله‌سی
١٠٥	٦	$\frac{٥\text{ ط}}{٢\text{ ح} + ٢}$	$\frac{٥\text{ ط}}{٢\text{ ح} + ١}$
١٠٥	١٣	بونده	بونده‌ده
١٠٧	١٢	$\frac{\text{بعاص}}{\text{بعاس}}$	ب = $\frac{\text{بعاص}}{\text{بعاس}}$
١١١	٦	عدد ،	عدد
١١٣	١	$\frac{\text{ب}_{\text{ع}}}{\text{ح}}$ ط	$\frac{\text{ب}_{\text{ع}}}{\text{ح}}$ ط
١١٣	٢	ب	ب
١١٣	٢١	طولنده	طولده
١١٥	١٢	$\left(\frac{\odot}{\text{ب}_{\text{ع}}} \quad \frac{\text{ط}}{\text{ل}}\right)$	$\left(\frac{\odot}{\text{ب}_{\text{ع}}} - \frac{\text{ط}}{\text{ل}}\right)$
١١٦	١٢	= ٢ ح + ١	= π (٢ ح + ١)
١١٨	١٢	تجربیه	تجربیه
١١٨	١٥	موجنك	موجك
١١٨	١٥	قالی	قاپالی
١١٨	٢٤	قبارست	قباراست
١١٩	٥	هوائه	هوائیه
١١٩	٦	اولماسیدرکه بوراده	اولماسندندرکه بوده
١٢١	نوته	G .	J .
١٢٢	١٣	محـ ٢ ح (ح — ح)	محـ ٢π (ح — ح)
١٢٣	١٢	مساویدر	مساوی بولنور
١٢٥	١	مجموعنی	مجموعی

TÜRK TARİH KURUMU

صحیفه نومروسی	سطر	خطا	صواب
۱۲۷	۳	موماالیه	موماالیهه
۱۲۸	۲۰	٦۱	٦۲
۱۳٤	۱۱	تألیقی	تألیفی
۱٤٤	۲۰	دجهدو	درجهده
۱٤٤	۱۷	قابل انحا	قابل انحنا
۱٤٥	۱۰	اهتزازتك	اهتزازاتك
۱٤۷	۱٦	اصلا	اصلاح
۱٤۸	۳	جیوغك	جبوغك
۱٤۹	۸	$\left(\frac{هـ ب}{د}\right)$	$\frac{هـ ب}{ر}$
۱۹٤	نوته	د	ر
۱٦۰	۲	Cleboch	Clebsch
۱٦۰	۱٤	یلپازه‌سیه	یاپازه‌سنه
۱٦۰	۱٥	لودیفون	اودیفون

مقدمه

اصوات موسیقیه

صوت : شدت ، ارتفاع ، طنت - فاصلهٔ موسیقیه - ملودی ، آرمونی - غرب موسیقیسی : فاصلات ملایمه وغیرملایمه - غام‌ماژور ویا بطلمیوس‌غامی - فاصلات لحنیه‌سی - غام‌مینور، فاصلات لحنیه‌سی - فیثاغور غامی : دیەز، بەمول - اصول مختلفه - معتدل غام - آهنك - آهنك تام کبیر - آهنك تام صغیر - فیثاغور غامنك آرمونی نقطهٔ نظرندن محذوری - طبیعی غام - اصوات مؤلفه - شرق موسیقیسی: ابعاد لحنیه - مسطر - مسطرلرك تعدد وتنوعی - بوتنوعك محذوری- مقامات .

---

۱ صوت . — حکمت طبیعیه نقطهٔ نظرندن صوت ، برجسمده وقوعه کتیریلن وقولاغه قدر انتقال ایدن بر حرکت اهتزازیه‌در . فی‌الحقیقه هرجسم متصوت بر حرکت اهتزازیه‌یه مقرردر ؛ آنجق بوحرکت اهتزازیه‌نك جسم متصوتدن قولاغه انتقالی ایچون آره‌یرده بر واسطهٔ مادیهٔ الاستیقیه‌نك وجودی‌لازمدر . عکس‌تقدیرده حاصل‌اولان‌صوتك استماعی ممکن‌دکلدر . ایشته اجرام سماویه ایله کرهٔ ارض میانی تفریق ایدن ساحهٔ فسیحه بوکبی بر واسطهٔ مادیه‌دن عاری بولنماسنه مبنی‌درکه اجرام سماویه بزم ایچون دائما بر عالم صمت وسکوت ایچنده‌در .

حرکت اهتزازیه ، بر جسمك اجزای فردیه‌سنك موازنت وضعیتلری اطرافنده پك جزئی، فقط یکدیکرینه مساوی ، فاصله‌لر ایله اجرا ایلدکلری حرکات رقصیه‌دن باشقه برشی دکلدر . بنابرین رقاصده اولدیغی کبی هربر حرکت اهتزازیه ، برحرکت مبسوطه وبرده حرکت معکوسه‌دن ترکب ایدر ؛ بوایکی حرکتك هیئت‌مجموعه‌سی‌ده « اهتزاز تام » دنیلن شیئی تشکیل ایلر .

حرکت اهتزازیه ، وسعت ، مدت ، محرك کبی اوچ جهتدن نامتناهی صورتده تنوع ایده‌بیلیر . حرکت اهتزازیه‌نك بو اوچ صورت تنوعی صوتده اوچ کیفیته توافق ایدرکه اونلرده « شدت » ، « ارتفاع » ویا « برده » و « طنت » در : هرکس بیلیرکه برجسم متصوتدن تباعد ویا اوجسم متصوته تقرب ایدلدکجه حس‌اولنان‌صوت‌ده خفت ویا جهارت کسب ایدر . ایشته برصوتك صوك‌درجه‌ده ایشیدیله‌بیله‌جکی مسافه‌یی تحدید ایدن شوکیفیته « شدت صوت » نامی ویریلیر .

TÜRK TARİH KURUMU

شدت صوت ، قولاغه واصل اولان حرکت اهتزازیه‌نك قوهٔ زنده‌سی ویا تعبیر صحیحی ایله « قدرت‌حرکیه » سی ایله متناسبدر. مع‌مافیه ایکی‌صوتك قدرت حرکیه‌لرینك مساواتی حالنده دخی قولاغك درجهٔ حساسیتی بونلرك ارتفاعلری ایله تحول ایدر . بر صوتك ارتفاعی ، تیز ویا پست اولماسی انتاج ایدن کیفیتدر. برصوتی دیکر صوتدن تفریق ایدن بوکیفیت ، جسم متصوتك برمدت معینه و مثلا برثانیه ظرفنده اجرا ایلدیکی اهتزازاتك عددینه تابعدر. ایشته حکمت‌طبیعیه‌ده اجسام متصوته‌نك ثانیهٔ واحده‌ده اجرا ایلدکلری اهتزازاتك عددینی تقدیره کورولن لزوم بوندن متولددر . مع مافیه عینی شدت وعینی پرده‌دن ، فقط مختلف آلات موسیقیه‌دن‌چیقان اصواتده‌ده قولاق بر فرق حس ایدرکه بوفرقی تولید ایدن شی « طنت » دنیلن کیفیتدر. طنت ، اهتزازاتك اشکال مختلفه اوزره وقوعه کلمه‌سندن ودها طوغرو‌سی دورلری مختلف برقاچ حرکت اهتزازیه‌نك یکدیکرینه انضمام ایلمه‌سندن نشأت ایدر. [١]

قولاغه واصل‌اولان هرحرکت اهتزازیه مطلقا برحس تصوت حاصل ایتمز . چونکه برصوتك قولاق واسطه‌سیله استماعی‌ایچون اوصوتك نه‌فوق‌العاده پست ونه‌ده تیز اولماسی لازمدر . تجارب اخیره‌یه نظراً ثانیه‌ده ١٦ اهتزاز تامدن‌حصوله کلن برصوت قابل‌استماع اولان اصواتك غایهٔ‌سفلاسی‌اولدیغی کبی ثانیه‌ده ٣٨٠٠٠ اهتزاز تامدن‌حصوله کلن برصوت‌ده « اصوات محسوسه » نك غایهٔ علیاسنی تشکیل ایدر .

٢ فاصلهٔ‌موسیقیه . — قولاق واسطه‌سیله حس اولنه‌بیلن اصوات محدود اولمقله برابر کافه‌سی موسیقیده مستعمل دکلدر . فی‌الحقیقه علی العاده موسیقیده استعمال اولنان اصوات ، عدد اهتزازلری ثانیه‌ده ٣٠ ایله ٤٠٠٠ آره‌سنده بولنانلردر. بوندن باشقه اقوام ماضیه وملل‌حاضره‌نك کافه‌سنك ترنمات وتغنیاتنده مستعمل اولان اصوات ، برسلسلهٔ متمادیه تشکیل ایتمز ؛ بالعکس‌اصوات مستعمله ، بوسلسله‌ده واقع ، بینلری بررفاصلهٔ معینه ایله تفریق قلنمش بعضی‌حدلردن عبارتدر . اصوات موسیقیه‌نك اك پستندن اك تیزینه وارنجه‌یه قدر بویله درجه درجه ترقی ایتمه‌سی ، موسیقینك شرائط اساسیه‌سندن بری وبلکه برنجیسیدر .

علی‌العموم بر صوت ثانیهٔ واحده‌ده‌کی عدد اهتزازیله تقدیر ایدیلیر ؛ بوحالده ایکی صوت بینندکی «فاصله» نك‌ده بونلرك عدد اهتزازلری بینندکی نسبت ایله افاده ایدلمه‌سی

[١] بو بابده قارئینه هلموجك « موسیقینك نظریهٔ فیزلوژیه‌سی » نامندکی اثرینك مطالعه‌سنی توصیه ایدرم .

لازم‌کلیر . آنجق بو ایکی صوتدن تیز اولانی پست اولانه نسبت اولنماسی قاعده اتخاذ ایدلمشدر. موسیقیده استعمال ایدیلن وبوندن طولایی « فاصلهٔ موسیقیه » دینیلن فاصله‌لر ایکی نقطهٔ نظردن انتخاب اولنور : بو نقطهٔ نظرلرك بری ، ایکی‌صوتك یکدیکرینه تعاقبی کیفیتنك قولاغه خوش کلمه‌سی دیکری ، ایکی ودها زیاده صوتك برآنده حصولی حالنده هیئت‌مجموعه‌سنك ینه قولاقده برحسن تأثیرحاصل ایلمه‌سیدر . ایشته بوایکی صورت انتخاب موسیقیده ایکی مهم صنعتك ظهورینه سبب اولمشدر . بو صنعتلرك برنجیسی واك اسکیسی « ملودی » [Mélodie] درکه اصواتك یکدیکرینه تعاقبی صورتیله حاصل اولان « نغمات » دن تشکل ایدر . ایکنجیسی « آرمونی » [Harmonie] درکه بوده ایکی ویا دها زیاده صوتك تألیفی اساسنه مبنیدر . شرق موسیقیسی منحصراً ملودیدن عبارت ؛ حال بوکه غرب موسیقیسی ملودی ایله برابر آرمونی صنعت نفیسه‌سندن مرکبدر . بورادە اول امرده غرب موسیقیسندن بحث ایدیله‌جك ، بعده بحث شرق موسیقیسنه انتقال ایتدیریله‌جکدر .

٣ فاصلهٔ‌ملایمه، فاصلهٔ‌غیرملایمه . — بالتجربه مثبتدرکه کرك‌ملودی کرك آرمونی ایچون اولسون ، قولاق دائما عدد اهتزازلری بینندکی نسبت ممکن مرتبه بسیط اولان اصواتی‌انتخاب‌ایدر . ایکی‌صوت بینندکی نسبت نه‌درجه بسیط‌اولور ایسه‌بونلرك‌یکدیکرینه تعاقبی ویایکدیکریله ترکیبی قولاغه او درجه ملایم ونه قدر مشوش بولنور ایسه اوقدرده قولاغه منافرکلیر. ایشته نسب بسیطه‌نك برنجیسی $\frac{1}{1}$ درکه بوفاصله‌یه «حادیه» [Unisson] نامی ویرلمشدر. بوندن صوکره $\frac{2}{1}$ نسبتی کلیرکه بوکاده « ثامنه » [Octave] دینلمشدر .

حادیه‌ایله ثامنه میاننده ، تعبیر آخرله عدد اهتزازلری یکدیکرینه مساوی اولان ایکی صوت ایله عدد اهتزازلری بربرینك ضعفی بولنان ایکی صوت آره‌سنده ، کرك ملودی کرك آرمونی نقطهٔ نظرلرندن ، تولاغه خوش کلن فاصلهٔ موسیقیه‌لر بروجه آتیدر :

$\frac{1}{1}$ حادیه	[Uunisson]	$\frac{3}{2}$ خامسه	[Quinte]
$\frac{5}{4}$ ثالثهٔ کبری	[Tierce majeure]	$\frac{5}{3}$ سادسهٔ کبری	[Sixte majeure]
$\frac{6}{5}$ ثالثهٔ‌صغری	[» mineure]	$\frac{8}{5}$ سادسهٔ‌صغری	[» mineure]
$\frac{4}{3}$ رابعه	[Quatre]	$\frac{2}{1}$ ثامنه	[Octave]

بوفاصله‌لر میانندە الزیاده سمعه ملایم کلن حادیه وبوندن صوکره صره‌سیله ثامنه ، خامسه ، رابعه ، ثالثهٔ کبری ، سادسهٔ کبری . ثالثهٔ صغری ، سادسهٔ صغری‌در .

TÜRK TARİH KURUMU

غرب موسیقیسنده حادیه ایله ثامنه میانندہ سالف‌الذکر فاصلهٔ ملایمه‌لردن باشقه بروجه آتی « فاصلات منافره » ده استعمال اولنور :

$\frac{9}{8}$ ثانیهٔ کبری [Seconde majeure] $\frac{15}{8}$ سابعهٔ کبری [Septième majeure]
$\frac{10}{9}$ ثانیهٔ صغری [» mineure] $\frac{9}{5}$ سابعهٔ صغری [» mineure]
$\frac{16}{15}$ نصف‌ثانیهٔ کبری [Demi-Seconde maj.]

فاصلات ملایمه‌ایله فاصلات منافره ویا غیر ملایمه‌یی تشکیل ایدن کسورات میانندہ ۷ عددینی حاوی نسبتلرك فقدانی کورولورکه بوفقدان ، برثامنه‌نك محتویاتنه ۷ عددینك ادخال ایدیلمه‌سندن نشأت ایدر .

موسیقیده فاصلهٔ منافره‌لرك وجودینه برلزوم‌وارایسه اوده‌فاصلهٔ ملایمه‌لرایله برضدیت تشکیل ایتمه‌سی و بونلرك دها لذتله استماعنه بر زمین تهیئه ایلمه‌سیدر . بونك ایچوندرکه غرب موسیقیسنده بونوع فاصله‌لرك استعمالی کوندن کونه تعمم ایتمکده‌در .

برثامنه داخلنده، تعبیر دیکرله عدد اهتزاز یکدیکرینك ضعفی اولان ایکی صوت میانندہ، بولنان سلسلهٔ اصوات موسیقیه‌یه «غام» [Gamme] تعبیراولنور. برغامی‌تشکیل ایدن یدی صوتدن هربرینه‌ده « نوطه » ویا « پرده » [Note] نامی ویریلیر .

٤ غام ماژور ، وفاصلات‌متعاقبه‌سی . — غرب موسیقیسنده استعمال اولنان و «غام‌ماژور» [Gamme majeure] ویا «بطلمیوس‌غامی» [Gamme de Ptolémée] نامیله معروف بولنان غامی تشکیل ایدن پرده‌لر، اك پست اولانك عدد اهتزازتامی‌واحد اعتبار ایدلدیکنه کوره ، بروجه آتی نسبتلر واسمار ایله تقدیر وافاده اولنور :

دو	ره	می	فا	صول	لا	سی	دو٢
$\frac{1}{1}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	$\frac{2}{1}$

بو نسبتلره عطف نظر دقت ایدیلمه‌جك اولور ایسه کورولورکه آرمونی غامی، ثالثهٔ کبری ($\frac{5}{4}$) ، رابعه ($\frac{4}{3}$) ، خامسه ($\frac{3}{2}$) ، فاصلهٔ ملایمه‌لرینی حاوی اولدیغی کبی ثانیهٔ کبری ($\frac{9}{8}$) ، سابعهٔ کبری ($\frac{15}{8}$) فاصلهٔ غیر ملایمه‌لرینی‌ده محتویدر .

بو غامه علی‌الاطلاق بر رابعه ایله بر خامسه‌دن مرکب نظریله باقیلهبیلیر : فی‌الحقیقه

« صول » نوطه‌سی، « صوت اصلی » دنیلن « دو » نوطه‌سنه نظراً بر خامسه قدر تیز اولدیغی کبی ایکنجی « دو » نوطه‌سی‌ده « فا » نوطه‌سندن بر خامسه قدر تیزدر .

آرمونی غامنی تشکیل ایدن پرده‌لرك الپست اولان « دو » نوطه‌سنه نظراً فاصله‌لری آلنه‌جغی یرده یکدیکرینه نسبةً فاصلهٔ متعاقبه‌لری تحری ایدیلمه‌جك اولورایسه بروجه آتی نسبتلره تصادف اولنور :

دو	ره	می	فا	صول	لا	سی	دو٢
$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{15}$	

ایشته بوصورتله استحصال‌اولنان‌او چ‌نوع «فاصلهٔ‌متعاقبه»ده $\frac{9}{8}$ فاصله‌سنه «طون‌ماژور» [Ton majeur] ، $\frac{10}{9}$ فاصله‌سنه « طون مینور » [Ton mineur] و $\frac{16}{15}$ فاصله‌سنه « نصف طون ماژور » [Demi-Ton majeur] نامی ویریلیر .

ایکی فاصله‌نك مجموعی یعنی بربرینه تعاقبی ، بو فاصله‌لری ارائه ایدن نسبتلر حاصل ضربیله افاده اولنمق‌ایجاب‌ایدر . چونکه فاصله‌لرك هربری ذاتاً برنسبت ودها طوغروسی ایکی عدد اهتزاز بینندہ‌کی خارج قسمتدن عبارت بولندیغندن بربرینی متعاقب‌اوچ‌صوتدن اوچنجیسی ایله برنجیسی بینندہ‌کی نسبت ، ایکنجیسی ایله برنجیسی و اوچنجیسی ایله ایکنجیسی بینندہ‌کی نسبتلرك حاصل ضربنه مساوی اولور . بوحالده

$$\frac{25}{24} \times \frac{16}{15} = \frac{10}{9}$$

صورتنده یازیلهبیله‌جکنه کوره بر طون مینور، برنصف طون ماژور ایله دیکر $\frac{25}{24}$ لك بر فاصله مجموعنه مساوی اولق لازم کلیرکه بو صوك فاصله‌یه « نصف طون مینور » [Demi-Ton mineur] دنیلیر . نصف طون مینور غرب موسیقیسنده استعمال اولنان فاصله‌لرك اك کوچوکیدر .

بالمقابله‌ایکی فاصله‌نك تفاضلی، یعنی بربرینه اولان بعدی‌ده ، بو فاصله‌لری ارائه ایدن نسبتلرك حاصل تقسیمی ایله کوسترلمك اقتضا ایدر . بو تقدیرجه بر طون ماژور ایله بر طون مینور بینندہ‌کی فرق :

$$\frac{9}{8} \div \frac{10}{9} = \frac{9}{8} \times \frac{9}{10} = \frac{81}{80}$$

کبی اصغر بر مقداره مساوی بولنورکه بو فرق قولاق همان فرق‌ایدر ایتمز برحالده‌در . ایشته بوفرقه « قوما » [Comma] نامی‌ویریله‌رك قابل‌ترك اولهبیلن فاصله‌لرك‌حدالغایه‌سی نظریله باقیلیر .

TÜRK TARİH KURUMU

آرمونی غامنی تشکیل ایدن پرده‌لرك میانلرنده‌کی نسبت ممکن مرتبه تحری ایدیله‌جك اولور ایسه بروجه آتی جدوله دسترس اولنور .

جدول

ثانیه	ثالثه	رابعه
ره / دو = ۹/۸	می / دو = ۵/۴	فا / دو = ۴/۳
می / ره = ۱۰/۹ × ۹/۸ = ۸۰/۸۱	فا / ره = ۳۲/۲۷ × ۶/۵ = ۸۰/۸۱	صول / ره = ۴/۳
فا / می = ۱۶/۱۵ × ۹/۸ = ۲۴/۲۵	صول / می = ۶/۵ × ۵/۴ = ۲۴/۲۵	لا / می = ۴/۳
صول / فا = ۹/۸	لا / فا = ۵/۴	سی / فا = ۴۵/۳۲ − ۴/۳ = ۲۵/۲۴ × ۸۱/۸۰
لا / صول = ۱۰/۹	سی / صول دو = ۵/۴	دو / صول ره = ۴/۳
سی / لا = ۹/۸	دو / لا ره = ۶/۵	ره / لا می = ۲۷/۲۰ − ۴/۳ = ۸۱/۸۰
دو / سی = ۱۶/۱۵	ره / سی = ۶/۵	می / سی = ۴/۳

خامسه	سادسه	سابعه
صول / دو = ۳/۲	لا / دو = ۵/۳	سی / دو = ۱۵/۸
لا / ره = ۴۰/۲۷ = ۲/۳ × ۸۰/۸۱	سی / ره = ۸/۵ = ۵/۳ × ۲۴/۲۵	دو / ره = ۱۶/۹ = ۹/۵ × ۸۰/۸۱
سی / می = ۳/۲	دو / می = ۸/۵	ره / می = ۹/۵ = ۱۵/۸ × ۲۴/۲۵
دو / فا = ۳/۲	ره / فا = ۵/۳	می / فا = ۱۵/۸
ره / صول = ۳/۲	می / صول = ۵/۳	فا / صول = ۱۹/۹
می / لا = ۳/۲	فا / لا = ۸/۵	صول / لا = ۹/۵
فا / سی = ۳/۲	صول / سی = ۸/۵	لا / سی = ۱۶/۹

شمدی بوجدولك محتویاتی تدقیق ایدهلم :

اولا ، ثانیه فاصله‌سی یعنی بر پرده‌نك ماقبلنه نسبتی ، اوچده‌ده کوروله‌دیکی اوزره ، ۹/۸ ، ۱۰/۹ ، ۱۶/۱۵ کبی اوچ مختلف قیمتی حائزدرکه بوغامی دیکر غاملردن تفریق ایدن باشلیجه فاصله‌لرده بونلردر .

ثانیاً ، ثالثه فاصله‌سی اوچ نوعدر : برنجیسی ۸۰/۸۱ درکه « ثالثهٔ کبری » ، ایکنجیسی ۲۴/۲۵ درکه « ثالثهٔ صغری » نامیله معروفدر . اوچنجیسی « فا » ایله « ره » آره‌سنده واقع ۳۲/۲۷ ⇒ ۸/۹ × ۴/۳ فاصله‌سیدرکه ثالثهٔ صغرادن برقوما قدر نقصاندر .

ثالثاً ، رابعه فاصله‌سی‌ده اوچ نوعدر : برنجیسی ۴/۳ درکه اصل « رابعه » فاصله‌سیدر ؛ ایکنجیسی ۴۵/۳۲ درکه بوده تقریباً برابعه‌دن ۲۵/۲۴ یعنی برنصف طون مینورقدر یوکسك اولدیغندن برفاصلهٔ منافره تشکیل ایدر . باقی قالان ۸۱/۸۰ فاصله‌سی ایسه رابعه‌دن یالکز برقوما قدر فضله‌در .

رابعاً ، خامسه فاصله‌سی‌علی‌السویه ۳/۲ ایسه‌ده یالکز « لا » ایله « ره » آره‌سنده ۴۰/۲۷ یعنی اصل خامسه‌دن برقوما قدر نقصاندر .

خامساً ، سادسه فاصله‌سی ایکی نوعدر : برنجیسی ۵/۳ درکه « سادسهٔ کبری » دن عبارتدر ؛ ایکنجیسی بوندن نصف‌طون‌مینور قدر نقصان اولان ۸/۵ یعنی « سادسهٔ صغری » فاصله‌سیدر .

سادساً ، سابعه فاصله‌سی اوچ قیمتی حائزدر : برنجیسی ۱۵/۸ درکه « سابعهٔ کبری » نامیله معروفدر ؛ ایکنجیسی بوندن برنصف طون مینور قدرنقصان اولان ۹/۵ فاصله‌سیدرکه « سابعهٔ صغری » نی تشکیل ایدر . اوچنجیسی ۱۶/۹ درکه بوده سابعهٔ صغرادن برقوما قدر نقصاندر .

۵ غام‌مینور، فاصلات‌متعاقبه‌سی — غرب موسیقیونی برایکنجی‌غام‌دها استعمال ایتمکده‌درلرکه بونده ثالثهٔ کبری، سادسهٔ کبری، سابعهٔ کبری، فاصله‌لری صغرالریله‌تبدیل ایدلش اولدیغندن « غام مینور » [Gamme mineure] نامیله مشهوردر . برغام مینوری تشکیل ایدن پرده‌لرك « دو » صوت اصلیسنه نظراً فاصله‌لری :

دو	ره	می	فا	صول	لا	سی	دو
۱	۹/۸	۶/۵	۴/۳	۳/۲	۸/۵	۹/۵	۲

TÜRK TARİH KURUMU

اولدیغی کبی بویرده‌لرك فاصلهٔ متعاقبه‌لری‌ده :

دو	ره	می	فا	صول	لا	سی	دو٢
	۹/۸	۱۰/۹	۹/۸	۱۱/۱۰	۹/۸	۱۰/۹	

دن عبارتدر .

واقعا بوغامی تشکیل‌ایدن‌فا صلهٔ متعاقبه‌لر غام ماژوری ترکیب ایدن فاصلهٔ متعاقبه‌لردن باشقه بر شی‌دکل ایسه‌ده ترتیبلری اعتباریله یکدیکرندن فرقلیدرلر. شویله‌که: طون ماژور ط ، طون‌مینور طَ ، و نصف طون ماژور ½ ط ایله کوستریلیر ایسه غام ماژور ایله غام مینور بینندهکی فرق بروجه آتی ارائه‌ایدیله‌بیلیر :

	دو	ره	می	فا	صول	لا	سی	دو٢
غام‌ماژور :	ط	طَ	½ط	ط	طَ	ط	½ط	
غام مینور :	ط	½ط	طَ	ط	½ط	ط	طَ	

٦ فیثاغور غامی ، فاصلات متعاقبه‌سی . — اوروپاده بعضی اساتذهٔ موسیقی میانسده مستعمل برغام دها واردرکه بالخاصه «فیثاغورغامی» [Gamme de Pythagore] نامیله یاد ایدیلیر . بوغامك پرده‌لرینی تعینه خدمت ایدن نسبتلر :

	دو	ره	می	فا	صول	لا	سی	دو٢
۱	۹/۸	۸۱/۶۴	۵/۴	۳/۲	۳/۲	۲۷/۱۶	۲۴۳/۱۲۸	۲
ویاخود								
۱	۳/۲	۲/۱	۲/۱	۳	۳/۲	۴/۳	۵/۳	۲
	۳/۲	۶/۴	۳	۲	۲/۱	۴/۳	۷/۴	

دن عبارت وهیئت عمومیه‌سی خامسه فاصله‌سی اوزرینه مرتبدر. فی‌الحقیقه فیثاغور غامنی تشکیل ایدن هربر نوطه‌نك قیمتی ½ ایله ضرب اولنورایسه اونوطه‌یه نظراً بشنجی اولان نوطه‌نك قیمتی استحصال اولنور . شویله که :

دو × خامسه = صول	می × خامسه = سی
½ × ۳/۲ = ۳/۲	۸۱/۶۴ × ۳/۲ = ۲۴۳/۱۲۸
ره × خامسه = لا	فا × خامسه = دو٢
۹/۸ × ۳/۲ = ۲۷/۱۶	۴/۳ × ۳/۲ = ۲

اولور . واقعا بوخاصه بعضی تللی‌سازلرك قولایلقله آقورده ایدلمه‌سنی انتاج ایدر ایسه‌ده ، ایلریده کورولهجکی اوزره، «آرمونی» صنعتی نقطهٔ نظرندن پك بیوك برمحذوری داعیدر[۱]

مع‌مافیه فرانسه ارباب حکمت‌طبیعیه‌سندن قورنو[Cornu] ومرقادیه[Mercadier] نك اجرا ایلدکلری تجاربه نظراً ملودی‌یه اك موافق کلن غام فیثاغورغامیدر . حتی کمان ایله برملودی چالندیغی حالده بونی چالان کیمسه خبری اولمقسزین ، فیثاغورغامنك پرده وفاصله‌لرینی استعمال ایلدیکنی مومی الیهما بالتجربه اثبات‌ه موفق اولمشلردر . بناءً علیه فیثاغور غامنه « ملودی غامی » دینلسه بحقٍ یری واردر .

فیثاغورغامنك فاصلات متعاقبه‌سنه کلنجه اوده بروجه آتی‌در :

	دو	ره	می	فا	صول	لا	سی	دو٢
	۹/۸	۹/۸	۲۵۶/۲۴۳	۹/۸	۹/۸	۹/۸	۲۵۶/۲۴۳	

بوغامك طونی، آرمونی غامنك طون ماژورینه مساوی ایسه‌ده نصف‌طونی دیکرینك نصف طوننندن برقوما قدر نقصان وفقط دها قاریشقدر ؛ فی‌الحقیقه :

$$\frac{16}{15} = \frac{256}{243} = \frac{81}{80} \times \frac{256}{243}$$

بولنور . آنجق بونده شایان دقت بر شی وار ایسه اوده طونلر ایله نصف طونلرك آرمونی‌غامنده‌کی ترتیب‌اوزره بولنماسیدر ؛ تعبیر آخرله فیثاغور غامنك فاصلات متعاقبه‌سنك :

دو	ره	می	فا	صول	لا	سی	دو٢
	ط	ط	½ط	ط	ط	ط	½ط

سلسله‌سنی تعقیب ایتمه‌سیدر .

فیثاغور غامنك فاصله‌لری ممکن اولدیغی مرتبه تحری ایدیله‌جك اولسه بروجه آتی جدوله دسترس اولنور :

ثانیه	ثالثه	رابعه	خامسه	سادسه	سابعه	ثامنه
۹/۸	۸۱/۶۴	۵/۴	۳/۲	۲۷/۱۶	۲۴۳/۱۲۸	۲
۲۵۶/۲۴۳	۳۲/۲۷	۷۵۹/۵۱۲	۱۰۲۴/۷۲۹	۱۲۸/۸۱	۱۶/۹	

[۱] بوغام قدیم یونانیلرك موسیقیسنده مستعمل اولان غامدر . عجبا یونانیلر، باشلیجه آلت موسیقیه‌لری اولان « لیرا » [Lyre] یی قولایلقله آقورده ایتمکه یاردم ایتدیکی ایچون‌می بوغامی انتخاب ایتمشلر! بوقسه فیثاغورمصرکهنه‌سندن کندیسنه موروث اولان « آهنك‌ارقام » سودا‌سنه‌می قاپلمشدر! بوراسی بیلنه‌مه‌مکده‌در. فقط فیثاغور غامنك منشأی هرنه اولور ایسه اولسون، بو غام ظاهراً نه قدر بسیط ایسه اودرجه قاریشیق فاصله‌لری محتویدر .

TÜRK TARİH KURUMU

بوجدولدن استدلال اولنور که :

اولا ثانیه‌فاصله‌سی آرمونی‌غامنك‌ثانیهٔ کبراسنه‌مساوی، وفقط نصف ثانیه‌سی اولان $\frac{٢٥٦}{٢٤٣}$ فاصله‌سی ایله اصل ثانیه فاصله‌سی میانندهکی فرق :

$$\frac{٩}{٨} \div \frac{٢٥٦}{٢٤٣} \times \frac{٩}{٨} = \frac{٢٤٣}{٢٥٦} = \frac{٢١٨٧}{٢٠٤٨}$$

دن عبارتدرکه‌بوکابالخاصه « آپوتوم»[Apotome] و $\frac{٢٥٦}{٢٤٣}$ فاصله‌سنه‌ده« لیما »[Limma] نامی ویرلمشدر . بر « آپوتوم » ایله بر « لیما » بیننده‌کی فرقه کلنجه اوده :

$$\frac{٢١٨٧}{٢٠٤٨} \div \frac{٢٥٦}{٢٤٣} = \frac{٥٣١٤٤١}{٥٢٤٢٨٨}$$

مقدارینه مساویدرکه بوکاده بر « فیثاغورقوماسی» [Comma de Pythagore] دنیلیر . ایشته بوغامده موجود اولان وایجابی حالنده ترك اولنه‌بیلن اك کوچوك فاصله بودر.

ثانیاً ، ثالثهٔ کبری مقامنده بولنان $\frac{٨١}{٦٤}$ فاصله‌سی آرمونی غامنك ثالثهٔ کبراسندن عادی برقوما قدر فضله وبالعکس ثالثهٔ صغری مقامنده اولان $\frac{٧٥}{٦٤}$ نسبتی‌دیکر غامك ثالثهٔ صغراسندن ینه بر قوما قدر نقصاندر .

ثالثاً ، رابعه فاصله‌سنك برقیمتی آرمونی غامنده‌کی رابعه فاصله‌سنك اصل‌قیمتنك عینی ایسه‌ده دیکری بوندن‌ده :

$$\frac{٧٥٩}{٥١٢} \div \frac{٤}{٣} = \frac{٢٢٨٧}{٢٠٤٨}$$

یعنی برآپوتوم قدر بویوکدرکه بوراسی حقیقة جالب نظردقتدر .

رابعاً ، خامسه فاصله‌سنك برقیمتی هرایکی غامده بر ایسه‌ده دیکر قیمتی بوندن برآپوتوم قدر نقصاندر .

خامساً ، سادسهٔ کبری مقامنده اولان $\frac{٢٧}{١٦}$ نسبتی آرمونی غامنك سادسهٔ کبراسندن عادی برقوما قدر فضله ایسه‌ده سادسهٔ صغری حکمنده بولنان $\frac{١٢٨}{٨١}$ نسبتی سادسهٔ صغرادن بر قوما قدر دوندر .

سادساً ، سابعهٔ کبری مقامنده بولنان $\frac{٢٤٣}{١٢٨}$ فاصله‌سی سابعهٔ کبرادن هم بویوك، هم قاریشقدر .

٧ دیه‌ز ، به‌مول .— هرغامده « سر پرده » اولان‌صوت‌اصلی براهمیت‌مخصوصه‌یی حائزدر. چونکه بر « مورسو» یی الده بولنان سازه ویا اوقویه‌جق‌اولان کیمسه‌نك سسنه موافق کلمه‌جك صورتده ایندیروب چیقاره‌بیلمك لازمدر . واقعا فاصلهٔ موسیقه‌لر ، اصواتك قیمت مطلقه‌لرینه تابع بولندیغی‌جهتله بر «مورسو» یی ایستیلن پرده‌دن‌اوقومق

ممکن ایسه‌ده آلات موسیقیه‌نك اکثریسنده بونقل پرده کیفیتی‌قولایلقله اجرا اولنه‌ماز. مثلا ثابت پرده‌لی برساز ایله صول پرده‌سندن آرمونی غامنی چیقارمق لازم‌کلسه ، درحال مشکلات باش‌کوسترر . فی‌الحقیقه آلتك طبیعی پرده‌لرینه کوره بوغامك :

صول | لا | سی | دو | ره | می | فا | صول
ط ط ط ط ط ط ط

ویا ایکی نوع طونی توحید ایله :

صول | لا | سی | دو | ره | می | فا | صول
ط ط ط ط ط ط ط

طرزنده اولماسی اقتضا ایدرکه بونده ایکنجی نصف طون ترتیب اصلیسندن بر مرتبه اول کلمش بولنور .

ایشته اصل غامده موجود اولان :

ط ط ط ط ط ط ط

ترتیبی‌محافظه‌ایچون « فا » نوطه‌سنی براز تیز قیلمق‌ایجاب ایدر . بوایسه « فا » نوطه‌سنی $\frac{٢٥}{٢٤}$ نسبتنده یوکسلتمك ایله ممکن اولورکه بوکاده « دیه‌زلمك » [Diéser] تعبیر اولنور . « دیه‌ز » لمش برنوطه‌نك یانینه d اشارتی قونلشدر . [١]

[١] فی‌الحقیقه :

صول | لا | سی | دو | ره | می | فا | صول
٣ | ٨/٣ | ٥٠/٨ | ٢ | ٩/٤ | ٥/٢ | ٨/٣ | ٣
ط ط ط ط ط ط ط

سلسله‌سنده‌کی « فا» نوطه‌سنك بروجه ایله یوکسلمه‌سی مطلوبدرکه «می» نوطه‌سنه نسبتی ط و «صول» نوطه‌سنه نسبتی‌ده $\frac{١}{٢}$ ط اولسون . ایشته بوحالده بالطبع :

$$\frac{٥٠}{٩} = \frac{س \times \frac{٨}{٣}}{\frac{٥}{٢}}$$

اولهجغندن :

$$س = \frac{٣ \times ١٠ \times ٥}{٨ \times ٩ \times ٢} = \frac{١٥٠}{١٤٤} = \frac{٢٥}{٢٤}$$

بولنور .

TURK TARIH KURUMU

بالعکس « فا » پرده‌سندن اعتباراً یینه آرمونی غامنی تشکیل ایتمك اقتضا ایلسه آلتده :

فا | صول | لا | سی | دو | ره | می | فا
ط ط ط ½ ط ط ط ½ ط

ترتیبی تصحیح ایچون «سی» پرده‌سنی براز پست قلمق وبونك ایچون‌ده پردهٔ مذکوره‌یی ۲۴/۲۵ نسبتنده ایندیرمك ایجاب ایدرکه بوکاده « بمولله‌مك » [Bémoler] دینلیر . «بمول» اولان نوطه‌نك b یانه b اشارتی وضع اولنمشدر . [۲]

برنوطه‌یی دیه‌زلمك و بمولله‌مك‌ایچون بیان‌اولنان‌شوقاعده‌یه « آریستوخسن‌قاعده‌سی» [Règle d'Aristoxène] دینلیرکه ، آلتمش، یتمش سنه‌دن بری‌عموماً قبول ایدلمشدر. معمافیه مشاهیر موسیقی‌شناساندن دلزن [Delezenne] ك تأسیس‌ایلدیکی برقاعده‌یه کوره برنوطه‌یی دیه‌زلمك ایچون بوندن صوکره کلن نوطه‌نك ۱۰/۱۱ مثلنی و بمولله‌مك ایچون‌ده بونوطه‌دن اول کلن نوطه‌نك ۱۱/۱۵ مثلنی آلمق کفایت ایدر .

هرهانکی‌قاعده ایله اولورسه‌اولسون آرمونی‌غامنده میانلری بررطون‌ایله تفریق‌قلنمش اولان تام پرده‌لر آراسنه بوصورتله ایکیشر پرده دهـا علاوه ایدیلیرکه بونك بری پست اولان پرده‌نك دیه‌زی ، دیکری تیز اولان پرده‌نك بمولی‌در . بناءً علیه برآرمونی غامی بروجه آتی یدی اساس پرده ایله اون دیه‌ز وبمولدن مرکب بولنور :

دو دو♯ ره ره♭ ره♯ می می♭ فا فا♯ صول صول♭
صول صول♯ لا لا♭ لا♯ سی سی♭ دو

[۲] کذلك

فا | صول | لا | سی | دو♯ | ره♯ | می♯ | فا♯
۲۴/۲۵ | ۱۴/۱۵ | ۸/۹ | ۳/۴ | ۲ | ۹/۴ | ۵/۲ | ۲۵/۱۲
(ط) (ط) (ط) (½ط) (ط) (ط) (ط) (½ط)

سلسله‌سنده‌کی « سی » پرده‌سنی بردرجه ایندیرملیدرکه « لا » پرده‌سنه نسبتی نصف طون و ۲۵/۲۴ پرده‌سنك‌ده بوکا نسبتی برطون اولسون . بوحالده

$$\frac{10}{9} = \frac{2}{س \times \frac{15}{8}}$$

اوله‌جنی جهتله :

$$س = \frac{8 \times 2 \times 9}{15 \times 10} = \frac{144}{150} = \frac{24}{25}$$

فیثاغور غامنی قبول و استعمال ایدنلرده [۱] برنوطه‌یی دیه‌زلمك وبمولله‌مك احتیاجندن وارسته دکللردر . آنحق فیثاغور غامنده برنوطه‌یی دیه‌زلمك ایچون موسیو شووه [Chevé] یه کوره ، بوندن صوکره کلن نوطه‌نك ۲۴۳/۲۵۶ مثلی؛ بمولله‌مك ایچون‌ده اول کلن نوطه‌نك ۲۵۶/۲۴۳ مثلی آلمق کفایت ایدر . بزه کوره فیثاغور غامنده برنوطه‌یی دیه‌زلمك ایچون او نوطه‌یی ۲۱۸۷/۲۰۴۸ نسبتنده تیزلشدیرمك وبالعکس بمولله‌مك ایچون‌ده ۲۰۴۸/۲۱۸۷ نسبتنده پستلشدیرمك ایجاب ایدر [۲] .

[۱] « غالن ـ پاری ـ شووه » مکتبی [Ecole Galin-Paris-Chevé]

[۲] فی‌الحقیقه فیثاغور غامنده فاصلهٔ متعاقبه‌لر :

دو | ره | می | فا | صول | لا | سی | دو
۱ | ۸/۹ | ۶۴/۸۱ | ۳/۴ | ۲/۳ | ۱۶/۲۴ | ۱۲۸/۲۴۳ | ۲
ط ط ½ط ط ط ط ½ط

اولدیغدن .مثلا سر پرده‌سی صول اولمق اوزره برغام تشکیل ایدیلدیکی اولسه نظم‌طبیعی ایله سازده

صول | لا | سی | دو♯ | ره♯ | می♯ | فا♯ | صول♯
۳/۲ | ۲۷/۱۶ | ۲۴۳/۱۲۸ | ۲ | ۹/۴ | ۸۱/۳۲ | ۸/۳ | ۳

سلسله‌سنه تصادف اولنور. ایشته بوسلسله‌ده ایکنجی نصف‌طون برحد اول‌کلش‌اولدیغندن ۸/۹ (فا ♯) نوطه‌سی برحد ایله بوکستلك ایجاب ایدرکه ماقبله نسبتی ۹/۸ (طون) ومابعدینه نسبتی ۲۴۳/۲۵۶ (نصف طونك عکسی) اولسون . بوحالده :

$$\frac{\frac{8}{9} \times س}{\frac{81}{32}} = \frac{9}{8} \quad \text{ویاخود} \quad \frac{\frac{8}{9} \times س}{3} = \frac{243}{256}$$

اوله‌جغندن بولنردن :

$$س = \frac{3 \times 9 \times 81}{8 \times 8 \times 32} = \frac{21870}{2048} \quad \text{ویاخود} \quad س = \frac{3 \times 3 \times 243}{8 \times 256} = \frac{21870}{2048}$$

بولنور. کذلك سر پرده « فا » اولمق اوزره تشکیل ایدیلن:

فا | صول | لا | سی | دو♯ | ره♯ | می♯ | فا♯
۸/۹ | ۳/۴ | ۲۷/۱۶ | ۲۴۳/۱۲۸ | ۲ | ۹/۴ | ۸۱/۳۲ | ۸/۳
ط ط ط ½ط ط ط ط

کی برغامده نصف طون بر حد صوکره کلمش بولنه‌جغندن سی نوطه‌سنی برآز ایندیرمك اقتضا ایدر . ایشته سی نوطه‌سی بروجه ایله تنقیص اولنلیدرکه ماقبلنه نسبتی ½ ط ومابعدینه نسبتی بر طونك عکسنه مساوی اولسون. بوحالده :

$$\frac{\frac{243}{128} \times س}{\frac{27}{16}} = \frac{256}{243} \quad \text{ویا} \quad \frac{\frac{243}{128} \times س}{2} = \frac{8}{9}$$

اوله‌جغندن بومعادله‌لردن :

$$س = \frac{128 \times 27 \times 256}{243 \times 16 \times 243} = \frac{2048}{2187} \quad ، \quad س = \frac{8}{9} \frac{128}{243} = \frac{2048}{2187}$$ بولنور.

TÜRK TARİH KURUMU

بو حالده بر پرده‌نك ديه‌زى اوست طرفنده‌كى پرده‌نك به‌مولندن دها تيز ديمك اولور . بناءً عليه برنيثاغور غامى ديه‌ز وبه‌مولرايله بروجه آتى ترکب ايدر [۱] :

دو ، ره b ، دو d ، ره ، مى b ، ره d ، مى ، فا ، صول b ،
فا d ، صول ، لا b ، صول d ، لا ، مى b ، لا d ، سى ، دو

ايشته بوديه‌زلر وبه‌مولر ياردىمىله‌درکه غرب موسقيسنده بر مورسوبى « ترانسپوزه » ايتمك تعبير آخرله يازلديغى پرده‌دن دها تيز ويادها پست پرده‌لردن چاله‌بيلمك ميسر اولمشدر .

۸ معتدل غام . — استعمال اولنان غام هانكيسى اولور ايسه ثابت پرده‌لى بر آلت موسيقى‌يه ومثلا پيانويه ديه‌ز وبه‌مولرك كافه‌سنى ادخال ايلمك ممكن اولمامش . فى الحقيقه برثامنه‌ده يدى اساس پرده‌وبش ديه‌زايله بش به‌مول بولنه‌جغى جهتله جمعاً هر برثامنه ايچون ۱۷ تل اولمق ايجاب ايدر . بناءً عليه يدى « اوقتاو » يعنى ثامنه‌يى حاوى اولان عادى بر پيانوده پرده‌لر عددى ۱۷×۷=۱۱۹ عددينه بالغ اولمق لازم كليركه بوكيفيت آلتك انشاسنى تصعيب ايتديكى كبى چالماسنى ده دوچار اشكال ايلر . بنابرين يكديكرينه پك قريب بولنان پرده‌لرى برلشديرمك وتقريبى فاصله‌لرايله اكتفا ايلمك مجبوريتى حاصل اولور .

[۱] آرمونى غامنده بر پرده‌نك ديه‌زى اوپرده‌يى متعاقب كلديكى به‌مولى ايسه كنديسندن اول بولنديغى تعبير آخرله مثلا دو ايله ره آره‌سنده‌كى « ديه‌ز » و « به‌مول » :

دو دو d ره b ره .

ترتيبى اوزره اولديغى حالده اوروپا خواننده‌كانى دو ديه‌ز پرده‌سنه « ره بمول » وبالعكس « ره‌بمول » پرده‌سنه « دو ديه‌ز » ديه كلمكده‌درلر . بوكيفيت فيثاغور غامندن قالمه‌برشى اولسه كركدر ، ياخود دو صوتندن طوغريدن طوغرىيه اصل دوديه‌ز پرده‌سنه چيقه‌مادقلرندن وفقط ره‌به‌مول پرده‌سنه قولايلقله چيقه‌بيلدكلرندن كنايه‌درکه بوده ره‌به‌مول پرده‌سنى دو پرده‌سنه دهازياده قرابتى وار بر پرده كبى تلقى ايده‌كلرينه سبب اولمشدر . [موسيقى مباحثه مشهوره‌سنده آكلاتمقه موفق اولامديغمز مسئله‌نك برى‌ده بوايدى .]

ايشته بوجموريت سوقيله‌درکه برثامنه‌يى تعبير ديكرله بر « دو » دن متعاقب « دو » يه‌قدر اولان فاصله‌يى برينه مساوى اون ايكى قسمه تقسيم ايتمشلردر . بوحالده مهرى س اولان بوفاصله‌لردن اون ايكى عددينك يكديكرينه تعاقبى :

$$\sqrt[12]{2} \quad \sqrt[12]{3} \quad \sqrt[12]{4} \quad \sqrt[12]{5} \quad \sqrt[12]{6} \quad \sqrt[12]{7} \quad \sqrt[12]{8} \quad \sqrt[12]{9} \quad \sqrt[12]{10} \quad \sqrt[12]{11} \quad \sqrt[12]{12}$$

معادله‌سنى حاصل ايده‌جكندن بالطبع

$$س = \sqrt[12]{2} = 1.059463$$

بولنور . بوفاصله نصف طون اعتبار ايديلەرك هربرطون بويله ايكى فاصله‌دن مركب ويا

$$\sqrt[6]{2} = \sqrt[12]{2} \times \sqrt[12]{2} = 1.122462$$

مقدارينه مساوى فرض ايدلمشدر .

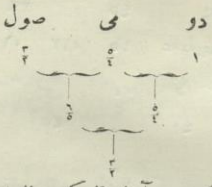
« معتدل غام » [Gamme tempérée] نامى تحتنده معروف بولنان بوغامده بر پرده‌نك ديه‌زى ايله بوندن صوكره كلن پرده‌نك به‌مولى يكديكريله برلشديرلمشدر . آتيده‌كى جدوله آرمونى غامى ايله معتدل غامده مختلف اصوله توفيقاً ديه‌ز وبه‌مولرك قيمت عددىه‌لرى كوسترلمشدر . بوجدولك مندرجاتندن آكلاشيله‌جغى اوزره معتدل غامده هيچ بر فاصله تماميله محافظه اولنه‌مامشدر . هله اك زياده دوچار تعديل اولان فاصله ثالثه فاصله‌سيدر : آرمونى غامنده‌كى ثالثه [مى] فاصله سنه نسبتله معتدل غامك ثالثه‌سى $\frac{1}{126}$ نسبتنده ترفع ايتمشدركه بوده هيچ بروجه ايله قابل‌ترك ويا تجويز بر مقدار دكلدر . مع مافيه پيانولرده ديه‌زلر ايله به‌مولرى برلشديرمك لزومى بو فرقده ارباب موسيقى‌يه قبول ايتديرمشدر .

TÜRK TARİH KURUMU

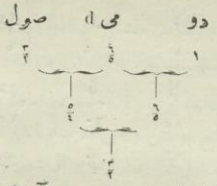
	بطلميوس غامی		معتدل غام	فیثاغور غامی
	آریستوخسن قاعده‌سنه کوره	دلزن قاعده‌سنه توفیقاً		موسیو (شووه) یه کوره
			٠ ١٢	
د	١ = ١,٠٠٠٠٠	١ = ١,٠٠٠٠٠	٢ = ١,٠٠٠٠٠	١ = ١,٠٠٠٠٠
دو d	٢٥/٢٤ = ١,٠٤١٦٧	١٣٥/١٢٨ = ١,٠٥٤٦٩	١ ١٢ / ٢ = ١,٠٥٩٤٦	٢٨٨٧/٢٧٠٨ = ١,٠٦٧٨٧
ره b	٢٧/٢٥ = ١,٠٨٠٠٠	١٦/١٥ = ١,٠٦٦٦٧		٢٥٦/٢٤٣ = ١,٠٥٣٥٠
			٢ ١٢	
ره	٩/٨ = ١,١٢٥٠٠	٩/٨ = ١,١٢٥٠٠	٢ = ١,١٢٣٤٦	٩/٨ = ١,١٢٥٠٠
ره d	١٥/١٤ = ١,١٧١٧٨	٤٥/٣٨ = ١,١٧١٨٧	٣ ١٢ / ٢ = ١,١٨٩٢١	١٠٢٤/٨٦٤ = ١,٢٠١٣٦
مى b	٦/٥ = ١,٢٠٠٠٠	٦/٥ = ١,٢٠٠٠٠		٣٢/٢٧ = ١,١٨٥١٩
			٤ ١٢	
مى	٥/٤ = ١,٢٥٠٠٠	٥/٤ = ١,٢٥٠٠٠	٢ = ١,٢٥٩٩٢	٨٠/٦٤ = ١,٢٥٠٦٣
			٥ ١٢	
فا	٤/٣ = ١,٣٣٣٣٣	٤/٣ = ١,٣٣٣٣٣	٢ = ١,٣٣٤٨٤	٤/٣ = ١,٣٣٣٣٣
فا d	٢٥/١٨ = ١,٣٨٨٨٩	٤٥/٣٢ = ١,٤٠٦٢٥	٦ ١٢ / ٢ = ١,٤١٤٢١	١٢٩/٥١٢ = ١,٤٢٣٨٣
صول b	٣٦/٢٥ = ١,٤٤٠٠٠	٦٤/٤٥ = ١,٤٢٢٢٢		١٠٢١/٧٢١ = ١,٤٠٤٦٧
			٧ ١٢	
صول	٣/٢ = ١,٥٠٠٠٠	٣/٢ = ١,٥٠٠٠٠	٢ = ١,٤٩٨٣١	٣/٢ = ١,٥٠٠٠٠
صول d	٢٥/١٦ = ١,٥٦٢٥٠	٢٥/١٦ = ١,٥٦٥٢٠	٨ ١٢ / ٢ = ١,٥٨٧٤٠	١٥٦١/١٠٢٤ = ١,٦٠١٨١
لا b	٨/٥ = ١,٦٠٠٠٠	٨/٥ = ١,٦٠٠٠٠		١٢٨/٨١ = ١,٥٨٠٢٤
			٩ ١٢	
لا	٥/٣ = ١,٦٦٦٦٧	٥/٣ = ١,٦٦٦٦٧	٢ = ١,٦٨١٧٩	٢٧/١٦ = ١,٦٨٧٥٠
لا d	١٢٥/٧٢ = ١,٧٣٦١١	٢٢٥/١٢٨ = ١,٧٥٧٨١	١٠ ١٢ / ٢ = ١,٧٨١٨٠	٥١٠٤٩/٢٨٦٨ = ١,٨٠٢٠٣
سى b	٩/٥ = ١,٨٠٠٠٠	١٦/٩ = ١,٧٧٧٧٨		١٦/٩ = ١,٧٧٧٧٨
			١١ ١٢	
سى	١٥/٨ = ١,٨٧٥٠٠	١٥/٨ = ١,٨٧٥٠٠	٢ = ١,٨٠٧٧٥	٢١٣/١٢٨ = ١,٨٩٨٤٤
دو ٢	٢ = ٢,٠٠٠٠٠	٢ = ٢,٠٠٠٠٠	٢ ١٢ = ٢,٠٠٠٠٠	٢ = ٢,٠٠٠٠٠

٩ آهنك — ایکی صوتك اتحادی حقنده اوجه بیان اولنان قاعده ایکیدن زیاده اصواتك ترکیبنده قابل تطبیقدر . علی العموم ایکی ودها زیاده صوتك اتحادندن حاصل اولان صوت مرکبه « آهنك » [accord] ویا دها طوغریسی « تألیف » تعبیر اولنور . اوچ صوتدن مرکب بر آهنكك قولاغه ملایم کلمه‌سی ایچون، هربرینك صوت اصلیه

یعنی سر پرده‌یه اولان نسبتك بسیط اولماسی کافی دکلدر ؛ بلکه بو صوتلرك یکدیکرینه نظراً فاصله‌لرینك‌ده بسیط اولمالری لازمدر . عکسی تقدیرده بونلرك ترکیب و اتحادندن حاصل اولان « آرمونی » قولاغه خوش کلمز . اوچ صوتدن مرکب آهنکلرك الث ملایمی :



نوطه‌لرندن تشکل ایدن آهنکدر . « آهنك تام کبیر » نامیله یاد اولنان بو آهنك بر ثالثهٔ کبری‌ایله برثالثهٔ صغرانك التحاقندن حاصل اولمش وهرایکیسی برخامسه‌یه منتهی بولنمشدر، دیکر بر آهنك‌ده :



نوطه‌لرندن ترکب ایدن « آهنك ثام صغیر » در . بو آهنکك دیکرندن فرقی آنجق ثالثهٔ کبری یرینه ثالثهٔ صغرانك قائم اولماسندن عبارتدر ،

بو ایکی آهنکدن برنجیسی عدد اهتزازلری :

٤ ٥ ٦

وایکنجیسی‌ده : ١٠ ١٢ ١٥

عددلریله متناسب اولان اصواتدن ترکب ایدر ، بر غامك متر پرده‌سنك عدد اهتزازی ٢٤ فرض اولنورسه دیکرلری متوالیاً :

دو ره می فا صول لا سی دو ره مى
٢٤ ٢٧ ٣٠ ٣٢ ٣٦ ٤٠ ٤٥ ٤٨ ٥٤ ٦٠

اولهجقدن بو سلسله‌یه کوره اولا ٤،٥،٦ عددلریله متناسب بولنان :

TÜRK TARİH KURUMU

دو	می	صول	،	فا	لا	دو
۲۴	۳۰	۳۶		۳۲	۴۰	۴۸

صول	سی	ره
۳۶	۴۵	۵۴

ترکیباتی بولنور ؛ ثانیاً ۱۰، ۱۲، ۱۵ عددلریله متناسب اولمق اوزره :

می	صول	سی	،	لا	دو	می
۳۰	۳۶	۴۵		۴۰	۴۸	۶۰

ترکیباتنه دسترس اولنور .

