LÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA LİSE SINIFLARINA YENİ DERS KİTABI OLARAK KABUL EDİLEN KİTAPLAR

emir Sarıca - Ömer Özcan
Mahir Ünlü
k Dili ve Edebiyatı I
k Dili ve Edebiyatı II
nal Demiray - M. Nihat Özön
k Dili ve Edebiyatı I
k Dili ve Edebiyatı II
k Dili ve Edebiyatı III
nat Sadullah Sander
kçe Dilbilgisi Dersleri I - III
t Kemal Yetkin ve
ka Arıkan
ekleriyle Türk ve Batı Edebiyatı I
ekleriyle Türk ve Batı Edebiyatı II
kleriyle Türk ve Batı Edebiyatı III
tiye Atsız - Hilmi Oran
h I (İlkçağ)
h II (Ortaçağ)
h III (Yeni - Yakınçağ)
iye Çetinkanat -
man Serdarlar
diye Cumhuriyeti Tarihi I - III
Müfit Manzal -
y Aslanapa
t Tarihi II
y Aslanapa
ve İslâm Sanatı III
an Toprak
t Tarihi II - III
Nurettin Seçkin
afya I (Genel)
etler Coğrafyası II
n Tanım
netik ve Cebir I
Dersleri II Fen
Dersleri II Ed.
Dersleri III Fen
Dersleri III Ed.
netri Dersleri I
netri Dersleri II Fen
netri Dersleri II Ed.
netri Dersleri III Fen

Hilmiye Dener
Aritmetik ve Cebir I
Aritmetik ve Cebir II Fen
Aritmetik ve Cebir II Ed.

Hilmi Dener - M. Nuri Karaböyüklü - B. V. Alpman
Cebir III (Fen kolu)
Cebir III (Edebiyat kolu)

Reşat Otman
Fizik I
Fizik II (Fen)
Fizik II (Ed.)
Fizik III (Fen)
Fizik III (Ed.)

Hayri Dener
Fizik Dersleri I
Fizik Dersleri II
Fizik Dersleri III (Fen)
Fizik Dersleri III (Ed.)

Ali Hikmet Turgay
Fizik I

İzzet Kemal Erksal
Kimya I
Kimya II (Fen)
Kimya II (Ed.)
Kimya III (Fen)
Kimya III (Ed.)

Lütfi Erçin - Numan Eken
Biyoloji I
Biyoloji II
Jeoloji III

Malik Adalan
Psikoloji II

İbrahim N. Özgür
Psikoloji II

Hatemi Senih Sarp
Psikoloji II
Felsefe III
Mantık III
Sosyoloji III

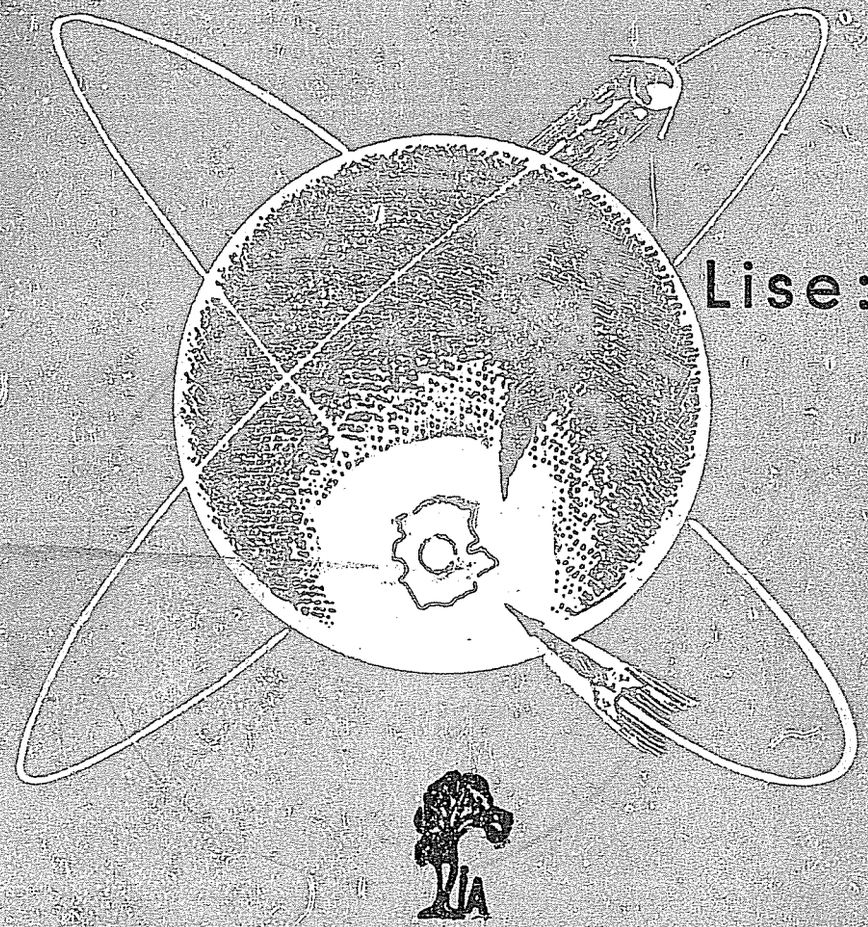
Turan Tanın - M. Erev
Astronomi (Ed.)

İNKILAP ve AKA

Fiyatı 505 Kuruş

FİZİK

REŞAT OTMAN



Lise: I

İNKILAP ve AKA
KİTABEVLERİ

YENİ LİSE KİTAPLARI

FİZİK

I

LİSELERİN BİRİNCİ SINIFLARI İÇİN

REŞAT OTMAN
Fizik Öğretmeni

Onaltıncı Basılış

219 14-c

İNKILÂP ve AKA
KİTABEVLERİ Koll. Şti.
İstanbul, Ankara Caddesi, No. 95

Ümmeney Özgün

219 IV-C

t Programlarına göre hazırlanmış ve liselerin birinci sınıfları için ders kitabı edildiği Millî Eğitim Bakanlığı Yayım Müdürlüğünün 15 Ekim 1965 gün ve 611.3/258 sayılı yazısiyle bildirilmiştir.

NURGÖK MATBAASI
Ankara Caddesi No. 15
İSTANBUL — 1 9 6 7

İÇİNDEKİLER

BİRİNCİ KISIM

I. GİRİŞ

Sahife

1. Tabiat olayları — 2. Tabiat bilimlerinin doğuşu — 3. Fiziğin önemi — 4. Fiziğin çalışma metodu — 5. Maddenin üç hali — Özet. 9

II. ÖLÇME

6. Ölçmenin gerekliği — 7. Ölçme nasıl yapılır? — 8. Uzunlukların ölçülmesi —9. Uzunluk ölçen aletler — 10. Yüzeylerin ölçülmesi — 11. Hacımların ölçülmesi — 12. Zamanların ölçülmesi — Özet, Ödev ve problemler. 13

III. DURAN KATILARIN MEKANİĞİ

13. Kuvvet kavramı — 14. Kuvvetleri statik olarak ölçmenin yolu — 15. Kuvvet birimleri — 16. Kuvvetleri ölçmekte kullanılan aletler — 17. Bir kuvvetin elemanları — 18. Bir kuvvetin gösterilmesi. 19

KUVVETLERİN BİLEŞTİRİLMESİ VE ANALİZİ. — 19. Bileşke ve bileşenler — 20. Bir noktaya etkiyen, doğrultu ve yönleri aynı olan iki kuvvetin bileşkesi — 21. Ters yönlü iki kuvvetin bileşkesi — 22. Bir noktada kesişen iki kuvvetin bileşkesi — 23. Bir kuvvetin verilen iki doğrultuda bileşenlere ayrılması — 24. Bir noktaya etkiyen birçok kuvvetin bileşkesi. 21

PARALEL KUVVETLER. — 25. Paralel ve bir yönlü iki kuvvetin bileşkesi — 26. Paralel ve ters yönlü iki kuvvetin bileşkesi — 27. Kuvvet çifti — 28. Bir kuvvetin momenti. 25

BASİT MAKİNALAR. — 29. Temel konu. — 30. Kaldıraçlar — 31. Makaralar — 32. Palangalar — 33. Çıkrık — 34. Vinç — 35. Kantar — 36. Baskül — 37. Vida — Özet, Ödev ve problemler. 28

IV. AĞIRLIK VE KÜTLE

38. Yerçekiminin varlığı — 39. Yerçekimi kuvvetinin doğrultusu ve yönü — 40. Ağırlığın ölçülmesi — 41. Ağırlığın değişmesi — 42. Yerçekimi kuvvetinin uygulama noktası (ağırlık merkezi) — 43. Ağırlık merkezinin denel yoldan belirtilmesi — 44. Birkaç düzgün cismin ağırlık merkezi — 45. Kütle. 38

TERAZİ. — 46. Kütlelerin ölçülmesi, terazi — 47. Tartma metotları — 48. Gram kutuları. 42

.UK VE ÖZGÜL AĞIRLIK. — 49. Mutlak yoğunluk, Bağıl yoğun- 44
ğül ağırlık — 51. Yoğunlukların ölçülmesi — 52. — Katı bir cismin «yoğunluk şişesi» ile ölçülmesi — 53. Bir sıvı yoğunluğunun «yoğun- ölçülmesi — 54. Bir gaz yoğunluğunun ölçülmesi — Özet, Ödev ve

/. İŞ VE GÜÇ

56. İş birimleri — 57. İşin genel ifadesi — 58. Güç — 59. Güç 50
0. Enerji ve şekilleri — 61. Potansiyel enerji — 62. Kinetik enerji — dönüşümleri ve sakınımı — Özet, Ödev ve problemler.

/I. DURAN SIVILARIN ÖZELLİKLERİ (HİDROSTATİK)

KAVRAMI. — 64. Kuvvet ve basınç arasındaki fark — 65. Basınç 56

TATİK BASINÇ. — 66. Hidrostatik basınç — 67. Hidrostatik basın- 57
si — 68. Taban basıncı — 69. Yan çeperlere yapılan basınçlar — ıuvvetlerinin bileşkesi.

:IN BASINÇLARI İLETEBİLMESİ. — 71. Sıvıların sıkışabilme ye- 60
Pascal prensibi — 73. Su cenderesi — 74. Uygulamalar — 75. Birle- 76. Birleşik kaplarda özgül ağırlıkları değişik sıvılar bulunması.

IEDES PRENSİBİ. — 77. Sıvı itmesi — 78. Archimedes prensibi. 65

IEDES PRENSİBİNİN UYGULANMASI. — 79. Katı bir cismin 66
ölçme — 80. Bir sıvı yoğunluğunu ölçme.

VE BATAN CİSİMLER. — 81. Temel konu — 82. Yüzen bir ci- 67
koşulları — 83. Gemiler — 84. Denizaltılar — 85. Areometreler.

GERİLİM VE KILCAL OLAYLAR. — 86. Bir sıvının serbest yü- 71
izey gerilimin sebebi — 88. Yüzey gerilim katsayısı ve damla metodu — 89. Kılcal olaylar — 90. Kılcal bir boru ile yüzey gerilim katsayı- si — 91. Birkaç sıvının yüzey gerilim katsayısı — Özet, Ödev ve prob-

VII. GAZLARIN MEKANİĞİ

zların basıncı — 93. Açıkhava basıncı — 94. Açıkhava basıncının 77
:elli deneyi — 95. Basınc birimleri — 96. Barometreler — 97. Açık ın değişmeleri.

RIN BASINÇLARI. — 98. Kapalı bir kapta bulunan bir gazın ba- 82
Kapalı bir kapta bulunan bir gazın basıncının ölçülmesi — 100. Sıvılı r — 101. Metal manometreler — 102. Birkaç basınç büyüklüğü.

- MARİOTTE KANUNU. — 103. Boyle - Mariotte kanunu. 84

IBALAR. — 104. Sıvı tulumbaları — 105. Pistonlu gaz tulumbaları — 86
ı gaz tulumbası ile boşaltma derecesini hesaplamak — 107. Dönen nbalar — 108. Su trompu.

Ulucuer
219

İKİNCİ KISIM

VIII. ISI BİLGİSİ

109. Sıcaklık ve ısı kavramları — 110. Sıcaklık ve ısı arasındaki fark — 111. Sıcaklıkları karşılaştırmanın yolu — 112. Civalı termometreler — 113. Termometrelerin derecelenmesi — 114. Düşük ve yüksek sıcaklıkları ölçen termometreler — 115. Özel termometreler - Doktor termometresi — 116. Maksimum ve minimumlu termometreler — 117. Yazıcı termometreler (Termograf) — Özet, Ödev ve problemler. 93

IX. CİSİMLERİN GENLEŞMELERİ

118. Temel konu — 119. Uzama — 120. Uzama katsayısının ölçülmesi — 121. Birkaç cismin uzama katsayısı — 122. Yüzeyce genleşme — 123. Hacımca genleşme. 100

GENLEŞMENİN UYGULAMALARI. — 124. Genleşmeden ileri gelen büyük kuvvetler — 125. Metal termometreler — 126. Yoğunluğun sıcaklıkla değişmesi — Özet, Ödev ve problemler. 106

X. SIVILARIN GENLEŞMELERİ

127. Bir sıvının gerçek (mutlak) genleşmesi — 128. Bir sıvının görünen (zâhirî) genleşmesi — 129. Gerçek ve görünen genleşmeler arasındaki bağıntı — 130. Dulong ve Petit metodu ile mutlak genleşme katsayısının ölçülmesi — 131. Suyun genleşmesi — 132. Barometre yüksekliğini 0°C'e indirgeme — Özet, Ödev ve problemler. 110

XI. GAZLARIN GENLEŞMELERİ

133. Gazların genleşmesi — 134. Bir gazın sabit basınç altında ısıtılması — 135. Sabit basınç altında genleşme katsayısı — 136. Gay - Lussac kanunu — 137. Mutlak sıfır noktası ve mutlak sıcaklık derecesi — 138. Bir gazı sabit hacım altında ısıtma — 139. Basınç artma katsayısı ve ölçülmesi — 140. Gay - Lussac'ın ikinci kanunu — 141. Gazlı termometreler. 117

GAY - LUSSAC VE BOYLE - MARİOTTE KANUNU. — 142. Bir gazın hacım ve basıncı değiştirilerek ısıtılması. Bir gazın genel denklemi — 143. Bir gazın normal koşullardaki hacmı — 144. Bir gazın mutlak yoğunluğu — 145. Bir gazın havaya göre yoğunluğu — Özet, Ödev ve problemler. 122

XII. ISI MİKTARI VE ÖLÇÜLMESİ

146. Isı ve sıcaklıkla ısının farkı — 147. Isı miktarı birimleri — 148. Isınma ısısı — 149. Bir cismi ısıtmak için verilmesi gerekli olan ısı miktarının hesabı. 127

ISI ÖLÇME BİLGİSİ. — 150. Bir cismin ısı sığası veya su cinsinden değeri — 151. «Isı ölçme» nin prensipleri — 152. Kalorimetre ve ısınma ısısının ölçülmesinde kullanılması — 153. Atom ısısı — 154. Dulong ve Petit kanunu — Özet, Ödev ve problemler. 129

XIII. ISI VE İŞ

Isı kaynakları — 156. Yanma ısısı — 157. Kalorinin mekanik eşdeğeri deneyi ile ölçülmesi — 158 J'nin başka metotlarla ölçülmesi — Özet, Ödev emler. 134

XIV. ERGİME VE KATILAŞMA

. Ergime — 160. Katılaşma veya donma — 161. Ergime ve katılaşma ka- — 162. Ergime ısısı — 163. Katılaşma ısısı — 164. Buzun ergime ısısının i — 165. Ergime ve katılaşmada hacım değişmesi — 166. Ergime ve katı- aylarına basıncın etkisi — 167. Suyun donma sırasında genleşmesinin anları — 168. Aşırı ergime (donmada gecikme) — Özet, Ödev ve prob- 139

XV. BUHARLAŞMA

. Buharlaşma — 170. Boşlukta buharlaşma — 171. Kuru buhar, doyuran - 172. Sınırlı bir gaz içerisinde buharlaşma — 173. Açıkhavada (sınırsız içinde) buharlaşma. 147

YNAMA. — 174. Kaynama — 175. Kaynama kanunları — 176. Basıncın . noktası üzerine etkisi. 150

HARLAŞMA ISISI VE ÖLÇÜLMESİ. — 177. Buharlaşma ısısı — 178. şma ısısı — 179. Suyun buharlaşma ısısının ölçülmesi. 154

HARLAŞMA İLE SOĞUK ELDE EDİLMESİ. — 180. Buharlaşan bir oğuması — 181. Buz makinaları — 182. Buz dolapları. 156

BLİMLEŞME. — 183. Süblimleşme (uçunum).

HAR VE GAZLARIN SIVILAŞTIRILMASI. — 184. Doyuran buharların ması — 185. Damıtma — 186. Kuru buharların sıvılaştırılması — 187. sıvılaştırılması — 188. Gazların sıvılaştırılma kosulları — 189. Linde ma- - 190. Sıvılaştırılmış gazların kullanıldıkları yerler. 160

NIN İŞE DÖNÜŞÜMÜ. — 191. Isı motorlarının prensibi — 192. Buhar ırı — 193. Kondansörlü buhar makinaları — 194. Buhar türbinleri — n yanmalı motorların yapılış prensibi — 196. 4 zamanlı patlamalı motor- 97. Diesel motorları — 198. Bir ısı makinasının pratik verimi — Özet, Ödev lemler. 165

XVI. ISININ YAYILMASI

. Temel konu.

TKENLİKLE YAYILMA. — 200. İletkenlikle yayılma nasıl olur? Katı n ısı iletkenliği — 201. Sıvılarda ısı iletkenliği — 202. Gazlarda ısı iletken- 203. Cisimlerin ısı iletkenliği sıcaklık duyumuza nasıl etki yapar? 176

NVEKSİYON İLE YAYILMA. — 204. Konveksiyon ile ısı yayılması ır? 179

MA İLE YAYILMA. — 205. Işıma ile yayılma nasıl olur? — Özet. 180

XVII. HAVA BİLGİSİ (METEOROLOJİ).

206. Temel konu — 207. Atmosferin yüksekliği ve bileşimi. 183

HAVANIN SICAKLIĞI. — 208. Havanın sıcaklığı ve ölçülmesi — 209. İzoterm eğrileri. 185

ATMOSFER BASINCI, RÜZGÂRLAR. — 210. Atmosfer basıncı ve bu basıncın değişmeleri — 211. İzobar eğrileri, alçak ve yüksek basınç merkezleri — 212. Rüzgârlar. 188

HAVANIN NEMİ. — 213. Havanın nemi — 214. Mutlak nemin ölçülmesi — 215. Doyuran nemin ölçülmesi — 216. Bağıl nemin doğrudan doğruya ölçülmesi. 190

ATMOSFERDEKİ SU BUHARININ YOĞUNLAŞMASI, YAĞIŞLAR. — 217. Bulut oluşması — 218. Bulut türleri — 219. Yağmur — 220. Kar ve dolu — 221. Çığ ve kırağı. 195

HAVANIN KESTİRİLMESİ. — 222. Havanın kestirilmesi — Özet, Ödev ve problemler. 197

Kitapta kullanılan fiziksel miktarların sembolleri (*)

unluk	l	Kuvvet	F
zey	s	Iş	W
cım	v	Güç	P
nan	t	Enerji	E
:	v	Ağırlık	G
çekimi ivmesi	g	Atom ağırlığı	A
tle	m	Moment	M
ın iş dengi	J	Basınç	p

Birimlere ait kısaltılmış semboller

re	m	Celsius derecesi	°C
ron	μ	Fahrenhayt derecesi	°F
	l	Kelvin derecesi	°K
ye	s	dyn	dyn
	h	bari	b
ka	min	joule	J
ı	g	watt	W
	t	kalori	cal

rimlerin kat ve askatlarının gösterilmesi için kullanılan semboller

	Kat veya askatlık	Birimin prefiksi	Prefiksin sembolü
veya	1 000 000	mega	M
	1 000	kilo	k
	100	hekto	h
	10	deka	da
	0,1	desi	d
	0,01	santi	c
	0,001	mili	m
	0,000 001	mikro	μ

kler : milimetre = mm = 0,001 metre ; desilitre = dl = 0,1 litre ; mili mikron = 01 mikron.....

Grek alfabesi harflerinin birkaçı

Alfa	ε	Epsilon	π	Pi
Beta	θ	Teta	ρ	Ro
Gama	λ	Lamda	φ, Φ	Fi
Delta	μ	Mü	ω, Ω	Omega

Unesco'nun el atması ile, 1949 da toplanan **«Fen terimlerinin ve fiziko-kimya nin koordinasyonu»** komisyonunun seçtiği sembollerdir.

BÖLÜM I

GİRİŞ

§ 1. TABİAT OLAYLARI. — Çevremizde bulunan cisimler üzerinde olup biten değişmelere her zaman tanık oluruz. Isınan su, buhar haline geçer. Bulutlardaki su buharı, yağmur veya kar halinde yere düşer. Şimşek çakar, gök gürler ve yıldırımlar düşer. Şeker, suda erir. Yanan kömür, bir kül bırakarak ortadan kaybolur. Bitki ve hayvanlar, doğarlar, büyürler ve kendi yerlerine yeni bir kuşak bırakarak göçüp giderler. Günün bir kısmı gece, bir kısmı gündüz olur. Arasıra ay ve güneş tutulmaları gözlenir.

Bütün bunlar - ve bunlar gibi olan birçok başka değişmeler -, birer «tabiat olayı» dır. İnsanlar - yaradılışlarından başlıyarak - çevrelerinde olup biten bu tabiat olaylarını kimi zaman merak, kimi zaman ise kaygı ya da korku ile izlemişler ve - hayatlarını sürdürebilmek için - bu olaylardan ders alma zorunu duymuşlardır.

Bilgi edinme ve bunlardan yararlanabilme, yaşama savaşında başarı anahtarıdır. Ne mutludur ki, tabiatın sayısız varlıkları içinde, insanlar, bilgi edinme organlarını olgunlaştırabilmişler ve bugünkü eşsiz yerlerini almışlardır.

§ 2. TABİAT BİLİMLERİNİN DOĞUŞU. — İnsanların edindikleri ilk tabiat bilgileri gelişigüzel ve dağınık şeylerdi. Bunların sayısı zamanla arttı, insanlar bu bilgileri sıralama ve birbirleriyle ilgili olanları bir araya toplama zorunda kaldılar. Tabiat bilimleri böylece doğdu; ve hayvan ve bitkiler gibi canlı varlıklara ilişkin olaylar, *biyoloji*'nin; gök ve yıldızlarla ilgili olaylar, *astronomi*'nin; cansız maddelerin özellikleri ve bunlar üzerinde olup biten olaylar ise *fiziksel bilimler*'in konuları oldular.

Fiziksel bilimlerin konuları olan olaylar başlıca iki gruba ayrılabilir. Bunlardan kimisi, maddenin özelliklerini ve görünüşlerini geçici olarak değiştirirler. Örneğin, ısınan bir metal çubuk uzar, soğuduğu zaman ise eski durumunu alır. Ama, öyle olaylar da vardır ki, bunlar, maddenin

ıüş ve özelliklerini sürekli olarak değiştirirler. Örneğin, kömür ya-
ın karbon dioksidi adlı bir gazla, kül dediğimiz, bir artık bırakarak
an yokolur ve bu ayrışma ürünleri birleşerek yeniden kömür ha-
dönüşemez.

Çok geniş bir alanı bulunan fiziksel bilimleri, biri maddeyi geçici,
ise sürekli olarak değiştiren olayları inceleyen iki bölüme ayırmış-
: *fizik* ve *kimya*.

3. FİZİĞİN ÖNEMİ. — Tabiat bilimleri arasında cansız maddenin
ıüş ve özelliklerini geçici olarak değiştiren olayları inceleyen bi-
olunun fizik olduğunu öğrenmiş olduk. Günlük hayatımızda, bu
in uygulamalarına her zaman tanık oluruz. Kullandığımız eşya ve
eklerimizin hepsi, fizik biliminin geliştirdiği makinalarla yapılmak-
Aydınlatma, ısıtma ve enerji elde etme alanlarında elektrikten
lanırız. Vapurlar, trenler, uçak ve otomobiller fizik prensiplerine
yapılırlar. Birçok hastalıkların nedeni olan mikropları keşfe yara-
nikroskop, ışığı milyonlarca senede bize ulaşan çok uzağımızdaki
ları bize gösteren teleskop... fiziksel temellere dayanırlar. Verimli
ırım bile, fiziksel araçlarla edinilen hava ve toprak bilgisi ışığında
klenebilir.

ısaca diyebiliriz ki, bugünkü uygarlık düzeyimizi fizik biliminin
miyle gerçekleyebilmekteyiz.

4. FİZİĞİN ÇALIŞMA METODU. — Bütün öteki tabiat bilimleri
fizik de, her şeyden önce bir *gözlem bilimi*'dir. Bir fizik olayı,
duyum organlarımızla veya onları kuvvetlendiren araçlarla gözlenir.
özlem yapılırken, incelenmekte olan fizik olayına yakından veya
an ilgili olduğu sanılan nedenlerin kestirilmesine çalışılır. Sonra bu
ılerden hangilerinin incelenen olayda temel ve yan roller oynadığı
ngilerinin bu olayda etkisiz olduğu araştırılır. İncelenen fizik ola-
etkisi olan - veya olmıyan - nedenleri, yalnız gözlemlere dayana-
ıulmak ve ayırmak - çoğu zaman - yapılamaz. Fizikçi, inceleye-
ılayın tabiatta olmasını bekleyeceği yerde, bu olayı lâboratuvarında
istemesi ile tekrarlamağa veya, fizik diliyle, *deney yapmağa* mec-
alır. Deney yapılırken ele alınan olayın umulan koşul ve nedenleri
birer değiştirilir ve bunların rolleri belirtilir.

özlem ve deney yapıldığı halde, birtakım fizik olaylarının neden-
veya oluşları - aydınlatılamaz. Böyle hallerde, düşünme yoluyla,
ıylar için akla yakın bir açıklama aranır veya bir yorumlamada

bulunulur. Bir fizik olayının olabilir sebep ve oluş şekilleri için ileri sürülecek düşünceler mutlak değildirler. Bunları - bilimsel gelişmelere uyarak - zamanla değiştirmek gerekebilir. Bir olayın bilginlerce değişik şekillerde yorumlandığı da olur.

Fizik olayları için düşünülen yorumlar sıralanır, ve - aynı nedenlerle açıklanabilecek olayları bir araya getirerek - bunların bütününü açıklamaya yetecek genel bir düşünce - *veya hipotez* - ortaya atılır. Bir veya birkaç hipoteze dayanarak birçok olayları açıklamak, hesap ve yargı yolları ile bunlardan sonuçlara ve yeni olaylara varmak ve bulunan sonuçları - elden geldikçe - denel yollardan doğrulamakla, hipotezlerin doğruluk dereceleri kestirilir. Böylece, bir fizik teorisi yapılmış ve fiziksel olayların incelenmesi sona erdirilmiş olur.

Bir teori, ne kadar az hipoteze dayanmakta ve ne kadar çok olayı açıklayabilmekte ise o derece tamdır.

§ 5. MADDENİN ÜÇ HALİ. — Cisimler genel olarak üç halde bulunurlar. Katı, sıvı ve gaz.

Katı cisimlerin özel birer şekilleri ve belirli birer hacımları vardır. Katı bir cismin şekli kolayca değiştirilemez. Örneğin, bir demir çubuk, zorlukla bükülebilir. Katı cisimlerin hacımları da pratik bakımından sabit sayılır.

Sıvıların, sabit birer hacımları olmasına karşılık, belli birer şekilleri yoktur. Herkesin bildiği gibi, bir sıvı, konduğu kabın şeklini hemen alır ve hava ile dokunan açık yüzü yatay bir düzlem şeklindedir.

Gazların özellikleri katı ve sıvılardan oldukça değişiktir. Kokusuz ve renksiz olanlarının varlıklarını sezmek bile - çoğu zaman - kolay olmaz. Gazlar, büyük bir kolaylıkla yer değiştirdiklerinden, bulundukları kabı hiç bir boş yer bırakmamak üzere doldururlar. Bu, gazların sabit birer hacımları olmadığını da gösterir. Gazlar, genleşmeğe olduğu gibi, sıkışmağa da çok yatkındırlar.

Sıcaklık ve basınç gibi birtakım fiziksel koşulların değiştirilmesi, maddenin halini değiştirir. Isıtılan bir buz parçası - ergiyerek - su haline geçer. Katı naftalin, kendi haline bırakılırsa, ağır ağır uçunur (süblimleşir). Kaynayan su buharlaşır. Soğuyan su buharı yoğunlaşır. Bir gaz, yeter derece soğutulur ve sıkıştırılırsa, sıvılaşır... İlerideki derslerimizde bu hal değiştirmelerini birer birer ele alacağız.

ÖZET

TABİAT OLAYLARI. — Çevremizdeki cisimler üzerinde olup biten değişmeler biat olayıdır. Bunlardan tabiat bilimleri doğar. Canlı varlıklarla ilgili olayları gök olaylarını Astronomi, cansız maddenin geçici olaylarını Fizik, sürekli olay- Kimya inceler.

FİZİĞİN ÖNEMİ VE ÇALIŞMA METODU. — Bugünkü uygar hayatımızı fizik geliştirdiği metot ve araçlara borçluyuz.

ksel olayları incelemek için işe gözlemle başlanır ve bu olayların sebeplperini kestir- deneyler yapılır. Bunlarla açıklanamayan olayların oluş şekil ve nedenleri üzerine r kurulur. Hipotezlerden sonuçlara ve başka olaylara varma ile, fiziğin teorik esi de yapılmış olur.

MADDENİN ÜÇ HALİ. — Cisimler katı, sıvı ve gaz halinde bulunurlar. Katı- li bir şekil ve hacımları vardır. Sıvıların belli bir hacımları varsa da belli bir şe- oktur. Gazların ise ne belli bir hacımları ve ne de şekilleri vardır.

BÖLÜM II

ÖLÇME

§ 6. ÖLÇMENİN ÖNEMİ. — Tabiat olayları üzerine yeter bir bilgi edinmek, bunların, hangi koşullar altında ve hangi kanunlara uyarak olduklarını öğrenmekle olur. Isıtılan bir metal çubuk uzar. Ancak - bu olay için - bu kadarcık bir bilgi yetmez. Sıcaklığın belli bir miktar değişmesine karşılık çubuğun ne kadar uzadığını da bilmek gerekir. Bunun için çubuğun sıcaklığını ve uzama miktarını ölçmek gerekir. Bu örnekten görülmektedir ki, fiziksel olayların incelenmesi ölçmelerle yapılabilir; veya, başka bir deyişle, *fizik bir ölçme bilimidir.*

§ 7. ÖLÇME NASIL YAPILIR? — Bir miktarı ölçmek, onu kendi cinsinden ve *birim* adı verilen başka bir miktarla karşılaştırmak yolu ile yapılır. Diyelim, bir kumaş uzunluğunun nasıl ölçüldüğünü herkes bilir: Birim olarak seçilen belli bir uzunluğun - bir metre cetvelinin - ölçülecek kumaşta ne kadar bulunduğu aranır. 5 tane bulunduğu anlaşılırsa, kumaş uzunluğunun 5 metre olduğu söylenir. Kumaş uzunluğunun sadece 5 olduğunu söylemek, çok bir şey belirtmez. Her halde, ölçmede kullanılan birimin adını da belirtmek gerekir.

§ 8. UZUNLUKLARIN ÖLÇÜLMESİ. — Uzunlukların ölçülmesi için, önce bir uzunluk birimi seçilmesi gerekir. Bilim alanında bütün milletlerin kullandığı birim *«metre»* dir.

Metre, yer meridyeni uzunluğunun 40 milyonda biri olup, Paris yakınında, Sèvres'de, Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Bürosu'nda özen ile saklanan, iridyumlu plâtinden yapılmış bir çubuğun üzerine çizilmiş iki çizgi arasının 0°C deki uzunluğudur. Bu ana (etalon) metreden çıkarılan kopyalar, öteki ülkelere dağıtılmış ve oralarda kullanılan cetvelleri bölümlemekte kullanılmıştır.

Kimi uzunluklarda, ölçü sonuçlarını metre birimiyle söylemek dile ve hesaba kolay gelmez. Ya çok büyük veya çok küçük sayılar söylemek gerekir. Bu güçlüğü kaldırmak için, metrenin katları ve askatları kullanılabilir. Bunlardan başlıcalarını, bir başkası cinsinden değerlendirilmiş olarak, aşağıdaki çizelgede görüyoruz :

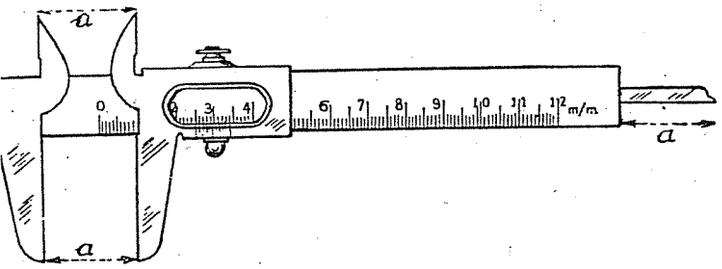
1 kilometre (km)	=	1000 metre (m)
1 metre	=	10 desimetre (dm)
1 desimetre	=	10 santimetre (cm)
1 santimetre	=	10 milimetre (mm)
1 milimetre	=	1000 mikron (μ)
1 mikron	=	1000 milimikron (mμ)
1 milimikron	=	10 Angström* (°A)

, yurdumuzda, günlük işlerde de kullanılmaktadır. Oysa, İngiliz ve Ame-
ünlük işlerinde **Yarda** adı verilen bir uzunluk etalonundan türemiş birimler
Bu etalon, Londra'da Westminster'deki «Standards Office» de saklanır. Yarda-
ve askatları ile bunların metre sistemindeki karşılıkları aşağıdaki çizelgede gös-

1 mil	=	1760 yarda = 1609,3 metre
1 yarda	=	3 foot (ayak) = 91,41 santimetre
1 foot	=	12 inç (parmak) = 30,48 cm
1 inç	=	2,54 cm.

UZUNLUK ÖLÇEN ALETLER. — Cetveller ve ölçme şerit-
esçe bilinen aletlerdir. Bunların bölümleri - en çok - 1/2 mm ye
dirilebilir. Bu incelik birçok işlerimiz için bize bol bol yeter.
âboratuvarlarda, daha incelikli ölçmelere elverişli ölçü alet-
e kullanılması gerekir. Bunlardan ikisini göreceğiz.

*iye**li cetveller:* Uzunlukları, 1/10 ilâ 1/50 mm lik bir ince-
nek için 1 veya 1/2 mm ye kadar bölümlü olan madensel bir



Şek. 1 a — Değişik üç şekilde ölçmeğe elverişli olan sürgülü kompas

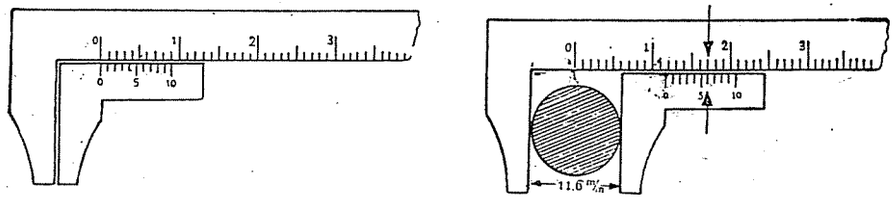
birlikte *Verniye* adı verilen yardımcı bir cetvel kullanılır. Teknik
kullanılan sürgülü bir kompasta, 1/10 mm leri ölçmek için kul-
erniye (Şek. 1 a) da görülmektedir. Verniyede 9 mm lik bir uzun-

---

ström, André - Jean (1814 - 1874), — Güneş tayfını incelemekle ünlü İsveçli

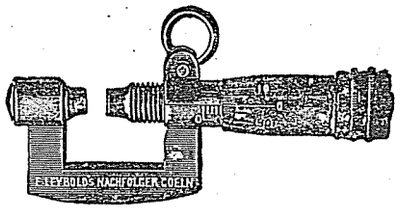
erre Vernier (1580 - 1637), — Fransız geometricisidir. Kendi adını taşıyan cetveli

luk 10 bölüme ayrılmıştır. Her verniye bölümü 0,9 mm, ve 1 ana cetvel bölümiyle 1 verniye bölümünün farkı 0,1 mm dir. Sürgülü kompasla bir uzunluk ölçülürken aletin verniyesi çekilir ve ölçülecek uzunluk iki çene arasına sıkıştırılır. Eğer bu uzunluk milimetrenin tam katı kadarsa, verniyenin sıfırı ana cetvelin milimetre çizgilerinden biriyle çakışır. Ölçülen uzunluk tam milimetrelerden 0,1, 0,2, 0,3 mm... kadar büyük ise verniyenin 1, 2, 3... cü bölümü ana cetvelin bir bölümiyle çakışır. (Şek. 1 b) deki ölçmede, ölçülen uzunluğun 11,6 mm olduğu görülüyor.



Şek. 1 b — Basit bir verniye ile ölçme

b) *Palmer:* Daha incelikli ölçmeler için kullanılan başka bir alet, *mikrometreli vida* - veya *palmer* - dir (Şek. 2). Böyle bir alette, adımı diyelim 1 mm olarak çekilmiş bir vida başı üzerinde 100 bölüm yapılmış ise, vidanın 1 bölüm kadar döndürülmesine karşılık ilerlemesi 1/100 mm olur. Ölçülecek cisim, aletin sabit ucuyle vidanın hareketli ucu arasına hafifçe sıkıştırılır. Ana cetvel tam milimetreleri, vida başındaki bölümler ise milimetrenin yüzdelerini verir.



Şek. 2 — 1/100 mm leri ölçebilen bir palmer

§ 10. YÜZEYLERİN ÖLÇÜLMESİ. — Uzunluklar için bir birim seçtikten sonra, yüzeyler için bağımsız bir birim seçmeğe lüzum yoktur. Her fiziksel miktar için bağımsız bir birim seçilmeğe kalkılsa, birçok etalonlar hazırlamak ve bunları saklamak gerekir ki, bu yersiz bir yük olur. Gerçekten, uzunluk birimi seçildikten sonra, buna bağlı olarak bir yüzey birimi tanımlanabilir. Örneğin, uzunluk birimi olarak metre seçilmiş ise, kenarları 1 m olan bir karenin yüzölçümü yüzeyler için birim alınabilir. Buna *metre kare* (m^2) denir.

ylerin ölçülmesinde bir veya birkaç uzunluk ölçülür ve geo-
rmüllerinden faydalanılır. Örneğin, bir dik dörtgenin eni ve boyu
ve bunların çarpımı o yüzeyin alanı olur.

re kareden başka, santimetre kare (cm^2), milimetre kare (mm^2),
, foot kare,... gibi yüzey birimleri de vardır. Bunları tanımlayınız
rleri cinsinden değerlerini kendiniz bulunuz.

. HACIMLARIN ÖLÇÜLMESİ. — Bağımsız bir yüzey birimi
yersiz olduğu gibi, bağımsız bir hacım birimi de seçilmez. Ha-
imleri de uzunluk birimlerine bağlı olarak tanımlanır. Met-
minde hacım birimi *metre küp*'tür. Metre küp, kenarları birer
lan bir kübün hacmıdır.

ımların ölçülmesinde, bir veya birkaç uzunluk ölçülür, ve geo-
ormüllerinden yararlanılır. Örnekler:

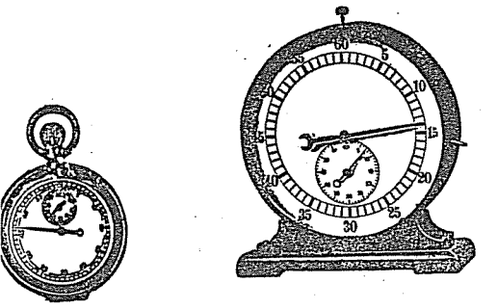
ksekliği h ve taban yüzölçümü S olan bir silindirin hacmı $V = Sh$

ıçapı r olan bir kürenin hacmı ..... $V = \frac{4}{3}\pi r^3$

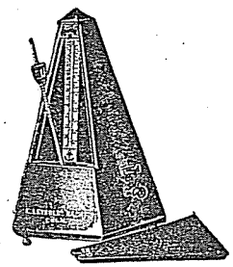
narları a,b,c olan bir dikdörtgen prizmasının hacmı $V = abc$ dir.

ıcım birimi olarak, m^3 den başka, desimetre küp (dm^3), milimetre
mm^3), inç küp,... gibi birimler de kullanılabilir. Bunları tanımla-
ve birbirlerine çeviriniz.

12. ZAMANLARIN ÖLÇÜLMESİ. — Bunun için, önce bir za-
birimi seçmek gerekir. Yer'in ekseni etrafındaki hareketinin düz-
ğü, zaman birimi seçimine güzel bir temel olur. Güneş'in, bulunu-



Şek. 3 — Kronometreler



Şek. 4 — Metrnom

ir yerin meridyeninden art arda iki geçişi arasında kalan zaman ara-
a, *1 Güneş günü* denir. Yer'in güneş etrafında dönüşü, art arda
ı güneş günlerinin sürelerini biraz değiştirir. Bu yüzden, zaman

birimi olarak - bir yıl boyunca ölçülen - güneş günlerinin ortalaması alınır ve buna *1 ortalama güneş günü* denir. Güneş günü büyük bir zaman birimi olduğundan - uygulamada - bunun askatları kullanılır.

1 saat (h) = 1/24 ortalama güneş günü
1 dakika (min) = 1/60 saat = 1/1440 ortalama güneş günü
1 saniye (s) = 1/60 dakika = 1/3600 saat = 1/86400 ort. G. G.

dür

Bilim alanında ve mühendislikte, genel olarak kullanılan zaman birimi, *saniye*'dir.

Evlerimizde ve günlük işlerimizde, zamanları ölçmek için, saatlerden faydalanırız. Lâboratuvar çalışmalarında - daha çok - bir zaman aralığının süresini ölçmek gerekir ve bu gerekle kronometreler (Şek. 3) kullanılır. Bundan başka, «bir sarkaç salınımlarının eşzamanlı oluşu» özelliğine dayanan ve *metronom* denilen aletler de kullanılır (Şek. 4). Bu aletin sarkacında bulunan sürgülü bir ağırlığın yerini değiştirmekle salınımlarının süresi ve dakikadaki vuruş sayısı - 40 dan 208'e kadar - değiştirilebilir.

ÖZET

1. ÖLÇME. — Bir miktarı ölçme, onu kendi cinsinden birim olarak seçilen başka bir miktarla karşılaştırmak yoluyla yapılır. Ölçme için, birimler seçilmesi ve ölçme aletleri yapılması gerekir.

2. UZUNLUKLARIN ÖLÇÜLMESİ. — Uzunlukların ölçülmesi için cetveller, verniyeli cetveller ve mikrometreli vida (Palmer) kullanılır. Bilim alanında kullanılan uzunluk birimleri, metre ve bunun kat ve askatlarıdır. 1 metre, yer meridyeni uzunluğunun 40 milyonda biridir. Metrenin kat ve askatları aşağıya çıkarılmıştır:

1 Kilometre (km)	=	1000 metre (m)	1 mm	=	1000 mikron (μ)
1 metre	=	10 desimetre (dm)	1 mikron	=	1000 milimikron ($m\mu$)
1 desimetre	=	10 santimetre (cm)	1 $m\mu$	=	10 Angström (°A)
1 santimetre	=	10 milimetre (mm)			

İngilizler ve Amerikalılar, yarda ve bundan türemiş uzunluk birimlerini, günlük işlerinde kullanırlar.

1 mil	=	1760 yarda = 1609,3 metre
1 yarda	=	3 foot = 91,44 cm
1 foot	=	12 inç = 30,48 cm
1 inç	=	2,54 cm

3. YÜZEY VE HACIMLARIN ÖLÇÜLMESİ. — Bir veya birkaç uzunluk ölçülmesi ve geometri formüllerinin kullanılmasiyle yapılır. Yüzey birimleri m^2, dm^2, cm^2,... $inç^2$ dir: hacım birimleri ise m^3, dm^3, cm^3, $inç^3$,... dür.

:AMANLARIN ÖLÇÜLMESİ. — Zaman birimleri «ortalama güneş günü» nden

1 saat = 1/24 Or. Güneş günü 1 dakika = 1/60 saat (h)

1 saniye (s) = 1/60 dakika (min)

ÖDEV VE PROBLEMLER

leyazıt kulesinin yüksekliği 65 m dir. Bu yüksekliği inç ve yarda birimleriyle

oyutları 3 m ve 4 m olan bir halının yüzölçümünü dm^2, m^2 ve $inç^2$ cinsinden ız.

,6 mikronu, mm ve Angström cinsinden söyleyiniz.

00 km lik bir uzunluk kaç mil eder?

$inç^2$ kaç cm^2, 1 dm^2 kaç $foot^2$ dir?

etreden türemiş hacım birimlerini birbirleri cinsinden belirtiniz.

$foot^3$ ($ayak^3$) lık bir buz dolabı kaç litrelik demektir?

zunluğu 1 m olan bir tel 4 halkalı bir makara şeklinde sarılmıştır. Her sarımın üzölçümü ne kadardır?

ükseklıği 1 m olan silindirik bir yağ bidonu 200 litre yağ alabiliyor. Bu bidonun esinin çapını bulunuz.

; çapı 10 cm, dış çapı 15 cm ve uzunluğu 1 m olan bir demir boruda ne kadar vardır? Bu borunun içine ne kadar cm^3 su alınabilir?

; yarıçapı 5 cm olan silindirik bir cam kaba hacımları ölçmek için bölümler ya-eniyor. Her bölümün 100 cm^3 göstermesi için çizgiler arasındaki aralıklar ne

/20 mm leri okumağa elverişli bir verniye cetvelinin nasıl yapılacağını açık-

Metrenin tanımına dayanarak yerküresinin yarıçapını ve yüzeyini hesaplayınız.

arıçapı 1 cm olan bir küre ile, taban yarıçapı 1 mm olan bir silindirin hacım-erine eşittir. Bu iki cisimden hangisinin yüzeyi daha büyüktür?

BÖLÜM III

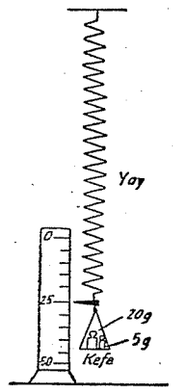
DURAN KATILARIN MEKANİĞİ

KUVVETLER

§ 13. KUVVET KAVRAMI. — Bir hareketi meydana getiren, yapılmakta olan bir hareketi değiştiren - hızlandıran, yavaşlatan ya da durduran - veya cisimlere şekil değişikliği veren nedene, *kuvvet* denir.

Bırakılan bir taş düşer. Bu hareketin nedeni, daha ileride açıklayacağımız gibi, *yerçekimi* kuvvetidir. Bir at, çektiği arabaya bir kuvvet uygular. Bu arabaya arkasından dayanılırsa, hızı artar. Hızın artması, arabaya yeni bir kuvvet uygulanmasından ileri gelmiştir. Çekilen bir yay veya lâstik uzar. Üzerine vurulan bir demir parçası yassılaşır. Bu şekil değiştirmeleri «yay, lâstik ve demir üzerine etkiyen birer kuvvetten ileri geliyor», denir.

§ 14. KUVVETLERİ STATİK OLARAK ÖLÇME. — Bir kuvvet herhangi bir etkisiyle ölçülebilir ve iki kuvveti karşılaştırmak için, etkilerini karşılaştırmak yeter. Kuvvetleri statik olarak ölçmek için, cisimler üzerinde meydana getirdikleri şekil değiştirmelerinden faydalanılır. Bu işe en uygun olan cisimler, *esnek* cisimlerdir.



Şek. 5. Kuvvetlerin Ölçülmesi

Üzerine bir kuvvet etkidiği zaman şekillerini değiştiren, bu kuvvet kaldırıldığı zaman ise, eski durumlarını alan cisimlere, *esnek*'tir denir. Bir yay, bir lâstik... belli şiddetlerdeki çekmeler için, esnek cisimlerdendir. Ama, bundan daha büyük kuvvetlerle çekilirlerse, esnekliklerini kaybederler.

Bir kuvveti ölçmek - veya iki kuvveti karşılaştırmak - için bir yaydan faydalanabiliriz (Şek. 5). Karşılaştırılacak iki kuvvet, bu yayın serbest olan ucuna teker teker etki ettikleri zaman aynı uzamayı verebiliyorlarsa, eşittirler. Bir kuvvet, ötekinden 2, 3,... veya 1/2, 1/3,... kat kadar çok uzama verebiliyorsa, şiddeti, karşılaştırıldığı kuvvetin 2, 3,... veya 1/2, 1/3,... katıdır.

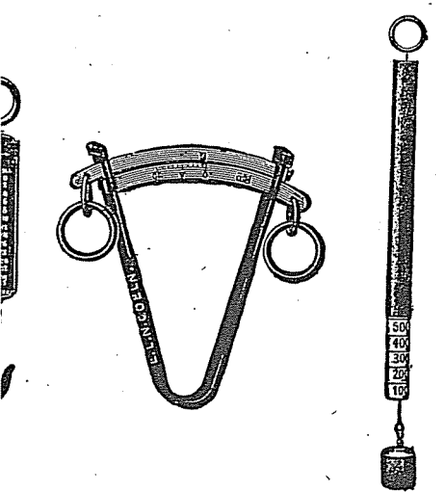
§ 15. KUVVET BİRİMLERİ. — Kuvvetleri ölçmek için, kuvvet cin-ıden, bir birimin seçilmesi gereklidir. Bilim ve teknik alanlarında llanılan kuvvet birimleri, *kilogram-kuvvet,* bunun katları ve askat-ıdır. Kilogram-kuvvet, Sèvres'de *«Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler rosu»* nda saklanan iridyumlu plâtinden yapılmış bir silindirin ora-ki ağırlığı - bu silindiri yer'e doğru çeken kuvvet - dir. Bunun kat ve katlarından birkaçı aşağıdaki çizelgede görülüyor.

1 ton-kuvvet = 1000 kg-kuvvet
1 gram-kuvvet = 1/1000 kg-kuvvet
1 desigram-kuvvet = 1/10 g-kuvvet
1 santigram-kuvvet = 1/100 g-kuvvet
1 miligram-kuvvet = 1/1000 g-kuvvet
1 dyn = 1/981 g-kuvvet (Paris'te)
1 newton* = 100000 dyn

İngiliz ve Amerikalıların mühendislik alanında ve günlük işlerinde landıkları ağırlık birimlerinden başlıcaları şunlardır:

1 libre (pound**) = 16 ans (ounce) = 453,6 gr-kuvvet
1 ans = 8 dirhem = 31,1 gram-kuvvet

§ 16. KUVVETLERİ ÖLÇMEDE KULLANILAN ALETLER. — ek cisimler kendilerine etkiyen kuvvetlerin şiddetiyle orantılı şekil değiştirmeleri yaparlar. Bu özellikten yararlanarak, kuvvetleri ölçmede kullanılan aletler *dinamometreler* yapılmıştır. Dinamometrelerin en basit şekli herkesce bilinen el kantarıdır (Şek. 6). Bu alette, helezon şeklinde sarılmış düzgün bir çelik yay vardır. Bunun bir çengelle son bulan serbest ucuna 1, 2, 3,... kg lık ağırlıklar asarak, yayın ne miktarlar kadar uzadığı belirtilir ve göstergenin durduğu yerlere, kuvvetlerin değerleri yazılır. Böyle bir aletle bilinmeyen bir kuvvetin şiddetini ölçmek için, bir kuvvet, dinamometre çenge-



Şek. 6. Türlü dinamometreler

Newton (okunuşu, Niyuton), Sir İsaac (1642 - 1727) — Bütün çağların en ünlü erinden bir İngilizdir.

* Londra'da Westminster Ofisinde saklanan bir plâtin silindirin ağırlığıdır.

line uygulanır. Yay bir miktar uzar ve - göstergenin önünde durduğu bölümden - kuvvetin şiddeti okunur.

§ 17. BİR KUVVETİN ELEMANLARI. — Bir kuvvetin iyice belirli olabilmesi için, şu dört elemanının bilinmesi gerekir:

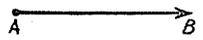
a) *Uygulama noktası:* Kuvvetin, etkidiği cisme uygulandığı noktadır.

b) *Doğrultu:* Kuvvetin cisme verebileceği hareketin - veya şekil değişikliğinin - doğrultusudur.

c) *Yön:* Kuvvetin cisme verebileceği hareketin yönüdür. Doğrultu ve yönü birbirine karıştırmamak ve aynı doğrultu üzerinde birbirinin tersi olan iki yön bulunduğunu hatırdan çıkarmamak gerekir.

ç) *Şiddet:* Kuvvetin büyüklük derecesini belirtir.

§ 18. BİR KUVVETİN GÖSTERİLMESİ. — Kuvvet ve hız gibi yönlü büyüklükler, *vektör* denilen, oklu bir doğru parçası ile (Şek. 7) gösterilirler. A noktası kuvvetin uygulama noktasını, AB doğrusu kuvvetin doğrultusunu, B ucundaki ok kuvvetin yönünü ve AB doğru parçasının uzunluğu kuvvetin şiddetini belirtir.



Şek. 7. Bir kuvvetin gösterilmesi

KUVVETLERİN BİLEŞTİRİLMESİ VE ANALİZİ

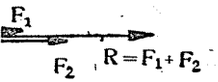
§ 19. BİLEŞKE VE BİLEŞENLER. — Birden çok kuvvete eşdeğer olan - birden çok kuvvetin hep birlikte yaptıkları etkinin tıpkısını tek başına yapan - bir kuvvete *bileşke,* bileşkedeki kuvvetlerden her birine ise *bileşen* kuvvet denir.

Şimdi, kuvvetlerin bileşkelerini bulmağa yarayan kuralları göreceğiz.

§ 20. BİR NOKTAYA ETKİYEN, DOĞRULTU VE YÖNLERİ AYNI OLAN İKİ KUVVETİN BİLEŞKESİ. —

DENEY: Bir dinamometre çengeline - veya (Şek. 5) teki aletin kefesine - önce F_1, sonra F_2 ve daha sonra bunların toplamları $(F_1 + F_2)$ kadar bir kuvvet uygulayarak yayın u_1, u_2 ve u uzama miktarlarını ölçelim. Deney, iki kuvvetin birlikte etki etmeleri halinde ölçülen u uzama miktarının, «$u_1 + u_2$» ye eşit olduğunu gösterir.

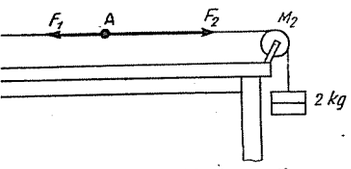
çlar : Bir A noktasına, doğrultu ve yönleri aynı olan F_1 ve F_2 gibi iki kuvvet uygulanmış olsun (Şek. 8). Bunlar, birbirlerinin etkilerini artırırlar. R ile göstereceğimiz bileşkelerinin uygulama noktası A noktasıdır; doğrultu ve yönü F_1 ve F_2 nin aynıdır, şiddeti ise $R = F_1 + F_2$ dir.



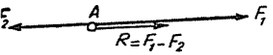
nı yönlü iki kuvvet
lerini artırırlar.

BİR NOKTAYA ETKİYEN, DOĞRULTULARI AYNI VE Rİ TERS OLAN İKİ KUVVETİN BİLEŞKESİ. --

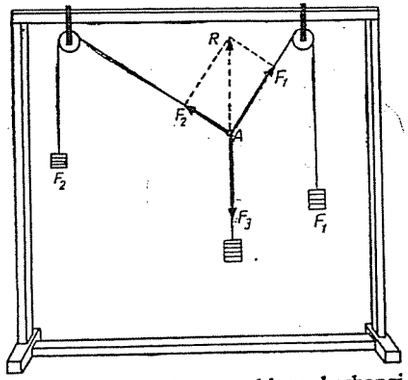
EY : Bir A düğümüne (Şek. 9a) bağlanmış iki ipliğin M_1 ve M_2 makaralarınırılmış olan uçlarına, diyelim 1 ve 2 kg lık, birer ağırlık asalım. Böylece, A noktrulturları aynı ve yönleri ters olan $F_1 = 1$ kg ve $F_2 = 2$ kg gibi iki kuvvet uyolur. Bunların bir arada etkisi altında, A noktası, büyük olan kuvvet yönünde t alır. Küçük kuvvet üzerine $F_2 - F_1 = 2 - 1 = 1$ kg lık bir kuvvetin eklenareketin durduğu görülür. İki kuvvetin bileşkesi 1 kg lık bir kuvvetle yenildiğine bileşkenin kendisi de 1 kg lıktır.



a. Ters yönlü iki kuvvetin bileşkesini bulmak için



9b. Ters yönlü iki kuvvet birbirini azaltır.



Şek. 10. Aynı noktaya etkiyen herhangi iki kuvvetin bileşkesi için

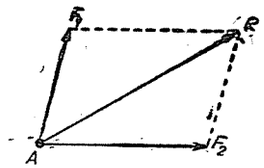
nuçlar : Bir noktaya uygulanan doğrultuları aynı, yönleri ters şid- ise değişik olan iki kuvvet, birbirlerinin etkilerini azaltırlar. R ile eceğimiz bileşkelerinin uygulama noktası A noktasıdır, doğrultusu F_2 nin doğrultusunun aynıdır, yönü büyük kuvvetin yönü gibidir, ise, $F_2 > F_1$ halinde, $R = F_2 - F_1$ dir.

Özel hal : $F_1 = F_2$ oluşu halinde $R = 0$ olur. Bu halde, iki kuvvet birbirlerinin etkilerini tam olarak yok ederler - veya dengeleşirler.

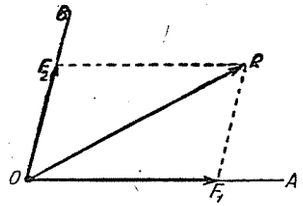
§ 22. BİR NOKTAYA ETKİYEN HERHANGİ İKİ KUVVETİN BİLEŞKESİ — PARALELKENAR KURALI .—

DENEY : Bir A düğümüne (Şek. 10) bağlı üç iplikten ikisi birer makaradan dolaştırıldıktan sonra, uçlarına F_1 ve F_2 ağırlıkları asılır. Üçüncü bir ipliğe de F_3 ağırlığı bağlanır. Sistem serbest bırakılır ve denge kurulduktan sonra, iplerin arkasına düşey bir mukavva levhası tutularak, A daki kuvvetlerin doğrultuları çizilir. Bu doğrultular üzerinde, A dan başlıyarak, F_1, F_2 ve F_3 ağırlıklarının şiddetleriyle orantılı $\overline{AF_1}$, $\overline{AF_2}$ ve $\overline{AF_3}$ vektörleri çizilir. $\overline{AF_1}$ ve $\overline{AF_2}$ üzerine bir paralelkenar çizilirse, bunun AR köşegeninin $\overline{AF_3}$ uzantısında ve $\overline{AF_3}$ 'e eşit olduğu görülür. Üç kuvvet etkisi altında bulunan A noktası dengede olduğuna göre, F_3, öteki kuvvetlerin R bileşkesini yenen kuvvettir.

Sonuçlar : A gibi bir noktaya etkiyen ve doğrultuları arasında herhangi bir açı bulunan F_1 ve F_2 kuvvetleri verilmiş olsun (Şek. 11). Bunların R bileşkesinin :



Şek. 11. Paralelkenar kuralı için



Şek. 12. Bir kuvvetin analizi için

a) Uygulama noktası, A noktasıdır.

b) Doğrultusu, F_1 ve F_2 üzerine çizilen paralelkenarın AR köşegeninin doğrultusudur.

c) Yönü, A dan R ye dir.

d) Şiddeti, AR köşegeninin uzunluğu ile belirtilebilir.

Kuvvetler paralelkenarının bir dikdörtgen olması halinde, bileşke, $(R^2 = F_1^2 + F_2^2)$ bağıntısından hesaplanabilir.

ALIŞTIRMA : Aralarındaki açı 75° olan 2 ve 2,6 kg lık iki kuvvetin bileşkesini belirtiniz.

ÇÖZÜM : Kuvvetleri çizmek için seçeceğimiz ölçekte, 1 cm lik bir uzunluk 1 kg lık bir kuvveti göstermiş olsun. Buna göre, verilen kuvvetler, aralarındaki açı 75° olan 2 ve 2,6 cm lik F_1 ve F_2 vektörleriyle gösterilirler (Şek. 11 bu ölçeğe göre çizilmiştir). Bu vektörler üzerine bir paralelkenar çizilerek bunun AR köşegeni ölçülürse 3,6 cm bulunur ki, bu uzunluk, aradığımız R bileşkesinin 3,6 kg olduğunu göstermiş olur. R bileşkesinin doğrultu ve yönü ise şekildeki gibidir.

23. BİR KUVVETİN VERİLEN İKİ DOĞRULTUDA BİLEŞEN-
AYRILMASI. — Bir $\overline{OR}$ kuvvetini (Şek. 12), $\overline{OA}$ ve $\overline{OB}$ gibi
n iki doğrultu üzerinde bileşenlere ayırmak için, kuvvetin R ucun-
u iki doğrultuya birer paralel çizilerek bir paralelkenar elde edi-
ranan bileşenler, bu paralelkenarın $\overline{OF_1}$ ve $\overline{OF_2}$ kenarlarıdır.

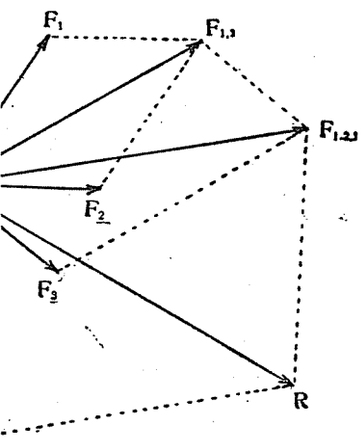
LIŞTIRMA: 10 kg lık bir kuvveti aralarındaki açı 90° olan iki eşit bileşene ayı-

ÖZÜM: Çizim için kabul edeceğimiz ölçekte, 1 cm lik bir uzunluk 2,5 kg lık bir
göstersin. Buna göre, bize verilen 10 kg lık kuvveti 4 cm lik bir R vektörü ile
iz. Ayıracağımız F_1 ve F_2 bileşenleri eşit olduklarından, R bileşkesi bunların açı-
lurumundadır. O halde R nin iki tarafında 45 şer derecelik açı teşkil eden OA
doğrularını ve sonra da R'nin ucundan bunlara birer paralel çizeriz. Aradığımız bile-
OF_1RF_2 paralelkenarının $\overline{OF_1}$ ve $\overline{OF_2}$ kenarları olduğundan, bunları ölçer ve
buluruz. Ölçeğimize göre 2,8 cm lik vektörler $2{,}8 \times 2{,}5 = 7$ kg lık kuvvetleri
er.

T: Kuvvetler paralelkenarı bir dikdörtgen olduğundan, $R^2 = F_1^2 + F_2^2$ bağıntı-
yararlanarak ta bileşenleri bulabiliriz.

$10^2 = F_1^2 + F_2^2 \Rightarrow 100 = 64 + 36$ 8 - 6
$100 = F_1^2 + F_2^2$ $10^2 = 8^2 + 6^2$

24. BİR NOKTAYA ETKİYEN İKİDEN ÇOK KUVVETİN BİLEŞ-
— Aynı bir A noktasına (Şek. 13) F_1, F_2, F_3 ... gibi ikiden çok kuvvet etkisin. Bunların hepsinin bileşkesini bulmak için, önce herhangi ikisi - diyelim, F_1 ve F_2 - alınır. Paralelkenar kuralıyle bu ikisinin $F_{1,2}$ bileşkesi bulunur. F_1 ve F_2 yerine, $F_{1,2}$ alınabileceğinden, sistemdeki kuvvet sayısı 1 kadar azaltılır. $F_{1,2}$ ile başka bir kuvvet - diyelim, F_3 - alınarak bunların $F_{1,2,3}$ bileşkesi bulunur. Ve - bu yolu izleyerek - sonunda, bütün kuvvetlerin R bileşkesi bulunur.

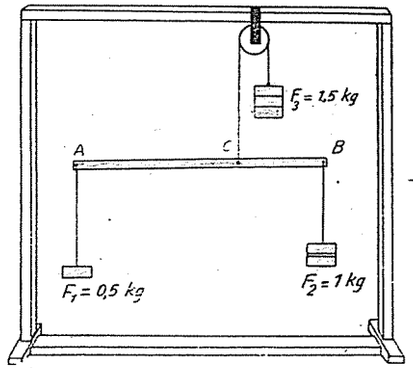


Şek. 13. 2 den çok kuvvetin bileşkesini bulmak

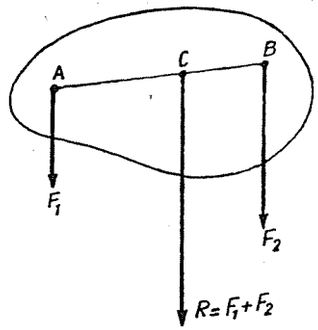
İkiden çok kuvvet etkisi altında bulunan bir A noktasının dengede kalması için, A ya etkiyen kuvvetlerin tümünün bileşkesinin sıfır olması gerek ve yeterdir.

PARALEL KUVVETLER

§ 25. PARALEL VE AYNI YÖNLÜ İKİ KUVVETİN BİLEŞKESİ. —
DENEY: İnce ve hafif bir AB çubuğunun A ve B uçlarına 0,5 ve 1 kg lık birer ağırlık asılır (Şek. 14). Bu sistemi dengede tutabilmek için, C gibi bir noktadan verilen



Şek. 14. Paralel ve aynı yönlü iki kuvvetin bileşkesi için deney düzeni



Şek. 15. Aynı yönlü paralel kuvvetlerin bileşkeleri için

kuvvetlerin toplamına eşit - demek, 1,5 kg lık - bir kuvvetle yukarıya çekmek gerektiği görülür. AB çubuğu, yatay durumda dengeye gelinceye kadar C noktasının yeri değiştirilir. Bu dengeleme gerçekleşince, $\overline{AC}$ ve $\overline{BC}$ uzunlukları - bir cetvelle - ölçülür: $\overline{AC} = 20$ cm ve $\overline{BC} = 10$ cm bulunmuş olsun. Bundan:

$$F_1 \cdot \overline{AC} = F_2 \cdot \overline{BC} \qquad \text{veya} \qquad 0{,}5 \times 20 = 1 \times 10$$

olduğu görülür.

NOT: F_3 kuvveti, F_1 ve F_2 nin bileşkesi değil, bu bileşkeyi yenen - onu dengeleyen - kuvvettir. R bileşkesi, F_3 uzantısında, ona eşit ve F_3 ile ters yönlüdür.

Bu deney - ağırlıkları ve bunların yerlerini değiştirerek - yeniden yapılırsa hep aynı sonuçlar bulunur.

Sonuçlar: Bir cisim üzerindeki A ve B noktalarına (Şek. 15) doğrultuları paralel ve yönleri aynı olan F_1 ve F_2 gibi iki kuvvet uygulansın. Bunların R bileşkesinin:

a) Uygulama noktası: A ve B noktaları arasında, büyük kuvvete yakın ve yeri $F_1 \cdot \overline{AC} = F_2 \cdot \overline{BC}$ bağıntısiyle hesaplanabilen bir C noktasıdır.

b) Doğrultusu: verilen kuvvetlerin doğrultularına paraleldir.

c) Yönü: verilen kuvvetlerin yönündedir.

ç) Şiddeti, F_1 ve F_2 nin toplamına ($R = F_1 + F_2$) eşittir.

ALIŞTIRMA: Uzunluğu 140 cm olan bir çubuğun A ve B uçlarına 10 ve 4 kg lık birer ağırlık asılmıştır. Bu çubuk neresinden ve ne kadar kg lık bir kuvvetle yukarıya doğru kaldırılmalıdır ki dengede kalsın?

ÖZÜMÜ: Çubuğun A ve B uçlarına asılan kuvvetler ($F_1 = 10$ kg ve $F_2 = 4$ kg) olduklarından bunların bileşkesi $R = 10 + 4 = 14$ kg dır (Şek. 14 ün benzerini, olarak, bu problem için çiziniz). R bileşkesinin yenilmesi için, çubuk 14 kg lık vvetle yukarıya doğru kaldırılmalıdır (Verilmediği için, çubuğun ağırlığı hesaba kaaktadır). Bileşkenin - ve dolayısiyle, onu yenen kuvvetin - C uygulama noktasının bulmak için,

$$F_1 \cdot \overline{AC} = F_2 \cdot \overline{BC}$$

ısından,

$$10 \cdot \overline{AC} = 4 \cdot \overline{BC} \qquad \text{ve bundan,} \qquad \overline{BC} = 2{,}5\ \overline{AC}$$

ır ve $\overline{AC} + \overline{CB} = \overline{AB} = 140$ bağıntısında $\overline{CB}$ yerine $2{,}5 \cdot \overline{AC}$ yazarak

$$140 = 2{,}5 \cdot \overline{AC} + \overline{AC} = 3{,}5 \cdot \overline{AC}$$

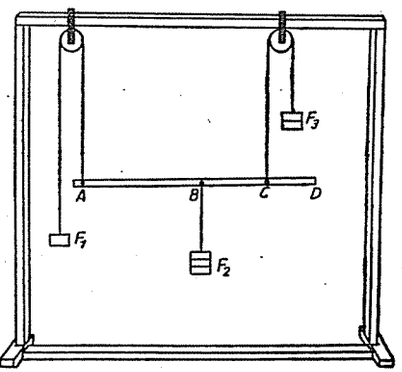
unda,

$$\overline{AC} = 40 \text{ cm}$$

ır. Bileşkenin C uygulama noktası A ucundan 40 cm uzaktadır.

26. PARALEL VE TERS YÖNLÜ İKİ KUVVETİN BİLEŞKESİ. —

ENEY: Bir AD çubuğunun A ve B noktalarına, (Şek. 16) daki düzenle, doğrulparalel ve yönleri ters olan 0,1 ve 0,3 kg gibi F_1 ve F_2 kuvvetleri uygulanır. Bu i dengeye getirmek için, C noktasına, küçük kuvvet yönünde ve «$F_2 - F_1$»'e - 0,2 kg'a - eşit bir F_3 kuvvetinin uygulanması gerekir. AB nin yatay durumda dengede kalması için, C noktasının:



Şek. 16. Ters yönlü paralel kuvvetlerin bileşkesi için deney düzeneği

$$F_1 \cdot \overline{AC} = F_2 \cdot \overline{BC}$$

bağıntısiyle belirli bir yerde bulunduğu da anlaşılır. (Şekil: 16) daki deney düzeninde, $F_1 = 0{,}1$ kg, $F_2 = 0{,}3$ kg, $AC = 90$ cm, $BC = 30$ cm dir. Bunlardan:

$$0{,}1 \times 90 = 0{,}3 \times 30$$

olduğu görülür.

NOT: F_3 kuvveti, F_1 ve F_2 nin R bileşkesi değil, onu dengeleyen kuvvettir. Aranan bileşke, F_3'ün uzantısında, onunla ters yönlü ve F_3'e eşit olan bir kuvvettir.

