

LİSE YARDIMCI  
ve  
MÜRACAAT KİTAPLARI

Hikmet İlyadin :

TÜRK EDEBİYATINDA NAZIM ..... 400

Mustafa Nihat Özön :

OSMANLICA - TÜRKÇE SÖZLÜK ..... 4000

YABANCI KELİMELER - TÜRKÇE SÖZLÜĞÜ ..... 1500

EDEBİYAT ve TENKİD SÖZLÜĞÜ ..... 1000

TÜRKÇE CEP SÖZLÜĞÜ ..... 750

Kemal Demiray :

KOMPOZİSYON ..... 300

Seyit Kemal Karaalioğlu :

KOMPOZİSYON SANATI ..... 750

EDEBİYAT SANATI ..... 500

EDEBİYAT AKİMLARI ..... 500

TÜRK ŞİİR SANATI ..... 500

Abdurrahman Nisari :

METİNLE TÜRK ve BATI EDEBİYATI I ..... 290

METİNLE TÜRK ve BATI EDEBİYATI II ..... 400

METİNLE TÜRK ve BATI EDEBİYATI III ..... 645

Mithat Candoğan :

LOGARİTME CETVELLERİ (Beş aşarlı) ..... 150

Ziya Uğurel : *Mehmet*

GEOMETRİ PROBLEMLERİ ..... 250

İzzet Kemal Erksal :

KİMYA PROBLEMLERİ I - II - III ..... 750

Mehmet Gökyay :

ÇÖZÜMLÜ CEBİR PROBLEMLERİ I ..... 1000

ÇÖZÜMLÜ CEBİR PROBLEMLERİ II ..... 1000

ÇÖZÜMLÜ CEBİR PROBLEMLERİ III - Fen ..... 1000

ÇÖZÜMLÜ CEBİR PROBLEMLERİ III Edebi ..... 500

Ihsan Irk :

ÇÖZÜMLÜ GEOMETRİ PROBLEMLERİ I ..... 1000

ANALİTİK GEOMETRİ PROBLEMLERİ - DÜZLEM III ..... 1500

Hasan Fehmi Ergin :

ÇÖZÜLMÜŞ TRİGONOMETRİ PROBLEMLERİ I ..... 2000

Reşat Otman :

ÇÖZÜLMÜŞ FİZİK PROBLEMLERİ I ..... 750

ÇÖZÜLMÜŞ FİZİK PROBLEMLERİ II ..... 750

ÇÖZÜLMÜŞ FİZİK PROBLEMLERİ III ..... 750

i. Hayri Yelman :

RADIO - ELEKTRİK PROBLEMLERİ ..... 1000

Burhan Toprak :

ESTETİK (Charles Lalo'dan) ..... 100

DÜŞÜNCELER ve KONUSMALAR (Epiktetos'dan) ..... 500

Enver Behnan Sapolyo :

TÜRKİYE TARİHİ III ..... 1000

YENİ YARDIMCI LİSE KİTAPLARI

# FİZİK

## PROBLEMLERİ

I

(Ölçme, Statik, Sıcaklık ve Isı Bilgileri)

REŞAT OTMAN

Fizik Öğretmeni

Liselerin Birinci sınıfları ile Üniversite ve Yüksek okulların giriş sınavlarına hazırlananlar için:

(Üçüncü basılış)



İNKILÂP ve AKA  
KİTABEVLERİ KOLEKTİF ŞİRKETİ

Istanbul, Ankara Caddesi, No. 95

YENİ YARDIMCI LİSE KİTAPLARI

# FİZİK

## PROBLEMLERİ I

(Ölçme, Statik, Sıcaklık ve İşi Bilgileri)

REŞAT OTMAN

Liselerin Birinci Sınıfları ile Üniversite ve Yüksek Okulların  
giriş imtihanlarına hazırlananlar için

Üçüncü basılış



İNKILÂP ve AKA  
KİTABEVLERİ KOLLEKTİF ŞİRKETİ  
İstanbul — Ankara Caddesi No. 95

## ÖNSÖZ

«Fizik Problemleri» serimizin hazırlanmasında ve yayımlanmasında başlıca iki gaye gündülmektedir. Bunlardan birincisi, öğrencilerin lise müfredat programlarının isteklerine uygun bir seviyeye kolaylıkla ve kendi kendilerine gelmelerini temin etmek, diğeri ise çeşitli kurumlar, üniversiteler ve yüksek okullarca lise mezunları için açılan müsabaka veya giriş imtihanlarına hazırlanmalarına yardım etmektir.

Bu sebeplerle, «Fizik Problemleri» serimizin sadece bir «Problem Dergisi» olmasından ziyade, «öğretici ve yetiştireci bir yardımcı kitap» karakteri taşımamasına özenilmiştir. Konular, ders kitaplarındaki sıralanışlarına paralel böümlere ayrılmış, her bölümün başına kısa bir özet ve problem çözümü için önemli bilgiler konmuş ve bu suretle ders kitaplarına başvurma külfeti ortadan kaldırılmak istenmiştir.

Öğrencilerin bu kitaptan mümkün mertebe çok faydalananları için:

a) Önce bölüm başlarındaki özet ve açıklamaları ve bunları yeter bulmazlarsa ders kitaplarını dikkatle okumaları ve öğrenmeleri,

b) Problemlere geçtikleri zaman, önce, bunların sadece metinlerini dikkatle ve birkaç defa okumaları, sonra, 191 ci sahifedeki tavsiyelere uyarak kendi kendilerine çözmeleri ve bundan sonra kendi çözümleri ile kitaptaki çözümü karşılaştırarak, şayet varsa, yanlış ve eksiklerini bulmaları lazımdır. Aynı problemin çeşitli çözüm yolları olabileceğini ve bazen kitapta gösterilen çözüm yolundan daha kestirmesini ve güzeli de bulabileceğinizi unutmayın.

c) Bazı problemleri, kitapta kullanılanlardan farklı birimleri kullanarak tekrar etmede de büyük fayda vardır.

ç) Bilhassa «Statik ve Kuvvetler» ile ilgili problemlerin çözümünde, düzgün ve hattâ çok defa ölçekli bir şema çizmenin büyük bir kolaylık sağlayacağını ve bununla neticelerinizi kontrol edebileceğinizi aklınızdan çıkarmayınız.

d) Bir problem çözümünün yazılı olarak açıklanış ve ifade ediliş tarzının da güzel olması lazımdır. Bunun için kitaptaki çözümlerin ifade delenişlerini örnek alabilirsiniz. Bunlardan daha kısa bir ifade yetersiz olacağı gibi, daha geniş bir açıklama lüzumsuzdur.

«Fizik Problemleri» serimiz, gençlerimizin fen ve teknik alanında daha iyi yetişmesine yardım edebilirse, bundan büyük bir mutluluk duyacağız.

Reşat OTMAN  
Ağustos 1962 — Pendik

## İÇİNDEKİLER

	Sahife
<b>BÖLÜM I — ÖLÇME VE BİRİMLER</b>	7
<b>BÖLÜM II — KATILARIN STATİĞİ</b>	13
A — Kuvvetler ve momentler	18
B — Ağırlık merkezi	30
C — Özgül ağırlık ve yoğunluklar	34
Ç — İş, güç ve enerji	40
D — Basit makineler	48
<b>BÖLÜM III — SİVİLARIN STATİĞİ</b>	59
A — Hidrostatik basınç ve Pascal prensibi	61
B — Archimedes prensibi ve uygulamaları	74
C — Yüzey gerilim ve kılcal olaylar	90
<b>BÖLÜM IV — GAZLARIN STATİĞİ</b>	93
<b>BÖLÜM V — SICAKLIKLARIN ÖLÇÜLMESİ VE GENLEŞMELER</b>	118
A — Sıcaklıkların ölçümü	121
B — Katıların genleşmeleri	124
C — Sıvıların genleşmeleri	130
<b>BÖLÜM VI — GAZLARIN GENLEŞMELERİ</b>	137
<b>BÖLÜM VII — ISI MİKTARI VE ÖLÇÜLMESİ</b>	151
<b>BÖLÜM VIII — MADDENİN HAL DEĞİŞTİRMEŞİ</b>	158
A — Ergime ve katlaşma	160
B — Buharlaşma, kaynama ve yoğunlaşma	167
<b>BÖLÜM IX — ISI VE İŞ</b>	174
<b>BÖLÜM X — ISİNİN YAYILMASI VE METEOROLOJİ</b>	184
<b>BÖLÜM XI — YARIŞMA VE GİRİŞ İMTİHANLARI SORULARI</b>	185

## KİTAPTA KULLANILAN BAŞLICA MİKTARLARIN SEMBOLLERİ

Uzunluk	<i>l</i>	Celsius derecesi	$^{\circ}\text{C}$
Yükseklik	<i>h</i>	Fahrenheit derecesi	$^{\circ}\text{F}$
Yarıçap	<i>r</i>	Réaumur derecesi	$^{\circ}\text{R}$
Çap	<i>d</i>	Kelvin derecesi	$^{\circ}\text{K}$
Yol	<i>s</i>	İş miktari	<i>Q</i>
Yüzey	<i>S</i>	İsimin mekanik esdeğeri	<i>J</i>
Hacim	<i>V</i>	İş ( $F \cdot s$ )	<i>W</i>
Açı	$\alpha, \beta, \gamma$	Güç ( $W/t$ )	<i>P</i>
Zaman	<i>t</i>	Enerji (potansiyel)	$E_p$
Hız	<i>v</i>	Enerji (kinetik)	$E_k$
Kütle	<i>m</i>	Basınç ( $F/S$ )	<i>p</i>
Özgül kütle ( $m/V$ )	<i>p</i>	Isınma ısisı	<i>c</i>
Kuvvet	<i>F</i>	Ergime ısisı	<i>L</i>
Ağırlık ( $m \cdot g$ )	<i>G</i>	Buharlaşma ısisı	<i>L</i>
Moment	<i>M</i>	Uzama katsayısı	<i>\lambda</i>
Özgül ağırlık ( $G/V$ )	$\gamma$	Yüzeyce genleşme katsayısı	<i>b</i>
Bağıl yoğunluk	<i>d</i>	Hacimce genleşme katsayısı $\alpha, \alpha'$	<i>C</i>
Yüzey gerilim katsayısı	<i>g</i>	Atom ısisı	

## KİTAPTA KULLANILAN BAZI KISALTMALAR

### Önemli katsayılar

Tera	(= $10^{12}$ )	T
Giga	(= $10^9$ )	G
Mega	(= $10^6$ )	M
Kilo	(= 1000)	k
Hekto	(= 100)	h
Deka	(= 10)	d
Desi	(= 1/10)	d
Santi	(= 1/100)	c
Mili	(= 1/1000)	m
Mikro	(= 1/ $10^6$ )	$\mu$
Nano	(= 1/ $10^9$ )	n
Piko	(= 1/ $10^{12}$ )	p
Femto	(= 1/ $10^{15}$ )	f
Atto	(= 1/ $10^{18}$ )	a

### Önemli birimler

Metre	m
Yarda	yd
Foot	ft

### Önemli birimler

Gram	g
Pound (= libre)	lb
Ton	t
Saat	h
Dakika	min
Saniye	s
Newton	N
Joule	J
Watt	W
Buhar beygiri	b.b
Beygir gücü	h.p
Kalori	cal

### Katsayılı birimlere örnekler

Santimetre (= 1/100 m)	cm
Kilowatt (= 1000 watt)	kW
Watt - saat	Wh
Kilogram . metre	kg . m

## GREK ALFABESİ

Alfa	A, α	Eta	H, Η	Nü	N, ν	To	T, τ
Beta	B, β	Teta	Θ, θ	Ksi	Ξ, ρ	Upsilon	Υ, υ
Gamma	Γ, γ	Yota	Ι, ι	Omkron	Ο, ο	Fi	Φ, ϕ
Delta	Δ, δ	Kappa	Κ, κ	Pi	Π, π	Khi	Χ, χ
Epsilon	Ε, ε	Lambda	Λ, λ	Ro	Ρ, ρ	Psi	Ψ, ψ
Zeta	Ζ, ζ	Mü	Μ, μ	Sigma	Σ, σ	Omega	Ω, ω

## BÖLÜM I

### ÖLÇME VE BİRİMLER

1. ÖLÇME NEYE DENİR? — Bir büyüklüğü ölçme, onu kendi cinsinden birim olarak seçilmiş bir başka büyüklükle karşılaştırmaktır. Ölçmenin amacı, ölçülecek büyülüklük içinde, kullanmakta olduğumuz birim büyülügün kaç defa bulunduğu belirtmektir.

2. UZUNLUKLARIN ÖLÇÜLMESİ. — Bilim alanında, bütün milletlerce kullanılan uzunluk **birimleri** m e t r e den türerler. Yer meridyeni uzunluğunun 40 milyonda biri 1 metre (= m) dir.

İngilizce konuşan milletler, günlük hayatlarındaki işlerinde ve mühendislik alanında y a r d a ve bundan türemiş olan birimleri kullanırlar. Çeşitli uzunluk birimlerinin büyülüklükleri arasında

$$1 \text{ yarda} = \frac{3600}{3937} \text{ metre} \approx 0,91 \text{ m} = 3 \text{ foot} = 36 \text{ inç}$$

bağıntısı vardır.

3. YÜZEY VE HACİMLERİN ÖLÇÜLMESİ. — Verilen cismin geometrik özelliğine göre, bir veya birkaç uzunluğunun ölçülmesi ve belirli geometri formüllerinin kullanılması yoluyla yapılır.

Yüzeylerin ve hacimlerin ölçülmesinde kullanılan birimler, uzunlukları ölçmek için seçtiğimiz birimlere bağlı olarak tanımlanırlar. Örneğin, metreden metre kare, yardadan yar da kare... gibi yüzey birimleri ve metre küp, yar da küp... gibi hacim birimleri türer. 1 metre kare ( $\text{m}^2$ ), kenarları 1'er metre olan bir karenin yüzeyi; 1 metre küp ( $\text{m}^3$ ) ise, kenarları 1'er metre olan bir küpün hacmidir.

4. ZAMANLARIN ÖLÇÜLMESİ. — Zamanları ölçmek için kullanılan birimler o r t a l a m a g ü n e ş g ü n ü 'nden türerler. Başlıcaları: saat (= 1/24 gün), dakika (= 1/60 saat) ve saniye (= 1/60 dakika) dir.

5. MUTLAK VE BAĞIL HATA. — Ölçmeyi yapanın veya kullandığı araç veya metodun yetersizliğinden, ölçülen bir büyülüklük, tam olarak belirtilemez. Bu yüzden, hemen her ölçmede bir miktar hata yapılır.

Gerçek değeri  $a$  olan bir büyülüklük,  $a'$  olarak ölçülmüş ise, bu ölçümedeki mutlak hata ( $a - a'$ ), bağıl hata ise  $\left(\frac{a-a'}{a}\right)$  dir.

## PROBLEMLER

1. a) 1,60 metrelük bir uzunluğu, inç ve foot cinsinden, b) 110 inçlik bir uzunluğu ise santimetre ve metre cinsinden hesaplayınız.

**Çözümü :** a)  $2,54 \text{ cm} = 1 \text{ inç}$  olduğundan,  $1,6 \text{ m} = 160 \text{ cm} \approx 63 \text{ inçlik bir uzunluk}$ ,

$$x = \frac{160(\text{cm}) \times 1(\text{inç})}{2,54(\text{cm})} \approx 63 \frac{(\text{cm}) \times (\text{inç})}{(\text{cm})} \approx 63 \text{ (inç)}$$

dir.  $12 \text{ inç} = 1 \text{ foot}$  olduğundan,  $1,6 \text{ m} = 160 \text{ cm} \approx 63 \text{ inçlik bir uzunluk}$ ,

$$\frac{63(\text{inç}) \times 1(\text{foot})}{12(\text{inç})} \approx 5,25(\text{ft}) \text{ olur.}$$

b)  $1 \text{ inç} = 2,54 \text{ cm}$  olduğundan,  $110 \text{ inçlik bir uzunluk}$ ,

$$\frac{110(\text{inç}) \times 2,54(\text{cm})}{1(\text{inç})} \approx 292 \frac{(\text{inç}) \times (\text{cm})}{(\text{inç})} = 292 \text{ (cm)} = 2,92 \text{ (m)} \text{ olur.}$$

2. a)  $555 \text{ ft} + 5(1/8) \text{ inçlik bir yükseklik ne kadar metredir?}$

**Çözümü :** a)  $555 \text{ ft} = 555 \times 12 = 6660 \text{ inç}$  olup, verilen yükseklik, inç cinsinden,  $6660 \text{ inç} + 5 \frac{1}{8} \text{ inç} = 6665 \frac{1}{8} \text{ inç} = 6665,125 \text{ inç}$  olur. Bu uzunluğun, cm cinsinden karşılığı, yukarıdaki problemde olduğu gibi,

$$\frac{6665,125(\text{inç}) \times 2,54(\text{cm})}{1(\text{inç})} \approx 16929,42 \text{ (cm)} \approx 169,29 \text{ (cm)}$$

dir.

3. 440 yardalık bir uzunluğun metre cinsinden karşılığını bulunuz. Bu uzunluğu  $44$  saniyede koşan bir atletin hızı (saniyede aldığı yol) ne kadar (yarda/s) ve ne kadar (m/s) dir?

**Çözümü :**  $1 \text{ yar}da = 36 \text{ inç} = 36 \times 2,54 = 91,44 \text{ cm} = 0,9144 \text{ m}$  olduğundan.  $440$  yardalık uzunluğun metre cinsinden karşılığı  $440 \times 0,9144 \approx 402$  metre dir.

$44$  saniyede  $440$  yarada (veya  $402$  metre) koşan bir atletin hızı ise,

$$v = \frac{440(\text{yd})}{44(\text{s})} = 10(\text{yd/s}) \quad \text{veya} \quad v = \frac{402(\text{m})}{44(\text{s})} \approx 9,14 \text{ (m/s)}$$

olur.

4. Sesin havadaki yayılma hızı  $330 \text{ (m/s)}$  dir. Bunu,  $(\text{yd/s})$  ve  $(\text{ft/s})$  cinsinden hesaplayınız.

**Çözümü :**  $0,9144 \text{ m} = 1 \text{ yd}$ ,  $1 \text{ m} = 1,094 \text{ yd} = 3,282 \text{ ft}$  dir.

Buna göre, sesin havadaki yayılma hızı,

$$v = 330 \text{ (m/s)} = 330 \times 1,094 = 361,02 \text{ (yd/s)} = 330 \times 3,282 = 1083,06 \text{ ft/s}$$

olur.

5. Dairesel bir levhanın çapı  $12,6 \text{ cm}$  olarak ölçülüyor. Bu dairenin: a) Çevresinin uzunluğu ne kadar cm dir? b) Yüzölçümü ne kadar  $\text{dm}^2$  dir? c) Çap ölçülmesinde  $1 \text{ mm}$  kadar bir ölçme hatası yapılmış olsa, hesaplanan çevre uzunluğundaki mutlak ve bağıl hata ne olur?

**Çözümü :** a) Yarıçapı  $r = 12,6/2 = 6,3 \text{ (cm)}$  olan bir dairenin çevre uzunluğu,

$$l = 2\pi r = 2 \times (22/7) \times 6,37 \text{ (cm)} = 39,6 \text{ (cm)}$$

b) Yarıçapı  $r = 6,3 \text{ (cm)} = 0,63 \text{ (dm)}$  olan bir daire alanının yüzölçümü,

$$S = \pi r^2 = (22/7) (0,63 \text{ dm})^2 \approx 1,25 \text{ (dm)}^2$$

c) Ölctüğümüz daire çapının doğru değeri  $12,5 \text{ cm}$  olsun. Buna göre çevre uzunluğu  $l' = 2\pi r = (22/7) \cdot 12,5 \text{ (cm)} \approx 39,3 \text{ (cm)}$  olur. Bu ölçmede mutlak hata

$$l - l' = 39,6 \text{ (cm)} - 39,3 \text{ (cm)} = 0,3 \text{ (cm)}$$

bağıl hata ise,

$$\frac{l - l'}{l} = \frac{0,3 \text{ (cm)}}{39,3 \text{ (cm)}} = \frac{1}{131}$$

olur.

6. Uzunlukları milimetrenin  $10$  da birine kadar ölçülebilir bir versiyeli kompasla bir kurşun kalemin çapı ölçüülüyor ve  $9,2 \text{ (mm)}$  bulunuyor. Öte yandan, milimetrelere kadar bölümlü bir cetvel ile bir başka uzunluk ölçüülüyor ve  $36,1 \text{ (cm)}$  bulunuyor. Bu ölçmelerin hangisi daha olumlu ludur?

**Çözümü :** Birinci ölçmede yapılabilecek maksimum mutlak hata  $0,1 \text{ mm}$ , ikincisinde yapılabilecek maksimum mutlak hata ise  $1 \text{ mm} (= 0,1 \text{ cm})$  dir. Bu ölçmelerde yapılmış olan bağıl hatalar,

$$\frac{0,1 \text{ (mm)}}{9,2 \text{ (mm)}} \approx 0,011 = \% 1,1 \quad \text{ve}$$

$$\frac{0,1 \text{ (cm)}}{36,1 \text{ (cm)}} \approx 0,0027 = \% 0,27$$

dir. Mutlak hata bakımından daha az hata yapılmış olan birinci ölçmede, ölçülen büyütüğün  $\%$  de  $1,1$ 'i, ikinci ölçmede ise, ölçülen büyütüğün  $\%$  de  $0,27$  si kadar hata yapılmıştır ve dolayısıyle, daha kaba bir ölçü aleti kullanılmış ve daha büyük bir mutlak hata yapılmış olmasına rağmen, ikinci ölçme birincisinden daha inceliklidir (olumludur).

7.  $1 \text{ (inç}^2)$  ne kadar ( $\text{cm}^2$ ) ve  $1 \text{ (cm}^2)$  ne kadar ( $\text{inç}^2$ ) dir?

**Çözümü :** a)  $1 \text{ inç} = 2,54 \text{ cm}$  olduğundan,

$$1 \text{ (inç}^2) = 1 \text{ (inç)} \times 1 \text{ (inç)} = 2,54 \text{ (cm)} \times 2,54 \text{ (cm)} \approx 6,452 \text{ (cm}^2) \text{ ve,}$$

$$1 \text{ (cm}^2) = 1 \text{ (cm)} \times 1 \text{ (cm)} = (1/2,54) \text{ inç} \times (1/2,54) \text{ inç} \approx (1/6,452) \text{ inç}^2 \approx 0,155 \text{ (inç}^2) \text{ dir.}$$

## Ölçme ve Birimler

8. 1 (inc<sup>3</sup>) ne kadar (cm<sup>3</sup>) ve 1 (cm<sup>3</sup>) ne kadar (inc<sup>3</sup>) tür?

**Cözümü :**  $1(\text{inc}^3) = 1(\text{inc}) \times 1(\text{inc}) \times 1(\text{inc}) = 2,54 (\text{cm}) \times 2,54 (\text{cm}) \times 2,54 (\text{cm}) \approx 16,387 (\text{cm}^3)$  ve  $1 (\text{cm}^3) = (1/16,387) \text{ inc}^3$  dir.

9. a) 1 (ft<sup>3</sup>) ne kadar litre'dir? b) Litre ne kadar (ft<sup>3</sup>) dir? c) 100 litrelik bir buz dolabı ne kadar ft<sup>3</sup> lüktür?

**Cözümü :** a)  $1 \text{ ft} = 12 \text{ inc} = 12 \times 2,54 = 30,48 \text{ cm} = 3,048 (\text{dm})$  olduğundan,  $1 \text{ ft}^3 = 1(\text{ft}) \times 1(\text{ft}) \times 1(\text{ft}) = 3,048 (\text{dm}) \times 3,048 (\text{dm}) \times 3,048 (\text{dm}) \approx 28,317 (\text{dm}^3)$  veya  $28,317 \text{ litre}$  dir.

b)  $28,317 \text{ (litre)} \approx 1 \text{ (ft}^3)$  olduğundan,  $1 \text{ litre} \approx 1/28,317 \text{ ft}^3 \approx 0,03531 \text{ (ft}^3)$  tür.

c) 100 litrelik bir buz dolabı,  $100 \times 0,03531 = 3,5 \text{ ft}^3$  lüktür.

10. Saatta 60 mil lik bir hızla yol almakta olan bir otomobil: a) 1/10 saniyelik bir zaman süresinde ne kadar metre yol alır? b) 1000 yardalık bir yolu ne kadar zamanda alır?  $1 \text{ mil} \approx (8/5) \text{ km}$ ,  $1 \text{ yar}da \approx 0,9 \text{ m}$  alınacaktır.

**Cözümü :** a) 1 saatta ( $= 3600 \text{ saniyede}$ ) 60 millilik ( $= 60 \times 8/5 = 96 \text{ km} = 96,000 \text{ metrelik}$ ) yol alan otomobil, 1/10 saniye içinde,

$$0,1 \text{ (s)} \times 96000 \text{ (m)}/3600 \text{ (s)} = 2,66 \text{ (m)} \text{ yol alır.}$$

b) 1000 yarda  $\approx 1000 \times 0,9 = 900$  metre dir. Otomobil 96 km ( $= 96,000 \text{ metrelik}$ ) bir yolu 1 saatta ( $= 3600 \text{ saniyeli}$ ) aldığına göre,  $900 \text{ m lik bir yolu, } 900 \text{ (m)} \times 3600 \text{ (s)}/96000 \text{ (m)} \approx 34$  saniyede alır.

11. Bir verniyeli kompasta ana cetvel mm lere bölümlüdür; verniye cetvelinde ise 19 (mm) lik bir uzunluk eş aralıklı 20 bölüme ayrılmıştır. a) Bu aletle, uzunluklar (mm) nin ne kadarına kadar ölçülebilir? b) Aynı aletle yapabileceğiniz en küçük uzunlukta 16 tam (mm) bulunduğu ve verniyenin 14 cü bölümü ile ana cetvelin mm bölgelerinden birisinin çakıştığı görülmektedir. Ölçülen uzunluk ne kadardır?

**Cözümü :** a) Ana cetvelin 1 bölümünün genişliği 1 mm, verniye cetvelinin 1 bölümünün genişliği ise ( $19/20 = 0,95$ ) mm olduğundan, bunlar arasındaki fark,  $1 \text{ (mm)} - 0,95 \text{ (mm)} = 0,05 \text{ (mm)}$  dir. Buna göre, verniyeli kompasla ölçülebilecek en küçük uzunluk 0,05 mm dir.

b) Verniyeli kompasla ölçülen uzunluk,  $16 \text{ (mm)} + 14 \times 0,05 \text{ (mm)} = 16,7 \text{ (mm)}$  dir.

## Ölçme ve Birimler

12. Bir verniyeli kompasta ana cetvel ( $1/16$ ) inc lik bölmelere ayrılmıştır. Verniye cetveli ise,  $3 \cdot (1/16)$  inc lik bir uzunluğun 4 bölüme ayrılmasiyle meydana getirilmiştir. Bu alet uzunlukları inc'in ne kadarına kadar ölçebilir?

**Cözümü :** a) Verniyeli kompasta ana cetvelin bölmeleri  $1/16$  inc, verniye bölmeleri ise  $(3/16) : 4 = (3/64)$  (inc) lik bir genişlikte olduğundan, alet  $(1/16) - (3/64) = (1/64)$  inc'e kadar ölçebilir.

13. Çevresi 1 metre olan bir dairenin alanı ne kadar inc<sup>2</sup> dir?

**Cözümü :** Çevresi 1 metre ( $= 100 \text{ cm}$ ) olan bir dairenin yarıçapı,  $2\pi r = 100 \text{ cm}$  bağıntısından,  $r = 100/2 \pi = 100/2 \times 3,1416 \approx 16 \text{ cm} = 16/2,54 \approx 6,3 \text{ inc}$  bulunur. Aynı dairenin alanı,  $S = \pi r^2 = 3,1416 \times (6,3 \text{ inc})^2 = 124,69 \text{ inc}^2$  dir.

14. İridyumlu platinden bir silindir şeklinde yapılmış standart kilogramın çapı ve yüksekliği 39 mm olduğuna göre, bu silindirin hacmi ne kadar cm<sup>3</sup> tür?

**Cözümü :** Bir silindirin hacmi, taban alanı ile yüksekliğinin çarpımı kadar olup, verilen silindir için,

$$\text{Hacim} = \text{taban alanı} \times \text{yükseklik} = \pi r^2 h = \frac{22}{7} \left( \frac{3,9}{2} \text{ cm} \right)^2 \times (3,9 \text{ cm}) \approx 46,6 \text{ cm}^3 \text{ dir.}$$

15. Yüzölçümü 540 cm<sup>2</sup> olan bir kürenin: a) Yarıçapı ve b) Hacmi ne kadardır?

**Cözümü :** a) Bir kürenin alanı  $S = 4\pi r^2$  olduğuna göre, verilen küre için bu formül,  $540 \text{ (cm}^2) = 4 \times (22/7) r^2$  şeklinde yazılarak, bundan  $r^2 \approx 43$  ve  $r \approx 6,55 \text{ cm}$  bulunur.

$$\text{b) Verilen kürenin hacmi } V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \times \frac{22}{7} \times (6,55 \text{ cm})^3 \approx 1177 \text{ cm}^3 \text{ tür.}$$

## EK PROBLEMLER

1. İngiliz birim sisteminde uzunlukları ölçmek için kulaç, kablo uzunluğu ve deniz mili de kullanılmaktadır. 1 kulaç = 6 ayak (foot), 1 kablo uzunluğu = 120 kulaç ve 1 deniz mili = 6080 ayak olduğuna göre, bu birimlerin metre cinsinden karşılıklarını bulunuz.

Cevap :  $\approx 1,829 \text{ m}; 219,456 \text{ m}; \approx 1853 \text{ m.}$

2. Eskiden Türkiye'de arşın adı verilen bir uzunluk birimi kullanılırdı. 1 arşın = 68 cm olduğuna göre: a) 1 metre ne kadar arşındır? b) 1 arşın ne kadar foot dur?

Cevap: a)  $\approx 1,47$  arşın; b)  $\approx 2,33$  foot.

3. 1-yarda = 0,9114 ve 1 ar =  $100 \text{ m}^2$  olarak tanımlandığına göre: a) 1 ar ne kadar  $\text{yd}^2$  dir? b) 1 hektar ne kadar arşın karedir? c) 1  $\text{km}^2$  ne kadar hektar (= hektoar) dir?

Cevap: a) 119,6  $\text{yd}^2$ ; b)  $\approx 21626$  arşin $^2$ ; c) 100 hektar.

4. Milimetrenin  $1/25$ 'ini ölçebilecek bir verniyeli çetvel nasıl yapılabilir?

5. Milimetrenin  $1/25$ 'ine kadar ölçübilen verniyeli bir kompasla bir kurşunkalemın çapı 8,16 mm olarak ölçülüyor. a) Bu ölçmede yapılması mümkün olan mutlak hata, ve, b) Bağıl hata ne kadardır?

Cevap: a) 0,04 (=  $1/25$ ) mm; b) % de 0,49.

6. Uzunluğu 20 m, yüksekliği 2 m, genişliği ise 40 cm olan bir bahçe duvarı, boyutları  $20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$  olan briketlerle yapılmak isteniyor. Kaç briket (= Büyük boyutlu çimento tuğla) gerekir?

Cevap: 1000 tane.

7. İç çapı  $1\frac{3}{4}$  inç, boyu ise 4 foot olan bir borunun iç hacmi ne kadar inç $^3$  ve ne  $\text{cm}^3$  tür?

Cevap: 115,5 inç $^3$  ve  $\approx 1892,7 \text{ cm}^3$  tür.

8. 1 Amerikan galonu =  $231 \text{ inç}^3$  ve 1 inç = 2,54 mm olarak tanımlandığına göre 5 galon ne kadar litredir?

Cevap: 18,927 litre.

9. Saatte 1 km lik bir hızı: a) Saniyede cm ye, ve b) Saatte mil'e dönüştürüünüz.

Cevap: a)  $\approx 27,77 \text{ cm/s}$ ; b) 0,621 mil/saat.

10. Saatte 1 mil lik bir hızı: a) Saniyede foot'a, b) Saatte kilometre'ye çeviriniz.

Cevap: a) 1,467 foot/s; b) 1,609 km/saat.

11. Bir otomobil tekerleginin yarıçapı 15 parmak (= inç) tir. Bu tekerlek 1 km lik bir yolda kaç dönde yapar?

Cevap: 418 dönde.

12. Saatte 60 km hızla yol alan bir otomobilin yarıçapı 14 inç olan tekerlekleri dakikada kaç dönde yaparlar?

Cevap: 448 dönde/dakika.

## BÖLÜM II

### KATILARIN STATİĞİ

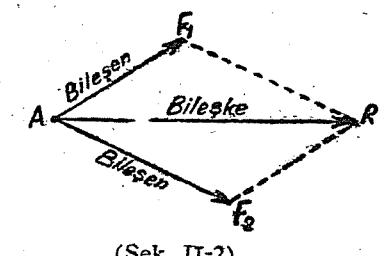
#### A — KUVVETLER VE MÖMENTLER

1. KUVVETİN TANIMI VE ÖLÇÜLMESİ. — Bir hareket meydana getiren, yapılmakta olan bir hareketi değiştiren veya cisimlerde şekil değişikliği yapan sebebe k u v v e t denir. Bir kuvvetin belirtmesi için v e k t ö r denen ve bir ucunda bir ok bulunan bir doğru parçası kullanılır (Şek. II-1).



$\left\{ \begin{array}{l} A : \text{tatbik noktası} \\ xx : \text{doğrultu} \\ B \text{deki ok : yön.} \\ AB \text{uzunluğu : şiddet} \end{array} \right.$

(Şek. II-1)



(Şek. II-2)

Kuvvetlerin ölçümüne kullanılan birimler, M.K.S. (veya metre, kilogram, saniye) sisteminde k i l o g r a m dan üretilirler. Kilogram (= kg), Paris'te saklanmakta olan iridumlu platinden yapılmış bir silindirin oradaki ağırlığıdır. İngiliz birimler sistemindeki kuvvet birimleri ise, p o u n d (= libre) den üretilirler. Aşağıda, en çok kullanılan kuvvet (= ağırlık) birimlerini, değiştirme katsayıları ile görmekteyiz:

$$\begin{aligned} 1 \text{ (kg-kuvvet)} &= 1000 \text{ (g-kuvvet)} \approx 2,205 \text{ (libre)} = 9,81 \text{ (newton)} \\ &= 981,000 \text{ (dyn)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ newton} (= N) &= 10^5 \text{ (dyn)} = 0,102 \text{ (kg-kuvvet)} = 102 \text{ (g-kuvvet)} \\ &= 0,2248 \text{ (libre)} \end{aligned}$$

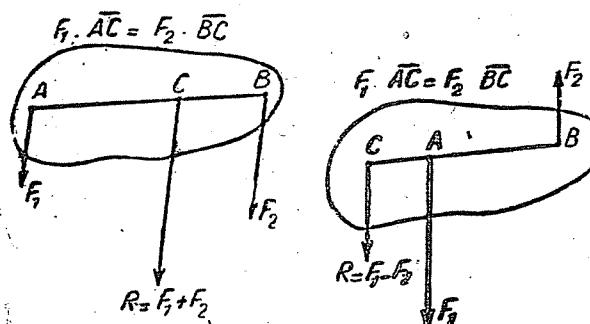
$$\begin{aligned} 1 \text{ (dyn)} &= 10^{-5} \text{ (N)} = 1/981000 \text{ (kg-kuvvet)} = 1/981 \text{ (g-kuvvet)} \\ &= 0,2248 \cdot 10^{-5} \text{ (lb)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ pound} (= lb) &\approx 0,454 \text{ (kg-kuv.)} = 454 \text{ (g-kuv.)} = 454 \times 981 \text{ (dyn)} \\ &= 4,448 \text{ (N).} \end{aligned}$$

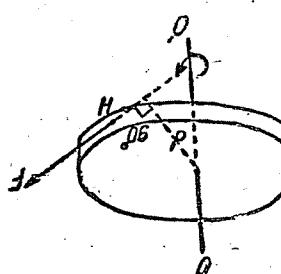
2. BİLEŞKE VE BİLEŞENLER. — Birden çok kuvvetin etkisini tek başına ve aynen yapan bir kuvvette b i l e ş k e , bileşkedeki kuvvetlerin her birine ise b i l e ş e n denir.

3. KESİSEN KUVVETLERİN BİLEŞKESİ. — Bir A noktasında kesişen  $F_1$  ve  $F_2$  kuvvetlerinin bileşkesi, bunlar üzerine çizilen paralelkenarın  $R$  köşegeni ile belirlidir (Şek. II-2).

**4. PARALEL KUVVETLERİN BİLEŞKESİ.** — Bir cismin A ve B gibi iki noktasına aynı yönlü veya zit yönlü  $F_1$  ve  $F_2$  paralel kuvvetleri etkisinin. Bunların R bileşkesi ve bu bileşkenin C uygulama (= tatlık) noktasının yeri (Şek. II-3 a ve b) de özetlenen kurallarla belirtilir.



(Şek. II-3 a ve b)



(Şek. II-4)

**5. BİR KUVVETİN BİR EKSENE GÖRE MOMENTİ.** — Bir eksen etrafında dönen bir cisimde uygulanan bir  $F$  kuvvetinin bu cisimde verebileceği dönme etkisi, kuvvetin  $F$  büyüklüğü ve eksenden olan  $d$  uzaklığı ile doğru orantılıdır. O halde bunların çarpımları ile belirtilbilir.  $M$  ile gösterilen,  $M = F \cdot d$  çarpımına  $F$  kuvvetinin 00' eksenine göre momenti denir (Şek. II-4). Moment, kuvvet gibi yönlü bir büyüklüktür. Moment birimleri, seçilen kuvvet ve uzunluk birimlerine bağlıdır. ( $\text{kg} \cdot \text{cm}$ ), ( $\text{N} \cdot \text{cm}$ ), ( $\text{kg} \cdot \text{m}$ ), ... moment birimleridir.

## B — KÜTLE VE AĞIRLIK

**1. KÜTLE VE AĞIRLIK.** — Bir cismin kütlesi o cisimdeki maddenin miktarının ölçümüdür. Kütle, terazi ile ölçülür ve tari nerede ya da olursa olsun sonuç aynıdır. Ağırlık ise, bir cisim yere doğru çekilmiş olursa olsun sonuç aynıdır. Ağırlık  $G$  ise, bir cisimdeki  $m$  kütlesini bulmak için  $G = mg$  formülü kullanılır.

$$G = mg \quad (\text{ağırlık formülü})$$

$G = mg$  bağıntısı ile belirli olur.  $g$ 'nin değeri Paris'te 981 ( $\text{dyn/gram}$ ) veya 9,81

(\*)  $g$  nin tam olarak tanımı Lise III. sınıfta görülecektir.

(newton/kg) dir.  $g$ 'nin değeri kutuplarda 983 ( $\text{dyn/g}$ ), ekvator'da 978 ( $\text{dyn/g}$ ), diğer bölgelerde ise bu iki değerin arasındadır ve pek incilik aranınmayan hesaplarda, Dünya'mızın herhangi bir yerinde,  $g$ 'nin değeri olarak 1000 ( $\text{dyn/g}$ ) veya 10 ( $\text{newton/kg}$ ) alınabilir.

**2. AĞIRLIK MERKEZİ.** — Bir cismin ağırlığı, kendisini oluşturan elemanter parçalarının ağırlıklarının bileşkesidir. Bu bileşkenin uygulama noktasına o cismin ağırlık merkezi denir.

Basit geometrik şekillerin ağırlık merkezleri belirli kurallarla bulunur. Simetri merkezi veya simetri ekseni bulunan cisimlerin ağırlık merkezleri bu simetri nokta veya ekseni üzerindedir.

Karışık bir şekli olan bir cismin ağırlık merkezini bulmak için, bu cisim basit geometrik şekillerde olan parçalara bölünür; her bir parçanın ağırlığı bu parçanın ağırlık merkezinde toplanmış kabul edilir ve sonra, birbirlerine paralel olan bu ağırlık kuvvetlerinin bileşkesinin uygulama noktası aranır.

## C — ÖZGÜL AĞIRLIK VE YOĞUNLUKLAR

**1. ÖZGÜL AĞIRLIK.** — Herhangi bir maddenin birim hacimlik bir miktarının ağırlığına o cismin özgül ağırlığı denir. Ağırlığı  $G$ , hacmi ise  $V$  olan bir cismin özgül ağırlığı,  $\gamma = G/V$  dir.

Özgül ağırlıkların birimi  $G$  ve  $V$  için kullanılan birimlere bağlıdır.  $G$  dyn,  $V$  ise  $\text{cm}^3$  cinsinden alınmışsa, hesaplanan özgül ağırlık  $\text{dyn}/\text{cm}^3$  cinsinden çıkar.  $\text{N}/\text{m}^3$ ,  $\text{kg}/\text{dm}^3$ ,  $\text{g}/\text{cm}^3$ ,  $\text{g}/\text{dm}^3$  (veya,  $\text{g/l}$ ), ... özgül ağırlık birimlerindendir.

**2. ÖZGÜL KÜTLE (MUTLAK YOĞUNLUK).** — Herhangi bir maddenin birim hacimlik bir miktarının kütlesine, o maddenin özgül kütlesi,  $\rho = m/V$  dir.  $m$  (gram-kütle),  $V$  ise ( $\text{cm}^3$ ) cinsinden alınmış ise,  $\rho$  özgül kütlesi — mutlak yoğunluğu — ( $\text{g}-\text{kütle}/\text{cm}^3$ ) cinsinden çıkar ( $\text{kg}-\text{kütle}/\text{m}^3$ ), ( $\text{g}-\text{kütle}/\text{dm}^3$ ), ... de birer özgül kütle birimidir.

**3. BAĞIL YOĞUNLUK.** — Bir maddenin bir başka maddeye göre bağılı yoğunluğu diye, bu iki maddenin eşit hacimlerinin ağırlıkları veya kütleleri (ya da özgül ağırlıkları veya özgül kütleleri) arasındaki orana denir. Karşılaştırma cismi olarak, katı ve sıvılar için yoğunlukla su, gazlar için hava alınır:

$$\text{Bağılı yoğunluk } d = \frac{G}{G'} = \frac{m}{m'} = \frac{\gamma}{\gamma'} = \frac{\rho}{\rho'}$$

## Katıların Statiği

*d* ile gösterilen bağıl yoğunluğun — aynı birimle belirtilen iki büyükluğun oranı olduğundan — birimi yoktur.

## C — İŞ, GÜC VE ENERJİ

1. İŞ VE BİRİMLERİ. — Uygulandığı cismi kendi doğrultusunda *s* kadar hareket ettiren sabit bir *F* kuvvetinin yaptığı *W* iş miktarı, kuvvetle yolun çarpımı (demek,  $W = F s$ ) dir.

Kuvvet ve yol doğrultuları aynı olmazsa, *F* yerine, kuvvetin yol doğrultusundaki *F<sub>1</sub>* yararlı bileşeni alınır.

İş birimleri, kuvvet ve yol için seçilen birimlere bağlı olup, *F* (dyn), *s* (cm) alınmış ise: *W* (dyn × cm) (veya, erg)  
*F* (newton), *s* (m) alınmış ise, *W* (N × m) (veya joule)  
*F* (kg), *s* (m) alınmış ise: *W* (kg × m) olur. Bu birimler, biribirlerine,

$$1 \text{ (kg} \times \text{m)} = 9,81 \text{ (joule)} = 9,81 \times 10^7 \text{ (erg)}$$

bağıntısı ile bağlıdır.

2. GÜC VE BİRİMLERİ. — 1 «zaman birimi» içinde yapılan iş miktarına *g üc* denir. *t* kadarlık bir zaman süresi içinde *W* kadar iş yapan bir aracın gücü,

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fs}{t} = Fv = \text{kuvvet} \times \text{hız}$$

bağıntısı ile hesaplanır.

Güç birimlerinin başlıcaları aşağıda özetlenmiştir:

$$1 \text{ (erg/s)} = 1(\text{erg})/1(\text{s}) = 1(\text{dyn}) \times 1(\text{cm})/1(\text{s}) = 1(\text{dyn}) \times 1(\text{cm/s})$$

$$1 \text{ (joule/s)} = 1(\text{joule})/1(\text{s}) = 1(\text{N}) \times 1(\text{m})/1(\text{s}) = 1 \text{ watt} (= W)$$

$$= 10^7 \text{ (erg/s)}$$

$$1 \text{ (kg} \cdot \text{m/s)} = 9,81 \text{ joule/s} (= \text{watt}) = 9,81 \times 10^7 \text{ (erg/s)}$$

$$1 \text{ buhar beygiri (b.b, c.v veya p.s)} = 75 \text{ (kg} \cdot \text{m/s)} \approx 736 \text{ watt}$$

$$= 0,736 \text{ (kW)}$$

$$1 \text{ beygir gücü (h. p)} = 550 \text{ (lb} \cdot \text{ft/s)} \approx 746 \text{ watt} = 0,746 \text{ (kW)}$$

3. POTANSİYEL ENERJİ. — Ağırlığı *G* olan bir cismin yüksekliği *h* kadar artar (veya, azalır) sa, potansiyel enerjisi bu sırada yapılan iş, demek,

$$E_p = Gh = W$$

kadar artar (veya, azalır).

4. HAREKET ENERJİSİ (KINETİK ENERJİ). — Kütlesi *m* olan bir cisme *v* hızını kazandırmak için yapılması gereken iş miktarı (veya, bu sırada, cisme depo edilen hareket enerjisi),

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

dir. *v* hızını kazanmış olan bir *m* kütlesi kendisine depo edilmiş *E<sub>k</sub>* hareket enerjisini harcamadan duramaz. Bu bağntıda,

*m* (g-kütle) ve *v* (cm/s) alınırsa: *E* (veya *W*), erg

*m* (kg-kütle) ve *v* (m/s) alınırsa: *E* (veya *W*), joule cinsinden çıkar.

## D — BASIT MAKİNELER

1. BASIT MAKİNELERİN TEMEL PRENSİBİ. — Basit makinelер bir işi rahat (daha elverişli doğrultularda ve genel olarak daha küçük kuvvetlerle) yapmağa yarayan düzenlerdir. Bunlardan her birinde makineye hareket veren bir kuvvet ve bir de yenilen (veya, dengelenen) bir direngen kuvvet vardır. Herhangi bir basit makine çalıştırıldığı zaman, makineye verdığımız enerji (hareket veren kuvvetin yaptığı iş) miktarı ile makineden aldığımız enerji (direngen kuvvetin yaptığı iş) miktarı birbirlerine eşit alınabilir. Gerçekte, sürütmeler ve diğer dirençler yüzünden, makineden aldığımız enerji, ona verdığımızdan daha küçüktür. Makineden aldığımız enerji hiç bir zaman ona verdığımızdan büyük olamaz.

2. BASIT MAKİNELERE İLİŞKİN PROBLEMLERİN ÇÖZÜM YOLLARI. — Başlıca iki yol vardır: a) Herhangi bir basit makinede hareket veren kuvvetle, direngen kuvvetin meydana getirecekleri döème etkilerinin (momentlerin) eşitliğinin yazılması,

b) Hareket veren kuvvetin yaptığı iş miktarı ile direngen kuvvetin yaptığı iş miktarının eşitliği (enerjinin korunumu)ının yazılması.

3. MEKANİK FAYDA KATSAYISI VE VERİM. — Herhangi bir basit makinede hareket veren kuvvetle direngen kuvvet arasındaki orana *m e k a n i k f a y d a k a t s a y i s i* denir.

Makineden alınan iş ile ona verilen iş arasındaki orana *i s e v e r i m* denir. Sürütmeye ve dirençler yüzünden hiç enerji kaybı olmadığı kabul edilen ideal bir makinede, verim 1'e eşittir.

## PROBLEMLER

## A — KUVVETLER VE MOMENTLER

16. Bir noktaya düşey doğrultuda 15 kg lik bir kuvvetle yatay doğrultuda 20 kg lik diğer bir kuvvet etki ediyor. Bileşkelerini, a) Ölçekli bir çizimle; ve b) Hesapla bulunuz.

**Çözümü :** a) Kuvvetleri çizmek için, önce, bir ölçek seçelim. Diyelim 1 cm lik bir uzunluk 5 kg lik bir kuvveti göstersin. Bu ölçüye göre, verilen A noktasına etkiyen 15 kg lik  $F_1$  kuvvetini 3 cm lik düşey bir vektörle, 20 kg lik  $F_2$  kuvvetini ise 4 cm lik yatay bir vektörle gösterebiliriz (Şek. II-5). Bu vektörler üzerine bir paralelkenar çizilir ve bunun köşegeni ölçülfürse 5 cm bulunur. Dolayısı ile bu vektörün gösterdiği bileşke kuvvetin  $5 \text{ cm} \times 5 \text{ kg/cm} = 25 \text{ kg}$  olduğu anlaşılmır.

b)  $AF_2R$  dik üçgeninde,

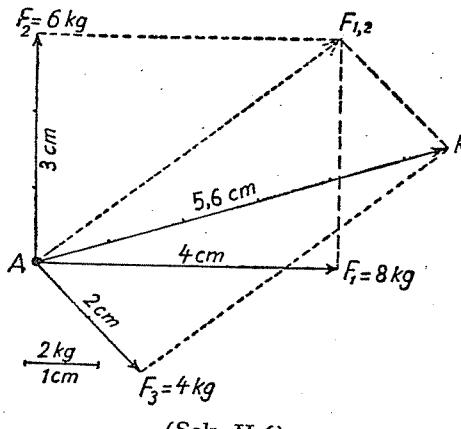
$$\overline{AR}^2 = \overline{AF}_2^2 + \overline{F_2R}^2 \quad \text{veya}$$

$$\overline{R}^2 = \overline{F}_2^2 + \overline{F}_1^2 \quad \text{bağıntısını kullanarak,}$$

$$\overline{R}^2 = 20^2 + 15^2 = 625 \quad \text{ve bundan da } R = 25 \text{ kg bulunur.}$$

17. Bir A noktasına etkiyen, a) Doğu yönünde 8 kg, b) Kuzey yönünde 6 kg; ve c) Güney-doğu yönünde 4 kg lik üç kuvvetin bileşkesini ölçekli bir çizimden yararlanarak bulunuz.

**Çözümü :** Kuvvetleri çizmek için seçeceğimiz ölçekte 1 cm lik bir uzunluk ile 2 kg lik bir kuvveti gösterelim. Bu na göre, kuvvetler, verildikleri yönlerde 4 cm, 3 cm ve 2 cm lik vektörlerle gösterilirler (Şek. II-6). Kuvvetleri bu şekilde çizdıktan sonra, paralelkenar kuralını önce  $F_1$  ve  $F_2$  ve sonra bunların bileşkesi olan  $F_{1,2}$  ile  $F_3$  için uygularsak  $R$  bileşkesi bulunur. Daha kısa olan bir başka çizim yolu, kuvvetlerden birinin — diyelim  $F_1$  in — ucundan bir diğerine — diyelim  $F_2$  ye — paralel ve eşit olan  $F_1F_{1,2}$  doğrusunu çizmek, bunun  $F_{1,2}$  ucundan



(Şek. II-6)

da üçüncü kuvvette paralel ve eşit bir  $F_{1,2}R$  doğrusunu çizerek  $R$  noktasına varmak, ve bu nokta ile A yi birleştirerek ölçmektedir.

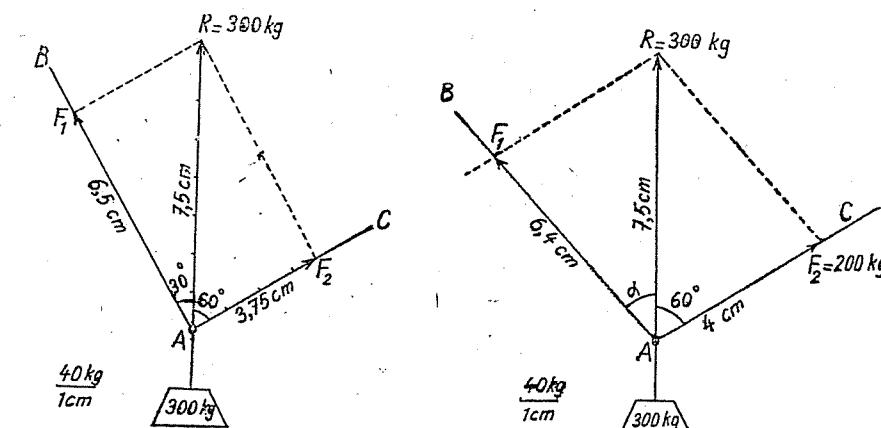
Sonuç :  $\overline{AR}$  ölçülfür 5,6 cm bulunur. Buna karşılık olan kuvvet ise  $5,6 \times 2 = 11,2 \text{ kg}$  dir.

18. 300 kg lik bir yük iki iple taşınıyor. İplerden biri düşeyle  $30^\circ$ lığı ile  $60^\circ$  açı yapıyor. a) İplerin herbirinde çekme kuvvetini grafik metotla bulunuz. b) Düşeyle  $60^\circ$  açı yapan ipteki çekme kuvvetinin 200 kg olması için öbür ipin doğrultusunu ve bu ikinci ipteki çekme kuvvetini belirtiniz.

**Çözümü :** a) 300 kg lik yükü dengeleyen kuvvetler  $AB$  ve  $AC$  iplerindeki  $F_1$  ve  $F_2$  çekmeleridir (Şek. II-7 a). Bunların  $R$  bileşkesinin düşey, yukarıya doğru ve 300 kg'a eşit olduğu bilindiğine göre: önce, A noktasında, 300 kg lik  $R$  dengeleyen kuvveti ve bununla  $30^\circ$  ve  $60^\circ$  derecelik açılar yapan iki doğrultu çizilir; bundan sonra,  $R$  nin ucundan bu doğrultulara paralel olan doğrular çizilerek  $AF_1RF_2$  kuvvetler paralelkenarı elde edilir ve bunun  $AF_1$  ve  $AF_2$  kenarları ölçülfür 6,5 cm ve 3,75 cm bulunur. Bunlara karşılık olan kuvvetler — ölçümüzde 1 cm lik bir uzunluk 40 kg'ı gösterdiğinden —

$$F_1 = 6,5 \times 40 = 260 \text{ kg} \quad \text{ve} \quad F_2 = 3,75 \times 40 = 150 \text{ kg.}$$

dir.



(Şek. II-7 a ve b)

b) Önceki halde olduğu gibi; A noktası,  $R$  dengeleyen kuvveti, bununla  $60^\circ$  açı vapan  $AC$  doğrultusu, bu doğrultu üzerinde 200 kg lik  $F_2$  kuvveti çizilerek, kuvvetler paralelkenarının yarısı olan  $AF_2R$  üçgeni elde edilir (Şek. II-7 b). Bundan sonra, A noktasından  $F_2R$  ye,  $R$  noktasından ise  $AC$  doğrusuna birer paralel

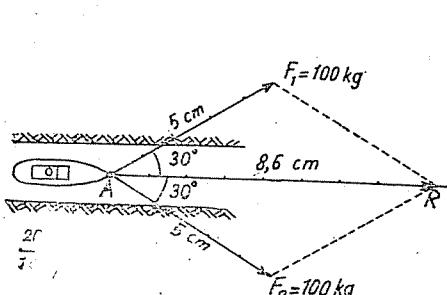
çizilerek, öbür ipin doğrultusu olan  $AB$  ve bu ipteki  $F_1$  çekmesi,  $\alpha$  ve  $AF_1$  in ölçüsü mesileyle,

$$\alpha \approx 41^\circ, \overline{AF_1} = 6,4 \text{ cm} \quad \text{ve dolayısı ile} \quad F_1 = 6,4 \times 40 = 256 \text{ kg}$$

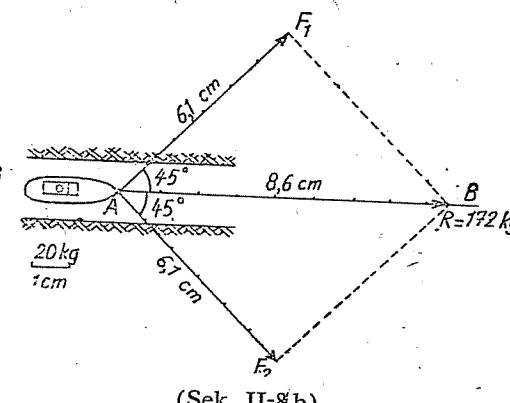
bulunur.

19. Küçük bir gemi, dar bir kanalda, kıyılarla 30 ar derece açı yapan iki iple çekiliyor. a) İplerdeki çekme kuvvetleri 100 er kg olduğuna göre, bunların bileşkesini bulunuz. b) Aynı etkiyi elde etmek için ipleri 45 er derece açı yapan doğrultularda ne kadarlık kuvvetlerle çekmek gereklidir?

**Çözümü:** a) Kanal içinde  $AB$  doğrultusunda ilerleyen bir gemiye etkiyen kuvvetleri ölçekli olarak gösterelim (Şek. II-8 a). Aralarında 60 derece açı bulunan 100 er kg lik  $F_1$  ve  $F_2$  kuvvetlerinin üzerine çizdiğimiz paralelkenarın  $AR$  köşegeni ölçülürse 8,6 cm ve dolayısı ile  $R = 8,6 \times 20 = 172$  kg bulunur.



(Şek. II-8 a)



(Şek. II-8 b)

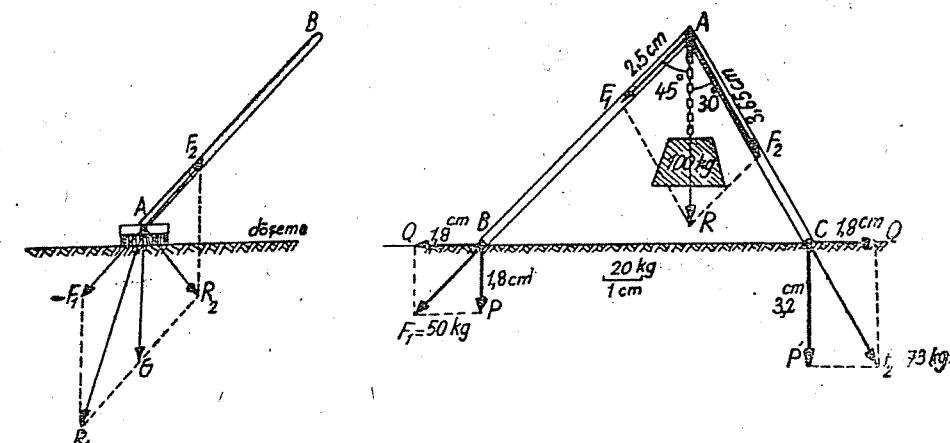
- b)  $AB$  doğrultusu, bunun üzerinde 172 kg lik bir  $R$  bileşke kuvveti ve  $AB$  ile 45 er derecelik açılar yapan doğrultular ölçekli olarak çizildikten sonra  $AF_1, RF_2$  kuvvetler paralelkenarı çizilir ve bunun  $AF_1$  ve  $AF_2$  kenarları ölçülerek 6,1 cm oldukları ve dolayısı ile  $F_1$  ve  $F_2$  kuvvetlerinin  $6,1 \times 20 = 122$  kg oldukları bulunur.

20. Uzun saplı ağır bir fırça dösemeleri temizlemek için kullanılıyor. Döseme üzerine hangi halde daha büyük bir itme yapılır: a) Fırçayı çekerken mi? b) İterken mi? Sadece, bir şekil ile açıklanacak.

**Çözümü:** Fırçanın ağırlığını  $G$ ,  $AB$  sapı ile uyguladığımız itme ve çekme kuvvetlerini ise  $F_1$  ve  $F_2$  ile gösterelim (Şek. II-9).

- a) Fırça itilirken, kendisine uygulanmış olan kuvvetler  $F_1$  itme kuvveti ile  $G$  ağırlığıdır. Bu iki kuvvetin bileşkesi, üzerlerine çizilen paralelkenarın köşegeni olan  $R_2$  dir.

b) Fırça çekilirken, kendisine uygulanmış olan kuvvetler  $F_2$  ve  $G_1$  bunların bileşkesi ise  $R_2$  dir. Şekilde gösterildiği gibi,  $F_1 = F_2$  kabul edilirse,  $R_1 > R_2$  olduğu — demek, fırçayı iterken dösemeye daha büyük bir itme yapıldığı — görülür.



(Şek. II-9)

(Şek. II-10)

21. 100 kg lik bir yük, düşeyle  $45^\circ$  ve  $30^\circ$  lik açı yapan ve birbirleriyle A noktasında menteşelenmiş olan  $AB$  ve  $AC$  çubukları ile alınlıdır. a) 100 kg lik yükün  $AB$  ve  $AC$  doğrultularındaki bileşenleri nedir kg dir? b) Bu bileşenleri B ve C uçlarına kaydırarak bu noktada düşey ve yatay bileşenlere ayıriz ve bunları grafik metodu ile buluz.

**Çözümü:** a) Düşeyle  $45^\circ$  ve  $30^\circ$  lik açılar yapan  $AB$  ve  $AC$  çubukları ile beraber, 100 kg lik  $R$  yükünün bu doğrultulardaki bileşenleri elde edilip  $R_1 = 2,5 \text{ cm}$  ve  $R_2 = 3,65 \text{ cm}$  ve dolayısı ile;  $F_1 = 2,5 \times 20 = 50 \text{ kg}$  ve  $F_2 = 3,65 \times 20 = 73 \text{ kg}$  bulunur (Şek. II-10).

- b)  $F_1$  kuvvetini, uygulama noktası  $B$  ye gelene kadar kaydırıyalım ve sonra  $B$  deki  $F_1$  kuvvetini  $P$  ve  $Q$  bileşenlerine ayıralım. Aynı şekilde,  $F_2$  kuvvetini de  $C$  ye kaydırarak, burada  $P'$  ve  $Q'$  bileşenlerine ayıralım. Ölçekli çaplı paralelkenar şablonu kullanılarak  $P$ ,  $Q$ ,  $P'$  ve  $Q'$  ölçülerek kuvvet ölçüğimize göre değerlenmesi  $P = Q = Q' = 36 \text{ kg}$  ve  $P' = 64 \text{ kg}$  bulunur.

22. Ağırlığı 4 ton olan bir uçak havada yatay bir doğrultuda bir saat bir hızla uçmakta iken pervanenin öne doğru çekme kuvveti  $F = 500 \text{ kg}$  ve 500 kg dir. a) Uçağa etki eden kuvvetleri bir grafik ile gösterelim.  
b) Hava direncini hesaplayınız.

**Çözümü:** a) Uçağa etki eden kuvvetler şunlardır: 1) Uçağın ağırlığı ( $G = 4000 \text{ kg}$ ); 2) Pervanenin yatay olarak öne çekmesi ( $F = 500 \text{ kg}$ ); 3)  $P'$  hava direnci.

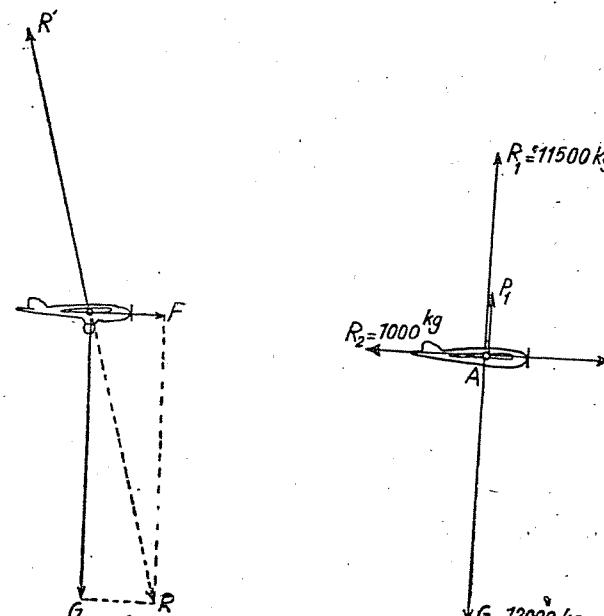
## Katıların Statiği

ci (Şek. II-11). Uçak, sabit bir hızla yatay olarak uçtuğuna göre  $G$  ve  $F$  nin  $R$  bileşkesi  $R'$  ile dengelenmiştir. Buna göre,  $F$ ,  $G$  ve bunların bileşkesi olan  $R$  örelçeli olarak çizildikten sonra  $R$  nin uzantısında, buna eşit ve fakat ters yönlü olan  $R'$  kuvveti çizilir.

b) Büyüklükce  $R$  ye eşit olan  $R'$  kuvvetinin,

$$R' = R = \sqrt{G^2 + F^2} = \sqrt{4000^2 + 500^2} \approx 4032 \text{ kg}$$

olduğu kolayca hesaplanır.



(Şek. II-11)

(Şek. II-12)

23. Sabit bir hızla yatay olarak uçan 12 tonluk bir uçağın kanatlarına etkiyen hava direnci kuvvetinin düşey bileşeni 11500 kg, yatay bileşeni ise 1000 kg dir. Pervane çekmesinin yatay ve düşey bileşenleri ne kadardır?

**Cözümü :** Uçağa etkiyen kuvvetleri  $A$  da toplayalım (Şek. II-12). Uçak, sabit bir hızla yatay olarak uçtuğuna göre, düşey ve yatay doğrultularda etkiyen kuvvetlerin bileşkelerinin sıfır olması gereklidir. Bu koşulu, düşey doğrultuda olan

$$R_1 + P_1 + (-G) = 0 \quad \text{veya}, \quad 11500 + P_1 - 12000 = 0$$

şeklinde yazarak, bundan,

$$P_1 = 500 \text{ kg}$$

buluruz. Aynı koşul, yatay doğrultudaki kuvvetler için de,

$$P_2 + (-R_2) = 0 \quad \text{veya}, \quad P_2 - 1000 = 0$$

şeklinde yazilarak, bundan,  $P_2 = 1000 \text{ kg}$  bulunur.

## Katıların Statiği

24. Ağırlığı hesaba katılmayabilen bir  $AB$  çubuğu,  $A$  ucundan bir duvara menteşelidir. 100 kg lik bir yük taşıyan  $B$  ucu ise çubukla  $30^\circ$  açı yapan bir  $BC$  teli ile  $C$  noktasına bağlanmıştır (Şek. II-13).  $AB$  çubuğu, yatay olarak dengede olduğuna göre,  $BC$  ipini geren ve  $A$  noktasından bastırılan kuvvetleri hesaplayınız.

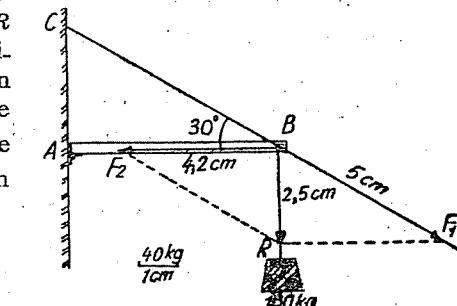
**Cözümü :** Yatay olan  $AB$  çubuğu, bununla  $30^\circ$  açı yapan  $BC$  askı teli ve  $B$  ucundaki 100 kg lik yük örelçeli olarak çizilir. Bileşke kuvvet durumunda olan  $R$  yükünün  $BC$  ve  $AB$  doğrultularındaki bileşenlerini bulmak için,  $R$  nin ucundan bu doğrultulara paraleller çizilir ve elde edilen kuvvetler paralelkenarının  $BF_1$  ve  $BF_2$  kenarları ölçülerek 5 cm ve 4,2 cm bulunur. Buna göre, aranan kuvvetler

$$F_1 = 5 \times 40 = 200 \text{ kg}$$

ve

$$F_2 = 4,2 \times 40 = 168 \text{ kg}$$

dur.

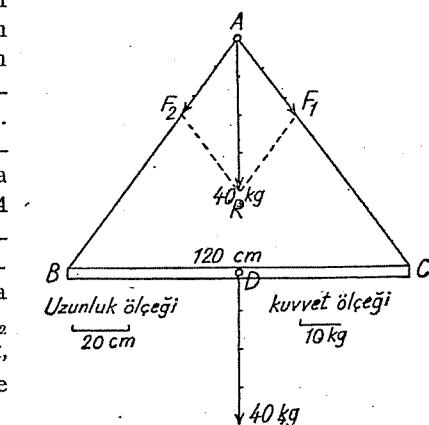


(Şek. II-13)

25. Uzunluğu 120 cm, ağırlığı ise 40 kg olan bir borunun uçlarına 2 m lik bir ip bağlanıyor ve boru bu ipin ortasından tutularak kaldırılıyor. a) İpteki gerilme kuvvetini bulunuz. b) İp, 150 cm olsaydı gerilme ne kadar kg olurdu?

**Cözümü :** a) Uzunlıklar için bir ölçek seçerek  $BC$  çubوغunu ve  $A$  orta noktasından tutularak kaldırılan  $BAC$  ipini bu örelçele çizelim (Şek. II-14). Çubugun  $D$  ağırlık merkezine de, kuvvetler için seçtiğimiz bir başka örelçele 40 kg büyülüklüğünde bir ağırlık kuvveti çizelim. Bu kuvvet, kendi doğrultusunda yukarıya doğru kaydırılarak  $A$  noktasında da gösterilebilir. Çubuğu kaldırırmak için,  $A$  dan yukarıda doğru 40 kg'a eşit bir kuvvet uygulamak gereklidir.  $AB$  ve  $AC$  iplerindeki gerilmeleri hesaplamak için,  $A$  ya taşındığımız  $R$  ağırlık kuvvetini  $F_1$  ve  $F_2$  bileşenlerine ayırır ve bunları ölçersek,  $AF_1 = AF_2 = 2,5 \text{ cm}$  buluruz. Buna göre aradığımız kuvvetler,

$$F_1 = F_2 = 2,5 \times 10 = 25 \text{ kg} \text{ dir.}$$



(Şek. II-14)

b) İp daha kısa (150 cm) olsa, aynı çizim ve işlemler sonunda, gerilme kuvvetlerinin daha büyük (33,3 kg) olduğu bulunur (Kendiniz yapınız).

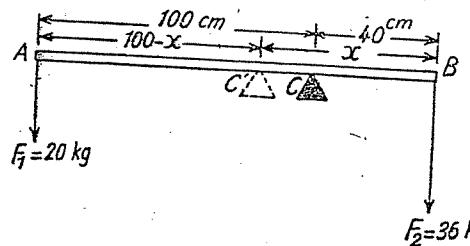
26. Ağırlığı hesaba katılmayacak olan 140 cm lik bir çubuğun bir ucuna 20, öbür ucuna ise 36 kg lik bir ağırlık asılıyor ve bu çubuk 36 kg lik kuvvetin uygulama noktasından 40 cm uzakta bulunan C gibi bir noktasında bir destek üzerine oturtuluyor. a) Çubuğa uygulanan kuvvetlerin momentlerini hesaplayınız ve bundan çubuğun dengede olup olmadığını belirtiniz, b) Çubuk dengede değilse, dengeye getirmek için hangi kuvveti ne kadar azaltmak lâzımdır? c) Destek nerede olmalıdır ki, çubuk, 20 ve 36 kg lik kuvvetlerle dengeye gelebilsin?

**Cözümü:** a) C noktasından bir desteye oturtulmuş olan AB çubuğunu üçlerine etkiyen kuvvetlerin momentleri:

$$M_1 = F_1 \cdot \overline{AC} = 20 \text{ (kg)} \times 100 \text{ (cm)} = 2000 \text{ (kg.cm)}$$

ve,

$$M_2 = F_2 \cdot \overline{BC} = 36 \text{ (kg)} \times 40 \text{ (cm)} = 1440 \text{ (kg.cm)}$$



(Şek. II-15)

dir (Şek. II-15). Ters yönlü olan bu momentler eşit olmadıkları için çubuk dengede değildir. Çubuğu saat göstergelerinin tersine olan yönde döndürmeye çalışan  $M_1$  momenti daha büyük olduğundan çubuk bu yönde döner.

b) Çubuğu dengeye getirmek için  $M_1$  momentinin  $M_2$  ye eşit olması ve bunun için  $F_1$ 'in azaltılması gereklidir.  $F_1$ 'in yeni değeri,

$$M_1 = M_2 \quad \text{veya} \quad F_1 \times 100 = 36 \times 40$$

dan  $F_1 = 14,4$  kg bulunur.

c) Destek, B den x kadar uzakta bulunan C' gibi bir noktasada iken çubuk dengede ise, denge koşulu olan  $M_1 = M_2$  yi,

$$F_1 \cdot \overline{AC'} = F_2 \cdot \overline{BC'} \quad \text{veya} \quad 20(140 - x) = 36x$$

şeklinde yazarak, bundan  $x = 50$  cm buluruz.

27. Uzunluğu 150 cm olan düzgün bir kalası, bir ucu yerden 90 cm yukarıda tutabilmek için bu uca yukarıya doğru yönelmiş 20 kg lik düşey bir kuvvet uygulamak gerekiyor. a) Bu kuvvetin, kalasın yere dokunan ucuna göre, momenti ne kadardır? b) Kalasın ağırlığı ne kadardır?

**Cözümü:** a) A ucu yere dokunan AB kalasını (Şek. II-16), B ucundan kaldırarak yerden 90 cm yukarıda tutabilmek için bu uca 20 kg lik düşey bir kuvvetin uygulanması gereğine göre, bu kuvvetin A noktasına göre momenti,

$$M = F \cdot \overline{AC} = 20 \sqrt{150^2 - 90^2} = 2400 \text{ (kg.cm)}$$

olur.

b) Çubuk düzgün — homogen — olduğu için ağırlık merkezi AB nin ortası olan D noktasıdır. Bulunması istenen G ağırlığının A ya göre momenti ise,

$$M' = G \cdot \overline{AE} = G \sqrt{\overline{AD}^2 - \overline{DF}^2}$$

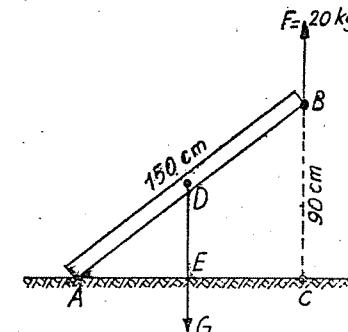
dir.  $\overline{AD} = 150/2 = 75$  cm,  $\overline{DE} = \overline{BC}/2 = 45$  cm ve  $M' = M = 2400$  kg. cm olduğu dan, üstteki bağıntı,

$$2400 \text{ (kg.cm)} = G \sqrt{5625 - 2025} = G \cdot 60 \text{ (em)}$$

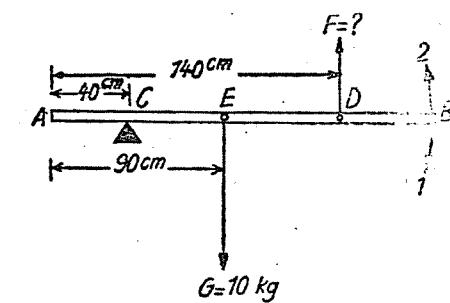
yazılarak, bundan,

$$G = \frac{2400 \text{ (kg.cm)}}{60 \text{ (em)}} = 40 \text{ kg}$$

bulunur.



(Şek. II-16)



(Şek. II-17)

28. Uzunluğu 2 metre olan bir AB kalası 10 kg ağırlığındadır (Şek. II-17). Kalasın ağırlık merkezi A ucundan 90 cm uzaktadır. Kalas, A dan 40 cm uzakta bulunan bir C noktasından bir destek üzerine oturtuluyor. A dan 140 cm uzakta bulunan bir D noktasından ne kadarlık düşey bir kuvvet kalası dengeye getirebilir?

**Cözümü:** Kalas, sadece kendi ağırlığı etkisi altında bulunsa,

$$M_1 = G \cdot \overline{CE} = 10 \text{ (kg)} \times 50 \text{ (cm)} = 500 \text{ (kg.cm)}$$

lik bir moment ile 1 oku ile gösterdiğimiz yönde — saat göstergeleri yönünde — döner. Çubuğun dengede olabilmesi için, D ye tatbik edilecek F düşey kuvvetinin  $M_1$  e eşit ve fakat ters yönde dönme verebilecek bir  $M_2$  momenti olmalıdır. Bu koşulu

## Katıların Statiği

$M_2 = F \cdot \overline{CD} = F \cdot 100 \text{ (cm)} = M_1 = 500 \text{ (kg . cm)}$   
şeklinde yazarak, bundan  $F = 5 \text{ kg}$  buluruz.

29. 30 kg lik bir çubuk 90 cm uzunluktadır. Bu çubuğun bir ucuna 10 öbür ucuna ise 5 kg lik bir yük uygulandığı zaman, çubuk, tam ortasından dengeye getirilebiliyor. Çubuğun ağırlık merkezi, orta noktasından ne kadar uzaktadır?

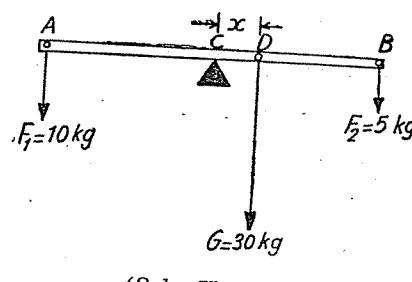
**Cözümü :** Önce, çubuğa sadece  $F_1$  ve  $F_2$  kuvvetlerinin etkidiğini farz edelim (Şek. II-18). Çubuğa uygulanan bu iki kuvvetin momentleri,

$$M_1 = F_1 \cdot \overline{AC} = 10 \text{ (kg)} \times 45 \text{ (cm)} = 450 \text{ (kg . cm)}$$

ve,

$$M_2 = F_2 \cdot \overline{BC} = 5 \text{ (kg)} \times 45 \text{ (cm)} = 225 \text{ (kg . cm)}$$

dir.  $M_1$  ve  $M_2$ , ters yönlü olmalarına rağmen, eşit olmadıkları için birbirlerini dengelemezler ve çubuk daha büyük olan  $M_1$  momenti etkisi altında saat göstergelerinin tersine olan yönde döner.



(Şek. II-18)

$$M_3 = G \cdot x = 30 \text{ (kg)} \cdot x = M_1 - M_2 = 450 - 225 = 225 \text{ (kg . cm)}$$

denklemi yazılabilir ve bundan,  $x = 7,5 \text{ cm}$  bulunur.

30. Uzunluğu 100 cm, ağırlığı ise 16 kg olan homogen bir çubuk, (Şek. II-19) da görüldüğü gibi A ve C noktalarından birer iple asılmıştır.  $BC = 20 \text{ cm}$  olduğuna göre, iplerdeki gerilme kuvvetlerini hesayınız.

