理科研究叢書

物理學

上編

Rokumeikwa[n]
Toky[o]

物理学

美島　近一郎／編

理科研究叢書

美島近一郎編著

物理學 上

合資會社 六盟館

序言

一、本書は中學校師範學校の上級生諸君及高等なる學校の入學受驗者醫術開業受驗者諸君の參考用復習用として編纂したるものである

一、本書は拙著物理學表解の續篇の如きものなるにより同書にて研究されたる諸君は本書につき尚ほ一層深く研學せられんことを望むのである

一、學生諸君が本書によりて幾分腦力と勢力とを節約し身心の健全發達を進め成功の彼岸に達せられんには編者の滿足之れに過ぎぬのである

明治四十年八月　編者識

物理學（上編）

目次

第一編　力學

第一章　單位

第二章　運動

第三章　落體

第四章　力

第五章　單器械

第六章　摩擦

第七章　振子及圓運動

第八章　萬有引力

第九章　仕事及エネルギー

第二編　物性

第一章　物體の性質

第二章　液體

物理學

上編

美島近一郎編著

第一編　力學

第一章　單位

一、長さの單位

- 1粁(キロメートル) (km) = 1米 × 1000.
- 1米(メートル) (m) = 3尺3寸
- 1糎(センチメートル) (cm) = 1米 × $\frac{1}{100}$
- 1粍(ミリメートル) (mm) = 1糎 × $\frac{1}{10}$
- 1ミクロン　1粍 × $\frac{1}{1000}$

（註）1米とは佛國政府の藏せる原器（白金90%イリヂューム10%の合金にて製造せるもの）の攝氏零度に於て其平行二直線間の呈する長さにして地球子午線の約四千萬分の一に近し。

二、面積の單位
1. 長さの單位を邊とせる正方形の面積を以て面積の單位とす。
2. 1 平方米　1 平方糎　1 平方粍

三、體積の單位
1. 長さの單位を一邊とせる立方形の體積を以て體積の單位とす。
2. 1 立方糎、1 立方粍、…………1 立（リツトル）＝1000立方糎＝0.55435餘（升）

四、質量の單位

1 瓩（キログラム）(kg) ＝ 1 貫目 $\times \frac{4}{15}$ ＝266.6（匁）…………

1 瓦（グラム）(g) ＝ 1 瓩 $\times \frac{1}{1000}$

1 瓰（デシグラム） ＝ 1 瓦 $\times \frac{1}{10}$　　1 甅（センチグラム） ＝1瓦 $\times \frac{1}{100}$

（註）1 瓩は佛國政府の藏する白金製の原器の質量にして攝氏四度の水一立の含有する質量に近似す。

五、時の單位
秒を以て時の單位とす
（註）1 秒は平均太陽日の八萬六千四百分の一なり。

六、C.G.S. 法　物理學にては長さ、質量、時間の單位に糎 (Centimeter)、瓦 (Gram)、秒 (Second) を用ふ之を C.G.S. 法と稱す。

第二章　運　動

七、運動及靜止

1. 運　動…一つの物體が其位置を變ずるときは此物體は運動すと云ふ。
2. 靜　止…一つの物體が其位置を變ぜざるときは此物體は靜止すと云ふ。
（註）物體の位置なる觀念は關係的のものにして絕對的の位置は知るを得ず從て其位置の變更は靜止せりとする物體に比較して稱するなり。
3. 運動の種類
一、速度によるもの
イ、等速度運動……速さ及方向が共に一定せる運動を云ふ。
ロ、不等速度運動…速さ又は方向が一定せざる運動を云ふ。
二、方向によるもの
イ、直線運動………運動體の經路直線なるものを云ふ。
ロ、曲線運動………運動體の經路曲線なるものを云ふ。

1. 速　さ…動體が方向に關せず唯だ單位時間に經過すべき距離を速さと云ふ。
2. 速　度
一、等速度運動に於ける動體の速度　此速度は其單位時間に經過する距離を云ふ
（註）等速度運動は直線運動なり。

八、速度

二、不等速度運動
- イ、曲線運動は其瞬間（少時）には直線運動と見做すを得、（即ち其一點に於ける切線の方向に運動す）
- ロ、不等速度運動に於ける動體の速度とは其瞬間に於ける速さを以て單位時間に經過すべき距離を云ふ。

（註）直線又は曲線運動にて其速さ不等なるときと雖も其瞬間に於ては等速運動をなすものと見做すを得るなり。

3. 公式

一、等速度運動
$s=vt$　　$v=\frac{s}{t}$　　$t=\frac{s}{v}$

（註）$s=t$ 時間に運動したる距離，$v=$ 速度

二、不等速度運動
$v=\frac{s^{\circ}}{t^{\circ}}$

（註）$t^{\circ}=$ 瞬間（少時間）　$s^{\circ}=t^{\circ}$ 瞬間に運動したる距離
（t° を小さく取る程此公式は精密となる）

一、意　義…直線運動體の速度が各單位時間毎に等しく變ずる運動を云ふ。

（註）此單位時間の速度の變ずる割合を加速度と云ふ。

九、加速度

1. 等加速度運動

二、公　式
- イ、$a=\frac{v'-v}{t}$ ……… 動體の速度 v が t 秒時の後 v' に變じたるとき加速度 a を求むる公式
- ロ、$a=\frac{v'}{t}$ ……… 初の速度 v が零なるときの公式

（註）$v'>v$ なれば a は正、$v'<v$ なれば a は負、
$v'=v$ なれば $a=o$

2. 不等速度運動

一、意　義………直線運動體の速度の増加の割合一定ならざるものを云ふ。

二、公　式 $a=\frac{v^{\circ}}{t^{\circ}}$ 一瞬間 t° の間は等速度運動をなすと見做し得るを以て其速度の増加量を v° とし加速度 a を求むる式

一〇、運動組立及分解

1. 組　立

一物體が同時に二つの運動を受くるときは此二運動の速度を表はす直線を二邊とせる平行四邊形の對角線は其物體の速度を表はす、此の如く二運動を合成して一運動と成すを運動の組立と云ふ。

AB, AC ノ二運動の合成運動の速度は AD なり。

2. 分解

運動の組立と反對に一運動を二つ以上の運動に分解するを運動の分解と云ふ、即ち其一運動の速度を表はす直線を對角線とする平行四邊形の二邊は其分運動の速度を表はす直線なり(ADの二分運動の速度はABとACなり)

(註) 運動の分解法は無數なり何となれば一定の直線を對角線とする平行四邊形は無數なるを以てなり。

一一、力の單位

1. 絕對單位

一、意義　一瓦の質量ある物體に一秒時間働きて一糎の加速度を生ずべき力を力の絕對單位と云ひ之を**ダイン**と稱す。

二、公式

イ、$f=ma$………m瓦の質量に作用してa糎の加速度を生ぜしめたる力の強さを求むる公式

ロ、$ft=m(v'-v)$　(註) $a=\frac{v'-v}{t}$ なるを以てなり。

2. 重力單位

一貫目の重量を云ふ。

(註) 此の重力單位は實用上力の單位として用ふるも此單位の基礎たる重力は地球表面上の位置によりて差異あり注意を要す。

3. (註)質量の單位

或物體に一**ダイン**の力が作用して一秒時間に一糎の加速度を生ずるときは此物體の質量は一瓦なり故に質量の單位を力によりて定むるを得。

一二、ニュートン氏運動の三法則

1. 第一則

物體は外力之れに作用するにあらざれば其儘靜止するか若くは等速度運動をなす。(即ち物體は自ら靜止し又は運動の狀態を變ずること能はず)

2. 第二則

一、或る力が或時間物體に働きたる爲めに起る運動量の變化は其力と時間との相乘積に正比例し其力の方向に起る他力の有無に關する事なし。

(註) 運動量とは物體の質量と其速度との相乘積を云ふ。

二、質量m, 速度vの物體に一定の力fがt秒時間作用して其速度v'となれりとすれば

fのt秒間に於ける運動量を變化せしは $mv'-mv$ なり

故にfの每秒時間に運動量を變化せしは $\frac{mv'-mv}{t}$

然るに $\frac{mv'-mv}{t}=m\times\frac{v'-v}{t}\times ma$. ($a$は加速度なり)なるを以て此の第二則は次の如く言ふを得。

力は物體の質量と加速度との相乘積に正比例す。

(註)

1. 故に力の絕對單位を用ふるときは $f=ma$ 即ち力は質量と加速度との相乘積に等し。
2. 加速度は力の大さに正比例す。

3. 第三則（反作用の法則）A 物體が B 物體に力を及ぼすときは B 物體は之れと等しき力を以て反對の方向に A 物體に作用す換言すれば二物體間の相互の作用は其大さ相等しく其方向相反す。

（註）$ma=m'a'$　∴ $\frac{a}{a'}=\frac{m'}{m}$　（加速度は質量に反比例す）
$a=m$ 質量の加速度とす
$a'=m'$ 質量の加速度とす

第三章　落體

一三、重力

1. 重　力　地球が地表の物體に働くことを主として見るときは兩者の間の引力を其物體に及ぼす地球の重力と云ふ。

2. 重力の加速度
一、地球の重力の作用により物體に生ずる加速度を云ふ。
二、此の加速度を g を以て表はす。

3. 重力の强さ　一瓦の物質に及ぼす重力は（$mg=1\times g=g$ ダイン）（動の第二則）g ダインなり。之れを重力ノ强サと云て。

（註）
1. …重力の强さと重力の加速度とは其數値を等しくす。

2. $g=980\frac{\text{糎}}{\text{秒}^2}$ なり（即ち重力は作用して毎秒九百八十糎（センチメートル）の加速度を生ず）

3. 同一の場所にありては重力より起る加速度は物質の量の大小に關せず一定なり。

（註）$\frac{\text{糎}}{\text{秒}^2}$ は幾秒々糎即ち速さの單位を時間の單位にて除したるものなり。

1. 靜止の位置より鉛直に落下する場合

一、t 秒後の速度　加速度一定なるを以て t 秒の終の速度 v は

$$v=gt \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

二、t 秒間に落下したる距離　加速度一定なるを以て落下したる時間 t の中央 $\left(\frac{1}{2}\right)$ 秒に於て有する速度 $(\frac{1}{2}gt)$ は平均速度なり、故に全距離を s とすれば

$$s=\tfrac{1}{2}gt\times t=\tfrac{1}{2}gt^2 \cdots\cdots (2)$$

三、靜止の位置より s だけ落ちたる時の速度

$$v=\sqrt{2gs} \cdots\cdots\cdots (3)$$

(1), (2) 公式より t を消去するによる。

一四、物體落下の公式

2. v_0なる速度を以て眞下に突き落されたる場合

一、$v=v_0+gt$ ……………………………(4)

二、$s=v_0t+\frac{1}{2}gt^2$ ……………………………(5)

三、$v^2-v_0^2=2gs$ ……………………………(6)

3. v_0なる速度を以て眞上に抛上げたる場合

一、$v=v_0-gt$ ……………………………(7)

二、$s=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$ ……………………………(8)

三、$v_0^2-v^2=2gs$ ……………………………(9)

4. 3.の場合に於て物體最高點に達したる場合

物體最高點に達すれば靜止す、即ち速度は零となる故に此點に達する迄の時間 t' 及距離（高さ）s' は次の如し。

$v=0 \quad \therefore v_0-gt'=0 \quad \therefore t'=\frac{v_0}{g}$ ……(10)

$s'=\frac{v_0^2}{2g}$ ……………………………(11)

（註）(10)式は(7)式より直に得らる。
(11)式は(9)式の v を o とすれば
$v_0^2=2gs \quad \therefore s=\frac{v_0^2}{2g}$ となる。

5. 3.の場合に於て物體再び地面に達する時間

$s=\frac{1}{2}gt^2 \quad \therefore t=\sqrt{\frac{2s}{g}}$

s の代りに (11) 式の s' を代用すれば

$t=\sqrt{\frac{v_0^2}{g^2}}=\frac{v_0}{g}=t'$

即ち最高に達するに要する時間と最高點より地面に落達するに要する時間は相等し。

（註）地面に落達したるときの速度は初速度 v_0 に等し。
(3)式の $v=\sqrt{2gs}$ の s に (11)式の s' 即ち $\frac{v_0^2}{2g}$ を代用すれば得。

1. 塔の上より石が五秒の後地に達したりと云ふ塔の高さを求む。

解 $s=\frac{1}{2}gt^2$ ……………………公式(2)
故に　$s=\frac{1}{2}\times9.80\times25=122.5$米

2. 靜止の位置より落ちたる石が六秒後に於て有する速度を求む。

解 $v=gt$ ……………………公式(1)
故に　$v=9.80\times6=58.8$米

一五、計算例

3. 高さ100米の塔より石を落すときは幾秒間にして地に達するか
尚又其地に達したるときの速度何程なるか

解

$s=\frac{1}{2}gt^2$……………………公式(2)

然るに $s=100$米 なり故に $100=\frac{1}{2}gt^2$

$\therefore\ t^2=\dfrac{100}{\frac{1}{2}\times 9.8}$　　$\therefore\ t=\sqrt{\dfrac{200}{9.8}}=4.5$秒…………時間

$v=\sqrt{2gs}$…………………式公(3)

故に　$v=\sqrt{2\times 9.8\times 100}=44.2$米…………………速度

4. 200米の速度にて眞上に發射されたる彈丸は幾米の高さ迄上り得るか、又幾秒の後再び元の地上に落ち來るか

解

$v=v_0-gt$……………………公式(7)

$s=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$…………………公式(8)

眞上に發射されたる彈丸最高點に達したるときは其速度は O となるが故に(7)式は次の如く變ず $0=v_0-gt$　　$\therefore\ v_0=gt$

$\therefore\ 200$米$=9.8\times t$　　$t=\dfrac{200}{9.8}=20.4$

此 t の値を公式(8)に挿入するときは

$s=200\times 20.4-\frac{1}{2}\times 9.8\times(20.4)^2=2040.8$米…………………答

再び地上に落ち來る迄の時間は最高點迄上る時間の2倍なり故に

$2t=20.4\times 2=40.8$秒…………………答

(註) 本問は公式(10)及(11)を用ひて解するを便とす

即ち $t'=\dfrac{v_0}{g}$　　$\therefore\ t'=\dfrac{200}{9.8}=20.4$秒

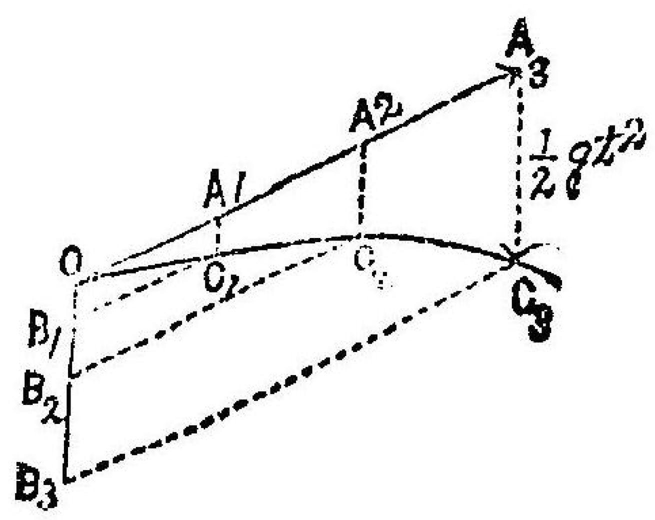
$s'=\dfrac{v_0^2}{2g}$　　$\therefore\ s'=\dfrac{(200)^2}{9.8\times 2}=\dfrac{40000}{19.6}=2040.8$米

一六、抛射體

1. 意　義…一物體を斜めに投げる場合に其の物體が運動する經路を抛物線と云ふ。

2. 定　則…抛物線は一つの曲線をなす。

3. 理　由 v の速度を以て抛げられたる物體は地球の重力作用せざるときは第一、第二、第三、秒時には $A_1\ A_2\ A_3$ の位置に直進すべし然るに地球の重力は絶へず此の物體に作用するを以て此の物體は其



各時間内に $\frac{1}{2}gt^2$ 丈落下運動をなすべし故を以て此物體の各秒の終りに於ける位置は二運動の合成運動よりなる C_1 C_2 C_3 なるべし即ち此物體の運動の實際の經路は C_1 C_2 C_3 等の曲線を畫く。

一七、アトウード氏の器械

1. 目的

落體の速度は大に過ぎ其模様を見るに不便なるが故に其加速度を小にし容易に落下の模様を解するの目的にて案出されたるものなり。

2. 理由

P. Q. を各錘の質量とす　但し $P>Q$ なり

之れにて生ずる加速度を a とすれば

$P+Q=$ 質量の全量

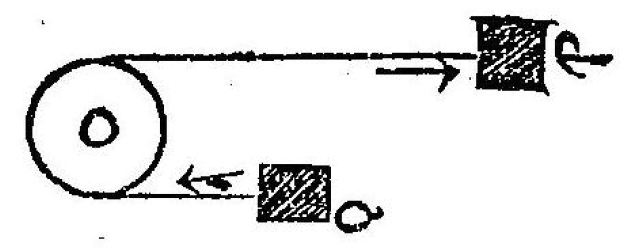
$Pg-Qg=(P-Q)g$…………（兩分銅より成る一系に作用する力）然るに全質量即ち兩分銅の加速度は a なるを以て

$(P+Q)a$………………此系に作用する力

故に　$(P+Q)a=(P-Q)g$

$$\therefore \quad a=\frac{P-Q}{P+Q}g \quad 或は \quad g=\frac{P+Q}{P-Q}a \text{……………公式}$$

即ち P. Q の差小なるときは分銅の受くる加速度 a は g より非常に小なるが故によく其落下の模様を觀察了解するを得るなり。

（註）  （アトウード氏の器械）

一八、計算例

例 1.

アトウード氏の器械に於て其絲の兩端に各々 100 瓦の錘を附し、其一方に 10 瓦の錘を加ふるときは其錘の加速度は毎秒何秒糎なるか。但し g の値は 980 秒秒糎とす。

解、

$$a=\frac{P-Q}{P+Q}g \text{………………公式}$$

$$故に \quad a=\frac{110-100}{110+100}g=\frac{10}{210}\times 980=46.7 \text{ 秒糎}$$

例 2.