یونلردن باشقه برنامه‌داخلنده اوچ نوطه‌دن ترکیب‌ایدن ملایم آهنکلر بروجه آتیدر :

دو	فا	لا
۳	۴	۵

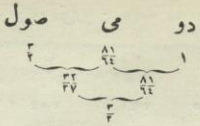
دو	می♭	لا♭
۵	۶	۸

دو	فا	لا♭
۱۵	۲۰	۲۴

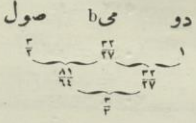
دو	می	لا
۱۲	۱۵	۲۰

بو ایضاحاتدن آکلاشیله جنی اوزره غرب موسیقیسنده مستعمل اولان غام « آهنك تام کبیر » ك تکاملدن عبارتدر ؛ تعبیر آخرله بطلمیوس غامی .. بالخاصه « آرمونی » صنعتی نقطهٔ نظرندن تأسیس ایدلمشدر . فی الحقیقه سر پرده‌سی « دو » اولان بر آهنك تام کبیر « می » ایله « صول » نوطه‌لرندن مرکب اولدیغی کبی « صول » دن باشلایان بر آهنك تام کبیر « سی » ، « ره » نوطه‌لرینی و « دو » ایله ختام بولان بر آهنك تام کبیرده « فا » و « لا » نوطه‌لرینی احتوا ایدر . ایشته بویله یکدیگریله اتحاد ایدرك عادتا منفرد برصوت حصوله کتیرن اصوات مرکبه سایه‌سنده درکه غرب موسیقیسی حائز اولدیغی عظمت ووسعتی کسب ایلمشدر . حال بوکه شرق موسیقیسنده هنوز بویله اوچ صوتدن مرکب برصوت واحدك به اولدیغی بیله بیلنه‌مه‌مکده‌در .

فیثاغور غامنه کلنجه آهنك تام کبیری تشکیل ایدن :



نوطه‌لری یوقاروده بیان اولنان شرائطی حائز اولمادقلرندن بو آهنك قولاغه اصلا ملایم کلمز . چونکه فیثاغور غامنده ثالثهٔ کبری برینه قائم اولان ۸۱/۶۴ فاصله‌سی بك مشوشدر. کذلك



آهنك تام‌صغیری‌ده ینه‌نسب بسیطه‌دن متشکل اولمادیغندن اصوات مرکبه‌سی بك متنافردرکه بوده ثالثهٔ صغری برینه ۳۲/۲۷ فاصله‌سنك قائم اولماسندن متولددر .

خلاصه فیثاغور غامنده ثالثهٔ کبری وثالثهٔ صغری نسبتلرینك بسیط اولماسی بو غامه آرمونی صنعتنك تطبیقنه مانع بولنمش وحتی قدیم یونانلیلرده آرمونی صنعتنك تأسس ایده‌مه‌مسنك باشلیجه سببی‌ده ـ احتمالله نظراً ـ بو اولمشدر [۱]

۱۰ طبیعی غام . ـــ برغامی تشکیل ایدن نوطه‌لرك قیمت‌نسبیه‌لری معلوم اولدیغی وغامدرده عدد اهتزازی یکدیگرینك ضعفی اولمق‌اوزره تشکیل اولندیغی‌جهتله بونوطه‌لرك قیمت حقیقیه‌لرینی تعیین ایچون برینك قیمت مطلقهٔ اهتزازیه‌سنی بیلمك کفایت ایدر . علی‌العاده اصوات موسیقیه‌نك عدد اهتزازاتی تعیین ایچون اساس اتخاذ اولنان صوت لا ایله کوستریلن نوطه‌در . اون یدنجی عصر میلادیده بو نوطه فرانسه‌ده ثانیه‌ده ۴۰۵ عدد اهتزاز تامدن مرکب اولمق اوزره تعین ایتمش ایدیسه‌ده یاواش یاواش ترفع ایده‌رك ۱۸۵۷ سنه‌سنده‌اوپرا تیاتروسنده عدداهتزازی ۴۴۸ عددینه‌قدرچیقمش‌ایدی. بونك‌اوزرینه فرانسه‌ده ۱۸۵۹ سنه‌سنده لا نوطه‌سنك ۴۳۵ اهتزاز تامدن مرکب اولمق اوزره بر قیمت ثابته‌یه اقتران حاصل ایتدیرلمه‌سی تحت قراره آلنمشدر .

[۱] بو بابده اصوات محصله بحثنده باشقه‌جه معلومات ویرلمشدر .

TÜRK TARİH KURUMU

ایشته بو حالده لا اورینه تنظیم اولنان غامه « طبیعی غام » [Gamme naturelle] دنیلیرکه قیمت اهتزازیه‌لری بر وجه آتی‌در :

دو	ره	می	فا	صول	لا	سی	دو
٢٦١	٢٩٣,٦٢٥	٣٢٩,٢٥	٣٤٨	٣٩١,٥	٤٣٥	٤٨٩,٣٧٥	٥٢٢

دیکر اوقتاو [ثامنه] لرك سر پرده‌لرینه کلنجه اولنلرده :

دو = ١٣٠,٥	دو = ٢٦١	دو = ٤١٧٦
٢	٣	٧
دو = ٦٥,٢٥	دو = ٥٢٢	دو = ٨٣٥٢
١	٤	٨
دو = ٣٢,٦٢٥	دو = ١٠٤٤	دو = ١٦٧٠٤
١٠	٥	٩
دو = ١٦,٣١٢٥	دو = ٢٠٨٨	دو = ٣٣٤٠٨
٢٠	٦	١٠

دن عبارتدر .

١١ اصوات مؤلفه . — عدد اهتزازلری برنجیسنه نسبةً ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، .... اعداد طبیعیه‌سی اوزره کیدن سلسلهٔ اصواته « اصوات مؤلفه » [Sons harmoniques] ویا عدد اهتزازی ١ اولان « صوت اصلی » [Son fondamental] ك « مؤلفه‌لری » [harmoniques] دنیلیر . ایشته غام مأزورده بوسلسله‌یی تعقیب ایدن اصوات صره‌سیله تحریر ایدیله‌جك اولور ایسه :

دو	دو	صول	دو	می	صول	!	دو
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨

بولنور . بو سلسله‌نك باش طرفلرنده بربرینی متعاقب آلنان ایکی حد ،الـمتوافق آهنکلری اعطا ایدر . مثلا برنجی ایله ایکنجی « ثامنه » یی ، ایکنجی ایله اوچنجی « خامسه » یی ، اوچنجی ایله دردنجی « رابعه » یی، دردنجی ایله بشنجی « ثالثه » یی حاصل ایلر .

١٢ شرق موسیقیسی. — صرف ملودی اوزرینه مؤسس بولنان بو موسیقیده مستعمل غامه « مسطر » وبربرینی متعاقب ایکی مسطر بیانی تفریق ایدن فاصلهٔ موسیقیه

ویا ثامنه « ذوالکل » دنیلیر . برمسطری تشکیل ایدن پرده‌لرك فاصلهٔ متعاقبه‌لرینه ایسه « ابعاد لحنیه » تعبیر اولنورکه ابعاد مذکورەنك اسامی وقیم نسبیه‌سی بر وجه آتیدر :

اسامی	قیمت نسبیه‌لری		اشارات مخصوصه
بعد طنینی	$\frac{٩}{٨}$	= ١,١٢٥٠٠	٢ ب ٦
بعد مجنب کبیر	$\frac{٢٥٥٣٦}{٥٩٠٤٩}$	= ١,٠١٠٩٨٥	٢ ب
بعد مجنب صغیر	$\frac{٢٠٨٧}{٢٠٤٨}$	= ١,٠٠٦٧٨٧	ب ٦
بعد بقیهٔ تام	$\frac{٢٥٦}{٢٤٣}$	= ١,٠٠٥٣٥٠	ب
بعد بقیهٔ ناقص	$\frac{٥٣١٤٤١}{٥٢٤٢٨٨}$	= ١,٠١٠٥٥٥	٦
بعد طویل	$\frac{١٦٧٧٧٢١٦}{١٤٣١٨٩٠٧}$	= ١,١٦٩٣٠	٣ ب
بعد اطول	$\frac{٣٢}{٢٧}$	= ١,١٨٥٨٨	٣ ب ٦

بو ابعـاد لحنیه عطف نظر دقت ایدیله‌جك اولور ایسـه کورولور که بعد طنینی ، فیثاغور غامنك طونندن، بعد مجنب صغیر ، آپوتومندن، بعد بقیهٔ تام لیما سندن والحاصل بعد بقیهٔ ناقص‌ده فیثاغور قوماسندن باشقه برشی دکلدر .

فقط شرق موسیقیسنده اساس اتخاذ اولنان بعد، بعد بقیه‌در . شویله‌که: بربعد طنینی ایکی بعد بقیهٔ تام ایله بربعدبقیهٔ ناقصدن، بربعد مجنب کبیر یالکز ایکیبعد بقیهٔ تامدن، بر بعد مجنب صغیر بر بقیهٔ تام ایله بربقیهٔ ناقصدن بر بعد طویل اوچ بقیهٔ تامدن والحاصل بر بعد اطول‌ده اوچ بقیهٔ تام ایله بر بقیهٔ ناقصدن مرکبدر . ایشته بر بعد بقیهٔ تام ب وبقیهٔ ناقص‌ده ٦ ایله ارائه اولنور ایسه ابعاد لحنیهٔ سائره یوقاروده‌کی جدولك اوچنجی ستونده محرر اشارات مخصوصه ایله کوستریله‌بیلیر .

شرق موسیقیسنده بر مسطرك بعدی اولان بر ذوالکل اون ایکی بعد بقیهٔ تام ایله یش بعد بقیهٔ ناقصدن تشکل ایدر . واقعا قدما بر ذوالکل ، [یعنی ثامنه] بر ذوالاربع [رابعه] ایله بر ذو الخمس [خامسه [دن ترکب ایدر دیمشلر ایسه‌ده بو قانون بالآخره محافظه اولنه‌مامشدر .

شرق موسیقیسنده مسطرلر، بوابعاد لحنیه ایله یکدیکرندن تفریق ایدلش یدی‌اساس پرده ایله بونلر آره‌سنده بولنان تالی پرده‌لردن ترکب ایدر . بر مسطری تشکیل ایدن

TÜRK TARİH KURUMU

پرده‌لردن هربری براسم مخصوص ایله یادایدیلیرایسه‌ده تالی پرده‌لرك اسملرنده موسیقیونجه بیله اختلاف واردر . واقعا شمدیلری عثمانلی موسیقی شناسانی پرده‌لری دو، ره . . . نامله‌ریله یاد ایده‌کلدکده ایسه‌لرده بو نوطه‌لرك شرق موسیقیسی پرده‌لرینه تمامی تمامنه توافق ایتمدیکنی کوسترمك پك قولایدر .

شرق موسیقیسی ایکی ویا ایکی بوچق ذوالکل داخلنده محصور اولدیغندن اصوات موسیقیه عددینی تزیید و بنابرین پرده‌لری‌ده تکثیر ایچون غاملری تنوع ایتدیرمکه مجبوریت حاصل اولمشدر . فی‌الحقیقه بو موسیقیده غرب موسیقیسنده اولدیغی کبی غاملرك عددی ایکیه منحصر دکلدر .

موسیقیٔ عثمانیده مستعمل اولان غاملردن برقاچنی مثال اولەرق بروجه آتی تحریر ایدەلم :

یکاه مسطری (١) — پرده‌لرك اسامیسی: یکاه عشیران عراق راست دوکاه سکاه چارکاه نوا
نسبت عددیه‌لری: ١ ٩/٨ ٨١٩٢/٦٥٦١ ٤/٣ ٣/٢ ١٦/٩ ٣٢٧٦٨/١٩٦٨٣ ٢
فاصلهٔ متعاقبه‌لری: ٩ ب ج ب ج ب ج ب ج

عجم عشیران مسطری (٢) — : عجم‌عشیران راست دوکاه‌کردی چارکاه نوا حسینی عجم
: ١ ٩/٨ ٨١/٦٤ ٤/٣ ٣/٢ ٢٧/١٦ ٢٤٣/١٢٨ ٢
: ب ج ب ج ب ج ب ج

حجاز مسطری (٣) — : دوکاه عزال حجاز نوا حسینی عجم کردانیه مخیر
: ١ ٢١٨٧/٢٠٤٨ ٨١٩٢/٦٥٦١ ٤/٣ ٣/٢ ١٢٨/٨١ ١٦/٩ ٢
: ج ب ج ب ج ب ج ب ج

عشاق مسطری (٤) — : دوکاه سکاه چارکاه نوا حسینی عجم کردانیه مخیر
: ١ ٦٥٥٣٦/٥٩٠٤٩ ٣٣/٢٧ ٤/٣ ٣/٢ ١٢٨/٨١ ١٦/٩ ٢
: ب ج ب ج ب ج ب ج

اصفهان مسطری (٥) — : دوکاه یوسه‌لك صبا نوا حسینی عجم کردانیه مخیر
: ١ ٩/٨ ٨١/٦٤ ٤/٣ ٣/٢ ١٢٨/٨١ ١٦/٩ ٢
: ج ب ج ب ج ب ج ب ج

صبا مسطری (٦) — : دوکاه سکاه چارکاه صبا حسینی عجم کردانیه مخیر
: ١ ٦٥٥٣٦/٥٩٠٤٩ ٣٢/٢٧ ٨١/٦٤ ٣/٢ ١٢٨/٨١ ١٦/٩ ٢
: ب ج ب ج ب ج ب ج

قارجغار مسطری (٧) — : دوکاه سکاه چارکاه نوا حصار اوج کردانیه مخیر
: ١ ٦٥٥٣٦/٥٩٠٤٩ ٣٢/٢٧ ٤/٣ ٧٢٩/٥١٢ ٣٢٧٦٨/١٩٦٨٣ ١٦/٩ ٢
: ب ج ب ج ب ج ب ج

سکاه مسطری (٨) — : سکاه چارکاه نوا حصار اوج کردانیه مخیر تیزسکاه
: ١ ٢١٨٧/٣٠٣٨ ١٩٦٨٣/١٦٣٦٤ ٤/٣ ٣/٢ ٦٥٦١/٤٠٩٦ ٥٩٠٤٩/٣٢٧٦٨ ٢
: ب ج ب ج ب ج ب ج

راست مسطری (٩) — : راست دوکاه سکاه چارکاه نوا حسینی اوج کردانیه
: ١ ٩/٨ ٨١٩٢/٦٥٦١ ٤/٣ ٣/٢ ٢٧/١٦ ١٠٩٦/٢١٨٧ ٢
: ج ب ج ب ج ب ج ب ج

نهاوند مسطری (١٠) — : راست دوکاه کردی چارکاه نوا بیاتی عجم کردانیه
: ١ ٩/٨ ٣٢/٢٧ ٤/٣ ٣/٢ ١٢٨/٨١ ١٦/٩ ٢
: ج ب ج ب ج ب ج ب ج [١]

١٣ مقامات .— برغامده بولنان پرده‌لردن ویابونلره معادل دیکر پرده‌لردن ترکب ایدن ملودیلر بر « مقام » دن اعتبارایدلمش وغاملرك صورت ترکیبی تنوع ایتدیرلدیکی جهتله مقامات تکثر ایلمشدر [٢] . حتی بونکله‌ده قناعت ایدلمیه‌رك عینی‌غامه تابع وفقط سیرجه

[١] اسملر اساتذهٔ موسیقی‌یه کوره تخلف ایتدیکندن نسبتلر اساس اتخاذ ایدلەلیدر.

[٢] بوجهت أیچه آکلاشلمالیدر : مثلا حجاز مقامندن بسته‌لنمش برشرقی دینجه یوشرقینك نغماتی حجازمسطرینی عیناً تعقیب ایتدیکنه ذاهب اولمالیدر. بویله اولەایدی ، هرمقامدن یالکز بربسته ، یاپر شرقی اولی لازم کلیرایدی؛ بالعکس، بوافاده‌دن حجازدن بسته‌لنمش برشرقی‌آلنسه و بوشرقی‌ی تشکیل ایدن پرده‌لر تبزلکاری صره‌سیله یازلسه ، بونلرك یەمەحل حجازمسطرینی تشکیل ایدن سلسلهٔ اصواتك حدلریله توافق ایده‌جکی آکلاشلمالیدر. قواعد مخصوصه‌سنه توفیقاً بسته‌لنمش برشرقیده ، عائد بونه‌دینی مقاملك ، مسطرنده مندرج پرده‌لردن ویابونلرك نظیرلرندن ماعداسنه تصادف ایدلمز. بونك ایچوندرکه شرق موسیقیسنك برمقامندن برجوق شرقی اوقوندینی حالده بوموسیقی‌یه یاباغجی اولان برکیمسه دائما عینی‌شی اوقونیور ظن ایدر. تقسیملرده ایسه برمسطردن دیکرمسطره نتقال ایدیلیرکه بونده‌ده سازنده ویاخوننده‌نك بتون مهارتی، بوانتقالك سهولت وملایم وخوش کلمه‌سنده اجرا ایدلەسنده‌در .

TÜRK TARİH KURUMU

یکدیکرندن متفاوت ترکیبات موسیقیده مختلف مقامدن عد ایدلمشدرکه عشاق ایله بیانی بوزمره‌یه داخل اولان مقاماتدندر . غاملراوقدر تنوع ایتدیرلمشدرکه بوکون برچوغنك اسمندن باشقه برشیئ قالمایان مقاماتك عددی یوزی متجاوزدر . آنجق بوغاملرك تنوعنده متقدمین دائما بر بعد ذوالکلك بر ذوالخمس ایله ذوالاربع‌دن مرکبا لماسنی قاعده اتخاذ ایلشلرایسه‌ده متأخرین بوقاعده‌یه‌ده رعایت ایلمه‌مشلردر. ایشته‌بوقاریده‌مثال اولهرقی ایراداولنان غاملردن آلتنجیسی ایله یدنجیسندن ماعداسنده‌دردنجی برده ،برنجی پرده‌دن $\frac{4}{3}$ قدروسکزنجی پرده‌ده بشنجی پرده‌دن $\frac{3}{2}$ قدر یوکسکدر ؛ وسنه بشنجی پرده برنجی پرده‌دن $\frac{3}{2}$ قدر وسکزنجی پرده‌ده بشنجی پرده‌دن $\frac{4}{3}$ قدر دهاتیزدر . بوحالده‌که دائما :

$$\frac{4}{3} \times \frac{3}{2} = \frac{4}{3} \times \frac{3}{2} = 2$$

اولمق اوزره بر ذوالکل تشکل ایدر . فقط آلتنجی ایله یدنجی مسطرده بو قانون قسماً جاری دکلدر .فی‌الحقیقه صبا مسطرنده‌دردنجی پرده‌برنجی‌پرده‌یه‌نسبة $\frac{81}{64}$ قدر وسکزنجی پرده‌ایسه بوکا نظراً $\frac{128}{81}$ قدر یوکسکدرکه بوعددلر $\frac{4}{3}$ ایله $\frac{3}{2}$ نسبتلرندن بك فرقلیدرلر . تعبیر آخرله بو ایکی مسطر ایچون :

$$\frac{243}{128} = \frac{3}{2} \times \frac{81}{64}$$

و

$$\frac{243}{128} = \frac{729}{512} \times \frac{4}{3}$$

فاصله‌لری بر ذوالکل‌دن بربعد بقیهٔ تام قدر نقصاندر [۱]

شرق موسیقیسنده مستعمل غاملرك، برقاچندن ماعداسی اوچ واوچدن زیاده فاصلهٔ موسیقیه‌یی حاوی اولدقلرندن بونلرك هربرینی صورت صحیحه‌ده دیه‌زلك وبمولله‌مك ایچون برقاعدهٔ بسیطه وضع ایتمك ممکن دکلدر. مکرکه $ب_2$ ایله افاده اولنان بعدطنینی، $ج_2$ ایله افاده اولنان‌بعد مجنب کبیره،و $ب_2$ ایله کوستریلن بعدمجنب‌صغیرده ب بعدبقیهٔ‌تامنه مساوی اعتبار اولونسون .

مثلا یالکز ایکی نوع بعد لحنیی حائز اولان غاملردن نهاوند مسطرینی نظر اعتباره آلهلم [۲] وپرده‌لری میانندهکی ابعادلحنیه‌یی یوقاروده‌کی اشارات مخصوصه ایله کوسترهلم :

[۱] انتظامی محافظه ایچون قارجغار مقامنده‌کی اوج پرده‌سنی عجمه‌تنزیل ایتمك ویاخود حصاری حسینی‌یه چیقارمق کفایت‌ایده‌جکی کبی صباماقامنده‌ده‌حسینی‌یی شوری‌یه قدر ایندیرمك ایجاب ایدر .

[۲] بوراده مثال اولهرق عجم‌عشیران غای آلتمالیدر. زیرا بوغام فیثاغورغامنك عینی اولدیغندن دیه‌ز وبه‌مول ایچون مونك تابع بولندیغی قانونه تابع اولمق لازم کلیر.

راست	دوکاه	کردی	چارکاه	نوا	بیاتی	عجم	کردانیه
$ج_2$	$ب$	$ج_2$	$ج_2$	$ب$	$ج_2$	$ج_2$	$ج_2$

بالفرض نوا پرده‌سندن اعتباراً بومسطر یوریدوله‌جك اولسه :

نوا	بیاتی	عجم	کردانیه	مخیر	سنبله	تیزچارکاه	تیز نوا
$ب$	$ج_2$	$ج_2$	$ج_2$	$ب$	$ج_2$	$ج_2$	$ج_2$

حاصل اولهجغندن برنجی بعد لحنی اولان $ج_2$ ایله ایکنجی بعدلحنی اولان ب نك تبدیل موضع ایتدکلری کورولور. محافظهٔ انتظام ایچون، بالضروره بیاتی پرده‌سنی دیه‌زلمك ایجاب ایدرکه نوا ایله آره‌سنده‌کی بعد $ج_2$ وعجم ایله میانده‌کی‌بعدده ب اولسون؛ بونك ایچوزده بیاتی پرده‌سنی‌ده $= \frac{2187}{2048}$ نسبتنده یوکسلتمك کفایت ایدر. ایشه‌بوصورتله :

نوا	حسینی	عجم	کردانیه	مخیر	سنبله	تیزچارکاه	تیزنوا
$ج_2$	$ب$	$ج_2$	$ج_2$	$ب$	$ج_2$	$ج_2$	$ج_2$

بولنورکه بوده مطلوب اولان سلسله‌دن عبارتدر. فی‌الحقیقه نهاوند غامنك برنجی پرده‌سنه نظراً عدد اهتزازاتی کوسترن سلسلهٔ ارقام :

راست	دوکاه	نهاوند	چارکاه	نوا	بیاتی	عجم	کردانیه
۱	$\frac{2}{1}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{32}{27}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{128}{81}$	$\frac{16}{9}$	۲
	$ج_2$	$ب$	$ج_2$	$ج_2$	$ب$	$ج_2$	$ج_2$	

اولمقله بیاتی پرده‌سی $\frac{2187}{2048}$ ایله ضرب اولنور ایسه حاصل اولان:

$$\frac{12}{8} \times \frac{2187}{2048} = \frac{27}{16}$$

حسینی پرده‌سنك نوا پرده‌سنه نسبتی :

$$\frac{27}{16} \div \frac{9}{8} = \frac{3}{2} \quad [\text{ بعد طنینی }]$$

وعجم پرده‌سنك بوکا نسبتی ایسه :

$$\frac{11}{9} \div \frac{22}{16} = \frac{256}{243} \quad [\text{ بعد بقیهٔ تام }]$$

دن عبارت بولنور .

TÜRK TARİH KURUMU

کذلك نهاوند مسطری چارکاه پرده‌سندن اعتباراً یورودوله‌جك اوله جدوله بالمراجعه

چارکاه	نوا	بیاتی	عجم	کردانیه	مخیر	سنبله	تیزچارکاه
۱	۹/۸	۶/۵	۵/۴	۴/۳	۳/۲	۱۶/۹	۲

یازمامق وبالعکس مخیر پرده‌سنی به‌مولله‌مك [۲۰۱۸/۲۱۸۷ نسبتنده ایندیرمك] ، تعبیر آخرله مخیری شهنازه قدر تنزیل ایتمك ایجاب ایدر . بوحاله

چارکاه	نوا	بیاتی	عجم	کردانیه	شهناز	سنبله	تیزچارکاه
۱	۹/۸	۶/۵	۵/۴	۴/۳	۳/۲	۱۶/۹	۲

بولنورکه بوده مطلوب اولان سلسله‌دن عبارتدر .

شمدی پرده مثال‌اوله‌رق ایکیدن زیاده ابعاد لحنیه‌یی حائزاولان مقاماتك مسطرلرینی ومثلا حجاز مسطرینی نظر اعتباره آلهلم :

دوکاه	عزال	حجاز	نوا	حسینی	عجم	کردانیه	مخیر
۱	۲۰۸۷/۲۰۴۸	۸۲۵۲/۶۵۶۱	۴/۳	۳/۲	۱۲۸/۸۱	۱۶/۹	۲

وحسینی پرده‌سندن اعتباراً بومسطری یورودەلم . بوحاله :

حسینی	عجم	کردانیه	مخیر	تیزعزال	تیزحجاز	تیزنوا	تیزحسینی

بولنورکه بو سلسله‌نك الحانی ایله حجاز مسطرینك الحانی بینده فرق عظیم واردر . چونکه صوکنجی بعدلحنیدن ماعداسنك موقعلری تبدل ایتمشدر. فی‌الحقیقه اولا ایکنجی عجم پردسنی ، [بعدبقیهٔ ناقص] قدربوکسلتمك ، ثانیاً اوچنجی کردانیه پرده‌سنی [بعد بقیهٔ تام] نسبتنده تیزلشدیرمك ، ثالثاً بوصورتله دردنجی مخیر پرده‌سی برینه کلمش اوله‌جقدن‌طولایی بشنجی تیزعزال [۱] پرده‌سنی قدربوکسلتمك رابعاً آلتنجی تیزحجاز

[۱] بو پرده‌نك اسمی اولادینی و یاخود موسیقی شناسانجه مختلف فیه بولندینی ایچون بوراده بوصورتله یاد ایدلمشدر .

پرده‌سنی‌ده قدر ایندیرمك اقتضا ایدر . بویله غایت قاریشیق عملیات ایسه مخصوص برجدوله بالمراجعه ممکن اولورکه اونك‌ده نتیجه‌سی شوندن عبارتدر :

حسینی	[؟]	شهناز	مخیر	تیزسکاه	تیزچارکاه	تیزنوا	تیزحسینی

بوتفصیلاتدن آکلاشیله‌جغی اوزره برنام‌نه‌قدر آزبعدلحنیی حاوی اولور ایسه دیه‌تز وبه‌مول قاعده‌سی‌ده اوقدر بسیط اولور . اوروپالیلر آرمونی غامنی قولایجه دیه‌زلمك وبه‌موله ایتمك ایچون درکه‌طون‌مازورایله طون‌مینودی بربرینه‌مساوی‌عدایده‌رك بوغامده‌کی ابعاد لحنیه‌یی ایکی‌یه تنزیل ایلمشلردر . چونکه دیه‌زلمك‌وبموله ایتمك‌ایچون الزیاده‌انضباطه تابع اولان غامتر « ایکی‌لحنلی » [Diatonique] غاملردرکه فیثاغور غامی‌ویا بزده‌کی عجم عشیران مسطری ایله اصفهان ، نهاوند ، ماهور مسطری بو جمله‌دندر . دیکر ایکیدن زیاده بعدلحنیی حاوی اولانلری ایچون هرپرده‌نك قاچ‌بعدبقیهٔ تام وبعد بقیهٔ ناقصی تزبید ویا تنقیصی لازم کله‌جکنی استقرا طریقیله تعیین ایلمك ایجاب ایدر . ایشته بودقیقه‌یه مبنی ایدی‌که بو بحثك ابتداسنده شرق موسیقیسنده اساس اولان بعد ، بعد بقیه‌در دینلمش ایدی .

مع‌مافیه بواصول عملیه‌ایله دخی برشرقی‌یی هرایستیلن پرده‌دن باشلایه‌رق چالمق‌ممکن دکلدر . مثلا یوقاروده‌کی حجاز مقامنك‌مسطرینی حسینی‌دن‌باشلامق لازم کلسه‌تعبیر آخرله دوکاه پرده‌سی حسینی اعتبار ایدلسه ، عزال پرده‌سنك مقابلی بولنه‌مازدی . ینه‌هرمقام‌ایچون آیری بر غام اولماسندن طولایی‌درکه مثلا منداسز بر قانونك تللری عشاق مقامنه کوره آقورده ایدلدیکی حالده بونکله دیکر بر مقامدن وبالفرض عجم عشیراندن‌برشی چالنه‌مازدی. خلاصه غاملرك تعدد وتنوعی شرق موسیقیسی ایچون‌بویوك برمحذوردر . بونك اصلاحی ایسه موسیقی‌شناسانه عائد بروظیفه‌در .

[؟] بوپرده عجم‌ایله اوج آره‌سنده واوجدن بربقیهٔ ناقص قدردون برموقعه‌تصادف ایدرایسه‌ده اوراده بویله بربرده معلوم دکلدر .

TÜRK TARİH KURUMU

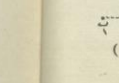
باب اول

حرکت اهتزازیه‌نك انتشار وانعکاسی

حرکت اهتزازیه‌نك معادلهٔ تفاضلیه‌سی — معادلهٔ تفاضلیه‌نك اتمامی — حرکت اهتزازیه‌نك دوری ، صفحه‌سی ، — تنبیه — حرکت اهتزازیه‌نك شدتی ، اهتزازات طولانیه و عرضانیه ، اهتزازات طولانیه‌نك اسطوانی بروا‌سطهٔ الاستیقیه درونده انتشاری : حادثهٔ امتشارك معادلهٔ تفاضلیه‌سی — معادلهٔ تفاضلیه‌نك اتمامی — حرکت تموجیه — موج منبسط ، موج منقبض ، موج منبسط طولی موج ، طول موج ایله دور اهتزاز بینلرنده‌کی مناسبت — اهتزازات طولانیه‌نك بروا‌سطهٔ غیر محدوده داخلنده انتشاری — اهتزازات عرضانیه — صوتك سرعت انتشاری — غازلرده سرعت انتشار — نیوتون دستوری — لاپلاس فرضیه‌سی ودستوری — لاپلاسك دستوردیکری ؛ تجاوب اخیره — تحقیقات نظریه — مایعاتده سرعت صوت — صلبلرده سرعت صوت — تنبیه .

١٤ حرکت اهتزازیه‌نك معادلهٔ عمومیه‌سی. — صوت دینلن حادثه ، بر جسمك اجزای فردیه‌سنك اهتزازندن ، تعبیر آخرله موازنت وضعیتلری اطرافنده اجرای رقص ایلمه‌سندن ایاری کلدیکی اولجه سویلنمش ایدی . آنجق حادثات صوتیه‌یی حصوله کتیرن بو حرکات جزء فردیه ، لاعلی التعیین بر حرکت اهتزازیه دکلدر . فی‌الحقیقه اهتزازات صوتیه ضرب ، تضییق ، دلك کبی برتأثیر خارجی ایله جسمده وقوعه کتیریلن بر « تبدل شکل » دن منبعث قوای الاستیقیه‌نك نتیجه‌سیدر . حال بوکه « مبحث الاستیقیت » ده کورلدیکی اوزره برجسمده وقوعه کتیریلن تبدل شکل جزئ اولدیغی تقدیرده اجزای فردیه‌یی موازنت وضعیتلرینه ارجاعه سعی ایدن قوای الاستیقیه‌نك محصله‌سی اجزای مذکوره‌نك موازنت وضعیتلرندن اولان مقدار تباعدلریله متناسبدر .

شویله‌که : کتله‌سی ك اولان برجزء فرد ویا برنقطهٔ مادیه (شکل ١) ب موازنت وضعیتندن برتأثیر خارجی ایله غایت قریب ر ب موضعنه قدر تباعد ایتدیرلمش اولسه بو وضعیتدن ، ب ب بعدیله متناسب برقوهٔ الاستیقه ، جزء مذکوری تکرار ب وضعیتنه ارجاعه سعی ایدر. ایشته جزء فردك ب موازنت وضعیتی کسب ایچون اجرا ایده‌جکی حرکت اثنا سنده بولندیغی ر وضعیت متوسطه‌سنی نظر اعتباره آلهم ومسئله‌یی ساده‌لشدیرمك ایچون جزء فردك خط مستقیم اوزره



(شکل ١)

حرکت ایلدیکنی قبول ایلیه‌لم. بو ، نقطه‌سنك ب وضعیتنه اولان بعدی س، ب ب مقدار تباعدی م ، و ب نقطه‌سندن اعتباراً جزء فردك ، موضعنه وصول ایچون صرف ایتدیکی زمانده ⊙ اولسون. اولا بو وضعیتده بولنان جزء فرد اوزرینه تأثیر ایدن ف قوهٔ الاستیقیه‌سی س بعدیله وجزء فردك ك کتله‌سیله متناسب اوله‌جغندن ، ط برامثال تناسب اولمق اوزره :

$$ف = - ط ك س \qquad (١)$$

اولور . ثانیاً جزء فردك ، نقطه‌سنه وصولنده مبدأ زماندن اعتباراً قطع ایلدیکی مسافه ب ، = م ـ س اوله‌جغندن نقطهٔ مذکوره‌ده‌کی سرعتی :

$$ب_{١} = \frac{\text{لها}\,(م - س)}{\text{لها}\,⊙} = - \frac{\text{لها}\,س}{\text{لها}\,⊙}$$

ومقدار تعجیلی ده :

$$\frac{\text{لها}\,ب_{١}}{\text{لها}\,⊙} = - \frac{\text{لها}^{٢}\,س}{\text{لها}\,⊙^{٢}}$$

اولمقله

$$ف = - ك \frac{\text{لها}^{٢}\,س}{\text{لها}\,⊙^{٢}} \qquad (٢)$$

بولور. ایشته (١) ، (٢) افاده‌لرندن :

$$ط ك س = - ك \frac{\text{لها}^{٢}\,س}{\text{لها}\,⊙^{٢}}$$

ویا

$$\frac{\text{لها}^{٢}\,س}{\text{لها}\,⊙^{٢}} = - ط س \qquad (٣)$$

معادلهٔ تفاضلیه‌سی استحصال ایدیلیرکه بو معادله غایت کوچوك رقصلر اجرا ایدن بر رقاص بسیطك

$$\frac{\text{لها}^{٢}\,به}{\text{لها}\,⊙^{٢}} = - \frac{ج}{ل} به$$

دستورینك عینیدر ؛ یالکز بودستورده $\frac{ج}{ل}$ مقدار ثابتی یرینه ط امثالی قائم اولمشدر .

١٥ معادلهٔ تفاضلیه‌نك اتمامی . — یوقاریکی معادلهٔ تفاضلیه‌نك تمامیٔ غیر محدودی[١]:

[١] فی‌الحقیقه س مقداری ⊙ متحول مستقلنك برتابعی اولمق اوزره

$$\frac{\text{لها}^{٢}\,س}{\text{لها}\,⊙^{٢}} = - ط س$$

TÜBİTAK TURMU

$$س = ب \text{ تحت } \odot \sqrt{ط} + ز \text{ حت } \odot \sqrt{ط} \qquad (٤)$$

درکه ب ، ز مقدارلری شرائط ابتدائیه یه کوره تعین ایدیله جك ایکی مقدار ثابتدن عبارتدر . شمدی بو مقدار ثابتلرك تعین قیمتلری ایچون جزء فردك ء نقطه سنده کی

$$ب = -\frac{\text{تا س}}{\text{تا } \odot} = ب \sqrt{ط} \text{ حت } \odot \sqrt{ط} - ز \sqrt{ط} \text{ تحت } \odot \sqrt{ط} \qquad (٥)$$

سرعتی نظراعتباره آلهلم :

مبدأ زمانده جزء فرد ب وضعیتنده بولندیغی و ب سرعتی صفره مساوی اولدیغی کبی س مقدار تباعدیده م مقدار تباعدینه مساوی بولنور. تعیر آخرله :

معادلهٔ تفاضلیه‌نی اتمام ایچون طرفینی ٢ تا س ایله ضرب ایدهلم . بوحالده :

$$٢ \frac{\text{تا}^{٢} س}{\text{تا } \odot^{٢}} \text{ تاس} = - ٢ ط \text{ س تا س}$$

اوله جغندن طرفینك تمامیسی آلنه جق اولور ایسه :

$$\left(\frac{\text{تا س}}{\text{تا } \odot}\right)^{٢} = - ط س^{٢} + \text{ثابت}$$

بولنور . شمدی ط = ل٢ و مقدار ثابت یرینه ده ل٢ ق٢ وضع ایدیله جك اولور ایسه :

$$\left(\frac{\text{تا س}}{\text{تا } \odot}\right)^{٢} = ل^{٢} \left(ق^{٢} - س^{٢}\right)$$

وبنابرین $\frac{\text{تا س}}{\text{تا } \odot} = \pm ل \sqrt{ق^{٢} - س^{٢}}$

وياخود $ل \text{ تا } \odot = \frac{\text{تا س}}{\pm \sqrt{ق^{٢} - س^{٢}}}$

استحصال اولنور . ایشته بونك طرفینی ده اتمام ایدیله جك اولور ایسه ، س بر ایکنجی مقدار ثابت اولق اوزره :

$$ل \odot \pm ر = \text{قوس حت } \frac{س}{ق}$$

وبناءً علیه $\text{حت } (ل \odot + ر) = \frac{س}{ق}$

ویا $س = ق \text{ حت } (ل \odot + ر)$

ویا نهایت $س = ق \text{ حت } ر + ق \text{ تحت } ل \odot \text{ حت } ر$

بولنورکه بوده

ق تحت ر ، ق حت ر ، ل

مقدار ثابتلری یرینه نظیر نظیره ب ، ز و $\sqrt{ط}$ قوندیغی حالده :

$س = ب \text{ حت } \odot \sqrt{ط} + ز \text{ تحت } \odot \sqrt{ط}$

شکله منقلب اولور .

$\odot = ٠$. قیمتی ایچون $س = م$ ، $\frac{\text{تا س}}{\text{تا } \odot} = ٠$.

بولنه جغندن اولا (٤) معادله سندن :

$م = ب \text{ تحت } (٠) + ز \text{ حت } (٠)$

ویا $م = ب$

وثانیاً (٥) معادله سندن:

$٠ = ب \sqrt{ط} \text{ حت } (٠) - ز \sqrt{ط} \text{ تحت } (٠)$

وبنابرین $ز = ٠$.

شرطلری استحصال ایدیلیر .

ایشته ب، ز مقدار ثابتلرینك بو قیمتلری محلارینه وضع اولنور ایسه :

$$س = م \text{ تحت } \odot \sqrt{ط} \qquad (٦)$$

و $$ب = - \frac{\text{تا س}}{\text{تا } \odot} = + م \sqrt{ط} \text{ حت } \odot \sqrt{ط} \qquad (٧)$$

معادلهلرینه دسترس اولنور .

ایمدی جزء فردك ب موازنت وضعیته وصولنده :

$س = ٠$.

اوله جغندن (٦) معادله سنه توفیقاً

$٠ = م \text{ تحت } \odot \sqrt{ط}$

ویا $\text{تحت } \odot \sqrt{ط} = ٠$.

وبنابرین $\odot \sqrt{ط} = \frac{\pi}{٢}$

و $\odot = \frac{\pi}{٢} \frac{١}{\sqrt{ط}}$

بولنورکه بوده جزء فردك ب وضعیت انحرافندن ب وضعیت موازنته عودتی ایچون صرف ایتدیکی زماندن عبارتدر . واقعا جزء فرد

$$\odot = \frac{\pi}{٢} \frac{١}{\sqrt{ط}}$$

زمانی ظرفنده ب وضعیتندن ب وضعیته عودت ایدر ایسه ده بو میانده سرعتی قیمت مطلقه جه صورت متادیه ده تزاید ایتدیکندن ب وضعیتنده سکونته داخل اوله ماز .

فی الحقیقه (٧) دستورینه توفیقاً

$$\odot = \frac{\pi}{٢} \frac{١}{\sqrt{ط}}$$

TÜRK TARİH KURUMU

زمانده یعنی جزء فردك ب وضعیت موازنه وصولنده سرعتك قیمتی تحری ایدیلهجك اولور ایسه :

$$ب = -\frac{\text{بعا س}}{\text{بعا ح}} = م\sqrt{ط} \text{ حب } (\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{ط}{ط}})$$

ویا $$ب = م\sqrt{ط} \text{ حب } \frac{\pi}{2}$$

بولنور ؛ بنابرین بو سرعت مکتسبه ایله ب وضعیتنده قالامیه‌رق ، سرعت مذکوره صفره منجر اولنجه‌یه قدر ب جهتنه طوغری حرکته دوام ایدر . حال بوکه سرعتك صفر اولماسی ، تعبیر آخرله :

$$-\frac{\text{بعا س}}{\text{بعا ح}} = م\sqrt{ط} \text{ حب } ح = ٠ \quad \sqrt{ط} = \pi$$

بولنماسی یجون

ویا $$ح = \frac{1}{\sqrt{ط}}\pi$$

اولماسی اقتضا ایده‌جکندن جزء فرده

$$ح = \frac{1}{\sqrt{ط}}\pi$$

زمانی نهایتهقدر ب جهتنده حرکته دوام و (٦) معادله‌سنه توفیقاً ب نقطه‌سندن اعتباراً

$$س = م \text{ نحب } \frac{\pi}{\sqrt{ط}} \times \sqrt{ط} = -م$$

مسافه‌سی قطع ایایه‌رك ب نقطه‌سنك متناظری بولنان ب نقطه‌سنده آرام ایدر .

ایشته بوصورتله ب موازنت وضعیتندن ب نقطه‌سنه قدر تباعد ایتدیرلمش اولان جزء فرد برحرکت متزایده ایله ب وضعیتنه تقرب ایدر ایسه‌ده اوراده توقف ایده‌میه‌رك برحرکت متناقصه ایله ب نقطه‌سنك متناظری بولنان ب نقطه‌سنه قدر تکرار تباعده سعی ایلر . کذلك بو ب نقطه‌سنده‌ده سرعتی صفره منتهی اولورایسه‌ده ب موازنت وضعیتندن م = ب ب قدر تباعد ایتمش بولنه‌جغی جهتله قوة الاستیقیه تحت تأثیرنده برحرکت متزایده ایله ب وضعیتنه تقرب ایدر؛ وینه بووضعیتنده توقف ایده‌میه‌رك برحرکت متناقصه ایله تکرار ب نقطه‌سنه قدر تباعد ایلر . خلاصه بومنوال اوزره جزء فرد ب ، ب وضعیات متناظره‌سی میانسده نظری اولهرق الی غیرالنهایه اجرای رقص ایدرکه وسعتی غایتله اصغر اولان بوحرکت رقصیه‌یه « حرکت اهتزازیه » نامی ویریلیر .

حرکت رقصیه‌ده اولدیغی کبی حرکت اهتزازیه‌ده جزء فردك ب ، ب وضعیت انتهائیه‌لرینك برندن حرکت ، دیکرینه مواصلت و بعده تکرار اولکی وضعیت انتهائیه‌یه

عودت ایتمه‌سی‌ایچون اجرا ایلدیکی‌حرکت « براهتزاز تام » ویالکز بروضعیت انتهائیه ایله مقابل‌وضعیت انتهائیه آره‌سنده اجرا ایتدیکی نصف اهتزازتامه‌ده «اهتزاز بسیطه» دینیلیر.

١٦ حرکت اهتزازیه‌نك دوری . — رقاصده اولدیغی‌کبی بورادەده اهتزازنامك وسعتی‌لاینقطع تناقص ایدر ایسه‌ده مدتی ثابت قالیرکه بومدته بالخاصه حرکت اهتزازیه‌نك « دوری » تعبیر اولنور .

یوقاریده ویریلن ایضاحاتدن آکلاشیلاجغی اوزره جزء فردك هرایکی وضعیت انتهائیه‌یه وصولنده ب سرعتی صفر اولدیغندن بو وضعیتلرده بولنسه‌دیغی زمانلر (٧) دستورینه توفیقاً صره‌سیله :

$$ح = ٠ \quad ح = \frac{1}{\sqrt{ط}}\pi = ح \quad ح = \frac{1}{\sqrt{ط}}\pi\,٢ = ح \quad ح = \frac{1}{\sqrt{ط}}\pi\,٣ = ح \ldots$$

قیمتلرینه توافق ایدر .

بالعکس ب موازنت وضعیتندن هردفعه مرورنده سرعتی اعظمی ویا اصغری و س مسافه‌سی ایسه صفر اولهجغندن (٦) دستورینه توفیقاً جزء فردك بو وضعیتدن مروری آنلری‌ده ینه صره‌سیله :

$$ح = \frac{\pi}{\sqrt{ط}\,٢} \quad ح = \frac{\pi\,٣}{\sqrt{ط}\,٢} \quad ح = \frac{\pi\,٥}{\sqrt{ط}\,٢} \quad ح = \frac{\pi\,٧}{\sqrt{ط}\,٢} \ldots$$

زمانلرینه تصادف ایدر . بنابرین بر اهتزاز بسیط مدتی :

$$ح = \frac{\pi}{\sqrt{ط}}$$

اولدیغی کبی بر اهتزاز تام مدتی‌ده :

$$ح = \frac{\pi\,٢}{\sqrt{ط}}$$

اولمق لازم کلیر . ایشته حرکت اهتزازیه‌نك « دوری » ب ایله کوستریلیر ایسه :

$$ب = \frac{\pi\,٢}{\sqrt{ط}} \qquad (٨)$$

دستورینه دسترس اولنور .

شمدی $\sqrt{ط}$ امثالنك بودستوردن استحصال اولنان

$$\sqrt{ط} = \frac{\pi\,٢}{ب}$$

قیمتی (٦) ، (٧) دستورلرنده محللرینه قونیلور ایسه :

$$س = م \text{ نحب } ٢\,\pi\,\frac{ح}{ب} \qquad (٩)$$

$$ب = \frac{م\,\pi\,٢}{س} \text{ حب } \pi\,٢\,\frac{ح}{ب} \qquad (١٠)$$

معادله‌لری حاصل اولور .

TÜRK TARİH KURUMU

بو معادله‌لردن ظاهر اولهجقی اوزره حرکت اهتزازیه $\odot$ زمانك برتابع دوریسندن عبارتدر . شویله که : بر اهتزاز تام مدتی ν اولدیغنه کوره

$$\odot + \nu \quad \odot + ٢\nu \quad \odot + ٣\nu \quad \dots\dots\dots$$

زمانلرنده سرعت یکدیکرینه مساوی واشارتجه مطابق قیمتلر کسب ایدر .

بالعکس :

$$\odot + \frac{\nu}{٢} \quad \odot + \frac{٣\nu}{٢} \quad \odot + \frac{٥\nu}{٢} \quad \dots\dots$$

زمانلرنده ایسه سرعت مساوی واشارتجه مخالف قیمتلر اخذ ایدر .

بناءً علیه س محوری زمانه و ع محوری‌ده سرعته تخصیص ایدیلهجك اولور ایسه حرکت اهتزازیه بر منحنیٔ جیبی ایله ارائه ایدیلهبیلیر .

١٧ حرکت اهتزازیه‌نك صفحه‌سی . — مبدأ زمان جزءفردك $ب$ وصعیتندن حرکتی آنینه توافق ایتمدیکی وبالعکس بو آن مبدأ زمانه نظراً $\odot$ زمانینه تصادف ایلدیکی صورتده یوقاریکی دستورلر :

$$س = م\,\text{جا}\,٢\pi\frac{\odot - \odot_{\nu}}{\nu} = م\,\text{جا}\,٢\pi\left(\frac{\odot}{\nu} - \frac{\odot_{\nu}}{\nu}\right)$$

$$ب = \frac{٢\pi}{\nu}\,\text{جت}\,٢\pi\left(\frac{\odot - \odot_{\nu}}{\nu}\right) = \frac{٢\pi}{\nu}\,\text{جت}\,٢\pi\left(\frac{\odot}{\nu} - \frac{\odot_{\nu}}{\nu}\right)$$

شکللرینی کسب ایدرلر .

علی‌العاده $\odot_{\nu}$ مقداری ع ایله و $+\frac{٢\pi}{\nu}$ امثالی‌ده ν ایله کوستریلهرك بودستورلرده

$$س = م\,\text{جا}\,٢\pi\left(\frac{\odot}{\nu} - ع\right) \qquad (١١)$$

$$ب = \nu\,\text{جت}\,٢\pi\left(\frac{\odot}{\nu} - ع\right) \qquad (١٢)$$

صورتنده ارائه ایدیلیر ، و بوحالده ν امثالنه « حرکت اهتزازیه‌نك وسعتی » و ع مقدارینه‌ده « حرکت اهتزازیه‌نك صفحه » سی دینلیر .

حرکت اهتزازیه‌نك صفحه‌سی ، مبدأ زمانایله جزء فرد ویا متحرکك $ب$ نقطه‌سندن حرکتی آرهسنده کچن اهتزاز تام مدتنك عددلرینی ارائه ایدر . معمافیه حسابائده بونك عددصحیح قسمندن صرف‌نظرله یالکز کسر قسمی داخل‌حساب ایدیلیر . زیرا دستورده‌کی تمام جیبك قیمتی یالکز کسر قسمنه تابعدر .

تنبیه . — مبدأ زمان ، $٢\pi\frac{\odot}{\nu}$ حاصل‌ضربنی $\frac{\pi}{٢}$ قدر تزیید ایده‌جك صورتده انتخاب ایدلدیکی تقدیرده یوقاریده‌کی ایکی دستورده جیبلر تمام جیبه ، وتمام جیبلر جیبه تبدل ایدر .

بوندن آکلاشیلیرکه بری متحرکك موازنت وضعیتنه اولان مقدار تباعدینی ، دیکری سرعتی افاده ایدن ایکی شو دستور اساساً یکدیکرینك مشابهیدر . آنحق معتاد اولدیغی اوزره مقدار تباعد تم جیب ایله و سرعت‌ده جیب ایله کوستریلهکلمشدر .

١٨ حرکت اهتزازیه‌نك شدتی . — حرکت اهتزازیه‌ده بردورظرفنده متحرکك سرعتی هرآن تحول ایتدیکندن حرکت مذکوره‌نك اثر میخانیکیسی ، تعبیر آخرله شدتی ، بومدت ظرفنده‌کی قوهٔ زندهٔ وسطیه ایله تقدیر ایدیلیر .

بناءً علیه حرکت اهتزازیه‌نك شدتی استحصال ایچون ν دوری ظرفنده متحرکك حائزاولدیغی قوهٔ زنده‌لر مجموعی بو ν زمانینه تقسیم ایتمك ایجاب ایدر : ایمدی بو شدت $س$ ایله کوستریلیر و متحرکك کتله‌سی واحد اعتبار اولنور ایسه :

$$س = \frac{\nu\,\text{ما}^{٢}}{\nu}\,\text{جا}^{٢}\,\pi\,\text{نما}\,\odot$$

ویا

$$س = \frac{١}{\pi^{٢}}\,\nu\,\text{ما}^{٢}\,\text{جا}^{٢}\,\pi\left(\frac{\odot}{\nu} - ع\right)\text{نما}\,\odot$$

والحاصل

$$س = \frac{\nu^{٢}}{\nu}\,\text{ما}^{٢}\,\frac{١ - \text{جتا}\,٤\pi\left(\frac{\odot}{\nu} - ع\right)}{٢}$$

$$س = \frac{\nu^{٢}}{٤} \qquad (١٣)$$

بولنور .

بوندن استدلال ایدیلیرکه بر حرکت اهتزازیه‌نك شدتی ، $\frac{١}{٤}$ مضروب ثابتندن صرف نظر اولندیغی حالده ، وسعت اهتزازك مربعیله تقدیر اولنه‌بیلیر .

١٩ حرکت اهتزازیه‌نك انتشاری : اهتزازات طولانیه وعرضانیه . — بر واسطهٔ الاستقیه‌نك بر جهتنده ، هرنه صورتله اولور ایسه اولسون ، بر اهتزاز حصوله کتیرلدیکی حالده بواهتزاز واسطهٔ مذکوره‌نك اك‌بعید بولنان نقاطنه قدر انتقال ایدر . فقط بوخصوصده اهتزازات طولانیه‌ایله اهتزازات عرضانیه‌یی یکدیکرندن تفریق ایتمك لازمدر .

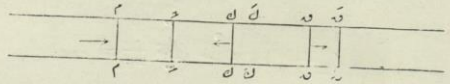
اهتزازات طولانیه ، حرکت اهتزازیه‌نك جهت انتشارینه متوازیاً وقوعه کلن ،

TÜRK TARİH KURUMU

اهتزازات عرضانیه ایسه حرکت اهتزازیه‌نك جهت انتشارینه عموداً حصوله کتیریان اهتزازاتدن عبارتدر . کرلمش بر کان کریشی اورته‌سندن چکیله‌رك براقله‌جق اولور ایسه بو کریشك اهتزازاتی، اهتزازات عرضانیه‌یه وبالعکس شاقولاً بر اوجندن آصلمش برقاو چوق بورونك دیکر اوجندن چکیله‌رك براقلدیغی حالده‌کی اهتزازاتی‌ده اهتزازات طولانیه‌یه مثال اوله‌بیلیر . معمافیه اجسام صلبه درونده انتشار ایدن بعضی اهتزازات صوتیه‌ایله علی‌العموم مایع وغازلرده‌کی اهتزازات‌صوتیه اهتزازات طولانیه‌دن‌باشقه برشی دکلدر . بوراده اول امرده اهتزازات طولانیه‌نك صورت انتشاری تدقیق ایدیله‌جك و مؤخراً اهتزازات عرضانیه‌نك انتشاری نظر تدقیقدن کچیریله‌جکدر .

٢٠ اهتزازات طولانیه‌نك براسطوانهٔ‌غیرمحدوده درونده انتشاری . —

صلب، مایع ویاغازدن‌عبارت، فقط متجانس، الاستیق وغیرمحدود برستون‌اسطوانی‌تصور ایده‌لم ؛ وبو ستونك بر قطعه‌سنده بر اهتزاز بسیط حاصل ایدلمش ، تعبیر آخرله قطعهٔ مذکوره‌نك بر ضربه ویا صدمه تأثیریله تبدیل موضع ایتدیرلمش اولدیغی تخیل ایلیه‌لم .