**Cözümü :** 16 kg lik yük — çubuğun ağırlığı — A ve C noktalarından  $F_1$  ve  $F_2$  kuvvetleriyle dengelenmektedir.  $F_1$  ve  $F_2$ , paralel ve aynı yönlü kuvvetlerdir.  $G$

## Katıların Statiği

ise  $F_1$  ve  $F_2$  nin bileşkesini dengeleyen kuvvettir. Bu üç kuvvet dengede oldukça göre,

$$F_1 + F_2 = G = 16 \text{ kg} \quad (1)$$

ve,

$$F_1 \cdot \overline{AD} = F_2 \cdot \overline{CD}$$

veya,

$$F_1 \cdot 50 = F_2 \cdot 30 \quad (2)$$

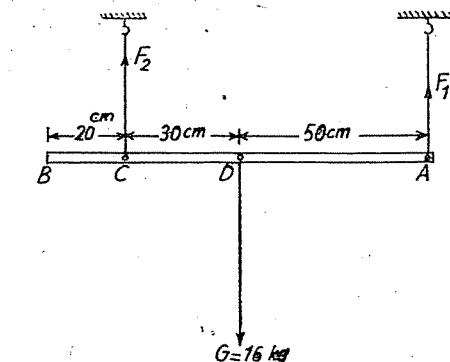
yazılabilir. (2) numaralı denklemden  $F_2 = 5F_1/3$  bulunarak, bu değer (1) denklemine yazılırsa,

$$F_1 + F_2 = F_1 + 5F_1/3 = 8F_1/3 = 16$$

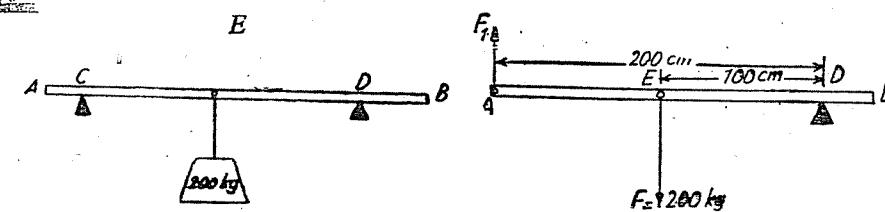
(Şek. II-19)

dan  $F_1 = 6 \text{ kg}$  ve bundan da  $F_2 = 5F_1/3 = 10 \text{ kg}$  bulunur.

**Not.** Diğer bir çözüm yolu, problem 31 deki gibidir.



31. Ağırlığı hesaba katılmayacak olan 240 cm lik bir AB çubuğu uçlarından 20 ve 40 cm içinde bulunan C ve D noktalarından birer desteği oturmakta ve A ucundan 100 cm içinde bulunan bir E noktasına asılmış bulunan 200 kg lik bir yükü taşımaktadır. (Şek. II-20 a). Bu çubuk, A veya B uçlarından ne kadar kg lik kuvvetlerle kaldırılabilir? b) 160 kg lik bir kuvvet, sadece C desteği üzerine oturmakta olan çubuğu hangi noktasından kaldırabilir?



(Şek. II-20 a)

(Şek. II-20 b)

**Cözümü :** a) Çubuğu A ucundan tutarak yukarı kaldırmak istersek uygulayacağımız  $F_1$  kuvveti çubuğu D etrafında, saat göstergeleri yönünde döndürmek ister (Şek. II-20 b). Çubuk,  $F_1$  ve  $F$  kuvvetlerinin D ye göre momentleri esit ise dengede olacağından,

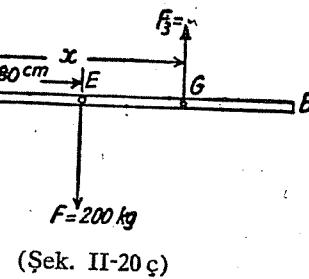
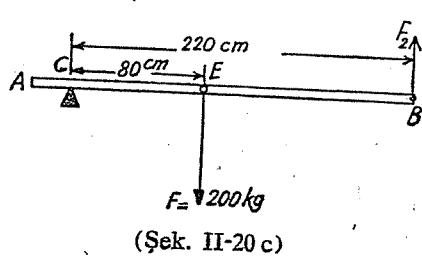
$$F_1 \cdot \overline{AD} = F \cdot \overline{ED} \quad \text{veya} \quad F_1 \cdot 200 = 200 \times 100$$

yazılarak, bundan,  $F_1 = 100 \text{ kg}$  bulunur.

Çubuğu  $B$  ucundan kaldırma için gerekli  $F_2$  kuvveti (Şek. II-20 c) ye göre,

$$F \cdot CE = F_2 \cdot CB \quad \text{veya} \quad 200 \times 80 = F_2 \times 220$$

den,  $F_2 = 16000/220 \approx 73$  kg bulunur.



b)  $G$  noktasına uygulanan 160 kg lik bir kuvvet, sadece  $C$  desteği üzerinde dayanan çubuğu kaldırılmış olsun (Şek. II-20 ç). Bu halde,

$$F \cdot CE = F_3 \cdot CG \quad \text{veya} \quad 200 \times 80 = 160 \cdot x$$

yazılıarak bundan,

$$x = 200 \times 80 / 160 = 100 \text{ (cm)}$$

bulunur. Çubuk,  $C$  desteginden 100 cm veya  $A$  ucundan 120 cm içinde bulunan  $G$  noktasından 160 kg lik bir,  $F_3$  kuvveti ile kaldırılabilir.

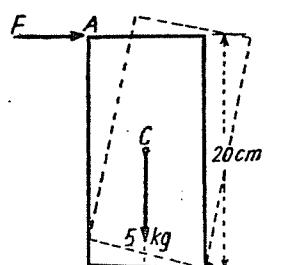
32. Ağırlığı 5 kg, taban yarıçapı 5 cm, yüksekliği ise 20 cm olan bir silindir, yatay bir düzlem üzerinde dikleşmesine durmaktadır (Şek. II-21). Bu silindiri devirmek için üst ucuna en az ne kadar kg lik yatay bir kuvvet uygulamak gereklidir?

**Çözümü :** Silindiri  $A$  ucundan  $F$  kuvveti ile ittiğimiz zaman  $B$  noktası etrafında devrilliğini farz edelim.  $F$  kuvveti, silindiri saat göstergeleri yönünde döndürmek isterken 5 kg lik ağırlık kuvveti silindiri öbür yönde döndürmek ister. Bu iki kuvvetin momentlerinin eşitliği yazılırsa,

$$F \cdot 20 \text{ (cm)} = 5 \text{ (kg)} \times 5 \text{ (cm)}$$

ve, bundan da,

$$F = 1,25 \text{ kg}$$



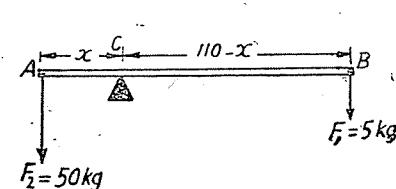
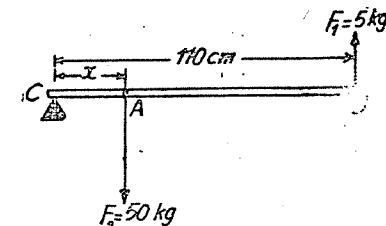
bulunur. Silindirin  $B$  noktası etrafında devrilmesi için en az 1,25 kg lik bir kuvvet gereklidir.

33. 50 kg lik bir yük, uzunluğu 110 cm olan bir kaldıracacla 5 kg lik bir kuvvetle kaldırılmak isteniyor. a) Yük bir ucta olduğuna göre destek nerede olmalıdır? b) Destek ucta olduğuna göre yük nerede olmalıdır?

**Çözümü :** a) Yük 50 kg, hareket véren kuvvet 5 kg dir (Şek. II-22 a). Destekin  $A$  dan  $x$  kadar uzakta bulunan bir  $C$  noktasında olduğunu farz edelim. Denge koşulunu,

$$F_2 \cdot x = F_1 \cdot (110 - x) \quad 50 \cdot x = 5 \cdot (110 - x)$$

şeklinde yazarak, bundan  $55x = 550$  ve sonunda  $x = 10$  cm buluruz.

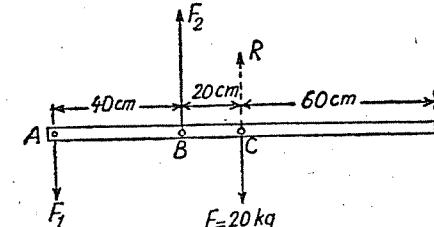


b) Yük, destekten  $x$  kadar içeriye olsun (Şek. II-22 b). Bu yeni halde, denge koşulunu,

$$F_2 \cdot AC = F_1 \cdot BC \quad \text{veya} \quad 50 \cdot x = 5 \cdot 110$$

şeklinde yazarak, bundan  $x = 11$  cm buluruz

34. Bir adam, uzunluğu 120 cm, ağırlığı ise 20 kg olan bir kalası yatay olarak kaldırıyor. Sol eli kalasın bir ucunda, sağ eli ise aynı ucтан 30 cm uzakta bulunmaktadır. Adamın sağ ve sol eli ile kalasa hangi yönlerde ve ne kadar kg lik dişey kuvvetler uyguladığını bulunuz.



**Çözümü :** Kalasın ağırlığı  $F = 20$  kg dir. Kalası yatay tutabilmek için,  $B$  noktasını sağ el ile yukarıya doğru bir  $F_2$  kuvveti ile kaldırırken  $A$  ucuna da sol elle aşağıya doğru bir  $F_1$  kuvveti uygulamak gereklidir. Kalas dengede ise  $F_1$  ve  $F_2$  nin  $R$  bileşkesi  $F$  ye eşit ve onunla ters yönlü olmalıdır. Buna göre:

## Katıların Statiği

$$R = F_2 - F_1 = F = 20 \text{ kg} \quad (1)$$

$F_1 \cdot AC = F_2 \cdot BC$ ,  $60 F_1 = 20 F_2$  veya  $F_2 = 3F_1$   
yazılabilir.  $F_2$  nin bu değeri (1) denklemine götürülsürse,

$F_2 - F_1 = 3F_1 - F_1 = 2F_1 = 20 \text{ kg}$  dan  $F_1 = 10 \text{ kg}$  ve  $F_2 = 3F_1 = 30 \text{ kg}$   
bulunur.

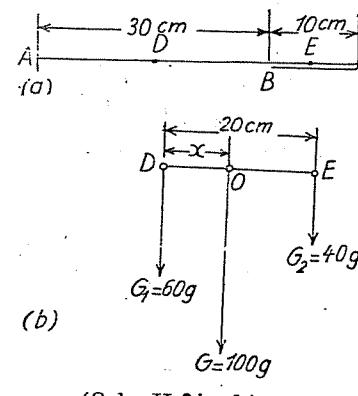
## B — AĞIRLIK MERKEZİ

35. Uzunluğu 50 cm, ağırlığı ise 100 g olan homogen bir telin bir ucundan 10 cm si kendisi üzerine katlanıyor (Şek. II-24 a). Meydana gelen şeklin ağırlık merkezini bulunuz.

**Çözümü :** Uzunluğu 50 cm olan bir ABC telinin bir ucundan 10 cm lik bir parçasını kendisi üzerine katlarsak meydana gelen şekil homogen olmaz. Ama bu şeklärin AB ve BC parçaları homogendir. Bu parçaların ağırlık merkezleri orta noktaları olan D ve E noktalarıdır. AB ve BC parçalarının ağırlıkları 60 ve 40 gramdır. Bu ağırlıkları, D ve E ağırlık merkezlerinde toplanmış gibi farz edersek (Şek. II-24 b) yi elde ederiz. Uygulama noktaları arasında 20 cm olan bu iki kuvvetin bileşkesinin O uygulama noktası,

$$G_1 \cdot DO = G_2 \cdot EO \text{ veya } 60 \cdot x = 40 \cdot (20 - x)$$

den,  $x = 8 \text{ cm}$  bulunur. Ağırlık merkezi, D nin 8 cm A nin ise  $15 + 8 = 23 \text{ cm}$  sağındadır



(Şek. II-24 a, b)

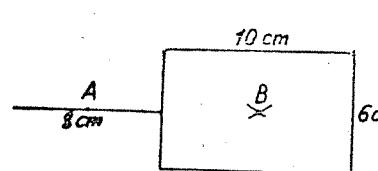
36. Uzunluğu 40 cm, ağırlığı ise 20 g olan homogen bir tel (Şek. II-25) deki gibi kıvrıyor. Meydana gelen şeklin ağırlık merkezi neresidir?

**Çözümü :** Homogen bir telden kıvrılarak meydana gelen şekil, ağırlık merkezi bizce bilinen iki basit parçaya ayıralım. Bunlardan biri, uzunluğu 8 cm olan doğrusal bir parça, diğeri ise dikdörtgen şeklindeki çerçevedir. Bu parçaların ağırlıkları, uzunlukları ile doğru orantılı ve  $G_1 = 4 \text{ gram}$  ve  $G_2 = 16 \text{ gram}$  dir. Bu ağırlıklar A ve B noktalarında toplanmış farz edilerek, (Şek. II-25 b) ye göre,

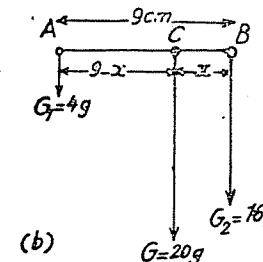
$$G_1 \cdot AC = G_2 \cdot BC \text{ veya } 4(9 - x) = 16x$$

## Katıların Statiği

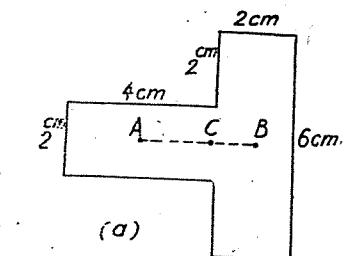
yazılarak, bundan,  $36 - 4x = 16x$  ve sonunda  $x = 36/20 = 1,8 \text{ cm}$  bulunur. Demek oluyor ki, ağırlık merkezi dörtgenin ağırlık merkezi olan B den 1,8 cm soldadır.



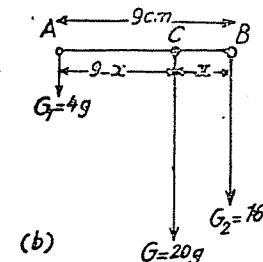
(a)



(Şek. II-25 a, b)



(a)



(b)

(Şek. II-26 a, b)

37. Homogen bir levha (Şek. II-26 a) daki gibi kesiliyor. Meydana gelen şeklin ağırlık merkezini bulunuz.

**Çözümü :** Verilen şeklär iki dörtgene ayıralım. Levhanın santimetre karesinin ağırlığı  $a$  gram olsun. Buna göre, soldaki dörtgenin ağırlığı  $G_1 = 8a$  sağdakini ağırlığı ise  $G_2 = 12a$  olur. Bu ağırlıkları dörtgenlerin ağırlık merkezleri olan A ve B noktalarında toplanmış farz edersek (Şek. II-26 b) yi elde ederiz. Aranan ağırlık merkezi,  $G_1$  ve  $G_2$  nin bileşkesinin uygulama noktasıdır. Bu noktayı bulmak için,

$$G_2 \cdot x = G_1 \cdot (3 - x) \text{ veya } 8 \cdot a \cdot x = 12 \cdot a \cdot (3 - x)$$

yazılarak, bundan,

$$8x = 36 - 12x \text{ ve sonunda } x = 1,8 \text{ cm}$$

bulunur. Verilen şeklärin ağırlık merkezi, dörtgenlerin ağırlık merkezlerini birleştirten doğru üzerinde, A dan 1,8 cm sağdadır.

**Not :** Homogen bir levha verilmesi halinde  $a$  nin bilinmesine bir gerek olmadığı görülmektedir. Problem 35 ve 36 daki homogen tellerin ağırlıkları verilmemiş olsaydı, sonuçlar, bu problemdeki yoldan gidilerek de bulunabilirdi.

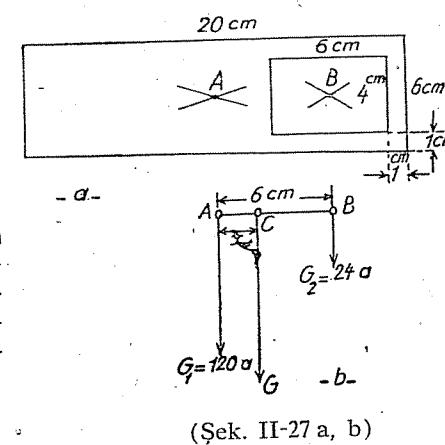
38. Yüzeyi  $20 \times 6 \text{ cm}^2$  olan homogen bir dik dörtgen levhanın bir ucuna, (Şek. II-27 a) da görüldüğü gibi, aynı maddeden  $4 \times 6 \text{ cm}^2$  lik bir parça yapıştırılıyor. Meydana gelen şeklärin ağırlık merkezini bulunuz.

**Cözümü :**  $20 \times 6 \text{ cm}^2$  lik levha tek başına verilseydi ağırlık merkezi köşegenlerinin kesim noktası olan A noktasıdır. Aynı maddeden kesilerek büyük levhaya yapıştırılan dik dörtgenin ağırlık merkezi de B noktasıdır. Levhanın birer  $\text{cm}^2$  lerinin ağırlığına  $a$  dersek, büyük levhanın ağırlığı  $G_1 = 20 \times 6 a = 120 a$  buna yapıştırılan küçük levhanın ağırlığı ise  $G_2 = 4 \times 6 a = 24 a$  olur. Bu ağırlıkları aralarındaki uzaklık 6 cm olan A ve B noktalarında toplanmış farz ederek (Şek. II-27 b) yi elde ederiz. Aradığımız ağırlık merkezi  $G_1$  ye  $G_2$  nin bileşkesinin uygulama noktası olup, bu noktanın A dan olan  $x$  uzaklığı,

$$G_1 \cdot AC = G_2 \cdot BC$$

veya

$$120 a \cdot x = 24 a (6 - x)$$

denkleminden  $x = 1 \text{ cm}$  bulunur.

(Şek. II-27 a, b)

39. Yüzeyi  $20 \times 6 \text{ cm}^2$  olan homogen bir dik dörtgen levhadan (Şek. II-28 a) da görüldüğü gibi  $4 \times 6 \text{ cm}^2$  lik bir parça kesiliyor. Meydana gelen şeitin ağırlık merkezini bulunuz.

**Cözümü :** Levhanın bütününe ağırlık merkezi A noktasıdır. Bu levhanın  $24 \text{ cm}^2$  lik bir parça çıkarmakla, bu parçanın B ağırlık merkezine  $24 a$  gramlık yuvarlaka doğru yönelmiş düşey bir kuvvet uygulamak aynı şey demektir. Buna göre, büyük parçanın A ağırlık merkezine  $G_1 = 120 a$  kadar bir ağırlık kuvvetinin, kesilen parçanın B ağırlık merkezine ise  $G_2 = 24 a$  kadar bir kuvvetin etkidiği farz edilerek (Şek. II-28 b) elde edilir. Aranan ağırlık merkezi bu iki kuvvetin bileşkesinin C uygulama noktası olup, bu noktanın A dan olan  $x$  uzaklığı,

$$G_1 \cdot AC = G_2 \cdot BC$$

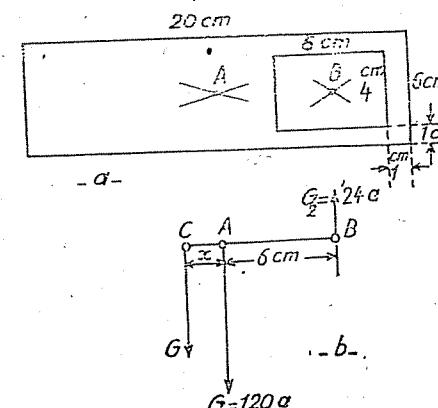
veya,

$$120 a \cdot x = 24 a (x + 6)$$

denkleminden,  $x = 1,5 \text{ cm}$  bulunur.

(Şek. II-28 a, b)

**Sonuç :** Aranan ağırlık merkezi AB doğrultusunda, A dan  $1,5 \text{ cm}$  solda bulunan C noktasıdır.



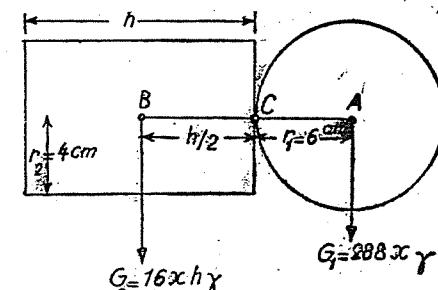
40. Yarıçapı 6 cm olan dolu bir küre, taban yarıçapı 4 cm olan dolu bir silindirle (Şek. II-29) daki gibi yapıştırılmıştır. Küre ve silindir aynı maddeden yapılmışlardır. Bu sistemin ağırlık merkezinin C dokunma noktasında olması için silindirin yüksekliği ne kadar olmalıdır?

**Cözümü :** Küre ve silindirin yapılmış oldukları maddenin 1 santimetre küpü  $\gamma$  gram olsun. Kürenin hacmi  $V_1 = 4\pi r_1^3/3 = 4\pi \cdot 6^3/3 = 288\pi$ , kürenin ağırlığı  $G_1 = 288\pi a$ , silindirin hacmi  $V_2 = \pi r^2 h$ , silindirin ağırlığı ise,  $G_2 = 16\pi h a$  dir.  $G_1$  ve  $G_2$  yi küre ve silindirin ağırlık merkezleri olan A ve B noktalarında toplanmış farz edelim. Sistemin ağırlık merkezinin C de olabilmesi için

$$G_1 \cdot AC = G_2 \cdot BC$$

veya,

$$288\pi \gamma \cdot 6 = 16\pi h \cdot h/2$$



(Şek. II-29)

olmalıdır. Bu denklem, gerekli kısaltmalardan sonra,  $288 \times 12 = 16h^2$  şeklini alır ve bundan  $h \approx 14,7 \text{ cm}$  bulunur.

41. Taban yarıçapı 5 cm, yüksekliği ise 10 cm olan boş bir conserve kutusunun üst kapağı çıkarılmıştır. Ağırlık merkezi nerededir?

**Cözümü :** Kutunun yapıldığı tenekenin 1 santimetre karesi  $a$  gram olsun. Kutunun dairesel olan kapağının ağırlığı  $G_1 = \pi r^2 a$ , yanal yüzeyinin ağırlığı ise  $G_2 = 2\pi r h a$  dir (Şek. II-30).  $G_1$  ve  $G_2$  ağırlıklarını A ve B noktalarında toplanmış farz edelim. Bunların bileşkesinin C uygulama noktası aradığımız ağırlık merkezidir. Buna göre,

$$G_1 \cdot AC = G_2 \cdot BC$$

veya,

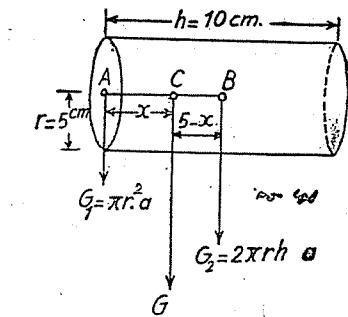
$$\pi r^2 a x = 2\pi r h a (5 - x)$$

yazılabilir. Bu denklem sadeleştirilirse,

$$rx = 2h(5 - x) \text{ ve verilmiş olan sayıların yerlerine konmasıyle}$$

$$5x = 20(5 - x) \text{ şeklini alır ve sonunda } x = 4 \text{ cm}$$

bulunur.



(Şek. II-30)

## C — ÖZGÜL AĞIRLIK VE YOĞUNLUKLAR

42. a)  $500 \text{ cm}^3$  lük bir gümüş parçası 5250 gram geliyor. Gümüşün özgül ağırlığı ne kadardır?

b)  $200 \text{ cm}^3$  bakırın ağırlığı ne kadardır? Bakırın özgül ağırlığı  $\gamma = 8,9 \text{ g/cm}^3$  dür.

c) 800 gramlık bir kurşun parçasının hacmi ne kadardır? Kurşunun özgül ağırlığı  $\gamma = 11,4 \text{ g/cm}^3$  tür.

**Cözümü :** a) Gümüşün özgül ağırlığı :

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{5250 \text{ (gram)}}{500 \text{ (cm}^3\text{)}} = 10,5 \text{ (g/cm}^3\text{)} \text{ tür.}$$

b)  $200 \text{ cm}^3$  bakırın ağırlığı,

$$G = V \gamma = 200 \text{ (cm}^3\text{)} \times 8,9 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 1780 \text{ (cm}^3\text{.g/cm}^3\text{)} = 1780 \text{ (g)} \text{ dir.}$$

c) 800 g lik bir kurşun parçasının hacmi,

$$V = \frac{G}{\gamma} = \frac{800 \text{ (g)}}{11,4 \text{ (g/cm}^3\text{)}} \approx 70,1 \text{ (g : g/cm}^3\text{)} = 70,1 \text{ (cm}^3\text{)} \text{ tür.}$$

43. Dikdörtgenler prizması şeklinde olan bir demir blokunun boyutları 12 cm, 8 cm ve 5 cm, bu blokun kütlesi ise 3456 gramdır.

a) Bu blokun özgül kütlesi ne kadardır?

b) Suya göre yoğunluğu ne kadardır?

c) Bu bloktan yapılan 3 cm kenarlı bir küpün kütlesi ne kadardır?

**Cözümü :** a) Verilen blokun hacmi  $V = 12 \cdot 8 \cdot 5 = 480 \text{ cm}^3$ , kütlesi ise  $m = 3456 \text{ g}$  olduğundan, özgül kütlesi,

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{(3456 \text{ g-kütle})}{480 \text{ (cm}^3\text{)}} = 7,2 \text{ (g-kütle/cm}^3\text{)} \text{ tür.}$$

b) Bu cismin suya göre yoğunluğu

$$d = \frac{\text{Cismin yoğunluğu}}{\text{Suyun yoğunluğu}} = \frac{7,2 \text{ (g-kütle/cm}^3\text{)}}{1 \text{ (g kütleye/cm}^3\text{)}} = 7,2 \text{ dir.}$$

c) Bu bloktan yapılan 3 cm kenarlı bir küpün kütlesi,

$$m = d V = 7,2 \text{ (g-kütle/cm}^3\text{)} \times 3^3 = 194,4 \text{ (g-kütle)} \text{ dir.}$$

44. Çapı 53 mm olan bir küre 191,27 gram geliyor. Bu kürenin

a) Yüzeyi, b) Hacmi, c) Özgül ağırlığı, ç) Özgül kütlesi, d) Suya göre yoğunluğu ne kadardır?

**Cözümü :** a) Çapı 53 mm (yarıçapı  $r = 2,65 \text{ cm}$ ) olan bir kürenin yüzeyi,  $S = 4\pi r^2 = 4 \times 3,1416 \times 2,65^2 \approx 88,2 \text{ (cm}^2\text{)} \text{ dir.}$

b) Aynı kürenin hacmi;

$$V = (4/3) \pi r^3 = (4/3) \times 3,1416 \times 2,65^3 \approx 77,9 \text{ (cm}^3\text{)} \text{ tür.}$$

c) Kürenin öz. ağırlığı,

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{191,27}{77,9} = 2,45 \text{ (g/cm}^3\text{)} \text{ tür.}$$

ç) Kürenin özgül kütlesi,

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{191,27 \text{ (g-kütle)}}{77,9 \text{ (cm}^3\text{)}} = 2,45 \text{ (g-kütle/cm}^3\text{)} \text{ tür.}$$

d) Suya göre yoğunluk,

$$d = \frac{\rho}{\rho'} = \frac{2,45 \text{ (g-kütle/cm}^3\text{)}}{1 \text{ (g-kütle/cm}^3\text{)}} = 2,45 \text{ dir.}$$

45. Bir silindirin taban dairesinin çapı 8 cm, yüksekliği 12 cm, kütlesi ise 1570 gramdır. Bu silindirin: a) Yanal yüzeyini, b) Toplam yüzeyini, c) Hacmini ve ç) Özgül ağırlığını bulunuz.

**Cözümü :** a) Bir silindirin yanal yüzeyi, bir kenarı yükseklik, öbür kenarı ise taban dairesinin çevresi kadar olan bir dikdörtgenin alanına eşit ise,

$$S_1 = h \cdot 2\pi r = 12 \times 2 + 3,1416 \times 4 \approx 302 \text{ (cm}^2\text{)} \text{ dir.}$$

b) Silindirin toplam yüzeyi, yanal ve taban yüzeyleri toplamı olup,

$$S = S_1 + 2\pi r^2 = 302 + 2 \times 3,1416 \times 4^2 \approx 402 \text{ (cm}^2\text{)} \text{ dir.}$$

c) Silindirin hacmi, taban alanı ile yükseklik çarpımı olup,

$$V = \pi r^2 \cdot h = 3,1416 \times 4^2 \times 12 \approx 604 \text{ (cm}^3\text{)} \text{ tür.}$$

ç) Silindirin yapılmış olduğu maddenin özgül ağırlığı,

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{1570 \text{ (g)}}{604 \text{ (cm}^3\text{)}} \approx 2,6 \text{ (g/cm}^3\text{)} \text{ tür.}$$

46. Uzunluğu 8 cm olan bir boru parçasının dış çapı 13 cm, iç çapı 5 cm, kütlesi ise 8560 g dir. a) Bu boru parçasında kaç  $\text{cm}^3$  metal vardır? b) Bu metalin öz kütlesi ne kadardır?

**Cözümü :** a) Borunun dış yarıçapı  $r_1 = 6,5 \text{ cm}$  olduğundan dış hacmi,

$$V_1 \approx \pi r_1^2 \cdot h = 3,1416 \times 6,5^2 \times 8 \approx 1062 \text{ (cm}^3\text{)}$$

tür. Borunun iç yarıçapı  $r_2 = 2,5$  cm olduğundan, içindeki silindirik boşluğun hacmi,

$$V_2 \approx \pi r_2^2 \cdot h = 3,1416 \times 2,5^2 \times 8 \approx 158 \text{ (cm}^3\text{)}$$

tür. Borunun toplam hacminden, içindeki boşluğun hacmi çıkarılırsa, dolu kusminin hacmi,

$$V = V_1 - V_2 = 1062 - 158 = 904 \text{ (cm}^3\text{)}$$

bulunur. Demek oluyor ki verilen boru parçasında 904 (cm<sup>3</sup>) metal vardır.

b) Borunun yapılmış olduğu maddenin özgül kütlesi,

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{8560 \text{ (g-kütle)}}{904 \text{ (cm}^3\text{)}} \approx 9,46 \text{ (g-kütle/cm}^3\text{)} \text{ tür.}$$

47. Boyutları 8 inç, 4 inç, ve 2 inç olan bir tuğla 4,2 lb geliyor. Bu tuğlanın özgül ağırlığı: a) Ne kadar libre/inç<sup>3</sup>, b) Ne kadar g/cm<sup>3</sup> tür? (1 libre = 453,6 gram ve 1 inç = 2,54 cm dir.)

**Cözümü :** a) Verilen tuğlanın özgül ağırlığı,

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{4,2 \text{ (libre)}}{8 \times 4 \times 2 \text{ (inç}^3\text{)}} \approx 0,065 \text{ (lb/inç}^3\text{)} \text{ tür.}$$

b)  $4,2 \text{ libre} = 4,2 \times 453,6 = 1905,12 \text{ gram}$ ,  $64 \text{ inç}^3 = 64 \times 2,54^3 = 1056 \text{ cm}^3$  olduğundan, tuğlanın (g/cm<sup>3</sup>) cinsinden özgül ağırlığı,

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{1905,12 \text{ (gram)}}{1056 \text{ (cm}^3\text{)}} \approx 1,8 \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad \text{olur.}$$

48. Suyun ve civanın özgül ağırlıkları 1 ve 13,6 g/cm<sup>3</sup> tür. Bu özgül ağırlıkları, a) Libre/inç<sup>3</sup> ve b) Libre/foot<sup>3</sup> cinsinden hesaplayınız. (1 foot = 12 inç ve 1 inç = 2,54 cm dir.)

**Cözümü :** a)  $1 \text{ (cm)} = (1/2,54) \text{ inç}$  ve  $1 \text{ (g)} = (1/453,6) \text{ libre}$  olduğundan, suyun özgül ağırlığı, (lb/inç<sup>3</sup>) cinsinden,

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{(1 \text{ g})}{(1 \text{ cm}^3)} = \frac{(1/453,6) \text{ (lb)}}{(1/2,54)^3 \text{ (inç}^3\text{)}} \approx 0,036 \text{ (lb/inç}^3\text{)}$$

tür. Civannın özgül ağırlığı da, aynı yoldan, 0,49 (lb/inç<sup>3</sup>) bulunur,

b)  $1 \text{ foot} = 12 \times 2,54 = 30,48 \text{ cm}$  olduğundan, suyun özgül ağırlığı, lb/foot<sup>3</sup> cinsinden,

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{1 \text{ (g)}}{1 \text{ (cm}^3\text{)}} = \frac{(1/453,6) \text{ (libre)}}{(1/30,48)^3 \text{ (foot}^3\text{)}} = 62,43 \text{ (lb/foot}^3\text{)}$$

tür. Civannın özgül ağırlığı da, aynı yoldan, 850 (lb/ft<sup>3</sup>), olarak bulunur.

49. Bir cismin özgül ağırlığı 100 (lb/ft<sup>3</sup>), suyun özgül ağırlığı 62,43 (lb/ft<sup>3</sup>), civanın özgül ağırlığı ise 850 (lb/ft<sup>3</sup>) dır. İlk cismin: a) Suya göre yoğunluğunu; b) Civaya göre yoğunluğunu; c) Özgül ağırlığını ve ç) Öggül kütlesini, hesaplayınız.

**Cözümü :** a) Cismin ve suyun birer ft<sup>3</sup> lerinin ağırlıkları 100 libre ve 62,43 libre olduğundan, cismin suya göre (bağlı) yoğunluğu,

$$d = \gamma_{\text{cisim}} / \gamma_{\text{suy}} = 100 \text{ (lb)} / 62,43 \text{ (lb)} \approx 1,6 \text{ dir.}$$

b) Aynı cismin civaya göre yoğunluğu,

$$d = \gamma_{\text{cisim}} / \gamma_{\text{civa}} = 100 \text{ (lb)} / 850 \text{ (lb)} \approx 0,126 \text{ dir.}$$

c) Verilen cismin özgül ağırlığı, g/cm<sup>3</sup> cinsinden,

$$\gamma = 100 \text{ (lb/ft}^3\text{)} = \frac{100 \text{ (lb)}}{1 \text{ (ft)}^3} = \frac{100 \times 453,6 \text{ (g)}}{(30,48 \text{ cm})^3} = 1,6 \text{ (g/cm}^3\text{)} \text{ tür}$$

ç) Cismin özgül kütlesi,  $\varrho = 1,6 \text{ (g-kütle/cm}^3\text{)} \text{ tür.}$

50. Bir cismin 2 ft<sup>3</sup>'ü 600 libre geliyor. Bu cismin: a) Özgül kütlesini; b) Suya göre yoğunluğunu hem (libre, foot, saniye) ve hem de (santimetre, gram, saniye) sisteminde hesaplayınız.

**Cözümü :** a) Cismin özgül kütlesi (mutlak yoğunluğu), İngilizlerin kullandıkları birim sistemine göre,

$$\rho = m/V = 600 \text{ (lb)} / 2 \text{ (ft}^3\text{)} = 300 \text{ (lb/ft}^3\text{)}$$

C.G.S. (santimetre, gram, saniye) sistemine göre ise,

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{600 \times 453,6 \text{ (g)}}{2 \times 30,48^3 \text{ (cm}^3\text{)}} = 4,8 \text{ (g/cm}^3\text{)} \text{ tür.}$$

b) 1 ft<sup>3</sup> lük cisim 300 libre, 1 ft<sup>3</sup> lük su ise 62,43 libre (Problem 48-b ye bakınız) olduğundan, cismin suya göre yoğunluğu,

$$d = 300 \text{ (lb)} / 62,43 \text{ (lb)} = 4,8$$

dir. Cismin ve suyun birer ft<sup>3</sup> lerinin küteleri (veya ağırlıkları) yerine birer cm<sup>3</sup> lerinin gram cinsinden küteleri (veya ağırlıkları) alınmış olsa, bağlı yoğunluk C.G.S. sisteminde de,

$$d = 4,8 \text{ (g)} / 1 \text{ (g)} = 4,8$$

bulunur. Bağlı yoğunlıkların seçilen birim sistemine bağlı olmadığı gerçeğine dikkat ediniz,

51. Evinizdeki kömürlüğün boyutları  $6 \times 5 \times 10 \text{ ft}^3$  dır. Kömürün bağlı yoğunluğu — suya göre — 1,2 olduğuna göre, kömürüğümüz en çok ne kadar ton kömür alabilir?

**Çözümü :** Kömürluğun hacmi,  $V = 6 \times 5 \times 10 = 300$  ( $\text{ft}^3$ ) =  $300 \times (30,48 \text{ cm})^3$ , kömürün özgül kütlesi ise  $1,5$  ( $\text{g-kütle}/\text{cm}^3$ ) olduğundan, kömürluğun alabileceği kömürün kütlesi,

$$m = V \rho = 300 \times 30,48^3 (\text{cm}^3) \times 1,5 (\text{g}/\text{cm}^3) \approx 127\,000 \text{ (g)} \quad \text{veya, } 12,7 \text{ ton dur.}$$

52. Dünya'mızın ortalama yoğunluğu  $5,5 \text{ g/cm}^3$ , çapı ise 8000 mil dir. Bunlardan, Dünya'nın kütlesini ton olarak bulunuz.

$$1 \text{ mil} = 1609 \text{ metredir.}$$

**Çözümü :** Dünyanın yarıçapı,  $r = 4000 \text{ mil} = 4000 \times 1609 = 6436000 \text{ metre}$  olup, hacmi,

$$V = (4/3) \pi r^3 = (4/3) \times 3,1416 \times 6436000^3 (\text{m}^3)$$

kütlesi ise, yoğunluğu  $\rho = 5,5 \text{ (g/cm}^3) = 5,5 \text{ (ton/m}^3)$  olduğundan,

$$m = V \rho = (4/3) \times 3,1416 \times 6436000^3 (\text{m}^3) \times 5,5 \text{ (ton/m}^3) \approx 68 \times 10^{20} \text{ ton}$$

dur.

53. Bir yoğunluk şısesi boş olarak 33 gram, su ile dolu olarak 103 gram ve gliserin ile dolu olarak 117 gram geliyor. Bundan gliserinin yoğunluğunu bulunuz.

**Çözümü :** Şişeyi dolduran gliserinin kütlesi  $(116 - 33 = 84)$  gram, suyun kütlesi ise  $(103 - 33 = 70)$  gram olduğundan, gliserinin suya göre yoğunluğu,

$$d = \frac{84 \text{ (g)}}{70 \text{ (g)}} = 1,2 \quad \text{bulunur,}$$

54. Bir yoğunluk şısesi boş iken 50 gram, alkol ile doldurulduğu zaman 70 gram geliyor. Su ile doldurulursa ne kadar gram gelir? Alkolün yoğunluğu,  $0,8 \text{ dir.}$

**Çözümü :** Alkol ve suyun eşit — yoğunluk şısesini dolduran — hacimlerinin ağırlıkları (veya kütleleri) arasındaki oran (suya göre yoğunluk)  $0,8$  olduğundan,

$$d = 0,8 = \frac{G}{G'} = \frac{70 - 50}{G'}$$

yazılarak, bundan,  $G' = 20 \text{ (g)}/0,8 = 25 \text{ (gram)}$  bulunur.

55. Bir şise içeresine  $10 \text{ cm}^3$  civa ve  $5 \text{ cm}^3$  alkol konulunca bu şisenin ağırlığı  $140 \text{ g}$  artıyor. Aynı şise içeresine  $10 \text{ cm}^3$  alkol ve  $5 \text{ cm}^3$  civa konması halinde ise, artma  $76 \text{ gram}$  oluyor. Bundan,

- a) Civanın ve alkoliin öz. ağırlıklarını,
- b) Civanın alkole göre yoğunluğunu bulunuz.

**Çözümü :** a) Civanın  $1 \text{ cm}^3$ 'ü  $\gamma$ , alkolin  $1 \text{ cm}^3$ 'ü ise  $\gamma'$  gram olsun. Şişeye  $10 \text{ cm}^3$  civa ve  $5 \text{ cm}^3$  alkol konduğunda şisenin ağırlığı  $140 \text{ gram}$  artığına göre,

$$10 \gamma + 5 \gamma' = 140 \quad (a)$$

denklemi kurulabilir. İkinci şart için ise,

$$5\gamma + 10\gamma' = 76 \quad (b)$$

yazılabilir. (a) denklemini,  $5\gamma + 2,5\gamma' = 70$  şeklinde yazarak (b) denkleminden çıkarırsak;  $7,5\gamma' = 6$  ve bundan da  $\gamma' = 6/7,5 = 0,8 \text{ (g/cm}^3)$  buluruz.  $\gamma'$  nün bu değeri (a) veya (b) denklemine konularak da,  $\gamma = 13,6 \text{ (g/cm}^3)$  bulunur.

- b) Civanın alkole göre bağıl yoğunluğu,

$$d = \frac{\gamma}{\gamma'} = \frac{13,6 \text{ (g/cm}^3)}{0,8 \text{ (g/cm}^3)} = 17 \quad \text{dir.}$$

56. Suda eriyen, alkolde ise erimeyen katı bir cismin yoğunluğunu bulmak için bir yoğunluk şısesi kullanılıyor ve yapılan bir deneyde yoğunluk şiseninin ağırlığı,

- 1 — Şişe boş iken: 16 gram,
- 2 — İçinde yalnız katı cisim varken: 20 gram,
- 3 — İçinde cisim ve üzerinde alkol dolu iken: 65 gram,
- 4 — Sadece alkolle dolu iken: 64 gram,
- 5 — Su ile dolu iken: 76 gram,

bulunuyor. Bu deneyden: a) Alkolün yoğunluğunu, ve b) Suda erimeyen katı cismin yoğunluğunu bulunuz.

**Çözümü :** Yoğunluk şısesi  $76 - 16 = 60 \text{ gram}$  su aldığına göre, bu şisenin hacmi  $60 \text{ cm}^3$  tür. Şişeyi dolduran ( $= 60 \text{ cm}^3$ ) alkolin kütlesi,  $64 - 16 = 48 \text{ g}$  olduğundan, alkolin özgül kütlesi (mutlak yoğunluğu),

$$\rho = m/V = 48 \text{ (g)}/60 \text{ (cm}^3) = 0,8 \text{ (g/cm}^3) \text{ tür.}$$

b) Suda erimeyen cismin kütlesi  $20 - 16 = 4 \text{ gram}$  dir. Buna göre, şisenin 3 cü tartısında içinde bulunan alkol  $65 - (16+4) = 45 \text{ gram}$  dir. Bu miktar alkolin hacmi,

$$V = m/\rho = 45 \text{ (g)}/0,8 \text{ (g/cm}^3) = 56,25 \text{ (cm}^3)$$

tür. Şu halde, şisenin 3 cü tartısında içinde bulunan cismin hacmi,

$$60 - 56,25 = 3,75 \text{ (cm}^3)$$

Suda erimeyen cismin kütlesinin 4 gram, hacminin ise  $3,75 \text{ cm}^3$  olduğu bulunduktan sonra, aranan özgül kütle - veya mutlak yoğunluk,

$$\rho_{cisim} = m_{cisim}/V_{cisim} = 4 \text{ (g-kütle)}/3,75 \text{ (cm}^3) \approx 1,06 \text{ (g-kütle/cm}^3)$$

olarak bulunur,

57. a) Bir terazinin kefelerinden birine, su ile dolu bir yoğunluk şışesi ve yoğunluğu belirtilecek bir cisim konuluyor. Öbür kefeye konulan bir dara ile de terazinin dengesi kuruluyor.

b) Cisim kaldırılıyor ve yerine, dengenin yeniden kurulması için, 16,38 gram konması gerekiyor.

c) Daha sonra, bu gramlar kaldırılıyor, yoğunluk şışesi alınıyor, içine yoğunluğu belirtilecek cisim atılıyor ve şışe kefedeki yerine konuluyor. Bu yeni halde, terazinin dengeye getirilebilmesi için 2,1 gram gerektigine göre cismin yoğunluğu ne kadardır?

**Çözümü :** a ve b tartılarından, yoğunluğu aranan cismin kütlesinin  $m = 16,38$  gram olduğu; a ve c tartılarından ise, cismin şışeden taşırdığı suyun 2,1 gram (dolayısı ile, cismin hacminin  $V = 2,1 \text{ cm}^3$ ) olduğu anlaşıldığından, aranan yoğunluk,

$$\rho = m/V = 16,38/2,1 = 7,8 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

olur.

### C - İŞ, GÜÇ VE ENERJİ

58. 500 dyn lik bir kuvvet, uygulandığı bir cismi, kendi doğrultusunda 200 cm hareket ettiriyor. Yapılan iş: a) Ne kadar erg, b) Ne kadar joule ve c) Ne kadar kg.m dir?

**Çözümü :** a) Kuvvet ve yol aynı doğrultuda olduklarından yapılan iş,

$$W = F s = 500 \text{ (dyn)} \times 200 \text{ (cm)} = 100000 \text{ (dyn} \times \text{cm)} = 100000 \text{ erg dir.}$$

b)  $F = 500 \text{ (dyn)} = 500/100000 = 0,005 \text{ (newton)}$  ve  $s = 200 \text{ (cm)} = 2 \text{ (m)}$  olduğundan, yapılan iş, joule cinsinden,

$$W = F s = 0,005 \text{ (newton)} \times 2 \text{ (m)} = 0,01 \text{ (N.m)} = 0,01 \text{ joule dir.}$$

c)  $F = 500 \text{ (dyn)} = (500/981) \text{ (g)} = (500/981000) \text{ (kg)}$  ve  $s = 2 \text{ (m)}$  olduğundan, yapılan iş, ( $\text{kg} \times \text{m}$ ) cinsinden,

$$W = (500/981000) \text{ (kg)} \times 2 \text{ (m)} = (1/981) \text{ kg.m dir.}$$

59. Bir cisim yatay bir doğrultuda, yatay bir kuvvetle 5 metre hareket ettiirdiği zaman 60 joule luk bir iş yapılmıyor. Cismi hareket ettiren kuvvet: a) Ne kadar newton ve b) Ne kadar kilogram dir?

**Çözümü:** a)  $s=5 \text{ (m)}$  ve  $W=60 \text{ (joule)} = 60 \text{ (N.m)}$  olduğundan,  $W = F s$  bağıntısı

$$60 \text{ (N.m)} = F \times 5 \text{ (m)}$$

şeklinde yazılarak, bundan  $F = 60 \text{ (N.m)}/5 \text{ (m)} = 12 \text{ (newton)}$  bulunur,

b) 1 newton =  $(1/9,81)$  kg olduğundan, cisim hareket ettiren kuvvet,

$$F = 12 \text{ newton} = 12 \times 1/9,81 \approx 1,22 \text{ (kg)}$$

dir.

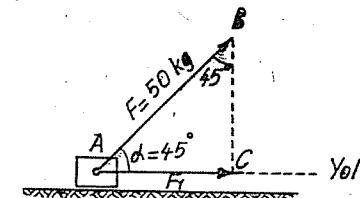
60. 50 kg lik bir kuvvet, bir cisme, hareket doğrultusu ile  $45^\circ$  açı yapan bir doğrultuda uygulanıyor ve cismi 5 metre hareket ettiriyor. Yapılan iş: a) Ne kadar kilogram  $\times$  metre; b) Ne kadar joule ve c) Ne kadar erg tir?

**Çözümü:** a) Kuvvet doğrultusu (AB) ile yol doğrultusu (AC) arasında  $\alpha = 45^\circ$  lik bir açı bulunduğu göre, yapılan iş, alınan yol ile kuvvetin yol doğrultusu üzerindeki  $F_1$  bileşeninin çarpımı, demek,

$$W = F_1 s \quad (1)$$

dir (Şek. II-31), ABC, ikizkenar dik üçgen olduğundan,  $\overline{AB}^2 = \overline{AC}^2 + \overline{CB}^2 = 2 \overline{AC}^2$  veya,  $2 F_1^2 = F^2$  yazılarak, bundan,

$$F_1 = F/\sqrt{2} = 50/\sqrt{2} \approx 35,4 \text{ (kg)}$$



(Şek. II-31)

Bulunur.  $F_1$  hesaplandıktan sonra yapılan iş, (1) bağıntısından,

$$W = 35,4 \text{ (kg)} \times 5 \text{ (m)} = 177 \text{ (kg.m)} \text{ bulunur.}$$

b) 1 kg = 9,81 newton olduğundan, yapılan iş,

$$W = 35,4 \times 9,81 \text{ (newton)} \times 5 \text{ (metre)} \approx 1736 \text{ N.m (veya joule) dir.}$$

c) 1 kg = 981 000 dyn olduğundan, yapılan iş,

$$W = 35,4 \times 981000 \text{ (dyn)} \times 500 \text{ (cm)} \approx 1736 \times 10^7 \text{ erg dir.}$$

61. Ağırlığı 70 kg olan bir işçi, 30 kg gelen kum dolu bir kovayı, her 10 dakikada bir kez, 3 m lik bir yüksekliğe çıkarıyor. 8 saatlik bir iş gününde ne kadar kg.m lik iş yapar,

**Çözümü:** İşçi ve taşıdığı yükün toplam ağırlığı  $70 + 30 = 100 \text{ kg}$  dir. Kovanın her taşıınışında — demek, her 10 dakikada — 3 m lik düşey bir yol alındığından, yerçekimi kuvvetine karşı yapılacak olan iş,

$$W_1 = F s = G h = 100 \text{ (kg)} \times 3 \text{ (m)} = 300 \text{ (kg.m)}$$

dir. İşçi, 10 dakikada 300 (kg . m) lik bir iş yaptığına göre, 8 saatte veya 480 dakikada,

$$W = 48 W_1 = 48 \times 300 = 14400 \text{ (kg.m) lik iş yapar.}$$

62. 350 kg lik bir arabayı her 100 metrede 5 metre yükselen bir yolda 600 metre hareket ettirmek için: a) Ne kadar iş yapmak gereklidir? b) Arabayı, yola paralel olan ne kadar kilogram lik bir kuvvetle çekmek gereklidir?

**Cözümü:** a) Araba, her 100 metrede 5 metre yükselen bir yolda 600 metre çekildiği zaman  $5 \times 6 = 30$  metre yükselmiş olur. 350 kg lik ağırlık kuvvetini yenerken arabayı 30 metre yükseğe çıkaracak iş:

$$W = G h = 350 \text{ (kg)} \times 30 \text{ (m)} = 10500 \text{ (kg.m)} \text{ dir.}$$

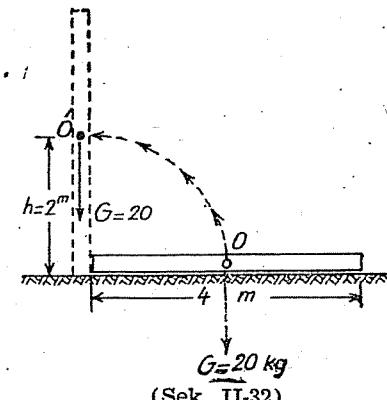
- b) Araba, düşey olarak 30 m yükseğe çıkarılacak yerde, 600 m lik bir yolda yola paralel olan  $F$  gibi bir kuvvetle çekilerek aynı düzeye yükseltilmiş olsa, yapacak iş miktarı — enerjinin korunumu kanunu göre — yine aynı ve 10500 kg.m olur. Bu düşünüşe göre,

$$W = G h = F s$$

veya,

$$10500 \text{ (kg.m)} = F \times 600 \text{ (m)}$$

yazılarak, bundan  $F = 17,5 \text{ (kg)}$  bulunur.



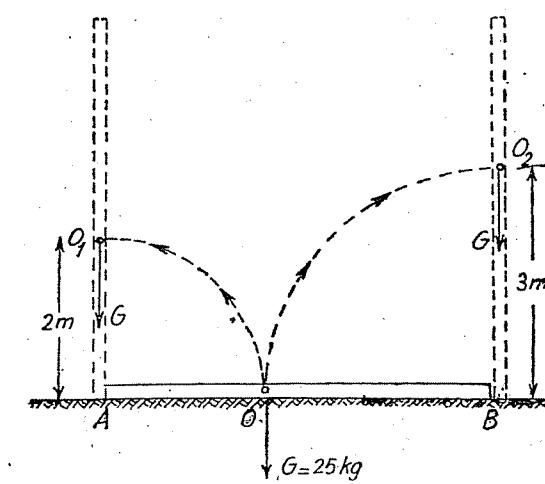
63. Uzunluğu 4 metre, ağırlığı ise 20 kg olan düzgün bir kalas, yere yatay olarak uzatılmıştır. Bu kalas bir ucundan tutularak kaldırılıyor ve düşey konuma getiriliyor. Bu sırada yapılan iş ne kadar kg.m ve ne kadar joule dür?

**Cözümü:** Kalasın bütün ağırlığının O ağırlık merkezinde toplanmış olduğunu düşünelim. Kalas, yatay konumdan düşey konuma getirilince, ağırlık merkezi 2 m yükselerek O' noktasına gelir (Şek. II-32). Bu sırada, ağırlık kuvetine karşı yapılan iş,

$$W = G h = 20 \text{ (kg)} \times 2 \text{ (m)} = 40 \text{ (kg.m)} \text{ veya,}$$

$$W = 20 \times 9,81 \text{ (N)} \times 2 \text{ (m)} = 392,4 \text{ N.m} \text{ (veya joule) dur.}$$

64. Uzunluğu 5 metre, ağırlığı ise 25 kg olan bir merdivenin ağırlık merkezi alt ayından 2 metre uzakta bulunmaktadır. Yere yatay olarak uzatılmış bulunan bu merdiveni düşey konuma getirmek için ne kadar kg.m lik iş yapmak gereklidir?



**Cözümü:** AB merdiveninin ağırlık merkezini 0 ağırlık merkezinde toplanmış farz edelim (Şek. II-33). Merdiveni A alt ayayı üzerinde kaldırarak düşey konuma getirirsek, ağırlık merkezi 2 m yükseleceğinden yapacağımız iş miktarı,

$$W_1 = 25 \text{ (kg)} \times 2 \text{ (m)} = 50 \text{ (kg.m)}$$

olur. Aynı merdiveni B ayayı üzerinde düşey konuma getirirsek, ağırlık merkezi bu kez, 3 m yükseleceğinden yapacağımız iş miktarı daha çok ve,

$$W_2 = 25 \text{ (kg)} \times 3 \text{ (m)} = 75 \text{ (kg.m)} \text{ olur.}$$

65. Bir araba 50 kg lik bir kuvvetle hareket ettiyor ve bu kuvvet doğrultusunda 60 m lik bir yolu 2,5 dakikada alıyor. Çeşitli birimler cinsinden: a) Yapılan iş ve b) Güç ne kadardır?

**Cözümü:** a)  $F = 50 \text{ kg}$  lik bir kuvvetle çekilen araba, hareket ettiren kuvvet doğrultusunda 60 m hareket ettiğine göre, yapılan iş miktarı, çeşitli birimlerle,

$$W = Fs = 50 \text{ (kg)} \times 60 \text{ (m)} = 3000 \text{ (kg.m)}$$

$$W = Fs = 50 \times 9,81 \text{ (N)} \times 60 \text{ (m)} = 29430 \text{ (joule)}, \text{ veya,}$$

$$W = Fs = 50000 \times 981 \text{ (dyn)} \times 6000 \text{ (cm)} = 29430 \cdot 10^7 \text{ (erg)} \text{ tir.}$$

- b) Güç, 1 zaman birimi — diyelim, 1 saniye — içinde yapılan iş miktarıdır. 2,5 dakika (veya,  $2,5 \times 60 = 150$  saniye) içinde yapılan iş miktarı 3000 kg.m (29430 joule veya  $29430 \cdot 10^7$  erg) olduğundan, hesaplamak istediğimiz güç, çeşitli birimler cinsinden,

## Katıların Statikası

$$P = \frac{W}{t} = \frac{3000 \text{ (kg.m)}}{150 \text{ (s)}} = 20 \text{ (kg.m/s)} = \frac{20 \text{ (kg.m/s)}}{75} \approx 0,260 \text{ (b.b.)}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{29430 \text{ (J)}}{150 \text{ (s)}} = 196,2 \text{ (J/s veya W)} = 0,1962 \text{ (kW)}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{29430 \cdot 10^7 \text{ (erg)}}{150 \text{ (s)}} = 196,2 \cdot 10^7 \text{ (erg/s)} \quad \text{dir.}$$

66. 50 newton'luk bir kuvvet, sürtünmeleri yenerek, bir cismi 20 m/s lik bir hızla hareket ettiriyor. a) Cisme uygulanan güç ne kadar kW dir? b) Cism 40 metre hareket ettirilmişse ne kadar kg.m lik veya ne kadar joule luk iş yapılmıştır? c) Kuvvet 2 saat uygulanmış olsa ne kadar kW.h lik iş yapılr?

**Cözümü :** a) 50 (N) luk bir kuvvet, uygulandığı cismi 1 saniyede 20 m hareket ettirdiğine göre, güç,

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fs}{t} = \frac{50(\text{N}) \times 20(\text{m})}{1(\text{s})} = 1000 \text{ (N.m/s)} = 1000 \text{ (J/s)} = 1000 \text{ (W)} = 1 \text{ kW}$$

dir.

b) 50 (N) luk bir kuvvet, cismi 40 metre hareket ettirirse, yapılan iş,

$$W = 50 (\text{N}) \times 40 (\text{m}) = 2000 \text{ N.m (joule)}, \text{ veya},$$

$$W = (50/9,81) (\text{kg}) \times 40 (\text{m}) \approx 204 \text{ (kg.m)} \text{ olur.}$$

c) Bu kuvvet, cisme 2 saat süre ile uygulanmış olsa, yapılan iş:

$$W = P t = 1000 \text{ (W)} \times 2 \cdot (h) = 2000 \text{ (W.h)} = 2 \text{ (kW.h)} \text{ olur.}$$

67. 2,4 tonluk bir uçağı 20 dakikada 3000 metre yükseğe çıkarmak için ne kadar buhar beygir lik bir güç gerekir?

**Cözümü :** 2,4 ton (veya 2400 kg) lik uçağı 20 dakika (20×60 saniye) içinde 3000 (m) lik bir yüksekliğe çıkarmak için,

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Gh}{t} = \frac{2400(\text{kg}) \times 3000(\text{m})}{20 \times 60(\text{s})} = 6000 \text{ (kg.m/s)}$$

veya,  $6000/75 = 80$  (b.b.) lik bir güç gerekir.

68. 5 ton luk bir uçağı havalandırmak için 200 (b.b.) lik bir güç kullanılıyor. Uçak, 10 dakikada ne kadar yükselsel?

**Cözümü :** 200 (b.b.) lik bir motor, saniyede  $200 \times 75 = 15000$  (kg.m) lik enerji verir. Bu motorun 10 dakikada — veya,  $10 \times 60$  saniyede — verebileceği enerji,

## Katıların Statikası

$$W = 15000 \text{ (kg.m/s)} \times 600 \text{ (s)} = 9000000 \text{ (kg.m)}$$

dir. Bu enerjinin, 5 tonluk (5000 kg lik) uçağı çıkarabilecegi yükseklik,

$$W = Gh \text{ veya } 9000000 \text{ (kg.m)} = 5000 \text{ (kg)} \cdot h$$

denkleminden,  $h = 1800 \text{ (m)}$  bulunur. Demek oluyor ki, 200 (b.b.) lik bir güç; 5 tonluk bir uçağı 10 dakikada 1800 metre yükseğe çıkarabilir.

69. Hareket halinde bulunan bir cismi 5 m/s lik sabit bir hızda tutabilmek için 2 kW lik bir güç kullanmak gerekiyor. Bu cisme uygulanan kuvvet ne kadar newton ve ne kadar kg dir?

**Cözümü :** Gücü 2 kW (veya 2000 W) olan bir motor, 1 saniyede 2000 joule lik enerji verir. Bu enerji ile cisme 5 m/s lik bir hız verilmekte — demek, cisme saniyede 5 m yol almaktadır. Buna göre, cisme uygulanan kuvvet,

$$W = F s \text{ veya } 2000 \text{ joule} (= \text{N} \cdot \text{m}) = F \cdot 5 \text{ (m)} \text{ denkleminden}$$

$$F = \frac{2000 \text{ (N.m)}}{5 \text{ (m)}} = 400 \text{ (N)} = \frac{400}{9,81} \approx 40,7 \text{ kg} \quad \text{bulunur.}$$

70. 500 kg lik bir bomba 2000 m lik bir yükseklikten düşürüülüyor.

a) Bombanın bırakıldığı anda potansiyel enerjisi ne kadardır? b) Hava direnci yüzünden enerji kayipları olmasa bombanın yere düştüğü andaki kinetik enerjisi ve hızı ne kadar olur?

**Cözümü :** a) Yerden 2000 m yüksekte bulunan 500 kg lik bombanın potansiyel enerjisi, bombanın bu yükseklikten düşmesi halinde yapacağı iş miktarı kadar olup,

$$W = Gh = 500 \text{ (kg)} \times 2000 \text{ (m)} = 1000000 \text{ (kg.m)} \text{ veya}$$

$$W = Gh = 500 \times 9,81 \text{ (N)} \times 2000 \text{ (m)} = 9810000 \text{ (joule)} \text{ dur.}$$

b) Hava direnci yüzünden enerji kayipları olmasa, bombanın yere düştüğü andaki kinetik enerjisi, düşmeye bırakıldığı andaki potansiyel enerjisi —  $1000000 \text{ kg.m}$  veya  $9810000 \text{ joule}$  — kadar olur. Bombanın yere düştüğü andaki hızı, kinetik enerjiyi hesaplamaya yarayan,  $E_k = mv^2/2$  formülünde,  $E_k$  yerine  $9810000 \text{ joule}$  ve  $m$  yerine  $500 \text{ kg}$  yazılarak elde edilen,

$$9810000 = 0,5 \times 500 \times v^2$$

$$\text{denkleminden, } v = \sqrt{39240} \approx 198 \text{ (m/s)} \text{ bulunur.}$$

71. 2 tonluk bir kamyon, her 100 metresinde 4 m alçalan bir yolda 500 m hareket ediyor. Sürtünmeleri hesaba katmayarak, a) Ne kadar potansiyel enerji kaybedeceğini, b) Kazanacağı hızı hesaplayınız.

**Cözümü :** a) Kamyon her 100 metrende 4 m alçalan bir yolda 500 m harket ederse, 20 m alçalar, ve dolayısı ile,

$$E_p = W = G \cdot h = 2000 \text{ (kg)} \times 20 \text{ (m)} = 40000 \text{ (kg.m)}$$

veya,  $40000 \times 9,81 = 392400$  joule luk potansiyel enerji kaybeder.

b) Kamyonun kazanacağı kinetik enerji, kaybettiği potansiyel enerji kadar olduğundan,

$$W = E_k = mv^2/2 \text{ veya } 40000 \times 9,81 = 0,5 \times 2000 \cdot v^2$$

yazılıarak, bundan,  $v = \sqrt{392,4} \approx 198 \text{ m/s}$  bulunur.

72. Su, bir depodan 30 m aşağıda bulunan bir turbine akiyor, ve bu turbinden 6 m/s lik bir hızla çıkarıyor. Sürtünme ve dirençler yüzünden enerji kayipları olmadığını kabullenerek, sudaki enerjinin % de ne kadarının turbine verileceğini bulunuz.

**Cözümü :** Depodan turbine gelen suyun her kilogramındaki potansiyel enerji kaybı,

$E_p = W_1 = G \cdot h = 1 \text{ (kg)} \times 30 \text{ (m)} = 30 \text{ (kg.m)} = 30 \times 9,81 = 294,3$  joule kadardır. Turbinden 6 m/s lik hızla çıkan suyun her 1 kg indaki kinetik enerji ise,

$$E_k = mv^2/2 = 1 \times 36/2 = 18 \text{ joule}$$

dur. Buna göre, turbinden geçen suyun her kilogramı, enerjisinden,

$$E_p - E_k = 294,3 - 18 = 276,3 \text{ joule}$$

luk bir miktarını turbine bırakmıştır. Turbine verilen enerji, sudaki enerjinin % de,  
 $100 (276,3/294,3) \approx 93,8$  idir.

73. 60 000 nüfuslu bir şehirde oturanlar, günde nüfus başına 100 litre su harcıyorlar. Şehrin ihtiyacı olan su, önce bir gölden 120 m yüksekte bulunan bir depoya pompalanmaktadır. Şehre gerekli suyu sağlamak için pompalama istasyonuna konacak ve günde 10 saat çalıştırılacak olan motorların gücü ne kadar b.b. olmalıdır?

**Cözümü :** Şehrin 1 günlük su harcaması  $60000 \times 100 = 6.10^6$  kg dir. Bu miktar suyu, 10 saatte 120 m yükseğe çıkaracak olan motorların gücü,

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = \frac{6 \times 10^6 \text{ (kg)} \times 120 \text{ (m)}}{10 \times 3600 \text{ (s)}} = 20000 \text{ (kg.m/s)}$$

veya,  $P = 20000/75 \approx 267$  (b.b.) dir.

74. 1 (b.b.) lik bir motorla çalıştırılan bir tulumba ne kadar zamanda 200 litre suyu 15 m lik bir yüksekliğe çıkarabilir?

**Cözümü:** 200 litre — veya, 200 kg — suyu 15 m yükseğe çıkarmak için yapılması gereken iş:

$$W = G \cdot h = 200 \text{ (kg)} \times 15 \text{ (m)} = 3000 \text{ (kg.m)}$$

dir. Gücü 1 (b.b.) olan bir motor, 1 saniyede 75 (kg.m) lik bir iş yaptıgına göre, 3000 kg.m lik işi,

$$t = W/P = 3000 \text{ (kg.m)}/75 \text{ (kg.m/s)} = 40 \text{ (saniye) de yapar.}$$

65. Bir siloda 10 (b.b.) lik bir motor, 100 ton buğdayı 1/2 saatte 12 metre yükseğe çıkarıyor. a) Yapılan yararlı iş ne kadardır? b) Kaybolan enerji ne kadardır? c) Verim ne kadardır?

**Cözümü:** a) Yapılan yararlı iş,  $100 \text{ ton} = 100000 \text{ kg}$  lik bir ağırlığın 12 m lik bir yüksekliğe çıkarılması olup,

$$W = F \cdot s = 100000 \text{ (kg)} \times 12 \text{ (m)} = 1200000 \text{ (kg.m) dir.}$$

b)  $10 \text{ (b.b.)} = 10 \times 75 = 750 \text{ (kg.m/s)}$  lik bir motorun 1/2 saatte verebileceği toplam enerji,

$$W' = P \cdot t = 750 \text{ (kg.m/s)} \times 1800 \text{ (s)} = 1350000 \text{ (kg.m) dir.}$$

c) Motorun verimi, yararlı enerjinin toplam enerjiye oranı olup,

$$\eta = \frac{W}{W'} = \frac{1200000 \text{ (kg.m)}}{1350000 \text{ (kg.m)}} = 0,88 \text{ dir.}$$

76. 100 kg lik bir ağırlık 5 metre yüksekten bir kazık üzerine düşürüluyor ve bu kazığı toprağa 10 cm saplıyor. Toprağın gösterdiği direnç kuvveti ne kadar kilogramdır?

**Cözümü:** 5 m yüksekten düşürülen 100 kg lik ağırlığın kaybettiği potansiyel enerji,

$$W = 100 \text{ (kg)} \times 5 \text{ (m)} = 500 \text{ (kg.m)}$$

dir. Bu enerji, kazığı toprağa 10 cm — veya, 0,1 metre — saplamakta harcadığına göre, toprağın gösterdiği direnç kuvveti:

$$W = F \cdot s \text{ veya } 500 \text{ (kg.m)} = 0,1 \text{ (m)} \times F$$

den,  $F = 5000 \text{ (kg)}$  bulunur.

## D - BASIT MAKİNELER

77. Hareket veren kuvvet kolu 100 cm, direngen kuvvet kolu ise 20 cm olan bir kaldırıcta: a) Kuvvetten yana ne kadar kazancımız vardır? Böyle bir kaldırıça 50 kg lik bir yükü ne kadarlık bir kuvvetle kaldırabiliriz? b) Yükü 10 cm kaldırmak için kaldıracın öbür ucunu ne kadar hareket ettirmek gerekir?

**Çözümü:** a) Bir kaldırıcta, denge koşulu,  $F_1 \cdot \overline{AC} = F_2 \cdot \overline{BC}$  olduğundan,

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{\overline{AC}}{\overline{BC}} = \frac{100 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} = 5$$

$$F_2 = 5F_1 \quad \text{veya} \quad F_1 = \frac{F_2}{5}$$

yazılabilir (Şek. II-34). Demek oluyor ki, verilen kaldırıç bir yükü 5 de biri kadar bir kuvvetle ve dolayısıyla 50 kg lik bir yükü  $50 \times 1/5 = 10$  kg lik bir kuvvetle dengeleyebilir.

b) 50 kg lik yükü 10 cm — veya, 0,1 metre — kaldırıtan kaldırıcta aldığımız iş

$$W_1 = F_2 s_2 = 50 \text{ (kg)} \times 0,1 \text{ (m)} = 5 \text{ (kg.m)}$$

dir. Bu işi almak için bizim kaldırıca vereceğimiz iş miktarı ise, sürtünmeler hesaba katılmadığına göre,  $W_1 = F_1 s_1 = 10 s_1$  dir. Sürtünme ve diğer sebepler yüzünden enerji kaybı olmadığı farz edilirse, kaldırıcta aldığımı  $W_2$  iş miktarının, bizim kaldırıca verdigimiz  $W_1$  iş miktarına eşitliği,

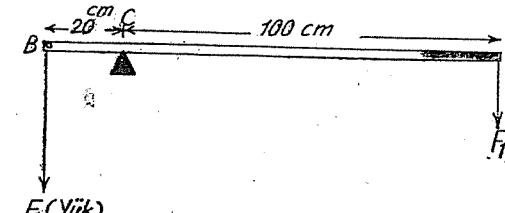
$$W_1 = W_2 \quad \text{veya} \quad 10 \text{ (kg)} \times s_1 = 5 \text{ (kg.m)}$$

yazılıarak, bundan  $s_1 = 5 \text{ (kg.m)} / 10 \text{ (kg)} = 0,5 \text{ (m)}$  bulunur,

Demek oluyor ki yükü 10 cm kaldırmak için hareket veren kuvveti uyguladığımız A noktasını 50 cm aşağıya indirmek gerekir.

78. a) Bir işçi, bir el arabasına yüklediği 80 kg lik bir yükü kaldırıcta için arabanın kollarından yukarıya doğru 20 kg lik düşey bir kuvvet uyguluyor. Hareket veren kuvvetin uygulama noktasının tekerlek eksene olan uzaklığı 120 cm olduğuna göre, yükün ağırlık merkezi nerededir?

b) Aynı işçi, yüklü arabasını hareket ettirmek için ayrıca 25 kg lik yatay bir kuvvet de uygulamaktadır. Arabanın 40 m lik yatay bir yol alması halinde yaptığı iş ne kadar kg.m dir?



(Şek. II-34)

**Cözümü:** a) El arabası kolunun A noktasından yukarıya kaldırılması için gerekli  $F_1$  kuvveti,  $F_1$  ve  $F_2$  kuvvetlerinin C noktasına göre momentlerinin eşitliğinden hesaplanabilir (Şek. II-35). Gerçekten, arabanın dengede olması halinde,

$$F_1 d_1 = F_2 d_2 \quad \text{veya} \quad F_1 \cdot \overline{AC} = F_2 \cdot \overline{CD}$$

yazılabilir.  $F_1 = 20 \text{ kg}$ ,  $F_2 = 80 \text{ kg}$  ve  $\overline{AC} = 120 \text{ cm}$  verildiğine göre üstteki denklemden,

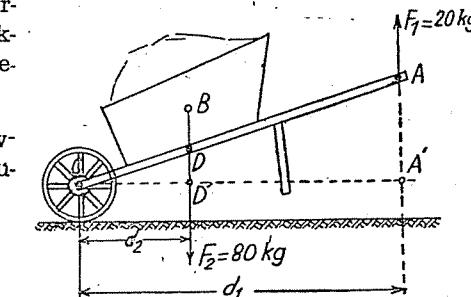
$$\overline{CD} = \frac{F_1 \cdot \overline{AC}}{F_2} = \frac{20 \text{ (kg)} \cdot 120 \text{ (cm)}}{80 \text{ kg}} = 30 \text{ cm}$$

bulunur. Buna göre, yükün ağırlık merkezi C den 30 cm uzakta bulunan D noktasından geçen düşey doğrultu üzerinde dir.

b) Arabaya uygulanan yatay kuvvet 25 kg, alınan yatay yol ise 40 m olduğundan yapılan iş,

$$W = F \cdot s = 25 \text{ (kg)} \times 40 \text{ (m)} = 1000 \text{ (kg.m)}$$

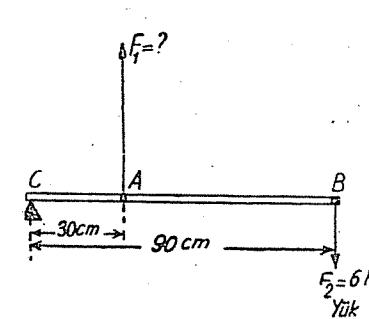
olur.



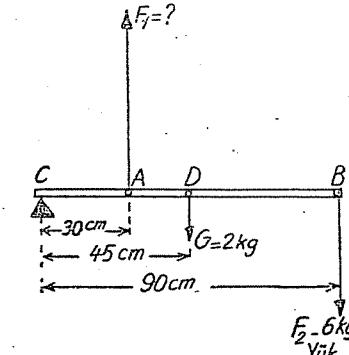
(Şek. II-35)

79. Aşağıdaki şekilde gösterilmiş olan kaldırıcta; 6 kg lik bir  $F_2$  yükünü kaldırmak için ne kadar kg lik bir  $F_1$  kuvveti gerekir?

- a) Kaldıracın ağırlığı hesaba katılmayabileceğine göre.
- b) Kaldırıç düzgün ve 2 kg ağırlığında bir çubuk olduğuna göre.



(Şek. II-36 a)



(Şek. II-36 b)

**Çözümü:** a) Kaldıracın ağırlığı hesaba katılmadığına göre, kuvvetler (Şek. II-36 a) daki gibidir. Buna göre denge koşulu:

$F_1 \cdot AC = F_2 \cdot BC$  veya  $F_1 \times 30 \text{ (cm)} = 6 \text{ (kg)} \times 90 \text{ (cm)}$   
yazılarak, bundan,

$$F_1 = \frac{6 \text{ (kg)} \times 90 \text{ (cm)}}{30 \text{ cm}} = 18 \text{ (kg.cm/cm)} = 18 \text{ kg}$$

bulunur.

b) Çubüğün  $G$  ağırlığı da hesaba katılırsa (Şek. II-36 b), kaldıracın denge koşulu (saat göstergelerinin dönme yönünde ve buna ters yönde olan momentler toplamının eşitliği),

$$F_1 \cdot \overline{AC} = G \cdot \overline{DC} + F_2 \cdot \overline{BC}$$

veya,

$$F_1 \times 30 \text{ (cm)} = 2 \text{ (kg)} \times 45 \text{ (cm)} + 6 \text{ (kg)} \times 90 \text{ (cm)}$$

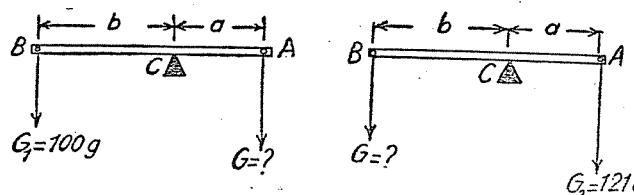
yazılarak bundan  $F_1 = 21 \text{ kg}$  bulunur,

80. Bir cisim kolları eşit olmayan bir terazinin önce sağ ve sonra sol kefesine konularak tartıldığından 100 ve 121 gram geliyor. a) Cismin gerçek tartısı ne kadardır? b) Homogen bir çubuk şeklinde kabul edilen terazi kollarının uzunlukları arasındaki oran ne kadardır?

**Çözümü :** a) Terazi kollarının uzunlukları  $a$  ve  $b$ , tartılan cismin gerçek ağırlığı ise  $x$  olsun. Cismi önce sağ ve sonra sol kefede tuttuğumda terazi kollarının  $A$  ve  $B$  uçlarına etkiyen kuvvetler (Şek. II-37) deki gibi olurlar. Terazi her iki halde de dengede olduğundan, denge koşulu,

$$G \cdot a = G_1 \cdot b \quad \text{ve} \quad G_2 \cdot a = G \cdot b \quad a \text{ ve } b$$

şeklinde yazılabilir. Bunların oranlanması ise,  $G/G_2 = G_1/G$ ,  $G^2 = G_1 \cdot G_2$  ve neticede,  $G = \sqrt{G_1 \cdot G_2} = \sqrt{100 \times 121} = 110 \text{ gram}$  bulunur.



(Şek. II-37)

b) Yukarıda yazdığımız (a) veya (b) denklemlerinden herhangi birinden — diyalim,  $a$  dan — :  $a/b = G_1/G = 100/110 = 10/11$  bulunur.

81. Bir çıkışıkta, ipin sarıldığı kasnağın yarıçapı 10 cm, bu kasnağı çeviren kolun uzunluğu ise 60 cm dir. Bu çıkışıkla 60 kg lik bir yükü kaldırmak istiyoruz. a) Hareket veren kuvvet ne kadardır? b) Mekanik fayda katsayısı (hareket veren kuvvetle direngen kuvvetin oranı) ne kadardır? c) Yükü 1 metre çekmek için hareket veren kuvvetin uygulama noktası ne kadar metre hareket ettirilmelidir?

**Çözümü :** a) Verilen çıkışıkta, ipin sarıldığı kasnağın yarıçapı  $r_2 = 10 \text{ cm}$ , hareket veren kuvveti uyguladığımız kolun uzunluğu  $r_1 = 60 \text{ cm}$ , yük ise  $F_2 = 60 \text{ kg}$  olduğundan hareket veren  $F_1$  kuvveti,

$$F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2 \quad \text{veya} \quad F_1 \times 60 \text{ (cm)} = 60 \text{ (kg)} \times 10 \text{ (cm)} \\ \text{denkleminden, } F_1 = 10 \text{ kg bulunur.}$$

b) Mekanik fayda katsayısı, hareket veren kuvvetle direngen kuvvet arasındaki oran olup,

$$\text{Mekanik fayda k. s} = F_1/F_2 = 10/60 = 1/6$$

dir. Buna göre, çıkışık, herhangi bir yükü, 6 da biri kadar bir kuvvetle dengeye getirebilir.