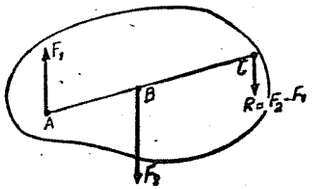
Sonuçlar: Bir cisim üzerindeki A ve B noktalarına, doğrultuları pa- ve yönleri ters olan F_1 ve F_2 gibi iki kuvvet uygulansın (Şek. 17). ların R bileşkesinin:

a) Uygulama noktası: A ve B noktaları dışında, büyük kuvvete yakın ve ($F_1 \cdot \overline{AC} = F_2 \cdot \overline{BC}$) bağıntısiyle hesaplanabilen bir C noktasındadır.

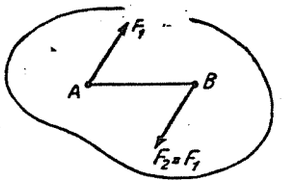
b) Doğrultusu: F_1 ve F_2 kuvvetlerinin doğrultularına paraleldir.

c) Yönü: büyük kuvvetin yönü gibidir.

ç) Şiddeti: Kuvvetlerin farkına eşittir. Eğer, $F_2 > F_1$ ise, $R = F_2 - F_1$ dir



Şek. 17. Ters yönlü paralel kuvvetlerin bileşimi için



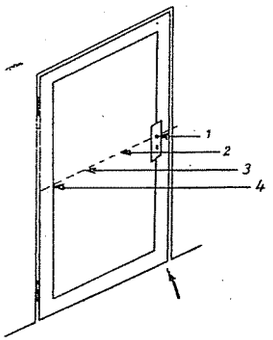
Şek. 18. Kuvvet çifti

§ 27. KUVVET ÇİFTİ. —

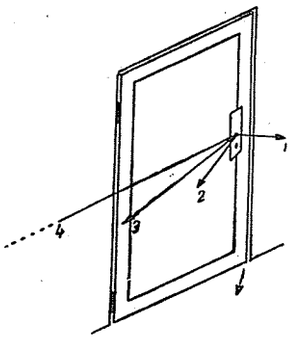
Doğrultuları paralel, yönleri ters ve şiddetleri eşit olan iki kuvvete (Şek. 18), *kuvvet çifti* denir. Bir kuvvet çiftinin bileşkesi sıfırdır. Kendisine bir kuvvet çifti etkiyen bir cisim, bir sürüklenme hareketi yapamaz. Bir kuvvet çifti, etkidiği cisme, ancak bir dönme hareketi verir. Bir kapı tokmağı, bir tirbuşon, bir anahtar, bir otomobil direksiyonu,... kuvvet çiftleriyle döndürülür.

§ 28. BİR KUVVETİN MOMENTİ. —

DENEY: a) Bir kapıyı, elimizdeki bir çubuk veya parmağımızla, türlü noktalarından iterek, açmak isteyelim (Şek. 19a). Kapının açılması, kuvvet menteşelere ne kadar uzak bir noktaya uygulanırsa, o derece kolay - demek, daha küçük bir kuvvetle - olur.



Şek. 19a. Kapı menteşelerden en uzakta olan 1 kuvveti ile en kolay açılır.

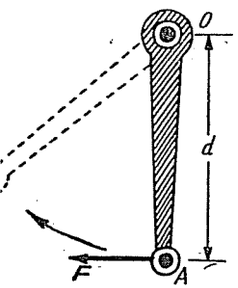


Şek. 19b. Kapı 1 kuvveti ile en kolay açılır.

DENEY: b) Aynı kapıyı, bu kez, tokmağına bağlanan bir ipi - 1, 2, 3 ve 4 le gösterdiğimiz - doğrultularda çekerek açmak isteyelim (Şek. 19b). Kapı; 1 doğrultusunda olan

ir kuvvetle, 2 ve 3 doğrultularında ise daha büyük kuvvetlerle açılabilir. Oysaki ltusunda uygulanan bir kuvvet, ne kadar büyük olursa olsun, kapıyı açamaz.

ı deneyler ve benzerleri, bir eksen - veya, bir merkez - etrafında len bir cisme uygulanan bir kuvvetin yapacağı etkinin, bu kuvvedetinden başka, «dönme merkezinden kuvvete indirilen dikmenin ğuna» da bağlı olduğunu göstermektedir. O halde, bir kuvvetin rücü etkisini belirtmek için; F şiddeti yerine, şiddeti ile dönme ek olan d dikey uzaklığının «$F \cdot d$» çarpımı alınır ve bu çarpıma in dönme eksenine göre *momenti* denir.



Kol ne kadar uzun ise ece kolay döndürülür

Moment hesaplarına bir örnek olarak, bir otomobil motorunun ilk hareket kolunu çevirmeyi ele alalım (Şek. 20). O ekseni etrafında hareket edebilen OA kolunu, A ucundan uygulanan bir F kuvvetiyle çevirmek isteyelim. Bu kuvvetin O eksenine göre momenti :

$$M = F\,d \qquad (1)$$

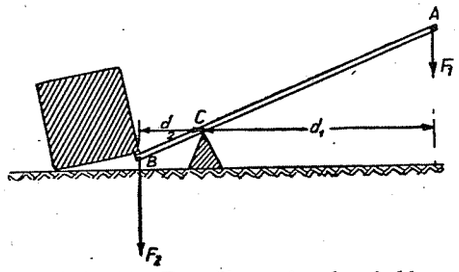
olur. Kuvvet yönlü bir miktar olduğundan moment de yönlü bir miktardır. Saat göstergelerinin döndüğü yönde bir etki yapan bir moment «—», öteki yönde etki yapan bir moment ise «+» yönlü sayılır.

Moment birimine gelince, bu birim, F in kullanılan birimlere bağlıdır : F kuvvetini *dyn* ve d uzunluğu ile belirtmişsek, momentin birimi *dyn* × *cm* olur.

BASİT MAKİNALAR

29. TEMEL KONU. — Günlük işlerimizde ve uygulama alanla kolay iş yapmak için basit alet veya makinalar kullanılır: kaldırık, makara, palanga, vida... gibi. Bunlara *basit makinalar* denir. nakinalar, genel olarak, küçük bir kuvvetle büyük bir direngen i yenerler. Bu kazanca karşılık, iş yapma zamanı ve yol bakımla kayıplar vardır. Doğrusu, işten bir kazanç sağlamak hiçbir zaman lenemez. Böyle olsaydı; küçük bir enerji ile, sonsuz miktarlarda elde edilirdi. Basit makinalarda da bu böyledir. Üstelik, sürtün ve direnç kuvvetlerini yenmek için, bir miktar enerji kaybı bile Demek, basit makinalarla enerji kazanmak şöyle dursun - bir ıyca yapma karşılığında - bir miktar kayıplara bile katlanırız.

§ 30. KALDIRAÇLAR. — Genel anlamı ile, bir noktası sabit olan katı cisimlere *kaldıraç* denir. En basit bir kaldıraç şekli, işçilerin ağır taşları kaldırmak için kullandıkları bir kalas veya bir demir çubukdur (Şek. 21). Bunun B ucu kaldırılacak yükün altına yerleştirilir, olabildiği kadar B ye yakın bir C noktasının altına da sert bir engel yerleştirilir ve A ucundan, yeter büyüklükte bir F_1 kuvveti uygulayarak yük kaldırılır. Yükün dengelenebilmesinin fiziksel koşulunu araştıralım. Bunun için, kaldıracı C ekseni etrafında bir veya öteki yöne doğru döndürebilen F_1 ve F_2 kuvvetlerinin, eşit şiddette ve ters yönlü dönme etkileri yapabilmesi veya, başka bir deyişle, bu kuvvetlerin C eksenine göre momentlerinin eşit olması gerekir. Buna göre, kaldıracın denge şartını :



Şek. 21. Desteği ortada olan kaldıraç

$$F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$$

veya

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

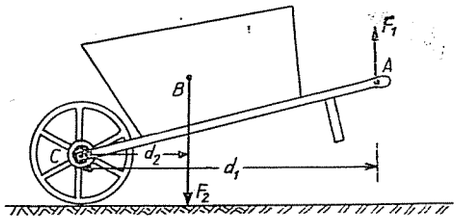
şeklinde yazabiliriz. d_2/d_1 yerine, $\overline{BC} / \overline{AC}$ de yazılabileceğinden üstteki bağıntıyı,

$$F_1 \cdot \overline{AC} = F_2 \cdot \overline{BC} \qquad (2)$$

şekline çevirebiliriz. Bundan, kaldıraca hareket veren F_1 kuvveti çekilirse,

$$F_1 = F_2 \frac{\overline{BC}}{\overline{AC}}$$

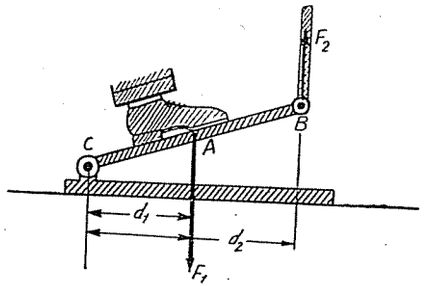
bulunur. Bu sonuncu bağıntı, kaldıracın yararlı olma koşullarını da gösteriyor: Direngen olan F_2 kuvveti büyük olduğu halde, hareket veren F_1 kuvvetinin küçük olması, $\overline{BC} / \overline{AC}$ kesrinin küçük olmasına bağlıdır. $\overline{BC}$ nin küçük yapılmasının nedeni böylece açıklanmış oluyor.



Şek. 22a. Direngen kuvveti ortada olan kaldıraç : El arabası

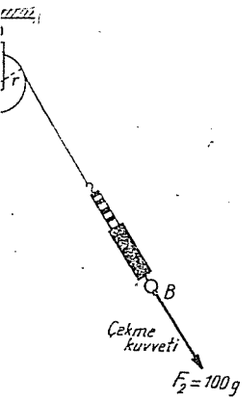
Uygulamada, birçok şekillerde olan kaldıraçlar kullanılır. El arabası, pedal, maşa, makas, kerpeten,... birer kaldıraçtır. Kimi kaldıraçlarda

gen kuvvet, kimisinde ise hareket veren kuvvet ortada olur (Şek.). Bunların denge koşulları, sabit noktası ortada olanlarınki gibidir.

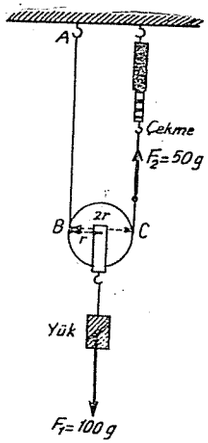


Şek. 22b. Hareket veren kuvveti ortada olan kaldıraç: Pedal

31. MAKARALAR. — Makaralar, herkesçe bilindiği gibi, sabit sen etrafında dönebilen cisimlerdir. Basit bir sabit makarada 23), kaldırılacak yük makaradan dolaştırılan bir ipliğin bir ucuna



Şek. 23. Sabit makara



Şek. 24. Hareketli makara

ıştır. İpin öteki ucundan ise hareket veren kuvvet uygulanır. ve bunu çeken F_2 kuvveti makarayı bir ve öteki yöne doğru eğe çalışırlar. Makaranın dengede kalabilmesi için bu iki kuvıdürücü etkileri - veya O eksenine göre momentleri - eşit olma- koşulu :

$$F_1 \cdot r = F_2 \cdot r$$

şeklinde yazarak,

$$F_1 = F_2$$

«sabit makaranın denge koşulu» bulunur. Görmekteyiz ki, sabit bir makara kuvvetten bir kazanç sağlamaz, ancak kuvveti kolayımıza gelen bir doğrultuda uygulayabilme gibi bir kolaylık sağlar.

Basit bir *hareketli makara* düzeni ise, (Şek. 24) de görülmektedir. Kaldırılacak yük, makaranın dönme eksenine takılı bir çengele asılmıştır. İpin bir ucu sabit bir A noktasına bağlanmıştır ve makaradan dolaştırıldıktan sonra, C ucundan, F_2 hareket veren kuvvetiyle yukarıya çekilir. Bu makara, sabit ucu B de olan, bir kaldıraç gibi düşünülebilir. Gerçekten F_1 ve F_2 kuvvetleri makaraya, B noktası etrafında, bir ve öteki yöne doğru dönmeler vermeğe çalışırlar. Sistemin dengede kalabilmesi için bu iki kuvvetin döndürücü etkileri - veya momentleri - eşit olmalıdır. Bu koşulu :

$$F_1 \cdot r = F_2 \cdot 2r$$

şeklinde yazarak,

$$F_2 = \frac{F_1}{2} \qquad (3)$$

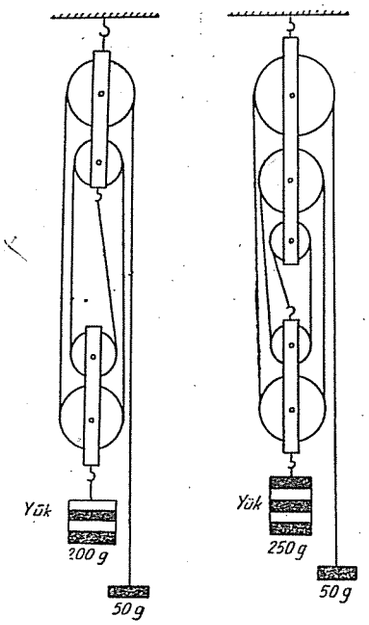
buluruz. Görülüyor ki, bir yük, yarısı kadar bir kuvvetle dengelenmektedir.

§ 32. PALANGALAR. — 4 ve 5 makaralı birer palanga alarak, ve Şekil 25 teki bağlanışları yaparak, bir yükün, ağırlığının 1/4 veya 1/5'i kadar olan birer kuvvetle dengelenebileceği gösterilebilir.

Bu gerçek, herhangi bir sayı kadar makaralı bir palanga için genelleştirilirse:

$$\text{Kuvvet} = \frac{\text{Yük}}{\text{Makara sayısı}} \qquad (4)$$

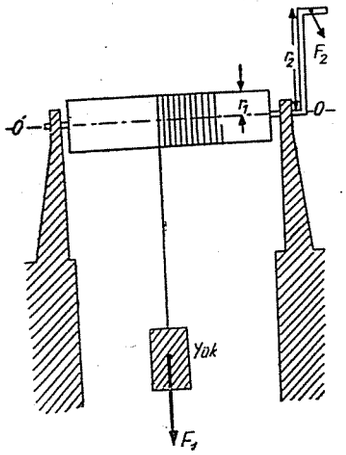
bulunur.



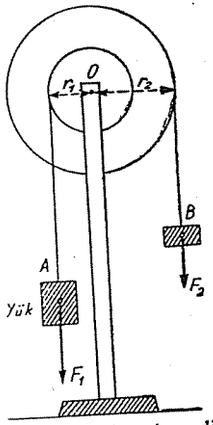
Şek. 25. İki palanga

Böyle olacağı basit bir düşünüşle de bulunabilirdi. Gerçekten, 4'lü bir palangada (Şek. 25), kaldırılmak istenilen yük 4 iple yukarıya doğru çekilmekte ve her ipe yükün 1/4 ü kadar bir çekme kuvveti düşmektedir. Üstteki makara, solundaki ipte yukarıya doğru olan çekme kuvvetini, daha kolayımıza gelmesi için, aşağıya doğru çevirmeğe yarar ise de, kuvveti değiştirmez.

§ 33. ÇIKRIK. — Kuyulardan su - veya taş - çıkarmak için kullanılan çıkrığı (Şek. 26a) herkes bilir. Laboratuvarlarda denel incelemelere elverişli olarak yapılmış bir çıkrık (Şek. 26b), aynı dönme ekseni üzerine yerleştirilmiş ve yarıçapları eşit olmayan iki silindirden ibarettir. Kaldırılacak F_1 yükü, küçük silindire dolaştırılmış bir ipin A ucuna asılır. Bunu dengeye getirmek için, büyük silindire sarılı başka bir ipin B ucuna F_2 gibi hareket veren bir kuvvet uygulanır. F_1 ve F_2 kuvvetleri çıkrığa ters yönlerde birer dönme vermeğe çalışırlar. Çıkrığın



Şek. 26a. Çıkrık



Şek. 26b. Çıkrıkta dik kesit ve kuvvetler

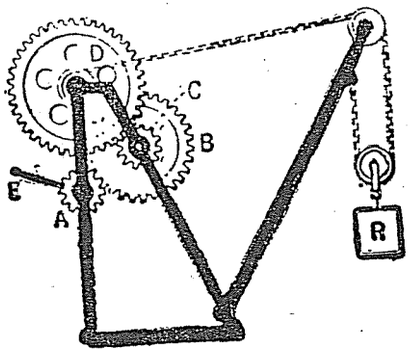
dengede olabilmesi için F_1 ve F_2 nin momentleri eşit olmalıdır. Çıkrık silindirlerinin yarıçapları r_1 ve r_2 ile göstererek bu koşulu:

$$F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$$

şeklinde yazabiliriz. Bundan, hareket veren F_2 kuvvetinin:

$$F_2 = F_1 \frac{r_1}{r_2}$$

olduğu bulunur. Bu bağıntı, çıkrığın «yararlı olma» koşullarını da göstermektedir: F_1 yükü büyük olduğu halde, F_2 hareket veren kuvvetinin küçük olabilmesi, r_1 in küçük ve r_2 nin büyük olmasına bağlıdır. Demek, ipin sarıldığı silindirin yarıçapı ne kadar küçük ve çıkrığı hareket ettiren kolun uzunluğu ne kadar büyük ise, yük o derece kolay çekilir.



Şek. 27. Vinç

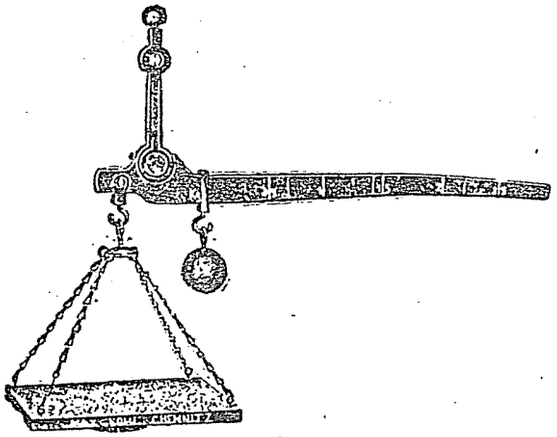
§ 34. VİNÇ. — Ağır bir yükü küçük bir kuvvetle kaldırmağa ve sonra başka bir yere iletmeğe yarayan makinalardır. (Şek. 27) de görülen vinç modelinde, kaldırılacak R yükü hareketli bir makaranın çengeline asılıdır. Vincin eğik koluna bağlanan bir zincir, önce bu makaradan ve daha sonra kolun ucundaki sabit makaradan dolaştıktan sonra, bir çıkrığın küçük yarıçaplı silindirine sarılmaktadır. Bu çıkrık, D, C, B ve A dişlileriyle öteki iki çıkrığa bağlıdır.

Vincin hareketi, sondaki çıkrığın E kolunu döndürmekle sağlanır. Bu çıkrık, silindirlerinin çapları arasındaki oran 1/3 ise, direngen kuvveti 3 kat azaltır. B ve C dişlilerinin bulunduğu çıkrıkta yarıçapların oranı 1/2 ise, bu çıkrık direngen kuvveti 2 kat azaltır. Üstteki çıkrıkta yarıçaplar oranı 1/4 olsa, direngen kuvvet 4 kat azalacaktır. Hareketli makara da direngen kuvveti 2 kat azaltacağından, çıkrık, direngen kuvveti toptan olarak:

$$3 \times 2 \times 4 \times 2 = 48$$

kat azaltır.

§ 35. KANTAR. — Ağır cisimleri tartmak için, kantar kullanılır. Bu alet, yatay bir eksen etrafında dönebilen bir kaldıraç gibidir. (Şek. 28). Kantar boşken, kolu yatay durur. Tartılacak cisim kefeye konunca,



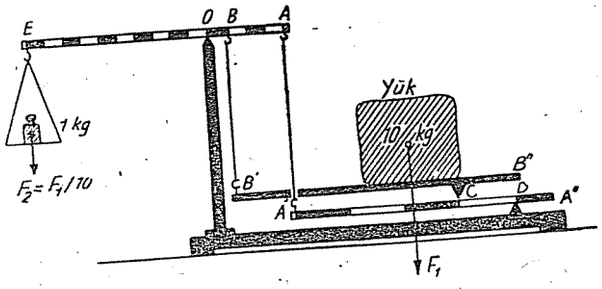
Şek. 28. Kantar

denge bozulur. Bu dengeyi yeniden bulmak için, kantar kolu üzerinde bulunan ve kayabilen bir ağırlık uygun bir yere getirilir. Kantar kefesine bilinen ağırlıklar (1, 2, 3,... kg) koyarak ve sürgülü ağırlığın bulunduğu yerleri işaretleyerek alet bölümlenir.

Ödev: Kantardaki kuvvetleri belirterek denge koşulunu bulunuz.

§ 36. BASKÜL. — Ağır ve kantarla kolay tartılamayacak cisimleri tartmak için baskül kullanılır (Şek. 29). Baskülde de, yatay bir O ekseni

rafında dönebilen bir kaldıraç, ana parçadır. Tartılacak yük, çengele ılacak yerde, B′ B″ gibi yatay bir tabla üzerine oturtulur. Bu tablanın aima yatay olarak kalabilmesi için, yapılış sırasında; $\overline{OB}/\overline{OA} = \overline{DC}/\overline{DA'}$ oşulu gerçeklenmiştir. Diyelim, $\overline{OB}/\overline{OA} = 1/4$ ise, $\overline{DC}/\overline{DA'}$ oranı da 1/4'e şit olmalıdır ki, B′ B″ tablası hep yatay kalabilsin. Gerçekten, tablaya ko- ıan bir yükün etkisiyle, B′ noktası 1 cm alçalmış olsun. BB′ kolu, B ıoktasını 1 cm aşağıya çekerek EA kaldıracının dengesini bozar. O sabit ıoktasına olan uzaklığı, B nin uzaklığından 3 kat büyük olan A noktası



Şek. 29. Baskülün şeması

4 cm alçalır. AA′ kolu bu hareketi A′ ye de 4 cm olarak iletir. DA′ ko- lunun dengesi bozulur. A′ ucu 4 cm alçaldığına göre, kolun 1/4'ünde bulunan C noktası ancak 1 cm alçalır. B′ ve C noktalarının eşit mik- tarlar kadar alçalmış olmasından da, B′B″ tablasının hep yatay kala- cağı anlaşılmış olur.

Baskül kaldıracında, $\overline{OB}/\overline{OE}$ oranı 1/10, 1/100,... ise, herhangi bir yük 10 da biri, 100 de biri,... kadar bir kuvvetle dengelenir.

§ 37. VİDA. — Bir silindirin yanal yüzüne helis şeklinde sarılmış kabarık bir yol, bir vidadır (Şek. 30). Vida, somun denen ve bir silindir içerisinde aynı helis boyunca açılmış olan, oyuk bir yol içinde döndü- rülürse ilerler. Vidanın bir tam dönmesi sırasında ilerlediği yola, vida adımı denir. Vida, bir vida başı veya bir kolla çevrilir. Vida kolunun yarıçapı r ve vida adımı a olsun. Bu kolu döndüren F_1 kuvveti, bir tam

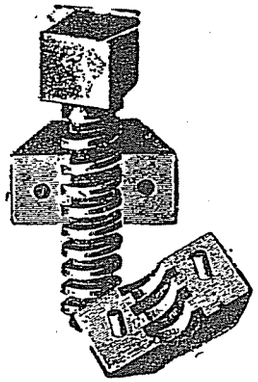
dönmede «$F_1 \cdot 2\pi r$» kadar, iş yapar. Bu dönme sırasında, vidanın a kadar ilerlemesine engel olmak isteyen F_2 direngen kuvvetinin yapacağı iş ise $F_2 \cdot a$ kadardır. Basit makinalarda verilen ve alınan işlerin eşitliği düşü- nülerek :

$$F_1 \cdot 2\pi r = F_2 \cdot a$$

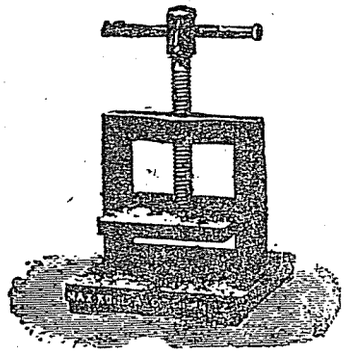
ve buradan :

$$F_1 = F_2 \frac{a}{2\pi r} \qquad (5)$$

bulunur. Vidanın yararlı olabilmesi için, vida adımının küçük ve vida kolunun büyük olması gerektiği, bu bağıntıdan görülüyor.



Şek. 30a. Vida ve somununun yapılışını gösteren model



Şek. 30b. Ciltçi presinde vidadan faydalanma

Türlü şekillerde olabilen vidalar, ağaç ve maden parçalarını birbir- lerine bağlamada kullanıldıkları gibi, ciltçi preslerinde, krikolarda,... da kullanılırlar.

ÖZET

1. KUVVET VE BİRİMLERİ. — Bir hareketi yapabilen, yapılan bir hareketi değiştiren veya cisimlerde şekil değişikliği yapan sebebe **kuvvet** denir.

Kuvvet birimi kg-kuvvet'tir. Bu, Paris'te saklanan iridyumlu plâtinden yapılmış bir silindirin ağırlığı - onu yere doğru çeken kuvvet miktarı - dır. Bunun katları ve askat- ları da kullanılır :

1 ton-kuvvet	=	1000 kg-kuvvet
1 kg-kuvvet	=	1000 gram-kuvvet
1 gram-kuvvet	=	981 dyn = 1000 miligram-kuvvet
1 Newton	=	100 000 dyn

dir. İngiliz ve Amerikalıların uygulamada kullandıkları kuvvet birimleri ise şunlardır :

1 libre (pound) = 16 ans = 453,6 g-kuvvet

1 ans = 8 dirhem = 31,1 gram

r.

2. KESİŞEN KUVVETLERİN BİLEŞTİRİLMESİ. — Aynı noktaya etkiyen kesişen ki kuvvetin bileşkesi bunlar üzerine çizilen paralelkenarın köşegenine eşittir.

3. AYNI YÖNLÜ İKİ PARALEL KUVVETİN BİLEŞKESİ. — Bunlara paralel, aynı yönde ve verilen kuvvetlerin toplamına eşittir. Yeri $F_1 \cdot \overline{AC} = F_2 \cdot \overline{BC}$ bağıntısiyle bulunabilir (Şek. 14).

4. TERS YÖNLÜ İKİ PARALEL KUVVETİN BİLEŞKESİ. — Bunlara paralel, büyük kuvvet yönünde, kuvvetlerin farkına eşit ve yeri $F_1 \cdot \overline{AC} = F_2 \cdot \overline{BC}$ bağıntısiyle belirlidir.

5. BİR KUVVETİN BİR EKSENE GÖRE MOMENTİ. — O kuvvetin şiddeti ile, kuvvet doğrultusu ve dönme ekseni arasındaki dikey uzaklığın çarpımına denir.

$$M = F d$$

(Şek 20).

6. KALDIRAÇ, MAKARA, ÇIKRIK, VİNÇ,... GİBİ BASİT MAKİNALAR. — Bunlar bir işi rahat (daha uygun doğrultularda ve küçük kuvvetlerle) yapmağa elverişli düzenlerdir. İşten hiç bir kâr sağlamazlar, ancak kendilerine verilen iş kadar onlardan iş alınabilir.

ÖDEV VE PROBLEMLER

1. Aynı noktaya etkiyen 30 ve 40 kg lık iki kuvvet birbirlerine diktirler. Bileşkelerini:

a) Ölçekli bir şekil yaparak, çizimle, bulunuz.

b) Hesapla bulunuz.

2. 5 kg lık bir kuvveti biri 3 kg lık olan iki dik bileşene ayırınız (Hem çizim ve hem de hesap yolu ile).

3. Şiddetleri 15 ve 24 kg olan iki kesişen kuvvet veriliyor. Aralarındaki açı 30°, 60°, 90°, 120° ve 180° olduğuna göre, bileşkeleri nedir? (Bir kısmı yalnız çizimle cevaplanacak).

4. Birbirleriyle 120 şer derece açı yapan üç eşit kesişen kuvvetin bileşkesini hesaplayınız.

5. 120 cm uzunluğundaki bir AB çubuğunun A ve B uçlarına 30 ve 40 kg lık birer paralel kuvvet - aynı yönde - etkimektedir. Bileşkelerini belirtiniz ve bulacağınız sonuçları ölçekli bir şekilde gösteriniz.

6. 50 kg lık bir kuvveti aynı yönde paralel iki bileşene ayırmak istiyoruz. Bileşenlerden birinin 30 kg şiddetinde ve ötekinin bileşkeden 18 cm uzakta olması istendiğine göre, 30 kg lık kuvvetin uygulama noktasını bulunuz.

7. 5. ci ödevde verilen paralel kuvvetleri ve bunların bileşkelerini ele alarak, bunların AB doğrultusu üzerinde bulunan herhangi bir noktaya göre momentlerini hesaplayınız ve gösteriniz ki, bileşkenin momenti bileşenlerin momentleri toplamına eşittir.

8. Uygulama noktaları arasında 15 cm uzaklık bulunan 7 ve 2 kg lık paralel ve fakat ters yönlü iki kuvvet veriliyor. Bunların bileşkesini bulunuz.

9. Uzunluğu 2 m olan bir kaldıraç 1000 kg lık bir yükü 50 kg lık bir kuvvetle kaldırmaktadır. Desteğin yerini bulunuz.

10. 150 cm uzunluğu olan bir kaldıraç bir ucundan yere dayanmakta ve bu sabit ucundan 12 cm uzaktaki bir noktasında bulunan bir yükü taşımaktadır. Bu yük, kaldıracın öteki ucundan 40 kg lık bir kuvvetle dengelenebildiğine göre, ne kadardır?

11. Aynı boyda olan iki hamal - uzunluğu 2 m olan bir demir boru ile - 120 kg lık bir yük taşıyacaklardır. Borunun iki ucunu omuzlarına dayadıktan sonra ağırlığı boruya asıyorlar. Hamallardan biri ancak 40 kg lık yük kaldırabildiğine göre, ağırlık borunun neresine asılmalıdır? Problemi:

a) Borunun ağırlığı hesaba katılmadığına göre,

b) Borunun ağırlığı 8 kg olduğuna göre çözünüz.

12. Bir kuyu çıkrığı ile 15 kg lık bir su kovası çekiliyor. İpin sarıldığı silindirin yarıçapı 15, kolun uzunluğu ise 45 cm dir. Kovayı çekmek için ne kadarlık bir kuvvet uygulamak gerekir?

13. Bir ciltçi presindeki vidanın adımı 1 cm ve vida kolunun uzunluğu 50 cm dir. Bu vida kolunun ucundan uygulanan 60 kg lık bir kuvvetle preste ne kadar kg lık bir sıkıştırma yapılabilir?

14. Bir palanga şeması çiziniz. Yükün 1 m yükseltilmesi için ipin ne kadar çekilmesi gerektiğini bulunuz. Hareket veren kuvvetin yapacağı iş miktarı (İş = Kuvvet × Yol olduğunu hatırlayınız) ile direngen kuvvetin yapacakları iş miktarının eşitliğini düşünerek, palanganın denge koşulunu çıkarınız.

15. Bir yükü 1/3 ve 1/6 sı kadar kuvvetlerle kaldırmağa elverişli olan birer palanga şeması çiziniz.

16. Ödev 14 deki işlemi, bir çıkrık için, yeniden yapınız.

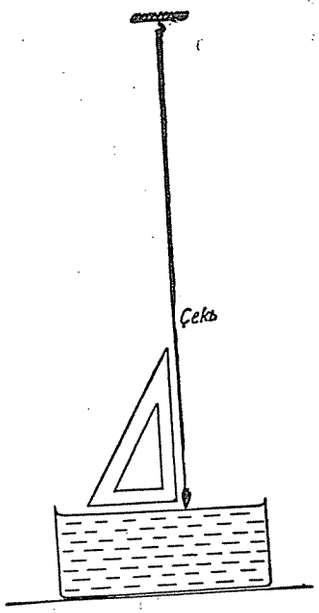
17. (Şek. 27) deki vincin, bir yükü 96 da biri kadar bir kuvvetle çekebilmesi için yapılması gereken birkaç değişiklik düşününüz.

BÖLÜM IV

AĞIRLIK VE KÜTLE

§ 38. YERÇEKİMİNİN VARLIĞI. — Kendi haline bırakılan bir isim yere doğru düşer. Cismi ufak parçalara ayırıp bu parçaları kendi allerine bırakmış olsak, yine düşerler. Deney nerede yapılmış olursa olsun bu böyledir. Demek oluyor ki cisimleri yere doğru çeken ve onla-ın moleküllerine kadar var olan bir kuvvet bulunmaktadır. Bu kuvvete, *yerçekimi kuvveti* - veya kısaca *ağırlık* - diyeceğiz.

§ 39. YERÇEKİMİ KUVVETİNİN DOĞRULTUSU VE YÖNÜ. — Kendi haline bırakılan bir cismin düşerken izlediği yol, yerçekimi kuvvetinin doğrultusunu belirtir. Bu doğrultu, pratik işlerde, *çekül* adı verilen basit bir aletle (Şek. 31) belirtilir. Bir yerdeki çekül doğrultusu, durgun bir sıvının serbest yüzüne - açıkhava ile dokunmakta olan yüzüne - diktir ve uzantısı yer'in merkezinden geçer.



Şek. 31. Çekül doğrultusu durgun bir sıvının açık yüzüne diktir.

Çekül doğrultusu, bulunulan yere göre değişir. Bu değişme, küçük bir bölgede - bir salona asılmış bulunan iki çekülde - pek sezilemez. Ama, çeküller birbirlerinden uzaklaştırıldıkça aralarındaki açı artar. Çekül doğrultuları arasında bilinen bir açı bulunan iki noktanın uzaklığı kolayca hesaplanabilir. 40 000 000 metre uzunluğundaki meridyen çevresi boyunca çekül doğrultusu 360° kadar değiştiğinden, çekülleri arasında 1′ lık bir açı bulunan iki nokta arası

$$\frac{40\,000\,000}{360 \times 60} = 1852 \text{ metre}$$

olur. Bu uzaklığa, **1 deniz mili** denir. Denizciler bunu uzunluk birimi olarak kullanırlar.

Yerçekiminin yönü, yukarıdan aşağıya doğrudur.

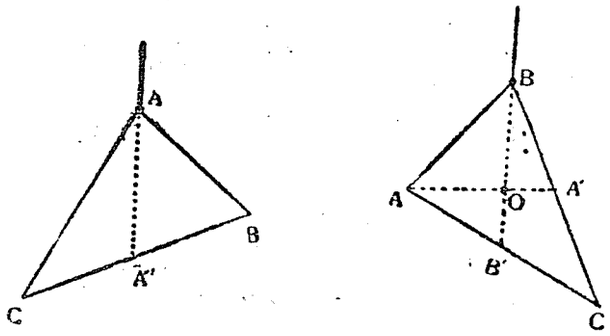
§ 40. AĞIRLIKLARIN ÖLÇÜLMESİ. — Ağırlık da, hareket ve şekil değişikliği verebilen bir kuvvet olduğundan, şiddeti, bu etkilerine dayana-

rak ölçülebilir. Yapılışlarını daha önce açıkladığımız dinamometreler, ağırlıkları da - kuvvetleri ölçtükleri gibi - ölçerler.

§ 41. AĞIRLIĞIN DEĞİŞMESİ. — Duyarlıklı bir dinamometre ile bir cismin değişik yerlerdeki veya aynı yerde - ama, değişik yüksekliklerdeki, ağırlıkları ölçülürse, bu ağırlıklar arasında küçük farklar görülür. Yerçekiminden ileri gelme öteki etkiler (cisimlerin düşmesi, bir sarkacın salınımları,...) da bulunulan yer ve yüksekliğe göre değişmektedir.

§ 42. YERÇEKİMİ KUVVETİNİN UYGULAMA NOKTASI (AĞIRLIK MERKEZİ). — Bir cismin en küçük parçacığının bile düşmesi yerçekiminin moleküllere kadar var olduğunu kabul ettirir. Bir cismin bütün moleküllerine kadar etkiyen yerçekimi kuvvetlerinin bileşkesi o cismın ağırlığını verdiği gibi, bu bileşkenin uygulama noktası, cismin *ağırlık merkezi* olur.

§ 43. AĞIRLIK MERKEZİNİN DENEYLE BULUNMASI. — Bunun için cisim herhangi bir A noktasından asılır (Şek. 32 *a*). Denge ku-



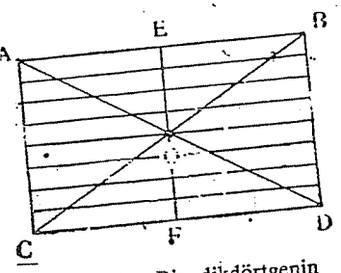
Şek. 32a. Ağırlık merkezinin deneyle bulunması

rulduğu zaman, bağlama ipinin gösterdiği $\overline{AA'}$ çekül doğrultusu belirtilir. Ağırlık merkezi bu doğru üzerindedir. Bundan sonra, cisim, başka bir B noktasından asılarak $\overline{BB'}$ gibi ikinci bir çekül doğrultusu daha belirtilir. Ağırlık merkezi bunun üzerinde de bulunacağından $\overline{AA'}$ ve BB′ nün O kesim noktası, aranılan *ağırlık merkezi* olur.

§ 44. DÜZGÜN ŞEKİLLİ CİSİMLERİN AĞIRLIK MERKEZLERİ. — Düzgün geometrik şekillerin ağırlık merkezleri teorik yoldan da bulunabilir. Varılan sonuçlar, deneyler ile de doğrulanmışlardır.

a) *Homogen ve ince bir çubuğun ağırlık merkezi:* Homogen yâni r noktasındaki bileşimi ve kesiti aynı olan ince bir çubuğun, veya r telin, ağırlık merkezi bu çubuğun ortasıdır.

b) *Homogen bir dikdörtgenin ağırlık merkezi:* Köşegenlerinin kem noktasıdır (Şek. 32 b). Bunu teorik yoldan bulmak için, homogen bir dikdörtgen levhayı, yanyana sıralanmış ince çubuklardan oluşmuş gibi düşünelim. Her bir çubuğun ağırlık merkezi kendi ortasında toplanmış farz edilirse, bütün levhanın ağırlığı EF doğrusu üzerinde toplanmış olur. EF de homogen bir çubuk gibi olduğundan onun da ağırlık merkezi O orta noktasıdır. Demek oluyor ki, homogen bir dikdörtgen levhanın ağırlık merkezi, köşegenlerinin O kesim noktasıdır.



Şek. 32b. Bir dikdörtgenin ağırlık merkezi

c) *Homogen bir dairenin ağırlık merkezi:* Bu dairenin merkezidir.

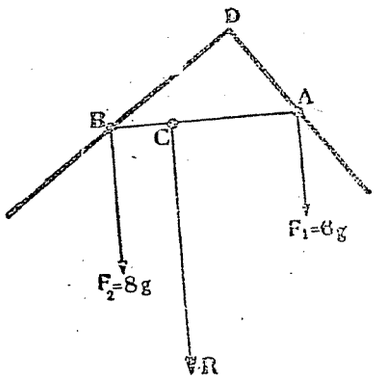
ç) *Bir silindirin ağırlık merkezi:* Ekseninin ortasıdır.

d) *Bir dik prizmanın ağırlık merkezi:* Tabanlarının ağırlık merkezlerini birleştiren doğrunun ortasıdır.

e) *Bir üçgenin ağırlık merkezi:* Kenarortaylarının kesim noktasıdır (Şek. 32 a).

ALIŞTIRMA: Uzunluğu 28 cm olan 14 g lık bir tel, bir kenarı 12 cm olan bir dik açı şeklinde kıvrılıyor. Bu şeklin ağırlık merkezini bulunuz.

ÇÖZÜM: Verilen telin 1 cm si 0,5 gram olduğundan, bir dik açı şeklinde kıvrıldığı zaman, 12 cm lik kenar 6 g, 28 — 12 = 16 cm lik öteki kenar ise 8 g çeker. Kenarların ağırlıklarını kendi ortaları olan A ve B noktalarında toplanmış 6 ve 8 g lık birer kuvvetle gösterebiliriz (Şek. 33). Verilen şeklin ağırlık merkezi bu iki kuvvetin bileşkesinin C uygulama noktasıdır. C noktasını bulmak için:



Şek. 33

$$F_1 \cdot \overline{AC} = F_2 \cdot \overline{BC}$$

bağıntısını

$$6 \cdot \overline{AC} = 8 \cdot \overline{BC}$$

şeklinde yazarak, $\overline{AC} = \frac{4}{3}\,\overline{BC}$ buluruz. ADB dik üçgenini göz önüne alarak da,

$$\overline{AB} = \overline{AC} + \overline{BC} = \frac{4}{3}\,\overline{BC} + \overline{BC} = \frac{7}{3}\,\overline{BC} = \sqrt{AD^2 + DB^2} = \sqrt{64 + 36} = 10$$

yazılarak, bundan $\overline{BC} \approx 4{,}3$ cm bulunur.

SONUÇ: Aranan ağırlık merkezi kenarların ortalarını birleştiren doğru üzerinde ve B den 4,3 cm uzaktadır.

§ 45. KÜTLE. — Her cisimde özel yapılı ve belli sayıda molekül bulunmaktadır. Bunlar, cismin değişmeyen maddesel varlığıdırlar, bulunulan yere ve fiziksel koşullara bağlı değildirler. Ağırlık, değişen bir miktar olduğuna göre, bir cisimdeki sabit madde miktarını - veya cismin maddesel varlığını - belirtemez. Bir cisimdeki madde miktarını, ağırlıktan başka bir büyüklük olarak tanımlamak gerekir. Bu miktara, kütle diyeceğiz. Kütlenin tam tanımını ilerideki sınıflarda vereceğiz. Şimdilik, «Kütle, bir cisimdeki değişmez olan madde miktarının ölçümüdür.» demekle yetineceğiz.

Kütle birimi olarak, Sèvres'deki «Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Bürosu»nda saklanan iridyumlu plâtinden yapılmış bir silindirin kütlesi (ondaki madde miktarı) seçilmiştir. Bu birime *kilogram kütle* denir. Aynı silindirin Paris'teki ağırlığına 1 kg-kuvvet denildiğini ve bunun kuvvet birimi olduğunu da görmüştük. Kilogram-kütlenin katları ve askatları olan kütle birimlerinin birkaçı şunlardır:

1 ton-kütle	=	1000 kg-kütle
1 kg-kütle	=	1000 gram-kütle
1 gram-kütle	=	1000 miligram-kütle

Kilogram-kuvvet ve kg-kütlenin aynı etalonla tanımlanması ton, kg, gram gibi terimlerin hem kütleler ve hem de ağırlıklar için kullanılabileceğini göstermektedir. Üstelik, aynı isimli birimlerin kullanılması koşuluyla, bir cismin kütle ve ağırlığı aynı sayı ile belirtilebilir. Örneğin, «1 g lık bir cisim» denildiği zaman iki şey anlaşılır:

a) Cismin kütlesi 1 (gram-kütle) dir.

b) Cismin ağırlığı 1 (gram-kuvvet) tir.

Kütle - cisim nereye giderse gitsin - hep aynı kaldığı halde, ağırlık bulunulan yere göre değişir. Yapılan incelikli deneylerle, 1 g-kütlenin ağırlığı Paris'te 981 *dyn* alınarak, Ekvator'da 978 *dyn*, Kutuplar'da 983 *dyn*, İstanbul'da 980,3 *dyn*, Ankara'da 979,9 *dyn*,... v.b. bulunmuştur. 1 gram-kütlenin herhangi bir yerde *dyn* cinsinden ağırlığı g ile gösterilir. g, cisme değil, bulunulan yere göre değişen bir sayıdır ve gerçek anlamı ilerideki sınıflarda görülecektir. 1 g-kütlenin herhangi bir yerdeki ağırlığı g ile gösterildiğine göre, m gram-kütlenin *dyn* cinsinden olan G ağırlığı:

$$\boxed{G = mg} \qquad (6)$$

bağıntısıyle hesaplanır.

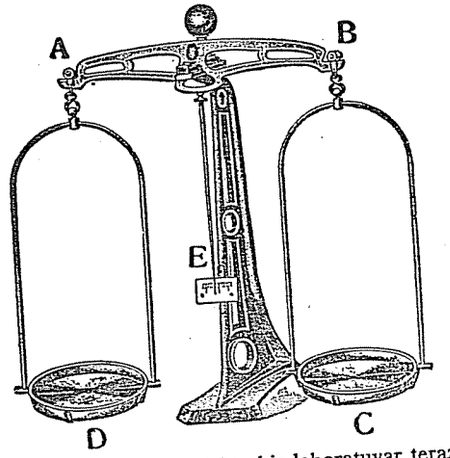
TERAZİ

§ 46. KÜTLELERİN ÖLÇÜLMESİ, TERAZİ. — Bir dinamometre isimlerin ağırlıklarını ölçer. Bulunan sonuçlar, az önce işaret etiğimiz gibi, ölçü yapılan yere göre değişir. Bu değişme, Dünyamız çin pek önemli olmamakla beraber, incelikli ölçmeler için, ihmal edilemez. Üstelik, dinamometreler duyarlıklarını kolay kaybederler. Bu nedenlerle kütleleri ölçmek için başka aletler - teraziler - yapılmıştır. Terazi, (Şek. 34) de görüldüğü gibi, şu temel parçalardan yapılmıştır:

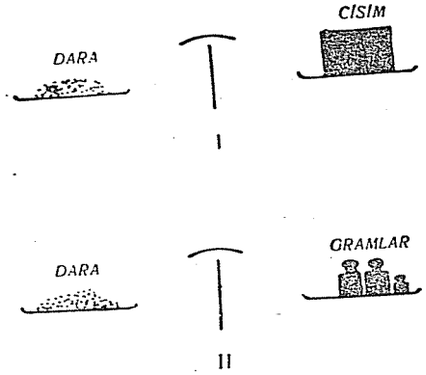
1) *Ok:* Madensel bir çubuk - bir AB kaldıracı - dır.

2) *Bıçak:* Okun tam ortasına geçirilmiş ve bir ayrıtı aşağıya bakan küçük bir üçgen prizmadır. Bıçağın keskin ayrıtı sert bir düzlem levha veya bir yatak üzerine oturmuş olup, ok bu ayrıt etrafında dönebilir.

3) *Kefeler:* Birine tartılacak cisim ve ötekine bilinen kütleler konan ve okun A ve B uçlarına asılmış bulunan C ve D tabaklarıdır.



Şek. 34. Orta duyarlıkta bir laboratuvar terazisi



Şek. 35 a. Çift tartı metodu.

4) *Gösterge:* Okun ortasına ve ona dik olarak bağlanmış ince bir OE çubuğudur.

İncelikli teraziler, sürtünme ve aşınmaları azaltacak, aleti toz ve nemden koruyacak ve düzgün durmasını sağlıyacak düzenler (çekül veya su düzeci) ile de donatılır.

§ 47. TARTMA METOTLARI. DUYARLIK VE DOĞRULUK. — Pratikte, *basit tartma metodu* kullanılır. Bunun için tartılacak cisim bir kefeye, bir gram kutusundan alınan gramlar ise öteki kefeye konarak terazi dengeye getirilir. Bilinen gramların toplam kütlesi, tartılan cismin

kütlesini verir. Tartı nerede yapılmış olursa olsun, sonuç değişmez. Çünkü, tartı yerinin değişmesi, tartılan kütlenin ağırlığını ne miktar değiştirmişse, onu dengeleyen gramların ağırlığını da o miktarda değiştirmiş olur ve bu yüzden terazinin dengesi bozulmaz.

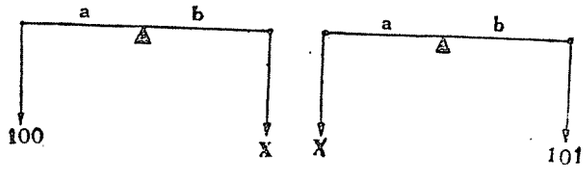
Bir terazide aranan özelliklerden biri *duyarlık*'tır. Bir terazinin - veya, bu terazi ile yapılan bir tartının - duyarlığını deneysel olarak belirtmek için; terazi, önce dengelenir ve sonra kefelerinden birisine 1 g, 1 dg, 1 cg, 1 mg, 1/10 mg,... gibi gitgide küçülen ekağırlıklar koyarak, göstergeye gözle sezilebilecek bir sapma veren ekağırlıklardan en küçüğü aranır. Bu ekağırlık, diyelim 1 mg olarak bulunmuş ise, terazi, *1 miligrama kadar* duyar demektir. Deneyler, yüklü terazilerin boş terazilerden daha az duyar olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, laboratuvar terazilerine, tartabilecekleri maksimum yük ve bu yük altındaki duyarlıkları işaretlenir. Laboratuvarlarda, 1 kg'ı, 1 mg lık bir duyarlıkla - demek, 1/1000 000 lık bir bağıl hata ile - ölçebilen teraziler çoktur.

Bir terazinin duyar olması için; kolları kısa ve hafif, ağırlık merkezi yukarıda ve bıçakları keskin ve sert olmalıdır.

Bir terazide aranan özelliklerden ikincisi, *terazinin doğruluğu*'dur.

Bir terazinin bıçağı okun tam ortasına yerleştirilemezse veya kolun iki yarısı birbirleri ile tamı tamına simetrik değillerse terazi doğru olmaz. Böyle bir terazide, kefelerdeki cisim ve gramların yerleri değiştirildiği zaman, denge bozulur. Bir terazi yapımında, duyarlık artırıldıkça, doğruluğu gerçekleme git gide zorlaşır. Çok incelikli tartılarda kullanılan lâboratuvar terazileri, bu incelikleri oranında doğru yapılamazlar. Bir terazinin doğru olmaması önemli bir kusur değildir. Çift tartı yapmakla, doğru olmayan bir terazi ile cisimleri doğru tartabiliriz. Çift tartı metodunda, bir kefeye cisim ve öteki kefeye, cismi dengeleyene kadar, dara konur (Şek. 35*a*). Bundan sonra, cisim kaldırılır ve yerine aynı darayı dengeleyene kadar, gramlar konur. Gramların toplam kütlesi tartılan cismin kütlesini verir.

ALIŞTIRMA: Aynı bir cisim bir terazinin sağ ve sol kefesine konarak tartıldığında 100 ve 101 g gelmektedir. Terazi kolları arasındaki oranı ve cismin gerçek tartısını bulunuz.



Şek. 35 b

ÇÖZÜM: Terazinin kollarına a ve b, cismin gerçek tartısına ise x diyelim (Şek. 35b). Cismin sağ ve sol kefelerdeki tartılarından her biri için,

$100 \cdot a = b \cdot x$ ve $x \cdot a = b \cdot 101$ koşullarını yazar ve bunları bölersek,

$$\frac{100}{x} = \frac{x}{101}, \quad x^2 = 100 \times 101$$

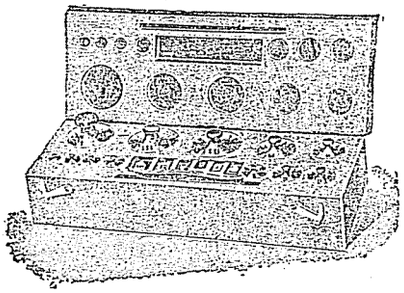
cismin gerçek tartısı olarak, $x = \sqrt{100 \times 101} \approx 100{,}5$ g bulunur.

Kollar arasındaki a/b oranı, «$100 \cdot a = b \cdot x = 100{,}5 \cdot b$» denkleminden

$$a/b = 100{,}5/100 = 1{,}005$$

bulunur.

§ 48. GRAM KUTULARI. — Bu kutularda, kütleleri bilinen gramlardan birer takım bulunur (Şek. 36). Şekildeki kutuda bulunan 12 bilinen kütle şunlardır: 1 g, 2 g, 2 g, 5 g, 10 g, 20 g, 20 g, 50 g, 100 g, 200 g, 200 g ve 500 g. Bunlarla, 1 g dan başlanarak, hepsinin toplamı olan 1110 grama kadar bütün tamsayılar kadar olan kütleler tartılabilir. Benzer düzenlerle, bunlardan daha büyük veya küçük olan kütlelerin ölçülmesine yarayan kutular da yapılır. (Şek. 36) daki kutuda, 1 g dan küçük tartılarda kullanılacak parçalar da görülüyor.



Şek. 36. Bir gram kutusu

YOĞUNLUKLAR VE ÖZGÜL AĞIRLIK

§ 49. MUTLAK YOĞUNLUK, BAĞIL YOĞUNLUK. — Değişik cisimlerden alınan eşit hacımlı parçalar tartılırlarsa, genel olarak, değişik sayılar bulunur. Örneğin, 1 cm³ su 1 g geldiği halde, 1 cm³ demir 7,1 g, 1 cm³ civa 13,6 g, 1 cm³ alkol ise 0,8 g gelir.

Bir cismin 1 «hacım birimi» nin - 1 cm³ 'ünün v.b. - kütlesine, o cismin «mutlak yoğunluğu» denir.

Mutlak yoğunluğa *özgül kütle* denildiği de olur.

Herhangi bir cismin V «hacım birimi» nin kütlesi m «kütle birimi» ise, d mutlak yoğunluğu (1 hacım birimindeki kütle miktarı):

$$d = \frac{m}{V} \tag{7}$$

olur. Hacmı 5 cm³ olan bir cismin kütlesi 20 g-kütle ise, bu cismin mutlak yoğunluğu:

$$d = \frac{m}{V} = \frac{20 \text{ g-küt}}{5 \text{ cm}^3} = 4 \text{ g-küt/cm}^3$$

olur. Bu örnekten görmekteyiz ki, yoğunluğun birimi, kütle ve hacım için seçilen birimlere bağlıdır. m nin kg-kütle, V nin ise dm³ olarak alınması ile yoğunluk,

$$d = \frac{0.020 \text{ kg - kütle}}{0.005 \text{ dm}^3} = 4 \text{ kg - küt/dm}^3$$

çıkar. Bu hesaplamada, İngiliz birimlerini kullanmış olsak, aynı mutlak yoğunluk için bambaşka bir sayı elde ederiz. Gerçekten: 5 cm³ = 0,305 inç³ ve 20 g = 0,044 libre olduğundan, aynı cismin yoğunluğunu

$$d = \frac{0{,}044 \text{ libre}}{0{,}305 \text{ inç}^3} = 0{,}144 \text{ lib/inç}^3$$

buluruz.

Bu örneğin gösterdiği gibi, belli bir cismin mutlak yoğunluğu, değişik ülkelerde başka başka sayı ve birimlerle deyimlenmektedir ki bu, karışıklıklara yol açabilir. İşte bu nedenle, cisimler için, değerleri seçilen birimlere bağlı olmayan, bağıl yoğunluklar tanımlanır. Bağıl yoğunluklar, katı ve sıvılar için «su» ya ve gazlar için «hava» ya göre tanımlanır.

Suya göre yoğunluk: Bir cismin kütlesi (veya ağırlığı) ile, bu cisim kadar hacımlı olan suyun kütlesi (veya ağırlığı) arasındaki orana, «suya göre yoğunluk» denir.

Bir cismin suya göre yoğunluğunun 4 olduğunu söylemek, o cismin, kendi hacmı kadar olan sudan kütle ve ağırlıkça 4 kat büyük olduğunu söylemek demek olup, bunun, kütle ve hacım için kullanılan birimlere bağlı olmadığı açıktır.

Bir cismin ve bununla eşit hacımlı olan suyun kütleleri m ve m' ise, bu cismin suya göre yoğunluğu

$$\delta = \frac{m}{m'} \tag{8}$$

dür. Cisim ve su için alınan eşit hacımların 1 cm³ olması halinde, m ve m' yerine, o cismin ve suyun d ve d' mutlak yoğunlukları alınabileceğinden, üstteki bağıntı yerine,

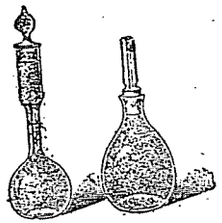
$$\delta = \frac{d}{d'} \tag{9}$$

de kullanılabilir. Bizim yurdumuzda da kullanılan C. G. S. birimlerine göre, suyun mutlak yoğunluğu 1 e eşit olduğundan bir cismin d mutlak yoğunluğu ile δ bağıl yoğunluğu aynı sayı ile belirtilir. Bu durumun İngiliz birimleri için böyle olmadığına işaret edelim.

§ 50. ÖZGÜL AĞIRLIK. — Bir cismin 1 «hacım birimi» miktarı-

ın ağırlığına, o cismin *özgül ağırlığı* denir. Hacmı V ve ağırlığı G lan bir cismin ρ ile göstereceğimiz özgül ağırlığı :

$$\rho = \frac{G}{V} \qquad (10)$$



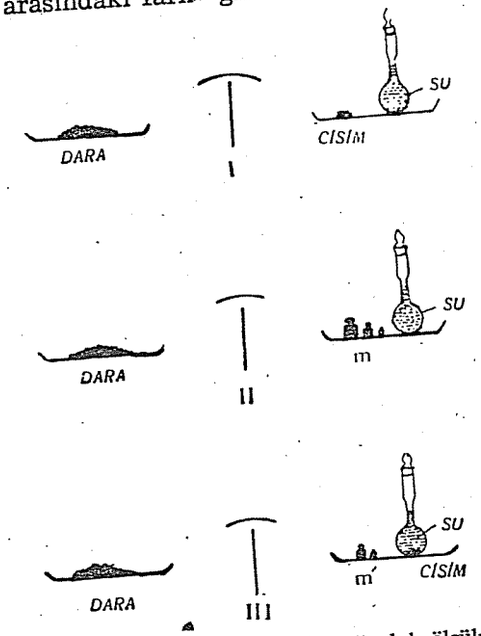
Şek. 37. Türlü yoğunluk şişeleri

olur. Hacmı 5 cm³ olan bir cismin ağırlığı 20 g-kuvvet olsa, özgül ağırlığı :

$$\rho = \frac{G}{V} = \frac{20 \text{ g-kuvvet}}{5 \text{ cm}^3} = 4 \text{ g-kuv/cm}^3$$

olur.

Aynı bir cismin mutlak yoğunluğu ve özgül ağırlığı arasındaki farkın, «kütle ve ağırlık arasındaki fark» gibi olduğuna dikkatinizi çekiniz.



Şek. 38 a. Yoğunluk şişesi ile yoğunluk ölçülmesi

§ 51. YOĞUNLUKLARIN ÖLÇÜLMESİ. — Az önce gördüğümüz $d = \frac{m}{V}$ bağıntısı, bir cismin mutlak yoğunluğunu hesaplamak için, kütle ve hacmını ölçmenin gerektiğini göstermektedir. Bir cismin kütlesi terazi ile ölçülür. Hacmını bulmak için, düzgün bir şekli varsa, bazı boyutlarını ölçmek ve geometri formüllerinden faydalanmak, düzgün bir şekli yoksa

bölmeli bir silindir içindeki suyu yükseltme miktarını - veya, dolu bir taşırma kabından taşırdığı su miktarını - ölçmek gerekir.

Yoğunlukları - incelikli bir şekilde - ölçmede «yoğunluk şişeleri» kullanılır (Şek. 37).

§ 52. KATI BİR CİSMİN YOĞUNLUĞUNUN «YOĞUNLUK ŞİŞESİ» İLE ÖLÇÜLMESİ. — Bunun için (Şek. 38*a*) da görüldüğü gibi, terazinin bir kefesine işaret çizgisine kadar su ile doldurulmuş yoğunluk şişesi ve cisim, öteki kefesine ise - denge kuruluncaya değin - dara konur. Bundan sonra cisim kaldırılır ve yerine gramlar konur. Bunların toplamı cismin m kütlesini verir. Daha sonra, cisim şişe içerisine konur. İşaret çizgisini aşan su dışarıya atılır. Dengenin yeniden kurulması için m' kadar gram gerekmiş olsun. m', taşan suyun gram cinsinden kütlesini verdiği gibi, cm³ cinsinden hacmını da verir. Cismin kütle ve hacmı bu yolla bulunduktan sonra, yoğunluk

$$d = \frac{m}{V} = \frac{m}{m'}$$

bağıntısından hesaplanır.

§ 53. BİR SIVI YOĞUNLUĞUNUN «YOĞUNLUK ŞİŞESİ» İLE ÖLÇÜLMESİ. — Bunun için şişe, önce boş, sonra yoğunluğu ölçülecek sıvı ve daha sonra su ile, işaret çizgisine kadar dolu iken, tartıldığında m_1, m_2 ve m_3 gram gelmiş olsun $m_2 - m_1$ şişe içindeki sıvının kütlesini, $m_3 - m_1$ ise, şişe içindeki su kütlesini - veya şişe hacmını - verdiğinden, aranılan yoğunluk :

$$d = \frac{m}{V} = \frac{m_2 - m_1}{m_3 - m_1}$$

olarak bulunur.

§ 54. BİR GAZ YOĞUNLUĞUNUN ÖLÇÜLMESİ. — Bunun için, 1 - 2 litrelik çift musluklu bir balon (Şek. 38 *b*), önce içinde yoğunluğu ölçülecek gaz bulunmakta iken ve sonra içindeki gaz, bir boşaltma tulumbası ile, boşaltılmış olarak tartıldığında m_1 ve m_2 gram gelmiş olsun. Bundan sonra, balonun ağzı bir su kabına daldırılarak musluğu açılırsa, balona - az önce içinden boşalttığımız gazı hacmı kadar hacımda olan - su girer. Balon bu durumda tartıldığında m_3 gram gelmiş olsun. $m_1 - m_2$ balondan boşaltılmış olan gazın m kütlesini, $m_3 - m_2$ ise içine dolan suyun - dolayısiyle balondan boşalan gazın - hacmını vereceğinden aranan yoğunluk :

Şek. 38 b. Çift musluklu balon

$$d = \frac{m}{V} = \frac{m_1 - m_2}{m_3 - m_2}$$

olur.

Yoğunluk çizelgesi

Cisimler	Yoğunluklar	Cisimler		Yoğunluklar	
Katı cisimler		**Sıvılar**			
Altın	19,32	Aseton	(0°C)	0,814	
Alüminyum	2,58 — 2,70	Benzin		0,870	
Bakır	8,70 — 8,92	Civa	(0°C)	13,596	
Çelik	7,82	Deniz suyu	(15°C)	1,025	
Çinko	6,86 — 7,19	Gliserin	(0°C)	1,264	
Demir	7,10 — 7,84	İspirto (Alkol)	(0°C)	0,790	
Kalay	8,80	Sâf su	(+4°)	1,000	
Kobalt	7,29	Terebentin		0,873	
Krom	6,92	Zeytinyağı		0,917	
Kurşun	11,37	**Gazlar**			
Nikel	8,68		Havaya göre	Mutlak g/l	
Pirinç	8,50	Hava	1	1,293	
Plâtin	21,50	Hidrojen	0,0695	0,090	
Üranyum	18,70	Oksijen	1,105	1,429	
Buz	0,90	Azot	1,529	1,978	
Cam	2,50	Karbon dioksit	0,967	1,206	
Çam ağacı	0,50 — 0.56	Klor	2,491	3,222	
Mantar	0,22 — 0,26	Neon	0,689	0,189	

NOT: Katı ve sıvı cisimlerin yanlarındaki yoğunluklar suya göre olduğu gibi g/cm³ kg/dm³ ve ton/m³ cinsinden mutlak yoğunlukları da verir.

ÖZET

1. AĞIRLIK VE KÜTLE. — Bir cismin ağırlığı ona etkiyen yerçekimi kuvvetinden ibarettir. Bu kuvvet, bulunulan yer ve yüksekliğe bağlı olarak değişir.

Bir cisimdeki değişmez madde miktarı ise, o cismin kütlesini verir. 1 gramlık bir kütleyi yer'e doğru çeken kuvvet g dyn ise, m gramlık bir kütlenin dyn olarak ağırlığı:

$$G = mg$$

bağıntısından hesaplanabilir.

2. YOĞUNLUK VE ÖZGÜL AĞIRLIK. — Bir cismin 1 hacım birimi içinde bulunan kütle mikdarına, o cismin mutlak yoğunluğu denir.

V cm³ hacmındaki bir cisimde m gram kütle varsa, o cismin d yoğunluğu:

$$d = \frac{m}{V}$$

olur.

$V = \frac{P}{d}$

BAĞIL YOĞUNLUK: Bir cismin kütlesi ile aynı hacımdaki suyun kütlesi arasındaki

$$\delta = \frac{m}{m'} = \frac{d}{d'}$$

oranıdır.

Bir cismin 1 hacım birimi kadar bir miktarının ağırlığına, o cismin özgül ağırlığı denir. Hacmı V ve ağırlığı G olan bir cisimde özgül ağırlık:

$$\rho = \frac{G}{V}$$

ye eşittir.

ÖDEV VE PROBLEMLER

1. 20 cm uzunluktaki bir telin bir ucundan 5 cm lik parçası bu tel üzerine katlanıyor. Meydana gelen şeklin ağırlık merkezini bulunuz.

2. Bir kenarı 5 cm olan kare şeklinde bir levhanın bir kenarı üzerine 5 cm kenarlı eşkenar üçgen şeklinde ikinci bir levha yapışıktır. Her iki levhanın aynı cins ve kalınlıkta olduğu bilindiğine göre sistemin ağırlık merkezini bulunuz.

3. Aynı maddeden yapılma ve çapları aynı olan bir silindir ve bir küre üst üste konmuştur. Bu sistemin ağırlık merkezinin dokunma noktasında olması için silindirin yüksekliği ne kadar olmalıdır?

4. Yanlış bir terazide sağ kefeye konan 1 kg lık bir cismi, sol kefeye konan 1010 g dengeye getiriyor. Terazi okunun uzunluğu 50 cm olduğuna göre, bıçak okun ortasından ne kadar uzakta bulunmaktadır?

5. 100 gramlık bir cisim kollarının oranı $\frac{100}{101}$ olan bir terazinin sağ ve sol kefelerinde tartılınca ne gelir?

6. Kenarları 10 cm, 2 cm ve 1 m olan bir dikdörtgensel demir prizmanın kütle ve ağırlığını bulunuz. Demirin yoğunluğu 7,8 g/cm³.

7. Yarıçapı 10 cm olan bir pirinç küre 15 kg geliyor. Pirincin yoğunluğu 8,5 g/cm³ olduğuna göre bu küre dolu mudur? Değilse içindeki boşluğun hacmı ne kadardır?

8. 250 cm³ hacmındaki bir şişe içine yoğunluğu 0,73 olan eter doldurulmuştur. Bu sıvının kütlesini ve Ankara'daki ağırlığını, dyn cinsinden bulunuz.

9. 42,9 g lık bir cisim, ağzına dek civa dolu bir kaba konduğunda, bu kabı 15,7 g kadar ağırlaştırıyor. Bundan cismin yoğunluğunu bulunuz. Civanın yoğunluğu 13,6 g/cm³ dür.

10. Bir cisim, ağzına dek su dolu bir kaba batırıldığı zaman bu kabı 21,75 g ağırlaştırıyor. Yoğunluğu 0,9 olan bir yağa batırılınca da 51,75 g lık bir ağırlaşma oluyor. Bunlardan, cismin hacmını, kütlesini ve yoğunluğunu buluruz.

11. Bir yoğunluk şişesi boş, su ile dolu ve yoğunluğu bilinmiyen bir sıvı ile dolu olarak tartıldığında sıra ile 100 g, 140 g ve 132 g geliyor. Bundan sıvının yoğunluğunu bulunuz.

12. Çapları 6 mm, 8 mm ve 10 mm, boyları 12 şer metre ve yoğunlukları 7,1 g/cm³ olan demir çubukların ağırlıkları ne kadardır?

13. Boyutları 4 m × 5 m × 3 m olan bir odada bulunan hava kaç kg dır?

BÖLÜM V

İŞ VE GÜÇ

§ 55. İŞ. — Bir kuvvet, uygulandığı cisme bir hareket verebiliyorsa, *iş yapıyor*, denir. İtilen bir vagon hareket etmiş ise, vagona etkiyen kuvvet iş yapmış olur. Su dolu bir kova kuyudan çekilirse, ip vasıtasiyle ona etkiyen çekme kuvveti iş yapar. Kendi haline bırakıldığı zaman düşen bir cisim de iş yapar. Kuvvet, etkidiği cisme bir hareket veremezse, iş yapmış olmaz: Bir masa üzerinde duran bir cisme ağırlığı etkidiği halde - masanın tepkisiyle - bu cisim düşemez. Bu halde cisme etkiyen yerçekimi kuvveti iş yapmaz.

Etkidiği cisme, kendi doğrultusunda hareket verebilen sabit bir kuvvetin yaptığı iş miktarı, kuvvetin şiddeti ve yolla doğru orantılıdır ve,

$$\text{İş} = \text{Kuvvet} \times \text{Yol}$$

veya kısaca,

$$W = Fs \qquad (11)$$

ye eşittir.

§ 56. İŞ BİRİMLERİ. — İşi hesaba yarayan bağıntıdan, iş birimleri de tanımlanır. Şiddeti 1 «kuvvet birimi» kadar olan bir kuvvet, uygulandığı cisme, kendi doğrultusunda, 1 «uzunluk birimi» kadar bir yol aldırabiliyorsa, yapılan iş miktarı, 1 «iş birimi» olur. Görülüyor ki, iş birimleri, kuvvet ve yol için seçilen birimlere bağlıdır. Başlıca iş birimlerini verelim:

a) *Erg*: 1 dyn lik bir kuvvet, etkidiği cismi kendi doğrultusunda 1 cm kadar hareket ettirebiliyorsa, yapılan iş:

$$W = Fs = 1 \text{ dyn} \times 1 \text{ cm} = 1 \text{ dyn} \times \text{cm}$$

olur. Bu iş birimine, «dyn × cm» veya kısaca «erg» denir.

b) *Kilogram · metre (kg · m)*: 1 kg lık bir kuvvet, etkidiği cismi kendi doğrultusunda 1 metre hareket ettirebiliyorsa, yapılan iş

$$W = 1 \text{ kg} \times 1 \text{ m} = 1 \text{ kg} \times \text{m}$$

olur. Bu iş birimine, kilogram · metre (kg · m) denir. 1 kg·m nin erg cinsinden karşılığı

$$1 \text{ kg·m} = 1 \text{ kg} \times 1 \text{ m} = 981\,000 \text{ dyn} \times 100 \text{ cm} = 98\,100\,000 \text{ erg}$$

dir

c) *Joule (Jul)*: 1 newton'luk bir kuvvetin etkidiği cismi, kendi doğrultusunda, 1 m hareket ettirmesi halinde yaptığı iş miktarıdır:

$$1 \text{ Joule} = 1 \text{ newton} \times 1 \text{ m} = 1 \text{ newton} \cdot \text{m}$$

Joule'un öteki birimler cinsinden değeri ise:

$$1 \text{ Joule} = 100\,000 \text{ dyn} \times 100 \text{ cm} = 10^7 \text{ erg} = \frac{1}{9{,}81} \text{ kg} \cdot \text{m}$$

dir.

ç) *Watt · saat (W · h)*: Özellikle elektrikte kullanılan bir iş birimi olup:

$$1 \text{ Watt} \cdot \text{saat (W} \cdot \text{h)} = 3\,600 \text{ joule}$$

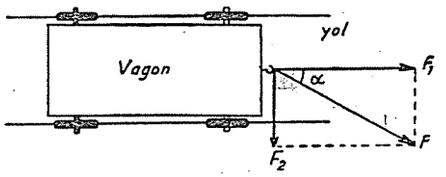
dur.

d) *Kilowat · saat (kW · h)*: Bu da elektrikte kullanılır. Evlerimizdeki elektrik sayaçları, harcadığımız elektrik enerjisini kilowatt - saat cinsinden ölçer. Adından da anlaşılacağı üzere:

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 1\,000 \text{ W} \cdot \text{h} = 3\,600\,000 \text{ joule}$$

dur.