(شکل ٢)

بر صورتده‌که بو قطعه‌نك هر بر مقطع قائمنده بولنان اجزای فردیه متساویاً واسطوانه‌نك محورینه متوازیاً ایلری‌یه طوغرو بر مقدار سوق ایدلمش بولنسون . واقعا شو اهتزاز سبیله (شکل ٢) طوغرودن‌طوغرویه متأثر اولان م ح قطعهٔ محدوده‌سی داخلنده هر بر مقطعك کب ایده‌جك سرعت و مقدار حرکت یکدیکرینه مساوی اولماز ایسه‌ده هرحالده بونلرك بر قانونه تابع بولندقلرینه شبهه ایدیله‌مز . ایشته بو صورتله طوغرودن طوغرویه‌تحریك ایدیان اجزای‌فردیه‌نك تبدیل‌موضع ایتملرندن‌دولایی ظهورایدن قوای الاستیقیه، اولك‌طرفلرنده بولنان دیکر اجزای‌فردیه‌یی‌تحریك وبونلردن حصوله‌کان قوای الاستیقیه‌ده دها اوزاقده‌کیلرینی تهزیز ایلر ؛ بناءً علیه شو اهتزاز ، عینی متقطعه اجزای فردیه‌یی‌متساویاً ومحوراسطوانه‌یه متوازیاً حرکت ایتدیرمك‌اوزره اسطوانه‌داخلنده انتشار ایدر . عادتا اسطوانهٔ متجانسه‌نك داخلنده وقوعه کتیریلن بویله بر ضربه‌نك اسطوانه درونده انتشاری ، ماریوط [Mariotte] نك یدی عدد فیل دیشی یووارلاق ایله اجرا ایلدیکی تجربهٔ مشهوره‌ده صدمه‌نك یووارلاقلر میانندکی انتشارینه مشابهدر .

٢١ معادلهٔ تفاضلیه . — شمدی اسطوانه داخلنده م مبدأدن س بعدنده ، وهاس تخنده متوازی الوجهین بر ك ُ ك طبقه‌سی تصور و بو طبقه‌نك ⊙ زمانی نهایتنده و ُ و وضعیتی‌کسب ایلش اولدیغنی تصور ایده‌لم . ك ك مقطعنك بو انشاده قطع ایلدیکی ك و بعدی س ایله کوستریلیر ایسه بو س مقدارینه ⊙ زمانیله س بعدینك

$$\text{ص} = \text{ما}\,(\text{س}\ ،\ \odot)$$

کبی برتابعی نظریله باقیله‌بیلیر. شوقدرکه اسطوانه درونده ضربه‌نك انتقالی اثناسنده عینی مقطعه عائد ك ك ، و ُ و کی وضعیات مختلفه نظر اعتباره آلندیغنه کوره س مسافه‌سنی ثابت و ⊙ زمانی متحول‌فرض ایتمك و ك ك، ك ُ ك ُ کبی مختلف‌مقطعلرك برآنده بولندقلری وضعیات نظر تدقیقه آلندیغنه کوره‌ده ⊙ زمانی ثابت و س مسافه‌سی متحول عد ایتمك ایجاب ایدر .

ایشته مبدأدن س بعدنده کائن ك ك مقطعی ⊙ زمانی نهایتنده مبدأدن س + س بعدنده بولنان و ُ و وضعیتی اخذ ایتدیکی حالده ینه مبدأدن س + هاس بعدنده کائن ك ُ ك ُ مقطعنك عینی زمان ظرفنده کسب ایلیه‌جکی و ُ ُ موقعنی تعیین ایچون یوقاروده‌کی تابعده س یرینه س + هاس وضع ایده‌رك تابع مذکوری توسیع ایتمك کفایت ایدر . بو حالده ایکنجی مرتبه‌دن اولان اصغر نامتناهیلر ترك ایدلمك شرطیله :

$$\text{ك ُ و} = \text{ما}\,(\text{س} + \text{هاس}\ ،\ \odot) = \text{ما}\,(\text{س}\ ،\ \odot) + \frac{\partial\,\text{ما}}{\partial\,\text{س}}\,(\text{س}\ ،\ \odot)\,\text{هاس}$$

ویاخود :

$$\text{ك ُ و} = \text{ص} + \frac{\partial\,\text{ص}}{\partial\,\text{س}}\,\text{هاس}$$

بولنور .

بناءً علیه بو تبدیل موضعدن دولایی ك ك ُ ك ُ قطعه‌سنك تخنی ك ك ُ = هاس ایکن شمدی :

$$\text{و ُ و} = \text{ك ك ُ} + \text{ك ُ و} - \text{ك و}$$

$$= \text{هاس} + \text{ص} + \frac{\partial\,\text{ص}}{\partial\,\text{س}}\,\text{هاس} - \text{ص}$$

$$= \left(1 + \frac{\partial\,\text{ص}}{\partial\,\text{س}}\right)\text{هاس} = \text{فاس}$$

اولور .

TÜRK TARİH KURUMU

بوندن آكلاشيلاجغى اوزره $\frac{\text{بعاص}}{\text{بعاس}}$ مقدارى ، اسطوانهنك محورينه موازى اولهرق ، واحد طولنك مقدار توسعندن عبارت اولديغى كبى ذاتاً اسطوانهنك مقطعى واحد اعتبار ايدلديكندن، واحد حجمنك مقدارتقيضى ويادها عمومى اولق اوزره « مقدار تكاثفى »ده — $\frac{\text{بعاص}}{\text{بعاس}}$ مقدارينه مساوى اولمق لازم كلير .

ايشته كه ث ث ل قطعهسنك كهكُ مقطعلرينك يكديكرندن تباعدى حسبيله فطعهٔ مذكوره‌ده حاصل اولان شوتبدل شكل ايله متناسب برقوهٔ الاستيقيه‌ظهورايدركه بونك‌ده واحد سطحه عائد اولان قسمى — « مبحث الاستيقيت » ده كورولديكى اوزره — :

$$ق = هـ \frac{\text{بعاص}}{\text{بعاس}}$$

ايله افاده اولنور. حال‌بوكه بوقوهٔ الاستيقيه، اصل تبدل‌شكلى موجب اولان قوهٔ محركه‌يه مساوى ومعاكس اولهجغى جهتله قوهٔ مذكوره‌نك ن ن مقطعنك واحد سطحنه اصابت ايدن قسمى :

$$ق = — هـ \frac{\text{بعاص}}{\text{بعاس}} \qquad (١)$$

اولور؛ وحائز اولديغى — اشارتنه نظراً جهت منفيه‌ده [شكلده صوله متوجه] بولنور.

ديكر طرفدن ن ن مقطعنك واحد سطحى اوزرينه تأثير ايدن قوهٔ الاستيقيه‌ده :

$$ق = — هـ \left(\frac{\text{بعاص}}{\text{بعاس}} + \frac{\frac{\text{بعاص}^٢}{\text{بعاس}^٢}}{\text{بعاس}} \text{فاس} \right)$$

اولهجغندن عينى زمانده مقطع مذكورك واحد سطحى اوزرينه جهت مثبته‌ده [شكلده صاغه متوجه] اولهرق :

$$ق = هـ \left(\frac{\text{بعاص}}{\text{بعاس}} + \frac{\frac{\text{بعاص}^٢}{\text{بعاس}^٢}}{\text{بعاس}} \text{فاس} \right) \qquad (٢)$$

كبى برقوهٔ خارجه‌ده تأثير ايدر . بوندن استدلال اولنوركه ن ن ث ث قطعهسنك بهر واحد مقطعى :

$$ق = ق + ق = هـ \left(\frac{\text{بعاص}}{\text{بعاس}} + \frac{\text{بعاص}^٢}{\text{بعاس}^٢} \text{فاس} \right) — هـ \frac{\text{بعاص}}{\text{بعاس}} = هـ \frac{\text{بعاص}^٢}{\text{بعاس}^٢} \text{فاس} \qquad (٣)$$

ايله افاده اولنان بر قوهٔ مؤثرهٔ خارجيه‌نك تحت تأثيرنده‌در .

فقط برجسمك حركتى موجب اولان قوت ، جسم مذكورك كتله‌سيله مقدار تعجيلى

حاصل ضربنه مساوى اولهجغندن اسطوانه‌يى تشكيل ايدن ماده‌نك كثافتى ك اولديغنه كوره بو قوهٔ مؤثره :

$$ق = ك \frac{\text{بعاص}}{\text{بعا ⊙}^٢} \text{فاس} \qquad (٤)$$

اولق لازم كلير ؛ و بناءً برين (٣) و (٤) افاده‌لرندن :

$$هـ \frac{\text{بعاص}^٢}{\text{بعاص}} \text{فاس} = ك \frac{\text{بعاص}}{\text{بعا ⊙}^٢} \text{فاس}$$

و ياخود

$$\frac{هـ}{ك} = ب^٢ \qquad (٥)$$

وضعيله

$$\frac{\text{بعاص}^٢}{\text{بعا ⊙}^٢} = ب^٢ \frac{\text{بعاس}^٢}{\text{بعاص}^٢} \qquad (٦)$$

معادلهٔ تفاضليه‌سى استحصال ايديلير .

٢٢ ـ معادلهٔ تفاضليه‌نك اتمامى . — بو معادلهٔ تفاضليه‌نك تمامىٔ عموميسى ايلك دفعه اولهرق دالامبر [D'Alambert] طرفندن بولنمش و ما ، لع تابعلرى كيفى اولمق اوزره ،

$$ص = ما (س + ب ⊙) + لع (س — ب ⊙) \qquad (٧)$$

صورتنده افاده اولنمشدر [١]. بو حالده اسطوانه درونده و مبدأدن س بعدنده كائن

[١] فى الحقيقه مشتقات قسميه‌يى حاوى

$$\frac{\text{بعاص}^٢}{\text{بعا ⊙}^٢} = ب^٢ \frac{\text{بعاص}^٢}{\text{بعاس}^٢}$$

معادله‌سنى اتمام ايچون يكديكرينه

$$س + ب ⊙ = ف$$
$$س — ب ⊙ = ن$$

مناسبتلريله مربوط ف ، ن كبى ايكى متحول متوسط قبول ايده‌لم . اكر س ، ⊙ متحوللرينك بو معادله‌لرون ، ف ، ن متحوللرينه تابع اولهرق ، استخراج اولنهجق قيمتلرى ص تابعنده محللرينه قونيله‌جق اولور ايسه طبيعيدركه ف ، ن متحوللرينه نظراً بر تابع صريحى استحصال اولنور . بوندن استنتاج اولوركه ص مقدارى ف ، ن متحول متوسطلرينك ص = ما (ف ، ن) كبى بر تابعيدر. بو حالده :

TÜRK TARİH KURUMU

كه ك قطعه‌سنك ☉ زمانسنده‌كى ب سرعتى ايله به مقدار تقبضى ويا مقدار تكاثفى بروجه آتى اولمق لازم كلير :

$$ب = \frac{\text{بعا ص}}{\text{بعا ☉}} = ب\,نا\,(س + ب\,☉) - ب\,لع\,(س - ب\,☉) \qquad (٨)$$

$$به = -\frac{\text{بعا ص}}{\text{بعا س}} = -\,نا\,(س + ب\,☉) - لع\,(س - ب\,☉) \qquad (٩)$$

بو معادله‌لره داخل اولان نا ، لع تابعلرى حالات ابتدائيه‌سى [☉ = ٠ زمانسنده ب ، به

$$\frac{\text{بعا ص}}{\text{بعا س}} = \frac{\text{بعا ص}}{\text{بعا ق}} + \frac{\text{بعا ص}}{\text{بعا ع}}$$

اولەجق كچى :

$$\frac{\text{بعا}^{٢}\,ص}{\text{بعا}\,س^{٢}} = \frac{\text{بعا}^{٢}\,ص}{\text{بعا}\,ق^{٢}} + ٢\,\frac{\text{بعا ص}}{\text{بعا ق}}\,\frac{\text{بعا ص}}{\text{بعا ع}} + \frac{\text{بعا}^{٢}\,ص}{\text{بعا}\,ع^{٢}}$$

بولنور ؛ وعيذايله :

$$\frac{\text{بعا ص}}{\text{بعا ☉}} = ب\,\frac{\text{بعا ص}}{\text{بعا ق}} - ب\,\frac{\text{بعا ص}}{\text{بعا ع}}$$

و

$$\frac{\text{بعا}^{٢}\,ص}{\text{بعا}\,☉^{٢}} = ب^{٢}\left(\frac{\text{بعا}^{٢}\,ص}{\text{بعا}\,ق^{٢}} - ٢\,\frac{\text{بعا ص}}{\text{بعا ق}}\,\frac{\text{بعا ص}}{\text{بعا ع}} + \frac{\text{بعا}^{٢}\,ص}{\text{بعا}\,ع^{٢}}\right)$$

استحصال اولنور . ايشته بو افاده‌لر يوقاريده‌كى معادلهٔ تفاضليه‌ده محلارينه وضع ايديلير ايسه :

$$\frac{\text{بعا}^{٢}\,ص}{\text{بعا ق بعا ع}} = ٠$$

نتيجه‌سنه دسترس اولنور . بوندن آكلاشيلير كه :

$$\frac{\text{بعا ص}}{\text{بعا ع}}$$

مشتق اولى ف متحول متوسطنه تابع دكلدر . تعبير آخرله مشتق مذكور :

$$\frac{\text{بعا س}}{\text{بعا ع}} = لع\,(ق ع)$$

كچى ق متحولنك ع تابعندن عبارتدر . افادهٔ اخيره‌دن ايسه :

$$\text{بعا ص} = لع\,(ق ع)\,\text{بعا ق}$$

بولنه‌جغندن بوده اتمام ايديلمك اولور ايسه :

$$ص = \text{تما}\,لع\,(ق ع)\,\text{بعا ق} + \text{ثابت}$$

ويا مقدار ثابت يرينه ما (ف) وضع اولنور ايسه :

$$ص = لع\,(ق ع) + ما\,(ف)$$

اولور .

بورادەده ف ايله ق متحوللرينك قيمتلرى محلارينه قونيلور ايسه :

$$ص = ما\,(س + ب\,☉) + لع\,(س - ب\,☉)$$

استحصال اولنور .

مقدارلرينك قيمتلرى] واسطه‌سيله تعيين اولنور . شويله‌كه : ايلك ضربه‌نك حس اولندىغى قطعه داخلنده و ☉ = ٠ زمانسنده ب سرعتى ايله به مقدار تكاثفى معلوم اولەجغى جهتله بونلر نظير نظيره ى (س) ، بو (س) ايله كوستريلەجك اولور ايسه :

$$ب = ب\,نا\,(س) - ب\,لع\,(س) = ى(س) \qquad (م)$$

$$به = -\,نا\,(س) - لع\,(س) = -\,بو(س) \qquad (☉)$$

مقدارلرى س بعدينك توابع معينه‌سندن عبارت ديمك اولور . بو حاله معادلات اخيره‌ى برگره جمع وبركره طرح ايده‌رك :

$$نا\,(س) = \frac{ى(س) + ب\,بو\,(س)}{٢\,ب}$$

$$لع\,(س) = \frac{-ى(س) + ب\,بو(س)}{٢\,ب}$$

تابعلرينه دسترس اولنور . ايشته بونلر يوقاريده (٨) ، (٩) دستورلرنده محلارينه وضع اولنور ايسه :

$$ب = \frac{١}{٢}\{[ى(س + ب\,☉) + ب\,بو(س + ب\,☉)] + [ى(س - ب\,☉) - ب\,بو\,(س - ب\,☉)]\} \qquad (١٠)$$

$$به = -\frac{١}{٢\,ب}\{[ى(س + ب\,☉) + ب\,بو(س + ب\,☉)] - [ى(س - ب\,☉) - ب\,بو\,(س - ب\,☉)]\} \qquad (١١)$$

دستورلرى استحصال ايديلير كه بونلرده « مسئلهٔ انتشار » ى تماميله حله كافيدرلر .

شمدى اهتزاز بسيطك منطقه‌سنى (شكل ٣) س = ٠ ، س = ل بعدلرنده كائن م م ، ح ح آراسنده محصور فرض ايده‌لم . بوحالده ى ، بو تابعلرى س متحولنك صفردن اصغر و ل = م ح دن اعظم هر برقيمتى ايچون صفره مساوى بولنورلر . اسطوانه‌ئى اوچ منطقه‌يه تقسيم ايله اولا جهت مثبته‌ده س = ل = م ح ايله س = + ∞ آره‌سنده بر ق‌ق مقطعى نظر اعتباره آلەلم : بويله بر مقطع ايچون شبه‌سز ى (س + ب ☉) ، بو (س + ب ☉) تابعلرى صفر اولور ايسه‌ده ديكر ى (س - ب ☉) ، بو(س - ب ☉) تابعلرى :

$$س - ب\,☉ > ٠ \qquad س - ب\,☉ < ل$$

اولمق شرطيله برقيمت محدوده‌ئى حائز اولەبيلير لر . بوتقديرجه يوقاريكى سرعت وتكاثف دستورلرى :

$$ب_{١} = \frac{١}{٢}[ى(س - ب\,☉) - ب\,بو\,(س - ب\,☉)]$$

$$به_{١} = \frac{١}{٢\,ب}[ى(س - ب\,☉) - ب\,بو\,(س - ب\,☉)]$$

TÜRK TARİH KURUMU

شكللرينه منجر اولهجغندن بونلردن

$$ب = ب_{0} \quad (١٢)$$

مناسبتی استخراج اولنور. آنجق بومناسبتك وجودی، اولجده سويلنديكی وجهاوزره،

$$س - ب\,\omega < ل$$

و

$$س - ب\,\omega < 0 .$$

ویاخود

$$\omega > \frac{س - ل}{ب}$$

و

$$\omega < \frac{س}{ب}$$

اولماسنه متوقفدر.

بوندن استدلال ايديليركه مطلع مفروض $\omega = \frac{س - ل}{ب}$ زمانندقدر سكون اوزره بولنهرق بو زماندن اعتباراً اهتزازه داخل و $\omega = \frac{س}{ب}$ آنده اهتزازدن فارغ اولور. معمافيه اهتزاز بسيط عينی منوال اوزره اسطوانه درونده ايلريه طوغری انتشاره دوام ايلر؛ چونكه $س - ب\,\omega$ مقدار متحولی هر مقطعده ل ايله صفر ميانده واقع عينی سلسلهٔ قيمتدن مرور ايدر. خلاصه لاعلی التعيين بر ω زماننده اسطوانه داخلنده حركت اوزره بولنان [يعنی ايلك اهتزاز بسيطك تأثيريله متأثر اولان] نقطهلر

$$س - ب\,\omega = ل \text{ ايله } س - ب\,\omega = 0 .$$

بعدلرينه توافق ايدن مقطعلر آره‌سنده محصور اولان نقطهلردر.

بوندن آكلاشيلاجغی اوزره اهتزاز بسيط، اسطوانه‌درونده وجهت‌مثبته‌ده ل طولنده يكانه بر « موج » شكلنده اولهرق حركت متساويله ايله انتقال ايدركه بوحركت انتقاليه‌نك سرعتی‌ده شبهه‌سز ب در [١]. بناءً عليه اسطوانه داخلنده حركت اهتزازيه‌نك سرعت انتشاری (٥) دستورينه توفيقاً

$$ب = \sqrt{\frac{ه}{ح}} \quad (١٣)$$

ايله افاده اولنور. فقط بوحركت انتقاليه برحركت ظاهريه‌دن عبارتدر. موجی تشكيل ايدن اجزاء فرديه هرآن مقطعدن مقطعه تبدل ايدر. بناءً عليه ب سرعت ثابته‌سيله انتقال ايدن شی موجی تشكيل ايدن اجزاء فرديه دكل، بالعكس بو اجزای فرديه‌نك اشغال ايلديكی قطعه‌نك شكل هندسيسيدر. شوراسی‌ده شايان دقتدركه حركت اهتزازيه‌نك بوسرعت انتشاری نه موجك شكلنه، نه‌ده ضربه‌نك قانون تأثيرينه تابع دكلدر.

[١] ω زمانی اعطا ايدن $\frac{س}{ب}$ فاده‌سنده س مسافه‌دن عبارت بولندیغنه و حركت‌ده بر حركت متساويه اولديغنه كوره بوهمحال ب مقداری سرعته مساوی اولور.

ثانياً س طولنك جهت منفيه‌سنده $س = -\infty$. ايله $س = -\infty$ آره‌سنده كائن بر ك مقطعی نظر اعتباره آلهلم: بومقطع ايچون $ی\,(-س - ب\,ت)$، بو $(-س - ب\,\omega)$ تابعلری صفر اولور ايسه‌ده $ی\,(-س + ب\,\omega)$ ، بو $(-س + ب\,\omega)$ تابعلری

$$-س + ب\,\omega > ل \qquad -س + ب\,\omega < 0 .$$

اولق شرطيله بررقيمت محدوده‌يی‌حائز اولهبيلرلر. بوحالده سرعت وتكاثف دستورلری

$$ب = \frac{1}{2}\,[ی\,(-س + ب\,\omega) + ب\,و(-س + ب\,\omega)]$$

$$ب_{2} = -\frac{1}{2}\,[ی\,(-س + ب\,\omega) + ب\,و\,(-س + ب\,\omega)]$$

شكللرينی كسب ايده‌جكندن بونلردنزده:

$$ب = ب_{0} \quad (١٢)$$

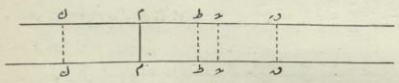
مناسبتی استخراج اولنور. بوندن آكلاشيلركه هرايكی‌حالده اسطوانهٔ غيرمحدوده داخلنده برمقطع اوزرنده ب سرعتی و به مقدار تكاثفی، اشارتدن صرف‌نظرله، يكديكرينه عينی مناسبتله مربوطدر. فقط بومناسبتك وجودی مطلقا

$$-س + ب\,\omega < 0 . \quad \text{و} \quad -س + ب\,\omega < ل$$

ویاخود

$$\omega < \frac{س}{ب} \text{ ، } \omega > \frac{س + ل}{ب}$$

اولماسنه متوقفدر. بناءً عليه مقطع مفروض $\frac{س}{ب}$ زمانندهاهتزازه داخل و $\frac{س + ل}{ب}$ زمانندهايسه اهتزازدن فارغ اولهجغندن $\frac{ل}{ب}$ مدتجه اهتزاز ايدر.



(شكل ٣)

خلاصه اهتزاز بسيط جهت منفيه‌ده دخی ب سرعت ثابته‌سيله ل طولنده بر موج صورتنده انتشار ايلر. بورايه قدر كورولن موادن آكلاشيلديغنه كوره بويله بر اسطوانهٔ غيرمحدوده داخلنده جهت مثبته‌ده برطول معينده وقوعه كتيريلن بر اهتزاز بسيط ايكی موجك ظهورينه سبب اولورکه بوموجلر ب سرعت ثابته‌سيله بری برطرفه ديكری‌ديكر طرفه طوغری انتشار ايدر. آنجق جهت مثبته‌ده بولنان موج، نقبضات ايله ديكری توسعات ايله انتشارايلديكندن برنجيسی « موج منقبض » ايكنجيسی « موج منبسط » نامیله ياد ايديلير.

ثالثاً $س = 0$. ايله $س = ل$ ك آره‌سنده واهتزاز بسيطك منطقه‌سی داخلنده بولنان ط ط مقطعنی نظر اعتباره آلهلم:

TÜRTARİH KURUMU

بویله برمقطع ایچون $س - ب \odot > ٠$ ، $س + ب \odot < ل$

اولهماز ایسهده $س - ب \odot < ٠$ ، $س + ب \odot < ل$

املق شرطیلهده نی $(س - ب \odot)$، نی $(س + ب \odot)$، یو $(س - ب \odot)$، یو $(س + ب \odot)$ تابعلری‌ده برر قیمت محدوده کسب ایده‌بیلیرلر.

ایشته بو شرطلر موجود اولدیغی، تعبیر آخرله:

$س - ب \odot > ٠ > س - ب \odot$ ، $س - ب \odot < ل < س + ب \odot$

ویاخود $س - ب \odot = ٠$ ، $س + ب \odot = ل$

بولندیغی صورتده (١٠)، (١١) دستورلرینی تشکیل ایدن ب، س قسملرندن هر ایکیسی برر قیمت محدوده‌یی حائز بولنور. بناءً علیه مقطع مفروضده هر آن ب سرعتی اوآنده موج منقضده:

$$\overline{س = ب \odot = م ط}$$

بعدنده بولنان بر مقطعك $\frac{٣}{٢}$ سرعتیله، موج منبسطده:

$$\overline{ل - س = ب \odot = ح ط}$$

بعدنده بولنان مقطعك ب سرعتی، مجموعنه مساوی اولهجغی کبی هر آن به مقدار تکاثفی ده موج منقبض و موج منبسطده نظیری اولان نقطهلرك به، به تکاثفلری مجموعنه مساوی بولنور.

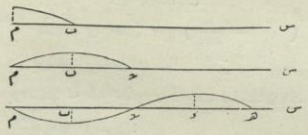
اکر اسطوانه درونننده ل طولنده‌کی قطعهٔ محدوده، براهتزاز بسیط یرینه براهتزاز تامه یعنی بریرینه مقابل ایکی اهتزاز بسیطه تابع بولنسه، هربر اهتزاز بسیط اسطوانه درونننده متوجه بولندیغی جهتده بر موج منقبض ایله مقابل جهتده، عینی طولده بر موج منبسط تولید ایده‌جکندن اسطوانهنك هر ایکی جهتنده ب سرعت ثابتهسیله انتقال ایدن بر موج منقبض ایله بر موج منبسطدن مرکب برر موج تام حاصل اولور.

ایشته، هرنه صورتله اولور ایسه اولسون، بو اهتزاز تام ادامه ایدیله‌جك اولور ایسه اسطوانهنك هرایکی جهتنه طوغری ب سرعت ثابتهسیله انتقال ایدن برر حرکت تموجیهٔ متعادیه استحصال اولنور. بر صورتده‌که: اسطوانه داخلنده بر مقطع ویا بر نقطهنك زماناً یکدیکرندن مساوی فاصلهلرایله تفریق قانمش اولان حالات اهتزازیه‌سی یعنی زمانده اسطوانه درونننده یکدیکرندن مسافهٔ مساوی فاصلهلر ایله آیرلمش بولنور.

٢٤ منحنیٔ مصور. — هر مقطعك حالت اهتزازیه‌سنی تصویر ایچون بو

مقطعك مبدأ نقطهسنه اولان بعدینی س محوری اتخاب و هر آن بو مقطعده سرعت اهتزازیه‌یی، حرکت تموجیهنك جهت انتشارینه متوجه اولدیغنه کوره مثبت و عکسی تقدیرده منفی اعتبار ایله، ع محوری اوزرنده اخذ و قطع ایلیهلم.

بوحالده س ایله کوستریلن بر اهتزاز تام مدتنك ربعنه، نصفنه، تامنه مساوی بر زمانده (شکل ٤) بروجه آتی منحنیاته دسترس اولنور:



(شکل ٤)

بونلرك برنجیسی بر ربع موجی، ایکنجیسی بر نصف موجی، اوچنجیسی‌ده برموج تامی مشعردر.

بومنحنیلر سرعتلر ایله برابر مقدار تکاثفی یعنی تقبضات و توسعاتی‌ده ارائه ایدرلر. فی‌الحقیقه بر موج تامی ارائه ایدن منحنی نظر اعتباره آلنه‌جق اولور ایسه مقدار تکاثف سرعت اهتزازکبی م نقطهسندن ربع طول موجه مساوی بر م ب بعدینه قدر تزاید و بعده تناقص ایده‌رك، نصف طول موجده صفره منجر اولور؛ متعاقباً سرعتلر بو نصف دور اهتزازده‌کی سرعتلرك نظیرلری، فقط اشارتجه مخالفلری، اولان قیمتلردن مرور ایده‌رك اولجه وقوعه کلن تقبضاته بدل بر سلسلهٔ توسعات حاصل اولور.

فقط مبدأده حرکت اهتزازیه‌یه دوام ایدلدیکی جهتله بو برنجی موج، اسطوانهنك هرایکی طرفنه طوغرو ب سرعت ثابته‌یله انتشار ایتدیکی اثناده یکیدن بر طاقم موجلر حاصل اولهرق موج اولی تعقیب ایدرلر. بروجه‌ایله‌که برزمان معینده اسطوانهنك حالت اهتزازیه‌سی، متساوی و فقط متناوباً مثبت ومنفی قوسلردن مرکب بر منحنی ایله ارائه اولنه‌بیلیر. بو منحنینك مبدأده‌کی ترتیبی طوغرودن‌طوغرویه تهزیز ایدیلن قطعهنك مقطع ابتدائیسنك اوآنده‌کی حال اهتزازینی تصویر ایدر.

بو منحنیلرك ماهیتی تعیین ایچون حرکت اهتزازیه معادلهٔ عمومیه‌سنی اسطوانهٔ غیر محدوده‌یه تطبیق ایدهلم؛ وبونك ایچون‌ده اسطوانهنك طوغرودن‌طوغرویه تهزیز ایدیلن م مبدأنده‌کی قطعه‌سنك سرعتی:

$$ب = و_ء \text{ حب } ٢\pi \frac{\odot}{ل}$$

دستوریله افاده ایلیهلم. حرکت اهتزازیه‌نك اسطوانه درونننده‌کی سرعت انتقالی ب اولدیغنه

TÜRK TARİH KURUMU

کوره بوقطعهٔ ابتدائیه‌نك برآندهکی سرعتی مبدأدن س بعدنده کائن دیکر برقطعه‌یه آنجق $\frac{س}{ب}$ زمانندهٔ انتقال ایدر. بنابرین بو ایکنجی قطعه‌نك حالت اهتزازیه‌سنی تدقیق ایچون یوقاریدهکی دستوردهٔ ∅ یرینه $(∅ - \frac{س}{ب})$ قویمق ایجاب‌ایلر. ایشته بوصورتله استحصال اولنان

$$ب = و حـ ٢ \pi (\frac{∅}{ن} - \frac{س}{ب})$$

ویاخود $$ب ن = ل \qquad (١٤)$$

وضعیله $$ب = و حـ ٢ \pi (\frac{∅}{ن} - \frac{س}{ل})$$

دستوری مبدأدن س بعدنده بولنان برمقطعك حالت اهتزازیه‌سنی تعیینه کافیدر. فی‌الحقیقه دستور اخیرك مناقشه‌سیله براسطوانهٔ غیرمحدوده داخلنده انتقال ایدن حرکت اهتزازیه‌نك کافهٔ شرائطی بروجه آتی استخراج اولنور :

اولا ∅ زمانی ثابت و س مسافه‌سی صورت متمادیه متزاید فرض اولنورایسه ب سرعتی برمنحنیٔ جیبینك ترتیبلریله ارائه اولنه‌بیلیر. بو حالده یکدیکرندن

$$ب ن = ل$$

قدر بعید اولان مقطعلرك کافه‌سنده ب سرعتی عینی قیمتی حائزدر. ایشته یوقاروده‌کی دستوره داخل اولان ل مقداری ـ که حرکت اهتزازیه‌نك، ن دورینه مساوی بر زمان ظرفنده اسطوانه درونندهٔ قطع‌ایلدیکی مسافه‌دن عبارتدر ـ «طول‌موج» نامیله معروفدر. (شکل ٥) ده بر موج منقبض ایله متعاقب کائن موج منبسطك امتدادینی ارائه ایدن



(شکل ٥)

ب د ، د و ، و ه بعدلری طول موجدن عبارتدر. قطعهٔ مهتزمنك ثانیهٔ واحده‌ده اجرا ایلدیکی اهتزازات تامه‌نك عددی م ایله کوسترلیه‌جك اولور ایسه :

$$م = \frac{١}{ن}$$

اوله‌جغندن

$$ل = \frac{ب}{م} \qquad (١٥)$$

افاده‌سی استحصال اولنور.

[١] بوحرکت توجیهه عائد اولان‌نظریه طوغریدن طوغریه‌یه‌ص تابعنك توابع دوریه جذسندن اولان تمامیٔ غیر محدودی واسطه‌سیله‌ده استخراج اولنه‌بیلیر.

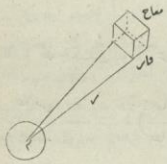
ایشته بر صوتك ن دور اهتزازی ایله ثانیهٔ واحده‌ده‌کی عدد اهتزازی اوصوت ایچون برر رکن اصلی حکمنده‌در. چونکه صوتك ب سرعت انتشاری، بو انتشاره واسطه اولان جسمك جنسه تابع اولدیغی کبی ل طول موجده صوتك پرده‌سنه وسرعت انتشارینه کوره تحول ایدر.

ثانیاً ∅ زمانی متحول و س مسافه‌سنی ثابت فرض ایده‌لم : بو حالده ∅ زمانی ن قدر تزاید ایتدیکی حالده مبدأ نقطه‌سنه مسافه‌سی س اولان مقطعك سرعتی کویا بومسافه ل قدر تناقص ایتمش کبی تحول ایدر.

بنابرین منحنیٔ جیبینك ب سرعت ثابته‌سیله‌ایلریه طوغری حرکت‌ایتدیکی ومقطعلرك کافه‌سی‌ده ن دوری ظرفنده بر اهتزاز تام اجرا ایلدیکی ظاهر اولور. بوندن استنتاج اولنورکه $\frac{س}{ل}$ مقداری یوقاروده اهتزاز دستور عمومیسنه داخل اولان ع صفحه‌سندن باشقه برشی دکلدر.

٢٤ اهتزازات طولاییه‌نك برواسطهٔ غیرمحدوده درونندهٔ انتشاری. —

مطالعات مسروده، برواسطهٔ غیرمحدوده‌یه‌ده تطبیق اولنه‌بیلیر. شویله‌که: برواسطهٔ متجانسهٔ غیر محدوده داخلنده (شکل ٦) متعاقباً تقبض و توسع ایله اهتزاز ایدن، غایت اصغر بر نصف قطرده، بر م کره‌سی فرض‌ایده‌لم وواسطه داخلنده مرکز اهتزازدن مر بعدنده و فا ر تخته‌ده برده طبقهٔ کرویه فرض ایلیه‌لم. بوطبقهٔ کرویه‌نك سطحی اوزرنده آلنان اصغر نامتناهی بها ح جزؤ سطحی ایله م مرکز اهتزازدن کچن سطح اهرامینك طبقهٔ مذکوره‌دن افراز ایلدیکی اصغر نامتناهی. جزؤ حجمی نظراعتباره آلالم: بو جزؤ حجمك بها ح ، بها ح قاعده‌لری اوزرینه تأثیر ایدن تضییقلر (ماده : ٣) ده کوروللدیکی اوزره نظیره :



(شکل ٦)

$$ف = - ه \frac{بها ص}{بها ر} بها ح \qquad ف = ه (\frac{بها ص}{بها ر} + \frac{بها^٢ ص}{بها^٢ ر} فا ر) بها ح$$

اوله‌جغندن جزؤ م- کوره عائد اولان قوهٔ مؤثره :

TÜRİTARİH KURUMU

$$ف = ف + ف = هـ \left(\frac{هاص}{هار} + \frac{هاص^{٢}}{هار^{٢}} فار\right) هاح^{ن} - هـ \left(\frac{هاص}{هار}\right) هاح$$

دن عبارت بولنور . فقط اهرامك خاصهٔ مشهوره‌سنه بناءً :

$$\frac{هاح^{ن}}{هاح} = \frac{(ر + فار)^{٢}}{ر^{٢}}$$

و بنابرين

$$هاح^{ن} = هاح \left(\frac{ر + فار}{ر}\right)^{٢} = هاح \left(١ + \frac{فار}{ر}\right)^{٢}$$

ويا بعدالتوسيع

$$هاح^{ن} = هاح \left(١ + \frac{٢ فار}{ر}\right)$$

اوله‌جنى كبى ديكر طرفدن ، واسطه‌نك كثافتى ك اولديغنه كوره ،

$$ف = هاح فار \times ك \frac{هاص^{٢}}{هاث^{٢}}$$

اولق لازم كله‌جكندن بونلر محللرينه بالوضع :

$$هاح فار \frac{هاص^{٢}}{هاث^{٢}} ك = هـ \left(\frac{هاص}{هار} + \frac{هاص^{٢}}{هار^{٢}} فار\right) \left(١ + ٢ \frac{فار}{ر}\right) هاح - هـ \left(\frac{هاص}{هار}\right) هاح$$

ويا بعدالضرب (فار) مضروبنى حاوى اولان حدلر ترك ايديله‌جك اولور ايسه:

$$\frac{هاص}{هاث^{٢}} = \frac{هـ}{ك} \left[\frac{هاص}{هار^{٢}} + \frac{٢}{ر} \frac{هاص}{هار}\right]$$

استحصال اولنور .

يوقاريده‌كى (٥) معادله‌سى موجبنجه :

$$ب^{٢} = \frac{هـ}{ك}$$

اولمقله معادلهٔ اخيره.

$$\frac{هاص}{هاث^{٢}} = \frac{ب^{٢}}{ر} \left[\frac{١}{ر^{٢}} ٢ \frac{هاص}{هار} + ر \frac{هاص}{هار^{٢}}\right]$$

و

$$ص = \frac{ع}{ر}$$

وضع و قبول اولنور ايسه :

$$\frac{هاع}{هاث^{٢}} = ب^{٢} \frac{هاع^{٢}}{هار^{٢}} \qquad (٦)$$

شكلنه ارجاع ايديلير كه بوده اولجه دالامبر طرفندن اتمام اولنان (٦) معادله‌سنك عينيدر. بناءً عليه (٧) معادله‌سنه توفيقاً :

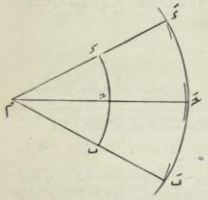
$$ع = ما (س + ب ث) - لع (س - ب ث) \qquad (٧)$$

اوله‌جنى كبى

$$ص = \frac{١}{ر} [ما (س + ب ث) + لع (س - ب ث)] \qquad (٧)$$

بولنور .

ايشته بو معادله‌لردن اولا برواسطهٔ غيرمحدوده داخلنده حركت اهتزازيه‌نك هرجهته طوغرو، براسطوانهٔ غيرمحدوده دروننده اولديغى كبى، ب سرعت ثابته‌سيله انتشار ايتديكى؛ ثانياً هربر جزؤ فردك سرعتى مركز اهتزازه اولان بعديله معكوساً تحول ايلديكى ثابت اولور. بو حالده بر واسطهٔ متجانسهٔ غير محدوده داخلنده بر نقطه‌ده حركت اهتزازيه‌نك قدرت حركيه‌سى (نصف زنده قوتى) بو نقطه‌نك مركز اهتزازه اولان مسافه‌سى مربعيله معكوساً متناسب اولق لازم كلير. حال بوكه بوقدرت حركيه صونك او نقطه‌ده‌كى شدتنى حاصل ايتديكندن بوندن برواسطهٔ غيرمحدوده داخلنده شدت صونك « مسافه‌نك مربعيله معكوساً متناسبدر » قانونى استخراج اولنور .


(شكل ٧)

خلاصه بر واسطهٔ غير محدوده داخلنده اهتزازات، بر اسطوانه‌ده اولديغى كبى سرعت‌متساويه‌ايله انتشار ايدرايسه‌ده آرتق متوازى الوجهين قطعه‌دن قطعه‌يه انتقال ايتمز ؛ بلكه متحدالمركز طبقهٔ كرويه‌دن طبقهٔ كرويه‌يه انتقال ايلركه بوده بر طاقم « امواج كرويه » توليد ايلر . بو امواج كرويه‌نك صورت انتشارينى ايضاح ايتمك ايسه پك قولايدر. فى الحقيقه م نقطه‌سندن (شكل ٧) صدور ايدن صوت ب ح ء موج

TÜRK TARİH KURUMU

كرويسنه واصل اولمادن ب ب٢ موج متوسطى اوزرنده بولنور . بو ب ب٢ موج كرويسنك هر بر نقطه‌سى عادتا بر مركز تصوت ويا اهتزازكى هر جهته طوغرو نشر امواج ايدركه شوامواج تاليه‌نك بر زمان معين صوكره‌كى ظرفى ب' ب'٢ موج كرويسندن عبارتدر . تعبير آخرله ب' ب'٢ موجى ، ب ب٢ موج داخليسنك هر نقطه‌سندن صدور ايدن امواجك عينى زمانده واصل اولدقلرى محل هندسيدن باشقه بر شى دكلدر . فقط ب ب٢ موجنك نقاط مختلفه‌سندن صدور ايدن واك اول ديكر بر نقطه‌يه ، مثلا ح نقطه‌سنه ، ورود ايدن موج، نقطهٔ مذكوره‌يه اك قريب بولنان ح نقطه‌سندن صدور ايدن موجدر. ايشته على‌العاده « صوت هرجهته طوغرى خط مستقيم اوزره انتشار ايدر » دينلمه‌سى بوندن كنايه‌در .

٢٥ اهتزازات عرضائيه . — بورايه قدر اهتزازات طولانيه حقنده بيان اولنان مواد، اهتزازات عرضائيه‌يه‌دخى تطبيق اولنه‌بيلير. فى‌الحقيقه م كرهٔ متصوته‌سى بر حركت اهتزازيهٔ مماسيه ايله متحرك بولنسه ، تعبير ديكرله مركزى اوزرنده اهتزاز ايده‌جك اولسه بنه بر طاقم متحدالمركز امواج كرويه حاصل اولور ايسه‌ده بو امواجك سرعت انتشارى ب' كى ديكر برقيمتى حائز بولنور . معمافيه بونوع حركت اهتزازيه مايعات‌ايله غازلر درونده انتقال ايده‌من . چونكه امواج كرويه‌نك حركات رقصيهٔ مماسيه‌سى ، جوارلرنده بولنان مايع وغاز اجزاى فرديه‌سنه ـ سياليتلرى حسبيله ـ هيچ بر حركت اعطا ايليه‌من . فقط اجسام صلبه‌ده برآنده بوايكى نوع اهتزازك انتقالى بيله ممكنندر . بعضى تزلزلات ارضيه‌ده مشاهده اولنان « حالات استثنائيه » و « حالات غريبه » [١] بوكا باشيجه بر دليلدر .

٢٦ صوتك سرعت انتشارى . — يوقاريده اسطوانهٔ محدده داخلنده سرعت انتشار صوتى ارائه ايتمك اوزره استحصال اولنان :

$$ب = \sqrt{\frac{ه}{ك}}$$

دستورى پك عمومىدر . آنجق دستور مذكورده واقع ه مقدارى ـ حرارت بحثنده

[١] بالذات محله كيده‌رك اجراى تدقيقات ايتديكم ١٣٢٠ سنهٔ هجريه‌سى آيدين حواليسى حركات ارضيه‌سنده بوكى بعض غرائبه تصادف اولنمشدر . ازجمله دكرليده بر جامعك بيقلمش اولان مناره‌سنك قسم تحتانيسى قاعده‌سندن آيرلمش و اوتوز بش درجه قدر شرقدن غربه طوغرى دوندكدن صوكره بنه بو قاعده اوزرينه اوطورمشدر . ايشته بوكيفيت حركات ارضيه تزلزلات افقيه‌دن باشقه شاقولى و دورانى حركاتك‌ده موجود و بلكه متراقب بولندىغنى ايما ايتمكده‌در .

كوروله‌جكى اوزره ـ برجسمك حرارتى تزايد وتناقص ايتمه‌سك شرطيله تضييقنك هاى مقدار تزايدى ايله ح حجمنك مقدار تقبض اضافيسنه نسبته مساويدر . بوقسه على‌العاده بر جسمك واحد حولده، واحد مقطعده اولان برقسمى كندى وزننه مساوى بر قوتله جر ويا تضييق ايدلديكى حالده حصوله كلن مقدار اطاله ويا مقدار اقتصاردن عبارت بولنان « امثال الاستيفيت » دكلدر .

٢٧ غازلرك درونده سرعت صوت ؛ نيوتون دستورى . — ا ل امرده بو دستورى برغاز كتله‌سنه تطبيق ايده‌لم : نقطهٔ تيمندن كافى درجه‌ده بعيد فرض اولنان برغاز كتله‌سنده صوتك انتشارى اثناسنده وقوعه كلن تقضات و توسعاتده غازك تضييقنك تحولاتى، ماربوط قانونه‌تابع بولندىغى قبول ايديلير؛ و واحد حجمه عائد تضييق ى ووواحد حجمك وزنى ك و واحد وزنه عائد حجمده ح ايله كوسترىلير ايسه :

$$ى ح = ثابت$$

وله جغندن

$$ح \frac{\text{تفا ح}}{\text{تفا ح}} + ى = 0$$

ويا

$$\frac{\text{تفا ى}}{\left(\frac{\text{تفا ح}}{ح}\right)} = ى$$

بولنور .

ايشته يوقاريده‌كى ه مقدارى ، تضييقك هاى مقدار تزايدى ايله ، بوندن طولايى حجمه عارض اولان ($\frac{\text{تفا ح}}{ح}$) مقدار تقبض اضافيسنه نسبته مساوى اولديغندن معادلهٔ اخيره‌نك طرف اولنه مساوى ديمك اولور . بو حالده دستور سابقده ه يرينه ى وضع ايديلمه‌جك اولور ايسه :

$$ب = \sqrt{\frac{ى}{ك}} \qquad (١٦)$$

دستورى استحصال ايديلير كه غازلر درونده‌كى سرعت صوت حقنده اك اول نيوتونك بولمش اولديغى دستورده بوندن عبارتدر .

نيوتون دستورنده واقع ى ، ك مقدارلرى غازك آحاد ميخانيكيه‌يه‌كوره تقديراولنان تضييق و كثافتيدركه بروجه آتى تعيين اولنور :

TÜRK TARİH KURUMU

شدت جاذبه ٧ وسانتيمتره حسابيله غاز داخلنده بارومتره ارتفاعی ع ، جيوه‌نك وزن مخصوصی ك ، غازك ٠,٧٦ متره تضييق تحتنده و صفر درجهٔ حرارتنده‌كی كثافتی ده ڪ .
و امثال انبساطی ده ٧ و الحاصل درجهٔ سخونتی ر اولديغنه كوره :

$$و = ٧ ك ع$$

$$و \quad \frac{ع}{٠,٧٩} = \frac{ر}{ڪ}(١ + ٠,٠٠٣٧)$$

ويا خود

$$ڪ = ڪ_{٠} \frac{ع}{٠,٧٦}\left(\frac{١}{١ + ٠,٠٠٣٧ ر}\right)$$

اولهجه‌دن بونلر محللرينه قونيلور اسه :

$$ب = \sqrt{\frac{ع ك}{ڪ}(١ + ٠,٠٠٣٧ ر) \times ٠,٧٦}$$

متره بولنور .

ايشته هوای نسيمی انجون :

$$ڪ = ٠,٠٠١٢٩٢$$

اولديغی كبی ذاتاً $٧ = ٩,٨٠٨$

$$ك = ١٣,٥٩٣$$

بولنمغله $$ب = ٢٨٠ \sqrt{١ + ٠,٠٠٣٧ ر} \qquad (١٧)$$

دستوری استحصال اولنور .

٢٨ لاپلاس دستوری؛ تجارب اجراسی . — فقط هوا داخلنده بورللی طرفندن طوغرودن طوغرويه اجرا ايديلن تجربه‌لردن استحصال اولنان سرعت صوتك، نيوتونك سالف‌الذكر دستورندن استخراج اولنان مقداره توافق ايتمديكی [١] كورولمش

[١] قدمای يونانيه هوا درونده صونك بطلشله انتشار ايتديكنه دقت ايتمشلر ايسه‌ده سرعت صوتی عدداً تقدير ايده‌مه‌مشلر ايدی . هوا درونده صونك قيمتی الك اول تعيين ايدن اون يدنجی عصرميلادی اواسطنه طوغرو برحبات بولنان راهب مرسن [P . Mersenne] در. موماليه اوزاق بر محلده آتيلان بر سلاحك ضياسنك رؤيتی ايله صداسنك استماعی آره‌سنده كچن مدتی تعيين و بو محل ايله بولنديغی نقطه آره‌سنده‌كی مسافه‌يی بو مدته تقسيم ايده‌رك سرعت صوتی ١٣٨٠ قدم [يعنی ٤٤٨ متره] بولنمش‌ايدی. براز صوكره يعنی ١٦٥٦ سنه‌سنده فلورانسه‌لی بورللی [Borelli] ايله وبويانی [Viviani] عينی اصول و فقط دها زياده براهتمام ايله اجرای تجربه ايده‌رك سرعت صوتی ١٠٣٧ قدم [يعنی ٣٥٠] متره بولمشلر ايدی. ايشته نيوتون ، سرعت صوت حقنده‌كی دستوريی نشر واعلان ايلديكی اثناده سرعت صونك قيمت تجربيه‌سی بونلردن عبارت ايدی.

وبونك اورزينه همان عينی زمانده برچوق طرفدن يكيدن تجربه اجراسنه تشبث اولنمشدر كه بونلردن الك مهملری روجه آتی جدوله درج ايدلمشدر .

تجربه‌كارك اسمی		تاريخ تجربه	سرعت صوتك بولنان قيمتی	قيمت حاضره‌سی
بويل	[Boyle]	١٦٠٠ ؟	١١٢٦ قدم	٣٦٦ متره
دومينيك قاسينی	[D.Cassini]			
هويكن	[Huyghens]	١٦٦٧	١٠٩٧ »	٣٥٦ »
پيقار	[Picard]			
رومر	[Rœmer]			
فلامستد	[Flamstead]	١٧٠٨	١٠٧١ »	٣٤٨ »
هالهی	[Halley]			
درهم	[Derhem]	١٧٠٨	١٠٧١ »	٣٤٨ »

مع التأسف بو تجاربك هيچ بری متقابلاً اجرا ايدلمديكی جهتله كافی درجه‌ده قناعت بخش كورولمه‌مشدر. بناءً عليه ١٧٣٨ سنهٔ ميلاديه‌سنده پارس انجمن‌دانشی يكيدن اجرای تجربه ايتمك اوزره قاسينی دو توری [Cassini de Thury] ، لاقای [Lacaille] ، مارالدی [Maraldi] دن مركب بر قوميسيون تشكيل ايلهمشدر . بو ذوات پارسده يكديكرندن كورولهبيلن تپه‌جكلر ايله بنالره كچوك چاپده طوپلر وضع ايليه‌رك وطوپلری متقابلاً ومتناوباً انداخت ايده‌رك ٦ درجه سانتغراددده سرعت صوتی ثانيه‌ده ١٧٣ تواس [يعنی ٣٣٧] متره بولمشلردر .

فقط بو نتيجه‌ده [١] نيوتون دستورينه توافق ايتمه‌مش وعادتا نظريه ايله تجربه ميانه‌ده‌كی اختلافی تأييد ايلمشدر . نهايت نظريه ايله تجربه ميانده بو صورتله وجودی قطعياً تحقق ايدن بواختلافك ايضاح وازاله‌سی لاپلاسه ميسر اولمشدر. شويله‌كه: موماليه غازلرك بك جزئی ناقل حرارت اولماسندن دولايی بر قطعهٔ هوائيه‌ده تقبض ايله حاصل اولان حرارتك درعقب ديكر قطعه‌لره انتقال ايده‌مديكنی وصوتك نسبةً سرعتله انتشار ايلديكی كتلهٔ هوا درونده هرنقطه‌ده سخونتك بر اولماديغنی بيان ايتمشدر. بونك اوزرينه

[١] زيرا نيوتون دستوری ٦ درجه‌ده سرعت صوت ايچون $٢٨٠ \sqrt{١ + \frac{٦}{٢٧٣}} = ٢٨٥$ متره كبی بر قيمت اعطا ايديور ايدی .

TÜRK TARİH KURUMU

ثابت بر سخونت تحتنده بولنان کتلهٔ غازلر حقنده جاری اولان ماربوط قانونك بو حاله قابل تطبیق اولنه‌مایه‌جغنی، فقط برقطعهٔ هوا داخلنده حاصل اولان حرارت دیکر قطعه‌لره درحال سرایت ایده‌مدیکی تقدیرده بو هوا طبقه‌سنه پواسو [Poisson] ك :

$$\frac{ض}{ح^{ن}} = \text{ثابت}$$

قانونی تطبیق ایلك لازم کله‌جکی علاوه ایتمشدرکه بو قانونده ن مقداری غازك ثابت تضیق تحتنده‌کی یه نسبتهٔ حروریه‌سی ایله ثابت حجم تحتنده‌کی یه نسبتهٔ حروریه‌سی بلننده‌کی نسبتدن عبارتدر. ایشته بو حالده افادهٔ آخیره‌دن :

$$\text{هاوا} = \frac{\text{ن هاج}}{\text{ح}}$$

ویا

$$\frac{\text{هاو}}{\left(\frac{\text{هاج}}{\text{ح}}\right)} = \text{و ن}$$

بولنه‌جغندن (١٣) دستورنده ه یرینه قونیلور ایسه :

$$\text{ب} = \sqrt{\frac{\text{و ن ض}}{\text{ك}}} \qquad (١٨)$$

دستوری حاصل اولورکه لاپلاسك دستوری‌ده بولندن عبارتدر .

بو دستوردن‌ده آکلاشیلاجغی اوزره نیوتون دستوریله بولنان مقداری تصحیح ایچون $\sqrt{ن}$ ایله ضرب ایتمك اقتضا ایدر.

هوای نسیمی ایچون ن = ١٫٤١ وبنابرین $\sqrt{ن}$ = ١٫١٨٧٤ بولنمقله سرعت صوتك صفر درجهٔ حرارتده‌کی قیمتی :

$$٢٨٠ \times ١٫١٨٧٤ = ٣٣٢٫٤ \text{ متره}$$

اولمرکه بوده نظریه ایله تجربه میانسده کافی بر اختلافك وجودینی خطار ایدر .

٢٩ لاپلاسك دستور دیکری ، تجارب اخیره . — لاپلاسك سرعت صوت

حقنده‌کی سالف‌الذکر دستوری بروجه آتی دیکر بر صورته دخی افراغ اولنه‌بیلیر . شویله‌که، نظریه‌نه اساس اولان اسطوانه‌یی تشکیل ایدن غازك واحد حجمنك وزنی ك ایله کوستریلیر ایسه :

$$\text{ك} = \text{ح}^{\circ} \text{ ے}$$

ویا

$$\text{ے} = \frac{\text{ك}}{\text{ح}^{\circ}}$$

اولهجغی کبی بوجسمك [غازك] واحد طول و واحد مقطعده بولنان بر قطعه‌سنك کندی

وزنه [یعنی ك مقداریله] مساوی برتضیق تحتنده قیصالدیغی مقدار، تعبیر آخرله ه امثال الاستیقی :

$$\text{ه} = \frac{\text{تضیقك مقدار تزایدی}}{\text{حجمك مقدار تقبض اضافیسی}} = \frac{\frac{\text{ك}}{\text{ه}}}{\frac{\text{ك}}{١}} = \frac{\text{ك}}{\text{ه}}$$

اولهجغندن [١٣] دستورنده محللرینه قونیلور ایسه :

$$\text{ب} = \sqrt{\frac{\text{ے}}{\text{ك}}} = \sqrt{\frac{\text{ے}}{\text{ك}} \times \frac{\text{ك}}{\text{ه}}}$$

ویا

$$\text{ب} = \sqrt{\frac{\text{ے}}{\text{ه}}} \qquad (١٩)$$

دستور مشهوری استحصال اولنور .