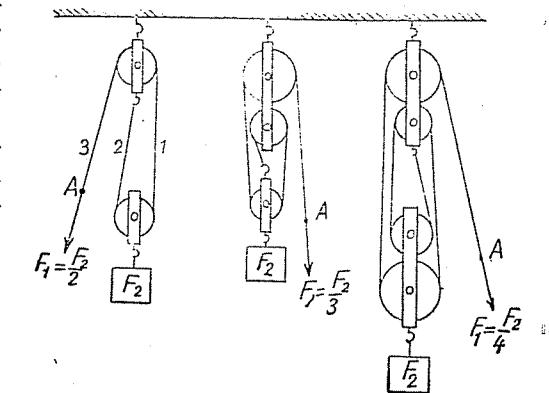
c) Çıçık kolumnun 1 tam dönmesi süresince, yük kuvveti  $2\pi r_2$ , hareket veren kuvvet ise,  $2\pi r_1$  kadar hareket ettiklerinden, yük kuvvetinin 1 metre ( $= 100 \text{ cm}$ ) hareket etmesi için, hareket veren kuvvetin,

$$x = \frac{2\pi r_1}{2\pi r_2} \times 100 = \frac{r_1}{r_2} \times 100 = \frac{60}{10} \times 100 = 600 \text{ cm} = 6 \text{ metre}$$

hareket etmesi gereklidir.

82. Bir yükü, ağırlığının  $1/2$ 'si,  $1/3$ 'ü,  $1/4$ 'ü... kadar kuvvetlerle dengede tutabilen palangalarınız. Bunların herbirinde, yükün 1 metre kaldırılması için, ipin ucu ne kadar çekilmelidir?

**Çözümü :** Bir ybku ağırlığının yarısı, üste biri, dörtte biri..., kadar kuvvetlerle dengede tutabilen palangaların şemaları (Şek. II-38) de görülmektedir. Bunların incelenmesinden, herbirinde yükün 1 metre kaldırılması için, ipin ucunun ne kadar çekilmesi gerekeceği kolayca görüllür. Örneğin, kuvvetten yana yarı yarıya kazandıran soldaki palanga da, yükü 1 m kaldırmak için 1 ve 2 numaralı iplerin birer metre kısalması ve bunun için ise 3 ipinin 2 metre çekilmesi gereklidir. Diğer palangalarda ise ipin 3 m, 4 m,... çekilmesi gerekeceği, aynı düşünüşle bulunabilir.



(Şek. II-38)

83. Ağırlığı 70 kg olan bir işçi, sabit bir makara ile kendisini bir binanın üst katına ne kadar bir kuvvetle çeker? İşçi, bu suretle, kendisini 6 m lik bir yüksekliğe çıkarırsa, ne kadar kg.m lik bir iş yapmış olur?

**Cözümü :** İşçi, (Şek. II-39) da görüldüğü gibi kendi kendini dengelemiş ise 70 kg lik ağırlığı iki ip'e bölünür ve her bir ip'te ağırlığının yarısı — demek, 35 kg — kadar bir gerilme olur. İşçinin kendisini yukarı çekebilmesi için, B ipini 35 kg dan biraz büyük bir kuvvetle çekmesi yeter. İşçinin yapacağı iş miktarı iki yoldan bulunabilir:

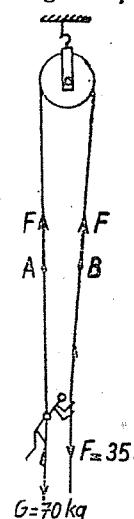
a) İşçinin 6 m lik bir yüksekliğe çıkması halinde, ağırlık kuvvetine karşı yapılan iş miktarı,

$$W = G \cdot h = 70 \text{ (kg)} \times 6 \text{ (m)} = 420 \text{ (kg.m)} \text{ dir.}$$

b) İşçinin 6 m lik bir yüksekliğe çıkması için A ve B ip'lerinden her birinin 6 şar metre kısalması ve dolayısı ile B ipinin 12 m çekilmesi gereklidir. B ye uygulanması gereken kuvvet en az 35 kg olduğundan, bu kadarlık bir kuvvetin 12 m lik bir yol boyunca uygulanması halinde yapılan iş miktarı,

$$W = F \cdot s = 35 \text{ (kg)} \cdot 12 \text{ (m)} = 420 \text{ (kg.m)}$$

dir. Enerji kayıpları olmadığına göre, hareket veren kuvvetin yaptığı iş miktarı ile direngen kuvvetin yaptığı iş miktarının eşitliği (enerjinin korunumu), bu problemde de görülmektedir.



(Şek. II-39)

84. Makaraların ağırlıklarını ve sürtünmeleri ihmâl ederek yukarıdaki şemalarda gösterilmiş olan makara düzenlerinin her biri ile 100 kg lik bir yükü ne kadarlık kuvvetlerle dengede tutabiliyoruz. Bu sistemlerde iplerdeki gerilmeleri hesaplayınız.

**Cözümü :** a) Soldaki makara sisteminde A makarasına asılmış olan F yükünün yarısı 1, diğer yarısı 2 ipi ile taşıdığından 1 ve 2 iplerindeki gerilmeler  $F/2=50$  kg dir (Şek. II-40). B makarasının çengeline 50 kg lik bir kuvvet uygulanmıştır. Bu kuvvet 3 ve 4 iperine bölündürse, bu iplerde  $50/2=25$  kg lik birer gerilme olduğu bulunur. C makarası 4 ipindeki çekme kuvvetinin büyüklüğünü değiştirmeden, D noktasına uygulanacak olan 25 kg lik bir kuvvetle A makarasına asılmış olan 100 kg lik yükü dengeleyebiliriz.

b) Sağdaki makara sisteminde iplerdeki gerilmeleri  $F_1$  ve  $F_2$  ile gösterelim. (Aynı bir ip üzerinde bütün noktalarda gerilmeler aynıdır). 100 kg lik bir F yükü taşıyan iplerdeki gerilmelerin toplamının,

$$F_1 + F_2 + F_1 = 2F_1 + F_2 = 100 \text{ kg} \quad (1)$$

olduğu, C makarasında ise,  $F_2 = 2F_1$  olduğu yazılıbilir.

$F_2$  nin bu değeri (1) denklemine götürülsünse,

$$2F_1 + 2F_1 = 4F_1 = 100 \text{ (kg)}$$

ve bu denklemden de,  $F_1 = 100/4 = 25$  kg bulunur.

85. Ağırlığı 60 kg olan bir işçi (Şek. II-41) deki palanga düzene ile: a) Kendisini ne kadar bir kuvvetle yukarıya çekebilir? b) Yerde duran bir başkası tarafından ne kadarlık bir kuvvetle yukarıya çekilebilir? c) Sabit blokun tavana tespit edildiği E noktasındaki gerilimi, her iki hal için hesaplayınız.

**Cözümü :** a) İşçinin kendisini 1 m lik bir yüksekliğe kaldırması veya ağırlık kuvetine karşı,  $W = G \cdot h = 60 \text{ (kg)} \times 1 \text{ (m)} = 60 \text{ (kg.m)}$  lik bir iş yapabilmesi için A, B, C ve D iplerini birer metre kısaltması ve dolayısıyla D ipini 4 m çekmesi gereklidir. Bu sırada F hareket veren kuvvetinin yaptığı işin, sürtünme ve direngelerle enerji kaybı olmadığı kabul edilerek 60 (kg . m) ye eşit olacağı yazılırsa,  $W = F \cdot s = F \cdot 4 \text{ (m)} = 60 \text{ (kg.m)}$  ve bundan da,  $F = 15$  kg bulunur.

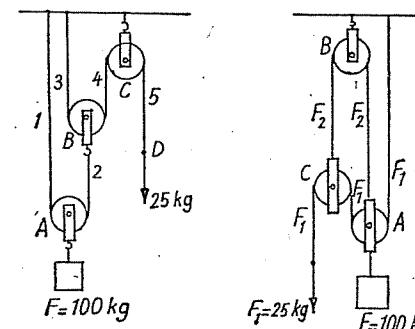
b) D ipi yerde duran bir başkası tarafından çekilmiş olsun. Bu yeni halde, işçinin 1 metre yukarı çekilmesi için A, B, C iplerinin birer metre kısaltması ve D ipinin 3 metre aşağı çekilmesi yeter. Bu halde enerjinin korunumu denklemi,

$$W = G \cdot h = F \cdot s \text{ veya } 60 \text{ (kg)} \times 1 \text{ (m)} = F \cdot 3 \text{ (m)}$$

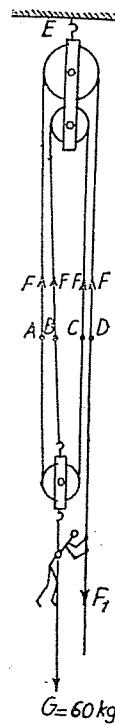
şeklinde yazılıarak, bundan,  $F = 20$  kg bulunur.

c) E askısındaki gerilme — E askısını aşağıya doğru çeken kuvvet — A, B, C ve D iplerindeki gerilmelerin toplamı olup,

(a) halinde  $4 \times 15 = 60$  kg, (b) halinde ise  $4 \times 20 = 80$  kg dir.



(Şek. II-40)



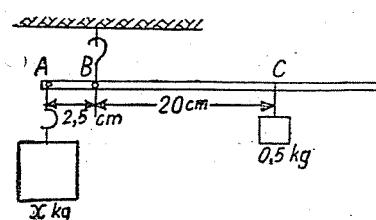
(Şek. II-41)

86) Bir cismin bir el kantarı ile tartılarken asıldığı çengelin kantağının dönme ekseninden olan uzaklığı 2,5 cm, ağırlığı 0,5 kg olan kantar topunun aynı eksenden olan uzaklığı ise 20 cm dir. Buna göre, tartılan cismin ağırlığını bulunuz.

**Çözümü :** Tariilan cismin ağırlığını  $x$  diyalim. Kantar dengede olduğuna göre,  $\text{Şek. II-42}$ ,  $x \cdot AB = 0,5 \cdot BC$ , veya,

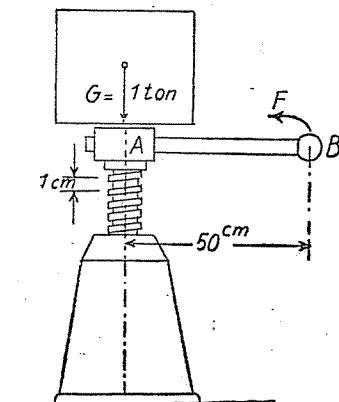
$$x \times 2,5 \text{ (cm)} = 0,5 \text{ (kg)} \times 20 \text{ (cm)}$$

yazılarak bundan  $x = 4 \text{ kg}$  bulunur.



(Şek. II-42)

87. (Şek. II-43) deki kriko vidasının adımı 1 cm, vida kolunun uzunluğu ise  $AB = 50 \text{ cm}$  dir. Bu kriko ile 1 tonluk bir yükün kaldırılması için, kol, B noktasından ne kadarlık bir kuvvetle döndürülmeli?



(Şek. II-43)

**Çözümü :** Vida kolunun 1 tam dönmesi sırasında  $B$  ucu  $s_1 = 2\pi r = 2 \times 3,1416 \times 0,5 = 3,1416 \text{ m}$  kadar hareket eder. Bu noktaya uygulanan  $F$  hareket veren kuvveti,

$$W_1 = F \cdot s_1 = 3,1416 \cdot F \text{ (kg . m)}$$

kadar bir iş yapar. Öte yandan, vida kolunun 1 tam dönmesi süresinde, vida ve dolayısı ile tizerindeki yük br vida adımı ( $= 1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m}$ ) kadar yükselir ve ağırlık kuvvetine karşı:

$$W_2 = G \cdot h = 1000 \text{ (kg)} \times 0,01 \text{ (m)} = 10 \text{ (kg.m)}$$

lik bir iş yapılır. Sürünme ve dirençlerden ileri gelen kayıplar hesaba katılmazsa, hareket veren kuvvetin yaptığı  $W_1$  işi ile direngen kuvvetin yaptığı  $W_2$  işinin eşitliği,

$$3,1416 \times F = 10 \text{ (kg . m)}$$

şeklinde yazılarak, bundan  $F \approx 3,2 \text{ kg}$  bulunur.

88. (Şek. II-44) deki mengene vidasının adımı  $0,5 \text{ cm}$ , AB kolunun uzunluğu ise  $28 \text{ cm}$  dir. a) Bu mengene ile bir boru sıkıştırılırken kolun ucuna  $10 \text{ kg}$  lik bir kuvvet uygulanırsa, boru ne kadar  $\text{kg lik}$  bir kuvvetle sıkıştırılmış olur? b) Mengenenin mekanik fayda katsayısı ne kadardır?

**Çözümü :** a) Uzunluğu  $28 \text{ cm}$  olan vida kolunun,  $B$  noktasından,  $F_1 = 10 \text{ kg}$  lik hareket veren bir kuvvetle, 1 kez döndürülmesi halinde yapılan iş miktarı,

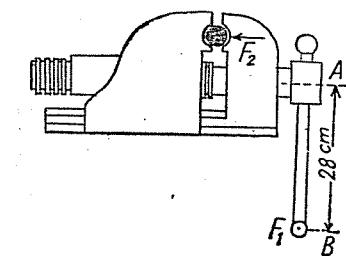
$$W_1 = 2\pi r F_1 = 2 \times (22/7) \times 0,28 \text{ (m)} \times 10 \text{ (kg)} \\ = 17,6 \text{ (kg.m)}$$

.dir. Bu sırada aletin çeneleri arasındaki boruyu sıkıştıran  $F_2$  direngen kuvveti 1 vida adımı ( $= 0,005 \text{ m}$ ) lik bir yol boyunca etkili olacağın, direngen kuvvetin yaptığı iş miktarı,

$$W_2 = F_2 \cdot s_2 = F_2 \times 0,005 \text{ (m)}$$

(Şek. II-44)

olur. Enerji kayıpları hesaba katılmazsa,  $W_1 = W_2$  veya  $17,6 \text{ (kg.m)} = 0,005 \text{ (m)} \times F_2$  yazılarak, bundan  $F_2 = 17,6 \text{ (kg.m)} / 0,005 \text{ (m)} = 3520 \text{ kg}$  bulunur.



$$\text{b)} \quad \text{Mek. fay. k. s.} = \frac{\text{H. veren kuvvet}}{\text{Direngen kuvvet}} = \frac{10 \text{ (kg)}}{3520 \text{ (kg)}} = 1/352$$

dir. Buna göre, mengene, koluna uygulanan kuvvetin 352 katı kadar büyük bir sıkıştırma yapabiliyor, demektir.

89. Her 100 metresinde 5 metre yükselen bir yokuşu çıkışında olan  $1/2$  ton luk bir at arabasının geriye kaymaması için, at, arabaya yola paralel bir doğrultuda ne kadar  $\text{kg lik}$  bir çekme kuvveti uygulamalıdır?

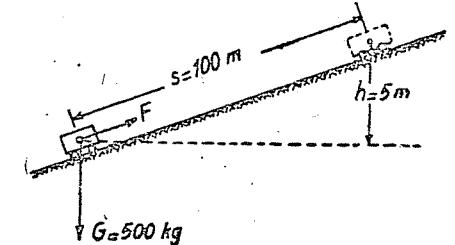
**Çözümü :** Arabaya uygulanan  $F$  kg lik bir çekme kuvveti  $100 \text{ m}$  lik bir yol boyunca etkili olsun (Şek. II-45). Hareket veren bu kuvvetin yaptığı iş miktarı,

$$W_1 = F s = 100 \cdot F \text{ (kg.m)}$$

olur. Bu sırada, araba,  $5 \text{ m}$  lik bir düşey yüksekliğe çıktıktan sonra ağırlık kuvvetine karşı yapılmış olan iş miktarı,

$$W_2 = G h = 500 \text{ (kg)} \times 5 \text{ (m)} = 2500 \text{ (kg . m)}$$

dir. Sürünme ve sair dirençler yüzünden enerji kayıpları olmadığı kabul edilirse  $W_1 = W_2$  veya,  $100 \cdot F = 2500$  yazılarak, bundan  $F = 25 \text{ kg}$  bulunur.



(Şek. II-45)

90. 1500 kg lik bir otomobili her 100 metresinde 3 metre yükselen bir yolda hareket ettirebilmek için  $200 \text{ kg}$  lik bir çekme kuvveti uygulamak gerekiyor. Bu çekme kuvvetini uygulayarak arabayı  $1000 \text{ m}$  hareket ettirdiğimizde, a) Otomobil ne kadar potansiyel enerji kazanır?

- b) Çekme kuvveti ne kadar iş yapar?  
 c) Sürtünme ve dirençler yüzünden ne kadar enerji kaybolur?  
 ç) Kayıpların sadece sürtünmeden ileri geldiğini kabul ederek yol ve tekerlekler arasındaki sürtünme kuvvetini hesaplayınız.

**Cözümü :** a) Otomobilin ağırlığı  $G = 1500 \text{ kg}$  ve  $1000 \text{ m}$  lik bir yol aldığı zaman kazandığı düşey yükseklik  $1000 \times 3/100 = 30 \text{ metre}$  olduğundan, kazandığı potansiyel enerji,  $E_p = G h = 1500 \text{ (kg)} \times 30 \text{ (m)} = 45000 \text{ (kg.m)}$  dir.

bu kuvvetin yaptığı iş miktarı,

$$\text{b) } 200 \text{ kg lik çekme kuvveti otomobile } 1000 \text{ metre boyunca etkidiğinden} \\ W = F s = 200 \text{ (kg)} \times 1000 \text{ (m)} = 200000 \text{ (kg.m)} \text{ dir.}$$

c) Herhangi bir enerji kaybı olmasaydı, hareket veren kuvvetin yaptığı iş miktarı arabanın kazandığı potansiyel enerjiye eşit — demek,  $W = E_p$  — olurdu. Problemimizde  $W > E_p$  olduğundan,

$$W' = W - E_p = 200000 - 45000 = 155000 \text{ (kg.m)}$$

lik bir enerji kaybı olmuştur.

ç)  $155000 \text{ (kg.m)}$  lik bir enerji kaybının otomobile  $1000 \text{ m}$  lik bir yol boyunca etkiyen  $F'$  gibi bir sürtünme kuvvetini yemek için, kullanıldığı farz edilip,

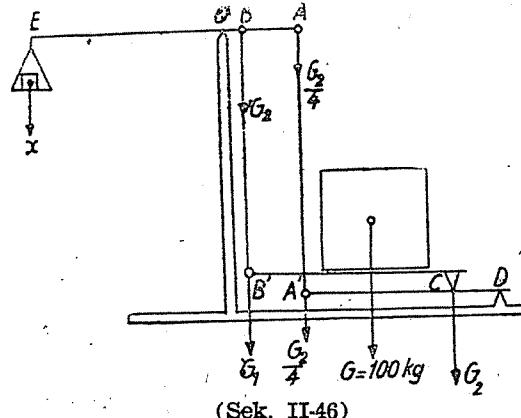
$$W' = F' \cdot s \text{ veya } 155000 = 1000 \times F' \\ \text{yazılarak, bundan aranılan sürtünme kuvveti, } F' = 155 \text{ kg bulunur,}$$

91. (Şek. II-46) daki baskülde:  $\overline{OB} / \overline{OA} = 1/4$  ve  $\overline{OB} / \overline{OE} = 1/10$  dur. a) Tartılan bir cisim, baskıl tablasına konduğu zaman tablanın yatay kalması için gerekli koşul nedir? b)  $100 \text{ kg}$  lik bir cisim bu baskülde tartılırken E deki kefeye ne kadar kg lik bir ağırlık konmalıdır?

**Cözümü :** a) Baskül tablasının yatay kalması için gerekli koşul,

$$\overline{DC} / \overline{DA'} = \overline{OB} / \overline{OA} = 1/4$$

olmalıdır (Şek. II-46). Gerçekten, tablaya herhangi bir yük konduğunda  $B'$  noktası



tası  $1 \text{ cm}$  alçalsa,  $B$  noktası  $1 \text{ cm}$ ,  $A$  noktası  $1 \text{ (cm)}$ ,  $\overline{OA} / \overline{OB} = 4 \text{ cm}$ ;  $A'$  noktası  $4 \text{ cm}$ ,  $C$  noktası ise  $4 \cdot \overline{DC} / \overline{DA'} = 4 \cdot 1/4 = 1 \text{ cm}$  alçalır. Tablaya bir yük konduğunda, tablanın  $B'$  ve  $C'$  noktaları aynı miktarlar kadar alçaldıklarından, tabla başlangıçtaki yatay durumunu değiştirmez.

b) Tartılan cismin  $100 \text{ kg'a}$  eşit olan ağırlığını  $B'$  ve  $C$  noktalarında  $G_1$  ve  $G_2$  gibi iki bileşene ayıralım.  $C$  deki  $G_2$  bileşeni bir kaldırıcı durumunda olan  $DCA'$  çubuğuunun  $A'$  noktasına ve dolayısıyle buraya bağlı olan  $A$  noktasına

$$G_2 \cdot (\overline{DC} / \overline{DA'}) = G_2 \cdot 1/4 = G_2/4 \text{ (kg)}$$

lik bir kuvvet olarak iletilir,  $A$  daki bu kuvvet  $B$  noktasına

$$(G_2/4) \times (\overline{OA} / \overline{OB}) = (G_2/4) \times (4/1) = G_2$$

olarak iletilebilir.  $B$  noktasına aynı zamanda  $B'$  deki  $G_1$  bileşeni de etki etmektedir ( $G = 100 \text{ kg}$ ) — kadar bir etki vardır.  $100 \text{ kg}$  lik bu yükü dengeye getirmek dir. Görüyoruz ki,  $B$  noktasında  $G_1 + G_2$  — demek, tartılan cismin toplam ağırlığın kaldırıcının  $E$  ucuna  $x$  kg lik bir kuvvet uygulamışsa, denge koşulunu,

$$x \cdot \overline{OE} = (G_1 + G_2) \cdot \overline{OB}$$

şeklinde yazarak, bundan,

$$x = G \times \frac{\overline{OB}}{\overline{OE}} = 100 \times \frac{1}{10} = 10 \text{ kg}$$

buluruz.

## E K P R O B L E M L E R

1.  $31,2$  newton luk yatay bir kuvvetle  $25$  newtonluk düşey kuvvetin bileşkesini: (a) Ölçekli bir çizimle belirtiniz, (b) Hesaplayınız.

**Cevap :** b)  $\approx 40 \text{ kg}$ .

2. Bir gemi, önce kuzeeye doğru  $40$  mil, sonra da doğuya doğru  $30$  mil gidiyor. Vardığı nokta, kalktığı noktadan ne kadar uzakta ve hangi doğrultudadır? Hem çizim ve hem de hesapla cevaplayınız.

**Cevap :** Kuzeyin doğusuna doğru  $37^\circ$  açı yapan bir doğrultuda  $50$  mil uzağa.

3. Bir adam bir kayğı doğuya doğru  $11,2 \text{ kg}$  lik bir kuvvetle çekerken kuzeeye doğru esen bir rüzgâr aynı kayığı  $7,5 \text{ kg}$  lik bir kuvvetle — kuzeye — itiyor. Kayık ne kadarlık bir bileşke kuvvetle hareket eder?

**Cevap :**  $\approx 13,47 \text{ kg}$ .

4. Bileşkeleri, birisinin şiddetinin  $1/3$ 'üne eşit olan iki eşit kuvvetin arasındaki açı ne kadardır?

Cevap :  $\approx 160^\circ$ .

5. 50 kg lik bir yük (Şek. II-7) deki gibi bir düzende iki kişi tarafından taşınmaktadır. (a) AB ve AC ipleri arasındaki açı  $120^\circ$  ve  $F_1 = F_2$  dir. Her adama ne kadar çekme düşer? (b) Her adama 30'ar kg lik birer çekme düşmesi için ipler arasındaki açı ne olmalıdır? (c) Adamların birine 20, öbürüne 40 kg lik çekme düşmesi için AB ve AC ipleri düşeyle hangi açıları yapmalıdır?

Cevap : a) 50 şer kg; b)  $67^\circ$ ; c) Çizimle  $48^\circ$  ve  $22,5^\circ$ .

6. Bir A noktasına 4 kuvvet uygulanıyor: Doğuya doğru 10 kg, kuzeye doğru 3 kg, batıya doğru 6 kg ve güneye doğru 6 kg. Bileşkelelerini belirtiniz.

Cevap :  $53^\circ$  Güney doğu doğrultusunda 5 kg.

7. 700 kg lik bir arabayı  $30^\circ$  eğimli bir yolda tam dengede tutabilmek için arabaya bağlanan ve yola paralel tutulan bir kabloyu ne kadar bir kuvvetle çekmek gerekir?

Cevap : 350 kg.

8. Uzunluğu 4 m, ağırlığı ise 24 kg olan düzgün bir kalas bir ucundan 1 m uzaklıktan bir destek üzerine konmuştur. 30 kg lik bir çocuk, kalasın neresine oturmalıdır ki kalas dengede olabilse?

Cevap : Desteğe yakın uçtan 20 cm öteye.

9. Yarıçapı 10 cm olan bir çember, aynı malzemeden yapılmış ve yarıçapı 40 cm olan ikinci bir çembere — içten teget olacak bir konumda — yapıştırılmıştır. Bu sistemin ağırlık merkezinin yerini bulunuz.

Cevap : Çemberlerin merkezlerini birleştiren doğru üzerinde, büyük çember merkezinden 6 cm uzakta.

10. Pirinçten yapılmış, çapı 5 cm, yüksekliği ise 10 cm olan bir dolu silindirin bir tabanı üzerine çapı 5 cm olan bir dolu demir küre yapıştırılmıştır. Pirincin özgül kütlesi  $8,5 \text{ g/cm}^3$ , demirinki  $7,5 \text{ g/cm}^3$  olduğuna göre: (a) Sistemin ağırlık merkezinin yerini belirtiniz, ve (b) Sistemin özgül kütlesini bulunuz.

Cevap : a) Silindir ekseni üzerinde ve kürenin dokunma noktasından  $\approx 1,3$  cm içerisinde, b)  $8,1 \text{ g/cm}^3$ .

## BÖLÜM III

### SİVİLLARIN STATİĞİ

#### A — HİDROSTATİK BASINÇ VE PASCAL PRENSİBİ

1. BASINÇ. — 1 «yüzey birimi» — diyelim,  $1 \text{ cm}^2$  — üzerine dik olarak etki eden kuvvette  $b$  a s i n  $\gamma$  denir. Bir  $S$  yüzeyi üzerine  $F$  kuvveti dik olarak etki ediyorsa bu yüzey üzerindeki basınç,  $p = F/S$  olur.

2. BASINÇ BİRİMLERİ. — Hidrostatikte kullanılan basınç birimlerinin bazıları şunlardır:

a) BARİ (veya, MİKROBAR):  $1 \text{ cm}^2$  ye dik olarak etkiyen 1 dyn lik bir kuvvetin yaptığı basınçtır. Bundan milibar ve bar adlı birimler üretilabilir:

$$1 \text{ bar} = 10^3 \text{ milibar} = 10^6 \text{ bari (mikrobar)}$$

b) PASCAL:  $1 \text{ m}^2$  ye dik olarak etkiyen 1 newton luk bir kuvvetin yaptığı basınçtır.  $1 \text{ pascal} = 1 \text{ newton/m}^2$ .

c) TEKNİK ATMOSFER:  $1 \text{ cm}^2$  lik bir yüzeye dik olarak etkiyen 1 kg lik bir kuvvetin yaptığı basınçtır.  $1 \text{ at} = 1 \text{ kg/cm}^2$ .

3. HİDROSTATİK BASINÇ. — Özgül ağırlığı  $\gamma$  olan bir sıvı içerisinde ve sıvı yüzünden  $h$  kadar derinde olan bir noktada hidrostatik basınç  $p = h\gamma$  dir.

4. PASCAL PRENSİBİ. — Kapalı bir kabı tamamen dolduran bir sıvuya dışarıdan uygulanan bir basınç bu sıvı ile dokunan bütün yüzeylere aynen iletılır.

#### B — ARCHIMEDES PRENSİBİ VE UYGULAMALARI

1. ARCHIMEDES PRİNSİBİ. — Bir sıvı içersine kısmen veya tamamen batırılan bir cisim, bu sıvı tarafından yerini değiştirdiği sıvının ağırlığına eşit bir kuvvetle aşağıda yukarıda itilir.

Bu kuvvet, cismin yerini değiştirdiği sıvinin ağırlık merkezinden, yukarıya doğru düşey bir kuvvet ile gösterilir.

2. ARCHİMEDES PRENSİBİNİN KARŞITI. — İçerisine bir cisim batırılmış olan bir sıvi, bu cisim tarafından, yer değiştirmiş olan sıvinin ağırlığına eşit bir kuvvetle, yukarıdan aşağıya itilir.

3. BİR CİSMİN BİR SIVI İÇİNDEKİ AĞIRLIĞI. — Hacmi  $V$ , özgül ağırlığı  $\gamma$  ve havadaki ağırlığı  $G$  olan bir cisim, özgül ağırlığı  $\gamma'$  olan bir sıvi içerisinde tartılırsa, bu sıvi içindeki ağırlığı:

$$G' = G - \text{Sıvi itmesi} = V\gamma - V\gamma' = V(\gamma - \gamma')$$

olar.

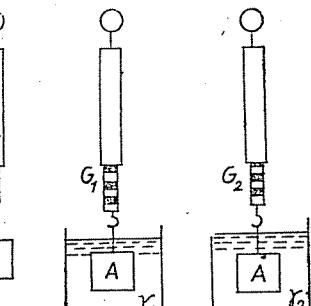
4. CISİMLERİN YÜZME KOŞULU. — Bir cisim bir sıviya, taşındığı — veya, yerini değiştirdiği — sıvinin ağırlığı kendi ağırlığına eşit olana kadar batar.

Cismin hacmi  $V$ , özgül ağırlığı  $\gamma$ , içine batırıldığı sıvinin özgül ağırlığı  $\gamma'$  ve bu sıvi içine batan kısmının hacmi  $V'$  ise, yukarıdaki koşul (Cismin ağırlığı = Taşan sıvinin ağırlığı),  $G = V\gamma = V'\gamma'$  şeklinde yazılabilir.

5. KATI BİR CİSMİN HACİM VE ÖZGÜL AĞIRLIĞININ BELİRTİLMESİ. — Bir A cisminin havadaki ağırlığı  $G$ , özgül ağırlığı  $\gamma_1$  olan bir sıvi içindeki ağırlığı ise  $G_1$  olsun (Şek. III-1). Sıvi itmesi, Archimedes prensibine göre,  $G - G_1 = V\gamma_1$  olduğundan cismin hacmi  $V = (G - G_1)/\gamma_1$ , özgül ağırlığı ise,

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{G}{G - G_1} \gamma_1$$

olar.



(Şek. III-1)

6. BİR SIVININ ÖZGÜL AĞIRLIĞININ BELİRTİLMESİ. — Uygun bir katı cismin havadaki ağırlığı  $G$ , özgül ağırlıkları  $\gamma_1$  ve  $\gamma_2$  olan sıvılardaki ağırlıkları ise  $G_1$  ve  $G_2$  olsun. (Şek. III-1). Bu sıvılardaki itmeler  $G - G_1 = V\gamma_1$  ve  $G - G_2 = V\gamma_2$  şeklinde yazılarak oranlanırsa,

$$\gamma_2 = \gamma_1 \frac{G - G_2}{G - G_1}$$

elde edilir.  $\gamma_1$  biliniyorsa — örneğin, sıvılardan biri olarak su alınmışsa  $\gamma_1 = 1 \text{ g/cm}^3$  tür —  $G$ ,  $G_1$  ve  $G_2$  nin ölçülmesinden  $\gamma_2$  hesaplanabilir.

## C — YÜZEY GERİLİM VE KILCAL OLAYLAR

1. YÜZEY GERİLİMİN NEDENİ. — Bir sıvinin içinde bulunan bir molekül kendisini çevreleyen komşu moleküller tarafından her bir doğrultuya doğru çekilir ve bu kuvvetlerin bileşkesi sıfır olur. Ama, sıvi yüzündeki bir moleküle etkiyen kuvvetler için durum aynı değildir. Böyle bir moleküle etkiyen çekim kuvvetlerinin sıvi yüzüne dik ve sıvi içine doğru yönelmiş bir bileşkesi vardır. Bu nedenle, sıvi yüzünde bulunan molekülleri yerlerinden hareket ettirmek için, bunlara tesir eden bileske kuvvetleri yenmek gerektir.

2. YÜZEY GERİLİM KATSAYISI. — Bir yüzünlü bir sıvi zarı üzerindeki 1 cm lik bir doğru parçasına etkiyen kuvvette o sıvinin yüzey gerilim katsayısi denir. Bu katsayı  $\sigma$  (sigma) ile gösterilir ve,

$$\text{Yüzey gerilim katsayısi} = \sigma = \frac{\text{Kuvvet}}{\text{Uzunluk}} = \frac{F}{l}$$

formülü yazılabılır.  $F$  kuvveti dyn,  $l$  uzunluğu cm cinsinden alınmış ise  $\sigma$  dyn/cm cinsinden;  $F$  kuvveti newton ve  $l$  uzunluğu metre cinsinden alınmış ise,  $\sigma$  newton/m cinsinden çıkar.

## PROBLEMLER

### A — HİDROSTATİK BASINÇ VE PASCAL PRENSİBİ

92. Yüksekliği 100 cm olan bir civa sıtununun basıncını: a) bari, b) bar, c) pascal ve ç) teknik atmosfer ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) cinsinden hesaplayınız. Civanın özgül ağırlığı  $13,6 \text{ g}/\text{cm}^3$  ve 1 gram  $\approx 1000 \text{ dyn}$  alınacaktır.

**Çözümü :** Civa sıtununun basıncı  $p = h\gamma$  bağıntısından hesaplanır.

$$\text{a)} h=100 \text{ cm}, \gamma=13,6 \text{ (g/cm}^3) = \frac{13,6 \text{ (g)}}{1 \text{ (cm}^3)} = \frac{13,6 \times 1000 \text{ (dyn)}}{1 \text{ (cm}^3)} = 13600 \text{ (dyn/cm}^3)$$

alınırsa.

$$p = h\gamma = 100 \text{ (cm)} \times 13600 \text{ (dyn/cm}^3) = 1360000 \text{ (dyn/cm}^2) (= \text{bar}) \text{ bulunur.}$$

b)  $10^6 \text{ bari} = 1 \text{ bar}$  olduğundan,  $1360000 \text{ bari} 1,36 \text{ bar} \text{ eder.}$

$$\text{c)} h=1 \text{ metre ve } \gamma = \frac{13,6 \text{ (g)}}{1 \text{ (cm}^3)} = \frac{0,136 \text{ (newton)}}{10^{-6} \text{ (m}^3)} = 136000 \text{ (N/m}^3) \text{ alınırsa}$$

$$p = h\gamma = 1 \text{ (m)} \times 136000 \text{ (N/m}^3) = 136000 \text{ (N/m}^2) (= \text{pascal}) \text{ bulunur.}$$

g)  $h=100 \text{ cm}$  ve  $\gamma=13,6 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 0,0136 \text{ (kg/cm}^3\text{)}$  alınırsa.

$p=h\gamma=100 \text{ (cm)} \times 0,0136 \text{ (kg/cm}^3\text{)} = 1,36 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$  (= teknik atmosfer) bulunur.

93. Özgül ağırlığı  $0,85 \text{ g/cm}^3$  olan bir sıvı içinde, sıvı yüzünden 1 metre aşağıda bulunan bir noktada basınç ne kadar  $\text{dyn/cm}^2$  ve ne kadar  $\text{kg/cm}^2$  dir.  $1 \text{ g} \approx 1000 \text{ dyn}$  kabul ediliyor.

**Cözümü :** Aranan basınç  $p = h\gamma$  bağıntısından hesaplanabilir. Problemimizde,  $h = 100 \text{ cm}$  ve  $\gamma = 0,85 \text{ g/cm}^3 = 850 \text{ dyn/cm}^3 = 0,00085 \text{ (kg/cm}^3\text{)}$  olarak verildiğinden, istenen basınç, bari cinsinden,

$$p = h\gamma = 100 \text{ (cm)} \times 850 \text{ (dyn/cm}^3\text{)} = 85000 \text{ (dyn/cm}^2\text{)} (= \text{bar})$$

$\text{kg/cm}^2$  (teknik atmosfer) cinsinden ise,

$$p = h\gamma = 100 \text{ (cm)} \times 0,00085 \text{ (kg/cm}^3\text{)} = 0,085 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \text{ dir.}$$

94. Yüksekliği 272 cm olan bir su sütununun basıncı ne kadardır? Aynı basıncı ne kadar cm lik bir civa sütunu yapabilir? Civanın özgül ağırlığı  $13,6 \text{ g/cm}^3$  alınacaktır.

**Cözümü :**  $p=h\gamma$  bağıntısına  $h = 272 \text{ cm}$  ve  $\gamma = 1 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  koyarak,

$$p=h\gamma = 272 \text{ (cm)} \times 1 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 272 \text{ (g/cm}^2\text{)}$$

bulunur. Aynı basıncı ( $272 \text{ g/cm}^2$  yi) yapacak civa sütununun  $h'$  yüksekliği ise,

$$p = h'\gamma' = h' \times 13,6 \text{ (cm}^3\text{)} = 272 \text{ (g/cm}^2\text{)}$$

den,

$$h' = \frac{272 \text{ (g/cm}^2\text{)}}{13,6 \text{ (g/cm}^3\text{)}} = 20 \text{ (cm)}$$

bulunur.

95. Bir su bidonunun tabanı  $1/4 \text{ m}^2$  ve tabandaki basınç  $120 \text{ g/cm}^2$  dir. a) Bidondaki suyun yüksekliğini, b) Bidon tabanına yapılan toplam basınç kuvvetini hesaplayınız.

**Cözümü :** a)  $p = h\gamma$  bağıntısında  $p$  yerine  $120 \text{ g/cm}^2$  ve  $\gamma$  yerine  $1 \text{ g/cm}^3$  koyarak,

$$120 \text{ (g/cm}^2\text{)} = h \cdot 1 \text{ (g/cm}^3\text{)} \text{ ve bundan } h = \frac{120 \text{ (g/cm}^2\text{)}}{1 \text{ (g/cm}^3\text{)}} = 120 \text{ cm}$$

elde ederiz.

b) Bidonun taban alanı  $S = 0,25 \text{ (m}^2\text{)} = 2500 \text{ (cm}^2\text{)}$  ve her  $\text{cm}^2$  ye düşen kuvvet 120 (g) olduğundan, toplam basınç kuvveti:

$$F = pS = 120 \text{ (g/cm}^2\text{)} \times 2500 \text{ (cm}^2\text{)} = 300000 \text{ gram} = 300 \text{ kg dir.}$$

96. Su bir boru içinde 10 m yükseliyor. Borunun dibindeki basınç ne kadar  $\text{dyn/cm}^2$  ve ne kadar bar dir?

**Cözümü :**  $p=h\gamma$  bağıntısına,  $h=10 \text{ (m)} = 1000 \text{ (cm)}$  ve  $\gamma = 1000 \text{ dyn/cm}^3$  yazarsak,

$$p = 1000 \text{ (cm)} \times 1000 \text{ (dyn/cm}^3\text{)} = 1000000 \text{ (dyn/cm}^2\text{)} = 10^6 \text{ (bari)}$$

buluruz. Bu basıncın bar cinsinden karşılığı 1 bar dir.

97. Bir havuzda 120 cm lik yükseklikte su bulunmaktadır. Dipteki bir A noktası ile dipten 50 cm yukarıda bulunan diğer bir B noktası arasındaki basınç farkını bulunuz.

**Cözümü :** A ve B noktalarındaki basınçlar,  $p_A = h_A\gamma$  ve  $p_B = h_B\gamma$  bunlar arasındaki fark ise,

$$p_A - p_B = h_A\gamma - h_B\gamma = \gamma(h_A - h_B)$$

dir. Bu bağıntıda,  $\gamma$  yerine  $1 \text{ g/cm}^3$ ,  $h_A$  yerine  $120 \text{ cm}$  ve  $h_B$  yerine  $(120 - 50 = 70) \text{ cm}$  yazılırsa, A ve B arasındaki basınç farkı,

$$p_A - p_B = 1 \text{ (g/cm}^3\text{)} \times (120 - 70) \text{ cm} = 50 \text{ (g/cm}^2\text{)}$$

bulunur.

98. Taban alanı  $100 \text{ cm}^2$  olan bir kaba  $10 \text{ cm}$  yüksekliğinde civa ve bunun üzerine de  $50 \text{ cm}$  yükseklikte su konuyor. a) Tabanındaki basınç ve b) Basınç kuvveti ne kadardır? Civanın özgül ağırlığı  $13,6 \text{ g/cm}^3$  tür.

**Cözümü :** a) Kabin tabanındaki basınç  $10 \text{ cm}$  yüksekliğinde olan civa sütunu basıncı ile  $50 \text{ cm}$  lik bir su sütunu basıncı toplamı, demek,

$$p = p_1 + p_2 = h_1\gamma_1 + h_2\gamma_2 = 10 \text{ (cm)} \times 13,6 \text{ (g/cm}^3\text{)} + 50 \text{ (cm)} \times 1 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 186 \text{ (g/cm}^2\text{)}$$

dir.

b) Kabin tabanının her  $1 \text{ cm}^2$  sine  $186 \text{ g}$  lik bir basınç etki ettiğinden,  $100 \text{ cm}^2$  lik toplam alanına,

$$F = pS = 186 \text{ (g/cm}^2\text{)} \times 100 \text{ (cm}^2\text{)} = 18600 \text{ (g)} = 18,6 \text{ (kg)}$$

lik bir kuvvet etki eder.

99. Boyutları 20 cm, 20 cm, 40 cm olan bir zeytinyağı tenekesi  $3/4$ 'üne kadar yağla doludur. Zeytinyağının özgül ağırlığı  $0,92 \text{ g/cm}^3$  olduğuna göre kutunun: a) Tabanına ve b) Yan yüzlerine ne kadarlık basınç kuvvetleri etki eder?

**Cözümü:** a) Zeytinyağının tenekedeki yüksekliği  $40 \text{ (cm)} \times 3/4 = 30 \text{ (cm)}$  dir. Tabana etkiyen basınç kuvveti,

$$F = p S = h \gamma S = 30 \text{ (cm)} \times 0,92 \text{ (g/cm}^3) \times 400 \text{ (cm}^2)$$

den  $F = 11040 \text{ g} = 11,04 \text{ kg}$  bulunur.

b) Yan yüzlere etkiyen basınç kuvvetleri de aynı yoldan hesaplanabilir. Ancak, yan yüzler düşey olduklarından  $h$  yüksekliği olarak ortalama yüksekliğin alınması gereklidir ve böylece,

$$F' = p' S' = h_{\text{ort.}} \gamma S = 15 \text{ (cm)} \times 0,92 \text{ (g/cm}^3) \times 600 \text{ (cm}^2)$$

yazılıarak bundan,  $F' = 8280 \text{ g} = 8,28 \text{ kg}$  bulunur.

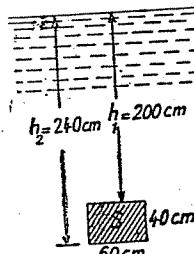
100. Su dolu bir bente, duvarlardan biri üzerinde suyun yüzünden 2 metre derinde  $60 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$  boyutlu bir kapak bulunmaktadır. (Şek. III-2). Bu kapak üzerindeki basınç kuvvetini hesaplayınız.

**Cözümü:**  $60 \text{ (cm)} \times 40 \text{ (cm)} = 2400 \text{ cm}^2$  lik bent kapağına dik olarak yapılan basınç kuvveti,

$$F = p S = h_{\text{ort.}} \gamma S = \frac{h_1 + h_2}{2} \gamma S \quad \text{bağıntısına göre,}$$

$$F = \frac{200 + 240}{2} \text{ (cm)} \times 1 \text{ (g/cm}^3) \times 2400 \text{ (cm}^2) = 528000 \text{ (g)}$$

veya  $F = 528 \text{ kg}$  bulunur.



(Şek. III-2)

101. Tabanının çapı 6 cm olan 50 g lik bir şışeyi su içerisinde düşüleme olarak 10 cm batirmak için ne kadar kuvvet uygulamak gereklidir?

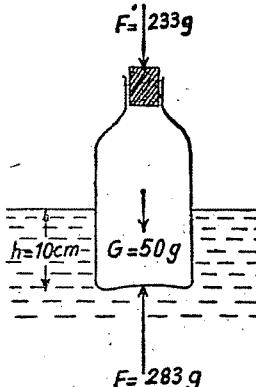
**Cözümü:** Taban alanı  $S = \pi r^2 = 3,1416 \times 3^2 \approx 28,3 \text{ cm}^2$  olan şışeyi suya 10 cm batirmak için, suyun şise tabanına aşağıya doğru yaptığı

$$F = p S = h \gamma S = 10 \text{ (cm)} \times 1 \text{ (g/cm}^3) \times 28,3 \text{ (cm}^2) = 283 \text{ (g)}$$

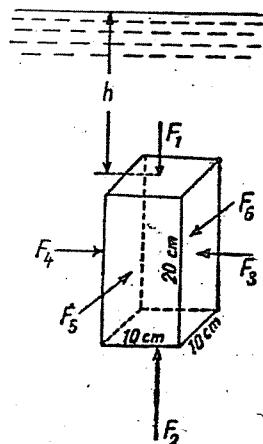
lik bir kuvveti yukarıda doğru uygulamak gereklidir (Şek. III-3). Fakat şisenin ağırlığı 50 (g) olduğundan 273 (g) lik kuvvet yerine, sadece,

$$F' = F - G = 283 - 50 = 233 \text{ (g)}$$

İlk bir kuvvet uygulamak, şışeyi 10 cm batırmağa, yeter.



(Şek. III-3)



(Şek. III-4)

102. Boyutları 10 cm, 10 cm ve 20 cm olan bir kutunun suda, kendi kendine ve tamamen, batması için ağırlığı en az ne kadar kg olmalıdır?

**Cözümü:** Kutunun su içinde olduğunu düşünelim (Şek. III-4). Kutunun yüzelerine etkiyen basınç kuvvetleri,

$$F_1 = p_1 S_1 = h_1 \gamma S_1 = 100 h$$

$$F_2 = p_2 S_1 = (h + 20) \gamma S_1 = 100 (h + 20)$$

ve,

$$F_3 = F_4 = F_5 = F_6 = p_3 S_2 = h_{\text{ort.}} \gamma S_2 = 200 (h + 10)$$

dir. Buna göre  $F_3$  ile  $F_4$  ve  $F_5$  ile  $F_6$  eşit ve ters yönlü olduklarından dengelesirler. Taban ve kapağa etkiyen  $F_2$  ve  $F_1$  kuvvetlerinin bileşkesi ise,

$$F = F_2 - F_1 = 100 \times (h + 20) - 100 h = 2000 \text{ (g)} = 2 \text{ (kg)}$$

lik yukarıda doğru yönelmiş bir kuvvettir. Kutunun kendi kendine ve tamamen batması için, ağırlığı, en az  $F$  bileşkesi kadar — demek, 2 kg — olmalıdır.

103. Ağırlığı 60 kg olan bir çocuk, bir sandala bindiği zaman, sandal suya 2 cm gömülüyor. Bundan, sandalın su kesimindeki dik kesitinin yüzölçümünü bulunuz. Deniz suyunun özgül ağırlığı  $\gamma = 1,03 \text{ g/cm}^3$  tür.

**Cözümü:** Sandal tabanının yüzölçümü  $S$  ( $\text{cm}^2$ ) ve çocuk binmezden önceki derinliği  $h$  olsun. Çocuk sandala bindiği zaman bu taban suya 2 cm gömülüür ve su yüzünden olan derinliği  $(h + 2)$  olur. Bu yüzden tabana yapılan su basıncı artar. Basınç kuvvetindeki artmanın çocuğun ağırlığına eşit olduğu yazılırsa,

$$F' - F = (h + 2) \gamma S - h \gamma S = 2 \gamma S = G$$

ve bundan da,

$$2 \text{ (cm)} \times 1,03 \text{ (g/cm}^3) \times S = 60000 \text{ (g)}$$

ve sonunda,

$$S = 60000 \text{ (g)} / 2,06 \text{ (g/cm}^3) \approx 29126 \text{ (cm}^2) \approx 2,9 \text{ (m}^2)$$

bulunur.

104. Kenarları 10 ar cm olan küp şeklinde bir kaba, kesiti  $1 \text{ cm}^2$  ve boyu 30 cm olan bir boru eklenmiştir. Önce, küp şeklindeki kap sonra da boru su ile dolduruluyor. a) Tabana etkiyen basınç kuvvetlerini hesaplayınız. b) Bütün yüzlerdeki basınç kuvvetlerini ve bunların bileşkelerini her iki hal için hesaplayınız ve bu bileşkenin kaptaki suyun ağırlığına eşit bir kuvvet olduğunu gösteriniz.

**Cözümü :** a)  $100 \text{ cm}^2$  lik tabana etkiyen basınç kuvveti, örice (yalnız ABCD kabı su ile doldurulmuş iken),

$$F_1 = p_1 S = h_1 \gamma S = 10 \text{ (cm)} \times 1 \text{ (g/cm}^3) \times 100 \text{ (cm}^2) = 1000 \text{ (g)}$$

dir. EF borusu da su ile doldurulursa, aynı tabandaki basınç kuvveti:

$$F'_1 = p'_1 S = h'_1 \gamma S = 40 \text{ (cm)} \times 1 \text{ (g/cm}^3) \times 100 \text{ (cm}^2) = 4000 \text{ (g)}$$

olur (Şek. III-5 a).

- b) Yalnız küp şeklindeki kap su ile dolu ise, bu kabin  $100 \text{ er cm}^2$  lik yan yüzlerindeki basınç kuvvetleri birbirlerine eşit ve,

$$F_2 = Sh_{\text{ort}} \gamma = 100 \text{ (cm}^2) \times 5 \text{ (cm)} \times 1 \text{ (g/cm}^3) \\ = 500 \text{ g}$$

olur. Yan yüzlere etkiyen basınç kuvvetleri karşılıklı olarak birbirlerini dengeler. Bileşke, tabana etkiyen  $F_1$  basınç kuvveti kadar ( $1000 \text{ g}$ ) olur. Kaba doldurulmuş olan suyun ağırlığı ise,

$$G = V \gamma = 1000 \text{ (cm}^3) \times 1 \text{ (g/cm}^3) = 1000 \text{ (g)} \\ \text{dir.}$$

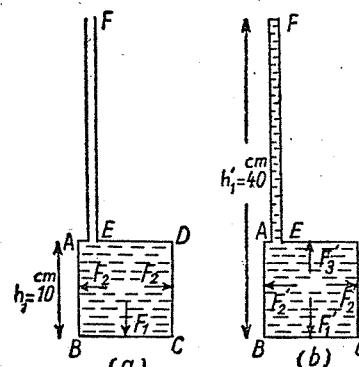
EF borusu da su ile doldurulmuş ise, yan yüzlere etkiyen basınç kuvvetleri,

$$F_2 = Sh'_{\text{ort}} \gamma = 100 \times 35 \times 1 = 3500 \text{ (g)}$$

AD yüzüne, aşağıdan yukarıya doğru, etkiyen basınç kuvveti ise,

$$F'_3 = S'h \gamma = 99 \text{ (cm}^2) \times 30 \text{ (cm)} \times 1 \text{ (g/cm}^3) = 2970 \text{ (g)}$$

olur. Gerek küp şeklindeki kapta ve gerekse buna eklenmiş olan boruda yan yüz-



(Şek. III-5)

bulunur.  $S = 60000 \text{ (g)} / 2,06 \text{ (g/cm}^3) \approx 29126 \text{ (cm}^2) \approx 2,9 \text{ (m}^2)$

lere etkiyen basınç kuvvetleri birbirlerini dengeler (Şek. III-5 b). Geriye kalan  $F'_1$  ve  $F'_3$  basınç kuvvetlerinin bileşkesi ise:

$$R = F'_1 - F'_3 = 4000 - 2970 = 1030 \text{ (g)}$$

olur. Kabı ve boruyu dolduran suyun toplam ağırlığı da,

$$G = (V + V') \gamma = (1000 \text{ cm}^3 + 30 \text{ cm}^3) \times 1 \text{ g/cm}^3 = 1030 \text{ g}$$

dur.

105. Dibi 3,5 cm yarıçaplı bir daire olan bir kaba 1 litre civa konduğu zaman, bu kabin tabanına 20 kg lik bir basınç kuvveti etkiyor. a) Civanın kaptaki yüksekliği ne kadardır? b) Kap tam bir silindir şeklinde olsaydı civa yüksekliği ve tabandaki basınç kuvveti ne olurdu?

**Cözümü :** a) Kabin tabanına yapılan basınç kuvveti,  $F = S p = Sh \gamma$  bağıntısından hesaplanabilir. Bu bağıntıda  $F$  yerine  $20 \text{ kg} (= 20000 \text{ g})$ ,  $S$  yerine  $\pi r^2 = 3,1416 \times (3,5 \text{ cm})^2 = 38,5 \text{ cm}^2$  ve  $\gamma$  yerine  $13,6 \text{ g/cm}^3$  koyarsak,

$$h = \frac{20000 \text{ (g)}}{38,5 \text{ cm}^2 \times 13,6 \text{ g/cm}^3} \approx 38,2 \text{ cm} \quad \text{bulunur.}$$

b) Kap silindirik olsaydı, içine konan 1 litre ( $= 1000 \text{ cm}^3$ ) civa  $h' = V/S = 1000 \text{ (cm}^3) / 38,5 \text{ cm}^2 \approx 26 \text{ cm}$  lik bir yükseklik kaplar ve tabana,

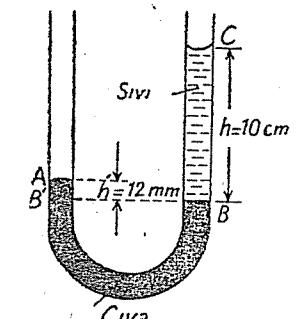
$$F' = Sp' = Sh' \gamma = 38,5 \text{ (cm}^2) \times 26 \text{ (cm)} \times 13,6 \text{ (g/cm}^3) = 13600 \text{ (g)} = 13,6 \text{ (kg)} \text{ lik bir basınç kuvveti uyguladı.}$$

106. Bir U borusuna civa ve sonra da kollardan birine özgül ağırlığı bulunan bir sıvıdan 10 cm lik bir sütun konuluyor. Kollardaki civa düzeyleri arasında 12 mm lik bir fark hâsil olduğuna göre, diğer sıvının özgül ağırlığı ne kadardır? Civanın özgül ağırlığı  $= 13,6 \text{ g/cm}^3$  tür.

**Cözümü :** Sıvıları ayıran B ara kesitinden geçen yatay bir düzlem düşünelim (Şek. III-6). Kollarda bu düzlemin altında kalan civa sütunlarının yüksekliği ve dolayısıyle basıncı aynıdır. Kollardaki sıvılar dengede olduklarına göre, sağ koldaki 10 cm lik BC sıvi sütununun basıncı ile sol koldaki 12 mm lik B'A civa sütununun yaptıkları basınçların eşitliği,  $h \gamma = h' \gamma'$ , veya,

$$10 \text{ (cm)} \times \gamma = 1,2 \text{ (cm)} \times 13,6 \text{ (g/cm}^3)$$

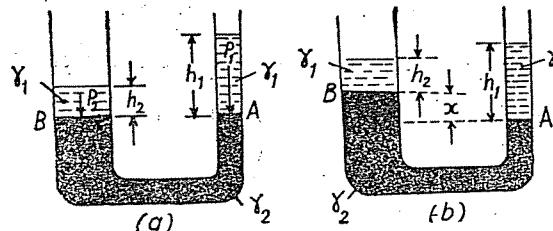
şeklinde yazılarak, bundan,  $\gamma = 1,632 \text{ (g/cm}^3)$  bulunur.



(Şek. III-6)

a) Civanın kollardaki düzeyleri değişir mi? b) Değişirse, U borusundaki sivilerin durumunu belirtiniz. Civanın özgül ağırlığı =  $13,6 \text{ g/cm}^3$ .

**Çözümü:** A ve B kollarına konan 75 gramlık (veya  $75 \text{ cm}^3$  lük) su, eşit yükseklikler kaplamaz (Şek. III-7a),  $S_1=5 \text{ cm}^2$  lik dar kolda sıvı  $h_1=V/S_1=75 \text{ cm}^3/5 \text{ cm}^2=15 \text{ cm}$ ;  $S_2=15 \text{ cm}^2$  lik geniş kolda ise  $h_2=V/S_2=75 \text{ cm}^3/15 \text{ cm}^2=5 \text{ cm}$  lik bir yükseklik kaplar. Yükseklikleri farklı olan bu su sütunlarının A ve B kollarındaki civa yüzlerine yapacakları basınçlar da değişik ve  $p_1=h_1\gamma_1=15 \text{ cm} \times 1 \text{ g/cm}^3=15 \text{ g/cm}^2$  ve  $p_2=h_2\gamma_2=5 \text{ cm} \times 1 \text{ g/cm}^3=5 \text{ g/cm}^2$  olurlar.  $p_1=p_2$  olmadığı için civanın kollardaki seviyeleri değişir.



(Şek. III-7 a ve b)

b)  $p_1 > p_2$  olduğu için, civa A kolunda alçalır B kolunda ise yükselir. Kollarındaki civa düzeyleri arasındaki farka  $x$  diyelim (Şek. III-7 b). Kollarla, A düzeyi altında, aynı sıvı bulunduğu için bu kısımlarda basınçlar eşittir. Sivilar dengeye olduklarından, kollarla A düzeyi üzerinde bulunan sıvı sütunlarının yapacakları basınçların eşitliği ( $h_1$  yüksekliğinde olan su sütunu basıncı =  $x$  yüksekliğinden olan civa sütunu basıncı +  $h_2$  yüksekliğinde olan su basıncı),

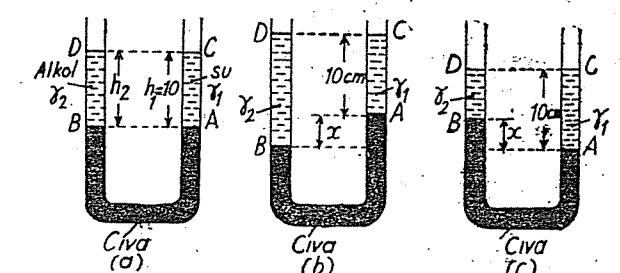
$$h_1\gamma_1 = x\gamma_2 + h_2\gamma_1 \quad \text{veya} \quad 15 \times 1 = 13,6 \times x + 5 \times 1$$

şeklinde yazılarak, bundan  $x \approx 0,73 \text{ cm}$  bulunur.

108. Bir U borusuna önce civa, sonra da sağ kola  $10 \text{ cm}$  yüksekliğinde olan bir su sütunu, sol kola ise alkol konuluyor ve sonunda sağ koldaki suyun ve sol koldaki alkolin üst düzeyleri bir oluyor. Alkolün özgül ağırlığı  $0,8 \text{ g/cm}^3$ , civanın  $13,6 \text{ g/cm}^3$  olduğuna göre civanın kollardaki durumunu belirtiniz.

**Çözümü:** Civanın kollardaki durumu için akla üç şekil gelebilir:

a) (Şek. III-8 a) daki gibi, civanın kollardaki A ve B düzeyleri birdir. Bu halde, bu ortak düzey üzerinde bulunan  $10 \text{ cm}$  lik su ve alkol sütunlarının  $p_1=h_1\gamma_1=10 \times 1=10 \text{ (g/cm}^2)$  ve  $p_2=h_2\gamma_2=10 \times 0,8=8 \text{ (gr/cm}^2)$  lik basınçları eşit olması gereklidir ki bu olamaz.



(Şek. III-8 a, b, c)

b) (Şek. III-8 b) deki gibi, A daki civa düzeyi B dekinden daha yüksektir. Bu durumda, sağ koldaki  $10 \text{ cm}$  lik su ve  $x \text{ cm}$  lik civa sütunlarının basınçları toplamı sol koldaki  $(10+x) \text{ cm}$  lik alkol basınçına eşit olmalıdır, demek,

$$10 \times 1 + 13,6 \times x = (10+x) \times 0,8$$

dir. Ama, B düzeyi üzerinde, sağ kolda bulunan sivilerin özgül ağırlıkları ( $13,6 \text{ g/cm}^3$  ve  $1 \text{ g/cm}^3$ ), sol koldaki sıvının özgül ağırlığından ( $0,8 \text{ g/cm}^3$  ten) büyük oldukları için bu durum da olamaz. Üstteki denklemin çözülmesinden  $x=-0,15 \text{ cm}$  gibi bir sonuç bulunması da A düzeyinin B den daha aşağıda olduğunu gösterir.

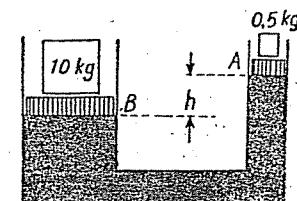
c) (Şek. III-8 c) deki üçüncü hale göre, sağ koldaki  $10 \text{ cm}$  lik su sütunu basıncı, sol koldaki  $x \text{ cm}$  lik civa sütunu basıncı ile  $(10-x) \text{ cm}$  lik alkol sütunu basıncı toplamına eşit olmalıdır. Bu gerçek,

$$10 \times 1 = 13,6 x + (10-x) \times 0,8$$

denklemi ile özetlenebilir ve bu denklemin çözümüyle,  $x \approx 0,15 \text{ cm}$  bulunur.

109. Taban alanları  $10 \text{ cm}^2$  ve  $50 \text{ cm}^2$  olan silindir şeklinde iki kap birbirleriyle birleştirilmişlerdir. Bu birleşik kaba, önce civa konmuş ve kollarındaki civa sütunlarının üstüne de, sürtünmesiz olarak hareket eden, üstelik ağırlıkları da hesaba katılmayacak olan, birer piston yerleştirilmiştir. Küçük piston üzerine  $500 \text{ g}$  lik, büyük piston üzerine ise  $10 \text{ kg}$  lik birer ağırlık konduğu zaman, kollarındaki civa sütunlarının yükseklikleri farkı ne olur? Civanın özgül ağırlığı  $\gamma=13,6 \text{ g/cm}^3$  dir.

**Çözümü:** Taban alanı  $S_1=10 \text{ cm}^2$  olan piston üzerine konan  $300 \text{ g}$  lik ağırlığın bu koldaki civa sütunu üzerine yapacağı basınç  $p_1=500 \text{ (g)/10 (cm}^2)=50 \text{ (g/cm}^2)$ ; taban alanı  $50 \text{ cm}^2$  olan büyük piston üzerine konan  $10 \text{ kg}$  lik ağırlığın bu koldaki civa sütunu üzerine yapacağı basınç ise  $p_2=10000 \text{ (g)/50 (cm}^2)=200 \text{ (g/cm}^2)$  dir.  $p_2 > p_1$  olduğundan B deki civa sütunu alçalır, A daki yükselir (Şek. III-9). Denge halinde, B deki piston üzerindeki ağırlığın meydana getirdiği  $p_2$  basıncının, A daki pistonun üzerindeki ağırlığın yapacağı  $p_1$  basıncı ile  $h$  yüksekliğindedeki civa sütununun yapacağı  $p_3=h\gamma$  basıncı toplamına eşit olacağı,

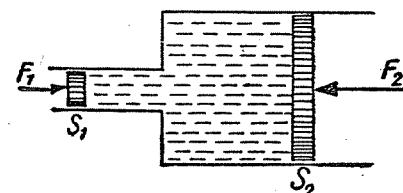


(Şek. III-9)

$p_2 = p_1 + p_3$  veya  $200 \text{ (g/cm}^2) = 50 \text{ (g/cm}^2) + h \cdot 13,6 \text{ (g/cm}^3)$   
şeklinde yazilarak, bundan,  $h = 150 \text{ (g/cm}^2)/13,6 \text{ (g/cm}^3) \approx 11 \text{ cm}$  bulunur.

110. Taban dairelerinin alanları  $5 \text{ cm}^2$  ve  $500 \text{ cm}^2$  olan silindir şeklinde iki kap, biribirleriyle birleştirilmişler ve su ile doldurularak sürtünmesiz birer pistonla kapatılmışlardır. a) Küçük piston üzerine  $10 \text{ kg}$  lik bir itme yapılmıştır. Büyüük pistonun hareket etmemesi için bu pistona ne kadar kuvvetle dayanmak gereklidir? b) Büyüük piston  $10 \text{ kg}$  la itiliyor. Küçük pistonun hareket etmemesi için ne kadar kuvvetle dayanmak gereklidir?

**Cözümü :** a) Küçük pistonun  $\text{cm}^2$  sine gelen itme kuvveti (basıncı)  $p_1 = F_1/S_1 = 10 \text{ (kg)}/5 \text{ (cm}^2) = 2 \text{ (kg/cm}^2)$  dir; büyük pistonun  $\text{cm}^2$  sine gelen dayanma kuvveti (basıncı) ise  $p_2 = F_2/S_2 = F_2/500 \text{ (cm}^2)$  dir (Şek. III-10). Denge halinde  $p_1 = p_2$  veya  $2 \text{ (kg/cm}^2) = F_2/500 \text{ (cm}^2)$  yazilarak, bundan,  $F_2 = 1000 \text{ (kg)}$  bulunur.

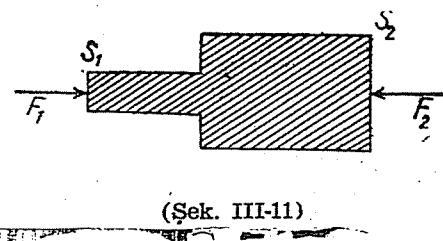


(Şek. III-10)

b) Büyüük pistona  $10 \text{ kg}$  lik bir itme yaptığımız zaman, bu pistonun  $\text{cm}^2$  sine düşen kuvvet (basıncı)  $p'_2 = F'_2/S_2 = 10 \text{ (kg)}/500 \text{ (cm}^2) = 1/50 \text{ (kg/cm}^2)$  olur. Bu basıncı küçük pistonun  $5 \text{ cm}^2$  lik yüzünü  $F'_1 = 5 \text{ (cm}^2) \cdot 1/50 \text{ (kg/cm}^2) = (1/10) \text{ kg} = 100 \text{ g}$  lik bir kuvvetle iter ve küçük pistonun hareket etmemesi için, bu pistona  $100 \text{ g}$  lik bir kuvvetle dayanmak yeter.

111. Taban dairelerinin alanları  $5 \text{ cm}^2$  ve  $500 \text{ cm}^2$  olan silindir şeklinde iki tahta, eksenleri çakışacak şekilde birbirleriyle yapıştırılıyor. (Şek. III-11). Küçük silindirin tabanı  $10 \text{ kg}$  lik bir kuvvetle sağa doğru itiliyor. Büyüük silindirin tabanının her  $\text{cm}^2$  sine ne kadar kg lik bir itme (basıncı) düşer? Sistemin hareketsiz kalması için büyük silindirin tabanına ne kadar kg lik bir kuvvetle dayanmak gereklidir? b) Büyüük silindirin tabanı  $10 \text{ kg}$  lik bir kuvvetle sola doğru itildiğine göre aynı soru?

**Cözümü :** a) Küçük silindir  $10 \text{ kg}$  lik bir kuvvetle — veya,  $p_1 = F_1/S_1 = 10 \text{ (kg)}/5 \text{ (cm}^2) = 2 \text{ (kg/cm}^2)$  lik bir basınçla — sağa doğru itilirse, bu kuvvet büyük silindire de aynen iletilir ve bu silindirin tabanındaki her  $1 \text{ cm}^2$  ye  $F_2 = p_2 S_2 = (1/50) \times 500 = 10 \text{ (kg)} = F_1 \text{ (kg/cm}^2)$  lik bir basınç düşer. Sistemin dengede kalması için büyük pistonu  $F_2 = p_2 S_2 = (1/50) \times 500 = 10 \text{ (kg)} = F_1$  kadar bir kuvvetle sola doğru itmek gereklidir.



(Şek. III-11)

b) Büyüük silindir  $10 \text{ kg}$  lik bir kuvvetle veya,  $10 \text{ (kg)}/500 \text{ (cm}^2) = (1/50) \text{ kg/cm}^2$  lik bir basınçla sola doğru itilirse, bu kuvvet küçük silindire de aynen iletilir ve bu silindirin tabanına  $10 \text{ (kg)}/5 \text{ (cm}^2) = 2 \text{ kg/cm}^2$  lik bir basınç düşer. Sistemin hareket etmemesi için, küçük silindir sağa doğru  $10 \text{ kg}$  lik bir kuvvetle itilmelidir.

**Not:** Problem 110 ve 111'i karşılaştırırsak, katıların kuvvetleri aynen iletiliklerini ve fakat basınçları değiştirdiklerini; sıvıların ise, aksine, basınçları aynen iletiliklerini ve fakat kuvvetleri değiştirdiklerini görüyoruz.

112. Taban dairelerinin yüzölçümü  $10 \text{ cm}^2$  ve  $25 \text{ cm}^2$  olan silindir şeklinde iki boru birleştirilmiş ve alttaki boru ağırlığı  $50 \text{ g}$  olan ince bir DE kapağı ile kapatılarak alet suya batırılmıştır. (Şek. III-12), a) Su yüzünden  $30 \text{ cm}$  aşağıda olan kapak üzerine ne kadar gram kum tanecikleri konmalıdır ki, kapak silindirden ayrılsın? b) Aynı sonucu elde etmek için boruya ne kadar gram su konmalıdır?

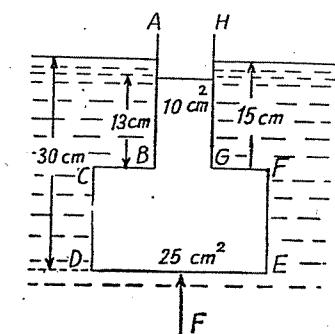
**Cözümü :** a) Sıvı yüzünden  $30 \text{ cm}$  aşağıda bulunan DE kapak düzeyinde hidrostatik basınç  $p = h\rho = 30 \text{ (cm)} \times 1 \text{ (g/cm}^3) = 30 \text{ g/cm}^2$  ve  $25 \text{ cm}^2$  lik kapak üzerine etkiyen toplam basınç kuvveti  $F = pS = 30 \text{ (g/cm}^2) \times 25 \text{ (cm}^2) = 750 \text{ g}$  dir. Kapağın, bulunduğu yerden ayrılması için bu basınç kuvvetini yenmek gereklidir. Kapağın kendi ağırlığı  $50 \text{ g}$  olduğuna göre üzerine en az  $700 \text{ g}$  kum konmalıdır ki yerinden ayrılsın.

b) Boruya konacak suyun DE kapağı üzerinde  $700 \text{ g}$  lik bir toplam basınç yapması için, bu kapak düzeyinden,

$$h \gamma S = F \text{ ye göre,}$$

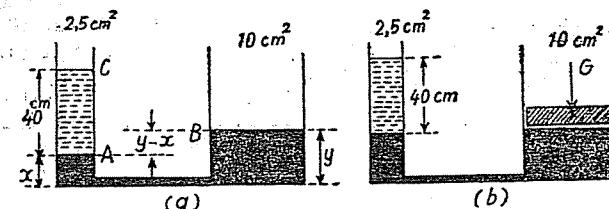
$$h = \frac{F}{\gamma S} = \frac{700 \text{ (g)}}{1 \text{ (g/cm}^3) \cdot 25 \text{ (cm}^2)} = 28 \text{ (cm)}$$

lik bir yüksekliği olmalıdır. Buna göre kaba,  $25 \text{ (cm}^2) \times 15 \text{ (cm)} + 10 \text{ (cm}^2) \times 13 \text{ (cm)} = 505 \text{ cm}^3$  (veya, 505 gram) su konmalıdır.



(Şek. III-12)

113. Kesitleri  $10 \text{ cm}^2$  se  $2,5 \text{ cm}^2$  olan silindir şeklinde iki kap, hacmi hesaba katılmayacak derecede küçük bir boru ile alttan birleştirilmişlerdir. a) Bu birleşik kaplara, önce  $50 \text{ cm}^3$  civa ve sonra da küçük silindire  $100 \text{ cm}^3$  su konuluyor. Sıvıların kollarda kapladığı yükseklikleri hesaplayınız. b) Civanın yeniden aynı düzeye gelmesi için, büyük koldaki civa üzerine hangi ağırlıkta bir piston konmalıdır? Civanın özgül ağırlığı  $13,6 \text{ g/cm}^3$  tür.



(Şek. III-13)

**Çözümü :** a) Kollardaki civa sütunlarının yükseklikleri  $x$  ve  $y$  olsun (Şek. III-13 a). Bu sütunların hacimleri toplamı  $50 \text{ cm}^3$  olarak verildiğinden,  $50 \text{ cm}^3 = 2,5x + 10 \times y$  veya, daha kısa olarak,

$$x + 4y = 20 \quad (\text{a})$$

yazılabilir. Öte yandan, kollarda  $A$  düzeyi üstünde bulunan siviların basınçlarının eşitliği,  $40 \text{ (cm)} \times 1 \text{ (g/cm}^3) = (y - x) \times 13,6 \text{ (g/cm}^3)$  veya, kısaca,

$$y - x = \frac{40}{13,6} \quad (\text{b})$$

şeklinde yazılabilir.  $y$  nin (b) denkleminden bulacağımız  $y = x + 40/136$  değerini (a) denklemine götürürsek,

$$x + 4(x + 40/136) = 20$$

ve bundan da  $x = (28/17) \text{ cm}$  bulunur.  $x$ 'in bu değeri (a) veya (b) denklemine götürülsünse  $y = (78/17) \text{ cm}$  bulunur.

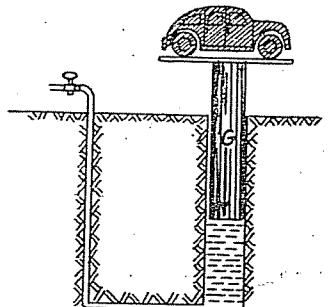
b) Bu durumda, küçük silindirde bulunan  $40 \text{ cm}$  lik su sütununun basıncı ile büyük silindirdeki civa üzerine kapatılan ve ağırlığı  $G$  olan pistonun yapacağı basınçların eşitliği,  $40 \text{ (cm)} \times 1 \text{ (g/cm}^3) = G/10 \text{ (cm}^2)$  şeklinde yazılarak, bundan,  $G = 400 \text{ gram}$  bulunur.

114. Otomobilleri kaldırma için kullanılan bir hidrolik asansörün pistonunun çapı  $28 \text{ cm}$ , ağırlığı ise  $250 \text{ kg}$  dir. Bu asansörü şehir suyu ile çalıştmak ve  $1250 \text{ kg}$  lik bir arabayı kaldırma için şehir suyunun basıncı en az ne kadar  $\text{kg}/\text{cm}^2$  olmalıdır?

**Çözümü :** Suyun basıncı  $\text{cm}^2$  başına  $x \text{ kg}$  olsun. Pistonun ve üzerindeki arabanın ağırlıkları toplamı  $G = 250 + 1250 = 1500 \text{ kg}$ , pistonun kesiti ise  $S = \pi r^2 = (22/7) \cdot 14^2 = 616 \text{ cm}^2$  olduğundan, pistonun sıvuya yapacağı basıncı:

$$p = G/S = 1500 \text{ (kg)}/616 \text{ (cm}^2) \approx 2,43 \text{ kg}/\text{cm}^2$$

dir (Şek. III-14). Buna göre, şehir suyunun basıncı,  $x \geq 2,43 \text{ kg}/\text{cm}^2$  olmalıdır.



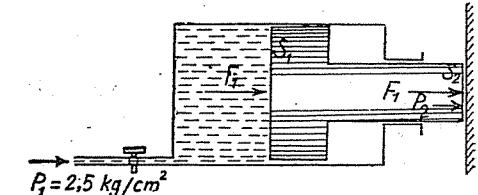
(Şek. III-14)

115. Bir iş yerinde şehir suyu basıncı  $2,5 \text{ kg}/\text{cm}^2$  dir. Bu basınçla çalıştırılan bir hidrolik çekiç ile dövülecek bir yüzeyin  $\text{cm}^2$  sine  $100 \text{ kg}$  lik darbeler vurabilmek için, (Şek. III-15) deki gibi, basınç dönüştürücü bir piston kullanılıyor. Sürtünmeleri hesaba katmayarak bu pistonun  $S_1$  ve  $S_2$  kesitleri arasındaki oranı bulunuz.

**Çözümü :** Şehir suyundaki basınç  $p_1 = 2,5 \text{ kg}/\text{cm}^2$  dir. Bu basınç, basınç dönüştürücü pistonun  $S_1 \text{ (cm}^2)$  lik yüzüne  $F_1 = p_1 S_1 = 2,5 \cdot S_1$   $\text{kg}$  lik bir itme verir. Bu itme, pistonun vurucu ucuna aynen ilettilir ve yüzölçümü  $S_2 \text{ (cm}^2)$  olan bu uça,  $p_2 = F_1/S_2 = 2,5 \cdot S_1/S_2 \text{ (kg}/\text{cm}^2)$  lik bir basınç oluşturur.  $p_2$  nin  $100 \text{ kg}/\text{cm}^2$  olması istendiğine göre,

$$p_2 = 2,5 \cdot S_1/S_2 = 100$$

yazılarak, bundan  $S_1/S_2 = 40$  bulunur.



(Şek. III-15)

116. (Şek. III-16) daki hidrolik pres özgül ağırlığı  $0,8 \text{ g}/\text{cm}^2$  olan bir yağ ile doldurulmuştur. Kollardaki düzeyler arasında  $125 \text{ cm}$  lik bir fark vardır ve küçük pistonu hareket ettiren kaldıracın kolları arasındaki AB/AC orani  $1/10$  dur. a) Kaldıracın C ucuna uygulanan  $10 \text{ kg}$  lik hareket veren bir kuvvet, büyük pistonda ne kadar  $\text{kg}$  lik bir itme yapar? b) Büyük pistona  $2000 \text{ kg}$  lik bir kuvvetle itmek için C ye ne kadar  $\text{kg}$  lik bir kuvvet uygulamak gereklidir? Her iki halde de pistonların ağırlıkları hesaba katılmayacaktır.