アトード氏の器械に於て其絲の兩端に各々100瓦の錘を附し其一方に10瓦の錘を加ふるときは其錘の加速度毎秒 46.7 秒糎なりと云ふ g の値を計算せよ。

解、

$$g=\frac{P+Q}{P-Q}a \text{………………公式}$$

$$故に \quad g=\frac{210}{10}\times 46.7=980.7 \text{ 秒糎}$$

第四章　力

一九、力の組立及分解

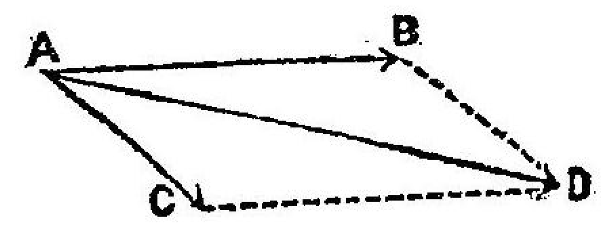
1. 組立

一點に作用する二力の方向及大さを其點より引きたる二直線の方向及長さにて表はし此の二線を邊とせる平行四邊形を作れば其對角線は合力の方向及大さを表はすべし。

（註）此法を「力の平行四邊形」又は「力の中斜法」と云ふ。

2. 分解

組立と反對に一力を表はす線を對角線として任意の平行四邊形を作れば其兩邊は分力の方向及大さを表はす。



AD は AB と AC の合力なり
AB と AC は AD の分力なり

（註）數多の力の合力を求むるには先づ其中の二力の合力を求め次に此合力と他の一力との合力を求め、次第に斯の如くして得たる最後の合力は此等數力の合力なり（一力を數力に分解する場合には此方法を逆行す）

二〇. 力の釣合

1. 意義

數多の力一質點に働き其合力零となるときは其數力は釣合ふと云ふ。（合力零となるとは一の力も作用せざると同等なることを意味す）

2. 釣合の要件

一、二力の釣合の要件は二力が一直線上に於て方向反對し其強さ相等しき事。

二、三力の釣合ふ要件は其中の二力の合力と第三力との方向反對し強さ相等しき事。

（註）三力の釣合ふ場合には力の中斜法により其二力の合力即ち之を二邊とせる平行四邊形の對角線の表はす力と第三力とは方向相反し強さ相等しからざるべからず故に此等三力は順次に三角形の三邊を以て表はすを得此法を「力の三角形」と云ふ。

1. 剛體の意義

如何なる力の作用を受くるも其形狀、體積を少しも變ぜざる物體を剛體と云ふ。

（註）剛體は理想上のものにして實際には有り得べからざるものなり然れども其作用する力が餘り大ならざるときは金石等の固體は之を剛體と見做すを得。

二一、剛體に働く力の合成

2. 剛體に於ける力の着力點

剛體に於ては其着力點は力の方向を延長したる直線上の任意の點に移すを得、(之れ剛體は力の作用を受くるも其形狀、及體積を少しも變ぜざるに因る)。

(註) 一般に物體に力の作用する點を力の着力點と云ふ。

3. 剛體に働く力の合成

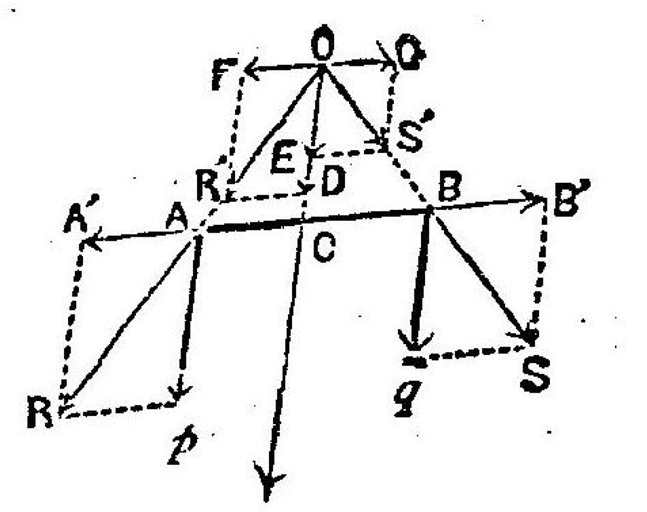
一、同一平面内に在りて互に平行ならざる二力が剛體の二點に作用するときは、此二力の方向を延長せる二直線の交點に二力の作用すと考ふることを得故に此交點を角頂とし此二力を二邊とせる平行四邊形を作れば其對角線が二力の合力なり。(力の中斜法)

二、若し同一平面内に在りて互に平行ならざる數力が作用するときは、先づ其中二力の合力を求め次に此合力と他の一力との合力を求め次第に斯くの如くして其全合力を求むべし。

二、定理 剛體の二點 A, B に同一方向に働く二平行力 p, q の合力の大さは之に平行する $(p+q)$ にして其着力點 c は直線 AB を p, q に反比例に内分する點なり。 $p \times Ac = q \times Bc$

二つの平行力 p, q が二點 A 及 B に作用するものとす然るときは A, B 線上にて A と B の二點に正反對の方向に働く大さ相等しき

1. 二力の方向同一なる場合



二力 AA', BB' を働かしむるも此の二力は互に釣合ふが故に p, q 二力の結果に何等の影響を及ぼすことなし故に p, AA', q, BB' の四力の合力は p, q, 二力の合力に等しきなり。

今 p, AA' 二力の合力 AR を求め、q, BB', 二力の合力 BS を求むれば此 AR, BS, 二力の合力は p, AA', q, BB', 四力の合力即ち p, q 二力の合力なり

AR, BS は平行にあらず故に之を延長し O 點に會せしめ次に AR, BS を O 點に移して OR', OS' とし再び之を p 或は q に平行なる力と AB 線に平行なる力とに分解す、然るときは OR' は OD, OF, の二力となり、OS' は OE, OG, の二力となる。

二、理由 然るに OF と OG との二力は釣合ふが故に其の合力は零なり、故に O 點に於ては OD と OE の二力が働くものと見做すを得、然るに OD, OE は夫れ夫れ p, q に平行に且つ大さ相等しきを以て O 點

二二、平行力の合成

に働く四力の合力は $p+q$ なり即ち

AB 二點に働く p, q の合力は其方向 p, q に平行にして其大さは $p+q$ なり（定理）

次に合力の作用線を延長して AB 線を切る點を C とすれば上圖に於て

三角形 OR′D と OAC は相似形なるが故に次式を得、

$$AC:OC=R'D:OD \quad \text{或は}\ AC:OC=DR':p$$

$$\therefore\ AC\times P=OC\times DR'$$

又三角形 OES′ と OCB とは相似形なるが故に次式を得

$$BC:OC=S'E:OE \quad \text{或は}\ BC:OC=ES':q$$

$$\therefore\ BC\times q=OC\times ES'$$

然るに $DR'=OF,\quad ES'=OG$

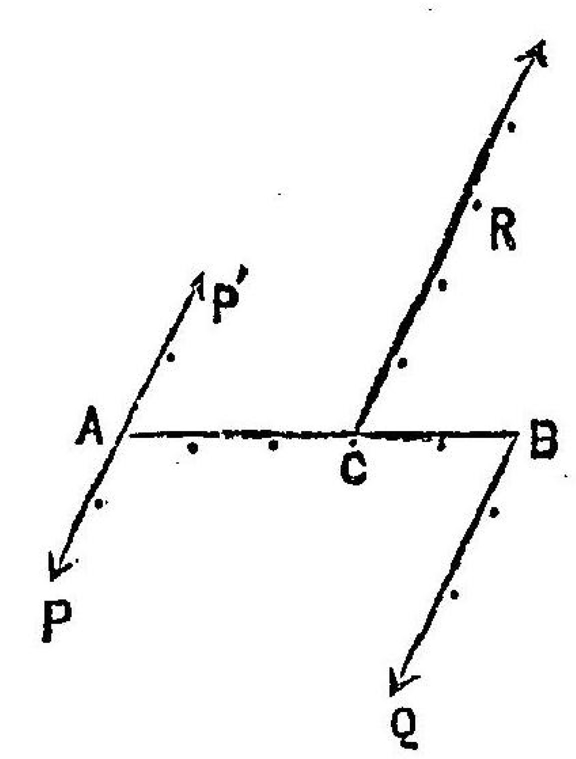
$$\therefore\ DR'=ES'$$

$$\text{故に}\ AC\times p=BC\times q \qquad \therefore\ \frac{BC}{AC}=\frac{p}{q}$$

即ち定理に示す如く合力の着力點は AB 線を p, q の二力の反比に內分する點なり。

2. 二力の方向相反する場合

一、定理　二力の方向相反するときは其合力は二力に平行し其大さは二力の差に等しく其着力點は二點を結び付くる直線を二力の大さに反比例して大力の方に外分する點なり。



此圖に於て P, Q, R は平行なる三力にして互に釣合するものとす、然るときは R=P+Q なり

故に P=R−Q ならざる可からず今 A 點に於て P に等しき力 P′ を P に反對の方向に働かしむるときは P と P′ とは釣合ふ、然るに R と Q との合力は P と釣合ふ故に R と Q との合力は P′ に等しかるべし即ち $p'=R-Q$ なり。

二、理由（方向相反する平行力の合力の大さは二力の差に等しく其方向は二力に平行なり）

次に前に證明したる如く(二力の方向相同じき場合)次の式を得。

$$\frac{BC}{AC}=\frac{p}{Q}$$

故に $\dfrac{BC+AC}{AC}=\dfrac{p+Q}{Q}$

$\therefore\ \dfrac{AB}{AC}=\dfrac{R}{Q}\qquad\therefore\ AC\times R=AB\times Q$

即ち方向相反するRとQの二力の合力P′の着力點Aは二點を結び付くる直線BCを二力の大さに反比例して大力Rの方に外分する點なり。

(註) 三つ以上の平行力の合力を求むるには先づ二力の合力を求め次に此合力と第三力との合力を求め次第に此の如くして求むる所の合力を得。

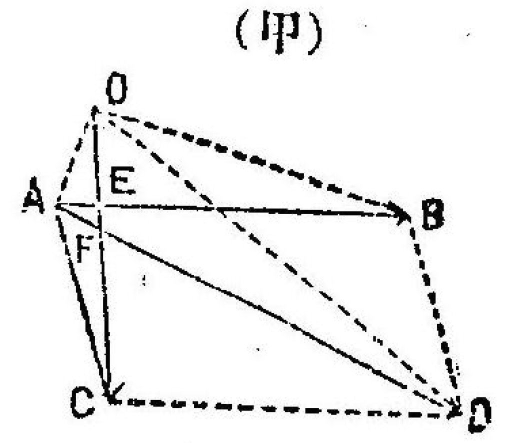
二三. 力の能率

1. 意　義 一點に對する力の能率とは此點より力の方向に引きたる垂線の長さに力の大さを乘じたる積を云ふ。

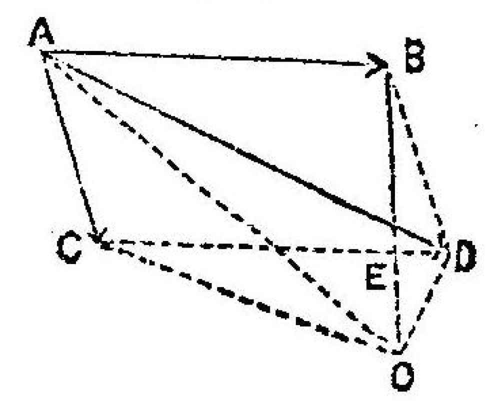
(註)
1. 一點Oに對する力 f の能率とはO點より f に下したる垂線の長さと f 力の大さとの相乘積を云ふ。
2. 能率の臂とは此下したる垂線を云ふ。
3. 能率は其點に對して物體を廻轉せしむる方向に從て之を(正)(負)に區別す。

2. 定　理…任意の一點に對する數力の能率の代數和は其合力の能率に等し。

(甲)



(乙)



今O點に對するAB, AC二力の能率の代數和は其合力ADの能率に等しきことを證明す。

一點に對する力の能率は此點より力の方向に引きたる垂線の長さと力の大さとの相乘積なるが故にO點に對するAB, AC, ADの能率はO點より此の三線に引ける垂線と三線とにて作りたる矩形の面積に等し、然るに矩形の面積は同高、同底邊の三角形の面積の二倍なるを以て此の三力の能率は各々三角形AOB, AOC, AODの面積の二倍にて表はすことを得、然るにO點より AB

3. 定理證明

線に引ける垂線の長さはO點よりCD線に引ける垂線の長さと、AよりCDに引ける垂線の長さとの差(甲圖に於ける場合)なるか、又は其和(乙圖に於ける場合)に等し故に次式を得。

$\triangle AOB=\triangle OCD-\triangle CAD$ (甲圖)

$\triangle AOB=\triangle OCD+\triangle CAD$ (乙圖)

(註) 甲圖に於て

$\triangle AOB=CD\times(OC-EC)\times\frac{1}{2}$

$\therefore\ \triangle AOB=CD\times OC\times\frac{1}{2}-CD\times EC\times\frac{1}{2}$

$\therefore\ \triangle AOB=\triangle OCD-CD\times EC\times\frac{1}{2}$

$\therefore\ \triangle AOB=\triangle OCD-\triangle CAD$

(乙圖の場合も同樣に證明するを得)

故に

一、$\triangle AOB+\triangle AOC=\triangle OCD-\triangle CAD+\triangle AOC=AOD$ (甲圖)

二、$\triangle AOB-\triangle AOC=\triangle OCD+\triangle CAD-\triangle AOC=\triangle AOD$ (乙圖)

(註) 甲圖に於て

$\triangle OCD-\triangle CAD=\triangle OFD-\triangle ACF$

故に $\triangle OCD-\triangle CAD+\triangle AOC=\triangle OFD-\triangle ACF+\triangle AOC$ 〃

〃 $=\triangle OFD+\triangle OAF=\triangle AOD$ なり。

(乙圖にても同樣に證明するを得)。

以上一、二、兩式の關係は各三角形の二倍なる矩形に於ても成立す故に次の如く云ふを得。

1. (甲圖にては)AB. AC 二力のO點に對する能率の和は其合力ADの能率に等し。

2. (乙圖にては)AB. AC 二力の O點 に對する能率の差は其合力 AD の能率に等し。

然るに乙圖に於ては AB. AC の能率は O點に對して其物體を廻轉せしむる方向を異にするが故に AB の能率を(正)とすれば AC の能率は(負)となる。

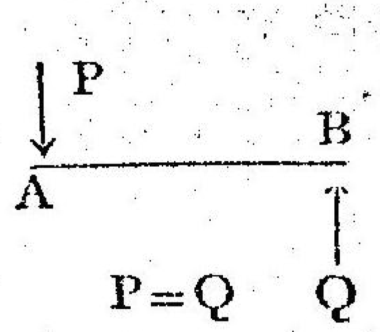
故に甲圖の場合と同樣に次の定理を得。

定理…任意の一點に對する二力の能率の代數和は其合力の能率に等し。

此定理よりして任意の一點に對する數力の能率の代數和は其合力の能率に等しきことを推論證明するを得。

二四、偶力

1. 定義…相等しき平行の二力、反對の方向に平行して作用するものを偶力と云ふ。
2. 定理…偶力は物體を回轉せしむ。
3. 偶力の臂　AB を云ふ。(即ち二力間の距離を偶力の臂と云ふなり)。



$P=Q$

4. 偶力の能率　$AB\times P$ を偶力の能率と云ふ。(即ち偶力の臂と其一つの力の大さとの相乘積を偶力の能率と云ふなり)。
5. 偶力の實例…鍵にて時計のゼンマイを捲く時の兩指の力は偶力なり。

1.

例　5瓩と7瓩の同方向の平行力が A 及 B に作用するとき其合力の大さ及び着力點を求む　但し AB の距離は 36 糎なり。

解　合力の大さ　　$5+7=12$ 瓩

合力の着力點を C とするときは C 點は AB を 5 と 7 との反比に内分する點なるが故に次式を得。

$$\frac{AC}{BC}=\frac{7}{5} \qquad \therefore \ \frac{AC}{AC+BC}=\frac{7}{5+7}$$

$$\therefore \ \frac{AC}{AB}=\frac{7}{12} \qquad \therefore \ \frac{AC}{36}=\frac{7}{12}$$

$$\therefore \ AC=\frac{36\times 7}{12}=21\text{ 糎}$$

同樣に

$$BC=\frac{36\times 5}{12}=15\text{ 糎}$$

即ち着力點 C は A より 21 糎の處にあり。

2.

例　棒の支點より 3 尺の所に 50 瓩の物を吊し他に 25 瓩の物を吊したるに此棒は水平となれりと云ふ、支點より 25 瓩の物を吊したる處迄の長さ何尺なるか　但し棒には重さなきものと見做す。

解　支點は合力の着力點なるが故に求むる長さを x とすれば、平行力の合力の定理により次式を得。

$$\frac{50}{25}=\frac{x}{3} \qquad \therefore \ x=\frac{50\times 3}{25}=6\text{ 尺}$$

二五、計算例

例　3瓩及9瓩の平行力が方向相反して A 及 B に働くとき其合力の大さ及び着力點を求む　但し $AB=36$ 糎とす。

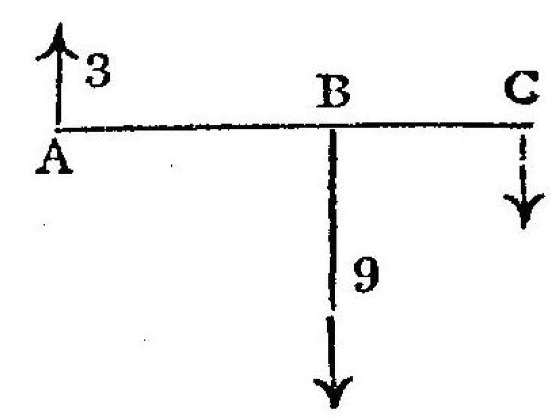
平行力の合力の定理により其合力の大さは二力の差に等し　即ち $9-3=6$ 瓩なり
平行力の合力の定理により着力點 C は AB を二力の大さに反比例に外分す故に次式を得。

3. 解

$\frac{CA}{CB}=\frac{9}{3}$　　$\therefore \frac{CA-CB}{CB}=\frac{9-3}{3}$

$\therefore \frac{AB}{CB}=\frac{6}{3}$　　$\therefore \frac{33}{CB}=\frac{6}{3}$

$\therefore CB=\frac{36\times3}{6}=18$ 糎　即ち C 點は B 點より 18 糎の外方の點なり。



4.

例　三尺の棒の兩端を糸にて釣り其左より二尺の處に 24 瓦の錘を吊るすときは其兩端の絲の受くる力は各々何瓦なるか。

解　左右兩端の絲の受くる力を x, y とすれば此の二力と 24 瓦の重さとは釣合するが故に　$x+y=24$ 瓦なり然るに平行力の合力の定理により。

$\frac{x}{y}=\frac{1}{2}$　　$\therefore \frac{x}{x+y}=\frac{1}{3}$

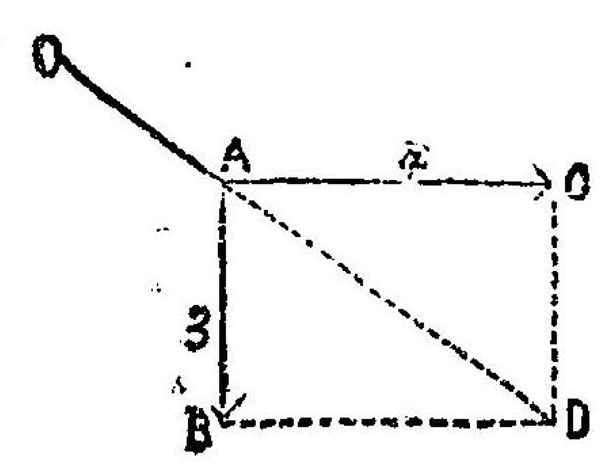
$\therefore \frac{x}{24}=\frac{1}{3}$　　$\therefore x=8$ 瓦

$y=24-8=16$ 瓦

5.