ایشته لاپلاس سالف‌العرض اختلافی برطرف ایدرایتمز هوا داخلنده سرعت صوتك

$$\text{ب} = -٣٣٣\sqrt{١+\frac{\text{ه}}{٢٧٣}} \qquad (١٩)$$

دستوریله حساب آولنماسی لازم کله‌جکنی ارائه ایتمشدر . حتی یکیدن اجرای تجربه ایتمك و ١٧٣٨ سنه‌سی تجربه‌لرنده اهمیت ویرلمین برجهتی‌که هوای نسیمینك سخوتی مادهسندن عبارتدر ، داخل حساب ایلك اوزره برقومیسیون تشکیلی انجمن دانشدن طلب ایلمشدر.

ایشته بونك اوزرینه فرانسه « طول دائره‌سی » اعضاسندن آراغو [Arago] ، بووار [Bouvard] ، ماتیو [Mathieu] ، پرونی [Prony] ایله کیلوساق [Cay-Lussac] و هومبولد [Humboldt] دن مرکب بر قومیسیون تشکل ایده‌رك بو قومیسیون ١٨٢٢ سنهٔ میلادیه‌سنده پارس‌جوارنده « ویل ژوویف » ایله « مونته‌ری » تپه‌لرنی تجربه‌گاه اتخاذ ایتمش ومتقابلاً اجرا اولنان تجارب عدیده‌دن ١٥°٫٩ سانتیغراددده سرعت صوتی ٣٣١ مترویه مساوی بولمشدر . بر سنه صوکره مول [Moll] و، وان ـ بق [Van-Beck] ، اوترخت جوارنده تکرار اجرای تجربه ایله صفر درجهٔ حرارتده سرعت‌صوتی ٣٣٢٫٨ بولدقلری کبی ١٨٢٢–١٨٤٤ سنه‌لرنده قپودان پاری [Parry] و ١٨٢٥ سنه‌سنده قپودان کندال [Kendall] نواحیٔ قطبیه‌ده — ٤٠ درجه‌ده سرعت صوتك یینه لاپلاس دستورینك ارائه ایتدیکی مقداره توافق ایتدیکنی کورمشلردر [١]

[١] مؤخراً [١٨٧] رنیول [Regnault] وسائره طرفلرندن اجرا اولنان تجارب دقیقه نتیجه‌سنه کوره صفر درجهٔ حرارتده و یابسی هوا داخلنده سرعت صوتك ٣٣٠٫٦ متره اولدینی تحقق ایتمشدر .

TÜRK TARİH KURUMU

٣٠ تحقيقات نظريه. — تجربه ايله نظريه مباينده‌كى بو توافقك وجوديله برابر ارباب حكمت لاپلاسك مطالعه‌سى صحيح اولوب اولماديغنى تدقيقدن كيرى طورمامشلردر. عجبا تقبض ايله حاصل اولان حرارتك بر قسمى انتقال، يا انشعاع صورتيله، حصوله كلديكى محللدن انتشار ايتميورمى؟ وبوحالده هوا داخلنده صوتك سرعت حقيقيه‌سى سرعت نظريه‌سندن دها دون دكلميدر؟ بورالرنى تحرى وتحقيق ايتمشلردر. ايشته انكليز ارباب حكمتندن استوق [Stokes] بو تدقيقات مياننده نيوتونك، لاپلاس طرفندن، معدل نظريه‌سنك برغاز كتله‌سى داخلنده توسعات ايله تقبضاتك يكديكرينه، هيچ برعمل ميخانيكى صرف ايدلمكسزين، توالى ايده‌بيلمه‌سنه يكانه مساعد برفرضيه اولديغنى اثبات‌ده ايتمشدر. بر صورتده‌كه بو فرضيه‌نك خارجنده بر كتلهٔ غاز داخلنده وقوعه كلن تقبضاتك توسعاته و توسعاتك تقبضاته توالى ايتمه‌سى، تعبير آخرله كتلهٔ مذكوره‌نك توسعات و تقبضاتدن مركب بر دورهٔ حروريه‌يى تعقيب ايلمه‌سى ايجون مطلقا بر مقدار قدرت حروريه صرفنه لزوم كورلمكده‌در. چونكه بو حالده صوتى حصوله كتيرن حركت اهتزازيه‌نك شدتى، كه حركت مذكوره‌يه عائد قدرت حركيه ايله متناسبدر، او درجه تناقصه دوچار اولماسى اقتضا ايدرككه طبيعتده بويله بر حادثه‌يه يعنى صوتك فوق‌العاده بر سرعتله منطقى اولماسنه اصلا تصادف اولنمامشدر. بنابرين (نيوتون-لاپلاس) فرضيه‌سى، حادثات مشهوده‌يه كوره يكانه‌شايان قبول برفرضيه اولمق لازم‌كلير. بوندن‌باشقه لاپلاس دستورى، نيوتون دستورى كى صوتك سرعتنى، پرده‌سنه ومحل‌حصولنده تضيق نسبتنك قيمتنه تابع اولمايه‌رق اعطا ايله‌مكده‌در.

مع مافيه رنيول (Regnault) لك تجاربندن صوكره بو دستورلرك كافه‌سى، وسعتلرى غايت اصغر اولان اهتزازات حقنده صحيح اولمايه‌جكى تظاهر ايلمشدر. فى‌الحقيقه بر كتلهٔ غازده تضيقك مقدار تحولى ايله مقدار تقبض غايت اصغر اولماديغى صورتده حجمك $ح - ح_0$ مقدار تحولندن طولايى تضيقه عارض اولان $ث - ث_0$ مقدارى تحولى:

$$ث - ث_0 = ث_0 \frac{ح - ح_0}{ح_0}$$

دستوريله حساب ايدلمك ايجاب ايدر. بو افاده‌ده:

$$ث - ث_0 = ث_0 \frac{[ح - ح_0 (١ - ه)]^{ى}}{ح_0^{ى}(١ - ه)^{ى}}$$

ويا $ث - ث_0 = ث_0 [(١ - ه)^{-ى} - ١]$

وياخود $ث - ث_0 = ث_0 [ى ه + \frac{ى(ى+١)}{٢ \times ١} ه^{٢} + \dots]$

اولهجغندن

$$ه = ث_0 ى ه + ث_0 \frac{ى(ى+١)}{٢ \times ١} ه^{٢} + \dots$$

بولنوركه بوده امثال الاستيقيتك، بوزمانه قدر فرض ايدلديكى كبى، ثابت اولماديغنى ارائه ايدر. ايشته بر كتلهٔ غازك الاستيقيتى ه امثال تقبضى ايله تزايد ايتديكى حالده سرعت صوتك‌ده بو صورتله تزايد ايلمه‌سى طبيعيدر.

خلاصه بر صوتك سرعتى شرائط متساويه تحتنده شدتله تزايد ايدر؛ فقط وسعتى غايت اصغر فرض اولنه‌بيلن اهتزازاتدن متحصل بر صوتك سرعتى ثابت ولاپلاسك:

$$ب = \sqrt{\frac{ث_0}{ك}}$$

دستورى نتيجه‌سنه مطابقدر.

٣٢ مايعاتده سرعت صوت. — اولجه استخراج اولنان:

$$ب = \sqrt{\frac{ه}{ك}}$$

دستورى طوغرودن طوغرويه مايعاته تطبيق اولنه‌بيلير. فى‌الحقيقه ل طولنده و ط مقطعنده بر ستون مايع تصور ايدهلم و بو مايعك امثال انضغاطى صه ايله كوسترهلم. اكر مايع اوزرينه اجرا اولنان تضيق بر هواى نسبتى تضيقى قدر تزييد ايديلهجك اولور ايسه ستون مايعك ل طولى لَ طولنه تبدل و حجمى‌ده ل ط دن لَ ط مقدارينه تنزل ايدر. تعبير ديكرله:

$$لَ = ل ط (١ - صه)$$

بولنور. ستون مايعك واحد طولى نظر اعتباره آلنير ايسه ل = ١ اولهجغندن مساوات اخيره:

$$لَ = ١ - صه$$

شكلنه منجر اولور. بوندن استنتاج اولنوركه ث تضيق نسبىٔ طبيعيسى تحتنده ستون مايعك واحد حجمنك مقدار تقبضى صه امثالنه مساويدر. حالبوكه ث تضيق طبيعيسنك قيمت ميخانيكيه‌سنى استحصال ايچون بارومتره‌ده جيوه‌نك ارتفاعى ع و وزن مخصوصى ك، شدت جاذبه ح ايله كوسترديلهجك اولور ايسه:

TÜRK TARİH KURUMU

$$و = ٢ ك ع$$

بولنه‌جغندن $$ه = \frac{\text{تضييقك مقدار تزايدى}}{\text{مقدار تقبض اضافى}} = \frac{و}{ه} = \frac{٢ ك ع}{صه}$$

و محلنه بالوضع $$ب = \sqrt{\frac{٢ ك ع}{صه}}$$ (١٩)

دستورى حاصل اولور .

دستور مذكور برستون مايع ايچون استخراج ايدلمش ايسه‌ده مايع اولان هر بر واسطهٔ غير محدوده يه‌دخى قابل تطبيقدر. برده بر مايع تضييق اولنديغى حالده اكثريا درجهٔ حرارتى تزايد ايده‌جكى جهتله ه امثالنك حسابنده بر تزايد درجهٔ حرارت دخى نظر اعتباره آلنمق ايجاب ايدر . فقط بوندن طولايى ه امثالى بك جزئى تحول ايده‌جكندن حس اولنه‌جق درجه‌ده بر خطا وقوعه كتيرلمكسزين بوندن صرف نظر اولنه‌بيلير .

ايشته + ٤ درجهٔ سخونتده بولنان صو ايچون غراسى [Grassi] يه توفيقاً :

$$صه = ٠,٠٠٠٠٤٩٩$$

ولديغندن :

$$ب = \sqrt{\frac{٠,٧٦ \times ١٣,٥٩ + ٩,٨١}{١٣٠,٠٠٠٤٩٩}} = ١٤٢٥ \text{ متره}$$

بولنور . فى الواقع تولادون [Colladon] ايله شتورم [Sturm] جنوده كولنده ١٨٢٧ سنه‌سنده اجراى تجربه ايده‌رك ٨,١ سانتغراددده صو ايچنده سرعت صوتى ١٤٣٥ متره يه مساوى بولمشلردر .

٣٢ صلبلرده سرعت صوت . — صلب بر چبوقده اهتزازات طولانيه‌نك سرعت انتشارى يه

$$ب = \sqrt{\frac{ل}{ح}}$$

دستوريله تعين اولنه‌بيلير. مبحث الاستيقيته‌ده كورولديكى اوزره ل طولنده ، ح = ط مقطعنده بولنان منشورى ويا اسطوانى بر صلب چبوق بر ف = و تضييقى تحتنده تأثيرنده :

$$ل = \frac{و}{ه ه ح}$$

قدر بر مقدار اقتصار ايدركه بوراده‌كى ه امثالى جسمك على العاده امثال الاستيقيتندن

عبارتدر . [١] شمدى چبوغك طولى واحد اعتباردن تضييق‌ده چبوغك وزننه مساوى فرض ايديلير ، وچبوغك وزن مخصوصى‌ده و ايله گوستريلير ايسه‌ده :

$$و = ط و = ٢ گ$$

و بنابرين $$ب = \frac{ط و}{ه ه ط} = \frac{و}{ه ه}$$

اوله‌جغندن $$ه = \frac{\text{تضييقك مقدار تزايدى}}{\text{مقدار تقبض اضافى}} = \frac{و}{ب} = \frac{٢ گ ه ه}{و}$$

بولنور و دستورده محلنه قونيلور ايسه :

$$ب = \sqrt{\frac{٢ ه ه}{و}}$$ (٢٠)

دستورى استحصال اولنور .

ايشته بو دستور بر دمير چبوغه تطبيق ايديلمك اولور ايسه :

بر ميليمتره مربعى ايچون ه ه = ٢٠,٠٠٠ كيلوغرام

بر سانتيمتره مكعبى و = ٧,٧ غرام

و ذاتاً ٢ = ٩,٨١ متره

اولديغنه كوره

$$ب = \sqrt{\frac{٢٠٠٠٠٠٠٠٠٠ \times ٩,٨١}{٧٧٠٠}} = ٥١٠٠ \text{ متره}$$ بولنور .

بعضى اجسام صلبه حقنده عينى حسابات اجرا ايدلديكى صورتده بروجه آتى نتايجه دسترس اولنور :

اسامئ اجسام	سرعت صوت	اسامئ اجسام	سرعت صوت
چام آغاجى	٦٠٠٠ متره	باقر	٢٧٥٠ متره
جام	٥٢٠٠ »	پلاتين	٢٦٥٠ »
جليك	٥٢٠٠ »	كوموش	٢٦٠٠ »
دمير	٥١٠٠ »	آلتون	١٧٥٠ »
فونت	٤٣٠٠ »	قورشون	١٢٠٠ »

[١] بورده على العاده ا نعمال اولنان هه امثال الاستقيمى يوقاريده‌كى ه امثال الاستقيمى ايله قاريشديرلمشدر .

TÜRK TARİH KURUMU

معمافيه بو سرعتلری بالتجربه تعيين ايتمك مشكلات عظيمه‌يی داعيدر . مشاهير حكمتشناسادن بيو [Biot] ٩٥١.٢٥ متره طولنده فونتدن معمول ، « لوكون » وقورشون حلقه‌لر ايله يكديكرينه مربوط ٣٧٩ بورودن مركب كهنه بر صو مجراسنده اجرای تجربه ايده‌رك سرعت صوتی ٣١٨٩ متره معادل بولمشدر. واقعا مؤخراً ١٨٥١ سنه‌سنده ورتهيم [Wertheim] ايله برهكه [Bréguet] فرانسه‌ده ورسای [Versaille] خط تلغرافيسی اوزرنده اجرای تجربه ايتمشلر ايسه‌ده بر نتيجهٔ صحيحه استحصالنه موفق اولامامشلردر .

٣٣ تنبيه . — اجسام صلبه اوزرينه اجرا اولنان تضييق يالكز برجهتدن و ياخود هرجهتدن اولديغنه كوره وقوعه كلهجك اولان تقبض قوانين مختلفه‌يه توفيقاً تحول ايده‌جكندن سرعت صوتك‌ده بر چبوق داخلنده و يا بر جسم صلب غيرمحدوده درونده قيمتی براو نايه‌جق‌شيه‌سزدر. ايشته موسيو ورتهيم[Wertheim] ك تدقيقانه‌نظراً برجسم صلب غير محدوده و قوعه كتيرين اهتزاز ، طولانی ايسه بر موج مستوينك سرعتی :

$$ب_1 = \sqrt{\frac{ج_{مه}}{و}} \times \sqrt{\frac{١ - مه}{(١ + مه)(مه + ٢ + ١)}} = ب \sqrt{\frac{١ - مه}{(١ + مه)(١ - ٢ مه)}}$$

ايله ، بالعكس اهتزاز عرضانی ايسه موج مستوينك سرعتی‌ده

$$ب_2 = \sqrt{\frac{ج_{مه}}{و}} \times \sqrt{\frac{١}{(١ + مه)٢}} = \frac{ب}{ج} \sqrt{\frac{١}{(١ + مه)٢}}$$

دستوری ايله افاده اولنمق‌ايجاب ايدركه بوراده‌كی مه امثالی مبحث‌الاستيقيده بيان اولنان پواسسون امثالندن عبارتدر . بو امثالك ورتهيمه كوره قيمتی ½ اولمقله :

$$ب_1 = \sqrt[٤]{ب}$$
$$ب_2 = \sqrt[٨]{ب}$$

و بنابرين

$$\frac{ب_2}{ب_1} = \frac{١}{٢}$$

بولنور. فقط مبحث‌الاستيقيده كورولديكی اوزره، پواسسونه كوره مه = ¼ اولديغندن بو حالده‌ده :

TÜRK TARİH KURUMU KÜTÜPHANESİ

$$ب_1 = \sqrt[٤]{ب}$$
$$ب_2 = \sqrt[٨]{ب}$$

و

$$\frac{ب_2}{ب_1} = \frac{١}{١.٧٣٢}$$

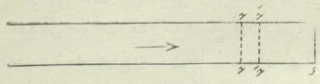
اولور . مع التأسف بو نتايجك هيچ برى هنوز بالتجربه تحقق ايده‌مه‌مشدر .

٣٤ برجهتدن محدود اولان بر اسطوانه درونده اهتزازات طولانيه‌نك انتشاری . — بر اسطوانهٔ غير محدوده داخلنده بر قطعه‌ده وقوعه كتيرلن بر حركت اهتزازيه‌نك اسطوانهٔ مذكورك هرايكی جهتنه طوغرو انتشاری بوقارووده كورلمش ايدی. شمدی برجهتدن محدود اولان براسطوانه داخلنده حركت اهتزازيه‌نك انتشارنجه‌وقوعه كلهجك تعديلات وتغيراتی نظر اعتباره آلهلم. بو صورتده بروجه‌آتی ايكی حالدن برينك ظهوری طبيعيدر :

يا اسطوانه‌نك مقطع انتهائيسی ، اوزرينه وارد اولان موجه اسطوانه‌يی تشكيل ايدن واسطه‌دن دها زياده بر مقاومت كوسترمه‌يلركه بوحال اسطوانه غايت محكم بر مستوئ ثابت ايله نهايت بولديغی زمان واقع اولور ؛

وياخود اسطوانه‌نك نهايتی موج وارده دها آز بر مقاومت ابراز ايدن ديكر بر واسطهٔ غير محدوده داخلنه آچلمش بولنور .

برنجی حالده (شكل ٨) ح مقطع انتهائی مستويسی صورت مطلقه‌ده سكون اوزره ايسه‌ده موج منقبضك بورايه ورودنده بو مقطع ايله ختام بولان ح ز ز قطعهٔ انتهائيه‌سی ح ح' قدر تقبض‌ايتمش بولنه‌جغندن بهمه حال كسب توسع ايتمدكجه تكرار سكونته داخل اولهماز. بنابرين قطعهٔ‌مذكوره‌نك هرمقطعی حائز اولديغی سرعته مساوی ومعاكس برسرعتله برحركت رجعيه‌اجرا ايدر؛ وبوحركت رجعيه‌اسطوانه درونده عكسی‌جهته طوغرو انتقال ايدن برموج منقبض توليد ايلركه « حركت اهتزازيهٔ منعكسه » ديئيان حركت‌ده بولندن عبارتدر. بونوع انعكاسده مقطع انتهائيده سرعت‌اهتزاز تبديل اشارت ايلديكی جهتله بوكا « تبديل اشارتلی انعكاس » تسميه اولنور . مع‌مافيه



(شكل ٨)

302

سرعت اهتزازك بوتبديل اشارتيله برابر حركت اهتزازيهٔ منعكسه اسطوانه درونندهعكسی جهته طوغرو ينه تقبضات ايله منتشر اولور .

ايكنجی حالده (شكل٩) موج ء ؤ مقطع اتهائيسنه ورودنده ، ح ؤ ؤ ح قطعهٔ اتهائيهسی نسبةً دها آز بر مقاومته تصادف ايده-



(شكل ٩)

جكندن ايكنجی واسطه درونندهء ؤ وضعنه قدر ايلريليه‌يه‌رك ح ؤ ؤ ح شكلنده توسع ايدر. ايشته قطعهٔ مذكوره بوصورتله‌ايكنجی واسطه‌درونندهء، اوك طرفنده، بولنان‌طبقه‌ني‌تضييق ايده‌رك بوواسطه‌داخلنده برموج‌منقبض توليدايليه‌جكی كبی كسب‌توسع ايلديكندن دولايی‌ده اسطوانه داخلنده برده‌موج منبسط‌حاصل‌ايدر. بوايكی موجك برنجيسی‌ايكنجی واسطه‌نك درونندهء جهت مبسوطه‌ده وايكنجيسی ايسه اسطوانه داخلنده جهت معكوسه‌ده انتشار ايدركه بو حالده « حركت اهتزازيهٔ منعكسه » دينيلن حركت‌ده بوندن عبارتدر .

بو نوع انعكاسده مقطع اتهائيده هر جزؤ فردك سرعت اهتزازيه‌سی تبديل اشارت ايتديكندن بوكا « تبديل اشارتسز انعكاس » تعبير اولنور ؛ فقط حركت منعكسه اسطوانه درونندهء تقبضاته بدل توسعات ايله منتشر اولور .

خلاصه برنجی حالده مقطع انتهائيده سرعت اهتزاز تبديل اشارت ايدر ايسه‌ده حركت منعكسه ينه تقبضات ايله انتشار ايتديكندن مقدار تكاثف اشارتی محافظه ايدر ؛ ايكنجی حالده مقطع انتهائيده سرعت تبديل اشارت ايتمز ايسه‌ده حركت منعكسه‌نك انتشارنده تقبضات يرينه توسعات قائم اولديغندن مقدار تكاثف تبديل اشارت ايدر .

بو ايكی حالك هر ايكيسی بر وجه‌آتی حركت اهتزازيه‌نك بر اسطوانهٔ غير محدوده داخلنده‌كی صوت انتشارينه ارجاع اولنه‌بيلير . بونك ايچون بوقاريده‌كی اسطوانه‌ني غير محدود برشكله افراغ ايلك وفقط علاوه اولنان قسم اسطوانه ايچون قبول‌ايديله‌جك حال ابتدائی‌يی، مسئله‌نك شرائط حكميه‌سنه توافق ايليه‌جك صورتده انتخاب ايتمك كفايت‌ايدر.

٣٥ ـ بر طرفی مسدود اولان بر اسطوانهٔ محدوده ، — برجهتدن (شكل١٠)

بر ح مستويسيله صورت قطعيه‌ده مسدود بر اسطوانهٔ متجانسه تصور ايدهلم ؛ وبو اسطوانه‌نك ح قاعده‌سنی مبدأ اتخاذ ايله حركت اهتزازيه‌نك وارد اولديغی ب ء جهتی س محورينك قسم مثبتی اعتبار ايليهلم . ح قاعده‌سی دائما صورت مطلقه‌ده سكون اوزره بولنه‌جغندن س = ٠ قيمتی ايچون هر آن :

$$ب = \frac{\text{نها ص}}{\text{نها ء}} = ٠ \qquad (١)$$

اولمق لازم كلير . بو حالده :

$$ب = \text{نا}(س + ب ء) - ب \text{نع}(س - ب ء) \qquad (٨)$$

معادله‌سی :

$$\text{نا}(ب ء) - \text{نع}(- ب ء) = ٠ \qquad (٢)$$

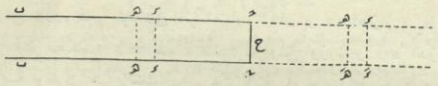
شكلنه منجر اولهجغندن و ء زمانی هر نه قيمتی حائز اولور ايسه اولسون موجود بولنه‌جغندن ع = ب ء وضعيله صورت عموميه‌ده اولهرق :

$$\text{نا}(ع) - \text{نع}(- ع) = ٠$$

ويا

$$\text{نا}(ع) = \text{نع}(- ع) \qquad (٣)$$

معادلهٔ شرطيه‌سنه دسترس اولنور . بناءً عليه ع متحولنك قيم مثبته‌سی ايچون معلوم اولان نا ، نع تابعلری قيم منفيه‌سی ايچون‌ده معلوم ديمك اولمقله اسطوانه غيرمحدودفرض ايدلديكی تعبير آخرله ح جهتنه طوغرو الی غيرالنهايه تمديدی تصور اولنديغی حالده دخی مسئله حل اولنه‌بيلير .



(شكل ١٠)

شمدی‌اسطوانه غيرمحدود فرض‌ايديله‌رك ح قاعده‌سی ذهناً رفع اولنور واسطوانه‌نك ح ؤ قسم منفيسنده‌بولنان ستونه بوقاريده‌كی (١)، (٢) شرطلرينی‌حائز برحركت اهتزازيه ويريله‌جك اولور ايسه اسطوانه‌نك قسم مثبتنده حركت اهتزازيه اصلا تغيير ايدلهمش اولور. بو (١) و (٢) شرطلری ايسه عينی نتيجه‌يی مستلزمدر . فی‌الحقيقه اسطوانه‌نك قسم منفيسنك لاعلی‌التعيين بر مقطعنده ب سرعتی ايله نه مقدار تكاثفی حساب ايدهلم. اولجه استخراج اولنان (٨) ، (٩) دستورلرنده س يرينه — س وضعيله :

$$ت = ب \text{نا}(- س + ب ء) - ب \text{نع}(- س - ب ء)$$

ويا (٣) مناسبته بناءً :

$$ت = ب \text{نا}(س - ب ء) - ب \text{نع}(س + ب ء)$$

TÜRK TARİH KURUMU

وبنابرین $ت = -ب$

اوله جنی کبی دیکر طرفدن ده :

$$ه = -ما(-س + ب ث) - بع(-س - ب ث)$$

ویا $$ه = -بع(س - ب ث) - ما(س + ب ث)$$

والحاصل $ه = ه$

بولنور. ایشته مبدأ اتخاذ اولنان ح مقطعنك ایکی جهتنده عینی ط مسافه سنده کائن هـ ، هٔ مقطع ویاقطعه لرینه مساوی ومعاکس سرعتلر وفقط عینی مقدار تکاثفلر اعطا ایدیله جك اولور ایسه ز ز مبدأ مقطی ده الی غیرالنهایه سکون اوزره ابقا ایدلمش اولور .

شمدی حرکت اهتزازیهٔ ابتدائیه نك ع = ط ایله ع = ط + ل میانده محصور بولندیغنی تصور ایدهلم : بو حالده ما ، بع تابعلری:

ع = ط ع = ط + ل

قیمتلری آره سنده محصور اولمایان مثبت قیمتلری ایچون صفر اوله جنی کبی (٣) معادله سنه توفیقاً :

ع = ط ع = - ط - ل

آره سنده محصور اولمایان منفی قیمتلر ایچون ده صفر اولور . ایشته ز ء = ط ، ء هـ = ل اولمق وزره قسم مثبته ده کی نظر اعتباره آلنان بر ء هـ اهتزاز بسیط محدودینه مقابل ومتناظر قسم منفیده ز ءٔ = ط ، ءٔ هـٔ = ل اولمق اوزره بر ءٔ هـٔ اهتزاز بسیطی تخیل اولنور ایسه بونلرك هر برینك ب سرعت ثابته سیله ح مبدأنه طوغرو برر موج منقبض ایصال ایتمسی طبیعیدر . موج منقبض مثبتك ح مبدأ سطحنه وصولنده موج منقبض منفی ده واصل اوله جغندن بونلر یکدیکرندن بالمرور هر بری استقامتنجه انتشاره دوام ایدر . بوندن آکلاشیلیرکه ء هـ موج حقیقیسنك ء مبدأی ح مقطعنه واصل اولنجه کویا نقاط مختلفه سی عینی تکاثفی وعکسی اشارتله عینی سرعتی محافظه ایتمك اوزره رجعت ایدیورمش و هنوز بو مقطعه تقرب ایلکده بولنان نقاطنه التحاق ایلیورمش کبی کورونور . وتماماً ء هـ موج مثبتك هـ نهایتی ح مقطعنه ورودنده موج مذکور کاملاً رجعت ایلش و عکسی جهته طوغرو اسطوانه درونده انتشاره حاضرلانمش بولنور . ایشته تقبضات ایله انتشار ایدن حرکت اهتزازیهٔ منعکسه بوندن عبارتدر .

٣٦ بر طرفی مفتوح بر اسطوانهٔ محدوده — شمدی (شکل ١٠)

ح انتهائیسنی، تقبضی هر نقطه ده براولان بر واسطهٔ غیر محدوده و مثلا هوای نسیمی یه آچلمش فرض ایدهلم و اسطوانه نك مفتوح اولان بومقطعنی مبدأ اتخاذ ایله حرکت اهتزازیه نك ورود ایتدیکی جهتی س فصله لری ایچون جهت مثبته اوله رق قبول ایلیهلم . بو حالده اسطوانه نك آچیق اولان مقطعنده نه س تابعی ، نه ده :

$$ب = \frac{\text{بما س}}{\text{ما ث}}$$

سرعتی هیچ بر شرطه تابع بولنماز ایسه ده مقطع مذکورده تضییق ، تضییق خارجیدن پك ده فرقلی اوله ماز. بناءً علیه مبدأ مقطعنده به مقدار تکاثفی [یعنی بورادهکی نقطه لرك تضییق ایله تضییق خارجی بینده کی مقدار تحول] غایت اصغر اوله جغندن س = ٠ . قیمتی ایچون هر آن :

$$ه = -\frac{\text{بما س}}{\text{ما ث}} = ٠ \qquad (١)$$

فرض اولنه بیلیر . بو شرطه نظراً :

$$ه = -ما(س + ب ث) = بع(س - ب ث) = ٠ \qquad (٩)$$

معادله سی :

$$-ما(+ب ث) - بع(-ب ث) = ٠ \qquad (٢)$$

شکلنه منجر اوله جغندن ث زمانی هر نه اولور ایسه اولسون ب ث = ع وضعیله

$$-ما(ع) = بع(-ع) \qquad (٣)$$

بولنور و بنابرین ع متحولنك قیم منفیه سی ایچون ده ما ، بع تابعلری معلوم دیمك اولور .

ایشته اسطوانه نك ح مقطعنك دیکر جهته طوغرو الی غیرالنهایه امتداد ایلدیکی فرض اولنور و قسم منفیده لاعلی التعین بر مقطعك ث زمانینده کی ت سرعتی ایله ه مقدار تکاثفی آرانیله جق اولور ایسه :

$$ت = ب ما(-س + ب ث) - ب بع(-س - ب ث)$$

ویا (٣) مناسبتنه بناءً

$$ت = -ب بع(س + ب ث) + ب ما(س + ب ث)$$

والحاصل $ت = ب$

بولنه جنی کبی

$$ه = -ما(-س + ب ث) - بع(-س - ب ث)$$

و یا نه (٣) موجبنجه :

TÜRK TARİH KURUMU

$$\text{ه} = \text{ع}\,(\text{س} - \text{ب}\,\text{ص}) + \text{ما}\,(\text{س} + \text{ب}\,\text{ص})$$

ونهايت $\text{ه} = -\text{ه}$

بولنور .

بو تقديرجه ح مقطعندن مساوى بعدده بولنان ايكى مقطع وياايكى قطعه مساوى سرعتلر، و فقط عكسى اشارتلى مقدار تكاثفلر آلمق شرطيله اهتزاز ايتديريلهجك اولور ايسه ح مقطعنك مقدار تكاثفى صورت دائمهده صفره مساوى طوتلمش اولور .

شمدى اسطوانهنك قسم مثبتهسكى حركت اهتزازيهٔ ابتدائيهسى ع = ط ايله ع = ط + ل ميانسده محصور تصور ايدهلم :

بو حالده ما و ع تابعلرى ع = ط ، ع = ط + ل قيمتلرى آره‌سنده محصور اولمايان قيم مثبته ايچون صفر اولهجق كبى ع = − ط ، ع = − ط − ل قيمتلرى ميانسده محصور اولمايان قيم منفيه ايچوندده يينه صفر اولور . قسم مثبتده ح ه = ط ، ه ء = ل اولمق اوزره تصور اولنان بر اهتزاز بسيطه مقابل ح ء = ط ، ء ه = ل اولمق اوزره متناظر بر اهتزاز بسيط دها تخيل اولنور ايسه بونلردن برنجيسنك ح مقطعنه طوغرو بر موج منقبض و ديكرينسكده بر موج منبسط ايصال اتمهسى ضروريدر . بو ايكى موج عينى زمانده ح مقطعنه واصل اولهرق يكديكرندن بعدالمرور هر برى استقامتنجه انتشاره دوام ايدر . بناءً عليه موج منقبض ايكنجى واسطه درونسنده انتشار ايدهجكى كبى موج منبسطده عينى سرعتله و فقط توسعات ايله اسطوانه درونسنده انتشاره باشلار . ايشته توسعاتله انتشار ايدن حركت اهتزازيهٔ منعكسهده بوندن عبارتدر .

باب ثانى

حركات اهتزازيه نك تداخلى

عينى دوره تابع ايكى حركت اهتزازيهنك تركيبى - تحقيقات تجربيه - حركات اهتزازيهنك تركيبى ايچون فرهنل قاعدهسى - مختلف الدور ايكى حركت اهتزازيهنك تركيبى - ضربان حادثهسنك ايضاحى - اصواتك ارتفاع مطلقلرينك تعيينى - اصوات محصله - اصوات محصلهنك آزمونى يه تطبيق - ايكى حركت اهتزازيهٔ قائمهنك تركيبى - وحالات خصوصيهيه تطبيق - ليساژونك اصول تحقيقى .

حركت اهتزازيهنك حصول و انتشارى قوانينى كورولدكدن صوكره بحث بالطبع حركات اهتزازيهنك تركيبنه انتقال ايدركه بو بابك مندرجاتى بوندن عبارتدر .

٣٧ عينى دوره تابع ايكى حركت اهتزازيهنك تركيبى . — عينى دوره تابع و يكديكرينه موازى ايكى حركت اهتزازيهنك بر آنده‌كى سرعتلرينى نظير نظيره :

$$\text{ب}_1 = \text{ب}_1 \text{ حب } 2 \times (\frac{\text{ص}}{\text{ن}} - \text{ق}_1)$$

$$\text{ب}_2 = \text{ب}_2 \text{ حب } 2 \times (\frac{\text{ص}}{\text{ن}} - \text{ق}_2)$$

دستورلريله كوسترهلم .

بوايكى حركتاهتزازيهنك براستقامتده بولندقلرى وياخود بربرينه پك قريب (شكل ١١) م ، م ايكى نقطهدن صدور ايله بر ء نقطهسنده يكديكرينه التحاق ايلديكى فرض اولنور ايسه حصوله كلن حركت محصلهنك سرعتى بالطبع :

$$\text{ب} = \text{ب}_1 + \text{ب}_2$$

ويا $\text{ب} = \text{ب}_1 \text{ حب } 2\pi (\frac{\text{ص}}{\text{ن}} - \text{ق}_1) + \text{ب}_2 \text{ حب } 2\pi (\frac{\text{ص}}{\text{ن}} - \text{ق}_2)$

وياخود $\text{ب} = (\text{ب}_1 \text{ محب } 2\pi \text{ق}_1 + \text{ب}_2 \text{ محب } 2\pi \text{ق}_2) \text{ حب } 2\pi \frac{\text{ص}}{\text{ن}}$

$$- (\text{ب}_1 \text{ حب } 2\pi \text{ق}_1 + \text{ب}_2 \text{ حب } 2\pi \text{ق}_2) \text{ محب } 2\pi \frac{\text{ص}}{\text{ن}}$$

اولور. حال بوكه دائمًا :

$$\text{ب}_1 \text{ محب } 2\pi \text{ق}_1 + \text{ب}_2 \text{ محب } 2\pi \text{ق}_2 = \text{ن} \text{ محب } 2\pi \text{ع} \quad (١)$$

$$\text{ب}_1 \text{ حب } 2\pi \text{ق}_1 + \text{ب}_2 \text{ حب } 2\pi \text{ق}_2 = \text{ن} \text{ حب } 2\pi \text{ع} \quad (٢)$$

TÜRK TARİH KURUMU

فرض اولنه‌بیلیر . چونکه بو افاده‌لری طرفینی تربیع اولنور ایسه :

$$ب_١^٢ \text{حت}^٢ ٢\pi ج_١ + ٢ ب_١ ب_٢ \text{حت} ٢\pi ج_١ \text{حت} ٢\pi ج_٢ + ب_٢^٢ \text{حت}^٢ ٢\pi ج_٢ = ن_٠^٢ \text{حت}^٢ ٢\pi ع$$

$$ب_١^٢ \text{حت}^٢ ٢\pi ج_١ + ٢ ب_١ ب_٢ \text{حت} ٢\pi ج_١ \text{حت} ٢\pi ج_٢ + ب_٢^٢ \text{حت}^٢ ٢\pi ج_٢ = ن_٠^٢ \text{حت}^٢ ٢\pi ع$$

و بونلرده طرف بطرف جمع ایدیلیر ایسه :

$$ب_١^٢ (\text{حت}^٢ ٢\pi ج_١ + \text{حت}^٢ ٢\pi ج_١) + ب_٢^٢ \text{حت}^٢ ٢\pi ج_٢ + \text{حت}^٢ ٢\pi ج_٢)$$

$$+ ٢ ب_١ ب_٢ (\text{حت} ٢\pi ج_١ \text{حت} ٢\pi ج_٢ + \text{حت} ٢\pi ج_١ \text{حت} ٢\pi ج_٢) = ن_٠^٢ (\text{حت}^٢ ٢\pi ع + \text{حت}^٢ ٢\pi ع)$$

والحاصل

$$ب_١^٢ + ب_٢^٢ + ٢ ب_١ ب_٢ \text{حت} ٢\pi (ج_٢ - ج_١) = ن_٠^٢ \qquad (١٥)$$

بولنورکه بوده $ن_٠$ ایچون دائمی صورتده بر قیمت حقیقیه تأمینه کافیدر .

کذلك (٢َ) ، (١َ) افاده‌لری طرف طرفه تقسیم اولنور ایسه :

$$\text{مماس } ٢\pi ع = \frac{ب_١ \text{حت} ٢\pi ج_١ + ب_٢ \text{حت} ٢\pi ج_٢}{ب_١ \text{حت} ٢\pi ج_١ + ب_٢ \text{حت} ٢\pi ج_٢} \qquad (١٦)$$

بولنورکه بو معادله‌یه توافق ایده‌جك صورتده ح مقدارینه بر قیمت تخصیصی‌ده ممکندر.

ایشته (١َ) ، (٢َ) افاده‌لرینك امکانی بوصورتله اثبات اولندقدن صوکره ب دستورنده مساویلر محللرینه وضع اولنور ایسه :

$$ب = ن_٠ \text{حت} ٢\pi (\frac{ص}{ن} - ع) \qquad (١٧)$$

دستوری حاصل اولور .

بو دستوردن استدلال ایدیلیرکه یکدیکرینه موازی و عینی دوره تابع ایکی حرکت اهتزازیه‌نك محصله‌سی ینه بر حرکت اهتزازیه‌در . بو حرکت اهتزازیهٔ محصله‌نك وسعتی $ن_٠$ و صفحه‌سی ایسه ع دن عبارتدر .

بو حالده $ن_٠$ وسعت اهتزازینك مربعی‌ده حرکت محصله‌نك شدتیله‌متناسب اولمق لازم کلیر . حال بوکه

$$ن_٠^٢ = ب_١^٢ + ب_٢^٢ + ٢ ب_١ ب_٢ \text{حت} (ج_٢ - ج_١)$$

دستورندن‌ده کورولدیکی اوزره $ن_٠$ وسعت اهتزازی هر ایکی حرکت اهتزازیه‌نك

نقطهٔ مفروضه‌ده‌کی $ج_١$ ، $ج_٢$ صفحه‌لری میاننده موجود تفاضله تابعدر . شویله که: ح لا علی‌التعیین بر عدد تام اولمق اوزره :

$$\text{حت} ٢\pi (ج_٢ - ج_١) = +١$$

ویا

$$ج_٢ - ج_١ = \frac{ح}{٢}$$

اولدیغی صورتده $ن_٠$ و بنابرین ، نقطهٔ تلاقیسنده‌کی حرکت محصله‌نك شدتی‌ده اعظمی اولور . بالعکس

$$\text{حت} ٢\pi (ج_٢ - ج_١) = -١$$

ویا

$$ج_٢ - ج_١ = \frac{ح + ١}{٢}$$

اولدیغی تقدیرده شدت محصله‌ده اصغری بولنور.

تعبیر آخرله ایکی حرکت اهتزازیه‌نك صفحه‌لری میانسنده‌کی $ج_٢ - ج_١$ تفاضلی، نصف دورك زوج ویا فرد مثلی اولدیغنه کوره ، نقطه‌سنده‌کی شدت‌ده اعظمی ویا اصغری بر قیمت کسب ایدر. [١]

ایشته ، نقطه‌سنده یکدیکرینه انضمام ایدن شو ایکی حرکت اهتزازیه نظیر نظیره $ص - ج_١ = ر$ ، $ص - ج_٢ = ر_٢$ زمانلرنده م ، مَ نقطه‌لرنده‌بولنه‌جغنه‌بناءً $(ج_٢ - ج_١) = ر_٢$ مقداری هر ایکی حرکت اهتزازیه‌نك م ، مَ نقطه‌لرندن ، نقطه‌سنه انتقال ایچون‌صرف ایتدکلری زمانلر بینندهکی فضله مساوی دیمك اولور .

شمدی حرکات مرکبه‌نك م ، مُ نقطه‌لرندن ، نقطهٔ تلاقیسنه انتقاللری ایچون‌صرف ایلدکلری زمانلر یرینه بونلرك قطع ایتدکلری م ، ، مُ ، مسافه‌لرینی نظر اعتباره آلهلم. بونك ایچون $ج_١$ ، $ج_٢$ صفحه‌لرینك قیمتلرینی :

$$ج_١ = \frac{ص_١}{ن} \qquad ج_٢ = \frac{ص_٢}{ن}$$

ایله افاده و $ن$ دوری یرینه‌ده (١٤) دن مستخرج :

$$ن = \frac{ل}{ب}$$

قیمتی وضع ایلیهلم . بو حالده :

$$ج_١ = \frac{ب ص_١}{ل}$$

[١] ح صفحه‌سنك پوقاریده‌کی افاده‌سنده $ن$ دوری بولندیغی درخاطر ایتهلیدر .

TÜRK TARİH KURUMU

اولەجنی کبی

$$ح_{٢} = \frac{ب_{ص}}{ل}$$

بولنور .

علی‌العاده «مقدار تأخر» دینیلن و $ص$ زمانی ظرفنده برنجی حرکت اهتزازیه طرفندن قطع ایدیلن $م$ مسافه‌سی $ر$ ایله و $ص$ زمانندہ ایکنجی حرکت اهتزازیه‌نك قطع ایتدیکی $م$ بعدی ویا مقدار تأخری‌ده $ر$ ایله افاده اولنور ایسه :

$$ح_{١} = \frac{ر}{ل} \qquad ح_{٢} = \frac{ر'}{ل}$$

اولور . ایشته بو قیمتلر یوقاریده محللرینه وضع اولنورایسه :

$$ب_{١} = ب_{١} \text{ جب } ٢\pi \left(\frac{ص}{ن} - \frac{ر}{ل}\right)$$

$$ب_{٢} = ب_{٢} \text{ جب } ٢\pi \left(\frac{ص}{ن} - \frac{ر'}{ل}\right)$$

بولنور . بونلرك محصله‌سی اولان حرکت اهتزازیه‌نك سرعتنه کلنجه اوده :

$$ب = ن \text{ جب } ٢\pi \left(\frac{ص}{ن} - \frac{ر}{ل}\right)$$

شکلی کسب ایده‌جکی کبی (١٥) معادله‌سی :

$$ب_{ن}^{٢} = ب_{١}^{٢} + ب_{٢}^{٢} + ٢ب_{١}ب_{٢} \text{ جب } ٢\pi \frac{ر' - ر}{ل} \qquad (١٨)$$

و (١٦) معادله‌سی‌ده :

$$\text{ظاس } ٢\pi \frac{ر}{ل} = \frac{ب_{١} \text{ جب } ٢\pi \frac{ر}{ل} + ب_{٢} \text{ جب } ٢\pi \frac{ر'}{ل}}{ب_{١} \text{ جتا } ٢\pi \frac{ر}{ل} + ب_{٢} \text{ جتا } ٢\pi \frac{ر'}{ل}} \qquad (١٩)$$

صورتی اخذ ایدر .

بوحالده $ر' - ر$ فضلنه ایکی حرکت اهتزازیه‌نك «تفاضل سیری» تعبیر اولنور؛ وتفاضل مذکور $ف$ ایله کوستریلیر ایسه :

$$ب_{ن}^{٢} = ب_{١}^{٢} + ب_{٢}^{٢} + ٢ب_{١}ب_{٢} \text{ جب } ٢\pi \frac{ف}{ل}$$

اولەجغندن حرکت محصله‌نك شدتی :

$$\text{جب } ٢\pi \frac{ف}{ل} = +١$$

ویا :

$$ف = ٢ \text{ ز } + \frac{ل}{٢}$$

اولدیغنه کوره اعظمی و بالعکس

$$\text{جب } ٢\pi \frac{ف}{ل} = -١$$

ویا

$$ف = (٢ \text{ ز } + ١)\frac{ل}{٢}$$

بولندیغنه کوره‌ده اصغری اولمق لازم‌کلیر.

خلاصه $ر' - ر$ تفاضل سیری صفر ویا نصف طول موجك زوج مثلی اولدیغی نقاطده شدت اعظمی، وبالعکس فرد مثلی بولندیغی نقاطده شدت اصغری اولور .

٣٨ تداخل اصوات . — شمدی ایکی حرکت اهتزازیهٔ مرکبه‌نك شدتلرینی یکدیکرینه مساوی فرض ایدەلم : بو حالده :

$$ب_{ن}^{٢} = ب_{١}^{٢} + ب_{٢}^{٢} + ٢ب_{١}^{٢} \text{ جب } ٢\pi \frac{ف}{ل}$$

اولەجنی جهتله

$$\text{جب } ٢\pi \frac{ف}{ل} = +١$$

اولدیغنه ویا

$$ف = ٢ \text{ ز } + \frac{ل}{٢}$$

بولندیغنه کوره :

$$ب_{ن}^{٢} = ب_{١}^{٢} + ب_{١}^{٢} + ٢ب_{١}^{٢} = ٤ب_{١}^{٢}$$

اولور و بناءً علیه حرکت محصله‌نك شدتی حرکت مرکبه‌لردن برینك شدتنك درت مثلنه مساوی بولنور .

بالعکس

$$\text{جب } ٢\pi \frac{ف}{ل} = -١$$

ویا

$$ف = (٢ \text{ ز } + ١)\frac{ل}{٢}$$

اولدیغی صورتده :

$$ب_{ن}^{٢} = ب_{١}^{٢} + ب_{١}^{٢} - ٢ب_{١}^{٢} = ٠$$

بولنور و حرکت محصله‌نك شدتی‌ده صفره منجر اولور .

بوندن استنتاج ایدیلیرکه عینی دوره تابع بولنان ویکدیکری اوزرینه انضمام ایدن

TÜRK TARİH KURUMU

ایکی حرکت اهتزازیه‌نك شدتلری بربرینه مساوی اولدیغی تقدیرده حرکت محصله‌نك شدت اعظمیه‌سی حرکات مرکبه‌دن برینك شدتنك درت مثلنه وشدت اصغریه‌سی صفره مساویدر . بنابرین $ر_{ن} - ر'_{ن}$ تفاصل سیری نصف طول موجك زوج مثلی اولان نقطه‌لرده صوتك شدتی درت دفعه تزاید ایتدیکی کبی فرد مثلی بولندیغی نقطه‌لرده‌ده صوتك صوته انضمامی سکونی انتاج ایدر .

اکر حرکت اهتزازیه‌نك شدتلری یکدیکرینه مساوی ومعاکس اولورایسه، تعبیر آخرله:

$$ب_{ن} = - ب'_{ن}$$

بولنور ایسه :

$$ق_{ن} = ب^{2}_{ن} + ب'^{2}_{ن} - ٢ ب_{ن} ب'_{ن} \text{ تحب } ٢ \pi \frac{ن}{ل}$$

اولدیغی جهتله

$$\text{تحب } ٢ \pi \frac{ن}{ل} = ١$$

اولدیغنه کوره :

$$ب^{2}_{ن} + ب'^{2}_{ن} - ٢ ب_{ن} ب'_{ن} = ٠$$

وبالعکس

$$\text{تحب } ٢ \pi \frac{ن}{ل} = - ١$$

اولدیغنه کوره‌ده :

$$ق_{ن} = ب^{2}_{ن} + ب'^{2}_{ن} + ٢ ب_{ن} ب'_{ن} = ٤ ب^{2}_{ن}$$

بولنور . بناءً علیه اولجه استخراج اولنان نتایج براده بر عکس اولهرق ظهور ایدر .

ایشته «امواج صوتیه‌نك تداخلی نظریه‌سی» بوندن عبارتدر :

یکدیکرینك عینی ایکی مرکز تصوتدن جیقان ایکی صوت، انتشار ایلدکلر ساحه‌نك بعضی نقاطنده بربرینه انضمام و بعضی نقاطنده ایسه یکدیکرینی امحا ایدر . شویله که ، (شکل ١١) م ، م' کبی یکدیکرینك عینی ایکی منبع صوتدن صدور ایدن ایکی حرکت اهتزازیه بر ن نقطه‌سنده بربرینه تصادف ایلدیکی حالده ن م — ن م = $ر_{ن} - ر'_{ن}$ تفاضل سیری ٢ ح $\frac{ل}{٢}$ یه مساوی اولدیغنه کوره بوایکی حرکت اهتزازیه‌نك سرعتلری یکدیکرینه بالهندسه منضم اولور ، بالعکس ن م — ن م' = $ر_{ن} - ر'_{ن}$ تفاضلی (٢ ح + ١) $\frac{ل}{٢}$ یه مساوی ایسه بو ایکی سرعتده یکدیکرندن بالهندسه طرح ایدلمش بولنور . بو حالده م م' ن مستویسی اوزرنده ن ، ط ، ء کبی شدت اعظمیه‌یی حائز اولان نقطه‌لرمعادله‌سی :

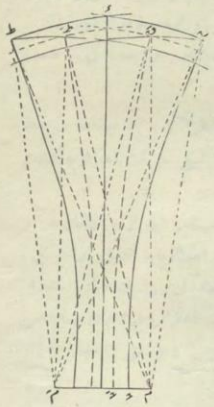
$$ر_{ن} - ر'_{ن} = ٢ \text{ ح } \frac{ل}{٢}$$

و محراقلری م ، م' دن عبارت بولنان ح ن کبی قطع زائد منحنیلری اوزرینه تصادف ایدر . بالعکس ن ، ط کبی شدت اصغریه‌یی حائز بولنان نقطه‌لر ایسه محراقلری‌ینه‌م ، م' و معادله‌سی :

$$ر_{ن} - ر'_{ن} = (٢ \text{ ح} + ١) \frac{ل}{٢}$$

اولان ح ن' کبی قطع زائد منحنیلری اوزرینه تصادف ایلر .

٣٩ تحقیقات تجریبیه . — نظریات سابقه نتایجی بالتجربه تحقیق اولنه بیلیر . بونك ایچون دەزن [Desains] ك آلت مخصوصه‌سی ویاخود هویکنس [Huyghens] ك ویاخود لیساژو [Lissajous] نك « لوحهٔ مهتزه‌سی » ویا کونیغ [Kœnig] ك اصولی اوزره اشعهٔ مانومتریقیه‌لی ایکی عدد صدا بوروسی و الحاصل هلموج [Helmholz] ك «جفته ملکهٔ صوتی» استعمال ایدیله بیلیر [١] . بوراده ایسه ساده‌جه دیاپازونك ارائه ایتدیکی آثار تداخلك ذکریله اکتفا ایدیله جکدر :



(شکل ١١)

حکمت طبیعیه‌ده کورولدکی اوزره بردیاپازونك ایکی قولی یکدیکرینه تقرب و یکدیکرندن تباعد ایتمك اوزره اهتزاز ایتدیریله جك اولور ایسه هر قولدن بر صوت حاصل اولورکه بونلرك محصله‌سی قولاغك بولندیغی موقعه کوره تحول ایدر . بو کیفیت دیاپازونك قوللرینی قولاق حذاسنده دور ایتمکله ویا دیاپازون ثابت ایسه اطرافنده بر صندوقچهٔ طنت کزدیرمکله میدانه چیقاریله‌بیلیر ؛ شویله که : ایشیدیلن صوتك شدتی (شکل ١٢) اولاً ع ص عَ مستویٔ تناظری اوزرنده اعظمی درکه بو مستوی قوللرك مقطعلرینك بیوك ضلعلرینه موازیدر .

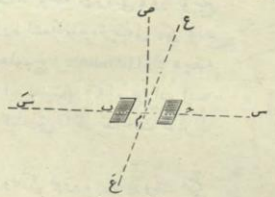
ثانیاً بو مستویه ناظم بولنان و قوللرك مقطعلرینك کوچوك ضلعلرینه موازی اولان س سُ مستویسی اوزرنده‌ده شدت اعظمی در . بالعکس ایشیدیلن صوتك شدتی س ع ، س ع ص مستویلرینی س ، ع وس ، ص محورلرینه نظراً قطراً قطع ایدن بر مستوی اوزرنده اصغریدر .

مسئله‌یی ایضاح ایچون دیاپازون اوجلرینك بولندیغی مستویٔ افقی بی (شکل ١٣)

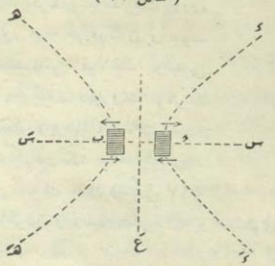
[١] بو آلتلر ایچون دارالفنون غثمانینك برنجی سنه درسلرینه مراجعت اولنه .

TÜRK TARİH KURUMU

تصور ايدەلم . بومستوى اوزرنده ع عَ استقامتنده شدت صوت اعظمى اولديغى كبى س سَ استقامتنده ينه اعظميدر . فقط ء ءَ ، هـ هَ قطع زائد قوللرى اوزرنده صوت كاملاً سكونەمبدلدر . قولاق بو منحنى قوللرى اوزرنده بولنديغى صره ده پاپازونك ديكر قولى بربورودرونته ادخال ايديلەرك بو قولك حركت اهتزازيەسنك انتشارى منع ايديلەجك اولور ايسه آچيقده قالان قولك اهتزازندن حاصل اولان صوت درحال ايشديلير . وبر [Veber] برادرلر طرفندن ميدانه چيقاريلان بو حادثه بر ديپازونك قوللرينك اهتزازيله هواده حاصل اولان امواج كرويهٔ متوافقەنك يكديكرينه مساوى ومعاكس شدتلرى حائز اولديغى ده اثبات ايدر .



(شكل ١٢)



(شكل ١٣)

٤٠ فرەنل قاعدەسى . — ميخانيك عموميده كورولديكى اوزره بر مستوى اوزرنده كائن ف ، فَ كبى يكديكرينى بر نقطەده قطع ايدن وبر خط مستقيم معلوم ايله لاَ ، لاَ زاويەلرينى تشكيل ايلين ايكى قوتك محصلەسى ف و بومحصلەنك ينه بو خط مستقيم ثابت ايله تشكيل ايتديكى زاويەده لا ايله كوستريلير ايسه :

$$ف = ف_1 + ف_2 + 2 ف ف_1 \text{ جت } (لا_1 - لا_2)$$

$$\text{و تماس } لا = \frac{ف_1 \text{ جت } لا_1 + ف_2 \text{ جت } لا_2}{ف_1 \text{ جت } لا_1 + ف_2 \text{ جت } لا_2}$$

اولور . حال بوكه بو دستورلرده

$$ف = ف_1 \qquad ف_1 = ف_2 \qquad ف = 0 \qquad لا_1 = 2\pi \frac{ر_1}{ل}$$

$$لا_2 = 2\pi \frac{ر_2}{ل} \qquad لا = 2\pi \frac{ر_1 - ر_2}{ل}$$

فرض اولنور ايسه يوقاريدەكى (١٨) ، (١٩) نومرولى دستورلرەدستر س اولنور :

ايشته مشاهير حكمتشناساندن فرەنل بو مشابهتدن بالاستفاده بروجه آتى بر قاعده وجوده كتيرمشدر :

« هر بر حركت اهتزازيه ب طولنده وبر محور نابته نظراً ٢ π $\frac{ر}{ل}$ ميلنده بر خط مستقيم ايله كوستريلير ايسه وسعت اهتزازلرى معلوم اولان ايكى حركت اهتزازيه شدت واستقامتلرى معلوم ايكى قوت كبى تركيب ايديلەبيليرلر . »

بو قاعدەدن استنباط اولنەجغى اوزره بويله بر خط مستقيم ايله ارائه اولنان هر بر حركت اهتزازيەده كيف مايشاء صفحەلرى حائز ايكى حركت اهتزازيەيه تحليل اولنەبيليرلر . آنجق عددى نامحدود اولان بو صورت تحليل ميانده بروجه آتى برى پك زياده استعمال اولنوركه بوده وسعتى ب و صفحەسى ٢ π $\frac{ر}{ل}$ اولان حركت اهتزازيەيى ، برى صفحەسى صفر ، وسعت اهتزازى ب جت ٢ π $\frac{ر}{ل}$ ، ديكرى صفحەسى $\frac{ء}{2}$ و وسعتى ب حت ٢ π $\frac{ر}{ل}$ اولان ايكى حركت اهتزازيهٔ قائمەيه تحليلدر .