§ 57. İŞİN GENEL FORMÜLÜ. — Sabit bir kuvvetin, üzerine etkidiği cismi kendi doğrultusunda s kadar hareket ettirmesi halinde yaptığı iş miktarının $W = Fs$ olduğunu görmüştük.. Arasıra, kuvvet ve yol doğrultuları arasında bir açı bulunması hali ile de karşılaşırız. Örneğin, rayları üzerinde harekete zorunlu olan bir vagonu (Şek. 39), bir iple, yolla α açısı yapan bir F kuvvetiyle çekmiş olsak, vagonu yine hareket ettirebiliriz. Vagonun hareketi için en elverişli halin, kuvveti yol doğrultusunda uygulamak ($\alpha = 0$) olduğu bellidir. α açısı büyüdükçe, vagonu daha büyük kuvvetlerle çekmek gerekir. $\alpha = 90°$ halinde ise vagonun raylar üzerinde hareketi mümkün olmaz. Yolla herhangi bir α açısı yapan bir F kuvvetinin yapacağı iş miktarını hesaplamak için, kuvveti biri yol doğrultusunda olan F_1 ve ötekisi yola dik olan F_2 bileşenlerine ayırmak gerekir. Hareket için yararlı olan F_1 bileşeninin doğrultusunda alınan yol s ise, yapılan iş miktarı, İş = yararlı bileşen × yol, veya kısaca:



Şek. 39. İşin genel bağıntısı için

$$W = F_1 \cdot s \qquad (12)$$

ir. F_2 doğrultusunda hareket olmadığı için, bu bileşenin yapacağı iş miktarı sıfırdır.

Sonuç: Yolla herhangi bir açı yapan bir kuvvetin yaptığı iş, kuvvetin yol doğrultusundaki bileşeninin yapacağı işe eşittir.

§ 58. GÜÇ. — Bir iş yapılmasında, önemli olan şey yalnız yapılan işin miktarı değildir. Bu işin ne kadar zamanda yapıldığının bilinmesi de o derece önemlidir. İki makina aynı miktar işi, biri 1 saatte, öteki 1 günde yapıyorsa bu iki makinanın «iş yapmadaki hızları eşit değildir» deriz. İş yapabilen araçları bu bakımdan karşılaştırmak için, onların 1 «zaman birimi» içinde yaptıkları iş miktarlarını bilmek yeter.

1 «zaman birimi» içinde yapılan iş miktarına, güç denir.

Bu tanıma göre, t zaman birimi içinde W kadar iş yapan bir makinanın gücü:

$$P = \frac{W}{t} \qquad (13)$$

olur.

§ 59. GÜÇ BİRİMLERİ. — 1 «zaman birimi» içinde 1 «iş birimi» kadar iş yapan bir makinanın gücü, 1 «güç birimi» dir.

Başlıca güç birimlerini verelim:

a) *Erg/saniye:* 1 saniyede 1 erg lik iş yapan bir aracın gücüdür.

$$P = \frac{1 \text{ erg}}{1 \text{ saniye}} = 1 \text{ erg/s}$$

b) *Kilogram metre/saniye:* 1 saniyede 1 kg · m lik iş yapan bir aracın gücüdür.

$$P = \frac{1 \text{ kg m}}{1 \text{ s}} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

c) *Joule/saniye* (= *watt*): 1 saniyede 1 joule'luk iş yapan bir makinanın gücüdür.

$$P = \frac{1 \text{ joule}}{1 \text{ saniye}} = 1 \text{ joule/s} = 1 \text{ watt (W)}$$

ç) *Kilowatt:* 1 kilowatt (kW) = 1 000 watt dır.

d) *Buhar beygiri:* Saniyede 75 kg · m lik iş yapan bir makinanın gücüdür.

$$1 \text{ B. B} = 75 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 736 \text{ watt} = 0{,}736 \text{ kW}$$

§ 60. ENERJİ VE ÇEŞİTLERİ. — İş yapabilen bir sistemde enerji vardır, denir. Bir insan, bir makina, düşen su ve hareket eden bir cisim,... iş yapabilirler ve bu nedenle «her birinde belli birer miktar enerji vardır» denir.

Bir cisimdeki enerji miktarı, onun yapabileceği işin miktarı kadardır. Örneğin, düşen bir cisim 100 kg · m lik bir iş yapabiliyorsa, düşmeden önce, enerjisi 100 kg·m kadardır.

Enerjinin türlü şekilleri vardır. Örneğin, kömür ve öteki yakıtlarda kimyasal bir enerji vardır. Kömürün yanması ile, bu enerji ısıya dönüşür. Bir elektrik üretecinde ise elektriksel enerji vardır. Enerjinin türlü şekilleri arasında bizi şimdilik ilgilendirecek olanlar, *mekanik enerji* türleridir ki, bunlar da, *potansiyel enerji* ve *kinetik enerji* olmak üzere, iki gruba ayrılabilir.

§ 61. POTANSİYEL ENERJİ. — Yükseğe kaldırılan bir cisimde bir enerji vardır: Yüksekten düşen su, bir değirmeni veya bir su türbinini döndürür, ve bir iş yapar. Kurulan bir yayda da bir potansiyel enerji vardır. Bu yay, bir oku fırlatmak suretiyle bir iş yapabilir. Bir saat zembereği de, kurulunca, saat dişlilerini hareket ettirmekle bir iş yapar.

Bir cismin yerini veya durumunu değiştirmekle, ilk durumunda yapacağından daha çok iş yapabilmesi sağlanmış ise, *o cisme bir potansiyel enerji verilmiştir*, ve bir cismin bulunduğu yer veya durumdan dolayı taşıdığı enerji miktarına, *potansiyel enerji*, denir.

Yükseğe kaldırılan bir cismin kazandığı - veya düşen bir cismin kaybettiği - potansiyel enerji kolayca hesaplanabilir. Örneğin, 10 kg lık bir ağırlığın 5 m düşmesiyle yapacağı iş miktarı, $W = 10 \times 5 = 50$ kg · m olduğundan, aynı cismin 5 m düşmesiyle kaybettiği - veya 5 m yükselmesiyle kazandığı - potansiyel enerji de, 50 kg·m olur.

§ 62. KİNETİK ENERJİ. — Hareket halinde bulunan cisimler, durabilmek için çevrelerindeki cisimler üzerinde bir iş yaparlar. Demek, cisimlerde, hareket halinde bulunmalarından dolayı da bir enerji vardır. Bu mekanik enerji çeşidine, *kinetik enerji* denir. Hareket eden bir cismin kinetik enerjisi, kütlesiyle ve hızının karesiyle doğru orantılıdır ve,

$$\underbrace{W = \frac{1}{2} m v^2}_{\text{erg g-kütle (cm/s)}^2} \qquad (14)$$

bağıntısıyle hesaplanabilir. *m*'nin kg-kütle, *v*'nin m/s alınması halinde, W enerjisi joule cinsinden çıkar.

§ 63. ENERJİNİN DÖNÜŞÜMÜ VE SAKINIMI. — Enerji, bir şekilden öteki şekillere dönüşebilir: Yer'den fırlatılan bir taşın kinetik enerjisi azalır. Buna karşılık, potansiyel enerjisi artar. Düşen bir cisimde ise tersine olur. Kömürdeki kimyasal enerji, yanma ile, ısı enerjisine dönüşür. Su buharındaki ısı enerjisi de bir buhar makinasında pistonu iterek mekanik enerji haline dönüşür. Düşen suyun kaybettiği potansiyel enerji, bir su türbinine kinetik enerji verir. Bu türbinin çevirdiği dinamo, mekanik enerjiyi elektriksel enerjiye dönüştürür. Elektrik enerjisi ise türlü şekillere çevrilebilir. Tabiatta da birçok enerji değişmeleri olmaktadır. Güneş'ten ışıma ile gelen enerji, Yer'i ısıtır ve suları buharlaştırır. Yükselen bulutlar, potansiyel enerji kazanırlar. Dağ ve tepelere yağmur ve kar halinde düşen su denizlere doğru akan dere ve nehirleri meydana getirir. Akan suların yükseklikleri azaldıkça potansiyel enerjileri azalır, ama, buna karşılık, kinetik enerjileri artar.

Bu örnekler ve birçok benzerleri, enerjinin bir şekilden başka bir şekle dönüştüğünü gösteriyor. Bu değişmelerin incelenmesi, bizi tabiat bilimlerinin temel prensiplerinden birine ulaştırır. *Enerjinin korunumu* prensibi adı verilen bu prensibe göre, *enerji kendiliğinden var olmaz ve kaybolmaz*, veya - başka bir söyleyişle - *evrendeki toplam enerji miktarı sabittir.*

ÖZET

1. İŞ. — Bir kuvvet, uygulandığı cisme bir hareket verebiliyorsa, bir iş yapıyor, denir. Etkidiği cisme kendi doğrultusunda hareket verebilen sabit bir kuvvetin yaptığı iş miktarı kuvvetin şiddetiyle, alınan yolun çarpımına eşttir.

$$W = Fs$$

İŞ BİRİMLERİ. — a) **Erg**: 1 dyn lik bir kuvvet etkidiği cismi kendi doğrultusunda 1 cm kadar hareket ettirebiliyorsa, yapılan iş miktarı, 1 dyn × cm (= erg) olur.

$$1 \text{ erg} = 1 \text{ dyn} \times 1 \text{ cm}$$

b) **Kilogram-metre**: 1 kg lık bir kuvvet etkidiği cismi kendi doğrultusunda 1 m kadar hareket ettirebiliyorsa, yapılan iş miktarı 1 kilogram·metre olur.

$$1 \text{ kg}\cdot\text{m} = 1 \text{ kg} \times 1 \text{ m}$$

c) **Joule**: Başka bir iş birimi joule dur:

$$1 \text{ Joule} = 1 \text{ Newton} \times 1 \text{ m} = 1 \text{ Newton}\cdot\text{m}$$

$$1 \text{ Joule} = 10^7 \text{ erg} = 1/9{,}81 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

dır.

ç) **Watt·saat** (W·h) = 3 600 joule dur.

2. GÜÇ. — 1 zaman birimi içinde yapılan iş miktarına, güç denir. Güç birimleri, iş ve zaman için seçilen birimlere bağlıdır:

$$1 \text{ erg/saniye} = \frac{1 \text{ erg}}{1 \text{ saniye}}$$

$$1 \text{ kg}\cdot\text{m/s} = \frac{1 \text{ kg}\cdot\text{m}}{1 \text{ s}}$$

$$1 \text{ Joule/s} = 1 \text{ watt}$$

$$1 \text{ kW} = 1\,000 \text{ watt}$$

$$1 \text{ B. beygiri} = 75 \text{ kg}\cdot\text{m/s} = 736 \text{ watt} = 0{,}736 \text{ kW}$$

3. KİNETİK ENERJİ. — v hızı ile hareket eden m kütlesindeki kinetik enerji:

$$W = \frac{1}{2} mv^2$$

erg g-küt $(\text{cm/s})^2$

bağıntısından hesaplanabilir.

ÖDEV VE PROBLEMLER

1. 500 gramlık bir kuvvet etkidiği bir cismi kendi doğrultusunda 1 m hareket ettiriyor. Yapılan işi erg, Joule ve kg·m cinsinden hesaplayınız.

2. 500 W lık bir elektrik motoru bir saatte ne kadar kg·m lik iş yapar? Bu iş bir kuyunun suyunu 10 metre yükseğe çıkarmakta kullanılsa, saatte ne kadar su çekilebilir?

3. 10 beygirlik bir motorun gücünü watt ve erg/s cinsinden belirtiniz. Bu motor 2 saate ne kadar kW·h lık enerji verir?

4. Kütlesi 10 kg olan bir mermi saniyede 1 000 m hızla hareket etmekte iken ne kadarlık bir kinetik enerjisi vardır?

5. 1 000 m yüksekteki bir buluttan yere düşen 1 g lık bir yağmur damlasında ne kadarlık bir potansiyel enerji kaybı olur?

6. 20 m yüksekten saniyede 5 ton su düşmektedir. Bundaki potansiyel enerjinin % 40'ından bir türbinde yararlanıldığı bilindiğine göre, 1 saat içinde alınacak iş miktarını kg·m ve watt·h cinsinden hesaplayınız.

7. Yükü ile birlikte 80 kg gelen bir er, 1 saat 10 dakikalık bir yürüyüş ile 500 m yükseliyor. Kazandığı potansiyel enerji ve bu yürüyüş süresindeki ortalama güç ne kadardır?

8. Rayları üzerinde bulunan bir vagonu harekete geçirmek için ray doğrultusunda en az 100 kg lık bir kuvvet gerekiyor. Aynı vagon, ray doğrultusuyle 30° ve 60° açı yapan doğrultularda ne kadarlık kuvvetlerle hareket ettirilebilir? (Ölçekli bir çizimden yararlanılacaktır).

9. İş birimlerini birbirlerine çevirmeğe elverişli bir çizelge yapınız.

10. Gücü 1 kW olan bir elektrik motoruna bağlı bir tulumba 1/2 saatte, 10 m yükseğe ne kadar su çıkarabilir?

11. Güç birimlerini birbirlerine çevirmeğe elverişli bir çizelge yapınız.

B Ö L Ü M VI

DURAN SIVILARIN ÖZELLİKLERİ (HİDROSTATİK)

BASINÇ KAVRAMI

§ 64. KUVVET VE BASINÇ ARASINDAKİ FARK. — Bir yüzey üzerine bir kuvvet uygulanmış olsun. Bu yüzey üzerindeki etki, yalnız kuvvetin büyük olmasına bağlı değildir, yüzeyin büyüklüğü de bu etki üzerinde rol oynar ve yüzey büyüdükçe kuvvetin etkisi azalır. Kayaklı bir sporcunun kara batmaması, buna iyi bir örnektir.

Kuvvetlerin bir yüzey üzerindeki etkilerini sayıca belirtmek için, 1 yüzey birimi üzerine - diyelim, 1 cm² ye - düşen kuvvet miktarını söylemek yeter.

1 «yüzey birimi» üzerine dik olarak etkiyen kuvvete, «basınç şiddeti - veya kısaca, basınç», bütün yüzeye etkiyen kuvvete ise «toplam basınç» denir.

S yüzeyine dik olarak F gibi bir kuvvet uygulanmış ise, p basınç şiddeti :

$$p = \frac{F}{S} \qquad (15)$$

olur.

§ 65. BASINÇ BİRİMLERİ. — Basıncın tanımından, birimlerinin kuvvet ve yüzey için seçilen birimlere bağlı olacağı, kestirilebilir. Bir kaç örnek verelim :

a) *Bari* : Bilim alanında kullanılan basınç birimi, *bari* dir. 1 cm² lik bir yüzey üzerine 1 dyn lik bir kuvvetin yaptığı basınca, 1 dyn/cm² - veya kısaca 1 bari - denir.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{1 \text{ dyn}}{1 \text{ cm}^2} = 1 \text{ bari}$$

dir. Pratik ve uygulama alanlarında, bari küçük bir birim olduğundan bar ve milibar adlarındaki katları kullanılır.

1 bar (= megabari) = 10^6 bari
1 milibar (= kilobari) = 10^3 bari

dir.

b) *cm² başına kilogram* (= kg/cm²) : 1 cm² üzerine, 1 kg lık bir kuvvetin yaptığı basınca denir.

$$1 \text{ kg/cm}^2 = \frac{1 \text{ kg}}{1 \text{ cm}^2} = 981\,000 \text{ dyn/cm}^2 \text{ (= bari)} = 0{,}981 \text{ bar} = 981 \text{ milibar}$$

c) *İnç kare başına libre* (lb/inç²) : İngiliz ölçüler sistemindeki basınç birimlerinden biridir :

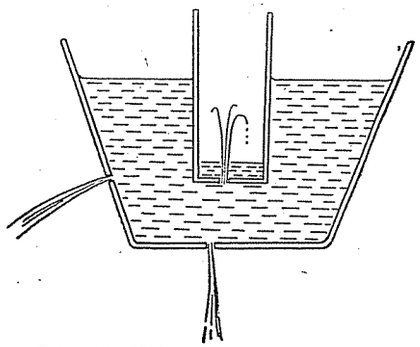
$$\frac{1 \text{ lb}}{1 \text{ inç}^2} = 1 \text{ lb/inç}^2$$

ç) *m² başına newton* (= Pascal) : 1 m² üzerine 1 newtonluk bir kuvvetin yaptığı basınca newton/m² veya *pascâl* denir.

HİDROSTATİK BASINÇ

§ 66. HİDROSTATİK BASINÇ. — Bir sıvı, ağırlığı yüzünden, bulunduğu kabın çeperlerine ve içindeki cisimlere (veya kısaca, kendisiyle dokunan bütün yüzeylere) birer kuvvet uygular ve - dolayısiyle - bir basınç yapar. Çeperlerinde delikler açılmış bulunan bir kaba su konursa, veya su dolu bir kabın içine çeperlerinde delikler açılmış olan başka bir kap batırılırsa, suyun, çeperlere dik olarak fışkırdığı görülür (Şek. 40).

Bir sıvı içerisinde alınan 1 cm² lik bir yüzeye bu sıvı tarafından yapılan etkiye, hidrostatik basınç denir.



Şek. 40. Hidrostatik basınç sıvıyı fışkırtır.

§ 67. HİDROSTATİK BASINCIN İNCELENMESİ. — Bunun için *manometreli kutu* adı verilen bir aygıt kullanılır (Şek. 41). Bu aygıt, bir kapağına bir zar gerilmiş ve bir manometreye bağlanmış küçük bir kutudur. Bu kutu bir sıvı içerisine batırılırsa, zara etkiyen hidrostatik basınç kuvvetleri kutudaki havayı sıkıştırır. Bu basınç, manometreye iletilerek, manometredeki sıvı düzeyini yükseltir; yükselme miktarından da basınç ölçülebilir.

DENEYLER: a) Kutu sıvı içerisine yukarıdan aşağıya doğru yavaş yavaş indirilirse, hidrostatik basıncın derinlikle doğru orantılı olduğu görülür.

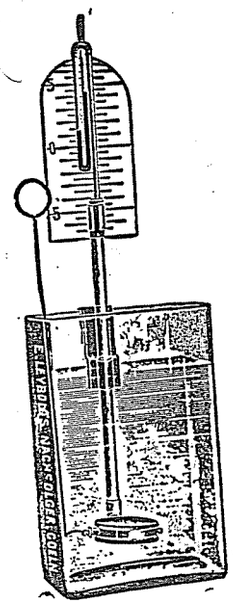
b) Kutu, belli bir derinlikte ve fakat değişik durumlarda tutulur. Zar, hangi durumda olursa olsun, hidrostatik basınç hep aynı bulunur.

c) Kaba - su, gaz, yağ gibi - değişik sıvılar konarak, belli bir derinlikteki hidrostatik basınçlar ölçülür ve birbirleriyle karşılaştırılırsa, basıncın, sıvının özgül ağırlığı ile doğru orantılı olduğu bulunur.

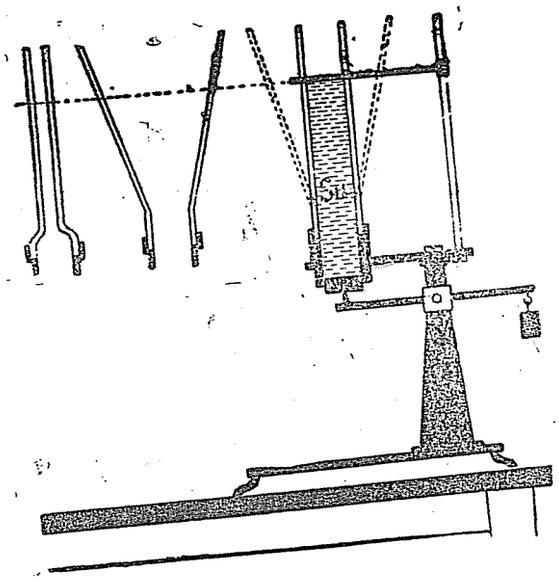
Sonuçlar: Bir sıvı içerisinde herhangi bir A noktasındaki p hidrostatik basıncı, bu noktadan sıvının açık yüzüne olan h düşey yüksekliği ve sıvının ρ özgül ağırlığı ile doğru orantılıdır, ve:

$$p = h\rho \tag{16}$$

bağıntısiyle hesaplanabilir.



Şek. 41. Manometreli kutu



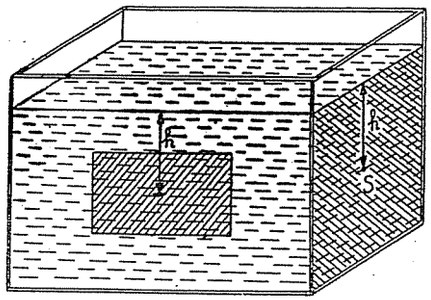
Şek. 42. Taban basınçlarını ölçen Pascal terazisi

A noktasındaki 1 cm² lik bir yüzeye dik olarak etkiyen kuvvet p olduğuna göre, aynı noktada bulunan herhangi bir S yüzeyine etkiyen basınç kuvvetlerinin toplamı:

$$F = Sp = Sh\rho \tag{17}$$

olur

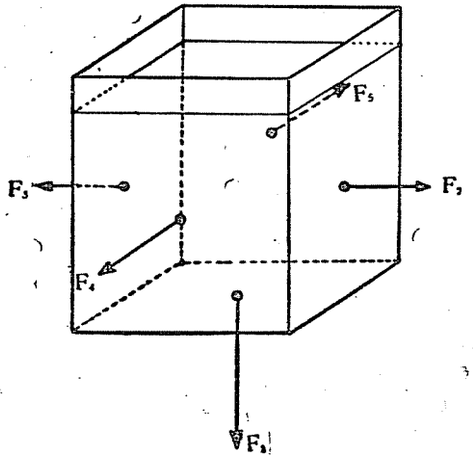
§ 68. TABAN BASINCI. — Bir sıvı, içinde bulunduğu kabın tabanına da bir basınç yapar. Taban yüzölçümü S, kabdaki sıvının düşey yüksekliği h ve özgül ağırlığı ρ ise, tabana yapılan basınç kuvvetlerinin toplamı $F = Sp = Sh\rho$ bağıntısından hesaplanabilir. Bundan görmekteyiz ki, tabana yapılan toplam basınç, kabın şekline ve içindeki sıvının çokluğuna bağlı değildir. Bu sonuç, biraz şaşırtıcıdır ve denel yoldan da gerçeklenmesi faydalıdır. Bunun için *Pascal* [*] *(Paskal) terazisi* denilen bir aygıt kullanılır (Şek. 42). Pascal terazisinde, kolun bir ucuna oturtulmuş bir kapak, içine sıvı konan bir kabın tabanını teşkil eder. Kolun öteki ucundaki kefeye uygun bir ağırlık konur. Kaba yavaş yavaş su doldurularak denge kurulur. Denge biraz aşılınca kapak açılır ve suyun fazlası kaçar. Taban kesitleri aynı, fakat biçimleri değişik olan ve her biri başka miktarlar kadar su alan kaplarla deney tekrarlanırsa, dengenin hep aynı yükseklikteki su ile kurulduğu görülür.



Şek. 43. Yan çeperlere yapılan basıncın hesabı için

§ 69. YAN ÇEPERLERE YAPILAN BASINÇLAR. — Yüzölçümü S olan dikdörtgensel bir yan çeper (Şek. 43) üzerine yapılan toplam basınç ta, $F = Sp = Sh\rho$ bağıntısından yararlanılarak hesaplanabilir. Ancak, buradaki h yüksekliği, yüzeyin ortasından sıvının açık yüzüne olan düşey yükseklik (= ortalama yükseklik) dir.

§ 70. BASINÇ KUVVETLERİNİN BİLEŞKESİ. — Bir kap içerisinde bulunan bir sıvının tabanina ve yan çeperlerine yaptığı basınç kuvvetlerinin bileşkesi, *düşey, yere doğru ve sıvının ağırlığına eşittir.* Bunu bir terazi ile denel yoldan



Şek. 44. Taban ve yan basınçlarının toplamı

[*] Pascal, Blaise (1623 - 1662). — Ünlü Fransız matematikçisi, fizikçisi ve feylesofudur.

gerçeklemek çok kolaydır. Gerçekten, çeşitli biçimlerdeki kap-
lara birer litre su konduğunda, hepsinin birer kg arttığı görülür.
Bu sonuç, hesapla da bulunabilir. Örneğin, dikdörtgensel bir prizma
şeklinde olan bir kaba (Şek. 44) su konmuş olsun. Taban kenarları ve
sıvının h yüksekliği 10 ar cm olsun. O halde kaptaki sıvının hacmı 1 litre
ve ağırlığı 1 kg dır. Şimdi, basınç kuvvetlerini hesaplamağa çalışalım.
Tabana yapılan toplam basınç kuvveti:

$$F_1 = Sh\rho = 10^{cm} \times 10^{cm} \times 10^{cm} \times 1 \text{ g-kuv/cm}^3 = 1\,000 \text{ g-kuv.}$$

dir. Bu basit örnekte, birbirlerine eşit olan yan yüzeylere yapılan top-
lam basınç kuvvetleri F_2, F_3, F_4 ve F_5 olsun. Bunlar:

$$F_2 = F_3 = F_4 = F_5 = S\,\frac{h}{2}\,\rho = 10^{cm} \times 10^{cm} \times 5^{cm} \times 1\,\frac{\text{g-kuv}}{\text{cm}^3} = 500 \text{ g-kuv.}$$

dir

F_2 ve F_3 (veya F_4 ve F_5) kuvvetleri, aynı doğrultularda, eşit ve
karşıt yönlü olduklarından birbirlerini dengeler ve geriye yalnız F_1
kalır. Tabana ait olan bu toplam basınç ise düşey, aşağıya doğru ve
1 000 g-kuvvet şiddetindedir. Demek oluyor ki, bileşke, kabdaki sıvının
ağırlığına eşittir.

SIVILARIN BASINÇLARI İLETEBİLMESİ

§ 71. SIVILARIN SIKIŞABİLME YETENEĞİ. — Sıvılar pek az
sıkışabilir. Örneğin, 1 cm³ su, cm² si başına 1 kg lık bir basınçla sıkıştı-
rıldığı zaman, ancak 0,00005 cm³ lük bir küçülmeye uğrar. Bu sebeple
sıvılar da pratikte, katılar gibi, *sıkışamaz* sayılırlar. Şimdi, kuvvet
ve basınçları iletme bakımlarından, katı ve sıvı cisimleri karşılaştıralım.
Katılar, kuvvetleri değiştirmeden iletirler. Bir baston, bir ucuna uygula-
nan bir kuvveti öteki ucuna değiştirmeksizin iletir. Bir masa üzerinde bu-
lunan katı bir cisim, ağırlığı yüzünden, yalnız tabanına basınç yapar. Oysa,
sıvılar, yalnız tabanlarına değil, kendileriyle dokunan yan yüzeyle-
rine de, bu yüzeylere dik olan, basınçlar yaparlar. Sıvıların özelliklerini
incelemekle ünlü Fransız fizikçisi Pascal (Paskal) sıvıların, kuvvetleri
değil, basınçları aynen ilettiklerini sezmiş ve bu konuda kendi adiyle
anılan bir prensip ortaya atmıştır.

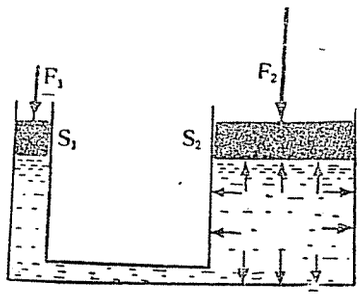
§ 72. PASCAL PRENSİBİ. — Kapalı bir kabı tümü ile dolduran
bir sıvıya dışarıdan uygulanan bir basınç, bu sıvı ile dokunan bütün
yüzeylere olduğu gibi iletilir.

Pascal prensibinin doğruluğu, basit bir deney
ile kabaca açığa vurulabilir. İçi su dolu bir cam şi-
şe, sağlam bir mantarla kapatılırken, mantar vası-
tasiyle şişe içindeki sıvıya bir basınç yapılır (Şek.
45). Mantarın kesiti 4 cm², üzerine etkiyen kuvvet
10 kg ise, 1 cm² ye etkiyen basınç kuvveti, 2 kg
olur. Pascal prensibine göre, bu basınç sıvıya do-
kunan her cm² ye 2,5 kg olarak iletilir. Şişenin
yanal yüzeylerinin toplamı 200 cm² ise, toplam
basınç kuvveti $200 \times 2{,}5 = 500$ kg olur. Şişe, bu
kadarlık bir etkiye dayanıklı olmadığından, çok
kere kırılır. Pascal, buna benzer bir deneyi büyük
bir fıçı ile yapmış ve prensibinin doğruluğunu
göstermiştir.

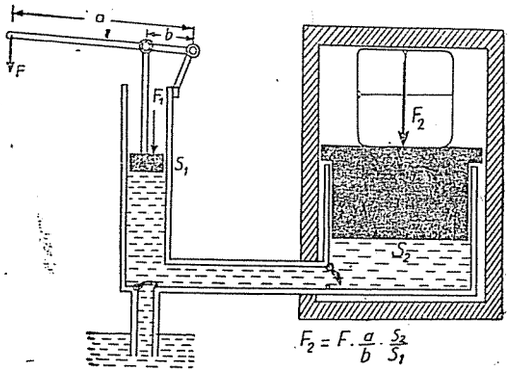
Şek. 45. Pascal prensibinin gerçeklenmesi için basit bir yol

§ 73. SU CENDERESİ. — Pascal prensibin-
den yararlanma alanlarından biri, su cenderele-
rinin yapılmasıdır. Bir su cenderesinde kesitleri
değişik olan birleşik iki silindirik kab vardır
(Şek. 46 a). Kesitleri S_1 ve S_2 olan bu kollarda
bulunan suyun üstünde, birer piston bulunur.
Küçük piston üzerine F_1 gibi bir kuvvet uygula-
nırsa, sıvıya, F_1/S_1 gibi bir basınç verilmiş olur. Bu basınç, sıvıya do-
kunan her cm² ye - olduğu gibi - iletildiğinden, kesiti S_2 cm² olan büyük
piston,

$$S_2 F_2 = S_2 \frac{F_1}{S_1} \qquad (18)$$



Şek. 46 a. Su cenderelerinde prensip

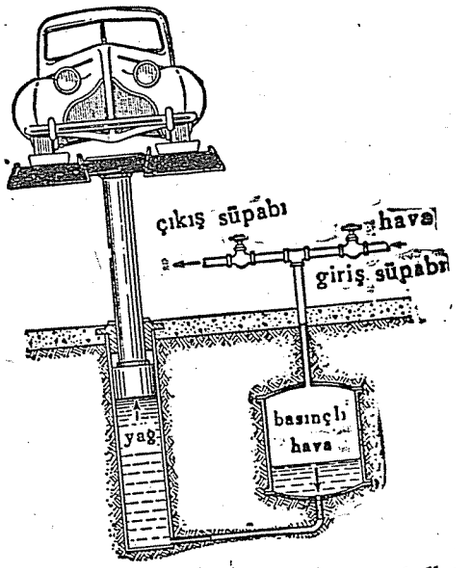


Şek. 46 b. Su cenderesi şeması

kadar bir kuvvetle itilir. Uygulamada kullanılan küçük su cenderelerinde,
kuvveti küçük pistona uygulamak için, ayrıca bir kaldıraç da kulla-
nılır (Şek. 46 b).

2

§ 74. UYGULAMALAR. — Su cendereleri, birtakım cisimleri balya halinde sıkıştırmakta, elektrik kablolarının üzerlerini kurşunla kaplamakta, fabrikalarda baskı ve dövme işlerinde ve yağhanelerde bitkisel tohumların yağlarını çıkarmakta kullanılır. Otomobil ve kamyonlardaki hidrolik frenlerde de Pascal prensibinden yararlanılır. Ayakla kumanda edilen bir pedal, küçük bir silindir içinde bulunan bir piston yardımıyle, kolay donmayan bir sıvıyı iter. Bu basınç, tekerlekler yanında bulunan silindirler içindeki pistonlara iletilir. Bu pistonların itilmesi ise, fren papuçlarını tekerleklere doğru bastırarak onları yavaşlatır ve durdurur.

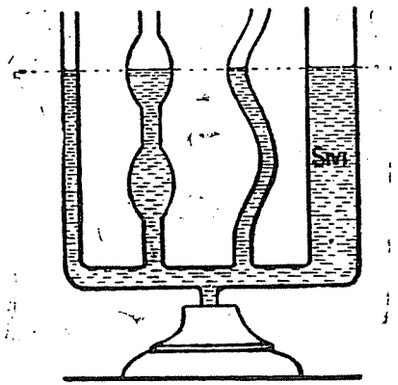


Şek. 47. Tamirhanelerde oto kaldırmak için kullanılan düzen.

Otomobil tamirhanelerinde, garajlarda, otomobilleri kaldırmak için kullanılan düzende de (Şek. 47) Pascal prensibi kullanılır.

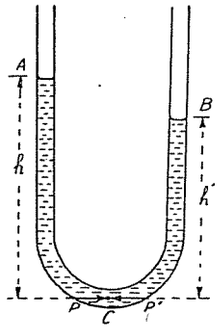
§ 75. BİRLEŞİK KAPLAR. — Hidrostatik basıncın, sıvının düşey yüksekliği ve özgül ağırlığına bağlı oluşu ($p = h\rho$) ve basıncın sıvılar tarafından iletilebilmesi sıvıların birleşik kaplardaki duruşunu açıklamağa yeter. Herkesçe bilindiği gibi, birleşik kaplarda bulunan bir sıvının kollardaki serbest yüzeyleri aynı yatay düzlem içerisindedir (Şek. 48 a). Birleşik bir kapta bulunan sıvı, kollarda h ve h' gibi değişik yüksekliklerde bulunsa (Şek. 48 b), C gibi bir noktada p ve p' gibi değişik basınçlar yapması gerekir ki, bu olamaz. Sıvıların basıncı iletme özelliğine sahip

oluşu, kollardaki sıvı düzeyleri başlangıçta değişik olsa bile, bunların kendiliklerinden bir düzeye gelmesini sağlar.

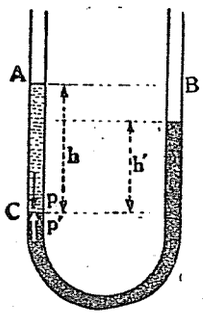


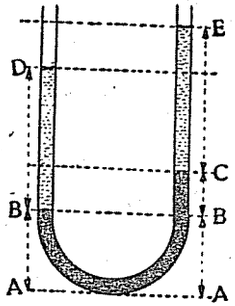
Şek. 48 a. Birleşik kaplar

§ 76. BİRLEŞİK KAPLARDA ÖZGÜL AĞIRLIKLARI DEĞİŞİK SIVILAR BULUNMASI. — U şeklindeki bir kabın A ve B kollarına özgül ağırlıkları ρ ve ρ' olan sıvılar konmuş olsun (Şek. 49 a). Bu sıvıların



Şek. 48 b. Birleşik kaplar





Şek. 49. U borusu ile sıvı yoğunluğu ölçülebilir.

dokunma yüzeyleri üzerinde bulunan bir C noktasından sıvıların açık-yüzeylerine olan düşey uzaklıklar, h ve h' olsun. Kollardaki sıvılar tarafından C noktasına yapılacak hidrostatik basınçlar:

$$p = h\rho \quad \text{ve} \quad p' = h'\rho'$$

dür. Sıvılar dengede bulunduklarından,

$$h \cdot \rho = h' \cdot \rho' \tag{19}$$

yazılabilir. Özgül ağırlıklarla yoğunluklar birbirleriyle doğru orantılı olduklarından, üstteki denge koşulu,

$$h \cdot d = h' \cdot d' \qquad (20)$$

şeklinde de yazılabilir.

ALIŞTIRMA: İçerisine civa konmuş bulunan bir U borusunun sol koluna 10 cm yüksekliğinde su, sağ koluna ise yine 10 cm yüksekliğinde alkol konuyor. Alkol ve civanın yoğunlukları 0,8 ve 13,6 olduğuna göre, kollardaki sıvıların düzeyleri arasındaki yükseklik farkını bulunuz.

ÇÖZÜM: Sol kola konan sıvının (su) yoğunluğu sağdakinden (alkolinkinden) büyük olduğundan, suyun D hizası, alkolün E hizasından aşağı olacaktır (Şek. 49 b). İçinde ikiden çok sıvı bulunan U borularıyla ilgili problemlerde aşağıdaki çözüm yolunun kullanılması faydalıdır.

Sıvıların açık yüzleri ile, birbirlerine dokunan yüzlerinden birer düzey çizgisi geçirelim. En alttaki sıvı her iki kolda AB yüksekliğinde bulunduğundan, kolların B den yukarıda kalan kısımlarını ele almak yeter. Buna göre sol kolda $\overline{BD} = 10$ cm yüksekliğinde bulunan suyun yapacağı $p = h\rho = 10$ g/cm² lik basıncın, sağ kolda $\overline{BC}$ yüksekliğindeki civanın $p_1 = \overline{BC} \cdot 13{,}6$ g/cm² lik basıncı ile $\overline{CE}$ cm yüksekliğindeki alkolün yapacağı $p_2 = 10 \cdot 0{,}8 = 8$ g/cm² lik basıncının toplamına eşit olacağı yazılabilir. $p = p_1 + p_2$ yerine,

$$10 = 13{,}6 \cdot \overline{BC} + 8$$

ve bundan $\overline{BC} = 2/13{,}6 = 0{,}15$ cm bulunur ki aranan DE düzey farkı da buna eşittir.

Uygulama: U borusu ile özgül ağırlıkların veya yoğunlukların ölçülmesi. — Bir U borusunun kollarına birbirine karışmayan iki sıvı koyalım (Şek. 49 a). Bunlara ait h ve h' yükseklikleri ölçülür ve sıvılardan birinin özgül ağırlığı veya yoğunluğu bilinirse $h \cdot \rho = h' \cdot \rho'$ veya $h \cdot d = h' \cdot d'$ bağıntısından öteki sıvının özgül ağırlığı - veya yoğunluğu - bulunur.

ALIŞTIRMA: U borusuna konan su ve zeytinyağının kollardaki yükseklikleri $h = 20$ cm ve $h' = 25$ cm olarak ölçülsün. Suyun yoğunluğu $d = 1$ olduğundan zeytinyağının d' yoğunluğu:

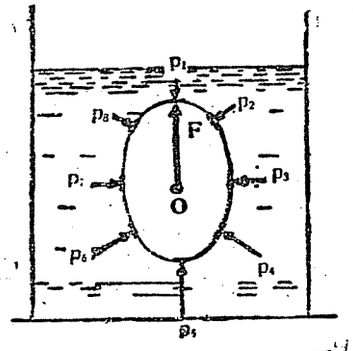
$$h \cdot d = h' \cdot d'$$

$$20 \cdot 1 = 25 \cdot d'$$

den $\quad d' = 0{,}8 \quad$ bulunur.

ARCHİMEDES* PRENSİBİ

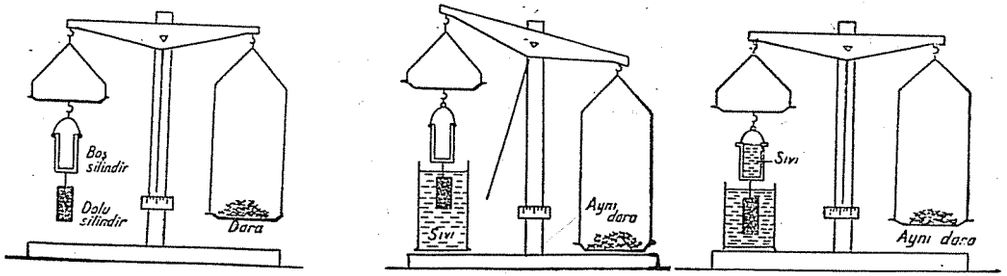
§ 77. SIVI İTMESİ. — Bir sıvı içerisinde bulunan herhangi bir cismi ele alalım (Şek. 50). Bu cismin yüzeylerine, içinde bulunduğu sıvı tarafından, p_1, p_2, p_3,... gibi basınçlar etkir. Bunlardan bir kısmı - birbiriyle karşıt yönlü olduklarından - dengeleşirler. Basınç kuvvetlerinin bileşkesi, düşey ve yukarıya yönelmiş bir F kuvvetidir. Cismin ağırlığını azaltan - kimi zaman onu yenebilen - bu kuvvete, *sıvı itmesi* denir. Bu itmenin değerini hesaplayabilmeyi Archimedes'e borçluyuz.



Şek. 50. Sıvıya batırılan bir cismin yüzeylerine etkiyen basınçlar F gibi bir bileşke verir.

§ 78. ARCHİMEDES PRENSİBİ. — Bir sıvı içerisine - tümü veya bir kısmı - batırılan bir cisim, bu sıvı tarafından yerini değiştirdiği sıvının ağırlığına eşit bir kuvvetle aşağıdan yukarıya doğru itilir.

Denel gerçekleme: Archimedes prensibi, özel bir terazi ile gerçeklenebilir. Archimedes terazisinin kısa kefesine hacımları eşit - ancak, birisi dolu öteki boş - olan iki silindir alt alta olarak asılır (Şek. 51-I) ve öteki kefeye dara koymak suretiyle terazi dengeye getirilir. Bundan sonra, kefeye asılmış olan silindirlerden altta olanı, bir sıvı - diyelim, su - içerisine batırılırsa, terazinin dengesinin bozulduğu (Şek. 51-II), ve dengenin yeniden kurulması için, boş silindirin sıvı ile doldurulması gerektiği (Şek. 51-III) görülür. Böylece, sıvıya batırılmış olan dolu silindire yapılan itmenin, yerini değiştirdiği sıvının ağırlığı kadar olduğu, anlaşılmış olur.



I II III

Şek. 51. Archimedes prensibinin gerçeklenişi

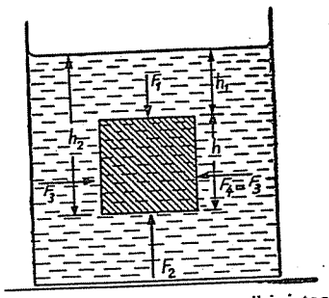
* Archimedes (Arşimet) — Milâttan 267 sene önce yaşamış ünlü Yunan feylesofudur.

Teorik gerçekleme: Basit hallerde, Archimedes prensibinin teorik yoldan gerçeklenmesi de kolaycа yapılabilir: Bir sıvı içerisine düşey olarak batırılmış bir silindir alalım (Şek. 52). Bunun yan yüzeylerine yapılan basınç kuvvetleri, karşılıklı olarak birbirlerini dengelerler ve geriye silindirin alt ve üst tabanlarına yapılan F_1 ve F_2 basınç kuvvetleri kalır. $F_2 > F_1$ olduğundan, bu iki kuvvetin bileşkesi aşağıdan yukarıya doğrudur. Değeri, tabanların yüzölçümleri S ise,

$$R = F_2 - F_1 = Sh_2\rho - Sh_1\rho = S\rho\,(h_2 - h_1)$$

dir. $h_2 - h_1$, silindirin h yüksekliğini verdiğinden:

$$R = Sh\rho$$

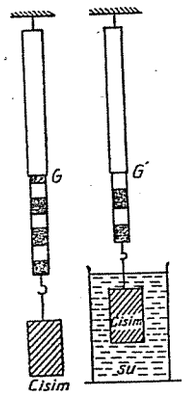


Şek. 52. Archimedes prensibini teorik gerçekleme

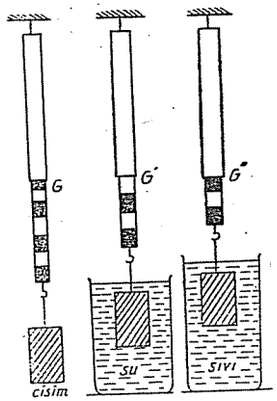
bulunur ki, bu da, silindirin yerini değiştirdiği sıvı ağırlığından başka bir şey değildir.

ARCHİMEDES PRENSİBİNİN UYGULAMALARI

§ 79. KATI BİR CİSMİN YOĞUNLUĞUNU ÖLÇME. — Archimedes terazisinin kısa kefesine - veya bir dinamometre çengeline - asılmış bir cisim, önce havada ve sonra su içerisinde tartıldığında, G ve G′ gram gelmiş olsun (Şek. 53). Bunların arasındaki G—G′ farkı, cismin yerini de-



Şek. 53. Archimedes prensibine göre bir katı yoğunluğunun ölçülmesi



Şek. 54. Aynı prensibe göre bir sıvı yoğunluğunun ölçülmesi

ğiştirdiği suyun ağırlığını verir. Cismin ağırlığı ile kendisi kadar hacımda olan suyun ağırlığı arasındaki oran - aranan yoğunluk,

$$\delta = \frac{G}{G - G'} \qquad (21)$$

bağıntısından hesaplanabilir.

§ 80. BİR SIVI YOĞUNLUĞUNU ÖLÇME. — Bunun için, Archimedes terazisinin kısa kefesine - veya bir dinamometre çengeline - asılmış olan ve içine batacağı sıvıdan etkilenmeyen bir cisim, önce havada, sonra su içerisinde ve daha sonra yoğunluğu bulunacak sıvı içerisinde tartılınca (Şek. 54), sırasiyle, G, G′ ve G″ gram gelsin. (G — G″) ve (G — G′) batan cisim kadar hacımlı olan sıvının ve suyun ağırlıkları olduğundan aranan yoğunluk,

$$\delta = \frac{G - G''}{G - G'} \qquad (22)$$

bağıntısından bulunabilir.

YÜZEN VE BATAN CİSİMLER

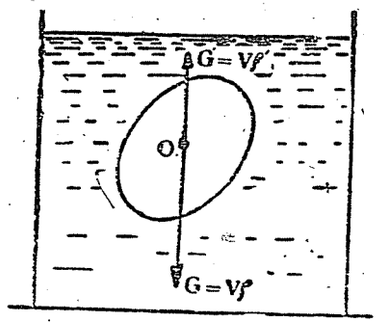
§ 81. TEMEL KONU. —

DENEY: Taze bir yumurta:

a) Suya bırakılırsa, batar.
b) Az tuzlu suda, bırakıldığı yerde kalır.
c) Çok tuzlu suda ise, yüzer.

Bir sıvı içinde bırakılan cisimlerden kiminin battıklarını, kiminin sıvı içinde hareketsiz kaldıklarını, bir kısmının ise yüzdüklerini görmüşüzdür. Bu olayların nedenlerini açıklamağa çalışalım:

Ağırlığı G, hacmı V ve özgül ağırlığı ρ olan bir cismin (Şek. 55), özgül ağırlığı ρ' olan bir sıvı içerisine batırıldığı zaman, bu sıvı tarafından, yerini değiştirdiği sıvının ağırlığı ($G' = V\rho'$) kadar bir kuvvetle aşağıdan yukarıya doğru itildiğini öğrenmiş bulunuyoruz. Şu halde, sıvı içerisinde bulunan bu cisme iki kuvvet (G ağırlığı, ve G′ itme kuvveti) etki eder. Bu iki kuvvetin - birbirlerine göre - büyüklükleri bakımından, değişik üç hal olabilir:



Şek. 55. Yüzen ve batan cisimler h.

a) $G > G'$ hali: Cismin ağırlığı-

nın yerini değiştirdiği sıvı ağırlığından büyük olması halinde, cisim $G - G'$ kadar bir kuvvetle dibe batar. Cisim dolu ise $G > G'$ koşulu yerine $V\rho > V\rho'$ veya $\rho > \rho'$ koşulu da alınabilir.

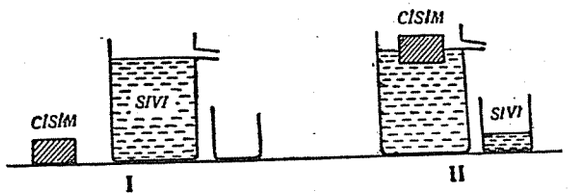
b) $G = G'$ hali: Cismin ağırlığı yerini değiştirdiği sıvı ağırlığına eşit ise, sıvı itmesi cismin ağırlığını dengeler. Cisim, sıvı içerisinde bırakıldığı yerde durur.

c) $G < G'$ hali: Cismin ağırlığı yerini değiştirdiği sıvı ağırlığından küçükse, cisim, $G' - G$ kadar bir kuvvetle yukarıya itilir ve sıvı yüzünde bir kısmı batmış bir halde, yüzer. Dolu cisimler için, yüzme koşulu olarak, $\rho < \rho'$ de alınabilir.

§ 82. YÜZEN BİR CİSİMDE DENGE KOŞULLARI. —

DENEY: Bir taşırma kabı (Şek. 56) su ile doldurulduktan sonra, içerisine yoğunluğu sudan az olan bir cisim - diyelim, bir tahta parçası - bırakılır. Bu sırada taşan su ayrı bir kaba alınarak tartılırsa, ağırlığının, suda yüzen cismin ağırlığı kadar olduğu anlaşılır

DENEY: Aynı deney, su yerine gaz veya yağ gibi, bir sıvı alınarak tekrarlanır. Sonuç aynıdır.



Şek. 56. Yüzen bir cismin denge koşulunu bulma

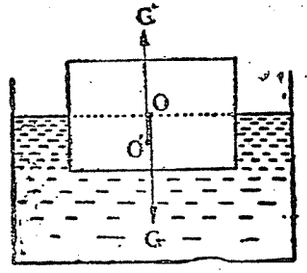
Sonuçlar: a) Yüzen bir cismin taşırdığı (veya yerini değiştirdiği) sıvı ağırlığı bu cismin kendi ağırlığı kadardır.

Bu sonuç, yüzen cisimlerin denge koşullarından biridir ve teorik yoldan da bulunabilir. Gerçekten, yüzen bir cismin (Şek. 57 a) hacmı V ve özgül ağırlığı ρ ise ağırlığı, $G = V\rho$ olacaktır. Bu cismin, özgül ağırlığı ρ' olan bir sıvıda batan kısmının hacmını V' ile gösterelim. Archimedes prensibine göre, kaldırma kuvveti $G' = V'\rho'$ dür. Cismin dengede olabilmesi için, $G = G'$ veya $V\rho = V'\rho'$ olmalıdır.

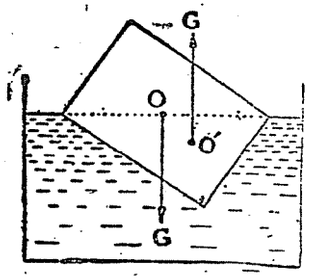
b) Yüzen bir cismin dengede olabilmesi için (Şek. 57a). O ağırlık merkezi ile yerini değiştirdiği sıvının O' ağırlık merkezi (veya itme merkezi) aynı düşey üzerinde bulunmalıdır.

Bu kural, yüzen bir cismin dengede olabilmesi için gereken koşulların ikincisidir. Bu son koşulun - (Şek. 57 b) de görüldüğü gibi - gerçeklenmemiş olduğu hali ele alalım. G ve G' kuvvetlerinden oluşan kuvvet

çifti, yüzen cismi ok yönünde döndürerek O ve O' noktalarının aynı düşey üzerine gelmesini sağlıyacaktır.



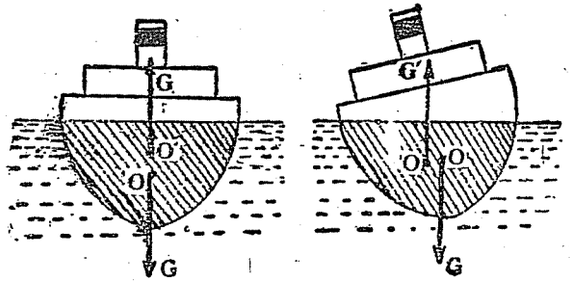
Şek. 57 a. Ağırlık ve itme merkezleri aynı düşey üzerinde ise cisim dengededir.



Şek. 57 b. Ağırlık ve itme merkezleri aynı düşeyde değilse cisim dengede değildir.

§ 83. GEMİLER. —

Cisimlerin yüzme koşullarına uygun olarak yapılırlar. Gerçekten, bir geminin ağırlığı, teknesinin içindeki boşluklarla, yerini değiştirdiği su ağırlığından daha küçük bir hale getirilmiş ve, bu suretle, yüzmesi sağlanmıştır. Makinaların, safranın ve ağır yüklerin alta konmasiyle, O ağırlık merkezi (Şek. 58), olabildiği kadar aşağıya dü-



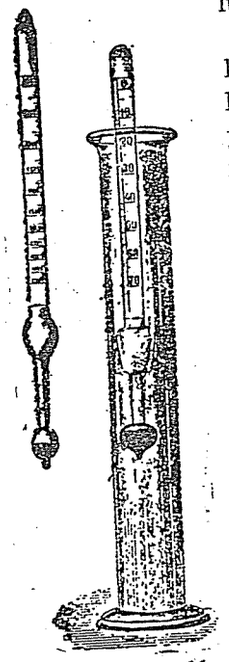
Şek. 58. Gemilerde ağırlık merkezi ve itme merkezi birbirinden ne kadar uzaksa denge o derece sağlamdır.

şürülmeğe çalışılır. Geminin su içinde kalan kısmının biçimi ise, itme merkezinin ağırlık merkezinden uzakta olmasını sağlar. Bu iki kuvvet merkezi birbirinden ne kadar uzakta bulunurlarsa, gemi o derece oturaklı olur. Gerçekten, gemi, herhangi bir etkiyle, ne kadar çok yana yatarsa, O ve O' merkezlerine etkiyen kuvvet çifti, o derece büyük bir döndürme etkisiyle gemiyi düzeltmeğe çalışır.

§ 84. DENİZALTILAR. — Cisimlerin yüzme ve batma koşulları denizaltı gemilerinde, isteğe göre, gerçeklenebilir. Denizaltıların su yüzündeki gidişleri, öteki gemilerin bağlı oldukları koşullara göre olur. Teknesi içerisindeki boşluklara su almak suretiyle ağırlaştırılan gemi su içinde belli bir derinlikte durabileceği gibi, biraz daha ağırlaştırılmak suretiyle, dibe de batabilir. Teknedeki boşluklara dolan su, basınçlı hava ile, dışarıya atılarak bir denizaltının ağırlığı azaltılırsa, gemi sı yüzüne çıkar.

§ 85. AREOMETRELER. — Archimedes prensibinin bir başka uygulama alanı, yoğunlukları ölçmeğe veya karşılaştırmağa yarayan hidrometre - veya *areometre* - lerin yapılmasıdır. Bu aletler, dibi saf-ralanmış ve yukarısında bölümlenmiş bir sapı bulunan, tüpler şeklinde-dir (Şek. 59). Ağırlıkları sabittir ve bir sıvı içerisine batırıldıkları za-man, yerlerini değiştirdikleri sıvının ağırlığı kendi ağırlıklarına eşit oluncaya kadar, batarlar. Sıvı ne kadar hafifse, batma o derece çok olur.

Areometrelerden sıvıların yoğunluklarını ölçmek için derecelenmiş olanlara *dansimetre*'ler denir. Dansimetre, derecelenmek için, önce yoğunlukları bilinen sıvılara batırılır ve battığı hizalara bilinen yoğun-luklar işaretlenir.



Şek. 59. Solda dansimetre, sağda Baumé dereceli areometre

Yoğunlukları vermemekle beraber, asit eriyikleri ve kimya endüstrisinde kullanılan birtakım eriyikler için kullanılan areometreler, *Baumé** (Bome) tarafından yapılmış bir metotla derecelenir. Bir areometreye Bau-mé dereceleri yapmak için, alet önce suya, sonra (% 15 tuz+% 85 su) oranında tuzlu suya batırılır ve battığı hizalara 0 ve 15 bölümleri konur. Bu iki nokta arası 15 eşit bölmeye ayrılır ve her biri 1 Baumé derecesi adını alan bu bölümler aşağıya doğru yürütülür.

İspirtolu içkiler ve kolonyalar içerisindeki alkol miktarını ölçmek için kullanılacak areometreler, Gay Lussac tarafından düşünülmüş bir metotla derecelenir ve bu suretle derecelenmiş âletlere, *alkoometre* adı ve-rilir. Bir areometreyi alkoometre olarak derecelemek için, aleti hacımca % 100 alkol, % 90 alkol + % 10 su, % 80 alkol + % 20 su ve sonunda % 100 sudan oluşan (alkol + su) karışımlarına batırmak ve battığı hizalara, 100, 90, 80,... ve 0 bölümleri koymak yeter.

ALIŞTIRMA: Bir Baumé areometresi (Şek. 59) suda 0 ve yoğunluğu 1,84 olan sülfat asidi içerisinde 66 bölümünü gösteriyor.

a) Aletin 0 bölümüne kadar V toplam hacmı ile bir bölümün v hacmı arasındaki V/v oranını bulunuz.

b) Aynı areometre başka bir sıvıda 15 bölümüne kadar battığına göre bu sıvının yoğunluğu ne kadardır?

* Baumé, Antoine (1718 - 1804) — Fransız kimyacılarından biridir.

ÇÖZÜM: a) Aletin ağırlığı - her zaman - yer değiştirdiği (veya taşırdığı) sıvının ağırlığına eşittir. Areometre suda 0 bölümüne - demek, V hacmı - kadar, battığından:

$$\text{Aletin ağırlığı} = \text{Taşırdığı su ağırlığı} = V \cdot 1 = V$$

dir. Alet sülfat asidi içinde V — 66 v kadar asit taşırdığına göre,

$$\text{Aletin ağırlığı} = \text{Taşırdığı sıvı ağırlığı}$$
$$V = (V - 66\,v) \cdot 1{,}84$$

yazılabilir. Bu denklemden,

$$V = 1{,}84\,V - 66 \cdot 1{,}84 \cdot v = 1{,}84 \cdot V - 121{,}44 \cdot v$$

ve

$$0{,}84\,V = 121{,}44 \cdot v$$
$$V/v = 144{,}57$$

bulunur.

b) Alet yoğunluğu x olan bir sıvıda 15 bölümüne kadar battığına göre, bu kez,

$$V = (V - 15\,v)\,x$$

denklemi kurulabilir. Bu denklemde V yerine 144,57 v yazarak

$$144{,}57\,v = (144{,}57v - 15v)\,x$$

ve bundan,

$$x \approx 1{,}116$$

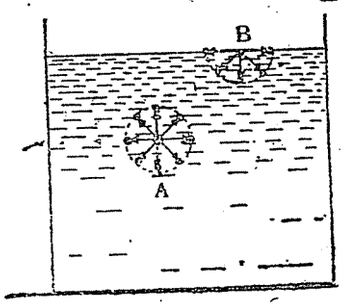
bulunuz.

YÜZEY GERİLİM VE KILCAL OLAYLAR

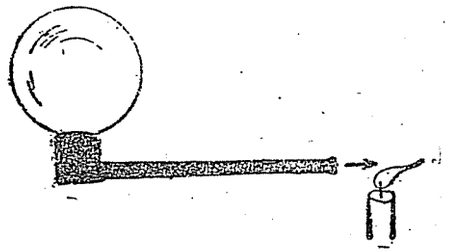
§ 86. BİR SIVININ SERBEST YÜZEYİ. — Dengede bulunan bir sıvının havaya açık olan serbest yüzeyi, pratik olarak, yatay bir düzlem gibidir. Bunun üzerine, yağlanmış küçük bir iğne veya ince bir jilet bıçağı yavaşça bırakılacak olursa, sudan 7 - 8 kat daha ağır oldukları halde, su üzerinde durdukları görülür. Yatay bir düzlem üzerine düşen küçük bir su veya sıvı damlacığı da bu yüzeye yayılamaz, ve yerçekiminden dolayı, biraz basıklaşmış olan küresel bir damla şeklinde kalır. Bu ve bunlara benzer öteki olaylar, sıvıların serbest yüzleri sanki gergin bir zarla kaplı imiş gibi olup biterler. İğne veya jilet, ağırlıkları bu zarı parçalamağa yetmediği içindir ki, su üstünde kalırlar. Bir sıvı damlası da kendisini kuşatan zardan çıkamadığı içindir ki yayılamaz ve küresel şeklini değiştirmez.

§ 87. YÜZEY GERİLİMİN NEDENİ. — Bu olaylar ve benzerleri, moleküller arasındaki çekimle açıklanabilir. Bir sıvı içinde bulunan herhangi bir A molekülü (Şek. 60), kendisini kuşatmış olan sıvı molekülleri tarafından çekilmekte olduğu için dengededir. Sıvının serbest yüzeyi üzerinde bulunan bir B noktasındaki sıvı molekülü ise, yalnız yanlarında ve altında bulunan moleküller tarafından çekilir. Bu çekim kuvvetleri, yönü, aşağıya doğru olan düşey bir bileşke verirler. Sıvının yüzü üzerinde bulunan moleküllerin bütünü ele alınırsa, bunların, yatay doğrultulardaki kuvvetlerle birbirlerini çekecekleri, ve düşey kuvvetlerle sı-

vıyı aşağıya bastıracakları düşünülebilir. İşte bir sıvının serbest yüzeyini gergin bir zar haline getiren sebepler bunlardır. Yüzey gerilimin mole-

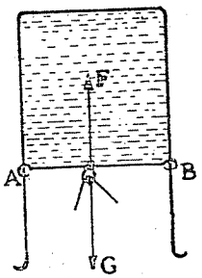


Şek. 60. Yüzey gerilimin nedeni moleküller arasındaki çekimdir.

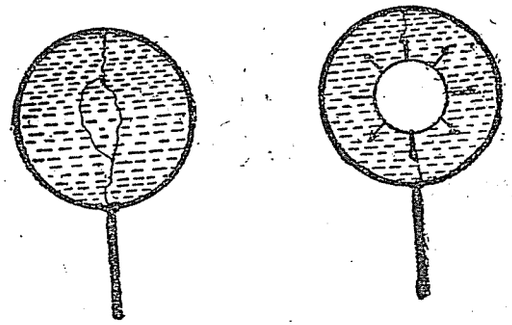


Şek. 61. Sabunlu su ile yapılan bir balon bir mumu üfler.

külsel çekimlerden ileri gelmekte olması görüşünü aşağıdaki deneyler de doğrular :



Şek. 62. Sıvı zarı tel köprüyü içe doğru çeker.



Şek. 63. İçindeki zar delinince ilmik dairesel bir şekil alır.

Deneyler : a) İçine gliserin katılmış sabunlu su ile, bir ağızlık ucunda şişirilen bir balon; kendi haline bırakılınca, küçülmeğe başlar ve balondan çıkan hava ile bir mum üflenebilir (Şek. 61).

b) U şeklinde kıvrılmış bir tel ve bunun paralel kollarına geçirilmiş bir köprü ile yapılmış olan bir çerçeve, gliserin katılmış sabunlu suya batırılıp çıkarılırsa, çerçeve içinde oluşan bir sıvı zarı, tel köprüyü çeker (Şek. 62).

c) Bir tel çerçeve içerisinde meydana getirilen bir sıvı zarı üzerine konan bir ilmeğin içindeki zar delinirse, iplik her tarafından eşit kuvvetlerle çekilir ve düzgün bir daire şeklini alır (Şek. 63).

§ 88. YÜZEY GERİLİM KATSAYISI VE DAMLA METODU İLE ÖLÇÜLMESİ. — Bir sıvı zarı üzerinde bulunan bir doğru parçasının,

bu zar tarafından, kendisine dik bir kuvvetle çekildiğini yukardaki deneylerden öğrenmiş olduk. Bu kuvvetin şiddeti, sıvının cinsine göre değişir ve - bu yüzden - sıvılar için bir *yüzey gerilim katsayısı* tanımlamak gerekir.

Bir sıvı zarı üzerindeki 1 cm lik bir doğru parçasına dik olarak etkiyen yüzey gerilim kuvvetine, o sıvının yüzey gerilim katsayısı denir.

Yüzey gerilim katsayısı, basit deneylerle bulunabilir. Gerçekten, (Şek. 62) nin gösterdiği deneyde, sıvı zarının AB köprüsünü ne kadarlık bir kuvvetle çektiği - köprüyü dengeye getirinceye değin - halkasına küçük tel ağırlıklar asmak ve sonra bunları köprü ile birlikte tartmak yoluyla bulunabilir. Bu şekilde belirtilen G ağırlığı, zar iki yüzlü olduğu için, AB uzunluğunun iki katına bölünürse o sıvının a yüzey gerilim katsayısı bulunmuş olur :

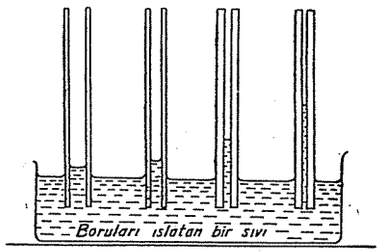
$$a = \frac{G}{2AB} \qquad (23\ a)$$

a nın ölçülmesi için daha kolay bir yol *damla metodu*'dur. Bu metotta, ucunun iç yarıçapı r cm olan bir damlalıktan damlatılan 100 kadar damlanın ağırlığı ölçülerek, bundan, bir tek damlanın G ağırlığı hesaplanır. Bu damla, damlalık ucunun $2\pi r$ cm ye eşit çevresine asılı bulunmakta iken kopmuş olduğundan, 1 cm lik çevre parçasına düşen ağırlık (veya yüzey gerilim katsayısı) :

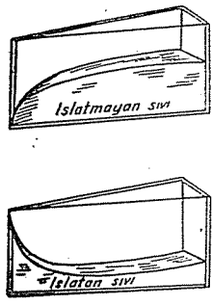
$$a = \frac{G}{2\pi r} \qquad (23\ b)$$

olarak bulunur.

§ 89. KILCAL OLAYLAR. — Bir sıvı içerisine batırılan ince bir cam boruya bakılırsa, bu borudaki sıvı düzeyinin - beklendiği gibi - dışın-



Şek. 64. Gitgide incelen borularda, boruyu ıslatan bir sıvının duruşu

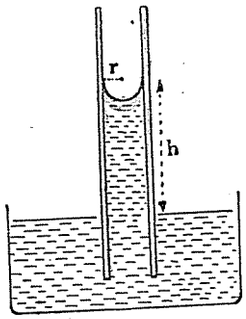


Şek. 65. Aralığı değişen iki cam levha arasında kabı ıslatmayan ve ıslatan sıvıların duruşu

daki sıvı düzeyiyle bir olmadığı görülür. Suya batırılan ince bir boru içindeki su yükselir (Şek. 64), civada ise bir alçalma vardır. Bu yükselme veya alçalmalar boru ne kadar ince ise o derece çok olmaktadır. Aynı özelliğe, geniş bir kaba konan sıvıların yan yüzlerle dokunan kısımlarında ve aralığı değişen iki cam levha arasında da rastlanır (Şek. 65). Bu özellik, aynı cinsten olan moleküllerle, değişik cinsten olan moleküller arasındaki çekim kuvvetlerinin değişik olmasından ileri gelir. Örneğin, su molekülleri arasındaki çekim, su ve cam molekülleri arasındaki çekimden daha azdır. Bu yüzden, su camı ıslatır ve suya batırılan bir cam boruda su yükselir. Civa ve cam molekülleri arasındaki çekim ise, civa molekülleri arasındaki çekimden daha azdır. Bu nedenle, civa camı ıslatmaz ve civaya batan ince bir boruda civa alçalır.

Bir fitilin gazı çekmesi, şekerin su emmesi, bitkilere su yükselmesi,... kılcallık olaylarının birer örneğidir.

§ 90. KILCAL BİR BORU İLE YÜZEY GERİLİM KATSAYISINI ÖLÇME. — Kendisini ıslatan bir sıvı içerisine batırılan kılcal bir boru (Şek. 66) içinde bu sıvının yükselmesinden, yüzey gerilim katsayısı belirtilebilir.



Şek. 66. Kılcal boru ile yüzey gerilim katsayısının tâyini

Bu metotla yüzey gerilim katsayısını belirtmek için, kılcal borunun r iç yarıçapı ile içinde yükselen sıvının h yüksekliği ölçülür. Bu sıvı sütununun G ağırlığı borunun iç çevresinin $2\pi r$ ye eşit olan uzunluğuna bölünürse, bu çevrenin 1 cm sinin çektiği ağırlık - sıvının a yüzey gerilim katsayısı,

$$a = \frac{G}{2\pi r} \qquad (23\ b)$$

olarak bulunur.

ALIŞTIRMA: Gliserin 1 mm çaplı bir boru içinde 2,05 cm yükseliyor. Gliserinin özgül ağırlığını 1,26 g/cm³ alarak, yüzey gerilim katsayısını bulunuz.

ÇÖZÜM: Önce boru içinde 2,05 cm yükselen gliserin sütununun G ağırlığını hesap ederiz. Bu sütunun hacmı

$$V = \pi r^2 \cdot h = 3{,}1416 \times 0{,}05^2 \times 2{,}05 = 0{,}0161\ cm^3$$ olup

ağırlığı,

$$G = V\rho = 0{,}0161 \times 1{,}26 = 0{,}020286\ g = 19{,}9\ dyn$$

dir. Bu ağırlık $2\pi r = 3{,}1416 \times 0{,}1 = 0{,}31416$ cm lik bir çevreye tutunduğundan aranan yüzey gerilim katsayısı

$$\alpha = \frac{G}{2\pi r} = \frac{19{,}9\ dyn}{0{,}31416\ cm} = 63\ dyn/cm$$

bulunur

§ 91. BİRKAÇ SIVININ YÜZEY GERİLİM KATSAYISI. — Aşağıdaki çizelgede, birkaç sıvının - hava ile dokunmada olduklarına göre - oda sıcaklığında ölçülmüş yüzey gerilim katsayıları görülüyor:

Cisimler	Yüzey gerilim katsayıları
Benzin	29 dyn/cm
Civa	470 »
Gliserin	63 »
Su	75 »
Zeytinyağı	35 »

ÖZET

1. BASINÇ. — 1 yüzey birimi üzerine dik olarak etkiyen kuvvete, basınç denir.

$$p = \frac{F}{S}$$

2. BASINÇ BİRİMLERİ. — Bari = 1 cm² ye 1 dyn'lik kuvvetin yaptığı basınçtır.

1 bar = 10^6 bari

1 milibar = 10^3 bari

$$1\ kg/cm^2 = \frac{1\ kg}{1\ cm^2}\ dir.$$

$$1\ pascal = \frac{1\ newton}{1\ m^2}\ dir.$$

3. HİDROSTATİK BASINÇ. — Bir sıvı içerisinde h kadar derinlikte bulunan bir noktadaki basınç:

$$p = h\rho$$

ya eşittir. Yan ve taban basınçlarının toplamı, sıvının ağırlığına eşittir.

4. PASCAL PRENSİBİ. — Kapalı bir kabı tam olarak dolduran bir sıvıya dışarıdan uygulanan bir basınç, bu sıvı ile dokunan bütün yüzeylere olduğu gibi iletilir.

5. BİRLEŞİK KAPLARDA ÖZGÜL AĞIRLIĞI DEĞİŞİK SIVILAR BULUNMASI. — U şeklinde bir kabın kollarında özgül ağırlıkları ρ ve ρ' olan sıvılar h ve h' yükseklikleri rinde bulunsa:

$$h\rho = h'\rho'$$

bulunur.