例　重さ 3 瓦の物體を絲にて吊し、此絲を 4 瓦の力にて水平に引き張るときは此絲は何瓦の力にて張らるるか。

解



重さを AB とし AC を水平に引き張る力とすれば OA なる絲の張力は AB. AC. 二力の合力と釣合するが故に其張らるる力は AD に等しからざるべからず，然るに AD は矩形の對角線なるを以て次の式を得。

$\overline{AD}^2=\overline{AB}^2+\overline{AC}^2$　　$\therefore \overline{AD}^2=3^2+4^2$

$\therefore AD=\sqrt{3^2+4^2}=\sqrt{25}=5$ 瓦

1. 意　義　物體の各部は地球の引力の働を受けて地球中心の方に引かる而して此等の引力は皆平行なりと見做すを得、故に此等平行力の合力の着力點は其物體の位置の如何に關せず一定なり、即ち此の合力は物體を如何樣に置くも常に一定點を通過す此點を其物體の重心と云ふ。

(註)　**1.**　地球の引力が物體の各質點に作用して生じたる無數の平行力の合力は則ち其物體の重量に等し然して此合力の着力點は重心なるを以て、重心は全體の重量が集まりたる一點なりと見做すを得るなり。

二六、重心

2. 重心は其物體の全體の重量の集まりたる一點と見做さる故に此點を支ふれば物體の位置に關せず常に靜止す。

2. 重心を求むる法

物體の一點に絲を結び之を吊るし靜止せしむるときは其重力と絲の力とは釣合するが故に重力の集まりたる點即ち重心は必ず此絲の方向に在らざる可からず、次に更に他點に絲を結び吊すときは重心は亦此の絲の方向にあらざる可からず故に此の二線の交點を求むれば其の點は重心なり。

3. 普通の形の重心

一、棒の重心……其中點。 二、三角形の重心……三中線の會點。
三、正方形、長方形の重心…其中點。 四、直三角錐の重心…三中線の會點。
五、圓の重心……圓の中心。 六、球の重心……球の中心。
七、直圓壔の重心……軸の中點。 八、正立方體、平行六面體の重心……其中心。
(之れは組織一樣の物體に限る)

二七、物體の座り

1. 意義

物體の轉倒せざる爲めには重心を通過する鉛直線は物體の底基の外に出づ可からず(之れ物體を支ふるには此の鉛直線內に於て重力に等しく且つ反對の方向に働く力を加ふるを要するによる)。

(註)物體の底基とは物體の諸支點を取圍む最短周の圖形を云ふ即ち支點を直線にて連結したる線がなす面なり(或は支柱面とも稱す)。

2. 座りの種類

一、安定の座り 物體の重心最低位に在る時(物體を少しく動かせば重心昇る故に其重力は重心に働き之を引き下げて元の位置に戾すなり)。
(註)…物體が重き程、又其底基が廣き程安定の座りとなる。

二、不安定の座り 物體の重心高位にある時(物體を少しく動かせば重心降る故に物體に働く重力は益其重心を引き下げ之を倒すなり)。

三、中立の座り…物體の重心物體を動かすも昇降せざる時(球の如し)。

3. 應用

一、物體の座りを良くせんには其底基を廣くし、重心を低くし、且つ其重心は底基の中央に在る樣にすべし。

二、荷物を負ふとき前に屈むは其重心をして兩足の間にあらしむる爲めなり、右手に物を提ぐるとき體を左に傾くるも之と同理なり。
(註)…立ちたる人の底基は其兩足の足先きより踵迄を圍む面積なり。

三、力士角力のとき成る可く其兩足を廣げ體を屈むるは其底基を廣くし且つ重心を低くする爲めたり。

第五章　單器械

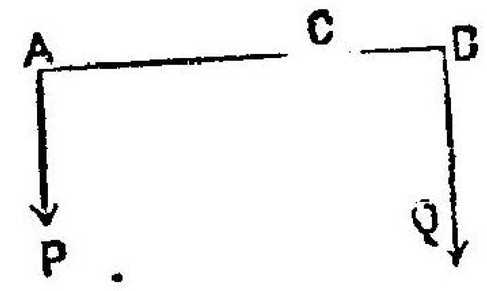
二八、挺子（名一槓杆）

1. 意　義…支點と名くる一點を旋りて回轉し得べき屈撓すべからざる棒を挺子と稱す。

2. 公　式
挺子の兩端A及Bに夫々P及Qの重物を吊し之を支點Cにて支へ棒が水平の位置なるし釣合するときは能率の定理により次の關係成立す（但し棒は重さなきものと見做す）。

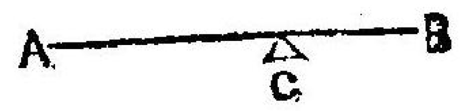
$P \times AC = Q \times BC \quad \therefore \frac{P}{Q} = \frac{BC}{AC}$　（公式）

故に $\frac{BC}{AC}$ が小なれば小なる程 $\frac{P}{Q}$ も小なり即ちPは小にしてQは大となる。



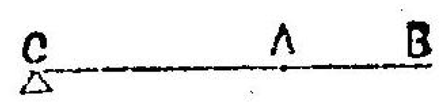
（註）…Cを支點、Aを力點、Bを重點と稱す。

3. 種　類
- 第一種
  - 支點が力點と重點の中間にあるもの
  - （實例）天秤（テンビン）、桿秤（サヲハカリ）、釘拔、箸にて物を挾む場合。



- 第二種
  - 重點が支點と力點との中間にあるもの
  - （實例）藥切り。蝶番にて支へられたる戸を開閉する場合。

- 第三種
  - 力點が支點と重點との中間にあるもの
  - （實例）毛拔。手掌に物を乘せ前臂を動かし揚ぐる場合。



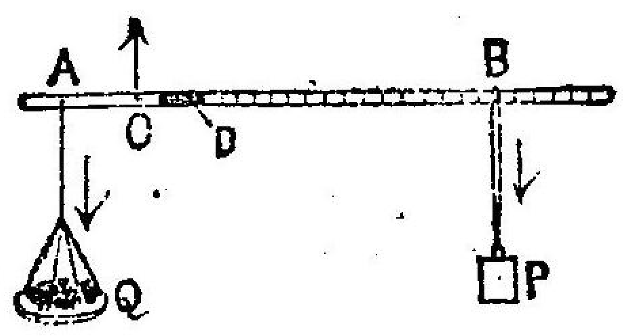
二九、良好、鋭敏なる天秤

- 第一要件：天秤の支點の刃は錆び居らざることは勿論、僅少の塵と雖も附着せざる樣の裝置ならざる可からず。
- 第二要件：刃より桿の兩端の皿を吊せる點迄の距離即ち臂の長さは精密に相等しからざる可からず。
- 第三要件…天秤の臂は長く然も其桿は輕からざる可からず。
- 第四要件：桿の重心は其支點の下にありて其重心と支點との距離は成る可く接近せざる可からず。
  但し其の重心と支點と一致するときは桿は中性の座りとなり天秤の用をなさず。

1. 構造及用法：支點は桿の一端に近き處にあり此端に物體を吊し他の臂の上には一定質量の分銅を吊し之を左右に動かし桿を水平に保たしめ以て物體の質量を測るを得るなり。

三〇、桿秤

2. 理由



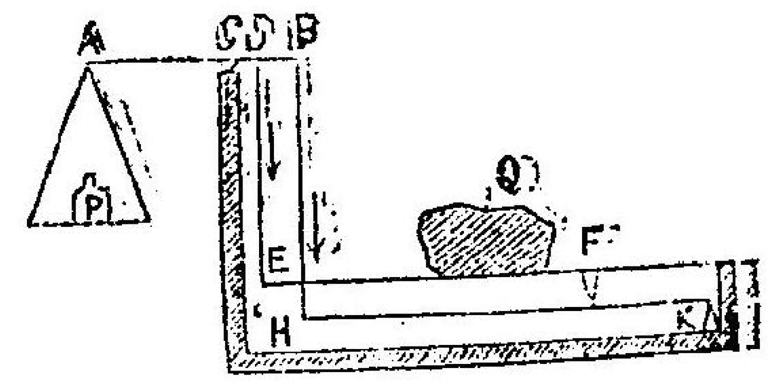
C點を支點としQの物體を吊さゞるとき分銅PをD點に吊し桿が水平に釣合するとすればD點を桿の度盛の始めとなす。
今Qの物體を吊しPの分銅をB點に移し桿が水平に釣合するとすれば能率の定理により次式を得。

$$O \times AC = P \times DB \qquad \therefore \frac{Q}{P} = \frac{DB}{AC}$$

然るにACの長さ及びPの質量は一定なるが故にQの質量はBDの長さに正比例す　從てAC. BDの長さと、Pなる分銅の質量を知ればQの質量を求むるを得るなり、(實際にては桿上の度盛を見て直にQの質量を知るを得るなり)。

1. 構造

一、EFは臺にして水平をなす此の上に重物を載するときは水平をなしたる儘少しく下降す。
二、ABは支點Cなる横杆なり。
三、AにはΑ分銅Pを吊るす。



三一、臺秤

2. 理由

今EFなる臺上に重物Qを載するときはQの重力は二分せられ其一分力 p はEに、他分力 q はFに作用す故に $Q=p+q$ となる。
若しKHがKFの n 倍なるときはFに q の力が働くことはHに $\frac{q}{n}$ の力が働くと見做し得べし、故にEF臺上のQは横杆のD點に p. B點に $\frac{q}{n}$ の力を働かしむ、而して今又CBをCDの n 倍とするときはB點に働く $\frac{q}{n}$ はD點に $\frac{q}{n} \times n = q$ の力が働くと見做し得べし、故にEF臺上のQ即ち $(p+q)$ の力はD點に於て全部直接に働くことになる。
故に $\frac{KF}{KH} = \frac{CD}{CB} = \frac{1}{n}$ なる關係に構造するときはEFなる臺上の如何なる部分に重物Qを載するも其結果は横杆のD點にQを直接に吊るすと同一になる。
故に $P \times AC = DC \times Q$ なる關係となり以て釣合す從てPなる分銅の質量よりして直にQの質量を知るを得るなり。
即ち $CD \times 100 = AC$ なるときは $Q = P \times 100$ となり以て重物は其百分の一の重量ある分銅にて計るを得るなり。

(註)…臺秤は大なる重量を測定する時に賞用す。

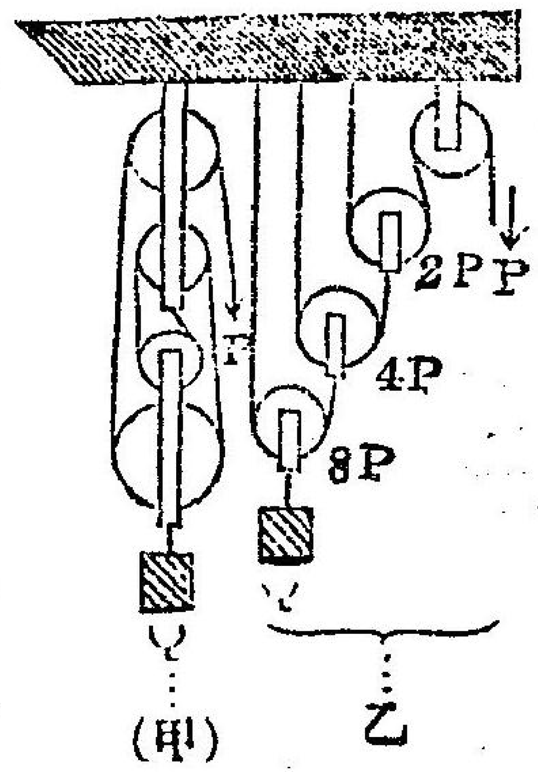
三二、滑車

1. 意義…滑車は挺子(テコ)の變形にして動滑車及定滑車の二種あり。

2. 種類

- 定滑車…軸が固定したる滑車を定滑車と云ふ、力の方向を變ずるの利あり(力を減ずるには少しも益なし)、(井戸の釣瓶車の如し)。
- 動滑車…軸が變位し得る滑車を動滑車と云ふ、重物を引き揚ぐるに用ゆ…(動滑車の數に從ひ力に利益す)。

3. 公式



(乙にては)$Q=2^n\times P$ ∴ $P=\frac{Q}{2^n}$

(nは動滑車の數)

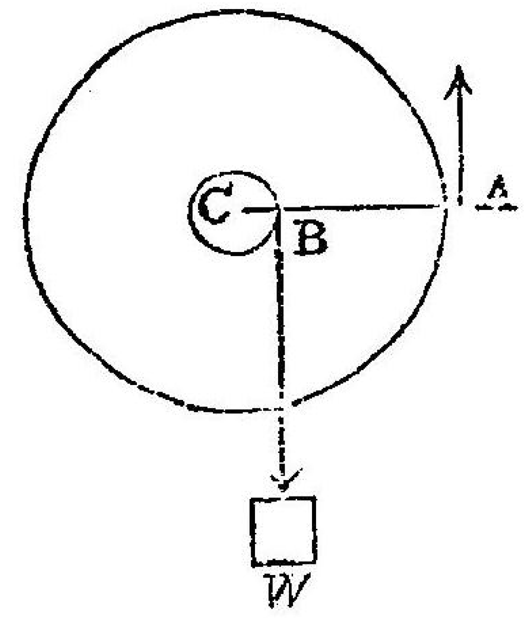
(甲にては)$Q=2\times n\times P$ ∴ $P=\frac{Q}{2\times n}$

(nは動滑車の數)

Q=重量, P=引く力

(註)…甲は一條の綵が總ての滑車を連結す。

三三、輪軸



P=A 點に働く力

W=B に掛る重さ

r= 軸棒の半徑

R= 輪の半徑

$W\times r=P\times R$…………C 點に對する能率相等し(釣合のとき)。

∴ $\frac{W}{P}=\frac{R}{r}=n$ 或は $\frac{W}{P}=\frac{2R}{2r}=\frac{\text{輪の直徑}}{\text{軸の直徑}}$

定則

即ち輪の周の半徑、軸棒の半徑の n 倍なれば抵抗力の $\frac{1}{n}$ の力以上にて打勝つを得。

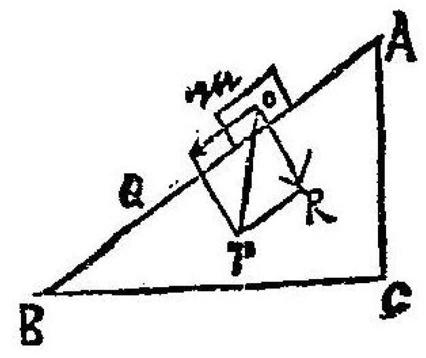
即ち軸の直徑と輪の直徑との比が力に反比例するとき釣合す。

(註)

1. 實際にては輪の代りに軸より突き出したる數個の棒を用ひ之に力を加ふるを常とす。
2. 輪軸も一種の槓杆なり。
3. 輪の直徑を軸の直徑に比して大ならしむる程小なる力を以て重大なる物體を引き揚ぐるを得るなり。

三四、斜面

1. 意義 斜面は水平面と或角をなす平面にして小なる力を以て重き物體を高所に引揚げんとするとき用ふる簡單なる器械なり。



O＝(m 物體の重心)

(m 物體の重さ)＝mg＝OP

mg の分力 (斜面に平行する分力)＝OQ＝(辷り落る力)
(斜面に直角に働く分力)＝OR

一、原則
- イ、物體を斜面に沿ふて引き揚ぐるに要する力は物體の重さより小なり。
- ロ、斜面の面に平行に上方に向へる力を以て斜面上の物體を支ふる場合に於ては所要の力が物體の重さに對する比は、斜面の高さが、斜面の長さに、對する比に等し。

二、理由(原則)
兩直角三角形 POQ. BAC に於て OP は BC に垂直、又 QP は BA に垂直なり故に、角 QPO は角 ABC に等しく從て兩三角形は相似形なり故に次の式を得。

OQ : OP＝AC : AB

今滑り落つる力＝F, とすれば

2. ………

$$F=OQ=\frac{AC}{AB}\times OP=\frac{AC}{AB}mg=mg\sin\theta \text{ 或は } \frac{mg}{F}=\frac{\text{斜面の長さ}}{\text{斜面の高さ}}$$

然るに $\sin\theta<1$ なるにより $mg\sin\theta<mg$ $\therefore$ $F<mg$

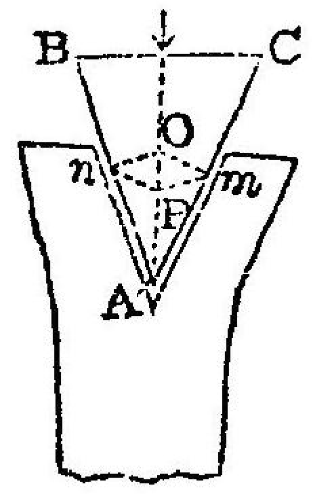
(註) 斜面に直角に働く力 OR は斜面の反抗力と釣合するが故に唯だ斜面との摩擦を起すのみなるを以て斜面が充分滑かなるときは m 物體の運動の上に何等の影響を及すことなし、從て OQ に等しく且方向相反する力を O 點に加ふるときは m 物體を斜面上に支ふるを得るなり。

三、規則
- イ、斜面の長さの高さに對する比が大なる程小なる力にて大なる重さの物體を引き揚ぐるを得。
- ロ、物體を斜面に沿ふて支ふる力は其物體の重さに（斜面の高さ）の(斜面の長さ)に於ける比を乘じたるものに等し。
- ハ、斜面上に於ては斜面の傾斜角が小なる程、小なる力にて重大なる物體を支ふるを得、從て此小なる力より少しく大なる力にて其重物を引き揚ぐるを得。

(註) 斜面の傾斜角とは上圖 ABC 角即 θ 角を云ふ。

三五、楔

1. …………楔は二重の斜面にして物體を割裂する爲めに用ひ又は重き物體を押し上ぐる爲めに用ふ。



OP＝楔を押し込む力

$Om=On=$ 物體を割裂する力（即ち Om と On との二力は OP の分力にして楔と物體と相接すに面に直角に働くなり）

三角形 ABC と三角形 OPm は相似形なり

故に　$Om : OP = AB : BC$

$\therefore \quad Om = OP \times \dfrac{AB}{BC}$

2. 定　則　楔の物體を押し割る力と押し込む力との比は楔の斜面の長さと其底との比に等し。

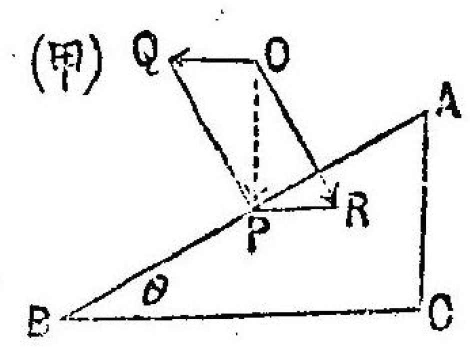
3. 規　則　一、楔は其底を薄くし其長さを長くする程其効力大なり。
二、楔の角が小なる程、小なる力にて楔を物體中に進入せしむるを得。

（註）…斧、刀、等は凡て楔の一種なり。

1. 意　義…螺旋は圓柱の周圍に斜面を捲きたるものなり。（乙圖）

（註）螺旋は斜面の應用なるを以て螺旋の説明をなすには次の如く斜面に關する説明をなさざる可からず。

2. 斜面上の物體を水平なる力にて支ふる場合



斜面上にある物體の重さを OP とし之を水平なる力、（即ち斜面の底邊に平行なる力）、にて支へんには如何なる力を加ふべきかを考ふるに、今重さ OP は斜面に垂直なる力 QP と水平なる力 OQ とに分解すると考ふるときは、兩直角三角形 PQO と BAC とは相似形をなす故に次の關係式を得。

$OQ : OP = AC : BC$

即ち物體を支ふるに要する水平なる力の物體の重力に於けるの比は、其斜面の高さの、其底邊に於ける比に等し。

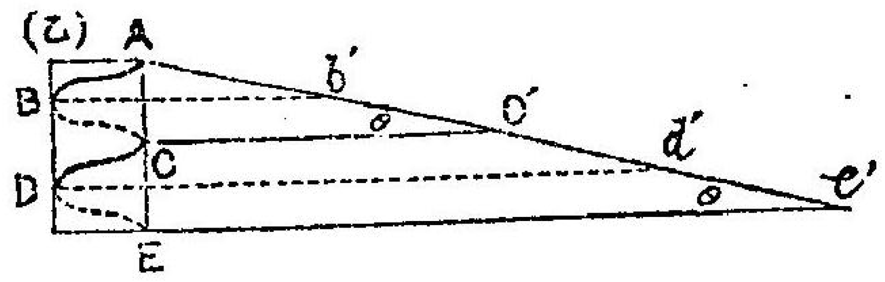
故に　$OQ = OP \times \dfrac{AC}{BC} = OP \times \tan\theta$……………（公式甲）

故＝斜面の傾斜角 θ が 45 度より小なる間は小なる力にて大なる重物を揚ぐるを得、即ち力に利あり然れども 45 度以上となるときは $AC>BC$ となり從て $OQ>OP$ となるが故に却て力に損となる。

螺旋は圓柱の周圍に斜面を捲きたるに外ならず、即ち螺旋の周邊に働きて之を廻轉せしむる力と螺旋が物體を押上げ又は壓搾する力との關係は、全く斜

三六、螺旋

3. 螺旋



面に於ける物體を支ふる水平なる力と其物體の重力との關係に同一なり、故に今螺旋を押し込む力をPとし、螺旋にて物體を押上げ又は壓搾する力をQとするときは斜面と同理にて次の關係式を得。

$$P = Q \times \frac{AC}{Cc'} = Q \times \tan\theta \cdots\cdots\cdots\cdots(公式乙)$$

(註)…公式甲乙は同一關係なり。

4. 螺旋の歩み

一、螺旋の一捲ABCは斜面の長さCc'に當り、一捲の始Aと終Cとの高さは斜面の高さACに當る、此ACの高さを螺旋の歩みと稱す。

(註)…(乙圖參照)

二、規則　螺旋は其歩みの短き程、且其螺旋の直徑の大なる程力に利あり。

5. 壓搾器

一、意義　壓搾器とは螺旋に棒を貫き此棒を廻轉して螺旋を捻ぢ込み物體を壓搾するの器械を云ふ。

二、公式　棒にて螺旋を廻はす力$=F$，螺旋の壓搾する力$=G$，歩み$=l$，螺旋を廻はす棒の長$=L$　とすれば次の關係式を得。

$$2\pi LF = Gl \qquad \therefore \ G = \frac{2\pi L}{l}F.$$

三、公式證明　Lは螺旋の中心より棒の一端迄の長さなるを以て斜面と同理にて。　$F : G = l : 2\pi L$

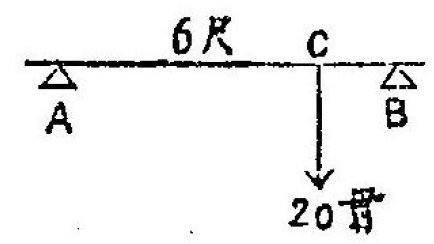
$$\therefore \ F \times 2\pi L = G \times l$$

(甲圖參照、即FはOQに、GはOPに、lはACに、$2\pi L$はBCに當る)。

四、規則…壓搾器は廻はす棒が長く、螺旋の歩み短き程其壓搾力は增大す。

1.