٤١ مختلف الدور ايكى حركت اهتزازيەنك تركيبى . — يكديكرينه موازى و دورلرى بربرندن جزئى فرقلى ايكى حركت اهتزازيه تصور و بو حركت اهتزازيەلرك بر نقطەده يكديكرينه التحاق ايتديكنى فرض ايدەلم .

بو نقطهٔ التحاقده لاعلى التعيين بر ن زمانىنده هر ايكى حركت اهتزازيەنك سرعتلرى :

$$ع_1 = ب_1 \text{ حت } 2\pi \left(\frac{ن}{ر_1} - \frac{ء_1}{ل}\right)$$

TÜRK TARİH KURUMU

$$\frac{ب}{ب_{٢}} = \text{پ}_{٢} \text{ حب } ٢\pi \left(\frac{\text{ص}}{م} - \frac{\text{ص}}{ل} \right)$$

ایله افاده اولنمق ایجاب ایدر .

ایمدی بو دستورلردن ایکنجیسی :

$$\frac{ب}{ب_{٢}} = \text{پ}_{٢} \text{ حب } ٢\pi \left\{ \left(\frac{\text{ص}}{م} - \frac{\text{ص}}{ل} \right) + \left(\frac{\text{ص}}{م} - \frac{\text{ص}}{ل} \right) + \left(\frac{\text{ص}}{م} - \frac{\text{ص}}{ل} \right) \right\}$$

و یا

$$\frac{ب}{ب_{٢}} = \text{پ}_{٢} \text{ حب } ٢\pi \left\{ \left(\frac{\text{ص}}{م} - \frac{\text{ص}}{ل} \right) - \left(\frac{\text{ص}}{م} - \frac{\text{ص}}{ل} \right) - \left(\frac{\text{ص}}{م} - \frac{\text{ص}}{ل} \right) - \text{ص} \frac{م - م}{م م} \right\}$$

طرزنده یازیله‌جق اولور ایسه حرکت محصله‌یه ، عینی‌دوره تابع بولنان‌ویالکز صفحه‌لری پیننده‌کی فضل :

$$\text{ص} \frac{م - م}{م م} = \frac{م}{ل} - \frac{م}{ل} - \frac{م}{ل}$$

مقدارینه مساوی‌اولان ایکی حرکت اهتزازیه‌نك ترکیبندن حاصل‌اولمش نظریله باقیله‌بیلیر.

واقعا بو صورتده ایکنجی حرکتك صفحه‌سی ص زمانیله متحول بولنور ایسه‌ده ذاتاً م ، م دورلری یکدیکرینه قریب فرض اولندیغی جهتله م — م فضلی پك اصغر اولمقدن بو تحول کیفیتی‌ده‌پك بطائتله‌وقوعه‌کلیر. بنابرین بر اهتزازتام مدتنده ل صفحهٔ محصله‌سی حساً ثابت بر قیمتی حائز بولنور ومسئله‌ده یالکز صفحه‌لری مختلف ایکی حرکت اهتزازیهٔ متوازیه‌نك ترکیبی مسئله‌سنه ارجاع ایدلمش اولور . فقط متعاقب اهتزاز تامده ل صفحه‌سی تماماً عینی قیمتی محافظه ایده‌میه‌جکندن تداخل شرائطی براز تحول ایتمش بولنور .

ایشته بو تحول دوام ایندیکی جهتله نقطهٔ مفروضه‌ده‌کی تداخل حادثه‌سی اولمیه مسافه داخلنده انتشار ایتدیکی کبی شمدی‌ده عینی نقطه‌ده و زمان داخلنده امتداد ایدر . تعبیر دیکرله اولمیه تداخل، حرکت محصله‌نك امتدادنجه مسافه بمسافه وقوعه کلدیکی حالده شمدی بر نقطه‌ده زمان بزمان حصوله کلیر .

حرکت محصله‌نك شدتی،صفحه‌لر پیننده‌کی تفاضل ،بر عدد تام و یاخود $\frac{١}{٢}$ کسرینك زوج مثلی اولدیغی زمانلرده اعظمی و فرد مثلی بولندیغی زمانلرده اصغری اولور .

شدت اعظمیه‌لر یکدیکرندن :

$$\text{ص} = \frac{م م}{م - م}$$

فاصله‌لریله منفصل زمانلرده حصوله کلدیکی کبی شدت اصغریه‌لرده عینی فاصله‌لر ایله توالی ایدر . تعبیر آخرله بو ص زمانی بربرینی ولی ایدن ایکی شدت اعظمی و یا ایکی شدت اصغری پیننده‌کی فاصلهٔ زمانیه و $\frac{١}{٢}$ ده شدت اعظمی ایله بونی ولی ایدن شدت اصغری میانینده کذران اولان مدته مساویدر .

بناءً علیه یکدیکرندن زماناً ابعاد متساویه‌ده بر طاقم « ضربه » لر وقوعه کلیرکه بو ضربه‌لر میانی ینه زماناً یکدیکرینه مساوی ایکی قسمه تفریق ایده‌جك صورتده سکونلر حاصل اولور .

ایشته صووور [Sauveur] ك « ضربان حادثه‌سی » بوندن عبارتدر. یوقاریده‌کی ص زمانی :

$$\text{ص} = \frac{١}{\frac{١}{م} - \frac{١}{م}}$$

طرزنده دخی یازیله‌جغی جهتله بوندن ایکی صوت حقنده‌بروجه آتی برنتیجه‌استحصال‌اولنور. شویله‌که $\frac{١}{٢}$ مقدری برنجی حرکت اهتزازیه‌نك حصوله کتیردیکی صوتك ثانیه‌واحده‌ده‌کی م عدد اهتزازینی ، $\frac{١}{٢}$ ده ایکنجی صوتك ینه ثانیهٔ واحده ظرفنده‌کی م عدد اهتزازینی افاده ایتدیکندن :

$$\text{ص} = \frac{١}{م - م}$$

اولور. شمدی ثانیهٔ واحده‌ده حصوله کلن ضربانك عددی ٦ ایله کوستریلیر ایسه عدد مذکور فاصلهٔ زمانك عکسنه مساوی اولمقدن :

$$٦ = م - م$$

بولنور . بوندن آکلاشیلیرکه بویله ایکی صوتك یکدیکرینه انضمامندن حاصل اولان ضربانك عددی ، ثانیهٔ واحده‌ده‌کی عدد اهتزازلری پیننده‌کی فضله مساویدر . ایشته

TÜRK TARİH KURUMU

ایکی صوتك شدتلری یکدیکرینه نه‌قدر قریب بولنور ایسه ضربان حادثه‌سی‌ده او قدر واضح اولور. بر حالده‌که صوتلرك شدتی بربرینه مساوی اولدیغی فرض ایدیلیر ایسه ضربان‌ده شدتجه مضاعف و سکونلرده مطلق اولور. بالعکس ایکی صوتك پرده‌لری یکدیکرینه نه‌قدر قریب بولنور ایسه ضربان حادثه‌سی‌ده اوقدر سرعت ایله و نه مقدار بربرندن بعید اولور ایسه او درجه بطائتله وقوعه کلیر.

خلاصه یکدیکرینه موازی ایکی حرکت اهتزازیه بر استقامتده اولەرق بر نقطه‌ده بربرینه التحاق ایتدیکی حالده بو ایکی حرکت متحدالدور اولدقلرینه کوره «تداخل» و مختلف‌الدور بولندقلرینه کوره‌ده «ضربان» حادثه‌سی حاصل اولور.

ضربان حادثه‌سی اصوات بسیطه چیقاران آلات موسیقیه‌نك اوزرنده بالسهوله مشاهده اولنه‌بیلیر. بربرینك عینی ایکی دیاپازون آلەرق بریسنك قوللرندن برینك قسم فوقانیسنه کوچوك بر جسم یاپشدیریله‌جق اولور ایسه بو ایکی دیاپازرنك صوتلری بیننده‌کی ائتلاف اخلال ایدلمش اوله‌جغندن درحال تداخل حادثه‌سی برینه ضربان حادثه‌سی قائم اولور.

ضربان حادثه‌سی واسطه‌سیله‌درکه اورغانیستلر، بر اورغنك بورولرینی آقورده ایتمکه موفق اولمقده‌درلر. چونکه ایکی بورونك صدالری بیننده‌کی نسبت نه‌درجه نسبت حادیه‌یه تقرب ایدر ایسه حاصل اولان ضربان‌ده اوقدر یکدیکرندن تباعد ایدر.

٤٢ صوتك ارتفاع مطلقلرینك تعیینی. — ضربان حادثه‌سی اول‌امرده تدقیق ایدن صوورر، حادثهٔ مذکوره‌دن بالاستفاده اصوات موسیقیه‌نك پرده‌لرینك قیمت مطلقه‌لرینی تعیین‌ایچون بر طریق بولمشدر. شویله‌که عدد اهتزازلری م، مٔ اولان ایکی صوت میناننده، مادهٔ سالفه‌ده کورولدیکی اوزره:

$$\text{مٔ} - \text{م} = ٦$$

عدد، ضربان حاصل اوله‌جغندن شوصوتلرك بیننده‌کی ف فاصلهٔ موسیقیه‌سی و یا

$$\frac{\text{مٔ}}{\text{م}} = \text{ف}$$

نسبتی بیلنه‌جك اولور ایسه بو ایکی مناسب واسطه‌سیله م، مٔ عدد اهتزازلری بالسهوله تعیین اولنور. فی‌الحقیقه بوقاریکی مناسبتلردن:

$$\text{م} = \frac{٦}{\text{ف} - ١}\ ،\ \text{مٔ} = \frac{٦\text{ف}}{\text{ف} - ١}$$

بولنور. فقط بواصول همان، همان قابل اجرا دکلدر. چونکه ایکی صوتك، تعدادی قولای

اوله‌جق صورتده ضربان حاصل ایده‌بیلمه‌سی ایچون مٔ عدد اهتزازنك عدد اهتزازنه‌یك قریب بولنماسی اقتضا ایدر. بو حالده ایسه $\frac{\text{مٔ}}{٢}$ فاصله ویا نسبتی تقدیر ایتمك مشکل اولور.

مع‌مافیه ارباب حکمت طبیعیه‌دن شیبلر [Scheibeler] بومحذوره برچاره بولمشدر: مومالیه عدد اهتزازی ٢٢٠ دن عبارت اولان دمٔ‌دن عدد اهتزازی ٤٤٠ اولان مٔ‌م نوطه‌سنه قدر عدد اهتزازی دردر، دردر تزاید ایتمك اوزره اللی آلتی عدد دیاپازوندن مرکب بر آلت وجوده کتیرمشدر.

لاعلی‌التعیین بر صوت بو غایه‌لر [مٔ : مٔ] میاننده بوله‌جق اولور ایسه بو صوتك قیمت مطلقه‌سنی تعیین ایچون بوکا الك قریب اولان دیاپازونك صدا‌سیله حاصل یلدیکی ضربانك عددینی تعداد ایتمك کفایت ایدر [٨]. قیمتی تعیین ایدیله‌جك اولان صوتك عدد اهتزازی ٢٢٠ ایله ٤٤٠ آره‌سنده بولنمه‌جق اولور ایسه ١ ، ٢ ، ٣ ، دفعه تزبید و یا تنقیص ایدیله‌رك بو میانه ادخال ایدلدکدن صوکره سابقی‌کبی اجرای تجربه اولنور. ایشته «تونومتره» و یا «مقیاس الحان» [Tonomètre] نامیله معروف اولان آلتك اساسی بوندن عبارتدر.

٤٣ اصوات محصله. — ثانیه‌واحده‌ده‌کی عدداهتزازلری م، مٔ اولان ویکدیکرندن فرقلی بولنان ایکی صوت بردن حصوله کتیریله‌جك اولور ایسه بونلرك اتحادندن ثانیهٔ واحده‌ده‌کی عدد اهتزازی:

$$\text{م} = \text{مٔ} - \text{م}$$

اولان بر صوت حاصل اولور. ایشته هامبورغلی صورج [Sorge] و مونپلیه‌لی رومیو [Romieu] نك همان عینی زمانده «اصوات محصله» نامیله حصولی‌خبر ویردکلری صوت بودر. فی‌الحقیقه آیری آیری چالیندیغی وقت دو ، فا صوتلرینی حاصل ایدن ایکی عدد ایچیه بورو بردن چالنه‌جق اولور ایسه حاصل اولان صوت فا دن باشقه برشی دکلدر.

آنجق ایکی صوتك بویله برمحصله حاصل ایتمه‌سی ایچون شدتلرینك کافی درجه‌ده بر قیمتی حائز بولنماسی لازمدر. ارباب حکمت طبیعیه‌دن هلموج [Helmholtz] بوجهتی نظر اعتباره آلەرق حادثهٔ مذکوره‌نی حرکت اهتزازیه‌یه عارض اولان بر نوع تأثیرات مخله‌یه عطف ایلمشدر. شویله‌که:

TÜRK TARİH KURUMU

اهتزازات جزؤ فرديه كافى درجه‌ده اصغر بولنديغى حالده بو اهتزازاتى حاصل ايدن قواى الاستيقيه ، اجزاى فرديه‌نك موازنت وضعيتلرندن مقدار تباعدلريله متناسبدر ؛ وبويله حركات اهتزازيهٔ صغيره‌نك يكديكرينه انضمامى اولجه بيان اولنان قوانين رياضيه‌يه توفيقاً وقوع بولور ايسه‌ده اهتزازاتك وسعتى بيوك اولديغى تقديرده قوانين مذكوره تماميله ، تطبيق اولنه‌ماز . فى الحقيقه وسعت اهتزاز بيوك اولور ايسه بالطبع اجزاى فرديه‌نك مقدار تباعدلرينك مربعلرى قواى الاستيقيه حسابنده بر تأثير مهم اجرا ايده‌جكندن دها بسيط بر طاقم حركات اهتزازيه حاصل اولور . مثلا بر دياپازون شدتله اهتزاز ايتديرلديكى صورتده دردنجى حده قدر اصوات مؤلفه‌يى توليد ايدر . فقط بودياپازون دها جزئى بر قوتله اهتزاز ايتديرلديكى تقديرده دها يوكسك و فقط غير مؤلف اصوات حاصل ايلر .

ايشته وسعت اهتزازه مالك اولان ايكى حركت اهتزازيه ويا ايكى صوت بر نقطه‌ده يكديكرينه ملاقى اولور ايسه بوندن ايكى نوع محصله حصوله كلير : برى عدد اهتزازى مركبلرك عدد اهتزازلرى بينده‌كى فضله مساوى اولان صوتدركه هلموج بوكا « صوت تفاضلى » نامى ويرمش ، ديكرى عدد اهتزازى صوت مركبلرك عدد اهتزازلرى مجموعنه مساوى بولنان صوتدركه بوكاده « صوت مجموعى » ديمشدر .

اصوات محصله غرب موسيقيسنده‌پك زياده حائز اهميتدر . چونكه اصوات مذكوره‌نك ، آهنكلرك صحت و تماميتى اوزرينه پك بيوك تأثير تأثيرى واردر . شويله‌كه : آهنك تام كبيرى تشكيل ايدن اصواته ايكنجى ثامنه‌ده علاوه‌ايديله‌جك اولور ايسه :

دو مى صول دو

$\frac{1}{1}$ $\frac{5}{4}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{2}{1}$

سلسله‌سى حاصل اولوركه بونلردن تولد ايدن اصوات محصله بروجه آتيدر :

$\frac{5}{4} - \frac{1}{1} = \frac{1}{4}$ [صوت اصلينك يعنى برنجى دونك پست ضعف ثامنه‌سى]

$\frac{3}{2} - \frac{1}{1} = \frac{1}{2}$ [صوت اصلينك پست ثامنه‌سى]

$\frac{3}{2} - \frac{5}{4} = \frac{1}{4}$ [صوت اصلينك پست ضعف ثامنه‌سى]

$\frac{2}{1} - \frac{5}{4} = \frac{3}{4}$ [خامسه‌نك يعنى صولك پست ثامنه‌سى]

$\frac{2}{1} - 1 = \frac{1}{1}$ [صوت اصلى]

حال بوكه بو اصوات محصله ، آهنكى تشكيل ايدن اوج صوتى وبالخاصه صوت اصلى‌يى

تقويه ايده‌جكندن بونلر ميانده‌كى تأليف پك ظاهر و پك معين اولور . شمدى برده :

دو مى 6 صول دو

$\frac{1}{1}$ $\frac{6}{5}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{2}{1}$

آهنك تام صغيرى تدقيق ايدهلم : بو آهنكى تشكيل ايدن اصواتدن بروجه آتى :

$\frac{6}{5} - \frac{1}{1} = \frac{1}{5}$ [پست ثالثهٔ كبرانك پست ضعف ثامنه‌سى]

$\frac{3}{3} - \frac{1}{1} = \frac{1}{2}$ [صوت اصلينك پست ثامنه‌سى]

$\frac{3}{2} - \frac{6}{5} = \frac{2}{10}$ [پست ثالثهٔ صغرانك پست ضعف ثامنه‌سى]

$\frac{3}{2} - \frac{1}{1} = \frac{1}{1}$ [صوت اصلى]

$\frac{2}{1} - \frac{6}{5} = \frac{4}{5}$ [پست ثالثهٔ كبرى]

$\frac{2}{1} - \frac{3}{2} = \frac{1}{2}$ [صوت اصلينك پست ثامنه‌سى]

اصوات محصله‌سى ظهورايدر . فقط بونلر ميانده پست ثالثهٔ كبرى ايله خامسه يكديكرينه متنافر بولنديغندن آهنك تام صغير قطعى بر آهنك اولهماز .

٤٣ ايكى حركت اهتزازيه‌نك تركيبى . — بر م نقطه‌سنى م س ، م ع كبى يكديكرينه نظراً قائم ايكى استقامتده ايكى حركت اهتزازيه‌ايله متحرك فرض ايدهلم ؛ و بو حركت اهتزازيه‌لرك وسعت ، صفحه ودورلرينى لاعلى التعيين بر صورتده تصور ايليهلم . بوحالده شو ايكى حركت اهتزازيه‌نك صفحه‌لرى بينده‌كى فضل ح اولديغنه كوره بربنك ⊙ زمانده‌كى سرعتى :

$$\frac{\text{س}}{1} = \frac{\text{ها ع}}{\text{ها ⊙}} = \text{ب}_1 \text{ حب } 2\pi \frac{⊙}{\text{ت}_1}$$

و ديكرينك سرعتى ده :

$$\frac{\text{ع}}{2} = \frac{\text{ها س}}{\text{ها ⊙}} = \text{ب}_2 \text{ حب } 2\pi \left(\frac{⊙}{\text{ت}_2} + \text{ح}\right)$$

ايله افاده اولنه‌بيلير .

بو معادلات تفاضليه اتمام ايدبلير . ب_1 ، ب_2 وسعت اهتزازلرى ايچون مناسب بر واحد قياسى و مبدأ زمان ايچون‌ده مناسب بر زمان انتخاب اولنور ايسه ، ت_1 ، ت_2 ثانيهٔ واحده‌ده‌كى عدد اهتزازاتى ارائه ايتمك اوزره ،

TÜRK TARİH KURUMU

$$ع = ف_{١} \text{ حب } ٢\pi \frac{ن}{ف_{١}} = \text{ حب } ٢\pi ن م$$

$$س = ف_{٢} \text{ حب } ٢\pi (\frac{ن}{ف_{١}} + ح) = ف_{٢} \text{ حب } ٢\pi (م ن - ح)$$

بولنور که بو دستورلرده م نقطهٔ مهتزهسنك ن زمانندهکی کیات وضعیهسنك افادهلرندن بشقه برشی دکلدر .

ایشته بوایکی معادله میاندن ن زمانی افنا ایدیلهجك اولور ایسه م نقطهسنك هرایکی حرکت اهتزازیهیه اشتراکی حالنده رسم ایدهجکی محرکك معادلهسی استحصال ایدیلیر . آنجق صورت عمومیهده اولهرق بو افنا مادهسی پك مشکلدر . حالات خصوصیهده ایسه بالعکس پك قولایدر . بنابرین بروجه آتی حالات خصوصیهیی یکان یکان نظر مطالعهدن کچیرمك اقتضا ایدر .

٤٤ . — اولا $ف_{١}$ ، $ف_{٢}$ اهتزازتام مدتلرینی یکدیکرینه و م، م عددلرینی ده یکدیکرینه مساوی فرض ایدهلم . بو حالده :

$$س = ف_{٢} \text{ حب } ٢\pi (\frac{ن}{ف_{١}} + ح)$$

ویا

$$س = ف_{٢} \text{ حب } ٢\pi \frac{ن}{ف_{١}} ح \cdot ف_{٢} \text{ حب } ٢\pi م ح$$

ویاخود :

$$س = \frac{ف_{٢}}{ف_{١}} ع \text{ حب } ٢\pi ح - ف_{٢} \sqrt{١ - \text{حب}^{٢} ٢\pi م ن} \times \text{ حب } ٢\pi ح$$

$$س = \frac{ف_{٢}}{ف_{١}} ع \text{ حب } ٢\pi ح - ف_{٢} \sqrt{١ - (\frac{ع}{ف_{١}})^{٢}} \times \text{ حب } ٢\pi ح$$

$$س = \frac{ف_{٢}}{ف_{١}} ع \text{ حب } ٢\pi ح - \frac{ف_{٢}}{ف_{١}} \sqrt{ف_{١}^{٢} - ع^{٢}} \times \text{ حب } ٢\pi ح$$

$$س - (\frac{ف_{٢}}{ف_{١}} \text{ حب } ٢\pi ح) ع = - \frac{ف_{٢}}{ف_{١}} \sqrt{ف_{١}^{٢} - ع^{٢}} \times \text{ حب } ٢\pi ح$$

وطرفین تربیع اولنور ایسه :

$$س^{٢} - ٢ \frac{ف_{٢}}{ف_{١}} ع \text{ س حب } ٢\pi ح + \frac{ف_{٢}^{٢}}{ف_{١}^{٢}} ع^{٢} \text{ حب}^{٢} ٢\pi ح = \frac{ف_{٢}^{٢}}{ف_{١}^{٢}} (ف_{١}^{٢} - ع^{٢}) \text{ حب}^{٢} ٢\pi ح$$

$$س^{٢} - ٢ \frac{ف_{٢}}{ف_{١}} ع \text{ س حب } ٢\pi ح + \frac{ف_{٢}^{٢}}{ف_{١}^{٢}} ع^{٢} \text{ حب}^{٢} ٢\pi ح - ف_{٢}^{٢} \text{ حب}^{٢} ٢\pi ح + \frac{ف_{٢}^{٢}}{ف_{١}^{٢}} \text{ حب}^{٢} ٢\pi ح = ٠$$

$$س^{٢} - ٢ \frac{ف_{٢}}{ف_{١}} ع \text{ س حب } ٢\pi ح + \frac{ف_{٢}^{٢}}{ف_{١}^{٢}} ع^{٢} (\text{حب}^{٢} ٢\pi ح + \text{حب}^{٢} ٢\pi ح) - ف_{٢}^{٢} \text{ حب}^{٢} ٢\pi ح = ٠$$

$$س^{٢} - ٢ \frac{ف_{٢}}{ف_{١}} ع \text{ س حب } ٢\pi ح + \frac{ف_{٢}^{٢}}{ف_{١}^{٢}} ع^{٢} - ف_{٢}^{٢} \text{ حب}^{٢} ٢\pi ح = ٠$$

والحاصل :

$$\frac{س^{٢}}{ف_{٢}^{٢}} + \frac{ع^{٢}}{ف_{١}^{٢}} - \frac{٢ \text{ حب } ٢\pi ح}{ف_{١} ف_{٢}} س ع = \text{ حب}^{٢} ٢\pi ح$$

بولنورکه بودهٔ مرکزندن کچن ایکی محور قائمه نسبت ایدلمش و ٢ π ح زاویهسنه کوره بر وضعیت آلهرق ضلعلری ٢ $ف_{١}$ ، ٢ $ف_{٢}$ اولان بر مستطیل داخلنه رسم اولنمش برقطع ناقص (شکل ١٤) معادلهسندن عبارتدر .

فی الحقیقه اول امرده س = $ف_{٢}$ فرض ایدیلهجك اولور ایسه معادلهٔ مذکورهدن :

$$١ + \frac{ع^{٢}}{ف_{١}^{٢}} - ٢ \frac{\text{حب } ٢\pi ح}{ف_{١}} ع = \text{ حب}^{٢} ٢\pi ح$$

ویا

$$ع^{٢} - ٢ ف_{١}^{٢} \text{ حب } ٢\pi ح \times ع + ف_{١}^{٢} (١ - \text{حب}^{٢} ٢\pi ح) = ٠$$

$$ع^{٢} - ٢ ف_{١}^{٢} \text{ حب } ٢\pi ح \times ع + ف_{١}^{٢} \text{ حب}^{٢} ٢\pi ح = ٠$$

$$ع = \frac{٢ ف_{١}^{٢} \text{ حب } ٢\pi ح \pm \sqrt{٤ ف_{١}^{٢} \text{ حب}^{٢} ٢\pi ح - ٤ ف_{١}^{٢} \text{ حب}^{٢} ٢\pi ح}}{٢}$$

الحاصل :

$$ع = ف_{١} \text{ حب } ٢\pi ح = \sqrt{\text{ ـ ه}}$$

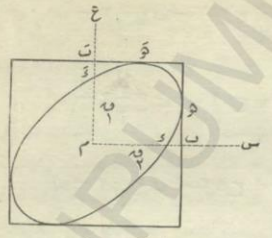
استخراج ایدیلیر .

TÜRK TARİH KURUMU

برکره‌ده ع = $ع_1$ فرض اولنور ایسه :

س = $ع_2$ محـ ٢ π ح = $\overline{ب ه}$

بولنور . ایمدی بو ایکی نتیجه‌دن :



(شکل ١٤)

محـ ٢ π ح = $\frac{\overline{ب ه}}{ع_1} = \frac{\overline{ب ه}}{\overline{م ب}}$

محـ ٢ π ح = $\frac{\overline{ب ه}}{ع_2} = \frac{\overline{ب ه}}{\overline{م ب}}$

مناسبتلری بولنه‌جغی کبی بنـه صره‌سیله بر کره س = ٠ و برکره‌ده ع = ٠ فرض ایدیله‌رك :

محـ ٢ π ح = $\frac{م ء}{م ب}$

محـ ٢ π ح = $\frac{م ء}{م ب}$

مناسبتلری استحصال اولنور . بوندن آکلاشیلیرکه قطع ناقصك ٢ $ع_2$ ، ٢ $ع_1$ مستطیلی داخلنده‌کی وضعیتی ٢ π ح زاویه‌سنه تابعدر .

ایشته ایکی حرکت اهتزاز یه‌نك صفحه‌لری بینده‌کی فضل یعنی ح مقداری صفر اولدیغنه کوره (شکل ١٥) معادله :

$\frac{س}{ع_2} - \frac{ع}{ع_1} = ٠$

شکلنه منجر و قطع ناقص‌ده ط ك خـط مستقیمنه مبدل اولور . فقـط بو خطك امثال زاویه‌سی $\frac{ن}{2}$ اولدیغی کبی ابتدای امرده س = $ع_2$ ، ع = $ع_1$ بولندیغی وصفردن کچمك مؤخراً س = − $ع_2$ ، ع = − $ع_1$ اولدیغی جهتله خط مستقیم‌مذکورده اولا ط دن ك وبعده ك دن ط طوغری‌سی رسم ایدلمش بولنور .

اکر ح تفاضل صفحیتی $\frac{1}{8}$ کسریه مساوی بولنور ایسه معادله :

$\frac{س^2}{ع_2^2} + \frac{ع^2}{ع_1^2} - \frac{\sqrt{2}}{ع_2 ع_1}$ س ع = $\frac{1}{2}$

شکلی کسب ایدرکه بوده س ، ع محورلرینه نظراً ٤٥ درجه مائل (شکل ١٦) برقطع ناقصی ارائه ایدر .

اکر ح = $\frac{2}{8} = \frac{1}{4}$ اولور ایسه معادله :

$\frac{س^2}{ع_2^2} + \frac{ع^2}{ع_1^2} = 1$

صورتی کسب ایدرکه بوده کندی محورلرینه نسبت ایدلمش بر قطع ناقص معادله‌سندن عبارتدر . حرکات مرکب بو حالده :

س = $ع_2$ محـ ٢ π ($\frac{ن}{4}$ + $\frac{1}{4}$) = − $ع_2$ حـ ٢ π $\frac{ن}{4}$

ع = $ع_1$ محـ ٢ π $\frac{ن}{4}$

معـادله‌لریله افاده اولنه‌جغی جهتله قطع ناقص سهمك ارائه ایتدیکی (شکل ١٧) جهتده ترسیم ایدلمش بولنور .

اکر ح = $\frac{3}{8}$ ایسه معادلهٔ عمومیه :

$\frac{س^2}{ع_2^2} + \frac{ع^2}{ع_1^2} - \frac{\sqrt{2}}{ع_2 ع_1}$ س ع = $\frac{1}{2}$

اولورکه بوده س محورینه نظراً ١٣٥ درجه مائل (شکل ١٨) برقطع ناقصی ارائه‌ایدر.

اکر ح = $\frac{4}{8} = \frac{1}{2}$ بولنور ایسه معادلهٔ عمومیه (شکل ١٩)

$\frac{س}{ع_2} + \frac{ع}{ع_1} = ٠$

صورتی اخذ ایدرکه بوده امثـال زاویه‌سی $\frac{ن}{2}$ اولان بر خط مستقیمی ارائه ایلر .

TÜRK TARİH KURUMU

ایشته بوخط یوقاریده ح = . حالنده استحصال اولنان خط مستقیمك متناظری ایسه‌ده عکسی جهته طوغری رسم ایدلمشدر :

اکر ح = $\frac{٥}{٨}$ اولورایسه معادلهٔ عمومیه:

$$\frac{س^{٢}}{ق_{٢}^{٢}} + \frac{ع^{٢}}{ق_{١}^{٢}} - \frac{٢\sqrt{}}{ق_{٢}ق_{١}} \text{ س ع} = \frac{١}{٢}$$

اوله‌جقدن ح = $\frac{١}{٨}$ حالنده استحصال اولنان قطع ناقصك عینی بر قطع ناقص استحصال ایدیلیر ایسه‌ده بوراده ده (شکل ٢٠) ینه قطع ناقص دیکرینك عکسی جهته طوغری رسم ایدلمش اولور .

اکر ح = $\frac{٦}{٨}$ = $\frac{٣}{٤}$ بولنور ایسه معادلهٔ عمومیه ینه:

$$\frac{س^{٢}}{ق_{٢}^{٢}} + \frac{ع^{٢}}{ق_{١}^{٢}} = ١$$

صورتی کسب ایدر وبوده محور تناظریلرینه نسبت ایدلمش برقطع ناقصی‌افاده ایلر ایسه‌ده ح = $\frac{٢}{٨}$ حالنده استحصال اولنان قطع‌ناقصك(شکل ٢١)عکسی جهته رسم‌ایدلمش‌بولنور.

اکر ح = $\frac{٧}{٨}$ اولور ایسه معادلهٔ عمومیه :

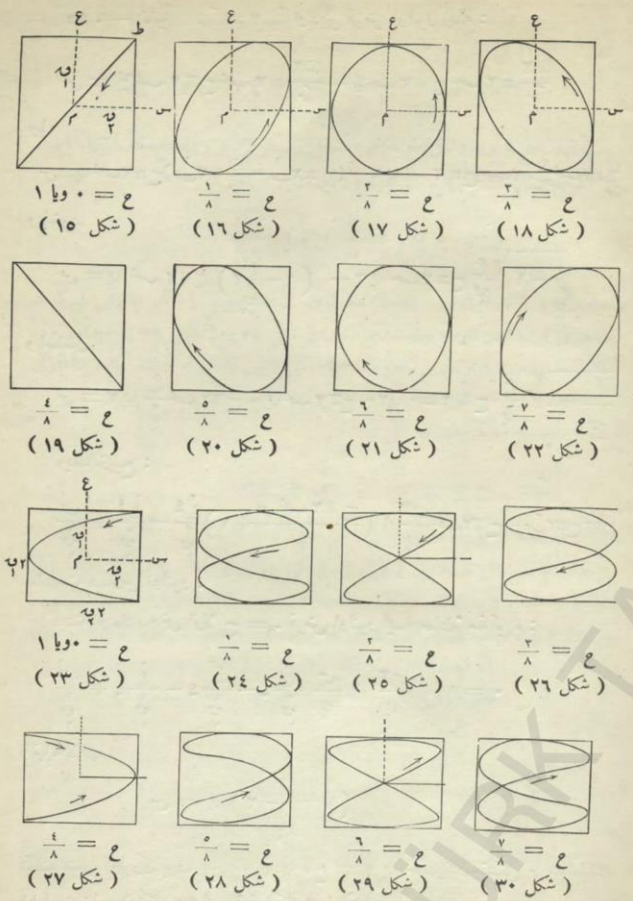
$$\frac{س^{٢}}{ق_{٢}^{٢}} + \frac{ع^{٢}}{ق_{١}^{٢}} - \frac{٢\sqrt{}}{ق_{٢}ق_{١}} \text{ س ع} = \frac{١}{٢}$$

اولورکه ح = $\frac{٢}{٨}$ حالنده ظهور ایدن قطع ناقصك عینیدر . آنجق (شکل ٢٢) بونك جهت ترسیمی دیکرینك عکسیدر .

الحاصل ح = $\frac{٨}{٨}$ = ١ اولدیغی صورتده معادلهٔ‌عمومیه‌ینه :

$$\frac{س}{ق_{٢}} - \frac{ع}{ق_{١}} = ٠$$

شکلنه منجر وقطع ناقص‌ده تکرار خط مستقیمه مبدل اولورکه بوخط مستقیم هم وضعاً هم جهةً ع = ٠ حالنده استحصال اولنان خط مستقیمك عینیدر .



ع = ٠ ویا ١ (شکل ١٥)
ع = $\frac{١}{٨}$ (شکل ١٦)
ع = $\frac{٢}{٨}$ (شکل ١٧)
ع = $\frac{٣}{٨}$ (شکل ١٨)
ع = $\frac{٤}{٨}$ (شکل ١٩)
ع = $\frac{٥}{٨}$ (شکل ٢٠)
ع = $\frac{٦}{٨}$ (شکل ٢١)
ع = $\frac{٧}{٨}$ (شکل ٢٢)
ع = ٠ ویا ١ (شکل ٢٣)
ع = $\frac{١}{٨}$ (شکل ٢٤)
ع = $\frac{٢}{٨}$ (شکل ٢٥)
ع = $\frac{٣}{٨}$ (شکل ٢٦)
ع = $\frac{٤}{٨}$ (شکل ٢٧)
ع = $\frac{٥}{٨}$ (شکل ٢٨)
ع = $\frac{٦}{٨}$ (شکل ٢٩)
ع = $\frac{٧}{٨}$ (شکل ٣٠)

TÜRK TARİH KURUMU

٤٥ . — ثانياً $م_{ن} = ٢ م_{ن}$ اولديغی فرض اولنور ايسه :

$$س = ع_{ن} \text{حب} ٢ \pi ح \text{حب} ٢ \pi \frac{٢ ن}{م_{ن}} - ع_{ن} \text{حب} ٢ \pi ح \text{حب} ٢ \pi \frac{٢ ن}{٢ م_{ن}}$$

ويا

$$س = ع_{ن} \text{حب} ٢ \pi ح (\text{حب}^{٢} ٢ \pi \frac{ن}{م_{ن}} - \text{حب}^{٢} ٢ \pi \frac{ن}{٢ م_{ن}}) - ٢ ع_{ن} \text{حب} ٢ \pi ح \text{حب} ٢ \pi \frac{ن}{م_{ن}} \text{حب} ٢ \pi \frac{ن}{٢ م_{ن}}$$

ويا خود

$$س = ع_{ن} \text{حب} ٢ \pi ح \left(٢ \frac{ع^{٢}}{ع_{١}^{٢}} - ١\right) - ٢ ع_{ن} \text{حب} ٢ \pi ح \frac{ع}{ع_{١}} \sqrt{١ - \frac{ع^{٢}}{ع_{١}^{٢}}}$$

والحاصل

$$س = ٢ ع_{ن} \frac{ع^{٢}}{ع_{١}^{٢}} \text{حب} ٢ \pi ح - ع_{ن} \text{حب} ٢ \pi ح - ٢ ع_{ن} \text{حب} ٢ \pi ح \frac{ع}{ع_{١}} \sqrt{١ - \frac{ع^{٢}}{ع_{١}^{٢}}}$$

وبعدالترتيب :

$$\frac{س^{٢}}{ع_{ن}^{٢}} + ٤ \frac{ع^{٤}}{ع_{١}^{٤}} - ٤ \frac{ع^{٢}}{ع_{١}^{٢}} - ٤ \frac{ع^{٢}}{ع_{١}^{٢}} \left(١ + \frac{س \text{حب} ٢ \pi ح}{ع_{ن}}\right) + \frac{٢ س}{ع_{ن}} \text{حب} ٢ \pi ح + ع_{ن}^{٢} \text{حب}^{٢} ٢ \pi ح = ٠$$

معادلهسنه دسترس اولنور .

ايشته بوحالده دخی اولا ح = . فرض اولنور ايسه معادلهٔ مذكوره :

$$\frac{س^{٢}}{ع_{ن}^{٢}} + ٤ \frac{ع^{٤}}{ع_{١}^{٤}} - ٤ \frac{ع^{٢}}{ع_{١}^{٢}} - ٤ \frac{ع^{٢}}{ع_{١}^{٢}} + \frac{س}{ع_{ن}} + \frac{٢ س}{ع_{ن}} + ١ = ٠$$

ونهايةالامر

$$س = ع_{ن} \left(٢ \frac{ع^{٢}}{ع_{١}^{٢}} - ١\right)$$

شكلنه منجر اولوركه بوده س = ٢ $ع_{ن}$ ، ع = ٢ $ع_{ن}$ خطلرندن متشكل بر مستطيلك ضلعلرينه تماس (شكل ٢٣) بر قطع مكافئی ارائه ايدر .

اكر ح = $\frac{١}{٨}$ = $\frac{١}{٤}$ فرض ايديلير ايسه معادله :

$$س = - ع_{ن} \left(٢ \frac{ع^{٢}}{ع_{١}^{٢}} - ١\right)$$

صورتنی اخذ ايلركه بوده اولكی قطع مكافئيه متناظر بر ديكر (شكل ٢٧) قطع مكافئی ارائه ايدر.

اكر ح = $\frac{٢}{٨}$ = $\frac{١}{٤}$ ويا ح = $\frac{٣}{٨}$ اولور ايسه:

$$س = \pm ع_{ن} \left(٢ \frac{ع}{ع_{١}}\right) \sqrt{١ - \frac{ع^{٢}}{ع_{١}^{٢}}}$$

معادلهسنه دسترس اولنور . معادلهٔ مذكوره فرانسزجه 8 (سكز) رقمی شكلنده برمنحنی ارائه ايدركه بومنحنينك مركزی (شكل ٢٥)ه(شكل ٢٦)، مبدأده كائن برنقطهٔ مضاعفهدن عبارتدر . منحنينك جمعاً آلتی رأسی واردركه بونك ايكيسی شاقولی

و س = . ، ع = $\pm ع_{ن}$

كميات وضعيهسنه وديكر دردی افقی و

$$ع = \pm \frac{ع_{١}^{٢}}{٢ ع_{ن}} \qquad س = \pm ع_{ن}$$

كميات وضعيهسنه توافق ايدر .

اكر ح تفاضل صفحتينی $\frac{١}{٨}$ ، $\frac{٢}{٨}$ ، $\frac{٣}{٨}$ كبی برر قيمتی حائز بولنور ايسه ينه دائما ضلعلری ٢ $ع_{ن}$ ، ٢ $ع_{ن}$ اولان مستطيل داخلنه مرسوم برطاقم منحنيلراستحصال اولنور. بومنحنيلر (8) منحنيسنك مركزی اوزرينه قيورلماسندن وقوللرينك بربرينه ياقلاشماسندن حركت محصلهيی ارائه ايدن منحنينك قطع مكافئيدن تا (8) منحنيسنه وبو منحنيدن‌ده تكرار معكوس برقطع مكافئيه نهصورتله تحول وعودت ايتديكنی ايضاح ايچون شكلدرك آلتنه صره نومروسی وضع ايدلمشدر .

علی‌العموم م ، مَ متباين ايكی عدد تام اولمق اوزره $ع_{ن}^{م} = ع_{ن}^{م}$ بولنور ايسه حركت محصلهمنحنيسی مستطيلك س = $\pm$ ٢ $ع_{ن}$ ضلعنه م قدر وع = $\pm$ ٢ $ع_{ن}$ ضلعنه‌ده مَ قدر نقطه‌ده تماس ايدر . چونكه س ، ع كميات وضعيهسنك قيم اعظميهسی، برطرفدن + $ع_{ن}$ ايله — $ع_{ن}$ وديكر طرفدن — $ع_{ن}$ ايله — $ع_{ن}$ آره‌سنده محصوردر . منحنی ع = + $ع_{ن}$ ع = — $ع_{ن}$، س = + $ع_{ن}$ ، س = — $ع_{ن}$ خطلرندن متشكل مستطيلهتماس بولنور . بوندن بشقه ع برثانيه ظرفنده ايكی اولكی خطه $\frac{١}{م}$ دفعه و س ايسه ديكر ايكی خطه $\frac{١}{م}$

TÜRK TARİH KURUMU

دفعه تماس ایدر. حال بوکه $\frac{1}{2}$ ایله $\frac{2}{3}$ آره سنده‌کی نسبت، ثانیهٔ واحده‌ده کی عدد اهتزازلر بینده‌کی نسبته مساویدر ؛ بنابرین بر زمان معین ظرفنده افقی ضلعلر ایله م عدد تماس وقوعه کلیر ایسه شاقولی ضلعلر ایله‌ده مَ عددی دفعه تماس وقوعه کلش اولور .

٤٦ لیساژو (Lissajous)نك تحقیقی .— ایکی حرکت اهتزازیهٔ قائمه‌نك ترکیبندن حاصل اولان بو اشکال الك اول ویستون (Wheatstone) طرفندن نظر اعتباره آلنمش وموماالیه بو بابده « قاله‌ی دوفون » تسمیه ایتدیکی آلتی استعمال ایلشدر . فقط اشکال مذکوره‌یی‌الك واضح برصورتده ارائه ایتمکه موفق اولان لیساژودر . لیساژونك اختراع ایتدیکی بواصول ، برشعاع ضیائی‌یی بینلری بر فاصلهٔ موسیقیهٔ معلومه ایله تفریق ایدلمش ایکی دیاپازونك متعاقباً تأثیرینه تابع قلمقدن عبارتدر. بونك ایچون دیاپازونلردن هربرینك برقولنك نهایتنه برکوچوك آینه ویا عدسه ربط ایدلمش و دیکر قولنه حصول موازنت ضمننده برکوچوك جسم علاوه اولنمشدر .

ایشته قراکلق بر اوطه داخلنه بر عدسه واسطه‌سیله بر شعاع شمس ادخال و بو شعاع شاقولی بر دیاپازونك بر قولنده‌کی آینه اوزرینه ایصال اولنور. بوشعاع بعدالانعکاس دیکر بر افقی دیاپازونك قولنده‌کی آینه‌ده منعکس اولدقدن صوکره بر حائل اوزرینه توجیه ایدیلیر .

هرایکی دیاپازون بربرینه عمود ایکی مستوی اوزرنده اهتزاز ایتدیکی و شعاع ضیائی‌ده بوایکی اهتزاز قائمه اشتراك ایلدیکی جهتله ، بونلرك صفحه‌لری بینده‌کی فضله کوره حائل اوزرنده برمنحنی ترسم ایدر. واقعا بومنحنی‌یی شعاع‌سرعتله رسم ایدرایسه‌ده طبقهٔ شبکیه اوزرنده وضعیات متوالیه‌سنك تأثیری اوقدر سرعتله زائل اولمادیغندن کوز منحنی مرسومی بالتمام رؤیت ایدر . [*]

[*] بو و دیکر آلات ایچون برنجی‌سنه حکمت طبیعیه درسلرینه مراجعت‌اولنه .

باب ثالث

انابیب متصوته

صدا بورولری- برنوللی نظریه‌سی: قابالی صدا بورولری ، قوانینی؛ عقده و بطن نقطه‌لری - آچیق صدا بورولری، قوانینی ؛ عقده‌و بطنلری - نظریهٔ مذکوره‌نك تداخل اصوات نظریه‌سیله ایضاحی - برطرفی قابالی انطوانهٔ محدوده‌ده تداخل اصوات - تحقیقات تجربیه - تجربه ایله نظریه مابنده‌کی تخالف - پواسون نظریه‌سی - هویکنس و (کت) تعدیلاتی؛ مقدار ثابتك تعیینی - تنبیه - بورولرك جدارلرینك تأثیری - سرعت صوتك بورولر واسطه‌سیله تعیینی .

٤٧ صدا بورولری.— صدا بورولربنك استعمالی پك قدیمدر : عادتا قوال، دودك کبی آلات صوتیه‌نك زمان ایجادی تاریخك ادوار مظلمه‌سی آره‌سنده غائب اولمقده‌در . زمانمزده ایسه بونوع آلاتك استعمالی پك زیاده تعمیم ایتمکده‌در. فی‌الحقیقه بیوك کلیسالرده‌کی جسیم اورغلر بیکلرجه مختلف الجنس بورودن مرکبدر .

بر صدا بوروسندن چیقان صوتك پرده‌سی، بورونك کنارلری کافی درجه‌ده قالین اولدیغی حالده ، معمول بولندیغی ماده‌نك جنسیله پك تحول ایتمز ؛ بالعکس درونده نفخ اولنان غازك جنس و کثافتی ایله تبدل ایدر .

معمافیه بونوع آلاتك کافه‌سنده اهتزاز ایدن جسم، هوادر . اسطوانی ویا منشوری بر بورو آله‌رق بر طرفندن اوفلنه‌جك اولور ایسه درونده‌کی هوا ایلری‌یه طوغرو بر حرکت متادیه‌ایله سوق ایدلمش اولور ایسه‌ده بورودن هیچ بر سس استحصال ایدیلهمز. چونکه بر بورودن سس چیقاره‌بیلمك ایچون او بورو درونده‌کی هوایی بر حرکت متادیه حالنه دکل ، بالعکس بر حرکت اهتزازیه حالنه قویمق لازمدر .

صدا بورولرنده‌کی هوا صور مختلفه اوزره اهتزاز ایتدیریلهبیلیر. بونك ایچون بورونك باش طرفنه یا بر « آغز » ویا بر « دیل » علاوه ایدیلیر ویاخود هوا بورویه مائلاً نفخ اولنه‌رق کنارینه چارپمق صورتیله بو اهتزاز حاصل ایتدیریلیر. فقط نفخ اولنان هوانك کرك بورونك آغزنده‌کی دوداغه، کرك دیله ، ویاخود کنارینه‌چارپمه‌سندن حاصل اولان

شی عادی بر ایصلق صداسیدر [١] . بو ایصلق یکدیکریله هم آهنك اولمایان بر طاقم صوتدن مرکبدرکه بورو بو اصوات میانندہ یالکز بری ویابرقاچنی بالانتخاب تقویه‌ایدر .

صدا بورولرینك نظریهٔ ریاضیه‌سنی الك اول وضع و تأسیس ایدن اون سکزنجی عصر میلادی ریاضیونلرندن دانیل ـ برنوللی [D . Bernoulli] در. موماالیه قاپالی ویاآچیق بر بورونك ، مدخلنده حصوله کلن اصوات مختلفه‌دن هانکیلرینی انتخاب ایده‌رك بالتقویه اعطا ایلدیکنی تعیین ایلدیکی کبی اصوات مذکورەنك بورو داخلنده صورت انتشارینی‌ده اراٸه ایتمشدر .

٤٨ برطرفی قاپالی صدا بوروسی . — قطری‌طولنه‌نسبتله اصغر وکنارلری غایت مقاومتلی اسطوانی بر بورو تصور و شو بورونك مدخلنده حصوله کتیریلن برحرکت اهتزازیه‌نك داخلاً صورت انتشارینی تدقیق ایدەلم . بونك ایچون بر نوللی‌یه توفیقاً :

اولا بورونك قاپالی‌اولان نهایتیله تماسده بولنان اجزای فردیهٔ هوانك‌صورت قطعیه‌ده سکوت اوزره بولندیغنی ، ثانیاً آچیق اولان طرفده [مدخلنده] مقدار تکاثفك صفره ویاتعبیر دیکرله بورودەکی هوا طبقه‌سنك کثافتنك هوای محیطینك کثافتنه مساوی اولدیغنی قبول ایدەلم.

بو حالده بورونك طولی ط ایله کوسترلدیکنه وآچیق اولان اوجی یعنی مدخلی مبدأ اتخاذ اولندیغنه کوره :

$$س = ط \quad \text{قیمتی ایچون} \quad ب = \frac{\partial ص}{\partial س} = ٠ \qquad (١)$$

$$س = ٠ \quad , \quad , \quad به = \frac{\partial ص}{\partial س} = ٠ \qquad (٢)$$

اولەجغندن حرکت اهتزازیه‌نك بر اسطوانهٔ غیر محدوده داخلنده‌کی انتشاری معادله‌سی اولان

$$\frac{\partial^٢ ص}{\partial ز^٢} = ب^٢ \frac{\partial^٢ ص}{\partial س^٢} \qquad (٣)$$

معادلهٔ تفاضلیه‌سنك

$$ص = ما (س + ب ز) + یع (س — ب ز) \qquad (٤)$$

تمامیٔ عمومیسنه توافق ایتمه‌سی ایجاب ایدر .

[١] لوتوموتیفلرك دودوکلری بویله بر ایصلق حاصل ایدر برآغزدن عبارتدر .

بولندن باشقه ما، یع تابعلری حال ابتدائی‌یه [مسئله‌نك شرائط ابتدائیه‌سنه] تعیین آخرله ز = ٠ زمانننده ب ، به سرعت و مقدار تکاثفلریله معلوم اولماسی لازمکلن [ماده :٢٢]

$$ب = \frac{\partial ص}{\partial ز} = ب ما' (س) — ب یع' (س) = ی (س) \qquad (٥)$$

$$به = — \frac{\partial ص}{\partial س} = — ما' (س) — یع' (س) = بو (س) \qquad (٦)$$

تابعلرینه کوره تعیین ایدەلیدر .

دیکرطرفدن و، ئ . هـ ، هٔ ، ی امثال‌ثابته‌سی کبی برر مقداردن عبارت‌اولق‌اوزره:

$$ص = (و حب ب ی ز + ئ نحب ب ی ز) (هـ حب ی س + هٔ نحب ی س) \qquad (٧)$$

تابعی (٣) معادلهٔ تفاضلیه‌سنه توافق ایتدیکندن معادلهٔ مذکوره‌ده (٤) تمامیٔ عمومیسنك بر شکل دیکری کبی قبول اولەبیلیر . [١]

[١] بو تابعك س متحولنه کوره مشتق آلنەجق اولور ایسه :

$$\frac{\partial ص}{\partial س} = (و حب ب ی ز + ئ نحب ب ی ز) (هـ ی نحب ی س — هٔ ی حب ی س)$$

و بر دها مشتق آلنیر ایسه :

$$\frac{\partial^٢ ص}{\partial س^٢} = (و حب ب ی ز + ئ نحب ب ی ز) (— هـ^٢ ی حب ی س — هٔ^٢ ی نحب ی س)$$

$$= — ی^٢ (و حب ب ی ز + ئ نحب ب ی ز) (هـ حب ی س + هٔ نحب ی س) = — ی^٢ ص$$

بولنەجغی کبی ز زمانته کوره مشتق آلندیغی حالده :

$$\frac{\partial ص}{\partial ز} = (و ب ی نحب ی ز — ئ ب ی حب ی ز) (هـ حب ی س + هٔ نحب ی س)$$

و بنابرین

$$\frac{\partial^٢ ص}{\partial ز^٢} = (— و ب^٢ ی^٢ حب ی ز — ئ ب^٢ ی^٢ نحب ی ز) (هـ حب ی س + هٔ نحب ی س)$$

و یا

$$\frac{\partial^٢ ص}{\partial ز^٢} = — ب^٢ ی^٢ (و حب ی ز + ئ نحب ی ز) (هـ حب ی س + هٔ نحب ی س)$$

$$= — ب^٢ ی^٢ ص$$

TÜRK TARİH KURUMU

آنجق ص تابعنك بو شكلنی اولا مسئلهنك (١) ، (٢) شرطنه توفيقاً تعديل ايتمك و ثانياً حال ابتدائی‌يی ارائه ايدن (٥) ، (٦) معادلهٔ شرطيه‌لرينه توافق ايدوب ايتمديكنی تدقيق و معادلات مذكوره‌يه مطابقتی تأمين ايلمك ايجاب ايدر .

اولا برنجی شرطه نظراً ∅ زمانك قيمتی هر نه اولور ايسه اولسون س=٠ ايچون

$$\text{به} = \frac{\text{هاص}}{\text{هاس}} = -(\text{ن}_{0}\text{حب}_{0}\text{ء}\varnothing + \text{ن}_{1}\text{محب}_{1}\text{ء}\varnothing)(\text{هء}\text{محء}\text{س} - \text{هٔء}\text{حء}\text{س})$$

افاده‌سنك صفر اولماسی مطلقا :

$$(\text{هء}\text{محء}\text{س} - \text{هٔء}\text{حء}\text{س})$$

مضروبنك — س = ٠ قيمتی ايچون صفر بولنماسنه منوط‌در كه بوده:

$$\text{ه} = 0$$

اولماسنی انتاج ايدر .

بو حالده ص تابعی :

$$\text{ص} = (\text{ن}_{0}\text{حب}_{0}\text{ء}\varnothing + \text{ن}_{1}\text{محب}_{1}\text{ء}\varnothing)\,\text{هٔ}\text{محء}\text{س} \qquad (٨)$$

شكلنی كسب ايلر .