6. ARCHİMEDES PRENSİBİ. — Bir sıvı içerisine tümü veya bir kısmı batırılan bir cisim, bu sıvı tarafından, yerini değiştirdiği sıvının ağırlığına eşit bir kuvvetle aşağıdan yukarıya doğru itilir.

7. CİSİMLERİN YÜZME KOŞULU. — Hacım V ve özgül ağırlığı ρ olan bir cisim, özgül ağırlığı ρ' olan bir sıvıda V' kadar batarsa:

$$V\rho = V'\rho'$$

yazılabilir.

8. YÜZEN CİSİMLERİN DENGE KOŞULLARI. —

a) Cismin ağırlığı yerini değiştirdiği sıvının ağırlığına eşittir.

b) Cismin ağırlık merkezi ve itme merkezi aynı düşey üzerinde olmalıdır.

ÖDEV VE PROBLEMLER

1. 2 ton ağırlığındaki bir taş 50 dm² lik yatay bir taban üzerine oturmaktadır. Yaptığı basıncı hesaplayınız.

2. 75 kg ağırlığı olan bir kayakçı, her biri 15 dm² olan kayaklarla kara basmaktadır. Yük her iki ayağına eşit olarak bölünmüş olduğuna göre yapılan basıncı g-kuv/cm² cinsinden hesaplayınız.

Aynı kimse, her birinin yüzölçümü 2 dm² olan ayakkabıları ile kara basmış olsa basınç ne kadar olur?

3. Tabanı 1,25 dm² olan silindirik bir kaba ne kadar yükseklikte civa doldurulmalıdır ki yatay olan tabanına 17 kg lık bir basınç kuvveti etkisin? Civanın yoğunluğu 13,6 g/cm³ dür.

4. Bir civa kabının açık yüzünde 1 kg/cm² lik bir basınç vardır. 10 cm, 50 cm ve 1 m derindeki basınçlar ne kadardır?

5. U şeklindeki bir boru yarısına kadar su ile doldurulmuştur. Kollardan birine 25 cm yükseklikte terebantin konduğunda öteki koldaki su, dokunma yüzeyinden 21,6 cm yükseklikte görülüyor. Bundan terebantin'in yoğunluğunu hesaplayınız.

6. U şeklindeki bir boru içine önce yoğunluğu 1,25 olan bir sıvı konuyor. Kollardan birine yoğunluğu 0,7 olan başka bir sıvıdan 12 cm katılıyor. Öteki kola ne kadar yükseklikte su konmalıdır ki, her iki koldaki açık yüzler aynı yatay düzlem içinde bulunsunlar?

7. Bir cisim havada 150 g, suda ise 100 g geliyor. Bu cismin yoğunluğu ve özgül ağırlığı ne kadardır?

8. Bir mantar parçası havada 42 g geliyor. Bunu suya tümü ile gömebilmek için üzerine 133 g lık bir ek ağırlık konması gerektiğine göre, mantarın yoğunluğu ne kadardır?

9. Bir cisim havada 75,5 g, suda 71,7 g ve başka bir sıvı içinde 63,5 g geliyor. Cismin ve ikinci sıvının yoğunluğunu bulunuz.

10. Bir cisim havada 85 g, suda ise 45 g geliyor. Yoğunluğu 2 olan bir sıvı içindeki görünen ağırlığı ne kadardır?

11. Bir pirinç küre havada 160 g ve suda 100 g geliyor. Pirincin yoğunluğu 8 dir. Bu küre dolu mudur? Boşsa, içindeki boşluğun hacmı ne kadardır?

12. Bir Baumé areometresi yoğunluğu 1,842 olan bir asit eriyiğinde 66° yi gösteriyor. Sapının O ve 70° lik bölümleri arasında kalan hacmı 8,4 cm³ olduğuna göre:

a) Areometrenin ağırlığı,

b) Yoğunluğu 1,5 olan bir sıvıda battığı bölüm,

c) 20°B bölümüne karşılık olan yoğunluk, ne kadardır?

13. U şeklinde bir borunun kollarının çapları 5 ve 12 cm dir. Küçük kola 150 g ağırlığında bir piston kapatılmıştır. Büyük koldaki piston ise 325 g dır. Küçük piston üzerine 5 kg lık ağırlık eklenirsa, büyük piston ne kadarlık bir kuvvetle itilir?

14. İçi boş olan bir küre, su üzerinde yüzmekte, ve merkezi sıvının açık yüzeyinin düzlemi içinde bulunmaktadır. Bu kürenin yoğunluğu 7,5 ve içindeki boşluğun hacmı 1 dm³ olduğuna göre, kürenin ağırlığını bulunuz.

15. (Şek. 46 b) deki su cenderesinde, küçük pistonun çapı 10 cm, büyüğününki 60 cm dir. Bir kimse kaldıracın A ucundan 50 kg lık bir kuvvetle bastırdığına göre, büyük piston sıkıştırdığı cisme ne kadar etki yapar? Cendere kaldıracının kolları arasındaki AC/BC oranı 3/1 dir.

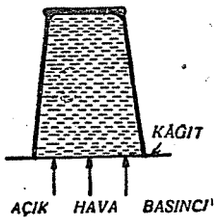
BÖLÜM VII

GAZLARIN MEKANİĞİ

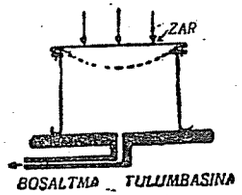
§ 92. GAZLARIN BASINCI. — Sıvıların ağırlıkları yüzünden, kendileriyle dokunan yüzeyler üzerine *hidrostatik basınç* adı verilen bir basınç yaptıklarını ve bu basıncın $p = h\rho$ (15) bağıntısından hesaplanabileceğini görmüştük. Sıvılar gibi, ağırlıkları olan gazlar da bulundukları kabın çeperlerine ve kendilerine dokunan yüzeylere bir basınç yaparlar. Dengede bulunan bir gaz içerisinde herhangi bir noktadaki basınç da, bu noktadan gazın üstüne kadar olan düşey yükseklikle özgül ağırlığın çarpımına eşittir. Ancak, gazların özgül ağırlıkları genel olarak küçük olduğundan yükseklik pek büyük değilse, gazların - ağırlıkları yüzünden - yapacakları basınç önemli olmaz. Bunun için, bir deney balonu içerisinde bir gaz bulunsa, balonun üstünde, ortasında ve dibinde bulunan türlü noktalardaki basınçlar birbirlerine eşit gibi alınabilir.

§ 93. AÇIKHAVA BASINCI. — Yerküresi, kalınlığı yüzlerce kilometre olan bir hava katı ile kuşatılmıştır. Bu kat, hava özgül ağırlığının küçük olmasına rağmen - özellikle - yaşamakta olduğumuz alt kısımlarda oldukça önemli bir basınç yapar. Alışkanlıkla, açıkhava basıncının varlığından duygulanmayız. Ama, aşağıdaki deneyler, bize, açıkhava basıncının varlığını göstereceklerdir.

Deneyler: a) Su ile doldurulmuş bir bardak üzerine bir kâğıt kapatarak, yavaşça, baş aşağıya çevirelim (Şek. 67). Suyun, ağırlığına rağ-



Şek. 67. Açıkhava basıncı suyun dökülmesine engel olur.



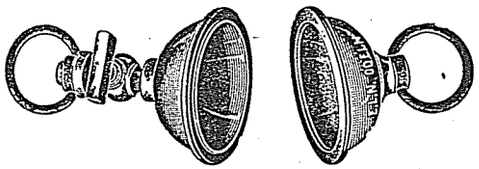
Şek. 68. Bir yüzündeki hava boşaltılınca, zar patlar.

men, dökülmediği görülür. Bunun nedeni, kâğıdı aşağıdan yukarıya doğru iten - ve suyun ağırlığından büyük olması gereken - açıkhava basıncıdır.

d) Her iki yüzü açıkhava ile dokunan gergin bir zar, yüzlerine etkiyen eşit basınç kuvvetleriyle dengede kalır. Ancak, (Şek. 68) deki dü-

zenle, zarın bir yanında bulunan hava - bir tulumba ile - boşaltılırsa, öteki yüze etkiyen basınç kuvveti ile zar çukurlaşır, ve hattâ patlar.

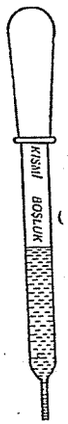
c) «Magdeburg yarımküreleri» adı verilen madensel iki yarımküre (Şek. 69), birleştirilerek içlerindeki hava boşaltılırsa, birbirlerinden çok zor ayrılırlar. Çünkü açıkhava basıncı yalnız kürenin dış yüzüne etkir.



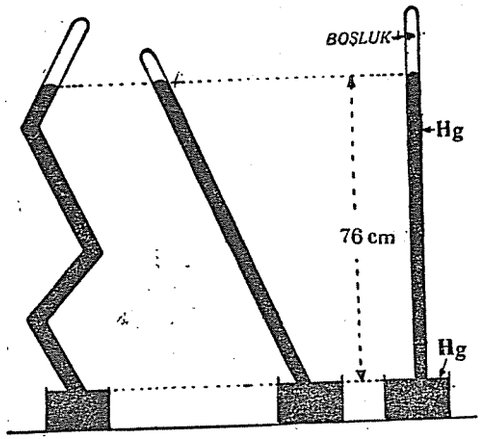
Şek. 69. Magdeburg yarım küreleri.

ç) Suya batırılan bir boru - veya damlalık - içindeki hava emilirse, boru içinde bir basınç azalması olur ve - bu yüzden - sıvı yükselir (Şek. 70).

§ 94. AÇIKHAVA BASINCININ DEĞERİ. TORRİCELLİ (*) DENEYİ. — 1 m kadar uzunluğu olan bir cam boru içerisine civa doldurulur. Ağzı parmakla kapanarak baş aşağıya çevrilir ve bir civa çanağı içerisine düşey olarak batırıldıktan sonra parmak çekilirse, boruda, çanaktaki düzeyden 76 cm kadar yüksekliği olan, bir civa sütununun kal-



Şek. 70. Damlalık



Şek. 71. Torricelli deneyi

dığı görülür. Alınan boru, hangi şekilde ve ne kadar uzun olursa olsun, civa sütununun düşey yüksekliği aynı kalır (Şek. 71) ve yalnız, civa

* Torricelli, Evangelista (okunuş Toriçelli) (1608 - 1647), — İtalyan fizikçisi olup Galliléo'nun öğrencilerindendir.

üzerindeki boşluğun hacmı değişir. 76 cm den daha kısa bir boru kullanılması halinde ise, borunun içi tamamen dolu kalır. Torricelli'ye borçlu olduğumuz bu deney, açıkhava basıncının değerini de verir: Gerçekten, barometre borusunda 76 cm yüksekliğindeki civa sütununun basıncı, çanak üzerindeki açıkhava basıncını dengelemektedir. Civanın özgül ağırlığı 13,6 g-kuv/cm³ olduğundan, 76 cm yüksekliği olan bir civa sütununun (dolayısiyle açıkhavanın) basıncı,

$$p = h\rho = 76\ (\text{cm}) \times 13{,}6\ (\text{g-kuv/cm}^3) = 1033{,}6\ (\text{g-kuv/cm}^2)$$

ye eşit olur. Bu sonuç, Torricelli deneyinin su veya başka bir sıvı ile yapılmasının zorluğunu da açığa koyar. Gerçekten, civa yerine su kullanmış olsak, 76 cm lik civa sütununun basıncını 1033,6 cm lik bir su sütunu yapabileceğinden, 1033,6 cm den daha uzun bir boru kullanmak gerekir.

§ 95. BASINÇ BİRİMLERİ, NORMAL BASINÇ. — (§ 65) de gördüğümüz birimler, gazların basınçlarını ölçmede de kullanılabilirse de, gazlar için bunlardan başka birimler de vardır:

a) *cm Hg basıncı:* Düşey yüksekliği 1 cm olan bir civa sütununun basıncıdır:

1 cm Hg basıncı = 13,6 (g-kuv/cm²) = 13,6 × 981 = 13341,6 bari

b) *mm Hg basıncı (torr):* Düşey yüksekliği 1 mm olan bir civa sütununun basıncıdır.

1 mm Hg basıncı = 1 torr = 13,6 (g-kuv/cm²) = 1334,16 bari

c) *Atmosfer:* 76 cm Hg basıncı ile dengeleşen açıkhava basıncına, 1 atmosfer denir:

$$1\ \text{atmosfer} = 76\ \text{cm Hg} = 1033{,}6\ \text{g-kuv/cm}^2 = 1033{,}6 \times 981$$
$$= 1013961{,}6\ \text{bari} = 1{,}01396\ \text{bar} = 1013{,}96\ \text{milibar}$$

dır.

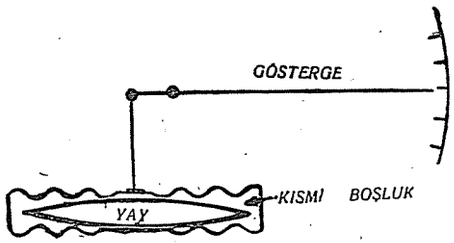
Açıkhava basıncının değeri her yerde ve her an aynı değildir. Bu basıncın deniz düzeyinde ve iyi bir havadaki değeri 76 cm Hg dır. Açıkhava basıncının 76 cm lik değerine, özel olarak, *normal basınç* adı da verilir.

§ 96. BAROMETRELER. — Açıkhava basıncını ölçmeğe yarayan araçlara *barometre* denir. Uygulama alanlarında kullanılan barometreler değişik iki tipte yapılırlar: *Civalı barometreler, metal barometreler.*

a) *Civalı barometreler:* Civalı barometreler, Torricelli deneyine dayanırlar. Civalı bir barometre ile açıkhava basıncının ölçülmesi için, borudaki civa sütununun düşey yüksekliği ölçülür. Bunun için, barometre borusu arkasına bir cetvel yerleştirilmiştir. Lâboratuvarlarda kullanılan

ve incelikli ölçülere yatkın olan aletlerde (Şek. 72), çanaktaki civa düzeyi ile borudaki düzey arasındaki düşey yükseklik verniyeli cetvellerle ölçülür.

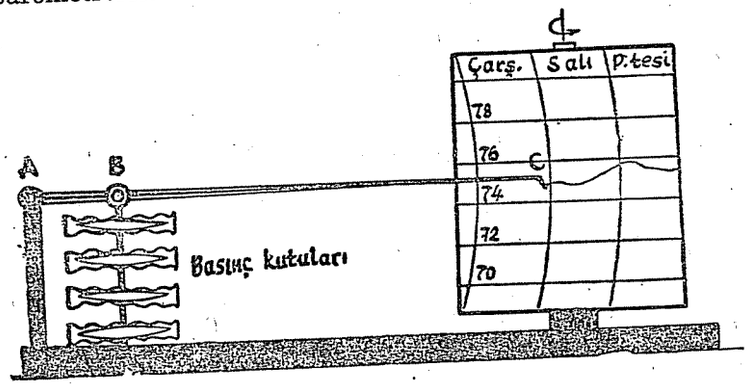
Şek. 72. Duyarlıklı bir barometre



Şek. 73. Metal barometrenin esası

Şek. 74. Metal barometre

b) *Metal barometreler:* Bu aletlerde, açıkhava basıncı bir yayın esnekliği ile dengeleştirilmiştir. Basıncın artma veya azalması, bu yayın şeklini değiştirir ve bu şekil değişikliği bir kadran önünde hareket eden bir göstergeye iletilir (Şek. 73 - 74). Yay, havasının bir kısmı boşaltılmış madensel bir kutu içerisindedir. Bu kutunun kapakları, açıkhavaya büyük bir yüzey göstererek basınç değişmelerinden daha çok etkilenmeleri için, esnek bir madenden ve dalgalı olarak yapılmıştır. Metal barometrelerin yazıcı olanları da vardır (Şek. 75). Metal barometrelerin duyarlığı, civalılar kadar olabilir. Ama, zamanla yaylarının esnekliği değişir. Bu yüzden, metal barometreleri arasıra civalı barometrelerle ayarlamak gerekir.

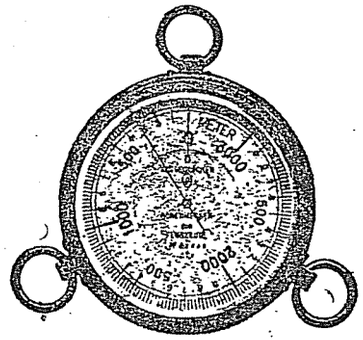


Şek. 75. Yazıcı metal barometre

Metal barometreler küçük ve kullanışlı aletler olduklarından, pratikte çok kullanılırlar.

§ 97. AÇIKHAVA BASINCININ DEĞİŞMELERİ. — Hava sıcaklığının ve içindeki su buharı miktarının değişmesi, açıkhava basıcının değişmesine yol açar. İleride göreceğimiz gibi, bundan, birkaç başka ölçmeyi de hesaba katarak «havanın nasıl olacağını kestirme» gibi, çok önemli bir fayda sağlanmaktadır.

Öteki koşullar değişmemiş olsa bile, bir yerde yükseldikçe, açıkhava basıncının azaldığı görülür. Bunun nedeni, yükseldikçe, üstümüzdeki hava tabakasının azalmasıdır. Belli bir yükselme için, barometre yüksekliğinin ne mikdar değişeceği hesaplanabilir. İçinde yaşadığımız alt tabakalarında havanın özgül ağırlığı, 0°C ve 76 cm Hg basıncı altında 0,001293 g-kuv/cm³'e eşittir. Bundan, 1 mm yüksekliğindeki bir civa sütununun ($p = h\rho = 13{,}6 \times 0{,}1 = 1{,}36$ g-kuv/cm²) lik basıncını, ne yükseklikteki bir hava sütununun yapacağını hesaplayabiliriz. Basınçlar arasında,



Şek. 76. Altimetre

$$p = h\rho = 0{,}001293 \times h = 1{,}36$$

eşitliği kurularak bundan:

$$h = 1051 \text{ cm} \approx 10{,}5 \text{ m}$$

bulunur. Demek oluyor ki, yerden her 10,5 m yükseldikçe, barometre yüksekliği 1 mm düşer. Ancak, bu kural yerden birkaç yüz metreye kadar tam tamına doğrudur. Daha yukarılarda havanın özgül ağırlığı gitgide azalır ve barometre yüksekliğinin 1 mm düşmesi için 10,5 m den daha çok yükselmek gerekir (*). Yükseldikçe barometre ile ölçülen basıncın azalmasından yararlanılarak, barometrelerle yükseklik de belirtilebilir. Üstelik, daha kolay olması için, barometrelerin bir kısmı doğrudan doğruya yükseklik ölçebilecek bir şekilde bölümlendirilirler. Böylece, as-

(*)

0 — 700	metre	arasında	her	11	m	de 1 mm.
700 — 1400	»	»	»	12	»	»
1400 — 2000	»	»	»	13	»	»
2000 — 2600	»	»	»	14	»	»
2600 — 3100	»	»	»	15	»	»
3100 — 3600	»	»	»	16	»	»
3600 — 4100	»	»	»	17	»	»
4100 — 4500	»	»	»	18	»	»
4500 — 4900	»	»	»	19	»	»
4900 — 5000	»	»	»	20	»	»

kerlik havacılık, spor ve gezi alanlarında çok yararlı bir alet, *altimetre* elde edilmiş olur (Şek. 76).

GAZLARIN BASINÇLARI

§ 98. KAPALI BİR KAPTA BULUNAN BİR GAZIN BASINCI. — Açıkhava basıncı ile ilgili olayları hidrostatik prensipleriyle açıklayabiliriz. Ama, kapalı bir kapta bulunan bir gazın basıncı, yalnız bu gazın ağırlığından ileri gelmiş gibi düşünülemez. Gerçekten, bir futbol topu içindeki havanın veya bir buhar kazanındaki buharın... basıncını, toptaki havanın veya kazandaki buharın ağırlığı ile açıklayamayız. Üstelik, kapalı bir gazın basıncı hidrostatik bir basınç gibi olsaydı, gazın en üst tabakalarında hiç basınç olmaması gerekirdi. Oysa, kapalı bir kapta bulunan bir gaz, bütün çeperlerine hemen hemen aynı basıncı yapar.

Bu olayları ve öteki benzerlerini açıklayabilmek için, *Clausius** (Klavziyus), «Gaz moleküllerinin bulundukları kapalı kap içerisinde durmadan hareket ettiklerini ve gazın çeperleri üzerinde veya gaz içerisinde alınan belli bir yüzeye belli bir zamanda ne kadar çok çarpma olursa, bu yüzey üzerindeki basıncın o derece büyük olacağını belirten» bir hipotez kurmuştur.

§ 99. KAPALI BİR KAPTA BULUNAN BİR GAZIN BASINCININ ÖLÇÜLMESİ. — Bunun için kullanılan aletlere, *manometre* adı verilir. Manometreler, genel olarak - sıvılı ve madensel olmak üzere - iki tipte yapılırlar.

§ 100. SIVILI MANOMETRELER. — Çok basit bir yapılışları olan sıvılı manometrelerde, U şeklinde kıvrılmış bir boru içinde bir sıvı (çoğu kez, civa veya su) bulunmaktadır (Şek. 77). U borusunun kollarından biri basıncı ölçülecek kapla birleştirilir. Öteki koldaki sıvı, ya açıkhava ile veya - 1 atmosfer'den küçük basınçlar ölçülecekse - boşlukla dokunmadadır (Şek. 78). Bu aletlerle kapalı bir kapta bulunan bir gazın basıncını ölçmek için, kollardaki sıvı hizaları arasındaki h düşey yüksekliğini ölçmek yeter: (Şek. 77) deki tipte olan sıvılı bir manometrede ölçülmesi istenilen p basıncı, h yüksekliğindeki sıvı basıncı ($h\rho$) ile açıkhava basıncı (H) nın toplamına eşittir; bu toplam yapılırken:

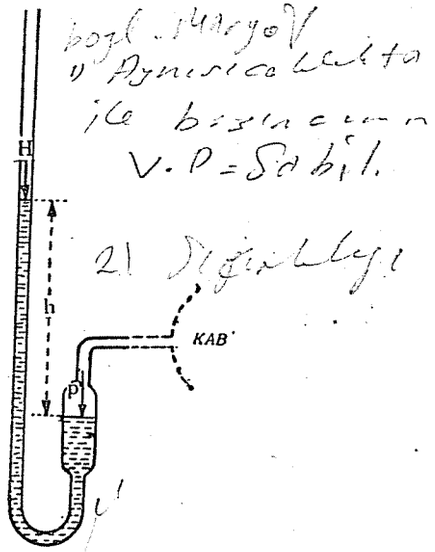
$$\underbrace{p}_{\text{g-kuv/cm}^2} = \underbrace{H}_{\text{g-kuv/cm}^2} + \underbrace{h}_{\text{cm}}\,\underbrace{\rho}_{\text{g-kuv/cm}^3}$$

de olduğu gibi, basınçların aynı birimlerle belirtilmiş olmasına dikkat

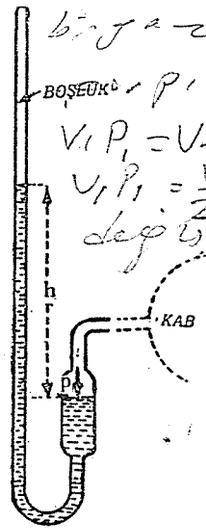
* Clausius, Emanuel (1822 - 1888). — Isı teorileriyle ünlü Alman fizikçisi.

edilmelidir. Civalı bir manometre kullanılmışsa, H ve p basınçları, cm Hg basıncı ile belirtilirler. Diyelim, açıkhava basıncı 75 cm Hg ve h yüksekliği 20 cm Hg ise, ölçülen basınç; $p = 75 + 20 = 95$ cm Hg olur.

Bir kolundaki sıvı üzerinde bir boşluk olan manometrelerde (Şek. 78).



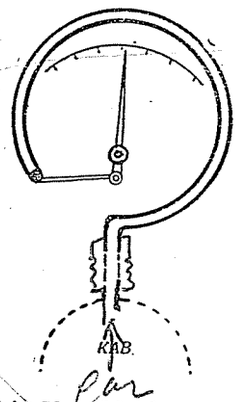
Şek. 77. Yüksek basınçlar için sıvılı manometre



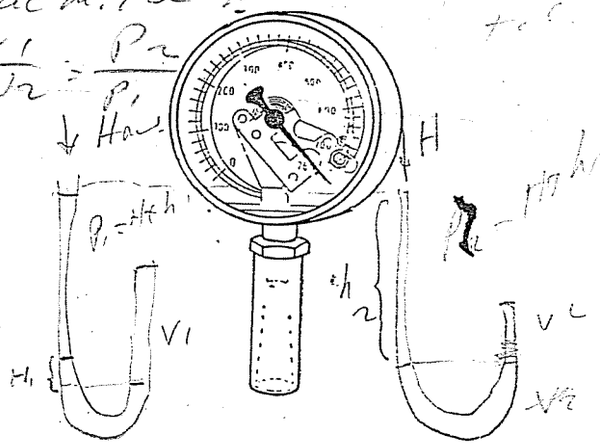
Şek. 78. Alçak basınçlar için sıvılı manometre

ölçülmesi istenilen p basıncı, yalnız, h yüksekliğindeki sıvı basıncına eşittir:

$$p = h\rho$$



Şek. 79 a. Metal manometre şeması



Şek. 79 b. 0 - 760 mm Hg arasındaki basınçlar için metal manometre

Sıvılı manometrelerde civa yerine başka bir sıvı - su v.b. - kullanılabilir. Bu halde duyarlık 13,6 kat artar. Çünkü aynı basınç, civanınkinden 13,6 kat daha yüksek olan bir su sütunu ile ölçülür.

§ 101. METAL MANOMETRELER. — Uygulamalarda, metal manometreler (Şek. 79) daha çok kullanılır. Böyle bir alette, basıncı ölçülecek kapla birleştirilmiş olan esnek ve madensel bir boru vardır. Basınç arttığı zaman, bu boru düzelmeğe çalışır ve - uygun bir düzenle - boru ucunun hareketi bir göstergenin hareketine dönüştürülür.

Metal manometreler; civalılarla karşılaştırılarak derecelenirler, sağlam ve çok büyük basınçları bile ölçmeğe yeterli aletlerdir. Kimi işlerde yazıcı olanları da kullanılır.

§ 102. BİRKAÇ BASINCIN BÜYÜKLÜĞÜ. —

Açıkhava basıncı	1	atmosfer
Bisiklet lâstiğindeki hava basıncı	2	»
Otomobil » » »	3 — 5	»
Buhar makinası kazanındaki buhar basıncı	10 — 15	»
Buhar türbinlerindeki buhar basıncı	30	»
Hava kompresörlerindeki basınç	500	»
Top namlularındaki basınç	birkaç bin	atmosfer

kadardır.

BOYLE-MARİOTTE KANUNU

§ 103. BOYLE - MARİOTTE (*) KANUNU. — Sıcaklığı değiştirilmeksizin hacmı küçültülen bir gazın basıncının arttığı, genleştirilen bir gazın ise basıncının azaldığı herkesin dikkatini çekmiş olaylardandır. Örneğin, bir bisiklet pompasının - ağzı parmakla kapatılarak - pistonu itilirse, gazın hacmı küçüldükçe, parmağımıza yapılan basıncın arttığı sezilir.

DENEY: Hacım ve basınç arasındaki bağıntıyı bulmak için (Şek. 80) deki aletle, şu deneyler yapılır:

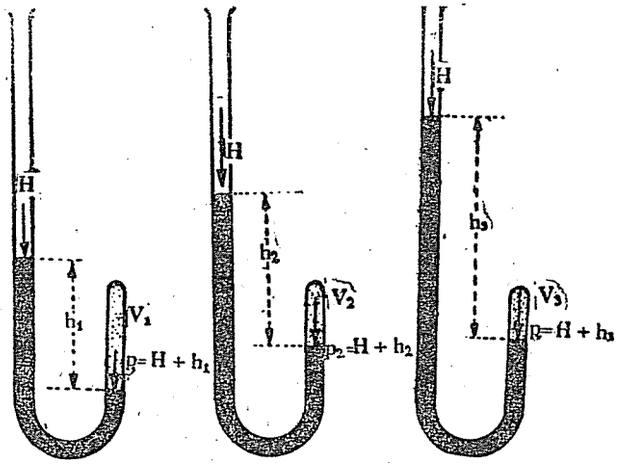
Kısa kolu kapatılmış olan U şeklindeki bir boruya bir miktar civa konur ve böylece, kısa kola belli bir miktar hava kapatılır. Bundan sonra, uzun kola, azar azar civa koyacak olursak, kapatılmış olan hava, gitgide sıkıştırılır. Her bir durumda, bu havanın hacımları ($V_1, V_2, V_3, ...$) ile basınçları ($p_1, p_2, p_3, ...$) ölçülür ve V_1p_1, V_2p_2, V_3p_3,... çarpımları hesaplanır.

Deneyler, sıcaklığı değişmeyecek şekilde sıkıştırılan belli bir gaz kütlesinin hacım ve basınçları arasında,

(*) Boyle, Robert (Okunuş Boyl) (1626 - 1691). — İngiliz fizik ve kimyacısı.

$$V_1 \cdot p_1 = V_2 \cdot p_2 = V_3 \cdot p_3 = ... = \text{Sabit} \qquad (25)$$

bağıntısının bulunduğunu göstermektedir. Boyle ve Mariotte (*) tarafından - aynı tarihlere rasgelerek - bulunmuş olan bu sonuç, *Boyle - Mariotte kanunu* adı ile anılmaktadır.



Şek. 80. Boyle - Mariotte kanununun deneyle gerçeklenmesi.

Boyle - Mariotte kanunu: Sıcaklığı sabit kalacak şekilde sıkıştırılan belli bir gaz kütlesinin basıncı ile hacmının çarpımı sabittir.

Bu kanun, Clausius'un hipotezine göre, kolayca açıklanabilir. Gerçekten, sıcaklığı değişmeyen belli bir gaz kütlesinin hacmı 2 kat artırılırsa, bu gaz moleküllerinin belli bir yüzey - diyelim, kabın 1 cm² 'si - üzerine çarpma sayıları 2 kez azalır ki, bu da basıncın 2 kez azalmasına yol açar.

ALIŞTIRMA: 760 mm Hg basıncında bulunan 4 litrelik hava, bulunduğu sıcaklık derecesinde 1/2 litrelik bir kaba sıkıştırılırsa basıncı ne kadar olur?

ÇÖZÜM: Havanın birinci durumunda hacım ve basıncı $V_1 = 4$ litre, $p_1 = 760$ mm Hg, ikinci durumundaki hacmı $V_2 = 0,5$ litre, basıncı ise $p_2 = ?$ olduğundan:

$$V_1 \cdot p_1 = V_2 \cdot p_2$$

denklemi,

$$4 \times 760 = 0,5 \times p_2$$

şeklinde yazılarak bundan

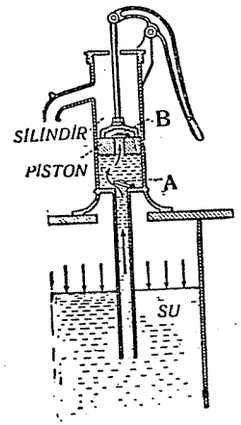
$$p_2 = 6080 \text{ mm Hg} = 8 \text{ atmosfer}$$

bulunur.

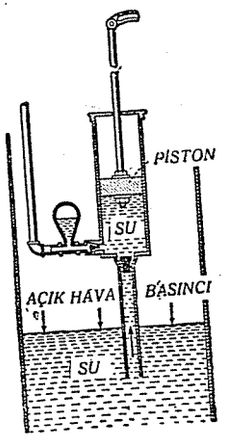
(*) Mariotte, Edme (Okunuş Maryot) (1620 - 1684) — Fransız fizikçilerindendir.

TULUMBALAR

§ 104. SIVI TULUMBALARI. — Su, gaz, yağ,... gibi sıvıları yüksek-
lere çıkarmak veya başka bir yere aktarmak için kullanılan aygıtlardır.
Bunlardan *emme tulumbalar*, sıvıları, bulundukları düzeye kadar çıka-
rabilirler (Şek. 81). *Emme - basma tulumbalar* ise, emdikleri sıvıyı, bu-
lundukları düzeyden daha yükseklere çıkarırlar (Şek. 82).



Şek. 81. Emme tulumba



Şek. 82. Emme - basma tulumba

Bir emme tulumbanın pistonu yukarıya kaldırılırken A kapacığı açı-
lır, ve pistonun altında meydana gelen boşluğa aşağıdan yükselen sıvı
dolar. Piston indirilirken, A kapacığı kapanır ve B kapacığı açılarak alı-
nan sıvıyı pistonun üstüne çıkarır. Pistonun bundan sonraki çıkış hare-
ketinde ise, bir yandan A kapacığı yoluyla - tulumbaya yeni baştan
sıvı emilirken, öte yandan, pistonun üstüne aktarılmış su, çıkış borusun-
dan akar

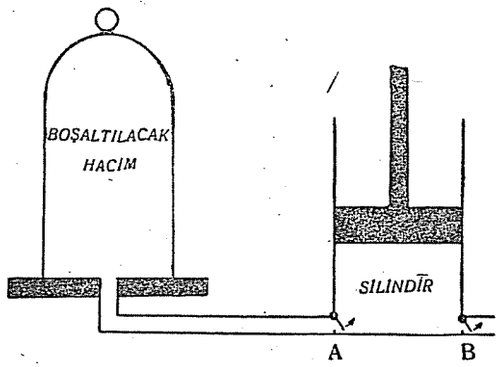
Bir emme tulumbanın su çekebileceği maksimum derinlik teorik ola-
rak 1033,6 cm dir ve bu hal tulumba gövdesinde mutlak bir boşluk mey-
dana gelebilmesi halinde gerçeklenebilir. Uygulamalarda, kapacıklar,
piston aralıkları ve ek yerlerindeki kaçaklar yüzünden, en çok 7 - 8 met-
reden su çekilebilir.

Daha derinlerden su çıkarmak için *emme - basma* tulumbalar kul-
lanılır. Şekilde görülen tulumbada, piston yukarıya kaldırılırken sıvı emi-
lir. Emilen bu sıvı piston aşağıya indirilirken, istenilen yüksekliğe çıka-
rılır.

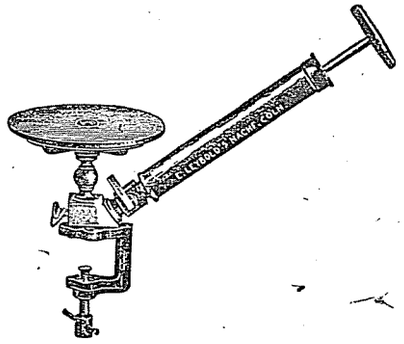
§ 105. PİSTONLU GAZ TULUMBALARI. — Gazları boşaltmak
veya bir yerden başka bir yere aktarmak için *gaz tulumbaları* kullanı-
lır. Bunlardan, *Otto von Guericke** (Oto fon Gerik)'e borçlu olduğu

* Guericke, Otto von (1602 - 1686) — Alman fizikçisidir.

muz pistonlu gaz tulumbasının (Şek. 83 - 84) yapılış prensibi bir emme
basma tulumba gibidir. Böyle bir gaz tulumbasında, piston yukarıya
kaldırılırken, A kapacığından boşaltılacak gazın bir kısmı piston gövde-
sine emilir. Pistonun inişi sırasında ise, emilen bu gaz, ya açıkhavaya
veya başka bir kaba gönderilir. Pistonun bu hareketleri, art arda ya-
pıldıkça, boşaltılacak kaptaki gaz gitgide azalır. Kapakcıklardaki ve



Şek. 83.
Pistonlu gaz tulumbası



Şek. 84.
Pistonlu gaz tulumbası

bağlantı yerlerindeki kaçaklar ve piston ile silindir gövdesinin tabanı
arasında kalan zararlı boşluklar yüzünden, pistonlu tulumbalarla mut-
lak bir boşaltma yapılamaz. Bununla beraber, iyi yapılmış olanları, binde
birkaç mm Hg basıncına kadar boşaltabilir.

§ 106. PİSTONLU BİR TULUMBA İLE BOŞALTMA DERECESİNİ
HESAPLAMAK. — (Şek. 83) deki şemada görülen pistonlu tulumbada,
boşaltılacak hacım V (diyelim, 1 200 cm³); silindirin iç hacmı, piston yu-
karıda iken, v (diyelim, 400 cm³) ve boşaltılacak hacımda başlangıçtaki
basınç H (diyelim, 760 mm Hg) olsun.

Önce, altta olduğunu farzedeceğimiz piston, yukarıya kaldırıldığı za-
man A kapacığı açılır ve gazın hacmı, v kadar artarak, $V+v$ olur. Bu du-
rumdaki basınca p_1 diyelim. Gazın birinci ve ikinci hallerindeki hacım
ve basınçlarına Boyle - Mariotte kanununu uygularsak,

$$V_1 \cdot p_1 = V_2 \cdot p_2$$

yerine,

$$V \cdot H = (V+v)\, p_1$$

ve bundan,

$$p_1 = H \frac{V}{V+v} = 760 \frac{1200}{1200+400} = 570 \text{ mm Hg}$$

buluruz. Demek oluyor ki pistonun ilk çekilişinde boşaltılacak yerdeki basınç 760 mm Hg dan 570 mm Hg ya düşmektedir. Piston aşağıya inerken silindire emilen gaz B kapacığından dışarı atılır. Bu sırada A kapacığı kapalı olduğundan boşaltılacak hacımdaki gazın basıncı p_1 olarak kalır.

Pistonun yukarıya doğru ikinci kaldırılışında, boşaltılacak gazın hacmı yeniden v kadar artar fakat basıncı azalır. Bu yeni basınca p_2 diyelim. Hacmı V basıncı p_1 olan gazın bu yeni genleşmesinde hacmı V+v, basıncı p_2 olduğuna göre, Boyle - Mariotte kanunu, bu kez,

$$V \cdot p_1 = V \cdot H \frac{V}{V+v} = (V+v) \cdot p_2$$

şeklinde yazılarak bundan

$$p_2 = H \left(\frac{V}{V+v} \right)^2 = 760 \left(\frac{1200}{1200+400} \right)^2 = 427{,}5 \text{ mm Hg}$$

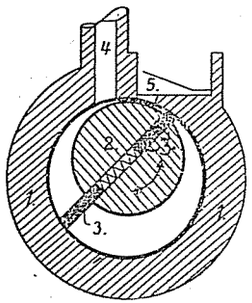
bulunur. Bu düşünüşü pistonun 3 cü, 4 cü,... çekilişlerine de uygularsak boşaltılacak hacımda gitgide seyrekleşen gazın p_3, p_4,... basınçları olarak.

$$p_3 = H \left(\frac{V}{V+v} \right)^3 = 320{,}625 \text{ mm Hg}$$

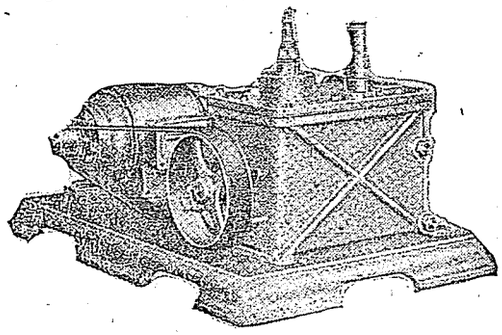
$$p_4 = H \left(\frac{V}{V+v} \right)^4 = 240 \text{ mm Hg...}$$

bulunur.

§ 107. DÖNEN KANATLI TULUMBALAR. — Daha hızlı ve - üstelik - daha mükemmel boşaltmalar, *dönen kanatlı tulumbalarla* (Şek. 85 ve 86) elde edilebilir. Böyle bir tulumbada, silindirik bir (1) gövdesi ve bunun içinde gövde boşluğuna içten teğet olarak dönen (2) rotoru bulunur. Bu rotor içine açılmış olan bir aralığa iki palet (ka-



Şek. 85.
Dönen kanatlı tulumba şeması

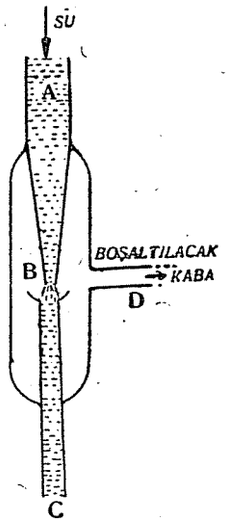


Şek. 86.
Dönen kanatlı tulumba

nat), ve bunların arasına da her ikisini birden dışarıya doğru iten bir yay yerleştirilmiştir. Rotor döndürüldüğü zaman, 3 kanadının arkasında meydana gelen boşluğa 4 emme borusundan boşaltılacak gaz gelir. Biraz sonra 3′ ve 3 kanatları arasına alınacak olan emilmiş gaz, 5 musluğundan dışarıya atılır. Rotor döndükçe, bu olaylar art arda sürüp gider.

İyi yapılmış dönen kanatlı tulumbalarla, 10^{-5} ilâ 10^{-6} mm Hg basıncına değin boşaltmalar yapılabilir.

§ 108. SU TROMPU. — Basit boşaltmalar için, daha sade yapılı su trompları kullanılır (Şek. 87). Bir musluktan alınan basınçlı bir su akımı, trompun A giriş borusundan gelir ve kapalı bir kaba açılan ince bir B ucundan fışkırarak çıkış borusundan dışarıya atılır. B den C ye hızla akan su molekülleri, kendilerine dokunan gaz moleküllerini de sürükleyerek etraflarında bir basınç azalması meydana getirirler. Tromp, - bir D borusuyla - boşaltılması istenen bir kaba birleştirilirse, bu kabın içindeki gazı da yavaş yavaş çeker ve boşaltır.



Şek. 87. Su trompu

Akan suyun buharlaşması ve bu buharların kaba dolması yüzünden, su trompu ile mutlak bir boşaltma yapılamaz ve - oda sıcaklığında - ancak 20 mm Hg basıncına kadar inilebilir.

ÖZET

1. GAZLARIN BASINÇLARI. — Gazlarda iki türlü basınç vardır. Bunlardan birl gazın ağırlığından ileri gelmedir. Sıvılardaki hidrostatik basınca benzer. Öteki, gaz moleküllerinin hareketinden ileri gelir. Bir gaz içerisinde alınan herhangi bir yüzeye çarpan moleküller bu yüzey üzerine bir basınç yaparlar (Clausius teorisi).

2. AÇIK HAVA BASINCI. — Açık hava basıncı 76 cm yüksekliğinde olan bir civa sütununun basıncı ile dengeleşir (Torricelli Deneyi). Bu basınca 1 atmosfer veya normal basınç da denir.

3. BOYLE - MARİOTTE KANUNU. — Sıcaklığı sabit kalan belli bir gaz kütlesinin basıncı ile hacmının çarpımı sabittir.

$$V_1 \cdot p_1 = V_2 \cdot p_2 = \text{.... Sabit}$$

ÖDEV VE PROBLEMLEER

1. Açıkhava basıncı 75 cm Hg dır. Bu basıncı, g-kuv/cm² ve milibar cinsinden hesaplayınız.

2. Havanın özgül ağırlığı bütün atmosfer boyunca sabit ve 0,001293 g/cm³ olsaydı atmosfer yüksekliği ne olurdu?

3. Torricelli deneyinde yoğunluğu 1,5 olan bir sıvı kullanılsa barometre yüksekliği ne kadar olur?

4. Kutuplarda, Ankara'da, Ekvator'da 0°C da 76 cm olarak ölçülen barometre yükseklikleri aynı basıncı mı gösterirler? Aralarında fark varsa hesaplayınız.

5. 1010 milibar lık açıkhava basıncının bari ve cm Hg olarak karşılığı ne kadardır?

6. Açıkhava basıncının değerini 760 torr alarak bir insan vücudunun 1,5 m² lik yüzeyi üzerine ne kadar kg lık bir etki yaptığını bulunuz.

7. 1 atmosfer basınç altında 1 litrelik bir gaz veriliyor. Sıcaklığı sabit tutulan bu gazın 2, 3, 4,... atmosferlik basınçlardaki hacımlarını bulunuz ve absis eksenine basınçları, ordinat eksenine ise hacımları götürerek Boyle Marriotte kanununu gösteren grafiği çiziniz.

8. 1,5 atmosfer basınç altında bulunan 2 litre hava ile 3 at basınçta olan 1 litre oksijen 5 litrelik bir kaba önce teker teker ve sonra birlikte konmuş olsalar, ne kadarlık basınçlar yaparlar?

Not. — Bir gaz karışımının yaptığı toplam basıncın, karışımdaki gazların yaptıkları ayrımsal basınçlar toplamı olduğu - Dalton kanunu - biliniyor.

9. Bir emme tulumba pistonunun yarıçapı 5 cm dir. Sürtünmeleri kesaba katmayarak bu tulumba ile 5 m lik bir derinlikten su çıkarmak için pistonu nekadarlık bir kuvvet ile çekmek gerektiğini bulunuz. Piston, kollarının uzunluğu 10 ve 100 cm olan bir kaldıraçla hareket ettirildiğine göre, büyük kola ne kadarlık bir kuvvet uygulamak gerekir?

10. Bir kap içerisinde 1 at basınç altında 4,5 litre gaz bulunmaktadır. Bu kabı, gövdesinin hacmı 1/2 litre olan pistonlu bir gaz tulumbasiyle boşaltmak istiyoruz. Dış basınç 76 cm Hg dır. Pistonun 1, 2, 3,... cü inip çıkmalarında kaptaki gazın basınçları ne kadar olur?

İKİNCİ KISIM

B Ö L Ü M VIII

ISI BİLGİSİ

§ 109.SICAKLIK VE ISI KAVRAMLARI. — Cisimlere dokunduğumuz zaman onları sıcak, ılık veya soğuk,.. duyarız. Cisimleri bu bakımdan birbirinden ayırtan fiziksel özelliğe, *sıcaklık* adı verilir.

Sıcaklıkları değişik olan cisimler bir araya getirilince - örneğin, sıcak ve soğuk su karıştırılınca - sonunda, hepsinin aynı sıcaklığı almış olduklarını da biliriz. Eskiden, bu olayı açıklamak için, *cisimlerde ısı adı verilen ağırlıksız bir akışkanın bulunduğu, bunu alan bir cismin sıcaklığının arttığı, verenin ise soğuduğu* sanılırdı.

1799 yılında Davy (*), iki buz parçasını birbirine sürtmekle eritebildi. Ve yine aynı senelerde, demirin bir matkapla delinirken ısınmasının nedeni üzerinde duruldu. Bu ve buna benzer olaylar, ısıyı ağırlıksız bir akışkan gibi sanmanın akla yakın olmadığını gösterdi. Çünkü, demirin ısı alarak ısınmasına karşılık, matkabın, ısı vererek soğuması gerekirdi. Bu yüzden, ısının niteliği üzerine yeni bir görüş arandı ve, birçok başka olayların da desteklediği, *«ısının, enerjinin bir şekli olduğu»* hipotezi kabul edildi. Bu yeni görüşe göre, ısı alan - yani sıcaklığı yükselen - bir cisim, enerji alır; ısı veren bir cisim ise, enerji kaybeder. Isınan bir cismin aldığı bu enerji mikdarının nereye gittiği sorulabilir. Isınan bir cisimde potansiyel ve kinetik enerji, görünürde artmaz. O halde, ısı enerjisinin moleküllere verildiği düşünülebilir. Gerçekten, cisimlerin moleküllerinin durmaksızın harekette oldukları bilinmektedir. Isı enerjisinin bu hareketi hızlandırdığı, böylece, molekülsel kinetik enerjiyi artırdığı kabul edilmiştir.

§ 110. SICAKLIK VE ISI ARASINDAKİ FARK. — Konuşma dilinde, «sıcaklık» ve «ısı» sözleri çoklukla birbirlerine karıştırılır. Oysa, bu iki kelimenin bilimsel anlamları çok değişiktir. Gerçekten, yanan bir kibrit alevinin sıcaklığı bir kalorifer radyatörünün sıcaklığından daha çoktur. Ancak, odayı ısıtmak için radyatör kadar ısı veremez. İçinde sıcak su bulunan bir kazandan bir maşrapa su alalım. Kazan ve maşrapadaki suların sıcaklıkları bir olduğu halde bunlardaki ısı miktarları eşit değildir ve bu nedenle kazandaki su ile daha çok buz ergitilebi-

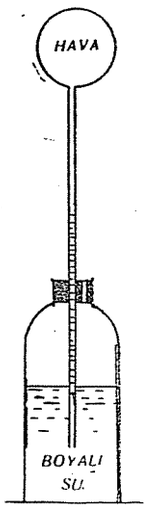
(*) Davy, sir Humphry (1778 - 1829) — Potasyum ve sodyum elemanlarını ve madencilerin kullandığı güvenlik lâmbasını bulmuş olan İngiliz kimyacısıdır.

lir. Denizlerin suyunda sonsuz kadar çok ısı bulunduğu halde, sıcaklığı yetmediği için, onunla bir yumurta bile pişirilemez!

Bugünün görüşüne göre, bir cismin sıcaklık derecesi moleküllerinin hızına, o cisimdeki ısı miktarı ise, bütün moleküllerindeki kinetik enerjilerin toplamına bağlıdır. Bu düşünüş ile, yukarıdaki örneklerin ortaya koyduğu aykırılıklar ortadan kaldırılmaktadır. Hem de, ısı miktarının cismin kütlesi ile ilgili olduğu, sıcaklık derecesinin ise kütleye bağlı olmadığı da anlatılmış oluyor.

Sıcaklık ölçülebilir bir miktar değildir. Termometreler, ancak, cisimlerin sıcaklık derecelerini birbirleriyle karşılaştırmağa yararlar. Oysa, ısı, ileride göreceğimiz gibi, ölçülebilir bir miktardır.

§ 111. SICAKLIKLARI KARŞILAŞTIRMA PRENSİBİ. — Dokunma duygumuzla cisimlerin sıcaklıkları üzerine edindiğimiz bilgiler, genel olarak, yeterli değildir. Bir elini sıcak, öteki elini soğuk suda bulunduran bir kimse, her iki elini birden ılık suya soksa, sağ ve sol ellerinin değişik sıcaklıklar duyduğunu anlar. Ateşi olan hasta, sıcak bir odayı soğuk duyar... Üstelik - dokunma duyumuzla - yakın sıcaklıkların incelikli bir şekilde karşılaştırılması da yapılamaz. Sıcaklıkların incelikli bir şekilde karşılaştırılmasına elverişli aletlere, *termometre* adı verilir. Termometreler, cisimlerin sıcaklıkla düzgün olarak değişen bazı özelliklerinden -çoklukla, genleşmelerinden- yararlanılarak yapılmışlardır. Cisimler, ısıtıldıkları zaman genleşirler. Bu genleşme miktarının ölçülmesi, cisimlerin sıcaklıklarını bir sayı ile belirtmeğe yarar. İlk termometreyi Galileo*ya borçlu bulunmaktayız. Bu ünlü bilgin (Şek. 88) de şeması görülen havalı termometreyi yapmıştır. Bu alet, bir şişe içerisindeki boyalı suya batırılmış ve yukarısında küçük bir balonu olan bir borudan oluşmuştu. Bu baloncuk ısındığı zaman, içindeki hava genleşerek, borusu içindeki suyu aşağıya itmekte, soğuduğu zaman ise, boru içindeki sıvı yükselmekte idi. Sıvı düzeyinin yükselme ve alçalma miktarının ölçülmesi cisimlerin sıcaklıklarını karşılaştırmağa yarar. Bu düzen, sıcaklık değişmelerine karşı çok duyarlıklı idi ise de, hava basıncının değişmeleri yüzünden, sık sık ayarlanması gerekmekte idi.



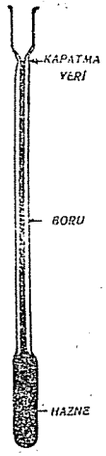
Şek. 88. Havalı termometre

§ 112. CİVALI TERMOMETRELER. — Cisimlerin sıcaklıklarını karşılaştırmak için, pratikte

(*)Galileo Galilei (1564 - 1642) — Ünlü İtalyan fizikçisi, matematikçisi ve astronomu.

kullanılan termometrelerin çoğu *civalı termometrelerdir*. Bunlar bir çok bakımlardan termometre cismi olmağa en elverişli olan civanın sıcaklıkla genleşmesi özelliğinden faydalanarak yapılmışlardır.

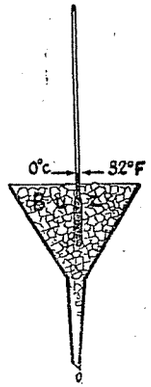
Civalı termometrelerde (Şek. 89), - yüzeyi büyük olduğu için - çabuk ısınabilen silindirik bir hazne ve buna eklenmiş kılcal bir boru vardır. Hazne civa ile doldurulduktan sonra, ısıtılmağa başlanır, civa genleşerek - borunun sonuna değin - yükselir, ve bu anda borunun ucu kuvvetli bir alevle ergitilerek kapatılır. Böylece, civa üzerinde hiç hava kalmamış olur.



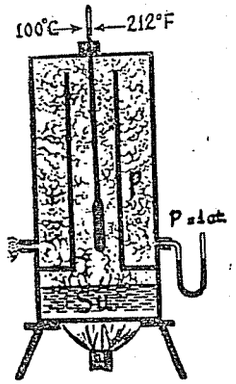
Şek. 89. Civalı termometre

§ 113. TERMOMETRELERİN DERECELENMESİ. — Cisimlerin sıcaklıklarını bir sayı ile belirtebilmek için, termometreleri derecelemek gerekir. Bunun için belli iki sıcaklığa, saymaca olarak, birer sayı verilir. Ve sonra bunların arası eşit bölümlere ayrılarak termometre dereceleri elde edilir.

Sabit noktalar olarak, çoklukla, buzun ergime sıcaklığı ile,76 cm Hg basıncı altında kaynamakta olan suyun sıcaklığı alınmaktadır. Bu iki sabit nokta arasının bölümlendirilmesi - veya



Şek. 90. 0 noktasını belirtme



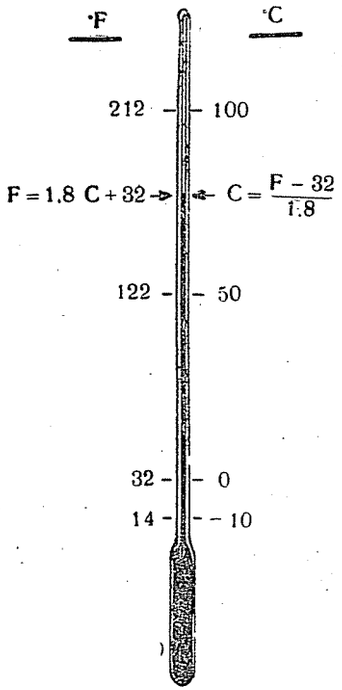
Şek. 91. 100 noktasını belirtme

sıcaklık derecelerine verilecek sayılar - birkaç türlü olabilir. Bilim alanında dünyaca kullanılmakta olan termometre ölçeğini Celsius* yapmıştır. Bu ölçekte, ergimekte olan buzun (Şek. 90) sıcaklığı 0, ve 76 cm

(*) Celsius, André (1670 - 1756) — Ünlü bir İsveç astronomudur.

Hg basıncı altında kaynamkata olan sudan oluşan su buharlarının (Şek. 91) sıcaklığı ise 100 kabul edilmiş, ve bu iki sabit nokta arasındaki uzaklık 100 eşit bölüme ayrılmıştır. Böylece elde edilen ölçeğin her bir bölümüne, 1 Celsius - veya 1 santigrat - derecesi denir, ve bu sıcaklık derecesi kısaca, °C işaretiyle gösterilir.

İngiliz ve Amerikalılar, günlük hayatlarında, Fahrenhayt (*) ölçeğini kullanmaktadırlar. Bu ölçekte, buzun ergime sıcaklığı 32° ve 76 cm Hg basıncı altında suyun kaynama sıcaklığı 212° kabul edilmiş ve bu iki sabit nokta arası 180 eşit bölüme ayrılmıştır. Fahrenhayt ölçeğindeki sıcaklık dereceleri, °F işaretiyle gösterilirler. Celsius ve Fahrenhayt ölçekleri, (Şek. 92) de yanyana görülmektedir. Aynı sabit noktaların arası birinci eşelde 100, ötekinde ise 180 eşit parçaya bölündüğü için 1°C bölümüne 1,8°F bölümü karşılık olur. Celsius ölçeğine göre verilmiş olan bir C sıcaklık derecesinin Fahrenhayt ölçeğindeki F karşılığını bulmak için:



Şek. 92. Celsius ve Fahrenhayt eşellerinin karşılaştırılması

$$\frac{F-32}{1,8} = \frac{C}{1} \qquad (26)$$

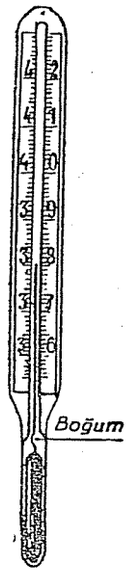
bağıntısından yararlanılabilir. Örneğin, 50°C karşılığının 122°F, ve 50°F karşılığının ise 10°C olduğu, üstteki bağıntıdan kolayca hesaplanabilir.

§ 114. DÜŞÜK VE YÜKSEK SICAKLIKLARI ÖLÇEN TERMOMETRELER. — Civa, —39°C de donduğu için bundan daha aşağı sıcaklıklarda, civalı termometreler kullanılamazlar. Hazneye, civa yerine, donma noktası daha düşük sıvılar, örneğin alkol (ispirto) konur. Alkol, —113°C de donduğu için, alkollü termometreler kutuplarda bile mükemmelen kullanılabilirler. Alkolün kılcal boru içinde kolay görülebilmesi için boyanması gerekir. —113°C den daha küçük sıcaklıkların ölçülmesi için lâboratuvarlarda *gazlı termometreler* kullanılır (§ 141'e bakınız).

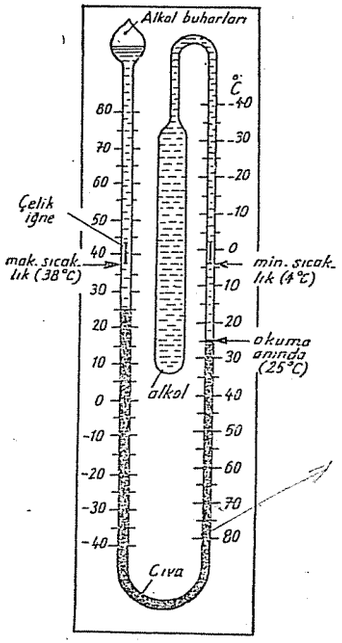
(*) Fahrenhayt, Gabriel D. (1686 - 1736) — Civalı termometreyi ilk olarak gerçekleme olan Alman fizikçisidir.

Civanın kaynama noktası 357°C olduğundan, civalı termometrelerle bundan yukarı sıcaklıkların ölçülmesi de mümkün olamaz. Daha yüksek sıcaklıkların ölçülmesi için, *metal termometreler* veya, ya optik ya da elektriksel bir temele dayanan özel termometreler kullanmak gerekir.

§ 115. ÖZEL TERMOMETRELER. DOKTOR TERMOMETRESİ. — Kimi mesleklerde veya işlerde, *özel termometreler* kullanılır. Bunlardan birkaç çeşidi inceleyelim: Hastaların sıcaklığını ölçmekte kullanılan *doktor termometreleri*, 35°C ile 42°C arasında bulunan sıcaklıkları 1/10°C lik bir incelikle gösterirler (Şek. 93). Bu termometrenin haznesi ile borusunun birleştiği yerde çok dar bir boğum bulunmaktadır. Haznede ısınarak genleşen civa, bu boğumdan kılcal boruya çıkabildiği halde, kendi kendine hazneye giremez, ve bu yapılış sayesinde, civa, çıktığı yerde kalır. Bunun, termometreyi okumakta ne büyük bir kolaylık ve doğruluk sağlayacağı açıktır. Ancak, termometreyi yeniden kullanmak için, silkmek ve kılcal borudaki civayı hazneye göndermek gerekir.



Şek. 93. Doktor termometresi

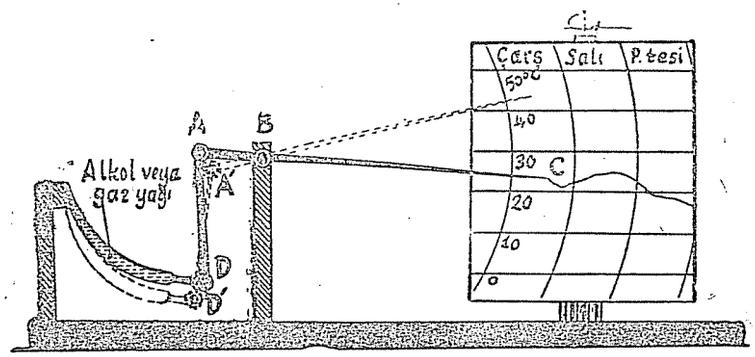


Şek. 94. Maksimum minimumlu termometre

§ 116. MAKSİMUM VE MİNİMUMLU TERMOMETRE. — Belli bir zaman süresi içinde rastlanan en büyük ve en küçük sıcaklığı ölçerler. Bunlar, (Şek. 94) de görüldüğü gibi yapılmışlardır. Ortada görülen hazne

içindeki alkolün ısınarak genleşmesi, U şeklindeki kılcal boruda bulunan civayı bir kolda iter. Öteki kolda yükselen civa - yarıya kadar alkol dolu olan - kinci bir hazneye bir miktar alkol sürer ve buradaki alkol buharlarının basıncını artırır. Ortadaki haznenin soğuması ise, ters olaylara yol açar. U borusunun kollarındaki civa sütunlarının üzerinde birer çelik iğne bulunmaktadır. Bunlar alkolün geçişinden etkilenmedikleri halde civanın hareketiyle sürüklenirler. Aleti kullanmağa başlamadan önce iğneler - küçük bir mıknatısla veya sarsma ile - civa sütunlarının üzerine indirilir. Sıcaklığın artması, soldaki civa sütununu yukarıya doğru hareket ettirdiği için bu koldaki iğne yukarıya doğru sürüklenir. Sıcaklığın ilk değerinden daha aşağıya düşmesi ise, sağdaki iğneyi yukarıya sürer. Şu halde, soldaki iğne maksimum, sağdaki ise, minimum sıcaklığı gösterecektir. Alete bakıldığı andaki sıcaklığı ölçmek istersek, sağ veya sol koldaki civa düzeyine bakılmalıdır. Bunların ikisi de aynı dereceyi gösterir. Şekildeki durumda görülen bir termometre ile, maksimum sıcaklığın 40°C, minimum sıcaklığın 10°C, ve o andaki sıcaklığın ise 25°C, olduğu anlaşılmaktadır. Aleti yeniden kullanmağa hazır bir hale getirmek için, iğneler civa üzerine indirilir.

§ 117. YAZICI TERMOMETRE (TERMOGRAF). — Sıcaklığın gidişini kendi kendine yazan aletler de yapılmıştır. Bunlara, *yazıcı termometre* - veya *termograf* - denir. (Şek. 95) deki tipte olan bir termo-



Şek. 95. Termograf

grafta ince madenden yapılma yassı ve kıvrık bir hazne içinde, donma noktası düşük bir sıvı (alkol veya petrol) bulunmaktadır. Sıcaklığın artma veya azalması bu sıvının genleşmesine veya küçülmesine ve dolayısiyle haznenin şeklinin değişmesine yol açar. Haznenin bir ucu sabittir. Öteki ucunun hareketi ise, bir düzen ile, bir göstergenin hareketine dönüş-

türülür. Sıcaklık değişmeleri, bir silindir üzerine sarılmış bölümlü bir kâğıt üzerine yazdırılır. Bu silindir, içindeki bir makine ile, düzgün ve çok ağır bir hareketle - haftada bir dönme yapacak şekilde - döndürülmektedir. Göstergenin sonundaki yazıcı uç, bölümlü bir kâğıt üzerine sıcaklığın gidişini kendi kendine yazar.

ÖZET

1. SICAKLIK ÖLÇÜLMESİ. — Cisimlerin sıcaklıkla değişen özelliklerinden - çoklukla, genleşmelerden - yararlanılarak yapılabilir.

2. TERMOMETRE ÖLÇEKLERİ. — Başlıca iki ölçek vardır. Celsius ölçeğinde, buzun ergime sıcaklığı 0 ve suyun 76 cm Hg basıncı altındaki kaynama sıcaklığı 100 kabul edilmiş ve bu iki sabit noktanın arası 100 eşit bölüme ayrılmıştır. Bu bölümlerden her birine 1 Celsius derecesi (°C) adı verilir.

İngiliz ve Amerikalılar, Fahrenhayt ölçeğini kullanırlar. Bu ölçekte, yuakrıda sözü edilen iki sabit sıcaklığa 32 ve 212° adı verilmiş ve bu iki nokta arası 180 eşit bölüme ayrılmıştır.

Herhangi bir C Celsius derecesinin Fahrenhayt ölçeğindeki F karşılığını bulmak için:

$$\frac{F-32}{1,8}=\frac{C}{1}$$

bağıntısı kullanılır.

ÖDEV VE PROBLEMLER

1. İnsan vücudunun normal sıcaklığı 37°C dir. Bu sıcaklığı Fahrenhayt ölçeğine çeviriniz.

2. Civa —39°C de katılaşır ve 357°C de kaynar. Bu sıcaklıkları Fahrenhayt ölçeğine çeviriniz.

3. Derin bir gölün dibinde sıcaklık sabit ve 39°F kadardır, bunu Celsius ölçeğine çeviriniz.

4. Hangi sıcaklıkta Celsius ve Fahrenhayt termometreleri aynı sayıyı gösterir?

5. Réaumur ölçeği adiyle eskiden kullanılmakta olan bir termometre ölçeğinde buzun ergime sıcaklığı 0°R ve normal basınç altında suyun kaynama sıcaklığı 80°R dür. Herhangi bir sıcaklığı Celsius ölçeğinden Réaumur ölçeğine veya Fahrenhayt ölçeğinden Réaumur ölçeğine nasıl çevirebiliriz?

C =

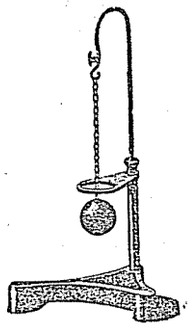
f = C.1,8 + 32
f = 357.1,8 + 32
f = 642,6 + 32
f = 674,6

BÖLÜM IX

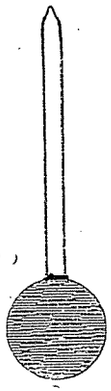
CİSİMLERİN GENLEŞMELERİ

§ 118. TEMEL KONU. — Isıtılan cisimlerin genleştiği, basit deneylerle gösterilebilir. Oda sıcaklığında halkasından geçebilen bir kürenin ısıtıldığı zaman halkasından geçemeyişi, (*Gravesande** deneyi) katıların genleştiğini bize gösterir (Şek. 96).

Bir cam balon içinde ısıtılan bir sıvı - su, v.b. - da genleşir. Üstelik



Şek. 96. Gravesande halkası



Şek. 97. Isıtılan bir sıvının genleşmesini gösteren alet

Şek. 98. Isıtılan bir gaz genleşir

bu genleşme, kabın genleşmesinden daha çok olduğu için - suyun boruda yükselmesiyle - gözle bile görülür (Şek. 97).

Isıtılan bir gaz kütlesi de genleşir: İçinde hava bulunan bir balon ısıtılırsa, hava genleşir ve ucu suya batırılmış olan çıkış borusundan taşar (Şek. 98).

Şimdi, katı, sıvı ve gazların genleşmelerini sıra ile inceleyeceğiz.

Gravesande, (Gravzant) (1688 - 1742). — Hollandalı bir fizikçidir.

KATILARIN GENLEŞMELERİ

§ 119. UZAMA. — Isıtılan katı bir cismin genleştiğini az önce görmüştük. Bu genleşme, cismin, bütün doğrultularında olmaktadır. İncelemeyi kolaylaştırmak için, önce, katı bir cismin bir tek doğrultusu boyunca genleşmesini, - bu doğrultu boyunca uzamasını - inceliyeceğiz. Uygulamalarda da tel ve çubuk şeklindeki cisimlerin yalnız boylarının uzamasını incelemekle yetinilir.

Katı bir cismin 1 *«uzunluk birimi»nin* - diyelim, *1 metresinin* - 1°C ısıtılması halinde, uzama miktarına, o cismin *«uzama katsayısı»* denir. λ ile gösterilen bu katsayının değeri, çeşitli cisimler için başka başkadır. Belli bir cismin değişik sıcaklıklardaki uzama katsayıları arasında pek küçük farklar vardır. Ancak, uygulamalarda uzama katsayılarının sabit sayılmasında önemli bir hata olmaz. Uzama katsayısının birimi, 1/°C dir.

Uzama katsayısının bilinmesi, herhangi bir sıcaklıktaki uzunluğu bilinen katı bir cismin başka bir sıcaklıktaki uzunluğunu bulmağa yarar. Örneğin, t_1°C deki uzunluğu l_1 olan bir cismin, t_2°C'e ısıtılması halinde, l_2 uzunluğunun ne olacağını hesaba çalışalım. Uzama katsayısının tanımına göre:

1 «uzunluk birimi» kadar boyu olan bir çubuk 1°C ısıtılınca λ

l_1 » » » » » » » 1°C » $l_1 \cdot \lambda$

kadar uzayacağından,

l_1 uzunluğundaki bir çubuğun t_1°C den t_2°C'e (demek, $t_2 - t_1$°C kadar) ısıtılması halinde,

$$\text{Uzama miktarı} = l_1 \cdot \lambda (t_2 - t_1) \qquad (27)$$

olur. Buna göre, çubuğun t_2°C deki l_2 uzunluğu, $l_2 = l_1 + l_1 \cdot \lambda (t_2 - t_1)$ veya daha kısaca,

$$l_2 = l_1 [1 + \lambda (t_2 - t_1)] \qquad (28)$$

dir. Bir çubuğun 0°C deki uzunluğu l_0, t°C deki uzunluğu ise l ile gösterilecek olursa (28) bağıntısı daha da sadeleşerek,

$$l = l_0 (1 + \lambda t) \qquad (29)$$

şeklini alır. Bu bağıntıdaki $(1 + \lambda t)$ ye, *uzama iki terimlisi* denir.

ALIŞTIRMA: 20°C de 10 m olan bir demir rayın, a) 0°C deki uzunluğu, b) 70°C deki uzunluğu ne kadardır? c) Bu rayın 1 mm uzaması için sıcaklık ne kadar değişmelidir?