例　長さ6尺の棒の一端より2尺の所に20貫の重量を吊し、之を兩人にて荷ふに各人の肩を棒の各端1尺の處に當てるときは各人の肩に及ぼす重量各如何　但し棒の重さは無きものと見做す。



$AB = 6 - (1 + 1) = 4$尺

$AC = 4 - 1 = 3$尺

$BC = 4 - 3 = 1$尺

解 今Aに働く力をxとしBに働く力をyとすればCに働く20貫の力はx,yの合力なり故に其着力點Cと分力x,yとは次の關係となる(梃子の理或は平行力の合力參照)

$AC\times x=BC\times y$

$\therefore\ 3\times x=1\times y \qquad \therefore\ y=3x$

然るに　$x+y=20$貫　故に　$x+3x=20$

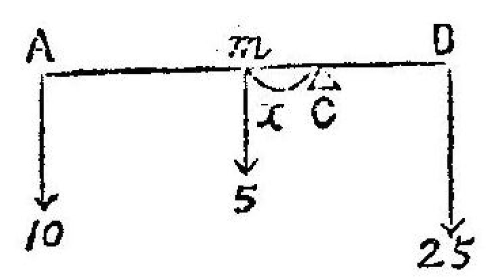
$\therefore\ 4x=20 \qquad x=5$貫

$y=3x=5\times3=15$貫

2.

例 長さ2尺重さ5匁の棒あり、其兩端に10匁と25匁の重さを吊るし之れを水平に釣合せしめんには棒の何處を支ふべきか。

解



此棒の中點をmとすれば　mは此棒の重心なり故に其重さ5匁は此點に働く今C點を支へ釣合したりとすれば能率の定理により。

$BC\times25=Cm\times5+AC\times10$…………(i)

今中點m支點Cとの距離Cmをxとすれば

$Am=Bm=1$尺　なるが故に

(i)式は次の如く變ず

$(1-x)\times25=(x\times5)+(1+x)\times10$

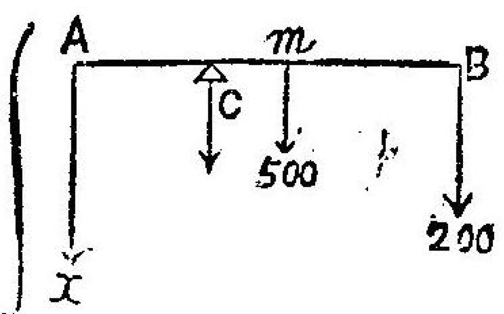
$\therefore\ 15-40x=0 \quad x=\frac{15}{40}=.375$

故に　$AC=1.375$尺

3.

例 長3尺重さ500匁の等質の棒を其一端より1尺の所を支へ其長き方の臂の端に200匁の重さを吊すときは短き方の臂の端に何貫目の重さを吊せば釣合するか。

解



棒の中點をmとし、支點をCとすれば能率の定理により次の式を得。

$CA\times x=Cm\times500.+CB\times200$…………(i)

然るに　$AC=10$寸　$Am=15$寸　$Cm=5$寸

$CB=20$寸　なるが故に　(i)式は次の如く變ず。

$10\times x=5\times500+20\times200$

$\therefore\ 10x=2500+4000$

$\therefore\ x\ =650$匁　　　答　六百五十匁

例 兩臂の長さ等しからざる不正天秤あり左の皿に物體を載するときは29.6瓦の分銅と釣合ひ、右の皿に其物體を載するときは23.7瓦の分銅と釣合すと云ふ此物體の眞の重さ幾何なるか。

三七、計算例

4.

解 今左右の臂の長さを a 及 b とし物體の質量を x とすれば能率の定理により

$$29.6\times a=b\times x \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (i)$$

$$28.7\times b=a\times x \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (ii)$$

(i) 式を (ii) 式にて除すれば

$$\frac{29.6}{x}=\frac{x}{28.7} \qquad \therefore \quad x^2=29,6\times 28.7$$

$$x=\sqrt{29.6\times 28.7}=29.15 \text{瓦} \cdots\cdots\cdots\cdots \text{答}$$

5.

例 分銅 50 匁の不正槓杆あり此秤にて 100 匁の物體は眞の 98 匁なりと云ふ、然らば此分銅は如何程不正なるか。

但し 秤の目盛は支點を零とせり。

解 眞の 98 匁の物體が 100 匁あるは此分銅が此秤の分銅として其質量不足するに因る今此不足量を x とすれば

100 匁、及び 98 匁は目盛の數即ち其秤の臂の長さを表はすが故に次式を得。

$$100\times 50=98\times(50+x)$$

$\therefore \quad x=1.02$ 即ち此分銅は $1.\frac{2}{98}$ 匁不足す。

故に此分銅に $1.\frac{2}{98}$ 匁を加ふるときは此秤は正しくなるなり。

6.

例 斜面あり其長さ 3 尺高さ 6 寸なりと云ふ、今此斜面上の 210 瓦の物體を斜面に沿ふ力にて支へんには何程の力を要するか。

解 物體を斜面に沿ふて支ふる力は 其物體の重さに、斜面の高さの、斜面の長さ、に於ける比を乘じたるものに等し {斜面の原則、及規則(二)參照} 故に次式を得。

今求むる處の力を x とすれば

$$x=210\times\frac{6}{30}=42 \text{瓦} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{答}$$

(註) OQ : OP = AC : AB $\qquad \therefore \quad x:210=6:30$

7.

例 前問に於て其物體を斜面の底面に平行なる力にて 支へんとせば 何程の力を要するか。

解 斜面上の物體を支ふるに要する水平なる 力の物體の重力に於けるの比は 其斜面の高さの其邊に於ける比に等し{螺旋(2)參照}、故に次式を得。

求むる力を x とし 底邊を y とすれば

$$x:210=6:y$$

然るに $y=\sqrt{30^2-6^2}=29.4$ 故に

$$x=210\times\frac{6}{29.4}=43.2 \text{瓦} \cdots\cdots\cdots\cdots \text{答}$$

8.

例　螺旋壓搾器あり其歩を2分とし、把柄の長さを6寸とす、今此器の把柄の端に50斤の力を加ふるときは其壓搾力は何斤なるか

解　求むる力をGとすれば

$$G=\frac{2\pi L}{l}F$$…………（螺旋壓搾器公式）

$$G=\frac{2\times 3.1416\times 60}{2}\times 50=9424.8$$ 斤……………答

第六章　摩擦

三八、摩擦

1. 意義　一物體、他物體の表面を辷らんとする時其運動に反抗する力あり之を摩擦力と云ふ。

（註）摩擦は觸接せる二物體の表面平滑ならざるより起るものなり。

2. 摩擦力の規則

一、物體を動かさんとする力Pが小なる間は摩擦力はPに等しく且反對の方向に働く（即ち－Pの値を有す）。

二、Pなる外力増すに從ひ摩擦力も增大し常に釣合をなす。

三、外力Pが一定の値を超ゆる時は摩擦力は之れに伴ひ增大するを得ず即ち摩擦力は極限あり此の極限を最大摩擦力と云ふ。

三九、摩擦力の定律

1. モランの定律　二つの物體間の最大摩擦力は兩體間の壓力に正比例し、接觸面の廣狹に關することなし。

（註）Fを最大摩擦力としRを壓力とすれば次の關係あり。

$$F=\mu R$$

2. …………摩擦力は接觸面の物質及性質により異なる。

3. …………運動せんとする時の摩擦力は運動中に於ける摩擦力より大なり。

1. 定義　二物體間の最大摩擦力をFとし兩體間の壓力（接觸面に直角に働く力）をRとすれば $\frac{F}{R}$ なる比は同種の物質にありてはRの値の如何に關せず常に一定す此比を摩擦係數と云ふ。

（註）

1. 最大摩擦力Fと摩擦係數μとの關係は次の如し。

$$F=\mu R \quad \mu=\frac{F}{R}$$

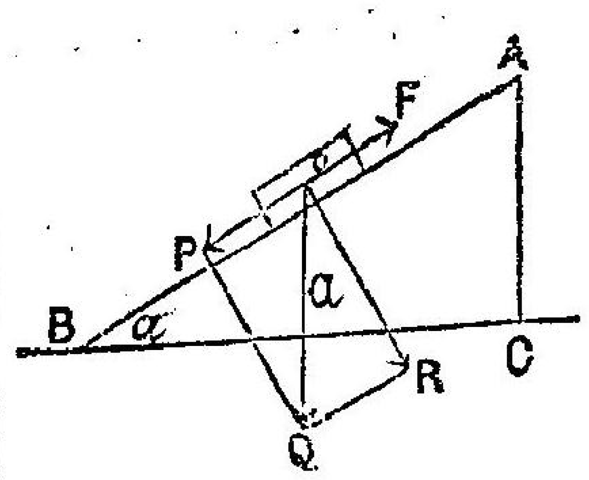
（μは接觸面の性質より生ずる常數なり。）

2. 摩擦係數とは最大摩擦力と接觸面に直角に働く力との比なりと云ふを得。

斜面上の物體は摩擦力の爲め其斜面の傾斜角が或る一定の値を越へざれば辷り始ることなし。

四〇、摩擦係數

2. 斜面上の摩擦



今傾斜角を變じ得べき斜面 BA 上に物體 O を置き其傾斜角が α に達したるとき物體は辷り始むとすれば物體の重力 Q は斜面に平行なる力Pと、斜面に直角なる力 R に分力するを以て物體が辷り始める時の最大摩擦力 F は斜面に平行なる力 P に等しからざる可からず故に次の關係式を得。

$$\frac{P}{R}=\frac{AC}{BC}=tan\,\alpha=\frac{F}{R}\ (F=P \text{ なるによる})$$

(註) $R=Q\cos\alpha$　$F=P=Q\sin\alpha$　故に $\frac{F}{R}=\frac{Q\sin\alpha}{Q\cos\alpha}=tan\,\alpha$

然るに R は接觸面に直角に働く力即ち壓力にして、F は最大摩擦力なるが故に摩擦係數の定義により $\frac{F}{R}$ は摩擦係數なり即ち $tan\,\alpha$ は摩擦係數なり、故に次の定則を得。

摩擦係數は斜面上の物體が辷り始めるときの斜面の傾斜角の 正切を以て表はすことを得。

(註) 摩擦係數は $tan\alpha$ にて表はさるるが故に物體の斜面上を辷り始むる時の AC の高さと BC なる底邊の長さとを知るときは直に其の摩擦係數を算知するを得。

3. 規　則

一、摩擦係數は二物體の物質により異なる。

(註) 二三物體の摩擦係數 {金屬と金屬 0.18　木材と金屬 0.6 / 木材と木材 0.5}

二、摩擦係數は其接觸面の粗、滑によりて異なる。

(註)
1. 兩物體の接觸面に油、石鹼液、石墨、等を塗り之を滑らかにするときは大に摩擦力を減少す。
2. 金屬間の摩擦係數は平均 0.18なるも之に油を注ぐときは 0.07 に減少す。

1. 滑り摩擦

一、種　類
- イ、靜止の摩擦力…靜止せる物體を辷らせんとするとき之に反抗する力を靜止の摩擦力と云ふ。
- ロ、運動の摩擦力…巳に物體が他物體の表面を辷るとき之に反抗する力を運動の摩擦力と云ふ。

二、規　則………運動の摩擦力は靜止の摩擦力より小なり。

四一、摩擦の種類

2. 廻轉の摩擦
- 一、意　義：圓き物體が平面上を廻轉する時に起る摩擦力を廻轉の摩擦と云ふ。
- 二、規　則：
  - イ、廻轉の摩擦は滑り摩擦に比し極めて微小なり。
  - ロ、廻轉の摩擦は其壓力に正比例し、廻轉の半徑に反比例す。

（註）此の規則は實驗の結果なり。

（註）汽車、荷車、人力車、自轉車、等は廻轉の摩擦をなす故に其抵抗は滑り摩擦より非常に小なり。

四二、摩擦の利用

1. 吾人の地上を歩行し得るは摩擦あるが爲めなり、（氷上を歩行することの困難なるは摩擦なきが故なり）。
2. 一つの車の廻轉運動を調革にて他の車に傳達するを得るは調革と車との間に摩擦力あるに因る。
3. …釘、螺旋にて物體を固定し得るは摩擦力あるに因る。
4. …糸、繩、等にて物體を結合し得るも摩擦あるによる。

例：水平の板上に60貫の物體を載せ、之を辷らしたるに5貫目の重さに等しき力を要したりと云ふ此板と物體との摩擦係數如何。

四三、計算例

解：板は水平なるが故に其壓力は60貫にして其最大摩擦力は5貫なり故に摩擦係數の定義により次式を得。

摩擦係數 $=\frac{5}{60}=\frac{1}{12}$ ……………答

第七章　振子及圓運動

1. 振　子：重心外を通過する線を軸として振動し得る如く爲したる體は總て之れを振子と云ふ。
2. 單振子…伸縮する事なく重さなき糸の一端に質點を吊したるものを單振子と云ふ。
3. 錘………其質點を云ふ。
4. 振子の週期：振子が振動し錘が一點より動き再び其の點を同方向に通過する迄に要する時間を云ふ。（即ち振子が一振幅を往復する時間が週期なり）。
5. 振　幅…錘の通過する最下點と昇りつめたる點との距離を云ふ。
6. 振子の原則
   - 一、振子の等時性…週期は質點の質量及び其振幅等に關する事なし。
   - 二、公式…$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ （π＝圓周率、T＝週期、l＝糸の長さ、g＝重力の加速度、）

四四、振子

三、規則 ｛振子の振動の時間は其長さの平方根に正比例し重力の加速度の平方根に反比例す。

7. 秒振子

一、意義…一秒に等しき週期を有する振子を秒振子と云ふ。

二、公式…$1=2\pi\sqrt{\frac{l'}{g}}$　　∴　$1=4\pi^2\frac{l'}{g}$　　∴　$g=4\pi^2 l'$

（註）｛l'を秒振子の長さとすれば時間Tは1なるを以て此公式を得、而して此公式よりしてgを測定すること精密且つ容易なり。

8. 複振子…物體の一點に軸を設け之を振動し得る樣に裝置したる振子を云ふ。

（註）｛單振子は理想的のものにして實際には有り得べからざるものなり故に此複振子の必要を生ずるなり。

9. 複振子の性質

一、複振子の懸りの點と振動の中心とは相轉換し得。

二、懸りの點と振動の中心との距離は相當單振子の長さなり。

（註）

1. 相當單振子…複振子と同一の週期を有する單振子なり。
2. 振動の中心 ｛複振子の軸（懸りの點）より糸を以て錘を吊し其糸の長さを增減して其週期を增減するときは錘は複振子と相合一して振動する所あり此點を振動の中心と云ふなり（即ち振子の中心とは懸りの點より其點迄の長さを有する單振子が振動する如く振動し且つ其複振子と同時に振動する點なりと云ふべし。）

四五、gの測定法

1. gの値を測る法

振子の公式　$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$　なるにより。

振子の振動の時間は重力の加速度の平方根に反比例し其の質量に關せざるを知る（重力の加速度は質量に關せざるによる）。

故に　$g=\frac{4\pi^2 l}{T^2}$　なり即ち振子の週期Tと振子の長さlを知るときはgを知るを得。

2. 地球上各場所のgの強さ

赤道	978.1	（單位秒糎）
富士山頂	978.8	
小笠原島	979.5	
東京	979.8	
札幌	980.5	
グリーニッチ	981.3	
南北極	983.3	

3. gの値より振子の長さを求むる法　東京にて週期一秒なる單一振子の長さは $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ の式を變ずれば

$l=\frac{gT^2}{4\pi^2}$ となる　故に $l=\frac{979.8}{4\pi^2}$ なり。

1. 意　義…物體が圓形を畫きて運動するを圓運動と云ふ。

2. 性　質

一、一質點が圓運動をなすときは其速さの大さは不變なるも其方向は常に變化す。

二、一質點が圓運動をなすには絕へず此質點に對し圓の中心に向て働く力を要す、此力を中心力又は求心力と稱す。

(註)圓周上を一定の速さにて動くものは常に求心力によりて圓心の方に引かるるを要す。

3. 原　則　外力によりて中心に向へる加速度は圓運動の速さの平方に正比例し圓の半徑に反比例し、質量に正比例す。

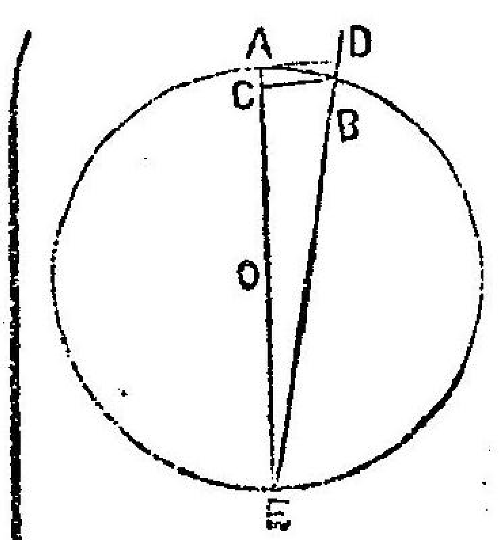
4. 公　式

$a=\frac{v^2}{r}$　　$F=m\frac{v^2}{r}=\frac{mv^2}{r}$

($a=$ 中心に向へる加速度、$v=$ 圓運動の速さ、$r=$ 圓の半徑、

$F=$ 中心に向ふ力、$m=$ 質量)。

四六、圓運動



今 m の質量ある物體が、半徑 r の圓周上を v の速さを以て運動する場合に其中心に向て物體に働く力即ち求心力の關係を求むれば次の如し。

或る時に於ける物體の位置を A とし、之より甚だ小なる時間 t の後に於ける物體の位置を B とすれば距離 AB 弧は vt なり、今 B より圓の直徑 AE に垂線 BC を引くときは AC は物體が t 時間に A より中心に向て落下する距離なり。