**Çözümü :** a) C ye uygulanan  $F_1 = 10 \text{ kg}$  lik kuvvet B ye,

$$F'_1 = F_1 \cdot \overline{(AC/AB)} = 10 \times 10/1 = 100 \text{ kg}$$

olarak ilettilir. Küçük pistonun kesiti  $S_1 = 25 \text{ cm}^2$  olduğundan  $F'_1$  kuvvetinin meydana getireceği basıncı,

$$p_1 = 100 \text{ (kg)}/25 \text{ (cm}^2) = 4 \text{ (kg}/\text{cm}^2)$$

dir. Küçük kolda, bir de  $h = 125 \text{ cm}$  lik yağ sütununun yapacağı,

$$p_1' = h \gamma = 125 \times 0,8 = 100 \text{ (g}/\text{cm}^2) = 0,1 \text{ (kg}/\text{cm}^2)$$

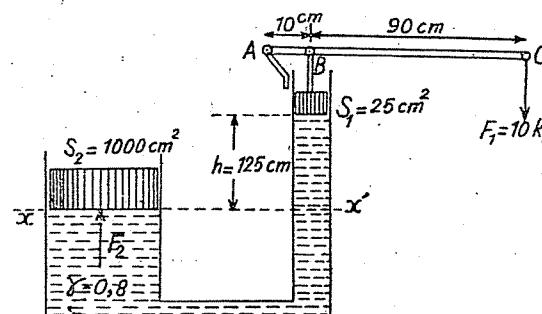
lik basınç vardır. Buna göre, küçük kolda  $x$  düzeyi üstündeki basınç,

$$p_1 + p_1' = 4 + 0,1 = 4,1 \text{ (kg}/\text{cm}^2)$$

dir. Bu basıncın büyük pistonun her  $\text{cm}^2$  sine aynen iletileceği (Pascal prensibi) — veya, büyük pistondaki  $p_2 = F_2/S_2 = F_2/1000$  basıncına eşit olacağı — yazılırsa,

$$p_2 = \frac{F_2}{S_2} = \frac{F_2}{1000 \text{ (cm}^2)} = p_1 + p_1' = 4,1 \text{ (kg}/\text{cm}^2)$$

ve, bundan da,  $F_2 = 4100 \text{ (kg)}$  bulunur.



(Şek. III-16)

b)  $p_2 = 2000 \text{ (kg)/1000 (cm}^2\text{)} = 2 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$  olması için,  $p_2 = p_1 + p_1'$  e göre,  $p_1 = p_2 - p_1' = 2 - 0,1 = 1,9 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ ; B deki itme  $F_1' = 25 \times 1,9 = 47,5 \text{ kg}$ ; C deki hareket veren kuvvet ise,

$$F_1 = F_1' (\overline{AB}/\overline{AC}) = 47,5 \times 1/10 = 4,75 \text{ (kg)} \text{ olmalıdır.}$$

## B — ARCHIMEDES PRENSİBİ VE UYGULAMALARI

117. Ağırlığı 20 kg, hacmi ise  $5 \text{ dm}^3$  olan bir cisim bir iple bağlanarak özgül ağırlığı  $0,8 \text{ g/cm}^3$  olan bir sıvı içerisinde batırılıyor. a) Sıvı itmesi ne kadardır? b) İpteki gerilme ne kadardır? Bu gerilme denel olarak nasıl ölçülür?

Cözümü : a)  $F$  sıvı itmesi, cismin taşındığı ( $5 \text{ dm}^3$ ) sıvinin ağırlığına eşittir. Sivının özgül ağırlığı  $0,8 \text{ g/cm}^3$  — veya,  $0,8 \text{ kg/dm}^3$  — olduğundan  $5 \text{ dm}^3$  sıvinin ağırlığı,

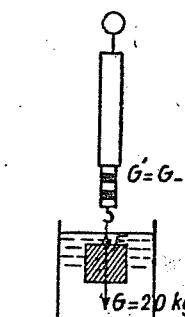
$$F = V\gamma = 5 \text{ (dm}^3\text{)} \times 0,8 \text{ (kg/dm}^3\text{)} = 4 \text{ kg}$$

dir.

b) Cismin ağırlığı 20 kg, sıvı itmesi ise 4 kg olduğundan, ipteki gerilme (cismin düşmesine engel olmak için ipe uygulayacağımız yukarıya doğru çekme) veya cismin sıvı içindeki ağırlığı,

$$G' = G - F = 20 - 4 = 16 \text{ kg}$$

dir. Bu gerilme — veya görünen ağırlık — (Şek. III-17) deki gibi, bir dinamometre ile ölçülür.



(Şek. III-17)

118. Havada 50 g, suda ise 40 g gelen bir cismin: a) Hacmi ve b) Özgül ağırlığı ne kadardır?

Cözümü a) Sıvı (su) itmesi = havadaki ağırlık — sudaki ağırlık =  $50 - 40 = 10 \text{ gram}$  = taşın suyun ağırlığı =  $V\gamma_{\text{su}} = V \cdot 1 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  olduğundan aradığımız hacim,

$$V = 10 \text{ (g)/1 (g/cm}^3\text{)} = 10 \text{ cm}^3 \text{ dir.}$$

b) Cismin hacmi  $10 \text{ cm}^3$ , ağırlığı ise 50 g olduğundan özgül ağırlığı,

$$\gamma = G/V = 50 \text{ (g)/10 (cm}^3\text{)} = 5 \text{ (g/cm}^3\text{)} \text{ tür.}$$

119. Havada 50 g gelen bir cisim, özgül ağırlığı  $0,8 \text{ g/cm}^3$  olan bir sıvı içinde tartıldığında 40, bir başka sıvı içinde ise 30 g geldiğine göre: a) Cismin hacmi ve b) Bu ikinci sıvinin özgül ağırlığı ne kadardır?

Cözümü : a) Birinci sıvıda itme =  $50 - 40 = 10 \text{ (g)} = V\gamma = V \cdot 0,8 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  olduğundan, cismin hacmi, bu denklemden  $V = 10 \text{ (g)/0,8 (g/cm}^3\text{)} = 12,5 \text{ cm}^3$  bulunur.

b) İkinci sıvıda itme için,  $50 - 30 = 20 \text{ (g)} = V\gamma' = 2,5 \text{ (cm}^3\text{)} \cdot \gamma'$  denklemi yazılıarak,  $\gamma' = 20 \text{ (g)/12,5 (cm}^3\text{)} = 1,6 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  bulunur.

Not : ikinci sıvinin özgül ağırlığı (a) ve (b) de kurduğumuz denklemlerin bölünmesiyle de bulunabilir.

120. Özgül ağırlığı  $2,7 \text{ g/cm}^3$  olan alüminyumdan yapılmış bir dolu silindir, havada 135 g, zeytinyağda ise 89 g geliyor. Bundan, zeytinyağın özgül ağırlığını bulunuz.

Cözümü : Özgül ağırlığı  $2,7 \text{ g/cm}^3$  olan 135 gramlık alüminyum silindirin hacmi  $V = G/\gamma = 135/2,7 = 50 \text{ (cm}^3\text{)}$  dir. Bu silindir zeytinyağına batırıldığı zaman  $50 \text{ cm}^3$  zeytinyağı taşırır. Zeytinyağdaki itme  $135 - 89 = 46$  gramdır. Bu itmenin  $50 \text{ cm}^3$  lik zeytinyağın ağırlığına eşit olacağı (Archimedes prensibi) yazılırsa,

$$46(\text{g}) = 50(\text{cm}^3) \cdot \gamma \quad \text{ve bundan da} \quad \gamma = 46(\text{g})/50(\text{cm}^3) = 0,92 \text{ g/cm}^3$$

121. Dolu bir cisim havada  $G_1 = 100 \text{ g}$ , suda ise  $G_2 = 80 \text{ g}$  geliyor. Özgül ağırlığı ne kadar olan bir sıvı içinde: a)  $G_3 = 50 \text{ g}$  gelir? b) Ağırıksız kalır? c) Yarı yarıya batar?

Cözümü : a) Sudaki itme için:

$$F = G_1 - G_2 = 100 - 80 = 20(\text{g}) = V\gamma_{\text{su}} = V \cdot 1 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

yazılıarak, bundan, cismin hacmi  $V = 20 \text{ cm}^3$  bulunur. Özgül ağırlığı aranan sıvı içindeki itme için ise,

$F = G_1 - G_3 = 100 - 50 = 50 \text{ (g)} = V \gamma_{\text{sivi}} = 20 \text{ (cm}^3\text{)} \cdot \gamma_{\text{sivi}}$  yazilarak bundan,  $\gamma_{\text{sivi}} = 50 \text{ (g)} / 20 \text{ (cm}^3\text{)} = 2,5 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  bulunur.

b) Bu halde, cismin havadaki ağırlığı ( $G_1 = 100 \text{ g}$ ), taşıracı ( $20 \text{ cm}^3$ ) sıvi ağırlığına eşit yazılırsa (Şek. III-18 b)

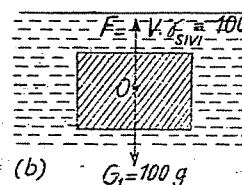
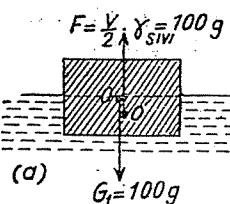
$$G_1 = V \gamma_{\text{sivi}} \quad \text{veya} \quad 100 \text{ (g)} = 20 \text{ (cm}^3\text{)} \cdot \gamma_{\text{sivi}}$$

denklemi elde edilerek, bundan  $\gamma_{\text{sivi}} = 10 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  bulunur.

c) Bu yeni halde,  $V = 20 \text{ cm}^3$  lük cismin yarısı (demek,  $V/2 = 10 \text{ cm}^3$  lük kısmı) sıviya gömülüür (Şek. III-18 a). Denge halinde, cismin ağırlığı ( $G_1 = 100 \text{ g}$ ), suya batan kısmının hacmi ( $10 \text{ cm}^3$ ) kadar sıvi ağırlığına eşit olacağından,

$$G_1 = (V/2) \cdot \gamma_{\text{sivi}} \quad \text{veya} \quad 100 \text{ (g)} = 10 \text{ (cm}^3\text{)} \cdot \gamma_{\text{sivi}}$$

yazilarak, bundan  $\gamma_{\text{sivi}} = 10 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  bulunur.



(Şek. III-18)

122. Boyutları 20 cm, 20 cm ve 30 cm olan kare prizma şeklinde bir mermer bloku su içinde kaldırırmak için ne kadar kg lik bir kuvvet gerekir? (Mermerin özgül ağırlığı  $2,5 \text{ g/cm}^3$  tür).

Çözümü : Mermer bloğun havadaki ağırlığı,

$$G_1 = V \gamma = 20 \times 20 \times 30 \text{ (cm}^3\text{)} \times 2,5 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 30000 \text{ (g)} = 30 \text{ (kg)}$$

dir. Sudaki itme, mermerin taşırıldığı  $12000 \text{ cm}^3$  sıvun ağırlığı ( $12 \text{ kg}$ ) olduğundan, bu bloku su içinde kaldırırmak için havadaki ağırlığından  $12 \text{ kg}$  daha az ( $30 - 12 = 18 \text{ kg}$ ) bir kuvvet gerekir.

123. Bir cisim, dengelenmiş bir terazinin kefelerinden birinde bulunan sıvuya sarkıtılırsa bu kefeyi 10 gram ağırlaştırıyor. Aynı cisim kefedeki sıvuya bırakıldığı zaman, ağırlaşma 78 gram olduğuna göre, bundan sıvuya batırılan cismin özgül ağırlığını bulunuz.

Çözümü : Suya batırılan cismin hacmi  $V$ , özgül ağırlığı ise  $\gamma$  olsun. Bu cisim sıvuya batırıldığında, taşırıldığı sıvun ağırlığı ( $V \cdot \gamma_{\text{sivi}} = V \cdot 1 \text{ g/cm}^3$ ) kadar bir kuvvetle yukarıya itilir. Suya batan cisim de, sıvuya aynı kuvvetle aşağıya doğru iter. Terazi kefesinin 10 g ağırlaşmasından sıvı itmesinin de 10 g olduğu anlaşılır; ve,  $10 \text{ (gram)} = V \cdot 1 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  yazilarak, bundan  $V = 10 \text{ cm}^3$  bulunur. Öte yandan, cisim, su kabında kendini haline bırakıldığı zaman, bu kefe 78 gram ağırlaştığına göre, cismin ağırlığı  $G = 78 \text{ gram}$  dir. Bunlara göre, cismin özgül ağırlığı,

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{(78 \text{ gram})}{10 \text{ (cm}^3\text{)}} = 7,8 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

olur.

124. İçinde su bulunan bir bardak, bir mektup terazisi kefesine konarak tartıldığında 180 g geliyor. Bir dinamometre çengeline asılmış ve havadaki ağırlığı 39 g olarak ölçülmüş olan bir çelik bilya bardaktaki sıvuya batırılınca, dinamometre 34 gramı gösteriyor. a) Çeliğin özgül ağırlığı ne kadardır? b) Çelik bilya sıvuya batırılınca mektup terazisinin degenesinde herhangi bir değişme olur mu?

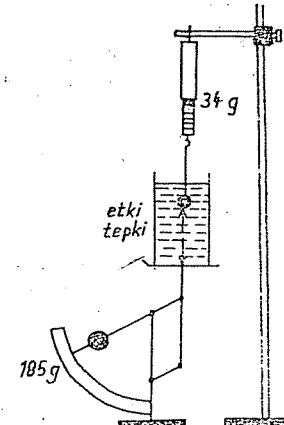
Çözümü : a) Çelik bilyanın havadaki ağırlığı 39 g sudaki ağırlığı ise 34 g olduğundan, su itmesi  $39 - 34 = 5 \text{ g}$  dir. Archimedes prensibine göre, bu itme, cismin taşırıldığı sıvinin ağırlığı kadardır ve buna göre :

$$5 \text{ (g)} = V \cdot \gamma_{\text{sivi}} = V \cdot 1 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

yazilarak, bundan  $V = 5 \text{ cm}^3$  bulunur. Bilyanın havadaki ağırlığı ve hacmi bilindiğinden, özgül ağırlığı.

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{39 \text{ (g)}}{5 \text{ (cm}^3\text{)}} = 7,8 \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad \text{olur.}$$

b) Archimedes prensibine göre, birer bardağın, su, içine batan bilyaya yukarıya doğru 5 g lik bir itme (bir etki) yapar (Şek. III-19). Archimedes prensibinin karşısına göre ise, bilya da içine battığı sıvuya aşağıya doğru 5 g lik bir tepki ile karşı koyar ve neticede, mektup terazisinin göstergesi 5 g fazlayı ( $185 \text{ gramı}$ ) gösterir.



(Şek. III-19)

125. Bir gemi çapası demirden yapılmıştır ve  $3900 \text{ kg}$  gelmektedir. Bu çapa, denizde 20 m lik bir derinliğe atılmış bulunmaktadır. Demirin ve deniz sıvunun özgül ağırlıkları  $\gamma = 7,8 \text{ g/cm}^3$  ve  $\gamma' = 1,03 \text{ g/cm}^3$  olduğuna göre: a) Bu çapayı bulunduğu yerden su yüzüne çıkarmak için ne kadar iş yapmak gereklidir? b) Çapayı 2,5 dakikada çıkaran bir makinenin gücü ne kadar b.b. olmalıdır?

Çözümü : a) Demir çapanın hacmi,  $V = G/\gamma = 3900 \text{ (kg)} / 7,8 \text{ (kg/dm}^3\text{)} = 500 \text{ dm}^3$ ; taşırıldığı deniz sıvunun ağırlığı ise  $500 \text{ (dm}^3\text{)} \times 1,03 \text{ (kg/dm}^3\text{)} = 515 \text{ kg}$  olduğuna göre, çapanın su içindeki ağırlığı  $G' = 3900 - 515 = 3385 \text{ kg}$  dir. Çapayı suda 3385 kg lik bir çekme kuvveti ile 20 metre yüksekçe çıkarmak için yapılacak iş:

$$W = Gh = 3385 \text{ (kg)} \times 20 \text{ (m)} = 67700 \text{ (kg . m)} \text{ dir.}$$

b) 2,5 dakikada (veya 150 saniye içinde) 67700 (kg . m) lik iş yapabilen bir makinenin gücü,

$$P = W/t = 67700 \text{ (kg . m)} / 150 \text{ (s)} = 451,33 \text{ (kg . m/s)}$$

ve 1 buhar beygiri =  $75 \text{ (kg . m/s)}$  olduğundan,  $P = 451,33 / 75 \approx 6 \text{ (b.b.)}$  dir.

126. Taban dairesinin yüzölçümü  $10 \text{ cm}^2$ , yüksekliği ise  $20 \text{ cm}$  olan silindir şeklinde bir kap petrol ile dolduruluyor ve düşey olarak su içerisinde yarı yüksekliğine kadar batırılıyor. Cam kabin ağırlığı boş halde  $50 \text{ g}$  olduğuna göre bu durumda görünen ağırlığı ne kadardır? Petrolün özgül ağırlığı  $0,8 \text{ g/cm}^3$  tür.

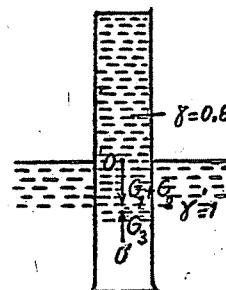
**Çözümü :** Silindir şeklindeki kabin hacmi  $V = 10 (\text{cm}^2) \times 20 (\text{cm}) = 200 \text{ cm}^3$ , içindeki petrolün ağırlığı  $G_1 = V\gamma = 200 (\text{cm}^3) \times 0,8 (\text{g/cm}^3) = 160 \text{ g}$ , toplam ağırlığı ise  $G_1 + G_2 = 160 + 50 = 210 \text{ g}$  dir. Bu kap, yarısına kadar suya batırılırsa (Şek. III-20), taşırdığı suyun ağırlığı (sıvı itmesi),

$$G_3 = (V/2)\gamma' = 100 (\text{cm}^3) \times 1 (\text{g/cm}^3) = 100 (\text{g})$$

olur. Buna göre kabin görünen ağırlığı,

$$G' = G_1 + G_2 - G_3 = 210 - 100 = 110 (\text{g})$$

dur.



(Şek. III-20)

127. Havada  $390 \text{ gram}$  gelen içi boş bir demir küre, su içinde bırakıldığı yerde dengede kalmaktadır. a) Bu kürenin dış yarıçapı ne kadardır? b) İçindeki boşluğun yarıçapı ne kadardır? Demirin özgül ağırlığı  $7,8 \text{ (g/cm}^3)$  tür.

**Çözümü :** a) Kürenin dış yarıçapı  $r_1$ , iç yarıçapı  $r_2$  olsun. Kürenin ağırlığı  $G = 390 \text{ g}$ , özgül ağırlığı ise  $\gamma = 7,8 \text{ g/cm}^3$  olduğundan, dolu kısmının  $V$  hacmi  $V = G/\gamma$  bağıntısından  $V = 300 (\text{g})/7,8 (\text{g/cm}^3) = 50 (\text{cm}^3)$  bulunur. Küre, su içinde dengede kaldığına göre, taşırdığı suyun ağırlığı kendi ağırlığı kadar olmalıdır ve buna göre,

$$390 (\text{g}) = V_1 (\text{cm}^3) \cdot 1 (\text{g/cm}^3) = (4/3) \pi r_1^3 (\text{cm}^3) \cdot 1 (\text{g/cm}^3) = (4/3) \cdot (22/7) r_1^3 (\text{g})$$

yazılarak bundan,  $r_1^3 \approx 93$  ve  $r_1 \approx 4,53 \text{ (cm)}$  bulunur.

b) Kürenin dış hacmi  $V_1 = 390 \text{ cm}^3$  ve dolu kısmının hacmi  $V = 50 \text{ cm}^3$  olarak bilindiğine göre, içindeki boşluğun hacmi,  $V_2 = V_1 - V = 390 - 50 = 340 \text{ cm}^3$  tür. Buna göre, küre içindeki boşluğun yarıçapı,

$$V_2 = (4/3) \pi r_2^3 = (4/3) (22/7) r_2^3 = 340 (\text{cm}^3)$$

yazılarka bundan  $r_2^3 \approx 81$  ve  $r_2 \approx 4,33 \text{ cm}$  bulunur.

128. İç hacmi  $1 \text{ dm}^3$  olan demirden yapılmış silindir şeklinde bir boş kutu, su içinde, tam yarı yarıya batmış bir halde yüzeriyor. Demirin özgül ağırlığı  $7,5 \text{ g/cm}^3$  olduğuna göre: a) Silindirin dış hacmini ve b) Ağırlığını hesaplayınız.

**Çözümü :** a) Demir silindirin dış hacmi  $V_1$  olsun. İçindeki boşluğun hacmi  $V_2 = 1000 \text{ cm}^3$  olduğundan, dolu kısmının hacmi,  $V = V_1 - V_2 = V_1 - 1000$  dir. Silindirin, su içinde yarısı ( $V_1/2$  kısmı) batmış halde yüzdüğü bilindiğine göre, yüzey cisimlere ilişkin denge koşulu,

$$(V_1/2) \cdot \gamma_{su} = V \gamma_{demir} \quad \text{veya} \quad (V_1/2) \cdot 1 = (V_1 - 1000) \times 7,5$$

şeklinde yazılarak, bundan,

$$V_1 = 15 V_1 - 15000 \quad \text{ve sonunda} \quad V_1 \approx 1071 (\text{cm}^3)$$

bulunur.

b) Kutunun dış hacmi  $V_1 = 1071 \text{ cm}^3$ , içindeki boşluğun hacmi  $V_2 = 1000 \text{ cm}^3$  olduğundan, dolu kısmının hacmi  $V = 1071 - 1000 = 71 \text{ cm}^3$ , ağırlığı ise,

$$G = V \gamma_{demir} = 71 (\text{cm}^3) \times 7,5 (\text{g/cm}^3) = 532,5 (\text{g})$$

dir.

129. Bir kalas, suda, hacminin  $100 \text{ de } 80'i$  su içinde bulunacak bir şekilde yüzmektedir. Bundan, kalasin özgül ağırlığını bulunuz.

**Çözümü :** Kalasin hacmi  $V$ , özgül ağırlığı  $\gamma$  ise ağırlığı  $G = V\gamma$  olur. Kalas, suda, hacminin  $\% 80'i$  batmış bir durumda yüzdüğüne göre (kalasin ağırlığı = taşırdığı suyun ağırlığı) yazılabilir. Kalasin taşırdığı suyun hacmi  $0,80 \cdot V$  ve suyun özgül ağırlığı  $1 (\text{g/cm}^3)$  olduğundan,

$$G = V\gamma = 0,8 V \times 1 (\text{g/cm}^3)$$

yazılabilir ve bu denklemden  $\gamma = 0,8 \text{ g/cm}^3$  bulunur.

130. Boyutları  $10 \text{ cm}$ ,  $10 \text{ cm}$  ve  $20 \text{ cm}$ , özgül ağırlığı ise  $0,9 \text{ g/cm}^3$  olan dikdörtgensel bir buz prizması su üzerinde yüzeriyor. a) Hacminin  $\% 6$  de ne kadarı su dışında kalır? b) Bu buz parçasını suya tam olarak batırabilmek için üzerine ne kadar ağırlık koymalıdır?

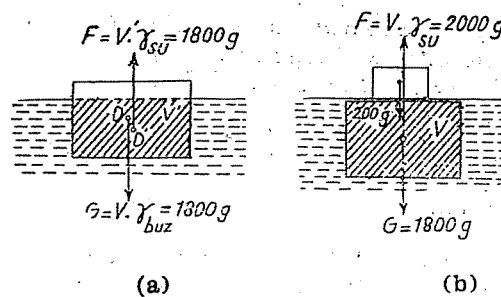
**Çözümü :** a) Verilen buz parçasının ağırlığı,

$$G = V\gamma = 10 \times 10 \times 20 (\text{cm}^3) \times 0,9 (\text{g/cm}^3) = 1800 \text{ g}$$

dir. Yüzen cisimlerin denge koşuluna göre, yüzen cismin ağırlığı ( $1800 \text{ g}$ ) bu cismin taşırdığı su ağırlığı kadardır. Buzun su içindeki kısmının hacmi  $V'$  ise, yüze me koşulu (Şek. III-21 a),

$$1800 (\text{g}) = V' \cdot \gamma_{su} = V' \cdot 1 (\text{g/cm}^3)$$

şeklinde yazılarak, bundan,  $V' = 1800 (\text{g})/1 (\text{g/cm}^3) = 1800 \text{ cm}^3$  bulunur. Buna göre, buz parçasının su dışında kalan kısmının hacmi  $V - V' = 200 - 1800 = 200 \text{ cm}^3$  tür..



(Sek. III-21)

b) Buz tam olarak suya gömülüürse, kendi hacmi ( $2000 \text{ cm}^3$ ) kadar su taşırir ve su itmesi  $2000 \text{ g}$  olur (Şek. III-21 b). Buzun ağırlığı  $1800 \text{ g}$  olduğuna göre suya batırmak için, üzerine  $2000 - 1800 = 200 \text{ g}$  koymak yeter.

131. Bir tahta parçası havada  $2 \text{ kg}$ , bir kurşun parçası ise suda  $3 \text{ kg}$  geliyor. Kurşun parçası tahta parçasına bağlanıyor ve bu sistem suda tartılıncaya  $2,2 \text{ kg}$  geliyor. Bundan tahtanın özgül ağırlığını bulunuz.

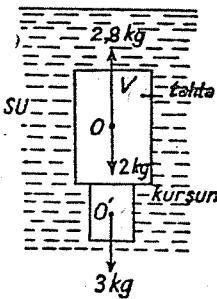
**Cözümü :** Kurşunun sudaki ağırlığı kendisine bir tahta parçası bağlanıncı tahtanın ağırlığı kadar ( $2 \text{ kg}$ ) artarak  $5 \text{ kg}$  olacağına,  $3 \text{ kg}$  dan  $2,2 \text{ kg}'a$  düşer, ( $800 \text{ gram azalır}$ ). Demek ki, tahta suya batırlıncaya  $2,8 \text{ kg}$  lik bir su itmesine uğramaktadır (Şek. III-22). Sıvı itmesi cismin hacmi kadar sıvının ağırlığına eşit olduğundan, tahtanın hacmini  $V$  ile göstererek,

$$2,8 \text{ (kg)} = 2800 \text{ (g)} = V \gamma_{\text{su}} = V \times 1 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

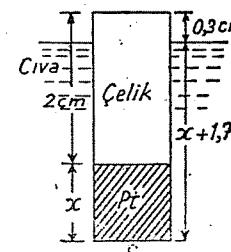
denklemi kurulabilir ve bundan  $V = 2800 \text{ (g)}/1 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 2800 \text{ cm}^3$  bulunur. Tahtanın ağırlığı ve hacmi bilindiğine göre, özgül ağırlığı,

$$\gamma = G/V = 2000 \text{ (g)}/2800 \text{ (cm}^3\text{)} \approx 0,71 \text{ g/cm}^3$$

olarak bulunur.



(Şek. III-22)



(Şekil. III-23)

132. Yüksekliği  $2 \text{ cm}$  olan bir çelik silindir, aynı kesitli bir platin silindirle birleştiriliyor. Platin silindirin yüksekliği ne olmalıdır ki,

sistem civaya diklemesine batırıldığı zaman civa dışında kalan yüksekliği  $0,3 \text{ cm}$  olsun. Civanın özgül ağırlığı  $13,6 \text{ g/cm}^3$ , platininki,  $21,12 \text{ g/cm}^3$ , çeliğinki ise  $7,8 \text{ g/cm}^3$  tür.

**Cözümü :** Platin silindirin yüksekliği  $x$ , silindirlerin ortak kesitleri ise  $S$  olsun (Şek. III-23). Bu sistem için, yüzme koşulu,

$$S \cdot x \cdot \gamma_{\text{Pt}} + S \cdot 2 \cdot \gamma_{\text{Fe}} = S \cdot (x + 1,7) \cdot \gamma_{\text{Hg}}$$

veya,  $x \cdot 21,12 + 2 \cdot 7,8 = (x + 1,7) \cdot 13,6$  şeklinde yazılıarak bundan  $x = 1 \text{ cm}$  bulunur.

133. Yüksekliği  $15 \text{ cm}$  olan bir mantar silindirin altına aynı kesitli ve  $2 \text{ cm}$  yükseklikli bir demir silindir yapıştırılmıştır. a) Bu sistem, özgül ağırlığı  $1,3 \text{ g/cm}^3$  olan bir sıvı içinde diklemesine bırakılıyor. Yüksekliğinin ne kadar kısmı sıvı dışında kalır? b) Sistem, özgül ağırlığı ne kadar  $\text{g/cm}^3$  olan bir sıvıda tam olarak batar? Mantarın özgül ağırlığı  $0,26 \text{ g/cm}^3$ , demirinki  $7,8 \text{ g/cm}^3$  tür.

**Cözümü :** a) Silindirlerin kesitleri  $S$ , sıvı içindeki yükseklikleri ise  $x$  olsun (Şek. III-24). Yüzme koşulu (Sisemin ağırlığı = Taşırdığı sıvının ağırlığı):

$$S \times 2(\text{cm}) \times 7,8(\text{g/cm}^3) + S \times 15(\text{cm}) \times 0,26(\text{g/cm}^3) = S \times x \times 1,3(\text{g/cm}^3)$$

şeklinde yazılıarak, bundan,  $x = 15 \text{ cm}$  bulunur. Silindirin, toplam yüksekliği  $17 \text{ cm}$  olduğuna göre, sıvı dışındaki kısmının yüksekliği  $2 \text{ cm}$  dir.

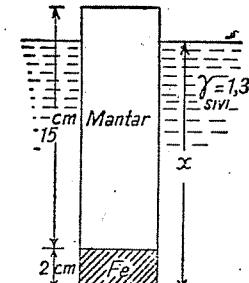
b) Silindirler, özgül ağırlığı sorulan sıvı içinde tam olarak, battıklarına göre, üstteki yüzme koşulu,

$$S \times 2 \times 7,8 + S \times 15 \times 0,26 \leq S \times 17 \gamma_{\text{sivi}}$$

şeklinde yazılıarak, bundan, yaklaşık olarak,

$$\gamma_{\text{sivi}} \leq 1,15 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

bulunur. Sistem, özgül ağırlığı  $1,15 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  veya bundan daha küçük olan sıvılarda tam olarak batar.



(Şek. III-24)

134. Gümüş ve platinden yapılmış bir mücevher, havada  $63 \text{ gram}$ , suda ise  $57,5 \text{ gram}$  geliyor. Gümüşün özgül ağırlığı  $10,5 \text{ g/cm}^3$ , platininki  $21 \text{ g/cm}^3$  olduğuna göre bu mücevherin bileşiminde % de ne kadar platin ve ne kadar gümüş vardır?

**Cözümü :** Mücevher içinde bulunan platin ve gümüşün ağırlıkları  $G_1$  ve  $G_2$  bunların özgül ağırlıkları ise  $\gamma_1$  ve  $\gamma_2$  olsun. Bu metallerin hacimleri  $V_1 = G_1/\gamma_1$

ve  $V_2 = G_2 / \gamma_2$  olur. Sudaki itme  $63 - 57,5 = 5,5$  g dir. Bu itmenin cismin taşırdığı suyun ağırlığı kadar olduğu (yüzme koşulu) yazılırsa,

$$5,5 \text{ (g)} = (V_1 + V_2) / \gamma_{\text{su}} = \left( \frac{G_1}{\gamma_1} + \frac{G_2}{\gamma_2} \right) \times \gamma_{\text{su}} = \left( \frac{G_1}{21} + \frac{G_2}{10,5} \right) \times 1 \text{ (g/cm}^3)$$

ve bu denklemin sadeleştirilmesiyle,

$$G_1 + 2 G_2 = 115,5 \text{ (gram)} \quad (\text{a})$$

elde edilir. Öte yandan, mücevherin ağırlığı,

$$G_1 + G_2 = 63 \text{ (gram)} \quad (\text{b})$$

olarak verilmiştir. (a) denlemden (b) yi çıkarmakla  $G_2 = 52,5$  gram ve bunu (b) denleme götürmekle  $G_1 = 10,5$  gram bulunur.

Buna göre, verilen mücevherdeki platinin % de miktarı:  $(10,5/63) \times 100 = 16 \frac{2}{3}$ ; gümüşün % de miktarı ise:  $(52,5/63) \times 100 = 83 \frac{1}{3}$  dir.

135. Eni 2 m, boyu 6 m ve yüksekliği ise 60 cm olan bir sal boş iken havada 1200 kg geliyor. a) Suda, yüksekliğinin ne kadar kısmı su içinde kahr? b) Sal, ne kadar yükle yüklendiği zaman suya 20 cm daha çok gömülüür?

**Cözümü :** a) Taban alanı  $S = 2 \times 6 = 12 \text{ m}^2$  alan salın su içindeki kısmının yüksekliği  $x$  (m) olsun (Şek. III-25). Yüzen cisimlerin denge koşulu, sal için,

$$\text{Salın ağırlığı} = \text{Tasırdığı su ağırlığı}$$

veya,

$$1200 \text{ (kg)} = 1,2 \text{ (ton)} = 12(\text{m}^3) \times x(\text{m}) \times 1(\text{ton/m}^3)$$

Şekilde yazılırak, bundan  $x = 0,1$  metre bulunur. (Şek. III-25)

b) Salı, suya 20 cm daha çok gömelmek için üzerine koyacağımız  $G$  yükü, bu yükün taşıracığı sıvı ( $12 \text{ m}^2 \times 0,2 \text{ m} = 2,4 \text{ m}^3$  su) ağırlığı kadar olacağından,

$$G = 12 \text{ (m}^2\text{)} \times 0,2 \text{ (m)} \times 1 \text{ (ton/m}^3\text{)} = 2,4 \text{ ton} \text{ dur.}$$

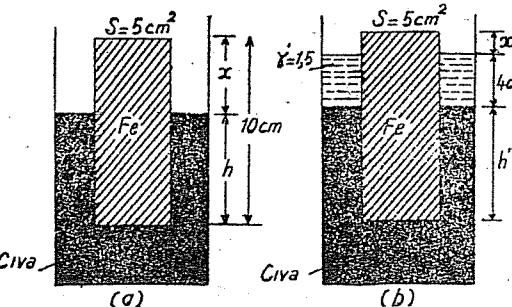
136. Havada 20 g, suda ise 15 g gelen bir cisim,  $60 \text{ cm}^3$  su ile  $40 \text{ cm}^3$  alkol karışımı içinde ne kadar gram gelir? Alkolün özgül ağırlığı  $0,8 \text{ g/cm}^3$  tür ve su ile karıştırıldığı zaman hacimde bir değişme olmadığı kabul edilecektir.

**Cözümü :**  $60 \text{ cm}^3$  suyun ağırlığı  $G_1 = 60 \text{ (cm}^3\text{)} \times 1 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 60 \text{ g}$ ;  $40 \text{ cm}^3$  alkolün ağırlığı ise  $G_2 = 40 \text{ (cm}^3\text{)} \times 0,8 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 32 \text{ g}$  dir. Karışımın toplam ağırlığı  $G = G_1 + G_2 = 60 + 32 = 92$  gram, toplam hacim ise  $V = 60 + 40 = 100 \text{ cm}^3$  olduğundan karışımın özgül ağırlığı,  $\gamma = G/V = 92 \text{ (g)} / 100 \text{ (cm}^3\text{)} = 0,92 \text{ g/cm}^3$  tür.

Verilen cisim, havada 20 g, suda ise 15 g geldiğine göre su itmesi (taşırdığı

suyun ağırlığı) 5 g dir. Cismin hacmine  $V$  dersek,  $5 \text{ (g)} = V \times 1 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  yazarak, bundan  $V = 5 \text{ (g)} / 1 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 5 \text{ cm}^3$  buluruz. Verilen cisim, özgül ağırlığı  $0,92 \text{ g/cm}^3$  olan sıvı karışımına batırılırsa, bu sıvı tarafından,  $5 \text{ cm}^3$  lük sıvı ağırlığı, demek  $5 \text{ (cm}^3\text{)} \times 0,92 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 4,6$  gram, lk bir kuvvetle itilir ve görünen ağırlığı  $G' = G - 4,6 = 20 - 4,6 = 15,4$  g olur.

137. Taban dairesinin alanı  $5 \text{ cm}^2$ , yüksekliği 10 cm, özgül ağırlığı ise  $7,8 \text{ g/cm}^3$  olan bir demir silindir düşey olarak bir civa kabına batırılıyor. a) Bu demir silindirin yüksekliğinin ne kadar kısmı dışarıda kalır? b) Bundan sonra, civa üzerine, özgül ağırlığı  $1,5 \text{ g/cm}^3$  olan bir sıvıdan 4 cm yüksekliğinde bir kat konuluyor. Bu yeni halde, demir silindirin ne kadar kısmı/bu sıvının dışında kalır? Civanın özgül ağırlığı  $13,6 \text{ g/cm}^3$  tür.



(Şek. III-26)

**Cözümü :** a) Demir silindirin ağırlığı,  $G = S \cdot h \cdot \gamma = 5 \text{ (cm}^2\text{)} \times 10 \text{ (cm)} \times 7,8 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 390 \text{ g}$  dir. Bu silindir, sade civa üzerinde yüzmeye iken taşırdığı civanın ağırlığı kendi ağırlığına eşittir (yüzme koşulu). Silindirin civaya batan kısmının yüksekliğine  $h$  dersek (Şek. III-26 a), yüzme koşulu,

$$390 \text{ (g)} = 5 \text{ (cm}^2\text{)} \times h \text{ (cm)} \times 13,6 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

şeklinde yazılırak, bundan,

$$h = 390 \text{ (g)} / 5 \text{ (cm}^2\text{)} \times 13,6 \text{ (g/cm}^3\text{)} \approx 5,73 \text{ cm}$$

bulunur. Buna göre, demir silindirin yüksekliğinin  $x = 10 - 5,73 \approx 4,27 \text{ cm}$  kadarı civanın dışındadır.

b) Civa üzerine yüksekliği 4 cm olan yeni bir sıvı katı koyduğumuz zaman (Şek. III-26 b), demir silindir civaya  $h'$  kadar batmış ve  $x'$  kadarı da ikinci sıvının dışında kalmış olsun. Bu yeni duruma göre yüzme koşulu,

$$390 \text{ (g)} = 5 \text{ (cm}^2\text{)} \times h' \times 13,6 \text{ (g/cm}^3\text{)} + 5 \text{ (cm}^2\text{)} \times 4 \text{ (cm)} \times 1,5 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

şeklinde yazılırak, bu denklemden  $h' \approx 5,3 \text{ cm}$  bulunur. Buna göre de,

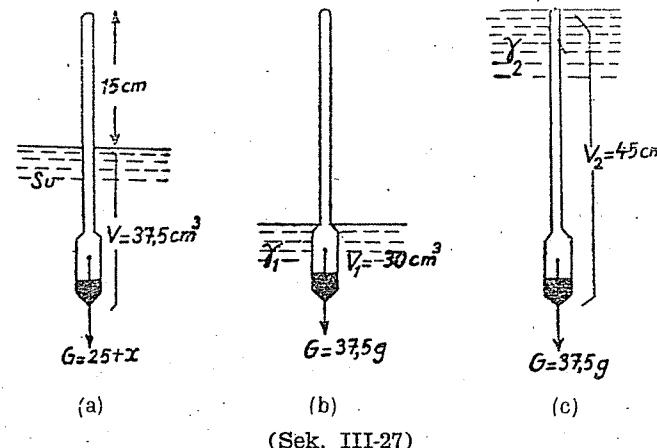
$$x' = 10 \text{ (cm)} - (h' + 4) = 10 \text{ (cm)} - (5,3 + 4) \approx 0,7 \text{ cm} \text{ dir.}$$

138. Bir hidrometre, dış hacmi  $30 \text{ cm}^3$  olan bir hazne ve buna eklenmiş  $0,5 \text{ cm}^2$  kesitli  $30 \text{ cm}$  lik bir borudan ibarettir ve havada boş olarak 25 gram gelmektedir. a) Bu aleti ari suda  $30 \text{ cm}$  lik borusunun tam ortasına kadar batırmak için haznesine ne kadar gram safra koymak gerekir? b) (a) daki gibi safralanmış aleti, siviların özgül ağırlıklarını doğrudan doğruya ölçmek için (dansimetre olarak) kullanmak istiyoruz. Alet, hangi sınırlar arasında bulunan özgül ağırlıkları ölçebilir? c) Alet, özgül ağırlığı  $1,2 \text{ g/cm}^3$  olan bir sıvı içinde neresine kadar batar?

**Cözümü :** a) Gerekli safranın ağırlığını  $x$  diyelim. Aletin ağırlığı, safralanlığı zaman,  $G = 25 + x$  olur. Bu ağırlığın taşıracığı  $30 \text{ cm}^3 + 15 \text{ (cm)} \times 0,5 \text{ (cm}^2\text{)} = 37,5 \text{ cm}^3$  suyun ağırlığına eşit olacağını (yüzme koşulu) yazalım (Şek. III-27 a):

$$(25 + x) \text{ gram} - V \cdot \gamma_{su} = 37,5 \text{ (cm}^3\text{)} \times 1 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 37,5 \text{ gram}$$

denklemi elde edilir ve bu denklemden de  $x = 12,5$  gram bulunur.



b) Ağırlığı 37,5 g olan aletin özgül ağırlığı  $\gamma_1$  olan bir sıvıda borusunun başlangıcına kadar, özgül ağırlığı  $\gamma_2$  olan bir sıvıda ise borusunun üst ucuna kadar battığını farz edelim. Birinci sıvı için yüzme koşulu (Şek. III-27),

$$G = 37,5 \text{ (g)} = V_1 \cdot \gamma_1 = 30 \text{ (cm}^3\text{)} \times \gamma_1$$

şeklinde yazılarak, bundan  $\gamma_1 = 37,5 \text{ (g)} / 30 \text{ (cm}^3\text{)} = 1,25 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  bulunur.

Alet, özgül ağırlığı  $\gamma_2$  olan sıvıda borusunun ucuna kadar ( $30 \text{ cm}^3 + 30 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm}^2 = 45 \text{ cm}^3$ ) battığına göre (Şek. III-27 c) yüzme koşulu,

$$G = 37,5 \text{ (g)} = V_2 \cdot \gamma_2 = 45 \text{ (cm}^3\text{)} \times \gamma_2$$

şeklinde yazılarak, bundan;

$$\gamma_2 = 37,5 \text{ (g)} / 45 \text{ (cm}^3\text{)} \approx 0,833 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

bulunur. Demek oluyor ki, alet özgül ağırlıkları  $0,833 \text{ g/cm}^3$  ile  $1,25 \text{ g/cm}^3$  arasında olan siviların özgül ağırlıklarını ölçebilir.

c) Aletin sapı, özgül ağırlığı  $\gamma_3 = 1,2 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  olan bir sıvı içinde  $x \text{ cm}$  kadar batmış olsun. Bu halde yüzme koşulu,

$$G = 37,5 \text{ (g)} = V_3 \cdot \gamma_3 = (30 + x \times 0,5) \times 1,2 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

şeklinde yazılarak, bundan  $x = 2,5 \text{ cm}$  bulunur. Aletin sapının  $2,5 \text{ cm}$  si bu sıvının içinde  $27,5 \text{ cm}$  si ise sıvinin dışında kalır.

139. Problem 138 deki hidrometreyi sudan daha yoğun olan sıviların özgül ağırlıklarını ölçmek için Baumé eşeline göre bölümlemek istiyoruz. Bunun için, önce, alet, ari suda sapının sadece  $2 \text{ cm}$  si su dışında kalacak şekilde safralanıyor. a) Bu yeni halde, aletin ağırlığı ne kadardır? b) Alet suya ve sonra da özgül ağırlığı  $1,23 \text{ g/cm}^3$  olan bir sıviya batırılıyor ve bu sıvılarda battığı hizalara  $0$  ve  $27^\circ$  Baumé işaretleri konarak  $0$  ve  $27$  işaretleri arasına eş aralıklı  $27$  bölüm yapılıyor ve bu bölmeler aşağıya doğru yürütülmüyor. Bölmelerden herbiriin hacmi ne kadardır? c) Bu şekilde hazırlanan areometrenin ölçüleceği en yoğun sıvinin özgül ağırlığı ne kadar  $\text{g/cm}^3$  ve buna karşılık olan Baumé derecesi ne kadardır? ç) Alet, özgül ağırlığı  $1,09 \text{ g/cm}^3$  olan bir sıvı içinde hangi bölümüne kadar batar?

**Cözümü :** a) Aletin, suda, sapının  $2 \text{ cm}$  si dışında (veya,  $30 + 28 \times 0,5 = 44 \text{ cm}^3$  ü su içinde) kalacak bir şekilde yüzmesinin koşulu (Şek. III-28a)

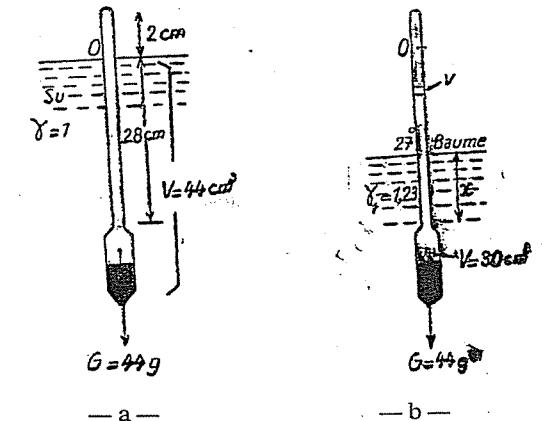
$$G = 44 \text{ (cm}^3\text{)} \times 1 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 44 \text{ (g)}$$

dir ve bundan aletin ağırlığının  $44 \text{ gram}$  olduğu görülmektedir.

b) Alet, özgül ağırlığı  $1,23 \text{ g/cm}^3$  olan bir sıvıda, sapının  $x \text{ cm}$  sine kadar batsın (Şek. III-28 b). Bu halde yüzme koşulu,

$$G = (30 + x \times 0,5) \times 1,23 = 44$$

şeklinde yazılarak, bu denklemden  $x = 11,56 \text{ cm}$  bulunur.



(Şek. III-28)

Aletin  $0$  ve  $27$  bölmeleri arasındaki uzaklık  $28 - 11,56 = 16,44 \text{ cm}$ , bu kısmın hacmi ise  $16,44 \text{ (cm)} \times 0,5 \text{ (cm}^2\text{)} = 8,22 \text{ cm}^3$  olduğundan 1 Baumé derecesine karşılık olan aralığın uzunluğu  $16,44 / 27 \approx 0,61 \text{ cm}$ , hacmi ise  $v = 8,22 / 27 \approx 0,305 \text{ cm}^3$  tür.

c) Alet, ölçüleceği en yoğun sıvıda, sapı tamamen dışında olacak bir şekilde yüzdüğünden, bu şekilde yüzmesinin koşulu,

$$G = 44 \text{ (g)} = 30 \text{ (cm}^3\text{)} \times \gamma_3$$

olacağından, aranan özgül ağırlık  $\gamma_3 = 44/30 \approx 1,466 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  tür. Buna karşılık olan Baumé derecesi kolayca bulunabilir. Baumé derecelerinin aralıkları 0,61 cm olduğundan, sapın 28 cm içinde bulunacak Baumé derecesi sayısı  $28/0,61 \approx 46$  dir.

c) Alet özgül ağırlığı  $1,09 \text{ g/cm}^3$  olan bir sıvı içinde  $x$  bölümüne kadar batın. Bu halde yüzme koşulu,

$$G = 44 \text{ (g)} = (30 + x \cdot 0,305) \times 1,09$$

olup, bu denklemden  $x = 34^\circ$  Baumé bulunur.

140. Problem 138 deki hidrometre, sudan hafif sıvıları ölçmek için bölümlenmek isteniyor. Bunun için, alet önce arı suya batırılıyor ve sapının 25 cm si su dışında kalacak bir şekilde safralanıyor. a) Bu durumda aletin ağırlığı ne kadardır? b) Aletin su içinde battığı hizaya 10 ve özgül ağırlığı  $0,8 \text{ g/cm}^3$  olan bir sıvı içinde battığı hizaya ise 46 bölümü konuyor. Bu işaretler arası 36 eşit aralığa bölünüyor. Bu aralıklardan her birinin genişliği ve hacmi ne kadardır? c) Aletin ölçüleceği en hafif sıvının özgül ağırlığı ve buna karşılık olan bölüm ne kadardır?

**Cözümü :** a) Aletin suda istenilen şekilde yüzmesi için, ağırlığı,

$$G = V \gamma_{su} = (30 + 5 \times 0,5) \text{ cm}^3 \times 1 \text{ g/cm}^3 = 32,5 \text{ g}$$

olmalıdır (Şek. III-29 a).

b) Alet, özgül ağırlığı  $0,8 \text{ g/cm}^3$  olan bir sıvı içinde  $x$  (cm) kadar batın (Şek. III-29 b). Bu halde yüzme koşulu:

$$G = 32,5 \text{ (g)} = (V + x \times 0,5) \gamma_1 = (30 + 0,5 \times x) 0,8$$

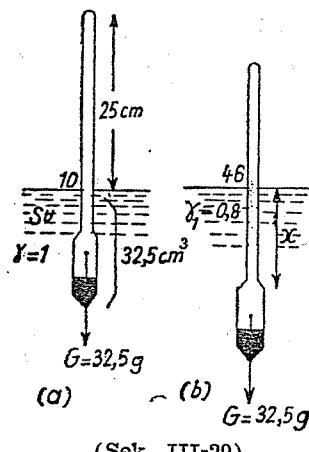
olup, bundan,  $x = 21,25 \text{ cm}$  bulunur. Aletin sapının 10 ve 46. bölmeleri arasındaki  $21,25 - 5 = 16,25 \text{ cm}$  lik uzaklık 36 eşit aralığa bölündürse her 1 bölümün genişliği  $16,25/36 = 0,45 \text{ cm}$  ve buna karşılık olan hacim  $v = 0,225 \text{ cm}^3$  bulunur.

c) Aletin ölçüleceği en hafif sıvının özgül ağırlığı  $\gamma_2$  olsun. Bu halde aletin sapı tam olarak batacağından, yüzme koşulu,

$$G = 32,5 \text{ (g)} = (V + 30 \times 0,5) \gamma_2$$

olup, bundan,  $\gamma_2 \approx 0,722 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  bulunur.

Aletin sapının bölümlenen kısmının uzunluğu 25 cm dir ve bu uzunlukta genişliği  $0,45 \text{ cm}$  olan bölmelerden  $25/0,45 \approx 55,5$  tane bulunur. Buna göre, Areometrenin ölçüleceği en hafif sıvının özgül ağırlığı  $0,722 \text{ g/cm}^3$  ve buna karşılık



(Şek. III-29)

olan bölüm  $10 + 55,5 = 65,5^\circ$  dir (bölmelerin başlangıcı  $10^\circ$  kabul edildiği için 55,5 sayısına 10 eklenmektedir).

141. Sudan ağır sıvalar için yapılmış bir areometre suda 0, özgül ağırlığı  $1,84 \text{ g/cm}^3$  olan sülfat asidi içinde ise 66 bölümüne kadar battiyor. a) Aletin haznesinin, saptaki 0 bölümüne kadar olan, V hacmi ile bölmelerden birinin  $v$  hacmi arasındaki oran nedir? b) Alet, nitrat asidi içinde 43 bölümüne kadar battığına göre, bu asidin özgül ağırlığı ne kadardır? c) Alet, özgül ağırlığı  $1,5 \text{ g/cm}^3$  olan bir sıvı içinde hangi bölümüne kadar batar?

**Çözümü :** a) Aletin haznesinin 0 bölümüne kadar olan hacmi  $V$  ise, sudaki yüzme koşulu,

$$G = V \text{ (cm}^3\text{)} \times 1 \text{ (g/cm}^3\text{)} = V \text{ (g)} \quad (\text{a})$$

dir. Aletin sapındaki bölmelerden her birinin hacmi  $v$  ise, sülfat asidi içinde yüzme koşulu,

$$G = (V - 66 v) \times 1,84 \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (\text{b})$$

şeklinde yazılabilir. (a) ve (b) denklemlerinin eşitliğinden,

$$V = (V - 66 v) \cdot 1,84$$

ve bu denklemi  $v$  ye bölmekle, sonunda  $V/v = 147,57$  bulunur.

b) Aletin nitrat asidi içinde yüzme koşulu,

$$G = V = (V - 43 v) \times \gamma$$

dur ve bu denklemden, (Şek. III-30)

$$\gamma = \frac{V}{V - 43 v} = \frac{1}{1 - 43(v/V)} = \frac{1}{1 - 43(1/147,57)} \approx 1,42 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

bulunur.

c) Alet, özgül ağırlığı  $1,5 \text{ g/cm}^3$  olan bir sıvıda  $x$  bölümüne kadar batmış olsun. Bu halde yüzme koşulu,

$$G = V = (V - x v) \times 1,5$$

şeklinde yazılarak, bundan,  $x = V/3v = 147,57/3 = 49,19 \approx 49$  bölüm bulunur.

142. Sudan ağır sıvalar için yapılmış bir hidrometrenin suda battığı 0 bölümüne kadar olan hacmi  $40 \text{ cm}^3$  ve sapındaki bölmelerden her birinin hacmi  $0,1 \text{ cm}^3$  tür. a) Bu alet, özgül ağırlığı  $1,25 \text{ g/cm}^3$  olan bir sıvı içinde hangi bölümüne kadar batar? b) 50 bölümüne karşılık olan özgül ağırlık ne kadardır? c)  $n$  bölümüne karşılık olan özgül ağırlık ne kadardır?

**Çözümü :** a) Aletin ağırlığını, sudaki yüzme koşulu olan,

$$G = V \gamma_{su} = 40 \text{ (cm}^3\text{)} \times 1 \text{.(g/cm}^3\text{)} = 40 \text{ (gram)}$$

denkleminden, 40 gram olarak, bularuz. Alet, özgül ağırlığı  $\gamma_i = 1,25 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  olan sıvı içinde  $x$  bölümiine kadar batsın. Bu durumda, taşırdiği sıvının hacmi  $V_1 = 40 - 0,1 \times x$  dir (Şek. III-31). Bu durumda yüzme koşulu,

$$G = 40 \text{ (g)} = (40 - 0,1 \times x) \times 1,25$$

olup, bu denklemden,  $x = 80$  bulunur.

b) Alet, özgül ağırlığı  $\gamma_2$  olan bir sıvı içinde 50 bölüme kadar batmış olsun. Bu sıvı içindeki yüzme koşulu,

$$G = 40 \text{ (g)} = (40 - 50 \times 0,1) \gamma_2$$

olup, bu denklemden,  $\gamma_2 = 1,142 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  bulunur.

c) Alet, özgül ağırlığı  $\gamma$  olan bir sıvı içinde  $n$  bölüme kadar batarak,  $(40 - 0,1 n) \text{ cm}^3$  sıvı taşırmış ise, yüzme koşulu,

$$G = (40 - 0,1 n) \gamma = 40$$

şeklinde yazılarak, bundan,

$$\gamma = \frac{40}{40 - 0,1 n} \quad \text{veya} \quad \gamma = \frac{400}{400 - n}$$

bulunur.

**Not :** Hidrometreler için, bu problemdeki gibi bir bölümleme metodu, — Brix metodu — da vardır.

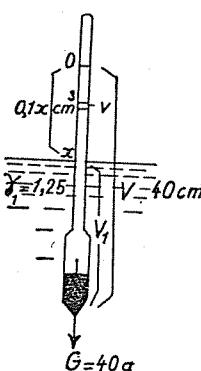
143. Sudan hafif sıvılar için kullanılacak bir hidrometreyi Brix metoduna göre bölümlemek için, alet önce suya ve sonra özgül ağırlığı  $0,8 \text{ g/cm}^3$  olan bir sıvı içeresine batırılıyor, bu sıvılarda battığı hizalara sırasıyla 0 ve 100 işaretleri konuyor, bu işaretlerin arası 100 eşit bölüme ayrılıyor ve bu bölümlere  $0 - 100^\circ$  Brix isimleri veriliyor. a) Haznenin 0 bölümüne kadar olan  $V$  hacmi ile saptaki bölümlerden birinin  $v$  hacmi arasındaki oran ne kadardır? b) Aletle okunacak olan herhangi bir Brix derecesine karşılık olan özgül ağırlık ne kadardır?

**Çözümü :** a) Aletin ağırlığı  $G$  olsun Sudaki yüzme koşulu (Şek. III-32),

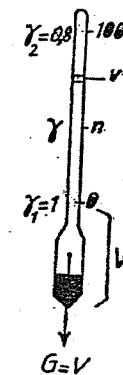
$$G = V \text{ (cm}^3\text{)} \times 1 \text{ (g/cm}^3\text{)} = V \text{ (g)} \quad (\text{a})$$

dir. Özgül ağırlığı  $\gamma_2 = 0,8 \text{ g/cm}^3$  olan sıvıdır yüzme koşulu ise,

$$G = (V + 100 v) \text{ cm}^3 \times 0,8 \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (\text{b})$$



(Şek. III-31)



(Şek. III-32)

tür. (a) ve (b) denklemlerinin eşitliğinden,  $(V + 100v) \times 0,8 = V$  ve, bu denklemen de,  $0,8 V + 80 v = V$  ve sonunda  $V/v = 400$  bulunur.

b) Alet, özgül ağırlığı  $\gamma$  olan bir sıvıda  $n$  bölümüne kadar batmış olsun. Bu halde, yüzme koşulu,  $G = (V + n v) \gamma$  dir.  $G$  yerine (a) denklemine göre  $V$ ,  $V$  yerine de  $400 v$  yazılırsa, üstteki denklem,

$$400 v = (400 v + n v) \gamma$$

şeklini alır ve bundan da,  $\gamma = 400 / (400 + n)$  bulunur.

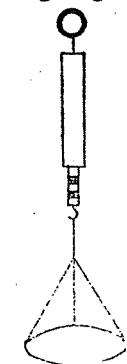
### C — YÜZEY GERİLİM VE KILCAL OLAYLAR

144. Çevresi 50 cm olan ince bir tel, halka şeklinde kıvrılıyor, ince iplerle duyarlılık bir dinamometre çengeline asılıyor ve suya batırılıyor. Halkanın su yüzünden dışarıya çıkarılabilmesi için ağırlığından fazla olarak 7,5 g lik bir çekme kuvveti gerektigine göre, suyun yüzey gerilim katsayısi ne kadardır?  $1 \text{ g} \approx 1000 \text{ dyn}$  alınacaktır.

**Çözümü :** Halka, su yüzünden dışarıya çekilirken iki yüzü bir sıvı zarı çekmekte olduğundan  $7,5 \text{ g}$  lik kuvvet  $2 \times 50 = 100 \text{ cm}$  lik bir uzunluk üzerindeki moleküllerin yüzey gerilim kuvvetini dengelemektedir (Şek. III-33), ve yüzey gerilim katsayısi,

$$\sigma = \frac{F}{l} = \frac{7,5 \text{ (g)}}{100 \text{ (cm)}} = 0,075 \text{ (g/cm)} \approx 75 \text{ (dyn/cm)}$$

dir,



(Şek. III-33)

145. İç yarıçapı 3 cm, dış yarıçapı ise 4 cm olan küçük bir boru parçası düşey olarak tutuluyor ve bir ucu suya batırılıyor. Suyun yüzü bu boru parçasını ne kadar gramlik bir kuvvetle çeker? (Başa bir deyişle, bu boru parçasını sudan çıkarmak için ağırlığından ne kadar fazla bir kuvvet gereklidir?)  $1 \text{ (g)} \approx 1000 \text{ dyn}$  ve suyun yüzey gerilim katsayıısı  $75 \text{ dyn/cm}$  dir.

**Çözümü:** Verilen boru parçasını çift yüzlü bir sıvı zarı çeker. İç ve dış çevre toplamı,  $l = 2\pi \times 3 + 2\pi \times 4 = 14\pi = 14 \times 22/7 = 44 \text{ cm}$ , suda zarı em sine etkiyen kuvvet ise  $\sigma = 75 \text{ (dyn/cm)}$  olduğundan; aranan kuvvet,

$$F = l \sigma = 44 \text{ (cm)} \times 75 \text{ (dyn/cm)} = 3300 \text{ (dyn)} \approx 3,3 \text{ gram dir.}$$

146. Ucunun iç çapı 1,75 mm olan bir damlatıktan damlatın 100 damla gliserin 3,52 g geliyor. Bundan gliserinin yüzey gerilim katsayıısını hesaplayınız.  $1 \text{ (g)} \approx 1000 \text{ dyn}$ .

**Cözümü :** 1 damlanın ağırlığı  $3,52/100 = 0,0352$  gram  $\approx 35,2$  dyn, ve bu damlanın damlalıkta tutunduğu çevrenin uzunluğu  $2\pi r = 3,1416 \times 0,175$  (cm)  $= 0,55$  cm olduğundan, aranan yüzey gerilim katsayısi,

$$\sigma = \frac{F}{l} = \frac{35,2 \text{ (dyn)}}{0,55 \text{ (cm)}} = 64 \text{ (dyn/cm)}$$

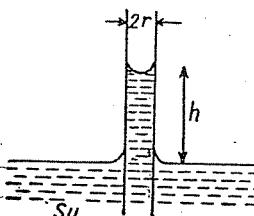
dir.

147. İspirto, iç çapı 1 mm olan bir boruda ne kadar yükselir? İspirtonun yüzey gerilim katsayısi 22,3 dyn/cm, özgül ağırlığı  $0,8 \text{ g/cm}^3$  ve 1 gram  $\approx 1000$  dyn alınacaktır.

**Cözümü :** İspirto, boru içinde  $h$  kadar yükselsin olsun (Şek. III-34). Yükselebilir ispirto sütununun ağırlığı  $G = \pi r^2 h \gamma$ , bu ağırlığı tutan çevrenin uzunluğu ise  $l = 2\pi r$  olduğundan  $\sigma = F/l$  bağıntısı,

$$F = G = \sigma \times l \quad \text{veya} \quad \pi r^2 \times h \times \gamma = \sigma \times 2\pi r$$

şeklinde yazılarak, bundan,



(Şek. III-34)

$$h = \frac{2 \sigma}{r \gamma}$$

bulunur. Problemimizde  $\sigma = 22,3$  (dyn/cm),  $r = 0,05$  (cm) ve  $\gamma = 0,8 \text{ g/cm}^3 = 800 \text{ dyn/cm}^3$  olarak verildiğinden, üstteki bağıntıdan,

$$h = \frac{2 \times 22,3 \text{ (dyn/cm)}}{0,05 \text{ (cm)} \times 800 \text{ (dyn/cm}^3)} \approx 1,1 \text{ cm} \quad \text{bulunur.}$$

148. Zeytinyağ, iç çapı 2 mm olan bir boru içinde 0,7 cm yükseliyor. Zeytinyağın özgül ağırlığı  $0,92 \text{ g/cm}^3$  olduğuna göre yüzey gerilim katsayısını bulunuz. 1 gram  $= 1000$  dyn.

**Cözümü :** Problem 147 deki dörtüntüle,  $\sigma = \frac{h \times r}{2}$

bağıntısını bulduktan sonra, bu bağıntıda  $h$  yerine 0,7 cm,  $\gamma$  yerine  $0,92 \text{ g/cm}^3 = 920 \text{ dyn/cm}^3$  ve  $r$  yerine ise 0,1 cm konulursa,

$$\sigma = \frac{0,7 \text{ (cm)} \times 920 \text{ (dyn/cm}^3) \times 0,1 \text{ (cm)}}{2} = 32,2 \text{ (dyn/cm)} \quad \text{bulunur.}$$

149. Kılcal bir cam boru içinde su 5 cm yükseliyor. Suyun yüzey gerilim katsayısi 75 dyn/cm olduğuna göre borunun iç yarıçapını hesayınız.

**Cözümü :** Problem 147 de bulduğumuz formülü,  $r = \frac{2 \sigma}{h \gamma}$

şeklinde yazalım.  $\sigma = 75 \text{ dyn/cm}$ ,  $h = 5 \text{ cm}$  ve  $\gamma = 1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ dyn/cm}^3$  olduğundan borunun iç yarıçapı,

$$r = \frac{2 \times 75 \text{ (dyn/cm)}}{5 \text{ (cm)} \times 1000 \text{ (dyn/cm}^3)} = 0,03 \text{ (cm)}$$

bulunur.

## E K P R O B L E M L E R

1. Genişliği 8 m, uzunluğu ise 25 m olan bir yüzme havuzunun bir ucundaki derinliği 80 cm, öbür ucundaki derinliği ise 3,04 m dir. a) Havuzun taban yüzölçümü ne kadardır? b) Tabandaki toplam basınç kuvveti ne kadardır?

Cevap : a)  $200,8 \text{ m}^2$ ; b)  $385,536 \text{ ton}$ .

2. Dik kesiti  $1,5 \text{ cm}^2$  olan bir U borusunu yarısına kadar civa ile doldurduktan sonra, bir koluna  $15 \text{ cm}^3$  su, öteki koluna ise  $12 \text{ cm}^3$  alkol kónuluyor. Su, öteki koldaki alkolden  $1,73 \text{ cm}$  yüksekte durduğuna göre, alkolin yoğunluğu ne kadardır? Civanın yoğunluğu 13,6 dir.

Cevap :  $\approx 0,79$ .

3. Bir dinamometre çengeline bağlanan bir ipin alt ucuna 160 g lik bir mantar parçası, bu mantara bağlı diğer bir ipin alt ucuna da bir batırıcı bağlanıyor. Bu sistem havada 760 g, sadece batırıcı suya daldırıldığı zaman 685 g, hem batırıcı ve hem de mantar suya batırıldığı zaman ise 20 g geliyor. Bu deneyden, batırıcının ve mantarın; a) Hacimlerini ve b) Yoğunluklarını bulunuz.

Cevap : a)  $75 \text{ cm}^3$ ,  $665 \text{ cm}^3$ ; b) 8 ve  $\approx 0,24$ .

4. Bir cisim havada 40 g, yoğunluğu 0,8 olan alkol içinde ise 36 g geliyor. a) Bu cismin yoğunluğu ne kadardır? b) Aynı cisim yoğunluğu 1,2 olan bir sıvı içinde ne kadar gram gelir?

Cevap : a) 8; b) 34 gram.

5. 60 kg lik bir insan vücudunun %20 sini su dışında tutabilecek bir can kurtaran mantarının hacmi ne kadar  $\text{dm}^3$  olmalıdır? İnsanın yoğunluğu 1, mantarının 0,25 kabul ediliyor.

Cevap :  $16 \text{ dm}^3$ .

6. Yoğunluğu 0,8'e kadar olan sıvılar için yapılmış bir hidrometrenin ağırlığı 40 g ve sapının dik kesiti  $0,5 \text{ cm}^2$  dir. Alet, özgül ağırlığı  $0,8 \text{ g/cm}^3$  olan sıvı içinde, sudakine göre ne kadar cm daha çok batar?

Cevap : 20 cm.

7. Yoğunluğu 1 ile 0,8 arasındaki sıvılar için yapılması istenen bir hidrometrede  $0,5 \text{ cm}^2$  kesitli bir sapın kullanılması ve bu sap üzerinde 1 ve 0,8 yoğunluklarına karşılık olarak konulacak 0 ve 100 bölgümleri arasının tam 20 cm olması isteniyor. a) Hidrometrenin ağırlığı ve haznesinin 0 bölümüne kadar olan hacmi ne olmalıdır? b) Bu alet yoğunluğu 0,9 olan bir sıvıda hangi bölümüne kadar batar?

Cevap : a)  $40 \text{ g ve cm}^3$ ; b)  $44,4 \text{ bölümüne kadar}$ .

8. Yoğunluğu 7,8 olan küp şeklinde bir çelik blok yoğunluğu 13,6 olan civa üzerinde yüzeriyor. a) Bu blok hacminin ne kadarlık bir kesiri civadan dışarıda kalır? b) Civa üzerine ne yükseklikte bir su tabakası konmalıdır ki çelik bloku tamamen örtsin?

Cevap : a)  $\approx \% 43$ ; b) blok yüksekliğinin  $\approx \% 46$  si.

9. Kalınlığı 40 cm olan bir buz parçası suda yüzeriyor. Yüzeyi en az ne kadar  $\text{m}^2$  olmalıdır ki üzerindeki 60 kg lik bir çocuğu su yüzünde tutabilisin? Buzun yoğunluğu 0,9 dir.

Cevap :  $1,5 \text{ m}^2$ .

10. Çapı 7 cm olan bir tel halka sudan yatay konumda dışarıya çıkarıldığında, halkanın suyun yüzünden ayrımasına karşı koyan yüzey gerilim kuvveti ne kadardır? Suyun yüzey gerilim katsayı  $75 \text{ dyn/cm}$ .

Cevap :  $3300 \text{ dyn.} (\approx 3,3 \text{ g})$ .

11. Su, çapı 0,4 mm olan bir cam boru içinde 7,5 cm yükseldiğine göre suyun yüzey gerilim katsayısını bulunuz.

Cevap:  $\approx 73,6 \text{ dyn/cm}$ .

12. İç yarıçapı 0,07 mm olan kılcal bir boru suya batırılıyor. Su, bu boruda ne kadar yükselir? Suyun yüzey gerilim katsayı  $75 \text{ dyn/cm}$  dir.

Cevap :  $\approx 21,8 \text{ cm}$ .

13. 10 cm boyundaki bir saman çöpü su üzerinde yüzeriyor. Çöpinin bir yanına eter dökülsünse çubuk ne kadarlık bir kuvvetle ve hangi yöne doğru hareket eder? Suyun ve eterin yüzey gerilim katsayıları 72 ve 16  $\text{dyn/cm}$  dir.

Cevap : 560 dyn lik bir kuvvetle eterden uzaklaşacak yönde hareket eder.

## BÖLÜM IV

### GAZLARIN STATİĞİ

#### GAZLARIN BASINCLARI VE BOYLE - MARIOTTE KANUNU

1. GAZLARIN BASINCLARI. — Gazlardaki basınçlar iki nedenden ildiler gelir. Bunlardan birincisi gazların ağırlıkları oluşlardır. Bu nedeneden ildiler gelen basınç, sıvılardaki hidrostatik basınç gibi,  $p = h \gamma$  bağıntısıyle hesaplanır. Ama, gazlarda  $\gamma$  özgül ağırlığı, genel olarak, çok küçük olduğundan  $h$  yeter derecede büyük olmadıkça  $p$  basinci önemli olmaz ve küçük boyutlu kaplarda bulunan gazlar için, gazların ağırlığından ildiler gelen basinci hesaba katmak gerekmek. Gazlardaki basınçın öbür nedeni, gaz moleküllerinin sürekli hareket halinde olmalarıdır. Bu hareket, gazların sıcaklığı arttıkça hızlanır. Hareket halinde bulunan gaz moleküllerinin, bu gaz içinde bulunan herhangi bir yüzeye çarpmaları, basınç meydana getirir (Clausius teorisi). Bu teoriye göre, bir yüzeye yapılan basınç: a) bu yüzeye çarpan moleküllerin hızı ve b) bu moleküllerin sayısı ile birlikte artar.

2. AÇIKHAVA BASINCI. — Yer, yüksekliği 100 km kadar olan bir hava tabakası ile kuşatılmıştır ve havanın özgül ağırlığının küçük olmasına rağmen, özellikle içinde yaşamakta olduğumuz hava okyanusu dibinde oldukça önemli bir basınç vardır. Torricelli, açık havada basincını bir civa sütunu ile dengeleştirerek ölçebilmiştir. Bu basincın, deniz düzeyinde ve açık bir havadaki değeri ortalama olarak  $76 \text{ cm}$  yüksekliğindeki civa sütununun basinci kadardır. Bu basınç «normal açık havada basinci» veya «fiziksel atmosfer (= At)» denir.

$$1 \text{ (At)} = 76 \text{ cm Hg basinci} = 76 \text{ (cm)} \times 13,6 \text{ (g/cm}^3) = 1033,6 \text{ (g/cm}^2) \\ = 1033,6 \times 981 = 1013\,961,6 \text{ bari } (\mu \text{ bar}) \approx 1013,96 \text{ (mbar)} \text{ dir.}$$

3. AÇIKHAVA BASINCINI ÖLÇMEKTE KULLANILAN ÖBÜR BİRİMLER. — Bu birimlerin başlıklarını şunlardır:

$$\text{cm Hg basinci} = 1(\text{cm}) \times 13,6(\text{g/cm}^3) = 13,6 \text{ g/cm}^2 = 13,6 \times 981 = 13341,6 \mu\text{bar} \\ \text{mm Hg basinci (torr)} = 1,36 \text{ g/cm}^2 = 1334,16 \mu\text{bar} \approx 1,334 \text{ (mbar)}$$

4. BOYLE-MARIOTTE KANUNU. — Sıcaklığı değiştirilmeden sıkıştırılan veya genleştirilen belli bir gaz kütlesinin basıncı ile hacminin çarpımı sabittir.

Bu kanun, belli bir gaz kütlesi için, kısaca,

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 = \dots = \text{sabit} \quad \text{veya} \quad pV = \text{sabit}$$

şeklinde özetlenebilir.

5. BİR GAZ KARIŞIMININ BASINCI. — Bir kapta bulunan bir gaz karışımının  $p$  basıncı, karışımındaki gazların bu kapta yalnız başlarına bulundukları zaman yapacakları  $p_1, p_2, \dots$  basınçlarının toplamına eşittir:  $p = p_1 + p_2 + \dots$

### PROBLEMLER

150. Civalı bir barometrede, civa sütununun yüksekliği 78 cm olarak ölçülüyor. Buna göre, açık hava basıncı: a) Ne kadar  $\text{g/cm}^2$  dir? b) Ne kadar pound/inç<sup>2</sup> dir? c) Ne kadar cm su basıncıdır? ç) Ne kadar inç civa basıncıdır? Civanın özgül ağırlığı  $13,6 \text{ g/cm}^3$  tür.

**Çözümü:** a) Yüksekliği  $h = 78 \text{ cm}$ , özgül ağırlığı ise  $\gamma = 13,6 \text{ g/cm}^3$  olan civa sütununun basıncı,

$$p = h \gamma = 78 \text{ (cm)} \times 13,6 \text{ (g/cm}^3\text{)} \approx 1060 \text{ g/cm}^2 \quad \text{dir.}$$

b) 1 pound (lb) =  $453,6 \text{ g}$  ve  $1 \text{ inç}^2 = (2,54 \text{ cm}^2)$  olduğundan,

$$1060 \text{ (g/cm}^2\text{)} = \frac{1060}{453,6} (2,54)^2 \approx 15,4 \text{ lb/inç}^2 \quad \text{dir.}$$

c)  $1060 \text{ g/cm}^2$  lik basınç yapabilecek bir su sütununun yüksekliği,

$$p = 1060 \text{ (g/cm}^2\text{)} = h \gamma_{\text{su}} = h \times 1 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

denkleminden  $h = 1060 \text{ cm}$  bulunur.

ç)  $1 \text{ inç} = 2,54 \text{ cm}$  olduğundan  $78 \text{ cm Hg}$  basıncının karşılığı,

$$78/2,54 \approx 30,8 \text{ inç}$$

civa basıncı olur.

151. Civalı bir barometrede civa sütununun yüksekliği  $730 \text{ mm}$  olarak okunuyor. Buna göre açık hava basıncı: a) Ne kadar  $\text{g/cm}^2$  dir?

b) Ne kadar fiziksel atmosfer dir? c) Ne kadar bar dir? ç) Ne kadar milibar dir? d) Ne kadar cm alkol basıncıdır? Civanın özgül ağırlığı  $13,6 \text{ g/cm}^3$ , alkolün özgül ağırlığı ise  $0,8 \text{ g/cm}^3$  tür.

**Çözümü:** a) Yüksekliği  $h = 73 \text{ cm}$ , özgül ağırlığı ise  $\gamma = 13,6 \text{ g/cm}^3$  olan civa sütununun basıncı,

$$p = h \gamma = 73 \text{ (cm)} \times 13,6 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 992,8 \text{ (g/cm}^2\text{)} \quad \text{dir.}$$

g)  $760 \text{ mm Hg}$  basıncı = 1 At olduğundan,  $730 \text{ mm civa basıncı } \frac{730}{760} \approx 0,96$ .

At dir.

c)  $1 \text{ g} = 981 \text{ dyn}$  olduğundan,

$$p = 992,8 \text{ (g/cm}^2\text{)} = 992,8 \times 981 = 973,936,8 \text{ dyn/cm}^2 \text{ (bari)} \quad \text{dir.}$$

ç)  $1 \text{ bari} = 1/10^6 \text{ bar} = 1/1000 \text{ mbar}$  olduğundan,

$$p = 973,936,8 \text{ bari} = 973,9368 \approx 974 \text{ mbar} \quad \text{dir.}$$

d)  $p = 992,8 \text{ g/cm}^2$  lik bir basınç yapabilecek alkol sütununun yüksekliği,

$$p = 992,8 \text{ (g/cm}^2\text{)} = h \times 0,8 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

den  $h = 992,8 \text{ (g/cm}^2\text{)} / 0,8 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 1241 \text{ (cm)}$  bulunur.

152. 1010 milibar lik açık hava basıncını: a)  $\text{g/cm}^2$ , b) torr ve cm Hg basıncı cinsinden belirtiniz.

**Çözümü:** a)  $1 \text{ mbar} = 1000 \text{ bari}$  olduğundan

$$p = 1010 \text{ mbar} = 1010 \times 1000 \text{ bari} = 1010000/981 \approx 1029 \text{ (g/cm}^2\text{)}$$

dir.

b)  $1029 \text{ (g/cm}^2\text{)}$  lik basınç yapabilecek bir civa sütununun yüksekliği,

$$p = 1029 \text{ (g/cm}^2\text{)} = h \gamma = h \times 13,6 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

denkleminden,  $h = 1029 \text{ (g/cm}^2\text{)} / 13,6 \text{ (g/cm}^3\text{)} \approx 75,7 \text{ cm Hg}$  basıncı =  $757 \text{ mm Hg}$  basıncı (= torr) bulunur.

153. Bir yerde barometre yüksekliği 28 inç olarak okunuyor. Bu basınç: a) Ne kadar cm Hg basıncı dir? b) Ne kadar torr dir? c) Ne kadar  $\text{g/cm}^2$  dir? ç) Ne kadar pound/inç<sup>2</sup> dir? Civanın özgül ağırlığı  $13,6 \text{ g/cm}^3$  tür.