ÇÖZÜM: a) Çubuğun 0°C deki uzunluğunu bulmak için (29) formülünde $l = 10$ m, $t = 20°C$ ve uzama katsayısı çizelgesinden bulacağımız $\lambda = 0{,}000012$ koyarak,

$$10 = l_0\,(1 + 0{,}000012 \times 20) = l_0\,(1 + 0{,}00024)$$

ve

$$l_0 = 10/1{,}00024 \approx 9{,}998 \text{ m} \quad \text{bulunur.}$$

b) Birinci yol: Çubuğun 70°C deki uzunluğunu bulmak için, aynı formüle $l_0 = 9.998$ m, $t = 70°C$ ve $\lambda = 0{,}000012$ koymak yeter:

$$l = 9{,}998\,(1 + 0{,}000012 \cdot 70) \approx 10{,}006 \text{ m}$$

b) İkinci yol: Çubuğun 70°C deki boyu, (28) formülüne göre de hesaplanabilir. Bunun için, adı geçen formülde, $l_1 = 10$ m, $t_1 = 20°C$, $t_2 = 70°C$ ve $\lambda = 0{,}000012$ konularak,

$$l_2 = 10\,[1 + 0{,}000012\,(70 - 20)] = 10{,}006 \text{ m bulunur.}$$

c) Bunun için, uzama miktarı formülünde, $l = 10$ m, $\lambda = 0{,}000012$ 1/°C ve uzama miktarı = 1 mm = 0,001 m yazarak,

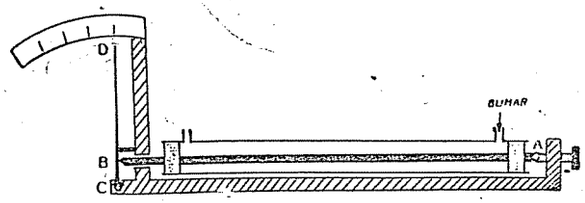
$$0{,}001 = 10 \cdot 0{,}000012\,(t_2 - t_1)$$

den,

$$t_2 - t_1 = \frac{0{,}001}{0{,}00012} \approx 8{,}3°C$$

bulunur.

§ 120. UZAMA KATSAYISININ ÖLÇÜLMESİ.— Uzunca bir çubuğun t_1 ve t_2°C lerdeki l_1 ve l_2 uzunlukları ölçülürse, (28) bağıntısının yardımıyle λ hesaplanabilir. Bu işlem için kullanılan aygıt (Şek. 99) da



Şek. 99. Uzama katsayısının ölçülmesi

görülmektedir. Uzama katsayısı ölçülecek olan AB çubuğunun etrafına geniş bir cam boru geçirilmiştir. Bu borudan buhar geçirilerek, çubuk ısıtılır. A ucu sabit olduğu için uzayan çubuğun B ucu, küçük bir yayla hep sağa doğru çekili olan, CD göstergesini sola doğru iter. DC/BC oranı - diyelim - 10'a eşit olsa, çubuğun uzama miktarı, göstergeye 10 kat büyük bir hareket verir. Aletin duyarlığını artırmak için, bu oran olabildiği kadar artırılır ve - bu gerekle - şekilde görülenden daha karışık bir büyütme düzeni kullanıldığı da olur.

DENEY: Önce odanın $t°_1$C sıcaklığı ve bu sıcaklıktaki çubuğun l_1 boyu ölçülür. Bundan sonra AB çubuğunun etrafından su buharı geçirilerek sıcaklık t_2°C'e çıkarılır.

D göstergesinin sapmasından, çubuğun uzama mikdarı $(l_2 - l_1)$ tesbit edilir. Bu ölçülenlerin bilinmesiyle ve (28) bağıntısının kullanılmasiyle çubuğun λ uzama katsayısı bulunmuş olur. Örnek:

$t_1 = 26°C$ deki uzunluğu $l_1 = 49{,}5$ cm olarak ölçülen bir demir çubuk, $t_2 = 96°C$'e kadar ısıtıldığı zaman, 0,35 mm kadar uzuyor. Bundan demirin uzama katsayısını hesap edebiliriz. Bunun için (28) formülünü:

$$\lambda = \frac{l_2 - l_1}{l_1\,(t_2 - t_1)}$$

şekline koyduktan sonra ölçülenleri yerlerine yazalım:

$$\lambda = \frac{0{,}35}{495\,(96 - 26)} = 0{,}00001 \ (1/°C)$$

bulunur.

§ 121. BİRKAÇ CİSMİN UZAMA KATSAYISI. — Aşağıdaki çizelgede görülmektedir.

Cisimler	λ (1/°C)	Cisimler	λ (1/°C)
Alüminyum	0,000024	Demir	0,000012
Bakır	0,000017	Gümüş	0,000019
Cam	0,000009	Kurşun	0,000029
Çelik	0,000011	Platin	0,000009
Çinko	0,000026	Pirinç	0,000018

§ 122. YÜZEYCE GENLEŞME. — Tel ve çubuk şeklinde olan cisimlerin boyca uzamasını bilmek önemli olduğu gibi, ince bir levha şeklinde olan cisimlerde *yüzeyce genleşme*'yi incelemek önemlidir. Isıtılan bir levhanın kalınlığı her ne kadar artarsa da, bu artış, yüzeyce genleşmesi yanında hesaba katılmayabilir.

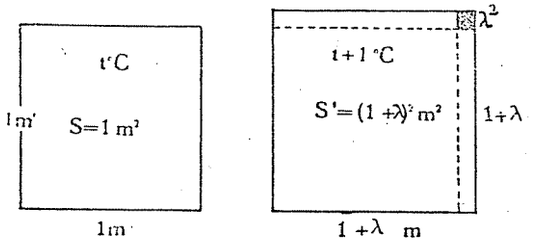
Türlü cisimler için, birer uzama katsayısı tanımlandığı gibi, birer yüzeyce genleşme katsayısı da tanımlanır.

Bir cismin 1 «yüzey birimi» nin (diyelim, 1 m² 'sinin) 1°C ısıtılması halinde yüzeyce genleşme miktarına, o cismin «yüzeyce genleşme katsayısı» denir.

b ile göstereceğimiz bu katsayının, aynı cismin uzama katsayısının iki katına eşit olduğu kolayca gösterilebilir. Gerçekten, *t*°C deki boyutları 1 uzunluk birimi kadar olan kare şeklinde bir levhanın sıcaklığı 1°C arttırılırsa, her bir kenarı λ kadar uzar ve yüzeyi $(1 + \lambda)^2$ olur. Buna göre, 1 *yüzey birimi*nin 1°C için genleşme miktarı - yüzeyce genleşme katsayısı,

$$b = (1+\lambda)^2 - 1 = 2\lambda + \lambda^2$$

olur. λ, genel olarak, çok küçük bir kesirdir, λ^2 ise, 2λ yanında, çok daha küçük olacağından, bırakılabilir ve bu suretle $b = 2\lambda$ olduğu ispatlanmış olur. (Şek. 100), bu düşünüşü geometrik yoldan açıklamaktadır.



Şek. 100. $b = 2\lambda$ hakkında

Yüzeyce genleşme katsayısının bilinmesi, herhangi bir t_1°C deki S_1 yüzeyi bilinen bir levhanın başka bir t_2°C deki S_2 yüzeyini bulmağa yarar. (§ 119) daki yolu izleyerek,

$$\text{Yüzeyce genleşme miktarı} = S_1 \cdot b\,(t_2 - t_1) \qquad (30)$$

ve,

$$S_2 = S_1\,[1 + b\,(t_2 - t_1)] \qquad (31)$$

bulunur. Bu levhanın 0°C deki S_0 yüzeyi ile t°C deki S yüzeyi arasında ise,

$$S = S_0\,(1 + bt) \qquad (32)$$

bağıntısı kurulabilir.

ALIŞTIRMA: Boyutları 1 m ve 2 m olan dikdörtgensel bir çinko levhası, sıcaklığın —10°C den +40°C 'e kadar değişmesi halinde, yüzeyce ne kadar genleşir? Çinkonun uzama katsayısı 0,000026 $^1/$°C dır.

ÇÖZÜM: Bu levhanın yüzölçümü $S_1 = 1 \times 2 = 2\text{m}^2$, çinkonun yüzeyce genleşme katsayısı $b = 2 \cdot 0{,}000026 = 0{,}000052$ $^1/$°C, $t_1 = -10$°C ve $t_2 = +40$°C olduğundan;

$$\begin{aligned}\text{Yüzeyce genleşme miktarı} &= S_1 \cdot b\,(t_2 - t_1)\\ &= 2 \cdot 0{,}000052\,[40 - (-10)]\\ &= 2 \cdot 0{,}000052 \cdot 50 = 0{,}0052\ \text{m}^2\end{aligned}$$

bulunur.

§ 123. HACIMCA GENLEŞME. — Çubuk, tel veya levha şeklinde olmayan cisimlerde hacımca genleşme incelenir. Bu inceleme için, cisimlerin hacımca genleşme katsayılarını tanımlamak gerekir.

Bir cismin 1 hacım biriminin 1°C ısıtılması halinde genleşme miktarına, o cismin «hacımca genleşme katsayısı» denir. a ile göstereceğimiz bu katsayının, yaklaşık olarak, 3λ ya eşit olduğu § 122 de gördüğümüz düşünüşle bulunabilir. Gerçekten, 0° de kenarları 1 m olan bir kübün 0° deki hacmı 1 m³ tür. Bu küp, 1°C'e ısıtılınca, her bir kenarı $1+\lambda$, hacmı ise $(1+\lambda)^3$ olur. Buna göre, 1 m³ lük bir hacmın 1°C ısıtılması halinde, hacımca genleşme miktarı:

$$a = (1+\lambda)^3 - 1 = 1 + 3\lambda + 3\lambda^2 + \lambda^3 - 1 = 3\lambda + 3\lambda^2 + \lambda^3$$

dür. $3\lambda^2$ ve λ^3 terimleri 3λ yanında çok küçük olduklarından hesaba katılmayabilirler ve böylece $a = 3\lambda$ olduğu bulunmuş olur.

Hacımca genleşme katsayısının bilinmesi, herhangi bir t_1°C 'deki V_1 hacmı bilinen bir cismin, başka bir t_2°C'e ısıtılması halinde hacımca genleşme miktarını ve - yine aynı t_2°C deki - V_2 hacmını bulmağa yarar. (§ 119) daki düşünüşü izleyerek:

$$\text{Hacımca genleşme miktarı} = V_1\,a\,(t_2 - t_1) \qquad (33)$$

$$V_2 = V_1\,[1 + a\,(t_2 - t_1)] \qquad (34)$$

ve bir cismin 0°C deki V_0 hacmı ile t°C deki V hacmı arasında ise,

$$V = V_0\,(1 + at) \qquad (35)$$

bağıntıları kurulabilir.

ALIŞTIRMA: 20°C de hacmı 1 litre olan bir cam balona gliserin doldurulmuştur. Balon 120°C'e kadar ısıtılırsa içinden ne kadar gliserin taşar? Gliserinin hacımca genleşme katsayısı 0,00053 $^1/$°C, camın uzama katsayısı 0,000009 $^1/$°C dür.

ÇÖZÜM: Balondan taşan gliserin mikdarını bulmak için iki yol düşünülebilir:

a) 20°C deki hacımları eşit ve 1 litre olan gliserinin ve cam balonun 120°C deki hacımlarını hesaplar ve bunlar arasındaki farkı buluruz.

b) Gliserinin ve cam balonun 20°C den 120°C'e ısıtılmaları halinde hacımca genleşme miktarlarını hesaplayarak bunları birbirinden çıkarırız. Hesapları daha sade olan bu ikinci düşünüşe göre:

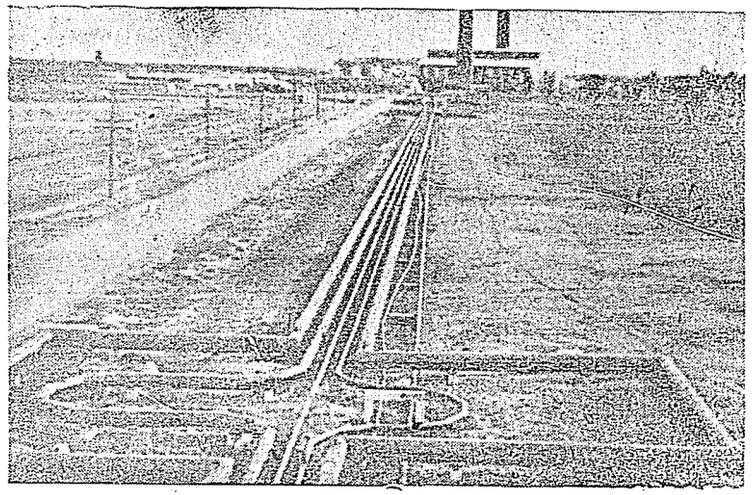
$$\begin{aligned}\text{Gliserinin hacımca genleşme miktarı} &= V_1 \cdot a\,(t_2 - t_1)\\ &= 1 \cdot 0{,}00053\,(120 - 20)\\ &= 0{,}053\ \text{litre}\\ \text{Balonun hacımca genleşme miktarı} &= V_1 \cdot a\,(t_2 - t_1)\\ &= 1 \times 3 \times 0{,}000009\,(120 - 20)\\ &= 0{,}0027\ \text{litre}\end{aligned}$$

olup, bunlar arasındaki fark,

Taşan gliserinin hacmı = 0,053 — 0,0027 = 0,0503 litre veya 50,3 cm³ bulunur.

GENLEŞMENİN UYGULAMALARI

§ 124. GENLEŞMEDEN İLERİ GELEN BÜYÜK KUVVETLER. — 1 m boyundaki bir demir çubuk, 100°C'e kadar ısıtılırsa, 1,2 mm kadar uzar. Aynı uzunlukta ve 1 cm² kesitindeki bir demir çubuğu - çekme ile - aynı miktar uzatmak için ise 2500 kg lık bir kuvvet gerekir. Bunun tersine olarak, ısıtılan bu demir çubuğun uzamasına engel olmak için, ona 2500 kg lık bir karşı kuvvet etki etmelidir. 100°C'e kadar ısıtılmış 1 cm² kesitli bir demir çubuğun, soğuduğu zaman kısalmasına



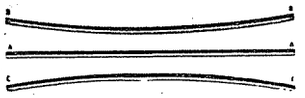
Şek. 101. Genleşen borulara esnek ek yerleri konması

engel olmak için de yine 2500 kg lık bir kuvvet gerekir. Genleşmeden doğan bu kuvvetlerden bir çok uygulama alanlarında yararlanılabilir: Bir arabanın tekerleklerine - veya fıçılara - geçirilecek demir çemberler, önce ısıtılarak genleştirilir, ve yerlerine konduktan sonra soğutulurlar. Bu suretle, çember tekerlek veya fıçıyı büyük bir kuvvetle sıkıştırır. Saç levhaları perçinlerken, perçin çivilerinin kızıl dereceye kadar ısıtıldıktan sonra yerlerine konması da aynı nedenledir.

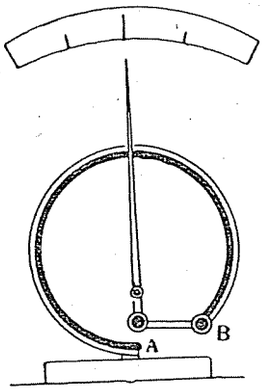
Genleşme bazı alanlarda zararlıdır ve bunların önüne geçilmesi için yollar aranması gerekir. Bu yüzden, demiryolları, demir köprüler,.. yapılırken demirin genleşmesi hesaba katılır. Raylar ve putreller uç uca bitiştirilmez, aralarında uygun aralıklar bırakılır. Böyle yapılmamış olsa, yazın sıcak zamanlarda uzayan raylar bükülmeler yaparlardı. Buhar ve sıcak su ileten boruların da genleşmeleri hesaba katılarak ara yerlere esnek ve kıvrımlı parçalar eklenir (Şek. 101). Dam ve balkonları örtmek için kullanılan saç - veya çinko - levhaların dalgalı olması ve dört yanlarından çakılmamalarının nedeni de genleşmenin hesaba katılmasıdır.

§ 125. METAL TERMOMETRELER. — Genleşme katsayıları değişik iki madensel şerit üst üste perçinlenmiş veya lehimlenmiş olsun. Bu sistem ısıtıldığı veya soğutulduğu zaman, çifti teşkil eden madenlerden biri - ötekine göre - daha çok genleşeceği için, sistem bir veya öteki yana doğru bükülür (Şek. 102).

Bu temele dayanan metal termometrelerde, madensel şeritler bir yay şeklindedir (Şek. 103). A ucu sabit olduğu için, yayın ısınma veya soğuması ile B ucu içeri veya dışarıya doğru bükülür. Bu hareket, elverişli bir düzenle, bir göstergenin dönme hareketine dönüştürülür ve böylece gerçeklenmiş olan alet, öteki termometrelerle karşılaştırılarak derecelenir.



Şek. 102. Metal termometrelerin temeli



Şek. 103. Metal termometre

§ 126. YOĞUNLUĞUN SICAKLIKLA DEĞİŞMESİ. — Hacmı V olan bir m kütlesinin yoğunluğunun, $d = m/V$ bağıntısı ile hesaplanabildiğini görmüştük. Aynı bir m kütlesinin sıcaklığı artınca hacmının da arttığını biliyoruz. Hacım artmasının yoğunluğu azaltacağı da kolayca anlaşılabilir. Şimdi, yoğunluğun sıcaklığa bağlı olarak değişimini sayıca incelemeğe çalışalım. Aynı bir m kütlesinin 0 ve t°C deki hacım ve yoğunluklarını V_0, V ve d_0, d ile göstermekle:

$$d = \frac{m}{V} \quad \text{ve} \quad d_0 = \frac{m}{V_0} \text{ ve bunların bölünmesiyle:}$$

$$\frac{d}{d_0} = \frac{V_0}{V}$$

yazabiliriz. $V = V_0\ (1 + at)$ olduğu hatırlanarak,

$$\frac{d}{d_0} = \frac{V_0}{V_0\,(1 + at)}$$

ve, sonunda,

$$d = \frac{d_0}{1 + at} \qquad (36a)$$

elde edilir. Bundan görmekteyiz ki, yoğunluk, genleşme iki terimlisi $(1 + at)$ ile ters orantılıdır.

Benzer bir düşünüş ile, 0° deki özgül ağırlığı ρ_0 olan bir cismin t°C deki özgül ağırlığının

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 + at} \qquad (36b)$$

olacağı da bulunabilir.

ALIŞTIRMA: Pirincin 0°C deki yoğunluğu 8,5 g/cm³, uzama katsayısı ise 0,000018 ¹/°C olduğuna göre 100°C deki yoğunluğu ne kadardır?

ÇÖZÜM: (36) formülünde $d_0 = 8{,}5$ g/cm³ ve uzama katsayısının 3 katı olan hacımca genleşme katsayısı olarak, $a = 3\lambda = 3 \times 0{,}000018 = 0{,}000054$ yazarak:

$$d = \frac{8{,}5}{1 + 0{,}000054 \times 100} \approx 8{,}43 \text{ g/cm}^3$$

bulunur.

ÖZET

1. UZAMA KATSAYISI VE UZAMA FORMÜLLERİ. — Bir katı cismin 1 uzunluk biriminin 1°C ısıtılması halinde uzadığı miktara, o cismin uzama katsayısı denir.

t_1 ve t_2 °C lerde uzunlukları l_1 ve l_2 olan bir çubuk için

$$\text{uzama miktarı} = l_2 - l_1 = l_1 \cdot \lambda (t_2 - t_1)$$
$$l_2 = l_1 [1 + \lambda (t_2 - t_1)]$$

yazılabilir. 0 ve t°C lerdeki uzunlukları l_0 ve l olan bir çubuk için ise,

$$l = l_0 (1 + \lambda t)$$

bağıntısı kurulabilir.

2. YÜZEYCE GENLEŞME KATSAYISI VE YÜZEY FORMÜLLERİ. — Bir levhanın 1 yüzey biriminin 1°C ısıtılması halinde genleştiği b miktarına, yüzeyce genleşme katsayısı denir. Bu katsayı, uzama katsayısının iki katına eşittir. Bir levhanın 0, t, t_1 ve t_2°C lerdeki yüzeylerini S_0, S, S_1 ve S_2 ile göstererek:

$$\text{Yüzeyce genleşme miktarı} = S_2 - S_1 = S_1 \cdot b \cdot (t_2 - t_1)$$
$$S_2 = S_1 [1 + b (t_2 - t_1)] \qquad b = 2\lambda$$

ve

$$S = S_0 (1 + bt) \qquad b = 2\lambda$$

bağıntıları kurulabilir.

3. HACIMCA GENLEŞME. — Bir cismin 1 hacım biriminin 1°C ısıtılması halinde genleştiği a miktarına, o cismin hacımca genleşme katsayısı denir. Bu katsayı, o cismin uzama katsayısının 3 katına eşittir.

Hacımca genleşmeler için, uzama ve yüzeyce genleşmelerde olduğu gibi.

$$\text{Hacımca genleşme miktarı} = V_2 - V_1 = V_1 \cdot a (t_2 - t_1)$$
$$V_2 = V_1 [1 + a (t_2 - t_1)] \qquad a = 3\lambda$$

ve

$$V = V_0 (1 + at) \qquad a = 3\lambda$$

yazılabilir.

4. YOĞUNLUĞUN SICAKLIKLA DEĞİŞMESİ. — 0°C deki yoğunluğu d_0, t°C deki yoğunluğu d ve hacımca genleşme katsayısı a olan bir cisim için:

$$d = \frac{d_0}{1 + at}$$

bağıntısı kurulabilir.

0°C deki ρ_0 özgül ağırlığı ile t°C deki ρ özgül ağırlığı arasında ise,

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 + at}$$

bağıntısı vardır.

$l_2 = l_1 (\lambda_1 - \lambda_2)(t_2 - t_1)$

ÖDEV VE PROBLEMLER

(Genleşme katsayıları ¹/°C cinsindendir.)

1. Uzunluğu 500 m olan bir demir köprünün (Galata köprüsünün) boyu, —10°C ile +40°C arasında, ne kadar degişir?

2. Her birinin uzunluğu 12 m olan raylar 20°C lik bir sıcaklıkta döşenmektedir. Sıcaklığın 50°C'e kadar yükselmesi olabilir sayılarak raylar arasında bırakılması gereken aralığı hesaplayınız. $t_1 - t_2$

3. 0°C deki boyları eşit ve 30 cm olan biri demir ve öteki çinkodan iki çubuk veriliyor. Hangi sıcaklık derecelerinde uzunlukları arasındaki fark 0,1 mm olur? Demirin uzama katsayısı, 0,000012, çinkonunki 0,000026 dır.

4. Çapı 2 cm olan bir altın yüzük buzlu sudan kaynar suya daldırılıyor. Çapı ve yüzeyi ne kadar değişir? Altın'ın uzama katsayısı: 0,000022 dir.

5. Bir pirinç cetvel 15°C'de, derecelenmiştir. Bu cetvelle 25°C de 80 cm olarak ölçülen bir uzunluğun gerçek değeri ne kadardır?

6. Bir evin 100 m² lik çatısı, 20°C de, çinko levhalariyle örtülüyor. Bunları tek parça sayarak, sıcaklığın —15°C'e düştüğü ve 60°C'e yükseldiği zamanlarda ne miktarlar kadar büzüleceğini ve genleşeceğini bulunuz.

7. 0°C de çapı 15 cm ve boyu 80 cm olan bir soba borusu 400°C'e kadar ısıtılıyor, yüzeyi ne olur?

8. Bir cam balonun hacmı 12°C de 1 litredir. 0 ve 32°C lerdeki hacımları ne kadardır? Camın uzama katsayısı: 0,000009 dur.

9. Bir bakır kübün kenarları 0°C de 10 cm dir. a) Hangi sıcaklıkta hacmı 1001 cm³ olur? b) 100°C deki hacmı nedir?

10. Bir cam balon 0°C de bulunan 1 litre civa ile dolmuştur. Balon 100°C'e ısıtılsa, içinden ne kadar civa taşar? Civanın hacımca genleşme katsayısı: 0,00018 dir.

11. Civanın 0°C deki yoğunluğu 13,596 olduğuna göre, 100°C deki yoğunluğu ne kadar olur? Civanın genleşme katsayısı: 0,0002 alınacaktır.

12. Gümüşün 0°C deki yoğunluğu 10,4 g/cm³ dür. Uzama katsayısının 0,000019 olduğu bilindiğine göre, 250°C deki yoğunluğunu bulunuz.

13. Çapı 20°C de 2 cm olan bir demir halka kaç dereceye kadar ısıtılmalıdır ki 2,01 cm çaplı bir küreyi geçirebilsin?

14. Prof. Piccard'ın 1932 de atmosfere çıktığı alüminyum balonun çapı 70°F da 214 cm idi. Balonun çıkabildiği 16 km lik yükseklikte sıcaklık —70°C olarak ölçüldüğüne göre, alüminyum balonun hacımca ne kadar küçülmüş olduğunu bulunuz.

BÖLÜM X

SIVILARIN GENLEŞMESİ

§ 127. BİR SIVININ GERÇEK (MUTLAK) GENLEŞMESİ. — Isıtılan bir sıvı, katıların bağlı olduğu kanunlara uyarak genleşir. Ancak, sıvılar için yalnız *hacımca genleşme katsayısı* tanımlanabilir ve:

t_1°C deki hacmı V_1 olan bir sıvının başka bir t_2°C'e ısıtılması halinde hacımca genleşme miktarının,

$$\text{Hacımca genleşme miktarı} = V_1 \cdot a\,(t_2 - t_1) \qquad (33)$$

t_2°C deki V_2 hacmının,

$$V_2 = V_1\,[1 + a\,(t_2 - t_1)] \qquad (34)$$

ve 0°C deki hacmı V_0 olan bir sıvının herhangi bir t°C deki hacmının,

$$V = V_0\,(1 + at) \qquad (35)$$

olacağı kolayca kestirilebilir.

Bir sıvı ısıtılırken - içinde bulunduğu - kabı da ısınır ve dolayısiyle, o da genleşir. Kabın genleşmesi bize, sıvıyı daha az genleşmiş gibi gösterir ve - bu nedenle - bir sıvının mutlak genleşmesini hiçbir zaman görleyemeyiz.

§ 138. BİR SIVININ GÖRÜNEN (ZÂHİRÎ) GENLEŞMESİ. — Mutlak genleşme gözlenemediğine göre, bir sıvının zâhirî - veya görünen - genleşmesini incelemek ve, bunun için - her şeyden önce - bir genleşme katsayısı tanımlamak gerekir.

Bir sıvının 1 «hacım birimi» kadar bir miktarının - diyelim, 1 cm³'ünün - 1°C ısıtılması halinde genleşmiş gibi göründüğü miktara o sıvının «görünen - veya zâhirî - genleşme katsayısı» denir.

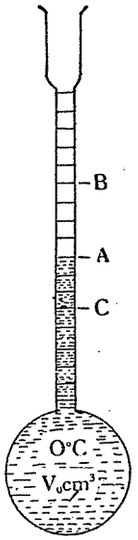
Sıvıların görünen genleşme katsayılarını bulmak için, (Şek. 104) e görülen, ve *dilatometre* denen, bir alet kullanılır. Bölümlenmiş kılcal ır borusu olan küçük bir balondan meydana gelen bu aletin, 0°C de ya kadar olan hacmı V_0 cm³ ve kılcal borusunun kesiti s cm² olsun. nce, genleşme katsayısı ölçülecek sıvı, 0°C de A düzeyinde bulunacak

şekilde, dilatometreye doldurulur. Bundan sonra, âletin sıcaklığı t°C'e çıkarılır ve içindeki sıvının AB yükselme miktarı ölçülür.

V_0 cm³ lük sıvının t°C lik bir ısınma için görünen genleşme miktarı $s \times \overline{AB}$ olduğundan, 1 cm³'ünün 1°C için genleşme miktarı - sıvının a_g görünen genleşme katsayısı,

$$a_g = \frac{s \cdot \overline{AB}}{V_0 \cdot t} \qquad (37)$$

olur. s, $\overline{AB}$, V_0 ve t nin bilinmesi - veya ölçülmesi - ile a_g hesaplanır.



Şek. 104. Dilatometre

§ 129. MUTLAK VE GÖRÜNEN GENLEŞMELER ARASINDAKİ BAĞINTI. — 0°C de A düzeyine kadar sıvı ile dolu bir dilatometre alarak (Şek. 104), bunu t°C'e kadar ısıtalım. Bu sıcaklıkta, sıvı B ye kadar yükselmiş olsun. Az önce belirttiğimiz gibi, $s \cdot \overline{AB}$ görünen genleşmeyi verir.

Şimdi öyle sayalım ki, dilatometre ısıtılırken, önce yalnız kabı ve sonra yalnız içindeki sıvı ısınmış olsun. Yalnız kap ısınmış ve fakat sıvı 0°C de kalmış olsaydı, sıvı, genleşmediği için, C düzeyine kadar düşecekti; $s \cdot \overline{AB}$, kabın hacımca genleşme miktarıdır. Şimdi de kabın ısındığı t°C de durduğunu ve içindeki sıvının 0°C den t°C'e kadar ısındığını farzedelim. Sıvı C den B ye kadar yükselir, $s\,\overline{BC}$ sıvının gerçek genleşme miktarıdır.

Bu üç genleşme miktarı arasında:

Kabın genleşme miktarı + Sıvının görünen genleşme miktarı = Sıvının gerçek genleşme miktarı

veya daha kısaca,

$$s \cdot \overline{AC} + s \cdot \overline{BA} = s \cdot \overline{BC}$$

bağıntısı kurulabilir. Bu eşitlik, $V_0 t$ ye bölünürse, her terim, 1 cm³ lük bir hacmın 1°C için olan genleşme miktarlarını - genleşme katsayılarını - verir. Demek oluyor ki:

Kabın genleşme katsayısı + Sıvının görünen genleşme katsayısı = Sıvının gerçek genleşme katsayısı

veya kısaca

$$a_k + a_g = a_h \qquad (38)$$

dir. Aşağıdaki çizelge, birkaç sıvının gerçek genleşme katsayılarını göstermektedir.

Sıvı	a_h
Alkol	0,00110
Civa	0,00018
Eter	0,00163
Gliserin	0,00053
Sülfürik asit	0,00057

Sıvılarda, gerçek ve görünen olmak üzere, iki türlü genleşme ayırt edildiğine göre, (§ 123) deki genleşme formüllerini gerçek ve görünen genleşmeler için:

$$V_2 = V_1\,[1 + a_h\,(t_2 - t_1)], \qquad V = V_0\,(1 + a_h t)$$

ve,

$$V_2 = V_1\,[1 + a_g\,(t_2 - t_1)], \qquad V = V_0\,(1 + a_g t)$$

şekillerinde yazarak kullanmak gerekir.

ALIŞTIRMA: (Şek. 104) deki dilatometrenin 0°C de A hizasına kadar olan 100 cm³ lük V_0 hacmı civa ile doludur. Bu alet, 100°C'e kadar ısıtılırsa:

a) İçindeki civa ne kadar genleşir?

b) Kap ne kadar genleşir?

c) Civanın, kesiti 0,5 cm² olan ve sıcaklıkla genleşmediği kabul edilen boru içinde ne kadar yükseleceğini bulunuz?

ÇÖZÜM: a) 0°C de hacmı 100 cm³ olan civanın 100°C'e kadar ısıtılması halinde hacımca genleşme (hakikî) miktarı:

Civanın genleşme miktarı $= V_0 \cdot a_h\,(t_2 - t_1) = 100\ \text{cm}^3 \times 0{,}00018\ (^1/^\circ\text{C}) \times 100\ (^\circ\text{C})$
$= 1{,}8\ \text{cm}^3$

dir.

b) Aynı hacımda olan cam kabın 0°C den 100°C'e ısıtılması halinde hacımca genleşme miktarı:

Cam kabın genleşme miktarı $= V_0 \cdot a\,(t_2 - t_1) = 100 \times 3 \times 0{,}000009 \times 100$
$= 0{,}27\ \text{cm}^3$

dir.

c) Civanın cam kap içinde görünen genleşme miktarı, gerçek genleşme miktarından kabın genleşme miktarının çıkarılması ile bulunabilir:

Civanın gö. gen. miktarı = 1,8 — 0,27 = 1,53 cm³'e eşittir. Civanın, kesiti 0,5 cm² olan boru içindeki x yükselme miktarı ise, 1,53 = x · 0,5 den x ≈ 3 cm bulunur.

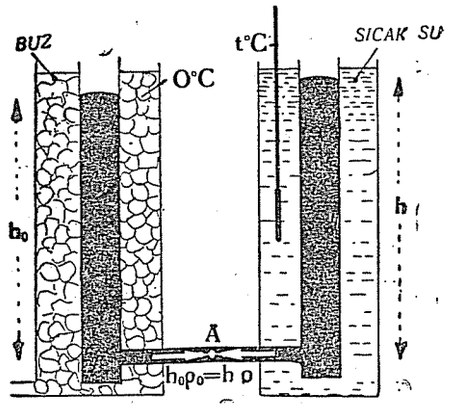
NOT: Civanın görünen genleşme miktarı:

Gö. gen. miktarı $= V_1 \cdot a_g\,(t_2 - t_1)$

denkleminden de bulunabilir. Bu denklemde, $V_1 = 100\ \text{cm}^3$, $t_1 = 0$, $t_2 = 100°\text{C}$ ve $a_g = a_h - a_k = 0{,}00018 - 3 \times 0{,}000009 = 0{,}000153$ koyarak,

Görünen gen. miktarı $= 100 \times 0{,}000153 \times 100 = 1{,}53\ \text{cm}^3$ bulunur.

§ 130. DULONG VE PETİT METODU İLE MUTLAK GENLEŞME KATSAYISININ ÖLÇÜLMESİ. — İki Fransız fizikçisi olan *Dulong* (Dülon) ve *Petit* (Pöti), bir sıvının mutlak genleşme katsayısını kabın genleşmesini hesaba katmadan ölçmeğe yarayan bir metot buldular. Civanın mutlak genleşme katsayısını ölçmek için kullandıkları aygıt, (Şek. 105) de görülmektedir. U şeklinde bir boruya konmuş olan civa, sağ ve sol kolda değişik sıcaklıklarda bulundurulmaktadır. Bunu gerçeklemek için, sütunlardan biri ergimekte olan buzla soğutulur, öteki ise t°C de bulunan bir su banyosu içindedir. Bir yandan öteki yana ısı iletilmesine engel olmak için iki kol oldukça ince bir boru ile birleştirilmişlerdir. Deneyde, t°C de bulunan civa sütununun h yüksekliğinin öteki sütunun h_0 yüksekliğinden daha çok olduğu görülür. Her iki koldaki civa sütunlarının A noktasına yapacakları $h_0\,\rho_0$ ve $h\,\rho$ basınçlarının eşit olacağı düşünülerek:



Şek. 105. Dulong ve Petit aygıdı.

$$h_0\rho_0 = h\rho$$

ve $\rho = \dfrac{\rho_0}{1 + at}$ olduğu (§ 126) göz önüne alınarak:

$$\frac{h\rho_0}{1 + at}\,h_0\rho_0 =$$

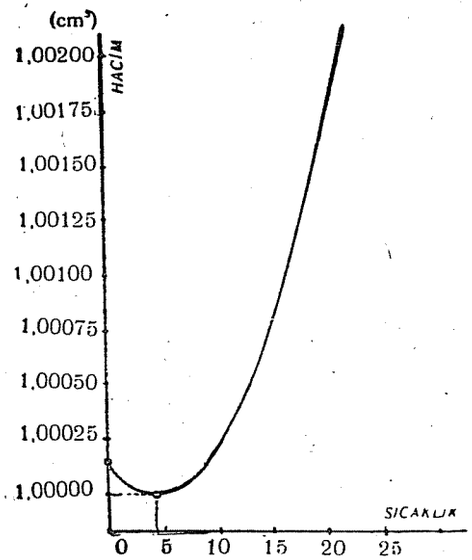
ve, bundan da:

$$a = \frac{h - h_0}{h_0 t} \qquad (39a)$$

bulunur. Deneyde, h_0, h ve t ölçülür; a ise, üstteki formülden hesaplanır.

§ 131. SUYUN GENLEŞMESİ. — Fiziksel ölçü ve araştırmalarda en çok kullanılan bir sıvı olması bakımından, suyun genleşmesini özel

olarak incelemek gerekir. Bir dilatometreye konulan 100°C deki su soğumağa bırakılırsa, +4°C'e değin hacmının küçüldüğü, +4°C den sonra genleşmeğe başladığı, ve 0°C'e vardığı zaman 8°C deki hacmını yeniden kazandığı görülür. Suyun genleşmesindeki bu değişmenin gidişi (Şek. 106) daki grafikte görülmektedir. Görmekteyiz ki:



Şek. 106. Suyun genleşmesindeki anomaliyi gösteren eğri

a) Suyun 0 ve +4°C arasındaki genleşmesinde bir düzensizlik - anomali - vardır.

b) Su hacmının minimum ve dolayısiyle su yoğunluğunun maksimum olduğu sıcaklık derecesi, +4°C dir.

Bu özellik, göl ve havuzlardaki suyun üstten donmasının nedeni olmak bakımından da önemlidir. Gerçekten, üste +4°C'e kadar soğuyan sular hacımca küçülerek yoğunlaştıkları için dibe inerler. Oysa, +4°C den daha aşağıya soğuyan su kütleleri dibe inemezler; ve bu nedenle, göllerin dibi aşağı yukarı +4°C lik sabit bir sıcaklıkta kalır. Suyun 0 ve +4°C arasındaki genleşmesinde bu aykırılık olmasaydı, göl ve havuzlardaki sular dipten donmağa başlayacak ve tüm olarak buz tutabileceklerdi. Bu sonucun «sulardaki hayatın yok olması» demek olacağı kolayca düşünülebilir.

§ 132. BAROMETRE YÜKSEKLİĞİNİN 0°C'e İNDİRGENMESİ. — Atmosfer basıncının, bir barometre borusundaki civa sütununun yüksekliği ile ölçüldüğünü biliyoruz. Havanın - basıncı değişmediği halde - sıcaklığı değişmiş olsun. Civanın - genleşme yüzünden - yoğunluğu değişecek ve aynı atmosfer basıncı daha az veya daha çok bir barometre yüksekliği ile denkleşebilecektir. Böylece, değişik sıcaklıklarda okunan barometre yükseklikleri birbiriyle karşılaştırılacakları zaman, değişik sıcaklıktan ileri gelme farklar, bir karışıklığa sebep olurlar. Bu nedenle, civalı barometre ile ölçülen basınçları, belli bir sıcaklığa, 0°C'e, çevirmek gerekir. Şimdi bunun nasıl yapılabileceğini açıklayalım. Herhangi bir t°C de okunan barometre yüksekliğini h, yine aynı derecedeki civanın özgül ağırlığını ise ρ ile gösterelim. h yüksekliğindeki civa sütununun basıncı $h\ \rho$ dur. Sıcaklık 0°C'e kadar düşmüş olsa, civanın özgül ağırlığı artacak ve

aynı atmosfer basıncı, h den daha az olan, h_0 yüksekligindeki civa sütunu ile dengeleşecektir. h_0 yüksekliğindeki civa sütununun basıncı $h_0\rho_0$ dır. Her iki basıncın eşit olduğu yazılarak:

$$h \cdot \rho = h_0 \cdot \rho_0$$

ve, $\rho = \dfrac{\rho_0}{1 + at}$ olduğu hatırlanarak,

$$h_0 = \frac{h}{1 + at} \qquad (39b)$$

bağıntısı kurulabilir. h ve t nin ölçülmesi ve civanın mutlak genleşme katsayısı olan ($a = 0{,}00018$) nın bilinmesiyle h_0 hesaplanır.

ALIŞTIRMA: 20°C de okunan barometre yüksekliği 750 mm olduğuna göre, bu yüksekliğin 0°C deki karşılığı ne kadardır?

(39b) formülünde $h = 750$ mm, $a = 0{,}00018$ ve $t = 20$°C yazarak,

$$h_0 = \frac{750}{1 + 0{,}00018 \times 20} \approx 747{,}3 \text{ mm Hg}$$

bulunur.

ÖZET

1. BİR SIVININ GÖRÜNEN VE MUTLAK GENLEŞME KATSAYILARI. — Bir sıvının 1 hacım biriminin 1°C ısıtılması halinde genleşmiş gibi göründüğü miktara, o sıvının görünen - veya zâhirî - genleşme katsayısı denir.

Özdeş koşullar altında bir sıvının gerçek genleşme miktarına ise, mutlak - gerçek - genleşme katsayısı denir.

Bir sıvının mutlak ve görünen genleşme katsayıları a_h ve a_g, içine konduğu kabın genleşme katsayısı ise a_k ile gösterilecek olursa, bunlar arasında:

$$a_k + a_g = a_h$$

bağıntısı kurulabilir.

2. BİR SIVININ HACIMCA GENLEŞME MİKTARI. — t_1° deki hacmı V_1 olan bir sıvının t_2°C deki hacmı V_2 olsun. Bu sıvının $(V_2 - V_1)$'e eşit genleşme miktarı

$$\text{Hacımca gen. miktarı (gerçek)} = V_1 \cdot a_h (t_2 - t_1)$$

ve

$$\text{Hacımca gen. miktarı (görünen)} = V_1 \cdot a_g (t_2 - t_1) = V_1 (a_h - a_k)(t_2 - t_1)$$

dir.

3. BİR SIVININ t_2°C DEKİ V_2 HACMI. —

$$V_2 = V_1 [1 + a_h (t_2 - t_1)] \qquad \text{(gerçek)}$$

$$V_2 = V_1 [1 + a_g (t_2 - t_1)] \qquad \text{(görünen)}$$

dir.

4. BİR SIVININ 0 VE t°C DEKİ V_0 ve V HACIMLARI ARASINDAKİ BAĞINTILAR. —

a) Gerçek genleşme için:

$$V = V_0 (1 + a_h t)$$

b) Zâhirî (görünen) genleşme için:

$$V = V_0 (1 + a_g t) = V_0 [1 + (a_h - a_k) t]$$

dir.

5. BAROMETRE YÜKSEKLİĞİNİN 0°C' E İNDİRGENMESİ. — t°C de okunan barometre yüksekliği h, bunun 0°C deki karşılığı h_0 ve civanın mutlak genleşme katsayısı a olmak üzere:

$$h_0 = \frac{h}{1 + at}$$

bağıntısı vardır.

ÖDEV VE PROBLEMLER

1. 1 kg civa, 0°C den 100°C'e kadar ısıtılsa ne kadar genleşir? $d_0 = 13{,}6$ g/cm³ ve $a = 0{,}0002$ dir.

2. Yukarıda sözü edilen civa, bir cam balon içinde bulunsa görünen genleşmesi ne kadar olur? Camın uzama katsayısı 0,000009 dur.

3. 18°C de okunan barometre yüksekliği 761 mm Hg dır. Bunu 0°C'e çeviriniz.

4. (Şek. 104) deki dilatometreye 20°C de 200 cm³ gliserin konuyor. Alet 70°C'e kadar ısıtılsa gliserin düzeyi ne kadar yükselir? 1 cm² kesitli olan boru genleşmiyor sayılacaktır.

5. Bir çelik bidon 10°F da 50 litre gliserinle doluyor. Sıcaklık 105°F'a çıksa, sıvının ne kadarı taşar?

6. Dulong ve Petit metodu ile civanın genleşme katsayısı bulunurken, 0°C de tutulan civa sütununun yüksekliği 50 cm ve 100°C de olan öteki sütunun yüksekliği ise 50,9 cm ölçülüyor. Bundan civanın mutlak genleşme katsayısını hesaplayınız.

7. § 129 daki çizelgede gerçek genleşme katsayıları verilen sıvıların, bir cam kap içindeki görünen genleşme katsayılarını bulunuz.

8. Suyun genleşmesini gösteren grafikten (Şek. 106) yararlanarak, 15 ve 20°C arasında suyun genleşme katsayısını bulunuz.

BÖLÜM XI

GAZLARIN GENLEŞMESİ

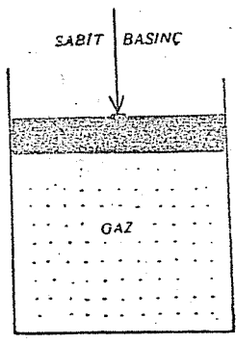
§ 133. GAZLARIN GENLEŞMESİ. — Isıtılan bir gazın, genel olarak, hem hacmı ve hem de basıncı değişir. Genleşme olayına basıncın da katılması, gazların incelenmesini, katı ve sıvılara göre, biraz zorlaştırır. Bu zorluğu yenmek için, genel hali incelemezden önce, bir gazın:

a) Basıncını sabit tutarak sıcaklığı ile hacmının,

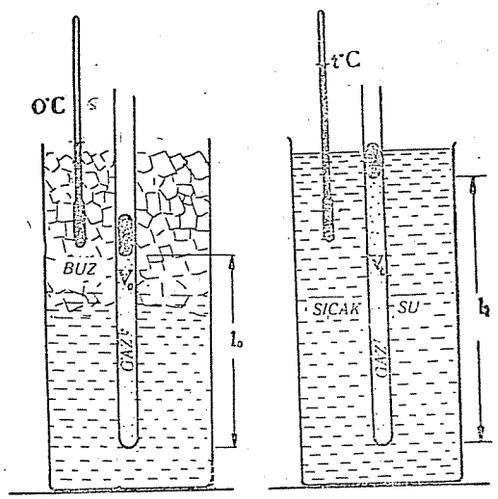
b) Hacmını sabit tutarak, sıcaklığı ile basıncının ne şekilde değiştiğini inceleyeceğiz.

GAZLARIN SABİT BASINÇ ALTINDA ISITILMASI

§ 134. BİR GAZIN SABİT BASINÇ ALTINDA ISITILMASI. — Bir silindir içinde bir pistonla kapatılmış (Şek. 107), veya birkaç mm çaplı ince bir cam boru içinde (Şek. 108) bir civa damlasiyle dış



Şek. 107. Sabit basınç altında ısıtılan bir gaz genleşir



Şek. 108 Sabit basınç altında genleşmenin incelenmesi

atmosferden ayrılmış, bir gaz alalım. Silindir veya boru içindeki gaz ısıtılırsa piston veya civa damlasının itildiği, gazı genleştiği, görülür. Piston veya civa damlasına dıştan etkiyen basınç (Atmosfer basıncı) değişmediği için, gaz, sabit basınç altında genleşmektedir.

Bu gibi deneylerle :

Sabit basınç altındaki genleşmenin, sıcaklığın artma miktariyle doğru orantılı olduğu gerçeklenebilir.

§ 135. SABİT BASINÇ ALTINDA GENLEŞME KATSAYISI. — Sabit basınç altında ısıtılan bir gazın 1 hacım biriminin 1°C için genleşme miktarına *sabit basınç altında genleşme katsayısı* denir.

V_0 hacmının t°C için genleşme miktarı ..... $V - V_0$

V_0 hacmının 1°C için genleşme miktarı ..... $\frac{V - V_0}{t}$ ve

1 hacım biriminin 1°C için genleşme miktarı ..... $\frac{V - V_0}{V_0 t}$

olur Genleşme katsayısını α ile gösterirsek :

$$\alpha = \frac{V - V_0}{V_0 t}$$

veya

$$V = V_0 (1 + at) \qquad (40)$$

bağıntılarını kurabiliriz. Bunlardan görülüyor ki genleşme katsayısını belirtmek için V_0, V ve t'nin ölçülmesi gerekir. (Şek. 108) deki aygıtta, V ve V_0 ın yerlerine, onlarla doğru orantılı olan, l_t ve l_0'ı ölçmek yeter.

§ 136. GAY - LUSSAC(*) (GEYLÜSAK) KANUNU. — Gazların sabit basınç altında genleşmesini denel olarak inceleyen GAY-LUSSAC, aşağıdaki kanuna varmıştır :

Gay - Lussac kanunu : Sabit basınç altında ısıtılan bir gazın genleşme katsayısı, bu gazın basıncına, cinsine ve ilk sıcaklığına bağlı değildir.

Demek oluyor ki, bir gaz, ilk sıcaklığı ve cinsi ne olursa olsun, ve hangi sabit basınç altında bulunursa bulunsun, bu basıncı sabit kalmak koşuluyla, eşit miktarlar kadar ısıtılınca, eşit miktarlar kadar genleşir.

Bütün gazlar için aynı olan, sabit basınç altındaki genleşme katsayısı

(*) Gay - Lussac (1778 - 1850) — Fransız fizikçisi ve kimyacısıdır.

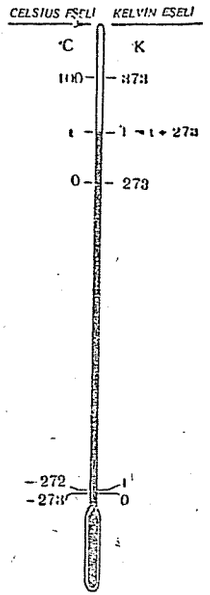
$$\alpha = \frac{1}{273}$$

bulunmuştur. Buna göre, bir gazın t°C deki hacmını hesaba yarayan (40) formülü.

$$V = V_0 \left(1 + \frac{t}{273}\right) \qquad (41)$$

şeklinde de yazılabilir.

§ 137. MUTLAK SIFIR NOKTASI VE MUTLAK SICAKLIK DERECESİ. — 0°C deki hacmı 273 cm³ olan bir gaz, sabit basınç altında ısıtılmış olsun. Bu gazın hacmı, her 1°C ısınma için, 1 cm³ artar ($\alpha = 1/273$ olduğu için). Bu gaz ısıtılacak yerde soğutulursa, hacmı, her 1°C için aynı miktar (1 cm³) kadar küçülür. Bu gidiş, sonuna kadar düzgün bir şekilde sürmüş olsa, —273°C de, gazın hacmının sıfır olması - gazın yok olması! - gerekir. Bu hal pratik bakımdan gerçeklenemez. Ancak, düşük sıcaklıkların, *mutlak sıfır noktası* denilen ve —273°C'e eşit olan, bir sınırı olması gerektiğini bize öğretir.



Şek. 109. Celsius ve Kelvin eşellerinin karşılaştırılması

Celsius ölçeğine göre bölümlenmiş bir termometrenin sıfırını —273°C'e getirmek suretiyle bütün sıcaklıkları pozitif sayılarla belirten yeni bir termometre ölçeği - *Kelvin** *ölçeği* - yapılmıştır (Şek. 109).

Herhangi bir t°C'in, Kelvin ölçeğinde T ile göstereceğimiz karşılığı

$$T(°K) = 273 + t(°C) \qquad (42)$$

bağıntısiyle hesaplanır.

Mutlak sıcaklık derecesinin kullanılması, Gay-Lussac kanununu ve bununla ilgili hesapları çok basitleştirebilir. Gerçekten, belli bir gaz kütlesinin t ve t'°C deki hacımları V ve V' olsun. Bunları (41) bağıntısına göre yazarak oranlarsak

$$\frac{V}{V'} = \frac{V_0 \left(1 + \frac{t}{273}\right)}{V_0 \left(1 + \frac{t'}{273}\right)} = \frac{273 + t}{273 + t'}$$

ve daha sade olarak,

* Kelvin, Lord (1824 - 1907). — Özellikle elektrik ve mıknatıslık ölçmelerinde kullanılan aletleriyle ünlü İngiliz fizikçisidir.

$$\frac{V}{V'} = \frac{T}{T'} \quad \text{veya} \quad \frac{V}{T} = \frac{V'}{T'} \tag{41b}$$

bulunur. Bu sonuca göre, sabit basınç altında ısıtılan bir gazın hacımları ile mutlak sıcaklıkları, birbirleriyle doğru orantılıdır.

ALIŞTIRMA : 27°C deki hacmı 10 litre olan bir gaz, aynı basınç altında ve 77°C de kaç litredir?

27 ve 77°C'ün mutlak sıcaklık derecelerine göre karşılıkları, 27 + 273 = 300°K ve 77 + 273 = 350°K olup bunları üstteki formüle yazarak :

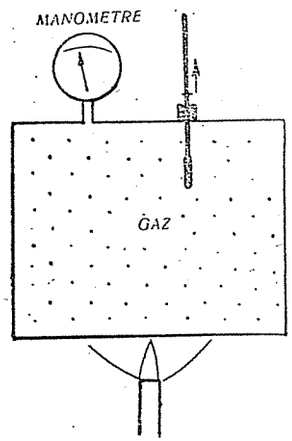
$$\frac{10}{V'} = \frac{300}{350}$$

ve, bundan,

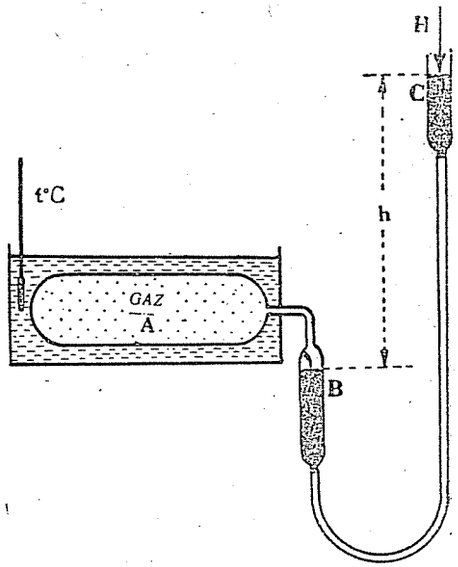
$$V' \approx 11{,}6 \text{ litre}$$

bulunur.

§ 138. BİR GAZI SABİT HACIM ALTINDA ISITMA. — Kapalı bir kap içinde bulunan bir gaz (Şek. 110) ısıtılırsa basıncının arttığı bir manometre ile belirtilebilir. (Şek. 111) deki alette, A kabında



Şek. 110. Sabit hacım altında ısıtılan bir gazın basıncı artar.



Şek. 111. Basıncın artmasını incelemeye yatkın bir aygıt

bulunan bir gazı sabit hacım altında ısıtmak için bu kaba bağlanmış bulunan bir manometrenin B kolundaki civanın düzeyini - C kolunu aşağı veya yukarı hareket ettirmekle - sabit bir işaret çizgisinde tutmak gerekir. A kabındaki gaz bu şekilde ısıtılırsa, $(H + h)$ ye eşit olan basıncının arttığı görülür. Bu artış, gazın sıcaklığının artma miktarı ile orantılıdır.

§ 139. BASINÇ ARTMA KATSAYISI VE ÖLÇÜLMESİ. — Sabit hacım altında ısıtılan bir gazın 1 basınç biriminin, 1°C için, artma miktarına, o gazın *basınç artma katsayısı* denir.

Sabit hacım altında ısıtılan bir gazın 0 ve t°C deki basınçlarını p_0 ve p ile gösterelim.

p_0 basıncının t°C için artma miktarı ..... $p - p_0$

p_0 basıncının 1°C için artma miktarı, ... $\frac{p - p_0}{t}$, ve

1 basınç biriminin 1°C için artma miktarı (Basınç artma katsayısı) ise, ... $\frac{p - p_0}{p_0 t}$

olur. Bu katsayı β ile gösterilerek :

$$\beta = \frac{p - p_0}{p_0 t}$$

veya

$$p = p_0 (1 + \beta t) \tag{43}$$

yazılabilir.

(Şek. 111) deki aygıtta, A kabını 0 ve t°C sıcaklıklarında ve B deki civayı sabit bir düzeyde tutarak, manometreden p_0 ve p basınçları ölçülebilir ve bunlardan β hesaplanır.

§ 140. GAY - LUSSAC'IN İKİNCİ KANUNU. — Sabit hacım altında ısıtılan bir gazın basınç artma katsayısı, bu gazın cinsine, ilk sıcaklığına ve ilk basıncına bağlı değildir.

Buna göre, bir gaz, ilk sıcaklığı, basıncı ve cinsi ne olursa olsun sabit hacım altında belli miktarlar kadar ısıtılırsa, basıncı eşit miktarlar kadar artar.

Deneyler, bütün gazlar için aynı olan β basınç artma katsayısının α katsayısına - 1/273'e - eşit olduğunu gösterir ve (43) formülü :

$$p = p_0 \left(1 + \frac{t}{273}\right) \tag{44}$$

şeklinde de yazılabilir.

ÖDEV : 0°C deki hacmı V_0 ve basıncı p_0 olan bir gaz (I ci hal):

a) Sabit basınç altında (II ci hal)

b) Sabit hacım altında (III cü hal)

t°C'e kadar ısıtılıyor. II ve III cü hallere Boyle - Mariotte kanununu uygulayarak α = β olduğunu, teorik yoldan, gerçekleyiniz.

ÖDEV: Sabit hacım altında ısıtılan bir gazın T ve T′ Kelvin derecelerindeki basınçlarını p ve p′ ile göstererek,

$$\frac{p}{p'} = \frac{T}{T'} \quad \text{veya} \quad \frac{p}{T} = \frac{p'}{T'} \qquad (45)$$

olduğunu hesaplayınız.

§ 141. GAZLI TERMOMETRELER. — Gazların sabit hacım altında ısıtılmasının bir uygulama alanını, *gazlı termometre*'lerin yapılması teşkil eder. Gazlı termometre, prensip bakımından, (Şek. 111) deki aygıdın aynıdır. Aygıt içindeki gazın, önce, 0 ve sonra ölçülmesi istenilen t°C sıcaklığındaki p_0 ve p basınçları ölçülür ve bulunan değerler (44) bağıntısında yerlerine konularak t hesaplanır. Bir ölçmede, $p_0 = 760$ mm Hg ve $p = 800$ mm Hg bulunmuş ise, (44) bağıntısı,

$$800 = 760\left(1 + \frac{t}{273}\right)$$

şeklinde yazılarak, bundan $t \approx 14{,}3$°C bulunur.

Aygıdı daha kullanışlı bir hale getirmek için, manometresinin kolları arasına yerleştirilen bir cetvel üzerine, termometre bölümleri konulabilir.

GAY - LUSSAC VE BOYLE - MARİOTTE KANUNU

§ 142. BİR GAZIN, HACIM VE BASINCI DEĞİŞECEK BİR ŞEKİLDE, ISITILMASI. BİR GAZIN GENEL DENKLEMİ. — Isıtılan bir gazın genel olarak hem hacmı ve hem de basıncı değişir. Böyle bir değişmenin incelenmesini kolaylaştırmak için, gaz hacmının ve basıncının teker teker değiştiği düşünülebilir. Şimdi, bir silindir içerisinde bir pistonla kapatılmış belli bir miktar gaz (0°C de, V_0 hacmında ve p_0 basıncında) alalım (Şek. 112 A). Bu gazı, önce, sabit basınç altında t°C'e kadar ısıtalım. Hacmı, $V_t = V_0\left(1 + \frac{t}{273}\right)$ olur (Şek. 112 B). Piston üzerindeki p_0 basıncını, p'ye çıkaralım. V_t hacmı V'ye iner (Şek. 112 C).

Gaz, B halinden C haline aynı sıcaklıkta geçtiğinden, Boyle - Mariotte kanununa göre, bu değişme için:

$$pV = p_0V_t$$

veya,

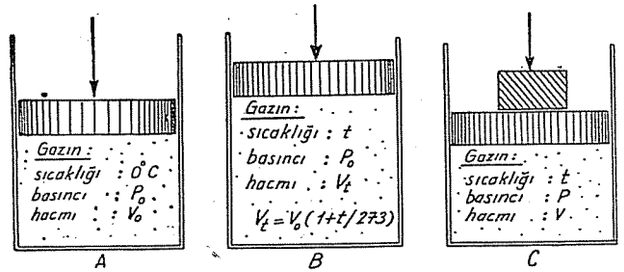
$$pV = p_0V_0\left(1 + \frac{t}{273}\right) \qquad (46)$$

yazılabilir. Bu bağıntıya «Gay-Lussac ve Boyle-Mariotte» denklemi ve bu denklemin belirttiği kanuna, «Gay - Lussac ve Boyle - Mariotte kanunu» denir.

(Şek. 112 A) durumunda verilen bir gaz, t den başka bir t'°C'e

ısıtıldığında, p' basıncını ve V' hacmını almış olsa, (46) bağıntısı, bu kez

$$p'V' = p_0V_0\left(1 + \frac{t'}{273}\right)$$



Şek. 112. Gay-Lussac ve Boyle-Mariotte formülünün kuruluşu h.

şeklini alır. Bu bağıntıların her birinden p_0V_0 çekilerek eşitlenirse

$$\frac{pV}{1 + \frac{t}{273}} = \frac{p'V'}{1 + \frac{t'}{273}} \qquad (47)$$

bağıntısı bulunur. Bir gazın t°C deki durumunu, başka bir t'°C deki durumuna bağlayan bu bağıntıya, *gazların genel denklemi* denir.

Bu eşitliğin paydalarını $\frac{273 + t}{273}$ ve $\frac{273 + t'}{273}$ veya $\frac{T}{273}$ ve $\frac{T'}{273}$

şeklinde yazmak ve her iki yandan 273 leri kısaltarak

$$\frac{pV}{T} = \frac{p'V'}{T'} \qquad (48)$$

şekline çevirmek olabilir. Gazların genel denkleminin bu yeni şekli, özellikle, hesaplamalar için büyük bir kolaylık sağlar.

ALIŞTIRMA: 27°C de ve 750 mm Hg basıncı altında 10 lt olan havanın 77°C ve 800 mm Hg basıncında hacmı kaç litredir?

ÇÖZÜM: $T = t + 273 = 27 + 273 = 300$°K ; $p = 750$ mm Hg ; $V = 10$ lt
$T' = t' + 273 = 77 + 273 = 350$°K, $p' = 800$ mm Hg olduğundan (48) bağıntısına göre

$$\frac{750 \cdot 10}{300} = \frac{800 \cdot V'}{350}$$

den $V' \approx 11$ lt bulunur.

§ 143. BİR GAZIN NORMAL KOŞULLARDAKİ HACMI. — Bir gazı belirtmek için, sıcaklık, basınç ve hacmının açıklanması gerekir. Gazları belirtmeyi ve birbirleriyle karşılaştırılmalarını kolaylaştırmak için,

belli bir sıcaklık ve belli bir basınç seçilerek, - hep bu koşullarda bulunacak - gazların yalnız hacımlarını söylemekle yetinilebilir. Bu kolaylığı sağlamak için, belli bir sıcaklık olarak 0°C ve basınç olarak da, 760 mm Hg basıncı - normal atmosfer basıncı - seçilmiştir.

Bir gazın 0°C ve $p_0 = 760$ mm Hg basıncı altındaki V_0 hacmına, o gazın *normal - veya standart - koşullardaki hacmı* denir.

Bir gazın normal koşullar altındaki V_0 hacmını bulmak için (46) denkleminde $p_0 = 760$ yazarak V_0'ı hesaplarsak,

$$V_0 = \frac{p \cdot V}{760\left(1 + \frac{t}{273}\right)} \qquad (49)$$

buluruz.

§ 144. BİR GAZIN MUTLAK YOĞUNLUĞU. — Bir gazın 1 hacim biriminin kütlesine, o gazın *mutlak yoğunluğu* denir.

Kütlesi m olan bir gazın normal koşullardaki hacmı V_0 ise, bu koşullar altındaki d_0 mutlak yoğunluğu:

$$d_0 = \frac{m}{V_0}$$

olur. Aynı gazın t°C sıcaklık ve p mm Hg basıncı altındaki hacmı V ise, d mutlak yoğunluğu :

$$d = \frac{m}{V}$$

olur. Bunlardan :

$$d = \frac{V_0 d_0}{V}$$

bulunur. V_0 yerine, (49) denklemindeki değeri konulursa :

$$d = d_0 \frac{p}{760\left(1 + \frac{t}{273}\right)} \qquad (50)$$

bağıntısı elde edilir. Bundan, mutlak yoğunluğun basınç ile doğru ve $\left(1 + \frac{t}{273}\right)$ ile ters orantılı olduğu görülmektedir.

ALIŞTIRMA : 27°C ve 800 mm Hg basıncı altında 20 litre havanın kütlesi ne kadardır? Havanın normal koşullardaki yoğunluğu 1,293 g/litredir.

ÇÖZÜM : Havanın t = 27°C sıcaklık ve p = 800 mm Hg basıncı altındaki d mutlak yoğunluğu (50) formülüne göre :

$$d = 1{,}293 \frac{800}{760\left(1 + \frac{27}{273}\right)} \approx 1{,}215 \text{ g/lt}$$

bulunur. 20 litre havanın kütlesi ise

$$m = V \cdot d = 20 \times 1{,}215 = 24{,}3 \text{ g}$$

olur.

BÖLÜM XII

ISI MİKTARI VE ÖLÇÜLMESİ

§ 146. ISI, VE SICAKLIKLA ISININ FARKI. — Günlük gözlemlerimizle, «sıcaklıkları farklı iki cisim bir araya getirilince, sıcak olanın soğuduğunu, soğuk olanın ise ısındığını ve sonunda her ikisinin de aynı sıcaklığa geldiklerini» bilmekteyiz. Bu olayda, sıcaklığı artan cisim *ısı almıştır*, sıcaklığı azalan cisim ise *ısı vermiştir*, denir. Ancak, ısı, her zaman sıcaklık değişmelerine sebep olmaz. Gerçekten, bir ocak üzerinde kaynamakta olan bir sıvının veya ergimekte olan bir katının sıcaklığı, kaynama veya ergime sona erinceye kadar sabit kalır. Bu hallerde, ocağın verdiği ısı cisimlerin *fiziksel hallerini değiştirmek* için harcanmaktadır.

Isı, mekanik veya kimyasal bir enerji haline de dönüşebilir.

Konuşma dilinde, «Isı» ve «Sıcaklık» sözleri çoklukla birbirine karıştırılır. Ama, bilim dilinde bu iki terimin iyice ayırt edilmesi ve birbirine karıştırılmaması gerekir. Gerçekten :

a) İki deney tübünden birine su, ötekine ise kütlesi suyunkine eşit miktarda petrol koyduktan sonra bu iki tübü, güneşe koyalım ve, bir süre sonra, her ikisinin de sıcaklıklarını ölçelim. Petrolün sudan daha çok ısınmış olduğunu görürüz. Kütleleri aynı olan bu iki cisim, ısı kaynağından eşit miktar ısı almalarına karşılık değişik sıcaklıklara ısınmışlardır.

b) Bir ocak üzerinde ergitilmekte olan buz parçaları içerisine batırdığımız termometre, ergime sona erinceye kadar 0°C'ü gösterir.

Demek oluyor ki, bazan, ısı aldıkları halde, cisimlerin sıcaklığında bir değişme olmamaktadır.

c) Bir çaydanlık ve bir kazan dolusu kaynar suyun sıcaklık dereceleri aynı olduğu halde bu duruma gelebilmeleri için harcanan yakıt ve zaman aynı değildir.

Isı ve sıcaklık arasındaki farka (§ 110) da da değinmiştik.

§ 147. ISI MİKTARI BİRİMİ, KALORİ. — 1 g suyun sıcaklığını 1°C yükselten (*) ısı miktarı, 1 kalori (cal) adı ile, *ısı miktarı birimi* seçilmiştir.

Kalori'den türemiş başka ısı birimleri de vardır :

1 kilokalori (= Büyük kalori) = 1 000 cal.

1 thermi (= th) = 1 000 000 cal. = 1 000 kcal.

(*) 1 g suyun sıcaklığını 1°C yükselten ısı miktarı, suyun ilk sıcaklığı ile değişir. Ancak, bu değişme, uygulamada hesaba katılmayacak kadar azdır.

Şu halde, 1 kilokalori (kcal), 1 kg, 1 thermi ise 1 ton suyun sıcaklığını 1°C yükselten ısı miktarlarıdır.

§ 148. ISINMA ISISI. —

Bir cismin 1 kütle birimini - diyelim 1 gramını - 1°C ısıtan ısı miktarına, o cismin ısınma ısısı denir.

Isınma ısısı c harfiyle gösterilir. Aşağıdaki çizelgede cisimlerin ısınma ısıları (gram kütle başına, °C için, cal) birimi cinsinden, gösterilmektedir.

Cisimler	Isınma ısıları	Cisimler	Isınma ısıları
Alkol (Etil)	0,615	Gümüş	0,056
Alüminyum	0,217	Kalay	0,054
Bakır	0,093	Kobalt	0,108
Baryum	0,050	Manganez	0,122
Benzin	0,450	Naftalin	0,416
Buz	0,500	Nikel	0,108
Cam	0,198	Pirinç	0,090
Civa	0,033	Plâtin	0,032
Çinko	0,093	Sodyum	0,293
Demir	0,113	Stronsiyum	0,073

§ 149. BİR CİSMİ ISITMAK İÇİN VERİLMESİ GEREKLİ OLAN ISI MİKTARININ HESABI. — Isınma ısısının tanımına göre;

Bir cismin 1 gramını 1°C kadar ısıtan ısı miktarı c cal olduğundan

O » m » 1°C » » » » mc cal ve,
» » m » t°C » » » » mct cal ...

olur. Bu sonuncu ısı miktarını Q ile göstererek:

$$Q = m\,c\,t \qquad (53)$$

yazılabilir. Cisim, t_1°C den t_2°C'e kadar ısıtılmış ise, t yerine $(t_2 - t_1)$ de yazılabileceğinden:

$$Q = mc\,(t_2 - t_1) \qquad (54)$$

bulunur.

ALIŞTIRMA: 20°C de bulunan 100 g demirin sıcaklığını 70°C'e çıkarmak için gerekli ısı miktarı ne kadardır? Demirin ısınma ısısı = 0,113 cal/g · °C dir.

ÇÖZÜM: (54) bağıntısında, m = 100 g, c = 0,113 cal/g · °C, t_1 = 20°C ve t_2 = 70°C yazarak:

$$Q = 100 \times 0{,}113\,(70 - 20) = 565 \text{ cal.}$$

bulunur.

§ 150. BİR CİSMİN ISI SIĞASI VEYA SU CİNSİNDEN DEĞERİ. — Kütlesi m olan bir cismin sıcaklığını 1°C artırmak için gerekli olan mc ısı miktarına, o cismin *ısı sığası* denir.

Az önce verdiğimiz örnekteki demir parçasının ısı sığası:

$$mc = 100\ (g) \times 0{,}113\ (cal/g \cdot °C) = 11{,}3\ (cal/°C)$$

dir mc ye, cismin *su cinsinden değeri* de denir. Gerçekten m gram cisimle mc gram su, ısı bakımından, birbirlerine eşdeğerlidirler. Demek, bunların her ikisini de aynı miktar ısıtmak için, eşit miktarlarda ısı vermek gerekir. Böylece, «100 g demirin su cinsinden değeri, 11,3 g dır» demekle bu demir parçasının ısı bakımından 11,3 g suya eşdeğer olduğu anlatılmış olur.

ISI ÖLÇME BİLGİSİ

§ 151. «ISI ÖLÇME»NİN KONUSU VE PRENSİPLERİ. — «Isı ölçme», fiziğin, ısı miktarlarının ölçülmesini inceleyen bir bölümüdür ve şu iki prensibe dayanır:

a) Sıcaklıkları farklı cisimler bir araya getirilince, son sıcaklıkları eşit oluncaya kadar, aralarında bir ısı alış verişi yaparlar. Böyle bir ısı alış verişinde, bir cismin - veya cisimlerin - kazandığı ısı miktarı, öteki bir cismin - veya cisimlerin - kaybettiği ısı miktarına eşittir.

b) Bir ısı olayı olurken kazanılan - veya kaybedilen - ısı miktarı, bu olayın tersi olurken kaybedilir - veya kazanılır.

Bu prensibe göre, 100 g demir, 20°C den 70°C'e kadar ısınırken almış olduğu Q = 100 × 0,113 × 50 = 565 cal'lik ısı miktarını, 70°C'den 20°C'e kadar soğurken geri verir. Veya, ileride göreceğimiz gibi, 0°C deki 1 g buz, su haline geçerken aldığı 80 cal lik ergime ısısını, 0°C deki 1 g su, katı hale geçerken (donarken) geriye verir.