(註) t 時間は極めて小なる時間なるを以て AB の距離も亦極めて小なり從て EB と EA とは平行に ACBD は平行四邊形と見做すを得從て AC=DB なるによる。

兩直角三角形 BAC と AEB は相似形なるが故に

AC : AB = AB : AE………………(i)

然るに AE は直徑なるを以て AE=2r なり。

又 t 時間が極めて小さき時には弧 AB は弦 AB に等しと見做すを得故に (i) 式は次の如く變ず。

5. 原則の證明

AC : 弧 AB = 弧 AB : 2r……………(ii)

然るに弧 AB は vt なるを以て(ii)式は次の如くなる

$$\left.\begin{aligned} AC : vt &= vt : 2r \\ \therefore\ AC &= \frac{v^2t^2}{2r} \end{aligned}\right\}\text{……………(iii)}$$

a を以て中心に向へる加速度とすれば t 時間に落下する距離は $\frac{1}{2}at^2$ なり然るに此距離は AC に等しと見做さるるが故に

$$AC = \frac{1}{2}at^2 \text{……………(iiii)}$$

(iii) (iiii) 兩式よりして次式を得。

$$\left.\begin{aligned} \frac{v^2t^2}{2r} &= \frac{1}{2}at^2 \\ \therefore\ a &= \frac{v^2}{r} \end{aligned}\right\}\text{……………(公式)}$$

今 F を中心に向ふ力(求心力)とすれば力は質量に加速度を乘じたるものなるを以て

$$F = ma = m\frac{v^2}{r} = \frac{mv^2}{r}\text{……………(公式)}$$

即ち (3) の原則を得、又此原則は次の如く云ふを得。

物體が圓運動をなすに必要なる要件は $\frac{mv^2}{r}$ の力が圓の中心に向て絕へず作用することなり。

(註)
1. 糸の一端に石を結び付けて振り廻はすときは此石は圓運動をなす。
2. 地球が太陽の周圍を廻轉する運動及月が地球の周圍を廻轉する運動は略ぼ圓運動に近し從て圓運動に關する公式を適用するを得るなり。

四七、圓運動の週期

1. 意　義…圓運動の週期とは其一週するに要する時間(秒數)を云ふ。
2. 公　式　今圓運動週期を T とすれば次の公式を得。

$v = \frac{2\pi r}{T}$　なり然るに　$a = \frac{v^2}{r}$　なるを以て

$$a = \frac{4\pi^2 r}{T^2} \qquad \therefore\ T = 2\pi\sqrt{\frac{r}{a}}\text{……………(公式)}$$

(註)
1. (圓運動の公式參照)
2. 故に中心に向ふ力(求心力) F は次の如し。

$$F = ma = \frac{4\pi^2 mr}{T^2}$$

四八、遠心力

1. 意　義 物體が圓運動をなすとき其中心を離れて外方に飛び去らんとする力を遠心力と云ふ。

（註） 遠心力は求心力の反動によりて起ると見做すを得。

2. 規　則…遠心力の强さは求心力の强さに等し。

（註） 之れ遠心力は求心力の反動と見做さるゝによる。

3. 公　式 遠心力を F′ とすれば次式を得。

$F' = \frac{mv^2}{r}$ …………（公式 i） 或は $F' = \frac{4\pi^2 mr}{T^2}$ …………（公式 ii）

4. 法　則

一、一般に遠心力は速さの平方及び其質量に正比例し圓の半徑に反比例す。（公式 i）

二、相等しき週期の圓運動に於ては遠心力は廻轉圓の半徑及び其質量に正比例す。（公式 ii）

三、求心力消滅するときは遠心力も消滅し其物體は慣性によりて圓に切線の方向に飛び去る。

5.（註）……

一、遠心力と云ふ一種の力が實際物體に作用せるにあらず唯だ物體が圓運動をなすに際し其慣性に因り常に圓の中心を遠ざからんとするに過ぎざるなり然して此慣性に反抗し圓運動をなさしむるものは求心力なり。

二、地球上の物體は地球の自轉と共に同一周期の圓運動をなす從て遠心力を有す故に其强さは其地點が畫く圓の半徑に正比例するを以て赤道に於て最大なり。（同一周期の圓運動なるによる）

三、赤道に於ける地球の自轉より生ずる遠心力は重力の $\frac{1}{289}$ なり。

四、地球上の物體の重さは地球と其物體との引力と其地球の自轉に因りて起る物體の遠心力との差なり。

1.

例…g の値 980 秒糎の所に於て秒振子の長さ何程なるか。

解

$1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$　　∴ $1 = 4\pi^2 \frac{l}{g}$………………（秒振子公式）

∴ $g = 4\pi^2 l$　　∴ $980 \div 4\pi^2 = l$　然るに $\pi^2 = 9.87$ なるを以て

$980 \div 4\pi^2 = 980 \div (4 \times 9.87) = 24.8$ 糎

2.

例…g の値が毎秒 980 秒糎の所にて 99.4 糎の單振子の周期何秒なるか。

解

$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$…………………（振子の公式）

故　$T = 2 \times 3.1416 \times \sqrt{\frac{99.4}{980}} = 2$ 秒

四九、計算例

3\.

例 一晝夜に二分づゝ後るゝ不正時計あり之を正しく直すには振子の長さを何糎となせば可なるか、但此時計の振子は98.8糎なりと云ふ。

解 今一晝夜の秒數を m とし、此不正時計の一晝夜に示す秒數を m' とすれば

$$m=60\times60\times24=86400 \quad m'=86400-120=86280$$

然るに振子の振動の時間は其長さの平方根に正比例す　(振子の原則)

又振子の振動數は其振動の時間に反比例す。

故に振子の振動數は其長さの平方根に反比例すべし。

然るに時計の秒數は振子の振動數に正比例す。

故に時計の秒數は其振子の長さの平方根に反比例するなり。

よりて今 l を正しき時計の振子の長とし、l' を此不正時計の振子の長さとすれば次式を得。

$$m:m'=\sqrt{l'}:\sqrt{l}$$

$$\therefore\ 86400:86280=\sqrt{l'}:\sqrt{l}$$

$$\therefore\ (86400)^2:(86280)^2=l':l$$ 然るに $l'=98.8$ なるを以て

$$(86400)^2:(86280)^2=98.8:l$$

$$\therefore\ l=\frac{(86280)^2\times98.8}{(86400)^2}$$ 糎………………答

4\.

例 10瓦の質量ある物體50秒糎の速さにて半徑60糎の圓運動をなすときは其求心力或は遠心力は幾何ダインなるか。

解 Fを求心力とすれば

$$F=\frac{mv^2}{r}$$ 　(圓運動の公式)

$$\therefore\ F=\frac{10\times\overline{50}^2}{60}=416.6$$ ダイン……………答

第八章　萬有引力

1. 意義 宇宙間に存在せる總ての物體は各相互の間に相牽引するの力あり之を宇宙間引力(又は萬有引力或は單に引力)と云ふ。

2. 原則

一、二つの質點の間の萬有引力は二點を連絡する直線の方向に働く。

二、二物體の間に起る萬有引力の強さは其兩體の質量の相乘積に正比例す。(或は其の兩體の質量に別々に正比例すと云ふことを得)。

三、二物體の間に起る引力の強さは其兩體の距離の二乘に反比例す。

$$F:\frac{mm'}{r^2}=k$$

五〇、萬有引力

3. 公式

$$F = k\frac{mm'}{r^2}$$

m. m' を二物體の質量とし r を二物體間の距離とし F を引力の大さとすれば

F は $\frac{mm'}{r^2}$ に比例す故に

F : $\frac{mm'}{r^2}$ なる比は不變なり之を引力係數と稱す此引力係數を k にて表はせば上式を得。

4. 發見者…星學者ガリレオ氏之れを唱へニュートン氏に至り大成せり。

（註） 引力係數は 675×10^{-10} とするを普通とす。

五一、地球の引力（重力）

1. 定義…地球と地球上の諸物體との間に起る引力を重力と云ふ。

2. 原則

一、原則…同一場所に於ける物體の重さは單に物體の質量に正比例す。

二、理由 地球と物體との距離は地球の中心と物體の中心との距離なるにより地球の半徑に等しと見做すを得故に地球引力は一定の質量ある地球が一定の距離に於て他物を牽引するものと見做さる、因て引力の原則より此の原則を生ず。

（註）

1. 重力とは地球が地球上の諸物體を引きつゝある力を云ふ。

2. 重量（重さ）…一物體に作用する重力の大さを其物體の（重さ）と云ふ。

3. 同じ質量の物體にても其重さは場所によりて異なるものとす、例へば同質量の物體にても兩極地方にあるときは赤道地方にあるときより其重さの $\frac{1}{200}$ だけ重くなるものなり之れ地球の眞球形にあらざるに因る。

第九章　仕事及エネルギー

五二、仕事

1. 仕事の意義 一物體が或る力の働きを受け其力の働く方向に動きたるとき此力は仕事をなすと云ふ。

（註）或る力が一物體に働き其物體が少しも動かざるときは此力は仕事をなしたりと云ふを得ず。

2. 仕事量

一、仕事の量は其働きたる力に正比例す。

二、仕事の量は其力の方向に進みたる距離に正比例す。

五三、仕事量の測法

1. 原則　仕事の量を測るには働きたる力の大さと力の働きたる間に其力の方向に物體の動きたる距離との相乘積を以てす此原則により次の二規則を得。

(註)　仕事量の計算には必ず其力の作用する間の物體の動く距離を取るべし、決して慣性の爲めになす物體の運動の距離を算入すべからず。

2. 規則

一、物體の運動が力の方向と同一なるときは其仕事の量は其物體の動きたる距離と其力の大さとの相乘積を以てす。

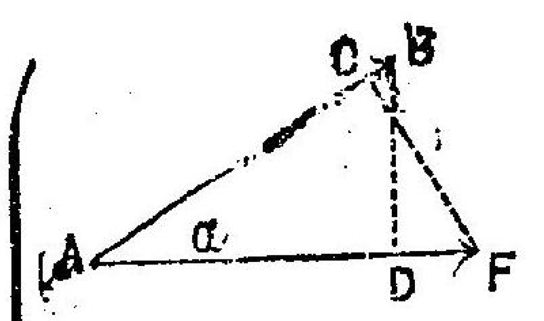
公式イ、W＝FS　W＝仕事量　F＝働きたる力の大さ　S＝物體の動きたる距離

二、力の方向が物體の運動の方向と一致せずして之と或角をなすときは物體の動きたる距離ABと、此運動を起したるF力の其運動の方向に沿へる分力ADとの相乘積を以て其仕事量となす。

公式ロ、W＝AB×AD　Wは仕事量　ADはABの方向に於けるF力の正射影

(註)　物體の運動の方向と、力の方向とが直角をなすときはF力の分力CDは零となるを以て仕事量も零なり從て此力は物體に仕事をなさず。

3. 規則二の證明



今一物體にF力が働きて其F力の方向と或る角をなす方向にABの距離だけ運動したりとせんに、先づABを力の方向に於ける運動ADと、之れに直角なる運動BDとに分解するときはBDはF力の方向に直角なるが故に此運動に關して其仕事量は零なり故にF力のなせる仕事全量Wは次の如し。

W＝F×AD

然るに　AD＝AB×cosα　なり

故に次の公式と規則とを得。

公式ハ、W＝F×AD＝F×AB×cosα

規則　力の方向が物體の運動の方向と一致せざるときは其力と、力の方向に沿へる分運動との相乘積を以て仕事量とす、即ち其力と、運動せる距離と、其間の角の餘弦との相乘積は其仕事量に等し。

次に　W＝F×AB×cosα　なる公式は次式の如く書くを得。

W＝F×cosα×AB

然るに　Fcosα　はF力を運動の方向及び之に直角なる二つの分力に分解し

たる運動の方向に沿へる分力 AD に等し故に規則二、公式(ロ)、を得。

$$W=AB\times AD$$

(註) F 力の方向と物體の運動の方向とが反對なる場合には F 力のなしたる仕事量は $-F\times S$ なり (S は運動せる距離)、
即ち F 力は $-W$ の仕事をなしたるなり。
(此場合は F 力に反抗して物體に W の仕事がなされたる時なり)。

五四、仕事の單位

1. 一キログラムメートル(瓩米)(一瓩の物體を重力に抗して一米の高さに揚ぐるに要する仕事量を云ふ)。
2. 一フートポンド(一ポンドの物體を重力に抗して一フートの高さに揚ぐるに要する仕事量)。
3. 一エルグ(erg)…絕對單位なり(一ダインの力作用し其力の方向に一糎動したる時の仕事量)。

五五、工程(工率)

1. 意　義…器械の單位時間中に爲し得る仕事量を云ふ。
2. 工程の單位(馬力)　毎秒550フートポンドの仕事をなすもの(即ち75キログラムメートルの仕事)。

3. 工程の絕對單位　一秒時に一エルグの仕事を云ふ。
4. C.G.S.式の單位　一ワット(watt)、(毎秒一千萬エルグの仕事)。

(註) 一馬力は746ワットに當る。

五六、運動體の爲す仕事

1. 運動量

F 力が m 質量の物體に動きて生ずる加速度を a とすれば次の關係式を得。

$$F=ma \quad \therefore \quad a=\frac{F}{m}$$

然るに等加速運動に於ては　$v=at$　なり

故に　$v=\frac{F}{m}t$

$$\therefore \quad mv=Ft \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(\text{公式})$$

從て次の規則を得。

規　則　運動體の質量と速度との相乘積は力の大さと此力が作用したる時間との相乘積とに等し。

今 F 力が m 質量の靜止物體に作用して之を S だけ動かすときは F 力の爲せる仕事 W は其運動の方向と F力 の方向とが一致するを以て次の式を得。

2. 運動體の爲す仕事

$$W = F \times S$$

次に其物體の得たる加速度を a とすれば

$$a = \frac{F}{m} \qquad v^2 = 2as$$

故に $v = \sqrt{2\frac{F}{m}S} \quad \therefore \ \frac{1}{2}mv^2 = F \times S$

故に $F \times S = W = \frac{1}{2}mv^2$ ………………(公式)

從て次の規則を得。

靜止せる物體に v なる速度を與ふる爲めに其物體に爲されたる仕事の量は質量と速度の平方との積の二分の一に等し。

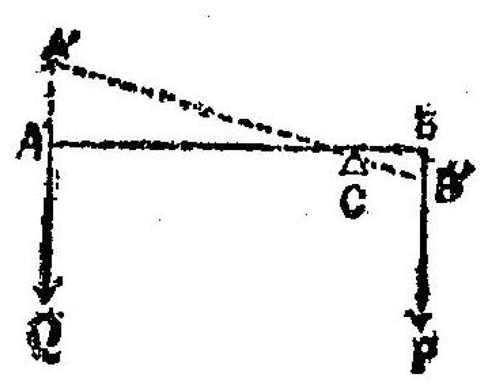
(註) v = 速度　t = 力の作用したる時間
m = 質量　F = 力
S = 物體の運動したる距離

挺子を用ふるときの仕事の量

挺子 AB の兩端に Q. P の重さを吊るすときに釣合するものとす。

今 B 端を B′ に下るときは A 端は A′ に上るべし、然るときは兩三角形 AA′C

1. 挺子



と BB′C とは相似形なるが故に

$$AC : CB = AA' : BB' \quad \therefore \ CB \times AA' = AC \times BB'$$

然るに挺子の理により $AC \times Q = CB \times P$ なり

故 $$\frac{AC \times Q}{AC \times BB'} = \frac{CB \times P}{CB \times AA'}$$

$$\therefore \ \frac{Q}{BB'} = \frac{P}{AA'}$$

$$\therefore \ BB' \times P = AA' \times Q$$

故に次の規則を得。

P なる重力が挺子になしたる仕事量 ($BB' \times P$) は挺子が Q になしたる仕事量 ($AA' \times Q$) に等し、即ち挺子の使用は力に於ては利するも仕事に於ては一も損得なし。

五七、機械の爲す仕事

斜面に沿ふて物體を S だけ引き揚ぐるときの仕事の量。

今斜面の長さを s、斜面の高さを h、物體の質量を m、重力の加速度を g、斜面に沿ふて引き揚ぐるに要する仕事の量を W とすれば、斜面の公式により次の關係式を得。

2. 斜　面

$$W=mg\frac{h}{s}\times s=mgh$$

（註）mg は物體の重さなるにより斜面に沿ふて此物體を支ふるに足る力は斜面の公式により。$mg\times\frac{h}{s}$ なり故に s だけ引き揚ぐる仕事の量は $mg\times\frac{h}{s}\times s=mgh$ なり。

然るに m 質量の物體を h だけ眞上に揚ぐるに要する仕事は mgh なるを以て斜面を使用したる場合と其仕事の量は相等し、故に次の規則を得。斜面を使用すれば力に於ては利するも仕事に於ては損得なし。

3. 原　則　如何なる機械を使用すと雖も仕事に於ては毫も利することを得ず。（但し力に於て利するを得）。

五八、エネルギー（勢力）

1. 定　義　物體の仕事をなし得る能をエネルギー或は勢力と稱す。

（註）物體は特種の要素を有するが故に現在に於て仕事を爲すか或は將來に於て仕事を爲し得る能を有するなり、此特種の要素が即ちエネルギーなり。

2. 性　質

一、エネルギーは物體間に授受せられ、又其狀態を變ずる事を得。

（註）仕事を爲す物體はエネルギーを失ひ、仕事を爲されたる物體はエネルギーを得るものなり、例へば弓の矢を射る場合に手は仕事をなして其エネルギーを失ふと同時に弓は手の失ひたるエネルギーを受得し、次に弓は其のエネルギーを矢に授與して之を失ふと同時に矢はエネルギーを弓より受得し以て飛行と云ふ仕事をなすなり。

二、物體が仕事をなすときは常に其仕事と同量のエネルギーを失ひ又物體が仕事をさるるときは其仕事と同量のエネルギーを受得す。

（註）
1. 物體が仕事を爲さず、又仕事を爲されざるときは其エネルギーの增減なし。
2. 物體の仕事をなすと云ふことは其物體の有するエネルギーを他物體に移すことなり。

1. 運動のエネルギー

一、意　義　物體の運動する爲めに有するエネルギーを運動のエネルギーと云ふ。

二、例……飛行中の彈丸のエネルギーが靜止彈丸のエネルギーより多くのエネルギーを有するが如し。

五九、運動及位置のエネルギー

2. 位置のエネルギー

一、意義……物體が其場所、形狀、體積、等の變化を受ける爲めに有するエネルギーを位置のエネルギーと云ふ。

二、例……
- イ、高所に在る水の有するエネルギー（場所の變化）
- ロ、引き絞られたる弓の有するエネルギー（形狀の變化）。
- ハ、圓筒內に活塞にて壓縮されたる空氣の有するエネルギー（體積の變化）