ثانياً (٨) شكلنی كسب ايدن ص تابعنك ايكنجی شرطه توافق ايتمه‌سی، تعبير آخرله:

$$\frac{\text{هاص}}{\text{هاس}} = \text{هٔ}\text{محء}\text{س}(\text{ن}_{0}\text{ب}_{0}\text{ء}\text{محب}_{0}\text{ء}\varnothing - \text{ن}_{1}\text{ب}_{1}\text{ء}\text{حب}_{1}\text{ء}\varnothing)$$

افاده‌سنك س = ط قيمتی ايچون صفره مساوی بولنماسی، مطلقا :

$$\text{هٔ}\text{محء}\text{ط} = 0$$

و ياخود ٢ مثبت و يا منفی بر عدد صحيح اولمق اوزره :

حاصل اولهجقدن بونلر (٣) معادلهٔ تفاضليه‌سنده محللرينه قونيله‌جق اولور ايسه معادلهٔ مذكوره :

$$-\text{ب}_{2}^{2}\text{ص} = -\text{ب}_{1}^{2}\text{ص}$$

شكلنده تحقق ايدر .

$$\text{ط ء} = \frac{2\text{٢} - 1}{2}\pi \quad \text{ويا} \quad \text{ء} = (2\text{٢} - 1)\frac{\pi}{2\text{ط}}$$

اولماسنه متوقفدر . بو حالده :

$$\text{ء} = (2\text{٢} - 1)\frac{\pi}{2\text{ط}}$$

اولهجقدن ص تابعنك (٨) افاده‌سنده محلنه وضع اولنور ايسه تابع مذكور :

$$\text{ص} = \text{هٔ}\text{محب}(2\text{٢} - 1)\frac{\pi\text{س}}{2\text{ط}}\left\{\text{ن}_{0}\text{حب}(2\text{٢} - 1)\frac{\text{ب}_{0}\pi\varnothing}{2\text{ط}} + \text{ن}_{1}\text{محب}(2\text{٢} - 1)\frac{\text{ب}_{1}\pi\varnothing}{2\text{ط}}\right\}$$

شكلنی كسب ايدر .

تابع مذكوره داخل اولان ٢ عدد صحيحی مثبت و منفی قيمتلری اخذ ايده‌بيلير ايسه‌ده بونك يالكز قيم مثبته‌سی ايلهده اكتفا اولنور . چونكه ن٠ ، ن١ امثالرينك غير معين اولماسندن دولايی ص تابعنك ٢ عددينك قيم مثبته‌سنه عائد قيمتلری ايله قيم منفيه‌سنه عائد قيمتلری ميانده بر فرق تأسيس اولنه‌ماز. ايشته ٢ عددينك هر برقيمت مثبته‌سی ايچون بو تابع هم بورونك ايكی اوجنده موضوع اولان شرائطه حكميه‌يه هم معادلهٔ تفاضليه‌يه توافق ايده‌جكی كبی بونلرك مجموعی‌ده توافق ايدر .

بناءً عليه مسئلهنك اك عمومی صورت حلی اولمق اوزره ص تابعی ٢ عددينك مجموع قيمتنه كوره :

$$\text{ص} = \text{مح}\,\text{هٔ}\text{محب}(2\text{٢} - 1)\left\{\text{ن}_{0}\text{حب}(2\text{٢} - 1)\frac{\text{ب}_{0}\pi\varnothing}{2\text{ط}} + \text{ن}_{1}\text{محب}(2\text{٢} - 1)\frac{\text{ب}_{1}\pi\varnothing}{2\text{ط}}\right\}$$

شكلنده آماق ، و هٔ امثالی حذف ايده‌رك ن٠ ، ن١ امثالرينه‌ده ٢ عدد تامنك قيم مثبته‌سی ايله كيفی اولهرق تحول ايدن ايكی مقدار نظريله باقق اقتضا ايدر ايسه‌ده مسئله‌يی ساده‌لشديرمك ايچون بوراده ٢ عددينك لاعلی‌التعين بر قيمتنه عائد اولمق اوزره تابع مذكور :

$$\text{ص} = \text{محب}(2\text{٢} + 1)\left\{\text{ن}_{0}\text{حب}(2\text{٢} - 1)\frac{\text{ب}_{0}\pi\varnothing}{2\text{ط}} + \text{ن}_{1}\text{محب}(2\text{٢} - 1)\frac{\text{ب}_{1}\pi\varnothing}{2\text{ط}}\right\} \qquad (٩)$$

صورتنده آلنمشدر .

TÜRK TARİH KURUMU

آنجق تابع مذكور هر نه شكلده آلنير ايسه آلنسون ∅ = ٠ ايجون يوقاريده (٥)، (٦) معادله‌لريله افاده اولنان حال ابتدائيه توافق ايتمه‌سى ايجاب ايدر. شمدى به، تابعنك ∅، و س متحوللرينه نظراً مشتقلرى آلنه‌جق اولور ايسه:

$$ب = \frac{\text{هاص}}{\text{هاس}} = \text{حب}(٢ ز + ١) \frac{٢ ط}{\pi س} \left\{ \frac{(٢ ز + ١) ب \pi}{٢ ط} \text{ ون حب}(٢ ز - ١) \right.$$

$$\left. \times \frac{ب \pi ∅}{٢ ط} - \frac{(٢ ز + ١) ب \pi}{٢ ط} \text{ ون حب} \frac{(٢ ز + ١) ب \pi ∅}{٢ ط} \right\}$$

$$به = - \frac{\text{هاص}}{\text{هاس}} = - \frac{(٢ ز + ١) \pi}{٢ ط} \text{ حب}(٢ ز + ١) \left\{ \frac{\pi س}{٢ ط} \text{ ون حب}(٢ ز + ١) \right.$$

$$\left. \times \frac{ب \pi ∅}{٢ ط} + \text{ ون حب}(٢ ز + ١) \frac{ب \pi ∅}{٢ ط} \right\}$$

و بو افاده‌لرده ∅ = ٠ وضع اولنور ايسه نظير نظيره:

$$ب = \text{ون} . \frac{(٢ ز + ١) ب \pi}{٢ ط} \text{ حب}(٢ ز + ١) \frac{\pi س}{٢ ط}$$

$$به = \text{ ون} . \frac{(٢ ز + ١) ب \pi}{٢ ط} \text{ حب}(٢ ز + ١) \frac{\pi س}{٢ ط}$$

بولنه‌جغندن

$$\text{ون} . \frac{(٢ ز + ١) \pi}{٢ ط} = \text{ون}$$

$$\text{ ون} . \frac{(٢ ز + ١) \pi}{٢ ط} = \text{ون}$$

فرضيله:

$$ب = ب \text{ون حب}(٢ ز + ١) \frac{\pi س}{٢ ط} \qquad (١٠)$$

$$به = \text{ون حب}(٢ ز + ١) \frac{\pi س}{٢ ط} \qquad (١١)$$

استحصال ايديلير. ايشته ب، به مقدارلرينك بو قيمتلرى يوقاريده (٥)، (٦) معادله‌لرنده‌كى افاده‌لرينه مساوى قلنه‌جق اولور ايسه:

$$ب \text{ون حب}(٢ ز + ١) \frac{\pi س}{٢ ط} = - \text{ نا}(س) - ب \text{ نع}(س) = \text{ى}(س) \qquad (١٢)$$

$$\text{ون حب}(٢ ز + ١) \frac{\pi س}{٢ ط} = - \text{ نا}(س) - \text{ نع}(س) = \text{و}(س) \qquad (١٣)$$

معادلهٔ شرطيه‌لرينه دسترس اولنور.

بو معادلات شرطيه‌دن برنجيسنك طرف اولى بر تابع جيبى اولماسى طرف ثانيه‌كى ى (س) تابعنده س يرينه — س وضع اولنديغى حالده تابع مذكورك قيمتجه ثابت قالماسنى و اشارتجه تحول ايتمه‌سنى استلزام ايدر. ايكنجيسنك طرف اولى برتابع تمام‌جيبى اولماسى ايسه طرف ثانيده بولنان و (س) تابعنده س يرينه —س وضع ايدلديكى صورتده تابع مذكورك اشارت و قيمتجه ثابت قالماسى انتاج ايلر: تعبير آخرله طرف اوللرك طرف ثانيلر يرينه قبول ايديلمه‌سى ايجون ى (س)، و (س) تابعلرينك:

$$\text{ى}(- س) = - \text{ى}(س) \qquad (١٤)$$

$$\text{و}(- س) = \text{و}(س) \qquad (١٥)$$

شرطلرينى حائز بولنمالرى لازم و بوندن باشقه بو تابعلرك برر تابع دورى اولمالرى لابددر.

ايشته:

$$\text{ى}(س) = - ب \text{ نا}(س) - ب \text{ نع}(س)$$

$$\text{و}(س) = - \text{ نا}(س) - \text{ نع}(س)$$

تابعلرنده بوشرطلر موجود اولديغى حالده هرايكى جهتدن غير محدود فرض اولنان بر ستون هوانك، س = ٠ ايله س = ط آره‌سنده محصور بر قسم محدودى، ط طولنده قاپالى بر صدا ايله بوروسنده حصوله كلمه‌جك بالجمله حادثاتى ابراز ايدر. تعبير ديكرله غير محدود بر ستون هوا بو حال ابتدائيه‌ى حائز بولنديغى تقديرده موضوع بحث اولان صدا بوروسنده‌كى مسئلهٔ انتشار، هرايكى طرفدن نامحدود اولان بو ستون‌هواده‌كى مسئلهٔ انتشاره تحويل ايدلمش اولور.

TÜRK TARİH KURUMU

حال بوکه ی ، بو تابعلرنده (١٤)، (١٥) شرطلرینك وجودی فرض اولنه‌بیلیر . چونکه بو تابعلر مسئله‌ده یالکز س = ٠ ایله س = ط آره‌سنده بر قیمت معینه‌یی حائز و بو غایه‌لرك خارجنده صورت مطلقه‌ده کیفی بر تابعدرلر . بناءً علیه توابع مذکوره‌یی س = ٠ ایله س = ط آره سنده (١٤)، (١٥) خاصه‌لریله متصف اولهرق انتخاب ایتمك ممکندر .

ایشته بو صورتله قاپالی بورونك داخلنده صوتك انتشاری مسئله‌سنی غیر محدود بر ستون اسطوانیٔ هوانك درونندهکی انتشاری مسئله‌سنه تحویل ایدن مسئله بروجه آتی حل اولنور :

بورو داخلنده فصله‌سی س اولان بر نقطه‌ده ⊙ زمانندهکی ب سرعت و به مقدار تکاثفی یوقاریکی افاده‌لرینه توفیقاً :

$$ب = \frac{هاص}{هاس} \left\{ = ب_{0} \text{ حب } (٢ن + ١) \frac{ط ⊙}{ل ٢} - ب_{1} \text{ حب } (٢ن + ١) \frac{ط ⊙}{ل ٢} \right\}$$

$$\times \text{ حب } (٢ن + ١) \frac{ط س}{ل ٢}$$

$$به = - \frac{هاص}{هاس} = - \left\{ ب_{0} \text{ حب } (٢ن + ١) \frac{ط ⊙}{ل ٢} + ب_{1} \text{ حب } (٢ن + ١) \frac{ط ⊙}{ل ٢} \right\}$$

$$\times \text{ حب } (٢ن + ١) \frac{ط س}{ل ٢}$$

اولور که بونلرك هرایکیسی ده هم س متحولنك هم ⊙ زمانك بر تابع دوریلرندن عبارتدر. شمدی اول امرده ، ن عدد تامنك لاعلی التعیین بر قیمتنه کوره کرك ب ، کرك به مقدارلرینك ⊙ زمانه نظراً دورلرینك امتدادی :

$$ط ٢ = \frac{ط ⊙}{ل ٢} (٢ن + ١)$$

مساواتندن استحصال اولنان :

$$⊙ = \frac{٤ ل ط}{(٢ن + ١) ب}$$

مدتنه مساویدر . بر صورتده که بورو داخلنده فصله‌سی س اولان بر نقطهٔ معینه‌ده

$$⊙ = \frac{٤ ل ط}{(٢ن + ١) ب}$$

فاصله ایله آیرلمش زمانلرده سرعت اهتزاز و مقدار تکاثف عینی قیمتلری کسب ایدر.

حال بوکه ، بو صورتله تعریف اولنان ⊙ مدتی بورو داخلنده کائن لاعلی التعیین بر نقطه‌دن بر موج تامك مروری ایچون کچن مدتدن ودها طوغروسی بورونك مدخلنده‌کی صوتی حاصل ایدن حرکت اهتزازیه‌نك م درونمدن باشقه برشی دکلدر .

بنا برین ⊙ یرینه م وضعیله :

$$م = \frac{٤ ل ط}{(٢ن + ١) ب} \qquad (١٦)$$

بولنه‌جقی کبی بورونك مدخلنده حاصل اولان صوتك ثانیهٔ واحده‌ده‌کی عدد اهتزازی‌ده م ایله کوسترلدیکنه کوره :

$$م = \frac{١}{م} = \frac{(٢ن + ١) ب}{٤ ل ط} \qquad (١٧)$$

اولمق لازم کلیر .

بولمدن استنتاج اولنورکه ط طولنده قاپالی بربوروده حصوله کلهبیلن الك پست [عدد اهتزازی الك آز اولان] صوت ن = ٠ قیمتنه توافق ایدن :

$$م = \frac{١}{م} \frac{ب}{٤ ل ط}$$

صوتیدرکه بوکا بورونك «صوت اصلیسی» نامی ویریلیر . فقط ن عدد تام مثبتی متوالیاً ١ ، ٢ ، ٣ ، . . . عددلرینه مساوی فرض اولنه‌بیلدیکنه کوره بورودن عدد اهتزازی صوت اصلینك عدد اهتزازینك ٣ ، ٥ ، ٧ ، . . . مثلی اولان اصوات مؤلفه استحصال ایدلمه‌سی‌ده ایجاب ایدر .

ثانیاً ب ، به مقدارلرینك س بعدینه نظراً دورلرینك امتدادی :

TÜRK TARİH KURUMU

$$\text{جب}\,(٢\,\pi\,ز + ١)\,\frac{\pi\,س}{٢\,ط} = ٢\,\pi$$

مناسبتندن استخراج اولنان :

$$س = \frac{٤\,ط}{(١ + ز\,٢)}$$

دن عبارتدر . بر حالده که ز عدد تامنك عینی بر قیمتی یعنی بورونك چیقاره بیلدیکی اصوات مؤلفه‌دن لاعلی التعیین بری ایچون بورو داخلنده یکدیکرندن :

$$\frac{٤\,ط}{١ + ز\,٢}$$

قدر بربعدله تفریق ایدلمش اولان نقطه‌لرده س سرعت اهتزازی و به مقدار تکافی عینی قیمتی حائزدر . بوندن آکلاشیلیر که :

$$\frac{٤\,ط}{١ + ز\,٢}$$

فاصلهٔ بعدیه‌سی بورونك داخلنده انتشار یدن صوتك طول موجندن باشقه برشی دکلدر. بو حالده طول مذکور ل ایله افاده ایدیلمجك اولور ایسه :

$$ل = \frac{٤\,ط}{١ + ز\,٢}$$

بولنور . صوت اصلی ایچون ز = ٠ اولدیغندن صوت مذکورك طول موجی

$$ل = ٤\,ط$$

اولمق و تعبیر آخرله بورونك طولنك درت مثلنه مساوی بولنمق لازم کلیر .

شمدی بورو داخلنده بر آنده ، بر صوت معین ایچون ، سرعت اهتزازلری صفر اولهٔ بیان نقاطی تحری ایدهلم : بونك ایچون س افاده‌سنك س فصله‌سنه تابع بولنان :

$$\text{جب}\,(٢\,\pi\,ز + ١)\,\frac{\pi\,س}{٢\,ط}$$

مضروبی صفره مساوی قلمق کفایت ایدر . فی‌الحقیقه :

$$\text{جب}\,(٢\,\pi\,ز + ١)\,\frac{\pi\,س}{٢\,ط} = ٠$$

معادله‌سندن، ز بر عدد صحیح اولمق اوزره ،

$$س = \frac{ط\,(١ + ز\,٢)}{١ + ز\,٢}$$

بولنور . بو حالده ز عدد صحیحنك بر قیمت معینه‌سی [یعنی هربر صوت مؤلف] ایچون ز عدد تامنه صره‌سیله ٠ ، ١ ، ٢ ، ... قیمتلری ویرلدیکی حالده بولنه‌جق اولان :

$$ط\,\frac{(١ + ز\,٢)}{(١ + ز\,٢)} \quad \frac{ط}{١ + ز\,٢} \quad \frac{٣\,ط}{١ + ز\,٢} \quad \frac{٥\,ط}{٢ + ز\,٢} \quad \ldots \qquad (١٨)$$

بعدلرینه تصادف ایدن نقطه‌لرده سرعت اهتزاز صفره مساوی بولنورکه بونقطه‌لره «عقده نقطه‌لری» دینیلیر .

بربرینی متعاقب ایکی عقده نقطه‌سی بینندهکی فاصله علی‌السویه :

$$\frac{ل}{٢} = \frac{ط\,٢}{١ + ز\,٢} = \frac{س - س}{ز + ١}$$

نصف طول موجنه مساویدر .

دیکر طرفدن بنه بورو داخلنده بر صوت مؤلف [یعنی ز عددینك بر قیمتی] ایچون به مقدار تکافی صفر اولان نقطه‌لر آرانیلمجق اولسه بولنده به افاده‌سنك س متحولنی حاوی مضروبی صفره مساوی قیلمق کفایت ایدر . بو حالده :

$$\text{جب}\,(٢\,\pi\,ز + ١)\,\frac{\pi\,س}{٢\,ط} = ٠$$

وبنابرین ز بر عدد صحیح اولمق اوزره :

$$س = \frac{٢\,ز\,ط}{١ + ز\,٢}$$

استحصال اولنور .

بناءً علیه عینی صوت مؤلف ایچون ز عدد تامنه ١ ، ٢ ... قیمتلری ویرلدیکی حالده بولنه‌جق اولان :

TÜRK TARİH KURUMU

$$\frac{2ط}{1+ز^2} \quad \frac{4ط}{1+ز^2} \quad \frac{6ط}{1+ز^2} \quad \cdots \quad \frac{2ن ط}{1+ز^2} \qquad (19)$$

مسافه‌لرینه تصادف ایدن نقطه‌لرده مقدار تکاثف صفر اولور ؛ تعبیر آخرله تضییق ، تضییق خارجی‌یه مساوی بولنور که بو نقطه‌لرده‌ده بالخاصه بطن نقطه‌لری ، نامی ویریلیر.

برنولّلی‌یه توفیقاً بورونك سرعتی اولان ایکی اوجنده تضییق هوا ، تضییق نسیمی‌یه مساوی بولنه‌جغندن به مقدار تکاثفی صفر اولور . بوحالده بورونك طولی ط ایله کوسترلدیکنه و مدخلی مبدأ اتخاذ ایدلدیکنه کوره :

$$\frac{ه^2ص}{ه ا ج^2} = ب^2 \frac{ه^2ص}{ه ائ^2} \qquad (1)$$

معادلهٔ تفاضیلیسنك

$$ص = (ن حب ب ؛ ⊙ + ن' حب ب ؛ ⊙)(ه حب ؛ س + ه' حب ؛ س)$$

تمامیسی :

$$س = ٠ \quad \text{قیمتی ایچون} \quad ه = -\frac{ه ص}{ه س} = ٠ \qquad (2)$$

$$و \quad س = ط \quad ؛ \quad ؛ \qquad \frac{ه ص}{ه س} = ٠ \qquad (3)$$

شرطلرینه توافق ایتمه‌سی ایجاب ایدر.

ابشته مادهٔ سابقه‌ده کورولدیکی اوزره :

$$ه = -\frac{ه ص}{ه س} = -(ن حب ب ؛ ⊙ + ن' حب ب ؛ ⊙)(ه ؛ حب ؛ س + ه' ؛ حب ؛ س)$$

اولدیغندن بو افاده‌نك ، ⊙ زمانی هر نه اولور ایسه اولسون، (2) شرطنه توافق ایتمه‌سی مطلقا

$$ه ؛ حب ؛ س = ه' ؛ حب ج س$$

مضروبنك ، س = ٠ قیمتی ایچون ، صفره مساوی بولنماسنه متوقفدرکه بوده :

$$ه = ٠$$

نتیجه‌سنی اعطا ایدر و بوحالده ص تابعی‌ده :

$$ص = ٢ ن ن' حب ب ؛ ⊙ حب ؛ س$$

٥٠ آچیق صدا بوروسی . — ایکی طرفی آچیق، قطری‌طولنه نسبتله اصغر، جدارلری غایت متین بر اسطوانی صدا بوروسی تصور ایدهلم و بونك مدخلنده حصوله کتیریلن بر صوتك بورو دروننده صورت انتشارینی تدقیق ایلیهلم .

برنولّلی‌یه توفیقاً بورونك سرعتی اولان ایکی اوجنده تضییق هوا ، تضییق نسیمی‌یه مساوی بولنه‌جغندن به مقدار تکاثفی صفر اولور . بوحالده بورونك طولی ط ایله کوسترلدیکنه و مدخلی مبدأ اتخاذ ایدلدیکنه کوره :

$$\frac{ه^2ص}{ه ا ج^2} = ب^2 \frac{ه^2ص}{ه ائ^2} \qquad (1)$$

معادلهٔ تفاضیلیسنك

$$ص = (ن حب ب ؛ ⊙ + ن' حب ب ؛ ⊙)(ه حب ؛ س + ه' حب ؛ س)$$

تمامیسی :

$$س = ٠ \quad \text{قیمتی ایچون} \quad ه = -\frac{ه ص}{ه س} = ٠ \qquad (2)$$

$$و \quad س = ط \quad ؛ \quad ؛ \qquad \frac{ه ص}{ه س} = ٠ \qquad (3)$$

شرطلرینه توافق ایتمه‌سی ایجاب ایدر.

ابشته مادهٔ سابقه‌ده کورولدیکی اوزره :

$$ه = -\frac{ه ص}{ه س} = -(ن حب ب ؛ ⊙ + ن' حب ب ؛ ⊙)(ه ؛ حب ؛ س + ه' ؛ حب ؛ س)$$

اولدیغندن بو افاده‌نك ، ⊙ زمانی هر نه اولور ایسه اولسون، (2) شرطنه توافق ایتمه‌سی مطلقا

$$ه ؛ حب ؛ س = ه' ؛ حب ج س$$

مضروبنك ، س = ٠ قیمتی ایچون ، صفره مساوی بولنماسنه متوقفدرکه بوده :

$$ه = ٠$$

نتیجه‌سنی اعطا ایدر و بوحالده ص تابعی‌ده :

TÜRK TARİH KURUMU

$$ص = (ن_{1} حب ب ى ☉ + ن_{2} نحب ب ز ☉) هـ^{ى} نحب ى س$$

شکلنی کسب ایلر .

ثانیاً بو شکلی کسب ایدن ص تابعنك‌ده (۳) شرطنه توافق ایلمه‌سی ایچون‌ده :

$$به = -- \frac{نهاص}{نهاس} = -(ن_{1} حب ب ى ☉ ن_{2} نحب ب ى ☉) هـ^{ى} نحب ى س$$

افاده‌سنده واقع $هـ^{ى} نحب ى س$ مضروبنك $س = ط$ قیمتی ایچون صفر اولماسی یعنی :

$$هـ^{ى} نحب ى ط = ٠$$

وبنابرین ز بر عدد تام اولمق اوزره :

$$ى ط = ٢ \pi ز \quad ویا \quad ى = \frac{٢ \pi ز}{ط}$$

بولنماسی لازمدر . ایشته بو ایکی شرط حکمی‌یه توافق ایدن ص تابعی :

$$ص = هـ^{ا} نحب ز \frac{\pi س}{ط} \left(ن_{1} حب ز \frac{ب \pi ☉}{ط} + ن_{2} نحب ز \frac{ب \pi ☉}{ط} \right)$$

اولورکه تابع مذکورده $هـ^{ا}$ امثالندن صرف نظر اولندیغی و ز عددینك یالکز قیمت مثبته‌سی ایله اکتفا قلندیغی حالده :

$$ص = نحب ز \frac{\pi س}{ط} \left(ن_{1} حب ز \frac{ب \pi ☉}{ط} + ن_{2} نحب ز \frac{ب \pi ☉}{ط} \right) \quad (٦)$$

صورتنده یازیله بیلیر

شمدی شرائط حکمیه‌یه توافق ایدن بو تابعك ☉، س متحوللرینه نظراً مشتقلرینی آلەرق ب ، و به مقدارلرینك افاده‌لرینی استحصال ایدەلم. بو حالده :

$$ب = \frac{نهاص}{نهاس ☉} = \left(ن_{1} ز \frac{\pi ب}{ط} نحب ز \frac{ب \pi ☉}{ط} - ن_{2} ز \frac{\pi ب}{ط} حب ز \frac{ب \pi ☉}{ط} \right) نحب ز \frac{\pi س}{ط}$$

$$به = -- \frac{نهاص}{نهاس} = -\left(ن_{1} حب ز \frac{ب \pi ☉}{ط} + ن_{2} نحب ز \frac{ب \pi ☉}{ط} \right) حب ز \frac{\pi ز}{ط} حب ز \frac{\pi س}{ط}$$

ویاخود : $ن_{1} ز \frac{ب \pi}{ط} = ب_{1}$ و $ن_{2} ز \frac{\pi}{ط} = ب_{2}$

وضعیله:

$$ب = \left(ب_{1} نحب ز \frac{ب \pi ☉}{ط} - ب_{2} ب حب ز \frac{ب \pi ☉}{ط} \right) نحب ز \frac{\pi س}{ط} \quad (٧)$$

$$به = -\left(ب_{1} حب ز \frac{ب \pi ☉}{ط} - ب_{2} نحب ز \frac{ب \pi ☉}{ط} \right) حب ز \frac{\pi س}{ط} \quad (٨)$$

بولنور .

موضوع بحث اولان بورو مسئله‌سنی ایکی جهتدن غیرمحدود بر ستون هوا مسئله‌سنه تحویل ایچون، ب و به مقدارلرینك بو قیمتلرینك حال ابتدائی‌یه توافق ایتملری وبونك ایچون‌ده ☉ = ٠ زمانینده بولنمه‌جق اولان :

$$ب = ب_{1} ب نحب ز \frac{\pi س}{ط} \quad (٩)$$

$$به = ب_{1} حب ز \frac{\pi س}{ط} \quad (١٠)$$

قیمتلرینك نظیره :

$$ب = ب نا (س) - ب_{2} بع (س) = ى (س)$$

$$به = -- نا (س) - بع (س) = بو (س)$$

تابعلرینه معادل بولنماسی لازمدر . حال بوکه ، س = ٠ ایله س = ط آره‌سنده

$$ى (س) = ب_{1} ب نحب ز \frac{\pi س}{ط}$$

$$بو (س) = ب_{1} حب ز \frac{\pi س}{ط}$$

اولدیغنی فرض ایلمك ى ، بو تابعلرینی :

$$ى (-- س) = ى (س) \quad (١١)$$

TÜRK TARİH KURUMU

$$\text{بو}\,(-\text{س}) = -\,\text{بو}\,(\text{س}) \qquad (۱۲)$$

شرطلرینه توافق ایده‌جك صورتده دوری اولدقلری قبول ایتمك دیمکدر. بو ایسه ممکندر. زیرا بی، بو تابعلری س = ۰ و س = ط غایه‌لری خارجنده کیفی برر تابع بولدیغندن بونلری س = ۰ ایله س = ط آره‌سنده (۱۱) و (۱۲) شرطلرینه توافق ایده‌جك صورتنده انتخاب ایتمك کوچ دکلدر.

ایشته بو فرضیات دائره‌سنده، موضوع بحث اولان بورو مسئله‌سی براسطوانهٔ غیرمحدوده مسئله‌سنه تحویل ایدلمش بولنه‌جغندن مسئلهٔ مذکوره (۷)، (۸) دستورلرینه توفیقاً بروجه آتی حل ولنور. شویله که: بو دستورلره نظراً: بویله بر بورو ۰ ب و به مقدارلری هم س مسافه‌سنك هم ⊙ زمانتك برر تابع دوریسندن عبارت اولدقلری ثابت اولور.

شمدی اولا ۷ عدد تامنك لاعلی التعیین برقیمت مثبته‌سنه کوره ب و به مقدارلرینك ⊙ زمانته نظراً دورلری:

$$\pi\,۲ = \frac{\odot\,\pi\,\text{ب}}{\text{ط}}\,۷$$

مساواتندن استحصال اولنان:

$$\odot = \frac{\text{ط}\,۲}{\text{ب}\,۷}$$

مدتنه مساویدر. بر صورتده که بورو داخلنده فصله‌سی س اولان بر نقطهٔ ثابته‌ده

$$\odot = \frac{\text{ط}\,۲}{\text{ب}\,۷}$$

فاصله‌سی ایله آیرلمش زمانلرده سرعت اهتزاز و مقدار تکاثف عینی قیمتلری کسب ایدرلر. بو صورتله تعریف اولنان ⊙ مدتی ایسه بورو داخلنده کائن لاعلی التعیین بر نقطه‌دن بر موج تامك مروری ایچون کچن زماندن و دها طوغروسی بورونك مدخلنده وقوعه کتیریلن صوتی حاصل ایدن حرکت اهتزازیه‌نك $\frac{۱}{ن}$ دورندن باشقه برشی دکلدر. بنابرین:

$$\text{م} = \frac{\text{ط}\,۲}{\text{ب}\,۷} \qquad (۱۳)$$

اوله‌جغی کبی حاصل اولان صوتك ثانیهٔ واحده‌ده کی م عدد اهتزازی‌ده:

$$\text{م} = \frac{۱}{\text{ن}} = \frac{\text{ب}\,۷}{\text{ط}\,۲} \qquad (۱۴)$$

اولمق لازم کلیر. بوندن استنتاج اولنور که ط طولنده بر آچیق صدا بوروسندن استحصال اولنه‌بیلن الك پست [عدد اهتزازی الك آز] صوت ۷ = ۱ قیمتنه توافق ایدن:

$$\text{م} = \frac{۱}{\text{ن}} = \frac{\text{ب}}{\text{ط}\,۲}$$

صوتیدر که بوده بورونك «صوت اصلی» سندن عبارتدر. فقط ۷ عدد تامی متوالیاً ۱، ۲، ۳، . . فرض ایدیله‌بیله‌جکنه کوره بورودن عدد، اهتزازلری صوت اصلینك ۲، ۳، ٤، ٥، . . . مثلی اولان اصوات استحصال ایدله‌بیلیر. بوده ایجاب ایدر.

ثانیاً ب، به مقدارلرینك مدخله اولان س بعدینه نظراً دورلرینك امتدادی:

$$\pi\,۲ = \frac{\text{س}\,\pi}{\text{ط}}\,۷$$

افاده‌سندن استحصال اولنان:

$$\text{س} = \frac{\text{ط}\,۲}{۷}$$

دن عبارتدر. بروجهله که ۷ عدد تامنك عینی قیمتی ایچون [یعنی بورونك چیقاردیغی اصوات مؤلفه‌دن هر بری ایچون] بورو داخلنده یکدیکرندن:

$$\text{س} = \frac{\text{ط}\,۲}{۷}$$

قدر برر بعدله تفریق ایدلمش اولان نقطه‌لرده ب سرعت اهتزازی و به مقدار تکاثفی عینی قیمتلری حائزدرلر.

بوندن آکلاشیلیر که:

$$\frac{\text{ط}\,۲}{۷}$$

فاصلهٔ بعدیه‌سی بورو داخلنده انتشار ایدن صوتك طول موجندن باشقه برشی دکلدر: طول مذکور ل ایله افاده ایدیله‌جك اولور ایسه:

$$\text{ل} = \frac{\text{ط}\,۲}{۷}$$

TÜRK TARİH KURUMU

بولنور . صوت اصلی ایچون $ز = ۱$ اولدیغندن صوت مذکورك طول موجی ده :

$$ل = ۲ ط$$

و تعبیر دیکرله بورونك طولنك ضعفنه مساوی اولور .

شمدی بویله بر بورو داخلنده بر آنده بر صوت معین ایچون سرعت اهتزازلری صفر اولان نقاطی تحری ایده‌لم : بونك ایچون $س$ افاده‌سنده س فصله‌سنه تابع بوانان:

$$\text{تحب } ز \frac{س \pi}{ط}$$

مضروبنی صفره مساوی قلمق کفایت ایدر . فی‌الحقیقه :

$$\text{تحب } ز \frac{س \pi}{ط} = ۰$$

معادله‌سندن ، $ز$ بر عدد صحیح اولمق اوزره :

$$س = \frac{(۱ + ز ۲)}{ز ۲}$$

بولنور . ایشته ⓒ عدد صحیحنك بر قیمت معینه‌سی ایچون $ز$ عدد تامنه صره‌سیله ۰ ، ۱ ، ۲ ، ۳ . . . قیمتلری ویریله‌جك اولور ایسه مدخلدن متوالیاً :

$$\frac{ط}{ز ۲} \quad \frac{۳ ط}{ز ۲} \quad \frac{۵ ط}{ز ۲} \quad . \quad . \quad . \quad \frac{(۱ + ز ۲)}{ز ۲} \qquad (۱۳)$$

بعدلرینه دسترس اولنورکه بو بعدلره تصادف ایدن نقطه‌لر «عقده» نقطه‌لرندن عبارتدر.

بربرینی متعاقب ایکی عقده نقطه‌سی آره‌سنده کی بعد :

$$س_{ز+۱} - س_{ز} = \frac{ط}{ز} = \frac{ل}{۲}$$

نصف طول موجنه مساویدر .

دیکر طرفدن بینه بورو داخلنده بر صوت مؤلف ایچون $ه$ مقدار تقبضنك صفر اولدیغی نقطه‌لر آرالیه‌جق اولور ایسه بونك ایچون‌ده :

$$\text{تحب } ز \frac{س \pi}{ط} = ۰$$

وضع ایلك کفایت ایدر . فی‌الحقیقه ، $ز$ ینه بر عدد تام اولمق اوزره :

$$س = \frac{ز}{ز} ط$$

استحصال ایدیلیرکه بونده‌ده متوالیاً $ز$ عدد تامنه ۰ ، ۱ ، ۲ ، . . . قیمتلری ویرلدیکی حالده بطن نقطه‌لرینك مدخله اولان :

$$۰ \quad \frac{ط}{ز} \quad \frac{۲ ط}{ز} \quad \frac{۳ ط}{ز} \quad . \quad . \quad . \quad \frac{ز ط}{ز} \qquad (۱۸)$$

بعدلری بولنور .

بربرینی متعاقب ایکی بطن آره‌سنده‌کی مسافه علی‌السویه :

$$س_{ز+۱} - س_{ز} = \frac{ط}{ز} = \frac{ل}{۲}$$

نصف طول موجنه مساویدر .

عقده وبطن نقطه‌لرینك مدخله‌اولان‌بعدلرینی افاده‌ایدن بوایکی‌سلسله‌دن ظاهراوله‌جنی وجه اوزره آچیق برصدا بوروسنده آغزایله قاعده بربطن اولمق اوزره بطن و عقده نقطه‌لری متناوباً تکرر ایدر ؛ ویکدیکرندن $\frac{ل}{۴} = \frac{ط}{ز ۲}$ قدر بر فاصله ایله موضوع بولنور .

ایشته بورایه قدر استخراج اولنان نتایج خلاصه ایدیله‌جك اولور ایسه آچیق صدا بورولری حقنده برنوللینك بروجه آتی قانونلرینه دسترس اولنور :

۵۱ بر نوللی قوانینی . — اولا آچیق بر بورو صوت اصلی‌ایله برابر کافهٔ اصوات مؤلفه‌یی اعطا ایده‌بیلیر .

ثانیاً بو اصواتدن هر برینك پرده‌سی ـ شرائط متساویه تحتنده ـ بورونك طولیله معکوساً متناسبدر .

ثالثاً آچیق بر بورینك اعطا ایلدیکی صوت اصلینك طول موجی بورونك ضعف طولنه مساویدر .

رابعاً بر آچیق بوری واسطه‌سیله استحصال اولنان صوت اصلی ضعف طولنده‌قاپالی بر بورو واسطه‌سیله استحصال ایدیلن صوت اصلی‌یه مساویدر .

خامساً بر آچیق بورونك مبدأ و منتهاسی بطن اولمق اوزره عقده وبطن نقطه‌لری متناوباً موضوع و بینلری ربع طول موج قدر بر فاصله ایله متفرقدر .

TÜRK TARİH KURUMU

٥٢ نتايج سابقه‌نك تداخل نظريه‌سى ايله ايضاحى . — برنوللى نظريه‌سنده صدا بورولرنده وجودى تحقق ايدن عقده وبطن نقطه‌لرينك ظهورى «تداخل» حادثه‌سنك بر نتيجه‌سيدر. شويله‌كه: بربورونك آغزنده حصوله كتيريلن حركت اهتزازيه هوا واسطه‌سيله نهايته‌قدر انتشارايايه‌رك يوراده انعكاس ايليه‌جكى وحاصل اولان حركت منعكسه ، حركت مبسوطهٔ اصليه‌يه انضمام والتحاق ايده‌جكى جهتله عقده وبطن نقطه‌لرينك ظهورينه سبب اولور . فقط بو حركت منعكسه بورونك آغزينه ورودنده بر ايكنجى دفعه دها انعكاس ايده‌جكندن عادتا حركت مبسوطه شكلنى اكتساب ايله بورونك طولنجه انتشار ايدر. اكر بويله ايكى دفعه انعكاس ايتمش اولان بر حركت اهتزازيه حركت اهتزازيهٔ اصليه‌يه توافق ايده‌جك اولور ايسه بورونك نهايتنده اوچنجى دفعه انعكاس ايده‌رك عينى بطن وعقده‌لرى توليد وبورونك آغزنده دردنجى دفعه انعكاسله حركت مبسوطه شكلنى كسب ايله حركت اصليه‌ني تشديد ايدر .

ايشته بو منوال اوزره ظهور ايدن حركات منعكسه‌نك كافه‌سى نظير نظيره يكديكرينه انضمام ايده‌جكندن بورودە حاصل اولان صوت‌ده كسب قوت ايلر . بو ايضاحاتدن آكلاشيلركه بر بورونك بر صوتى نه كبى شرائط تحتنده تقويه ايتديكنى تعيين ايچون بو صوتى حصوله كتيرن حركت اهتزازيه ايله ايكى دفعه انعكاس ايدن حركت اهتزازيه آراسنده بر توافق تامك حصولى شرائطنى تعيين ايلمك كفايت ايدر . بو شرائطك تعيينى ايچون‌ده قاپالى ويا آچيق بر اسطوانهٔ محدوده داخلنده انتشار ايدن امواجك تداخلنى نظر اعتباره آلمق لازمدر .

٥٣ براسطوانهٔ محدوده داخلنده‌كى امواجك تداخلى. — بر نهايتى بر مستوى ايله مسدود براسطوانى بورونك مدخلنده حصوله كتيريلن بر حركت اهتزازيه‌نك انتشارينى تخطر ايده‌لم .

بو حركت اهتزازيه اسطوانه‌نك نهايته قدر برحركت متساويه ايله انتشار ايده‌رك اوراده اولجه كورولديكى اوزره بالانعكاس اسطوانه‌نك مدخلندن لاينقطع ورود ايدن اهتزازاته التحاق ايدر .

اسطوانه‌نك قاپالى اولان نهايتندن اعتباراً س بعدنده بولنان بر كُ مقطعى اوزرنده كائن بر نقطه‌ده حركت اهتزازيه‌نك سرعتى ، اسطوانه‌نك طولى ط اولديغنه كوره ، (١٧) نومرولى دستوره توفيقاً :

$$ب_{١} = و\ حـ\ ٢\pi \left(\frac{ن}{ه} - \frac{ط - س}{ل} \right)$$

اولور .

اسطوانه‌نك مدخلندن صدور ايله قاپالى اولان نهايتنده بعدالانعكاس بو اثناده مقطع مذكوره عودت ايدن حركت اهتزازيهٔ منعكسه‌نك نقطهٔ مفروضه‌يه اعطا ايده‌جكى سرعت‌ده :

$$ب_{٢} = -و\ حـ\ ٢\pi \left(\frac{ن}{ه} - \frac{ط + س}{ل} \right)$$

اولمق لازم كلير .

ايمدى بو نقطه‌ده حركت محصله‌نك سرعتى بو سرعت مركبه‌لر مجموعنه مساوى اولمه‌جغندن :

$$ب = ب_{١} + ب_{٢} = و\ حـ\ ٢\pi \left[\left(\frac{ن}{ه} - \frac{ط}{ل} \right) + \frac{س}{ل} \right] - و\ حـ\ ٢\pi \left[\left(\frac{ن}{ه} - \frac{ط}{ل} \right) - \frac{س}{ل} \right]$$

ويا خود :

$$ب = ٢\ و\ حـ\ ٢\pi \frac{س}{ل}\ نحـ\ ٢\pi \left(\frac{ن}{ه} - \frac{ط}{ل} \right)$$

بولنور .

شمدى بو دستورى مناقشه ايده‌لم :

اولا ، لاعلى‌التعيين بر زمانده $حـ\ ٢\pi \frac{س}{ل} = ٠$ ويا خود $س = ٢ ، \frac{ل}{٤}$ اولان مقطعارده ب سرعت محصله‌سى صفر اولور .

ايشته بو شرطه توافق ايدن يعنى اسطوانه‌نك نهايته اولان بعدى نصف طول موجك امثالى ويا ربع طول موجك زوج مثلى اولان ٠ ، $\frac{ل}{٢}$ ، $\frac{ل}{٤}$ ، ٤ ، كبى مقطعلر عقده نقطه‌لرينى حاوى اولان مقطعاردن عبارت اولور .

ثانياً ، لاعلى‌التعيين بر زمانده بر نقطه‌ده:

$حـ\ ٢\pi \frac{س}{ل} = \pm ١$ ويا خود $س = (٢ ، ١ +) \frac{ل}{٤}$

بولنور ايسه ب سرعت محصله‌سى‌ده قيمت مطلقه‌جه اعظمى اولور .

ايشته بو شرطه توافق ايدن تعبير آخرله اسطوانه‌نك نهايته اولان بعدى $\frac{ل}{٤}$ ، $\frac{ل ٣}{٤}$ ، $\frac{ل ٥}{٤}$ .. كبى ربع طول موجك فرد مثلى اولان مقطعلرده سرعت اعظمى اولمه‌جغندن

TÜRK TARİH KURUMU

بو مقطعلر بطن نقطه‌لرنی حاوی بولنور ؛ وبربرینی متعاقب ایکی بطنده عینی زمانده‌کی سرعتلر یکدیگرینه معکوس اولور .

ثالثاً ، بویله براسطوانه‌نك بر سس چیقاره‌بیلمه‌سی ایچون آغزندن س = ٢ط بعدنده ب ، ب سرعت مبسوطه و سرعت منعکسه‌لرینك یکدیگرینه توافق ایچه‌سی اقتضا ایدرکه بونك ایچون‌ده :

$$\text{و} - \text{و} \text{ حب } ٢\pi \frac{\text{ن}}{\text{م}} = \left(\frac{\text{ن}}{\text{م}} - \frac{\text{ط}\,٢}{\text{ل}}\right) \text{حب } ٢\pi \text{ و}$$

وبنابرین

$$\pi(١ + ٢\text{ز}) = \frac{\text{ط}\,٢}{\text{ل}}\pi\,٢$$

ویاخود ثانیهٔ واحده ظرفنده‌کی عدد اهتزازات م ایله کوسترپلدیکنه کوره ،

$$\text{ن} = \frac{\text{ب}}{\text{م}}$$

اولمغله

$$\frac{\text{ط}\,\text{م}\,\pi\,٤}{\text{ب}} = ١ + ٢\text{ز}$$

والحاصل

$$\text{م} = \frac{\text{ب}(١+٢\text{ز})}{\text{ط}\,٤} \qquad (١)$$

بولنماسی لازم وکافیدر.

ایشته قابلی بر بوروون صوتك چیقماسی ایچون وجودی اقتضا ایدن شرط بوندن عبارتدر .

رابعاً ، هربرقطعه‌ده هوانك کثافتی ب ، ب سرعتلری بینده‌کی تفاضل ایله متناسب‌در. بو تفاضلی اعطا ایدن :

$$\text{ب}_{١} - \text{ب}_{٢} = ٢\,\text{و}\,\text{نحب}\,٢\pi\,\frac{\text{س}}{\text{ل}}\,\text{حب}\,٢\pi\left(\frac{\text{ن}}{\text{م}} - \frac{\text{ط}}{\text{ل}}\right)$$

دستوریله یوقاریده‌کی

$$\text{ب}_{١} + \text{ب}_{٢} = ٢\,\text{و}\,\text{حب}\,٢\pi\,\frac{\text{س}}{\text{ل}}\,\text{نحب}\,٢\pi\left(\frac{\text{ن}}{\text{م}} - \frac{\text{ط}}{\text{ل}}\right)$$

دستوری مقایسه ایدیلجك اولور ایسه اولا م ، ل مقدار ثابتلری هر ایکیسنده بر

اولدیغی جهتله تقبضات هوائیه‌نك سرعت محصله‌کی عینی تحولاته تابع بولندیغی کورولور؛ ثانیاً بودستورلرلك ایکنجیسنده حب ٢ π $\frac{\text{س}}{\text{ل}}$ وحال‌بوکه برنجیسنده نحب ٢ π $\frac{\text{س}}{\text{ل}}$ اولدیغی مشاهده اولنورکه بوده انبساطات وتقبضاتك عقده نقطه‌لرنده اعظمی وبطن نقطه‌لرنده اصغری اولدیغی وسرعت محصله‌نك ایسه بالعکس عقده نقطه‌لرنده صفر وبطنلرده اعظمی بولندیغی ایما ایدر .

٥٤ — عینی‌اصوله توفیقاً آچیق براسطوانه‌ده‌کی‌اهتزازات هوائیه قوانینی‌ده‌استخراج اولنه‌بیلیر. بونك ایچون یوقاریکی حسابانی ، پ سرعتله — اشارتی وبره‌رك تکرارایتمك کفایت‌ایدر. چونکه آچیق بورولرلك نهایتلرنده وقوعه‌کلن انعکاس تبدیل اشارتسزانعکاسدر. بناءً علیه سرعت محصله دستوری :

$$\text{ب} = \text{ب}_{١} - \text{ب}_{٢} = ٢\,\text{و}\,\text{نحب}\,٢\pi\,\frac{\text{س}}{\text{ل}}\,\text{حب}\,٢\pi\left(\frac{\text{ن}}{\text{م}} - \frac{\text{ط}}{\text{ل}}\right)$$

و ب ، ب سرعتلرینك تفاضلنی اعطا ایدن دستورده
١ ٢

$$\text{ب}_{١} + \text{ب}_{٢} = ٢\,\text{و}\,\text{حب}\,٢\pi\,\frac{\text{س}}{\text{ل}}\,\text{نحب}\,٢\pi\left(\frac{\text{ن}}{\text{م}} - \frac{\text{ط}}{\text{ل}}\right)$$

اولورکه بوده اولکی حالده‌کی بطنلرك عقده و عقده‌لرك بطن اولمالرینی انتاج ایدر.

بویله آچیق بر اسطوانه‌نك سس چیقاره‌بیلمه‌سی ایچون س = ٢ ط بعدنده وعینی زمانده ب ، ب سرعتلرینك یکدیکرینه توافق ایلمه‌سی اقتضا ایدرکه بونك ایچون‌ده :
١ ٢

$$\text{و} - \text{و} \text{ حب } ٢\pi \frac{\text{ن}}{\text{م}} = \text{حب } ٢\pi \left(\frac{\text{ن}}{\text{م}} - \frac{\text{ط}\,٢}{\text{ل}}\right)$$

وبنابرین :

$$\pi\,٢\text{ز} = \frac{\text{ط}\,٢}{\text{ل}}\,\pi\,٢$$

اولماسی کافیدر .

فقط بوروون‌چیقان صوتك ثانیهٔ واحده‌ده‌کی عدد اهتزازی م اولدیغنه کوره :

$$\text{ل} = \frac{\text{ب}}{\text{م}}$$

بولنه‌جغندن

TÜRK TARİH KURUMU

$$\pi \sqrt{\rho} = \frac{م}{ب} \pi ٢$$

والحاصل

$$\frac{ط}{ب} \sqrt{\rho} = م \qquad (٢)$$

استحصال ايديلير كه آچيق بورولردن صوتك چيقماسى ايچون اقتضا ايدن شرائطده بولندن عبارتدر .

بطن نقطه‌لرنده مقدار تكاثف صفر اولديغى تعبير آخرله بوراده هوانك تضييق وكثافتى هواى خارجينك تضييق وكثافته مساوى بولديغى جهتله بونقطه‌لرده برر دليك آچيله‌جق اولور ايسه بورودن چيقان صوتك پرده‌سى تغير ايتمز .

عقده نقطه‌لرنده ايسه سرعت اهتزاز صفر اولماسنه مبنى هوا حال سكونده ايسه‌ده تضييق حد اعظميده بولنديغندن بو نقطه‌لرك برنده برر دليك آچيله‌جق اولسه درحال صوتك پرده‌سى ترفع ايدر .

٥٥ **تحقيقات تجريبيه** . — نظريات سابقه‌دن استخراج اولنان قوانينك اوچنجيلرندن ماعداسى بالتجربه تحقق ايتمشدر [١] . آنجق آچيق وقاپالى بورولرده صوت اصلى يى‌يه عائد طول موج ايله بورونك طولى بينده‌كى مناسبت محتاج تصحيح كورولمشدر . شويله‌كه : آچيق بر بورونك ط طولى صوت اصلى‌يه مخصوص طول موجنك نصفندن و قاپالى بر بورونك طولى‌ده يينه صوت اصلى‌نك طول موجنك ربعندن دون بولنمشدر .

بوندن باشقه عقده وبطن نقطه‌لرى يكديكرندن على السويه $\frac{ل}{٤}$ قدر برفاصله‌ايله تفريق ايدلمش ايسه‌ده آغزه‌قريب اولان عقده‌ايله آچيق بورولرده الصوك عقده وقاپالى بورولرده‌ده الصوك بطن بورونك اوجلرندن $\frac{ل}{٤}$ مقدارندن دها دون بر مسافه‌ده واقع اولدقلرى

[١] بر صدا بوروسنك حصوله كتيردبكى صوت اصلينك يالكز مؤلفه‌لرينى چيقاره‌بيلديكنى الك اول راهب ـ مرسن [P . Mersenne] خبر ويرمش و سووور [Sauveur] كده بوكا مماثل حادثانى ١٧٠١ ده نشر اولنان « انجمن دانش مخطرات » نده ذكر ايلديكى كورولمش ايسه‌ده بو كيفيت شرقده پك قديمدن برى معلوم بولنمشدر . فى الحقيقه شرقه مخصوص اولان بر منصور « نای » نده تكميل دليكلرى قاپاتمق ومتوالياً شدتلى ودها شدتلى اوفورولمك صورتيله قبارست ، راست ، نوا كردانيه پرده‌لرى استحصال ايدلمكده‌در . بونلرك صوك اوچى صوت اصلى اولان قبارانسنك اصوات مؤلفه‌سندن باشقه بر شى دكلدر . مع مافيه كرك آچيق كرك قاپالى بورولردن صوت اصليدن باشقه بويله اصوات عاليه‌نك صدورى قانونى الك اول برنوللى وضع و تأسيس ايلمشدر .

تحقق ايتمشدر . ايشته‌على العاده كونيغ [Kœunig] طرفندن « صدا بورولرينك اوجلرنده‌كى تغيرات » نامى تحته‌نده كشف اولنان انتظامسزلق بوندن عبارتدر .

٥٦ **بورولرك اوجلرنده وقوعه كلن تشويشات** . — صدا بورولرينك اوجلرنده حصوله كلن تشويشاتك الك مهمى آغزلرنده مشهود اولان انتظامسزلقدر . بوانتظامسزلق ، الك اول حال اهتزازه كتيريلن قطعهٔ هوانك هر نقطه‌سنده ، نظريه‌ده فرض اولنديغى كبى ، مقدار تقبضك صفر اولماسيدركه بوراده طرز تهزيزدن متولد بر كيفيتدر .

آچيق بر بورو درونده اهتزاز ايدن ستون هوا بورونك خارجنده بر مسافه‌يه قدر امتداد ايتديكندن ، حركت اهتزازيه‌نك هواى خارجى اوزرنده‌كى انعكاسى بورونك صوك مقطعى اوزرنده وقوعه كله‌مه‌مكده و بالطبع بر آز اوته‌سنده حصوله كلمكده‌در . حال بوكه انعكاس وقوع بولديغى نقطه‌لرده قطعياً صفره مساوى بر مقدار تكاثف وجودى قبول ايديله‌مز . چونكه بورو داخلنده‌كى هوانك كثافتى هر آن حال سكونده بولنان هواى خارجينك كثافت ثابته‌سنه دكل ، بالعكس حال اهتزازده بولنان بر هوانك كثافت متحوله‌سنه مساويدر .

قاپالى بورولره كلنجه : بونلرده غير قابل تهزيز عد ايديله‌رك بورو درونده‌كى صوك قطعهٔ هوانك سرعت اهتزازى صفره مساوى فرض اولنمش ايسه‌ده بو شرط صورت قطعيه‌ده ايفا ايديله‌مز . مع مافيه بوندن دولابى حاصل اوله‌جق تغيرات ، پك جزئى اوله‌جق صورتده بورونك قاعده‌سنى متين ومحكم ياپمق‌ده كوچ دكلدر .

٥٧ **پواسسون نظريه‌سى** . — پواسسون ايلك دفعه اوله‌رق بورولرك سربست ولان اوجلرنده مقدار تقبضك صفر اولماسى قضيه‌سنى رد ايده‌رك وفقط بوراده سرعت اهتزازيه‌لر ايله متناسب غايت اصغر برر مقدار تقبض موجود اولديغنى قبول ايليه‌رك صدا بورولرى ايچون برنظريه تأسيس ايتمش‌در . واقعا بونظريه حادثات مشهوده‌يى ايضاح ايلر وقوانينى خطادن تخليص ايله بورولرك اوجلرنده وقوعه كلن تشويشاتى تصريح ايدر ايسه‌ده بوتشويشاتى عدداً تقديره مساعد دكلدر . [١]

مؤخراً نظريهٔ مذكوره هوپكنس [Hopkins] ودها صوكره كت [Quet] طرفلرندن

[١] فرانسه انجمن دانشنك ١٨١٧ سنه‌سى مخطره‌لرينك ايكنجى جلدنده بونظريه موجوددر .

TÜRK TARİH KURUMU

تصحیح [۱] و اکمال ایدلمشدرکه بورولرك اوجلرنده وقوعه کلن انعکاسات متوالیه‌نی ایضاح ایدن بونظریه‌نك خلاصه‌سی بروجه آتی ذکر اولنور :

بورونك مبدأنده ω زمانندهکی سرعتی :

$$ب = ب_0 \, ح \, 2\pi \frac{\omega}{ر}$$

اولان برحرکت اهتزازیه تصور ایدهلم . بو حرکت اهتزازیه بورونك نهایتنه وصولنده انعکاس ایله رجعت ایدر. هویکنس ایله متفقاً هر انعکاسك حرکت اهتزازیه‌نك وسعت وصفحه‌سنده برر تبدل حصوله کتیردیکنی‌ده قبول ایدهلم : . حرکت منعکسه‌نك وسعتی، ء مضروبی واحددن اصغر اولمق اوزره ء ب_0 اولسون. شو حرکت منعکسه حرکت اصلیهٔ مبسوطه‌یه انضمام ایدهجکندن وجوده کلهجك حرکت محصله‌نك، بورونك نهایتندن س بعدنده کائن بر نقطه‌ده‌کی ق وسعتی ایله ح صفحه‌سی ـ فره‌نلك قاعده‌سنه توفیقاً ـ

$$ق = ب_0 [1 + ء^2 + 2 \, ء \, ح \, 2\pi (ح - ح')]$$

و

$$\text{ماس } 2\pi ح = \frac{ح \, 2\pi ح + ء \, ح \, 2\pi ح'}{ح \, 2\pi ح + ء \, ح \, 2\pi ح'}$$

معادله‌لریله تحدید وتعیین اولنورکه بومعادله‌لره داخل اولان ح ، ح' مقدارلری نظیر نظیره حرکت مبسوطه وحرکت منعکسه‌نك نقطهٔ مفروضه‌ده‌کی صفحه‌لرندن عبارتدر .