§ ~~152. KALORİMETRE VE~~ ISINMA ISISININ ÖLÇÜLMESİNDE KULLANILMASI. — Isı miktarlarının ve bu arada ısınma ısılarının ölçülmesinde *kalorimetre* denilen aygıtlar kullanılır. ~~Laboratuvarlarda kullanılan basit bir kalorimetre, (Şek. 113) de görülmektedir~~. Bu aygıdın, ısı sızdırmayacak bir düzenle çevrelenmiş bir A iç kabı içinde belli bir miktar sıvı - diyelim, m_1 g su -, bir karıştırıcı ve bir termometre bulunur. A kabındaki sıvıya, sıcaklığı bu sıvınınkinden farklı bir cisim batırılırsa, cisim ve sıvı aralarında bir ısı alış verişi yaparlar. Bu alış verişte, sıvının sıcaklığı t_1°C den t_2°C'e kadar yükselmiş ise, almış olduğu ısı miktarı:

$$Q = m_1\,c_1\,(t_2 - t_1)$$

olur. Kütlesi m_2, ısınma ısısı c_2 olan kalorimetre kabının da sıvı gibi t_1°C den t_2°C'e kadar ısındığı göz önüne alınarak, kabın alacağı Q_2 ısı miktarı:

$$Q_2 = m_2 c_2 (t_2 - t_1)$$

olarak bulunur. Daha incelikli deneylerde, karıştırıcı ve termometrenin de alacakları ısıları hesaba katmak gerekir. Bunlara göre, kalorimetrenin aldığı toplam ısı miktarı:

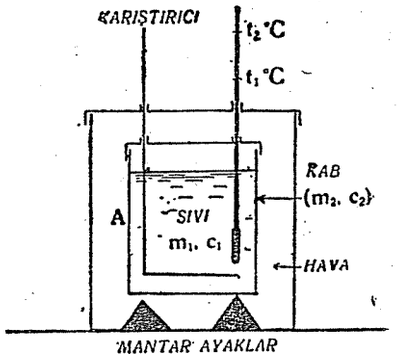
$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots$$

olur. Öte yandan, sıvıya batırılan cismin kütlesi m, ilk sıcaklığı t ve ısınma ısısı c ise, son sıcaklığı t_s olacağından, kaybettiği ısı:

$$Q' = mc\,(t - t_s)$$

olacaktır. Cisim ve kalorimetre arasında olan bu ısı alış verişinde:

Alınan ısı = Verilen ısı



Şek. 113. Kalorimetre

veya:

$$m_1c_1\,(t_2 - t_1) + m_2c_2\,(t_2 - t_1) + \dots = mc\,(t - t_2)$$

denklemi kurulabilir. Bundan da c ısınma ısısı hesaplanırsa;

$$c = \frac{(m_1c_1 + m_2c_2 + \dots)\,(t_2 - t_1)}{m\,(t - t_2)} \qquad (55)$$

bulunur. Kalorimetre kabındaki sıvı su ise, $c_1 = 1$ alınır. Kütlelerin ve sıcaklıkların ölçülmesinden sonra, yukarıdaki bağıntıdan kalorimetreye atılan cismin ısınma ısısı hesaplanır.

$m_1c_1 + m_2c_2 + \dots$ toplamı, kalorimetrenin su cinsinden toplam değerini - veya ısı sığasını - verir. Bunu M ile göstermekle, yukarıdaki bağıntıyı:

$$c = \frac{M\,(t_2 - t_1)}{m\,(t - t_2)} \qquad (56)$$

şeklinde sadeleştirmek de olur.

ALIŞTIRMA: Kütlesi 200 g ve pirinçten yapılmış olan bir kalorimetrenin içinde 18°C de 500 g petrol bulunmaktadır. Bu kalorimetre kabı içerisinde 100°C'e kadar ısıtılmış ve kütlesi 134 gram olan bir cisim batırılıyor. Son sıcaklık 25° olduğuna göre, bu cismin ısınma ısısını bulunuz.

Pirincin ısınma ısısı: 0,09; petrolün ısınma ısısı: 0,5 cal/g · °C dir.

ÇÖZÜM: Kalorimetre problemlerinde, hazır formül yerine o formülün kuruluşundaki yolu kullanmayı öğütleyeceğiz. Buna göre:

Sıcak cisim ve kalorimetre arasında olan ısı alış verişinde:

a) Sıcaklığı 18°C den 25°C'e kadar yükselen 500 g petrolün aldığı ısı:

$$Q_1 = 500 \times 0{,}5\,(25 - 18) = 1750 \text{ cal}$$

b) Aynı şekilde ısınan 200 g lık kalorimetre kabının aldığı ısı:

$$Q_2 = 200 \times 0{,}09\,(25 - 18) = 136 \text{ cal}$$

olduğundan alınan toplam ısı miktarı:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 1\,750 + 136 = 1\,886 \text{ cal'dir.}$$

c) Sıcaklığı 100°C den 25°C'e kadar alçalan 134 g cismin verdiği ısı ise:

$$Q' = 134 \times c\,(100 - 25) = 10\,050 \ (\text{g} \cdot °\text{C}) \times c$$

dir. Verilen ve alınan ısıların eşitliği yazılırsa;

$$10\,050(\text{g} \cdot °\text{C}) \times c = 1886 \text{ (cal)}$$

ve bundan:

$$c = 0{,}18 \text{ (cal/g} \cdot °\text{C)}$$

bulunur.

§ 153. ATOM ISISI, DULONG VE PETİT KANUNU. — Bir cismin 1 atom gramını 1°C ısıtmak için gerekli olan ısı mikdarına, o cismin *atom ısısı* denir. Bir cismin atom ağırlığı A ve ısınma ısısı c ise:

$$\text{Atom ısısı} = C = A\,c \qquad (57)$$

olur.

Dulong ve Petit kanunu. — Madenlerin atom ısıları yaklaşık olarak 6,4'e eşittir.

Gerçekten, aşağıdaki çizelgedeki cisimler için atom ısıları hesaplanırsa, 6,4'e yakın sayılar bulunur.

Cisimler	A	c	C=Ac
Alüminyum	27	0,217	5,86
Nikel	63,4	0,093	5,89
Manganez	137,37	0,050	6,86
Kurşun	56	0,113	6,32
Kalay	108	0,056	6,05
Gümüş	118,7	0,054	6,41
Demir	207	0,031	6,5
Baryum	54,93	0,122	6,642
Bakır	58,68	0,108	6,36

§ 154. GAZLARIN ISINMA ISILARI. — Bir gazın ısınma ısısı, katı ve sıvılarınki gibi, «1 gram gazı, 1°C ısıtan ısı miktarı» olarak, tanımlanabilir. Ancak, bir gaz, basıncı veya hacmı sabit tutularak, ya da hem basıncı ve hem de hacmı değiştirilerek ısıtılabilir ve bu hallerden

her biri için bir ısınma ısısı tanımlanır. Gerçekten, hacmı sabit tutularak ısıtılan bir gazda, yalnız moleküllerin hızlarını artırmağa harcanacak miktarda ısı enerjisi gerekir. Oysa, basıncı sabit tutularak ısıtılan bir gazda - hacım artması yüzünden - dış basınca karşı yapılacak işin karşılığı kadar, bir ısı enerjisi daha gerekir. Bu nedenle :

a) 1 g gazı sabit hacım altında 1°C ısıtan ısı miktarına, «sabit hacım altındaki ısınma ısısı» ve,

b) 1 g gazı, sabit basınç altında 1°C ısıtan ısı miktarına ise, «sabit basınç altındaki ısınma ısısı».

denir. Bu iki ısınma ısısı c_v ve c_p sembolleriyle gösterilirler ve az önce açıkladığımız nedenden dolayı $c_p > c_v$ dir.

Deney bakımından c_p nin ve c_p/c_v oranının incelikli bir şekilde ölçülmesi mümkündür.

c_p/c_v oranı, bir atomlu gazlarda (He, A...) 1,66 iki atomlu gazlarda (H_2, O_2...) 1,40 ve üç atomlu gazlarda (CO_2, N_2O,...) ise 1,33 gibi sabit birer sayıya yaklaşık bulunmuştur. Aşağıda - birkaç gaz için - c_p ve c_p/c_v nin ölçülen ve c_v nin hesaplanan değerleri görülmektedir :

Gaz	c_p	c_p/c_v	c_v
Helyum	5	1,66	3
Argon	5	1,68	3
Azot	6,94	1,40	4,96
Oksijen	6,96	1,40	4,97
CO_2	8,75	1,30	6,73
Hava	0,242	1,40	0,173

ÖZET

1. ISI MİKTARI BİRİMLERİ. — Kalori (cal) = 1 g suyu 1°C kadar ısıtan ısı miktarıdır.

Kilokalori (kcal) = 1 kg suyun sıcaklığını 1°C yükselten ısı miktarıdır.

1 kcal = 1 000 cal

2. ISINMA ISISI. — Bir cismin 1 gramını 1°C ısıtan ısı miktarına, o cismin ısınma ısısı denir.

3. BİR CİSMİ ISITMAK İÇİN VERİLMESİ GEREKLİ OLAN ISI MİKTARI. — m gram cismi t°C ısıtan, veya sıcaklığını t_1°C den t_2°C'e yükselten, ısı miktarı :

$$Q = mct = mc(t_2 - t_1)$$

dir.

4. BİR CİSMİN ISI SIĞASI VEYA SU CİNSİNDEN DEĞERİ. — Herhangi bir cismi 1°C kadar ısıtan ısı miktarına, o cismin ısı sığası, veya su cinsinden değeri denir.

5. «ISI ÖLÇME» NİN PRENSİPLERİ. — a) Sıcaklıkları değişik olan cisimler, bir araya getirilirse, son sıcaklıkları aynı oluncaya kadar aralarında bir ısı alış verişi yaparlar. Bu ısı alış verişinde :

Kazanılan ısı = Kaybedilen ısı

dır.

b) Bir ısı olayı olmakta iken kazanılan - veya kaybedilen - ısı bu olayın tersi olurken kaybedilir - veya kazanılır.

6. ISINMA ISISININ ÖLÇÜLMESİ. — Bir kalorimetre kabının ve içindeki sıvının kütleleri m_2 ve m_1, bunların ısınma ısıları c_2 ve c_1 olsun. Kütlesi m, sıcaklığı t ve ısınma ısısı c olan bir cisim kalorimetreye konduğunda, kalorimetrenin sıcaklığı t_1° den t_2°C'e yükselmiş ise, c ısınma ısısı

$$c = \frac{(m_1 c_1 + m_2 c_2 + \ldots)(t_2 - t_1)}{m(t - t_2)} \quad \text{veya} \quad c = \frac{M(t_2 - t_1)}{m(t - t_2)}$$

formüllerinden biri ile hesaplanabilir. İkinci formülde bulunan ve $m_1 c_1 + m_2 c_2 + \ldots$ ye eşit olan M ye kalorimetrenin su cinsinden toplam değeri denir.

7. ATOM ISISI, DULONG VE PETIT KANUNU. — Bir cismin 1 atom gramını 1°C ısıtan ısı miktarına, o cismin atom ısısı denir.

Dulong ve Petit kanunu : Maddelerin atom ısıları yaklaşık olarak 6,4'e eşittir.

8. GAZLARIN ISINMA ISILARI. — Bir gazın 1 gramını sabit hacım ve sabit basınçta 1°C kadar ısıtan c_p ve c_v ısı miktarlarına, o gazın sabit hacım ve sabit basınç altındaki ısınma ısıları denir.

c_p/c_v oranı, 1 atomlu gazlarda 1,66, 2 atomlularda 1,40 ve 3 atomlularda ise 1,33'e eşittir.

ÖDEV VE PROBLEMLER

1. 5 kg suyu 18°C den 98°C'e kadar ısıtmak için ne kadar kalori gerekir?
2. 1 dm³ su 40°F dan 80°F'a kadar ısıtılmak için ne kadar ısı gerekir?
3. 300°C den 0°C'e kadar soğuyan civa ne kadar ısı verir?
4. Alüminyum, gümüş ve bakırın ısınma ısıları atom ısıları ve 50 şer gramlarının ısı ısıları ne kadardır?
5. 100°C de bulunan 10 kg suya 20°C de 5 kg soğuk su katılıyor. Karışımın son sıcaklığı ne kadardır?
6. 100 g civa 50°C de bulunan 100 g suya katılınca son sıcaklık 60°C oluyor. Civanın ilk sıcaklığı ne kadardır?
7. Kaynamakta olan bir gaz tenekesi (16 dm³) su içine, 20°C de bulunan sudan ne kadar konmalıdır ki son sıcaklık 40°C olsun.
8. 4 × 3 × 3 m³ boyutunda bulunan bir odadaki havanın sabit basınç altında 20°C den 140°F'a kadar ısıtılması için ne kadar kalori gerekir?
9. Bir elektrik lâmbası saatte 1 200 cal yayıyor. Bunun 3 × 5 × 3 m³ boyutlu bir odada, yalnız havayı ısıtmakta harcandığını kabul ederek 15 dakikada havanın sıcaklığının ne kadar artacağını bulunuz.
10. 100°C'e kadar ısıtılmış bulunan bir cisimden alınan 300 g lık bir parça sıcaklığı 20,5° C olan ve içinde 600 g su bulunan bir kalorimetreye batırılıyor. Kalorimetrenin 200 g lık kabı bakırdandır; kalorimetrenin son sıcaklığı 24,5°C olduğuna göre, bu cismin ısınma ısısını bulunuz.
11. Bakırdan olan 250 g lık bir kalorimetre kabı içerisinde 20°C de 500 cm³ su bulunmaktadır. Bu kalorimetre kabı içerisine 50°C'e kadar ısıtılmış 500 cm³ alkol katılınca son sıcaklık 31,1°C oluyor. Bu deneyden yararlanarak, alkolün ısınma ısısını hesaplayınız. Alkolün yoğunluğu 0,8 alınacaktır.
12. İngilizler, ısı birimi olarak, kalori yerine «İngiliz termal birimi (sembolü B. t. u)» kullanırlar. 1 (B. t. u), 1 libre suyu 1°F kadar ısıtmak için gereken ısı miktarı olarak tanımlandığına göre, bunun kalori cinsinden değerini bulunuz.

BÖLÜM XIII

ISI VE İŞ

§ 155. ISI KAYNAKLARI. — Kendilerinden ısı aldığımız çeşitli ısı kaynaklarından en önemlileri şunlardır:

a) Güneş: Dünyamız için en önemli ısı kaynağı, *güneş*'tir. Güneş'in bize yolladığı ısı miktarı bir çok sebeplerle (mevsim, gece - gündüz, yer, yükseklik,...) değişir. Özel kalorimetrelerle, yer'in 1 cm^2'sine dakkiada, ortalama olarak, 1,5 cal. geldiği ölçülmüştür. Buna, *güneş'in ısı katsayısı* denir. Odun, maden kömürü ve petrol gibi yakacaklardan aldığımız ısıyı da güneş'e borçlu bulunmaktayız. Gerçekten, sonradan yakıt haline geçecek olan bitkiler, güneş'in ısı ve ışığından yoksun olarak yetişemezler.

b) Yerin içi: Volkanlardan çıkan lâvlar, toprak altından kaynayan kaplıca suları ve gayzer'ler, yer'in iç katlarının yerkabuğundan daha sıcak olması gerektiğini gösteriyor. Derin maden kuyularına inildikçe, sıcaklığın arttığı da (her 33 m de bir, yaklaşık olarak, 1°C) anlaşılmıştır.

c) Kimyasal olaylar: Kimyasal olayların bir kısmında ısının da oluştuğunu görmüşsünüzdür. Bu olayların en önemlileri, «yanma olayları» (oksitlenmeler) dir. Uygulamalarda, «yakacak» - veya, yakıt - denilen birtakım maddeleri (odun ve çeşitli tip kömürleri, petrol ve mazot gibi sıvıları, asetilen ve havagazı gibi gazları) yakmakla ısı elde ederiz.

ç) Mekanik enerjinin ısıya dönüşmesi: Günlük gözlemlerimizle bile, mekanik enerjinin ısıya dönüştüğüne, arasıra tanık olmaktayız. İşleyen bir testere, soğuk bir havada birbirine kuvvetle sürtülen eller bir çekiçle dövülen bir cisim... ısınır.

d) Elektrik enerjisinin ısıya dönüşmesi: Elektrik ocakları, ütüleri, lâmbaları,..... içinde elektrik enerjisi ısıya çevrilebilir. Bu konu, gelecek seneki derslerimizde derinleştirilecektir.

e) Çekirdek enerjisinin ısıya dönüşmesi: Radyoaktif cisimlerin çekirdeklerinin parçalanması sırasında ısı da oluşur. Bu günün bilginleri, bir buhar makinasını - veya türbinini - çalıştırabilecek buharı elde etmek için yüksek sıcaklıklı atom pillerini gerçeklemeyi başarmışlardır.

§ 156. YANMA ISISI. — Bir cismin 1 «kütle birimi» kadar bir miktarının (diyelim, 1 gramının) yandığı zaman verdiği ısı miktarına, o cismin *yanma ısısı* denir. Cisimlerin yanma ısıları, özel kalorimetrelerle ölçülebilir. Aşağıdaki çizelgede yakıtlardan birkaçının yanma ısıları gösterilmiştir:

Cisimler	Gram başına verdikleri ısı (cal.)
Alkol (Etil)	5000
Havagazı	6000
Kok kömürü	7000
Maden kömürü	7500 - 9000
Odun	3000 - 4000
Petrol	10 000

§ 157. KALORİNİN MEKANİK EŞDEĞERİ VE JOULE DENEYİ İLE ÖLÇÜLMESİ. — Mekanik enerjinin ısıya dönüşebildiğini söylemiştik. Şimdi de *kalorinin mekanik eşdeğeri*'nin - 1 cal lik ısı elde edebilmek için gereken mekanik enerji miktarının - nasıl ölçülebileceğini görelim.

Joule deneyi: Kalorinin mekanik eşdeğerini ölçmek için kullanılan metotlardan ilkini Joule'e borçluyuz. Bu metodun temeli, «Bir kalorimetredeki sıvı - su v.b. - içinde dönen kanatların sıvıyı karıştırması ve bu sırada oluşan sürtünmelerle mekanik enerjinin ısıya dönüşmesi» dir.

Aygıt, (Şek. 114) de görüldüğü gibi, bir kalorimetre kabı ve bunun içine yerleştirilmiş bulunan kanatları döndürmeğe yarayan bir düzenden oluşmuştur. M makarasına sarılmış ipliklerin uçlarına bağlı bulunan ve ağırlıklarını G ile göstereceğimiz A ve B cisimleri, serbest bırakılırsa, s yolu boyunca düşerek makara eksenine bağlı kanatları döndürürler. Ağırlıkların art arda n kez düşürülmesiyle yapacakları $W = 2\,G \cdot s \cdot n$ mekanik işi, sürtünmelerle, ısıya dönüşür.

Isıya dönüşen W mekanik enerjisi, su cinsinden toplam değeri M olan kalorimetrenin sıcaklığını t_1°C den t_2°C'e kadar yükseltmiş olsun. Buna göre kalorimetrenin aldığı ısı miktarı:

$$Q = M\,(t_2 - t_1)$$

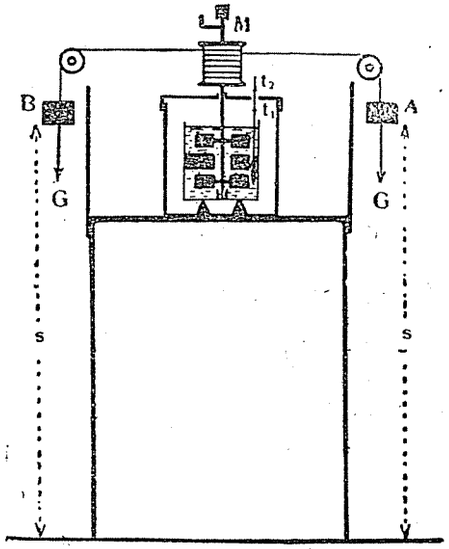
olur.

Q cal, W kadar enerjiden elde edildiğine göre, 1 cal.'nin, J ile göstereceğimiz, mekanik eşdeğeri:

$$J = \frac{W}{Q} = \frac{2G \cdot s \cdot n}{M\,(t_2 - t_1)} \qquad (58)$$

olur.

Sayılı örnek: (Şek. 114) deki aygıtta, G ağırlıkları 2 şer kg, *s* yolu 1,25 m ve kalorimetrenin su cinsinden toplam değeri 500 g dır. Ağırlıkların art arda 50 kez düşürülmesiyle sıcaklığın 16°C den 17,17°C'e yükseldiği görülüyor. Buna göre, J nin değerini bulalım.



Şek. 114. Joule deneyi.

Her iki ağırlığın *s* yüksekliğinden düşmesiyle yapacakları iş,

$$W_1 = 2G\,s = 4 \times 1{,}25 = 5 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

ve art arda olan 50 düşmede yapılacak toplam iş,

$$W = 50 \times 5 = 250 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

dir (*). Kalorimetrede oluşan ısı miktarı ise,

$$Q = M\,(t_2 - t_1) = 500\,(g) \cdot 1(\text{cal/g} \cdot °C)\ (17{,}17 - 16)\ °C = 585 \text{ cal}$$

kadardır. 585 cal, 250 kg · m lik işle elde edilmiş olduğundan, 1 cal:

$$J = \frac{W}{Q} = \frac{250}{585} = 0{,}427 \text{ kg} \cdot \text{m/cal}$$

lik bir iş miktarı karşılığı elde edilir. 1 kg · m nin 9,81 Joule'e eşit olduğu hatırlanarak,

$$J = 0{,}427 \times 9{,}81 = 4{,}18 \text{ joule/cal}$$

olduğu da bulunabilir.

Başka deneylerin de desteklediği gibi, 1 cal. nin mekanik eşdeğeri:

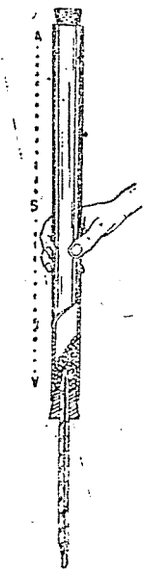
(*) Aygıt o şekilde yapılmıştır ki, kanatlar, A ve B ağırlıkları yukarıya çıkarken dönemezler.

$$1 \text{ cal} = 0{,}427 \text{ kg} \cdot \text{m} = 4{,}18 \text{ joule} \qquad (59)$$

dur.

§ 158. J'NİN ÖLÇÜLMESİ İÇİN ÖTEKİ METOTLAR. — J'nin Joule deneyi ile ölçülmesi pek pratik olmadığı için, bugün, başka metotların kullanılması tercih edilir. Bunlardan birini - elektriksel metodu - gelecek seneki programlarımızda göreceğiz. J'nin kabaca ölçülmesini sağlayan basit ~~metotlardan~~ biri, *karton boru metodu*'dur.

Karton boru metodu: İki ağzı birer tapa ile kapatılmış (Şek. 115) ve *s* uzunluğu 1 m kadar olan bir karton boru alınarak içine, kg cinsinden G ağırlığı ve t_1 ilk sıcaklığı ölçülmüş olan bir miktar saçma tanesi konur. Düşey tutulan boru, bir ucu ötekinin yerine gelecek şekilde, hızla çevrilince *s* yolunu düşen saçma taneleri $W_1 = Gs$ kg · m kadar bir potansiyel enerji kaybederler. Bu deney $n = 50$-100 kez tekrarlanarak, W_1 enerji miktarı *n* kat artırılır. Düşme sırasında kaybedilen enerji, tanelerin birbirlerine çarpmasiyle, moleküllerdeki hareketin kinetik enerjisini artırır, ve - bu yüzden - tanelerin sıcaklığı artar. Deney sonunda, tapalardan birine sokulan bir termometre ile, tanelerin t_2 sıcaklığı ölçülür. Saçma tanelerinin *m* kütlesi gram cinsinden 1000 G dir. Bunların ısınma ısısı *c* ise, oluşan ısı, $Q = m\,c\,(t_2 - t_1) = 1000\,G \cdot c\,(t_2 - t_1)$ olur.



Şek. 115. Karton boru metodu

Q kadar kalori, W kadar mekanik bir enerjiden elde edilmişse, 1 cal nin karşılığı olan J enerji miktarı (cal.'nin mekanik eşdeğeri):

$$J = \frac{W}{Q} = \frac{G \cdot s \cdot n}{1000 \cdot G \cdot c\,(t_2 - t_1)} = \boxed{\frac{s \cdot n}{1000c\,(t_2 - t_1)}} \qquad (60)$$

olarak hesaplanır. Görülüyor ki, G nin ölçülmesi gerekli değildir.

Öğütlemeler: 2 kg kadar saçma tanesi alınmalıdır. Bunların ilk sıcaklığı oda sıcaklığından 4 - 5°C kadar daha düşük olmalıdır. Tanelerin iyice karışabilmeleri için, boru içinde birkaç kez alt-üst edilmelerinden sonra t_1 sıcaklığı ölçülmelidir. Deney 50 den az tekrarlanmamalıdır. Termometrenin kazaya uğramaması için, boru alt üst edilirken çıkarılması faydalıdır. Bu öğütlemelere uyulursa J'nin değerini % 5 kadar bir hata ile bulunabilir.

ALIŞTIRMA: Karton boru deneyinde kullanılan borunun uzunluğu 1 m dir. Boru içine konan saçma tanelerinin ilk sıcaklığı 23,5°C ve bu tanelerin 100 defa düşürülmesinden sonra ölçülen son sıcaklıkları 31°C olduğuna göre, J nın değerini bulunuz. Saçma taneleri için c = 0,03 alınacaktır.

ÇÖZÜM: (60) formülünde, $s = 1$ m, $n = 100$, $t_1 = 23{,}5°C$, $t_2 = 31°C$ ve $c = 0{,}03$ cal/g · °C yazarak,

$$J = \frac{s \cdot n}{1000 \cdot c\,(t_2 - t_1)} = \frac{100}{1000 \cdot 0{,}03\,(31 - 23{,}5)}$$

$J \approx 0{,}44$ kg · m/cal bulunur.

ÖZET

1. YANMA ISISI. — Bir yakacağın 1 kütle biriminin - diyelim, 1 gramının - yandığı zaman verdiği ısı miktarına, o cismin yanma ısısı denir.

2. KALORİNİN MEKANİK EŞDEĞERİ. — 1 cal elde etmek için harcanması gerekli olan mekanik enerji (veya iş) miktarına, kalorinin mekanik eşdeğeri denir.

Yapılan türlü deneylerle kalorinin J ile gösterilen mekanik eşdeğeri:

$$J = 4{,}18 \times 10^7 \text{ erg} = 4{,}18 \text{ Joule} = 0{,}427 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

bulunmuştur.

ÖDEV VE PROBLEMLER

1. 4 m, 5 m ve 3 m boyutlarında olan bir odada yanmasiyle 5000 kcal veren 1 kg kömür yakılıyor. Bunun verdiği ısının % 20 sinin odadaki havayı ısıtmağa harcandığını varsayarak, hava sıcaklığının ne kadar artacağını hesaplayınız. Havanın yoğunluğu 1,293 kg/m³ ve sabit basınç altındaki ısınma ısısı 0,238 (kcal/kg · °C) dir.

2. 1 litre ispirto 100 kuruş; 1 kg kömür 20 kuruş ve 1 litre gaz 30 kuruştur. Ekonomi bakımından hangisini kullanmak daha kârlıdır? İspirtonun yoğunluğu 0,8 g/cm³ yanma ısısı 5000 cal/g, kömürün yanma ısısı 4000 cal/g, gazın yoğunluğu 0,7 ve yanma ısısı 10 000 cal/g dır.

3. Yüksekliği 65 m olan Beyazıt kulesinden hacmı 1 cm³ olan bir kurşun bilya düşürülüyor. Bu düşme sırasında işin tamı tamına ısıya dönüştüğü ve oluşan ısının yalnız bilyayı ısıtmağa harcandığı kabul edilerek, kurşunun sıcaklığının kaç derece yükseleceğini hesaplayınız.

Kurşunun yoğunluğu 11,4 g/cm³, ısınma ısısı 0,03 cal/g. °C dür.

4. 10 kg lık su, bir pervane ile karıştırılıyor. Pervaneye sürekli olarak 0,25 B. B. lik bir güç verildiğini ve suya verilen bütün enerjinin ısıya dönüştüğünü varsayarak suyun sıcaklığının 1 saatte ne kadar artacağını hesaplayınız.

5. Gücü 55 Watt (saniyede 55 joule'luk gideri) olan bir elektrik lâmbası, içinde 18°C de 1 500 g su bulunan bir kalorimetreye daldırılıyor ve 10 dakika akım geçiriliyor. Kalorimetrenin su cinsinden toplam değeri 1000 g olduğuna göre, suyun son sıcaklığı ne olur?

6. Karton boru metodu ile J'nin ölçülmesinde 2 kg saçma kullanılıyor. Borunun boyu 1 m, saçma tanelerinin ilk sıcaklığı 15°C, bunların ısınma ısısı 0,03 ve 50 kez düşürülmelerinden sonra ölçülen son sıcaklık 18,75°C olduğuna göre, J'yi hesaplayınız.

7. Uzunluğu 1 m olan uçları kapalı bir boruda 250 g lık bir kurşun mermi vardır, ve borunun kalan kısmı 1 litre su ile doludur. Boru düşey olarak tutuluyor ve sonra ters çevrilerek merminin bütün boru boyunca düşmesi sağlanıyor. Bu iş kaç kez yapılmalıdır ki boru içindeki suyun sıcaklığı 1°C yükselmiş olsun?

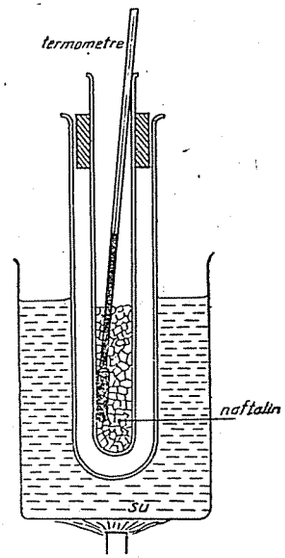
CİSİMLERİN HAL DEĞİŞTİRMELERİ

BÖLÜM XIV

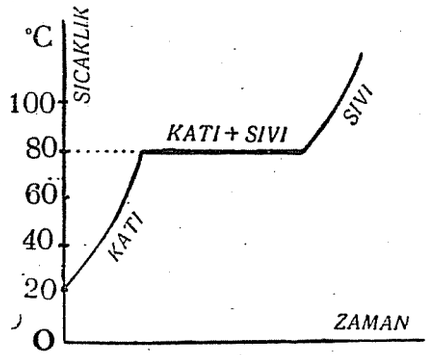
ERGİME VE KATILAŞMA

§ 159. ERGİME. — Buz, naftalin,... gibi, kristal yapılı katı bir cisim alarak ısıtalım. Bu cisimler, önce, belli bir sıcaklığa kadar, katı halde ısınırlar, sonra bu belli sıcaklıkta katı halden sıvı hale dönüşürler ve, daha sonra, tümü sıvı hale geçmiş olarak yeniden ısınırlar.

Deney: Büyük bir deney tübüne konan bir miktar naftalin, (Şek. 116) daki düzenle 100°C'e kadar ısıtılır ve bu sırada sıcaklığı, eşit zaman araları - diyelim, ikişer dakika ara - ile, ölçülür. Elde edilen sonuç-



Şek. 116. Naftalinin ergitilmesi



Şek. 117. Ergime grafiği

lardan sıcaklığın zamana göre değişimini gösteren grafik çizilirse, (Şek. 117) elde olunur.

Katı bir cismin sıvı hale geçebileceği sıcaklık derecesine, o cismin *ergime noktası* veya *ergime sıcaklığı* denir.

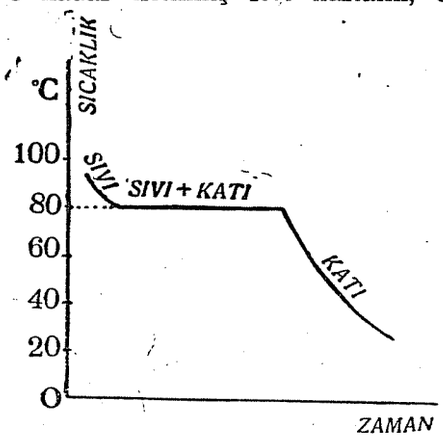
1 atmosfer basınç altında buzun ergime noktası 0°C, naftalininki ise 80°C dir.

Cam, demir, balmumu gibi kristal yapılı olmayan katı cisimlerin belirli bir ergime noktaları yoktur. Bunlar, ısıtıldıkları zaman, azar azar yumuşarlar. Bu cins cisimler, yumuşayıncaya kadar ısıtıldıktan sonra, kolayca bükülebilirler, şekil alabilirler ve kaynak yapılabilirler. Aynı türden olan selofan, lâstik, bakalit,... gibi plâstik maddeler de, bu özellik sayesinde kolayca işlenebilirler.

§ 160. KATILAŞMA VEYA DONMA. — Su veya ergimiş naftalin gibi bir sıvıyı soğutalım. Bu sıvı, - belli bir sıcaklığa değin - sıvı halini değiştirmeksizin soğur; sonra, bu belli sıcaklıkta, sıvı halinden katı hale geçer ve daha sonra - tümü katı hale geçmiş olarak - soğuyabilir.

Bir cismin, sıvı halden katı hale geçtiği sıcaklık derecesine, o cismin *katılaşma* veya *donma* noktası denir.

Deney: 100°C'e kadar ısıtılmış sıvı naftalin, ergime noktasından



Şek. 118. Katılaşma grafiği

daha aşağı bir sıcaklığa - diyelim, 25°C'e - kadar soğutulur, bu sırada eşit zaman araları ile sıcaklığı ölçülür ve sıcaklığının zamana göre değişimini gösteren grafik çizilirse, (Şek. 118) elde edilir.

Sıvı naftalinin katılaşma noktası 80°C, suyunki ise 0°C dir.

§ 161. ERGİME VE KATILAŞMA KANUNLARI. — a) Belli bir cismin belli bir basınç altında belli bir *ergime noktası* vardır.

b) Bir cismin *ergime ve katılaşma* noktaları aynıdır.

c) *Ergime ve katılaşma* süresince sıcaklık sabit kalır.

Yukarıda açıklanan deneylerden, bu kanunlara nasıl varıldığı kolayca kestirilebilir.

§ 162. ERGİME ISISI. — Ergime halinde bulunan bir cismin sıcaklığının sabit kaldığını görmüştük. Cisim, - gerçekte -, ergime süresinde de kaynaktan ısı almasına devam eder. Ama, bu ısı - sıcaklığı artırmadığı için - bir termometre ile belirtilemez. Bundan dolayı, bir cismin ergime süresince aldığı ısı miktarına, *gizli ısı* da denir.

Ergime sıcaklığına kadar ısıtılmış katı bir cismin 1 «kütle birimi» kadar bir miktarını - diyelim, 1 gramını - bu sıcaklıkta katı halden sıvı hale geçirmek için gerekli ısı miktarına, o cismin ergime ısısı denir.

Buzun ergime ısısı 80 cal/g dir. Bu demektir ki, 0°C'de 1 gram buz, 0°C de 1 gr su haline geçmek için, 80 cal almalıdır; veya kısaca :

0°C de 1 g BUZ	+	80 cal	→	0°C de 1 g SU

dur

§ 163. KATILAŞMA ISISI. — Bir sıvı sıcaklığının katılaşma süresince sabit kalması, o sıvının - bu sırada - ısı yaymasiyle olabilir. Böyle olmasaydı, cisim, katılaşma sırasında soğurdu.

Katılaşma noktasında bulunan 1 g sıvının katı hale geçerken yaydığı ısı miktarına o cismin katılaşma ısısı denir.

Deneyler, aynı cisim için,

Katılaşma ısısı = Ergime ısısı

olduğunu, başka bir deyişle, ergime sırasında alınan ısının, katılaşma süresinde geriye verildiğini gösteriyor. Buna göre, su için,

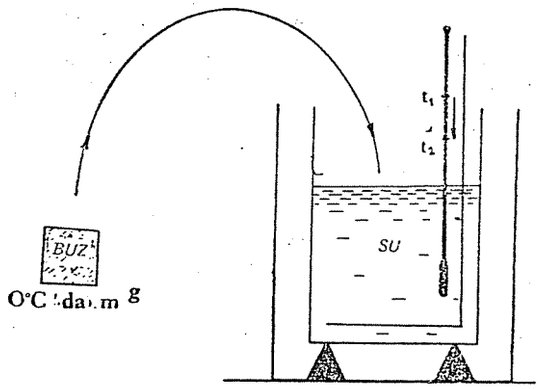
0°C de 1 g SU	—	80 cal	→	0°C de 1 g BUZ

yazılabilir.

Aşağıdaki çizelgede birkaç cismin ergime (veya katılaşma) noktaları ve ergime (veya katılaşma) ısıları gösterilmektedir :

Cisimler	Ergime noktaları (°C)	Ergime ısıları (cal/g)
Helyum	— 272	—
Hidrojen	— 259	—
Azot	— 210,1	—
Oksijen	— 182,8	—
Civa	— 38,85	2,7
Buz	0	80
Lehim (% 70 Pb + % 30 Sn)	140	—
Wood alaşımı : (Pb+Sn+Bi+Cd)	66 — 71	—
Kurşun	234	5,4
Kalay	238	15
Alüminyum	658	76,8
Gümüş	960	—
Bakır	1090	42
Nikel	1454	—
Demir	1540	28
Plâtin	1765	27,2
Tungsten	3000	—

§ 164. BUZUN ERGİME ISISININ ÖLÇÜLMESİ. — Bunun için, su cinsinden toplam değeri M ve sıcaklığı t_1°C olan bir kalorimetre kabının içerisine 0°C de bulunan ve üzerindeki nemi bir kurutma kâğıdı ile alınmış olan bir buz parçası atılarak ergitilir (Şek. 119). Ergime sona erdikten sonra, termometreden, kalorimetrenin t_2 son sıcaklığı ölçülür.



Şek. 119. Ergime ısısının ölçülmesi

Kalorimetre kabını deneyin başında ve sonunda tartar ve bu iki tartının farkını bulursak içinde ergitmiş olduğumuz buz parçasının m kütlesini öğrenmiş oluruz. Kalorimetre ile bunun içine atmış olduğumuz buz parçası arasında olan ısı alış verişinde :

a) t_1°C den t_2C'e kadar soğuyan kalorimetrenin kaybettiği ısı miktarı :

$$Q_1 = M(t_1 - t_2)$$

dir.

b) 0°C de bulunan buzun 1 gramını ergitmek için gerekli ısı miktarını L ile gösterelim. m gram buzun ergimesi için :

$$Q_2 = mL$$

kadar ısı gerekir.

c) Buzun ergimesinden oluşan m gram 0°C deki suyun, kalorimetrenin son sıcaklığına (t_2°C'e) çıkması için gerekli ısı miktarı ise :

$$Q_3 = m \times 1 \times (t_2 - 0) = mt_2$$

dir. Verilen ve alınan ısıların eşitliği yazılırsa :

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

veya :

$$M(t_1 - t_2) = mL + mt_2$$

denklemi kurulur. Bundan da :

$$L = \frac{M(t_1 - t_2)}{m} - t_2 \qquad (61)$$

bulunur. Deneyde, t_1, t_2 ve m ölçülür, M de biliniyorsa, bunlardan L hesaplanabilir.

ALIŞTIRMA : Kütlesi 100 g ve ısınma ısısı 0,09 olan bir kalorimetre kabında 40°C de 400 g su bulunmaktadır. Bunun içerisine ergimekte olan 91 g buz atıldığı zaman karışımın son sıcaklığı 18,2°C oluyor. Bundan buzun ergime ısısını bulunuz.

ÇÖZÜM : a) 40°C den 18,2°C'e kadar soğuyan 400 g suyun verdiği ısı :

$$Q_1 = 400 \times 1 \times (40 - 18{,}2) = 8720 \text{ cal}$$

b) 40°C den 18,2°C'e kadar soğuyan kalorimetre kabının verdiği ısı :

$$Q_2 = 100 \times 0{,}09 \times (40 - 18{,}2) = 196{,}2 \text{ cal}$$

c) 91 g buzun ergimesi için gerekli ısı :

$$Q_3 = 91 \times L$$

d) Buzun ergimesiyle meydana gelen 91 g suyun 0°C den 18,2C'e kadar ısınması için aldığı ısı :

$$Q_4 = 91 \times 1 \times (18{,}2 - 0) = 1656{,}2 \text{ cal}$$

dir. Alınan ve verilen ısıların eşitliğini yazalım :

$$8720 + 196{,}2 = 1656{,}2 + 91 \times L$$

bulunur. Bundan da :

$$L = 80 \text{ cal/g}$$

çıkar.

§ 165. ERGİME VE KATILAŞMADA HACIM DEĞİŞMESİ. — Bu olaylar sırasında kimi cisimler genleşir, kimisi ise küçülür. Ergimiş parafin soğutularak dondurulursa açık yüzeyinin çukurlaştığı görülür ve bundan, katılaşma sırasında hacmının küçüldüğü anlaşılır. Kristal yapılı olmayan bir çok maden ve alaşımlarda da aynı özelliğe rastlanır.

Kışın, içlerindeki suların donmasiyle, testilerin, su borularının, otomobil radyatörlerinin,... parçalandığı görülür. Bunun nedeni, suyun donma sırasında hacımca genleşmesi (1 cm^3 su katılaşınca, 1,1 cm^3 buz verir) ve bu sırada büyük kuvvetlerin doğmasıdır. Kaya aralıklarına sızan suların kışın donmasından doğan çok büyük kuvvetler yüzünden kayaların parçalanması da genleşmeden ileri gelir.

Bizmut ve antimon da katılaşma sırasında genleşirler. Antimonun bu özelliğinden yararlanarak, ince detayları olan kalıplara ergitilmiş antimon dökülür. Antimon katılaşırken genleştiğinden kabın bütün inceliklerini alır.

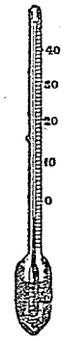
§ 166. ERGİME VE KATILAŞMA OLAYLARINA BASINCIN ETKİSİ. — Bu etki ergime sırasında hacımca genleşen ve hacımca küçülen cisimlerde aynı olmaz. Basınç genleşmeyi zorlaştıracağı için, ergime sırasında genleşen cisimler basınç altında daha zor (demek, daha yüksek bir sıcaklıkta) ergirler.

Ergime sırasında hacımları küçülen cisimler (buz v.b.) de tersine olur. Basıncın artması hacım küçülmesini - dolayısiyle ergimeyi - kolaylaştırır ve ergime noktası düşer. Buna kışın çok rastlarız. Yollarda, yayaların veya arabaların geçtiği yerlerde, karlar - basınç etkisiyle - 0°C'in altında ergirler. Basınç zoruyla ergimiş kar ve buzlar, - basınç kalkınca - yeniden donarlar. Üzerlerinden bir süre yürünmeyen izlerin buz tutması bundan ileri gelir.

§ 167. SUYUN DONMA SIRASINDA GENLEŞMESİNİN YARARLARI. — Suyun donma sırasında genleşmesinin zararları yanında birtakım önemli ve yararlı yanları da vardır. Gerçekten, bu genleşme buzun su üstünde kalmasını sağlar. Bir an için bunun tersine olduğunu düşünelim. Donan buz tabakaları, daha yoğun olacakları için, suyun dibine batarlardı. Böylece, üstten donan suyun meydana getireceği buzlar hep dibe inerek bütün gölleri ve denizleri doldururlardı. Güneş'in ısı etkisi - belli bir derinlikten daha aşağılara sızamadığı için - yazın, ancak sınırlı miktarda buz ergiyebilirdi. Bu koşullar altında, denizlerdeki hayat, bugünkü şekilde olamayacağı gibi, deniz ve sulardaki taşıma işleri de aksayacak ve belki de hiç olamayacaktı.

§ 168. DONMADA GECİKME (AŞIRI ERGİME). —

Bir sıvının donma noktasından daha düşük sıcaklıklara kadar soğutulduğu halde, katılaşmaması olayına, donmada gecikme veya aşırı ergime denir.



Şek. 120. Suyun donmada gecikmesini gösteren termometre

DENEY: Haznesi, içinde damıtılmış su bulunan bir dış hazneye batırılmış özel bir termometre (Şek. 120), buz ve tuz karışımı ile soğutulursa, suyun (— 5°C) - (— 10°C)'e değin sıvı halde kaldığı görülür. Bu halde bulunan alet sarsılırsa içindeki suyun bir kısmı birdenbire donar ve sıcaklık 0°C'e yükselir.

DENEY: Geniş bir deney tübüne konan beyaz fosfor veya sodyum hiposülfit, sıcak su banyosu içerisinde ısıtılarak ergitilir ve sonra soğumağa bırakılırsa, ergime noktalarından 10 - 15°C daha aşağıya kadar soğudukları halde sıvı hallerini değiştirmezler. Bu sıvılar sarsılır veya içlerine kendi cinslerinden bir billûr atılırsa, hemen katılaşırlar ve termometre hemen katılaşma noktasına yükselir.

Katı cisimlerin ergimeleri hep aynı sıcaklıkta olduğu halde, soğutulan bir sıvı, her zaman aynı sıcaklıkta katılaşmayabilir. Kimi cisimlerin, ergime noktalarından pek aşağı sıcaklıklarda bile uzun süre sıvı halinde kaldıkları görülmektedir. *Donmada gecikme* - veya *aşırı ergime* - adı verilen bu olaya, sarsıntısız olarak ve yavaş yavaş soğutulan bütün sıvılarda, az veya çok, rastlanmaktadır. Donmada gecikmeye engel olmak için sıvı içine, soğutma sırasında arada bir, küçük katı parçalarını atmak - veya sıvıyı sarsmak - gerekir. Bu karışmalar, aşırı ergime halindeki sıvının bir kısmının birdenbire donmasına yol açar. Sıvının hepsinin donamayışı, donmakta olan kısmının bu sırada yayacağı ısı ile, (sıvı + katı) karışımının - sıvının normal donma noktasına değin ısınmasıdır.

ALIŞTIRMA: — 16°C'e kadar soğutulmuş 100 gram su sarsılarak donduruluyor. Bu sırada kaç gramı donabilir?

Buzun ısınma ısısı 0,5, ergime ısısı ise 80 cal/g dır.

ÇÖZÜM: Donan suyun kütlesini x ile gösterelim. x gram suyun donarken verdiği ısı miktarı 80 . x cal dir. Bu ısı, —16°C deki x gram buzu ve —16°C deki 100 — x gram suyu 0°C'e kadar ısıtacağından,

Buzun aldığı ısı $= x \cdot 0{,}5\,[0 - (-16)] = 8x$

Suyun aldığı ısı $= (100 - x) \cdot 1\,[0 - (-16)] = 1600 - 16x$ olup, alınan ve verilen ısılar arasındaki denklemi kurarak,

$$80x = 8x + 1600 - 16x$$

ve bundan,

$$x \approx 18 \text{ gram}$$

buluruz.

ÖZET

1. ERGİME NOKTASI. — Bir katı cismin, katı halden sıvı hale geçtiği sıcaklık derecesine, o cismin ergime noktası denir.

2. ERGİME VE KATILAŞMA KANUNLARI:

a) Belli bir arı cismin, belli bir basınç altında, belli bir ergime noktası vardır.

b) Aynı cismin ergime ve katılaşma noktaları aynıdır.

c) Ergime ve katılaşma süresince sıcaklık sabit kalır.

3. ERGİME ISISI. — Ergime sıcaklığına kadar ısıtılmış katı bir cismin 1 kütle birimini, diyelim 1 gramını, bu sıcaklıkta katı halden sıvı hale geçirmek için gerekli ısı miktarına, o cismin ergime ısısı denir.

4. BUZUN ERGİME ISISINI KALORİMETRE İLE ÖLÇME. — 0°C de bulunan m gram buz, su cinsinden toplam değeri M, ilk sıcaklığı t_1 olan bir kalorimetre içinde ergitilince son sıcaklık derecesi t_2 oluyorsa, buzun ergime ısısı,

$$L = \frac{M(t_1 - t_2)}{m} - t_2$$

bağıntısından hesaplanır.

5. ERGİMEDE HACIM DEĞİŞMESİ VE BASINCIN ETKİSİ. — Katı cisimlerin çoğu ergime sırasında genleşirler. Basınç bu gibi cisimlerin ergimesini zorlaştırır - demek, ergime noktası daha yüksek olur.

Su, antimon ve bizmut gibi cisimlerde ise tersine olur: Bu cisimler, ergime sırasında hacımca küçülürler, basıncın artması ile ergimeleri kolaylaşır - daha alçak bir sıcaklıkta olur.

6. DONMADA GECİKME (AŞIRI ERGİME). — Sıvıların normal donma noktalarından daha aşağı sıcaklıklarda sıvı halde kalabilmeleri olayıdır. Bu durumda olan sıvı içine katı cisimler atılırsa veya sıvı sarsılırsa, bir kısmının birden donduğu ve sıcaklığın normal ergime noktasına çıktığı görülür.

ÖDEV VE PROBLEMLER

1. 0°C deki buzla 100°C deki sudan eşit miktarlar alınarak karıştırılıyor. Kabın etkisini hesaba katmaksızın karışımın son sıcaklığını bulunuz.

2. 10 kg su alabilen bir kova içerisine 0°C de 2 kg buz konuyor. Sonra, kovaya doluncaya kadar su konuyor. Buzun yarısı ergidiğine göre suyun ilk sıcaklığı ne idi? Buzun yoğunluğu 0,9 g/cm³ dür.

3. Bir cismin 160 g lık bir parçası 100°C'e kadar ısıtılıyor ve sonra büyük bir buz parçası üzerinde açılmış bulunan bir oyuğa konuyor. Ergiyen buzun miktarı 24 g olduğuna göre, bu cismin ısınma ısısı ne kadardır?

4. Saniyede 100 cal verebilen bir elektrik ısıtıcısı, 0°C de bulunan 625 g buz içerisine daldırılıyor, 15 dakika sonunda sıcaklık ne kadar artmış olur?

5. Güneşten dakikada 1 cm² ye 1,5 cal gelmektedir. Bununla yeryüzünde 0°C de bulunan 1 cm kalınlıktaki bir buz tabakası ne kadar zamanda ergir. Buzun yoğunluğu 0,9 g/cm³ dür.

6. Sıcaklığı 60°F olan bir mikdar su dondurularak, her birinin bir kenarı 4 cm olan 12 buz küpü yapılıyor. Küplerin sıcaklıkları 0°C ve yoğunlukları 0,9 g/cm³ olduğuna göre, suyun verdiği ısı ne kadardır?

7. —10°C de bulunan 1 kg buza 100.000 cal verilirse ne olur?

8. 0°C de bulunan bir buz parçası, nemi alındıktan sonra, su cinsinden toplam değeri 190 g ve sıcaklığı 25°C olan bir kalorimetreye atılıyor. Buzun tümü ergidikten sonra sıcaklığın 10°C'e indiği ve kalorimetre kabının 20 g arttığı anlaşıldığına göre, buzun ergime ısısını bulunuz.

9. —20°C'e kadar soğutulmuş 100 g soğuk su, sarsılarak, donduruluyor. Ne kadar kısmı donabilir?

10. Bir kalorimetre kabındaki suya, 50°C de bulunan 800 g su ve —4°C de bulunan 400 g buz katılıyor. Kalorimetrenin sıcaklığı değişmediğine göre, sıcaklığının kaç °C olduğunu bulunuz.

BÖLÜM XV

BUHARLAŞMA

§ 169. BUHARLAŞMA. — Bir cismin sıvı halden buhar haline geçmesine *buharlaşma* denir.

Buharlaşma ergime kadar basit bir olay değildir. Gerçekten:

a) Ergime, belli bir sıcaklıkta olduğu halde, buharlaşma her sıcaklıkta olabilir.

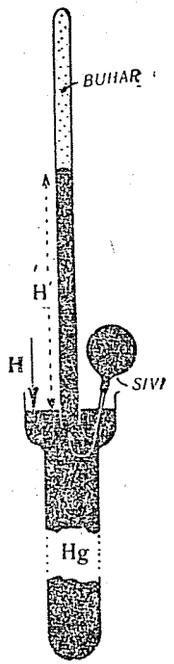
b) Basınç, ergimeye pek büyük bir etki yapmadığı halde, buharlaşma olayında önemli değişmelere yol açar.

§ 170. BOŞLUKTA BUHARLAŞMA. — Deney: Derin çanaklı bir barometrenin boşluğuna, ucu kıvrık bir boruyla birkaç damla alkol, eter veya klorform,... gönderelim (Şek. 121). Bu sıvının, barometre boşluğuna varır varmaz, hemen buharlaştığı ve barometre yüksekliğinin hızla azaldığı görülür. Barometre borusundaki civa yüksekliği önce H ve sıvı konduktan sonra H′ ise, barometre boşluğunu dolduran sıvı buharlarının basıncı, $p = H - H'$ olur.

Sıcaklığı sabit tutarak, barometre borusunu çanağına batıralım. Buharların kapladığı hacmın küçüldüğü, basıncın arttığı ve ancak (Basınç × Hacım)'ın sabit kaldığı görülür.

Barometre borusunu, çanağına batırmağa devam edelim. Belli bir anda civa yüzeyi üzerinde bir sıvı damlasının oluştuğu ve barometre boşluğundaki buharların kendilerini veren sıvı ile bir arada bulunduğu görülür. Bu andaki civa yüksekliği H″ ise, sıvı ile bir arada bulunan buharların basıncı $p_m = H - H_m$ olur.

Bu kritik andan sonra, boruyu batırmakta devam edelim. Buharların hacmı küçülür, civa üzerinde bulunan sıvının miktarı artar ve fakat p_m basıncı sabit kalır. Bundan dolayı p_m basıncına *maksimum buhar basıncı* denir.



Şek. 121. Boşlukta buharlaşma

Deney, başka sıvılarla - veya, aynı sıvı ile başka başka sıcaklıklarda - yapılırsa, meydana gelen buharların p_m maksimum basınçlarının değiştiği anlaşılır.

Sonuç : Bir sıvı, bir boşluk içerisinde, meydana getireceği buharların basıncı - sıvının cinsine ve sıcaklığına bağlı olan - maksimum bir değere varıncaya değin buharlaşabilir. Aşağıdaki çizelgede birkaç sıvının - birkaç sıcaklık derecesi için - maksimum buhar basınçları görülmektedir.

Sıcaklık °C	Maksimum buhar basıncı mm Hg			
	Alkol	Eter	Klorform	Su
0	12,7	184	—	4,57
20	44,5	433	160	17,4
50	220	1265	857	92

§ 171. KURU BUHAR, DOYURAN BUHAR. — Yukarıda açıkladığımız deneyler, bize, özellikleri değişik iki çeşit buhar olduğunu gösteriyor :

a) *Kuru buharlar:* Kendi sıvıları ile bir arada bulunmayan ve Boyle - Mariotte kanununa uyan buharlardır.

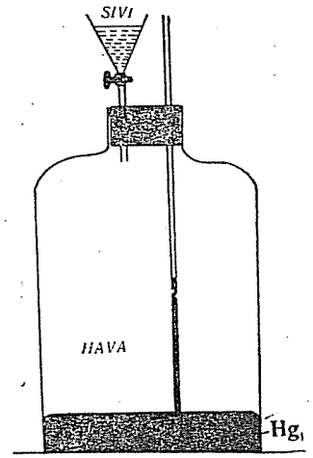
b) *Doyuran buharlar :* Bulundukları hacmı doyurdukları için kendi sıvıları ile bir arada olabilen ve Boyle - Mariotte kanununa uymayan buharlardır.

Doyuran buharların p_m basınçları, kendilerini veren sıvıların cinsine ve sıcaklığa bağlıdır.

§ 172. SINIRLI BİR GAZ İÇERİSİNDE BUHARLAŞMA. — *Deney:* (Şek. 122) de görülen şişe içerisinde bulunan sınırlı bir gaz - diyelim, hava - içerisine bir sıvı gönderelim. Bu sıvı, boşluktakine göre - daha ağır bir şekilde buharlaşır. Meydana gelen buharların basıncı, sıvının cinsine ve sıcaklığına bağlı olan, belli bir maksimum değere varınca buharlaşma son bulur ve - bundan sonra - gönderilen sıvı, buharlaşmadan kalır. Bu halde, *«sınırlı gaz sıvı buharlarına doymuştur»* denir.

Deneyler, doyuran buharların yaptığı maksimum basıncın, aynı sıcaklıkta ve boşlukta olan buharlaşmadaki maksimum basınca eşit olduğunu göstermektedir.

Demek, belli bir sıcaklıkta bulunan bir sıvı, ister sınırlı bir boşluk, isterse sınırlı bir gaz içinde bulunsun, aynı maksimum basıncı yapıncaya kadar buharlaşabilmektedir. Aradaki fark, yalnız, boşluktaki buharlaşmanın daha hızlı oluşudur.



Şek. 122. Sınırlı bir gaz içinde buharlaşma

§ 173. AÇIKHAVADA (SINIRSIZ BİR GAZ İÇİNDE) BUHARLAŞMA. — Sınırsız bir hacmı buharla doymuş hale getirmek için sınırsız miktarda sıvının buharlaşması gerekir. Pratik alanda, sudan başka sıvılarla böyle bir hal gerçeklenemez. Su bile, sonsuz bir hacmı değil, buna göre küçük hacımları arasıra doymuş hale getirebilir.

Açıkhavada buharlaşma hızının - veya çabukluğunun - nelere bağlı olduğunu araştıralım :

a) Açıkhavada buharlaşma hızı buharlaşacak sıvının havaya açık olan yüzeyinin büyüklüğüne bağlıdır. Bu yüzey ne kadar büyükse, buharlaşma hızı o derece büyük olur. Çamaşırların çabuk kurumak için serilmesi, tuzlalarda buharlaştırılacak sıvıların geniş havuzlara alınması bundandır.

b) Buharlaşma hızı, buharlaşacak sıvı buharlarının atmosfer içinde bulunan miktarına bağlıdır. Atmosfer içinde, buharlaşacak sıvının buharları ne kadar az ise, buharlaşma o derece hızlı olur. Kuru ve nemli havalarda çamaşırların kurumasındaki farkı hatırlayınız.

c) Buharlaşma hızı, atmosferin sıcaklığına bağlıdır. Sıcak ve soğuk havalarda çamaşırların kurumasındaki fark bundan ileri gelir.

ç) Buharlaşma hızı, havanın - sıvıya göre - hareketli oluşuyla da değişir. Rüzgârın kurumaya olan etkisini düşününüz.

d) Buharlaşma hızı, atmosferin basıncına bağlıdır. Bu basınç ne kadar büyükse, buharlaşma hızı o derece azalır.

e) Buharlaşma hızı, buharlaşacak sıvının cinsine de bağlıdır. Eter, alkol, su ve öteki sıvılar, aynı hızla buharlaşmazlar.

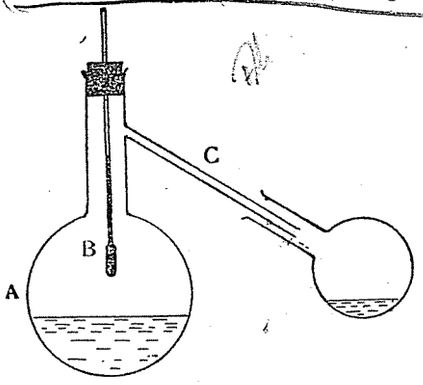
KAYNAMA

§ 174. KAYNAMA. — Bir kab içerisine bir miktar su koyarak ısıtmağa başlayalım. Bir süre sonra, balonun iç çeperlerinde, hava kabarcıklarının oluştuğu görülür. Suda erimiş hava moleküllerinin ısınınca genleşmelerinden doğan bu kabarcıklar, az sonra, suyun üstüne çıkmağa başlarlar. Bunların ardından, daha büyük buhar kabarcıkları da oluşmaya ve yükselmeğe başlar. Önceleri, suyun üst kısmı daha soğuk olduğundan, yükselmekte olan buhar kabarcıklarının küçüldüğü ve - üstelik - kayboldukları görülür. Bunun nedeni, kabarcık içindeki sıvı buharının yeniden yoğunlaşmasıdır. Ancak, sıvının her yanı ısındıktan sonra yükselen buhar kabarcıkları büyümeğe başlarlar. Çünkü sıvının üstünde basınç daha azdır. Büyüyerek yükselen buhar kabarcıkları, sıvının yüzüne vardıkları zaman gürültü ile patlayarak havaya karışırlar. Bu duruma gelmiş olan bir sıvıya, *kaynayor* denir.

Kaynama, sıvı içinden olan, hareketli, gürültülü ve hızlı bir buharlaşmadır.

§ 175. KAYNAMA KANUNLARI. —

1 ci kanun : Belli bir sıvı, belli bir basınç altında belli bir sıcaklıkta kaynamağa başlar ve kaynama sürdükçe bu sıcaklık sabit kalır.



Şek. 123. Kaynama noktasını ölçen aygıt.

Kaynamanın olduğu sıcaklık derecesine *kaynama noktası*, 76 cm Hg basıncı altındaki kaynama sıcaklığına ise *normal kaynama noktası* denir.

Kaynama noktasının ölçülmesi: Kaynamanın 1 ci kanununu gerçeklemek ve bir sıvının kaynama noktasını belirtmek için, (Şek. 123) deki aygıt kullanılır. Sıvı, A balonuna konur ve ısıtılır. Kaynama sırasında meydana gelen buharlar, B termometresini yalayarak yükselirler, yandaki çıkış borusundan başka bir balona giderler, orada soğurlar ve yoğunlaşırlar.

Kaynama başlayıp, sıvının hepsi buharlaşıncaya değin sıcaklığın sabit kaldığı görülür. Bu sabit sıcaklık, ele alınan sıvının kaynama noktasıdır.

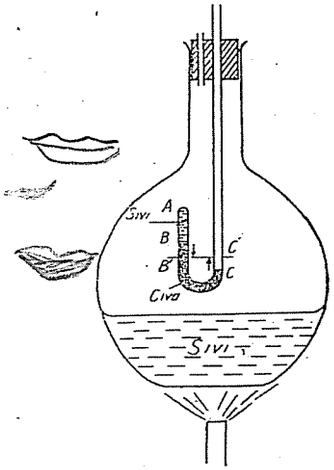
Sıvıların normal kaynama noktaları

Cisimler	Kaynama noktaları
Helyum	— 267 °C
Hidrojen	— 252 »
Neon	— 195 »
Hava	— 192 »
Oksijen	100 »
Su	— 183 »
Toluen	109 »
Anilin	184 »
Naftalin	218 »
Civa	360 »
Kükürt	445 »

Kaynama noktalarının sabit oluşundan termometrelerin sabit noktalarını işaretlemede yararlanılır. Bir cismin arı olup olmadığı, kaynama noktasının o cismin kaynama noktasına uyup uymamasiyle anlaşılabilir.

2 ci kanun : Kaynama sıcaklığında olan sıvı buharlarının maksimum basıncı sıvı yüzüne etki eden basınca eşittir.

Bu kanunu deneysel olarak gerçeklemek için, bir balon içerisine konularak ısıtılan bir sıvı - su v.b. - üzerine bir U borusu sarkıtılır (Şek. 124). Bu borunun kısa olan kapalı kolunun AB kısmına balondaki sıvı - deney su ile yapılmakta ise kaynatılarak havası çıkarılmış olan su -, BC kısmına ise civa konmuştur. Balonda ısınmakta olan sıvı kaynamağa başladığı zaman, U borusunun AB kısmındaki sıvının da buharlaştığı ve bu buharların yaptığı basınçtan dolayı kollardaki civa düzeylerinin B'C' yatay doğrusu üzerinde birleştikleri görülür.



Şek. 124. Kaynamanın 2 ci kanununu gerçekleme

Demek ki, kaynama sıcaklığında, kaynayan sıvı buharlarının maksimum buhar basıncı, sıvı üstünü iten dış basınca eşittir.

§ 176. BASINCIN KAYNAMA NOKTASI ÜZERİNE ETKİSİ. — İkinci kanundan, sıvı üstünü iten dış basınç azalırsa, maksimum buhar basıncının ve dolayısiyle kaynama noktasının alçalacağı sonucuna va-

rılabilir. Aşağıdaki çizelgede, suyun türlü sıcaklıklarda ölçülmüş olan maksimum buhar basınçları görülmektedir. Bu çizelge - üstelik - suyun yüzüne etkiyen çeşitli basınçlar altında, suyun kaynama noktalarını da verir: Örneğin, 10°C deki suyun maksimum buhar basıncının 9,1 mm Hg basıncı olduğunu gösterdiği gibi, üzerinde 9,1 mm Hg kadar bir dış basınç bulunan suyun kaynama noktasının 10°C olduğunu da gösterir.

Sıcaklık	Maksimum buhar basıncı
Kaynama noktası	Su üzerini iten dış basınç
—10 °C	2,15 mm Hg
— 5	3,16
0	4,75
5	6,51
10	9,10
20	17,4
30	31,5
40	54,9
50	92,0
60	148,9
70	233,0
80	354,0
90	525,0
100	760,0
120	1491,0
140	2718,0
160	4652,0
200	11689,0
230	20926,0

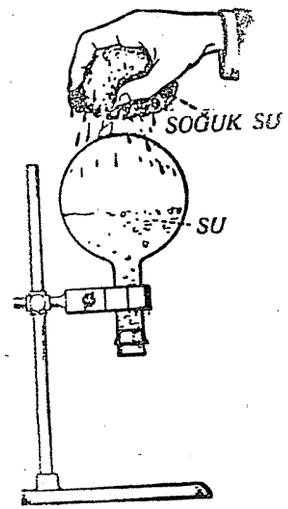
Basıncın kaynama noktası üzerine yaptığı bu etkiden yararlanarak, bir sıvıyı istenilen sıcaklık derecesinde kaynatmak mümkündür.

Alçak basınç altında kaynama — Deney: a) Sıcaklık değişmelerine dayanıklı bir camdan (Yena camından) yapılmış bir balon içine su koyarak bir süre kaynatalım. İçindeki havayı bu yolla çıkardıktan sonra buharların çıkış yolunu kapayalım ve hemen ateşi çekelim. Kaynama yavaşlar ve bir süre sonra durur. Bu anda balon üzerine soğuk su dökülürse (Şek. 125), - içerideki buharların birdenbire yoğunlaşmasiyle basınç azalacağından - su yeniden kaynamağa başlar. Böylece, su 40 - 50°C'e kadar soğusa bile, kaynama kesilmez.

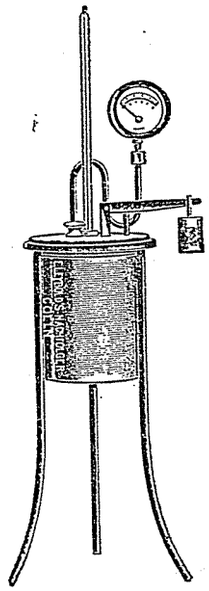
Deney: Bir hava boşaltma tulumbasının fanusu içine konan oda sıcaklığındaki su üzerindeki basınç, tulumbayı çalıştırarak, azaltılırsa su-

yun kaynamağa başladığı görülür. Fanus içine konan bir manometre ve bir termometre ile, suyun hangi sıcaklık derecesinde bulunduğu ve su üzerindeki basıncın ne kadar olduğu da ölçülebilir.

Kapalı bir kapta kaynama. — Kapalı bir kap, örneğin, bir Papin* (Papen) tenceresi (Şek. 126), içine konan suyu ısıtalım. Önce, su üstünde 760 mm Hg lık bir açıkhava basıncı bulunduğundan, kaynamanın 100°C



Şek. 125. Suyun 100°C altında kaynaması



Şek. 126. Papin tenceresi

de olacağını sanırız. Ancak, su ısındıkca ortaya çıkan buharlar, kaptan çıkamayacakları için, suyun üzerindeki basıncı gitgide artıracaklardır. Basıncın artması, kaynama noktasını da yükseltecek ve su 100°C'e geldiği zaman kaynayamayacaktır. Su yeni kaynama noktalarına doğru ısındıkça, ortaya çıkacak olan buharların yapacakları basınç, kaynama noktalarını yeniden artıracak ve - bu zincirleme olaylar yüzünden - büsbütün kapalı bir kapta, hiçbir zaman kaynama olamayacaktır. Böyle bir kapta basıncın gitgide artması, belli bir andan sonra, tehlikeli olur. Bu yüzden, kapalı kaba bir güvenlik kapacığı takılması veya bir manometre ile basıncın denetlenmesi gerekir.

Yüksek basınç altında kaynamanın birtakım yararlı uygulamaları vardır:

Buhar makinalarında kullanılan yüksek basınçlı buhar, suyun kapalı bir kazanda 100°C'ün üstünde ısıtılmasiyle elde edilir. Su buharlı ütüvler, çamaşırları, elbiseleri ve sağlık gereçlerini - 100°C'ün üstünde tutarak -

* Papin, Denis (1647 - 1714) — Fransız fizikçisidir.

mikroptan temizler. *Düdüklü tencere* denen araçlar ise, yiyeceklerimizi 100°C'ün üstünde kısa bir zamanda pişirmeğe yarar. Su, yüksek yerlerde 100°C'ün altında kaynadığı için, düdüklü tencereler, mutfaklar için çok yararlı olurlar.

BUHARLAŞMA ISISI VE ÖLÇÜLMESİ

§ 177. BUHARLAŞMA ISISI. — Buharlaşan bir sıvının çevresindeki cisimlerden ısı alışı bildiğimiz olaylardandır. Elimize döktüğümüz bir miktar kolonya veya eter buharlaşırken - derimizden ısı aldığı için - elimzi soğutur. Su dökünmüş veya terlemiş olan bir kimsenin üşümesi de yine bu nedenden ileri gelir. Yağmurdan sonra etrafın serinlemesi, sulanan bir yerin - diyelim bir bahçenin - serinlemesi... gibi bir çok başka örnekler de bulabiliriz.

Bir sıvının t°C deki buharlaşma ısısının tanımı: t°C deki 1 g sıvının, bu sıcaklıkta sıvı halden doymuş buhar haline geçmesi için almış olduğu ısı miktarına, «t°C deki buharlaşma ısısı» denir.

Suyun 100°C deki buharlaşma ısısı, 537 cal/g dir. Bu demektir ki, 100°C de bulunan 1 g su, 100°C de, sıvı halden buhar haline geçebilmek için 537 cal alır.

100°C de 1 g su	+ 537 cal →	100°C de 1 g su buharı

Bu ısı miktarı cismi ısıtmaz, o'nun fiziksel halini değiştirmeğe (sıvı molekülleri arasındaki bağlantıyı çözmeğe) harcanır.

§ 178. YOĞUNLAŞMA ISISI. — Bir buhar yoğunlaşırken - sıvı haline gelirken - ısı verir. Ergime ve katılaşmada olduğu gibi, buharlaşma ve yoğunlaşma da birbirinin karşıtı olan olaylardır ve buharlaşma sırasında alınan ısı miktarı yoğunlaşmada geriye verilir. Böylece: 100°C de bulunan 1 g doyuran su buharı, 100°C de sıvı hale geçerken **537 cal yi verir.**

t°C de bulunan 1 gram doyuran buharın, t°C de sıvı hale geçişi süresinde verdiği ısı miktarına, «yoğunlaşma ısısı» denir ve belli bir madde için,

Buharlaşma ısısı = Yoğunlaşma ısısı

dır.