（註）
1. 位置のエネルギーとは靜止物體中に貯蓄されたる仕事を爲し得る能を云ふと說明することを得。
2. エネルギーには機械的エネルギー、熱エネルギー、光エネルギー、音エネルギー、電氣エネルギー、化學變化エネルギー、等あり而して此機械的エネルギーが運動のエネルギーと位置のエネルギーとの二種に區別さるるなり。

六〇、エネルギーの測法

1. 原則……エネルギーの量は其物體の爲し得べき仕事の量を以て測る。

一、位置のエネルギー……高さ h の所にある質量 m の物體のエネルギーは mgh なり。
理由……此物體の落下するときは mgh の仕事をなし得るを以てなり即ち其貯へられたる仕事を爲し得る能は mgh なり。

2. 例……

二、運動のエネルギー……速度 v、質量 m の物體の有する「エネルギー」は $\frac{1}{2}mv^2$ なり。
理由……此物體を此速度にて眞上に抛げ上げたりとすれば $v^2=2gh$ なり（落體の公式）故に $h=\frac{v^2}{2g}$ なり即ち此物體は $\frac{v^2}{2g}$ の高さに達す、即ち此物體は $\frac{v^2}{2g}$ の高さに達し始めて靜止するなり故に其仕事の量は $mg\times\frac{v^2}{2g}=\frac{1}{2}mv^2$ なり即ち其仕事を爲し得る能は $\frac{1}{2}mv^2$ なり。

六一、エネルギー不滅の原理

1. エネルギーの不滅則

一、エネルギーは無より生ずる事も亦滅する事も無く一の物體より他の物體に移り或は自體に於て形を變ずとも（位置のエネルギーより運動のエネルギーに或は反對に）其量は常に一定にして增減せざるものなり。

二、宇宙間に存在するエネルギーは宇宙間に行はるる諸種の現象により如何に其態を變ずと雖も其總量（即ち總和）は永久に決して增減することなし。

例……質量 m なる物體を h の高さより落下せしむる場合のエネルギーの變化を考ふるに其エネルギーの總量は常に相等し。

2. 不滅則の例解

證明

一、此物體の h の高さに在るときは位置のエネルギーは mgh にして運動のエネルギーは零なり故に其エネルギーの總量は mgh なり。

（註） g は重力の加速度なり。

二、今此物體落下して h' の高さに在るときは其位置のエネルギーは mgh' にして、運動のエネルギーは $\frac{1}{2}mv^2$ 然るに $v^2=2g(h-h')$ なり故に $\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}m\times 2g(h-h')=mg(h-h')$ 故に其エネルギーの總量は

$$mgh'+mg(h-h')=mgh \quad \text{なり}$$

即ち此の物體の h の高さに在りたる時のエネルギーの總量に等し。

三、又此物體が落下して地面に達するときは其位置のエネルギーは零にして、其運動のエネルギーは

$\frac{1}{2}mv^2$ なり然るに

$v^2=2gh$ なるが故に

$\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}m\times 2gh=mgh$ なり

即ち其エネルギーの總量は同じく mgh にして決して最初と增減なきことを知る。

（註）挺子、斜面、等の器械にて其仕事量に增減なきは又以てエネルギーの不滅の好例證と云ふべし。

1. 例…10 瓩の物體を 15 米の高さに揚ぐるに要する仕事量は何程なるか。

解 $15\times 10=150$ 瓩米

2. 例 深さ 100 呎の坑內より蒸汽機關の全力を費やして一時間に 220 噸の水を汲み上ぐると云ふ、此機關の工程は何馬力なるか。但し 1 噸は 2240 ポンドなり。

解 此機關の一秒間に爲す仕事の量は次の如し

$$\frac{220\times 2240\times 100}{60\times 60}=13688.8 \text{ フート、ポンド}$$

然るに 1 馬力は 550 フート、ポンドの仕事なり故に

$13688.8\div 550=24.8$ 馬力……………答

3. 例 500 瓦の質量ある彈丸 1 秒につき 1000 米の速度にて發射せらると云ふ 然るときは此彈丸の有する運動のエネルギーは幾何なるか。

此彈丸の有するエネルギーはエネルギー測法の公式により $\frac{1}{2}mv^2$ なり

六二、計算例

解 故に求むる所の答は

$\frac{1}{2}\times500\times(1000\times100)^2=2500000000000$ エルグ

4.

例 60瓦の彈丸が1秒につき200米の速度にて鐵板に當り、深さ2糎の穴を穿ちたりと云ふ鐵板の抵抗力何程なるか。

解 鐵板の抵抗力をFダインとすれば彈丸は鐵板の抵抗に打勝ちて2糎動きたるを以て其なせる仕事量はF×2エルグなり、而して此の仕事量は其彈丸の失ふたる運動のエネルギーに等しからざる可からず然るに彈丸の失ふたる運動のエネルギーは

$\frac{1}{2}mv^2$ なり故に

$F\times2=\frac{1}{2}\times60\times(200\times100)^2$

$\therefore\ F=\frac{1}{2}\times60\times(200\times100)^2\div2=6000000000$ ダイン

5.

例 1秒300米の速度を有する彈丸が土壁に1米穿入すと云ふ、今同一質量の彈丸が1秒につき600米の速度にて飛行し來り同一の土壁に當るときは何米穿入するか。

解 エネルギーは速度の平方に正比例し、彈丸の障害物に穿入する深さは其エネルギーに正比例す故に

此彈丸の土壁に穿入する深さは其速度の平方に正比例す故に

$300^2:600^2=1:x \qquad x=\frac{600^2}{300^2}=4$ 米

6.

例 高さ60米の瀑布あり其流水量1秒間に4立方米なりと云ふ此瀑布の全力を利用するとせば何馬力を得るか。

解 水1立方米の重さは1000瓩なり故に此瀑布に於て1秒間に流下する水の重さは

$1000\times4=4000$ 瓩なり而して瀑布の高さ60米なるが故に其1秒間に流下する水の仕事量は60×4000瓩米なり

然るに1馬力は75瓩米なるを以て次の答數を得、

$\frac{60\times4000}{75}=3200$ 馬力

(註) 仕事量の公式は mgh なり然るに

$mg=$ 重さ $=4000$ 瓩、 $h=$ 高さ $=60$ 米

故に 60×4000 瓩米＝仕事量なり。

(第二編 物 性)

第一章 物體の性質

一、分子

1. 分子說 總て物體は分子と稱する極微小なる物質より成り其各分子は個々絕へず運動するものと考ふる學說を分子說と云ふ。

(註)
- **1.** 分子は物質により其質を異にす又同質の分子と雖も其排列の如何により物體の性質に差異を生ずるものなり(例、金剛石、石墨、炭塊の性質異なるが如し)。
- **2.** 分子は極めて微小にして如何なる強力の顯微鏡を使用するも之を認むるを得ず(學者の說によれば各物質の分子は其直徑1粍の千萬分の三に近しと云ふ)。
- **3.** 物體の分子は直接に密觸するにあらずして其間に極微の空間を有す之れ物體が壓力の增減によりて其體積に增減の變化を生ずる所以なり。

2. 分子力

一、意義 運動する無數の分子より成る物體が其形を保つは分子の距離極めて小なる時にのみ分子間に働く力あるによる之を分子力と云ふ。

(註)
- **1.** 一物體を破壞するときは再び之を結合せしむるを得ざるは、其破面の分子を、分子力の作用し得べき程の近距離に近接せしむる能はざるに因る。
- **2.** 固體の堅さとは其凝集力の强弱の度なり 即ち外力にて物體の分子を分離せんとする時其外力に抵抗する力の度なり。

二、種類
- **イ、** 凝集力…同質の分子が其結合體にありて相牽引する力を云ふ。
- **ロ、** 附着力…異質の分子相牽引する力を云ふ。

(註)
- **1.** 墨汁にて書せし文字の消失せざるは附着力あるによる。
- **2.** 分子力は萬有引力の一種なり。

1. 固體 分子間の凝集力强くして其形を變じ或は之を切斷するに大なる力を要す即ち抵抗力を有するものを云ふ。(即ち固體は一定の體積と一定の形狀を具へ容易に之を變化するを得ず)。

(固體よりも其分子の運動自由にして其分子は其液體中の一所より他所に自由

二、物體の三體

- 2. 液體 ── に其位置を移轉するを得。然れども之を壓搾して其體積を變ぜしむるには多大の力を要す（即ち一定の體積を有し其形は容器に從つて一定す)。
- 3. 氣體 ── 分子の距離遠くして殆ど凝集力なく分子の運動液體に於けるよりも自由に其の分子は其氣體中に於て位置を變ずる事の自由なるのみならず互に相衝突して離散するに至るものなり。(即ち如何に大なる器に入れても之を充たす故に一定の體積なし)。

(註)
1. 粘體とは固體と液體との中間に屬し多少の凝集力ありて之れを引き離すには多少の力を要す。
2. 液體と氣體とを總稱して流體と稱す。

1. 意義 ── 或る物體は之れに外力を加へて其形狀又は體積を變ぜしめんと欲するも之れに抵抗し而して其の外力を去る時は再び舊態に復するの性あり之を彈性或は彈力性と云ふ。
2. 彈性の際限 ── 外力强大にして物體の歪むこと度を過ぐるときは元形に復する事能はず此の程度を際限と云ふ。
3. 原則…彈性際限の範圍內に於ては物體の變形の程度(歪)は外力に正比例す。
   (註) 此原則は英人フック氏の研究なるが故にフックの法則とも稱す。

三、彈性

(註)
1. 彈性は金屬に於て特に著し。
2. 直方形の斷面を有する棒を二點にて支へ其中央に一定の重りを懸くるとき其中央點の下る距離は
   1. 其棒の物質によりて差異あり。
   2. 其棒の支點間の距離の三乘に正比例す。
   3. 其棒の厚さの三乘に反比例す。
   4. 其棒の幅に反比例す。

4. ゼンマイ秤 ── ゼンマイ秤は彈性の原則を應用したるものにして鋼鐵の螺旋を圓筒內に入れ其下部に重物を吊るし其螺旋の延長或は收縮によりて力の强弱を測るものなり。
   (註) 天秤は質量を表はしゼンマイ秤は力を比較するに用ひらる故に之を使用する地方によりて其度盛を補正するにあらざれば之を以て直に物體の質量を知るを得ず之れ地球の重力は所により異なるに因る。
5. 彈性の疲勞 ── 物體の形狀又は體積を變ぜしむる外力の作用する時間が餘り長くなるときは其外力を去るも完全に元の狀態に復すること能はざるに至る此現象を彈性の疲勞と稱す。

第二章　液體

四、液體の性質

1. 液體は其各部移動し易し即ち其形狀の變化に對して反抗を呈することなし故に液體は其面に切線の方向に働く力を支ふるを得ず。

2. …比較的大なる力を以てするにあらざれば體積を壓縮するを得ず。

3. …液體は通常一定の體積を有す。

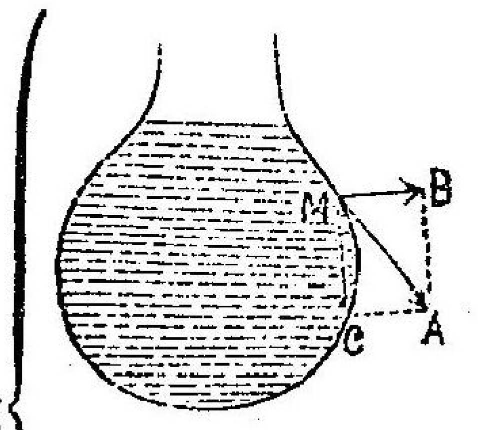
4. …液體は之を容器に入るゝときは容器に接せざる面を生ず。

5. …獨立せる液體の小量は球形をなす。

五、液體の容器に及ぼす壓力

1. 定　則…靜止せる液體が容器の壁を壓する力の方向は其容器壁面に直角なり。

2. 理　由



今容器中の液體が靜止するときは其一部 M に於て其器壁を壓する力の方向は壁に直角なる MB の方向なり何となれば若し壁に直角ならずして MA の方向に働くと假定すれば MA は器壁に直角なる分力 MB と、器壁に沿ふ分力 MC とに分つを得、然るときは分力 MB は器壁の反抗力と釣合して零となる、故に M 部の液體は MC の分力によりて流動せざる可からず(液體の各部は移動し易きにより)、然るに此液體は靜止す、故に M に於て其器壁を壓する壓力の方向直角ならずと假定すれば以上の如き不合理となる即ち液體が靜止するときは其器壁を壓す壓力の方向は器壁に直角ならざる可からず。

(註)　壓力の強さ　単位面積に及ぼす壓力を云ふ。……即ち壓力の強さは一糎平方につき $\frac{P}{A}$ 瓦なり……(P は 糎^2 に働く重力)

六、パスカル氏の原理

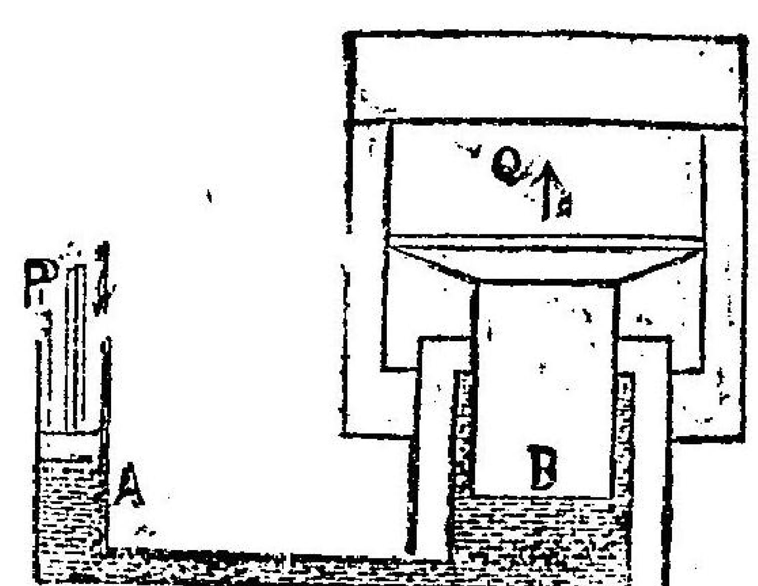
1. 原　理　靜止せる液の一部に壓力を加ふるときは此壓力の強さは増減なく四方に傳播す之れをパスカル氏の原理と云ふ。

(註)　本原理を一に壓力傳達の原理又は壓力波及の原理と云ふ。

2. 公　式　$\frac{A}{B}=\frac{P}{Q}$　$\therefore Q=P\times\frac{B}{A}$　(A.B は面積、P.Q は壓力)

(即ち壓力の比は面積の比に等し)

3. 應　用　ブラマ氏の水壓器…小なる壓力を以てポンプを動かし強大の力を現はす器械にして重き物體を揚げ、或は諸種の物體を壓搾して其體積を縮少するに用ふ。



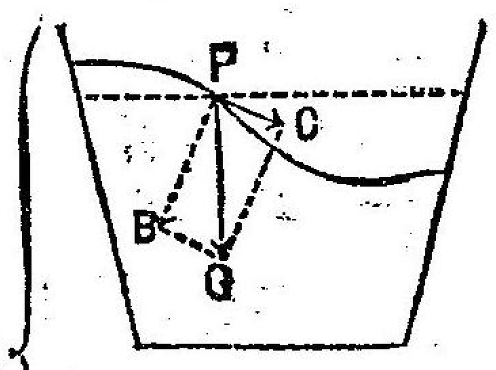
水壓器

$\frac{A}{B}=\frac{P}{Q}$ $\therefore$ $Q=\frac{B\times P}{A}$ 故に $A=B\times\frac{1}{1000}$ なれば $Q=P\times 1000'$ なり

七、静止液體の表面

1. 定　則…重力の働きを受けて靜止せる液體の表面は重力の方向に直角をなす。

2. 理　由



若し液體の表面重力の方向 PG に直角ならずとすれば液體表面の一部 P に働ける重力 PG は P 表面に直角なる力 PB と P 表面に沿ふ力 PC とに分力す然るときは其表面に直角なる PB 力は內部液の爲めに支へられ其反抗力と釣合し零となる、然れども表面に沿ふ分力 PC は支ふるものなきを以て P は PC 力の爲めに流動し、此 PC 力が零となるに至りて止まるべし、然るに PC 力が零となるときは PG と液の表面とが直角をなすときに限るなり即ち其液體の表面が重力の方向 PG に直角をなすとき靜止するものとす。

（註）重力の方向に直角なる表面を水平面と云ふ。

一、靜止せる液內の一點に於ける壓力の强さは總ての方向に於て皆相等し。……（パスカル氏の原理による）。

八、液體の壓力と深さとの關係

定　則

二、液內の壓力の强さは表面よりの深さに正比例す。

$$壓力の强さ=\frac{Ahd}{A}=hd\frac{瓦(重)}{糎^2}$$

即ち液體の深 h 糎なる所の壓力の强さは密度 d と深さ h との相乘積に等し或は大さ一糎平方、高さ h の液柱の重さに等し。

（註　密度 d なる液の深さ h なる所に於て A 面積に受くる壓力は Ahd なり。

三、容器の底面に於ける壓力は側壁の如何に關せず（底面上に現存する液量の多少に關せず）相等し即（Ahd）なり（A は面積）。

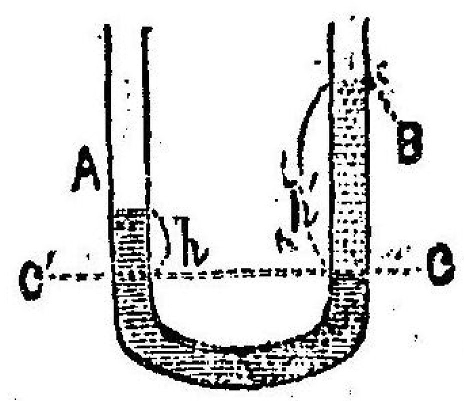
四、容器の側壁に於ける壓力即ち側壓は深 h に比例す。

1. 定　則

一、互に連通せる器に同一の液を入るゝときは液の表面は水平なり。

二、異種の液を入れ兩液が釣合を保つときは其二液の境界面上の高さは其密度に反比例す。

$hd=h'd'$ $\therefore$ $h:h'=d':d$



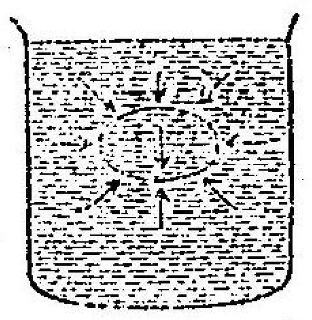
九、連通器

2. 定則(二)の理由
兩液の境界面 c を通して水平面 cc' を引くときは、cc' 以下の液體は靜止し居るを以て其兩端に受くる壓力の强さは相等しからざる可からず然るに此壓力の强は各其上にある單位面積上の液柱の重さに等し、故に今 $d.d'$ を各液の密度とし、$h.h'$ を cc' 水平面より各液面迄の高さとすれば各壓力の强さは hd と $h'd'$ にして互に相等し　即ち $hd=h'd'$ なり。

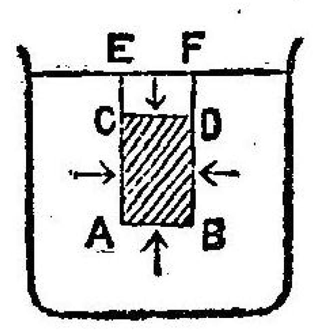
3. 應　用…一、導水管。　二、噴　水。　三、水準器。

一〇、アルキメデスの理原

1. 原　理
物體を液體中に入るゝときは物體の重さは其眞正の重さより其排斥せる液體の重さだけ輕し。
或は 液體中にある物體の重さは其眞正の重さより、其物體と同じ體積の液體の重さだけ輕し。