**Çözümü:** a) 1 inç = 2,54 cm olduğundan, 28 inç olarak okunan barometre yüksekliği,  $28 \times 2,54 = 71,12$  cm Hg dir.

b) 1 torr = 1 mm Hg basıncı olduğundan 71,12 cm Hg basıncı = 711,2 mm Hg basıncı = 711,2 torr dur.

c) Yüksekliği  $h = 71,12$  cm olan bir civa sütununun  $\text{g/cm}^2$  cinsinden basıncı,

$$p = h \gamma = 71,12 \text{ (cm)} \times 13,6 \text{ (g/cm}^3\text{)} \approx 967,2 \text{ (g/cm}^2\text{)} \text{ dir.}$$

ç) 1 pound (lb) = 453,6 g ve  $1 \text{ inç}^2 = (2,54 \text{ cm})^2$  olduğundan  $967,2 \text{ g/cm}^2$  lik basıncın  $\text{lb/inç}^2$  cinsinden karşılığı,

$$p = \frac{967,2}{453,6} (2,54)^2 \approx 13,7 \text{ (lb/inç}^2\text{)}$$

dir.

154. Yüz ölçümlü, orta büyüklükte bir insan vücudu yüz ölçümlü ( $1,67 \text{ m}^2$ ) kadar olan bir yüzeye etkiyen açık hava basıncının toplam etkisi ne kadardır?

**Çözümü:** Normal açık hava basıncı  $1 \text{ cm}^2$  ye  $1,0336 \text{ kg}$  olduğundan, yüz ölçümü  $1,67 \text{ m}^2 = 16700 \text{ cm}^2$  olan bir yüzeye etkiyen basınç kuvveti,

$$F = p S = 1,0336 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \times 16700 \text{ (cm}^2\text{)} \approx 17261 \text{ kg} \approx 17,3 \text{ ton dir.}$$

155. Magdeburg da yapılan tarihsel deneyde kullanılan yarıkürelerin çapları 56 cm idi ve bunların içlerindeki hava boşaltıldıktan sonra biribirlerinden ayırmak için 8'i bir yöne, diğer 8'i ise karşıt yöne koşulmuş 16 at kullanılmıştı. Bu deneyde, yarıkürelere ne kadar kg lik çekme kuvvetleri uygulanmış olduğunu bulunuz.

**Çözümü:** Yarıküreler, birbirlerine, yüz ölçümü  $S = \pi r^2$  olan ortak tabanına dik olan,

$$F = p S = 1,0336 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \times 3,1416 \times 28^2 \text{ (cm}^2\text{)} = 2546,7 \text{ kg}$$

lik bir kuvvetle bastırdıkları için, bunları ayırmak için, her birini 2546,7 kg lik bir kuvvetle bir yana doğru çekmek gereklidir.

**Not:** Yarıküreleri birbirlerine bastıran kuvveti hesaplarken, yarıkürelerin yüz ölçümelerini değil, ortak tabanlarının yüz ölçümünü almış olduğumuzda dikkat ediniz. Yarıküresel yüzeyin türlü noktalarında bu yüzeye dik olarak etkiyen basınç kuvvetlerinin bileşkesi, ortak tabana dik olarak etkiyen basınç kuvveti kadardır.

156. Bir hava boşaltma tulumbası tablası üzerine kapatılan 14 cm çaplı silindir şeklinde bir fanusun içindeki havanın üçte ikisi boşaltılıyor. a) Bu fanus içinde bulunan bir barometre hangi basıncı gösterir? b) Fanusu tabladan ayırmak için ne kadar kg lik bir kuvvetle çekmek gereklidir? Deney sırasında açık hava basıncı 75 cm Hg dir.

**Çözümü:** a) Fanusun içindeki havanın üçte ikisi boşaldığına göre, fanusta kalan seyrekleşmiş havanın yapacağı basıncı, açık hava basıncının  $1/3$ 'ü ( $75/3 = 25$  cm Hg basıncı) kadardır.

b) Fanusun  $1 \text{ cm}^2$  sine etkiyen dış basınç  $p_1 = 75 \text{ cm Hg}$  basıncı, iç basınç ise  $p = 25 \text{ cm Hg}$  olduğundan, bunların bileşkesi,

$$p = p_1 - p_2 = 75 - 25 = 50 \text{ cm Hg} = 50 \times 13,6 = 680 \text{ g/cm}^2 = 0,68 \text{ kg/cm}^2$$

dir. Fanus tabanının yüz ölçümü  $S = \pi r^2 = 3,1416 \times 7^2 = 154 \text{ cm}^2$  olduğundan, fanus tablasına dik olarak etkiyen bileşke basınç kuvveti,

$$F = p S = 154 \text{ (cm}^2\text{)} \times 0,68 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \approx 104,7 \text{ (kg)}$$

dir ve fanusu tabladan ayırmak için bu kadar kg lik bir kuvvetle yukarıya doğru çekmek gereklidir.

157. Havanın özgül ağırlığı bütün atmosfer katlarında sabit ve  $0,00129 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  olsaydı, atmosferin yüksekliği ne kadar km olurdu?

**Çözümü:** a) Normal açık hava basıncı  $76 \text{ cm Hg}$  basıncı veya  $76 \times 13,6 = 1033,6 \text{ g/cm}^2$  dir. Bu basıncı yapabilecek hava sütununun yüksekliği  $h'$  ve havanın özgül ağırlığı  $\gamma'$  ise,

$$p = h' \gamma' = h' \times 0,00129 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 1033,6 \text{ (g/cm}^2\text{)}$$

yazılıarak, bundan,  $h' = 1033,6 \text{ (g/cm}^2\text{)} / 0,00129 \text{ (g/cm}^3\text{)} \approx 801200 \text{ cm} = 8,012 \text{ km}$  bulunur.

158. a) Sivil bir barometre civa yerine alkollü kulananmanın duyarlık üzerinde ne gibi bir yararı olur? b) Alkollü bir barometrede alkollü sütunun yüksekliği normal olarak ne kadardır? c) Civalı bir barometre ile okunan açık hava basıncı 75 cm iken alkollü barometrede okunan yükseklik ne kadardır? ç) Alkollü barometrenin elverişsiz yanı nedir?

Civanın özgül ağırlığı  $13,6 \text{ g/cm}^3$  tür.

**Çözümü:** a) Civanın ve alkollün özgül ağırlıkları arasındaki oran  $\gamma/\gamma' = 13,6/0,8 = 17$  dir. Buna göre, civalı barometredeki civa sütununun yüksekliğinde olan 1 cm (veya, 1 mm) lik bir değişme, alkollü barometredeki alkollü sütununda 17 cm (veya, 17 mm) lik bir değişmeye yol açar. Buna göre, alkollü barometre civalı barometreden 17 kat daha duyarlıdır.

b) Alkollü barometre, 76 cm Hg basıncına eşit olan normal açık hava basıncını,  $76 \times 17 = 1292$  cm yüksekliğinde olan bir alkol sütunu ile dengeler ve ölçer.

c) Alkollü barometre, 75 cm civar basıncını  $75 \times 17 = 1275$  cm yüksekliğinde olan bir alkol sütunu ile ölçer.

ç) Alkollü barometrenin elverişsiz yanı, boyunun 13 m kadar uzun olmasıdır. Bu nedenle alkollü barometreler pratikte kullanılmazlar.

159. İstanbul'daki Beyazıt kulesinin yüksekliği 63 m dir. Civalı bir barometre ile bu kulenin dibinde ve tepesinde ölçülen basınçlar arasındaki fark ne kadar  $\text{g/cm}^2$  ve ne kadar torr dur?

$$\text{Havanın özgül ağırlığı} = 0,001293 \text{ g/cm}^3.$$

**Çözümü:** Kulenin dibinde ve tepesinde ölçülen basınçlar  $p_1$  ve  $p_2$  olsun. Bu basınçların  $p_1 - p_2$  farkı, yüksekliği 63 metre ( $=6300 \text{ cm}$ ), özgül ağırlığı ise,  $0,001293 \text{ g/cm}^3$  olan hava sütununun basıncı kadar olacağını,

$$p_1 - p_2 = h\gamma = 6300 \text{ (cm)} \times 0,001293 \text{ (g/cm}^3) \approx 8,146 \text{ (g/cm}^2)$$

ve 1 torr ( $\text{mm Hg}$ ) =  $1,36 \text{ g/cm}^2$  olduğundan,

$$p_1 - p_2 \approx \frac{8,146}{1,36} \approx 6 \text{ mm Hg (torr)}$$

bulunur.

160. Bir tepenin eteğinde 765 mm Hg olarak ölçülen barometre yüksekliği, aynı tepenin üstünde 752 mm Hg ya düşüyor. Havanın özgül ağırlığını sabit ve  $0,00129 \text{ g/cm}^3$  kabul ederek bu tepenin yüksekliğini hesaplayınız.

**Çözümü:** Basınç farkı,

$$765 - 752 = 13 \text{ mm Hg} = 1,3 \text{ (cm)} \times 13,6 \text{ (g/cm}^3) = 17,68 \text{ g/cm}^2$$

dir. Bu kadar basınç yapabilecek bir hava sütununun yüksekliği,

$$p = 17,68 \text{ (g/cm}^2) = h\gamma = h \times 0,00129 \text{ (g/cm}^3)$$

bağıntısından,

$$h = \frac{17,68 \text{ (g/cm}^2)}{0,00129 \text{ (g/cm}^3)} \approx 13705 \text{ cm} \approx 137 \text{ metre}$$

bulunur.

161. Bir balonla yerden yükselirken, balonda bulunan bir civalı barometre: 0—700 m arasında her 12 m de ortalama olarak 1 mm;

1400 — 2000 m arasında ise her 13 m de ortalama olarak 1 mm;.. düşüyor, a) Bu olayın nedenini açıklayınız. b) Yer'den 1400 — 2000 metre arasındaki yüksekliklerde bulunan havanın ortalama özgül ağırlığını hesaplayınız.

**Çözümü:** a) Bu olayın nedeni, hava yoğunluğunun bütün atmosfer boyunca sabit olmayı ve Yer'den yükseldikçe azalmasıdır.

b) 1400 — 2000 m lik bir yükseklikte barometredeki civar sütununun yüksekliği, ortalama olarak, her 13 m de 1 mm düşüğine göre,

$$p = 1 \text{ mm Hg} = h\gamma = 0,1 \text{ (cm)} \times 13,6 \text{ (g/cm}^3) = h'\gamma' = 1300 \text{ (cm)} \times \gamma'$$

yazılarak, bundan, havanın ortalama özgül ağırlığı,

$$\gamma' = \frac{1,36}{1300} \approx 0,001045 \text{ g/cm}^3$$

bulunur.

**Not:** Gerçekte, havanın özgül ağırlığı, Yer'den yükseldikçe sürekli bir şekilde azalır. Ama bu azalma çok küçük ölçüde olduğundan her 400—500 m lik katlar için birer ortalama özgül ağırlık kullanılabilir.

162. Açık havada 75 cm yi gösteren çanaklı bir civalı barometre, bir su havuzu içine diklemesine 120 cm daldırılıyor. Bu durumda okunan barometre yüksekliği ne kadardır?

**Çözümü:** 120 cm yüksekliğindeki su sütununun basıncı,

$$p_1 = h_1\gamma_1 = 120 \text{ (cm)} \times 1 \text{ (g/cm}^3) = 120 \text{ (g/cm}^2) \quad \text{dir.}$$

Bu basıncı yapabilecek bir civar sütununun yüksekliği,

$$p_1 = 120 \text{ (g/cm}^2) = h_2\gamma_2 = h_2 \times 13,6 \text{ (g/cm}^3)$$

denkleminden  $h_2 = 120 \text{ (g/cm}^2)/13,6 \text{ (g/cm}^3) \approx 8,8 \text{ cm}$  bulunur. Buna göre, civalı barometre su içinde 120 cm lik bir derinlikte  $75 + 8,8 = 83,8 \text{ cm}$  civar basıncını gösterir.

163. Su içinde hangi derinlikte toplam basınç 5 At dir?

**Çözümü:** Su yüzünde açık hava basıncı 1 fiziksel atmosfer (=At) dir. Su içinde  $h$  kadar derinde toplam basınç 5 At olsun. Bunun 1 At'ı açık hava basıncından ileri geleceğine göre, 4 fiziksel atmosferlik bir basınç yapabilecek su sütununun yüksekliği,

$$p = 4 \text{ At} = 4 \times 1033,6 \text{ (g/cm}^2) = h\gamma = h \times 1 \text{ (g/cm}^3)$$

denkleminden  $h = 4134,4 \text{ cm} \approx 41,3 \text{ m}$  bulunur.

164. Bir nehir altında tünel kazılırken suyun tünele girmemesi için baş vurulan metodlardan biri basınçlı hava kullanmaktadır. Tünel

üstündeki toprağın ağırlığını hesaba katmayarak, su yüzünden 18 m derinde bir tünel açılırken kullanılacak basınçlı havanın basıncının ne kadar  $\text{kg}/\text{cm}^2$  olması gerektiğini bulunuz.

**Çözümü :** Su yüzünden 18 m derinde toplam basınç;

$$p = 1033,6 \text{ (g/cm}^2\text{)} + 1800 \text{ (cm)} \times 1 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 2833,6 \text{ g/cm}^2 \approx 2,8 \text{ kg/cm}^2$$

olduğundan, tünel içerisinde en az  $2,8 \text{ kg}/\text{cm}^2$  kadar basınçlı hava gönderilirse, su sızmalarının önüne geçilir.

165. Açıkhavada  $75 \text{ cm Hg}$  basıncını gösteren bir barometre, içinde  $20 \text{ cm}$  yüksekliğinde civa ve  $20 \text{ cm}$  yüksekliğinde su bulunan bir kabin dibinde ne kadar  $\text{cm Hg}$  lik bir basınç gösterir ?

**Çözümü :** Kabin dibindeki  $P$  toplam basıncı,  $\text{cm Hg}$  basıncı cinsinden:

$$p = \text{Açıkhava basıncı} + 20 \text{ cm Hg basıncı} + 20 \text{ cm su basıncı}$$

veya,

$$p = 75 \text{ (cm Hg)} + 20 \text{ (cm Hg)} + \frac{20}{13,6} \text{ (cm Hg)} = 96,47 \text{ (cm Hg)}$$

dir. Demek, barometre, kabin dibinde,  $96,37 \text{ cm Hg}$  basıncını gösterir.

166. Bir havagazı musluğuna bağlanan açık bir manometrede bulunan suyun kollardaki düzeyleri arasında  $15 \text{ cm}$  lik düşey bir yükseklik ölçülüyor (Şek. IV-1). Buna göre, havagazı basıncı : a) ne kadar bari, b) ne kadar torr dur ?  $1 \text{ g} = 981 \text{ dyn}$  alınacaktır.

**Çözümü :** Havagazının  $p$  basıncı, yüksekliği  $h=15 \text{ cm}$  olan su sütunu basıncı ile, açikhava basıncı toplamı olduğundan,

$$\begin{aligned} p &= 15 \text{ (cm)} \times 1 \text{ (g/cm}^3\text{)} + \text{açıkhava basıncı} \\ &= 15 \text{ (cm)} \times 981 \text{ (dyn/cm}^3\text{)} + \text{açıkhava basıncı} \\ &= 14715 \text{ bari} + \text{açıkhava basıncı} \end{aligned}$$

dur.

b)  $1 \text{ torr} = 1 \text{ mm Hg basıncı} = 1,36 \text{ g}/\text{cm}^2$  olduğundan, havagazının basıncı,

$$\begin{aligned} p &= (15/1,36) \text{ mm Hg basıncı} + \text{açıkhava basıncı} \\ &\approx 11 \text{ (torr)} + 1 \text{ (At)} \approx 771 \text{ (torr)} \end{aligned}$$

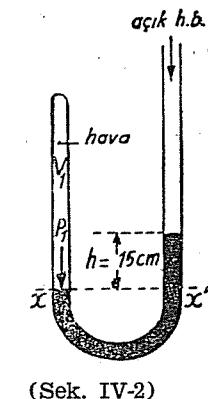
(Şek. IV-1) dir.

167. U şeklindeki bir cam borunun kollarından biri kapatılmış ve boru içine bir miktar civa konmuştur (Şek. IV-2). Civanın kollar-

daki düzeyleri arasında  $15 \text{ cm}$  lik bir yükseklik bulunduğu ve açık-hava basıncı  $75 \text{ cm Hg}$  olduğuna göre: a) Kapalı kolda bulunan havanın basıncı ne kadar dir? b) Açık kola bir miktar daha civa dökülüyor ve kollardaki civa sütunlarının düzeylerinin farkı  $45 \text{ cm}$  oluyor. Kapalı kolda bulunan havanın hacmi (a) haline göre ne kadar değişir?

**Çözümü :** a) Kapalı kolda  $xx'$  düzeyi üstünde bulunan havanın  $p_1$  basıncı diğer kolda aynı düzey üstünde bulunan  $15 \text{ cm Hg}$  basıncı ile açikhava basıncı ( $=75 \text{ cm Hg}$ ) toplamı ( $p_1 = 15 + 75 = 90 \text{ cm Hg}$ ) dir.

b) Bu halde kapalı koldaki basınç,  $p_2 = 75 + 45 = 120 \text{ cm Hg}$  dir. Bu kolda kapatılmış olan havanın (a) halindeki hacmi  $V_1$ , (b) halindeki hacmi ise  $V_2$  olsun. Boyle-Mariotte kanunu özetleyen  $p_1 V_1 = p_2 V_2$  denklemi, U borusunda kapatılmış olan hava için,  $90 V_1 = 120 V_2$  şeklinde yazılarak, bundan  $V_2 = 0,75 \times V_1$  bulunur. Demek oluyor ki kapatılmış olan havanın hacmi ilk hacminin  $0,75'i$  veya  $3/4'u$  olur.



(Şek. IV-2)

168. Küçük basınç değişimlerini ölçmekte kullanılan duyarlıklı bir sıvılı manometre, (Şek. IV-3) de görüldüğü gibi, geniş bir haznesi bulunan kısa bir düşey boru ile, buna eklenmiş ince bir eğik borudan oluşmuştur. Bu ikinci borunun eğimi  $1/10$  dur ve manometrenin içinde özgül ağırlığı  $0,8 \text{ g}/\text{cm}^3$  olan alkol bulunmaktadır. a) Aletin A ağzı basıncı ölçülecek bir kaba bağlandığı zaman B kolundaki sıvı  $5 \text{ cm}$  harket ederek  $B'$  noktasına geliyor. Haznedeki sıvı düzeyinin sezik derecede değişmediğini kabul ederek A daki basıncı mm su ve torr cinsinden hesaplayınız. b) BB' borusundaki sıvı hızındaki  $1 \text{ mm}$  lik bir yer değiştirmeye okunabildiğine göre, buna karşılık olan basınç değişimi (aletin duyarlık sınırını) hesaplayınız.  $1 \text{ g} = 1000 \text{ dyn}$  dir.

**Çözümü :** Eğimi  $1/10$  olan eğik borudaki sıvı hızı  $B$  den  $B'$  ye geldiği zaman  $h$  düşey yükselme miktarı,

$$\frac{h}{BB'} = \frac{h}{5 \text{ (cm)}} = \frac{1}{10}$$

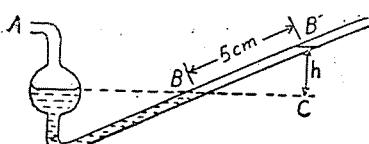
eğim bağıntısından  $h = 0,5 \text{ cm}$  bulunur. Düşey yüksekliği  $h = 0,5 \text{ cm}$ , özgül ağırlığı ise  $0,8 \text{ g}/\text{cm}^3$  olan bir sıvı sütununun yapacağı basıncı,

$$p = h_y = 0,5 \text{ (cm)} \times 0,8 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 0,4 \text{ g/cm}^2 = 400 \text{ dyn/cm}^2 \text{ (barı)}$$

ve,  $1 \text{ torr} (= 1 \text{ mm Hg basıncı}) 1,36 \text{ g}/\text{cm}^2$  olduğundan,  $0,4 \text{ g}/\text{cm}^2$ ,

$$p = \frac{0,4 \text{ (g/cm}^2\text{)} \times 1 \text{ (torr)}}{1,36 \text{ (g/cm}^2\text{)}} \approx 0,29 \text{ (torr)}$$

dir.



(Sek. IV-3)

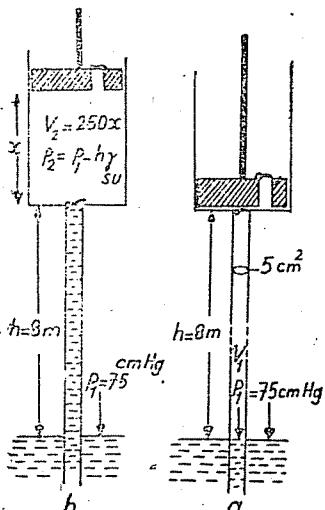
b) 400 bari lik (veya 0,29 torr lük) bir basıncı, eğik borudaki alkol, 5 cm lik bir yer değiştirmeye yaptığına göre, 1 mm lik bir yer değiştirmeye karşılık olacak basınç değişimi,  $400/50 = 8$  bari veya  $0,29/50 = 0,0058$  torr dur. Buna göre, aletin duyarlık sınırı da 8 bari lik (veya 0,0058 torr lük) basınçtır.

169. 760 torr basınç altında  $250 \text{ cm}^3$  olan hava, aynı sıcaklıkta kalmak üzere : a)  $50 \text{ cm}^3$  lük bir kaba konunca, basıncı ne kadar torr olur? b) Hangi hacimde iken basıncı 1520 torr olur?

**Cözümü:** a) Boyle-Mariotte kanununu özetleyen,  $p_1 V_1 = p_2 V_2$  denklemini  $760 \text{ (torr)} \times 250 \text{ (cm}^3\text{)} = p_2 \times 50 \text{ (cm}^3\text{)}$  şeklinde yazarak, bundan,  $p_2 = 3800 \text{ torr}$  bulunur.

b) Aynı denklem,  $760 \text{ (torr)} \times 250 \text{ (cm}^3\text{)} = 1520 \text{ (torr)} \times V_3$  şeklinde yazılarak, bundan,  $V_3 = 125 \text{ cm}^3$  bulunur.

170. Piston kesiti  $250 \text{ cm}^2$  olan bir emme tulumbadan 8 m derinde olan suya  $5 \text{ cm}^2$  kesitli düşey bir boru sarkılmıştır. Başlangıçta, tulumba pistonu aşağıdadır ve boru içinde 1 atmosfer basıncında hava bulunmaktadır. Suyun, pistonun ilk çekilişinde tulumba gövdesine gelebilmesi için piston yolu ne kadar cm olmalıdır? Piston ve süpapların hiç hava sızdırmadığı kabul ediliyor.



(Sek. IV-4)

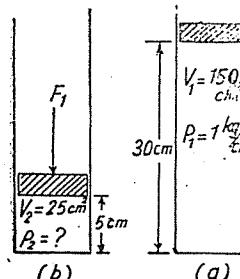
**Cözümü:** Suya sarkılmış olan boru içindeki havanın ilk hacmi,  $V_1 = 5 \text{ (cm}^2\text{)} \times 800 \text{ (cm)} = 4000 \text{ cm}^3$ , basıncı ise  $p_1 = 75 \text{ (cm)} \times 13,6 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 1020 \text{ g/cm}^2$  dir (Şek IV-4). Piston,  $x$  cm yukarıya çekildiği zaman suyun tulumba gövdesine girmeğa başladığını farz edelim. Bu halde, gövdeye çekilmiş olan havanın hacmi  $V_2 = 250 x \text{ cm}^3$ , basıncı ise  $p_2 = p_1 - h\gamma = 1020 \text{ (g/cm}^2\text{)} - 800 \text{ (cm)} \times 1 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 220 \text{ (g/cm}^2\text{)}$  olup havanın bu iki durumuna Boyle-Mariotte kanununu uygularsak,

$$4000(\text{cm}^3) \times 1020 \text{ (g/cm}^2\text{)} \times 250 x \text{ (cm}^3\text{)} \times 220(\text{g/cm}^2)$$

denklemi kurulabilir ve bundan  $x = 74,18 \text{ cm}$  bulunur. Piston yolu en az  $74,18 \text{ cm}$  olmalıdır ki pistonun yukarıya doğru ilk çekilişinde, su, alt süpap hizasına kadar yükselebilsin. Piston yolu,  $74,18 \text{ cm}$  den ne kadar büyük olursa ilk çekilişte gövdeye o derece çok su girer.

171. Bir silindir içine, ağırlığı hesaba katılmayacak derecede küçük bir pistonla kapatılmış olan hava sütununun kesiti  $5 \text{ cm}^2$ , yüksekliği 30 cm, basıncı ise 1 teknik atmosfer ( $= 1 \text{ kg/cm}^2$ ) kadardır. Piston itilerek silindirdeki hava sütununun yüksekliği 5 cm ye indiriliyor. a) Pistonu bu yeni durumda tutabilmek için gerekli itme kuvveti ne kadardır? b) Pistonu itmek için ne kadar kg. m lik iş yapılmıştır?

**Çözümü :** a) Başlangıçta (Şek. IV-5 a) silindir içinde kapatılmış olan havanın hacmi  $V_1 = 5 \text{ (cm}^2\text{)} \times 30 \text{ (cm)} = 150 \text{ cm}^3$ , basıncı ise  $p_1 = 1 \text{ kg/cm}^2$  dir. Piston aşağıya itildiği zaman silindirdeki havanın hacmi,  $V_2 = 5 \text{ cm}^2 \times 5 \text{ cm} = 25 \text{ cm}^3$  olur (Şek. IV-5 b). Bu yeni halde, silindirdeki havanın basıncı, Boyle-Mariotte kanununa göre,



(Sek. IV-5)

$1 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \times 150 \text{ (cm}^3\text{)} = p_2 \times 25 \text{ (cm}^3\text{)}$  denkleminden,  $p_2 = 6 \text{ kg/cm}^2$  bulunur. Buna göre, pistonu aşağıdan yukarıya doğru iten basınç kuvveti,

$$F_2 = 6 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \times 5 \text{ (cm}^2\text{)} = 30 \text{ kg}$$

dir ve pistonu bu durumda tutmak için dışarıdan uygulayacağımız  $F_1$  itme kuvveti de 30 kg olmalıdır. Açık havada pistona  $1 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \times 5 \text{ (cm}^2\text{)} = 5 \text{ kg}$  lik bir itme yaptığına göre, pistona uygulanması gereken itme kuvveti  $30 - 5 = 25 \text{ kg}$  dir.

b) Pistonu  $s = 25 \text{ cm} = 0,25 \text{ m}$  iterek (a) durumundan (b) durumuna getirmek için uygulanması gereken  $F_1$  itme kuvveti, başlangıçta 0, sonda ise 25 kg dir. Şiddeti düzgün olarak değişen bu kuvvetin yapacağı iş,

$$W = F_{\text{ort.}} \times s = \frac{0 + 25}{2} \text{ (kg)} \times 0,25 \text{ (m)} = 3,125 \text{ (kg. m)}$$

dir.

172. Problem (171) deki piston (a) durumunda iken üzerine 4 kg lik bir ağırlık konulunca, piston ne kadar cm aşağıya iner?

**Cözümü:** Silindir içindeki havanın birinci durumunda hacmi  $V_1 = 150 \text{ cm}^3$  basıncı ise  $p_1 = 1 \text{ kg/cm}^2$  dir.  $5 \text{ cm}^2$  yüz ölçülü piston üzerine 4 kg lik bir ağırlık konulunca basınç, açık havada basıncından  $4 \text{ (kg)} / 5 \text{ (cm}^2\text{)} = 0,8 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$  kadar artarak,  $p_2 = 1 + 0,8 = 1,8 \text{ kg/cm}^2$  olur. Bu yeni durumda, silindir içindeki havanın  $V_2$  hacmi, Boyle-Mariotte kanunundan,

$$V_2 = \frac{p_1 V_1}{p_2} = \frac{1 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \times 150 \text{ (cm}^3\text{)}}{1,8 \text{ (kg/cm}^2\text{)}} \approx 83,33 \text{ cm}^3$$

Bulunur. Silindirin kesiti  $5 \text{ cm}^2$  olduğuna göre, hacmi  $83,33 \text{ cm}^3$  olan havanın kapladığı yükseklik,  $83,33 \text{ (cm}^3\text{)} / 5 \text{ (cm}^2\text{)} \approx 16,66 \text{ cm}$  dir. Bu yükseklik önce 30 cm olduğuna göre, piston  $30 - 16,66 = 13,34 \text{ cm}$  aşağıya inmiştir.

173. Su altında çalışmalar için kullanılan silindir şeklinde bir çanın kesiti  $5 \text{ m}^2$ , yüksekliği 2 m dir. Bu çan, bir vinçle, düşey olarak suya indirilerek, dibe diklemesine oturtulduğu zaman yarısına kadar su ile doluyor. a) Çan içinde kapalı kalan havanın basıncı ne kadardır? b) Çanın oturduğu suyun dip derinliği ne kadardır? c) Çanın içindeki suyu tam olarak boşaltmak için, 1 atmosfer basınçta ne kadar hava göndermek gereklidir?

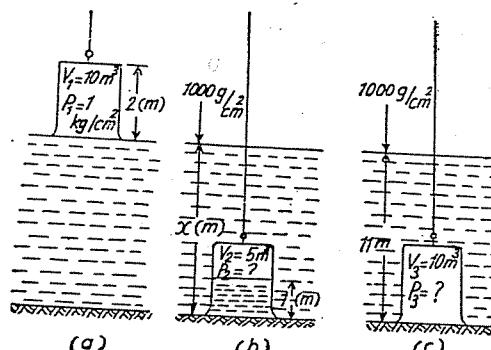
Açık havaya basıncı  $1 \text{ kg/cm}^2$  ve suyun özgül ağırlığı  $1 \text{ g/cm}^3$  alınamaktadır.

**Cözümü:** a) Çan, suya girmek üzere iken (Şek. IV-6 a) içindeki havanın hacmi  $V_1 = 5 \text{ m}^2 \times 2 \text{ m} = 10 \text{ m}^3$ , basıncı ise  $p_1 = 1 \text{ at} = 1000 \text{ g/cm}^2$  dir. Çan, suyuna dibine oturduğu zaman (Şek. IV-6 b), su silindirin yarısına kadar yükseldiği göre, içindeki havanın hacmi  $V_2 = 5 \text{ m}^3$  olur. Bu durumda  $p_2$  basıncı, Boyle-Mariotte kanunu özetleyen  $p_1 V_1 = p_2 V_2$  denkleminden,  $2000 \text{ g/cm}^2 (= 2 \text{ at})$  bulunur.

b) Çanda kapalı kalan havanın  $p_2 = 2000 \text{ (g/cm}^2)$  lik basıncı ile, çandaki 1 m ( $= 100 \text{ cm}$ ) lik su sütunu basıncı toplamı,  $x$  metrelik su sütunu basıncı ile  $1000 \text{ (g/cm}^2)$  lik açık havaya basıncı toplamına eşit olacağından, bu gerçek,

$$2000 \text{ (g/cm}^2) + 100 \text{ (cm)} \times 1 \text{ (g/cm}^3) = x \times 1 \text{ (g/cm}^3) + 1000 \text{ (g/cm}^2)$$

denklemi ile özetlenerek, bu denklemden,  $x = 1100 \text{ (cm)} = 11 \text{ (m)}$  bulunur.



(Şek. IV-6)

c) Çanın içindeki suyu tam olarak boşaltmak için, çana basınçlı hava gönderelim (Şek. IV-6 c). Suyun hepsi boşaldığı anda, çandaki havanın hacmi  $V_3 = 10 \text{ m}^3$  tür. Bu durumda  $p_3$  basıncı, 11 m yüksekliğindeki su sütunu basıncı ile açık havaya basıncı toplamı, yani,  $p_3 = 1100 \text{ (cm)} \times 1 \text{ (g/cm}^3) + 1000 \text{ (g/cm}^2) = 2100 \text{ (g/cm}^2)$  dir. Çan dibine oturduğu zaman (Şek. IV-6 b) içinde  $2000 \text{ g/cm}^2$  basıncında olan  $5 \text{ m}^3$  havanın basıncı idi. Çanındaki su boşaltılıdığında, havanın basıncı  $p_3 = 2100 \text{ g/cm}^2$ , hacmi ise,  $p_2 V_2 = p_3 V'_2$  ye göre,  $V'_2 \approx 4,76 \text{ m}^3$  olur. O halde, çanın suyunu tam olarak boşaltmak için,  $2100 \text{ (g/cm}^2)$  basınçla  $V_3 - V'_2 = 10 - 4,76 = 5,24 \text{ (m}^3)$  hava gereklidir. Buna karşılık olan 1 (at) basınçlı havanın hacmi ise,  $5,24 \text{ (m}^3) \times 2100 \text{ (g/cm}^2) = V'_3 \times 1000 \text{ (g/cm}^2)$  den  $V'_3 = 11 \text{ (m}^3)$  bulunur.

174. Uzunluğu 1 m olan bir barometre borusu, açıklığı aşağıya doğru tutularak civaya diklemesine batırılıyor. Boru, civaya ne kadar cm daldırılırsa, içindeki civaya düzeyi, dış kaptaki düzeyden 10 cm aşağıda bulunur? Açık havaya basıncı  $1020 \text{ g/cm}^2$  ve civanın özgül ağırlığı  $13,6 \text{ g/cm}^3$  tür

**Cözümü:** Dik kesitinin yüzölçümünü  $S \text{ (cm}^2)$  ile göstereceğimiz barometre borusu, tam civaya batmak üzere iken içindeki havanın hacmi  $V_1 = 100 \times S \text{ (cm}^3)$ , basıncı ise  $p_1 = 1020 \text{ g/cm}^2$  dir. Barometre borusu civaya  $x$  cm kadar batırıldığı zaman (Şek. IV-7), boru içinde kalmış olan havanın hacmi  $V_2 = (100 - x + 10) \times S = (110 - x) \times S \text{ (cm}^3)$ , basıncı ise; açık havaya basıncı ile  $10 \text{ cm}$  yüksekliğindeki civaya sütunu basıncı toplamı, demek,  $p_2 = 1020 \text{ (g/cm}^2) + 10 \text{ (cm)} \times 13,6 \text{ (g/cm}^3) = 1156 \text{ (g/cm}^2)$  olur. Borudaki havanın bu iki durumuna Boyle-Mariotte kanunu uygulayarak,

$$100 \times S \text{ (cm}^3) \times 1020 \text{ (g/cm}^2) = (110 - x) \times S \text{ (cm}^3) \times 1156 \text{ (g/cm}^2)$$

denklemi yazılabilir ve bundan da  $x = 21,85 \text{ cm}$  bulunur.

175. Kesiti  $1 \text{ cm}^2$  olan bir borudan yapılmış sifonlu bir barometrenin uzun kolundaki civaya düzeyi üzerindeki barometre boşluğununa açık havaya basıncında olan  $1 \text{ cm}^3$  hava gönderiyoruz. Bu durumda okunan barometre yüksekliği 70 cm Hg dir ve barometre boşluğununa gönderdiğimiz hava  $15 \text{ cm}$  lik bir yükseklik kaplamaktadır. Buna göre de neyin sırasındaki açık havaya basıncını hesaplayınız.

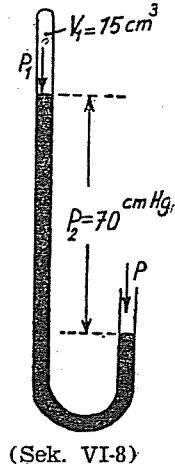
**Cözümü:** Aranan açık havaya basıncı  $p$  olsun. Barometre boşluğununa gönderdiğimiz havanın birinci durumda hacmi  $V = 1 \text{ cm}^3$  basıncı ise  $p$  dir. Bu hava barometre boşluğununa girince  $V_1 = 15 \text{ cm}^3$  lük bir hacim kaplar (Şek. IV-8) ve buradaki  $p_1$  basıncı, Boyle-Mariotte kanunu göre,

$$1 \text{ (cm}^3) \times p = 15 \text{ (cm}^3) \times p_1 \text{ den } p_1 = p/15 \text{ bulunur.}$$

Öte yandan, barometre boşluğunundaki havanın  $p_1$  (veya  $p/15$ ) basıncı ile 70 cm lik civaya sütununun  $p_2$  basıncı toplamı,  $p$  açık havaya basıncını vereceğinden, bu gerçek;

$$p / 15 + 70 \text{ (cm Hg)} = p$$

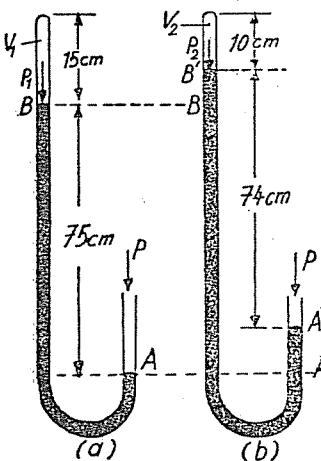
şeklinde yazılıp, bundan,  $p = 75 \text{ cm Hg}$  bulunur.



(Şek. VI-8)

176. Kesiti  $1 \text{ cm}^2$  olan sifonlu bir barometrede civa sütununun yüksekliği 75 cm, barometre boşluğunun yüksekliği ise 15 cm dir (Şek. IV-9 a). Kısa kolda A düzeyi üzerinde  $AA' = 6 \text{ cm}$  yüksekliğinde yeni bir civa sütunu eklendiği zaman uzun koldaki B düzeyinde  $BB' = 5 \text{ cm}$  lik bir değişme görülmüyor ve bu durumda açık hava basıncı 74 cm Hg basıncı olarak okunuyor (Şek. IV-8 b). a) Bu hatanın sebebi nedir? b) Açık havanın basıncının doğru değeri ne kadar cm Hg dir? c) Barometre boşluğununa kaçmış olan havanın hacmi, normal açık hava basıncı altında ne kadardır?

**Cözümü:** a) Bu hatanın (barometre yüksekliğinin sabit kalmayışının) nedeni barometre boşluğununa bir miktar hava kaçmış olmasıdır.



(Şek. IV-9)

b) Açık hava basıncının doğru değerine  $p$  diyelim. Birinci halde,  $V_1 = 15 \text{ cm}^3$  lük barometre boşlığında bulunan havanın  $p_1$  basıncı ile 75 cm yüksekliğindeki civa sütununun basıncı toplamı açık hava basıncını verecektir. Bu düşünülebilir,

$$p_1 + 75 \text{ (cm Hg)} = p \quad (\text{a})$$

denklemi yazılabilir.

İkinci halde, barometre boşlığundaki havanın hacmi  $V_2 = 10 \text{ (cm)} \times 1 \text{ (cm}^2\text{)} = 10 \text{ (cm}^3\text{)}$  tür. Bu hacim, içindeki havanın  $p_2$  basıncı ile 74 cm Hg basıncı toplamı  $p$  açık hava basıncını vereceğinden,

$$p_2 + 74 \text{ (cm Hg)} = p \quad (\text{b})$$

denklemi yazılabilir. Barometre boşlığundaki havanın 1 ve 2 durumlarına Boyle-Mariotte kanunu uygulanarak,  $p_1 V_1 = p_2 V_2$  veya  $p_1 \times 15 \times S = p_2 \times 10 \times S$  denkleminden,  $15 p_1 = 10 p_2$  veya  $p_2 = 1,5 p_1$  (c) bulunur. (a) ve (b) denklemelerinin eşitliğinden de,

$$p_1 + 75 = p_2 + 74 \quad \text{veya} \quad p_1 + 1 = p_2 \quad (\text{d})$$

yazılabilir. (c) ve (d) denklemelerinin birer tarafları eşit olduğundan,  $1,5 \times p_1 = p_1 + 1$  yazılarak, bundan,  $p_1 = 2 \text{ cm Hg}$  ve  $p_1$ 'in bu değerini (a) denklemine götürmekle  $p = 2 + 75 = 77 \text{ cm Hg}$  bulunur.

c) Barometre boşlığında  $p_1 = 2 \text{ cm Hg}$  basıncı altında  $V_1 = 15 \text{ cm}^3$  (veya  $p_2 = 3 \text{ cm Hg}$  basıncı altında  $V_2 = 10 \text{ cm}^3$ ) hava bulunmaktadır. Bu havanın hacminin, 76 cm Hg basıncı (normal açık hava basıncı) altındaki değeri, Boyle-Mariotte kanununa göre;

$$2 \text{ (cm Hg)} \times 15 \text{ (cm}^3\text{)} = 76 \text{ (cm Hg)} \times V$$

denkleminden,  $V \approx 0,4 \text{ cm}^3$  bulunur.

177. Çanaklı bir barometrede, borunun kesiti  $1 \text{ cm}^2$ , çanağın kesiti  $6 \text{ cm}^2$ , içine biraz hava kaçmış olan barometre boşluğunun yüksek-

lığı 15 cm, borudaki civa sütununun yüksekliği ise  $h = 64 \text{ cm}$  dir (Şek. IV-10 a). Çanağa 60  $\text{cm}^3$  civa eklediğimiz zaman, borudaki civa sütununun yüksekliği  $h' = 58 \text{ cm}$  oluyor (Şek IV-10 b). Buna göre: a) Çanağa 60  $\text{cm}^3$  civa eklenince, çanak ve borudaki civa düzeyleri ne kadar değişir? b) Açık hava basıncı ne kadardır? c) Barometre boşluğununa kaçmış bulunan havanın kütlesi ne kadardır? Havanın normal basınç altında yoğunluğu  $0,001293 \text{ g/cm}^3$  tür.

**Cözümü:** a) Açık hava basıncı  $p$ , çanaktaki düzeyin değişme miktarı  $x$ , borudaki düzeyin değişme miktarı ise  $y$  olsun (Şek. IV-10). Çanağa eklenen 60  $\text{cm}^3$  civanın  $V_1 = 1 \text{ (cm}^2\text{)} \times y \text{ (cm)} = y \text{ (cm}^3\text{)}$ 'ü borudaki yükselmeye ve  $V_2 = (6 - 1) \text{ cm}^2 \times x \text{ (cm)} = 5x \text{ (cm}^3\text{)}$ 'ü ise çanaktaki yükselmeye harcadığından;  $V_1 + V_2 = 60 \text{ cm}^3$  veya bunun yerine;

$$y + 5x = 60 \quad (\text{a})$$

denklemi yazılabilir. Öte yandan, borunun  $B$  ve  $A'$  seviyeleri arasındaki yüksekliği,  $(h + y)$  veya  $(h' + x)$ 'e eşit olduğundan;  $64 + y = 58 + x$  veya bunun yerine daha kısaca,

$$x = y + 6 \quad (\text{b})$$

denklemi kurulabilir ve (a) ve (b) denklem takımının çözülmesiyle  $x = 11 \text{ cm}$  ve  $y = 5 \text{ cm}$  bulunur.

b) Barometre boşlığundaki havanın birinci durumda hacmi  $V_1 = 15 \text{ cm}^3$ , basıncı ise  $p_1 = (p - 64) \text{ cm Hg}$  ikinci durumda hacmi  $V_2 = 10 \text{ cm}^3$ , basıncı ise  $p_2 = (p - 58) \text{ cm Hg}$  olduğundan; Boyle-Mariotte kanunu  $15(p - 64) = 10(p - 58)$  şeklinde yazılarak, bundan;  $p = 76 \text{ cm Hg}$  bulunur.

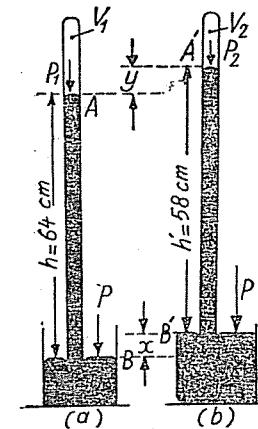
c) Birinci halde; barometre boşlığundaki havanın hacmi  $V_1 = 15 \text{ cm}^3$ , basıncı ise  $p_1 = p - 64 = 76 - 64 = 12 \text{ cm Hg}$  dir. Aynı hava kütlesinin  $p = 76 \text{ cm Hg}$  basıncı altındaki  $V$  hacmi, Boyle-Mariotte kanununa göre,

$$15 \text{ (cm}^3\text{)} \times 12 \text{ (cm Hg)} = V \times 76 \text{ (cm Hg)}$$

denkleminden,  $V \approx 2,37 \text{ cm}^3$  bulunur.

Havanın, normal basınç altındaki yoğunluğu  $0,001293 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  olduğuna göre; aranan kütlesi;  $m = 0,001293 \text{ (g/cm}^3\text{)} \times 2,37 \text{ (cm}^3\text{)} \approx 0,003 \text{ (g)} = 3 \text{ miligram}$  dir.

178. İçinde 20 atmosferlik basınç altında 25 litre oksijen bulunan bir kaptan 1 (at) lik basınç altında 100 litre oksijen çıkarılıyor. Bundan sonra, aynı kap, içinde 40 (at) basınç altında hidrojen bulunan 15 litrelik bir kap ile birleştiriliyor. Oksijen kabında bulunan bir



(Şek. IV-10)

manometre: a) birinci işlem, b) ikinci işlem yapıldığı zaman ne kadar (at) lik basınc gösterir?

**Çözümü:** a) Çıkarılan oksijenin kaptaki hacmi  $V_1$ , basıncı  $p_1 = 20$  (at) olsun. Bu gaz, kaptan çıkışınca, hacmi  $V_2 = 100$  litre; basıncı ise  $p_2 = 1$  (at) olduğundan; kaptaki  $V_1$  hacmi,  $p_1 V_1 = p_2 V_2$  den  $V_1 = 5$  litre dir.

Kapta kalan 20 at basınçlı 20 litre oksijen; kabin  $V' = 25$  litrelik hacmini doldurur ve yeni basıncı,  $20$  (at)  $\times 20$  (litre)  $= p' \times 25$  (litre) (Boyle-Mariotte) denkleminden  $p' = 400/25 = 16$  at bulunur.

b) Hacmi  $V' = 25$  litre, basıncı ise  $p' = 16$  at olan oksijen kabı, hacmi  $V'' = 15$  litre, basıncı ise  $p'' = 40$  at olan hidrojen kabı ile birleştirilince, meydana gelen gaz karışımının hacmi  $V = V' + V'' = 25 + 15 = 40$  litre olur. Karışımın  $p$  basıncı, oksijen ve hidrojen gazlarının 40 litrelik hacimde tek başlarına bulundukları zaman yapacakları  $p'_1$  ve  $p''_1$  basınçlarının toplamıdır.  $V' = 15$  litrelik bir hacimde  $p' = 16$  at basınç yapan oksijen,  $V' = 40$  litrelik bir hacimde  $p'_1 = 25 \times 16/40 = 10$  at lik basınç yapar.  $V'' = 15$  litrelik bir hacimde  $p'' = 40$  at lik basınç yapan hidrojen ise  $V = 40$  litrelik bir hacimde,  $p''_1 = 15 \times 40/40 = 15$  at lik bir basınç yapar. Bunlara göre karışımın basıncı,  $p = p'_1 + p''_1 = 10 + 15 = 25$  at dir.

179. 50 litrelik bir kapta 2 at basınç altında  $\text{CO}_2$  gazı bulunmaktadır. Bu kaba 10 at basınçlı  $\text{CO}_2$  den ne kadar litre pompalarsak kaptaki  $\text{CO}_2$  nin basıncı 5 at olur?

**Çözümü:** 50 litrelik kaba pompalayacağımız  $\text{CO}_2$  nin yapacağı ek basınç  $5 - 2 = 3$  at dir. 50 litrelik bir hacimde 3 at lik basınç yapabilecek olan  $\text{CO}_2$  nin 10 at basınç altındaki hacmi, Boyle-Mariotte kanununa göre,

$$V = \frac{50(\text{litre}) \times 3(\text{at})}{10(\text{at})} = 15 \text{ litre}$$

dir.

180. 10 litrelik bir kapta bulunan 5 atmosfer basınçlı oksijen ile 5 litrelik bir başka kapta bulunan 2 at lik hidrojen, içinde 1 at basınçlı hava bulunan 20 litrelik bir kaba pompalanıyor. Karışımın basıncı ne kadar atmosfer dir?

**Çözümü:** Dalton kanununa göre, bir gaz karışımının basıncı, karışımında bulunan gazların, karışım hacmi içinde yalnız başlarına yapacakları basınçların toplamına eşittir.

10 litrelik bir hacimde 5 at lik basınç yapan oksijen, 20 litrelik bir hacimde  $p_1 = 10 \times 5/20 = 2,5$  at; 5 litrelik bir hacimde 2 at lik basınç yapan hidrojen, 20 litrelik bir hacimde  $p_2 = 5 \times 2/20 = 0,5$  at basınç yapar. 20 litrelik kaptaki  $p_3 = 1$  at lik basınç yapan hava da bulunduğu için, kaptaki gaz karışımının basıncı,  $p = p_1 + p_2 + p_3 = 2,5 + 0,5 + 1 = 4$  at olur.

181. Civalı bir manometrenin eşit kesitli kollarında aynı düzeyde civa, uzun ve kapalı koldaki civa düzeyi üzerinde ise bir miktar hava bulunmaktadır. a) Açık havaya basıncı 70 cm Hg, içine hava kapalı koldaki civa düzeyini  $h = 5$  cm yükseltecek olan  $p$  basıncını hesaplayınız. b) Kapalı koldaki civa düzeyini  $h' = 10$  cm yükseltecek olan  $p'$  basıncını hesaplayınız. c) a ve b deki sonuçlardan,  $h$  nin  $p$  ile doğru orantılı olarak mı değiştiğini araştırınız.

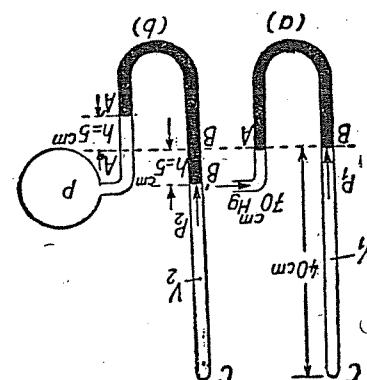
**Çözümü:** a) Manometre borusunun kesiti  $S \text{ cm}^2$  olsun (Şek. IV-11 a). BC kısmında bulunan havanın birinci durumda hacmi  $V_1 = 40 \times S$ , basıncı ise  $p_1 = 70 \text{ cm Hg}$  dir. Manometre  $p$  basınçlı bir kapla birleştirilince (Şek. IV-11b), B deki civa düzeyi  $h = 5$  cm yükselseklerken B' ye gelir. Bu durumda borudaki havanın hacmi  $V_2 = B'C \times S = (40 - 5) \times S = 35 S$ , basıncı ise  $p_2 = p - 2h = p - 10$  dir. Borudaki havanın bu iki durumuna, Boyle-Mariotte kanununu uygularsak,

$$70(\text{cm Hg}) \times 40 \times S \text{ cm}^2 = (p - 10) \times 35 \times S(\text{cm}^2)$$

ve bundan da  $p = 90 \text{ cm Hg}$  basıncı buluruz.

b) Bu durumda, borudaki havanın hacmi  $V_3 = 30 \times S (\text{cm}^2)$ , basıncı ise  $p_3 = p' - 2h = p' - 26 (\text{cm Hg})$  basıncıdır. Borudaki havanın 1 ve 3. durumuna Boyle-Mariotte kanununu uygularsak ( $p_1 V_1 = p_3 V_3$  yazarsak), sonunda,  $p' = 113,33 \text{ cm Hg}$  buluruz.

c) Manometrenin açık kolu, 70 cm Hg basınçlı atmosfere açık ise  $h = 0$  dir. Manometre  $p = 90 \text{ cm Hg}$  basınçlı bir kaba bağlanırsa  $h = 5 \text{ cm}$ ;  $p' = 113,33 \text{ cm}$  basınçlı bir kapla birleştirildiği zaman ise  $h' = 10 \text{ cm}$  oluyor. Bundan göremekteyiz ki basınçtaki değişme miktarları ( $90 - 70 = 20 \text{ cm Hg}$ ) ve ( $113,33 - 90 = 23,33 \text{ cm Hg}$ ) ve bunlara karşılık olan  $h$  yükselme miktarları ( $5 \text{ cm}$ ;  $5 \text{ cm}$ ) biribirileyle doğru orantılı olarak değişmemektedirler.



(Şek. IV-11)

182. Bir emme tulumba, ne kadar metre derinde bulunan bir hazzedeki: a) suyu, b) civayı ve c) alkollü, çekerbilir? Açık havaya basıncı 75 cm Hg, suyun, civanın ve alkolün özgül ağırlıkları ise  $1 \text{ g/cm}^3$ ,  $13,6 \text{ g/cm}^3$  ve  $0,8 \text{ g/cm}^3$  tür.

**Çözümü:** Açık havaya basıncı  $75 \text{ cm Hg} = 75 \times 13,6 = 1020 \text{ g/cm}^2$  dir. Tulumba borusu tam olarak boşaltılırsa, bu boruda yükselecek sıvı sütununun basıncı; açık havaya basıncını dengeleyecek bir büyüklükte olur. Bu düşünüse göre,

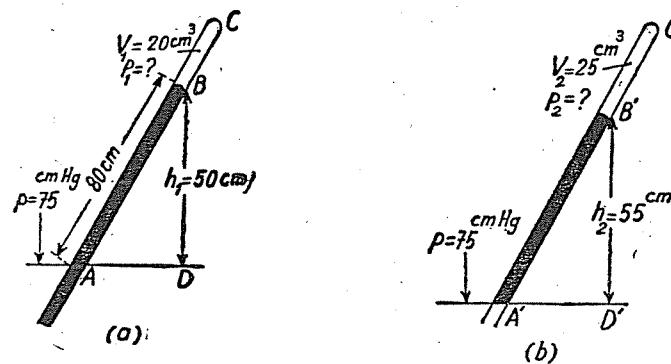
a)  $1020 \text{ g/cm}^2$  lik açık havaya basıncını dengeleyecek olan su sütunu yükseligi,  $1020 (\text{g/cm}^2) = h \gamma$  dan  $h = 1020 (\text{g/cm}^2) / 1 (\text{g/cm}^3) = 1020 \text{ cm}$  bulunur. Buna göre, emme tulumba, en çok 10,2 m derinde suyu çekerbilir.

b) Açıkhava basıncı 75 cm civa basıncı olduğuna göre; emme tulumba ile, en çok 75 cm derinde bulunan civa çekilebilir.

c) Alkolün özgül ağırlığı  $0,8 \text{ g/cm}^3$  olduğuna göre,  $1020 \text{ g/cm}^2$  lik bir basıncı dengeleyebilecek alkol sütununun yüksekliği  $h = 1020 \text{ (g/cm}^2\text{)} / 0,8 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 1275 \text{ cm}$  dir. Buna göre, emme tulumba ile en çok 1275 cm lik bir derinlikten alkol çekilebilir.

183. Üst ucu kapatılmış olan  $1 \text{ cm}^2$  kesitli diiz bir borunun alt ucu bir civa kabına batırılmıştır. Eğik olarak tutulmakta olan boru içinde, düşey yüksekliği 50 cm, boyu ise 80 cm olan bir civa sütunu ve bunun üzerinde kalan 20 cm lik kısmında ise hava bulunmaktadır. Boru, eğimi değiştirilmeden yukarı çekiliyor ve içindeki civa sütununun düşey yüksekliği 55 cm ye çıkarılıyor. a) Borudaki havanın yeni hacmi ne kadardır? b) Bu durumu elde etmek için, boru, ne şekilde ve ne kadar hareket ettirilmelidir?

Açıkhava basıncı 75 cm Hg dir, deney süresince açikhava basıncı ve sıcaklığının değişmediği kabul ediliyor.



(Şek. IV-12)

**Cözümü:** a) Borudaki havanın ilk durumda hacmi  $V_1 = S h = 1 \text{ (cm}^2\text{)} \times 20 \text{ (cm)} = 20 \text{ cm}^3$ , basıncı ise  $p_1 = p - h_1 = 75 - 50 = 25 \text{ cm Hg}$  dir (Şek. IV-12a). Aynı hava külesinin ikinci durumda basıncı  $p_2 = p - h_2 = 75 - 55 = 20 \text{ cm Hg}$  dir (Şek. IV-12b). Bu durumdaki  $V_2$  hacmi ise  $p_1 V_1 = p_2 V_2$  (Boyle-Mariotte) kanununa göre,  $V_2 = 25 \text{ cm}^3$  bulunur.

b) Borunan kesiti  $S = 1 \text{ cm}^2$  olduğuna göre, havanın 2. durumda kapladığı  $25 \text{ cm}^3$  lük hacmin  $B'C'$  yüksekliği 25 cm dir. (Şek. IV-11a ve b) deki  $ABD$  ve  $A'B'D'$  benzer üçgenlerinden,  $\overline{A'B'} / \overline{AB} = h_2 / h_1$  veya  $\overline{A'B'} / 80 \text{ (cm)} = 55 \text{ (cm)} / 50 \text{ (cm)}$  yazılıarak, bundan,  $\overline{A'B'} = 88 \text{ cm}$  bulunur. Bunlara göre,

$\overline{A'C} = \overline{A'B'} + \overline{B'C} = 88 + 25 = 113 \text{ cm}$  ve  $\overline{AC} = \overline{AB} + \overline{BC} = 80 + 20 = 100 \text{ cm}$  dir ve; dolayısı ile; boruyu 2. duruma getirmek için eğimini değiştirmeden yukarıya doğru 13 cm çekmek gereklidir.

184. Su ile dolu bir sifon, kısa kolu 50 cm, uzun kolu ise 120 cm olan iki dirsekli bir ABCD borusu şeklindedir (Şek. IV-13). Kollardan her biri birer su kabına 20 şer cm batırılmıştır ve sifon kollarını birleştiren BC borusundaki musluk kapalıdır. a) A,B,C ve D noktalarındaki basıncı hesaplayınız. b) Musluk açılırsa, sifon, suyu hangi yöne akтарır. c) I ve II kaplarının kesitleri aynı olduğuna göre, sifon kesilirken basınç farkı ne kadar ( $\text{g/cm}^2$ ) dir? Açıkhava basıncı, 75 cm Hg basıncıdır.

**Cözümü:** a) A düzeyindeki basınç, sıvı yüzünü iten açikhava basıncı ( $p = 75 \text{ cm Hg} = 75 \times 13,6 = 1020 \text{ (g/cm}^2\text{)}$  ile 20 cm yüksekliğindeki su sütunu basıncının toplamı olup,

$$p_A = 120 \text{ (g/cm}^2\text{)} + 20 \text{ (cm)} \times 1 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 1040 \text{ g/cm}^2$$

dir. B noktasındaki basınç, E noktasındaki  $p = 1020 \text{ g/cm}^2$  lik açikhava basıncından  $h_1 = 30 \text{ cm}$  yüksekliğindeki su sütunu basıncının farkına,

$$p_B = 1020 \text{ (g/cm}^2\text{)} - 30 \text{ (cm)} \times 1 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 990 \text{ (g/cm}^2\text{)}$$

ye eşittir. Aynı düşünüşle, C deki basınçın,

$$p_C = 1020 \text{ (g/cm}^2\text{)} - 100 \text{ (cm)} \times 1 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 920 \text{ (g/cm}^2\text{)}$$

D deki basınçın ise,

$$p_D = 1020 \text{ (g/cm}^2\text{)} + 20 \text{ (cm)} \times 1 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 1040 \text{ (g/cm}^2\text{)}$$

olduğu bulunur.

b) B deki basınç ( $p = 990 \text{ g/cm}^2$ ), C deki basınçtan ( $p = 920 \text{ g/cm}^2$  den) daha büyük olduğu için B ve C arasındaki musluk açılırsa, su  $p_B - p_C = 990 -$

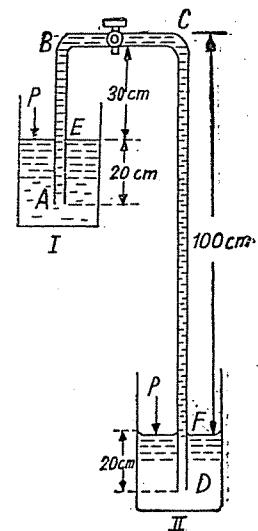
(Şek. IV-13)

920 = 70 ( $\text{g/cm}^2$ ) lik basınç farkı yüzünden, B den C ye (I kabından II kabina) doğru akmağa başlar, —

c) I kabindaki su 20 cm alcalarak A hizasına vardığı anda II kabindaki su 20 cm yükselir. Bu duruma göre,

$$p_B - p_C = 1020 \text{ (g/cm}^2\text{)} - 50 \text{ (cm)} \times 1 \text{ (g/cm}^3\text{)} - [1020 \text{ g/cm}^2 - 80 \text{ (cm)} \times 1 \text{ (g/cm}^3\text{)}] \\ = 970 \text{ (g/cm}^2\text{)} - 940 \text{ (g/cm}^2\text{)} = 30 \text{ (g/cm}^2\text{)} \quad \text{olur.}$$

185. Problem 184 de belirtilen sifon petrol ile dolduruluyor ve bu durumda A ucu bir petrol kabına, D ucu ise bir su kabına 20 şer cm daldırılıyor. a) B ve C noktalarındaki basınç farkını ve musluğun açılması halinde sifondaki sıvının hangi yönde akacağını bulunuz. b) Sifondaki petrolün akmaması için sifonun D ucu suya ne kadar cm batırılmalıdır? Petrolün özgül ağırlığı  $0,8 \text{ g/cm}^3$ . açikhava basıncı ise 75 cm Hg dir.



**Cözümü:**  $B$  deki basınç (Şek. IV-14),  $p_B = p - h_1 \gamma = 1020 \text{ (g/cm}^2 - 30 \text{ (cm)} \times 0,8 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 996 \text{ (g/cm}^2\text{)}$  dir.  $C$  deki basınçın bulmak için, su kabında  $D$  düzeyindeki basınçtan,  $CD$  borusundaki 120 cm lik petrol sütunu basıncını çıkarmak gereklidir. Böylece,

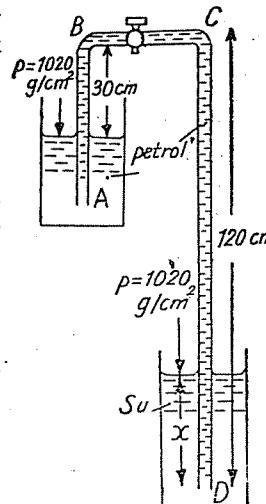
$$p_C = 1020 \text{ (g/cm}^2\text{)} + 20 \text{ (cm)} \times 1 \text{ (g/cm}^3\text{)} - 120 \text{ (cm)} \times 0,8 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 944 \text{ (g/cm}^2\text{)}$$

bulunur. Bu sonuçlara göre,  $B$  ve  $C$  noktalarındaki basınçların farkı,  $p_B - p_C = 996 - 944 = 52 \text{ (g/cm}^2\text{)}$  dir ve musluk açıldığı zaman, bu basınç farkından dolayı, petrol  $B$  den  $C$  ye doğru akar.

b)  $CD$  borusu suya  $x$  cm kadar batırıldığı zaman petrol akmasın (Şek. IV-14), Bu halde,  $p_B = p_C$  demektir. Bu koşul,

$$1020 \text{ (g/cm}^2\text{)} - 30 \text{ (cm)} \times 0,8 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 1020 \text{ (g/cm}^2\text{)} + x \times 1 \text{ (g/cm}^3\text{)} - 120 \text{ (cm)} \times 0,8 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

şeklinde yazılırak, bundan  $x = 72 \text{ cm}$  bulunur.



(Şek. IV-14)

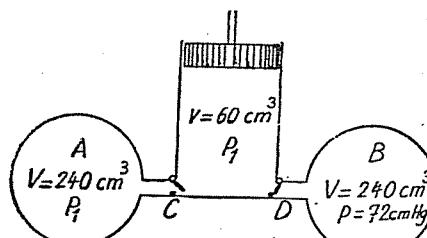
186. Silindirin maksimum hacmi 60 cm<sup>3</sup> olan pistonlu bir gaz tulumbasının emme ve basma boruları, içlerinde 72 cm Hg basıncında hava bulunan 240 cm<sup>3</sup> lük  $A$  ve  $B$  kapları ile birleştirilmişlerdir. Başlangıçta silindirin alt tabanına kadar itilmiş bulunan pistonun 1,2 ve 3 cü çekilipli itilmesinde  $A$  ve  $B$  kaplarındaki basınçlar ne kadar cm Hg olurlar?

**Cözümü:** Başlangıçta  $A$  ve  $B$  kaplarında 72 cm Hg basıncında 240 ar cm<sup>3</sup> hava bulunmaktadır. Piston, silindir içinde aşağıya sürülmüş olduğundan silindir gövdesinde hava yoktur. Piston yukarıya çekilişken  $C$  emme süpabı açılır ve  $A$  kabındaki gaz 60 cm<sup>3</sup> lük gövdeyi kaplayarak  $240 + 60 = 300 \text{ cm}^3$  olur (Şek. IV-15). 240 cm<sup>3</sup> lük bir hacimde 72 cm Hg basıncı kadar basınç yapan gazın 300 cm<sup>3</sup> lük bir hacimde yapacağı basınç, Boyle-Mariotte kanununa göre,

$$p_1 = \frac{240 \text{ (cm}^3\text{)} \times 72 \text{ (cm Hg)}}{300 \text{ (cm}^3\text{)}} = 57,6 \text{ (cm Hg)}$$

olur.

Piston, bundan sonra, yukarıdan aşağıya indirilirken  $C$  süpabı kapatır,  $A$  kabında 57,6 cm Hg basıncında 240 cm<sup>3</sup> hava kalır. Gövdedeki 57,6 cm Hg basıncı 60 cm<sup>3</sup> hava  $D$  süpabından  $B$  kabına sürüülür ve 240 cm<sup>3</sup> lük olan bu kapta,



(Şek. IV-15)

$$p' = \frac{60 \text{ (cm}^3\text{)} \times 57,6 \text{ (cm Hg)}}{240 \text{ (cm}^3\text{)}} = 14,4 \text{ (cm Hg)}$$

ilk bir basınç yapar. Oysa, başlangıçta  $B$  kabındaki havanın basıncı 72 cm Hg basıncı olduğundan, bu yeni haldeki basınç  $p_1' = 72 \text{ (cm Hg)} + 14,4 \text{ (cm Hg)} = 86,4 \text{ cm Hg}$  olur.

Piston, ikinci kez aşağıdan yukarıya doğru çekilirken,  $C$  süpabı açılır.  $A$  kabındaki 57,6 cm Hg basıncılı 240 cm<sup>3</sup> hava, 60 cm<sup>3</sup> genişerek, 300 cm<sup>3</sup> olur ve Boyle-Mariotte kanununa göre, bu yeni durumunda basıncı,

$$p_2 = \frac{240 \text{ (cm}^3\text{)} \times 57,6 \text{ (cm Hg)}}{300 \text{ (cm}^3\text{)}} = 46,08 \text{ (cm Hg)}$$

olur. Pistonun ikinci kez yukarıdan aşağıya itilmesi sırasında ise gövdede bulunan 46,08 cm Hg basıncılı 60 cm<sup>3</sup> gaz, 240 cm<sup>3</sup> lük  $B$  kabına sürüülür ve buradaki 86,4 cm Hg lik basıncın;

$$p'' = \frac{60 \text{ (cm}^3\text{)} \times 86,4 \text{ (cm Hg)}}{240 \text{ (cm}^3\text{)}} = 11,52 \text{ (cm Hg)}$$

kadar artmasına yol açar ve  $B$  deki basınç  $p_2' = 86,4 + 11,52 = 97,92 \text{ cm Hg}$  olur.

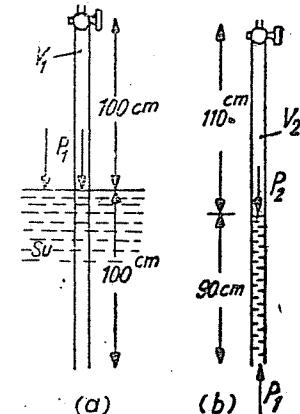
Aynı düşünüşle, pistonun 3. çekilişinde ve itilisinde  $A$  daki basıncın  $p_3 = 36,864 \text{ cm Hg}$ ,  $B$  deki basıncın ise  $p_3' = 107,136 \text{ cm Hg}$  olduğu bulunur.

187. Uzunluğu 200 cm olan bir boru, düşey olarak yarısına kadar suya batırılıyor, ağız kapatılıyor ve sonra sudan dışarıya çıkarılıyor. Boruda kalan suyun yüksekliği 90 cm olduğuna göre, deney sırasındaki açık havaya basıncını hesaplayınız.

**Cözümü:** Borunun kesiti  $S \text{ (cm}^2\text{)}$  olsun. Boru yarıya kadar suya batırıldık- tan sonra ağız kapatılınca, boru içinde hacmi  $V_1 = 100 \times S \text{ (cm}^3\text{)}$ , basıncı ise açık havaya basıncı ( $p_1$ ) kadar olan hava kapatılmış olur (Şek. IV-16a). Boru sudan çıkarıldığında, içinde 90 cm su kalmıştır. Su üzerindeki havanın yeni hacmi  $V_2 = 110 \times S \text{ (cm}^3\text{)}$ , basıncı ise  $p_2 = p_1 - 90$  olur (Şek. IV-16b). Boru içinde kapatılmış olan gaz kütlesinin 1. ve 2. durumlarına Boyle-Mariotte kanununu uygularsak,

$$100 \times S \times p_1 = 110 \times S \times (p_1 - 90)$$

ve bundan da  $p_1 = 990 \text{ (g/cm}^2\text{)} = 990/13,6 \approx 72,8 \text{ (cm Hg)}$  buluruz.



(Şek. IV-16)

188. İçine hava üfürülmüş olan 7 cm yarıçaplı bir sabun kabarcığı özgül ağırlığı 1,5 g/litre olan bir gaz içinde bırakıldığı yerde dengede kalıyor. Deney koşulları altında havanın özgül ağırlığı 1,3 g/litre olduğuna göre, bu kabarcığı kuşatan ve kalınlığı yok farz edilebilen sıvı zarının ağırlığı ne kadar gramdır?

**Çözümü:** Sabun kabarcığın hacmi,  $V = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3} \times (22/7) \times 7^3 \approx 1437(\text{cm}^3)$  kabarcık içindeki havanın ağırlığı,  $G_{\text{hava}} = V \gamma_{\text{hava}} = 1,437(\text{litre}) \times 1,3(\text{g/lit}) \approx 1,868 \text{ gram}$  dir. Kabarcığın toplam ağırlığı, sıvı zarının  $x$  ağırlığı ile bu zar içindeki havanın ağırlığı toplamı ( $G = x + 1,868$ ) kadardır. Kabarcık, özgül ağırlığı 1,5 g/litre olan gaz içinde bırakıldığı yerde dengede kaldıgına göre, toplam ağırlığı, taşırıldığı gazın ağırlığına eşittir. (Archimedes prensibi). Kabarcığın taşırıldığı gazın ağırlığı  $G_{\text{gaz}} = V \gamma_{\text{gaz}} = 1,437(\text{litre}) \times 1,5(\text{g/litre}) \approx 2,155 \text{ gram}$  dir. Denge koşulunu,

$$G = x + 1,868 = G_{\text{gaz}} = 2,155$$

şeklinde yazarak, bundan, kabarcığı çevreleyen sıvı zarının ağırlığı,  $x = 0,287 \text{ gram}$  bulunur.

189. Ağırlığı (içindeki gazın ağırlığı ayırt) 1250 kg c'la bir balon 10 kg lik bir kuvvetle yükselmektedir. Balondaki hidrojen gazının özgül ağırlığı, ucus koşulları altında, 0,09 g/litre, havanın özgül ağırlığı ise 1,3 g/litre olduğuna göre balonun hacmi ne kadar litredir?

**Çözümü:** Balonun hacmi  $V$  olsun. Balonun boş durumda ağırlığı  $G_1 = 1250 \text{ kg}$ , içindeki hidrojenin ağırlığı  $G_2 = V \times 0,09$ , toplam ağırlığı ise  $G = G_1 + G_2 = 1250000 + 0,09V \text{ gram}$  olur.

Öte yandan balonu hava içinde aşağıdan yukarıya doğru iten kuvvet (Archimedes itmesi) balonun taşırıldığı hava ağırlığı ( $G' = V \gamma_{\text{hava}} = V \times 1,3 \text{ gram}$ ) kadardır. Balonu yükseltmek kuvvet  $G - G'$  dir ve bu kuvvetin 10 kg (10.000 gram) olduğu verilmiştir. Buna göre,

$$G' - G = 10.000 \text{ veya } 1,3V - (1250000 + 0,09V) = 10000$$

yazılarak, bundan  $V \approx 1041300 \text{ litre} = 1041,3 \text{ m}^3$  bulunur.

190. Duyarlıklı bir laboratuvar terazisinin kefelerinden birine konan bir platin parçası, diğer kefeye konan, boşlukta ayarlanmış pirinc gramlarla tartılıyor ve 50,634 gram geliyor. Bu platin parçasının gerçek ağırlığını hesaplayınız. Platinin, pirincin ve havanın özgül ağırlıkları  $21 \text{ g/cm}^3$ ,  $8,7 \text{ g/cm}^3$  ve  $0,001293 \text{ g/cm}^3$  tür.

**Çözümü:** Tartılan cismin gerçek ağırlığı  $G_1$ , hacmi ise  $V_1$  olsun. Bu cisme yapılan hava itmesi (cismin yerini değiştirdiği havanın ağırlığı  $F_1 = V_1 \gamma_{\text{hava}} = (G_1/21) \times 0,001293 \text{ gram}$  dir ve cismin hava içindeki ağırlığı,

$$G'_1 = G_1 - F_1 = G_1 - \frac{G_1}{21} \times 0,001293 = G_1 \left( \frac{21 - 0,001293}{21} \right) \approx 0,99994 G_1$$

dir. Öte yandan, cismi dengeleyen gramların gerçek ağırlığı  $G_2 = 50,634 \text{ gram}$ , bunların hacmi  $V_2 = 50,634/8,7 = 58,2 \text{ cm}^3$ ; hava itmesi ise  $F_2 = V_2 \gamma_{\text{hava}} = 58,2 \times 0,001293 \approx 0,075 \text{ gram}$  olduğundan gramların hava içindeki ağırlığı,

$$G'_2 = G_2 - F_2 = 50,634 - 0,075 = 50,559 \text{ gram}$$

dir. Terazi hava içinde dengelendiği için tartılan cismin ve bunu dengeleyen gramların hava içindeki  $G'_1$  ve  $G'_2$  ağırlıklarının eşitliği,  $0,99994 G_1 = 50,559$  şeklinde yazılarak; bundan  $G_1 \approx 50,562 \text{ gram}$  bulunur.

## E K P R O B L E M L E R

1. 75 cm Hg basıncını: a)  $\text{g/cm}^2$ , b) mikrobar, c) milibar, ç) Newton/ $\text{m}^2$  cinsinden hesaplayınız.

Cevap: a)  $1020 \text{ g/cm}^2$ ; b)  $1000620 \text{ mikrobar} (= \text{bari})$ ; c)  $1000620 \text{ mbar}$ ; ç)  $100.062 \text{ N/m}^2 (= \text{pascal})$ .

2. Açık hava basıncının 600 mm Hg olduğu bir yerde bir kuyunun suyu, bir emme tulumba ile en çok ne kadar derinden çekilebilir? Civanın yoğunluğu 13,6 dir.

Cevap: En çok 8,16 m den.

3. Deniz seviyesinden 600 m ye yükselen bir balonda bulunan bir barometre, açık hava basıncının 760 mm Hg dan 710 mm Hg'ya düşüğünü gösteriyor. Havanın bu bölgedeki ortalama yoğunluğu ne kadar? Civanın yoğunluğu 13,6 dir.

Cevap:  $\approx 0,00113 \text{ g/cm}^3$ .

4. Civalı bir barometrede civa sütununun yüksekliği 0,05 mm ye degen bir duyarlıkla ölçülebiliyor. Bu alet ile yükseklik ölçülüürken ne kadar hata yapılabılır? Civanın ve havanın yoğunlukları: 13,6 ve 0,00129 dir.

Cevap:  $\approx 52 \text{ cm}$ .

5. Hacmi  $100 \text{ m}^3$  olan bir balon hidrojenle doldıruluyor. Balonun boş olarak ağırlığı 62,5 kg, havanın yoğunluğu  $1,2 \text{ kg/m}^3$ , hidrojenin

yögenluğu ise  $0,09 \text{ kg/m}^3$  olduğuna göre, balonu yükseltten net kuvvet ne kadardır?

Cevap: 48,5 kg.

6. Derinliği 51 m olan bir gölün dibinden ayrılan bir hava kabarcığının hacmi, bu kabarcık suyun yüzüne gelince ne kadar kat artmış olur? Göldeki sıcaklığın sabit, açık hava basıncının 75 cm Hg ve civanın öz. ağırlığının  $13,6 \text{ g/cm}^3$  olduğu kabul ediliyor.

Cevap: 6 kat.

7. Boşluğununa bir miktar hava kaçmış olan bir barometre, açık hava basıncının tam 76 cm olduğu bir anda 70 cm Hg gösteriyor. Bu barometrenin 67 cm Hg basıncını gösterdiği bir anda, açık hava basıncının doğru değeri nedir? Her iki ölçümede de, barometre borusunun çanaktaki civa düzeyinden olan yüksekliği aynı ve 85 cm dir.

Cevap: 72 cm Hg basıncı.

8. Bir yağ bidonu içinde 1 m derinde bulunan bir hava kabarcığının hacmi  $5 \text{ cm}^3$  tür. Yağın yoğunluğu 0,8 dir ve bidondaki yağın üzerindeki açık hava basıncı 75 cm Hg dir. Bu kabarcığın bulunduğu yerden ayrılarak yağın yüzüne verdiği andaki hacmi ve bu anda kendisini yukarıya iten net kuvvet ne kadardır? Havanın yoğunluğu  $0,0013 \text{ g/cm}^3$  tür.

Cevap:  $\approx 5,4 \text{ cm}^3$  ve  $\approx 4,3$  gram.

9. Hacmi  $1,2 \text{ m}^3$  olan kapalı bir bidonda, önce, 1 atmosfer basınçlı hava bulunmaktadır. Bu bidona su pompalanıyor ve suyun üzerinde kalan havanın basıncı 5 atmosfere çıkışınca, otomatik bir şalter, pompalama durduruyor. Şalter, kapandığı anda, bidonda ne kadar su bulunur?

Cevap:  $0,96 \text{ m}^3$ .

10. Bir fanus içerisinde kapalı bulunan 75 cm Hg basınçlı  $1200 \text{ cm}^3$  hava, silindir gövdesinin iç hacmi  $800 \text{ cm}^3$  olan bir gaz tulumbası ile boşaltılmak isteniyor. a) Pistonun her emme hareketinde, fanustaki havanın basıncı ne kadar azalır? b) İlk iki emme sonunda basınç ne kadara düşer?

Cevap: a) Emmeden önceki basıncın 0,6 katı; b) 27 cm Hg.