§ 179. SUYUN BUHARLAŞMA ISISINI ÖLÇME. — Bir kalorimetreye, (Şek. 127) deki düzenle, t°C'de bulunan bir miktar buhar gönderelim Kalorimetreye gelen buhar, ısı vererek önce yoğunlaşır ve sonra soğur. Kalorimetre ise ısı kazanarak ısınır. Karışımın son sıcaklığı (t°C) ölçülür Kalorimetre kabını deneyden önce ve sonra tartmak ve bu tartılar arasındaki m farkını bulmak yolu ile de, kalorimetreye ne kadar gram buhar geldiği bulunur.

Kalorimetre ve buhar arasında olan ısı alış verişinde:

a) Kalorimetre kabının ve gereçlerinin kazandığı ısı miktarı,

$$Q_1 = M\,(t_2 - t_1)\ \text{cal}$$

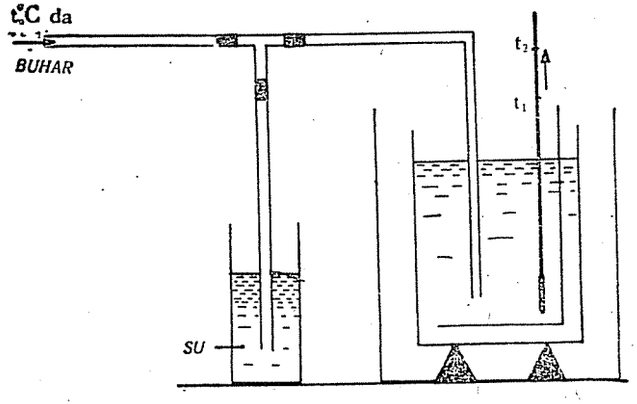
b) m gram buharın t°C de yoğunlaşırken verdiği ısı miktarı, 1 gramının verdiği ısıyı L ile gösterirsek,

$$Q_2 = mL\ \text{cal}\quad \text{dir.}$$

c) Bu suretle meydana gelen t°C deki m gram suyun, t_2°C'e kadar soğuması süresince, verdiği ısı miktarı ise

$$Q_3 = m\,(t - t_2)\ \text{cal}$$

dir. Kazanılan ve kaybedilen ısıların eşitliği yazılırsa,



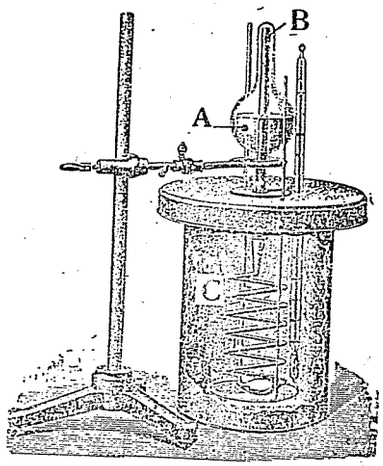
Şek. 127. Buharlaşma ısısını ölçme.

$M\,(t_2 - t_1) = mL + m\,(t - t_2)$ denklemi kurularak,

$$L = \frac{M\,(t_2 - t_1) - m\,(t - t_2)}{m} \qquad (62)$$

bulunur.

Suyun veya öteki sıvıların buharlaşma ısılarını - incelikli bir şekilde - ölçmek için Berthelot* (Bertelo) kalorimetresi (Şek. 128) kullanılır. Bu aygıtta, A kabında kaynamakta olan bir sıvının buharları, B borusundan, bir kalorimetre içerisine daldırılmış bulunan bir C borusuna gelirler ve orada yoğunlaşırlar. Buharların en kısa yoldan kalorimetre kabına yollanmasına yatkın olan bu düzenle, yollardaki yoğunlaşmaların meydana getireceği hatalar önlenmiş olur. Bu aygıt yoksa, (Şek. 127) deki düzenle suyun buharlaşma ısısı kabaca ölçülebilir.



Şek. 128. Berthelot kalorimetresi

* Berthelot, Marcelin (1827 - 1897). — Fransız kimyacısı ve siyaset adamı.

ALIŞTIRMA: Sıcaklığı 12°C ve su cinsinden toplam değeri 450 g olan bir kalorimetre kabına 100°C de bulunan 10 g su buharı gönderildiği zaman son sıcaklık 25,5°C oluyor. Bundan, suyun 100°C deki buharlaşma ısısını bulunuz.

Yukarıdaki düşünüş yolunu izleyerek,

a) Kalorimetrenin aldığı ısı miktarı:

$$Q_1 = M(t_2 - t_1) = 450\,(25{,}5 - 12) = 6\,075 \text{ cal}$$

b) 10 g su buharının yoğunlaşırken verdiği ısı miktarı:

$$Q_2 = 10\,L \text{ cal}$$

c) 100°C deki 10 g suyun 25,5°C'e kadar soğuması süresinde verdiği ısı miktarı:

$$Q_3 = 10\,(100 - 25{,}5) = 745 \text{ cal}$$

dir. Alınan ve verilen ısıların eşitliğini yazalım:

$$6\,075 = 10\,L + 745$$

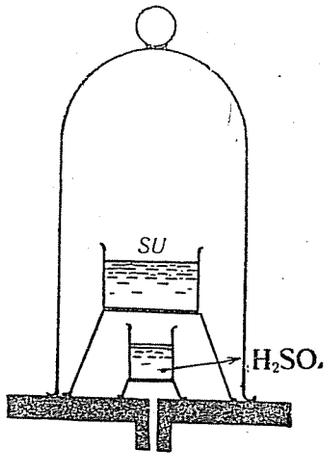
ve bundan:

$$L = 533 \text{ cal/g}$$

bulunur.

BUHARLAŞMA İLE SOĞUK ELDE EDİLMESİ

§ 180. BUHARLAŞAN BİR SIVININ SOĞUMASI. — Bir sıvının buharlaşırken ısı aldığını öğrenmiş bulunuyoruz. Sıvının buharlaşması için gerekli olan bu ısı, bir kaynak tarafından verilmemişse, sıvıdan alınacak ve dolayısiyle, sıvı soğuyacaktır. Toprak testilerin suyu soğutmaları, terimiz buharlaşırken üşümemiz,.. bu nedene dayanmaktadır. Bu olayı da-



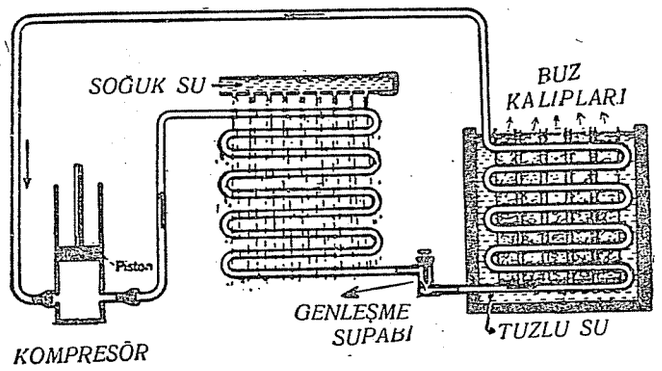
Şek. 129. Buharlaşan bir sıvının soğuması

ha iyi belirten bir lâboratuvar deneyi de yapılabilir. Bir boşaltma makinası fanusu içerisine konan suyun üzerindeki basınç azaltılırsa (Şek. 129), su,

hızlı bir buharlaşmaya koyulur ve biraz sonra kaynamağa başlar. Meydana gelen buharların bir an önce çekilmesi için fanus içerisine bir sülfürik asit-kabı da konmuştur. Buharlaşma oldukça, bunun için gerekli ısı kalan sudan alınacağından, su gitgide soğur ve üstelik, deney koşulları iyi gerçeklenmiş ise, 0°C'e gelerek donar.

§ 181. BUZ MAKİNALARI. — Buz yapan makinalarda da aynı prensipten - *buharlaşma ile soğukluk elde edilmesi*'nden - yararlanılır. Endüstride buz yapmak için kullanılan makinalarda, kaynama noktası olabildiği kadar düşük sıvıların kullanılması gerekir. Bu nedenle buharlaşma çok hızlı bir şekilde olur ve az zamanda, çok miktarda buz elde edilir. Bir çok bakımlardan bu işe en elverişli cisim, kaynama noktası —34°C olan amonyaktır. Amonyak, oda sıcaklığında gaz halinde bulunan bir cisimdir (Suda erimiş amonyak eriyiği ile karıştırmayınız), fakat üzerine basınç yapılarak sıvılaştırılması kolaydır. 1 gram sıvı amonyağın, buharlaşması için, çevresinden 295 cal gibi oldukça çok ısı alması gerekir.

Buz makinasının şemasını (Şek. 130) da görmekteyiz. Kompresörün



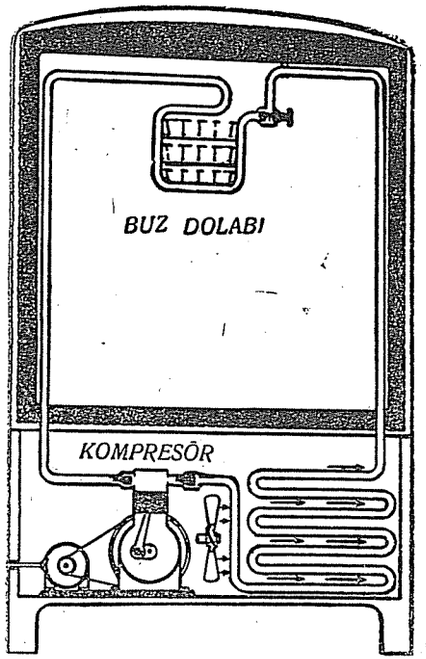
Şek. 130. Buz makinasının şeması.

pistonu, yukarıdan aşağıya inmekte iken, amonyak buharlarını kıvrımlı bir boru sistemine sürer ve sıkıştırır. Bu sırada ısınmış olan amonyak buharları, boruların dışından akıtılan soğuk su duşu ile soğutulur ve sıvılaştırılır. Piston yukarıya kalkarken, amonyak gazının dönüş borularında basınç azalır ve genleşme kapacığından geçen sıvı amonyak, bu düşük basınç altında hızla buharlaşır. Buharlaşma ile soğuyan amonyak buharları, tuzlu su içerisinde dolaştırılmış kıvrımlı bir boru sisteminden de geçerek, kompresöre gelirler; ve bu sırada tuzlu suyu soğuturlar. Olaylar art arda tekrarlandıkca, tuzlu suyun sıcaklığı 0°C'ün altına dek düşer

ve bu suya batırılmış kalıplarda bulunan temiz su da soğutularak, 24 - 48 saat içinde, buz haline getirilir.

Et ve öteki yiyeceklerimizi saklamaya yarayan büyük soğuk hava depolarını soğutmak için, yukarıda açıklanan makinada sözü edilen soğutulmuş tuzlu suyun bu depolardaki radyatörlerden geçirilmesi gerekir.

§ 182. BUZ DOLAPLARI. — Kompresörlü buz dolapları, buz yapan makinalara oldukça benzer (Şek. 131). Küçük bir elektrik motoru,



Şek. 131. Buz dolabı

kompresörü çalıştırır. Buz dolaplarında kullanılması daha uygun olan gazlar kükürt dioksit, metil klorür ve metan diklor-difluor'dur. Kompresörün pistonu yukarıya çıkarken, gazı, kıvrımlı bir borudan yapılmış kondansöre sürer ve sıkıştırarak sıvılaştırır. Aynı motorun çevirdiği bir vantilâtörün rüzgârı ile bu kondansör soğutulmaktadır. Bu sıkışma ve soğuma gazı sıvılaştırır. Piston aşağıya inerken, genleşme kapacığından geçen sıvı üzerindeki basınç azalacağından, hızlı bir buharlaşma olur, sıvı ve buharlar soğur. Buharlaşmanın olduğu kıvrımlı boruların arasına konmuş olan kalıplardaki su dondurulduğu gibi, ısı sızdırmayan dolabın içi de soğur ve buraya yerleştirilen yiyecek ve içecekleri soğutur.

SÜBLİMLEŞME (UÇUNUM)

§ 183. SÜBLİMLEŞME. — Sıvıların maksimum buhar basınçları, donma noktalarında sıfır değildir veya, başka bir deyişle, sıvılar katı hale geçtikten sonra bile buharlaşırlar.

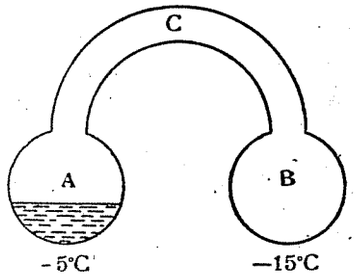
Örnek olarak, buzu ele alalım. Deneyler, buzun :

— 5°C de	3,16 mm Hg
— 10°C de	2,15 » »
— 15°C de	1,44 » »

lık birer maksimum basınç yapacak kadar buharlaşabildiğini göstermiştir. (§ 176 daki çizelgeye bakınız).

Bir katının doğrudan doğruya buhar haline geçmesi olayına süblimleşme denir.

DENEY : Bir C borusuyla birleştirilmiş olan A ve B baloncuklarından birinde, - diyelim A da - bulunan bir miktar suyu (— 5°C)'de donduralım (Şek. 132). Bunun üstünü, C boru-



Şek. 132. Süblimleşmeyi gösteren deney

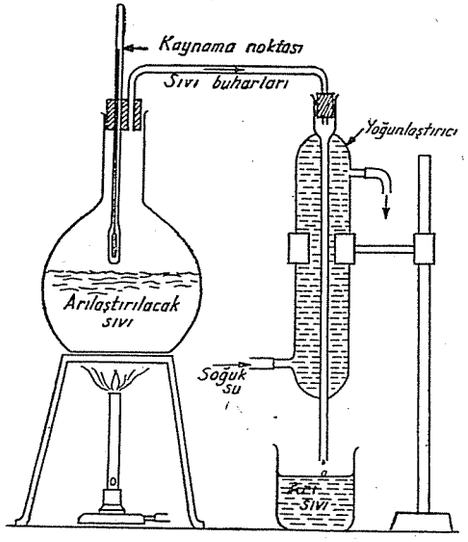
sunu ve B balonunu, 3,16 mm Hg basıncında olan su buharı doldurur. Şimdi, B balonunu, — 15°C'e kadar soğutalım. Bu sıcaklıktaki su buharının maksimum basıncı 1,44 mm Hg olduğundan, B deki su buharının bir kısmı katı hale geçerek basıncı 3,16 mm Hg dan 1,44 mm Hg ya düşürmek ister. B deki basınç düştükçe, A dan B ye doğru bir buhar akımı olmağa başlar ve sonunda A da bulunan — 5°C deki buz, sıvılaşmadan buharlaşır ve bu buharlar B ye giderek orada sıvılaşmadan katılaşırlar ve — 15°C deki buz haline dönüşürler.

Buzda ancak düşük sıcaklıklarda olabilen süblimleşme, ergime noktaları yüksek olan naftalin, iyot ve kâfuru gibi cisimlerde, oda sıcaklığında bile olur. Naftalinin katı halden buhar haline geçtiğini herkes bilir. Bir tüpe, veya - daha iyisi - bir balona konan bir miktar iyot, hafifçe ısıtılırsa, sıvılaşmadan buharlaşır ve menekşe rengindeki buharları balonu doldurur. Bu buharlar, balonun soğuk çeperlerine değince oralarda ince billûrlar halinde toplanırlar.

BUHAR VE GAZLARIN SIVILAŞTIRILMASI

§ 184. DOYURAN BUHARLARIN YOĞUNLAŞMASI. — Bir sıvının doyuran buharlarının P_m maksimum basıncının sıcaklıkla arttığını görmüştük (§ 176). Örneğin, 30°C deki doyuran su buharının basıncı $P_m = 31{,}5$ mm Hg, 20°C deki doyuran su buharının basıncı ise $P'_m = 17{,}4$ mm Hg dır. 30 ve 20°C de 1 m³ lük bir hacmı doyuran su buharının kütleleri ise $m = 30{,}04$ ve $m' = 17{,}12$ gramdır. 30°C de bulunan doyuran su buharını 20°C'e kadar soğutursak, bu düşük sıcaklıkta su buharının maksimum basıncı 17,4 mm Hg olduğundan, $P_m - P'_m = 31{,}5 - 17{,}4 = 14{,}1$ mm Hg lık basınç yapabilecek miktardaki su buharı (1 m³ lük bir hacımda, $m - m' = 30{,}04 - 17{,}12 = 12{,}82$ gram), yoğunlaşarak sıvı hale geçer. Bu yolla olan bir yoğunlaşmanın hızlı olabilmesi için $P_m - P'_m$ basınç farkının ve dolayısiyle doyuran buharların ilk ve son sıcaklıkları arasındaki farkın büyük olması gereklidir. Hızlı bir yoğunlaşma, sıvıları arı hale getirmek için çok kullanılan ve damıtma denilen bir metodun da temelidir.

§ 185. DAMITMA. — Arı hale getirilmesi istenen sıvı, bir kapta - küçük ölçüde yapılan lâboratuvar deneylerinde, bir balonda - ısıtılarak kaynatılır. Bu yolla elde edilen ve kaynama sıcaklığında bulunan doyuran buharlar, soğutucu bir su banyosuna daldırılmış ve çoklukla kıvrımlı bir boru şeklinde olan bir yoğunlaştırıcıya gönderilirler (Şek. 133).



Şek. 133. Damıtma

Yoğunlaştırıcı ne kadar çok soğutulmuş ise, içinden geçen sıvı buharlarını o kadar çabuk yoğunlaştırır ve yoğunlaşan sıvı ayrı bir kapta toplanır.

Bir sıvının önce buharlaştırılması ve meydana gelen buharların tekrar yoğunlaştırılmasiyle, bu sıvı arı hale getirilir. Kimya endüstrisinde bu işlemden - damıtmadan - pek çok yararlanılır.

Damıtmanın ilgi çekici bir şekli, karışık sıvıların damıtılmasıdır. Bir sıvı karışımını - örneğin, kaynama noktaları 78 ve 100°C olan alkol ve su karışımını - bir damıtma aygıtında ısıtacak olursak, alkol ve su buharları karışık olarak yoğunlaştırıcıya giderler. Sıcaklık 78°C'e varınca alkol kaynamağa başlar ve karışımdaki alkol bitinceye kadar, sıcaklık 78°C de sabit kalır. Bundan sonra, sıcaklık 100°C'e yükselir ve meydana gelen buharlar su buharlarıdır. Bunlar ayrı bir kapta yoğunlaştırılarak toplanmalıdır. Damıtmanın ilk kısmında elde edilen ürün, arı - % 100 - alkol değildir. Bunun içinde bir miktar su da vardır. Ama, ilk damıtma ürünü art arda birkaç kez damıtılacak olursa, her damıtmada, karışımdaki su miktarı biraz daha azalmış olur. Bununla beraber, içinde hiç suyu olmayan *mutlak alkol* elde etmek için, bu metot yetmez. Belli bir alkol derecesine vardıktan sonra, nemçeker cisimler kullanarak, alkoldeki suyu almak gerekir.

Bu örnekten öğrenmiş oluyoruz ki, kaynama noktaları pek yakın olmayan sıvıların karışımları, damıtma ile, elemanlarına ayrılabilir. Bu damıtmaya, *ayrımsal damıtma* denir.

§ 186. KURU BUHARLARIN SIVILAŞTIRILMASI. — Kuru buharları sıvılaştırmak için iki yol vardır:

a) Sıcaklıklarını sabit tutup sıkıştırmak, ve böylelikle basınçlarını artırmak ve doymuş hale getirmek,

b) Basınçlarını sabit tutup, sıcaklıklarını azaltmak.

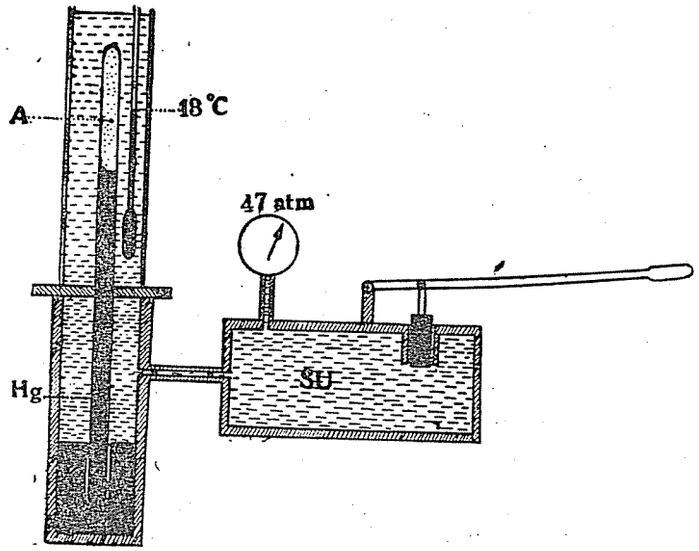
Bunları denemek için, (§ 170) de gördüğümüz gibi derin çanaklı bir barometre borusu kullanmak ve bu barometre boşluğuna inceleyeceğimiz buharı verecek sıvıyı koymak yeter.

§ 187. GAZLARIN SIVILAŞTIRILMASI. — Gazları sıvılaştırmak için kullanılan Cailletet(*) (Kayte) aygıdını (Şek. 134 *a* ve *b*) de görmekteyiz. Bu aygıtta, denemeye sokulacak gaz, A tübüne konur. Bir hidrolik kompresörden gelen su, bu gazı yüksek basınçlara kadar sıkıştırabilir. Gazın basıncı bir manometre ile ölçülebilir. A tübünü saran geniş bir boruya da A daki gazı soğutacak bir sıvı konur.

Andrews'in deneyleri(**) (1867). Andrews yukarıda kısaca tanımladığımız aygıtta, CO_2 gazının sıvılaşma koşullarını deneysel yolla bulmuştur. Şimdi bu deneylerin nasıl yapıldıklarını açıklayalım. A tübüne,

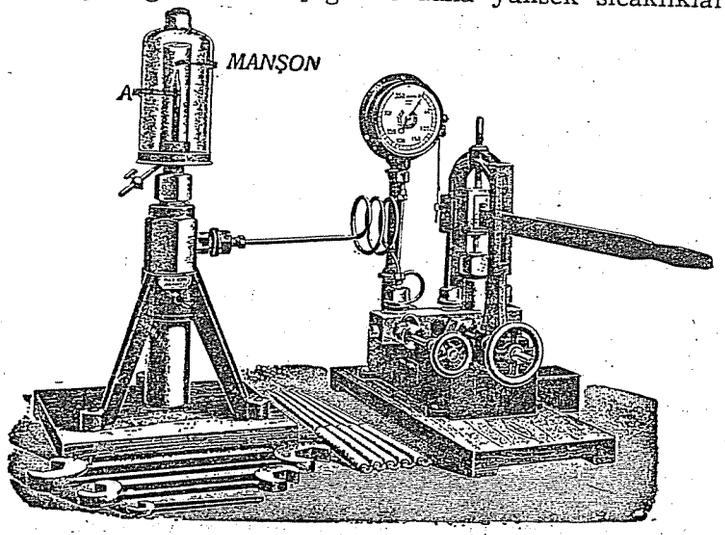
(*) Cailletet, Paul (1832 - 1913) — Fransız fizikçisi ve sanayicisidir.
(**) Andrews, Thomas (1813 - 1886) — İngiliz fizikçisidir.

diyelim 13°C de bulunan, CO_2 gazı koyarak, üzerine yapılan basıncı artıralım. CO_2, basınç 47 atmosfere gelinceye kadar, gaz halini değiştirmez. 47 at lik basınçta sıvılaşmağa başlar ve bu sıvılaşma sona erinceye kadar



Şek. 134 a. Cailletet aygıdının basitleştirilmiş şeması.

basınç sabit kalır. Deneyi, A kabına konan CO_2 nin sıcaklığını 15°C'e çıkararak, yeniden yapalım. Aynı gidişte ve fakat 50 at lik basınç altında olan bir sıvılaşma görülür. CO_2 gazını daha yüksek sıcaklıklara çıka-



Şek. 134 b. Cailletet aygıdı.

rarak deney yapılırsa, CO_2'nin gitgide daha yüksek basınçlarda sıvılaştığı görülür. Ancak, karbon dioksit için, 31,4°C olan belli bir sıcaklık derecesini aştığımız zaman - basıncı ne kadar artırırsak artıralım - bu gazı sıvılaştıramayız. CO_2 için 31,4°C'e eşit olan bu sıcaklığa, *kritik sıcaklık* adı verilir. Kritik sıcaklıkta bulunan bir gazı sıvılaştırmak için gerekli basınca ise kritik basınç denir. CO_2 için kritik basınç 73 atmosferdir.

Demek oluyor ki, bir gazın kritik sıcaklığı öyle bir sıcaklık derecesidir ki:

a) Bundan daha düşük sıcaklıklarda, gaz, yeter derece sıkıştırılmak yoluyle, sıvılaştırılabilir.

b) Bundan daha yüksek sıcaklıklarda, gaz, ne kadar sıkıştırılırsa sıkıştırılsın, sıvılaştırılamaz.

Başlangıcını Andrews'e borçlu olduğumuz bu deneylerden gazların sıvılaştırılma koşullarına varılmıştır.

§ 188. GAZLARIN SIVILAŞTIRILMA KOŞULLARI. —

a) Bir gazın sıvılaştırılması için, sıcaklığı, kritik sıcaklıktan aşağıya düşürülmelidir.

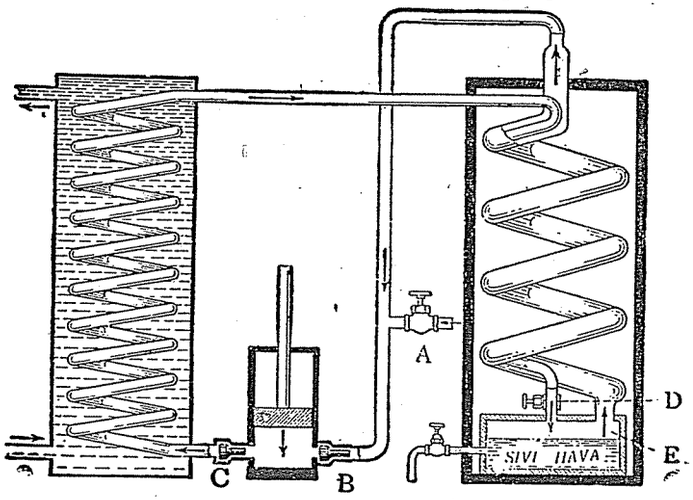
b) Gaz, bu düşük sıcaklıkta, yeter derecede sıkıştırılmalıdır. Aşağıdaki çizelgede birkaç gazın kritik sıcaklıkları ve bu sıcaklıklara karşılık olan kritik basınçları görülmektedir.

Cisimler	Kritik sıcaklık (°C)	Kritik basınç (at.)
Helyum	— 268	2
Hidrojen	— 241	19,5
Oksijen	— 119	51
Karbon dioksit	+ 31,4	73
Su	+ 374	225,2

§ 189. LİNDE MAKİNASI. — Kritik sıcaklığı düşük olmayan karbon dioksit, kükürt dioksit, amonyak gibi gazların sıvılaştırılması için, Cailletet aygıdının benzeri olan makinalar kullanılabilir. Ancak, kritik sıcaklığı düşük olan oksijen, hidrojen, hava, azot,.. gibi gazlarda, çok fazla soğutma gerekmesi ve bunu gerçeklemenin olamazlığı yüzünden başka bir aygıt, *Linde makinası* kullanılır. Linde makinasiyle sıvı gaz elde etmede, sıkıştırılmış bir gazın birdenbire olarak genleştirilmesiyle soğumasından yararlanılır.

Sıvılaştırılacak gaz - diyelim, hava - A musluğundan aygıta doldurulur ve bundan sonra, kompresör çalıştırılır. Kompresör pistonunun yuka-

rıya çıkışı sırasında B kapacığından emilen hava, pistonun aşağıya inişi sırasında C kapacığından kıvrımlı bir boru sistemi içerisine, 200 at kadar büyük bir basınçla, sıkıştırılır. Sıkışma yüzünden ısınmış olan hava, soğuk su içerisinden geçirilerek soğutulur ve - D kapacığının açılmasiyle - birdenbire genleştirilerek basıncı - diyelim, 20 atmosfere - düşürülür. Bu genleşme için harcanması gerekli enerjiyi karşılayacak miktar ısı, havanın kendisinden alınacağından genleşen hava soğur. Bir miktar soğumuş olan hava - kompresör pistonunun yukarı çıkışı sırasında - B kapa-



Şek. 135. Linde makinasının şeması

cığından kompresöre alınır ve, pistonun aşağıya inişi sırasında, C kapacığından kıvrımlı boru içine yeniden sürülür. C den çıkan hava, önce, su ile soğutulmakta olan kıvrımlı borudan geçerek kısmen soğur, bundan sonra şeklin sağında görülen ikinci kıvrımlı boruda daha çok soğur (Çünkü, bu ikinci boru, az önce genleşmiş bulunan hava tarafından soğutulmuştur). 200 atmosfer kadar sıkıştırılmış ve açıkladığımız gibi soğutulmuş hava, D kapacığının yeniden açılması ile, bir genleşme daha yaparak, bir önceki genleşmesindekinden daha çok soğur. Aynı olaylar, bu şekilde, bir çok kez olurlar ve her oluşlarında, D kapacığından genleşen hava biraz daha soğur ve sonunda kritik sıcaklık derecesinin altına varılır. Bundan sonra, D kapakcığından genleşen hava, 20 at lik bir basınçta sıvılaşacak bir dereceye kadar soğumuş olduğundan, E kabında sıvı halde toplanır.

§ 190. SIVILAŞTIRILMIŞ GAZLARIN KULLANILDIKLARI YERLER. — Soğuk endüstrisinde ve elektrik ampulü yapan fabrikalarda ve

başka işlerde kullanılacak gazlar sıvılaştırılarak küçük bir hacma sığdırılır. Lâboratuvarlarda, sıvılaştırılmış gazların buharlaşmaları sırasında meydana getirdikleri soğukluktan yararlanılır.

ISININ İŞE DÖNÜŞÜMÜ

§ 191. ISI MOTORLARININ TEMEL PRENSİBİ. — Önceki derslerimizde, işin ısıya dönüştüğünü ve 1 cal lik bir ısı elde etmek için 0,427 kg · m lik - veya 4,18 joule luk - iş yapılması gerektiğini, görmüştük. Şimdi, bu değişmenin ters yönlü olarak da yapılabileceğini - ısının da işe dönüşebileceğini - göreceğiz.

Bir yakıtın yanmasiyle meydana gelen ısıyı işe çeviren düzenlere, ısı makinaları veya ısı motorları denir.

Bu düzenlerde, 1 cal lik ısı işe dönüştüğü zaman 0,427 kg · m veya 4,18 joule luk iş elde edilebilir. Ancak, hemen şunu da söyleyelim ki, bir yakıtın verdiği ısının tamı tamına işe dönüştürülmesine imkân yoktur. Nasıl ki sobalarımızda yaktığımız yakıtın verdiği bütün ısı, odalarımızı ısıtmakta kullanılamıyor ve - üstelik - önemli bir kısmı sıcak dumanlarla kaçıp gidiyorsa, bir ısı motorunda da bunun gibi birçok kayıplar olur ve kullanılan yakıtın verebileceği ısı miktarının ancak küçük bir kısmı işe dönüşür.

§ 192. BUHAR MAKİNALARI. — Uygulamada kullanılabilecek nitelikteki ısı makinalarından ilki olan buhar makinası Joule (*) tarafından yapılmıştır. Bir buhar makinasının yapılış prensibi, «suyun basınçlı buhar haline getirilmesi ve bu buharın itici kuvvetinden yararlanmak», dır.

Bir buhar makinasının temel kısımlarını sıra ile inceleyelim :

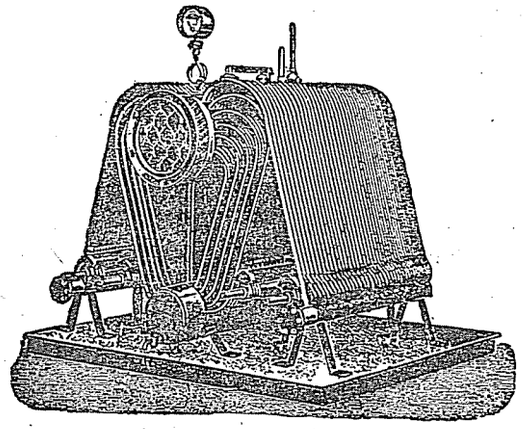
a) *Kazan :* Suyu buhar haline getiren kazanlar, ocaktaki yakıtın verdiği ısıdan olabildiği kadar çok yararlanmayı sağlayacak ve makinaya gereken buharı zamanında yetiştirecek nitelikte yapılırlar. Bugün iki tip kazan kullanılmaktadır:

1. *Su borulu tip :* Su borulu bir kazanda, ocağın alevleri ve sıcak dumanları arasından dolaştırılmış birçok su boruları bulunur (Şek. 136).

(*) Joule, James Prescott (1818 - 1889) — İngiliz fizikçilerindendir.

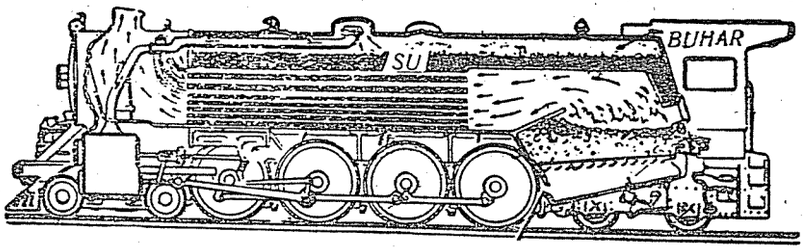
Böyle bir kazanda, alevlere değerek ısınan yüzey çok artırılmış ve böylece az zamanda çok buhar elde edebilme yeteneği sağlanmıştır.

2. *Alev borulu tip:* Daha çok lokomotiflerde kullanılan alev bo-



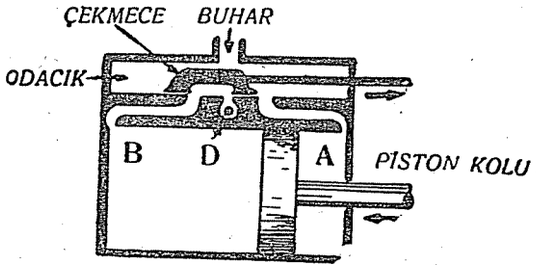
Şek. 136. Su borulu kazan modeli

rulu kazanlarda, ocakta yanan yakıtın meydana getirdiği alevler ve kızgın dumanlar, kanal içerisindeki yatay borulardan geçerek bacaya varırlar (Şek. 137).



Şek. 137. Alev borulu kazan

b) *Silindir:* Kazanda elde edilmiş olan basınçlı buharın iş yapacağı kısım, *silindir*'dir. Buhar, silindirden önce bir odacığa gelir (Şek. 138).

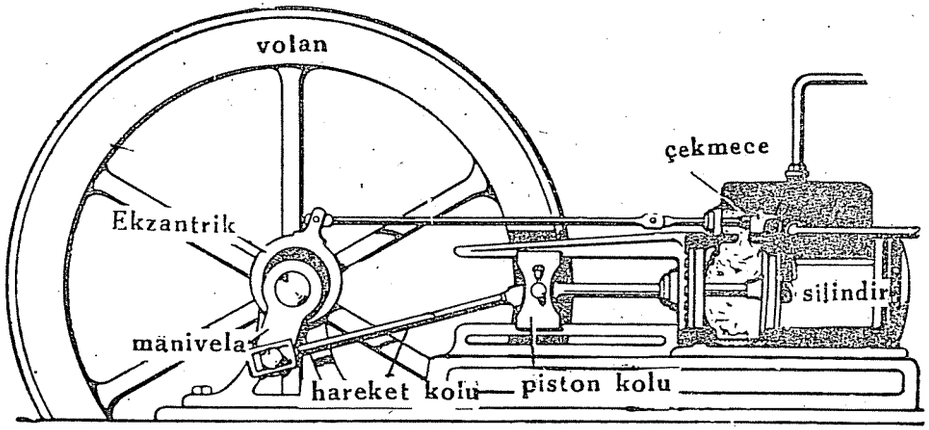


Şek. 138. Buhar makinasında silindir

Bunun içerisinde hareket eden bir *çekmece*, buharın silindire A veya B ucundan girmesini sağlar. Şekildeki duruma göre, buhar A ucundan silindire girmekte ve bu silindir içerisinde bulunan *piston*'u sağdan sola doğru itmektedir. Pistonun hareketi, bir *piston kolu* ile silindir dışarısına iletilir, ve - biraz sonra göreceğimiz bir düzenle - bir dönme hareketine çevrilir. Pistonun sağa doğru hareketi sırasında, pistonun solunda bulunan ve daha önce iş yapmış olan buhar da B kanalından çekmece içerisine sürülür ve oradan da D çıkış borusiyle dışarıya atılır.

Pistonun sağdan sola hareketi olurken çekmecenin de soldan sağa doğru hareket etmesi ve piston soldaki uca vardığı anda buharın geliş ve çıkış yollarının değişmiş olması gerekir. *Eksantrik* adı verilen bir mekanizma, çekmeceye, pistonla ters yönlü bir hareket vermeğe ve böylece buharın giriş ve çıkış yollarını otomatik olarak düzenlemeğe yarar.

Pistonun ileri geri hareketinin bir dönme hareketine dönüştürülmesi için, piston kolu bir *hareket kolu'na,* ve o da bir *minevla*'ya eklemlidir. Bu manivela da bir *volan*'ı döndürür (Şek. 139).



Şek. 139. Buhar makinası

c) *Eksantrik:* Volanın miline, merkezinden kaçmış olarak, bir teker geçirilmiştir. Buna takılmış bir yüzüğün kolu da, öteki ucu ile çekmeceye bağlı, bir başka kola eklemelidir. Bu tekere, *eksantrik* denir.

Piston sağdan sola gelirken volan yarım dönme yapar, bu sırada eksantrik tekeri de yarım dönme yapar ve merkezden taşkın olan kısmı soldan sağa doğru sürükler.

Pistonun soldan sağa gelmesi sırasında ise, aynı olaylar ters yönlü olurlar ve çekmece sağdan sola doğru hareket eder.

Alıştırma : Buhar makinasında iş ve gücün hesabı :

Bir buhar makinasında, piston kesiti 300 cm^2, piston yolu 30 cm dir. Kazandan 6 kg/cm^2 lik bir basınç altında gelen buhar, piston, yolunun 1/3 ünü alınca kesiliyor. Yolun kalan 2/3 ü silindire girmiş olan buharın genleşmesiyle alınmakta, ve iş yapan buhar, - basıncı 1 kg/cm^2 sayılan - açıkhavaya atılmaktadır. Pistonun dakikada 120 gidip gelme yaptığı bilindiğine göre, makinanın gücü kaç B. B. dir.

ÇÖZÜMÜ : 300 cm^2 lik kesiti olan pistonun bir yüzüne etkiyen buhar basınç kuvvetlerinin toplamı :

$$F_1 = pS = 6\ (kg/cm^2) \times 300\ (cm^2) = 1\ 800\ kg$$

dır.

Öteki yüze etkiyen H açıkhava basıncının toplam etkisi ise

$$F_2 = HS = 1\ (kg/cm^2) \times 300\ (cm^2) = 300\ kg$$

dır.

Piston, 30 cm lik yolunun ilk 1/3 'ünü - 10 cm sini - $F_1 - F_2$ kadar bir kuvvetle alacağından, bu sırada yapacağı iş miktarı :

$$W_1 = \text{Kuvvet} \times \text{Yol} = (1\ 800 - 300)\ kg \times 0{,}1\ m = 150\ kgm$$

dir.

Piston, yolunun kalan 2/3 ünü, daha önce alınmış olan buharın genleşmesiyle alır. Piston 30 cm yol alınca, ilk 10 cm de alınan buhar 3 kat genleşmiş ve basıncı 3 kat azalarak 2 kg/cm^2 ye inmiştir. Bu genleşme sırasında, pistona etkiyen ortalama basınç $\frac{6+2}{2} = 4$ kg/cm^2 dir. Pistonun karşıt yüzü 1 kg/cm^2 lik açıkhava basıncı etkisinde olduğundan, yolun son 20 cm sinde yapılacak iş miktarı :

$$W_2 = (4 - 1)\ kg/cm^2 \times 300\ cm^2 \times 0{,}2\ m = 180\ kg \cdot m$$

kadardır.

Pistonun bir uçtan ötekine gitmesi halinde yapılacak iş miktarı :

$$W = W_1 + W_2 = 150 + 180 = 330\ kg \cdot m$$

1 gidip - gelme'de yapılacak iş miktarı :

$$2\,W = 660\ kg \cdot m$$

ve 1 saniyede yapılan iş miktarı - veya makinanın gücü - saniyede 2 gidip - gelme olduğundan

$$P = 660 \times 2 = 1\ 320\ kgm/s$$

veya,

$$P = \frac{1\ 320}{75} = 17{,}6\ B.\ B.$$

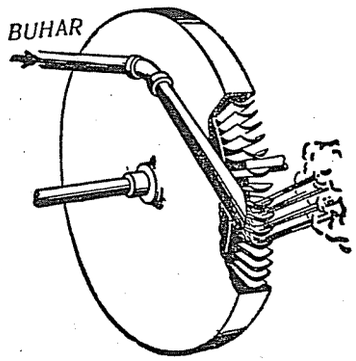
olur.

§ 193. KONDANSÖRLÜ BUHAR MAKİNALARI. — İş yapmış buharın makinadan açıkhavaya atılması, hem taşıdığı ısıyı kaybetmek ve hem de kazandaki suyun azalması bakımlarından zararlıdır. Böyle yapılacak yerde, iş yapmış buhar, *kondansatör* - veya *kondansör* - denilen bir kazanda soğutularak yoğunlaştırılır ve buharlaştığı kazana geri gönderilir. Kondansördeki buharın basıncı 1 atmosferden daha az olduğu için, aynı zamanda, pistonun itilmesi de kolaylaşmış olur ki, bu, makinanın verimini yükseltir.

Büyük bir yer tutması ve dıştan soğutulmasının gerekmesi gibi sebeplerle, kondansörün lokomotiflerde kullanılması elverişli değildir. Ama, gemiler için çok elverişlidirler.

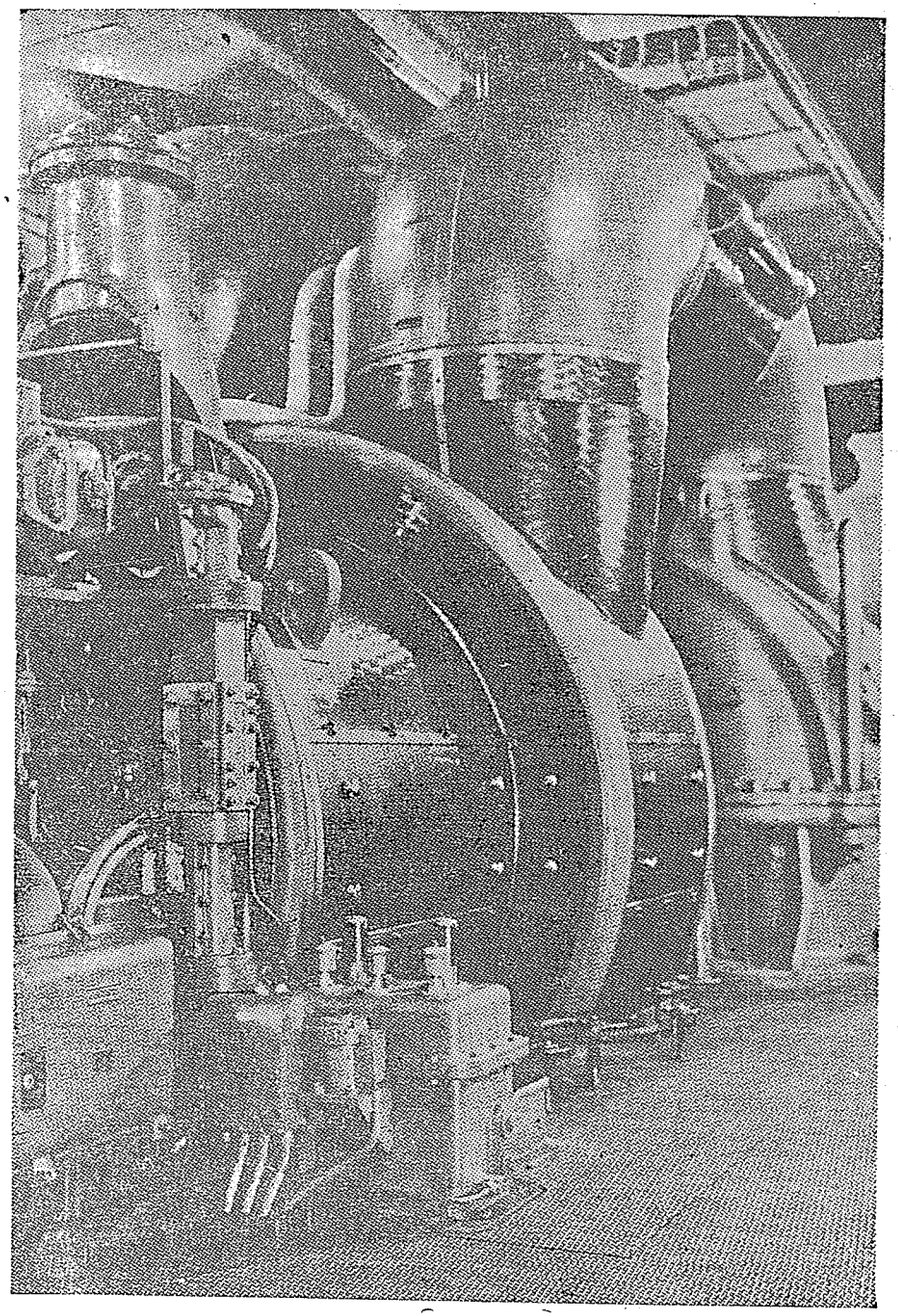
§ 194. BUHAR TÜRBİNLERİ. — Bir değirmen kanatlarına düşürülen suyun bu değirmeni çevirdiğini herkes bilir. Buhar türbinleri de aynı temele dayanırlar.

Bir türbinde *rotor* adı verilen dönen bir kısım vardır. Bunun üzerinde bulunan birçok kanatcığa elverişli doğrultulardan buhar püskürtülerek, rotor döndürülür. (Şek. 140), bir buhar türbininin yapılış prensibini göstermektedir. Endüstride kullanılan türbinlerde, buhar bir tekeri döndürmekte kullanıldıktan sonra aynı eksene takılmış öteki tekerlere de gönderilir ve böylece, enerjisinden olabildiği kadar çok yararlanılmış olur.



Şek. 140. Buhar türbinlerinin temeli.

Buhar türbinlerinin, silindirli buhar makinalarından daha az yer kaplamaları, sarsıntısız çalışmaları, daha büyük dönme hızları sağlayabilmeleri, rotorlarına dinamo veya alternatör rotorlarının doğrudan doğruya birleştirilebilmesi gibi elverişli yanları vardır. Bu yüzden yolcu gemilerinde, savaş gemilerinde ve elektrik enerji merkezlerinde, türbinler çok kullanılır.

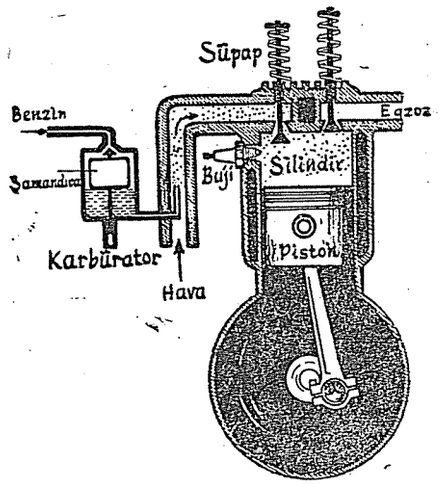


Şek. 141. Büyük bir elektrik enerji merkezinde bulunan alternatörleri çevirmekte kullanılan bir buhar türbini

Türbinler, küçük hızlarla çalıştırıldıkları zaman, silindirli makinalar kadar verimli olamazlar. Öte yandan, silindirli makinalarda dönme yönü kolayca değiştirildiği halde, türbinde bu olamaz.

§ 195. İÇTEN YANMALI MOTORLARIN YAPILIŞ PRENSİBİ. — Buhar makinalarında ve türbinlerde ocakta yanan yakıttan oluşan ısının önemli bir kısmı (% 80 - 90 kadarı) işe dönüşemez. Ocağı, kazanı buhar borularını, makinayı ve bunların etraflarını,... ısıtır. Oldukça büyük bir ısı miktarı da bacadan - sıcak dumanlarla - uçup gider. Ziyan olan ısı enerjisini azaltmak için yakıtın makina silindiri içerisinde yakılması ve yanmadan meydana gelen gazların basıncından yararlanarak pistonu itmek düşünülmüştür. Bu alanda, ancak, sıvı ve gaz yakıtlar kullanılabilir. Bu görüşe göre yapılan ve verimleri buhar makinalarınınkinden oldukca yüksek olan düzenlere, «ısı motorları» denir. Şimdi ısı motorlarından önemli iki tipi kısaca inceleyeceğiz.

§ 196. 4 ZAMANLI PATLAMALI MOTORLAR. — Böyle bir motorun kesiti (Şek. 142) de gösterilmiştir. Bir *silindir*, bunun içinde hareket eder bir *piston*, pistonun hareketini bir dönme hareketine çeviren



Şek. 142. Dört zamanlı motor kesiti

bir mekanizma, yakıtı silindire getirmeğe ve yanmış gazları dışarıya atmağa yarayan *kapacıklar (supaplar)* ve yakıtı ateşlemeğe yarayan bir *buji*, temel parçalardır.

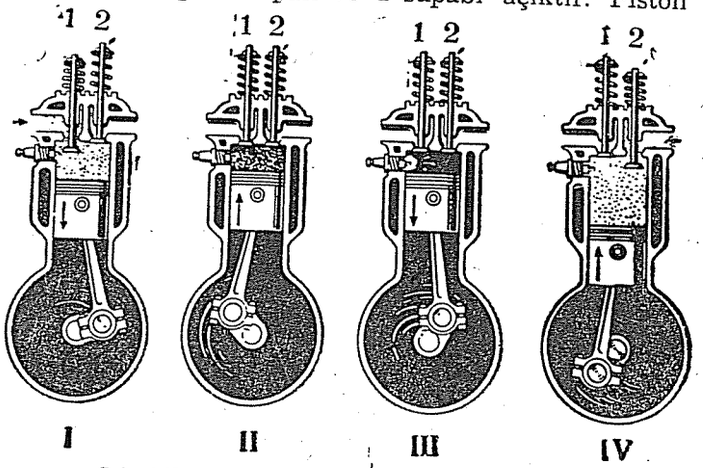
Bu motorun çalışmasında 4 değişik *durum* (zaman) göze çarpar (Şek. 143).

1 ci zaman: Piston aşağıya inmektedir. 1 supabı açık, 2 supabı kapalıdır. *Karbüratör* denen bir aygıt içinde hava ile uygun bir oranda karıştırılmış benzin, silindire çekilir.

2 ci zaman: 1 ve 2 supapları kapalıdır. Piston yukarıya doğru çıkmakta ve 1 ci zamanda çekilen patlayıcı karışımı sıkıştırmaktadır.

3 cü zaman: Supaplar yine kapalıdır. Bujide bulunan iki plâtin uç arasında oluşturulan bir elektrik kıvılcımı ile patlayıcı karışım birdenbire patlatılır. Meydana gelen gazların büyük basıncı, pistonu hızla aşağıya iter. «Makinanın iş yapma zamanı 3 cü zamandır»

4 cü zaman: 1 supabı kapalı ve 2 supabı açıktır. Piston yukarıya



Şek. 143. 4 zamanlı patlamalı motorda zamanlar

I) 1 ci zaman: 1 supabından gaz emiliyor.
II) 2 ci zaman: Alınan gaz sıkıştırılıyor.
III) 3 cü zaman: Buji'de oluşturulan kıvılcım patlama yapıyor.
IV) 4 cü zaman: Yanan gaz 2 supabından atılıyor.

doğru çıkmakta ve yanmış gazları *egzoz* borusundan dışarıya doğru atmaktadır.

Bu dört zaman süresi içinde piston iki gidip - gelme yaptığı için volan iki dönme yapar. 3 cü zamanda meydana gelen enerji, makina volanına bir kinetik enerji kazandırır ve bunun bir kısmı direngen olan 4, 1 ve 2 zamanlarında harcanır.

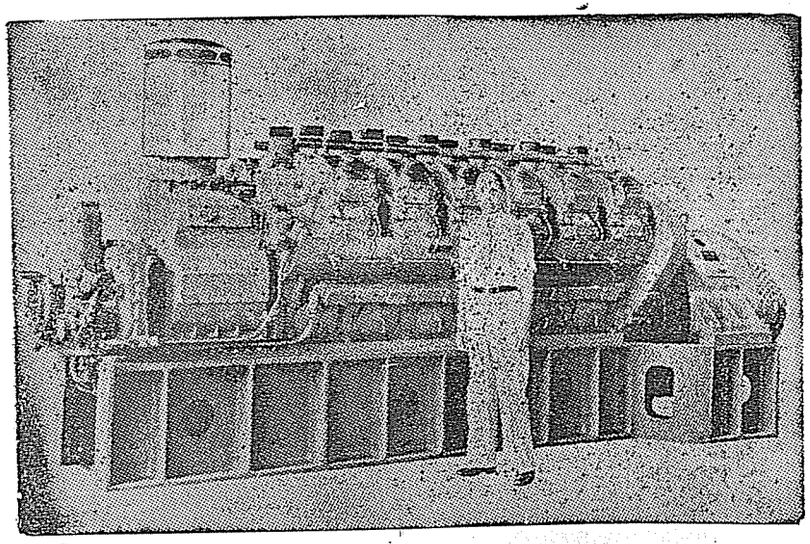
§ 197. DİESEL(*) (DİZEL) MOTORLARI. — Yakıt olarak mazot veya yağ kullanılır. Bunlar da dört zamanlı yapılabilirler. Yalnız karbüratörleri ve ateşleme bujileri yoktur. Pistonun aşağıya inmekte bulunduğu birinci

(*) Diesel, Rudolph (1858 - 1913) — Alman mühendisidir.

zamanda silindire hava emilir. Alınan hava ikinci zamanda piston yukarıya çıkarken, ilk hacmının 16 da birine kadar sıkıştırılarak yüksek bir sıcaklığa (400-500°C'e) çıkarılır. Üçüncü zamanda, silindire, enjektör denen özel bir pompa ile, yüksek basınçla yağ püskürtülür. Yağ, sıkışmış sıcak hava ile karışır karışmaz tutuşur ve yanmadan meydana gelen gazlar, büyük bir basınç yaparak pistonu aşağıya iterler. Dördüncü zamanda ise yanmış gazlar, egzozdan dışarıya atılır.

Diesel motorlarının patlamalı motorlardan farkı, yanmanın bir patlama şeklinde birden olmayışı ve pistonun - yağ püskürtme süresince - sabit bir basınç ile itilmesidir.

Böylece, daha büyük bir güç sağlanabilmiştir. İki zamanlı Diesel motorlarının yapılması ile de, aynı boyuttaki dört zamanlı motorlardan hemen hemen 2 kat büyük bir güç elde edilmiş olur. Motorlu trenler, kamyonlar ve deniz motorları için 2 veya 4 zamanlı Diesel makinaları en uygun motorlardır.



Şek. 144. Motorlu trenleri işletmekte kullanılan büyük güçlü bir Diesel motorunun görünüşü

§ 198. BİR ISI MAKİNASININ PRATİK VERİMİ. — Bir ısı makinasında harcanan yakıtın verdiği ısının büyük bir kısmının ziyan olduğunu ve ancak küçük bir kısmının işe dönüşebildiğini görmüştük. Bir makinadan alınan enerji miktarının, bunu almak için harcanan yakıtın verebileceği toplam enerji miktarına oranına, o makinanın pratik verimi denir ve,

$$\text{Pratik verim} = \frac{\text{Makinadan alınan enerji}}{\text{Harcanan yakıtın verebileceği toplam enerji}} \quad (63)$$

yazılır.

ALIŞTIRMA : Bir buhar makinası 1 B. B. lik bir güç verebilmek için saatte 1 kg kömür yakıyor. Kömürün yanma ısısı 8000 cal/g olduğuna göre, bu makinanın pratik verimi ne kadardır?

ÇÖZÜMÜ : Makina 1 saniyede 75 kg·m lik bir enerji verebilmek için, 1 saniyede 1000/3600 gram kömür yakmaktadır.

1 g kömürün yanmasiyle 8000 cal verdiği bilindiğine göre $\frac{1000}{3600}$ g kömürden,

$$Q = 8000 \times \frac{1000}{3600} = 2222{,}22 \text{ cal}$$

elde edilir.

1 cal = 0,427 kg·m lik bir enerjiye eşdeğerli olduğundan, 2222,22 cal

$$JQ = 0{,}427 \times 2222{,}22 = 949 \text{ kg·m}$$

ye eşdeğerli bulunur.

Demek oluyor ki, 75 kg·m lik bir iş alabilmek için yanmasiyle 949 kg·m lik enerji verebilecek bir yakıt gerekir. Buna göre,

$$\text{Pratik verim} = \frac{\text{Makinadan alınan enerji}}{\text{Yakıtın verdiği toplam enerji}}$$

bağıntısından

$$\text{Pratik verim} = \frac{75}{949} = 0{,}079$$

bulunur.

ÖZET

1. BUHARLAŞMA ISISI. — Bir sıvının t°C deki buharlaşma ısısı, o sıvının 1 gramının t°C de sıvı halinden buhar haline geçebilmesi için gerekli ısı miktarına denir.

Buharlaşma sırasında alınan ısı, yoğunlaşma sırasında olduğu gibi geri verilir.

2. SÜBLİMLEŞME. — Bir katının doğrudan doğruya buhar haline geçmesi olayına süblimleşme denir.

3. KURU BUHARLARIN SIVILAŞTIRILMASI. — İki türlü olabilir :

a) Sıcaklıklarını sabit tutup basınçlarını artırmakla,

b) Basınçlarını sabit tutup soğutmakla.

4. GAZLARIN SIVILAŞTIRILMASI. — Bunun için o gazı kritik sıcaklığından aşağıya kadar soğutmak ve üzerine yeter bir basınç yapmak gerekir.

5. BUHAR MAKİNALARI. — Isıyı işe dönüştüren makinalardan bir kısmı buhar makinalarıdır. Buhar makinaları Joule tarafından gerçeklenmiştir.

Bir buhar makinasının temel parçalarından biri kazandır. Makinaya gerekli olan basınçlı buharı elde etmeğe yarayan kazanlar iki türlü olur.

a) Su borulu kazan : Bu kazanda ocağın alevleri içinde dolaşan birçok su boruları vardır.

b) Alev borulu kazan : Kazan içinde açılmış borulardan ocağın alev ve sıcak dumanları geçer. Lokomotiflerde bu tip kazan kullanılır.

Kazanda elde edilen buhar, önce bir odacığa gelir. Bunun içinde çekmece denen bir gürgü, buharın piston yüzlerine sıra ile etki etmesini sağlar. Buharın ittiği piston, piston kolunu, bu kol hareket kolunu ve o da volanın manivelâsını hareket ettirerek bir dönme oluşturur.

6. BUHAR TÜRBİNLERİ. — Kazanda elde edilmiş olan basınçlı buhar, rotorun kanatlarına püskürtülerek bunlara bir dönme verir.

Sarsıntısız çalışabilmeleri, daha büyük hızlar sağlamaları ve az yer kaplamaları gibi elverişli yanları vardır.

7. İÇTEN YANMALI MOTORLAR. — Bir ısı makinasında yakacağın dışarıda yanması birçok ziyanlara sebep olur ve makinanın verimi büyük olamaz. İçten yanmalı motorlarda çoklukla sıvı olan yakıt, silindir içine gönderilerek orada yakılır.

4 zamanlı patlamalı motorlar ve Diesel motorları içten yanmalı motorlardandır.

8. BİR ISI MAKİNASININ PRATİK VERİMİ. — Bir makinadan alınan enerji miktarının, bunu almak için harcanan yakıtın vereceği toplam enerji miktarına oranına denir.

$$\text{Pratik verim} = \frac{\text{Alınan enerji}}{\text{Yakıtın verebileceği toplam enerji}}$$

dir.

ÖDEV VE PROBLEMLER

1. Sıcaklığı 100°C olan bir miktar buhar, 18°C de bulunan 500 g su içinden geçirilerek bu suyun sıcaklığını 28°C'e yükseltiyor. Bu sırada su 8,21 gram artıyor. Suyun 100°C deki buharlaşma ısısını bulunuz.

2. 0°C deki 100 g buza 5 000 cal verilirse ne olur?

3. 0°C deki 1 g buzu 100°C de buhar haline getirmek için ne kadar ısı gerekir?

4. Ağırlığı 200 g olan bir bakır kalorimetre kabı içinde 18°C de 400 g su vardır. Bunun içine 135°C de 20 g buhar gönderiliyor. Son sıcaklık ne olur? Buharın ısınma ısısı 0,48 dir.

5. Bir kazanda bulunan 100 litre suyu 20°C den 120°C de buhar haline getirmek istiyoruz. kg'ı başına 7 500 kcal veren kömürden ne kadar yakmalıyız? Buharın ısınma ısısı 0,48 dir ve kömürün verdiği ısının % 40 ının ziyan olduğu kabul edilecektir.

6. Sıcaklığı 120°C olan 100 g buhar 60 kcal verirse ne olur?

7. Ağırlığı 200 g olan bir pirinç kalorimetre kabı içinde 20°C de 500 g su bulunmaktadır. Bunun içine —10°C de bulunan 25 g buz ve 100°C de bulunan 10 g buhar yollansa karışımın son sıcaklığı ne kadar olur? Buzun ısınma ısısı 0,5 cal dir.

8. Bir buhar makinası 500 g kömür yakmakla 1 saat süre ile 1 B. B. kadar bir güç sağlıyor. 1 kg kömür, yanmasiyle 8 000 kcal verdiğine göre, bu makinanın pratik verimini hesaplayınız.

9. Bir buhar makinasında silindirin kesiti 4 dm², yolu 0,5 m, kazandan gelen buhar basıncı 7,8 kg/cm² ve iş yapmış olan buharın gönderildiği kondansörün buhar basıncı 0,3 kg/cm² dir. Buhar, pistonu bütün yolu boyunca tam basınçla ittiğine ve dakikada 150 gidip - gelme olduğuna göre, makinanın gücü ne kadardır?

10. Problem 9 daki makinada iş yapmış olan buhar havaya atılmış olsa, güçten ne kadar zarar veya kârımız olur?

11. Problem 9 daki makinada, tam basınçlı buhar piston yolunun yarısına kadar gönderilse ve sonra genleşme ile pistonu itse, güçten ne kadar zarar veya kârımız olur?

B Ö L Ü M XVI

ISININ YAYILMASI

§ 199. TEMEL KONU. — Isı kaynaklarından çıkan ısının dolaylarındaki cisimleri ısıttıklarını ve sıcaklıkları değişik cisimler bir araya getirildikleri zaman aralarında bir ısı alış verişi yaptıklarını öğrenmiştik. Isı yayılmasının nasıl olup bittiğini de bilirsek bu yayılmayı kontrol ve bundan yararlanma imkânını elde etmiş oluruz. Bu bölümde işleyeceğimiz temel konu işte budur.

Isının bir yerden başka bir yere iletiminde önemli üç yol vardır: *İletkenlikle yayılma, konveksiyon ile yayılma ve ışıma ile yayılma.* Şimdi sıra ile bu yayılma şekillerini göreceğiz.

İLETKENLİKLE YAYILMA

§ 200. İLETKENLİKLE YAYILMA NASIL OLUR? KATI CİSİMLERİN ISI İLETMESİ. — Bir bardaktaki sıcak çaya batırılan madensel bir kaşığın dıştaki ucunun da kısa bir zamanda ısındığını herkes bilir. Aynı olay, bir mangal veya sobaya sokulmuş olan maşada da görülür. Bu gibi olaylar, ısının katı bir cismin bir ucundan öteki ucuna doğru yayılabildiğini göstermektedir. Bu yayılma olayı, Clausius'un görüşüne (Kinetik teori'ye) göre şu şekilde açıklanabilir. Sıcak cisimlerin molekülleri büyük hızlarla titreşim halindedir. Bunlar içerlerine sokulan soğuk bir cismin daha yavaş titreşen moleküllerini de hızlandırırlar, bu hızlanma soğuk cismin öteki ucuna kadar gider ve böylelikle cismin tümü ısınmış olur. Bu şekilde olan ısı yayılmasına, *iletkenlikle yayılma* denir.

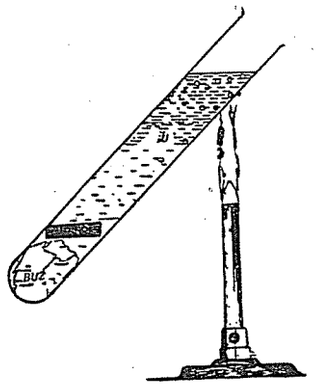
Isının iletkenlikle yayılmasına daha elverişli olan cisimler, katılar ve bunlar arasında da metallerdir. İyi iletken olan metallerin içinde başta gümüş gelmektedir. Gümüşün iletkenliğini 100 alarak, öteki cisimlerin iletkenlikleri bulunursa, aşağıdaki çizelge elde edilir.

Cisimlerin ısı iletkenlikleri

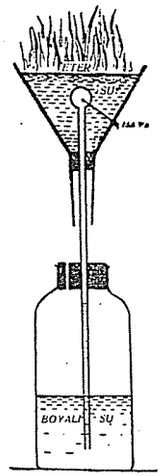
Gümüş	100	Cam	0,11 - 0,23
Bakır	92	Amyant	0,0400
Alüminyum	48	Keten	0,0210
Çinko	27	Kâğıt	0,0130
Pirinç	21—28	Yün	0,0095
Plâtin	17	İpek	0,0100
Demir	12—15	Keçe	0,0087
Civa	1,6	Hava	0,0050
Su	0,125	Pamuk	0,0043

Isıtıcı araçların, iletkenlikleri büyük olan madenlerden yapılması gerekir. Kazanlar, tencereler ve öteki ısıtıcı araçlar, gümüş pahalı olduğu için, bakır ve alüminyumdan yapılır. Kumaşların yapılmasında ise, sıcak tutmaları için iyi iletken olmayan cisimlerden yapılmış iplikler kullanılır.

§ 201. SIVILARDA ISI İLETKENLİĞİ. — *Deney:* İçinde su bulunan bir deney tübünün dibine bir parça buz batırılır ve üste çıkmaması için safralanır (Şek. 145 a). Tüp, üstten ısıtılmağa başlanır. Üstteki su kaynamağa başladığı halde, aşağıdaki buzun uzun bir süre ergimediği görülür.



Şek. 145 a. Deney tübündeki su üstten kaynadığı halde dipte safralanmış olan buz parçası ergimez.



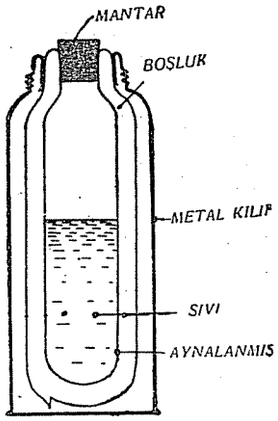
Şek. 145 b. Hunideki su üzerine dökülen bir miktar eter yandığı zaman, havalı termometre önemli bir sıcaklık artışı göstermez.

Deney : Daha incelikli bir deney, haznesi geniş bir huni içerisindeki suya (Şek. 154 b) daldırılmış, havalı bir termometre ile yapılabilir. Hunideki suyun üstüne bir miktar eter dökülerek yakılırsa, çok duyarlıklı bir alet olan havalı termometrenin ancak küçük bir sıcaklık artışını gösterdiğini anlarız.

Bu deneyler suyun kötü bir iletken olduğunu göstermektedir. Suyun gümüşe göre, bağıl iletkenliğinin 800 olduğu - suyun, ısıyı gümüşten 800 kat az ilettiği - bulunmuştur. Genel olarak, öteki sıvılar da su gibi az iletkendirler.

§ 202. GAZLARDA ISI İLETKENLİĞİ. — Denel incelemeler, gazların sıvılardan da daha az iletken olduğunu açığa koymuştur. Örneğin, hava gümüşten 20 000 kez daha az iletkendir. Katılar arasında iletken olmayan hava tabakalarının bulunması, bunların iletkenliklerini büyük ölçüde azaltır. Örneğin, testere tozu, tahtadan daha az iletkendir. Tüy ve kürklerin de az iletken olması aynı nedene dayanır.

Boşluğun ısı iletkenliği yoktur. Bir termos şişesine (Şek. 146) konan sıcak veya soğuk bir sıvı, bir boşluk ile çevrelendiği için, sıcaklığını uzun süre saklar. Bir buz dolabının çeperleri de, ısı geçirgenliği olabildiği kadar az olacak şekilde yapılır.

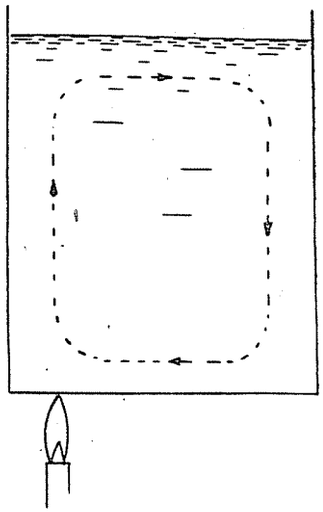


Şek. 146. Bir termos şişesi, içine konan sıvının sıcaklığını sabit tutmağa yarar.

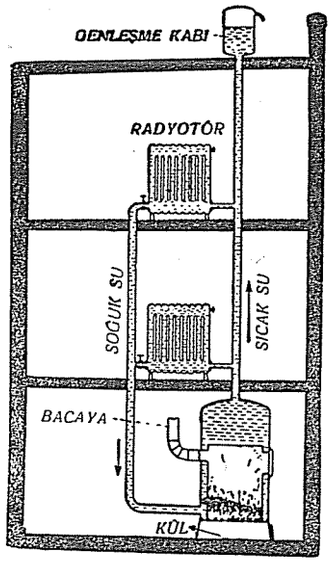
§ 203. CİSİMLERİN ISI İLETKENLİĞİ SICAKLIK DUYUMUZA NASIL ETKİ YAPAR? — Soğuk bir odada bulunan çeşitli cins eşyaya dokunduğumuz zaman, sıcaklıklarını başka başka duyarız. Odada bulunan bir mermer veya madensel bir cisim, tahta veya kumaştan daha soğuk duyulur. Oysa, uzun zaman aynı odada kalmış olduklarından, sıcaklıklarının değişik olması olur şey değildir. Bu olayın nedeni, ısı iletkenliklerinin değişik oluşudur. Gerçekten, mermer veya madenler, tahta veya kumaştan daha iyi iletkendirler, elimizdeki ısıyı ötekilerinden daha çabuk olarak yayarlar ve - bu yüzden - elimizi soğuturlar. Ahşap döşemelerin taş döşemelerden daha sıcak tutuşu ve sıhhî oluşu da aynı nedene dayanır. Türlü giyim eşyalarının ve içinde oturduğumuz binaların yapılmasında kullanılan yapı gereçlerinde ısı iletkenliğinin hesaba katılması çok yararlıdır.