2. 理　由

今液體中に入るべき物體と同形同大の液體の一部を考ふるに、液は靜止せるを以て其部分を一の固體と見做すを得、故に此部分に作用する力は其部分の重力と、周圍の液の壓力となり然して此等の壓力は矣固體と見做されたる部分の面に垂直なり而して、此液體は靜止するが故に其壓力の合力と此部分の液の重力と釣合せざる可からず即ち此部分の周圍の壓力の合力と重力と

は其大さ相等しく其方向相反するなり、此壓力の合力を浮力と云ふ、次に此固體と見做せる部分の液と同大同形の物體を液中に入るゝときは其周圍の液の此物體に及ぼす壓力の合力は此物體と同體積の液の重さに相等しく其方向は上方に向ひて此物體を支ふ故に此物體の重さは其眞正の重さより之れと同體積の液の重さだけ減少するなり。

3. (註)……
本原理の理由は又次の如く說明するを得。


今 ABCD の直圓壔を液體中に沈むるときは液體の壓力は其深さに正比例するが故に此圓壔の表面は各其深さに從て液の壓力を受く然るに此液及圓壔は靜止すると見做すが故に其各側面に働く側壓は方向相反し且つ其大さ相等し故に釣合して零となる。
然して此圓壔の下端面に於ける上壓力は ABEF の液柱の重さに等しく、其上端面に於ける O 下壓力は CDEF の液柱の重さに等し、故に此圓壔の上下兩端面に及ぼす上壓と下壓との差は ABCD の液柱の重さなり即ち此圓壔の下端面に於て上方に向ひ之を支ふる力は ABCD なる液柱の重さに等しく從て此圓壔は其圓壔と同體積の液の重さだけ輕くなるの理なり。

一一、浮體

1. 浮力と物體との關係

- 一、物體の密度＞液の密度、
  ∴ 物體の重＞浮力……なれば物體は沈沒す。
- 二、物體の密度＝液の密度、
  ∴ 物體の重さ＝浮力……なれば物體は液の內部隨所に靜止す。
- 三、物體の密度＜液の密度。
  ∴ 物體の重さ＜浮力…なれば物體は浮上す。

2. 浮上の定則

- 一、物體が其排斥したる液體よりも輕きとき浮ぶ。
- 二、物體は其液中に沈入したる部分によりて排斥したる液の重量が物體全體の重量と等しくなる迄沈入す。
- 三、排斥液の重心と物體の重心とは同一垂直線上にあり。
- 四、物體の重心其排斥したる液體の重心より深き所に在るときは物體は安定して浮ぶ。

一二、比重

1. 意義

- 一、比重とは物體の或る體積の重さと攝氏四度の溫度に於ける同體積の蒸溜水の重さとの比を云ふ。
- 二、比重とは或る物質の密度と攝氏四度の水の密度との比と云ふを得。

2. 一般測法

$$比重=\frac{一物體の或る體積の重さ}{攝氏四度の同體積の水の重さ}=\frac{物體の單位體積の重さ}{水の單位體積の重さ}=\frac{物體の密度}{攝氏四度の水の密度}$$

3. 定　則…比重 A なる物體 V 立方糎の質量は AV なり

(註) 即ち比重は物體の重量が同體積の攝氏四度の水に比し幾倍重きかを表はす數なり。

1. 水に溶解せず水より重き固體

- 一、原理…アルキメデス氏の原理による。
- 二、方法…先づ空氣中にて物體の重さ W を測り再び之を水中にて其目方 w' を測り此兩目方の差にて W を除すべし。
- 三、公式…$比重=\frac{W}{W-w'}$
  - W＝物體空氣中の重さ
  - w'＝水中にての物體の重さ
  - $W-w'$＝物體と同體積の水の重さ

- 一、原理…(同前)
- 二、方法…重りを付して水中に沈ましむべし。

一三、固體の比重測法

2. 水に溶解せず水より輕き物

三、公式(1)、比重$=\dfrac{W}{W'-W''}$

四、公式(1)の說明
- W ＝ 物體の空氣中の重さ
- W' ＝ 重りのみ水中に入れたるときの重さ
- W'' ＝ 重りも物體も共に水中に入れたる重さとすれば
- $(W'-W'')$ は空氣中の物體の重さと水中の重さとの差、即ち物體と同體積の水の重さなり故に公式(1)を得。

（註）
- 今水中にての重りの重さを a とし、此物體と同體積の水の重さを B とすれば
- $W'=W+a$　　又　$W''=W-B+a$
- 故に　$W'-W''=(W+a)-(W-B+a)=B$ なり

五、公式(2)、比重$=\dfrac{W}{W+w-W''}$

六、公式(2)の說明
- w＝重り丈けの水中の重さ（物を付せずに）
- $W+w=W'$
- $W'-W''=W+w-W''$
- ∴　公式(2)を得。

3. 水に溶解する物體

一、方法…其物體の溶けざる液體にて測り次に之に其液の比重を乘すべし。

二、理由
- 比重$=\underbrace{\dfrac{\text{物體の重さ}}{\text{液の重さ}}}_{\text{物體の液に對する比重}}\times\underbrace{\dfrac{\text{液の重さ}}{\text{水の重さ}}}_{\text{液の比重}}=\dfrac{\text{物體の重さ}}{\text{水の重さ}}$
- 公式……比重＝(物體の液に對する比重)×(液の比重)。

（註）水は溫度により其重さを異にするが故に其水が攝氏四度ならざるときはこれに其の溫度の水の比重を乘じ以て其物體の比重を補正するを要す。

4. 粉末體（比重瓶）

一、方法
- イ、比重瓶を用ゆ（比重瓶とは細頸を有する一の硝子瓶なり）。
- ロ、瓶中に蒸溜水を充て其重さ（W'）を測るべし。
- ハ、測らんとする物體の重さ（W）丈を瓶中に入れ溢出せる水を拭ひ取り再び其重さ（W''）を測るべし。

二、公式比重$=\dfrac{W}{W-(W''-W')}=\dfrac{W}{W+W'-W''}$

（註）
- $W''-W'$＝ 同體積の物體と水との重さの差
- $W-(W''-W')$＝ 物質と同體積の水の重さ

三、公式の説明
- 瓶の重さ =(K), 物體と同體積の水の重さ =(H)
- 瓶中の水全量の重さ =(H′) とすれば
- $W''=W+K+H'-H$, $W'=K+H'$,
- $\therefore W''-W'=W+K+H'-H-K-H'$
- $\therefore W''-W'=W-H=$ 同體積の水と物體との重さの差
- 故に $W-(W''-W')=W-(W-H)=H$
- 即ち物體と同體積の水の重さなり。

（註）粉末物體水に溶くるときは第三法を適用す可し。

1. 第一法
- 一、原理…アルキメデス氏の原理による。
- 二、測法
  - 1. 方法
    - イ、比重を測らんとする液體にも水にも溶解せざる任意の物體を取るべし。
    - ロ、其の物體の (1) 空氣中の重 W (2) 液中の重さ W′ (3) 水中の重さ W″ を測るべし。
  - 2. 公式…液の重比 $=\dfrac{W-W'}{W-W''}$
  - 3. 公式の説明
    - $W-W'=$ 固體と同體積の液の重さ
    - $W-W''=$ 固體と同體積の水の重さ
    - 故に公式を得。

一四、液體の比重測定法

2. 第二法（比重瓶による）
- 一、方法
  - (1) 瓶の重さ W. (2) 液を瓶に充たしたる時の重さ W′
  - (3) 瓶に水を充たしたるときの重さ W″ を測るべし。
- 二、公式…液の比重 $=\dfrac{W'-W}{W''-W}$.
- 三、公式の説明
  - $W'-W=$ 同體積の液の重さ
  - $W''-W=$ 同體積の水の重さ

3. 第三法（連通器による）
- 一、液體密度の原理
  - 連通器に於ける兩液の高さは其密度に反比例す
  - $h_1:h_2=d_2:d_1 \quad \therefore h_1d_1=h_2d_2$
- 二、公式…液の比重 $=\dfrac{d_2}{d_1}=\dfrac{h_1}{h_2}$
- 三、定則…高さの反比は比重なり。

（註）茲に云ふ(高さ)とは兩液の境界面より各液の表面に至る高さを云ふなり。

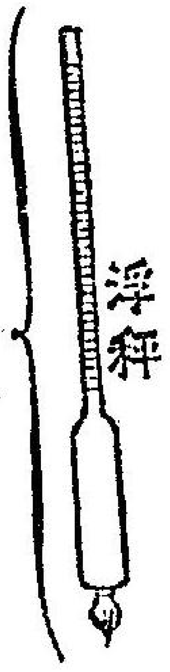
4. 第四法（浮秤）
- 浮遊體の原理による…內空圓筒の硝子管の下底に重り(水銀若しくは小彈丸)を附したる器なり其液中に沈入する度を目盛により表はし目盛は直に比重を示す。從て其目盛の分度の間は等距離にあらずして管の下端に至るに從ひ其分度狹し。

(註)

1. 目盛は比重を示さず唯任意に付したるものあり注意を要す。

2. 酒精計と稱する浮秤あり此浮秤は酒精の主成分の百分比を知るに用ふるものにして其目盛は直接にアルコールの百分比を示す故に實用上極めて便利なり。

3. 浮秤



浮秤には其目盛の基點を 100 とし相隣れる上下の目盛を等距離にしたるものあり、此浮秤は之を攝氏四度の水中に入れ其沈みたる境界點を 100 と記し其上下の目盛の間の管の體積が水中に沈入したる全部分の $\frac{1}{100}$ に相等する樣に分度したるものなり、故に此浮秤を或る液に入れ 90 と記したる部分迄沈みたるときは此液の 90 體積が水 100 體積の重さに等し、故に其比重は 100 : 90 即 $\frac{10}{9}=1.11$ なるを知るなり。

イリヂウム	22.4	鉛	11.4
白金	21.4	銀	10.5
金	19.3	銅	8.6－8.9

一五、比重ノ表

1. 固體

眞鍮	8.0－8.5	フリント硝子	3.4
鐵	7.5	水晶	2.7
亜鉛	7.1	アルミニウム	2.7
金剛石	3.5	氷	0.92
コルク	0.24		

2. 液體

水銀	13.596	海水	10.2
硫酸	1.84	石油	0.90
硝酸	1.55	アルコール	0.79
鹽酸	1.22	エーテル	0.73

1. 定理

液面よりの深さ h の所に小孔を穿ちたるときこれより流出する液の速度は $\sqrt{2gh}$ なり……(トリチエリー氏の定理)。

但し液の表面は常に一定所にあるものとす。

$m=$ 液の質量、　$h=$ 液面より小孔迄の高さ、　$g=$ 加速度

2. 理由

$mgh=$ 失ひたる位置のエネルキー｛表面にある時と小孔の所にあるときとのエネルギーの差。

$\frac{1}{2}mv^2=$ 得たる運動のエネルギー

一六、流出液の速度

故に $\frac{1}{2}mv^2=mgh$ なり……(エネルギー不滅則による)

∴ $\frac{1}{2}mv^2=mgh$ ∴ $v^2=2gh$ ∴ $v=\sqrt{2gh}$……公式

3. 定則 液體流出の速度は流出口の壓力の高さの平方根に正比例し液體の性質に關することなし。

4. 應用

一、孔の面積を A 糎^2 とすれば一秒時間に流出する液の量は $A\times\sqrt{2gh}$ 瓦なり…(但し實際は液の各部の運動自由ならざるが爲め其の $\frac{6}{10}$ なり)。

二、アルコール、水銀、水、等は其液面の高さ同一なる場合には皆相等しき速度にて流出するものなり。

1.

例 海の深さ 5 間半ありと云ふ然るときは其海底一平方尺に受くる壓力は何瓩なるか(但し海水の比重は 1.02 とす又氣壓は無きものと見做す)

解 1 米は 3.3 尺なるが故に 1 尺は $\frac{1}{3.3}$ 米なり

故に 1 尺 $=\frac{1}{3.3}\times100=\frac{100}{3.3}$ 糎なり

故に 1 平方尺 $=\left(\frac{100}{3.3}\right)^2$ なり

又 5 間半 $=33$ 尺 $=10$ 米 $=1000$ 糎なり

故に此海底 1 平方尺の上にある海水の體積は

$\left(\frac{100}{3.3}\right)^2\times1000$ 立方糎

故に其壓力は $\left(\frac{100}{3.3}\right)^2\times1000\times1.02=94$ 瓩

2.

例 各邊40 糎なる立六面形の水槽あり之れに水を充たすときは其側面の受くる全壓力何程なるか。

解 側面の受くる壓力は深さに正比例するを以て表面の所は零にして底部にては 40 糎の高さの水柱の重さに等し故に其平均の壓力の强さは $(0+40)\div2=20$ 糎の高さの水柱の重さなり。

故に四側面に受くる全壓力は次の如し。

全壓力 $=20\times40^2\times4=128$ 瓩

3.

例 鉛塊あり之を水中にて測りたるに 520 瓦ありたりと云ふ。然らば此鉛塊は何瓦ノ鉛塊なるか、但し鉛の比重は 11.4 なり。

解 一立方糎の鉛塊の重さは 11.4 瓦にして其水中にての重さは $11.4-1=10.4$ 瓦なり故に次式を得。

$$10.4:520=11.4:x$$

$$x=\frac{520\times11.4}{10.4}=570\text{ 瓦}$$

一七、計算例

4.

例…前問に於ける鉛塊の體積何程なるか。

解　570 瓦の鉛塊が水中にては 520瓦あり然るに凡て液中にある物體は其れと同體積の液の重さだけ輕くなるが故に此鉛塊と同體積の水の重さは 570−520=50 瓦なるを知る然るに水 1 立方糎の重さは 1 瓦なるが故に此鉛塊の體積は 50 立方糎なるを知る。

5.

例　空氣中にて 10 瓦の物體を水中にて測りたるに 7.5 瓦となりたりと云ふ此物體の比重何程なるか。

解　$比重=\frac{W}{W-w'}$　(公式)

$$\therefore\ \frac{10}{10-.75}=\frac{10}{2.5}=4.$$

6.

例　30 瓦の木片あり之れに鉛塊を附し此鉛塊のみを水中に沈め木片と共に測りたるに其重さ 75 瓦あり、次に此木片も又水中に沈め測りたるに 25 瓦なりと云ふ此木片の比重何程なるか。

解　$比重=\frac{W}{W'-W''}$　(公式)

$$\therefore\ \frac{30}{75-25}=\frac{30}{50}=0.6$$

7.

例　空氣中にて 50 瓦の重さの固形體を或液中に沈め量るときは 26 瓦となり又此固體を水中にて量るときは 20 瓦となると云ふ此液の比重如何。

解　$比重=\frac{W-W'}{W-W''}$　(公　式)

$$\therefore\ \frac{50-26}{50-20}=\frac{24}{30}=0.8$$

例　銀と銅との合金の比重 a'' なり今銀の比重を a とし、銅の比重を a' とすれば此合金の各成分の割合如何。

解　銀の體積を x とし、銅の體積を y とすれば合金の體積は $x+y$ なり故に次式を得。

$$a''(x+y)=ax+a'y$$

$$\therefore\ (a''-a)x=(a'-a'')y$$

$$\therefore\ x:y=(a'-a''):(a''-a)$$

例　氷山あり其海水面上に表はれたる部分の體積 20000 立方米なりと云ふ然るときは此氷山の全體積は何程なるか

但し海水の比重は 1.02 にして氷の比重は 0.93 なり。

9. 解 今此氷山の全體積を x とすれば此氷山の排斥したる水の體積は $x-20000$ 立方米なるべし、然るに此排斥されたる海水の重量は全氷山の重量に等しきが故に次式を得。

$$(x-20000)\times 1.02 = x\times 0.93$$

$$x=\frac{20400}{0.09}=226667 \text{ 立方米}$$

第三章　氣體

一八、氣體と液體との異同

1. 異點
   - 一、氣體には一定の體積を有せず張力ありて擴散す。
   - 二、比較的小なる壓力の爲めに容易に其體積を變ず。
2. 同一點
   - 一、靜止氣體の壓力は常に壓力の働く面に直角なり。
   - 二、靜止氣體の一部に加へられたる壓力は増減なく四方に傳播す。
   - 三、重力の作用を受けて靜止せる氣體内の同一水平面上の諸點は其壓力皆相等し。
   - 四、重力の作用を受けて靜止せる異なる水平面に於ける二點の壓力の差は兩水平面間を高さとし單位面積を底とせる氣柱の重に等し。

   - 五、靜止氣體中の一點に於ける壓力は總ての方向に皆相等し。
   - 六、氣體内の物體は浮力を受く其浮力は物體の排斥したる氣體の重さに等し。

一九、氣壓

1. 意義…地球表面に於ける上層空氣の重さより生ずる壓力を云ふ。
2. 氣壓の量…一平方センチメートル上の氣壓は大約一キログラムなり。

(註) 地球上の諸物體は皆此大氣の壓力を受く、然るに通常吾人が此壓力を感ぜざるは身體の外部より壓力を受くると同時に其壓力が身體の内部にも傳はつて其内外より作用する壓力が略ぼ釣合するによる。

二〇、トリセリー氏の實驗及氣壓

1. 實驗 長さ三尺餘の一端閉ぢたる硝子管を取り之に水銀を充たして水銀槽中に倒立すれば管内の水銀は上部に空所を殘して下の水銀面より殆んど七十六糎(センチメートル)の高さに至り止まる。
2. 理由…水銀面を壓する外氣の壓力と水銀柱の壓力即重さと平均するに因る。
3. トリセリー氏の眞空…其硝子管上部の空所を云ふ。
4. 計算 大氣の壓力＝水銀柱の壓力＝hd ($h=76$ 糎＝水銀柱の高さ、$d=13.596$＝水銀の密度)

   ∴ 大氣の壓力＝$76\times 13.596=1033$ 瓦　∴ 約 1000 瓦なり。

9. 解　今此氷山の全體積を x とすれば此氷山の排斥したる水の體積は $x-20000$ 立方米なるべし、然るに此排斥されたる海水の重量は全氷山の重量に等しきが故に次式を得。

$$(x-20000)\times 1.02 = x\times 0.93$$

$$x=\frac{20400}{0.09}=226667 \text{ 立方米}$$

第三章　氣　體

一八、氣體と液體との異同

1. 異　點
- 一、氣體には一定の體積を有せず張力ありて擴散す。
- 二、比較的小なる壓力の爲めに容易に其體積を變ず。

2. 同一點
- 一、靜止氣體の壓力は常に壓力の働く面に直角なり。
- 二、靜止氣體の一部に加へられたる壓力は增減なく四方に傳播す。
- 三、重力の作用を受けて靜止せる氣體内の同一水平面上の諸點は其壓力皆相等し。
- 四、重力の作用を受けて靜止せる異なる水平面に於ける二點の壓力の差は兩水平面間を高さとし單位面積を底とせる氣柱の重に等し。
- 五、靜止氣體中の一點に於ける壓力は總ての方向に皆相等し。
- 六、氣體内の物體は浮力を受く其浮力は物體の排斥したる氣體の重さに等し。

一九、氣　壓

1. 意　義…地球表面に於ける上層空氣の重さより生ずる壓力を云ふ。

2. 氣壓の量…一平方センチメートル上の氣壓は大約一キログラムなり。

(註) 地球上の諸物體は皆此大氣の壓力を受く、然るに通常吾人が此壓力を感ぜざるは身體の外部より壓力を受くると同時に其壓力が身體の内部にも傳はつて其内外より作用する壓力が略ぼ釣合するによる。