## BÖLÜM V

### SICAKLIKLARIN ÖLÇÜLMESİ VE GENLEŞMELER

#### A — SICAKLIKLARIN ÖLÇÜLMESİ

1. TERMOMETRE VE TERMOMETRE EŞELLERİ. — Sıcaklık derecelerini ölçmeye veya karşılaştırmağa yarayan termometreler, cisimlerin sıcaklıkla düzgün ve doğru orantılı olarak değişen birtakım özelliklerinden — genellikle, genleşmelerden — yararlanılarak yapılmıştır.

Bir termometreyi derecelemek için, önce üzerine sabit noktalar işaretlenir, sonra da bu noktaların arası böülümlere ayrılır.

2. YÜZDELİK EŞEL (CELSIUS EŞELİ). — Bu eşelde, 76 cm Hg basıncı altında ergimekte olan buzun sıcaklığına  $0^\circ\text{C}$ , kaynamakta olan suyun verdiği buharların sıcaklığına ise  $100^\circ\text{C}$  işaret konmuş ve bu iki sabit nokta arası 100 bölüme ayrılmıştır. Bu bölümlerden her biri  $1^\circ\text{C}$  (1 yüzdelik derece veya 1 Celsius derecesi) adını alır.

3. FAHRENHAYT EŞELİ. — Bu eşelde, aynı sabit noktalara  $32^\circ\text{F}$  ve  $212^\circ\text{F}$  işaretleri konmuş ve bu iki sabit nokta arası 180 eşit bölüme ayrılmıştır.

Celsius eşeline göre verilmiş herhangi bir  $t_c$  sıcaklık derecesinin Fahrenhayt eşelindeki  $t_f$  karşılığı, formülünden bulunur.

$$\frac{t_f - 32}{1,8} = \frac{t_c}{1}$$

4. REAUMUR EŞELİ. — Bu eşelde, buzun ergime sıcaklığı  $0^\circ\text{R}$ , kaynamakta olan su buharının sıcaklığı ise  $80^\circ\text{R}$  kabul edilmiş ve bu iki sabit nokta arası 80 bölüme ayrılmıştır.

Celsius eşeline göre verilmiş olan herhangi bir  $t_c$  sıcaklık derecesinin Réaumur eşelineki  $t_R$  karşılığı,

$$\frac{t_c}{1} = \frac{t_R}{0,8}$$

formülünden bulunuz.

5. MUTLAK SICAKLIK EŞELİ (KELVIN EŞELİ). — Bu eşelde, sabit noktalara  $273^{\circ}\text{K}$  ve  $373^{\circ}\text{K}$  işaretleri konmuş ve bu iki sabit nokta arası 100 bölüme ayrılmıştır. Bu bölgeler Celsius eşelineki bölgelerin genişliğindedir. Celsius eşelineki herhangi bir  $t_c$  sıcaklık derecesinin Kelvin eşelineki  $t_K$  (veya  $T$ ) karşılığı arasında,

$$t_c + 273 = t_K \quad \text{veya} \quad t(^{\circ}\text{C}) + 273 = T(^{\circ}\text{K})$$

bağıntısı vardır.

## B — KATILARIN GENLEŞMELERİ

1. UZAMA KATSAYISI VE FORMÜLLERİ. — Göz önüne alınan bir cismin birim uzunluğunun 1 derecelik bir sıcaklık yükselmesine karşılık boyca artma miktarına  $u z a m a k a t s a y i s i$  denir. Bu katsayı  $\lambda$  harfi ile gösterilir.

$0^{\circ}\text{C}$  de uzunluğu  $l_0$  olan bir çubuğun  $t^{\circ}\text{C}$  lük bir sıcaklıkta boyu  $l$  olsun.  $0^{\circ}\text{C}$  den  $t^{\circ}\text{C}'e$  kadar ısıtılan çubuğun,

$$\text{uzunlığundaki artma: } l_t - l_0 = l_0 \lambda t$$

$$t^{\circ}\text{C} \text{ deki uzunluğu ise: } l_t = l_0 (1 + \lambda t) \quad \text{dir.}$$

2. UZAMANIN GENEL FORMÜLLERİ. —  $0^{\circ}\text{C}$  deki uzunluğu  $l_0$  olan bir çubuğun  $t_1$  ve  $t_2$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) lerdeki uzunlukları  $l_1 = l_0 (1 + \lambda t_1)$  ve  $l_2 = l_0 (1 + \lambda t_2)$  olsun. Bu iki denklemin bölünmesinden, çok kullanışlı olan,

$$l_2 = l_1 \frac{1 + \lambda t_2}{1 + \lambda t_1} \quad \text{veya} \quad l_2 \approx l_1 [1 + \lambda (t_2 - t_1)]$$

formülleri bulunur.

3. YÜZEYCE GENLEŞME KATSAYISI VE FORMÜLLERİ. — Göz önüne alınan bir cismin birim yüzeyinin 1 derecelik bir sıcaklık yükselmesine karşılık yüzeyce artma miktarına  $y u z e y c e g e n -$

$l e s m e k a t s a y i s i$  denir.  $b$  ile göstereceğimiz bu katsayı, göz önüne alınan maddenin uzama katsayısının hemen hemen iki katına eşittir ( $b \approx 2\lambda$ ).

$0^{\circ}\text{C}$  deki yüzölçümü  $S_0$  olan bir yüzeyin  $t^{\circ}\text{C}$  lük bir sıcaklığındaki yüzölçümü  $S_t$  olsun.  $0^{\circ}\text{C}$  den  $t^{\circ}\text{C}'e$  kadar ısıtılan cismin,

$$\text{yüzölçümündeki artma: } S_t - S_0 = S_0 bt = 2S_0 \lambda t$$

$$t^{\circ}\text{C} \text{ deki yüzölçümü: } S_t = S_0 (1 + bt) = S_0 (1 + 2\lambda t) \quad \text{olur.}$$

4. YÜZEYCE GENLEŞMENİN GENEL FORMÜLLERİ. —  $0^{\circ}\text{C}$  deki yüzölçümü  $S_0$  olan bir levhanın  $t_1$  ve  $t_2$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) deki yüzölçümleri  $S_1 = S_0 (1 + bt_1)$  ve  $S_2 = S_0 (1 + bt_2)$  olsun. Bunların bölünmesiyle,

$$S_2 = S_1 \frac{1 + bt_2}{1 + bt_1} \quad \text{veya} \quad S_2 \approx S_1 [1 + b(t_2 - t_1)] \quad (b = 2\lambda)$$

formülleri bulunur.

5. HACİMCE GENLEŞME KATSAYISI VE FORMÜLLERİ. — Bir cismin birim hacminin 1 derecelik bir sıcaklık yükselmesine karşılık hacimce artma miktarına o cismin  $h a c i m c e g e n l e s m e k a t s a y i s i$  denir.  $a$  ile göstereceğimiz bu katsayı, ele alınan cismin uzama katsayısının hemen hemen 3 katına eşittir ( $a \approx 3\lambda$ ).

$0^{\circ}\text{C}$  de hacmi  $V_0$  olan bir cismin  $t^{\circ}\text{C}$  de hacmi  $V$  ise, bu cismin,

$$\text{hacmindeki artma: } V_t - V_0 = V_0 at = 3V_0 \lambda t$$

$$t^{\circ}\text{C} \text{ deki hacmi: } V_t = V_0 (1 + at) = V_0 (1 + 3\lambda t) \quad \text{olur.}$$

6. HACİMCE GENLEŞMENİN GENEL FORMÜLLERİ. — Uzama ve yüzeyce genleşmede olduğu gibi,

$$V_2 = V_1 \frac{1 + at_2}{1 + at_1} \quad \text{veya} \quad V_2 \approx V_1 [1 + a(t_2 - t_1)] \quad (a = 3\lambda)$$

dir.

## C — SİVİLARIN GENLEŞMESİ

1. GERÇEK (MUTLAK) GENLEŞME. — Sivilarda sadece hacimce genleşme vardır. Bir sıvının birim hacminin, 1 derecelik bir sıcak-

lik artmasına karşılık, hacimce artma miktarına o sıvinin mutlak veya gerçek (hakiki) genleşme katsayısı denir. Bu katsayı,  $a_h$  simbolü ile gösterilir. Katların hacimce genleşmelerine ilişkin bütün kural ve formüller sıvıların mutlak genleşmelerinde de kullanılır.

2. ZÂHİRÎ (GÖRÜNÜR) GENLEŞME. — Sıvılar, ısıtıldıkları zaman, kaplarının da genleşmesi yüzünden, hakiki genleşmelerinden daha az genleşmiş gibi görünürler.

Bir kap içinde bulunan bir sıvinin birim hacminin  $1^{\circ}\text{C}$  lük bir sıcaklık artmasına karşılık genleşmiş gibi göründüğü miktara, o sıvinin zâhirî veya görünürlük genleşme katsayısı denir.  $a_g$  ile gösterelimiz bu katsayı, sıvinin hakiki genleşme katsayısı ile, kabin genleşme katsayısı ( $a_{\text{kab}}$ ) arasındaki farka eşittir:

$$a_g = a_h - a_{\text{kab}} = a_h - 3\lambda$$

( $\lambda$ , kabin yapılmış olduğu maddenin uzama katsayısıdır).

3. BİR CİSMİN ÖZGÜL, KÜTLE VE ÖZGÜL AĞIRLIĞININ SICAKLIKLA DEĞİŞMESİ. —  $0^{\circ}\text{C}$  deki özgül kütlesi  $\rho_0$  (veya, özgül ağırlığı  $\gamma_0$ ) olan bir cisim herhangi bir  $t^{\circ}\text{C}$  deki özgül kütlesi (veya, özgül ağırlığı),

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 + at} \quad \text{veya} \quad \gamma = \frac{\gamma_0}{1 + at}$$

olar.

4. BAROMETRE YÜKSEKLİĞİNİN  $0^{\circ}\text{C}$ 'E ÇEVİRİLMESİ. — Herhangi bir  $t^{\circ}\text{C}$  de okunan  $h$  barometre yüksekliğinin  $0^{\circ}\text{C}$  deki karşılığı,

$$h_0 = \frac{h}{1 + 0,00018t}$$

dir.

## PROBLEMLER

### A — SICAKLIKLARIN ÖLÇÜLMESİ

191. Aşağıdaki yüzdelik (Celsius) sıcaklık derecelerini Fahrenheit ve Réaumur esellerine çeviriniz:  $40^{\circ}\text{C}$ ,  $15^{\circ}\text{C}$ ,  $-10^{\circ}\text{C}$  ve  $-58^{\circ}\text{C}$ .

**Çözümü:** Herhangi bir  $t_C$  sıcaklığı ile bunun Fahrenheit eselindeki  $t_F$  karşılığı arasındaki bağıntı,

$$\frac{t_F - 32}{1,8} = \frac{t_C}{1} \quad \text{olup, bundan,} \quad t_F = 1,8 t_C + 32$$

bulunur.

Bu bağıntıdan,

$$t_C = +40^{\circ}\text{C} \text{ için, } t_F = 1,8 \times 40 + 32 = 104^{\circ}\text{F};$$

$$t_C = +15^{\circ}\text{C} \text{ için, } t_F = 59^{\circ}\text{F}, \quad t_C = -10^{\circ}\text{C} \text{ için } t_F = 14^{\circ}\text{F} \text{ ve } t_C = -53^{\circ}\text{C} \text{ için } t_F = -72,4^{\circ}\text{F} \text{ bulunur.}$$

Verilen sıcaklık derecelerinin Réaumur eşelindeki karşılıkları ise,

$$(t_C/1 = t_R/0,8) \text{ veya } t_R = 0,8 t_C \text{ bağıntısından } t_C = +40^{\circ}\text{C} \text{ için } t_R = 0,8 \times 40 = 32^{\circ}\text{R}, \quad t_C = +15^{\circ}\text{C} \text{ için } t_R = 12^{\circ}\text{R}, \quad t_C = -10^{\circ}\text{C} \text{ için } t_R = -8^{\circ}\text{R} \text{ ve } t_C = -58^{\circ}\text{C} \text{ için } t_R = -46,4^{\circ}\text{R} \text{ bulunur.}$$

192. Aşağıdaki sıcaklık derecelerinin Celsius sıcaklık eşelindeki karşılıklarını bulunuz: a)  $70^{\circ}\text{F}$ , b)  $40^{\circ}\text{F}$ , c)  $0^{\circ}\text{F}$  ve ç)  $-40^{\circ}\text{F}$ .

**Çözümü:** Herhangi bir  $t_F$  sıcaklık derecesinin Celsius eşelindeki  $t_C$  karşılığı,  $t_C = (t_F - 32) / 1,8$  bağıntısından bulunabilir. Buna göre,

a)  $70^{\circ}\text{F}$ in Celsius eşelindeki karşılığı:  $t_C = (70 - 32) / 1,8 \approx 21,1^{\circ}\text{C}$

b)  $40^{\circ}\text{F}$ in Celsius eşelindeki karşılığı:  $t_C = (40 - 32) / 1,8 \approx 4,4^{\circ}\text{C}$

c)  $0^{\circ}\text{F}$ in Celsius eşelindeki karşılığı:  $t_C = (0 - 32) / 1,8 \approx -17,8^{\circ}\text{C}$

ç)  $-40^{\circ}\text{F}$ in Celsius eşelindeki karşılığı:  $t_C = (-40 - 32) / 1,8 = -40^{\circ}\text{C}$

dir.

193. Hangi sıcaklık, Fahrenheit ve Réaumur esellerine göre de-recelenmiş termometrelerde aynı sayı ile gösterilir?

**Çözümü:** Herhangi bir  $t_F$  sıcaklık derecesinin Celsius ve Réaumur esellerindeki karşılıkları,

$$\frac{t_F - 32}{1,8} = \frac{t_C}{1} = \frac{t_R}{0,8}$$

bağıntısından hesaplanır. Problemimizde  $t_F = t_R$  olacağı belirtildiği için, bu  $(t_F - 32) / 1,8 = t_F / 0,8$  şeklinde yazılarak; bundan;  $0,8(t_F - 32) = t_F$  bağıntı,  $t_F = -25,6^{\circ}\text{F} = -25,6^{\circ}\text{R}$  bulunur. Demek oluyor ki bir Fahrenheit ve sonunda  $t_F = -25,6^{\circ}\text{F} = -25,6^{\circ}\text{R}$  bulunur. Demek oluyor ki bir Fahrenheit termometresinin  $-25,6^{\circ}\text{F}$  gösterdiği bir anda, Réaumur eseli ile derecelenmiş bir termometre de  $-25,6^{\circ}\text{R}$ ü gösterecektir.

194. Mutlak sıfır, Celsius eşeline  $-273^{\circ}\text{C}$  de bulunmaktadır. Bu sıcaklık derecesinin Fahrenheit ve Réaumur eşellerindeki karşılıklarını bulunuz.

**Cözümü:** 193. problemde kullandığımız genel formülde  $t_C = -273^{\circ}\text{C}$  yazacağ olursak;

$$\frac{t_F - 32}{1,8} = \frac{-273}{1} = \frac{t_R}{0,8}$$

denklemini elde ederek, bundan,  $t_F = 1,8 \times (-273) + 32 = -459,4^{\circ}\text{F}$  ve;  $t_R = 0,8 \times (-273) = -218,4^{\circ}\text{R}$  bulunur.

195. Havanın sivilasma sıcaklığı  $-182^{\circ}\text{C}$  dir. Bu sıcaklığı, Kelvin ve Fahrenheit eşellerine çeviriniz.

**Cözümü:** Herhangi bir  $t(^{\circ}\text{C})$  nin karşılığı olan  $T(^{\circ}\text{K})$ ,  $T = t + 273$  bağıntısı ile hesaplanacağı için,  $-182^{\circ}\text{C}$  nin karşılığı olan mutlak sıcaklık derecesi;

$$T = -182 + 273 = 91^{\circ}\text{K}$$

dir.  $-182^{\circ}\text{C}$  nin Fahrenheit eşelineki karşılığı ise, problem 191 de gösterilen yoldan;  $t_F = 1,8 \times (-182) + 32 = -295,6^{\circ}\text{F}$  bulunur.

196.  $10^{\circ}\text{C}$  lik bir sıcaklık artması, Fahrenheit, Réaumur ve Kelvin eşellerine göre ne kadar derecelik artmalara karşılık olur?

**Cözümü:**  $1^{\circ}\text{C}$  lik bir sıcaklık derecesi,  $1,8^{\circ}\text{F}$  lik,  $0,8^{\circ}\text{R}$  lik ve  $1^{\circ}\text{K}$  lik bir sıcaklık aralığına eşit olduğundan,  $10^{\circ}\text{C}$  lük bir sıcaklık artması;

$10 \times 1,8 = 18^{\circ}\text{F}$  lik;  $10 \times 0,8 = 8^{\circ}\text{R}$  lik ve;  $10 \times 1 = 10^{\circ}\text{K}$  lik bir sıcaklık artmasına eşdeğerdir.

## B — KATILARIN GENLEŞMELERİ

197.  $0^{\circ}\text{C}$  deki uzunluğu 10 m olan bir alüminyum çubuk veriliyor. a) Bu çubuk  $0^{\circ}\text{C}$  den  $50^{\circ}\text{C}$ 'e kadar ısılınca boyu ne kadar artar ve sonunda ne kadar metre olur? b) Aynı çubuk,  $0^{\circ}\text{C}$  den  $100^{\circ}\text{C}$ 'e kadar ısılmış olsaydı uzama miktarı ve son uzunluğu ne olurdu? c) Aynı çubuk,  $50^{\circ}\text{C}$  den  $100^{\circ}\text{C}$ 'e ısılıyor. Uzama miktarı ne kadar m dir? Alüminyumun uzama katsayısı  $0,000024 (1/\text{C})$  dir.

**Cözümü:** a)  $0^{\circ}\text{C}$  deki uzunluğu  $l_0 = 10$  m olan alüminyum çubuk,  $50^{\circ}\text{C}$ 'e kadar ısılınca, boyca artma miktarı;

$l_{50} - l_0 = l_0 \lambda t_1 = 10 (\text{m}) \times 0,000024 (1/\text{C}) \times 50 (^{\circ}\text{C}) = 0,012 (\text{m})$   
 $50^{\circ}\text{C}$  deki uzunluk ise,  $l_{50} = l_0 + \text{artma miktarı} = 10 (\text{m}) + 0,012 (\text{m}) = 10,012 (\text{m})$  olur.

b) Aynı çubuk  $0^{\circ}\text{C}$  den  $100^{\circ}\text{C}$ 'e kadar ısılınca, boyca artma miktarı;

$l_{100} - l_0 = l_0 \lambda t_2 = 10 (\text{m}) \times 0,000024 (1/\text{C}) \times 100 (^{\circ}\text{C}) = 0,024 (\text{m})$   
 $100^{\circ}\text{C}$  deki uzunluğu ise,

$$l_{100} = l_0 + \text{artma miktarı} = 10 (\text{m}) + 0,024 (\text{m}) = 10,024 (\text{m}) \text{ dir.}$$

c) Aynı çubuğu  $50^{\circ}\text{C}$  den  $100^{\circ}\text{C}$ 'e kadar ısılmasında uzama miktarı b ve a hallerinde hesapladığımız ( $0 - 100$ ) ve ( $0 - 50$ ) dereceleri arasındaki uzama miktarlarının farkı, demek,

$$(l_{100} - l_0) - (l_{50} - l_0) = l_{100} - l_{50} = 0,024 (\text{m}) - 0,012 (\text{m}) = 0,012 (\text{m}) \text{ dir}$$

198.  $50^{\circ}\text{C}$  deki uzunluğu 10,012 (m) olan bir alüminyum çubuk,  $50^{\circ}\text{C}$  den  $100^{\circ}\text{C}$  ye kadar ısılıyor. a) Boyca ne kadar artar? b)  $100^{\circ}\text{C}$  deki uzunluğu ne kadar olur? Alüminyumun uzama katsayısı:  $0,000024 (1/\text{C})$ .

**Cözümü:** Birinci yol: a) Verilen çubuğu  $0^{\circ}\text{C}$  deki uzunluğu,

$$l_{50} = l_0 (1 + \lambda t_1) \text{ den } l_0 = \frac{50}{1 + \lambda t_1} = \frac{50}{1 + 0,000024 \times 50} = 10 (\text{m})$$

olarak bulunduktan sonra,  $t_1 = 50^{\circ}\text{C}$  den  $t_2 = 100^{\circ}\text{C}$  e kadar ısılmasında uzama miktarı,

$$l_{100} - l_{50} = l_0 \lambda (t_2 - t_1) = 10 (\text{m}) \times 0,000024 (1/\text{C}) \times (100 - 50)^{\circ}\text{C} = 0,012 (\text{m}) - \text{bulunur.}$$

b) Çubuğu  $100^{\circ}\text{C}$  deki uzunluğu,

$$l_{100} = l_{50} + \text{artma miktarı} = 10,012 + 0,012 = 10,024 (\text{m})$$

veya, başka bir yoldan,  $l_{100} = l_0 (1 + \lambda t_2) = 10 (1 + 0,000024 \times 100) = 10,024 (\text{m})$  bulunur.

İkinci yol: a)  $t_1 = 50^{\circ}\text{C}$  deki uzunluğu  $l_{50} = 10,012 (\text{m})$  olan çubuğu  $t_2 = 100^{\circ}\text{C}$  e ısılmasında boyca artma miktarı,

$$l_{100} - l_{50} \approx l_{50} \lambda (t_2 - t_1) = 10,012 \times 0,000024 (100 - 50) = 0,0120144 (\text{m}) \text{ dir.}$$

b) Çubuğu  $100^{\circ}\text{C}$  deki uzunluğu ise,

$$l_{100} = l_{50} + \text{artma miktarı} \approx 10,12 + 0,0120144 = 10,0240144 (\text{m})$$

veya, başka bir yoldan

$l_{100} \approx l_0 [1 + \lambda (t_2 - t_1)] = 10,012 [1 + 0,000024 (100 - 50)] \approx 10,024 \text{ (m)}$   
olarak bulunur.

199.  $20^\circ\text{C}$  deki uzunluğu 500 m olan bir bakır «telefon teli» nin:  
a) sıcaklık derecesi  $40^\circ\text{C}$  olan bir yaz gününde ve b) sıcaklık derecesi  
 $-20^\circ\text{C}$  olan bir kış gününde, uzunluğu ne kadar metre dir?

Bakırın uzama katsayısı:  $0,000017 \text{ (1/}^\circ\text{C)}$  dir.

**Cözümü:** a) Bakır telin  $0^\circ\text{C}$  deki uzunluğu,

$$l_0 = \frac{500}{1 + 0,000017 \times 20} \approx 499,83 \text{ (m)}$$

dir. Buna göre,  $40^\circ\text{C}$  lik bir sıcaklığındaki uzunluğu,

$$l_{40} = l_0 (1 + \lambda t) = 499,83 (1 + 0,000017 \times 40) \approx 501,17 \text{ (m)}$$

dir.

b)  $0^\circ\text{C}$  deki uzunluğu  $l_0 = 499,83 \text{ (m)}$  olan bakır telin  $-20^\circ\text{C}$  deki uzunluğu,

$$l_{-20} = (1 + \lambda t) = 499,83 [1 + 0,000017 \times (-20)] \approx 499,66 \text{ (m)}$$

olar.

200. Bir platin cetvel  $0^\circ\text{C}$  de doğrudur. Bu cetvelte  $20^\circ\text{C}$  lik bir sıcaklıkta 50 cm olarak ölçülmüş olan bir uzunluğun doğru değeri ne kadardır? Platinin uzama katsayısı  $0,000009 \text{ (1/}^\circ\text{C)}$  dir.

**Cözümü:** Platin cetvel  $0^\circ\text{C}$  de böülümlendiği için, bir uzunluk ölçülürken sıcaklık  $0^\circ\text{C}$  ise okunan böülümler tamı tamına doğrudur. Ölçme  $0^\circ\text{C}$  de değil  $20^\circ\text{C}$  de yapılsa, cetvelin uzaması nedeni ile; böülümler arasındaki uzunluklar artar ve  $0^\circ\text{C}$  de tam 1 cm olan bir bölüm aralığı,  $20^\circ\text{C}$  de,

$$1 + \lambda t = 1 + 0,000009 \times 20 = 1,00018 \text{ (cm)}$$

olar. Buna göre;  $20^\circ\text{C}$  de 50 cm olarak ölçülmüş olan bir uzunluğun gerçek değeri,  $50 \text{ cm değil, } 50 \times 1,00018 = 50,009 \text{ (cm)}$  dir.

201. Tam 60 cm olan sabit bir uzunluk,  $20^\circ\text{C}$  de böülümlenmiş bir pirinç cetvel ile: a)  $30^\circ\text{C}$  de ve b)  $0^\circ\text{C}$  de ölçülsürse, ne kadar cm gelir?

Pirincin uzama katsayısı  $0,000018 \text{ (1/}^\circ\text{C)}$  dir.

**Cözümü:** a) Pirinç cetvel  $20^\circ\text{C}$  de böülümlendiği için, ölçme  $20^\circ\text{C}$  de yapılmış olsaydı, 60 cm bulunurdu. Pirinç cetvelin  $20^\circ\text{C}$  de tam 1 cm olan bir bölüm,  $30^\circ\text{C}$  de;  $1 + 0,000018 \times (30 - 20) = 1,00018 \text{ (cm)}$  olur ve tam 60 cm olan bir uzunluk;  $60/1,00018 \approx 59,98 \text{ cm}$  olarak okunur.

b) Pirinç cetvelin  $20^\circ\text{C}$  de tam 1 cm olan bir bölüm  $0^\circ\text{C}$  de,

$$1 + 0,000018 \times (0 - 20) = 0,99964 \text{ (cm)}$$

olur ve tam 60 cm olan bir uzunluk;  $60/0,99964 \approx 60,02 \text{ (cm)}$  olarak okunur.

202.  $0^\circ\text{C}$  deki uzunluğu 96 cm olan bir çubuk,  $80^\circ\text{C}$ 'e kadar ısılınca,  $0,18 \text{ cm}$  uzuyor. Bundan, çubugün uzama katsayısını bulunuz.

**Cözümü:** Çubugün birim uzunluğunun ( $1 \text{ cm}$  sinin),  $1^\circ\text{C}$  başına uzadığı miktarı bulmak için;  $0,18 \text{ cm yi } 96 \text{ cm ye ve } 80^\circ\text{C}'e$  bölmek gerekir ve böylece,

$$\lambda = \frac{l - l_0}{l_0 t} = \frac{0,18 \text{ (cm)}}{96 \text{ (cm)} \times 80^\circ\text{C}} \approx 0,000023 \text{ (1/}^\circ\text{C)}$$

bulunur.

203. Uzunluğu 6 m olan bir çelik kirişin sıcaklığı ne kadar  $^\circ\text{C}$  artarsa boyu  $0,2 \text{ cm}$  izar? Çelığın uzama katsayısı  $0,000012 \text{ (1/}^\circ\text{C)}$  dir.

**Cözümü:** Çelik kirişin  $t_1$  ve  $t_2$   $^\circ\text{C}$  deki uzunlukları  $l_1$  ve  $l_2$  olsun.

$$l_2 - l_1 = l_0 \lambda (t_2 - t_1) \approx l_1 \lambda (t_2 - t_1)$$

bağıntısında,  $l_1 - l_2 = 0,2 \text{ (cm)}$ ;  $l_1 = 600 \text{ (cm)}$  ve  $\lambda = 0,000011 \text{ (1/}^\circ\text{C)}$  yazılırsa;

$$0,2 \text{ (cm)} \approx 600 \text{ (cm)} \times 0,000011 \text{ (1/}^\circ\text{C)} (t_2 - t_1)$$

ve bundan da,  $t_2 - t_1 \approx 30,3^\circ\text{C}$  bulunur.

204. Bir bakır çubugün uzunluğu  $60^\circ\text{C}$  lik bir sıcaklıkta  $110,20 \text{ cm}$  olarak ölçülmeyecek. Aynı çubuk, bir başka gün,  $110,12 \text{ cm}$  gelmektedir. Buna göre, ikinci ölçmenin yapıldığı andaki sıcaklık derecesini bulunuz. Bakırın uzama katsayısı  $0,000017 \text{ (1/}^\circ\text{C)}$  dir.

**Cözümü:** Çubugün  $t_1 = 60^\circ\text{C}$  deki uzunluğu  $l_1 = l_0 (1 + \lambda t_1) = 110,20$ ;  $t_2 = ?$  deki uzunluğu ise;  $l_2 = l_0 (1 + \lambda t_2) = 110,12$  olup bu iki uzunluğun birbirlerine bölünmesinden;

$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{110,12}{110,20} = \frac{1 + 0,000017 t_2}{1 + 0,000017 \times 60}$$

denklemi elde edilerek, bundan;  $t_2 \approx 17,4^\circ\text{C}$  bulunur.

205. Yüksekliği 240 m olan bir çelik anten kulesi, yazın  $30^\circ\text{C}$  lük bir sıcaklıkta, kışın sıcaklığın  $-20^\circ\text{C}$  olduğu bir güne göre, ne kadar cm daha yüksektir? Çelığın uzama katsayısı  $0,000011 \text{ (1/}^\circ\text{C)}$  dir.

**Cözümü:** Sıcaklığı  $t_1$  °C'e kadar artan bir çubuğun boyca artma miktarı,

$$l_2 - l_1 = l_0 \lambda (t_2 - t_1) \approx l_1 \lambda (t_2 - t_1)$$

bağıntısından hesaplanabilir. Problemimizde  $l_0$  (veya  $l_1$ ) = 240 (m),  $\lambda = 0,000011$  (1/°C) ve  $t_2 - t_1 = 30 - (-20) = 50$  °C olduğundan,

$$l_2 - l_1 \approx 240 \times 0,000011 \times 50 = 0,132 \text{ (m)} = 13,2 \text{ (cm)}$$

bulunur.

206. Biri pirinç diğeri ise demirden yapılmış iki çubuk, 10°C de 50,1 cm gelmektedir. a) Bu iki çubuğun uzunlukları arasındaki fark, 40°C de ne kadar mm dir? b) Hangi sıcaklık derecesinde aralarındaki uzunluk farkı 0,1 mm olur?

Pirincin uzama katsayısı 0,000018 (1/°C), demirinki 0,000012 (1/°C) dir.

**Cözümü:** a) Pirinç çubuğun 40°C deki uzunluğu,

$$l_2 \approx l_1 [1 + \lambda (t_2 - t_1)] = 50,1 [1 + 0,000018 (40 - 10)] \approx 50,127 \text{ (cm)}$$

demir çubuğun 40°C deki uzunluğu ise,

$$l'_2 \approx l'_1 [1 + \lambda' (t_2 - t_1)] = 50,1 [1 + 0,000012 (40 - 10)] \approx 50,118 \text{ (cm)}$$

olup; iki çubuğun 40°C deki uzunlukları arasındaki fark,

$$l_2 - l'_2 = 50,127 - 50,118 = 0,009 \text{ (cm)} = 0,09 \text{ (mm)} \text{ dir.}$$

b) İki çubuğun  $t_1 = 10$  °C deki uzunlukları eşit ve  $l_1 = 50,1$  cm dir. Bu iki çubuğun  $t_2 = ?$  deki  $l_2$  ve  $l'$  uzunluklarının farkının 0,1 mm (veya 0,01 cm) olacağı yazılrsa;

$$l_2 - l'_2 \approx l_1 [1 + \lambda (t_2 - t_1)] - l'_1 [1 + \lambda' (t_2 - t_1)] = l_1 (t_2 - t_1) \cdot (\lambda - \lambda')$$

$$0,01 = 50,1 (t_2 - 10) (0,000018 - 0,000012)$$

ve bu denklemden de  $t_2 \approx 43,3$  °C bulunur.

Not : Problemin ikinci kısmı,  $l'_2 - l_2 = 0,01$  cm olması haline göre de çözülebilir ve, bu halde,  $t_2 \approx 43,3$  °C bulunur.

Demek oluyor ki 43,3 °C de pirinç çubuk, demir çubuktan 0,01 cm daha uzundur, — 23,3 °C de ise demir çubuk; pirinç çubuktan 0,01 cm daha uzundur.

207. Bir alüminyum çubuk 40°C de 150,6 cm, bir dökme demir çubuk ise aynı sıcaklıkta 150,57 cm dir. a) Bu iki çubuk hangi sıcaklık derecesinde aynı uzunlukta olurlar? b) Bu uzunluk ne kadardır?

Alüminyum ve dökme demirin uzama katsayıları 0,000022 (1/°C) ve 0,00001 (1/°C) dir.

**Cözümü :** a) Alüminyum çubuğun  $t_1 = 40$  °C deki uzunluğu  $l_1 = 150,6$  cm, bulunması istenen  $t_2$  °C deki uzunluğu ise  $l_2$  olsun. Buna göre,

$$l_2 \approx l_1 [1 + \lambda (t_2 - t_1)] = 150,6 [1 + 0,000022 (t_2 - 40)] \quad (1)$$

yazılabilir.  $t_1 = 40$  °C deki uzunluğu  $l'_1 = 150,57$  cm olan demir çubuk için ise,

$$l'_2 \approx 150,57 [1 + 0,00001 (t_2 - 40)] \quad (2)$$

denklemi yazılabilir. Her iki çubuğun  $t_2$  °C deki uzunlukları eşit olduğundan,  $l_2 = l'_2$  veya bunun yerine

$$150,6 [1 + 0,000022 (t_2 - 40)] = 150,57 [1 + 0,00001 (t_2 - 40)]$$

yazılarak, bundan,  $t_2 \approx 23,3$  °C bulunur.

b)  $t_2$  nin, az önce hesaplamış olduğumuz değerini (1) veya (2) denklemine götürmekle,  $l_2 - l'_2 = 150,57 [1 + 0,00001 (23,3 - 40)] \approx 150,54$  cm bulunur.

208. Çelikten yapılmış bir ölçme şeridi ile 10°C de ölçülen bir bakır çubuk 270 cm geliyor. Ölçme 30°C de yapılmış olsaydı bakır çubuğun uzunluğu ne kadar cm olarak okunurdu? Çeligin ve bakırın uzama katsayıları 0,000011 (1/°C) ve 0,000017 (1/°C) dir. Çelik şeridin 10°C de bölümlendiği bilinmektedir.

**Cözümü:** — Birinci yol: Uzama katsayısı daha büyük olduğu için bakır çubuk, çelik şeritten daha çok uzar ve 30°C de 270 cm den daha fazla gelir.

Bakır çubuğun görünen uzama miktarı = Bakırın uzama miktarı — çelik şeridin uzama miktarı, olduğundan; bu gerçek,

Bakırın görünen uzaması =  $270 \times 0,000017 \times (30 - 10) = 270 \times 0,000011 \times (30 - 10)$  denklemi ile özetlenerek, bundan, bakırın görünen uzama miktarı = 0,0324 cm bulunur. Buna göre, bakır çubuk 30°C de  $270 + 0,0324 \approx 270,03$  cm olarak ölçülür.

İkinci yol: Bakır çubuğun 30°C deki gerçek uzunluğu,

$$l_2 \approx l_1 [1 + \lambda (t_2 - t_1)] = 270 [1 + 0,000017 (30 - 10)] \approx 270,09 \text{ cm}$$

dir. Çelik şeridin 10°C de tam 1 cm olan 1 bölümü 30°C de,

$$l'_2 \approx l'_1 [1 + \lambda' (t_2 - t_1)] = 1 [1 + 0,000011 (30 - 10)] = 1,00022 \text{ cm}$$

olduğundan, gerçek uzunluğu 270,09 cm olan bakır çubuk, 30°C de bölgümleri 1,00022 cm olan çelik şeritle ölçüldüğünde,

$$\frac{l_2}{l'_2} = \frac{270,09}{1,00022} \approx 270,03 \text{ bölüm}$$

bulunur. Demek oluyor ki bakır çubuk 30°C de 270,09 cm olduğu halde, ölçme kullanılarak çelik şeridin genleşmesinden dolayı 270,03 cm olarak ölçülür.

209. Boyutları  $15^{\circ}\text{C}$  de  $100 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$  olan dikdörtgensel bir çelik levha  $175^{\circ}\text{C}$ 'e kadar ısıtılıyor. a) Yüzeyce ne kadar  $\text{cm}^2$  artar? b)  $175^{\circ}\text{C}$  deki yüzeyi ne kadar olur? Çeligin uzama katsayısı  $0,000011 \text{ } 1/\text{C}$  dir.

**Çözümü :** a) Verilen levhanın  $t_1 = 150^{\circ}\text{C}$  deki yüzeyi  $S_1 = 100 (\text{cm}) \times 60 (\text{cm}) = 6000 \text{ cm}^2$  dir. Yüzlerce genleşme katsayısi ise  $b = 2 \lambda = 2 \times 0,000011 = 0,000022 \text{ } (1/\text{C})$  olduğuna göre,  $15^{\circ}\text{C}$  den  $175^{\circ}\text{C}$ 'e kadar ısıtılınca yüzeyce artma miktarı,

$$S_2 - S_1 \approx S_1 b (t_2 - t_1) = 6000 (\text{cm}^2) \times 0,000022 (1/\text{C}) \times (175 - 15)^{\circ}\text{C} = 21,12 \text{ cm}^2 \text{ olur.}$$

b) Verilen levhanın  $175^{\circ}\text{C}$  deki yüzölçümü,

$$S_2 = S_1 + \text{yüzeyce artma} = 6000 + 21,12 = 6021,12 \text{ cm}^2 \text{ dir.}$$

**Not :** 1) Bu problem, önce,  $S_0$ 'ı hesaplamak suretiyle çözümlenebilirdi.

2) Dikdörtgenin kenarlarının  $175^{\circ}\text{C}$  deki uzunluklarını hesapladıktan sonra istenilenler bulunabilirdi.

210.  $0^{\circ}\text{C}$  de yarıçapı  $70 \text{ cm}$  olan dairesel bir çinko levha. a)  $40^{\circ}\text{C}$  den  $90^{\circ}\text{C}$ 'e kadar ısıtılıyor. Yüzeyi ne kadar artar? b)  $90^{\circ}\text{C}$  deki yüzeyi ne kadar  $\text{cm}^2$  olur? Çinkonun uzama katsayısı  $0,000026 \text{ } (1/\text{C})$  dir.

**Çözümü :** a) Verilen dairesel levhanın  $0^{\circ}\text{C}$  deki yüzeyi,  $S_0 = \pi r_0^2 = (22/7) 70^2 = 15400 \text{ cm}^2$  dir. Bu yüzeyin  $t_1 = 40^{\circ}\text{C}$  den  $t_2 = 90^{\circ}\text{C}$ 'e kadar ısıtılması halinde yüzeyce artma miktarı,

$$S_2 - S_1 = S_0 b (t_2 - t_1) = 15400 \times 2 \times 0,000026 (90 - 40) = 40,04 \text{ cm}^2 \text{ bulunur}$$

b) Verilen levhanın  $90^{\circ}\text{C}$  deki yüzeyi,

$$S_2 = S_0 (1 + bt_2) = 15400 (1 + 0,000026 \times 2 \times 90) = 15474,844 \text{ (cm}^2\text{)} \text{ dir.}$$

211. Bir kabin hacmi  $0^{\circ}\text{C}$  de  $1000 \text{ cm}^3$ ,  $30^{\circ}\text{C}$  de ise  $1001,44 \text{ cm}^3$  olduğuna göre, bu kabin yapılmış olduğu maddenin hacimce genleşme katsayısi ne kadardır?

**Çözümü :** Kabın  $0^{\circ}\text{C}$  den  $30^{\circ}\text{C}$ 'e ısıtılması halinde hacimce artma miktarı  $1001,44 - 1000 = 1,44 \text{ cm}^3$  tür. Kabın birim hacminin  $1^{\circ}\text{C}$  ısıtılması halindeki artma miktarı (hacimce genleşme katsayısi) ise,

$$\alpha = \frac{V_t - V_0}{V_0 t} = \frac{1,44 (\text{cm}^3)}{1000 (\text{cm}^3) \times 300 (\text{C})} = 0,000048 \text{ } (1/\text{C})$$

olar.

### C — SİVİLARIN GENLEŞMELERİ

212. Bir çelik kabın  $0^{\circ}\text{C}$  deki hacmi  $250 \text{ cm}^3$  tür. a) Bu kabın  $100^{\circ}\text{C}$  deki hacmi ne kadar  $\text{cm}^3$  tür? b) Bu kap içerisinde,  $0^{\circ}\text{C}$  de, civa dolduruluyor. Kap  $100^{\circ}\text{C}$ 'e kadar ısıtılınca içindeki civanın  $50,32 \text{ gram}$  taşıdığına göre, civanın genleşme katsayısi ne kadardır?

Çeligin uzama katsayısı  $0,00011 \text{ } (1/\text{C})$ , civanın yoğunluğu  $13,6 \text{ g/cm}^3$  tür.

**Çözümü :** a)  $0^{\circ}\text{C}$  deki hacmi  $V_0 = 250 \text{ cm}^3$  olan çelik kap,  $100^{\circ}\text{C}$ 'e kadar ısıtırsa hacmi,  $V_{100} - V_0 = V_0 \alpha (t_2 - t_1) = 250 \times 3 \times 0,00011 (100 - 0) = 0,825 \text{ cm}^3$  kadar artar.

b)  $0^{\circ}\text{C}$  deki hacmi  $V_0 = 250 \text{ cm}^3$  olan civa,  $100^{\circ}\text{C}$ 'e kadar ısıtıldığı zaman kaptan taşan miktarı  $m = 50,32 \text{ g}$  veya,  $50,32 / 13,6 = 3,7 \text{ cm}^3$  olduğundan,  $1 \text{ cm}^3$  civanın  $1^{\circ}\text{C}$  için görünürdeki genleşme miktarı (görünən - veya zâhirî - genleşme katsayısı),

$$\alpha_g = \frac{3,7 (\text{cm}^3)}{250 (\text{cm}^3) \times (100 - 0) \text{ C}} = 0,000148 \text{ } (1/\text{C}) \text{ olur.}$$

Çelik kap,  $0^{\circ}\text{C}$  den  $100^{\circ}\text{C}$ 'e kadar ısıttığımız zaman,  $0,825 \text{ cm}^3$  kadar genleşmeseysi, taşan civa  $3,7 + 0,825 = 4,525 \text{ cm}^3$  olacaktı. Buna göre civanın hakiki (gerçek) genleşme katsayıısı,

$$\alpha_h = \frac{4,525 (\text{cm}^3)}{250 (\text{cm}^3) \times (100 - 0) \text{ C}} = 0,000181 \text{ } (1/\text{C})$$

dir.

213. Civanın  $0^{\circ}\text{C}$  deki özgül kütlesi  $13,6 \text{ g/cm}^3$  tür. Civanın hacimce genleşme katsayıısı  $0,00018 \text{ } (1/\text{C})$  olduğuna göre,  $100^{\circ}\text{C}$  deki özgül kütlesi ne kadardır?

**Çözümü:**  $\rho_0 = 13,6 \text{ g/cm}^3$ ,  $t = 100^{\circ}\text{C}$  ve  $\alpha = 0,00018 \text{ } (1/\text{C})$  olarak verildiğiine göre,  $100^{\circ}\text{C}$  deki özgül kütle,

$$\rho_{100} = \frac{\rho_0}{1 + at} = \frac{13,6}{1 + 0,00018 \times 100} = 13,36 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

dir.

214. Altın'ın  $20^{\circ}\text{C}$  deki özgül ağırlığı  $19,30 \text{ g/cm}^3$ , uzama katsayısı ise  $0,000014 (1/\text{ }^{\circ}\text{C})$  olduğuna göre: a)  $0^{\circ}\text{C}$  deki özgül ağırlığı ne kadardır? b)  $100^{\circ}\text{C}$  deki özgül ağırlığı ne kadardır?

**Çözümü:** a) Altın'ın  $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$  deki öz. ağırlığı  $\gamma_1 = 19,30 \text{ g/cm}^3$  ve  $a = 3\lambda = 3 \times 0,000014 (1/\text{ }^{\circ}\text{C})$  olduğuna göre,  $0^{\circ}\text{C}$  deki özgül ağırlığı,

$$\gamma_1 = \frac{\gamma_0}{1 + at_1} \quad \text{veya} \quad 19,30 (\text{g/cm}^3) = \frac{\gamma_0}{1 + 3 \times 0,000014 \times 20}$$

den,  $\gamma_0 \approx 19,32 \text{ g/cm}^3$  bulunur.

b) Altın'ın  $100^{\circ}\text{C}$  deki özgül ağırlığı,

$$\gamma_2 = \frac{\gamma_0}{1 + at_2} = \frac{19,32}{1 + 3 \times 0,000014 \times 100} \approx 19,24 (\text{g/cm}^3)$$

olarak bulunur.

Not: Problemin ikinci kısmı,  $\frac{\gamma_2}{\gamma_1} = \frac{1 + at_1}{1 + at_2}$  bağıntısından da hesaplanabilirdi.

215. Bir cıvalı barometre ile  $20^{\circ}\text{C}$  de okunan barometre yüksekliği 75 cm dir. Ölçü yapıldığı anda açık hava sıcaklığı: a)  $0^{\circ}\text{ C}$  ve b)  $50^{\circ}\text{C}$  olsaydı barometreden okunacak olan cıva sütunlarının yükseklikleri ne kadar cm olurdu?

**Çözümü:** a)  $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$  de okunan barometre yüksekliği ( $h_{20} = 75 \text{ cm Hg}$ ) nin  $0^{\circ}\text{C}$  deki karşılığı,

$$h_0 = \frac{h_{20}}{1 + 0,00018 \times t_1} = \frac{75}{1 + 0,00018 \times 20} \approx 74,73 \text{ cm Hg dir.}$$

b)  $t_2 = 50^{\circ}\text{C}$  de okunan barometre yüksekliği ise,

$$h_{50} = h_0 (1 + 0,000018 \times t_2) = 74,73 (1 + 0,00018 \times 50) \approx 75,4 \text{ cm Hg dir.}$$

216. Hacmi  $0^{\circ}\text{C}$  de  $100 \text{ cm}^3$  olan bir cam balon  $20^{\circ}\text{C}$  de cıva ile dolduruluyor. Sıcaklık  $100^{\circ}\text{C}$ 'e yükseltilirse şişeden ne kadar cıva tasarı? Camın uzama katsayıısı  $0,000009 (1/\text{ }^{\circ}\text{C})$ , cıvanın mutlak genleşme katsayıısı  $0,00018 (1/\text{ }^{\circ}\text{C})$  dir.

**Çözümü:**  $0^{\circ}\text{C}$  deki hacmi  $V_0 = 100 \text{ cm}^3$  olan bir cam balon  $20^{\circ}\text{C}$  den  $100^{\circ}\text{C}$ 'e ısındığında hacimce artma miktarı,

$$V_{100} - V_{20} = V_0 \times 3\lambda (t_2 - t_1) = 100 \times 3 \times 0,000009 (100 - 20) = 0,216 \text{ cm}^3 \text{ olur.}$$

$100 \text{ cm}^3$  cıvanın,  $20^{\circ}\text{C}$  den  $100^{\circ}\text{C}$ 'e ısındıncaya hacmine artma miktarı ise,  $V'_{100} - V_{20} = V_0' a_h (t_2 - t_1) \approx 100 \times 0,00018 (100 - 20) = 1,44 \text{ cm}^3$  tür.

Cıvanın hacimce artma miktarı ( $1,44 \text{ cm}^3$ ), cam balonun hacimce artma miktarından ( $0,216 \text{ cm}^3$  ten) büyük olduğu için; balon  $100^{\circ}\text{C}$ 'e ısındıncaya içinden,  $1,44 - 0,216 = 1,224 \text{ cm}^3$  cıva tasarı.

217.  $0^{\circ}\text{C}$  deki hacmi tam  $1000 \text{ cm}^3$  olan bir cam balon, bu sıcaklıkta cıva ile doldurulmuştur. Bu balon  $100^{\circ}\text{C}$ 'e ısındığı zaman içindeki cıvanın  $15,2 \text{ cm}^3$ 'ü taşmaktadır. Cıvanın hakiki genleşme katsayıısı  $0,00018 (1/\text{ }^{\circ}\text{C})$  olduğuna göre, camın uzama katsayıısını hesaplayınız.

**Çözümü:**  $0^{\circ}\text{C}$  deki hacmi  $V_0 = 1000 \text{ cm}^3$  olan cıva,  $0^{\circ}\text{C}$  den  $100^{\circ}\text{C}$ 'e kadar ısındığı zaman, hacmi,

$$V_{100} - V_0 = V_0 a_h (t_2 - t_1) = 1000 \times 0,00018 (100 - 0) = 18 \text{ cm}^3$$

kadar artar.

Balonдан  $18 \text{ cm}^3$  cıva yerine  $15,2 \text{ cm}^3$  cıvanın taşıması, bize, cam balonun;  $0^{\circ}\text{C}$  den  $100^{\circ}\text{C}$ 'e kadar ısınması halinde,  $18 - 15,2 = 2,8 \text{ cm}^3$  genleştiğini belirtir. Balonun birim hacminin  $1^{\circ}\text{C}$  için genleşme miktarı (camın hacimce genleşme katsayıısı) ise;

$$a_{cam} = \frac{2,8 (\text{cm}^3)}{1000 (\text{cm}^3) \times 100 (\text{ }^{\circ}\text{C})} = 0,000028 (1/\text{ }^{\circ}\text{C})$$

dir. Buna göre, camın uzama katsayıısı,

$$\lambda = a_{cam} / 3 = 0,000028 / 3 \approx 0,000009 (1/\text{ }^{\circ}\text{C}) \text{ olur.}$$

218. Bir cismin uzama katsayıısı  $0,00002 (1/\text{ }^{\circ}\text{C})$ , havadaki ağırlığı ise 478,4 gramdır. Bu cisim, bir sıvı içinde  $-50^{\circ}\text{C}$  de 271,2 gram,  $+50^{\circ}\text{C}$  de ise 278,4 gram geliyor. Bu sıvının hacimce genleşme katsayıısı ne kadardır?

**Çözümü:** Havadaki ağırlığı 478,4 g olan cismin  $0^{\circ}\text{C}$  deki hacmi  $V_0$  olsun. Bu cismin  $-50^{\circ}\text{C}$  ve  $+50^{\circ}\text{C}$  deki hacimleri,

$$V_{-50} = V_0 (1 + 3\lambda t_1) = V_0 (1 - 3 \times 0,00002 \times 50) = 0,997 V_0 \quad \text{ve,}$$

$$V_{+50} = V_0 (1 + 3\lambda t_2) = V_0 (1 + 3 \times 0,00002 \times 50) = 1,003 V_0 \quad \text{dir}$$

İçine cismin batırıldığı sıvının hacimce mutlak genleşme katsayıısı  $a$ ,  $0^{\circ}\text{C}$  de özgül ağırlığı ise  $\gamma_0$  olsun. Bu sıvının  $-50^{\circ}\text{C}$  ve  $+50^{\circ}\text{C}$  deki özgül ağırlıkları,

$$\gamma_{-50} = \frac{\gamma_0}{1 - 50a} \quad \text{ve} \quad \gamma_{+50} = \frac{\gamma_0}{1 + 50a}$$

dir. Havadaki ağırlığı 478,4 g olan cisim, sıvı içinde,  $-50^{\circ}\text{C}$  de 271,2 g geldiğine göre, sıvı itmesi (cismin taşırduğu sıvının ağırlığı),  $-50^{\circ}\text{C}$  de,

$$478, - 271,2 = 207,2 = V_{-50} \cdot \gamma_{-50} = 0,997 V_0 \times \frac{\gamma_0}{1 + 50a}$$

+50°C de ise;

$$478,4 - 278,4 = 200 = V_{+50} \cdot \gamma_{+50} = 1,003 V_0 \times \frac{\gamma_0}{1 + 50a}$$

dir. Bu iki denklem birbirine bölünürse,

$$\frac{207,2}{200} = \frac{0,997 (1 + 50a)}{1,003 (1 - 50a)}$$

ve bundan da  $a \approx 0,00041$  (1/°C) bulunur.

219. Civalı bir barometrede, 0°C de böülümlenmiş bir pirinç cetvel ile, 25°C de okunan civa sütunu yüksekliği 75 cm olduğuna göre:  
 a) Cetvelin genleşmesinden ileri gelen hata ne kadardır? b) Bu okuma sırasında, ağıkhava basıncının doğru değeri ne kadar g/cm² dir? c) Aynı ağıkhava basıncı, sıcaklık 0°C olsaydı ne kadar yükseklikte bir civa sütunu ile ölçülecekti?

Pirinçin uzama katsayıısı 0,000018 (1/°C), civanın hacimce genleşme katsayıısı 0,00018 (1/°C), 0°C deki özgül ağırlığı ise 13,6 g/cm³ tür.

**Cözümü:** a) Cetvel 0°C de böülümlendiği için, 0°C de tam birer cm olan aralıklar 25°C de,  $1 + \lambda t = 1 + 0,000018 \times 25 = 1,00045$  cm olurlar. Buna göre, 25°C de 75 cm aralığının gerçek uzunluğu 75 cm değil,  $75 \times 1,00045 \approx 75,03$  cm olur; cetvelin uzamasından ileri gelen hata ise  $75,03 - 75 = 0,03$  cm dir.

b) Ağıkhava basıncının doğru değerini hesaplamak için, cetvelin uzamasından ileri gelen hata göz önüne alınacağı gibi civanın 25°C deki özgül ağırlığını da hesaba katmak gereklidir. Buna göre, 25°C de bulunan 75,03 cm lik civa sütunun yapacağı basıncı,

$$p = h_{25} \cdot \gamma_{25} = h_{25} \cdot \frac{\gamma_0}{1 + at} = \frac{75,03 \times 13,6}{1 + 0,00018 \times 25} \approx 1015,83 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

dir.

c) Ağıkhava basıncının doğru değeri 1015,83 g/cm³ ve civanın 0°C deki özgül ağırlığı  $\gamma_0 = 13,6 \text{ g/cm}^3$  olduğuna göre, 1015,83 g/cm³ lik basınç yapabilecek civa sütunu yüksekliği,

$$p = h_0 \gamma_0 = h_0 \cdot 13,6 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 1015,83 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

den,  $h_0 \approx 74,69$  cm bulunur.

Not:  $h_0$  yüksekliği,  $h_0 = \frac{h}{1 + 0,00018t}$  hazır formülünden de bulunabilir.

220. Bir piknimetre boş iken 15,06 gram, 20°C de alkol dolu iken 23 gram, 60°C sıcaklıkta alkol dolu iken ise 22,68 gram geliyor. Camın uzama katsayıısı 0,000009 (1/°C) olduğuna göre, alkolin hacimce mutlak genleşme katsayıısını bulunuz.

**Cözümü:** Piknometrenin 20°C ve 60°C deki hacimleri  $V_1$  ve  $V_2$ , alkolin bu sıcaklık derecelerindeki özgül ağırlıkları ise  $\gamma_1$  ve  $\gamma_2$  olsun. Piknometre içinde 20°C de bulunan alkolin ağırlığı için,

$$G_1 = 23 - 15,06 = 7,94 \text{ gram} = V_1 \cdot \gamma_1$$

piknometrede 60°C de bulunan alkolin ağırlığı için ise,

$$G_2 = 22,68 - 15,06 = 7,62 \text{ gram} = V_2 \cdot \gamma_2$$

denklemi yazılabilir. Bu iki denklemin bölünmesinden,

$$\frac{7,94}{7,62} = \frac{V_1}{V_2} \cdot \frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{V_0(1 + 3\lambda t_1)}{V_0(1 + 3\lambda t_2)} \times \frac{\frac{\lambda_0}{1 + at_1}}{\frac{\lambda_0}{1 + at_2}} = \frac{1 + 3\lambda t_1}{1 + 3\lambda t_2} \times \frac{1 + at_2}{1 + at_1}$$

denklemi elde edilir. Bu denklemde  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 60^\circ\text{C}$  ve  $\lambda = 0,000009$  olduğundan, üstteki bağıntıyı,

$$\frac{7,94}{7,62} = \frac{1 + 3 \times 0,000009 \times 20}{1 + 3 \times 0,000009 \times 60} \times \frac{1 + 60a}{1 + 20a}$$

şeklinde yazabiliyoruz. Bundan da  $a \approx 0,0011$  (1/°C) bulunur.

221. Büyyük bir duvar termometresinde 170 gram civa bulunmaktadır ve bu termometrenin 0 ve 100°C böülümleri arasındaki uzaklık 25 cm dir. Civanın hakiki genleşme katsayıısı 0,00018 (1/°C), camın hacimce genleşme katsayıısı 0,000027 (1/°C), civanın 0°C deki özgül ağırlığı ise 13,6 (g/cm³) olduğuna göre, termometre borusunun iç yarıçapını hesaplayınız. Termometre borusunun çapının sıcaklıkla sezikir derecede değişmediği kabul edilecektir.

**Cözümü:** Termometre borusunun sabit kabul edeceğimiz yarıçapı  $r$  olsun. Termometredeki civanın 0°C deki hacmi  $V_0 = G/\gamma_0 = 170/13,6 = 12,5 \text{ cm}^3$  tür. 0°C deki hacmi 12,5 cm³ olan civa, 0°C den 100°C ye kadar tırtılılığı zaman 25 cm yükselmekte veya  $\pi r^2 \times 25 \text{ cm}^3$  genleşmektedir. Civanın 1 birim hacminin 1°C için zâhirî (cam kab içinde görünen) genleşme miktarı,

$$a_g = \frac{\pi r^2 \times 25}{12,5 \times 100} = \frac{\pi r^2}{50}$$

dir. Öte yandan, civanın cam içindeki zâhirî genleşme katsayıısı,

$$\alpha_g = \alpha_h - \alpha_{hab} = 0,00018 - 0,000027 = 0,000153 \text{ (1/}^{\circ}\text{C)}$$

dir.  $\alpha$  yi veren iki bağıntının eşitlenmesinden,  $\pi r^2 / 50 = 0,000153$  yazilarak, bundan,  $r^2 \approx 0,002432$  ve  $r \approx 0,049$  (cm) bulunur.

222.  $0^{\circ}\text{C}$  deki hacmi  $100 \text{ cm}^3$  olan bir cam kap içerisinde, bu sıcaklıkta ne kadar gram civa koymalıyız ki, kabin boş kalan kısmının hacmi her sıcaklık derecesinde sabit kalsın? Civanın hacimce genleşme katsayısı  $0,0002$  ( $1/^{\circ}\text{C}$ ), camın uzama katsayısı  $0,00001$  ( $1/^{\circ}\text{C}$ ) ve civanın  $0^{\circ}\text{C}$  deki özgül ağırlığı  $13,6 \text{ g/cm}^3$  alıncaktır.

**Cözümü:** Balonun  $0^{\circ}\text{C}$  deki hacmi  $V_0 = 100 \text{ cm}^3$ , içindeki civanın  $0^{\circ}\text{C}$  deki hacmi ise  $V'_0$  olsun.

Cam kap, herhangi bir  $t^{\circ}\text{C}$ 'e ısındığı zaman hacimce genleşme miktarı  $V_0 \times 3\lambda (t - 0) = 100 \times 3 \times 0,00001 \times t = 0,003t$  kadardır. Bu ısıtma sırasında civanın genleşme miktarı ise  $V'_0 \cdot \alpha (t - 0) = V'_0 \times 0,0002 \times t$  dir.

Cam kabin boş kalan kısmının hep aynı hacimde kalması için, kabin ve civanın genleşme miktarlarının eşit olması gereklidir. Buna göre,  $0,003 \times t = V'_0 \times 0,0002 \times t$  denklemi yazilarak, bundan,  $V'_0 = 15 \text{ cm}^3$  ve  $G = V'_0 \cdot \gamma = 15 (\text{cm}^3) \times 13,6 (\text{g/cm}^3) = 224 \text{ g}$  bulunur.

223.  $0^{\circ}\text{C}$  deki hacmi  $1 \text{ cm}^3$  olan bir platin küp, bir sıvuya, önce  $0^{\circ}\text{C}$  de, sonra da  $100^{\circ}\text{C}$  de batırıldığı zaman  $21 \text{ g}$  ve  $21,1 \text{ gram}$  gelmektedir. Platinin  $0^{\circ}\text{C}$  deki özgül ağırlığı  $22 \text{ g/cm}^3$ , uzama katsayısı ise  $0,000009$  ( $1/^{\circ}\text{C}$ ) olduğuna göre, içinde tartılmış olduğu sıvının hacimce genleşme katsayısını bulunuz.

**Cözümü:** Platin küpün  $0^{\circ}\text{C}$  deki hacmi  $V_0 = 1 \text{ cm}^3$ , özgül ağırlığı ise  $\gamma_0 = 22 \text{ g/cm}^3$  olduğundan, havadaki ağırlığı  $G = V_0 \gamma_0 = 1 (\text{cm}^3) \times 22 (\text{g/cm}^3) = 22 \text{ g}$  dir. Bu platin küp, içine batırıldığı sıvida  $0^{\circ}\text{C}$  de  $21 \text{ g}$  geldiğine göre, sıvi itmesi = taşırdiği sıvi ağırlığı (Archimedes kanunu),

$$22 - 21 = 1 (\text{g}) = V_0 \gamma'_0 = 1 (\text{cm}^3) \times \gamma'_0$$

yazilarak, bundan, sıvının  $0^{\circ}\text{C}$  deki özgül ağırlığı  $\gamma'_0 = 1 (\text{g/cm}^3)$  bulunur.

Platin küp, aynı sıvi içerisinde,  $100^{\circ}\text{C}$  de batırıldığı zaman, sıvi itmesi,

$$22 - 21,1 = 0,9 (\text{g}) = V_{100} \times \gamma'_{100} \quad (\text{a})$$

olur.  $V_{100}$  platin küpün  $100^{\circ}\text{C}$  deki hacmi olup,

$$V_{100} = V_0 (1 + 3\lambda t) = 1 (1 + 3 \times 0,000009 \times 100) = 1,0027 \text{ cm}^3$$

tür.  $\gamma'_{100}$  ise, sıvının  $100^{\circ}\text{C}$  deki özgül ağırlığı olup,

$$\gamma'_{100} = \frac{\gamma'_0}{1 + at} = \frac{1}{1 + 100a}$$

dir.  $V_{100}$  ve  $\gamma'_{100}$ 'ün değerlerini (a) denklemine koymakla  $0,9 = 1,0027/(1+100a)$  ve bundan da,  $a \approx 0,001$  ( $1/^{\circ}\text{C}$ ) bulunur.

## E K P R O B L E M L E R

1. Buzun ergime sıcaklığını  $+20^{\circ}\text{X}$  ve kaynamakta olan su buharlarının sıcaklığını ise  $+80^{\circ}\text{X}$  olarak gösteren özel bir termometre eşeli yapılıyor. Bu eşelle ölçülen bir sıcaklık derecesini Celsius eşeline çevirmeye yarayan bağıntıyı bulunuz.

$$\text{Cevap: } t_x = 20 + 0,6 t_C$$

2. İki özel termometre eşeli yapılıyor. Bunlardan birinde sabit noktalara  $+20^{\circ}\text{X}$  ve  $+80^{\circ}\text{X}$ ; öbüründe ise aynı sabit noktalara  $-20^{\circ}\text{Y}$  ve  $+120^{\circ}\text{Y}$  işaretleri konuluyor.  $62^{\circ}\text{Y}$ 'in ikinci eşeldeki karşılığı ne olur?

$$\text{Cevap: } 78^{\circ}\text{Y}.$$

3. Çapı  $0^{\circ}\text{C}$  de  $30 \text{ cm}$  olan bir alüminyum piston, bir çelik silindir içerisinde yerleştiriliyor.  $0^{\circ}\text{C}$  de boşluk (yarıçaplar arasındaki fark)  $0,05 \text{ cm}$  dir. Bu boşluk hangi sıcaklıkta sıfır olur? Çeligin uz. katsayısı  $11 \cdot 10^{-6} 1/^{\circ}\text{C}$ ; alüminyumunki:  $22 \cdot 10^{-6} 1/^{\circ}\text{C}$ .

$$\text{Cevap: } \approx 304^{\circ}\text{C}.$$

4. Bir çelik ölçme şeridi, uzunlukları, bölümlendiği  $20^{\circ}\text{C}$  de tam olarak ölçüyor. Bu şerit ile  $0^{\circ}\text{C}$  de ölçülen bir uzunluğun her metresinde ne kadar hata yapılır? Çeligin uz. k. :  $0,11 \cdot 10^{-6} 1/^{\circ}\text{C}$ .

$$\text{Cevap: } \approx 0,22 \text{ mm az okunur.}$$

5. 50 litrelilik bir saç bidon  $20^{\circ}\text{C}$  de gazyağı ile dolduruluyor. Sıcaklık  $45^{\circ}\text{C}$  ye yükselsence bidondan ne kadar gazyağı taşar? Saçın uzama katsayısı  $12 \cdot 10^{-6} 1/^{\circ}\text{C}$ , gazyağın hacimce genleşme katsayısı  $0,00096 1/^{\circ}\text{C}$ .

$$\text{Cevap: } 1,155 \text{ litre.}$$

6. Bir ağaç tekerleğin dış çevre uzunluğu  $1 \text{ m}$ , buna geçirilecek demir çemberin iç çevre uzunluğu ise  $99,5 \text{ cm}$  dir. Çember hangi sıcaklıkta tekerleğe takılabilir? Demirin uz. k. :  $12 \cdot 10^{-6} 1/^{\circ}\text{C}$ .

$$\text{Cevap: } \approx 418^{\circ}\text{C}.$$

7. Bir cam şişe  $0^{\circ}\text{C}$  de  $200 \text{ cm}^3$  civa alıyor. Bu şişe  $100^{\circ}\text{C}$  ye ısındığında içinden  $41,616 \text{ g}$  civa taşlığı, civa yoğunluğunun  $13,6 \text{ g/cm}^3$ , ve camın uzama katsayısının  $9 \cdot 10^{-6} 1/^{\circ}\text{C}$  olduğu bilindiğine göre, civanın mutlak genleşme katsayısını bulunuz.

$$\text{Cevap: } 0,00018 1/^{\circ}\text{C}.$$

## BÖLÜM VI

## GAZLARIN GENLEŞMESİ

1. GAZ KANUNLARI. — Kolaylıkla sıkıştırılabilmeleri ve ısı ile büyük ölçüde genleşmeleri nedeni ile, gazların hacimleri, sıcaklıklarına ve basınçlarına büyük ölçüde bağlıdır. Bu yüzden, gazlar, sadece hacimleri ile değil, sıcaklık ve basınçları ile birlikte tam olarak belirtilebilirler.

Gazların hacim, basınç ve sıcaklıkları arasında üç basit kanun vardır. Bunlara tam olarak uyan bir gaza *i de a l v e y a m ü k e m m e l g a z* denir. Gerçek gazlar, bu kanunlara, belirli basınç ve sıcaklık sınırları aşılımadıkça, yeteri derecede iyi bir şekilde uyarlar.

2. BOYLE-MARIOTTE KANUNU. — Sıcaklığı sabit kalacak bir tarzda sıkıştırılan belli bir gaz kütlesinin basıncı ile hacmi birbirleriyle ters orantılıdır. IV. bölümde de gördüğümüz bu kanun,

$$pV = \text{sabit} \quad (\text{sabit sıcaklıkta})$$

formülü ile belirtilebilir.

3. CHARLES (VEYA GAY-LUSSAC) IN HACİM KANUNU. — Basıncı sabit kalacak bir tarzda ısıtılan belli bir gaz kütlesinin hacmi, bu gazın cinsi ne olursa olsun, sıcaklığın her  $1^\circ\text{C}$  artması (veya, azalması) halinde,  $0^\circ\text{C}$  deki hacminin  $1/273$ 'ü kadar artar (veya, azalır).

Başka bir deyişle, bütün gazların sabit basınç altında genleşme katsayıları aynıdır ve  $\alpha$  ile gösterilen bu katsayı  $1/273$ 'e eşittir.

Buna göre,  $0^\circ\text{C}$  deki hacmi  $V_0$  olan belli bir gaz kütlesinin, sabit basınç altında,  $t^\circ\text{C}$  ısıtılması halinde,

$$\text{hacimce artma miktarı: } V_t - V = V_0\alpha t = V_0 t/273$$

$$t^\circ\text{C deki hacmi ise: } V_t = V(1 + \alpha t) = V_0(1 + t/273)$$

olur.

Belli bir gaz kütlesinin  $t_1$  ve  $t_2$   $^\circ\text{C}$  deki  $V_1$  ve  $V_2$  hacimleri arasında

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_0(1 + t_2/273)}{V_0(1 + t_1/273)} = \frac{273 + t_2}{273 + t_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

genel bağıntısı vardır.

4. GAY-LUSSAC'IN BASINÇ KANUNU. — Hacmi sabit kalacak bir şekilde ısıtılan belli bir gaz kütlesinin basıncı, bu gazın cinsi ne olursa olsun, sıcaklığın her  $1^\circ\text{C}$  artması (veya, azalması) halinde,  $0^\circ\text{C}$  deki basıncının  $1/273$ 'ü kadar artar (veya, azalır).

Başka bir deyişle, bütün gazların sabit hacim altında basınç katısayları aynıdır ve  $\beta = \alpha = 1/273$ 'e eşittir.

Buna göre,  $0^\circ\text{C}$  deki basıncı  $p_0$  olan belli bir gaz kütlesinin, sabit hacim altında  $t^\circ\text{C}$  ısıtılması halinde,

$$\text{basıncının artma miktarı: } p_t - p_0 = p_0\beta t = p_0 t/273$$

$$t^\circ\text{C deki basıncı ise: } p_t = p_0(1 + \beta t) = p_0(2 + t/273)$$

olur.

Belli bir gaz kütlesinin  $t_1$  ve  $t_2$   $^\circ\text{C}$  deki  $p_1$  ve  $p_2$  basınçları arasında,

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{p_0(1 + t_2/273)}{p_0(1 + t_1/273)} = \frac{273 + t_2}{273 + t_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

genel bağıntısı vardır.

5. GAZLARIN GENEL KANUNU. — Belli bir gaz kütlesinin basıncı ile hacminin  $pV$  çarpımı, o gazın  $T$  mutlak sıcaklığı ile doğrudan orantılıdır ve bu nedenle, belli bir gaz kütlesi için,

$$\frac{pV}{T} = \text{Sabit}$$

yazılabilir. Buna göre, aynı bir gaz kütlesinin  $T_0=273^\circ\text{C}$  deki basıncı ve hacmi  $p_0$  ve  $V_0$ ,  $T_1^\circ\text{K}$  deki basıncı ve hacmi  $p_1$  ve  $V_1$ ,  $T_2^\circ\text{K}$  deki basıncı ve hacmi ise  $p_2$  ve  $V_2$  ise, bu üç durumdan herhangi ikisi arasında

$$\frac{p_0 V_0}{273} = \frac{p_1 V_1}{T_1}, \quad \frac{p_0 V_0}{273} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad \text{ve} \quad \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

veya, kısaca,

$$\frac{p_0 V_0}{273} = \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad (\text{Gazların genel denklem})$$

bağıntısı vardır.

6. STANDART HACİM. — Bir gazın, standart olarak seçilmiş olan,  $0^\circ\text{C}$  lük (veya,  $273^\circ\text{K}$  lik) bir sıcaklık ve  $76 \text{ cm Hg}$  basıncına eşit bir basınç altında işgal ettiği hacme standart (veya, normal) hacim denir.

Herhangi bir  $T$  °K lik bir sıcaklık ve  $p$  cm Hg basıncına eşit bir basınç altında hacmi  $V$  olan bir gazın standart koşullar (273 °K lik bir sıcaklık ve  $p_0=76$  cm Hg basıncına eşit bir basınç) altındaki  $V_0$  hacmi gazların genel denklemine göre,

$$V_0 = V \times \frac{p}{76} \times \frac{273}{T}$$

olur.

**7. AVOGADRO KANUNU.** — Herhangi bir gazın 1 molekül gramının standart koşullar altında işgal ettiği hacim, bu gazın cinsine bağlı değildir ve yaklaşık olarak 22,4 litre (veya 22400 cm<sup>3</sup>) tür.

Buna göre, standart koşullardaki mutlak yoğunluğu (=özgül kütlesi  $\rho_0$  (g/cm<sup>3</sup>) olan bir gazın molekülsel kütlesi,

$$M = 22\,400 \times \rho_0 \text{ gram}$$

olur.

**8. BİR GAZIN ÖZGÜL KÜTLESİ.** — Standart koşullar altında özgül kütlesi  $\rho_0$  olan bir gazın herhangi bir sıcaklık ve basınç altındaki özgül kütlesi,

$$\rho = \rho_0 \times \frac{p}{76} \times \frac{273}{T}$$

olur.

**9. BİR GAZIN HAVAYA GÖRE YOĞUNLUĞU.** — Bir gazın havaya göre yoğunluğu, bu gazın kütlesi ( $m$ ) ile aynı koşullar altında bulunan havanın kütlesi ( $m'$ ) arasındaki orana eşittir:

$$\text{Havaya göre yoğunluk } d = \frac{m}{m'} = \frac{\rho}{\rho'}$$

Standart koşullar altında havanın özgül kütlesi  $\rho_0=0,001293$  g/m<sup>3</sup> olduğundan, üstteki bağıntı, standart koşullar altında bir gaz için,

$$d = \frac{\rho_0}{\rho_0'} = \frac{\rho_0}{0,001293} \quad \text{veya} \quad \rho_0 = 0,001293 \times d$$

şeklinde yazılabilir.

### P R O B L E M L E R

224. 20°C de bulunan 500 cm<sup>3</sup> gaz, sabit basınç altında 120°C'e kadar ısırılıyor. a) Ne kadar cm<sup>3</sup> genleşir? b) 120°C deki hacmi ne kadar cm<sup>3</sup> olur?

**Cözümü:** a) Bu gazın 0°C deki  $V_0$  hacmi,  $V_{20} = 500$  (cm<sup>3</sup>) =  $V_0 (1 + 20/273)$  denkleminden,  $V_0 \approx 466$  cm<sup>3</sup> bulunur. Buna göre, 0°C deki hacmi  $V_0 = 466$  cm<sup>3</sup> olan bir gaz, 20°C'e kadar ısırıldığında,

$$V_{120} - V_{20} = V_0 (t_2 - t_1) \times 1/273 = 466 (120 - 20) \times 1/273 \approx 170,7 \text{ cm}^3 \text{ genleşir.}$$

b) Verilen gazın 120°C deki hacmi, üstteki denklemden,

$$V_{120} = V_{20} + 170,7 = 500 + 170,7 = 670,7 \text{ cm}^3 \text{ bulunur.}$$

**Not:** 1) Gazın 120°C deki hacmini

$$V_{120} = V_0 (1 + t_2/273) = 466 (1 + 120/273)$$

$$\text{veya, } V_2/V_1 = T_2/T_1 \quad V_2/500 = (120 + 273) / (20 + 273)$$

denkleminden de  $V_2 \approx 670,7$  cm<sup>3</sup> olarak bulabiliriz.

**Not:** 2) Gazların sabit basınç altındaki genleşme katsayıları, katı ve sıvıların hacimce genleşme katsayılarından birkaç yüz kat büyük olduğundan, katı ve sıvılar için kullandığımız,  $V_2 \approx V_1 [1 + a(t_2 - t_1)]$  formülünü kullanmak oldukça büyük hatalara yol açabilir. Gerçekten problemimizin ikinci kısmında bu yaklaşık formül kullanılsaydı,  $V_{120} \approx 500 [1 + (120 - 20) \times 1/273] \approx 683$  cm<sup>3</sup> bulunurdu.

225. 27°C deki hacmi 1092 cm<sup>3</sup> olan bir gaz, sabit basınç altında, a) 77°C'e kadar ısırılırsa, b) 0°C'e kadar soğutulursa, hacmi ne kadar cm<sup>3</sup> olur?

**Cözümü:** a)  $T_1 = 27^\circ\text{C} + 273 = 300^\circ\text{K}$  deki hacmi  $V_1 = 1092$  cm<sup>3</sup> olan gazın  $T_2 = 77^\circ\text{C} + 273 = 350^\circ\text{K}$  deki  $V_2$  hacmi,  $V_2/V_1 = T_2/T_1$  veya  $V_2/1092 = 350/300$  denkleminden  $V_2 = 1274$  cm<sup>3</sup> bulunur.

b) Aynı gazın  $T_0 = 0^\circ\text{C} + 273 = 273^\circ\text{K}$  deki  $V_0$  hacmi,  $V_1/V_0 = T_1/T_0$  veya  $1092/V_0 = 300/273$  denkleminden,  $V_0 = 993,72$  cm<sup>3</sup> bulunur.

**Not:** Bu problem,  $V_{27} = V_0 (1 + 27/273) = 1092$  ve  $V_{77} = V_0 (1 + 77/273)$  denklemelerini kullanarak da cevaplanabilirdi. Ama, mutlak sıcaklıkların bulundukları formüllerin kullanılması, hesap bakımından, büyük kolaylıklar sağlar ve bu nedenle tercih edilmelidir.

226.  $20^{\circ}\text{C}$  deki hacmi  $1200 \text{ cm}^3$  olan bir gaz, sabit basınç altında ısıtılmıyor ve yeni hacmi  $1500 \text{ cm}^3$  oluyor. Gazın son sıcaklığı ne kadar  $^{\circ}\text{C}$  dir?

**Cözümü:**  $T_1 = 20^{\circ}\text{C} + 273 = 293^{\circ}\text{K}$  deki hacmi  $V_1 = 1200 \text{ cm}^3$  olan bir gazın  $T_2 = ?$  deki hacmi  $V_2 = 1500 \text{ cm}^3$  olduğuna göre,

$$V_2/V_1 = T_2/T_1 \quad \text{veya} \quad 1500/1200 = T_2/293^{\circ}\text{K}$$

yazılarak, bundan,  $T_2 = 366,25^{\circ}\text{K}$  veya  $t_2 = 366,25^{\circ}\text{K} - 273 = 93,25^{\circ}\text{C}$  bulunur.

227. Boyutları  $4 \text{ (m)}$ ,  $5 \text{ (m)}$  ve  $3 \text{ (m)}$  olan bir odada  $7^{\circ}\text{C}$  de hava bulunmaktadır. Odadaki hava  $27^{\circ}\text{C}'e$  kadar ısıtılmıyor. a) Odanın hacmini sabit ve hiç bir yerinden hava sızdırmadığını farz ederek, başlangıçta  $742 \text{ mm Hg}$  basınçına eşit olan basıncın,  $27^{\circ}\text{C}$  deki değerini bulunuz. b) Odanın kapı ve pencere aralıklarından hava sızdığını ve bu nedenle içindeki havanın hep  $750 \text{ mm Hg}$  basınçında kaldığını farz ederek, ısınma sırasında odadan dışarıya çıkan havanın hacmini ve kütlesini hesaplayınız. Havanın normal koşullar altındaki özgül kütlesi (mutlak yoğunluğunu)  $1,293 \text{ kg/m}^3$  tür.