بو حرکت منعکسه ایسه مبدأ یعنی مدخله وصولنده تکرار انعکاس ایدر: ایکی دفعه انعکاس ایتمش اولان بوحرکتك وسعتی ء ب_0 = هـ ب_0 ومبدأده‌کی صفحه‌سی ده ف اولسون. شوحرکت‌ده بورونك نهایتنده انعکاس ایده‌جکندن و بو اوچ دفعه انعکاس ایتمش اولان بو حرکت‌ده ایکی دفعه انعکاس ایلش بولنسان حرکتنه انضمام ایلیه‌جکندن وسعتی هـ ب_0 و صفحه‌سی ع + ف اولان بر ایکنجی حرکت محصله دها تولید ایدر. چونکه ایلك ایکی حرکت اهتزازیه‌نك تداخلنده‌کی شرائط بونلرده دخی موجوددر؛ یالکز حرکات مرکبه‌نك وسعتلری هـ ایله ضرب ایدلش و هر برینك صفحه‌سی ف قدر تزیید اولنمشدر .

[۱] هویکنس، بورولرك آچیق اوجلرنده مقدار تقبضك سرعت اهتزازلر ایله متناسب اولماسی فرضیه‌سنی هم لُومیز هم یاکلش بولمشدر. موماالیك نظریه‌سی قامبریجده نشر اولنان [Philos. Transaction] نامندهکی مجموعه‌نك ۱۸۳۸ سنه‌سی نسخه‌سنده مندرجدر . کت [Quet] ك مقاله‌سی‌ده یازیلمشدر نشر اولنان [Journal de Liouville] نامندهکی مجموعهٔ ریاضیه‌نك ۱۸۵۵ سنه‌سنه مخصوص یکرمنجی جلدنده مقیددر .

عینی وجه اوزره درت دفعه انعکاس ایتمش اولان حرکت‌ده بش دفعه انعکاس ایدن حرکت ایله بالاتحاد وسعتی هـ ب_0 وصفحه‌سی ع + ۲ ف اولان بر «حرکت محصله» وجوده کتیره‌جکی کبی الی آخره بو منوال اوزره بر چوق حرکات محصله تشکل ایدر . ایشته عددی پك جزئی برزمان ظرفنده پك چوق اولان بو حرکات محصله یکدیکری اوزرینه انضمام والتحاق ایده‌رك بورو داخلنده‌کی «حرکت قطعیه‌یی» تشکیل ایدر . بوحالده حرکت قطعیه‌نك شدتی :

$$ق_0 \left\{ \begin{array}{l} [ب_0 \, 2\pi ح + هـ ب_0 \, 2\pi (ح + ف) + هـ^2 ب_0 \, 2\pi (ح + 2ف) + هـ^3 ب_0 \, 2\pi (ح + 3ف) + \ldots]^2 \\ + [ب_0 \, 2\pi ح + هـ ب_0 \, 2\pi (ح + ف) + هـ^2 ب_0 \, 2\pi (ح + 2ف) + هـ^3 ب_0 \, 2\pi (ح + 3ف) \ldots]^2 \end{array} \right.$$

ویا بالاختصار :

$$ق_0 \left\{ \begin{array}{l} [1 + هـ ب_0 \, 2\pi ف + هـ^2 ب_0 \, 2(2\pi ف) + هـ^3 ب_0 \, 3(2\pi ف) + \ldots]^2 \\ + [هـ ب_0 \, 2\pi ف + هـ^2 ب_0 \, 2(2\pi ف) + هـ^3 ب_0 \, 3(2\pi ف) + \ldots]^2 \end{array} \right.$$

ایله افاده اولنورکه حال بوکه [ ] داخلنده بولنان افاده‌لردن برنجیسی :

$$\frac{1 - هـ ب_0 \, 2\pi ف}{1 - 2 هـ ب_0 \, 2\pi ف + هـ^2}$$

ایکنجیسی‌ده :

$$\frac{هـ ب_0 \, 2\pi ف}{1 - 2 هـ ب_0 \, 2\pi ف + هـ^2}$$

افاده‌سنه مساوی اولدیغندن [۱] حرکت قطعیه‌نك شدتی :

$$ق_0 \frac{1}{1 - 2 هـ ب_0 \, 2\pi ف + هـ^2}$$

و یاخود

$$ب_0 \frac{1 + ء^2 + 2 \, ء \, ب_0 \, 2\pi (ح - ح')}{1 - 2 هـ ب_0 \, 2\pi ف + هـ^2}$$

[۱] ژوزف ـ برتران [G . Bertrand] ك ۱۸۶۴ سنه‌سنده یاسیلان حساب تفاضلی وتمامیسنك جلد اولنك ۳۸۹ صحیفه‌سنه مراجعت اولنه .

TÜRK TARİH KURUMU

اولور. بوافادەنك مخرجی س بعدینه تابع اولمامسنه مبنی شدتك اعظمی واصغری قیمتلرینه توافق ایدن بطن وعقده نقطەلرینك موقعلری‌ده سادەجه صورتنه تابع اولمق لازم کلیر. شویله که : صورتك قیمت اعظمیەلرینه ، تعبیر آخرله ∆ ٢ π (ح̊ — ح) مقدارینك +١ اولدیغی نقطەلره بطنلر توافق ایدر . حال‌بوکه بورونك طولی ط ، و بورونك نهایتنده وقوعه کلن انعکاسله حاصل اولان مقدار تأخرده ∪ ایله افاده اولنور ایسه:

$$ح̊ - ح = \frac{ط + س}{ل} - \frac{ط - س}{ل} + \frac{∪}{ل} = \frac{٢ س}{ل} + \frac{∪}{ل}$$

بولنور. بناءً علیه بطن نقطەلری ، ∆ لاعلی‌التعیین بر عدد صحیح اولمق اوزره :

$$∆ = \frac{٢ س}{ل} + \frac{∪}{ل} \quad \text{ویا} \quad س = \frac{ل}{٢} (∆ - \frac{∪}{ل})$$

مناسبتیله تعیین ایدیلەجکی کبی بربرینی متعاقب ایکی بطن آرەسنده‌کی بعدده تماماً :

$$س_{∆+١} - س_{∆} = \frac{ل}{٢} [∆ + ١ - \frac{∪}{ل}] - \frac{ل}{٢} [∆ - \frac{∪}{ل}] = \frac{ل}{٢}$$

یه مساوی‌در .

عقده نقطەلرینه کلنجه بونلرده یوقاریکی افادەنك صورتنك قیم اعظمیەسنه ، تعبیر دیکرله ∆ ٢ (ح̊ — ح) مقدارینك صفره مساوی بولندیغی نقطەلره توافق ایدر. بناءً علیه عقده نقطەلری :

$$\frac{٢ س}{ل} + \frac{∪}{ل} = \frac{١ + ∆ ٢}{٢}$$

ویاخود :

$$س = \frac{ل}{٢} [\frac{١ + ∆ ٢}{٢} - \frac{∪}{ل}]$$

مناسبتیله تعیین ایدیلەجکی کبی بربرینی متعاقب ایکی عقده نقطەسی آرەسنده‌کی فاصلەده ینه

$$س_{∆+١} - س_{∆} = \frac{ل}{٢} [\frac{٣ + ∆ ٢}{٢} - \frac{∪}{ل}] - \frac{ل}{٢} [\frac{١ + ∆ ٢}{٢} - \frac{∪}{ل}] = \frac{ل}{٢}$$

اولور . فقط بورونك نهایتنه الك قریب اولان بطنك بو نهایته اولان مسافەسی س̊ ایله کوستریلەجك اولور ایسه [١] دستورنده بطن مذکور ایچون ∆ = ١ وضع اولنەجغندن

$$١ = \frac{٢ س̊}{ل} + \frac{∪}{ل}$$

بولنور؛ وبوندن بروجه آتی نتایج استخراج اولنور :

١ — آجیق بر بورونك نهایتنه الك قریب بولنان بطنك بو نهایته اولان بعدی :

$$س̊ = \frac{ل}{٢} [١ - \frac{∪}{ل}] = \frac{ل}{٢} - \frac{∪}{٢}$$

دن عبارتدر .

٢ — قاپالی بر بوروده ∪ مقدار تأخری $\frac{ل}{٢}$ بعدینه یك قریب بولندیغندن

$$∪ = \frac{ل}{٢} + ∪$$

وضعیله بورونك نهایتنه الك‌قریب اولان بطنك س̊ بعدی :

$$س̊ = \frac{ل}{٢} - \frac{∪}{٢} = \frac{∪}{٢} - \frac{ل}{٢} = \frac{∪ + \frac{ل}{٢}}{٢} - \frac{ل}{٤} = \frac{∪}{٢} - \frac{ل}{٤}$$

مقدارینه مساویدر .

بو ایضاحاتدن آکلاشیلاجغی اوزره بر صدا بوروسندن چیقان بر صوته عائد عقده وبطن نقطەلرینك مواضعی بورونك طولنه تابع دکلدر ؛ فقط صوتك شدتی بو طوله تابعدر. فی‌الحقیقه بورو داخلنده بر نقطهٔ معینه ایچون س بعدی وبنابرین شدتك افادهٔ ریاضیەسنك صورتی ثابت اولەجغی جهتله مخرجك قیمت اصغریەسی یعنی :

$$∆ ٢ π ف = + ١$$

قیمتی ایچون نقطهٔ‌مذکورەده شدت اعظمی اولور. بو حالده مبدأده وقوعه‌کلن انعکاسدن طولایی حاصل اولان مقدار تأخر ∪ ایله کوستریلەجك اولور ایسه :

[١] حتی بوطول ایله انعکاسك وقوعه کلدیکی نقطەدن دخی تعداد ایدلش اولسه ینه عقده وبطن نقطەلرینك موقعلری بو طوله نظراً افاده ایدیلەمز .

$$ف = \frac{٢ط}{ل} + \frac{ب + ب'}{ل}$$

اولور. ایشته بورونك طولی :

$$ط + \frac{ب}{٢} + \frac{ب'}{٢} = \frac{ل}{٢} ح$$

شرطنه توافق ایتدیکی حالده حرکت منعکسه ، حرکت مبسوطه‌یه تمامی تمامنه توافق ایده‌جکندن صوت مخرجك تقویه‌سی کیفیق حد اعظمیده بولنور. بو پایده عقله الإبسیط کان فرضیه بو ب ، ب' مقدار تأخرلرینی ل طول موجنه غیر تابع عد ایتمکدن عبارتدر. بو فرضه کوره بونلرك مجموعی :

$$ب + ب' = ٢ ظ$$

کبی ثابت بر مقداره مساوی اولمه‌جغندن صوتك تقویه‌سی ایچون اقتضا ایدن شرط ده

$$ط + ظ = \frac{ل}{٢} ح$$

شکلنه منجر اولور .

ایشته آچیق بورولرده بونظریه‌یه کوره طوللرقانونی یعنی عینی اولورایسه‌ده بورودن چیقان صوتك تشدد ایتمه‌سی ایچون بورونك طولی دخل بوطول ایله ظ مقدار ثابتی مجموعنك $\frac{ل}{٢}$ نصف طول موجنك بر مثل تامی اولماسی لازمدر .

قاپالی بورولره کلنجه بونلرده :

$$ب = ب' + \frac{ل}{٢}$$

اولدیغندن :

$$ب + ب' = ٢ ظ + \frac{ل}{٢}$$

فرض اولنه‌رق :

$$ط + ظ = (٢ح - ١) \frac{ل}{٤}$$

بولنور .

بوندن استنتاج اولنورکه قاپالی بورولرده الك زیاده شدتله تقویه ایدیلن اصوات

بورونك طوایله بر ظ مقدار ثابتی مجموعنی، ربع طول موجك فرد مثلی اولان اصواتدن عبارتدر .

٥٨ ظ مقدار ثابتنك تعیینی. — بو مقدار ثابتی تعیین ایچون ط ، ط' طولنده وعینی قطرده نظیرنظیره ق ، ق' صوت اصلیلرینی حاصل ایدر برقاچ قاپالی بورو تصور ایده‌لم. بونلرك درونده‌کی سرعت صوت ب ایله کوستریله‌جك اولور ایسه :

$$ق = \frac{ب}{ل} = \frac{ب}{٤(ط + ظ)}$$

$$ق' = \frac{ب}{ل'} = \frac{ب}{٤(ط' + ظ)}$$

$$ق'' = \frac{ب}{ل''} = \frac{ب}{٤(ط'' + ظ)}$$

اوله‌جغندن بونلردن :

$$٤ ق (ط + ظ) = ٤ ق' (ط' + ظ) = ٤ ق'' (ط'' + ظ) \ldots .$$

ویاخود :

$$ظ = \frac{ق ط - ق' ط'}{ق' - ق} = \frac{ق' ط' - ق'' ط''}{ق'' - ق'} = \ldots$$

استحصال ایدیلیر . ایشته ارباب حکمت طبیعیه‌دن ورتایم [Wertheim] بو صورتله اجرای تجربه ایده‌رك $\frac{١}{٢٠}$ قدر بر فرق ایله ظ طولی بر مقدار ثابته مساوی بولمشدر . مع‌مافیه بورولرك قطرلری یکدیکرینه مساوی فرض ولندیغندن ورتایم قطرلر تحول ایتدیرلدیکی حالده مقدار ثابتنك‌ده تحول ایلدیکنی ارائه ایتمشدر . [١]

٥٩ تنبیه. — علی‌العموم صدا بورولرینك نظریه‌سنده جدارلری غایت متین اولدیغی وقابل تهزیز اولمادیغی فرض وقبول اولنمشدی. حال‌بوکه علی‌العاده بربورودن بر سس چیقارلدیغی حالده بورونك جدارلری‌ده برطاقم اهتزازات عرضانیه اجرا ایدر. فقط بورونك

[١] ورتایم ظ مقدار ثابتی بورونك نصف قطرینك ٠.٨٦٢ مثلی ایله ٠.٦٣٨ مثلی آره‌سنده تحول ایدر بولمشدر .

TÜRK TARİH KURUMU

قطعی نظریله باقیله ماماشدر. اخیراً ورتایم بوتشویشاتی ده نظر اعتباره آله رق بورولرك طوللرینه ط مقدار ثابتلرینی ضم ایتمش وبوصورتله اجرا ایلدیکی تجارب واسطه‌سیله هوا ایله دیکر غازلر درونده ، سرعت صوتك قیمت مطلقه‌سنی تعیینه موفق اولمشدر. موماالیه کوره صفر درجهٔ حرارتده هوا داخلنده سرعت صوت ۳۳۰,۹ مترەدر . [۱]

[۱] بو اصول مابعاته دخی تطبیق ایدلش ایسه‌ده هنوز طوغری بر نتیجه‌یه دسترس اولنه‌ماماشدر .

تقویه‌ایده‌جکی اصوات بسیطه میانده دورلری، جدارلرینك اهتزازات عرضانیه‌سندن حاصل اولان اصواتك دورلرینه مساوی بولنانلرندن ماعداسی امحا ایدلمش اولور. ایشته عینی قطعه‌ده وفقط مختلف ماده‌دن معمول بورولر ایله حاصل ایدیلن اصواتك طننی میانده مشهود اولان اختلاف بو صورتله ایضاح اولندیغی کبی مختلف حال یوست ورطوبتده بولنان بر بورینك حاصل ایلدیکی صوتك طننجه وقوعه کلن تحول‌ده ینه جدارلرینك تأثیری واسطه‌سیله تفسیر ایدیله‌بیلیر .

۶۰ سرعت صوتك بورولر واسطه‌سیله تعیینی . — صدا بورولری غازلر درونده سرعت صوتك بالواسطه و فقط بك صحیح اوله‌رق تعیینه مساعدرلر .

فی‌الحقیقه :

$$ب = ل \frac{ب}{م}$$

دستوردن آکلاشیلاجغی اوزره پرده‌سی معلوم بر صوتك ل طول موجی تعیین ایدیله‌جك اولورسه بوندن درحال ب سرعت انتشاری استحصال اولنور . حال بوکه بورولر واسطه‌سیله ل طول موجنی تعیین ایتمك قولایدر. ایشته بوخصوصده الك اول اجرای تحریات ایدن دولونغ [Dulong] در. موماالیه اولا ۱۸۲۹ سنه‌سنده ط طولنده براینجه قاپالی بورو آله‌رق بو بورونك صوت اصلیسنك طول موجنی برنوللی قانونه توفیقاً بورونك ضعف طولنه مساوی فرض ایده‌رك سرعت صوتی :

$$ب = ۲ ط \frac{ب}{م}$$

دستوریله حساب ایلمشدر. فقط بوصورتله استحصال ایلدیکی سرعت طوغرودن طوغرویه هوا درونده بالتجربه استحصال اولنان مقداره نسبتله پك دون بولنمشدر. بونك اوزرینه بورودن ایکنجی صوت مؤلفی اخراج ایتمك وبرینی متعاقب ایکی عقده آره‌سنده کی بعدی یعنی $\frac{ل}{۲}$ نصف طول موجنی حساب ایلمك صورتیله اجرای تجربه ایلمشدر . واقعا بو اصول ایله استحصال ایلدیکی ارقام علی‌العاده غازلر ایچون قبول اولنان سرعتلره پك زیاده تقرب ایتمش ایسه‌ده بورولرك اوجلرنده وقوعه کلن تشویشات داخل حساب ایدلمدیکی جهتله ارقام مذکوره یه

TÜRK TARİH KURUMU

باب رابع

اوتار مهتزه

تلی آلات صوتیه ـ اوتار مهتزه ـ اوتارك اهتزازات عرضانیه‌سی و معادلهٔ تفاضلیه‌سی ـ معادلهٔ تفاضلیه‌نك اتمار ـ حالات خصوصیه ـ فوریه دعواسی ـ تایلور دستوری ـ اوتار مهتزه قانونلری ـ سرعت ابتدائیه‌سز تبدیل موضع ـ برمثاله تطبیق ـ تنیه ـ یونغ قانونی ـ جوفلر ـ جیوفلرك اهتزازات طولانیه‌سی ـ اوتارك اهتزازات طولانیه‌لری ـ جیوفلرك اهتزازات عرضانیه‌سی ؛ ومعادلهٔ تفاضلیه‌سی ـ یومعادله‌یه توافق ایدن حرکت رقصیه ـ برنجی حال : جیوغك هرایکی اوجنك سربست براقلماسی ـ ایکنجی حال : جیوغك اوجلرینك ثابت قلماسی ـ اوچنجی حال : جیوغك بر اوچنك سربست و بر اوجنك ثابت اولماسی ـ دردنجی حال : بر اوجك ثابت و دیکرینك استناد ایتدیرلمه‌سی ـ بشنجی حال : ایکی اوجك پردن‌استناد ایتدیرلمه‌سی ـ زارلرك اهتزازی ـ لوحه‌لرك اهتزازی ـ بر مطالعه .

٦١ تلی آلات صوتیه . — اقوام قدیمهٔ مختلفه‌نك هر بری «لورا» [Lyre] دینیلن تلی سازك اختراعنی کندی مشاهیرندن برینه اسناد ایده‌کلمشدر . ازجمله یونانلیلر بو آلتك آپولون [Apollon] وبنی اسرائیل یوبال [Jubal] قدیم مصرلیلر تریسمجیست [Trismegiste] نامنی ویردکلری معبود و چینلیلر قونفوسیوس [Confucius] طرفندن اختراع ایدلمش اولدیغنی روایت ایتمشلردر. اساطیری اولان بو روایات برطرف ایدلدیکی حالده دخی تلی سازلرك ایجادی پك قدیم اولدیغنه شبهه ایدیلهمز. فی‌الحقیقه اوچنجی رامسس زمانسنده [قبل‌المیلاد ١٢٥٠] قدیم مصرلیلرك غایت مکمل دینیله‌جك درجه‌ده تلی سازلری اولدیغی بوکون قطعیاً ثبوت بولمشدر .

علی‌العموم تل شکلنده معدن ویا قورصاقدن معمول ، صوك درجه‌ده قابل انحنا، فقط کرلمه صورتیله بر الاستیقیت مخصوصه کسب ایدن جسملره مبحث صوتده «وتر» ویا «تل» نامی ویریلیر. اوتار مهتزه نظریه‌سی مبحث صوتك اهمم قسمنی تشکیل ایدر.

٦١ اوتار مهتزه‌نك معادلهٔ تفاضلیه‌سی . — اوتار مهتزه‌نك قوانینی اون‌یدنجی عصرده مرسن [Mersenne] طرفندن بالتجربه بولنمش؛ فقط نظریهٔ ریاضیه‌سنه الك اول ١٧٩٣ سنه‌سنده تایلور [Taylor] باشلامش ومؤخراً دانیال‌برنوللی [D. Bernoulli]،

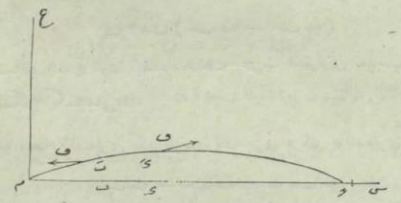
دالامبر [d'Alembert] ، اولر [Euler] ، لاغرانژ [Lagrange] طرفلرندن ده دوام اولنمشدر .

اوتار مهتزه‌نك نظریه‌سنی تأسیس ایچون تلك صورت مکمله‌ده قابل انحنا اولدیغی والاستیقیتدن کلیاً محروم بولندیغی فرض اولنور. بو حالده :

اولا تلك ابعاد عرضانیه‌سی غایت اصغر اولمق اقتضا ایدرکه قابل انحنابر ایبلمك کبی قبول اولنه‌بیلسون .

ثانیاً تل کافی درجه‌ده کرلمش اولمالی وغایت جزئی برتبدل شکله معروض بولنمالیدرکه بوندن طولانی حصوله‌کلن قوهٔ متحولهٔ الاستیقیه قوهٔ جاذبه‌یه نسبتله قابل ترك‌عد ایدلسون .

ایشته بو شرائطی حائز اولان و بویله تبدلات شکلیهٔ جزئیه‌یه تابع بولنان برتلك برجزؤ اصغر نامتناهیسی‌هر وضعیتده وضعیت اصلیه‌سی استقامتیله اصغر نامتناهی بر زاویه تشکیل ایده‌جکندن بو زاویه‌نك قوای عالیه‌سی ترك اولنه‌بیلیر .



(شکل ٣١)

شمدی (شکل ٣١) م ، ر نقطه‌لری آرمسنده بر ف قوتیله کرلمش بر تل تصور ایدهلم . وبوتل اوزرنده لاعلی التعین بر ب ء جزؤ اصغرنك بر زمان معینده‌کی موضعنی‌ده ب ء ایله کوسترهلم. بو ب ء جزؤی ب ، ء نهایتلرندن ف قوهٔ جاذبه‌سنه‌مساوی برقوت ایله کرلمش بولنور ایسه‌ده شوایکی قوت استقامتجه متحد اولمادقلرندن موازنتده بولنه‌مازلر.

جزؤ متصورك ب نقطه‌سنه تماس استقامتنده تأثیر ایدن ف قوهٔ جاذبه‌سنك تلك وضعیت اولیه‌سی اولان ب ر استقامتیله تشکیل ایلدیکی زاویه‌یی هه و ء نقطه‌سنه تأثیر ایدن ف قوهٔ جاذبه‌سنك یینه بو استقامتله تشکیل ایلدیکی زاویه‌یی‌ده طه ایله افاده ایدهلم. بوندن بشقه تلك وضعیت اصلیه‌سی استقامتی یعنی م ر خطنی س محوری وبوکا م نقطه‌سنده عمود بولنان م ع خطنی‌ده ع محوری اولمق اوزره قبول ایلیهلم. بوقوهٔ جاذبه‌لردن هر بری

TÜRK TARİH KURUMU

ومثلا ب نقطه‌سنه تأثير ايدن ف قوتى برى س وديكرى ع محورى استقامتنده اولمق اوزره بربرينه عمود :

— ف تحب هه — ف حب هه

كبى ايكى مركبه تحليل اولنه‌بيلير . كذلك ء نقطه‌سنه تأثير ايدن ف قوتى‌ده ينه س ، ع محورلرى استقامتلرنجه :

ف تحب طه ف حب طه

مركبلرينه تفريق اولنور .

بناءً عليه ب ء جزؤى س محورى استقامتنجه :

$$\text{ف}_{\text{س}} = \text{ف}\ (\text{تحب طه} - \text{تحب هه})$$

و ع محورى استقامتنجه‌ده :

$$\text{ف}_{\text{ع}} = \text{ف}\ (\text{حب طه} - \text{حب هه})$$

قوتلرى تحت تأثيرنده بولنور ايسه‌ده تلك عرضاً اهترازنى موجب اولان قوت بو مركبلردن يالكز ايكنجيسى‌در .

فقط طه ، هه زاويه‌لرى يكديكرندن پك جزئى فرقلى بولندقلرى جهتله

حب طه — حب هه = تقا حب هه

كبى قبول اولنه‌بيله‌جكندن وحد ذاتنده هه زاويه‌سى اصغر بولنماسنه مبنى جيبى يرينه‌ده مماسى آلنه‌بيله‌جكندن :

$$\text{ف}_{\text{ع}} = \text{ف}\ \text{تقا حب هه} = \text{ف}\ \text{تقا مماس هه}$$

اولور . حال بوكه

$$\text{مماس هه} = \frac{\text{تقا ع}}{\text{تقا س}}$$

و

$$\text{تقا مماس هه} = \frac{\text{تقا}^{٢}\ \text{ع}}{\text{تقا}^{٢}\ \text{س}}$$

اولمقله

$$\text{ف}_{\text{س}} = \text{ف}\ \frac{\text{تقا}^{٢}\ \text{ع}}{\text{تقا}^{٢}\ \text{س}}\ \text{تقا س} \qquad (١)$$

حاصل اولور .

ديكر طرفدن تلك واحد طولنك كتله‌سى ك و ب ؤ طولى‌ده تقاط ايله كوستريلير ايسه ب ؤ جزؤنك ع استقامتنجه اجرا ايلديكى شو حركتى حصوله كتيرن قوت جزؤ مذكورك ك تقاط كتله‌سنك $\frac{\text{تقا}^{٢}\ \text{ع}}{\text{تقا}^{٢}\ \text{ء}}$ مقدار تعجيلنه حاصل ضربنه مساوى بولنمقله :

$$\text{ف}_{\text{ع}} = \text{ك تقاط}\ \frac{\text{تقا}^{٢}\ \text{ع}}{\text{تقا}^{٢}\ \text{ء}} \qquad (٢)$$

اولور . ايشته (١) ، (٢) معادله‌لرندن :

$$\text{ك تقاط}\ \frac{\text{تقا}^{٢}\ \text{ع}}{\text{تقا}^{٢}\ \text{ء}} = \text{ف}\ \frac{\text{تقا}^{٢}\ \text{ع}}{\text{تقا}^{٢}\ \text{س}}\ \text{تقا س}$$

معادله‌سنه دسترس اولنوركه بوده ب ؤ جزؤنك ع جهتنده اجرا ايلديكى حركتك معادله‌سندن عبارتدر .

آنجق تقاط = ب ؤ طول اصغرى ، س محورى اوزرنده‌كى مرتسمى اولان تقاس بعدينه اقرب نامتناهى اولمقله تقاط يرينه تقاس وضع اولنه‌بيلير . بوصورتده معادلهٔ حركت :

$$\text{ك}\ \frac{\text{تقا}^{٢}\ \text{ع}}{\text{تقا}^{٢}\ \text{ء}}\ \text{تقاس} = \text{ف}\ \frac{\text{تقا}^{٢}\ \text{ع}}{\text{تقا}^{٢}\ \text{س}}\ \text{تقاس}$$

ويا

$$\frac{\text{تقا}^{٢}\ \text{ع}}{\text{تقا}^{٢}\ \text{ء}} = \frac{\text{ف}}{\text{ك}} \cdot \frac{\text{تقا}^{٢}\ \text{ع}}{\text{تقا}^{٢}\ \text{س}}$$

ويا خود

$$\frac{\text{ف}}{\text{ك}} = \text{ب}^{٢} \qquad (٢)$$

وضعيله :

$$\frac{\text{تقا}^{٢}\ \text{ع}}{\text{تقا}^{٢}\ \text{ء}} = \text{ب}^{٢}\ \frac{\text{تقا}^{٢}\ \text{ع}}{\text{تقا}^{٢}\ \text{س}} \qquad (٣)$$

TÜRK TARİH KURUMU

معادلهٔ تفاضلیه‌سنه منجر اولورکه بوده الاستیق بر اسطوانهٔ غیر محدوده داخلنده‌کی اهتزازات طولانیه‌نك انتشاری صددنده استحصال اولنان :

$$\frac{\text{ها}^2 ص}{\text{ها}\ س^2} = \frac{1}{ن^2}\frac{\text{ها}^2 ص}{\text{ها}\ ز^2}$$

معادلهٔ تفاضلیه‌سنك عینیدر .

٦٣ معادلهٔ تفاضلیه‌نك اتمامی . — بومعادلهٔ تفاضلیه‌نك تمامیٔ عمومیسی‌اولجه‌ده کورلدیکی اوزره :

$$ع = ا\,(س + ب\,ن) + ج\,(س - ب\,ن)$$

کبی ایکی تابع کیفی مجموعنه مساویدرکه بوده عینی ب سرعتی ایله مقابل ایکی جهته طوغری انتشار ایدن ایکی حرکتك یکدیگری اوزرینه انضمامنی افاده ایدر .

ایشته اعاظم ریاضیوندن لاغرانژ بو صورت اتمامی قبول ایده‌رك مسئله‌یی میخانیك نقطهٔ نظردن تامیله حل ایتمش ایسه‌ده شو صورت حل حرکات اهتزازیهٔ عرضانیه‌نك حاصل ایتدیکی اصواتی تعیینه کافی گلمه‌مشدر. بناءً علیه معادلهٔ مذکوره‌یی سلسلهٔ مثلثاتیه‌لر واسطه‌سیله بروجه آتی اتمام ایتمك اقتضا ایدرکه بوصورت اتمامده الك اول دانیال ـ برنوللی طرفندن ارائه ایدلمشدر .

شویله‌که : اولا ع تابعنك

$$ع = ن\ \text{جب}\ ٢\pi\left(\frac{ز}{ل} - ح\right)$$

کبی بر تابع دائروی اوله‌بیله‌جکنی، تعبیر آخرله حرکت واقعه‌نك حقیقی برحرکت رقصیهٔ صغیره ایله تألیفی ممکن اولوب اولمایه‌جغنی تحری ایدهلم. فقط ب ء جزؤ متصوری مبدئه نظراً تبدیل موقع ایتدیکجه ن وسعت اهتزازنك‌ده تحول ایلیه‌جکنی یعنی ن وسعتنك ب ء جزؤنك س محوری اوزرنده‌کی موقعنه تابع بولندیغنی‌ده اونوتمایهلم .

شمدی بو :

$$ع = ن\ \text{جب}\ ٢\pi\left(\frac{ز}{ل} - ح\right)$$

تابعنك (٣) معادلهٔ تفاضلیه‌سنه توافق ایتدیکی موقتاً فرض و قبول اولنور ایسه ، تابع مذکورك ز زمانته کوره برنجی مشتق :

$$\frac{\text{ها}\ ع}{\text{ها}\ ز} = -\ ن\ \text{جب}\ ٢\pi\left(\frac{ز}{ل} - ح\right)\times\frac{٢\pi}{ل}$$

وایکنجی مشتق :

$$\frac{\text{ها}^2 ع}{\text{ها}\ ز^2} = -\ ن\ \text{جب}\ ٢\pi\left(\frac{ز}{ل} - ح\right)\times\left(\frac{٢\pi}{ل}\right)^2$$

وکذلك س متحولنه نظراً برنجی مشتق :

$$\frac{\text{ها}\ ع}{\text{ها}\ س} = \frac{\text{ها}\ ن}{\text{ها}\ س} + \text{جب}\ ٢\pi\left(\frac{ز}{ل} - ح\right)$$

وایکنجی مشتقی‌ده :

$$\frac{\text{ها}^2 ع}{\text{ها}\ س^2} = \frac{\text{ها}^2 ن}{\text{ها}\ س^2}\times\text{جب}\ ٢\pi\left(\frac{ز}{ل} - ح\right)$$

اوله‌جغندن بونلر یوقاریده‌کی معادلهٔ تفاضلیه‌ده محللرینه قونیلور ایسه:

$$-\ ن\ \text{جب}\ ٢\pi\left(\frac{ز}{ل} - ح\right)\left(\frac{٢\pi}{ل}\right)^2 = \frac{1}{ر^2}\frac{\text{ها}^2 ن}{\text{ها}\ س^2}\times\text{جب}\ ٢\pi\left(\frac{ز}{ل} - ح\right)$$

ویا

$$-\ ن\left(\frac{٢\pi}{ل}\right)^2 = \frac{1}{ر^2}\frac{\text{ها}^2 ن}{\text{ها}\ س^2}$$

ویاخود

$$\frac{\text{ها}^2 ن}{\text{ها}\ س^2} = -\left(\frac{٢\pi}{ل}\right)^2 ن \qquad (٥)$$

بولنور . فقط حرکت رقصیه ویا اهتزازیه‌ده :

$$ب = ل \qquad (٦)$$

بولنمقله :

TÜRK TARİH KURUMU

$$\frac{\text{ه}^{2}\text{ف}}{\text{ه}^{2}\text{ئ}} = -\left(\frac{\pi 2}{\text{م}}\right)^{2} \times \frac{\text{م}^{2}\text{ف}}{\text{ل}^{2}}$$

ویا

$$\frac{\text{ه}^{2}\text{ف}}{\text{ه}^{2}\text{ئ}} = -\left(\frac{\pi 2}{\text{ل}}\right)^{2} \text{ف} \qquad (٧)$$

اولور .

ایشته بو معادلهٔ تفاضلیه‌ده اتمام ایدیله‌جك اولور ایسه :

$$\text{ف} = \text{ه} \text{ حب } \pi 2 \frac{\text{س}}{\text{ل}} + \text{ه}' \text{ جب } \pi 2 \frac{\text{س}}{\text{ل}} \qquad (٨)$$

دستوری استحصال اولنورکه دستور مذکورده واقع ه ، ه' مقدار ثابتلرینك قیمتلری شرائط اولیه‌یه کوره تعیین ایدلمك ایجاب ایدر .

بوندن استنتاج ایدیلیرکه ف وسعتی هر آن بو معادله‌یه توافق ایتدیکی حالده ع ثابتی‌ده (٣) معادلهٔ تفاضلیه‌سنه توافق ایلیه‌جکندن حرکت واقعه‌نك بر حرکت رقصیه ویا اهتزازیه ایله تألیفی ممکن اولور . معادلهٔ اخیره‌یه داخل ه ، ه' امثالرینك قیمتلرینه کلنجه اونلرده بروجه آتی تعیین اولنور :

تلك م ، ح نهایتلری ثابت اولدیغی جهتله بو نقطه‌لرده ع ترتیبی و بنابرین ف وسعتی صفر اولور .تعبیر آخرله تلك طولی ط اولدیغنه کوره :

$$\text{س} = 0 \quad \text{و} \quad \text{س} = \text{ط}$$

قیمتلری ایچون :

$$\text{ع} = 0 \quad \text{و} \quad \text{ف} = 0$$

بولنور . حال‌بوکه س = ٠ ، ف = ٠ قیمتی ایچون (٨) معادله‌سی :

$$0 = \text{ه} \text{ حب } (0) + \text{ه}' \text{ جب } (0)$$

ویا

$$\text{ه}' \text{ جب } (0) = 0 \quad \text{و} \quad \text{ه}' = 0$$

استحصال ایدیله‌جکی کبی س = ط و بنابرین ف = ٠ قیمتی ایچون‌ده یینه (٨) معادله‌سی :

$$0 = \text{ه} \text{ حب } \pi 2 \frac{\text{ط}}{\text{ل}} + \text{ه}' \text{ جب } \pi 2 \frac{\text{ط}}{\text{ل}}$$

و ه' = ٠ اولماسنه مبنی :

$$0 = \text{ه} \text{ حب } \pi 2 \frac{\text{ط}}{\text{ل}}$$

و بناءً علیه ه = ٠ اولامایه‌جقندن [*]

$$\text{حب } \pi 2 \frac{\text{ط}}{\text{ل}} = 0$$

و ئ بر عدد تام اولمق اوزره :

$$\pi 2 \frac{\text{ط}}{\text{ل}} = \pi \text{ئ}$$

ویاخود

$$\text{ل} = \frac{2\text{ط}}{\text{ئ}} \qquad (٩)$$

اولور . فقط (٦) معادله‌سنده بو قیمت محلنه قونیلور ایسه :

$$\text{ن م} = \frac{2\text{ط}}{\text{ئ}}$$

و

$$\text{م} = \frac{1}{\text{ئ}} \cdot \frac{2\text{ط}}{\text{ن}} \qquad (١٠)$$

بولنور .

خلاصه تل وسعتی $\frac{2\text{ط}}{\text{ن}}$ نك اقسام اصلیه‌سنه ویاکندیسنه مساوی اولان هر بر حرکت رقصیه‌یی اجرا ایدر ایسه‌ده بوندن ماعدا حرکات رقصیه‌یی اجرا ایده‌مز .

شمدی (٨) معادله‌سنده ل طول موجنك (٩) قیمتی قونیله‌جق اولور ایسه:

$$\text{ف} = \text{ه} \text{ حب } \pi 2 \frac{\text{س}}{\text{ل}} = \text{ه} \text{ حب } \pi 2 \frac{\text{ئ}}{2} \frac{\text{س}}{\text{ط}}$$

ویا

$$\text{ف} = \text{ه} \text{ حب } \frac{\text{ئ} \pi \text{س}}{\text{ط}} \qquad (١١)$$

حاصل ارلور و (٨) معادله‌سنده ف ایله م نك قیمتلری محللرینه وضع ایدیلنجه:

[*] ه = ٠ بولندیغی تقدیرده (٨) معادله‌سی مفقوددر .

TÜRK TARİH KURUMU

$$ع = هـ حب \frac{ء \pi س}{ط} \text{ تحب } \left(\frac{ء \pi ۲ ب ث}{ط ۲} - ۲ \pi ح\right)$$

ویا $۲ \pi ح$ مقداری ص ایله کوسترپله‌رك :

$$ع = هـ حب \frac{ء \pi س}{ط} \text{ تحب } \left(\frac{ء \pi ب ث}{ط} - ص\right) \qquad (۱۲)$$

بولنور .

ایشته ایکی اوجندن کرلمش برتلك اهتزازات عرضانیه‌سنك معادلهٔ عمومیه‌سی بوندن عبارتدر .

معادلهٔ مذکوره‌ده واقع ء عدد تامنك (۹) معادله‌سنه توافق ایدن برنجی قیمتی :

$$ء = ۱$$

درکه بو حالده صوت اصلینك ثانیهٔ واحده‌ده‌کی م عدد اهتزازی (۱۰) دستوری موجبنجه :

$$م = \frac{۱}{ن} = \frac{ب}{۲ ط}$$

اولق لازم کلیر ؛ بو عدد اهتزاز تلك شرائط مسروده تحتنده حصوله کتیره‌جکی صوت اصلیه عائددر . شو قدرکه ء عددنك دیکر قیم تامه‌سی ایچون استحصال ایدیله‌جك اولان اصواتك کافه‌سی‌ده بو صوت اصلینك مؤلفه‌سی اولور .

بو اصوات مؤلفه ایچون :

$$س = ۰ \quad س = \frac{ط}{ء} \quad س = \frac{۲ ط}{ء} \quad س = \frac{۳ ط}{ء} \cdots \quad س = \frac{(ء - ۱) ط}{ء} \quad س = ط$$

نقطه‌لرنده $ع = ۰$ بولنور. بنابرین بو نقطه‌لر بر طاقم عقده نقطه‌لرندن عبارت اولور .

تلك طولنجه بویله بر طاقم عقده نقطه‌لرینك بولنماسی اهتزازاتك بر طاقم اهتزازات صغیره‌دن ترکب ایتدیکنی ارائه ایدر. زیرا عقده نقطه‌لری تداخل حادثه‌سنه توفیقاً ایکی حرکت اهتزازیه‌نك یکدیکرینی احا ایلمه‌سندن نشأت ایلر .

ریاضیه نقطهٔ نظرندن اوتار مهتزه معادله‌سی بر معادلهٔ خطیه‌دن عبارت اولدیغندن معادلهٔ مذکوره‌یه توافق ایدن قیم خصوصیه ایله برابر بونلرك مجموعنك ده توافق ایلمه‌سی ایجاب ایدر. بنابرین ء عددینك بر قیمتی ایچون :

نامتناهی $ع = هـ حب \frac{ء \pi س}{ط} \text{ تحب } \left(\frac{ء \pi ب ث}{ط} - ص\right)$

کبی قیم خصوصیه‌نك مجموعی آلنه‌جق اولور ایسه حاصل اولان :

$$ع = \sum هـ حب \frac{ء \pi س}{ط} \text{ تحب } \left(\frac{ء \pi ب ث}{ط} - ص\right) \qquad (۱۳)$$

معادله‌سی‌ده (۱۲) معادله‌سنه توافق ایدن بر قیمتدن عبارت اولور. بوراده مح اشارتی ء مقدار ثابتنه صفردن $+ \infty$ یه قدر باجمله قیم تامه ویرلدیکی حالده حاصل اولان ع قیمتلرینك مجموعنه شاملدر .

حکمت طبیعیه نقطهٔ نظرندن بونك معناسی شو اولورکه بویله کرلمش برتلك حرکت اهتزازیه‌سی ، مدت رقصی $\frac{۲}{ن ط}$ مقدارنك مضروبات اصلیه‌سندن برینه مساوی اولان و مناسب وسعت وصفحه‌ده بولنان [۱] بر صره حرکات اهتزازیه‌نك یکدیکری اوزرینه انضمامندن متحصلدر. حتی بویله‌بر تل عرضاً اهتزاز ایتدیرلدیکی حالده صوت اصلیدن بشقه بونك ثامنه‌وضعف ثامنه‌سی وبعضاً عاشره‌سی اولان اصوات دخی ایشیدیلیر.

بو کیفیت یالکز تللره مخصوص دکل، بلکه لاعلی التعیین بر جسم مهتز حقنده دخی جاریدر. ایشته « فوریه دعواسی » [Fourrier] نامی تحتنده معروف بولنان دعوای آتی بونی مؤیددر .

« هر بر حرکت اهتزازیه ، دائما وفقط یالکز برطرزده ، بر طاقم حرکت اهتزازیهٔ صغیره‌نك ترکیندن حاصل اولمش کبی قبول اولنه‌بیلیر . »

فوریه‌نك بو دعواسی تحلیل ریاضیده :

« علی العموم برتابع دوری دائما و یالکز برسیاق اوزره $م$ ، $\frac{م}{۲}$ ، $\frac{م}{۳}$ ، . . . . دورلرنده بولنان بر طاقم :

$و_۰ \text{ تحب } ۲ \pi \left(\frac{ص}{م} - ح\right)$ $و_۱ \text{ تحب } ۲ \pi \left(\frac{ص}{م} - ح\right)$ $و_۲ \text{ تحب } ۲ \pi \left(\frac{ص}{\frac{م}{۲}} - ح\right) \ldots$

توابع دائرویه‌سی مجموعنه مساویدر »

[۱] بونلرك هرایکیسی‌ده تلك نظر مطالعه‌یه آلنان نقطه‌سنه کوره تحول ایدر.

TÜRK TARİH KURUMU

دعواسنك مبحث صوته تطبيق ايدلمش صورتندن بشقه برشی دكلدر .

٥٩ تايلور دستوری . — يوقاريده استحصال اولنان :

$$م = \frac{ب}{ط ٢}$$

دستورنده ، ف قوهٔ جاره‌سنك (٢)

$$ف = ب^{٢} ك$$

افاده‌سندن استخراج اولنان :

$$ب = \sqrt{\frac{ف}{ك}}$$

قيمتی اقامه ايديلمجك اولور ايسه :

$$م = \frac{١}{٢} \sqrt{\frac{ف}{ط^{٢} ك}}$$

بولنور . فقط شدت جاذبه ج و تلك مجموع وزنی ده و ايله كوستريلير ايسه :

$$و = ط ك ج^{٢}$$

ويا

$$ك = \frac{و}{ط ج^{٢}}$$

اولمجغندن اوده محلنه قونيلنجه :

$$م = \frac{١}{٢} \sqrt{\frac{ف ج}{و ط}}$$

دستوری استحصال ايديلير كه تللرك اهتزازات عرضاييه‌سی حقنده تايلورك بولمش اولديغی دستور بوندن عبارتدر .

تل اسطوانی اولديغی ونصف قطری ر ، ووزن مخصوصی ده ⥽ ايله افاده اولنديغی تقديرده دستور سابق ده :

$$م = \frac{١}{ر ط ٢} \sqrt{\frac{ف ج}{⥽ \pi}}$$

شكلنی كسب ايدر .

بو دستوردن بروجه آتی قوانين استخراج اولنور :

بر تلك حصوله كتيرديكی صوت اصلينك پرده‌سی :

اولا تلك طوليله معكوساً متناسبدر .

ثانياً « قطريله « «

ثالثاً « كثافتنك جذر مربعيله معكوساً متناسبدر .

رابعاً « تلی جر ايدن قوتك جذر مربعيله مبسوطاً متناسبدر .

ايشته حكمت طبيعيه‌ده راهب مرسن [P . Mersenne] طرفندن كشف ايدلديكی بيان اولنان قوانين تجربيه بونلردن عبارتدر . قوانين مذكوره « صونومتره » دينيلن آلت واسطه‌سيله اثبات اولنور .

٦٤ سرعت ابتدائيه‌سز اولهرق تلك تبديل موضع ايتمه‌سی . — شمدی ايكی نهايتندن ثابت قلنمش بويله برتلك ، موازنت وضعيتندن انحراف ايتديرلدكدن صوكره ، بلا سرعت ابتدائيه على حاله ترك ايدلمش اولديغنی فرض ايدهلم . بو حالده ⊙ = ٠ زمانده ب سرعتی :

$$\frac{\text{بعاع}}{\text{بعا⊙}} = ٠$$

اولهجغندن (١٣) دستورنده‌كی ص مقدارلری كاملاً صفر اولمق لازم كلير . بو حالده (١٢) دستوری :

$$ع = \frac{\infty}{ج} \sum_{ه=١} حب \frac{ه \pi س}{ط} محب \frac{ه \pi ب ⊙}{ط} \qquad (١٤)$$

شكلنی كسب ايدر . شمدی ⊙ = ٠ زمانده تبدل شكل ايتمش اولان تلك ارائه ايتديكی منحنينك معادله‌سی :

$$ع = ا (س)$$

اولسون .

ايشته (١٤) معادله‌سنك بو منحنيی ارائه ايده‌بيلمه‌سی ايچون :

$$ع = ع_{٠} = ا (س) = \frac{\infty}{ج} \sum_{ه=١} حب \frac{ه \pi س}{ط}$$

ويا

TÜRK TARİH KURUMU

$$ما(س) = هـ_{0} حب \frac{\pi س}{ط} + هـ_{2} حب \frac{٢\pi س}{ط} + \dots + هـ_{ء} حب \frac{ؤ\pi س}{ط} + \dots$$

بولنماسی ایجاب ایدر .

بو مناسبتده واقع $هـ_{0}$ ، $هـ_{2}$ ... $هـ_{ء}$ ... امثاللرندن برینی تعیین ایچون معادلهنك طرفینی او امثالك حدیله ضرب ایتمك و حاصل ضربی بتون تلك طولنه کوده اتمام ایتلك کفایت ایدر .

مثلا : ($ؤ$)نك بحی خدك $هـ_{ء}$ امثالنی تعیین ایچون طرفین حب $\frac{ؤ\pi س}{ط}$ هاس ایله ضرب اولنور ایسه :

$$ما(س) حب \frac{ؤ\pi س}{ط} هاس = [هـ_{0} حب \frac{\pi س}{ط} حب \frac{ؤ\pi س}{ط} + هـ_{2} حب \frac{٢\pi س}{ط} حب \frac{ؤ\pi س}{ط} +$$
$$\dots\dots + هـ_{ء} حب \frac{ء\pi س}{ط} حب \frac{ؤ\pi س}{ط} + \dots\dots] هاس$$

وس = ٠ ، س = ط غایهلری آره‌سنده اتمام ایدیلیر ایسه :

$$بما_{ط}^{ط} ما(س) حب \frac{ؤ\pi س}{ط} هاس = ح بما_{ط}^{ط} هـ_{ء} حب \frac{ء\pi س}{ط} حب \frac{ؤ\pi س}{ط} هاس$$

اولور . فقط :

$$بما_{ط}^{ط} هـ_{ء} حب \frac{ء\pi س}{ط} حب \frac{ؤ\pi س}{ط} هاس = هـ_{ء} \frac{١}{٢} بما_{ط}^{ط} [حب \frac{(ء - ؤ)\pi س}{ط} - حب \frac{(ء + ؤ)\pi س}{ط}] هاس$$
$$= \frac{١}{٢} هـ_{ء} [\frac{ط}{(ء - ؤ)\pi} حب \frac{(ء - ؤ)\pi س}{ط} - \frac{ط}{(ء + ؤ)\pi} حب \frac{(ء + ؤ)\pi س}{ط}]_{ط}^{ط}$$
$$= \frac{١}{٢} هـ_{ء} [\frac{١}{ء - ؤ} حب \frac{(ء - ؤ)\pi س}{ط} - \frac{١}{ء + ؤ} حب \frac{(ء + ؤ)\pi س}{ط}]_{ط}^{ط}$$
$$= \frac{١}{٢} هـ_{ء} \{\frac{١}{ء - ؤ} حب (ء - ؤ)\pi - \frac{١}{ء + ؤ} حب (ء + ؤ)\pi\}$$

اولدیغندن و حال بوکه بو افاده ء عدد تامی ؤ دن فرقلی بولندیغندن صفره مساوی ویالکز ء = ؤ اولدیغی حالده برقیمتی حائز بولندیغندن طرف ثانیی تشکیل ایدن حدلرك بوندن ماعداسی صفر اولمق اقتضا ایدر .

بناءً علیه ؤ = ء ایچون :

$$بما_{ط}^{ط} ما(س) حب \frac{ؤ\pi س}{ط} هاس = بما_{ط}^{ط} هـ_{ء} حب \frac{ء\pi س}{ط} حب \frac{ء\pi س}{ط} هاس$$

ویا

$$بما_{ط}^{ط} ما(س) حب \frac{ء\pi س}{ط} هاس = \frac{١}{٢} بما_{ط}^{ط} هـ_{ء} [\text{محب}(٠) - \text{محب} \frac{٢ء\pi س}{ط}] هاس$$
$$= \frac{١}{٢} هـ_{ء} بما_{ط}^{ط} [١ - \text{محب} \frac{٢ء\pi س}{ط}] هاس$$
$$= [هـ_{ء} بما_{ط}^{ط} هاس - هـ_{ء} بما_{ط}^{ط} \text{محب} \frac{٢ء\pi س}{ط} هاس] \times \frac{١}{٢}$$
$$= \frac{١}{٢} هـ_{ء} [س]_{ط}^{ط} - \frac{١}{٢} هـ_{ء} [\frac{ط}{٢ء\pi} حب \frac{٢ء\pi س}{ط}]_{ط}^{ط}$$
$$= \frac{١}{٢} هـ_{ء} ط - \frac{١}{٢} هـ_{ء} [\frac{ط}{٢ء\pi} حب ٢ء\pi]$$
$$= \frac{١}{٢} هـ_{ء} ط$$

وبالطبع

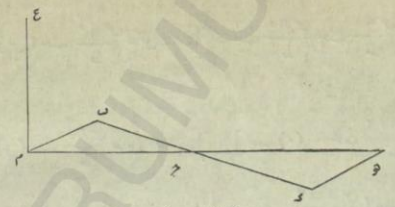
$$هـ_{ء} = \frac{٢}{ط} بما_{ط}^{ط} ما(س) حب \frac{ء\pi س}{ط} هاس \qquad (١٥)$$

استخراج اولنورکه بو دستور واسطه‌سیله $هـ_{0}$ ، $هـ_{2}$ ، ... امثاللرینك کافه‌سنك قیمتلری بولنه‌بیلیر .

ایشته موازنت وضعیتدن انحراف ایتدیرلمش اولان تلك ⊙ = ٠ زمانسنده رسم ایتدیکی منحنی ویاخود خط منکسر م ب ح (شکل ٣٢) اولسون. ح نقطه‌سنه نظراً بو م ب ح منحنیسنك متناظری اولان ح ء ه؛ و ه نقطه‌سنه نسبةً ده بونك متناظری بولنان الی آخره منحنیسنی رسم ایدهلم . بو حالده م ح تلنك حرکتی عادتا غیر محدود اولان بر تلك م ح قسمنك حرکتی کبی قبول اولنه‌بیلیرکه بونده‌ده تبدل شکل هر ایکی جهته طوغری ب سرعت ثابته‌سی ایله انتشار ایدر .

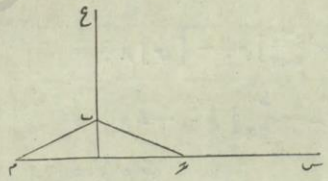
TÜRK TARİH KURUMU

مثال اولەرق تلك وسطندن غايت اوجى ايتجه برمضراب ايله چكلدكدن صوكره على حاله



(شكل ٣٢)

ترك ايدلديكنى (شكل٣٣) تصور ايدەلم. بو حال خصوصيده تلك ح = ٠ زمانندەارائەايتديكى منحنى بر. م ب ح مثلث متساوى الساقينندن عبارت اولوركەبونك قاعدەسى تلك ط طولنه



(شكل ٣٣)

مساوى اولدينى كبى ارتفاعىده ح اولسون. وسهولت اولمق اوزره ع محورىده تلك وسط نقطەسنه نقل ايدلمش بولنسون. بالطبع (١٥) دستورى ٠ ايله $\frac{ط}{٢}$ و ٠ ايله $-\frac{ط}{٢}$ غايەلرى آرەسنده اتمام ايديله جكندن:

$$هـ = \frac{٤}{ط} \text{ نما}^{٢}_{\frac{ط}{٢}} \text{ ما (س) حب } \frac{٤ \pi س}{ط} \text{ هاس} \qquad (١٦)$$

اولور.

اكر ٤ زوج ايسه، حب $\frac{٤ \pi س}{ط}$ جيب منحنيسى زوج عدده فسقونى حاوى اولەجكندن ٠ ايله $-\frac{ط}{٢}$ آرەسنده محصور اولان:

$$\text{نما}^{٢}_{\frac{ط}{٢}} \text{ حب } \frac{٤ \pi س}{ط} \text{ هاس}$$

ساحەسى ٠ ايله $\frac{ط}{٢}$ آرەسنده محصور بولنان:

$$\text{نما}^{٢}_{\frac{ط}{٢}} \text{ حب } \frac{٢ \pi س}{ط} \text{ هاس}$$

ساحەسنه مساوى وبالعكس اشارتجه مخالف بولنەجغندن مجموعى صفر اولور. بناءً عليه زوج مرتبەدن اولان هـ امثاللرىده برر برر صفره مساوى اولمق لازم كلير.