KONVEKSİYON İLE YAYILMA

§ 204. KONVEKSİYONLA ISI YAYILMASI NASIL OLUR? — İçerisine biraz testere tozu katılmış su ile dolu geniş bir kabı, bir köşesine yakın bir yerden küçük bir alevle ısıtalım (Şek. 147). Alevin tam üstünde bulunan su molekülleri, en önce ısınarak genleşirler. Böylece, genleşen ve yoğunlukları azalan su molekülleri, yanlardaki soğuk moleküller tarafından itilerek yükselirler ve yerlerine yanlardan soğuk moleküller gelmeğe başlar. Ve, sonunda, kap içerisinde, testere tozlarının yardımiyle görülebilen, bir sıvı dolaşması -akımı- olur. Buna «konveksiyon akımı» denir. Bir oda ortasında yanan bir soba da, odanın havası içinde, konveksiyon akımları meydana getirir. Bu akımlar sayesindedir ki kaynaktan ısınan moleküller yer değiştirerek ısıyı başka yerlere iletirler. Bu akımlar, içinde oluştukları ortamın sıcaklığı her yerde eşit oluncaya kadar sürerler. Soba ve fabrika bacalarının çekmesi, odalarımızın havalandı-

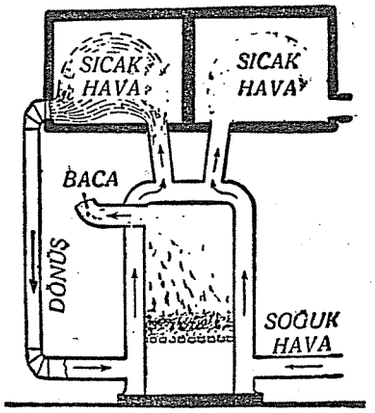


Şek. 147. Bir köşesinden ısıtılan bir sıvı içinde konveksiyon akımları olur.



Şek. 148. Sıcak sulu kaloriferlerde kazanda ısınan sıcak su, konveksiyon akımları ile, radyatörlerden de dolaşarak odaları ısıtmaktadır.

rılması, sıcak havalı veya sıcak sulu kaloriferlerin çalışması ve rüzgârlar konveksiyon akımlariyle olur. (Şek. 148) ve (149) da görülen sıcak havalı ve sıcak sulu kaloriferlerin çalışmalarını açıklayınız.



Şek. 149. Sıcak havalı kaloriferlerde ocağı çevreleyen hava ısınarak yükselir ve odalara gider. Oda içindeki konveksiyon akımları ise her yanı ısıtır. Odada dolaşmasını bitiren hava, yeniden ocağın çevresine gitmektedir.

IŞIMA İLE YAYILMA

§ 205. IŞIMA İLE YAYILMA NASIL OLUR? — Güneşin bize ısı gönderdiğini herkes bilir. Güneş'ten ısı gelişi, aramızda büyük bir boşluk bulunduğu için, iletkenlik veya konveksiyon ile olamaz. Sıcak bir cisim - diyelim, bir ocak - karşısında bulunduğumuz zaman da, aramızdaki hava sezilir bir derecede ısınmadığı halde, vücudumuz ısınır. Bu olayları açıklamak için, güneş veya ocağın, *boşluktan ve bazı cisimlerden geçebilen ısı dalgaları yaydığını* kabul etmek gerekir.

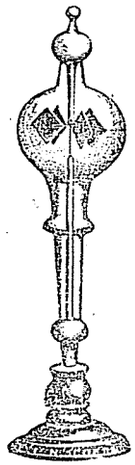
Bir cismin ısı dalgaları yayabilme özelliğine, *ışıma* denir. Işıma, cisim ne kadar sıcak ise o derece çok olur.

Işığın da aynı şekilde yayıldığını, üstelik ışık ve ısı yayan dalgaların aynı soydan olduklarını ilerideki sınıflarda göreceğiz..

Isı dalgaları bir cisim üzerine düşürüldüğü zaman, bu cisim tarafından ya yansıtılır, ya soğutulur veya bu cisim içinden geçerler. Isı dalgalarını soğuran cisimler ısınırlar. Yapılan incelemeler, sıcaklıkları ne olursa olsun, bütün cisimlerin - dolaylarına - ısı dalgaları yaydıklarını ve dolaylarındaki cisimlerin yaydıkları ısı dalgalarını absorpladıklarını göstermektedir. Şu halde, sıcaklığını değiştirmeyen - koruyan - bir cisim, yaymış olduğu ısı enerjisini, kendisini çevreleyen cisimlerden yeniden almaktadır ve, en iyi ışıma yapabilen bir cisim, aynı zamanda, ışıma ile yayılan ısıyı en iyi soğuran cisimdir. Deneyler, bir mum alevinde islenmiş bir cisim gibi, yüzleri pürüzlü ve siyah olan bir cismin, tam bir soğurma ve ışıma yeteneğinde olduğunu göstermiştir.

Stefan (*), siyah bir cismin ışıma ile yaydığı enerjinin bu cismin mutlak sıcaklığının 4 cü kuvveti ile doğru orantılı olduğunu bulmuştur. Bu kurala *Stefan kanunu* denir. Mutlak sıcaklığı T olan siyah bir cismin 1 cm^2 sinden 1 dakikada ışıma ile yayılan ısı miktarı $E = 1{,}355 \times 10^{-12} T^4$ kaloriye eşittir.

Cilâlanmış madensel yüzeylerin ise, tam bir yansıtma ve çok az bir absorplama yetenekleri vardır. Bu özellik, *Crookes radyometresi* denilen basit bir aletle gösterilebilir. Bu alet (Şek. 150), havası azaltılmış bir ampul içerisine yerleştirilmiş düşey bir eksen etrafında dönebilen 4 kanatlı küçük bir alüminyum pervaneden oluşur. Pervane kanatlarının birer yüzleri islenmiş öteki yüzleri ise parlaktır. Alet üzerine güneş veya kuvvetli bir ışıma kaynağından çıkan ısı dalgaları düşürülürse, siyah yüzeyler daha çok enerji soğurarak parlak yüzlerden çok ısınırlar. Aynı zamanda siyah yüzlere dokunan hava molekülleri de ısınarak ve daha hızlı titreşerek siyah yüzlere daha hızlı çarpmağa başlarlar ve bu etkilerle pervane döner.



Şek. 150. Crookes radyometresinin üzerine ısı dalgaları düşerse pervaneler döner.

Deneyler: a) Biri islenmiş öteki parlak yüzlü iki kaba, aynı kapta ısıtılmış sıcak sudan eşit miktarlar kadar konur. Bu kaplara batırılan duyarlıklı termometreler ile soğumalar incelenirse, islenmiş kapta bulunan suyun daha çabuk soğuduğu - veya daha çok ısı ışıması yaptığı - anlaşılır.

b) Bu iki kap kendilerinden daha sıcak bir cisim karşısına konsalar, islenmiş olan ötekinden daha çabuk ısınır.

(*) Stefan, Josef (1835 - 1893) — Avusturyalı bir fizikçidir.

ÖZET

1. ISININ İLETKENLİKLE YAYILMASI. — Bir cismin ısınması molekülsel hare-
ının hızının artması demektir. Hızlanan bir molekül, komşu moleküllerin hareketini de
landırır, ve - bu yolla - ısınma, molekülden moleküle geçer. Isının bu şekilde yayılmasına,
kenlikle yayılma denir.

2. KONVEKSİYONLA YAYILMA. — Sıvı ve gazlar içinde ısınan moleküllerin
leşmesiyle hareket etmesi bu sıvı veya gaz içinde konveksiyon akımları denen bir akım
ıorur. Isı bu şekilde de iletilebilir.

3. IŞIMA İLE YAYILMA. — Güneşten ve ısı kaynaklarından ısı dalgalarının yayıl-
ını ve bu dalgaların boşluktan ve bazı cisimlerden geçtiğini kabul etmek gerekir. Öteki
de, güneşin veya sobanın bizi nasıl ısıttığı açıklanamaz. Isı dalgaları ile oluşan
yayılmalarına ışıma ile yayılma denir. Sıcak bir cisimden ışıma ile yayılan ısı mik-
ı bu cismin mutlak sıcaklığının 4 cü kuvveti ile doğru orantılıdır. Siyah bir cismin
m^2 sinden dakikada yayılan ısı ise :

$$E = 1{,}355 \times 10^{-12}\, T^4$$

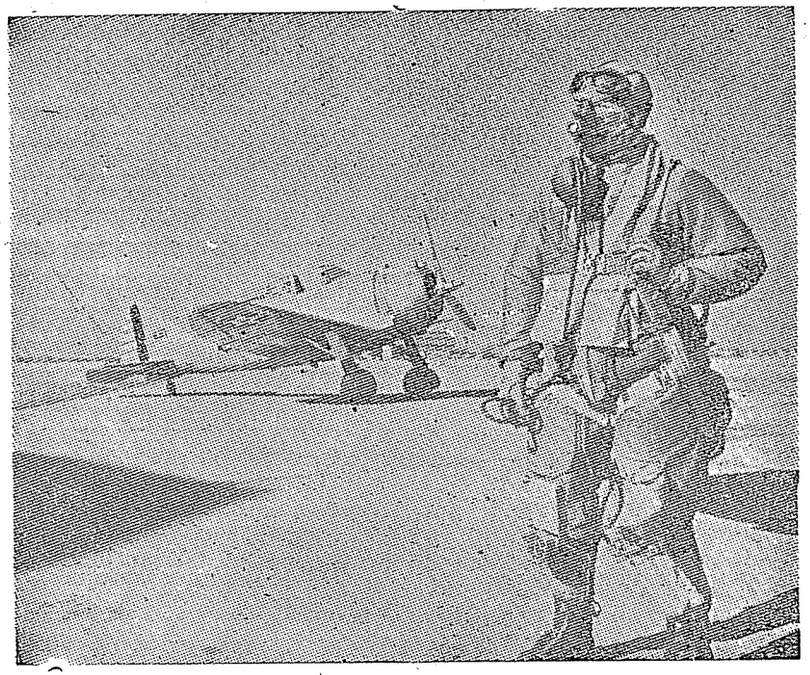
oridir.

BÖLÜM XVII

HAVA BİLGİSİ (METEOROLOJİ)

§ 206. TEMEL KONU. — Yer, varlığı bütün canlıların (Hayvan ve bitkilerin) hayatı için zorunlu olan ve *atmosfer* adı verilen bir gaz tabakasiyle çevrilmiştir. Atmosferin sıcaklığı, basıncı, içindeki hareketler (rüzgârlar) ve içindeki su buharının miktarı bir yerin iklimini belirtir. Bugünün tekniğine göre, bitki ve hayvan yetiştirilmesinde iklimin bilinmesinin büyük bir önemi vardır. Gerçekten, memnun edici bir verim, ancak bu yolla elde edilebilir. Hava bilgisi, deniz ve hava yolculuklarının güvenle yapılabilmesi bakımından da çok önemlidir.

Hava bilgisi edinmek için kullanılan metot ve araçların incelenmesi fiziğin - *meteoroloji* adı verilen - bir dalının konuları olurlar.



Şek. 151. Yüksek uçuşlara göre hazırlanmış bir pilot

§ 207. ATMOSFERİN YÜKSEKLİĞİ VE BİLEŞİMİ. — Hava yoğun-ınun 1,293 gr/dm³ kadar olduğunu görmüştük. Bu yoğunluk bütün osfer yüksekliğince sabit kalmış olsaydı, 76 cm Hg sütununun ba-ı ile denkleşebilmesi için, atmosfer yüksekliğinin ancak 8 km olması ekirdi. Oysa, atmosferdeki havanın yoğunluğu, yerden yükseldikçe ır ve bu nedenle atmosferin yüksekliği 8 km den daha çoktur. rudan doğruya ölçülmesi mümkün olmamakla beraber, meteorların nesi gibi birtakım olayların gözlenmesiyle, bu yüksekliğin 80 km ka-olduğu kestirilmiştir.

Atmosferdeki havanın bir gaz karışımı olduğu bilinmektedir. Bu ka-nın belli başlı iki bileşeni oksijen ve azottur (% 21 oksijen ve % 78 :). Havada az miktarda asal gazlar (argon, helyum, neon, kripton ksenon) da vardır. Havada bulunan yabancı maddeler arasında ise, ɔuharı, karbon dioksidi ve çok az miktarlarda amonyak, ozon ve ·ojen gibi gazlar bulunur.

Atmosferde yükseldikçe basıncın ve onunla birlikte oksijen miktarı-da azalması vücudumuzda kan dolaşımının ve solunumun normal gi-ni bozar. Gerekli tedbirler alınmamışsa, bu aksaklık, boğulma ve den kan fışkırması ile, insanı ölüme bile sürükleyebilir. Bu ne-le, atmosferin yüksek katlarına yapılacak uçuşlarda pilotlar oksijen ıtları ile solunum yaparlar; soğuktan korunmak için iyice giyinirler ıava sızdırmayan kapalı odacıklarda otururlar. (Şek. 151) de yüksek ş için hazırlanmış bir pilot görmektesiniz.

Atmosferin katları: Dünyamızı saran atmosferin başlıca iki katı ɔakası) vardır: *Troposfer* ve *stratosfer*.

a) *Troposfer*: Bu tabaka, yerden başlayarak 11 km yüksekliğe in sürer. İlk 4 km lik kısmında, basınç değişiklikleri yüzün-, siklonlar, fırtınalar ve önemli hava akımları oluşmaktadır. Su bu-, organik ve inorganik tozlar hep bu tabakada bulunurlar. Bu tabaka a akımları ile sürekli olarak çalkalandığından, atmosferi oluşturan arın karışma oranı hep aynı kalır. Troposferin 4 - 11 km arasında ka-ikinci kısmında ise, önemli hava akımları yoktur; yalnız, bu taba-ın üst kısımlarında, ince buz iğnelerinden oluşan sirüs bulutları ınurlar.

b) *Stratosfer:* Yerden 11 - 80 km yüksekte bulunan stratosfer ta-asındaki hava sürekli olarak durgundur. Su buharı ve dolayısiyle ıtlar yoktur. Havayı oluşturan gazlar, yoğunluklarına göre, ayrı ayrı arda bulunurlar. Stratosferin sıcaklığı pek düşük ve (— 54°C) ile 90°C) arasındadır.

Stratosferin yukarısında ise, sıcaklık daha az olup tam bir karanlık ır.

Stevens ve Anderson 1935 yılında özel bir balonla yerden 22,5 km

yükselmeyi başararak stratosferin bu kısmına kadar olan özelliklerini inceleyebilmişlerdir. Yalnız alet taşıyan sondaj balonları ise 37,5 km ye kadar uçurulabilmiştir. 1947 de Amerika'daki New Mexico'dan salınan bir V-2 roketi, yer'den 180 km ye kadar yükselerek, bu yükseklikten yer'in fotoğraflarını çekmiştir. Bu fotoğraflarda yer'in yuvarlak olduğu açıkça görülmektedir. Gitgide geliştirilen füzeler ise ay'a atılabilmiştir (1959).

Son zamanlarda yapılmakta olan çalışmalar, önümüzdeki yıllarda, bu alanda çok daha ileri adımlar atılacağını göstermektedir.

HAVANIN SICAKLIĞI

§ 208. HAVANIN SICAKLIĞI VE ÖLÇÜLMESİ. — Bir yerin iklimini belirten fiziksel etmenlerden biri *hava sıcaklığıdır*. Havanın sıcaklığı, güneş'in ışınlarından ve komşu cisimlerin ısı ışımasından korunan, civalı bir termometre ile ölçülür. Bundan başka, *maksimum ve minimumlu ve yazıcı* termometreler de kullanılır.

Belli bir yerde, termometrelerle ölçülen hava sıcaklığının, mevsime ve günün saatlerine göre değiştiği anlaşılmaktadır.

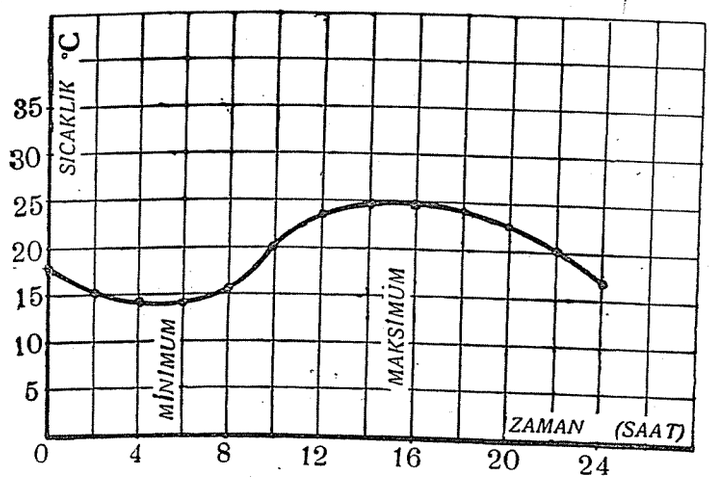
a) *Günlük sıcaklık değişmeleri:* Bunu belirtmek için günün her saatinde hava sıcaklığını ölçmek yeter. Geçici sebeplerin ortaya koyabileceği hataları azaltmak için, günün herhangi bir saatinin sıcaklığı olarak, bir güne ait olan sıcaklık derecesini değil, o saat için bir aylık ortalamayı almak uygundur. Elde edilen sonuçları (Şek. 152) deki grafik özetlemektedir. Bundan görmekteyiz ki, sıcaklık, Güneş'in doğuşundan az sonra (saat 6 da) artmağa başlar ve, bu artış, öğleden sonra saat 14 - 16 ya kadar sürer. Bu zaman süresi içinde, yer, ışıma ile yaydığı ısı enerjisinden daha çoğunu güneş'ten alıyor demektir. Günün geri kalan saatlerinde, yer'e, ışıma ile yaydığı ısıdan daha azı geldiği içindir ki sıcaklık düşer.

b) *Aylık sıcaklık değişimi:* Günlük ortalama sıcaklık, bir günün 24 saatinde ölçülen sıcaklıkların ortalamasıdır. Bir ayın bütün günleri için hesaplanan günlük ortalama sıcaklıkların ortalaması ise, *aylık ortalama sıcaklığı* verir. Bir yerin aylık ortalama sıcaklığı ne kadar çok senenin ölçmelerine dayanarak bulunmuş ise, o derece isabetlidir.

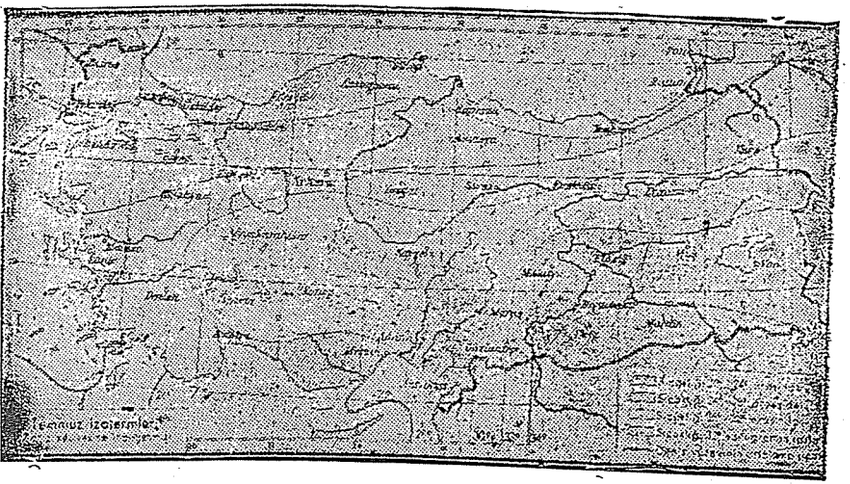
Ortalama sıcaklıkları değiştiren nedenlere gelince, bunlar *yüksekli-lik enlem ve rüzgârlardır.*

Yükselen bir hava kütlesi genleşerek soğur, alçalan bir hava kütlesi ise, ısınır. Bu ve - bunun gibi - birkaç başka nedenle, yerden yükseldikçe sıcaklık azalır. Yerden başlayarak 11 km yüksekliği olan, ve *troposfer* adı verilen, atmosfer tabakası içinde ortalama olarak her 100 metre yükselmede, 0,6°C kadar bir sıcaklık azalması olduğu anlaşılmıştır. Troposferin üstünde bulunan ve *stratosfer* adı verilen atmosfer tabakasında

caklık yüksekliğe bağlı değildir. Stratosferde, bulunulan yere göre -55°C ile —90°C arasında değişen, sabit bir sıcaklık bulunmuştur.



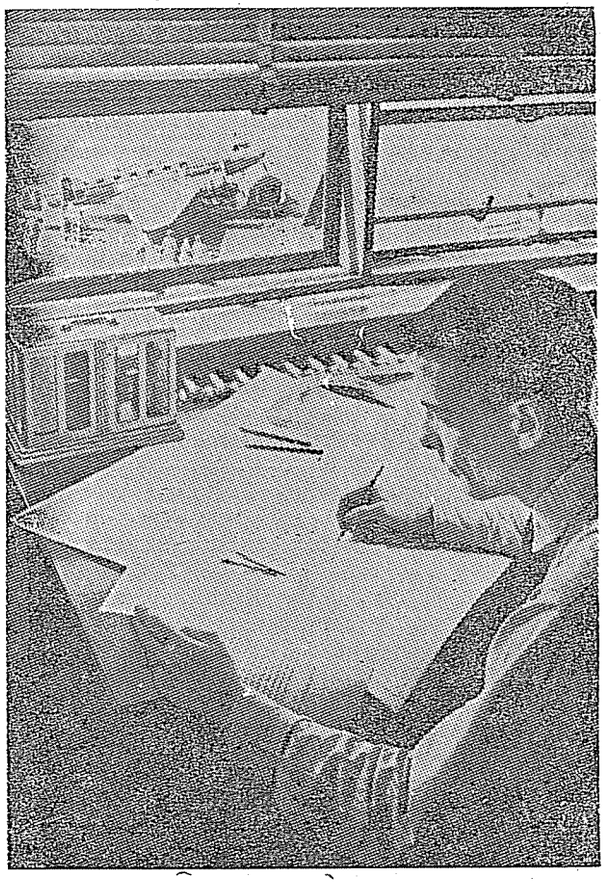
Şek. 152. Bir günün çeşitli saatlerinde ölçülen sıcaklık derecelerine göre çizilmiş olan sıcaklık grafiği.



. 153. Türkiye'de Temmuz ayına ait ortalama sıcaklıklara göre hazırlanmış izoterm itası. Bundan, Türkiyemizde yaz sıcaklığının bölgelere göre dağılışı görülmektedir. (Faik Sabri Duran'ın atlasından)

Ortalama sıcaklıkları değiştiren başka bir etken, rüzgârlardır. Ger- kten, bir yere soğuk bölgelerden sürekli olarak rüzgâr esmesi o yerin alama sıcaklığını düşürür.

§ 209. İZOTERM EĞRİLERİ.— Ortalama sıcaklıkları aynı olan yerler bir harita üzerinde işaretlenir ve bir çizgi ile birbirlerine birleştirilirse, eşit sıcaklıklı bölgeleri gösteren bir eğri elde edilmiş olur. Buna, *izoterm eğrisi* denir (Şek. 153). Yükseklik farkından ileri gelen sıcaklık değişmelerinin etkisini ortadan kaldırmak için, haritaya işaretlenen



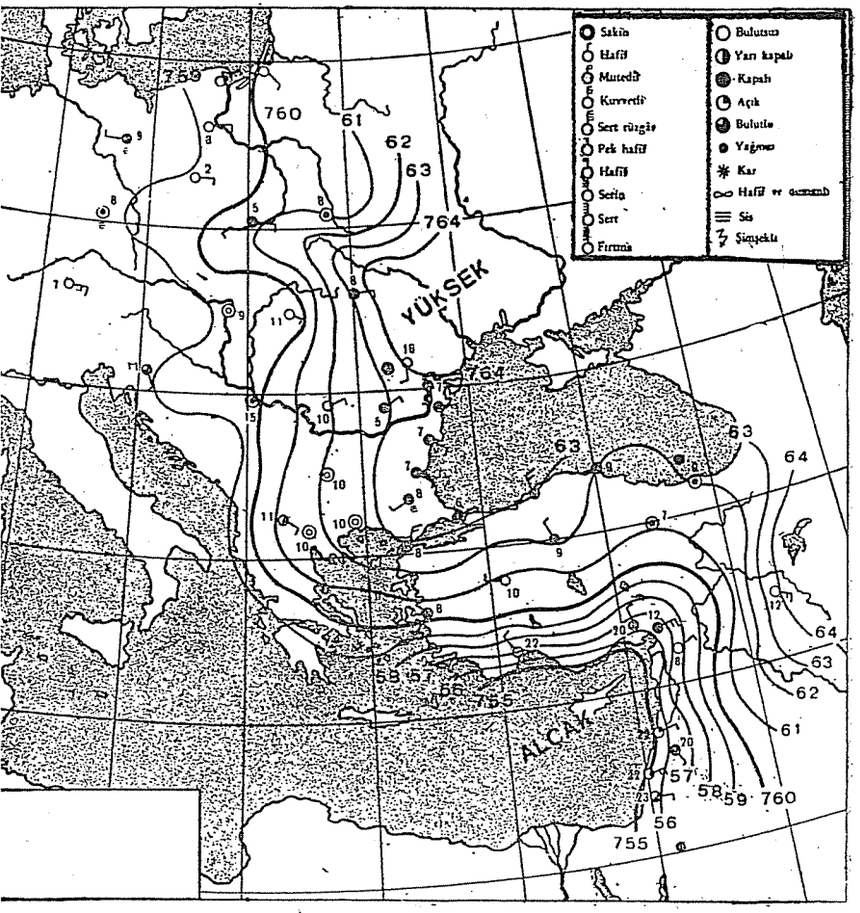
Şek. 154. Günlük izobar haritalarının özellikle hava yolculuklarında büyük bir önemi vardır.

ortalama sıcaklıklar 0 yükseltisine göre düzeltilmiştir. Örneğin, 500 m yükseltisi olan bir yerde belirtilen ortalama sıcaklık - haritaya geçirilirken - (5 × 0,6 = 3°C) düşürülerek yazılır.

ATMOSFER BASINCI VE RÜZGÂRLAR

§ 210. ATMOSFER BASINCI VE BU BASINCIN DEĞİŞMELERİ. — eteoroloji merkezlerinde, atmosfer basıncı civalı barometrelerle ölçür. Bir çok merkezlerde okunan barometre yükseklikleri özdeş koşulra indirgemek gerekir. Bunun için barometre yükseklikleri 0°C lük aklığa ve 0 yükseltisine indirgenirler. Yer'den yükseldikçe atmosfer sıncının azaldığını § 95 te görmüştük.

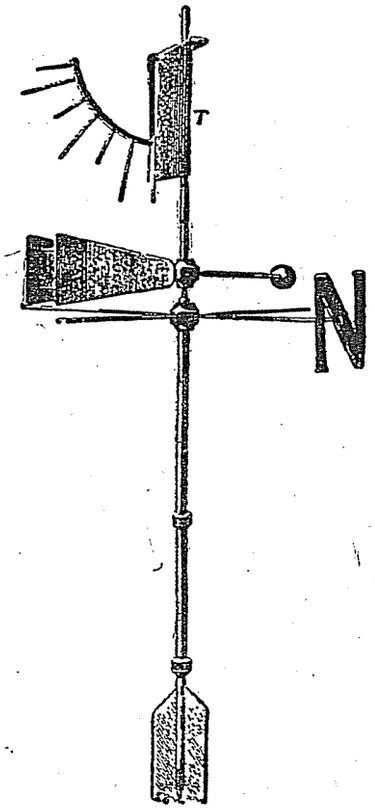
§ 211. İZOBAR EĞRİLERİ, ALÇAK VE YÜKSEK BASINÇ MERZLERİ. — Türlü merkezlerde okunan ve özdeş koşullara indirgenen



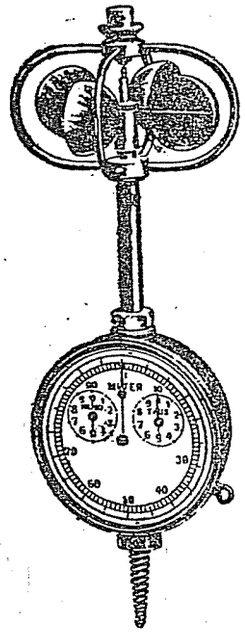
Şek. 155. Günlük izobar haritası.

ınçlar, bir harita üzerine işaretlenir ve eşit basınçlı merkezler birer gi ile birbirlerine birleştirilirse, *izobar eğrileri* elde edilmiş olur.

Üzerine izobar eğrileri çizilmiş bir meteoroloji haritası (Şek. 155) üzerinde basınçları yüksek ve alçak olan merkezler kolayca görülebilir. Bir bölgenin aynı güne ait izoterm ve izobar haritaları karşılaştırılacak olursa, genel olarak, maksimum sıcaklıklı bir bölgede minimum basınç ve minimum sıcaklıklı bir bölgede ise maksimum basınç görülür.



Şek. 156. Yüksek binaların damına yerleştirilen jiruet rüzgâr yönünü gösterir.



Şek. 157. Anemometre, rüzgâr hızı arttıkça daha hızlı döner ve 1 s deki dönme sayısının ölçülmesiyle rüzgâr hızı bulunabilir.

§ 212. RÜZGÂRLAR. — Hareket halinde bulunan hava, rüzgârları meydana getirir. Rüzgârın yönü *jiruet* denilen bir alet (Şek 156) ile hızı ise bir *anemometre* ile (Şek. 157) ölçülür.

Yükseklerdeki rüzgârlar, meteoroloji istasyonlarından uçurulan balonların hareketini izleyerek belirtilir (Şek. 158). Bu balonların bırakıldıkları yerden belli bir zamanda ne kadar uzağa ve yükseğe vardığı ölçülerek, rüzgârın yönü ve hızı bulunur.

Rüzgârlar, iki bölge üzerindeki havanın değişik sıcaklıklarda oluşundan ileri gelir. Gerçekten, hava sıcaklığının veya basıncının farklı oluşu, yoğunluk farkı doğurur. Az yoğun olan sıcak hava yükselir ve yerine etraftan soğuk hava gelir. (Konveksiyon akımları). Bu nedenle, alt tabakalarda soğuk bölgelerden sıcak bölgelere doğru, üst tabakalarda ise tersine yönelmiş hava akımları meydana gelir.

Sahil yerlerde, karaların gündüzleri denizlerden daha çabuk ısınması, geceleri ise daha çabuk soğuması sonucu, gündüzleri denizlerden karalara, geceleri ise karalardan denizlere doğru esen devirli rüzgârlar vardır.

Şek. 158. Bir meteoroloji merkezinden uçurulan bir balonun hareketini yerden izleyerek yüksek bölgelerdeki rüzgârların hızı belirtilir.

Yerin ekvator kuşağı, sürekli bir alçak basınç bölgesidir. Çünkü, oradaki hava sıcak ve nemli olduğu için yükselir. Bu nedenle, orta enlemli bölgelerden ekvatora doğru *alize rüzgârları* adı verilen rüzgârlar eser. Yerin dönmesiyle bu rüzgârlar kuzey yarı kürede kuzey doğu ve güney yarı kürede ise güney doğu'ya doğru sapmışlardır.

HAVANIN NEMİ

§ 213. HAVANIN NEMİ. — Yeryüzünde bulunan suların buharlaşması ile, atmosfere sürekli olarak su buharı katılmaktadır. Atmosferin soğuması, içindeki su buharının bir kısmının yağmur veya kar halinde

yoğunlaşmasına yol açar ve atmosferin tümü, hiçbir zaman, su buharı ile doymuş hale gelemez.

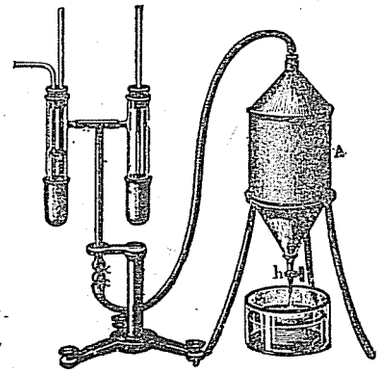
Havanın nemi, 1 «hacım birimi»nde (diyelim, 1 m³'ünde) bulunan su buharının kütlesi ile belirtilebilir. Buna *mutlak nem* denir. Mutlak nemin bilinmesinde büyük bir fayda yoktur. Asıl önemli olan nokta, havadaki su buharının doymuş halden olan uzaklığının bilinmesidir. Bunun için, mutlak nemin, aynı sıcaklıktaki havanın birim hacmını doyuran M nemine oranı kullanılmaktadır. Bu orana, *bağıl nem* denir ve,

$$\text{Bağıl nem} = \frac{\text{Mutlak nem}}{\text{Doyuran nem}} = \frac{m}{M} \qquad (64)$$

yazılabilir.

Bağıl nemin «diyelim, % 70» olduğunu söylemekle, hava içinde, o sıcaklıktaki havayı doyuran nem miktarının % 70 inin bulunduğunu söylemiş oluruz.

§ 214. MUTLAK NEMİN ÖLÇÜLMESİ. — Bunun için kullanılan metodun temelini, belli bir hacımdaki havayı, içinde nemçeker bir cisim bulunan, bir borudan geçirmek ve bu sırada soğurulan su buharının kütlesini belirtmek teşkil eder. (Şek. 159), bu işte kullanılan aygıtı göstermektedir. Hacmı belli olan bir A haznesine doldurulmuş olan su, *h* musluğunun açılmasiyle boşalmağa ve yerine hava girmeğe başlar. Havadaki nem, havanın geçirildiği boru içindeki nemçeker bir cisim (kalsiyum klorürü veya derişik sülfat asidi,...) tarafından soğurulur. Deney sonunda, borunun ne kadar ağırlaştığı belirtilir. Bundan da havanın 1 birim hacmı (diyelim, 1 m³'ü) içinde bulunan su buharı miktarı bulunmuş olur.



Şek. 159. Mutlak nemi ölçen yoğunlamlı higrometre

§ 215. DOYURAN NEMİN HESAPLANMASI. — Bir gazın t°C ve p basıncı altındaki d yoğunluğunun :

$$d = d_0 \frac{p}{760\left(1 + \frac{t}{273}\right)}$$

olduğunu görmüştük (§ 144). Gazın bu koşullar altında hacmı V ise, kütlesi :

$$m = V d = \frac{V p}{760\left(1 + \frac{t}{273}\right)} d_0$$

olur. Su buharının havaya göre yoğunluğu,

$$\delta = \frac{d_0}{a_0} = \frac{d_0}{1{,}293} = \frac{5}{8}$$

olduğundan, d_0 yerine $\frac{5}{8} \times 1{,}293$ yazılarak:

$$m = \frac{p V}{760\left(1 + \frac{t}{273}\right)} \times 1{,}293 \times \frac{5}{8}$$

bulunmuş olur.

$V = 1\ m^3 = 1000\ dm^3$ ise ve p yerine t°C deki doyuran su buharının p_m basıncı konursa; üstteki bağıntı, M doyuran nemini verir:

$$M = \frac{p_m \times 1000 \times 1{,}293 \times 5/8}{760\ (1 + t/273)} \qquad (65)$$

t ve p_m nin bilinmesi, t°C de 1 m^3 havayı doyuran M neminin hesabına yeter.

Aşağıdaki çizelgede, türlü t°C sıcaklıklarında, doyuran su buharının p_m basınçlarını ve üstteki bağıntıdan yararlanılarak hesaplanmış olan M doyuran nem miktarlarını görmekteyiz.

(Doyuran su buharının p_m maksimum basınçları ve 1 m^3 havayı doyuran M nem miktarları)

Sıcaklık °C	p_m mm Hg	M gram	Sıcaklık °C	p_m mm Hg	M gram
—20	0,8	1,08	12	10,5	10,57
—10	2	2,36	14	12	11,96
— 8	2,3	2,74	16	13,6	13.50
— 6	2,8	3,17	18	15,5	15,22
— 4	3,3	3,66	20	17,5	17,12
— 2	3,9	4,21	22	19,8	19,22
0	4,6	4,84	24	22,3	21,54
2	5,3	5,54	26	25,1	24,11
4	6,1	6,33	28	28,2	26,93
6	7	7,22	30	31,7	30,04
8	8	8,21	32	35,5	33,45
10	9,2	9,33	34	39,8	37,18

Mutlak ve doyuran nem belli olduktan sonra, bunların oranı kurularak, bağıl nem hesaplanır.

ALIŞTIRMA: Hava sıcaklığının 30°C ve bu sıcaklıktaki su buharının maksimum basıncının 31,7 mm Hg olduğu bilindiğine göre, 1 m^3 havayı 30°C de doyuran nem miktarını bulunuz.

ÇÖZÜM: 30°C de 1 m^3 havayı doymuş hale getiren su buharının miktarını bulmak için, aşağıdaki formülü kullanmak gerektir:

$$M = \frac{1000\ p_m \cdot 1{,}293 \cdot \frac{5}{8}}{760\left(1 + \frac{t}{273}\right)}$$

$P_m = 31{,}7$ mm Hg ve $t = 30$°C olduğu bilindiğine göre:

$$M = \frac{1000 \times 31{,}7 \times 1{,}293 \times \frac{5}{8}}{760\left(1 + \frac{30}{273}\right)}$$

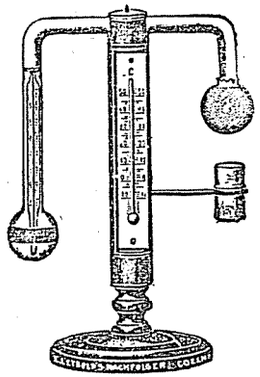
yazılabilir, bundan da:

bulunur.

$$M \approx 30 \text{ gram}$$

§ 216. BAĞIL NEMİN DOĞRUDAN DOĞRUYA ÖLÇÜLMESİ. — Bunun için, çeşitli higrometreler yapılmıştır. Bunlardan iki tanesini inceleyeceğiz.

a) *Daniell* higrometresi.* — Bu aygıt (Şek. 160), ince camdan yapılmış ve iki dirsek yapacak şekilde bükülmüş bir borunun uçlarına eklenmiş iki cam baloncuktan oluşur. Borunun havası boşaltılmıştır ve soldaki baloncuk yarısına kadar eterle doldurulmuştur. Öteki baloncukta, boruda ve soldaki baloncuğun üst yarısında ise doymuş eter buharları bulunur. Soldaki baloncuğa bir termometre konmuş olup dışında altın yaldızlı parlak bir kuşak vardır. Sağdaki baloncuk bir kumaşla sarılmıştır. Dış ortamın sıcaklığını ölçmek için aygıdın ikinci bir termometresi daha vardır.



Şek. 160. Daniell higrometresi

Bağıl nemi bulmak için, önce, havanın t sıcaklığı ölçülür. Sonra, sağdaki baloncuğu saran kumaş üzerine eter damlatılır. Bu eterin buharlaşması balonu soğutur ve bu balondaki doymuş eter buharlarını da soğu-

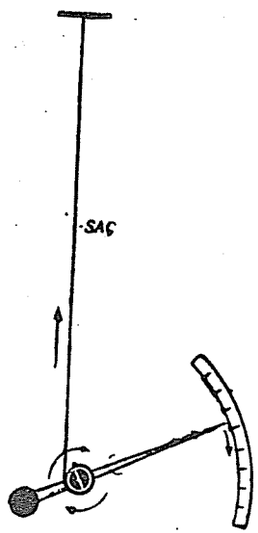
* Daniell, Jean Frédéric (1790 - 1845) — İngiliz fizikçilerindendir.

ak kısmen yoğunlaştırır. Bu yoğunlaşmanın meydana getireceği ba-
ç azalması, öteki yanda bulunan sıvı eterin buharlaşmasına ve do-
ısiyle soğumasına yol açar. Bu baloncuk, sonunda o derece soğur
havada bulunan su buharı, dış yüzü üzerinde yoğunlaşmağa başlar.
yoğunlaşma altın yaldızlı kuşak üzerinde, bir buğulanma meydana
irmesiyle kolayca sezilir. Bu buğulanmanın hangi sıcaklıkta oluş-
u, aygıdın içindeki termometre ile, belirtilir. Okunan t' derecesi, ha-
laki su buharının hangi derecedeki havayı doyuracağını gösterir.
t ve t' sıcaklıklarındaki havayı doyuran M ve M′ nem miktarları
eya, doyuran buharların p_m ve p'_m basınçları - çizelgeden okunur ve:

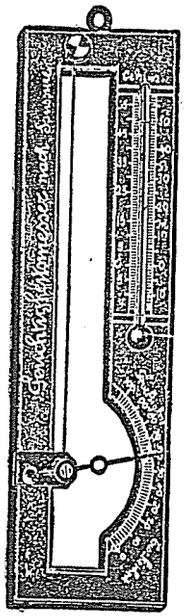
$$\text{Bağıl nem} = \frac{M}{M'} = \frac{p_m}{p'_m} \qquad (66)$$

ıntısından hesaplanır.

b) *Saçlı higrometre:* Yağ ve kirlerinden temizlenmiş saç, hava-
i nem miktarı arttıkça uzar, azaldıkça kısalır. Bu azalma ve kısalma
k. 161 a) daki basit düzenle - bir göstergenin dönme hareketine dö-
türülebilir. Bu prensibe göre yapılmış saçlı higrometrelerle (Şek.



Şek. 161 a.



Şek. 161 b.

) havanın bağıl nemi kolayca ölçülebilir. Aleti derecelemek için,
ergesinin durduğu yerlere, bir başka higrometre ile okunan nem
arlarını işaretlemek gerektir.

ATMOSFERDEKİ SU BUHARININ YOĞUNLAŞMASI, YAĞIŞLAR

§ 217. BULUT OLUŞUMU. — Atmosferdeki su buharı, yeter derece soğuduğu zaman yoğunlaşır. Bu yoğunlaşma bir kaç türlü olabilir:

a) *Nemli havanın sıcak bir bölgeden soğuk bir bölgeye gelişiyle:* Örneğin, ekvatorda ısınan nemli hava, kutuplara doğru yol alırken yoğunlaşır.

b) *Yerden ısınarak yükselen nemli havanın yukarılarda alçak basınçlı bölgelere vararak genleşmesiyle:* Ekvator yağmurları ve yüksek dağ tepelerinde her zaman bulut bulunuşu bundan ileri gelir.

c) *Sıcaklıkları değişik iki hava kütlesinin karışması* da yoğunlaşmağa yol açar.

Atmosferdeki su buharının yoğunlaşmasının ilk belirtisi, *bulutların oluşması*'dır. Bulutlar, çapları 1/50 mm olan küçük su damlacıklarının bir topluluğudur. Bunlar - havanın direnci yüzünden - çok ağır bir hareketle düşerler, yere doğru yaklaştıkça daha sıcak bölgelere vardıkları için yeniden buharlaşırlar. Sonra da yükselmeğe başlarlar ve soğuk bölgelere varınca yeniden yoğunlaşırlar. Bu hareket yerden bakınca çokçası seçilemez ve bulutlar sabit imiş gibi görünürler.

§ 218. BULUT TİPLERİ. — Bulutlar, 4 ana gruba ayrılabilirler: *sirüsler, kümülüsler, stratüsler ve nembüsler* (Şek. 162).

a) *Sirüs bulutları:* Yerden 10 km kadar yüksekte, beyaz, gölgesiz ince tüy veya lif görünüşündedirler. Bunları meydana getiren su, sıvı halde değil, ince buz kristalleri halindedir.

b) *Kümülüs bulutları:* Yerden 1,5 - 2 km yüksekte olan bu bulutlar, iyi havada görünürler. Atılmış bir pamuk yığını görünüşünde yuvarlak kenarlı ve kalın bulutlardır.

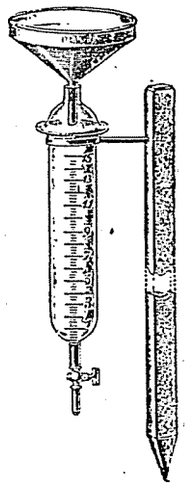
c) *Stratüs bulutları:* Yerden 1 km kadar yüksekte, gri renkli, yatay ve kat kat görünürler. Bunlar yağışa sebep olmazlar.

ç) *Nembüsler:* Koyu renkli, keskin çevreleri olmayan ve yere çok yaklaşan bulutlar olup, çoğun, yağışlara yol açarlar.

Bu temel tiplerden başka melez bulut tipleri de vardır. Kümülonembüs, strato-kümülüs, v.b. gibi.

d) *Sis*: Havanın en alt tabakalarındaki su buharının yoğunlaşması, sis meydana getirir. Bulut içine girilince de (diyelim, bir uçakla) sis içine girilmiş gibi olur.

§ 219. YAĞMUR. — Bir bulut içindeki su damlacıkları büyüyecek olurlarsa, yere düşme hızları artar ve, yeniden buharlaşmağa vakit bulamadan yere kadar inerler. Böylece, bir yağmur sağnağı meydana gelmiş olur. Bir sağnağın damlaları aşağı yukarı aynı boyuttadır. Bu boyut, sıcaklık derecesine ve bulutların yüksekliğine göre değişebilir. Yere düşen yağmur miktarı, (Şek. 163) de görülen, *plüviometre* ile ölçülür. Bu aletin açık ağzından giren yağmur, aşağısında bulunan bölümlü bir silindirde toplanır. Yağış miktarı silindirde toplanan suyun yüksekliği ile ölçülür. Dünyaya düşen senelik yağış miktarı, ortalama olarak, 90 cm kadardır.



Şek. 163. Plüviometre

§ 220. KAR VE DOLU. — Atmosferdeki su buharı 0°C'ün altına kadar soğursa, küçük ve yıldız şeklinde billûrlar halinde katılaşır. Bu billûrların yere düşmesi, kar yağışını meydana getirir.

Su buharının birdenbire yoğunlaşması ve soğuması ise, *dolu* adı verilen, amorf ve küçük küresel daneciklerin oluşmasına yol açar.

§ 221. ÇİĞ VE KIRAĞI. — Gece vakti ışıma yaparak soğumuş olan ot ve yaprakların üzerine, havadaki su buharının yoğunlaşmasiyle, su damlacıkları oluşur. Buna, *çiğ* denir.

Kışın daha soğuk olması, ağaç ve otlar üzerinde, çiğ yerine ince bir buz tabakası yoğunlaşmasına yol açar. Buna *kırağı* adı verilir.

HAVANIN KESTİRİLMESİ

§ 222. HAVANIN KESTİRİLMESİ. — Yaşadığımız enlemlerde havanın durumu, alçak basınç merkezlerinin hareketine bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle, havanın nasıl olacağını, alçak basınç merkezlerinin yerlerini, hareket yönlerini, hızlarını ve gelişmelerini izlemekle, kestirebiliriz,

Dünyanın bir çok uygar ülkelerinde olduğu gibi, yurdumuzda da birçok meteoroloji merkezleri kurulmuştur. Buralrada uzman

Şek. 162. Bulut tipleri: 1. Sirüs; 2. Kümülüs; 3. Nembüs; 4. Stratüs; 5. Kümülo-nembüs: 6. Strato-kümülüs; 7. Siro-kümülüs; 8. Alto-kümülüs.

görevliler, havanın sıcaklığını, basıncını, nemini, bulut ve rüzgârları ve yağışları ölçerler ve edindikleri bilgileri ana merkeze bildirirler. Ana merkeze gelen bu hava bilgilerine göre, günlük meteoroloji haritaları hazırlanır. Bunlar üzerinde hava sıcaklığının ve basıncının dağılışı, rüzgârların doğrultu ve hızları, bulut durumları toplu olarak görülebilir ve alçak ve yüksek basınç merkezleri kolayca belirir (Şek. 154). Daha önceki günlerin haritalarıyla karşılaştırmakla da, alçak basınç merkezlerinin ne kadar hızla ve hangi doğrultuya doğru kaydığı belirtilir. Bu bilgilere göre, alçak basınç merkezinin aynı gidişle ne kadar zaman sonra herelere varacağı kestirilebilir. Kendisine alçak basınç merkezi yaklaşan ve gelen bir bölgede hava bozar. Yüksek basınç merkezi haline gelmekte olan bir yerde ise hava düzelir. (Şek. 154) de görülen haritanın çizildiği gün Akdenizden güney - doğu Anadolu'ya doğru sokulmuş olan bir alçak basınç merkezi, bu bölgede ve özellikle, Nusaybin'de dehşetli bir boraya ve sağnaklara sebep olmuş, seller ve ceviz büyüklüğündeki dolular büyük ölçüde zarar yapmıştır.

Havanın kapalı (Bulutlu) veya açık olacağı da, meteoroloji haritalarında bulutların hareketlerini inceleyerek kestirilir.

Hava sıcaklığının kestirilmesine gelince, bu da rüzgârlara ve havanın bulutlu veya açık oluşuna bağlıdır. Gerçekten, bir yerde havanın açık - bulutsuz - oluşu ve o yere daha sıcak bölgelerden rüzgârların esmesi, sıcaklığın artacağını kestirmemizi sağlar.

Yukarıda açıkladığımız şekilde yapılan hava kestirmeleri, ancak, geniş bir meteoroloji örgütü ile gerçeklenebilir. Bununla beraber, sadece barometreden yararlanarak da, bir yerde havanın nasıl olacağı kestirilebilir. Bunun için, barometre ile, basıncın herhangi bir andaki değerini değil, gidişini - değişme şeklini - izlemek gerekir. Basıncın yavaş yavaş düşmesi veya yükselmesi bulunulan yere bir alçak basınç merkezinin yaklaştığını veya uzaklaştığını belirtir. Bundan, birinci halde havanın bozacağı, ikinci halde ise düzeleceği kestirilir. Barometre yüksekliğinin sabit kalması, havanın sakin ve aynı kararda kalacağını gösterir. Barometre yüksekliğinde birdenbire olan değişmeler ise, fırtına ve sağnak gibi olayları haber verir.

Bulutlardan da hava kestirmesi için yararlanılabilir. Örneğin, gökte sirüs bulutlarının oluşması, çokluk, bir alçak basınç merkezinin yaklaşmasını belirtir. Balıkçılar ve gemiciler, bulutların cins ve hareketinden havanın nasıl olacağını kestirmede oldukca ustalaşmışlardır.

ÖZET

1. METEOROLOJİ ÖLÇMELERİ. — Bir yerin iklimini belirtmek için o yerin sıcaklığını, açıkhava basıncını ve bununla ilgili olarak rüzgârları ve nemi incelemek gerekir. Bunlar meteorolojinin temel ölçmeleridir.

2. ATMOSFERİN YÜKSEKLİĞİ VE BİLEŞİMİ. — Atmosfer, 76 cm Hg basıncı ile denkleşebilen bir hava tabakası halindedir. Havanın yoğunluğu her tarafında aynı olsa idi atmosferin 8 km kadar bir yüksekliği bulunurdu. Oysa yükseldikçe basınç ve hava sıcaklığının azalması, hava yoğunluğunu da azaltır. Doğrudan doğruya ölçülmemiş olmasına karşılık birtakım olaylar, atmosfer yüksekliğinin 80 km kadar olduğunu tahmin ettirmektedir.

Havanın bileşiminde % 78 azot ve % 21 oksijen başta gelmektedir. Az miktarda asal gazlar, su buharı, CO_2, amonyak, ozon ve hidrojen,.. de vardır.

3. HAVANIN SICAKLIĞI. — Güneş'in ışınlarından ve çevredeki sıcak cisimlerden korunan civalı termometrelerle ölçülür. Günlük gidişte bir yükselme ve bir alçalma bulunmaktadır. Bir yerin iklimini belirtirken o yerin sıcaklığını günü gününe ve senelerce ölçmek ve bu ölçmelerden değişik aylar için ortalama sıcaklıkları hesaplamak gerekir.

Bir yerin ortalama sıcaklığı yükseklikle, enlemle ve rüzgârlarla değişir.

4. ATMOSFERİN BASINCI. — Civalı barometrelerle ölçülür. Çeşitli merkezlerde değişik sıcaklık ve yükseklikte ölçülen barometre yüksekliğini birbiriyle karşılaştırabilmek için, bütün merkezlerin basınçları 0°C lük sıcaklığa ve 0 yükseltisine göre düzeltilir.

Meteorolojide kullanılan basınç birimi milibardır.

$$1 \text{ milibar} = 0{,}75 \text{ mm Hg}$$

ya eşittir.

5. RÜZGÂRLAR. — Havanın hareketi rüzgârları oluşturur. Rüzgârın yönü jiruet, hızı ise anemometre ile ölçülür.

6. HAVANIN MUTLAK NEMİ. — 1 m³ havada bulunan su buharı (nem) miktarına, mutlak nem denir. Mutlak nem yoğunlamlı higrometre ile ölçülür.

Belli bir sıcaklıkta bulunan 1 m³ havayı doymuş hale getiren nem miktarına, doyuran nem denir.

Herhangi bir t sıcaklığında bulunan 1 m³ havayı doyuran nem miktarı

$$M = \frac{1000\, p_m \times 1{,}293 \times \frac{5}{8}}{760 \left(1 + \frac{t}{273}\right)}$$

formülünden hesaplanır. Buradaki p_m, t°C de bulunan su buharının maksimum buhar basıncıdır.

7. BAĞIL NEM. — Mutlak nemin, o sıcaklıktaki havayı doyuran neme oranına denir.

$$\text{Bağıl nem} = \frac{\text{Mutlak nem}}{\text{Doyuran nem}}$$

dir.

8. BAĞIL NEMİN DOĞRUDAN DOĞRUYA ÖLÇÜLMESİ. — Bunun için Daniell rometresi kullanılabilir. Havanın t sıcaklığında ve deneyde bulunan t′ buğulanma sıcaklında havayı doyuran nem miktarları M ve M′ ise, aranan bağıl nem:

$$\text{Bağıl nem} = \frac{M}{M'} = \frac{p_m}{p'_m}$$

ı.

9. YAĞIŞLAR. — Havadaki su buharının yoğunlaşması birtakım olaylara yol açar.

a) BULUT OLUŞUMU. — Nemli havanın yükselmesi veya soğuk bir bölgeye gelsiyle yoğunlaşmasından bulutlar oluşur. Bulutlar çapları çok küçük (1/50 mm lar) olan su damlacıkları veya ince buz kristalleridir.

b) YAĞMUR. — Bulutlardaki su damlalarının büyüyerek yere düşmesiyle oluşur. ğmur miktarı plüviometre denen basit bir aygıtla ölçülür.

c) KAR VE DOLU. — Atmosferdeki su damlacıklarının 0°C altında katılaşmadan oluşur. Yavaş bir katılaşma kar, birdenbire bir katılaşma ise olu yapar.

ç) ÇİĞ VE KIRAĞI. — Geceleri ışıma ile soğumuş olan ot ve yapraklar üzerinde adaki su buharının yoğunlaşmasiyle çiğ olur.

Daha soğuk havalarda çığ yerine ince bir buz tabakası oluşur. Buna kırağı denir.

10. HAVANIN KESTİRİLMESİ. — Geniş bir bölgeye yayılmış bulunan meteoroloji syonlarında yapılan ölçme sonuçları merkezde toplanarak günlük meteoroloji haritaları ılır. Bunlardan bir bölgeye alçak ve yüksek basınç merkezlerinin veya soğuk ve sıcak ğaların yaklaşıp yaklaşmadığı kestirilerek hava tahminlerinde bulunulabilir. Deniz ve a yolculukları için bu bilgileri edinmiş olmanın pek büyük önemi vardır.

ÖDEV VE PROBLEMLER

1. Havanın bağıl nemi % 75 ve o andaki sıcaklık 20°C dür. Hava sıcaklığı ne kadar malıdır ki, yağış başlayabilsin?

2. 10°C de bulunan havayı doyuran nemi hesaplayınız. Hava sıcaklığı 30°C'e çıkarbağıl nem ne olur?

3. Bir saçlı higrometre ile okunan bağıl nem % 80 ve sıcaklık 20°C dür. Hava sıığı 0°C'e düşse ne kadar su yoğunlaşır?

EK : 1

C. G. S. BİRİM SİSTEMİ

Fiziğin bir ölçme bilimi olduğunu ve - değişik bir çok miktar için - ölçmeler yapılması gerektiğini biliyoruz. Herhangi bir miktarı ölçmek için onun cinsinden birimler seçilmesi gereklidir. Çeşitli fiziksel miktarlara ait birimler, birbirlerinden bağımsız olarak seçilmiş olsalar, hatırda tutulmaları, birbirlerine çevrilmeleri ve her birine birer etalon hazırlamak bir çok masraf ve zorluğa yol açar. Oysa, bir kaç temel birimden, birçok başka birimi üretmek mümkündür. Böylece, bir birim ailesi veya birim sistemi meydana getirilebilir. Bilim alanında bütün ulusların kullandığı (C.G.S.) adlı birim sisteminde, mekanikte kullanılan birimlerin hepsi, santimetre, gram-kütle ve saniye gibi üç temel birimden üretilebilir. C. G. S. sembolü, bu üç temel birimin ilk harfleriyle meydana getirilmiştir.

Santimetre : C. G. S. sisteminin uzunluk birimidir.
Gram-Kütle : C. G. S. sisteminin kütle birimidir.
Saniye : C. G. S. sisteminin zaman birimidir.

C. G. S. sisteminin türev birimleri :

1) *Yüzey birimi :* Kenarları 1 C. G. S. uzunluk birimi (demek, 1 cm) olan bir karenin yüzeyidir. Bu birime santimetre-kare (cm^2) denir.

2) *Hacım birimi :* Kenarları 1 C. G. S. uzunluk birimi (demek, 1 cm) kadar olan bir kübün hacmıdır. Bu birime santimetre-küb (cm^3) denir.

3) *Kuvvet birimi :* 1 gram-kütlenin Paris'teki ağırlığının 1/981 idir. Bu birime dyn denir.

4) *İş birimi :* 1 C. G. S. kuvvet birimi (= 1 dyn)'nin etki ettiği cismi kendi doğrultusunda 1 C. G. S. uzunluk birimi (= 1 cm) kadar hareket ettirmesi halinde yapılan iş miktarıdır. Bu birime erg adı verilmiştir.

$$W = Fs = 1\ \text{dyn} \times 1\ \text{cm} = 1\ \text{dyn} \times \text{cm} = 1\ \text{erg}$$

dir.

5) *Güç birimi :* 1 C. G. S. zaman birimi (=1 s) içinde 1 C. G. S. iş birimi (= 1 erg) kadar iş yapan bir makinanın gücüdür. Buna 1 erg/saniye denir.

$$p = \frac{W}{t} = 1\ \text{erg}/1\ \text{s} = 1\ \text{erg/s}$$

dir.

6) *Basınç birimi :* 1 C. G. S. yüzey birimi (= 1 cm^2) üzerine 1 C. G. S. kuvvet birimi (= 1 dyn) kadar bir kuvvetin yaptığı basınca denir.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{1\ \text{dyn}}{1\ \text{cm}^2} = 1\ \text{dyn/cm}^2 = 1\ \text{bari}$$

EK : 2

M.K.S. BİRİM SİSTEMİ

lim alanında kullanışlı olan C. G. S. sisteminin birimlerinin boyut-
ygulama ve teknik alanları için çok küçüktür. Bu nedenle M. K. S.
l adı verilen başka bir sistem kurulmuştur. M. K. S. sisteminin te-
rimleri :

Uzunluklar için : *metre* (m),

Kuvvetler - veya ağırlıklar - için : *kilogram - kuvvet* (kg-kuvvet),

Zamanlar için : *saniye* (s) dir.

K. S. sisteminin türev birimleri ise şunlardır :

Yüzey birimi : *metre kare.* — Kenarları 1 M. K. S. uzunluk birimi
k, 1 metre) olan bir karenin yüzeyidir. Bu birim, m^2 sembolü ile
lir.

Hacım birimi : *metre küp* (m^3). — Kenarları 1 metre olan bir
hacmıdır.

Özgül ağırlık birimi : *kilogram/metre küp* (kg/m^3). — 1 m^3 ünün
1 kg olan bir cismin özgül ağırlığıdır.

İş birimi : *kilogram · metre* (kg · m). — 1 kg lık bir kuvvetin
ndığı cismi, kendi doğrultusunda, 1 m hareket ettirirken yaptığı
arıdır.

Güç birimi : *kilogram · metre/saniye* (kg · m/s). — 1 saniyede
n lik iş yapan bir aracın gücüdür.

Basınç birimi : *kilogram/metre kare* (kg/m^2). — 1 kg lık bir kuv-
l m^2 lik bir yüzeye yaptığı basınçtır.

KİTAPTAKİ PROBLEMLERİN CEVAPLARI (*)

Sahife 18

1. 2559 inç ve ∾ 71 yarda ; **2.** 1200 dm^2, 12 m^2, ∾ 18604 $inç^2$; **3.** 0,0006 mm 6000°A ; **4.** 621,3 mil; **5.** 6,4516 cm^2, 0,107 $foot^2$; **6.** 1 m^3 = 1000 dm^3 = 10^6 cm^3 = 10^9 mm^3 ; **7.** ∾ 198,2 litre; **8.** ∾ 7,95 cm ; ∾ 49,64 cm^2 ; **9.** ∾ 50,4 cm ; **10.** ∾ 9817 cm^3 demir, ∾ 7854 cm^3 su ; **11.** ∾ 1,27 cm ; **13.** ∾ 6363,636 km, ∾ 509 090 904 km^2 ; **14.** silindirin yüzeyi daha büyüktür.

Sahife 36

1. 50kg ; **2.** 4 kg ; **3.** Açı 90° ise ∾ 28,3 kg ; **4.** 0 ; **5.** 70 kg, A'dan ∾ 68,5 cm uzakta ; **6.** 12 cm ; **8.** 5 kg, 6 cm ; **9.** ∾ 9.52 cm ; **10.** 500 kg ; **11.** 40 kg kaldırabilenden ∾ 133 ve 140 cm uzağa ; **12.** 5 kg ; **13.** ∾ 9420 kg.

Sahife 49

1. Katlanmayan uçtan 8,75 cm içerde ; **2.** Arakesitten 1,31 cm uzakta ve kare içinde ; **3.** $h = 2r\sqrt{\frac{2}{3}}$; **4.** ∾ 1,2 mm ; **5.** 101 g ve 99 gram ; **6.** 15,6 kg ; **7.** ∾ 2424 cm^3 boşluk vardır. **8.** (Ankara için g = 979,9 alarak) 182,5 g·kütle ve 178831,75 dyn ; **9.** 21,45 g/cm^3; **10.** 300 cm^3, 321,75 g ve ∾ 1,07 g/cm^3 ; **11.** 0,8 g/cm^3 ; **12.** ∾ 2,41 kg 4,287 kg ve ∾ 6,69 kg ; **13.** 77,58 kg.

Sahife 55

1. 49050000 erg, 4,905 joule ve 0,5 kg·m ; **2.** 183 468,2 kg·m ∾ 18,34 ton ; **3.** 7357,5 W, 7357,5 × 10^7 erg/s, 14,72 kW-h ; **4.** 5 × 10^{18} erg ; **5.** 1 kg·m ; **6.** 144 × 10^6 kg·m ve 4077,4 W-h ; **7.** 40000 kg·m ve ∾ 9,52 kg·m/s ; **8.** ∾ 115 g ve 200 g ; **10.** 18,36 ton.

Sahife 76

1. 0,4 kg/cm^2 ; **2.** 25 g/cm^2 ; 187,5 g/cm^2 **3.** 10 cm, **4.** 1,136, 1,680 ve 2,360 Kg/cm^2 ; **5.** 0,864 g/cm^3 ; **6.** 26.4 cm ; **7.** 3 g-küt/cm^3, 3 g-kuv/cm^3 ; **8.** 0,24 g/cm^3 ; **9.** 19,86 g/cm^3 ve 3,15 g/cm^3 ; **10.** 5 g ; **11.** 40 cm^3 ; **12.** ∾ 17,32 g ∾ 48 ve ∾ 1,16 g/cm^3 ; **13.** 29,339 kg ; **14.** ∾ 535,7 g ; **15.** 5400 kg.

Sahife 90

1. 1020 g-kuv/cm^2, 1000,62 mbar (milibar); **2.** ∾ 8 km ; **3.** ∾ en az 689 cm ; **4.** Kutuplarda ∾ 1016,03 mbar, Ankara'da ∾ 1012,82 mbar ve Ekvator'da ∾ 1010,86 mbar ; **5.** 1010000 bari, 75,7 cm Hg basıncı ; **6.** ∾ 15,5 ton ; **7.** 1/2, 1/3, 1/4,... litre ; **8.** Önce, her biri 3/5 at, sonra birlihte 6/5 atmosfer ; **9.** ∾ 39 kg, ∾ 3,9 kg ; **10.** 68,4 ; 61,56, ∾ 55,4,... cm Hg.

(*) Bazı problemler için gereken katsayılar, kitaptaki çizelgelerden alınmalıdır.

Sahife 99

1. 98,6°F; **2.** — 38,2°F, 674,6°F; **3.** ∾ 3,88°C; **4.** — 40°C = — 40°F;

$$\textbf{5.}\quad \frac{F-32}{1,8} = \frac{C}{1} = \frac{R}{0,8}.$$

Sahife 109

1. 0,3 m; **2.** ∾ 4 mm (raylar çelikten ise); **3.** ∓ 23,8°C; **4.** Çapı ,044 mm kadar artar, yüzeyi 1,38 mm² artar; **5.** 80,0144 cm; **6.** 0,182 ² büzülür, 0,208 m² genleşir; **7.** ∾ 3807,6 cm²; **8.** 0,9996 lit ve 1,00054 t; **9.** ∾ 19,6°C, 1005,1 cm³; **10.** 15,3 cm³; **11.** 13,329 g/cm³; **12.** ∾),25; **13.** ∾ 396,6; **14.** ∾ 29 dm³.

Sahife 116

1. ∾ 1,47 cm³; **2.** ∾ 1,27 cm³; **3.** ∾ 758 mm Hg; **4.** ∾ 5 cm; **5.** ∾ 3 litre; **6.** 0,00018; **7.** Alkol için 0,001073; **8.** ∾ 0.00025.

Sahife 126

1. 20 m³; **2.** ∾ 213°C; **3.** ∾ **112,5°C**; **4.** ∾ 10,7 litre; **5.** ∾ 108,6 re; **6.** ∾ 6,6 litre; **7.** $V_0 = V \cdot \frac{p \cdot 273}{760 \cdot T}$ ve $d = d_0 \frac{p \cdot 273}{760 \cdot T}$ **8.** ∾ 9,48 lt; ∾ 1,429 ve ∾ 1,368 g/lt; **10.** ∾ 63,3°C; **11.** ∾ 61,2 g; 187,8°C; . ∾ 1,2 g hava çıkar.

Sahife 133

1. 400 kcal; **2.** 22,22 kcal; **3.** gram başına 9,9 cal; **4.** 0,217)56; 0,93 — 5,86; 6,05; 5,89 — 10,85; 2,8, 4,65; 5. 73,3°C; **6.** ∾ 363°C; 48 dm³; **8.** ∾ 450 kcal; **9.** ∾ 0,02°C; **10.** ∾ 0,109 cal; **11.** C ∾ 0,614; . 252 cal.

Sahife 138

1. ∾ 54,3°C; **2.** Gaz; **3.** ∾ 5°C; **4.** ∾ 15,8°C; **5.** ∾ 21,16°C; **6.** 0,44 ·m veya 4,86 Joule; **7.** 1708 defa (merminin ısınması ihmal edildiğine göre).

Sahife 146

1. 10°C; **2.** ∾ 10,3°C; **3.** 0,12 cal/g · °C; **4.** 64°C; **5.** 48 min; **6.** 66048 ; **7.** Sıcaklığı 15°C de olan su haline geçer; **8.** 80 cal; **9.** 22,22 g; 6°C.

Sahife 175

1. ∾ 537 cal; **2.** 62,5 g buz ergitir; **3.** 717 cal; **4.** ∾ 47°C; **5.** ∾ 13,9 : **6.** 46,6°C de su; **7.** 26,4°C; **8.** ∾ % 15; **9.** 100 B. B; **10.** Güç 9,4 B. B. kadar azalır; **12.** Güçten 13 B. B. kadar kaybımız olur, ancak, canan buhardan % 50 kazanç sağlarız.

Sahife 200

1. 15°C; **2.** 9,4 gram ve ∾ % 31; **3.** 1 m³ havada ∾ 8,85 g su yoğun- r.

İNDEKS

A

Açık hava basıncı 77
Ağırlık 38
Ağırlık merkezi 39
Alkoometre 70
Altimetre 81
Archimedes prensibi 85
Areometreler 70
Aşırı ergime 145
Atom ısısı 131

B

Bağıl nem 190
Barometre 79
Basınç 56
Basit makinalar 28
Baskül 33
Baumé derecesi 70
Berthelot kalorimetresi 155
Birleşik kaplar 63
Boyle Mariotte kanunu 84
Buharlaşma 147
Buharlaşma ısısı 154
Buhar makinası 165
Buhar türbini 169
Bulutlar 195
Buz dolabı 158
Buz makinası 157

C

Cailletet aygıdı 162
Celsius eşeli 96
Crookes radyometresi 181

Ç

Çekül 38
Çıkrık 31

D

Dansimetre 70
Daniell higrometresi 193
Damıtma 160
Denizaltılar 70
Diesel motorları 172
Dilatometre 111
Dinamometreler 20
Dolu 197
Doyuran buhar 148
Doyuran nem 192
Dönen kanadlı tulumba 88
Dulong ve Petit kanunu 131

E

Enerji 53
Ergime 139
Ergime ısısı141
Esnek cisim 19

F

Fahrenhayt ölçeği 96

G

Gay-Lussac kanunu 118, 121
Gazların genleşmesi 117
Gazların genel denklemi 122
Gazların sıvılaştırılması 163
Gazlı termometre 122

ler 69
şme 100
52

H

ıca genleşme 105
ı termometre 94
ın sıcaklığı 184
ın kestirilmesi 198
statik basınç 57

I - İ

127
ısısı 128
le yayılma 180
likle yayılma 176

eğrileri 188
ı eğrileri 186

K

ç 29
119
netri 129
33

boru metodu 137
na 140
na ısısı 141
ıa 150
laylar 73
enerji 53
siyonla yayılma 179
etre 17
19
çifti 27

L

akinası 163

M

Magdeburg yarımküreleri 78
Makara 30
Maksimum - minimumlu termometre 97
Manometre 82
Manometreli kutu 57
Metal manometre 83
Metal termometre 107
Meteoroloji 183
Metrnom 17
Moment 27
Motorlar 171
Mutlak nem 190
Mutlak sıfır 119

N

Normal basınç 79
Normal hacım 123

Ö

Ölçme 13
Özgül ağırlık 45

P

Palanga 31
Palmer 15
Papin tenceresi 153
Paralel kuvvetler 25
Pascal prensibi 60
Pascal terazisi 58
Pistonlu gaz tulumbaları 87
Potansiyel enerji 53
Pratik verim 172

R

Rüzgârlar 188

S

Saçlı higrometre 194
Sıcaklık 93
Sıvıların genleşmesi 110
Sıvı tulumbaları 84

Su cenderesi 61
Su trompu 89
Süblimleşme 159

T

Tartma metotları 43
Terazi 42
Termograf 98
Torricelli deneyi 78

U

Uzama 101

V

Vektör 21
Vernier 14
Vida 34
Vinç 32

Y

Yağmur 197
Yerçekimi 38
Yoğunluk 44
Yüzen ve batan cisimler 67
Yüzeyce genleşme 103
Yüzey gerilim 71