**Cözümü:** a) Odanın içindeki havanın  $T_1 = 7^{\circ}\text{C} + 273 = 280^{\circ}\text{K}$  deki  $p_1 = 742 \text{ mm Hg}$  lik basınç, sabit hacim altında,  $T_2 = 27^{\circ}\text{C} + 273 = 300^{\circ}\text{K}$  lik bir sıcaklıkta,

$$p_2/p_1 = T_2/T_1 \quad \text{veya} \quad p_2/742 = 300/280 \quad \text{denklemine göre,} \quad p_2 = 795 \text{ mm Hg olur.}$$

b) Odadaki hava, bu yeni halde, sabit basınç altında genleşmektedir.  $T_1 = 7^{\circ}\text{C} + 273 = 280^{\circ}\text{K}$  deki hacmi  $V_1 = 4 \times 5 \times 3 = 60 \text{ (m}^3)$  olan havanın,  $T_2 = 27^{\circ}\text{C} + 273 = 300^{\circ}\text{K}$  deki  $V_2$  hacmi,  $V_2/V_1 = T_2/T_1$  veya  $V_2/60 = 300/280$  denkleminden  $V_2 \approx 64,3 \text{ m}^3$  bulunur.

Buna göre, odadaki hava, sabit basınç altında  $7^{\circ}\text{C}$  den  $27^{\circ}\text{C}'e$  kadar ısıtıldığı zaman, içinden,  $V_2 - V_1 = 64,3 - 60 = 4,3 \text{ (m}^3)$  hava dışarıya çıkar.

Sıcaklığı  $27^{\circ}\text{C}$  ( $= 300^{\circ}\text{K}$ ), basınç ise  $75 \text{ cm Hg}$  basınçlı olan  $4,3 \text{ m}^3$  havanın standart koşullar ( $273^{\circ}\text{K}$  lik sıcaklık ve  $76 \text{ cm Hg}$  lik bir basınç) daki hacmi,

$$V_0 = V \frac{p}{76} \times \frac{273}{T} = 4,3 \text{ (m}^3) \times \frac{75}{76} \times \frac{273}{300} \approx 3,86 \text{ m}^3$$

kütlesi ise  $m = V_0 \rho_0 = 3,86 \text{ (m}^3) \times 1,293 \text{ (kg/m}^3) \approx 4,99 \text{ kg}$  dir.

228. Belli bir gaz kütlesinin  $10^{\circ}\text{C}$  lük bir sıcaklık ve  $76 \text{ cm Hg}$  basınçlık bir basınç altında hacmi  $1000 \text{ cm}^3$  tür. Bu gazın hacmi, sonradan  $900 \text{ cm}^3$  oluyor. a) Basınç sabit kalmışsa, gazın yeni sıcaklığı ne kadar dir? b) Sıcaklık sabit kalmışsa, gazın yeni basınçının ne kadar dir?

**Cözümü:** a) Verilen gazın, sabit basınç altında, birinci haldeki sıcaklık ve hacmi,  $T_1 = 10^{\circ}\text{C} + 273 = 283^{\circ}\text{K}$  ve  $V_1 = 1000 \text{ cm}^3$  tür. Aynı gazın  $T_2 = ?$  deki hacmi  $V_2 = 900 \text{ cm}^3$  olduğuna göre,  $V_2/V_1 = T_2/T_1$  denklemi  $900/1000 = T_2/283$  şeklinde yazılarak, bundan  $T_2 = 254,7^{\circ}\text{K}$  veya  $t_2 = 254,7^{\circ}\text{K} - 273 = -18,3^{\circ}\text{C}$  bulunur.

b) Sıcaklık sabit kalmışsa göre, Boyle-Mariotte kanunu,

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad \text{veya} \quad 76 \text{ (cm Hg)} \times 1000 \text{ (cm}^3) = p_2 \times 900 \text{ cm}^3$$

şeklinde yazılarak, bundan,  $p_2 \approx 84,4 \text{ cm Hg}$  bulunur.

229.  $76 \text{ cm Hg}$  basınçlı altında ve  $30^{\circ}\text{C}$  de bulunan belli bir gaz kütlesi  $180^{\circ}\text{C}'e$  ısıtılmıyor. Gazın hacminin sabit kalması için ne kadar basınç gereklidir?

**Cözümü:** Gay-Lussac'ın basınç kanununa göre,

$$p_2/p_1 = T_2/T_1 \quad \text{denklemi} \quad p_2/76 = (180 + 273) / (30 + 273)$$

şeklinde yazılarak, bundan,  $p_2 \approx 113,6 \text{ cm Hg}$  bulunur.

230. Bir gaz bombası içerisinde,  $7^{\circ}\text{C}$  de  $190 \text{ at}$  basınçta olan oksijen dolduruluyor. Oda içindeki havanın sıcaklığı ne kadar dereceye yükselselirse, bu süpab kendi kendine açılır?

**Cözümü:** Sabit hacim altında,  $T_1 = 7^{\circ}\text{C} + 273 = 280^{\circ}\text{K}$  deki basınç  $v_1 = 190 \text{ at}$  olan oksijen gazının hangi  $T_2$  sıcaklığında  $p_2 = 200 \text{ at}$  lik bir basınç yapacağı, Gay-Lussac'ın basınç kanununa göre,  $p_2/p_1 = T_2/T_1$  veya  $200/190 = T_2/280$  denkleminden  $T_2 \approx 294,7^{\circ}\text{K}$  veya  $t_2 = 294,7 - 273 = 21,7^{\circ}\text{C}$  bulunur.

231. Kısmen şişirilmiş bir balon yerden kalkarken, içinde  $76 \text{ cm Hg}$  basınçlı ve  $20^{\circ}\text{C}$  de 20 litre hidrojen bulunmaktadır. Bu balon, açık hava basıncının  $50 \text{ cm Hg}$  ve sıcaklığının  $-20^{\circ}\text{C}$  olduğu bir noktaya kadar yükselmiş olsa, hacmi ne kadar litre olur?

**Cözümü:** Balon içindeki hidrojenin, birinci halde hacmi  $V_1 = 20 \text{ litre}$ , basınç  $p_1 = 76 \text{ cm Hg}$  basınçlı, sıcaklığı ise  $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$  (veya  $T_1 = 20 + 273 = 293^{\circ}\text{K}$ ) dir. Balon, belli bir yüksekliğe varınca, içindeki hidrojenin basınç  $p_2 = 50 \text{ cm Hg}$ , sıcaklığı  $t_2 = -20^{\circ}\text{C}$  (veya  $T_2 = -20 + 273 = 253^{\circ}\text{K}$ ) olmaktadır. Bu yeni halde, hidrojenin hacmi  $V_2$  olsun. Gazların genel kanununa göre,

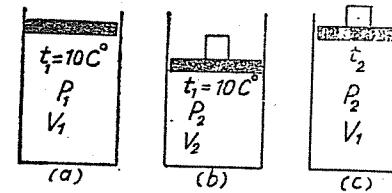
$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad \text{veya} \quad \frac{76 \text{ (cm Hg)} \times 20 \text{ (litre)}}{293 \text{ }^{\circ}\text{K}} = \frac{50 \text{ (cm Hg)} \times V_2}{253 \text{ }^{\circ}\text{K}}$$

yazılarak, bundan,  $V_2 \approx 26$  litre bulunur.

232. Diklemesine konmuş bir silindir içinde  $10^{\circ}\text{C}$  lük bir sıcaklıkta  $\text{CO}_2$  gazı bulunmaktadır. Silindirin kapağı ödevini gören bir piston, üzerine uygun bir ağırlık konarak, silindirdeki gazın hacmi ilk hacminin  $3/4$ 'üne indiriliyor. Silindir içindeki  $\text{CO}_2$  ne kadar ısıtılmalıdır ki, piston, yeniden ilk durumunu alsin?

**Cözümü:** Gazın, ilk durumda, hacmi  $V_1$ , basıncı  $p_1$  ve sıcaklığı  $t_1 = 10^{\circ}\text{C}$  olsun (Şek. VI-1a). Piston üzerine uygun bir ağırlık koyduğumuzda, hacim  $V_2 = 3 V_1/4$  olmaktadır. Sıcaklık değişmediği için, Boyle-Mariotte kanunu uygulanarak  $\text{CO}_2$  nin yeni basıncı,

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 = (3 V_1/4) \cdot p_2$$



Şek. VI-1)

denkleminden,  $p_2 = 4 p_1/3$  olarak hesaplanır (Şek. VI-1b).

Bundan sonra, silindiri  $t_2$  gibi bir sıcaklık derecesine ısıtalım. Bu sıcaklıkta  $\text{CO}_2$  gazının hacmi  $V_1$ , basıncı  $p_2$  olduğundan (Şek. VI-1c),  $\text{CO}_2$  nin 2. ve 3. durumuna Gay-Lussac'ın hacim kanununu uygularsak,

$$\frac{V_2}{10 + 273} = \frac{V_1}{t_2 + 273} = \frac{3 V_1}{4(10 + 273)}$$

denklemi ve bundan da  $t_2 \approx 104,3^{\circ}\text{C}$  bulunur.

233. 12 gram hidrojenin hacmi: a) Standart koşullarda ne kadar litredir? b) 20 At lik basınç ve  $57^{\circ}\text{C}$  lük sıcaklıkta ne kadar litredir?

Hidrojenin moleküler ağırlığı 2 g dir?

**Cözümü:** a) Herhangi bir gazın 1 mol gramı, standart koşullar ( $0^{\circ}\text{C}$  veya  $273^{\circ}\text{K}$  ve 76 cm Hg basıncı) altında, 22,4 litrelik bir hacim kapladığından (Avogadro kanunu); 12 gram veya  $12/2 = 6$  mol gram hidrojen, standart koşullar altında,  $6 \times 22,4 = 134,4$  litrelik hacim kaplar.

b)  $T_0 = 273^{\circ}\text{K}$  lik bir sıcaklık ve  $p_0 = 1$  At lik bir basınç altında  $V_0 = 134,4$  litrelik bir hacimdeki hidrojenin,  $T_1 = 57^{\circ}\text{C} + 273 = 330^{\circ}\text{K}$  lik bir sıcaklık ve  $p_1 = 20$  At lik bir basınç altındaki hacmi,

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p_1 V_1}{T_1}, \quad \frac{1 \text{ (At)} \times 134,4 \text{ (litre)}}{273^{\circ}\text{K}} = \frac{20 \text{ (At)} \times V_1}{330^{\circ}\text{K}}$$

denkleminden  $V_1 \approx 8,12$  litre bulunur.

234. Gazların genel kanunu,  $n$  molekul gram gaz için,  $PV/T = nR$  şeklinde yazılabilir. Bu denklemden yararlanarak: a) Bütün gazların birer mol gramları için aynı olan  $R$  gaz katsayısını hesaplayınız. b)  $27^{\circ}\text{C}$  lük bir sıcaklık ve 750 mm Hg basıncı altında 8,8 gram  $\text{CO}_2$  nin hacmini hesaplayınız. c) Oksijenin  $20^{\circ}\text{C}$  lük sıcaklık ve 5 At lik bir basınç altındaki özgül kütlesini hesaplayınız. ç)  $18^{\circ}\text{C}$  lük bir sıcaklık ve 765 mm Hg basıncı altında 1,2 litresi 2,5 gram gelen bir gazın mol kütlesini bulunuz.  $\text{CO}_2$  nin mol kütlesi 44 g, oksijeninki 32 g dir.

**Cözümü:** a) Avogadro kanununa göre, herhangi bir gazın 1 mol gramının standart koşullar ( $T_0 = 273^{\circ}\text{K}$  lik bir sıcaklık ve  $p_0 = 1$  At lik basınç) daki hacmi  $V_0 = 22,4$  litredir. Buna göre,  $PV/T = nR$  denklemindeki,  $p$  yerine  $p_0 = 1$  At;  $V$  yerine  $V_0 = 22,4$  litre,  $T$  yerine  $T_0 = 273^{\circ}\text{K}$  ve  $n$  yerine 1 mol-g yazacak olursak,

$$R = \frac{p_0 V_0}{T_0 \cdot n} = \frac{1 \text{ (At)} \times 22,4 \text{ (litre)}}{273^{\circ}\text{K} \times 1 \text{ (mol-g)}} \approx 0,082 \text{ (At.litre/}^{\circ}\text{K.mol-g)}$$

bulunur.

b)  $\text{CO}_2$  nin mol kütlesi  $M = 44$  gram olduğundan,  $m = 8,8$  gram  $\text{CO}_2$  nin molekul gram sayısı  $n = \frac{M}{m} = \frac{8,8}{44} = 0,2$  olur.  $\text{CO}_2$  nin sıcaklığı  $T = 27^{\circ}\text{C} + 273 = 300^{\circ}\text{K}$  basıncı  $p = 750$  (mm Hg)  $750/760$  (At);  $R$  ise  $0,082$  (At.litre/°K.mol-g) olduğundan, gazların genel denklemini,

$$V = \frac{n R T}{p} = \frac{0,2 \text{ (mol-g)} \times 0,082 \text{ (At.litre/}^{\circ}\text{K.mol-g)} \times 300^{\circ}\text{K}}{(750/760) \text{ (At)}}$$

şeklinde yazarak, bundan,  $V \approx 4,98$  litre bulunur.

c) 1 mol gram ( $M = 32$  gram) oksijenin,  $T = 20^{\circ}\text{C} + 273 = 293^{\circ}\text{K}$  lik bir sıcaklık ve  $p = 5$  At lik bir basınç altındaki hacmi  $PV/T = nR$  genel denklemine göre,

$$V = \frac{n R T}{p} = \frac{1 \text{ (mol-g)} \times 0,082 \text{ (At.litre/}^{\circ}\text{K.mol-g)} \times 293^{\circ}\text{K}}{5 \text{ (At)}} \approx 4,8 \text{ litre}$$

olduğundan, aranan özgül kütlesi,

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{32 \text{ (g)}}{4,8 \text{ (litre)}} \approx 6,66 \text{ g/litre}$$

dir.

c)  $T=18^{\circ}\text{C}+273=291^{\circ}\text{K}$  lik bir sıcaklık ve  $p=765 \text{ (mm Hg)} = 765/760 \text{ (At)}$  lik bir basınç altında hacmi  $V=1,2 \text{ litre}$  olan bir gazdaki mol gram sayısı, gazların genel denklemine göre,

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{(765/760 \text{ (At)}) \times 1,2 \text{ (litre)}}{0,082 \text{ (At. litre/K. mol-g)} \times 291 \text{ (K)}} \approx \frac{1}{24} \text{ (mol-g)}$$

olur.

Verilen gazın  $1/24$  mol-gramı  $2,5$  gram gelirse,  $1$  mol-gramının kütlesi,  $M = 2,5 \times 24 = 60$  gram olur.

235. Suya baş aşağı kapatılmış bir silindir içinde  $25^{\circ}\text{C}$  lik bir sıcaklık ve  $755 \text{ mm Hg}$  basıncı altında  $500 \text{ cm}^3$  gaz toplanıyor. Bu gaz, su buharı ile doymuş haldedir. Gazın, kuru haldde ve standart koşullardaki hacmi ne kadar  $\text{cm}^3$  tür?  $25^{\circ}\text{C}$  de doymuş su buharının basıncı  $23,8 \text{ mm Hg}$  basıncı kadardır.

**Çözümü:** Sıcaklığı  $25^{\circ}\text{C}$  (veya  $T=25+273=298^{\circ}\text{K}$ ) olan su buharı ile doymuş gazın basıncı  $755 \text{ mm Hg}$  dir. Bu basıncın,  $23,8 \text{ mm Hg}$  lik kısmını doymuş su buharı yaptığından, gazın bizzat yaptığı basınç  $p=755-23,8=731,2 \text{ mm Hg}$  basıncıdır. Bu gazın,  $T_0=273^{\circ}\text{K}$  lik bir sıcaklık ve  $p_0=760 \text{ mm Hg}$  lik bir basınç altında işgal edecek  $V_0$  hacmini, gazların genel denklemi olan  $p_0 V_0/T_0 = pV/T$  denkleminden,

$$V_0 = \frac{T_0}{T} \times \frac{p}{p_0} \times V = \frac{273(0\text{K}) \times 731,2 \text{ mm Hg}}{298(0\text{K}) \times 760 \text{ (mm Hg)}} \times 500 \text{ (cm}^3\text{)} \approx 441 \text{ cm}^3$$

buluruz.

236. Havanın  $0^{\circ}\text{C}$  lük bir sıcaklık ve  $760 \text{ mm Hg}$  basıncı altında yoğunluğu  $1,293 \text{ g/litre}$  dir. Bu yoğunluk,  $27^{\circ}\text{C}$  lük bir sıcaklıkta, ne kadar basınç altında  $1,5 \text{ g/litre}$  olur?

**Çözümü:** Standart koşullar altında mutlak yoğunluğu  $\rho_0$  olan bir gazın herhangi bir sıcaklık ve basınç altındaki yoğunluğunu veren formülü,

$$\rho = \rho_0 \times \frac{p}{76} \times \frac{273}{T} = 1,293 \text{ (g/litre)} \times \frac{p}{76 \text{ (cm Hg)}} \times \frac{273 \text{ (K)}}{(27+273) \text{ (K)}} = 1,5 \text{ (g/litre)}$$

şeklinde yazarak, bundan,  $\rho \approx 97 \text{ cm Hg}$  buluruz.

237. Sabit hacimli bir gaz termometresinin haznesi  $0^{\circ}\text{C}$  de bulundurulduğu zaman, U borusunun açık kolundaki civa, diğer koldaki

düzeyden  $10 \text{ cm}$  yüksekte bulunmakta ve deney sırasında açık hava basıncı  $70 \text{ cm Hg}$  basıncı olarak okunmaktadır. Termometrenin haznesi bir fırın içine sokuluyor ve bu sırada açık koldaki civanın öteki koldaki düzeyden  $110 \text{ cm}$  daha yüksekte olduğu görülmüyor. Buna göre, fırının sıcaklığı ne kadar  $^{\circ}\text{C}$  dür?

**Çözümü:** Termometre haznesindeki gazın hacmi sabittir. Birinci halde, sıcaklığı  $T_1=273^{\circ}\text{K}$ , basıncı ise  $p_1=70 \text{ (cm Hg)} + 10 \text{ (cm Hg)} = 80 \text{ (cm Hg)}$  dir. Hazne, sıcaklığı  $T_2 = ?$  olan bir fırın içine konduğu zaman, basınç  $p_2=70+110=180 \text{ cm Hg}$  basıncı olmaktadır. Termometre haznesindeki gazın sabit hacim altında 1. ve 2. hallerine Gay-Lussac'ın  $(p_1/p_2=T_1/T_2)$  basınç kanununu uygularsak,  $80 \text{ (cm Hg)} / 180 \text{ (cm Hg)} = 273^{\circ}\text{K} / T_2$  yazarak, bundan,  $T_2=614,25^{\circ}\text{K}$  veya  $t_2=614,25 - 273 = 341,25^{\circ}\text{C}$  bulunur.

238.  $-4^{\circ}\text{F}$  ta bulunan ne kadar  $\text{cm}^3$  hava, sabit basınç altında sıcaklığın her  $1^{\circ}\text{C}$  artışında,  $5 \text{ cm}^3$  genleşir? Gazların sabit basınç altında genleşme katsayısı  $1/273$  ( $1/{}^{\circ}\text{C}$ ) dir.

**Çözümü:** Sabit basınç altında ısıtılmakta olan gazlar,  $1^{\circ}\text{C}$  ısıtlıkları zaman,  $0^{\circ}\text{C}$  deki hacimlerinin  $1/273$ 'ü kadar genleşirler. Verilen gazın  $1^{\circ}\text{C}$  için genleşme miktarı belli ve  $5 \text{ cm}^3$  olduğundan,  $V_0 \times 1/273 = 5 \text{ cm}^3$  yazarak, bundan,  $V_0=1365 \text{ cm}^3$  bulunur.

Öte yandan,  $-4^{\circ}\text{F}$  in Celsius ve Kelvin eşellerindeki karşılıkları,  $t_C = -4 - 32/1,8 = -20^{\circ}\text{C}$  ve  $T(0\text{K}) = -20 + 273 = 253^{\circ}\text{K}$  dir. Charles veya Gay-Lussac'ın hacim kanununa göre:

$$V = V_0 T / T_0 = 1365 \times 253/273 = 1265 \text{ (cm}^3\text{)}$$

bulunur. Demek oluyor ki,  $-4^{\circ}\text{F}$  lik sıcaklıkta  $1265 \text{ cm}^3$  olan hava, sıcaklığın her  $1^{\circ}\text{C}$  artışında  $5 \text{ cm}^3$  genleşir.

239. Sabit hacimli bir gaz termometresinin haznesinde  $20^{\circ}\text{C}$  deki basınç ne kadar  $\text{cm Hg}$  basıncı olmalıdır ki sıcaklığın her  $1,5^{\circ}\text{C}$  artışında basınç  $3 \text{ cm Hg}$  basıncı kadar değişsin? Sabit hacim altında basınç değişme katsayısının, bütün gazlar için,  $1/273$  ( $1/{}^{\circ}\text{C}$ ) olduğu biliniyor.

**Çözümü:** Sabit hacim altında  $1^{\circ}\text{C}$  kadar ısıtılan bir gazın basıncı,  $0^{\circ}\text{C}$  deki  $p_0$  basıncının  $1/273$ 'ü kadar artar. Verilen gazın her  $1,5^{\circ}\text{C}$  ısıtıması halinde basıncının  $3 \text{ cm Hg}$  basıncı kadar artacağı verilmiş olduğundan,

$$p_0 \times \frac{1}{273} (1/{}^{\circ}\text{C}) \times 1,5 ({}^{\circ}\text{C}) = 3 \text{ (cm Hg)}$$

yazılırak, bundan  $p_0 = 546 \text{ cm Hg}$  bulunur.

$T_0 = 0^\circ\text{C} + 273 = 273^\circ\text{K}$  deki basıncı  $p_0 = 546 \text{ cm Hg}$  olan bir gazın, sabit hacim altında,  $T = 20^\circ\text{C} + 273 = 293^\circ\text{K}$  deki  $p$  basıncı, Gay-Lussac'ın  $p_0/T_0 = p/T$  basıncı kanunu göre,

$$p = p_0 T / T_0 = 546 \text{ (cm Hg)} \times 293 \text{ (}^\circ\text{K)} / 273 \text{ (}^\circ\text{K)} = 586 \text{ (cm Hg)}$$

bulunur. Demek oluyor ki,  $20^\circ\text{C}$  deki basıncı  $586 \text{ cm Hg}$  basıncı olan, sabit hacimli bir gaz termometresi, sıcaklığın her  $1,5^\circ\text{C}$  artışıında  $3 \text{ cm Hg}$  lik bir basınç artışı gösterir.

240. 2 litrelik bir çelik kap  $27^\circ\text{C}$  lük bir sıcaklık ve  $75 \text{ cm Hg}$  basıncı altında hava ile doldurularak kapatlıyor. Bu kap, sıcaklığın  $-23^\circ\text{C}$  olduğu bir yerde açılıyor. Bu yerdeki dış basınç ne kadar olmalıdır ki:

a) Kaptaki hava kütlesinin yarısı dışarı çıksın? b) Kaptaki hava kütlesi sabit kalsın? c) Kaptaki hava kütlesi 2 kat artsun?

Çelik kabın genleşmesi hesaba katılmayacaktır.

**Cözümü:** Çelik kaptaki havanın birinci durumunda sıcaklığı  $t_1 = 27^\circ\text{C}$  veya  $T_1 = 27 + 273 = 300^\circ\text{K}$ , hacmi  $V_1 = 2 \text{ litre}$ , basıncı ise  $p_1 = 75 \text{ cm Hg}$  dir. Bu kap, sıcaklığı  $t_2 = -23^\circ\text{C}$  veya  $T_2 = -23 + 273 = 250^\circ\text{K}$ , basıncı ise  $p_2 = ?$  olan bir yerde açılınca, içindeki hava kütlesinin yarısının dışarı çıkışabilmesi için, hacminin bu yeni koşullar altında, 2 kat büyük ( $V_2 = 2 V_1 = 4 \text{ litre}$ ) olması gereklidir. Buna göre, gazların  $p_1 V_1 / T_1 = p_2 V_2 / T_2$  genel denklemi,

$$75 \text{ (cm Hg)} \times 2 \text{ (litre)} / 300 \text{ (}^\circ\text{K)} = p_2 \times 4 \text{ (litre)} / 250 \text{ (}^\circ\text{K)}$$

şeklinde yazarak, bundan,  $p_2 = 31,25 \text{ cm Hg}$  bulunur.

b) Kaptaki hava kütlesinin değişmemesi için, ikinci haldeki hacmin  $V_2 = V_1 = 2 \text{ litre}$  olması gereklidir. Buna göre, gazların genel denklemi,

$$75 \text{ (cm Hg)} \times 2 \text{ (litre)} / 300 \text{ (}^\circ\text{K)} = p_2 \times 2 \text{ (litre)} / 250 \text{ (}^\circ\text{K)}$$

şeklinde yazilarak, bu denklemden,  $p_2 = 62,5 \text{ cm Hg}$  bulunur.

c) Kaptaki hava kütlesinin 2 kat olması için, hacminin, ikinci haldeki koşullar altında,  $V_2 = V_1 / 2 = 1 \text{ litre}$  olması gereklidir. Buna göre, gazların genel denklemi,

$$75 \text{ (cm Hg)} \times 2 \text{ (litre)} / 300 \text{ (}^\circ\text{K)} = p_2 \times 1 \text{ (litre)} / 250 \text{ (}^\circ\text{K)}$$

şeklinde yazilarak, bundan,  $p_2 = 125 \text{ cm Hg}$  bulunur.

241.  $7^\circ\text{C}$  lük bir sıcaklıkta  $1 \text{ m}^3$  havayı doymuş hale getiren su buharının yaptığı basınç  $7,6 \text{ mm Hg}$  basıncı, su' buharının mutlak yoğunluğu ise  $0,808 \text{ kg/m}^3$  olduğuna göre  $1 \text{ m}^3$  havayı,  $7^\circ\text{C}$  de doymuş hale getiren su buharının gram cinsinden değeri nedir?

**Cözümü:** Sıcaklığı  $T = 7^\circ\text{C} + 273 = 280^\circ\text{K}$ , basıncı ise  $p = 7,6 \text{ mm Hg}$  olan  $V = 1 \text{ cm}^3$  hacmindeki su buharının standart koşullardaki hacmi,

$$V_0 = \frac{p V T_0}{p_0 T} = \frac{7,6 \text{ (mm Hg)} \times 1 \text{ (m}^3\text{)} \times 273 \text{ (}^\circ\text{K)}}{760 \text{ (mm Hg)} \times 280 \text{ (}^\circ\text{K)}} = 0,00975 \text{ (m}^3\text{)}$$

dür. Su buharının standart koşullardaki mutlak yoğunluğu da belli ve  $\rho_0 = 0,808 \text{ kg/m}^3$  olduğundan,  $1 \text{ m}^3$  havada bulunan doymuş su buharının kütlesi,

$$m = V_0 \times \rho_0 = 0,00975 \text{ (m}^3\text{)} \times 0,808 \text{ (kg/m}^3\text{)} = 0,007878 \text{ kg} = 7,878 \text{ gram olur.}$$

242. Bir gölün  $+4^\circ\text{C}$  de bulunan dibinden  $1 \text{ cm}^3$  lük bir gaz kabarcığı ayrıiyor ve  $20,4 \text{ m}$  yükselerek su yüzüne varıyor. Yüzdeki sıcaklık  $+14^\circ\text{C}$  ve açık hava basıncı  $75 \text{ cm Hg}$  basıncı oduğuna göre  
a) Bu kabarcığın suyun yüzüne verdiği hacmini, b) Bu hacmin  $3,2 \text{ cm}^3$  olabilmesi için su yüzündeki sicağıın ne kadar  $^\circ\text{C}$  olmasına gerektiğini bulunuz.

**Çözümü:** a) Kabarcığın göl dibindeki sıcaklığı  $T_1 = 4 + 273 = 277^\circ\text{K}$ , hacmi  $V_1 = 1 \text{ cm}^3$ , basıncı ise  $p_1 = \text{açık havada basıncı} + 20,4 \text{ m lik su sütunu basıncı} = 75 \text{ (cm)} \times 13,6 \text{ (g/cm}^3\text{)} + 2040 \text{ (cm)} \times 1 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 3060 \text{ g/cm}^2$  dir. Kabarcık su yüzüne geldiği zaman, sıcaklık  $T_2 = 14 + 273 = 287^\circ\text{K}$ , basınç  $p_2 = \text{açık havada basıncı} = 75 \text{ (cm)} \times 13,6 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 1020 \text{ g/cm}^2$  dir. Bu durumda  $V_2$  hacmi, gazların genel denkleminden,

$$V_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{T_1 p_2} = \frac{3060 \text{ (g/cm}^2\text{)} \times 1 \text{ (cm}^3\text{)} \times 287 \text{ (}^\circ\text{K)}}{277 \text{ (}^\circ\text{K)} \times 1020 \text{ (g/cm}^2\text{)}} \approx 3,1 \text{ cm}^3$$

b) Dammanın su yüzündeki hacminin  $V_2 = 3,2 \text{ cm}^3$  olabilmesi için su yüzünün  $T_2$  sıcaklığı, gazların genel denklemine göre:

$$T_2 = \frac{V_2 T_1 p_2}{V_1 p_1} = \frac{3,2 \text{ (cm}^3\text{)} \times 277 \text{ (}^\circ\text{K)} \times 1020 \text{ (g/cm}^2\text{)}}{1 \text{ (cm}^3\text{)} \times 3060 \text{ (g/cm}^2\text{)}} = 295,47 \text{ }^\circ\text{K}$$

veya  $t_2 = 295,47 - 273 = 22,47^\circ\text{C}$  olmalıdır.

243. Hacmi sabit olan bir balon standart koşullar altında bulunan hava tarafından  $6,465 \text{ g}$  lik bir kuvvetle,  $31^\circ\text{C}$  de ve  $p$  basıncında olan hava tarafından ise  $5,172 \text{ gramlık}$  bir kuvvetle aşağıdan yukarı doğru itiliyor. a)  $p$  basıncı ne kadardır? b) Balonun hacmi né kadardır?

Havanın standart koşullarındaki mutlak yoğunluğu  $1,293 \text{ (g/litre)}$  dir.

**Çözümü:** a) Balona etkiyen hava itmesi, balonun taşıdığı havanın ağırlığı kadardır (Archimedes itmesi). Bu itme, standart koşullarda  $6,465 \text{ g}$  olup,

$$6,465 \text{ (g)} = V \times p_0 = V \times 1,293 \text{ (g/litre)} \quad (\text{a})$$

yazılabilir. İtmenin  $T = 31^\circ\text{C} + 273 = 304^\circ\text{K}$  ve  $p = ?$  basıncı altındaki değeri ise,

$$5,172 \text{ (g)} = V_p = V p_0 \frac{p \times 273}{76 T} = V \times 1,293 \text{ (g/litre)} \times \frac{p \times 273 \text{ (}^\circ\text{K)}}{76 \text{ (cm Hg)} \times 304 \text{ (}^\circ\text{K)}}$$

olup, bu denklem (a) denklemi ile bölünürse,

$$\frac{6,465}{5,172} = \frac{V \times 1,293 \times 76 \times 304}{V \times 1,293 \times p \times 273} \text{ ve bundan da } p \approx 67,7 \text{ cm Hg bulunur.}$$

b) Balonun sıcaklıkla değişmediğini kabul ettiğimiz  $V$  hacmi, (a) denkleminden,  $V = 6,465/1,293 = 5$  litre bulunur.

244. Leslie'nin differansiyel termometresi (Şek. VI-2) hava ile dolu ve hacimleri eşit olan A ve B balonculukları ile buşları biribirine birleştiren ve içinde bir miktar civa bulunan uzun bir CDEF borusundan oluşmuştur. A ve B balonlarının sıcaklıkları aynı iken termometre borusunun kollarındaki civa sütunları aynı hızadadır. Balonlarda bulunan havanın  $0^\circ\text{C}$  deki basıncı ne kadar cm Hg olmalıdır ki balonların sıcaklıklarları  $10^\circ\text{C}$  olunca killardaki civa düzeyleri arasında  $5 \text{ cm}$  lik bir yükseklik farkı olsun?

CDEF borusunun kollarının bir kısmında bulunan havanın hacmi hesaba katılmayacak ve gazların basınç katsayıları  $1/273$  ( $1/\text{ }^\circ\text{C}$ ) alınacaktır.

**Cözümü:** A ve B balonlarındaki havanın  $0^\circ\text{C}$  deki basıncı  $p_0$  olsun. Balonlardan biri  $t_1$ , diğeri ise  $t_2^\circ\text{C}$ 'e ısıtılırsa, balonlardaki basınçlar,

$$p_1 = p_0 (1 + t_1/273) \text{ ve } p_2 = p_0 (1 + t_2/273)$$

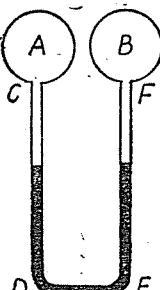
bu basınçlar arasındaki fark ise,

$$p_2 - p_1 = p_0 (t_2 - t_1)/273$$

olur. Problemimizde,  $t_2 - t_1 = 10^\circ\text{C}$  ve buna karşılık olan  $p_2 - p_1 = 5 \text{ cm Hg}$  olarak verildiğinden, üstteki denklem,

$$5 \text{ (cm Hg basıncı)} = p_0 \times 10/273$$

şeklinde yazılarak, bundan  $p_0 = 136,5 \text{ cm Hg}$  basıncı bulunur.



(Şek. VI-2)

## E K P R O B L E M L E R

— 1.  $100^\circ\text{C}$  de  $3,73$  litre olan hidrojen, aynı basınç altında  $0^\circ\text{C}$  ye soğutulunca hacmi ne kadar olur?

Cevap:  $2,73$  litre,

2. Hacmi sabit kabul edilen bir oto lastiği içerisinde  $27^\circ\text{C}$  de  $1,6 \text{ kg/cm}^2$  basınç yapacak miktarda hava pompalanıyor. Lastik içindeki havanın sıcaklığı  $48^\circ\text{C}$  ye çıkışına basınç ne kadar olur?

Cevap:  $1,712 \text{ kg/cm}^2$ .

3. İçinde  $27^\circ\text{C}$  de ve  $720$  torr luk basınç altında  $5$  litre hidrojen bulunan kauçuk bir balon, sıcaklığın  $-23^\circ\text{C}$  ve basıncın  $400$  torr olduğu bir yüksekliğe çıkıyor. Hacmi ne kadar artar?

Cevap:  $\approx 2,5$  litre artar.

4. Derinliği  $30 \text{ m}$  olan bir gölün sıcaklığı  $+4^\circ\text{C}$  olan dibinden kopan bir gaz kabarcığı, suyun  $+17^\circ\text{C}$  de bulunan yüzüne vardığı zaman hacmi  $10 \text{ cm}^3$  olduğuna göre, gölün dibindeyken hacmi ne kadardır? Açıkhava basıncı  $1 \text{ kg/cm}^2$  dir.

Cevap:  $\approx 2,4 \text{ cm}^3$ .

5. Oksijenin standart koşullardaki yoğunluğu  $1,43 \text{ g/litre}$  olduğuna göre,  $10$  litrelük bir kaba,  $27^\circ\text{C}$  de ve  $25$  at. lik bir basınç altında ne kadar gram oksijen doldurulabilir?

Cevap:  $\approx 325,3 \text{ g}$ .

6. Standart koşullar altında  $22.4$  litre oksijenin ağırlığı  $32$  gram olduğuna göre,  $39^\circ\text{C}$  lik bir sıcaklık ve  $600 \text{ mm Hg}$  basıncı altında bulunan oksijenin yoğunluğunu bulunuz.

Cevap:  $\approx 0,987 \text{ g/litre}$ .

7. Gazların  $1$  mol-gramlarının standart koşullar altında  $22,4$  litre yer kapladıkları bilindiğine göre  $1/5$  mol-gram oksijen,  $1$  litrelük bir kapta ve  $100^\circ\text{C}$  lik bir sıcaklıkta ne kadar basınç yapar?

Cevap:  $6,12$  atmosfer.

8. Civa üzerine kapatılan bölümlü bir tüp içerisinde bir miktar oksijen toplanıyor. Bu gazın  $27^\circ\text{C}$  de ölçülen hacmi  $50 \text{ cm}^3$  tür ve tüpteki civa düzeyi, kaptakinden  $18 \text{ cm}$  yukarıdadır. Bu sırada açıkhava basıncı  $750$  torr olduğuna göre, toplanan gazın standart koşullardaki hacmini ve kütlesini bulunuz.

Cevap:  $\approx 43,82 \text{ cm}^3$ ,  $\approx 0,062 \text{ gram}$ .

9. Standart koşullar altında  $4 \text{ kg}$  oksijen alabilen bir kaba aynı koşullar altında ne kadar  $\text{CO}_2$  konabilirdi?

Cevap:  $5,5 \text{ kg}$ .

10.  $5$  litrelük bir kapta standart koşullar altında hidrojen,  $10$  litrelük ikinci bir kapta ise  $2$  at basınç ve  $27^\circ\text{C}$  de oksijen bulunmakta. Bu gazlar,  $20$  litrelük üçüncü bir kaba pompalansa ve sıcaklıklarını  $18^\circ\text{C}$  olsa, toplam basınç ne olur?

Cevap:  $\approx 1,236$  at.

## BÖLÜM VII

## ISI MIKTARI VE ÖLÇÜLMESİ

**1. ISI VE ISI BİRİMLERİ.** — Bugünün görüşüne göre, ısı bir enerji şeklidir. Bu enerjiyi alan cisimlerin sıcaklıklarını artabilir, fiziksel halleri değiştirebilir veya ısı enerjisi diğer bir enerji şekline —örneğin, mekanik enerjiye— dönüştürür. Bu nedenle, ısının, erg, joule ve kg.m gibi bir enerji birimiyle ölçülmesi mümkün ise de, ekseriya kalori, kilokalori ve «İngiliz ısı birimi» gibi özel ısı birimlerini kullanmak gelenek haline gelmiştir.

**Kalori:** 1 gram suyun sıcaklığını  $1^{\circ}\text{C}$  (daha doğrusu,  $14,5^{\circ}\text{C}$  den  $15,5^{\circ}\text{C}$  ye) artırın ısı miktarına kalori ( $= \text{cal}$ ) denir.

**Kilokalori:** 1 kg suyun sıcaklığını  $1^{\circ}\text{C}$  artırın ısı miktarına kilokalori ( $= \text{kcal}$ ) denir.  $1 \text{ kcal} = 1000 \text{ cal}$  dir.

**İngiliz ısı birimi:** 1 pound (453,6 g) suyun sıcaklığını  $1^{\circ}\text{F}$  ( $1/1,8^{\circ}\text{C}$ ) artırın ısı miktarına «İngiliz ısı birimi» ( $= \text{Btu}$ ) denir.  $1 \text{ (Btu)} = 252 \text{ cal}$  dir.

**2. ISINMA İSISI.** — Herhangi bir maddenin 1 (kütle birimi) miktarının sıcaklığını 1 (sıcaklık derecesi) kadar artırın ısı miktarına, o maddenin **isınma ısısı** denir.

Herhangi bir maddenin  $m$  kadarlık kütlesini  $t$  derece kadar ısıtan ısı miktarı  $Q$  ise, 1 kütle birimini 1 derece ısıtan ısı miktarı - isınma ısısı

$$c = Q/m t$$

olar. Isınma ısısının birimi  $Q$ ,  $m$  ve  $t$  için kullanılan birimlere bağlıdır.  $Q$  cal,  $m$  gram,  $t$   $^{\circ}\text{C}$  cinsinden ise,  $c$  nin birimi  $\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$  olur.

**3. BİR CİSMİ ISITMAK İÇİN GEREKLİ ISI.** — Kütlesi  $m$ , isınma ısısı ise  $c$  olan bir cismi  $t_1$ ° den  $t_2$ ° ye kadar ısıtmak için,

$$Q = m c (t_2 - t_1)$$

kadar ısı gereklidir.

**4. KALORİMETRİ PRENSİPLERİ.** — a) Sıcaklıklar farklı cisimler bir araya getirilirse, aralarında ısı alış verisi yaparlar ve sonunda hepsinin sıcaklığı aynı olur.

b) Cisimler arasında olup biten bir ısı alış verişinde, ısı kazanan cisimlerin kaznadıkları ıslar, ısı kaybeden cisimlerin kaybettikleri ıslar kadardır.

c) Bir ısı olayı olurken kazanılan (veya kaybedilen) ıslar, bu olayın tersi olurken kaybedilir (veya kazanılır).

**5. ISI SIĞASI.** — Bir cisme verilen ısı miktarı  $Q$  ve bunun sebep olduğu sıcaklık artması  $t_2 - t_1$  ise,  $Q / (t_2 - t_1)$  oranı, ele alınan cisme bağlı bir sabittir. (§ 3) deki formülle göre  $m c$  ye eşit olan bu sabit orana, ele alınan cisinin **ısı sığası** (veya, **sıcaklığından degeri**) denir.

$$\text{Isı sığası} = \frac{Q}{t_2 - t_1} = mc$$

**6. ATOM İSISI VE DULONG-PETIT KANUNU.** — Herhangi bir maddenin 1 atom gramını  $1^{\circ}\text{C}$  ısıtmak için gerekli ısı miktarına o maddenin **atom ısısı** denir.

**Dulong-Petit Kanunu.** — Oda sıcaklığında katı halde bulunan bir çok maddenin atom ısları yaklaşık olarak 6,4'e eşittir.

Atom kütlesi (tartısı)  $A$  ve isınma ısısı  $c$  olan maddenin,  $C$  ile göstereceğimiz atom ısisı, bu kanuna göre,  $C = Ac \approx 6,4$  dir.

**7. GAZLARIN ISINMA İSİLERİ.** — Gazların, biri sabit hacim altında, diğeri sabit basınç altında olmak üzere, iki isınma ısisı vardır. Bunlar  $c_p$  ve  $c_v$  ile gösterilirler. Bir gazın 1 gramını sabit basınç altında  $1^{\circ}$  ısıtmak için, sabit hacim altında  $1^{\circ}$  ısıtmak için gerekli olan dan daha çok bir ısı lazımdır. Çünkü sabit basınç altında ısıtılan bir gaz genleşmekte ve bunun için fazladan bir enerji gerekmektedir. Bu gerçek,  $c_p > c_v$  şeklinde özetlenebilir.

$c_p/c_v$  oranı He, A, Ne,... gibi 1 atomlu gazlarda 1,66; H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>... gibi 2 atomlu gazlarda 1,4 ve CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O,... gibi 3 atomlu gazlarda ise 1,33 gibi birer sabit sayıya eşittir.

## PROBLEMLER

245. a) 50 g suyun sıcaklığını  $10^{\circ}\text{C}$ , b) 800 gram çinkonun sıcaklığını  $50^{\circ}\text{C}$  artırmak için, ne kadar cal gereklidir? Çinkonun ısınma ısısı  $0,093 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$  dir.

**Cözümü:** a) 50 g suyun sıcaklığını  $t_2 - t_1 = 10^{\circ}\text{C}$  artırmak için,

$$Q = m c (t_2 - t_1) = 50 (\text{g}) \times 1 (\text{cal/g.}^{\circ}\text{C}) \times 10 (^{\circ}\text{C}) = 500 \text{ cal}$$

b) 800 g çinkonun sıcaklığını  $50^{\circ}\text{C}$  artırmak için ise,

$$Q = 800 (\text{g}) \times 0,093 (\text{cal/g.}^{\circ}\text{C}) \times 50^{\circ}\text{C} = 3720 \text{ cal}$$

gereklidir.

246. 2 kg bakır, a)  $10^{\circ}\text{C}$  den  $70^{\circ}\text{C}$ 'e kadar ısıtılırken ne kadar ısı alır? b)  $70^{\circ}\text{C}$  den  $30^{\circ}\text{C}$ 'e kadar soğutulurken ne kadar ısı verir? Bakırın ısınma ısısı  $0,093 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$  dir.

**Cözümü:** a)  $m = 2 \text{ kg} = 2000 \text{ g}$  bakır  $10^{\circ}\text{C}$  den  $70^{\circ}\text{C}$ 'e kadar ısıtılırken,

$$Q = m c (t_2 - t_1) = 2000 (\text{g}) \times 0,093 (\text{cal/g.}^{\circ}\text{C}) \times (70 - 10)^{\circ}\text{C} = 11160 \text{ cal}$$

alır.

b)  $m = 2000 \text{ g}$  bakır  $70^{\circ}\text{C}$  den  $30^{\circ}\text{C}$ 'e kadar soğurken,

$$Q = m c (t_2 - t_1) = 2000 (\text{g}) \times 0,093 (\text{cal/g.}^{\circ}\text{C}) (70 - 30)^{\circ}\text{C} = 7440 \text{ (cal)}$$

verir.

247. 5 libre demire, 2 B t u luk ısı veriliyor. Demirin sıcaklığı,  $40^{\circ}\text{F}$  den ne kadar  $^{\circ}\text{F}'a$  yükselir? Demirin ısınma ısısı  $0,113 \text{ Btu/lb.}^{\circ}\text{F}$  dir.

**Cözümü:** Kültlesi  $m=5$  libre olan demire  $Q=2 \text{ Btu}$  luk ısı verilince, sıcaklığı  $t_1=40^{\circ}\text{F}$  tan  $t_2=?^{\circ}\text{F}'a$  yükselmiş olsun,

$$Q = 2 (\text{Btu}) = m c (t_2 - t_1) = 5 (\text{lb}) \times 0,113 (\text{Btu/lb.}^{\circ}\text{F}) (t_2 - 40)^{\circ}\text{F}$$

denklemi yazılarak, bundan,  $t_2 \approx 43,5^{\circ}\text{F}$  bulunur.

248.  $0^{\circ}\text{C}$  de bulunan 50 gram suyu  $10^{\circ}\text{C}$  ısılmış olan ısı miktarı  $10^{\circ}\text{C}$  de bulunan 500 gram pirincen verilmiş olsaydı. onu ne kadar  $^{\circ}\text{C}'e$  ısitti? Pirincin ısınma ısısı  $0,09 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$  dir.

**Cözümü:**  $0^{\circ}\text{C}$  de bulunan  $m = 50 \text{ g}$  suyu  $10^{\circ}\text{C}'e$  ısitan ısı miktarı,

$$Q = m c (t_2 - t_1) = 50 (\text{g}) \times 1 (\text{cal/g.}^{\circ}\text{C}) \times (10 - 0)^{\circ}\text{C} = 500 \text{ cal}$$

dir. 500 cal lik ısı,  $10^{\circ}\text{C}$  de bulunan 50 gram pirinci  $t'_2 (^{\circ}\text{C})$ 'e kadar ısılmış olsun. Buğa göre,

$$Q' = 500 (\text{cal}) = m' c' (t'_2 - t'_1) = 500 (\text{g}) \times 0,09 (\text{cal/g.}^{\circ}\text{C}) \times (t'_2 - 10) (^{\circ}\text{C})$$

yazılara, bu denklemde,  $t'_2 \approx 21,11 (^{\circ}\text{C})$  bulunur.

249.  $+4^{\circ}\text{C}$  de bulunan 30 litre suya  $100^{\circ}\text{C}$  de bulunan ne kadar litre kaynar su katılmalıdır ki karışımın son sıcaklığı  $+20^{\circ}\text{C}$  olsun?

**Cözümü:** 30 litre (veya,  $m=30000$  gram) suyun  $+4^{\circ}\text{C}$  den  $20^{\circ}\text{C}'e$  ısınması için aldığı ısının,  $100^{\circ}\text{C}$  de bulunan  $m'$  gram suyun  $100^{\circ}\text{C}$  den  $20^{\circ}\text{C}'e$  kadar soğurken vereceği ısuya eşit olacağı yazılsrsa,

$$30000 (\text{g}) \times 1 (\text{cal/g.}^{\circ}\text{C}) \times (20 - 4) (^{\circ}\text{C}) = m' \times 1 (\text{cal/g.}^{\circ}\text{C}) \times (100 - 20)$$

ve bundan da  $m' = 6000 \text{ g}$  veya 6 litre bulunur.

250.  $80^{\circ}\text{C}$  de bulunan 20 litre sıcak suya  $14^{\circ}\text{C}$  de bulunan 200 litre soğuk su karıştırılıyor. Karışımın son sıcaklığı ne kadardır?

**Cözümü:** Karışımın son sıcaklığı  $t$  olsun.  $80^{\circ}\text{C}$  de bulunan 20 litre (20.000 gram) suyun  $t^{\circ}\text{C}'e$  kadar soğurken verdiği ısı, 200 litre (200.000 gram) suyun  $14^{\circ}\text{C}$  den  $t^{\circ}\text{C}$  ye ısınırken alacağı ısı kadar olduğundan,

$$20.000 (\text{g}) \times 1 (\text{cal/g.}^{\circ}\text{C}) \times (80 - t)^{\circ}\text{C} = 200.000 (\text{g}) \times 1 (\text{cal/g.}^{\circ}\text{C}) (t - 14)^{\circ}\text{C}$$

yazılara, bu denklemde,  $t = 20^{\circ}\text{C}$  bulunur.

251.  $280^{\circ}\text{C}'e$  kadar ısılmış olan 100 g lik bir kurşun küre,  $20^{\circ}\text{C}$  de bulunan 80 g su içeresine batırılınca karışımın son sıcaklığı  $30^{\circ}\text{C}$  oluyor. Bundan, kurşunun ısınma ısısını bulunuz.

**Cözümü:**  $280^{\circ}\text{C}$  den  $30^{\circ}\text{C}'e$  kadar soğyan 100 g kurşunun verdiği ısı,

$$Q = m c (t_2 - t_1) = 100 (\text{g}) \times c (280 - 30) (^{\circ}\text{C}) = 25000 \times c (\text{g.}^{\circ}\text{C})$$

$20^{\circ}\text{C}$  den  $30^{\circ}\text{C}'e$  kadar ısınan 80 g suyun aldığı ısı ise,

$$Q' = m' c' (t'_2 - t'_1) = 80 (\text{g}) \times 1 (\text{cal/g.}^{\circ}\text{C}) \times (30 - 20) (^{\circ}\text{C}) = 800 \text{ cal}$$

dir. Bu iki cisim arasında oluşan sı alış-verisi için  $Q = Q'$  veya,

$$25000 \times c (\text{g.}^{\circ}\text{C}) = 800 (\text{cal})$$

yazılara, bundan,  $c = 0,032 (\text{cal/g.}^{\circ}\text{C})$  bulunur.

252.  $100^{\circ}\text{C}$ 'e kadar ısıtılmış olan  $60\text{ g}$  lik bir alüminyum küre içinde  $10^{\circ}\text{C}$  de  $50\text{ g}$  su bulunan  $40\text{ g}$  lik bir pirinç kalorimetre kabına batırılıyor. Pirincin ısınma ısısı  $0,09 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$  ve kalorimetrenin son sıcaklığı  $28^{\circ}\text{C}$  olduğuna göre alüminyumun ısınma ısısını bulunuz.

**Çözümü:**  $100^{\circ}\text{C}$  den  $28^{\circ}\text{C}$ 'e kadar soğuyan  $60\text{ g}$  alüminyumun verdiği ısı,

$$Q_1 = 60 \times c \times (100 - 28) = 4320 \text{ cal}$$

Kalorimetrede bulunan  $50\text{ g}$  suyun  $10^{\circ}\text{C}$  den  $28^{\circ}\text{C}$ 'e ısınması için aldığı ısı,

$$Q_2 = 50 \times 1 \times (28 - 10) = 900 \text{ (cal)}$$

Isınma ısısı  $0,09 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$  olan  $40\text{ g}$  lik kalorimetre kabının  $10^{\circ}\text{C}$  den  $28^{\circ}\text{C}$ 'e kadar ısınması için gerekli ısı ise,

$$Q_3 = 40 \times 0,09 (28 - 10) = 64,8 \text{ (cal)}$$

dir. Bu üç cisim arasında oluşan ısı alış-verisi için,

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \text{ veya, } 4320 \text{ cal} = 900 + 64,8 = 964,8 \text{ (cal)}$$

yazılıarak, bundan,  $c \approx 0,22 \text{ (cal/g.}^{\circ}\text{C)}$  bulunur.

253.  $95^{\circ}\text{C}$ 'e kadar ısıtılmış olan  $200\text{ g}$  lik bir demir parçası, içinde  $50^{\circ}\text{F}$  da  $500\text{ g}$  su bulunan  $100\text{ g}$  lik bir pirinç kalorimetre kabına daldırılıyor. Karışımın son sıcaklığı kaç  $^{\circ}\text{C}$  olur? Demirin ısınma ısısı  $0,113 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$ , pirincinki  $0,09 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$  dir.

**Çözümü:** Karışımın son sıcaklığı  $t^{\circ}\text{C}$  olsun.  $95^{\circ}\text{C}$  den  $t^{\circ}\text{C}$ 'e kadar soğuyan  $200\text{ g}$  lik demirin vereceği ısı miktarı,

$$Q_1 = 200 \times 0,113 \times (95 - t) = 22,6 \times (95 - t)$$

cal dir' Öte yandan,  $50^{\circ}\text{F}$  (veya  $(50 - 32)/1,8 = 10^{\circ}\text{C}$ ) den  $t^{\circ}\text{C}$ 'e kadar ısınan  $500\text{ g}$  suyun ve  $100\text{ g}$  lik pirinç kabın alacakları ıslar,

$$Q_2 = 500 \times 1 \times (t - 10) \text{ ve } Q_3 = 100 \times 0,09 \times (t - 10) = 9 \times (t - 10)$$

cal dir. Bu üç cisim arasındaki ısı alış-verisi için,  $Q_1 = Q_2 + Q_3$  veya,

$$22,6 \times (95 - t) = 500 \times (t - 10) + 9 \times (t - 10) = 509 \times (t - 10)$$

denklemi kurularak sadeleştirilirse,  $7237 = 531,6 \times t$  ve bundan da  $t \approx 13,3^{\circ}\text{C}$  bulunur.

254. İçinde  $2\text{ kg}$  su bulunan  $1,5\text{ kg}$  lik bir pirinç kalorimetre kabı içinde  $3\text{ gram}$  kömür yakılıyor. Kalorimetrenin sıcaklığı  $20^{\circ}\text{C}$  den

$32^{\circ}\text{C}$ 'e yükseldiğine göre, kömürün yanma ısısını  $\text{kcal/kg}$  tinsinden hesaplayınız. Pirincin ısınma ısısı :  $0,09 \text{ (kcal/kg.}^{\circ}\text{C)}$  veriliyor.

**Çözümü:** Sıcaklığı  $20^{\circ}\text{C}$  den  $32^{\circ}\text{C}$ 'e yükselen kalorimetre kabının ve içindeki suyun aldıkları ıslar,

$$Q_1 = 1,5 \times 0,09 \times (32 - 20) = 1,62 \text{ kcal} \text{ ve } Q_2 = 2 \times 1 \times (32 - 20) = 24 \text{ kcal}$$

dir. Kömürün yanma ısısı  $1 \text{ kg}$  için  $q \text{ kcal}$  olsun.  $3 \text{ gram} (= 0,003 \text{ kg})$  kömürün yanmasından elde edilecek ısı miktarı ise  $Q = 0,003 \times q \text{ (kcal)}$  dir. Bu ısı miktarının  $Q_1 + Q_2$  ye eşit olduğu düşünürlerek  $0,003 \times q = 1,62 + 24 = 25,62 \text{ (kcal)}$  yazılabilir ve bundan da,  $q = 8540 \text{ kcal/kg}$  bulunur.

255. Isınma ısısı  $0,5 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$ , sıcaklığı ise  $40^{\circ}\text{C}$  olan bir sıvı, ısınma ısısı  $0,25 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$  sıcaklığı ise  $60^{\circ}\text{C}$  olan bir sıvı ile karıştırılıyor. Karışımın sıcaklığının  $50^{\circ}\text{C}$  olması için, karışımındaki sıvıların kütleleri arasındaki oran ne kadar olmalıdır?

**Çözümü:** Karışımındaki sıvıların kütleleri  $m_1$  ve  $m_2$ , bunlar arasındaki oran ise  $m_1/m_2 = x$  olsun. Isınma ısısı  $c_1 = 0,5 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$  olan  $m_1$  gram sıvının,  $40^{\circ}\text{C}$  den  $50^{\circ}\text{C}$ 'e ısınırken aldığı ısı,

$$Q_1 = m_1 \times 0,5 \times (50 - 40) = 5 m_1$$

ısınma sısi  $c_2 = 0,25 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$  olan  $m_2$  gram sıvının  $60^{\circ}\text{C}$  de  $50^{\circ}\text{C}$ 'e kadar soğurken verdiği ısı ise;

$$Q_2 = m_2 \times 0,25 \times (60 - 50) = 2,5 m_2$$

dir. Bu iki sıvı arasındaki ısı alış-verisinde, alınan ve verilen ısların eşitliği yazılırsa,  $Q_1 = Q_2$ ,  $5 m_1 = 2,5 m_2$  ve bundan da  $x = m_1/m_2 = 0,5$  bulunur.

Buna göre; karışımda bulunacak birinci sıvının kütlesi ( $= m_1$ ), ikinci sıvının kütlesinin ( $m_2$  nin) yarısı kadar olmalıdır.

256. Isınma ısısı  $0,2 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$  olan bir camdan yapılmış  $50\text{ g}$  lik bir Becher bardağı içinde sıcaklığı  $42^{\circ}\text{C}$  olan  $40\text{ g}$  alkol bulunmaktadır. Bu sıvı içerisinde  $15^{\circ}\text{C}$  de bulunan ve ısı sığası (= su cinsinden değeri)  $5 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$  olan bir termometre batırılırsa, sıvının sıcaklığı ne kadar alçalır? Alkolün ısınma ısısı  $0,615 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$  dir.

**Çözümü:** Karışımın son sıcaklığı  $t^{\circ}\text{C}$  olsun.  $42^{\circ}\text{C}$  den  $t^{\circ}\text{C}$ 'e kadar soğuyan Becher bardağı ve içindeki alkolün kaybettikleri ıslar,

$$Q_1 = 50 \times 0,2 \times (42 - t) = 10 \times (42 - t) \text{ ve } Q_2 = 40 \times 0,615 \times (42 - t) = 24,6 \times (42 - t)$$

cal dir.  $15^{\circ}\text{C}$  de bulunan ve su cinsinden değeri  $mc = 5 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$  olan termometrenin  $15^{\circ}\text{C}$  den  $t^{\circ}\text{C}$ 'e kadar ısınması için alacağı ısı ise,

$$Q_3 = m c (t - 15) = 5 (t - 15) \text{ cal}$$

dir. Becher bardağı, alkol ve termometre arasında olan ısı alış-verisi için

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 \text{ veya } 10(42 - t) + 24,6(42 - t) = 5(t - 15)$$

denklemi yazılıarak, bundan,  $t \approx 38,6^\circ\text{C}$  bulunur. Buna göre, termometre alkole batırılınca, sıcaklık  $42^\circ\text{C}$  den  $38,6^\circ\text{C}'e$  düşer veya  $3,4^\circ\text{C}$  kadar azalır.

257. Alüminyumun atom ağırlığı 27 g olduğuna göre: a) Dulong ve Petit kuralını kullanarak ısısını hesaplayınız. c)  $15^\circ\text{C}$  de bulunan bu tencereye  $100^\circ\text{C}$  de bulunan 1 kg su konuluyor. Suyun son sıcaklığı ne kadar  $^\circ\text{C}$  olur?

**Cözümü:** a) Dulong ve Petit kanununa göre:  $C = A \cdot c \approx 6,4$  olduğundan, alüminyum için,  $27 \cdot c \approx 6,4$  yazılıarak, bundan,  $c \approx 0,236 \text{ cal/g.}^\circ\text{C}$  bulunur.

b) 500 g lik bir alüminyum tencerenin ısı sıgası (= su cinsinden değeri).

$$m \cdot c = 500 \text{ (g)} \times 0,236 \text{ (cal/g.}^\circ\text{C)} = 118 \text{ (cal/}^\circ\text{C)} \text{ dir.}$$

c) Karışımın son sıcaklığı  $t$  olsun.  $100^\circ\text{C}$  den  $t^\circ\text{C}'e$  kadar soğuyan suyun verdiği ısının,  $15^\circ\text{C}$  de bulunan tencerenin  $t^\circ\text{C}'e$  ısınması için aldığı ısiya eşit olacağı yazılırsa,

$$1000 \times 1 (100 - t) = 118 (t - 15)$$

denklemi ve, bundan da,  $t \approx 91^\circ\text{C}$  bulunur.

## E K P R O B L E M L E R

1. 50 litre suyun sıcaklığını  $20^\circ\text{C}$  den  $100^\circ\text{C}'e$  çıkarmak için ne kadar ısı gereklidir?

Cevap: 4000 kcal.

2. 40 lb demir  $600^\circ\text{F}$  dan  $100^\circ\text{F}'a$  kadar soğurken ne kadar ısı verir? Demirin ısınma ısısı  $0,118 \text{ Btu/lb.}^\circ\text{F}$  dir.

Cevap: 2360 Btu.

3. ısınma ısısı  $0,2 \text{ cal/g.}^\circ\text{C}$  olan 200 g lik bir fincana konulduğu zaman fincan sıcaklığını  $20^\circ\text{C}$  den  $80^\circ\text{C}'e$  çikaran kahve, fincana ne kadar cal verir?

Cevap: 2400 cal.

4. Güneşten her  $1 \text{ cm}^2$  lik yüzeye dakikada ortalama olarak  $1,5 \text{ cal}$  gelmektedir. Bu ısı, derinliği 1 m olan su dolu bir havuz suyunun sıcaklığını 1 saatte ne kadar artırır?

Cevap:  $0,9^\circ\text{C}$ .

5.  $27^\circ\text{C}$  de ve 750 torr basınç altında 1000 litre havanın sıcaklığını sabit basınç altında  $27^\circ\text{C}$  den  $57^\circ\text{C}'e$  çıkarmak için ne kadar ısı gereklidir? Havanın standart koşullarda yoğunluğu  $1,293 \text{ g/litre}$ , ve sabit basınç altındaki ısınma ısısı  $0,24 \text{ cal/g.}^\circ\text{C}$  dir.

Cevap:  $\approx 8360 \text{ cal.}$

6.  $100^\circ\text{C}$  de bulunan 1,2 kg lik bir kurşun küre ( $c_1 = 0,03 \text{ cal/g.}^\circ\text{C}$ ), 1 kg lik bir bakır kap ( $c_2 = 0,09 \text{ cal/g.}^\circ\text{C}$ ) da  $20^\circ\text{C}$  de bulunan 3 kg yağ ( $c_3 = 0,6 \text{ cal/g.}^\circ\text{C}$ ) içerisinde atılıyor. Sistemin son sıcaklığı ne olur

Cevap:  $\approx 21,5^\circ\text{C}$ .

7. İçinde  $20^\circ\text{C}$  de 2 kg su bulunan 1500 g lik özel bir bakır kalorimetre içinde 4,5 g kömür yakılıyor. Kalorimetrenin sıcaklığı  $36,5^\circ\text{C}'e$  yükseldiğine göre kömürün yanma ısısını - 1 g kömürün yanarken verdiği ısı miktarını bulunuz. Bakırın ısınma ısısı  $0,093 \text{ cal/g.}^\circ\text{C}$  dir.

Cevap:  $\approx 7845 \text{ cal/g.}$

8. 550 g lik bir bakır kalorimetre kabında  $20^\circ\text{C}$  de 2,5 kg su bulunmaktadır. Bu kalorimetreye  $100^\circ\text{C}'e$  kadar ısıtılmış 750 g lik bir cisim konulunca, son sıcaklık  $22,4^\circ\text{C}$  oluyor. Bakırın ısınma ısısı  $0,093 \text{ cal/g.}^\circ\text{C}$  olduğuna göre, 750 g lik cisminkine kadardır?

Cevap:  $\approx 0,105 \text{ cal/g.}^\circ\text{C.}$

9. Bir sıvı yakıtın yanma ısısı  $19000 \text{ Btu/lb}$  dir. Yanma ısısının  $\% 70$ inden yararlanılabildiğine göre, 200 libre suyun sıcaklığını  $70^\circ\text{F}$  dan  $210^\circ\text{F}'a$  çıkarmak için ne kadar libre yakıt harcanır?

Cevap:  $\approx 2,1 \text{ libre.}$

10. Bir fırının sıcaklığını ölçmek için, bu fırında bir süre tutulmuş olan 100 g lik bir demir parçası, içinde  $20^\circ\text{C}$  de 400 g su bulunan 200 g lik bir pirinç kalorimetre kabına daldırılıyor. Son sıcaklık  $30^\circ\text{C}$  olguncu bir pirinç kalorimetre kabının sıcaklığı ne kadardır? Demirin ısınma ısısı  $0,118$ , pirincinki  $0,09 \text{ cal/g.}^\circ\text{C}$  dir.

Cevap:  $\approx 438^\circ\text{C.}$

## BÖLÜM VIII

## MADDENİN HAL DEĞİŞİRTİRMESİ

## A — ERGİME VE KATILAŞMA

1. ERGİME KANUNLARI. — a) Belli bir katı cisim, belli bir basınç altında belli bir sıcaklık derecesinde ergimeye başlar. Bu sıcaklık derecesine, o cismin ergime sıcaklığı denir.  
b) Ergime sıcaklığı, ergime süresince sabit kalır.  
c) Ergime sırasında bir hacim değişmesi, genel olarak bir hacim artması, kimi cisimlerde ise bir hacim azalması olur.
2. ERGİME ISISI. — Ergime sıcaklığına kadar ısıtılmış olan katı bir cismin  $1^{\circ}$  kütle biriminin (1 gramını veya 1 kilogramını), katı halden sıvı hale çevirmek için gerekli ısı miktarına ergime ısisidir.
3. BASINCIN ERGİME NOKTASINA ETKİSİ. — Ele alınan cisim ergime sırasında genleşmekte ise, basınç arttıkça ergimesi zorlaşır, ergime noktası yükselir. Ele alınan cisim ergime sırasında küçülmekte ise, basıncın artması ergimeyi kolaylaştırır, cisim daha düşük bir sıcaklıkta ergir.
4. KATILAŞMA KANUNLARI. — a) Belli bir sıvı belli bir basınç altında soğutulursa, belli bir sıcaklık derecesinde katılışmağa başlar. Belli bir madde için, aynı basınç altında, (ergime noktası = katılışma noktası) dir.  
b) Sıcaklık, katılışma süresince sabit kalır.  
c) Katılışma, bir hacim değişmesi ile birlikte olur. Genel olarak, katılışan cisimler küçürlürler ise de birkaç cisim, katılışırken genleşir.
5. KATILAŞMADA GECİKME (AŞIRI ERGİME). — Ergime noktasına kadar ısıtılmış katı bir cisim, her zaman bu sıcaklıkta ergimeye başlar. Ama, katılışma noktasına kadar soğutulmuş bir sıvı, bu sıcaklıkta, kendi katısı ile temasta bulunmadıkça katılışmaz. Bu halde, ka-

tılışma daha aşağı bir sıcaklık derecesinde olur. Bu olaya, katılaşma gecikme denir.

Katılışmada gecikmiş bir sıvı sarsılır veya içine bir katı parçası atılırsa, aşırı ergime halinde olan sıvinin bir kısmı birebir katılır ve meydana gelen ısı ile, sıvı, normal donma noktasına kadar ısınır.

## B — BUHARLAŞMA, KAYNAMA VE YOĞUNLAŞMA

1. BUHARLAŞMA. — Bir sıvı, kendi hacminden daha büyük bir hacimde, ancak kendi doymuş buharları ile dengede olabilir. Bu nedenle, sıvı buharlaşır ve oluşan buharlar basıncı artırarak doyma haline varılır. Boşlukta denge ani olarak kurulur; bir gaz atmosferi içindeki buharlaşmada ise denge kurulması için bir zaman süresi ister.  
Doymuş buhar basıncı: Ele alınmış olan buharın a) cinsine bağlıdır, b) sıcaklığına bağlıdır ve fakat, c) hacmine bağlı değildir.
2. KAYNAMA KANUNLARI. — a) Belli bir sıvı belli bir basınç altında ısıtıldığında, kaynama noktası denilen, belli bir sıcaklıkta kaynamağa başlar.  
b) Sıcaklık, kaynama süresince sabit kalır. Kaynama sıcaklığına kadar ısıtılmış bulunan bir sıvinin her 1 gramı, bu sıcaklıkta, sıvı halden buhar haline geçmek için buharlaşma ısisidir.
3. YOĞUNLAŞMA KANUNLARI. — a) Belli bir basınç altında soğutulan bir buhar belli bir sıcaklık derecesinde yoğunlaşmağa başlar. Aynı bir madde için,  
Yoğunlaşma noktası = kaynama noktası dir.  
b) Sıcaklık, yoğunlaşma süresince sabit kalır. Yoğunlaşma sıcaklığında bulunan bir buharın her 1 gramı sıvı hale geçerken, yoğunlaşmanın denen bir ısı miktarını geri verir. Belli bir madde için,  
Yoğunlaşma ısi = Buharlaşma ısi dir.
4. BİR GAZIN SİVİLAŞTIRILMASI. — Bunun için: a) Ele alınan gaz kritik sıcaklık derecesi denen bir sıcaklığın altına kadar soğutulmalıdır.  
b) Yeteri kadar bir basınç ile sıkıştırılmalıdır.  
Kritik sıcaklıkta bulunan bir gazi sıvılaştmak için gerekli basınç kritik basınç denir.

## PROBLEMLER

## A — ERGİME VE KATILAŞMA

258.  $-10^{\circ}\text{C}$  de bulunan 50 gram buz,  $0^{\circ}\text{C}$  de su haline çevirmek için ne kadar ısı gereklidir? Buzun ısınma ısısı  $0,5 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$ , ergime ısısı ise  $80 \text{ cal/g}$  dir.

**Cözümü:** Bu problemi cevaplamak için, önce  $-10^{\circ}\text{C}$  deki buzun ergime noktasına ( $0^{\circ}\text{C}'e$ ) kadar ısıtılması için gereklili ısınma miktarını ve sonra da  $0^{\circ}\text{C}$  de ergimesi için gereklili ısınma miktarını hesaplamak ve sonra bunları toplamak gerekdir.

$-10^{\circ}\text{C}$  deki 50 g buz  $0^{\circ}\text{C}'e$  kadar ısıtmak için gereklili ısınma,

$$Q_1 = m c (t_2 - t_1) = 50 (\text{g}) \times 0,5 (\text{cal/g.}^{\circ}\text{C}) [0 - (-10)]^{\circ}\text{C} = 250 \text{ cal}$$

$0^{\circ}\text{C}$  deki 50 g buz ergitmek için gereklili ısınma miktarı ise,

$$Q_2 = mL = 50 (\text{g}) \times 80 (\text{cal/g}) = 4000 \text{ cal.}$$

dir. Buna göre  $-10^{\circ}\text{C}$  deki 150 g buz  $0^{\circ}\text{C}$  de su haline getirmek için gereklili ısınma,

$$Q = Q_1 + Q_2 = 250 + 4000 = 4250 \text{ cal.}$$

dir.

259.  $100^{\circ}\text{C}$  de bulunan 20 kg kaynar su  $0^{\circ}\text{C}$  de buz haline gelene kadar ne kadar ısı verir? Suyun ısınma ısısı  $1 (\text{kcal/kg.}^{\circ}\text{C})$ ,  $0^{\circ}\text{C}$  deki donma ısısı ise  $80 (\text{kcal/kg})$  dir.

**Cözümü:** 20 kg suyun  $100^{\circ}\text{C}$  den  $0^{\circ}\text{C}$  ye kadar soğurken vereceği ısınma,

$$Q_1 = 20 (\text{kg}) \times 1 (\text{kcal/kg.}^{\circ}\text{C}) \times (100 - 0) (\text{ }^{\circ}\text{C}) = 2000 \text{ kcal.}$$

dir.  $0^{\circ}\text{C}$  de bulunan 20 kg suyun  $0^{\circ}\text{C}$  de, buz haline geçerken vereceği ısınma ise,

$$Q_2 = mL = 20 (\text{kg}) \times 80 (\text{kcal/kg}) = 1600 \text{ kcal}$$

olduğundan,  $100^{\circ}\text{C}$  deki 20 kg su,  $0^{\circ}\text{C}$  de buz haline gelene kadar,

$$Q = Q_1 + Q_2 = 2000 + 1600 = 3600 \text{ kcal.}$$

verir.

260.  $40^{\circ}\text{C}$  lük bir sıcaklıkta bulunan 5 kg lk bir demir parçasını ergitmek için ne kadar ısı gereklidir? Demirin ergime sıcaklığı  $1540^{\circ}\text{C}$ , ergime ısısı  $28 \text{ cal/g}$ , ısınma ısısı,  $0,113 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$  dir:

**Cözümü:** 5 kg demiri,  $40^{\circ}\text{C}$  den  $1540^{\circ}\text{C}'e$  kadar ısıtmak için gereklili ısınma,

$$Q_1 = 5000 (\text{g}) \times 0,113 (\text{cal/g.}^{\circ}\text{C}) \times (1540 - 40) (\text{ }^{\circ}\text{C}) = 847500 \text{ cal}$$

$1540^{\circ}\text{C}$  de ergitmek için gereklili ısınma ise,

$$Q_2 = m L = 5000 (\text{g}) \times 28 (\text{cal/g}) = 140000 \text{ cal}$$

olup, 5 kg lik demiri  $+40^{\circ}\text{C}$  de katı halden  $1540^{\circ}\text{C}$  de sıvı hale geçirilmek için gereken toplam ısınma miktarı,  $Q = Q_1 + Q_2 = 847500 + 140000 = 987500 \text{ cal} = 987,5 \text{ kcal}$  dir.

261. 10 kg suyun sıcaklığını  $95^{\circ}\text{C}$  den  $35^{\circ}\text{C}'e$  indirmek için, içine  $0^{\circ}\text{C}$  deki buzdan ne kadar kg katılmalıdır? Buzun ergime ısısı  $80 \text{ kcal/kg}$  dir.

**Cözümü:** 10 kg suyun  $95^{\circ}\text{C}$  den  $35^{\circ}\text{C}'e$  kadar soğurken vereceği ısınma miktarı,

$$Q_1 = 10 (\text{kg}) \times 1 (\text{kcal/kg.}^{\circ}\text{C}) \times (95 - 35) ^{\circ}\text{C} = 600 \text{ kcal}$$

dir. 10 kg suyun sıcaklığını  $95^{\circ}\text{C}$  den  $35^{\circ}\text{C}'e$  indirmek için gereklili buz miktarı  $m$  (kg) olsun,  $0^{\circ}\text{C}$  de bulunan  $m$  kg buzun ergimesi için,

$$Q_2 = m \times 80 \text{ kcal}$$

ergimededen meydana gelen  $m$  kg suyun  $0^{\circ}\text{C}$  den  $35^{\circ}\text{C}'e$  ısınması için ise,

$$Q_3 = m \times 1 \times (35 - 0) = 35 m \text{ kcal}$$

gereklidir. Sicak su ve buz arasındaki ısınma alış-verışı için,  $Q_1 = Q_2 + Q_3$ , veya

$$600 \text{ kcal} = 80 m (\text{kcal}) + 35 m (\text{kcal})$$

yazılarak, bundan;  $m \approx 5,21 \text{ kg}$  bulunur.

262. Buzun  $0^{\circ}\text{C}$  deki ergime ısısı  $80 \text{ cal/g}$  dir. Bu ergime ısısını  $\text{Btu/lb}$  cinsinden belirtiniz ve 5 lb buzun  $+14^{\circ}\text{F}$  da katı halden  $+50^{\circ}\text{F}$  da sıvı hale geçmesi için gereklili ısınma miktarını  $\text{Btu}$  ve  $\text{kcal}$  cinsinden hesaplayınız. Buzun ısınma ısısı  $0,5 (\text{Btu/lb.}^{\circ}\text{F})$  dir.

**Cözümü:** 1 Btu, 1 pound (=453,6 gram) suyun sıcaklığını  $1^{\circ}\text{F} (=1/1,8^{\circ}\text{C})$  kadar artıran ısınma miktarı olduğundan,

$$1 \text{ Btu.} = 453,6 (\text{g}) \times 1 (\text{cal/g.}^{\circ}\text{C}) \times (1/1,8) (\text{ }^{\circ}\text{C}) = 252 \text{ cal}$$

veya  $1 \text{ cal} = 1/252 (\text{Btu})$  dur. Öte yandan  $1 \text{ gram} = 1/453,6 \text{ pound} (=1 \text{ lb})$  olduğundan

$$L = 80 (\text{cal}) / 1 \text{ gram} = \frac{(80/252) (\text{Btu})}{(1/453,6) (\text{lb})} = 144 (\text{Btu/lb})$$

bulunur.

5 lb buzun  $+14^{\circ}\text{F}$  dan  $+32^{\circ}\text{F}'a$  (buzun ergime noktasına) kadar ısıtılması için gereklili ısınma miktarı,

$$Q_1 = mc (t_2 - t_1) = 5 (\text{lb}) \times 0,5 (\text{Btu/lb.}^{\circ}\text{F}) \times (32 - 15) (\text{ }^{\circ}\text{F}) = 45 \text{ Btu.}$$

$32^{\circ}\text{F}$  da bulunan 5 lb buz ergitmek için gereklili ısınma miktarı,

$$Q_2 = m L = 5 (\text{lb}) \times 144 (\text{Btu/lb}) = 720 \text{ Btu}$$

$32^{\circ}\text{F}$  da bulunan suyu,  $50^{\circ}\text{F}'a$  çıkarmak için gereklili ısınma miktarı,

$$Q_3 = 5 (\text{lb}) \times 1 (\text{Btu/lb.}^{\circ}\text{F}) \times (50 - 32) (\text{ }^{\circ}\text{F}) = 90 \text{ Btu}$$

olduğundan, 5 lb buz +14°F da katı halden +50°F da sıvı hale getirmek için,  
 $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 45 + 720 + 90 = 855 \text{ Btu}$   
gerekir.

263. 200°C'e kadar ısıtılmış olan 200 gramlık bir pirinç parçası 0°C de bulunan bir buz kalıbı içinde açılmış olan bir oyuğa konuyor. Isı kayipları olmadığına göre, ne kadar gram buzun ergiyeceğini bulunuz.