فقط ٤ فرد ايسه، يوقاريكى ايكى ساحه يكديكريله انضمام ايدەجكندن فرد مرتبەدن اولان امثاللرك قيمتلرى: (١٦)

$$هـ = \frac{٤}{ط} \text{ نما}^{٢}_{\frac{ط}{٢}} \text{ ما (س) حب } \frac{٢ \pi س}{ط} \text{ هاس}$$

دستوريله تعيين اولنەبيلير. فى الحقيقه دستور مذكورده واقع ما (س) افادەسى، صفر ايله $\frac{ط}{٢}$ آرەسنده:

$$ع = \text{ما (س)} = \frac{٢ ح}{ط} \text{ س}$$

اولمقله [*]

$$هـ = \frac{٤}{ط} \text{ نما}^{٢} \frac{٢ ح}{ط} \text{ س حب } \frac{٤ \pi س}{ط} \text{ هاس}$$

ويا

$$هـ = \frac{٨ ح}{ط^{٢}} \text{ نما}^{٢}_{\frac{ط}{٢}} \text{ س حب } \frac{٤ \pi س}{ط} \text{ هاس}$$

بولنور.

وتمامى اتمام بالتفريق اصوليله اتمام اولنور ايسه:

$$هـ = \frac{٨ ح}{ط^{٢}} \left[- \frac{ط}{٤ \pi} \text{ س نحب } \frac{٤ \pi س}{ط} + \left(\frac{ط}{٤ \pi}\right)^{٢} \text{ حب } \frac{٤ \pi س}{ط} \right]^{\frac{ط}{٢}}$$

---

[*] ب ح خطنك معادلەسى، امثال زاويەسى $\frac{٢ ح}{ط}$ اولماسنه بناءً:

$$ع = \frac{٢ ح}{ط} \text{ س}$$

در.

TÜRK TARİH KURUMU

ویا

$$\text{ه}_{\text{ء}} = \frac{٨\,\text{ح}}{\text{ط}^{٢}} \left\{ -\frac{\text{ط}^{٢}}{\pi\,\text{ء}} \text{حب} \frac{\pi\,\text{ء}}{٢} + \left(\frac{\text{ط}}{\pi\,\text{ء}}\right)^{٢} \text{حب} \frac{\pi\,\text{ء}}{٢} \right\}$$

و فقط ء فرد اولدیغندن :

$$\text{حب} \frac{\pi\,\text{ء}}{٢} = ٠$$

و بنابرین :

$$\text{ه}_{\text{ء}} = \frac{٨\,\text{ح}}{\text{ط}^{٢}} \left\{ \frac{\text{ط}^{٢}}{\text{ء}^{٢}\pi^{٢}} \text{حب} \frac{\pi\,\text{ء}}{٢} \right\} = \frac{٨\,\text{ح}}{\text{ء}^{٢}\pi^{٢}} \text{حب} \frac{\pi\,\text{ء}}{٢}$$

استحصال اولنور .

بو حالده تلك حرکتی (١٤) معادلهسنه توفیقاً :

$$\text{ع} = \frac{٨\,\text{ح}}{\text{ط}^{٢}} \left\{ \text{حب} \frac{\pi\,\text{س}}{\text{ط}} \text{حب} \frac{\pi\,\text{ب}\,\text{ق}}{\text{ط}} - \frac{١}{٣^{٢}} \text{حب} \frac{٣\pi\,\text{س}}{\text{ط}} \text{حب} \frac{٣\pi\,\text{ب}\,\text{س}}{\text{ط}} + \right.$$

$$\left. \frac{١}{٥^{٢}} \text{حب} \frac{٥\pi\,\text{س}}{\text{ط}} \text{حب} \frac{٥\pi\,\text{ب}\,\text{ق}}{\text{ط}} \ldots \right\} \ldots\ldots$$

اولورکه بوده سریع المتقاربه بر سلسلهدر .

بوحال خصوصنده تلك اهتزازندن حاصل اولان صوت اصلی ایله متوافق بولنان اصوات مؤلفهنك زوج مرتبهدن اولانلری کلیاً مفقود و فرد مرتبهدن بولنانلری ده سرعتله متنزل اولهجغندن صوت اصلی کافهسنه غالبه ایدر . ایشته یونغ [Young] لك بالتجربه بولمش اولدیغی قانونده بونی ایجاب ایدر .

٦٥ تنبیه . — اوتار مهتزه حقنده بروجه بالا استحراج اولنان قوانین نظریه اوزون و قابل انحنا ، غایت قوتله کرلمش ، اولان تللر حقنده جاریدر . فقط قیصه و قالین و آز کرلمش تللرك حقیقت حالده اجرا ایلدکلری اهتزازاتك عددی ، نظری اولهرق اجرا ایدهجکلری اهتزازاتك عددندن فضلهدر ؛ وبوفضله تلك صلابتی [Rigidité] نهقدر زیاده اولور ایسه او درجهده زیادهدر .

٦٦ قضیب . — غایت سرت اولان وبنابرین قابل انحنا اولمایان چبوقلره مبحث صوتده بالخاصه « قضیب » [Verge] نامی وریلیر . صورت مطلقهده قابل انحنا تللر اولمادیغی کبی صورت قطعیهده حائز صلابت چبوقلرده مفقوددر . فقط بو ایکی جسم تصورینك تدقیق ، نظریات نقطهسندن اهمیتنه وعملیات جهتندنده منفعتنه بناءً الزمدر .

٦٧ قضیبلرك اهتزازات طولانیهسی . — برقضیبك محورینه موازی اولهرق وقوعه کتیریلن حرکت اهتزازیهٔ طولانیهنك اولا الاستیقی برستون داخلنده و بو ستونی تشکیل ایدن مادهیه غیر تابع برصورتده انتشار ایتدیکی ؛ ثانیاً انایب متصوتهنك تابع اولدیغی قوانینه تابع اولدیغی ایلك دفعه ارباب حکمتدن قلادنی [Chladni] طرفندن اثبات ایدلمشدر [١] . بر صورتده که ایکی اوجی سربست براقلمش و یاخود ثابت قلنمش بر چبوغك طولاً اهتزازی ایکی طرفی آچیق بر بورودهکی اهتزازنك عینیدر ؛ کذلك بر اوجندن ثابت قلنمش ، دیکر اوجی سربست براقلمش بر چبوغك طولاً اهتزازیده بر طرفی قاپالی بر بورودهکی اهتزازاته مشابهدر .

بو مشابهتلردن بالاستفاده قلادنی ١٧٩٦ سنهسنده اجسام صلبهده صوتك سرعت انتشارینی تعیین ایچون دیکر بر طریق بولمشدر . فی الحقیقه عینی ط طولنده بر هوا بوروسی ایله بر صلب چبوق نظر مطالعهیه آلنهجق اولور و بونلرده حاصل اولان صوت

[١] بر قضیبی طولاً اهتزاز ایتدیرمك ایچون ، اکر قضیب معدنی ایسه ، اوزرینه رجنه سورلمش بر چوخه پارچهسیله و اکر جامدن معمول ایسه حامضلی صو ایله اصلادلمش بزه بر چوخه پارچهسیله طولانی اولهرق دلك ایچك کفایت ایدر . بو یله بر چبوق اورتهسندن طوتیلهرق دلك ایدلدیکی حالده طولاً اهتزاز ایدهجکندن سربست اولان ایکی نهایتی یزر بطن تشکیل ایدرکه بورالرده اجزای فردیهنك محور قضیبه متوازیاً اولان حرکتلری اعظمیدر . ارباب حکمت طبیعیهدن ساوار [Savard] بو حرکت اهتزازیهنك وسعتی تعیین ایتمش و بر چبوغك طولاً اهتزازی تناسنده اوزاندیغی مقدارك بیکلرجه کیلوغراملق بر جر تحتنده اوزانهجغی مقدار رادهسنده اولدیغنی مع لاستغراب کورمشدر . فی الحقیقه طولانی اهتزازدن دولایی چبوقده حاصل اولان اوزانمه کیفیتی بعضی دفعه چبوغك قیرلمسنی انتاج ایدهجك درجهده مهمدر : شاقولاً اورتهسندن طوتیلان و طولانی اولهرق دلك اولنان بر بلور چبوغك آلت اوجنك متادیاً قرص شکلنده قوپهرق یره دوشمهسی بوحقیقتی اثبات ایدر .

ایشته بعضی دفعه پك جزئی اولان و فقط صورت متادیه و منتظمهده تکرر ایدن بر تأثیر ، فوق العاده عظیم بر قوتك بر دفعهده حصوله کتیرهجکی اثری حاصل ایدهبیلیر . آژه [Ager] آصمه کوپروسنی طوتان قالین دمیر خلاطرك ، کوپرو اوزرندن کچمکده اولان بر کوچك مفرزهٔ عسکریهنك منتظماً آتدقلری خطوهلرك تأثیریله قیرلدیغی پك مشهوردر .

TÜRK TARİH KURUMU

اصليلرك عدد اهتزازلرى نظير نظيره م ، م′ و هربرنده صوتك سرعت انتشارى ب ، ب′ ايله ارائه اولنور ايسه :

$$م = \frac{ب}{٢ ط} \qquad م' = \frac{ب'}{٢ ط'}$$

اوله جغندن :

$$\frac{م'}{م} = \frac{ب'}{ب}$$

بولنور . بوندن آكلاشيلركه بو ايكى سنونك حاصل ايتديكى صوتلرك پرده‌لرى بينندەكى نسبت هربرنده صوتك سرعت انتشارى بينندەكى نسبته مساويدر. ايشته قلادنى بوصورتله سرعت صوتك هوادەكى قيمتنى تعيينه موفق اولمشدر .

٦٨ اوتارك اهتزازات طولانيه‌سى . — تللرده ، چوبقلر كبى طولاً اهتزاز ايتديريله‌بيلير. بوحالده داخل حساب ايدلمه‌سى لازم كلن قوت تلك قوة جاذبه‌سى دكل ، بالعكس قوة الاستقامه‌سيدر . قلادنى‌نك قانونه توفيقاً طولاً اهتزاز ايدن بر تللدن چيقان صوت اصلينك عدد اهتزازى :

$$م = \frac{ب}{٢ ط}$$

دستوريله ويا خود [ماده : ٣٢] ده

$$ب = \sqrt{\frac{ق هـ}{و}}$$

قيمتى محلنه قونيله‌رق :

$$م = \frac{١}{٢ ط} \sqrt{\frac{ق هـ}{و}}$$

دستوريله تعيين اولنور. شمدى بوتل عرضاً اهتزاز ايتديرلديكى حالده حاصل اولان صوت اصلينك عدد اهتزازنى افاده ايدن [ماده : ٦٣]،

$$م = \frac{١}{٢} \sqrt{\frac{ف ز}{ط^{٢} ي}} \qquad [*]$$

دستوريله مقايسه اولنور ايسه :

[*] بو دستورده و يرينه ٣ وضع ايدلشدر .

$$\frac{م}{م'} = \frac{\frac{١}{ط}\sqrt{\frac{ق هـ}{و}}}{\frac{١}{ط'}\sqrt{\frac{ف ز}{ط^{٢} ي}}} = \frac{ط'}{ط}\sqrt{\frac{ط^{٢} ي هـ}{و ف}}$$

ويا :

$$و = \frac{ي}{ط^{٢} ح}$$

اولماسنه مبنى :

$$\frac{م}{م'} = \sqrt{\frac{ح}{ف} هـ}$$

بولنور . فقط ط طولنده اولان بر تلك ف قوة جاذبه‌سى تحت تأثيرنده‌كى مقدار اطاله‌سى ٧ ايله كوستريله‌جك اولور ايسه :

$$٧ = \frac{ف ط}{هـ ح}$$

وبنابرين :

$$\frac{م}{م'} = \sqrt{\frac{ط}{٧}}$$

حاصل اولوركه بوده برتلك اهتزازات طولانيه‌سندن حاصل اولان صوت اصلينك اهتزازات عرضانيه‌سندن حصوله كلن صوت اصليدن بك چوق تيز اولديغنى ارائه ايدر .

٦٩ قضيلرك اهتزازات عرضانيه‌سى . — چوبقلرك اهتزازات عرضانيه‌سى نظريه‌سنى تأسيسه دانيال ـ برنوللى [D.Bernoulli] باشلامش ايسه‌ده نظريهٔ مذكوره‌نك اكمالى اولر [Euler]ه ميسر اولمشدر. مع مافيه مؤخراً بو نظريه ريقاتى [Ricati] ، قوشى [Cauchy] ، پواسسون [Poisson] طرفلرندن اصلا و توسيع ايدلمشدر .

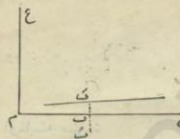
الاستيقى بر چبوق، طولنه عموداً بر قوتله اكيلديكى حالده بوچبوغك هربرمقطع قائمنده حاصل اولان قواى الاستيقيهٔ طولانيه حال موازنتده تأثيرات عرضانيه ايله توازن ايدر ايسه‌ده حال فعاليتده چبوغك حركتنى موجب اولور .

٧٠ معادلهٔ تفاضليه . — حال سكونتده بولنان مذكورى بر چبوغك ليف وسطيسنك استقامتى س محورى و بو محورك بر نقطه‌سندن ، انحنا مستويسى اوزرنده

TÜRK TARİH KURUMU

اولمق اوزره، اقامه اولنان عمودی‌ده ع محوری انتخاب ایده‌لم؛ و چبوغك طوله نظراً دیكر ایكی بعدینی كوچوك فرض ایله برابر انحنانك‌ده بك جزئی اولدیغنی قبول ایلیه‌لم.

بوحالده چبوغك هربر مقطع قائمی اوزرنده بولنان نقاطك حركاتی بر عد اولنه‌بیله‌جكی كبی چبوغك اهتزازاتی تدقیق ایچون‌ده لیف وسطیسنك تدقیق كفایت ایدر. بولیف وسطی اوررنده فصله‌سی م ب اولان (شكل ٣٣) نقطه‌سی لیف مذكورك حال طبیعیده‌كی م س استقامتنه



(شكل ٣٣)

عموداً غایت اصغر بر ب ب' خط مستقیمی اوزرنده رقص ایدر. بو نقطهٔ مهتزه‌نك بر ⊙ زمانشده‌كی ترتیبی یعنی ب وضعیت طبیعیه‌سندن مقدار تباعدینی ع ایله‌ارائه‌ایده‌لم؛ وس ایله س + هاس فصله‌لرینه توافق ایدن مقطع قائملر ایله تحدید ایدلش اولان منشور اصغر نامتناهیجی تصور ایلیه‌لم. بواصغر نامتناهی منشورك س فصله‌سنه توافق ایدن مقطعده‌كی قوهٔ الاستیقیهٔ مماسیه ف [قایمه قوتی] وچبوغك مقطع قائمنك سطحی ح وچبوغی تشكیل ایدن ماده‌نك كثافتی ك اولدیغنه كوره حركت عرضائیه‌نك معادله‌سی، مبحث الاستیقیت‌ده كورولدیكی اوزره:

$$\text{ف} - - \left(\text{ف} + \frac{\text{ه اف}}{\text{ه اس}}\,\text{ه اس}\right) = \text{ح}\,\text{ك}\,\text{ه اس}\,\frac{\text{ه}^{٢}\,\text{ع}}{\text{ه ا ت}^{٢}} \qquad [*]$$

[*] معادلهٔ مذكوره‌نك طرف اولنك برنجی حدی اصغر نامتناهی منشورك س مقطعنده‌كی قوهٔ الاستیقیهٔ مماسیه‌یی و معترضه درونندہ بولنان ایكنجی حدی س + هاس مقطعنده‌كی قوهٔ الاستیقیهٔ مماسیه‌یی ارائه ایدركه منشورك استقامتنه همان عموداً اجرا ایلدیكی حركت رقصیه‌ده بو ایكی قوتك بیننده‌كی تفاضلك تحت تأثیرنده وقوعه‌كلیر. طرف ثانی ایسه بوقوهٔ محركه‌نك دیكر افاده‌سندن عبارتدر؛ تعبیر آخرله ع استقامتنده منشورك كسب ایلدیكی $\frac{\text{ه}^{٢}\,\text{ع}}{\text{ه ا ت}^{٢}}$ مقدار تعجیلنك ح ك هاس كتله‌سنه حاصل ضربنه مساویدر.

ویاخود:

$$\frac{\text{ه}^{٢}\,\text{ع}}{\text{ه ا ت}^{٢}} = - \frac{١}{\text{ح ك}} \cdot \frac{\text{ه اف}}{\text{ه اس}} \qquad (١)$$

دن عبارتدر.

شمدی بوف قوتی تعیین ایچون انحنا مستویسنه عمود اولمق اوزره منشور اصغر نامتناهینك مركز ثقلتندن مرور ایدن بر محوره نظراً وزنیتلرینی [مومانلرینی] نظر اعتباره آلهلم: اولا ف قوای مماسیه‌سنك وزنیتلری مجموعی — ف هاس اولدیغی كبی س مقطعنه عائد اولان قوای الاستیقیهٔ مماسیه‌نك وزنیتی:

$$\frac{\text{ه ب}}{\text{د}}$$

ویا

$$\text{ه ب}\,\frac{\text{ه}^{٢}\,\text{ع}}{\text{ه اس}^{٢}} \qquad [*]$$

و دیكر س + هاس مقطعنه عائد قوهٔ الاستیقیهٔ مماسیه‌نك وزنیتی‌ده:

$$\text{ه ب}\left(\frac{\text{ه}^{٢}\,\text{ع}}{\text{ه اس}^{٢}} + \frac{\text{ه}^{٣}\,\text{ع}}{\text{ه اس}^{٣}}\,\text{ه اس}\right)$$

اولدیغندن هر ایكیسنه عائد اولان وزنیتلر مجموعی:

$$\text{ه ب}\,\frac{\text{ه}^{٢}\,\text{ع}}{\text{ه اس}^{٢}} - \text{ه ب}\left(\frac{\text{ه}^{٢}\,\text{ع}}{\text{ه اس}^{٢}} + \frac{\text{ه}^{٣}\,\text{ع}}{\text{ه اس}^{٣}}\,\text{ه اس}\right) = - - \text{ه ب}\,\frac{\text{ه}^{٣}\,\text{ع}}{\text{ه اس}^{٣}}\,\text{ه اس}$$

اولهجتندن وزنیتلر دعواسی موجبنجه:

[*] بو افاده‌ده ك هـ مقداری جبوغك امتال الاستیقیی، ب مقداری‌ده ح مقطعنك وزنیت عطالتی [moment d'inertie] در. د مقدارینه كلنجه بوده لیف وسطینك س نقطه‌سنده‌كی نصف قطر انحنا سیدركه بونك عكسی $\frac{\text{ه}^{٢}\,\text{ع}}{\text{ه اس}^{٢}}$ تفاضلیسنه مساوی كبی قبول اولنه‌بیلیر.

TÜRK TARİH KURUMU

$$-\text{ف}\,\text{هاس} = -\text{هـ ب}\,\frac{\text{هاع}^{2}}{\text{هاس}^{2}}\,\text{هاس}$$

ویاخود

$$\text{ف} = \text{هـ ب}\,\frac{\text{هاع}^{2}}{\text{هاس}^{2}} \qquad (۲)$$

بولنورکه بوده «مقاومت اجسام» نظریه‌سنده‌کی دعوای اساسیه معادله‌سندن باشقه برشی دکلدر .

ایشته بو قیمت (۱) معادله‌سنده محلنه وضع اولنور ایسه :

$$\frac{\text{هاع}^{2}}{\text{هاز}^{2}} = -\frac{\text{هـ ب}}{\text{ح ك}}\,\frac{\text{هاع}}{\text{هاس}^{1}}$$

ویاخود اهتزازات طولانیه‌نك سرعت انتشاری :

$$\text{ب} = \sqrt{\frac{\text{هـ ب}}{\text{ح}}}$$

اولدیغی کبی ح مقطعنك ، مرکز ثقلتندن انحنا مستویسنه عموداً رسم اولنان بر محور اطرافنده‌کی نصف قطر جولانی‌ده ر ایله کوسترلدیکنه کوره :

$$\text{ر} = \sqrt{\frac{\text{ب}}{\text{ح}}}$$

بولندیغندن یوقاریده محللرینه قونلدیغی حالده معادلهٔ اخیره:

$$\frac{\text{هاع}^{2}}{\text{هاز}^{2}} = -\text{ب}^{2}\text{ر}^{2}\,\frac{\text{هاع}}{\text{هاس}^{2}}$$

و یا

$$\frac{\text{هاع}^{2}}{\text{هاز}^{2}} + \text{ب}^{2}\text{ر}^{2}\,\frac{\text{هاع}}{\text{هاس}^{2}} = 0 \qquad (۳)$$

شکلنی کسب ایدر. ایشته مستعرضاً اهتزاز ایدن برچبوغك معادلهٔ حرکتی بوندن عبارتدر.

۷۱ معادله‌یه توافق ایدن حرکت رقصیه . — شمدی وسعتی ص کبی متحول اولان برحرکت رقصیه‌نك بومعادله‌یه توافق ایدوب ایتمه‌یه‌جکنی تحری ایدهلم. بونك ایچون ده چبوغك طولی ط و ح تعیینی مطلوبه بر عدد اولمق اوزره :

$$\text{ع} = \text{ص}\,\text{نحب}\left(\frac{\text{ب}}{2\text{ط}}\,\text{ز} + \text{ه}\right) \qquad (٤)$$

وضع ایدهلم . بو قیمت (۳) معادله‌سنده محلنه قونیلور ایسه :

$$\frac{\text{هاص}}{\text{هاس}^{1}} = \left(\frac{\text{ز}}{\text{ه}}\right)^{1}\text{ص} \qquad (٥)$$

بولنور .

اگر ۱ ، +۱ عدینك دردنجی قوتدن جذرلرینی تشکیل ایدن + ۱ ، − ۱ ، + √−۱ ، − √−۱ عددلرندن برینی کوسترمك اوزره :

$$\text{ص} = \text{ے}^{\frac{\text{ز س}}{\text{ط}}}$$

افاده‌سی (۵) معادله‌سنك بر صورت خاصی اعطا ایدر ایسه بتون صورت حللر :

$$\text{ص} = \text{ے}^{\frac{\text{ز س}}{\text{ط}}}\left(\text{ا}_{1}\,\text{نحب}\,\frac{\text{ز س}}{\text{ط}} + \text{ا}_{2}\,\text{حب}\,\frac{\text{ز س}}{\text{ط}} + \text{ا}_{3}\,\text{ے}^{\frac{\text{ز س}}{\text{ط}}} + \text{ا}_{4}\,\text{ے}^{-\frac{\text{ز س}}{\text{ط}}}\right) \qquad (٦)$$

ویاخود جیب وتمام جیب قطع زائدی ادخال اولندیغنه و $\frac{\text{ز س}}{\text{ط}} = \text{س}$ ایله کوسترلدیکنه کوره:

$$\text{ص} = \text{ب}_{1}(\text{نحب س} + \text{نحه س}) + \text{ب}_{2}(\text{نحب س} - \text{نحه س}) + \text{ب}_{3}(\text{حب س} + \text{حه س}) + \text{ب}_{4}(\text{حب س} - \text{حه س}) \quad [*] \qquad (۷)$$

معادله‌سندن استخراج اولنه‌بیلیر .

[*] قطع زائدی دینیلن جیبلر ایله تمام جیبلری عادی جیبلرایله تمام جیبلردن تفریق ایچون اولکیلر حه، نحه اشارتلریله کوسترلدیکی درکه بونلر عادتا :

$$\text{نحه س} = \frac{1}{2}\left(\text{ے}^{\text{س}} + \text{ے}^{-\text{س}}\right)$$

$$\text{حه س} = \frac{1}{2}\left(\text{ے}^{\text{س}} - \text{ے}^{-\text{س}}\right)$$

مناسبتلریله تعریف اولنان توابع اسمیه‌دن باشقه برشی دکلدر . شو ایکی مناسبت اخیره‌دن ایسه:

$$\text{نحه}^{2}\text{س} - \text{حه}^{2}\text{س} = 1$$

استخراج اولنور .

TÜRK TARİH KURUMU

ایشته ص متحولنك بو افاده‌سنده درت مقدار ثابت واردركه بونلر چبوغك هر اوجنه عائد ایکی شرط ابتدائی ایله تعیین اولنور .

۷۲ برنجی حال : چبوغك هر ایکی اوجنك سربست براقلماسی . — بو حالده چبوغك سربست اولان مقطعنده $\frac{\text{هـ ب}}{\text{هـ س}}$ وزنیت لاستیقینی دائما صفره مساوی بولنه‌جغی کبی ف قایمه قوتی‌ده صفر اولور . بنابرین هر آن :

$$\frac{\text{هـ}^{2}\text{ع}}{\text{هـ س}^{2}} = ٠ \qquad \frac{\text{هـ ع}}{\text{هـ س}} = ٠$$

بولنور . ایشته اولا س = ٠ قیمتی ایچون :

$$\frac{\text{هـ}^{2}\text{ص}}{\text{هـ س}^{2}} = ٠ \qquad \frac{\text{هـ ص}}{\text{هـ س}} = ٠$$

اوله‌جغندن و بوده $ب_{2} = ٠$ ، $ب_{1} = ٠$ اولمانی انتاج ایلیه‌جکندن (۳) معادله‌سی بوحال خصوصیده :

$$ص = ب_{1}(\text{جب}\ س + \text{حه}\ س) + ب_{1}(\text{جب}\ س + \text{حه}\ س) \qquad (۸)$$

شکلنه منجر اولور .

ثانیاً : س = ط و یا س = ۲ قیمتی ایچون :

$$\frac{\text{هـ}^{2}\text{ص}}{\text{هـ س}^{2}} = ٠ \qquad \frac{\text{هـ ص}}{\text{هـ س}} = ٠$$

اولماسی ایجاب ایتدیکندن (۸) معادله‌سنك س متحولنه نظراً ایکنجی و اوچنجی مشتقلری آلنه‌جق اولور ایسه :

$$\frac{\text{هـ}^{2}\text{ص}}{\text{هـ س}^{2}} = ب_{1}(-\text{جب}\ س + \text{حه}\ س) + ب_{1}(-\text{جب}\ س + \text{حه}\ س)$$

$$\frac{\text{هـ}^{3}\text{ص}}{\text{هـ س}^{3}} = ب_{1}(\text{جب}\ س + \text{حه}\ س) + ب_{1}(-\text{جب}\ س + \text{حه}\ س)$$

و س یرینه ۲ وضع ایدیلیر ایسه :

$$\left.\begin{aligned} ب_{1}(-\text{جب}\ ۲ + \text{حه}\ ۲) + ب_{1}(-\text{جب}\ ۲ + \text{حه}\ ۲) = ٠ \\ ب_{1}(\text{جب}\ ۲ + \text{حه}\ ۲) + ب_{1}(-\text{جب}\ ۲ + \text{حه}\ ۲) = ٠ \end{aligned}\right\} \qquad (۹)$$

استحصال اولنور .

حال بوکه بو ایکی معادله‌نك یکدیکریله قابل تألیف اولماسی ایچون مطلقا :

$$(\text{حه}\ ۲ - \text{جب}\ ۲)^{2} = \text{حه}^{2}\ ۲ - \text{جب}^{2}\ ۲$$

و یاخود

$$\text{جب}\ ۲\ \text{حه}\ ۲ = ١ \qquad (۱۰)$$

بولنماسی لازمدر . ایشته بو حال خصوصیده مسئله‌یه توافق ایدن ۲ مقدار ثابتی پواسسون (۱۰) مناسبتی واسطه‌سیله تعیین ایتمشدر . یوقاریده‌کی (۱۰) معادلهٔ شرطیه‌سی تحقق ایتدیکی حالده (۹) معادله‌لرندن هر بری $\frac{ب_{2}}{ب_{1}}$ نسبتی ایچون عینی قیمتی اعطا ایده‌جکندن بوقیمت ص متحولنك (۸) افاده‌سنده محلنه قونیله‌جق اولور ایسه ، ح کبی بر مقدار ثابت قدر فرق ایله :

$$ص = (\text{جب}\ ۲ - \text{حه}\ ۲)\left(\text{جب}\ \frac{۲س}{ط} + \text{حه}\ \frac{۲س}{ط}\right) + (\text{جب}\ ۲ + \text{حه}\ ۲)$$

$$\times \left(\text{جب}\ \frac{۲س}{ط} + \text{حه}\ \frac{۲س}{ط}\right)$$

قیمتی استحصال اولنور .

ص متحولنك بو قیمتی ایچون :

$$ع = ح\ ص\ \text{جب}\left(\frac{ب_{2}}{ط_{2}}\ ۲^{2}\ ω + ه\right) \qquad (۱۱)$$

اوله‌جغی جهتله بویله بر حرکت رقصیه‌نك ثانیهٔ واحده‌ده‌کی عدد اهتزازی‌ده بالطبع [۱]

[۱] بو افاده

$$ع = ن\ \text{جب}\ ۲\pi\frac{ω}{ه}$$

ایله کوستریلن بر حرکت اهتزازیه معادله‌سیله مقایسه ایدیلنجه :

$$۲^{2}\frac{ب_{2}}{ط^{2}} = \frac{ω}{ه}\pi^{2}$$

$$م = \frac{١}{ه} = \frac{ب_{2}}{ط^{2}\pi^{2}۲}$$

و یا

بولنور .

TÜRK TARİH KURUMU

$$م = \frac{ب^{2}}{2ط^{2}\pi^{2}} \qquad (١٢)$$

دن عبارت بولنور ؛ و بوندن‌ده بروجه آتی قوانین استخراج اولنور :

اولا هر ایکی اوجی سربست اولان بر چبوق مستعرضاً اهتزاز ایتدیرلدیکی حالده برصره اصوات حصوله کتیرر که بو اصواتك عدد اهتزازلری بیشده‌کی نسبت (١٠) معادله‌سیله تعیین اولنان ك عددینك اخذ ایده‌جکی قیمتلرك مربعلری بینده‌کی نسبته مساویدر .

معادلهٔ اخیره‌یه توافق ایده‌جك صورتده ك مقدارینه وبریله‌جك اولان قیمتلر :

$$\frac{\pi}{2}\ (٣{,}٠١١)،\quad \frac{\pi}{2}٥،\quad \frac{\pi}{2}٧\quad .\quad .\quad .\quad \frac{\pi}{2}(٢ك+١)$$

دن عبارتدر .

بنابرین بویله بر چبوقدن حاصل اولان اصواتك عددی فرد مرتبه‌دن اعداد متوالیه‌نك مربعلرینه پك قریبدر . تعبیر آخرله صوت تیزلندکجه عدد اهتزازی‌ده :

$$م = \frac{\pi}{2}\cdot\frac{ب^{2}}{ط^{2}}\cdot\frac{(٢ك+١)^{2}}{٤} \qquad (١٣)$$

افاده‌سنه تقرب ایدر .

ثانیاً بو اصواتدن بری ، چبوغك طولنك مربعیله معکوساً ونصف قطر جولانی [وبناء ٭علیه چبوغك قالینلغنی ویا قطری] و اهتزازات طولانیه‌نك سرعت انتشاری ایله مبسوطاً متنا-سبدر [٭]

ثالثاً عقده نقطه‌لری ص = ٠ قیمتنه توافق ایدر ؛ و چبوقدن چیقان صوت کافی درجه‌ده تیز اولدیغی حالده بربرینی متعاقب ایکی عقده بینی تفریق ایدن مسافه :

$$٨ = \frac{٢ط}{٢ك+١} \qquad (١٤)$$

افاده‌سنه تقرب ایلر .

٧٣ ایکنجی حال : چبوغك ایکی اوجنك ثابت قالمش اولماسی . — چبوغك اوجلرندن هر برینك ثابت اولماسی :

$$ع = ٠ \qquad \frac{هاع}{هاس} = ٠$$

[٭] چبوغك عرضنه غیر تابع‌در .

کبی ایکی شرط ایله تحدید اولنور . حال بوکه چبوغك ایکی اوجی سربست بولندیغی تقدیرده

$$\frac{هاع}{هاس^{2}} = ٠ \qquad \frac{هاع}{هاس^{3}} = ٠$$

اوله‌جغندن بو حال بوندن اولکی حاله ارجاع ایدلش دیمك اولور . بناءً علیه :

$$\text{جح}\ ك\ \text{جه}\ ك = ١$$

معادله‌سی ك عددینك قیمتلرینی تنظیم ایده‌جکی کبی بوقیمتلرك مربعلری‌ده چبوغك شو ایکنجی حالده اعطا ایلیه‌جکی اصواتك عدد اهتزازاتنی تعیینه خدمت ایدر . تعبیر آخرله صوت اصلیدن صرف نظرله دیکرلری :

$$م = \frac{\pi}{2}\cdot\frac{ب^{2}}{ط^{2}}\cdot\frac{(٢ك+١)^{2}}{٤}$$

دستورینه توافق ایده‌جکی کبی چبوغك اورته‌سنه طوغری ایکی متعاقب عقده آره‌سنده‌کی مسافه‌ده :

$$٨ = \frac{٢ط^{2}}{٢ك+١} \qquad (١٥)$$

افاده‌سنه تقرب ایلر .

٧٤ اوچنجی حال : چبوغك بر اوجنك سربست ، دیکر اوجنك ثابت اولماسی . — بو حالده ب١ ، ب٢ امثاللری صفر اوله‌جغنی جهتله ص متحولی‌ده :

$$ص = (\text{جح}\ ٧ + \text{جه}\ ٧)\left(\text{جح}\ ٧\frac{س}{ط} - \text{جه}\ ٧\frac{س}{ط}\right) + \left(\text{حب}\ ٧ - \text{حه}\ ٧\right)\left(\text{حب}\ ٧\frac{س}{ط} - \text{حه}\ ٧\frac{س}{ط}\right)$$

شکلنی کسب ایدر ؛ و ع ده یرینه :

$$ع = \text{ح ص جح}\left(\frac{ب^{2}}{ط^{2}}\ ٧^{2}\ \odot + \text{ه}\right)$$

کبی بر حرکت رقصیه مؤلفه‌ینی ارائه ایلر . آنجق بو حالده‌ده :

$$\text{جح}\ ك\ \text{جه}\ ك = -١$$

اوله‌جغندن و بوکا توافق ایدن جذرلرده :

$$\frac{\pi}{2}(١{,}١٩٤)،\ \frac{\pi}{2}(٢{,}٩٨٩)،\ \frac{\pi}{2}٥\quad \frac{\pi}{2}٧\quad \ldots\quad \frac{\pi}{2}(٢ك+١)$$

TÜRK TARİH KURUMU

دن عبارت بولندیغندن چبوقدن حاصل اولان اصواتك ، ایکی اولکیسندن ماعداسنك، عدد اهتزازلری :

$$م = \frac{\pi}{٢} \frac{ب س}{ط^٢} \cdot \frac{(ك٢+١)^٢}{٤}$$

افاده‌سنه توافق ایدر .

عقده‌لره کلنجه بونلردن چبوغك اورته‌سنه طوغری:

$$\frac{ط٢}{ك٢+١} = ٨$$

قانونه موافقدر .

٧٥ دردنجی حال: براوجی سربست براقلش دیکر اوجی استناد ایتدیرلمش اولماسی . — بوحال خصوصیده چبوق ایکی اوجی سربست، فقط نصف طولده، برچبوق کبی اهتزاز ایدرکه بونك‌ده وسطنه تماماً بر عقده تصادف ایلر.

٧٦ بشنجی حال: بر اوجی ثابت قلنمش دیکر اوجی استناد ایتدیرلمش اولماسی . — بوحالده دخی چبوق ایکی اوجی ثابت قلنمش ، نصف طولده، برچبوق کبی اهتزاز ایلر و وسطنه ایسه بر عقده تصادف ایدر .

٧٧ آلتنجی حال : ایکی اوجنك استناد ایتدیرلمش اولماسی . — جبوغك هر ایکی اوجنك استناد ایتمش اولماسنك شرائط ریاضیه‌سی :

$$ع = ٠ \quad \frac{\text{ها ع}^٢}{\text{هاس}^٢} = ٠$$

اولماسی وصوك مقطعده وزنیت الاستیقیتك صفره مساوی بولنماسیدر . ایشته او حالده:

اوله‌جق کبی $ب_١ = ٠ \quad ب_٢ = ٠ \quad ب_٣ - ب_١ = ٠$

$$حب ح = ٠$$

بولنه‌جقندن مسئله‌یه توافق ایدن یکانه صورت حل (اولر)‌ك بولمش اولدیغی :

$$ع = ح حب \frac{ك \pi س}{ط} \text{ محب} \left(\frac{لآ^٢ \pi^٢ ب س}{ط^٢} \odot - ه \right)$$

افاده‌سندن عبارتدر .

بناءً علیه بو حال خصوصیده چبوق عادتا بر تل کبی ك عدد قطعه‌یه تفریق ایدلمش اولورکه هر بر قطعه بر نسبت حادیه اوزرنده یعنی بالانحساد اهتزاز ایدر . بو قسمارده هر بربنك طولی ٨ ایله کوستریلیر ایسه :

$$٨ = \frac{ط}{ك}$$

اولور ؛ فقط حصوله کلن اصواتك صورت توالیسی آرتق اولکی قانونلره توافق ایتمز . شویله که : اصوات مذکوره‌نك عدد اهتزازلری اعداد صحیحهٔ متوالیه اوزره تزایدو :

$$لآ \quad م = \frac{\pi}{٢} \frac{ب س}{ط^٢}$$

دستورینه توافق ایدر . بو افاده‌ده لآ یرینه :

$$لآ = \frac{ط^٢}{٤ ٨^٢}$$

قیمتی قونیلور ایسه :

$$م = \frac{\pi}{٢} \frac{ب س}{٤ ٨^٢}$$

استحصال ایدیلیرکه بوده لیساژو [Lissajou] نك بولمش اولدیغی بروجه آتی قانون تجربیدن عبارتدر :

« هر ایکی عقده آره‌سنده بولنان چبوق قطعه‌سی ایکی اوجی استناد ایتدیرلمش اولان اصل چبوق کبی اهتزاز ایدر و ثانیهٔ واحده‌ده‌کی عدد اهتزازی، شرائط متساویه تحتنده، ٨ بعدینك مربعیله معکوساً متناسب اولاورق تحول ایلر . »

ایشته حالات ستهٔ مختلفه‌یه کوره استحصال اولنان بونتایج نظریه‌یی، پواسسون ایله ساوار، قلادنی، لیساژو ومرقادیه [Mercadier] کافی درجه‌ده‌بالتجربه تحقیق ایلشلردر. مهتر چبوقلرك موسیقیده باشلیجه محل تطبیقی ایسه دیاپازوندر .

٧٨ دیاپازون . — لاتین حروفندن U حرفی شکلنده جلیکدن معمول و بر صندوقجهٔ طنطنه اوزرینه ثابت قلنمش بر آلتدر ؛ تعبیر دیکرله دیاپازون بر اوجلری ثابت قلنمش، دیکرلری‌سربست براقلمش ایکی دمیرچبوقدن‌مرکبدر .بونلرك اهتزازات

TÜRK TARİH KURUMU

عرضانیه‌سندن حاصل اولان اصوات [ماده : ٧٢] موجبنجه جبوقلرك اهتزازات مستویه‌سنه عمود بولنان عرضلرینه تابع دكل، بالكز ، تخمینه مبسوطاً و ط طولنك مربعیله معكوساً متناسبدر . بنابرین اصوات مذكوره‌نك عدد اهتزازی، ك برعدد صحیح اولمق اوزره:

$$م = ك \frac{ى}{ط^{٢}}$$

ایله افاده اولنه‌بیلیر .

مبحث صوته خاتمه چكمه‌دن اول زارلر ایله ایچه لوحه‌لرك اهتزازاتنه دائرده بر قاچ سوز سویلك ایجاب ایدر .

٧٩ زارلرك اهتزازی . — مبحث صوت نقطهٔ نظرندن صاب و صوك درجه‌ده ایچه، صورت مكمله‌ده قابل انحنا و هر جهتدن كرلمش صفیحه‌لره «زار» تعبیر اولنور . بر چوق ارباب حكمت طرفندن محیطی اوزرینه ثابت قلنمش زارلرك اهتزازات عرضانیه‌سی كرك نظری كرك عملی اوله‌رق تدقیق ایدلمشدر. فی‌الحقیقه ایلك دفعه ١٧٨٧ سنه‌سنده مشاهیر ریاضیوندن اولر [Euler] تامبوره‌لره دائر یازمش اولدیغی بر مخطره‌ده [٢] بویله بر لوحهٔ مهتزه‌نی فوق‌العاده الاستیق و یكدیكرینی قائماً قطع ایدن الیافدن مركب كبی فرض و قبول ایده‌رك حركت اهتزازیه‌نك معادله‌سنی استحصال ایلمشدر . مؤخراً ١٨٢٩ تاریخنده پواسسون [Poisson] صورت قطعیه‌ده اوله‌رق :

$$\frac{هـ^{٢} ط ه}{هـ ع^{٤}} = \frac{ف}{ك} \left[\frac{هـ^{٢} ط ه}{هـ س^{٢}} + \frac{هـ^{٢} ط ه}{هـ ع^{٢}} \right]$$

دستورینی بالاثبات اعطا ایتمشدر. بو دستورده واقع طه، اول‌امرده مستوی فرض اولنان زارك سطحی اوزرنده، اوج محور قائمه نظراً كیات وضعیه‌سی (س،ع،٠) ایلان بر نقطه‌نك مستویه قائماً اصغر نامتناهی تبدیل موضع مقدارینی و ف واحد طوله عائد «توتوی» والحاصل ك ده زارك واحد سطحنه عائد اولان كتله‌سنی ارائه ایدر .

[١] اوله اوتار مهتزه حقنده اجرا اولنان محاكماته مشابه بر محاكمهٔ فكریه اعانه‌سیله وه‌توتر، ك مركب شاقولیسنك معلوم اولماسی دلالتیله معادلهٔ مذكوره طوغرودن طوغرویه دخی استحصال اولنه‌بیلیر . [تفصیلاتی ایچون فرانسه انجمن دانشی مخطره‌لرینك ١٨٢٩ سنه‌سنده نشر اولنان سكزنجی جلدینه مراجعت اولنه .

واقعا پواسسون مستطیل شكلنده اولان زارلره دائر بالجمله مسائل حلی ایتمش ایسه‌ده مدور زارلرده یالكز نصف قطر استقامتنجه اولان اهتزازاتی نظر مطالعه‌یه المقله اكتفا ایلمشدر . بونك اوزرینه كیرقوف [Kirchhoff] ١٨٥٠ سنه‌سنده صفیحات مدوره مسئله‌سنی یكیدن تدقیق ایتمش و قلبش [Clebche] اجسام صلبه‌نك الاستیقیتی نظریه‌سنه دائر یازمش اولدیغی اثرده بو مسئله‌یی كاملاً حل وفصل ایلمشدر . . مؤخراً فرانسه ارباب حكمت ـ ریاضیه‌سندن ماتیو [Mathieu] ١٨٦٨ده بیضی ویا قطع ناقص شكلنده بولنان زارلرك معادلهٔ حركاتنی بولمشدر .

٨٠ لوحه‌لرك اهتزازی . — جامدن ویا معدندن معمول لوحه‌لره كلنجه بونلرك كنارلرینه بركان یایی سورولدیكی و بر نقطه‌لرینه پارمق ایله باصیلدیغی حالده نامحدود صورتده اصوات مركبه استحصال اولنه‌بیلیر . شو كیفیت بو نوع اجسامك اهتزازاتی نه‌درجه‌ده مشوش اولدیغنی ایما ایدر. ایشته اول‌امرده ارباب حكمت طبیعیه‌دن قلادنی [Chladni] بویله بر لوحه اوزرینه غایت انجه بر طبقه قوم دوكه‌رك بروجه مشروح لوحه‌یی اهتزاز ایتدیردیكی حالده حاصل اولان اصوات مختلفه‌یه كوره قوم طبقه‌سنك لوحه اوزرنده بر طاقم اشكال منتظمه و متنوعه كسب ایتدیكنی كورمشدر .

بالذات بو تجربه‌ده حاضر بوله‌رق «اشكال صوتیه» دیدیكی بو اشكالك بر صورت متمادیه‌ده ترسم وتنوعنی كورن بویوك ناپولیون بو حادثهٔ غریبه‌نك نظریه‌سنی انجمن دانش معرفتیله موقع مسابقه‌یه قویمشدر. واقعا ١٨١٠ سنه‌سنده صوفی ـ ژرمن [Sophie Germain] مسئله‌یی حله قیام ایلمش ایسه‌ده اكماله موفق اوله‌مامش و نقط بولمش اولدیغی اصول واسطه ایله لاغرانژ [Lagrange] بروجه آتی :

$$\frac{هـ^{٤} ط ه}{هـ س^{٤}} + ٢ \frac{هـ^{٤} ط ه}{هـ س^{٢} هـ ع^{٢}} + \frac{هـ^{٤} ط ه}{هـ ع^{٤}} = ما (س،ع)$$

معادله‌سنه دسترس اولمشدر . بو معادله طه، لوحه‌نك مركب فرض اولندیغی ورقه‌لردن ورقهٔ وسطیه‌نك شاقولاً اولان تبدل موضعنی ارائه ایدر. آنجق لاغرانژ بو معادله‌یی نشر ایتمه‌مش و ١٨١٣ سنه‌سنده اوراق متروكه‌سی میانسده بلااثبات بولنمش اولدیغندن معادلهٔ مذكوره‌نك اثباتی بالآخره برچوق ریاضیونی مشغول ایتمشدر. مع‌التأسف بو بابده اول

TÜRK TARİH KURUMU

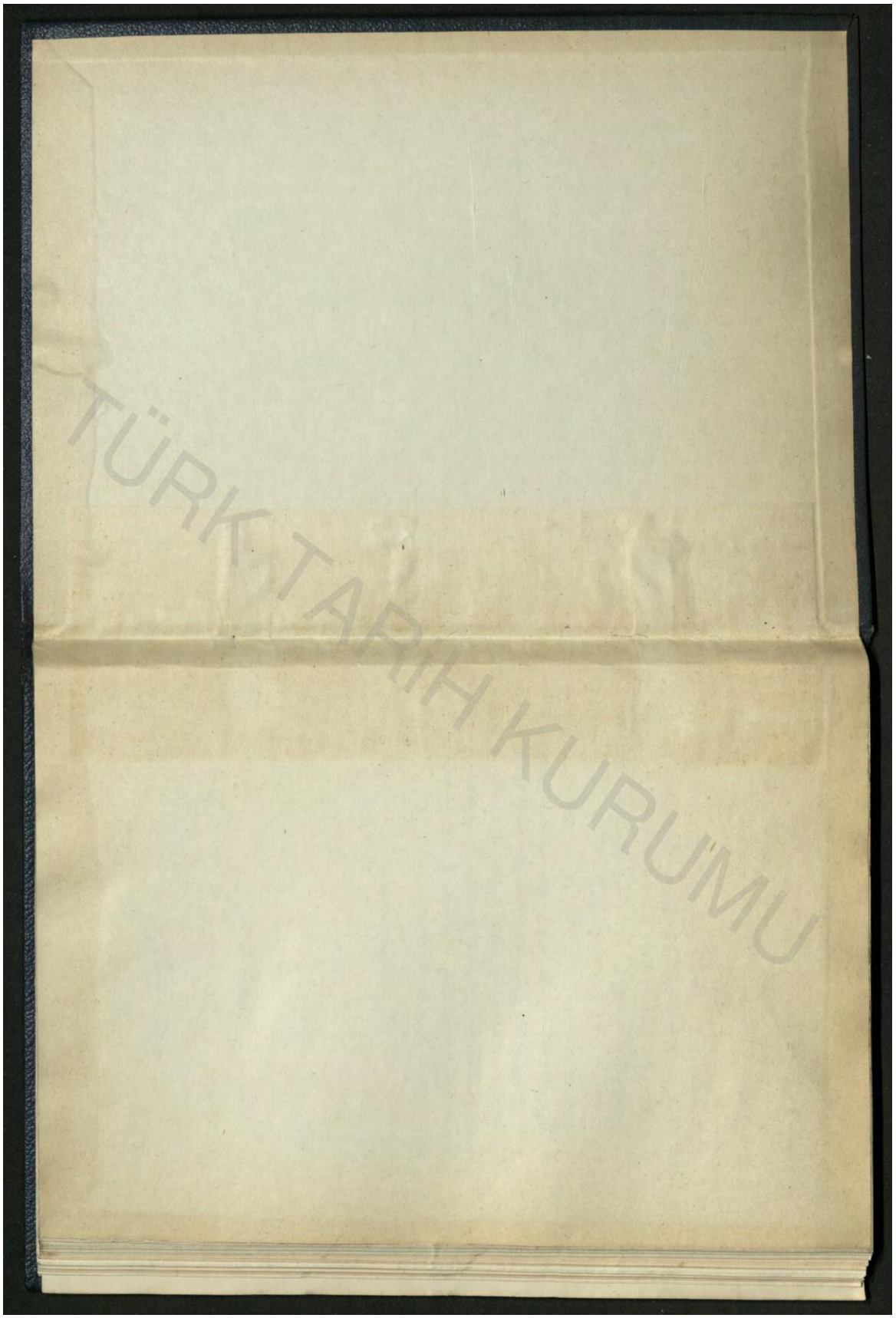
امرده پواسسون (۱۸۱۳) ، بعده پواسسون ایله قوشی [Cauchy] (۱۸۲۹) ، و دها صوکره کیرقوف [Kirchkoff] و کهرینغ [Gehring] (۱۸۵۲) و قلبش [Cleboch] (۱۸۶۲) و اخیراً بوسینك [Boussinesq] (۱۸۷۰ - ۱۷۷۹) طرفلرندن صرف اولنان مساعی ثمره‌سز قالمشدر .

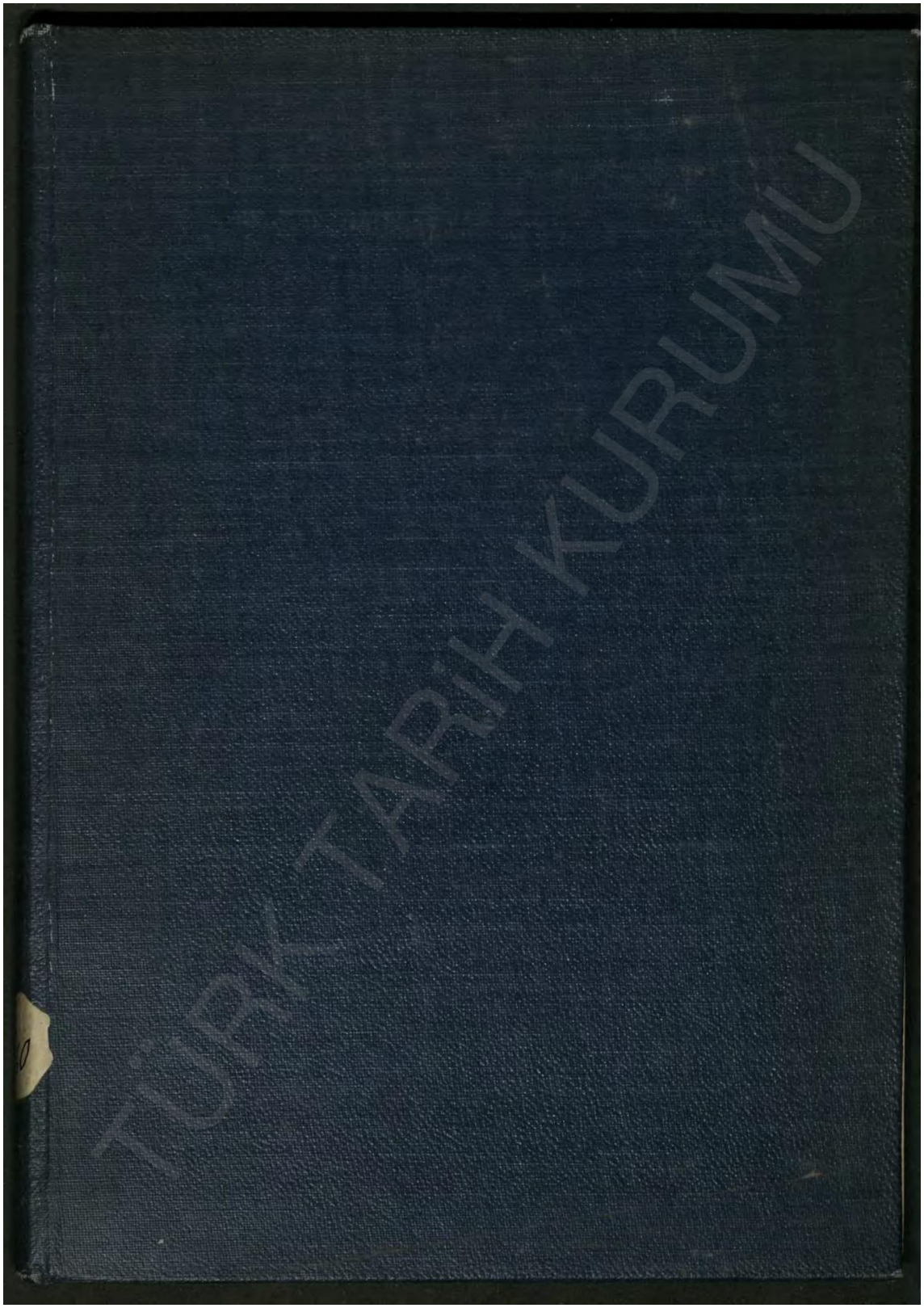
واقعا بوریاضیونك هیچ‌بری معادله‌نك صحتندن شبهه ایتمه‌مش ایسه‌ده لوحه‌نك کنارلرینه عائد اولان شرائط ریاضیه حقنده پواسسون ، کیرقوف ، ماتیو میانده مناقشات شدیده وقوعه کلش ، ونهایت کیرقوف کافه‌سنه غلبه چالمشدر .

لوحهٔ معدنیه لرك بوصورتله پك متنوع صورتده اهتزاز ایده‌بیلمه‌لری تلفونلرده بر یوك محذوری داعیدر . کرچه بو کیفیت تلفونلرده بعضی اصواتی تشدید وتقویه ایدرایسه‌ده صدانك پرده‌سنی‌ده تغیر ایدر .

تلفونلرده کی لوحهٔ حدیدیه‌نك هر نوع صوتی نقل ایلمه‌سی ظن اولندیغی کبی بو خاصه‌سنه مبنی دکلدر ؛ بالعکس سرایت اهتزاز سبیله «طنت عمومی»یه مساعد بولنما-ندن متولددر . ایشته شیقاغولی دوقتور رودس [Rodes]ك اعصاب سمعیه‌سی پك معلول اولمایان صاغرلر ایچون ایجاد ایتمش اولدیغی ، ژاپونیا پلیازه‌سیه مشابه، سرتلشدیرلمش قاوچوقدن معمول « لودیفون» دینیان آلتك کافهٔ اصواتی دمیر واسطه‌سیله قولاغه ایصال ایتمه‌سی‌ده بنه سرایت عمومیه خاصه‌سنه مبنیدر.

TÜRK TARİH KURUMU KÜTÜPHANESİ


TÜRK TARİH KURUMU


TÜRK TARİH KURUMU

TTK Kütüphanesi, Salih Zeki, Darü't-Tıbâatü'l-Âmire, 1326, 160 s. A/4360

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Ayşegül BAŞAR	
Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Sakarya Üniversitesi
Fakülte	Fen Edebiyat Fakültesi
Bölümü	Tarih
Makale ve Bildiriler	
1.Salih Zeki Bey'in Mebhâs-ı Savt Adlı Eseri	