Buzun ergime ısısı 80 cal/g, pirincin ısınma ısısı ise 0,09 cal/g.°C dir.

**Çözümü :** 200°C'e kadar ısıtılmış olan 200 gram pirincin, buz içinde 0°C'e kadar soğurken verdiği ısı miktarı :

$$Q_1 = 200 \text{ (g)} \times 0,09 \text{ (cal/g.°C)} \times (200 - 0) \text{ (°C)} = 3600$$

dir. Buzun 1 gramı 80 cal ile ergidiğine göre, 3600 calının ergiyeceği buz miktarı,

$$m = Q/L = 3600 \text{ (cal)} / 80 \text{ (cal/g)} = 45 \text{ (g)}$$

dir.

264. 0°C de bulunan 250 gram buz ve 100°C de bulunan 300 gram su karıştırılırsa, bu karışımın son sıcaklığı ne kadar °C olur?

Buzun ergime ısısı: 80 cal/g.

**Çözümü :** Karışımın son sıcaklığı  $t$  olsun. 100°C de bulunan 300 gram suyun  $t$ °C'e kadar soğuması süresinde vereceği ısı,

$$Q_1 = 300 \text{ (g)} \times 1 \text{ (cal/g.°C)} \times (100 - t) \text{ (°C)} = 300 \times (100 - t) \text{ cal}$$

0°C de bulunan 250 g buzun ergimesi için alacağı ısı,

$$Q_2 = 250 \text{ (g)} \times 80 \text{ (cal/g)} = 20000 \text{ (cal)}$$

ergimeden doğan 250 g suyun 0°C den  $t$  °C'e kadar ısınması için alacağı ısı ise,

$$Q_3 = 250 \text{ (g)} \times 1 \text{ (cal/g.°C)} (t - 0) \text{ (°C)} = 250 t \text{ (cal)}$$

dir. Buz ve kaynama sıcaklığındaki su arasındaki ısı alış verisi için,

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \text{ veya } 300 \times (100 - t) = 20000 + 250 t$$

yazılıarak, bu denklemden,  $t \approx 18,18^\circ\text{C}$  bulunur.

265. 120 g lik bir pirinç kalorimetre kabı içinde 55°C de 200 g su bulunmaktadır. Bu kalorimetre içerisinde 0°C de bulunan 90 g buz konuyor. Kalorimetrenin son sıcaklığı 14,6°C, pirincin ısınma ısısı ise 0,09 cal/g.°C olduğuna göre, bu deneyden, buzun ergime ısısını bulunuz.

**Çözümü :** Buzun ergime ısısı  $L$  olsun. 90 gram buzun ergimesi için

$$Q_1 = 90 L \text{ cal}$$

bu ergimeden doğan 0°C deki 90 g suyun 14,6°C'e kadar ısınması için

$$Q_2 = 90 \times 1 (14,6 - 0) = 1314 \text{ (cal)}$$

gerektir. Kalorimetre kabının ve içindeki suyun 55°C den 14,6°C'e kadar soğurken verecekleri ısınların toplamı ise,

$$Q_3 + Q_4 = (120 \times 0,09 + 200 \times 1) (55 - 14,6) = 8516,32 \text{ cal.}$$

dir. Kalorimetredeki ısı alış-verisi için,  $Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4$  veya  $90 L + 1314 = 8516,32$  yazılırak, bundan,  $L \approx 80$  (cal/g) bulunur.

266. Ergime noktasında (326°Cde) bulunan 300 gram ergimiş kurşun, 120 g lik bir pirinç kalorimetre kabı içinde bulunan 5°C deki 225 gram suya karıştırıldığında, kalorimetrenin son sıcaklığı 24,1°C oluyor. Bundan, kurşunun ergime ısısını bulunuz. Pirincin ısınma ısısı 0,093 cal/g.°C, kurşununki 0,031 cal/g.°C dir.

**Çözümü :** Kurşunun ergime ısısı  $L$  cal/g olsun. 300 g kurşun, 326°C de katılaşırken,

$$Q = m L = 300 L \text{ (cal)}$$

lik ısı verir. Katılaşmış kurşunun 326°C den 24,1°C'e kadar soğuması süresinde vereceği ısı ise,

$$Q_3 = 300 \times 0,031 (326 - 24,1) = 2807,67 \text{ cal}$$

dir. Öte yandan, kalorimetre kabının ve içindeki suyun 5°C den 24,1°C'e kadar ısınmaları için alacakları ısınların toplamı,

$$Q_3 + Q_4 = 120 \times 0,093 \times (24,1 - 5) + 225 \times 1 \times (24,1 - 5) = 4510,656 \text{ cal}$$

dir. Kalorimetredeki ısı alış-verisi için,  $Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4$  veya,  $300 L + 2807,67 = 4510,656$  yazılırak, bundan  $L \approx 5,67$  (cal/g) bulunur.

267. 120 g lik bir pirinç kalorimetre kabında 0°C de 50 g buzla 200 g su bulunmaktadır. Bu kalorimetre kabına ergime sıcaklığında bulunan 100 g ergimiş çinko katıncı, karışımın sıcaklığı 10°C oluyor.

Çinkonun ergime sıcaklığı 415°C, ısınma ısısı 0,094 cal/g.°C, ve buzun ergime ısısı 80 cal/g olduğuna göre, çinkonun ergime ısısını bulunuz.

**Çözümü :** Çinkonun ergime ısısı  $L$  (cal/g) olsun. 100 g çinkonun 415°C de katılaşırken vereceği ısı,  $Q_1 = 100 L \text{ (cal)}$

katılaşan çinkonun 415°C den 10°C'e kadar soğurken vereceği ısı,

$$Q_2 = 100 \times 0,094 (415 - 10) = 3807 \text{ (cal)}$$

dir. Öte yandan, 0°C de bulunan 50 g buzun, 0°C de, ergimesi için alacağı ısı,

$$Q_3 = 50 \times 80 = 4000 \text{ (cal)}$$

dir. Ergimeden doğan 0°C deki 50 g su ile kalorimetre kabındaki 200 g suyun 0°C den 10°C'e kadar ısınmaları için alacakları ısı,

$$Q_4 = 250 \times 1 \times (10 - 0) = 2500 \text{ (cal)}$$

0°C den 10°C'e kadar ısınan kalorimetre kabının alacağı ısı,

$$Q_5 = 120 \times 0,094 \times (10 - 0) = 112,8 \text{ (cal)}$$

dir. Kalorimetredeki ısı alış-verisi için,  $Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4 + Q_5$  veya,

$$100L + 3807 = 4000 + 2500 + 112,8$$

yazılıarak, bundan,  $L \approx 28$  cal/g bulunur.

268. Ergime noktasında ( $269^{\circ}\text{C}$  de) bulunan 425 g bizmut  $0^{\circ}\text{C}$  de bulunan büyük bir buz parçası üzerinde açılmış bir oyuğa döküllünde, buzun 111 gramı ergiyor. Bizmutun ısınma ısısı  $0,0306 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$  ve buzun ergime ısısı 80 cal/g olduğuna göre, bizmutun ergime ısısını bulunuz.

**Çözümü :** Bizmutun ergime ısısı  $L$  (cal/g) olsun. 425 g bizmutun  $269^{\circ}\text{C}$  de katılaşırken vereceği ısı,  $Q_1 = 425L$  (cal)

dir. Katılaşan bizmutun  $269^{\circ}\text{C}$  den  $0^{\circ}\text{C}$ 'e kadar soğurken vereceği ısı ise,

$$Q_2 = 425 \times 0,0306 \times (269 - 0) \approx 3498 \text{ (cal)}$$

dir. Öte yandan,  $0^{\circ}\text{C}$  de bulunan 111 g buzun ergimesi için gerekli ısı,

$$Q_3 = 80 \times 111 = 8880 \text{ (cal)}$$

dir. Kalorimetrede olan ısı alış-verisi için  $Q_1 + Q_2 = Q_3$  veya  $425L + 3498 = 8880$  yazılıarak, bundan,  $L \approx 12,7$  cal/g bulunur.

269.  $1000^{\circ}\text{C}$  e kadar ısıtılmış olan 1 kg lik ergimiş kurşun,  $0^{\circ}\text{C}$  de bulunan büyük bir buz parçası üzerinde açılmış bulunan bir oyuğa konunca, bu puz parçasının 527 gramını ergitiyor. Kurşunun ergime noktası  $325^{\circ}\text{C}$ , ergime ısısı  $5,4 \text{ cal/g}$ , ısınma ısısı  $0,03 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$  ve buzun ergime ısısı  $80 \text{ cal/g}$  olduğuna göre, ergimiş kurşunun ısınma ısısını bulunuz.

**Çözümü :** Ergimiş kurşunun ısınma ısısı  $x$  olsun.  $1000^{\circ}\text{C}$  e kadar ısıtılmış  $1000 \text{ g}$  ergimiş kurşun, katılaşma noktasına ( $325^{\circ}\text{C}$  e) kadar soğutulurken,

$$Q_1 = 1000 \times x \times (1000 - 325) = 675000x \text{ (cal)}$$

$325^{\circ}\text{C}$  de ergime süresince,  $Q_2 = 1000 \cdot 5,4 = 5400$  (cal)

ve, katılaştıktan sonra  $0^{\circ}\text{C}$  e kadar soğurken

$$Q_3 = 1000 \times 0,03 \times (325 - 0) = 9750 \text{ (cal)}$$

verir. Öte yandan,  $0^{\circ}\text{C}$  de ergiyen 527 gram buzun alacağı ısı,

$$Q_4 = 527 \times 80 = 42160 \text{ (cal)}$$

olup, bu ısı alış-verisi için,  $Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4$  veya  $675000x + 5400 + 9750 = 42160$  yazılıarak, bundan,  $x \approx 0,04 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$  bulunur.

270.  $-5^{\circ}\text{C}$  e kadar soğutulmuş olan 50 gram suyun içeresine küçük bir buz parçası atılıncı, anı bir donma oluyor ve sıcaklık  $0^{\circ}\text{C}$  e yükseliyor. Bu sırada suyun ne kadar gramı donabilir?

Buzun ergime ısısı  $80 \text{ cal/g}$ , ısınma ısısı  $0,5 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$  dir.

**Çözümü :** Donan buz  $x$  gram olsun.  $x$  gram buzun donarken vereceği  $Q_1 = 80x$  cal,  $x$  gram buzu ve  $(50 - x)$  gram suyu  $-5^{\circ}\text{C}$  den  $0^{\circ}\text{C}$  e kadar ısıtmaya harcanacaktır,

$$80x = x \times 0,5 \times [0 - (-5)] + (50 - x) \times 1 \times [0 - (-5)]$$

denklemi yazılıarak, bundan,  $x \approx 3$  gram bulunur.

271. Aşırı ergime halinde bulunan suyun içine küçük bir buz parçası atıldığı zaman, suyun  $1/4$  ünün donduğu ve sıcaklığının  $0^{\circ}\text{C}$  e çıktıığı görülmektedir. Buzun ergime ısısı 80 cal/g, ısınma ısısı ise  $0,5 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$  olduğuna göre aşırı ergime halinde bulunan suyun ilk sıcaklığının ne kadar  $^{\circ}\text{C}$  olduğunu bulunuz.

**Çözümü :** Aşırı ergime halinde bulunan suyun kütlesi  $m$  gram, sıcaklığı ise  $t^{\circ}\text{C}$  olsun,  $0,25 \times m$  gram buz, donarken,  $Q_1 = 0,25 \times m \times 80 = 20m$  (cal) ısı verir. Bu ısı miktarı ile,  $0,25m$  gram buz ve  $(m - 0,25m)$  gram su,  $t^{\circ}\text{C}$  den  $0^{\circ}\text{C}$  e kadar ısınacaklarından,

$$20m = 0,25 \times m \times 0,5 \times (0 - t) + (m - 0,25m) \times 1 \times (0 - t)$$

denklemi yazılıarak, bundan,  $t \approx -22,8^{\circ}\text{C}$  bulunur.

272. Yer,  $-6^{\circ}\text{C}$  de bulunan 2 cm kalınlıkta bir buz tabakası ile örtülüdür. a)  $\text{m}^2$  ye,  $10^{\circ}\text{C}$  de bulunan ne kadar kg yağmur yağmalıdır ki bu buz tabakasını ergitebilsin? b) Güneş'ten yer'in  $\text{cm}^2$  sine dakikada 1,5 cal geldiği bilindiğine göre, aynı buz tabakasının, güneşten gelen ısı ile, ne kadar zamanda ergiyeleceğini bulunuz.

Buzun ısınma ısısının  $0,5 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$  ergime ısısının  $80 \text{ cal/g}$ , yoğunluğunun ise  $0,9 \text{ g/cm}^3$  olduğu biliniyor.

**Çözümü :** a) Yer'in  $1 \text{ m}^2$  sindeki buzun kütlesi,  $m = V \rho = 100 \times 100 \times 2 (\text{cm}^3) \times 0,9 (\text{g/cm}^3) = 18000 \text{ gramdır. } 18000 \text{ g buzun } -6^{\circ}\text{C}$  den ergime noktasına ( $0^{\circ}\text{C}$  e) kadar ısınması için gerekli ısı,  $Q_1 = 18000 \times 0,5 \times [0 - (-6)] = 54000$   $0^{\circ}\text{C}$  de ergimesi için gerekli ısı ise,  $Q_2 = 18000 \times 80 = 1440000 \text{ cal}$

dir. Buna göre, yerdeki buz tabakasının ergimesi için  $\text{m}^2$  ye  $Q_1 + Q_2 = 54000 + 1440000 = 1494000$  (cal) gelmesi gereklidir. Bu ısıyı vermek için yer'in  $\text{m}^2$  sine düşen yağmur miktarı  $x$  gram olsun,  $x$  gram yağmurun,  $10^{\circ}\text{C}$  den  $0^{\circ}\text{C}$  e kadar soğurken vereceği ısının  $1494000$  cal olacağı yazılrsa,

$$1494000 = x \times 1 \times (10 - 0)$$

denklemi kurulur ve bundan da  $x = 149400 \text{ g} = 149,4 \text{ kg}$  bulunur.

b) Güneşten yer'in  $\text{cm}^2$  sine, dakikada 1,5 cal gelmektedir. Buna göre,  $\text{m}^2$  ye dakikada gelen ısı miktarı  $1,5 \times 10000 = 15000 \text{ cal dir. }$  Yer'deki buzun tamamen ergimesi için,  $\text{m}^2$  ye,  $1494000$  cal gelmesi gerekmektedir. Bu kadar ısı ise, güneş'ten,  $1494000 / 15000 = 99,6$  dakika = 1 saat 39 dak. 36 s de gelir.

## B — BUHARLAŞMA VE YOĞUNLAŞMA

273. 10 gram suyu  $+10^{\circ}\text{C}$  lik bir sıcaklıkta sıvı halden  $100^{\circ}\text{C}$  de buhar haline getirmek için ne kadar ısı gereklidir? Suyun  $100^{\circ}\text{C}$  deki buharlaşma ısısı  $537 \text{ cal/g}$  dir.

**Cözümü :** 10 g suyu,  $+10^{\circ}\text{C}$  den  $100^{\circ}\text{C}$ 'e kadar ısıtmak için,

$$Q_1 = 10 \times 1 \times (100 - 10) = 900 \text{ cal}$$

$100^{\circ}\text{C}$  de buharlaştmak için ise,  $Q_2 = 10 \text{ (g)} \times 537 \text{ (cal/g)} = 5370 \text{ (cal)}$  gereklidir. Buna göre, 10 g suyu  $+10^{\circ}\text{C}$  den  $100^{\circ}\text{C}$  de buhar haline getirmek için,

$$Q_1 + Q_2 = 900 + 5370 = 6270 \text{ cal}$$

gereklidir.

274. a)  $-10^{\circ}$  de bulunan 60 gram buzlu  $110^{\circ}\text{C}$  de bulunan buhar haline getirmek için ne kadar ısı gereklidir?

b)  $110^{\circ}\text{C}$  de bulunan 60 gram su buharı,  $-10^{\circ}\text{C}$  de bulunan buz haline gelmek için ne kadar ısı vermelidir?

Buzun ısınma ısısı  $0,5 \text{ cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$  de ergime ısısı  $80 \text{ cal/g}$ , su buharının ısınma ısısı  $0,4 \text{ cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C}$ ,  $100^{\circ}\text{C}$  deki yoğunlaşma ısısı  $537 \text{ cal/g}$  dir.

**Cözümü :** Yukarıda bazı örneklerini gördüğümüz gibi, bu tip problemlerde sorulan ıslar bir adımda hesaplanamaz. Verilen cisimlerin hal değiştirmeye sıcaklıklarına kadar ısıtılmaları (veya soğutulmaları) süresince alacakları (veya verecekleri) ıslar, ısınma ısları yardımı ile, hal değiştirmeye süresince aldıkları (veya verdikleri) ıslar ise, gizli ıslar (ergime ıısı, buharlaşma ıısı...) yardım ile ayrı ayrı hesaplanır ve sonunda bunlar toplanır.

a)  $-10^{\circ}\text{C}$  de bulunan buz, önce, ergime noktasına ( $0^{\circ}\text{C}$ 'e) kadar ısınır. Bu ısınma için gereklili  $Q_1 = m c (t_2 - t_1) = 60 \times 0,5 \times [0 - (-10)] = 300 \text{ cal}$  dir. 300 cal alarak  $0^{\circ}\text{C}$ 'e gelmiş olan 60 g buzlu bu sıcaklıkta ergitmek için,

$$Q_2 = m L = 60 \text{ (g)} \times 80 \text{ (cal/g)} = 4800 \text{ cal}$$

gereklidir. Ergimededen doğan 60 g suyu  $0^{\circ}\text{C}$  den kaynama noktası olan  $100^{\circ}\text{C}$ 'e kadar ısıtmak için gereklili  $Q_3 = 60 \times 1 (100 - 0) = 6000 \text{ cal}$

dir. Bu ısiyi alarak  $+100^{\circ}\text{C}$  ye gelmiş olan 60 g cisimi,  $100^{\circ}\text{C}$  de buhar haline getirmek için gereklili  $Q_4 = m L' = 60 \times 537 = 32220 \text{ cal}$

dir. Bu ısiyi da alarak  $100^{\circ}\text{C}$  de buhar haline gelmiş olan cismin  $100^{\circ}\text{C}$  den  $110^{\circ}\text{C}$ 'e kadar ısınması için gereklili  $Q_5 = 60 \times 0,4 (110 - 100) = 240 \text{ cal}$  dir.

Bunlara göre  $-10^{\circ}\text{C}$  de bulunan 60 g buzlu  $+110^{\circ}\text{C}$  de bulunan su buharı haline getirmek için gereklili  $Q_1 + \dots + Q_5 = 300 + 4800 + 6000 + 32220 + 240 = 43560 \text{ cal} = 43,56 \text{ kcal}$

dir.

b) Problemin bu kısmı (a) kısmının tam olarak karşısıdır. Verilen cisim,  $0^{\circ}\text{C}$  den  $+110^{\circ}\text{C}$  den  $100^{\circ}\text{C}$ 'e getirmek; sonra  $100^{\circ}\text{C}$  de yoğunlaştmak, sonra  $100^{\circ}\text{C}$  den  $0^{\circ}\text{C}$  de soğutmak; sonra,  $0^{\circ}\text{C}$  de katlaştırmak ve en sonra da  $0^{\circ}\text{C}$  den  $-10^{\circ}\text{C}$ 'e soğutmak için cisimden alınması gereken ıslar ayrı ayrı hesaplanır ve sıra ile  $Q_1 = 300 \text{ cal}$ ,  $Q_2 = 4800 \text{ cal}$ ,  $Q_3 = 6000 \text{ cal}$ ,  $Q_4 = 32220 \text{ cal}$  ve  $Q_5 = 240 \text{ cal}$  bulunur. Bunların toplamı olan  $43560 \text{ cal}$ , verilen cismin,  $+110^{\circ}\text{C}$  de su buharı halinden  $-10^{\circ}\text{C}$  de buz haline geçmesi için vermesi gereklili olan ısi miktarıdır.

275.  $100^{\circ}\text{C}$  de bulunan 18,2 gram su buharı,  $36^{\circ}\text{C}$  de bulunan 200 gram su içine gönderildiğinde karışımın son sıcaklığı  $86^{\circ}\text{C}$  oluyor. Bundan, su buharının  $100^{\circ}\text{C}$  deki yoğunlaşma ısisini bulunuz.

**Cözümü :** Su buharının  $100^{\circ}\text{C}$  deki buharlaşma ısi  $L$  olsun. 18,2 g su buharının  $100^{\circ}\text{C}$  de yoğunlaşırken vereceği ısi  $Q_1 = 18,2 \times L \text{ (cal)}$ , yoğunlaştiktan sonra  $100^{\circ}\text{C}$  den  $86^{\circ}\text{C}$ 'e kadar soğurken vereceği ısi ise,

$$Q_2 = 18,2 \times 1 \times (100 - 86) = 254,8 \text{ (cal)}$$

dir. Öte yandan,  $36^{\circ}\text{C}$  den  $86^{\circ}\text{C}$ 'e kadar ısınan 200 g suyun aldığı ısi,

$$Q_3 = 200 \times 1 \times (86 - 36) = 10000 \text{ (cal)}$$

olup, verilen cisimler arasındaki ısi alış-verisi için,  $Q_1 + Q_2 = Q_3$  veya,

$$18,2 \times L + 254,8 = 10000$$

denklemi kurularak, bundan,  $L \approx 535 \text{ cal/g}$  bulunur.

276. 100 kg lik bir kalorifer radyatörü demirden yapılmıştır ve  $20^{\circ}\text{C}$  de bulunmaktadır. Bu radyatör içinde  $100^{\circ}\text{C}$  de bulunan ne kadar  $kg$  su buharı yoğunlaşmalıdır ki, radyatör  $60^{\circ}\text{C}$  e kadar ısinin?

Demirin ısınma ısi  $0,11 \text{ kcal/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$ , su buharının  $100^{\circ}\text{C}$  deki yoğunlaşma ısi  $537 \text{ kcal/kg}$  alınacaktır.

**Cözümü :** Demir radyatörün  $20^{\circ}\text{C}$  den  $60^{\circ}\text{C}$  e kadar ısinması için gereklili  $Q_1 = 100 \text{ (kg)} \times 0,11 \text{ (kcal/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}) \times (60 - 20) \text{ (}^{\circ}\text{C)} = 440 \text{ kcal}$

Bu ısiyi vermek için yoğunlaşan su buharı miktarı  $x \text{ kg}$  olsun.  $x \text{ kg}$  su buharının  $100^{\circ}\text{C}$  de yoğunlaşırken vereceği ısi,  $Q_2 = 537 \cdot x \text{ (kcal)}$ , yoğunlaştiktan sonra, su halinde,  $60^{\circ}\text{C}$  e kadar soğurken vereceği ısi ise,  $Q_3 = x \times 1 \times (100 - 60) = 40 x \text{ (kcal)}$

dir. Ele alınan cisimler arasında olan ısi alış-verisi için  $Q_1 = Q_2 + Q_3$  veya,  $440 = 537 x + 40 x$  denklemi kurularak, bundan,  $x \approx 0,762 \text{ kg}$  bulunur.

277. 90 g lik bir pirinç kalorimetre kabında  $5^{\circ}\text{C}$  de 400 g su bulunmaktadır. Bu suyun içine  $100^{\circ}\text{C}$  de bulunan 20 g su buharı gönderilirse, karışımın son sıcaklığı ne kadar  $^{\circ}\text{C}$  olur?

Pirinçin ısınma ısısı  $0,093 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$ , su buharının  $100^{\circ}\text{C}$  deki yoğunlaşma ısısı  $537 \text{ cal/g}$  dir.

**Çözümü :** Karışımın son sıcaklığı  $x$  olsun. Kalorimetre kabının içindeki suyun  $5^{\circ}\text{C}$  den  $x^{\circ}\text{C}$  ye kadar ısınmaları için alacakları ısları toplamı,

$$Q_1 + Q_2 = 90 \times 0,093 (x - 5) + 400 \times 1 (x - 5) = (x - 5) \times 408,37 \text{ (cal)}$$

dir. Öte yandan,  $100^{\circ}\text{C}$  de bulunan 20 g su buharı, bu sıcaklıkta yoğunlaşıırken,  $Q_3 = 20 \times 537 = 10740 \text{ cal}$  verir. Yoğunlaşmadan doğan  $100^{\circ}\text{C}$  de 20 g suyun  $x^{\circ}\text{C}$  e kadar soğurken vereceği ısı ise,  $Q_4 = 20 \times 1 \times (100 - x) = 2000 - 20x \text{ cal}$  dir. Göz önüne alınmış olan ısı alış-verişi için,  $Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4$  veya,

$$(x - 5) \times 408,37 = 10740 + 2000 - 20x$$

denklemi yazılarak, bundan  $x \approx 34,5^{\circ}\text{C}$  bulunur.

278.  $-20^{\circ}\text{C}$  de bulunan 50 gram buza, 15 kcal verilirse ne olur? Buzun ısınma ısısı  $0,5 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$  ergime ısısı  $80 \text{ cal/g}$  ve suyun  $100^{\circ}\text{C}$  deki buharlaşma ısısı  $540 \text{ cal/g}$  dir.

**Çözümü :**  $-20^{\circ}\text{C}$  de bulunan 50 g buz, önce,  $0^{\circ}\text{C}$  e kadar ısınmak için,  $Q_1 = 50 \times 0,5 [0 - (-20)] = 500 \text{ cal}$  harcar ve elimizde  $15000 - 500 = 14500 \text{ cal}$  kalmır.  $0^{\circ}\text{C}$  e gelen 50 gram buz, bu sıcaklıkta ergimek için,  $Q_2 = 50 \times 80 = 4000 \text{ cal}$  alır ve geriye  $14500 - 4000 = 10500 \text{ cal}$  kalmır. Buzun ergimesiyle elde edilen  $0^{\circ}\text{C}$  deki 50 g suyun,  $100^{\circ}\text{C}$  e ısınması için,  $Q_3 = 50 \times 1 \times (100 - 0) = 5000 \text{ cal}$  daha alması gereklidir. Bu suretle, elimizde  $10500 - 500 = 5500 \text{ cal}$  kalmır,  $100^{\circ}\text{C}$  e gelmiş olan 50 g suyun, bu sıcaklıkta buharlaşması için,  $Q_4 = 50 \times 540 = 27000 \text{ cal}$  alması gereklidir. Fakat, elimizde 5500 cal kalmış olduğu için,  $100^{\circ}\text{C}$  e gelmiş olan suyun hepsi buharlaşamaz. 5500 cal ile ancak  $m = 5500 \text{ (cal)} / 540 \text{ (cal/g)} \approx 10,2 \text{ g}$  su buharlaşabilir.

**Sonuç :**  $-20^{\circ}\text{C}$  de bulunan 50 g buza 15 kcal verilirse,  $100^{\circ}\text{C}$  de bulunan ( $10,2$  gram su buharı +  $39,8$  gram su) elde edilir.

279. 300 g lik bir alüminyum kalorimetre kabında  $0^{\circ}\text{C}$  de 600 g su ile 200 g buz bulunmaktadır. Bu kaba  $100^{\circ}\text{C}$  de bulunan ne kadar gram su buharı göndermeliyiz ki karışımın son sıcaklığı  $10^{\circ}\text{C}$  olsun. Alüminyumun ısınma ısısı  $0,21 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$ , su buharının  $100^{\circ}\text{C}$  deki yoğunlaşma ısısı  $540 \text{ cal/g}$ , buzun ergime ısısı ise  $80 \text{ cal/g}$  dir.

**Çözümü :** Aranan su buharının kütlesi  $m$  gram olsun.  $100^{\circ}\text{C}$  de bulunan  $m$  gram su buharı  $100^{\circ}\text{C}$  de yoğunlaşıırken,  $Q_1 \approx m L = 540 m \text{ (cal)}$  yoğunlaşmadan doğan  $m$  gram su,  $100^{\circ}\text{C}$  den  $10^{\circ}$  ye kadar soğurken,

$$Q_2 = m \times 1 \times (100 - 10) = 90 m \text{ (cal)}$$

verir. Öte yandan 200 g buz,  $0^{\circ}\text{C}$  de ergirken,  $Q_3 = 200 \times 80 = 16000 \text{ cal}$  alır.

Ergimeden doğan  $0^{\circ}\text{C}$  deki 200 g su ile kalorimetre kabında bulunan  $0^{\circ}\text{C}$  deki 600 g suyun  $10^{\circ}\text{C}$  e kadar ısınması için,

$$Q'_1 = (200 + 600) \times 1 \times (10 - 0) = 8000 \text{ (cal)}$$

$0^{\circ}\text{C}$  de bulunan 300 g lik alüminyum kabın  $0^{\circ}\text{C}$  den  $10^{\circ}\text{C}$  e kadar ısınması için ise,

$$Q'_2 = 300 \times 0,21 \times (10 - 0) = 630 \text{ (cal)}$$

gerekir. Kalorimetredeki ısı alış-verişi için,  $Q_1 + Q_2 = Q'_1 + Q'_2 + Q'_3$  veya,

$$510 m + 90 m = 16000 + 8000 + 630$$

denklemi kurularak, bundan  $m \approx 39$  gram bulunur.

280. Kütlesi 200 g olan bir bakır kalorimetre kabında  $20^{\circ}\text{C}$  de 400 gram su vardır. Bu kalorimetre kabına önce  $100^{\circ}\text{C}$  de bulunan 20 gram su buharı, sonra da  $0^{\circ}\text{C}$  de bulunan 50 g buz konuluyor. Bakırın ısınma ısısı  $0,09 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$ , su buharının  $100^{\circ}\text{C}$  deki yoğunlaşma ısısı  $540 \text{ cal/g}$  ve buzun ergime ısısı  $80 \text{ cal/g}$  olduğuna göre, karışımın sıcaklığı önce ve sonra ne kadar  $^{\circ}\text{C}$  olur?

**Çözümü :** Kalorimetre kabına buhar gönderdiğimiz zaman karışımın sıcaklığı  $x^{\circ}\text{C}$  olsun. 20 gram su buharı  $100^{\circ}\text{C}$  de yoğunlaşıırken,

$$Q_1 = m L = 20 \times 540 = 10800 \text{ (cal)}$$

yoğunlaştıktan sonra,  $x^{\circ}\text{C}$  e kadar soğurken,

$$Q_2 = 20 \times 1 \times (100 - x) = 2000 - 20x \text{ (cal)}$$

verir. Öte yandan,  $20^{\circ}\text{C}$  den  $x^{\circ}\text{C}$  e kadar ısınan kalorimetre kabı,

$$Q'_1 = 200 \times 0,09 \times (x - 20) = 18x - 360 \text{ (cal)}$$

$20^{\circ}\text{C}$  den  $x^{\circ}\text{C}$  e kadar ısınan 4000 gram su ise,

$$Q'_2 = 400 \times 1 \times (x - 20) = 400x - 8000 \text{ (cal)}$$

alır. Bu ısı alış-verişi için,  $Q_1 + Q_2 = Q'_1 + Q'_2$  veya,

$$10800 + 2000 - 20x = 18x - 360 + 400x - 8000$$

denklemi kurularak, bundan  $x \approx 48,3^{\circ}\text{C}$  bulunur.

Bundan sonra, kalorimetre kabına  $0^{\circ}\text{C}$  de bulunan 50 gram buz koyalım ve karışımın son sıcaklığını  $y$  diyalim,  $48,3^{\circ}\text{C}$  den  $y^{\circ}\text{C}$  e kadar soğuyan kalorimetre kabının ve içindeki 420 gram suyun verdikleri ısları toplamı,

$$Q = 200 \times 0,09 (48,3 - y) + 420 \times 1 \times (48,3 - y) = 438 (48,3 - y) \text{ (ca)}$$

$0^{\circ}\text{C}$  de bulunan 50 gram buzun ergimesi, sonra da, su halinde  $48,3^{\circ}\text{C}$  e ısınması için gerekli ısları toplamı ise,

$$Q' = 50 \times 80 + 50 \cdot 1 (y - 0) = 4000 + 50y \text{ (cal)}$$

dir. Kalorimetredeki bu ikinci ısı alış-verişi için  $Q = Q'$  veya,  $438 (48,3 - y) = 4000 + 50y$  denklemi kurularak, bundan,  $y \approx 35,2^{\circ}\text{C}$  bulunur.

281. Bir kalorimetre kabına  $0^{\circ}\text{C}$  de bulunan 50 g buz konulduğu ve sonra da  $125^{\circ}\text{C}$  de bulunan 10 gram su buharı gönderildiği zaman kalorimetrenin ilk sıcaklığı aynı kalıyor. Buzun ergime ısısı  $80 \text{ cal/g}$ , su buharının ısınma ısısı  $0,4 \text{ cal/g} \cdot \text{C}$ ,  $100^{\circ}\text{C}$  deki yoğunlaşma ısısı ise  $540 \text{ cal/g}$  olduğuna göre, kalorimetrenin ilk sıcaklığını bulunuz.

**Çözümü :** Kalorimetrenin  $x$  ile göstereceğimiz ilk sıcaklığı değişmediğine göre, ısı alış-verişinin, sadece buz ve su buharı arasında olduğu kabul edilebilir.

Buna göre,  $125^{\circ}\text{C}$  de bulunan 10 gram su buharının  $100^{\circ}\text{C}$  e kadar soğurken,  $100^{\circ}\text{C}$  de yoğunlaşıırken ve su halinde  $100^{\circ}\text{C}$  den  $x^{\circ}\text{C}$  e kadar soğurken vereceği ısların toplamı,

$$Q = 10 \times 0,4 (125 - 100) + 10 \times 540 + 10 (100 - x) = 6500 - 10 x$$

(cal) dir. Öte yandan,  $0^{\circ}\text{C}$  de bulunan 50 g buzun önce ergimesi ve sonra su halinde  $x^{\circ}\text{C}$  e kadar ısınması için alacağı ısların toplamı :

$$Q' = 50 \times 80 + 50 \times 1 (x - 0) = 4000 + 50 x$$

(cal) dir. Su buharı ve buz arasındaki ısı alış-verışı için,  $Q = Q'$  veya,

$$6500 - 10 x = 4000 + 50 x \text{ denklemi kurularak bundan, } x \approx 41,7^{\circ}\text{C} \text{ bulunur,}$$

282. İsi sığası (su cinsinden değeri)  $250 \text{ cal}/\text{C}$  olan bir kalorimetre kabında  $20^{\circ}\text{C}$  de  $1750 \text{ g}$  su bulunmaktadır. Bu kalorimetre kabına,  $80^{\circ}\text{C}$  de bulunan  $500 \text{ g}$  lik bir demir parçası,  $-10^{\circ}\text{C}$  de bulunan  $20 \text{ g}$  lik bir buz parçası ve  $100^{\circ}\text{C}$  de bulunan  $20 \text{ g}$  su buharı konuluyor. Buzun ergime ısısı  $80 \text{ cal/g}$ , ısınma ısısı  $0,5 \text{ cal/g} \cdot \text{C}$ , su buharının  $100^{\circ}\text{C}$  deki yoğunlaşma ısısı  $540 \text{ cal/g}$  ve demirin ısınma ısısı  $0,03 \text{ cal/g} \cdot \text{C}$  olduğuna göre, karışımın son sıcaklığını bulunuz.

**Çözümü :** Karışımın son sıcaklığı  $x$  olsun. Önce  $x < 80^{\circ}\text{C}$  olduğunu kabullemek. Cisimler arasındaki ısı alış-verişinde, alınan ıslar :

kalorimetre kabının aldığı :

$$Q_1 = mc(t_2 - t_1) = 250 \times (x - 20) \text{ (cal)}$$

kalorimetredeki suyun aldığı :

$$Q_2 = 1750 \times 1 \times (x - 20) \text{ (cal)}$$

buzun  $0^{\circ}\text{C}$  e ısınması için aldığı :

$$Q_3 = 20 \times 0,5 \times [0 - (-10)] = 100 \text{ (cal)}$$

$0^{\circ}\text{C}$  de ergimesi için aldığı :

$$Q_4 = 20 \times 80 = 1600 \text{ (cal)}$$

ergimededen sonra aldığı :

$$Q_5 = 20 \times 1 \times (x - 0) = 20 x \text{ (cal)}$$

dir. Verilen ıslar ise :

su buharının yoğunlaşmasında :

$$Q_1' = 20 \times 540 = 10800 \text{ (cal)}$$

yöğunlaşmasından sonra :

$$Q_2' = 20 \times 1 \times (100 - x) = 2000 - 20x \text{ (cal)}$$

demirin  $x^{\circ}\text{C}$  e kadar soğumasında :

$$Q_3' = 500 \times 0,03 (80 - x) \text{ (cal)}$$

olup, bunlar arasında,  $Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = Q_1' + Q_2' + Q_3'$  veya,  
 $250(x - 20) + 1750(x - 20) + 100 + 1600 + 20x = 10800 + 20(100 - x) + 15(80 - x)$  denklemi kurularak, bundan,  $x \approx 25,4^{\circ}\text{C}$  bulunur.

Şimdi de  $x > 80^{\circ}\text{C}$  olduğunu kabul edelim. Buna göre, verilen ıslar arasında  $Q_3'$  bulunmayacak; alınan ıslar arasında, demirin  $80^{\circ}\text{C}$  den  $x^{\circ}\text{C}$  e ısınması için gerekli olan,

$$Q_6 = 500 \times 0,03 \times (x - 80) \text{ (cal)}$$

katılacaktır. Bu duruma göre,  $Q_1 + Q_2 + \dots + Q_6 = Q_1' + Q_2'$  denklemi kurularak,  $x \approx 25^{\circ}\text{C}$  bulunur. Bu sonuç, başlangıçta kabul ettiğimiz  $x > 80^{\circ}\text{C}$  koşuluna aykırı olduğundan, problemin doğru cevabı, birinci halde bulduğumuz  $x \approx 25,4^{\circ}\text{C}$  dir.

## EK PROBLEMLER

1.  $-20^{\circ}\text{C}$  de bulunan  $10 \text{ kg}$  karı,  $+20^{\circ}\text{C}$  de su haline getirmek için ne kadar ısı gereklidir? Karın ısınma ısısı  $0,5 \text{ cal/g} \cdot \text{C}$  ve  $0^{\circ}\text{C}$  deki ergime ısısı  $80 \text{ cal/g}$  dir.

Cevap : 1100 kcal.

2. Bir bardağa önce  $0^{\circ}\text{C}$  de bulunan 2 şer cm kenarlı kişler şeklinde 5 buz parçası, sonra da  $20^{\circ}\text{C}$  de bulunan  $200 \text{ g}$  su konarak, bardak ağzına kadar dolduruluyor. Buzun yoğunluğu  $0,9 \text{ g/cm}^3$ , ergime ısısı  $80 \text{ cal/g}$  olduğuna göre : a) Su, hangi derecede degin soğur? b) Buz ergiyince bardaktan su taşar mı?

Cevap : a)  $5,6^{\circ}\text{C}$ ; b) Hayır.

3.  $100 \text{ g}$  lik sıcak bir demir parçası büyük bir buz kalığı üzerine konulunca,  $30 \text{ g}$  buz ergitiyor. Demirin ilk sıcaklığını bulunuz. Demirin ısınma ısısı  $0,12 \text{ cal/g} \cdot \text{C}$  dir.

Cevap :  $200^{\circ}\text{C}$ .

4.  $0^{\circ}\text{C}$  de bulunan  $50 \text{ g}$  lik bir buz parçası, içinde  $+20^{\circ}\text{C}$  de  $302 \text{ g}$  su bulunan  $200 \text{ g}$  lik bir pirinç kalorimetreye atlinca, son sıcaklık,  $+6,5^{\circ}\text{C}$  oluyor. Pirincin ısınma ısısı  $0,09 \text{ cal/g} \cdot \text{C}$  olduğuna göre, buzun ergime ısısını bulunuz.

Cevap :  $\approx 80 \text{ cal/g}$ .

5.  $-20^{\circ}\text{C}$  de bulunan 45 g lik bir buz parçası, içinde  $+20^{\circ}\text{C}$  de 455 g su bulunan 500 g lik bir pirinç kalorimetreye atılırken, son sıcaklık,  $+11^{\circ}\text{C}$  oluyor. Pirincin ısınma ısısı, 0,09 buzunki 0,5 cal/g. $^{\circ}\text{C}$  olduğuna göre, buzun ergime ısısını bulunuz.

Cevap : 79 cal/g.

6.  $-10^{\circ}\text{C}$  de 50 g buz 120°C de su buharı haline getirmek için ne kadar kalori gerekir? Buzun ısınma ısısı 0,5, su buharının ısınma ısısı 0,48, buzun ergime ısısı 80 cal/g, suyun 100°C deki buharlaşma ısısı 540 cal/g dir.

Cevap : 36,73 kcal.

7. Bir kalorifer radyatörüne  $+120^{\circ}\text{C}$  de gelen su buharı, radyatörden çıkışken  $+49,6^{\circ}\text{C}$  de su halindedir. Radyatörden saatte 20 kg buhar geçtiği, buharın ısınma ısısının 0,48 ve 100°C deki yoğunlaşma ısısının 540 cal/g olduğu bilindiğine göre, radyatörden odaya saatte yayılan ısı ne kadar kcal dir?

Cevap : 12 000 kcal.

8. İçinde  $20^{\circ}\text{C}$  de 755 g su bulunan 500 g lik bir pirinç kalorimetre kabına 100°C de bulunan 10 g su buharı yollanıyor. Pirincin ısınma ısısı 0,09 cal/g. $^{\circ}\text{C}$ , su buharının 100°C deki yoğunlaşma ısısı 540 cal/g olduğuna göre, son sıcaklık ne kadardır?

Cevap :  $\approx 27,7^{\circ}\text{C}$ .

9. İçinde  $0^{\circ}\text{C}$  de 400 g su ve bir miktar buz bulunan 400 g lik bir pirinç kalorimetreden 150°C de bulunan 36 g su buharı geçirilince, son sıcaklık  $35^{\circ}\text{C}$  oluyor. Pirincin ısınma ısısı 0,09, buzun ergime ısısı 80 cal/g, su buharının ısınma ısısı 0,48 ve 100°C deki yoğunlaşma ısısı 540 cal/g olduğuna göre, kalorimetre kabında başlangıçta ne kadar buz vardı?

Cevap :  $\approx 64,2$  gram.

10.  $0^{\circ}\text{C}$  de bulunan ( 500 g su + 100 g buz ) karışımına 100°C de bulunan 200 g buhar gönderiliyor. Buzun ergime ısısı 80 cal/g, su buharının yoğunlaşma ısısı 540 cal/g olduğuna göre, karışımın son sıcaklığını ve bileşimini bulunuz.

Cevap :  $100^{\circ}\text{C}$  de ( 726 g su + 74 g buhar ) halinde.

## BÖLÜM IX

### TERMODİNAMİK

#### ( ISI VE İŞ )

1. ISİNİN MEKANİK EŞDEĞERİ. — Bir ısı elde etmek için yapılan mekanik iş ile bu işten elde edilen ısı arasındaki sabit orana  $J$  isinin mekanik eşdeğeri denir. Bu oran,  $J$  ile gösterilerek,

$$J = \frac{\text{Isı elde etmek için yapılan iş}}{\text{Bu işten elde edilen ısı}} = \frac{W}{Q}$$

yazılabilir.  $J$  nin sayısal değeri,  $W$  ve  $Q$  için kullanılan birimlere bağlı olup:

$W$  (joule) ,  $Q$  (cal) cinsinden ise :  $J = 4,18$  (joule/cal) ,

$W$  (kg.m) ,  $Q$  (kcal)  $\Rightarrow \Rightarrow : J = 427$  (kg.m/kcal) ,

$W$  (ft. lb) ,  $Q$  (Btu)  $\Rightarrow \Rightarrow : J = 778$  (ft. lb/Btu) ,

olur. Buna göre, mekanik enerji ve ısı arasındaki eşdeğerlik,

1 (cal)  $\Leftrightarrow 4,18$  (joule) (veya, 0,427 kg. m)

1 (Btu)  $\Leftrightarrow 778$  (ft. lb)

bağıntıları ile özetlenebilir.

2. PRATİK VERİM. —  $Q$  kadar ısı ( veya bunun karşılığı olan  $JQ$  kadar mekanik enerji ) harcayarak  $W$  kadar mekanik enerji veren bir ısı makinasının ( veya motorunun ) pratik verimi:

$$\text{Pratik verim} = \frac{\text{alinan enerji}}{\text{harcanan enerji}} = \frac{W}{JQ}$$

dür.

3. TEORİK VERİM. — Belli bir miktar mekanik enerji tamı tamaña ( yani, kayıpsız olarak ) ısı enerjisi haline dönüştürülebilir. Fakat,

belli bir ısı enerjisini, sürtünme ve diğer dirençlerle hiç enerji kaybetmediği farz edilen ideal bir makinada bile, tamı tamına mekanik enerji haline dönüştüremeyiz. Meselâ, bir buhar makinasında, sıcaklığı  $T_1$  °K olan kazandan (sıcak kaynaktan) çıkan  $m$  gram buhar, makinada iş yaptıktan sonra, sıcaklığı  $T_2$  °K'e düşerek kondansatöre veya açık havaya (soğuk kaynağa) gider. Makinaya gelen ısı  $Q_1 = mcT_1$ , kondansatöre geri verilen ısı  $Q_2 = mcT_2$ , makinada işe dönüsten ısı ise,

$$Q_1 - Q_2 = n c(T_1 - T_2)$$

olup, makinanın teorik verimi,

$$\text{Teorik verim} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

dir. Bu verim,  $T_1$  ve  $T_2$  sıcaklıklar arasında çalışan bir makinanın verebileceği maksimum verimidir. Teorik verimin 1'e eşit olması için,  $T_1 = \infty$  veya  $T_2 = 0$  °K olmalıdır ki, bunların ikisi de pratik bakımdan mümkün değildir.

### PROBLEMLER

283. 0°C de bulunan 100 gram buzlu ergitmek ve 100°C de buhar haline getirmek için ne kadar (kg. m) lik enerji gereklidir? Buzun ergime ısısı 80 cal/g, suyun 100°C deki buharlaşma ısısı 540 (cal/g) ve  $J = 0,427$  (kg. m/cal) dir.

**Cözümü :** 0°C deki 100 g buzlu ergitmek ve 100°C de buhar haline getirmek için gerekli ısı :

$$Q = 100 \times 80 + 100 \times 1 \times (100 - 0) + 100 \times 540 = 72\,000 \text{ cal}$$

dir. 1 cal → 0,427 kg. m olduğundan, 72000 (cal) nin karşılığı olan mekanik enerji,

$$W/J = Q = 0,427 (\text{kg. m/cal}) \times 72000 (\text{cal}) = 30 (\text{kg. m})$$

dir.

284. 50 kg lik bir ağırlık ne kadar metrelük bir yükseklikten düşmelidir ki, 100 gram suyun sıcaklığını 12°C den 27°C'e yükseltsin?

**Cözümü :** 100 gram suyun sıcaklığını 12°C den 27°C'e yükseltken ısı miktarı,

$$Q = 100 \times 1 \times (27 - 12) = 1500 \text{ cal}$$

bu ısı miktarının karşılığı olan mekanik enerji ise,

$$W = J Q = 0,427 (\text{kg. m/cal}) \times 1500 (\text{cal}) = 640,5 (\text{kg. m})$$

dir. 50 kg lik bir ağırlığın 640,5 kg. m lik bir iş yapabilmesi için,

$$h = W/G = 640,5 (\text{kg. m})/50 (\text{kg}) = 12,81 \text{ metre}$$

lik bir yükseklikten düşmesi gereklidir.

285. 40 glik bir kurşun bilya, 300 m yüksektenden yere düşüyor. a) Ne kadar potansiyel enerji kaybeder? b) Ne kadar kinetik enerji kazanır? c) Yere çarpmaya anında, bilyadaki kinetik enerjinin tamamen ısuya dönüştüğünü ve ısının sadece bilyayı ısıtmağa harcadığını farz ederek, kurşun bilyanın ne kadar °C ısınacağını bulunuz. Kurşunun ısınma ısısı 0,03 (cal/g. °C) dir.

**Cözümü :** a) Bilyanın kaybettiği potansiyel enerji

$$E_p = G h = 0,040 (\text{kg}) \times 300 (\text{m}) = 12 (\text{kg. m}) \text{ dir.}$$

b) Kazandığı kinetik enerji, kaybettiği potansiyel enerji, yani 12 kg.m kadardır.

c) 12 (kg.m) lik mekanik enerjinin karşılığı olan ısı

$$Q = W/J = 12 (\text{kg. m})/0,427 (\text{kg. m/cal}) \approx 28,1 \text{ cal}$$

dir. 40 gramlık kurşun bilya, 28,1 cal ile,  $t_1 - t_2 = Q/mc = 28,1/40 \times 0,03 \approx 23,4$  °C ısınır.

286. 50 glik bir kurşun mermi, 800 (m/s) lik bir hızla bir hedefe çarpıyor. Kinetik enerjisinin ısuya dönüştüğünü ve bu ısının % de 10'unun mermiyi ısıtmağa harcadığını farz ederek, mermi sıcaklığının ne kadar °C artacağını bulunuz. Kurşunun ısınma ısısı 0,03 (cal/g. °C) dir.

**Cözümü :** Kurşun bilyanın kinetik enerjisi,

$$E_k = m v^2/2 = 0,05 (\text{kg}) \cdot 800^2 (\text{m/s})^2/2 = 16\,000 \text{ joule}$$

bu enerjinin karşılığı olan ısı,

$$Q = W/J = 16\,000 (\text{joule})/\text{cal} \approx 3828 \text{ cal}$$

dir. Bu ısının %de 10'u (382,8 cal sı), 50 (g) lik kurşun bilyayı,

$$t_2 - t_1 = Q/mc = 382,8 (\text{cal})/50 (\text{g}) \times 0,03 (\text{cal/g. } ^\circ\text{C}) = 255,2^\circ\text{C}$$

kadar ısıtır.

287. 100 g lik bir kurşun mermi,  $20^{\circ}\text{C}$  de, aşağıdan yukarıya doğru 420 (m/s) lik bir ilk hızla atılıyor. a) Kinetik enerjişinin kayıpsız olarak potansiyel enerji haline dönüştüğünü farz ederek, ne kadar yükseğe çıkacağını hesaplayınız. b) Bu mermi yere vardığı anda  $0^{\circ}\text{C}$  de bulunan bir buz kalibine çarpiyor. Bütün enerjisini ısıya dönüşterek buzu ergitmeye harcandığını farz ederek ne kadar gram buzun ergiyeceği bulunuz. Kurşunun ısınma ısısı,  $0,03 \text{ (cal/g.}^{\circ}\text{C)}$ , buzun ergime ısısı  $80 \text{ (cal/g)}$  dir.

**Çözümü :** a) Merminin kinetik enerjisi  $E_k = mv^2/2 = 0,1 \text{ (kg)} \times 420^2 \text{ (m/s)}^2/2 = 8820 \text{ joule} = 8820/9,81 \approx 900 \text{ kg.m}$  dir. Bu enerjinin kayıpsız olarak potansiyel enerjiye dönüştüğünü farz edersek,  $900 \text{ (kg.m)} = G h = 0,1 \text{ (kg)} \times h$  yazarak, bundan  $h = 9000 \text{ metre}$  bulunur.

b) Mermi, yere tekrar dönüşünde,  $900 \text{ (kg.m)}$  lik kinetik enerjiye sahiptir. Çarpma sonunda bu enerji ısı haline dönüşterek,  $Q = W/J = 8820 \text{ (joule)}/4,18 \text{ (joule/cal)} \approx 2110 \text{ (cal)}$  hásıl olur. Öte yandan,  $20^{\circ}\text{C}$  de bulunan kurşun mermi,  $0^{\circ}\text{C}'e$  kadar soğurken,  $Q' = 100 \times 0,03 \times (20 - 0) = 60 \text{ (cal)}$  verir.

$$2110 + 60 = 2170 \text{ (cal) ile, } 0^{\circ}\text{C} \text{ de bulunan buzun } 2170/80 \approx 27 \text{ gramı ergir.}$$

288. Volanı dakikada 120 döndüre yapan bir buhar makinasında; piston kesiti  $150 \text{ cm}^2$ , piston yolu 20 cm kazandan gelen buhar basıncı 11 at dir ve iş yapmış buharlar açık havaya atılmaktadır. a) Bu makinanın gücünü hesaplayınız. b) Silindire gelen buharların sıcaklığı  $183^{\circ}\text{C}$ , açık hava sıcaklığı ise  $27^{\circ}\text{C}$  olduğuna göre, bu makinanın maksimum teorik verimi ne kadardır? c) Makinanın saatte harcadığı yakıt miktarı 20 kg ve bu yakıtın yanma ısısı 5000 kcal/kg olduğuna göre, pratik verim ne kadardır?

**Çözümü :** a) Pistonun yüzlerinden birini iten basınç  $p = 11 \text{ at} (\approx 11 \text{ kg/cm}^2)$  diğerini iten karşıt yönlü basınç ise açık hava basıncı ( $p' = 1 \text{ kg/cm}^2$ ) olduğundan, pistonu iten kuvvet,

$$F = S(p - p') = 1500 \text{ (cm}^2\text{)} \times (11 - 1) \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 1500 \text{ kg}$$

dir. Pistonun, silindir içinde, bir uçtan diğer uca itilmesi süresince,

$$W_1 = F s = 1500 \text{ (kg)} \times 0,20 \text{ (m)} = 300 \text{ (kg.m)}$$

1 dakikada (volanın 120 dönmesi veya pistonun 120 gitme ve 120 geri gelmesi süresinde) ise,  $W = 240 \text{ W}_1 = 240 \times 300 = 72000 \text{ (kg.m)}$  lik iş yapılır. Buna göre, makinanın gücü,  $P = W/t = 72000 \text{ (kg.m)}/60 \text{ (s)} = 1200 \text{ (kg.m/s)} = 1200/75 = 16 \text{ (b.b)}$  dir.

b) Silindire gelen buharların sıcaklığı  $T_1 = 183^{\circ}\text{C} + 273 = 456^{\circ}\text{K}$ , silindirden

ikan buharların sıcaklığı ise,  $T_2 = 27^{\circ}\text{C} + 273 = 300^{\circ}\text{K}$  olduğundan,

$$\text{Maksimum teorik verim} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{456 - 300}{456} \approx 34,5 \%$$

c) Makinanın 1 saatte yaktığı yakıtın verebileceği ısı miktarı ve bu ısının karşılığı olan mekanik enerji miktarı,

$$Q = 20 \text{ (kg)} \times 5000 \text{ (kcal/kg)} = 10^5 \text{ (kcal)} \text{ ve}$$

$$W = 10^5 \text{ (kcal)} \times 427 \text{ (kgm/kcal)} = 427 \times 10^5 \text{ (kg.m)}$$

olup,

$$\text{pratik verim} = \frac{\text{alınan enerji}}{\text{harcanan enerji}} = \frac{1200 \text{ (kg.m/s)} \times 3600 \text{ (s)}}{427 \times 10^5 \text{ (kg.m)}} \approx 10,1 \%$$

bulunur.

289. Evvelki problemde verilen buhar makinasında buhar, piston, yolunun  $1/4$ 'üne geldiği zaman kesiliyor. a) Genleşmeli olarak çalışan makinanın gücü ne kadar (b.b) olur? b) En büyük teorik verimin 30% olması için buharların sıcaklığı ne kadar  $^{\circ}\text{C}$  olmalıdır Açık hava sıcaklığının  $27^{\circ}\text{C}$  olduğu farz edilecektir.

**Çözümü :** a) Tam basıncı buhar, pistonu, piston yolunun  $1/4$ 'üne kadar ittiğine, göre, bu esnada yapacağı iş,  $W_1 = Fs = 15000 \text{ (kg)} \times 0,05 \text{ (m)} = 75 \text{ (kg.m)}$  dir. Piston, piston yolunun geriye kalan  $3/4$ 'ünü ( $15 \text{ cm}$  yi) almakta iken makinaya buhar gelmez, birinci dönemde alınan buhar genleşerek pistonu itmeye devam eder. Genleşme sonunda, buharın hacmi 4 kat artar; fakat, buna karşılık, basıncı 4 kat azalarak  $11/4 = 2,75 \text{ (at)}$  olur (Boyle-Mariotte kanunu). Genleşme süresince pistonu iten buharların ortalama basıncı  $P_{ort.} = (11 + 2,75)/2 = 6,875 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$  ve bu esnada yapılan iş,  $W'_1 = S(P_{ort.} - p') s = 150 \text{ (cm}^2\text{)} \times (6,875 - 1) \text{ (kg/cm}^2\text{)} \times 0,15 \text{ (m)} \approx 132,2 \text{ (kg.m)}$  dir. Pistonun, silindir içinde, bir uçtan öteki uca gitmekten yapacağı iş  $W_1 + W'_1 = 75 + 132,2 = 207,2 \text{ (kg.m)}$  dir. Volan dakikada 120 döndürme yapmakta ise, piston 120 gitme ve gelme yapar ve makinanın 1 dakikada yapacağı iş  $W = 240 \times 207,2 = 49728 \text{ (kg.m)}$  olur. Buna göre, makinanın gücü,  $P = W/t = 49728/60 = 828,8 \text{ kg.m/s} = 828,8/75 \approx 11,05 \text{ (b.b)}$  dir.

b)  $T_2 = 27^{\circ}\text{C} + 273 = 300^{\circ}\text{K}$  olduğu bilindiğine göre,

$$\text{Maksimum teorik verim} = 0,30 = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{T_1 - 300}{T_1}$$

yazılıarak bundan,  $T_1 \approx 428^{\circ}\text{K}$  veya  $t = 428 - 273 = 155^{\circ}\text{C}$  bulunur.

290. Su cinsinden toplam değeri 213 (cal/ $^{\circ}\text{C}$ ) olan bir kalorimetre kabı içindeki su, bir pervane düzeni ile karıştırılıyor. Bu sistemi döndürmek için 5 (metre  $\times$  newton) luk br moment kullanılıyor ve per-

vanelerin 140 defa dönmesinden sonra, sıcaklığın  $5^{\circ}\text{C}$  arttığı tespit ediliyor. Bu deneyden işinin mekanik eşdeğerini hesaplayınız.

**Cözümü :** Kalorimetrenin aldığı ısı miktarı:

$$Q = m c(t_2 - t_1) = 213 \text{ (cal}/^{\circ}\text{C}) \times 5 \text{ (}^{\circ}\text{C)} = 1065 \text{ (cal)}$$

Dönme ekseninden  $d$  kadar uzaktan tesir eden  $F$  kadar bir kuvvetin  $n$  kadar dönmeye yapacağı iş ise,

$$W = F \cdot 2\pi d n = 2\pi n M = 2 \times 3,1416 \times 140 \times 5 \text{ (m. N)} = 4400 \text{ (joule)}$$

olduğundan, 1 cal nin karşılığı olan mekanik enerji,  $J = W/Q = 4400 \text{ (joule)}/106,5 \text{ (cal)} \approx 4,13 \text{ (joule/cal)}$  dir.

291. 16 (b.b) lik bir buhar makinası  $200^{\circ}\text{C}$  ve  $50^{\circ}\text{C}$  arasında çalışmaktadır. Pratik verimi, maksimum teorik veriminin  $25\%$ 'i olduğuna göre, kazanın saniyede absorplayacağı ısı miktarını bulunuz.

**Cözümü :** Pratik verim  $= 0,25 \times$  maksimum verim  $= 0,25 \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_1}$  bağıntısı na  $T_1 = 200 + 273 = 473^{\circ}\text{K}$  ve  $T_2 = 50 + 273 = 323^{\circ}\text{K}$  yazılırsa,

$$\text{Pratik verim} = 0,25 \frac{473 - 323}{473} \approx 0,08 = \frac{\text{alınan güç}}{\text{harcanan güç}} = \frac{16 \text{ (b.b)}}{\text{harcanan güç}}$$

yazılarak, bundan, Harcanan güç  $= 200 \text{ (b.b)} = 200 \times 75 = 15000 \text{ (kg.m/s)}$  bulunur. Buna karşılık olan ısı enerjisi ise,  $Q = 15000 \text{ (kg.m/s)}/0,427 \text{ (kg.m/cal)} \approx 35000 \text{ (cal/s)}$  dir. Makinanın verilen şartlar altında çalışması için, ocaktan saniyede 35 (kcal) alması lazımdır.

## EK PROBLEMLER

1. Kalorinin mekanik eşdeğerini bulmak için yapılan bir deneye 2500 g lik bir cisim, 1 metrelük bir yükseklikten 32 kez düşürülmüştür. Bu mekanik enerji ısı bakımından 630 g suya eşdeğer olan bir kalorimetrenin sıcaklığını  $0,3^{\circ}\text{C}$  artırdığına göre, kalorinin mekanik eşdeğeri nedir? Cevap:  $\approx 0,423 \text{ kgm/cal}$ .

2. İdeal bir makine  $227^{\circ}\text{C}$  ile  $127^{\circ}\text{C}$  arasında çalışıyor. a) Teorik verimi ne kadardır? b) Sicak kaynaktan alacağı 500 kcal ile en çok ne kadar kg.m lik iş verebilir? Cevap: a)  $\approx 44\%$ ; b) 93940 kg.m.

## BÖLÜM X

### ISININ YAYILMASI VE METEOROLOJİ

1. İLETKENLİK YOLU İLE ISI YAYILMASI; — Pencere camı gibi paralel yüzü bir levha, sıcaklığı  $t_1$  ve  $t_2$  olan iki ortamı biribirinden ayırsın.  $t_1 > t_2$  ise, birinci yüzden ikinci yüzे ısı geçer. Levhanın 1 saniyede ilettiği  $Q$  ısısı: a) Levhanın yüzölçümü ile doğru orantılıdır; b)  $(t_1 - t_2)$  ile doğru orantılıdır; c) Levhanın kalınlığı olan  $d$  ile ters orantılıdır ve ç) Levhanın yapıldığı maddeye bağlıdır ve,

$$Q = kS \frac{t_1 - t_2}{d} \text{ bağıntısı kurulabilir.}$$

2. RADYASYONLARLA YAYILMA. — Isıtılan bir cismin radyasyon yayma yeteneği radyasyon absorplama yeteneği ile doğru orantılıdır. Üzerine düşen bütün radyasyonları absorplayan bir cisim, siyah cisim denir. Siyah cisim, aynı zamanda, mükemmel bir radyasyon yayındır. Siyah bir cismin birim yüzeyinden birim zamanda yayılan radyasyon enerjisi, bu cismin mutlak sıcaklığının 4. kuvveti ile doğru orantılıdır ve  $E = \sigma T^4$  yazılabilir ( Stefan - Boltzman kanunu ).

2. MUTLAK NEM, DOYURAN NEM VE BAĞIL NEM. — Birim hacim (örneğin,  $1 \text{ m}^3$ ) içinde bulunan su buharının kütlesine mutlak nem, birim hacmi belli bir sıcaklık derecesinde doymuş hale getiren su buharının kütlesine doyuran nem; mutlak nemin, aynı sıcaklıkta bulunan birim hacmi doyuran nem miktarına oranına ise bağıl nem denir.

$$\text{bağıl nem} = \frac{\text{mutlak nem}}{\text{doyuran nem}} = \frac{m}{M}$$

4. NEMİN HESAPLANMASI. — Herhangi bir  $t^{\circ}\text{C}$  (veya,  $T^{\circ}\text{K}$ ) sıcaklığında,  $V$  kadar hacimde  $p$  kadar basınç yapan su buharının kütlesi,

$$m = \frac{pV \times 1,293 \times 5/8}{760(1+t/273)} \quad \text{veya} \quad m = \frac{pV \times 273 \times 1,293 \times 5/8}{760 T}$$

bağıntısı ile hesaplanabilir. Bu bağıntılarda  $p$  yerine, doyuran su buharının maksimum basıncı ( $p_m$ ) yazılırsa, doyuran nem hesaplanır.

## PROBLEMLER

292. Sıcaklığı  $25^{\circ}\text{C}$  olan bir odanın  $2\text{ mm}$  kalınlıklı pencere camının dışında sıcaklık  $-15^{\circ}\text{C}$  dür. Camın ısı iletkenlik katsayısı  $2,5 \times 10^{-3}$  ( $\text{cal/s.}^{\circ}\text{C. cm}$ ) olduğuna göre,  $\text{cm}^2$ inden 1 saniyede yayılan ısı ne kadar cal dir?

**Çözümü :** Pencere camından iletkenlikle yayılacak olan ısı,

$$Q = kS \frac{t_1 - t_2}{d} = \frac{2,5 \times 10^{-3} (\text{cal/s.}^{\circ}\text{C cm}) \times (\text{cm}^2) \times [25 - (-15)] (\text{^{\circ}\text{C}})}{0,2 (\text{cm})}$$

den,  $Q = 0,5 \text{ cal/s}$  bulunur.

293. Kalınlığı  $2\text{ cm}$ , yüzölçümü ise  $5000\text{ cm}^2$  olan bir demir levhanın yüzlerindeki sıcaklık farkı  $10^{\circ}\text{C}$  iken, 1 saniyede, bu yüzden diğerine  $2880\text{ cal}$  lik bir ısı iletimi olmaktadır. Bundan, demirin ısı iletkenlik katsayısını bulunuz.

**Çözümü :** İletkenlik yolu ile yayılan ısıyı hesaplamağa yarayan,  $Q = kS (t_1 - t_2)/d$  denkleminden,

$$k = \frac{Q \cdot d}{S(t_1 - t_2)} = \frac{2880 (\text{cal/s}) \times 2 (\text{cm})}{5000 (\text{cm}^2) \times 10 (\text{^{\circ}\text{C}})} = 11,52 \times 10^{-4} (\text{cal/s. cm.}^{\circ}\text{C})$$

bulunur.

294. Çapı  $4\text{ cm}$  olan küresel bir siyah cisim,  $600^{\circ}\text{C}$  de tutuluyor. Bu cismin yüzeyinden saniyede yayılan radyasyon enerjisi ( watt cinsinden ) ne kadardır?  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$  ( $\text{watt/m}^2, ^{\circ}\text{K}^4$ ) olarak veriliyor.

**Çözümü :** Siyah bir cismin birim yüzeyinden 1 saniyede yayılan radyasyon enerjisi  $E = \sigma T^4$  olduğundan, yüzölçümü  $S = 4 \pi r^2 = 4 \times 3,1416 \times 2^2 \approx 50 \text{ cm}^2 = 0,005 \text{ m}^2$  sıcaklığı ise,  $T = 600^{\circ}\text{C} + 273 = 873^{\circ}\text{K}$  olan siyah cisimden 1 saniyede yayılan radyasyon enerjisi,

$$E = S\sigma T^4 = 0,005 (\text{m}^2) \times 5,67 \times 10^{-8} (\text{watt/m}^2, ^{\circ}\text{K}^4) \times 873^4 (^{\circ}\text{K}^4) = 165,6 \text{ watt}$$

olarak bulunur.

295.  $1727^{\circ}\text{C}$  de bulunan bir elektrik fırının bir çeperinde bir siyah cisim sayılabilen  $1\text{ cm}^2$  yüz ölçümlü bir delik açılmıştır. Bu delikten 1 saniyede ne kadar cal yayılır?  $\sigma = 1,355 \cdot 10^{-12}$  ( $\text{cal/cm}^2, ^{\circ}\text{K}^4$ ).

**Çözümü :** Kesiti  $1\text{ cm}^2$  olan delikten 1 saniyede yayılan ısı miktarı,

$$Q = \sigma T^4 = 1,355 \times 10^{-12} (\text{cal/s. cm}^2, ^{\circ}\text{K}^4) \times (1727 + 273)^4 (^{\circ}\text{K}^4)$$

denkleminden,  $Q = 21,68 \text{ (cal/s)}$  bulunur.

296. Belli bir günde sıcaklığı  $18^{\circ}\text{C}$  olan havanın  $\text{m}^3$  içinde  $5,1 \text{ g}$  su buharı bulunduğu anlaşılmıştır.  $18^{\circ}\text{C}$  de bulunan havayı doymuş hale getiren su buharı miktarının  $15,22 \text{ gram}$  olduğu bilindiğine göre, havanın mutlak ve bağıl nemini ne kadardır?

**Çözümü :** Mutlak nem  $= 5,1 \text{ (g/m}^3)$  tür, bağıl nem ise ( $\text{mutlak nem/doyuran nem}$   $= 5,1/15,22 \approx 0,33 = 33\%$ ) dür.

297. Bağıl nemin  $40\%$ , hava sıcaklığının ise  $20^{\circ}\text{C}$  olduğu bir günde  $3(\text{m})^3 \times 4(\text{m}) \times 3(\text{m})^3$  boyutlu bir odadaki hava içinde ne kadar kg su buharı vardır?  $20^{\circ}\text{C}$  deki havayı doymuş hale getiren su buharı miktarı  $17,12 \text{ g/m}^3$  tür.

**Çözümü :** Bağıl nem  $= 0,40$ , doyuran nem ise  $M = 17,12 \text{ g/litre}$  verilmiş olduğundan mutlak nem,

$$0,40 = \frac{m}{M} = \frac{m}{17,12}$$

bağıntısından  $m = 6,848 \text{ (g/m}^3)$  bulunur. Buna göre hacmi  $V = 3 \times 4 \times 3 = 36 \text{ m}^3$  olan odadaki hava içinde  $36 \times 6,848 = 246,528 \text{ g} \approx 0,247 \text{ kg}$  su buharı vardır.

298.  $27^{\circ}\text{C}$  de bulunan doymuş su buharının basıncının  $26,4 \text{ (mm Hg)}$  olduğu bilinmektedir. Aynı sıcaklıkta, boyutları  $4(\text{m}) \times 5(\text{m}) \times 3(\text{m})$  olan bir odadaki havayı doymuş hale getirecek nem miktarı ne kadardır? Bağıl nemin  $75\%$  olması için odadaki havanın sıcaklığı ne kadar  $^{\circ}\text{C}$  olmalıdır?

**Çözümü :** Su buharının mutlak yoğunluğu  $1,293 \times 5/8 \text{ (kg/m}^3)$  olduğundan,  $4 \times 5 \times 3 = 60 \text{ m}^3$  lük bir hacmi,  $27^{\circ}\text{C} + 273 = 300^{\circ}\text{K}$  de,  $26,4 \text{ (mm Hg)}$  basıncında doyuran su buharının kütlesi,

$$m = V_d = \frac{p_m V \times 273}{760 \times T} d_0 = \frac{26,4 \text{ (mm Hg)} \times 60 (\text{m}^3) \times 273 (\text{K})}{760 \text{ (mm Hg)} \times 300 (\text{^{\circ}\text{K}})} \times 1,293 (\text{kg/m}^3) \times \frac{5}{8}$$

yazılıarak, bundan  $m \approx 1,53 \text{ kg}$  bulunur.

$$\text{Bağıl nemin } 75\% \text{ olması için, } 0,75 = \frac{\text{mutlak nem}}{\text{doyuran nem}} = \frac{1,53 / 60}{\text{doyuran nem}}$$

32. Uzunluğu 300 cm olan bir silindir hava ile doludur ve sürtünmesiz ve hava sızdırmaz ve ısı geçirmez bir piston silindirin bir tabanından 100 cm de dengede olup iki tarafındaki hava kütlelerini birbirlerinden ayrı tutmaktadır. Başlangıçta pistonun her iki tarafında sıcaklık  $27^{\circ}\text{C}$  dir. Silindirin küçük bölümündeki hava  $74^{\circ}\text{C}$  ye kadar ısılıyor ve diğer taraftaki havanın sıcaklığı  $27^{\circ}\text{C}$  de sabit tutuluyor. Yeniden denge hâsıl olunca piston nerede durur?

Cevap :  $\approx 109,9$  cm de.

(İ. T. Ü. 1963)

33. Kültlesi 108 gram olan bir bakır kalorimetrede ( $c = 0,093 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$ ), özgül ısısı  $0,520 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$  olan bir yağıdan 800 g vardır. Bu yağ bir pervane ile karıştırılıyor. Pervaneyi döndüren tork (kuvvet momenti) 10 metre newton'dur. 141 devirde sıvinin sıcaklığı  $5^{\circ}\text{C}$  yükseldiğine göre, sıvinin mekanik eşdeğerini hesaplayınız.

Cevap :  $\approx 4,16$  Joule/cal.

(M. Eg. B. Yabancı memleket, 1965)

34. Sıcaklığı  $100^{\circ}\text{C}$  olan  $50 \text{ g}$  lik bir cisim, içinde  $20^{\circ}\text{C}$  de  $200 \text{ g}$  su bulunan bir kalorimetreye daldırılıyor. Kalorimetre, özgül ısısı (ısınma ısısı)  $0,1$  olan bakırdan olup kütlesi  $100 \text{ g}$  dir. Kalorimetrenin son sıcaklığı  $22^{\circ}\text{C}$  olduğuna göre, daldırılan cismin özgül ısısı nedir?

Cevap :  $\approx 0,108 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$ .

(Müesseseler, yabancı memleket, 1965)

### PROBLEM ÇÖZÜMÜ İÇİN ÖĞRENCİLERE TAVSİYELER

Bir fizik problemini kolayca çözmek için:

1 — Problemin metnini dikkatle ve birkaç defa okuyunuz. Verilenlerin ve istenenlerin neler olduğunu tespit edinirz.

2 — Probleme uygun bir şema çiziniz ve verilenlerle istenenleri şemaya kaydediniz.

3 — Problemin, fiziğin hangi konusu ile ilgili olduğunu araştırınız ve bu konuda verilenlerle istenenler arasındaki fizik kanunlarını ve bu kanunları özetleyen matematik bağıntılarını fizik formüllerini hatırlayınız ve yazınız.

4 — Verilenleri formüldeki yerlerine yazınız. Bu işi yaparken, verilenlerin birimlerinin birbirleriyle ahenkli olmasına bilhassa dikkat ediniz. Bunun için, verilenlerin hepsinin, aynı bir birim sistemine bağlı olması gereklidir. Arkada belli başlı fiziksel miktarların, bir kaç birim sistemindeki birimlerini gösteren bir cetvel bulacaksınız.

5 — Verilenleri, birimlerine dikkat ederek, formüllere koyduğu nuz zaman bir veya bir kaç bilinmiyenli bir denklem veya denklem takımını elde edeceksiniz. Bunları, matematik bilginize baş vurarak çözünüz.

6 — Elde ettiğiniz sonuçları behemehal birimleri ile belirtiniz. Sonuçların hangi birimler cinsinden çıkacağı, verilenler için kullandığınız birimler yardımcı ile kestirilebilir. Kitabımızda buna ait pek çok örnek göreceksiniz.

7 — Sonuçların doğruluğunu matematiksel yollardan sağlayınız, bu mümkün olmadığı zaman, hiç olmazsa makul olup olmadığını kontrol ediniz.

**MEKANİKTE KULLANILAN BAŞLICA BÜYÜKLÜKLERİN ÇEŞİTLİ  
SİSTEMLERDEKİ BİRİMLERİ**

Büyüklük	Sembol	C. G. S. (mutlak)	M. K. S. (mutlak)	M. K. S. (gravitasyonal)
Uzunluk	$l$	santimetre (cm)	metre (m)	metre (m)
Yüzey	$S$	$\text{cm}^2$	$\text{m}^2$	$\text{m}^2$
Hacim	$V$	$\text{cm}^3$	$\text{m}^3$	$\text{m}^3$
Zaman	$t$	saniye (s)	saniye (s)	saniye (s)
Hız	$v = s/t$	$\text{cm}/\text{s}$	$\text{m}/\text{s}$	$\text{m}/\text{s}$
Kütle	$m$	gram (g)	kilogram (kg)	—
Özgül kütle	$\rho = m/V$	$\text{g}/\text{cm}^3$	$\text{kg}/\text{m}^3$	—
Kuvvet, ağırlık	$F, G$	dyn	newton (N)	kilogram (kg)
Özgül ağırlık	$\gamma = G/V$	$\text{dyn}/\text{cm}^3$	$\text{newton}/\text{m}^3$	$\text{kg}/\text{m}^3$
Moment	$M = Fl$	$\text{cm} \cdot \text{dyn}$	$\text{m} \cdot \text{N}$	$\text{m} \cdot \text{kg}$
İş, enerji	$W = Fs$	$\text{dyn} \cdot \text{cm} (\text{erg})$	$\text{N} \cdot \text{m} (\text{joule})$	$\text{kg} \cdot \text{m}$
Güç	$P = W/t$	$\text{dyn} \cdot \text{cm}/\text{s} (\text{erg}/\text{s})$	$\text{N} \cdot \text{m}/\text{s} (\text{watt})$	$\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}$
Basınç	$p = F/S$	$\text{dyn}/\text{cm}^2 (\text{bar})$	$\text{N}/\text{m}^2 (\text{pascal})$	$\text{kg}/\text{m}^2$

**BAZI ÖNEMLİ BİRİMLER VE DÖNÜŞTÜRME KATSAYILARI**

Uzunluk	1 kilometre (km) = 1 000 m	1 inç = 2,54 cm
	1 milimetre (mm) = 1/1 000 m	1 foot (ft) = 30,48 cm
	1 mikron ( $\mu$ ) = 1/1 000 000 m	1 mil = 1609 m
	1 angström ( $^{\circ}\text{A}$ ) = $10^{-10}$ m	1 m = 39,37 inç
Yüzey	1 metre kare ( $\text{m}^2$ ) = 10,76 $\text{ft}^2$	1 $\text{ft}^2$ = 929 $\text{cm}^2$
Hacim	1 metre küp ( $\text{m}^3$ ) = 35,32 $\text{ft}^3$	1 $\text{ft}^3$ = 28,32 litre
Kütle	1 kilogram (kg) = 0,06852 slug	1 slug = 14,59 kg
Hız	1 km/saat = 0,2778 m/s = 0,6214 mil/saat = 0,9113 ft/s.	
Kuvvet	1 newton (N) = $10^6$ dyn = 0,102 kg = 0,2248 litre	
	1 pound(lb) = 4,448 N = 0,4536 kg	
Enerji	1 joule = 1 N · m = $10^7$ erg = 0,2389 cal = 0,7376 ft. lb = 1/9,81 kg. m	
	1 cal = 4,186 joul = 3,087 ft. lb = 0,427 kg. m	
	1 Btu = 252 cal = 1055 joule	
	1 kilowatt-saat = $3,6 \cdot 10^6$ joule = 860 kcal = 3413 Btu.	
Güç	1 watt = 1 joul/s = $10^7$ erg/s = 0,2389 cal/s.	
	1 buhar beygiri = 75 kg.m/s = 735,75 watt.	
	1 beygir gücü (h.p) = 550 ft.lb/s = 745,7 watt.	