二〇、トリセリー氏の實驗及氣壓

1. 實　驗　長さ三尺餘の一端閉ぢたる硝子管を取り之に水銀を充たして水銀槽中に倒立すれば管内の水銀は上部に空所を殘して下の水銀面より殆んど七十六糎(センチメートル)の高さに至り止まる。

2. 理　由…水銀面を壓する外氣の壓力と水銀柱の壓力即重さと平均するに因る。

3. トリセリー氏の眞空…其硝子管上部の空所を云ふ。

4. 計　算　大氣の壓力＝水銀柱の壓力＝hd $\left\{\begin{array}{l} h=76 \text{ 糎}=\text{水銀柱の高さ} \\ d=13.596=\text{水銀の密度} \end{array}\right\}$

∴　大氣の壓力＝$76\times 13.596=1033$ 瓦　　∴　約 1000 瓦なり。

5. **氣壓の單位**…一平方センチメートルにつき 1033 瓦を云ふ。

（註）
1. 氣壓を水柱の壓力とすれば $76 \times 13.596 = 1033$ 糎即ち殆んど 10 米の水柱の壓力に等し。
2. 人體の表面積は大略一平方米あり故に其全面に受くる氣壓は 2670 貫目の壓力となる。

二一、氣壓により山の高さを測る法

1. 器械

一、水銀晴雨計：水銀晴雨計は鞣皮にて製せる水銀槽中に長さ 1 米許りの硝子管を倒立し其上部にトリセリー氏の眞空を作りたるものなり此器にて氣壓を計らんとせば先づ槽中の水銀面を正し、後ち其管の上部にある目盛にて水銀柱の高さを讀むべし。

二、アネロイド晴雨計：其要部は内部眞空なるか或は稀薄なる空氣を有する扁平圓形の金屬の函よりなる、此の函氣壓の大小に從ひ押し込まれ又は戻る此變動を別に裝置せる指針を有する挺子により表示し以て其の氣壓の大小を知るなり。

（註）水銀晴雨計は長き硝子管と重き水銀とよりなるが故に携帶極めて不便なり故に通常旅行用等にはアネロイド晴雨計を賞用す。

2. 公式

一、$H = 18432(\log_{10} b - \log_{10} a)(1 + 0.0039t)$

二、$H = 18432(\log_{10} b - \log_{10} a)$

$a =$ 山頂の水銀柱の高さ
$b =$ 山麓に於ける水銀柱の高さ
$t =$ 兩所の平均溫度
$H =$ 求むる山の高さ
$\log_{10} =$ 常用對數
公式(二)は兩所の溫度同一のとき用ゆ

（註）
1. 大氣の壓力は高きに上るに從ひて減ず其高低の差甚だ大ならざるときは一定の高さを上る毎に其氣壓一定量づゝ減ずと見做すを得るも其の高低の差甚だ大なるときは上るに從ひて空氣も亦稀薄となるが故に右の如く見做すを得ず故に(2)の公式により土地の高低の差を測定するなり、但し精密を要せざるときは左の定則により土地高低の差を測定するを得るなり。大氣の壓は同一高さの差ある二點間に於ては略ぼ同一の比をなすものなり而して實測の結果によれば千米を昇る毎に $\frac{1}{8.5}$ を減ずると云ふ。
2. 尙ほ略算にて差支へなきときには土地の高さ 10.5 米昇る毎に其氣壓は水銀柱の 1 粍下降すとして計算するを得。

3. (2) の公式は高等數學により得たるものなり。

二二、ボイルの定律（一名マリオット定律）

1. 定　律　溫度の一定せる一定質量の同一氣體の體積は其壓力に反比例す。

$\frac{p}{p'}=\frac{v'}{v}$　∴ $pv=p'v'$ 即ち左の如く云ふを得。

2. 定　則

一、氣體の壓力と其時の體積との相乘積は常に不變なり、……pv＝常數

二、氣體の密度は壓力に正比例す

質量＝m, 密度＝d, 體積＝v とすれば

$d=\frac{m}{v}$　∴ $m=dv$　∴ $v=\frac{m}{d}$　∴ $pv=p\frac{m}{d}$

故に氣體に加ふる壓力が p より p' に變じ、體積 v が v' となり、密度 d が d' となるも質量は變せざるが故に

$p\frac{m}{d}=p'\frac{m}{d'}$　∴ $\frac{p}{d}=\frac{p'}{d'}$ なり。

即ち密度と壓力は正比例す。

（註）本定律は正確のものにあらず故に唯精密を要せざる時に用ゆ。

二三、ダルトンの分壓の定律

1. 定　律　一定容積を有する混合氣體の壓力は其成分氣體が夫々此容積を占めたる時に當て呈すべき壓力の和に等し。

（註）此各成分氣體の呈する壓力を其各氣體の分壓と云ふ。

2. 解……P を全壓とし V を全容積とし $p_1 p_2 p_3$………を各氣體の分壓、

$v_1\ v_2\ v_3$…………を各氣體の容積とすれば

$p_1+p_2+p_3+\cdots\cdots=P$

$v_1=v_2=v_3=\cdots\cdots=V$

∴ $PV=p_1v_1+p_2v_2+p_3v_3+\cdots\cdots$

二四、氣體の滲透

1. 意　義…（分子力に基く諸現象參照）。

2. 定　則　一般に同一事情に於て其密度小なる氣體は其密度大なる氣體よりも速に滲透す（例…水素は空氣より速に滲透す）。

（註）氣體の擴散（瀰散）の速度は其密度（比重）の平方根に反比例す。

二五、液體の氣體吸收

1. 意　義　氣體液體に接して存在するときは其液體中に多量に吸收せらる（例…水は空氣、炭酸、アンモニア、鹽化水素等を吸收す）。

2. 定　則

一、一定の溫度に於て一定の液體が氣體を吸收する量は液體及び氣體の受くる壓に正比例す。

（註）此定則をヘンリーの定律と云ふ。

二、水が氣體を吸收する量は溫度の高き程少し。

（註） 水以外の液體の氣體を吸收する量は溫度の高き程却て多し。

3. 實　例

一、ビールの栓を去れば泡立つは高壓の下に收吸せしめられたる炭酸瓦斯が其壓力の減じたる爲め放散するに因る。

二、水は通常溫度に於て一氣壓の下に 35% の酸素を吸收す故に水呼吸をなす動物は此酸素によりて呼吸するなり。

二六、固體の氣體吸着

1. 意　義…凡ての固體は其周圍にある氣體を其表面に密集吸着するの性質あり。

2. 定　則…此吸着力は其固體の表面積の多少に正比例す。

3. 實　例

一、多孔質にして其表面積の大なる物質は此吸着性强し。

二、木炭は其内部に無數の微孔あるが故に其表面積は其體積に比し極めて大なり從て氣體吸着力强し。

二七、氣體の浮力

1. 定　則

アルキメデスの原理は氣體にも適合す、即ち
氣體中にある物體は其眞の重さより其物體と同體積の其氣體の重さだけ輕し。

一、物體の重さが之と同體積の空氣の重さより大なるときは此物體は地上に降下す。

2. 空氣の浮力と物體との關係

二、物體の重さが之と同體積の空氣の重さよりも輕きときは此物體は或る高さまで空中に上昇す。

三、物體の重さが之と同體積の空氣の重さと相等しきときは此物體は空中一定の高さの處に浮游す。

（註）空氣は上層となるに從ひ其密度減小す從て其同一體積の重さは減小す故に(二)(三)の如く云ふを得るなり。
（水の浮力の場合と異なる點に注意するを要す）

3. 實　例…輕氣球、空中飛行器、風船球等空中に上昇するは此の空氣の浮力あるに因る。

1.

例　空氣の壓力 76 糎なるときは面積一平方寸に及ぼす氣壓は何瓦なるか、但し水銀の比重は 13.59 とす。

解　氣壓 76 糎なるが故に 1 平方糎の面に及ぼす壓力は 76 糎の水銀柱の重さなり然るに水銀の比重は 13.59 なるを以て此壓力は 76×13.59 瓦なり

然るに 1 平方寸は $\left(\frac{100}{33}\right)^2$ 平方糎なり故に全壓力は次の如し

$$76\times13.59\times\left(\frac{100}{33}\right)^2=9584\ 瓦$$

二八、計算例

2.

例　比重 0.8 なる液體にてトリセリーの實驗をなせば水銀柱 76 糎の氣壓のときは此液柱は何糎なるか。

解　一平方糎の面に及ぼす水銀柱の重さは 75×13.59 瓦なり
然るに此液體は 0.8 の比重なるを以て此の水銀柱と同一の重さの壓力を呈する高さは次の如し。

$$\frac{76\times13.59}{0.8}=1291.5\ \text{糎}$$

3.

例　半徑 3 寸の球內にて 50 糎の壓力を呈する空氣を、半徑 5 寸の球內に移入するときは其壓力は幾糎となるか。
但し溫度は同一なりとす。

解　ボイルの定律により、溫度の一定せる一定質量の同一氣體の體積は其壓力に反比例す　故に今求むる所の壓力を P とすれば次式を得。

$$3^3:5^3=P:50$$

$$\therefore\ P=\frac{50\times3^3}{5^3}=10.8\ \text{糎}$$

4.

例　トリセリーの眞空中に少量の空氣侵入して 1000 倍に膨脹したる爲め其水銀柱は 75.924 糎となりたりと云ふ然るときは此の時の眞の氣壓は何糎なるか。

解　求むる所の眞の氣壓を x とすれば其眞空內の空氣の壓力は $x\times\frac{1}{1000}$ なり　故に管內の水銀柱 75.924 糎の壓力に此の眞空內の空氣の壓力を加へたるものが眞の氣壓にならざる可からず依りて次式を得。

$$75.924+x\times\frac{1}{1000}=x$$

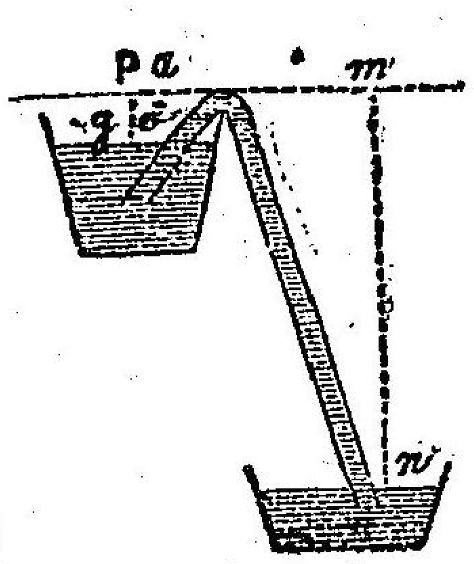
$$\therefore\ 75.924=x\times\frac{999}{1000}\qquad\therefore\ x=75.924\times\frac{1000}{999}=76\ \text{糎}$$

第四章　サイフォン及ポンプ

1. 目　的…高所の器中の液體を氣壓の助けにより低所の器に移すに用ふる器なり。
2. 構　造…長短兩脚を有する彎曲せる硝子管なり。
3. 理　由　兩器の水面を壓し水を管中に押入るゝ壓力に差あるによる。
今サイフォンの中に液體を充たし其短脚の方を高所の器に入るゝときは其器中の液體は長脚より低所の器に流入すべし、

二九、サイフォン

4. 説明



(理由) 高器に於て大氣の壓力の作用により管中に液を壓入する力は大氣の壓力 P より液面と曲管の彎曲部との間の高さ ab の液柱の重さだけ小なり又同理にて低器に於て管中に液を壓入する力は P より mn の高さの液柱の重さだけ小なり、然るに mn の高さは ab の高さより大なるが故に高器の液を管中に押入るゝ力は低器に於て液を管中に押し入るゝ力より大なり從て液は高器より低器に流入するなり、即ち

$ab<mn$ 故に $(P-ab)>(P-mn)$

又 $(P-ab)-(P-mn)=mn-ab$ となる

故に此液は低器に流入するのみならず尙ほ上方に迸出せしむる力あり然して mn と ab の差大なるに比例して此力は大なり尤も此定則は高さの差水銀にては 76 糎、水にては 10.3 米を越えざる範圍內に於てのみ行はる。

三〇、吸上ポンプ

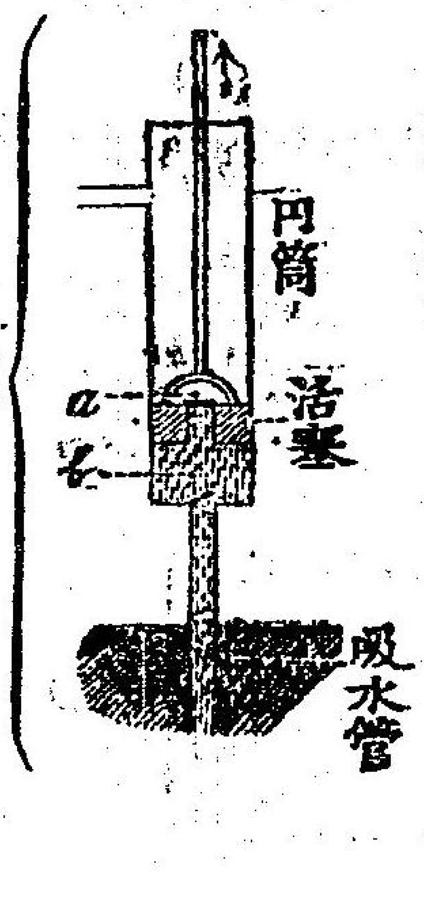
1. 目的…井水を吸揚ぐるに用ゆ。

2. 構造 一個の圓筒と其中を上下する活塞とより成る而して其活塞に上方のみに開く辨 (a) を有す、又圓筒の下底と吸水管と接する處にも一箇の辨 (b) ありて上方にのみ開く。

(註) 活塞を一にピストンと稱す。

3. 理由 圓筒の上部に眞空を生せんとするにより氣壓により井水上昇して辨を開き圓筒を充たすなり。

4. 説明



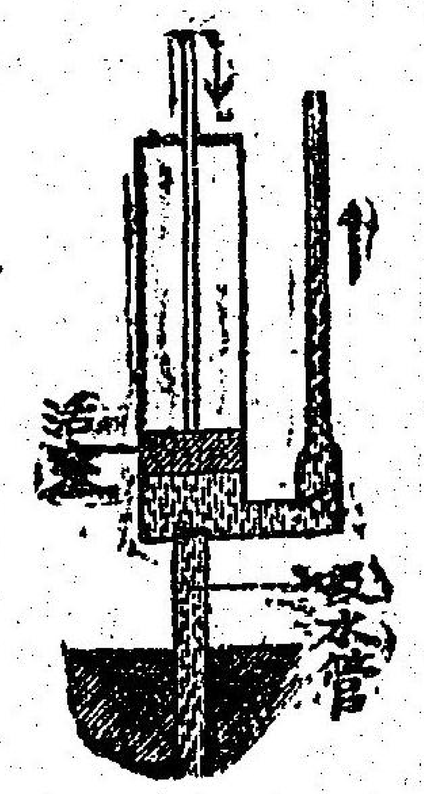
今活塞を引き擧ぐれば圓筒內の空氣は稀薄となる故に井水面を壓する大氣の壓力は其水を吸水管を經て圓筒內に進入せしむ、此時活塞を押し下ぐるときは圓筒內の辨 (b) は閉ぢ以て水の下降を防ぐ之と同時に活塞內の辨 (a) は上方に開き以て水を其上部に流出せしむるなり

故に此活塞を圓筒の下底迄押し下げたる後ち再び之を引き上ぐるときは其活塞內の辨 (a) は上部の水の壓力にて閉ぢ圓筒の辨 (b) は開き水を圓筒に進入せしむること前に説明せるが如し之と同時に活塞の上部にありたる水は圓筒の側壁にある管より流出するなり、即ち活塞を上下する毎に水は次第に吸ひ出さるるなり。

(註) 本器に於ては其水は大氣の壓力の爲めに押し上げらる故に水面より圓筒底の瓣に至る高さが 10.3 米即ち 34 尺を越ゆるときは此ポンプは其用をなさず何となれば大氣の壓力は水柱の重さに換算すれば
76×13.596糎$=10.3$米$=34$尺 なるによる。

三一、押上ポンプ

1. 目　的 消火用に多く用ゆ（高所に水を押上ぐるに用ゆ）。
2. 構　造…圓筒内の活塞に瓣を有せず。
3. 理　由 理由活塞を押下ぐる力の大小に從ひ水押上げらる、故に吸ひ上げポンプの如く水の上昇する高さには限度なし、然れども圓筒と水溜面とを連絡せしむる吸水管の長さは 34 尺を越ゆるを得ず。



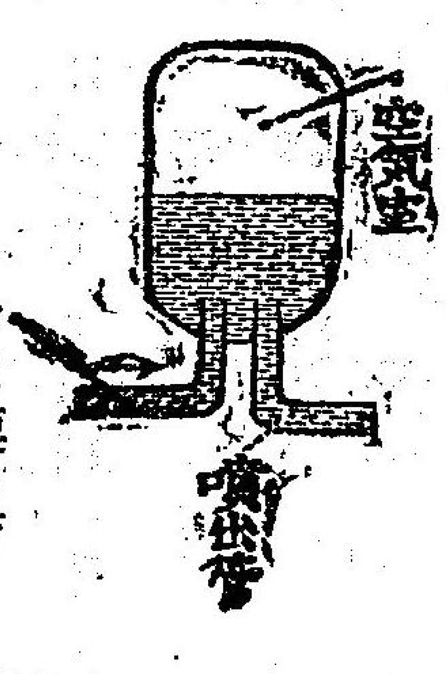
三二、消火ポンプ

1. 目　的 水を間斷なく噴出せしめんが爲め空氣室を設け壓縮と張力を利用したるものなり。

(註) 普通の押上げポンプは其水の噴出に間斷あり此不便を補ふものは消火ポンプなり。

2. 說　明

押上げポンプに連ぬる管

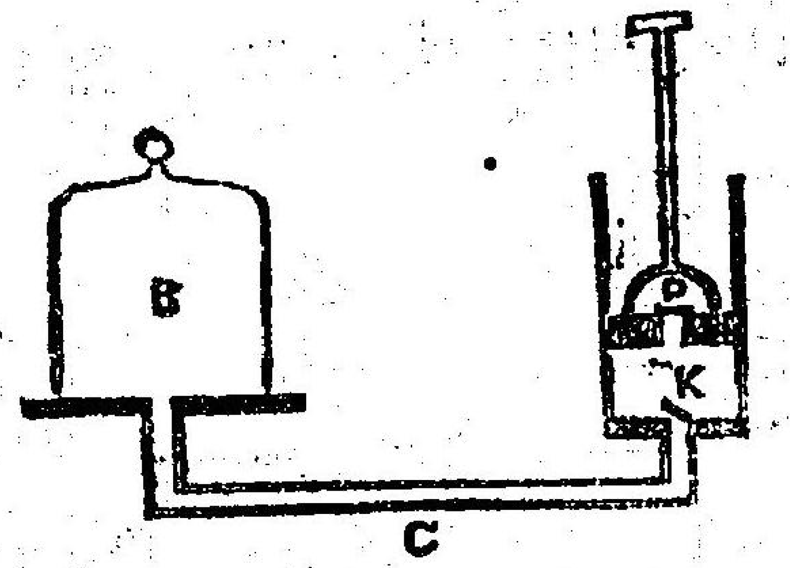


二個の押上げポンプと空氣室とを組み合せたるものなり今左右にある二個の押上げポンプを交互に働かしむれば水は側方の瓣を開きて空氣室に進入し其空氣を壓縮す此壓縮されたる空氣は强大なる壓力を以て室内の水面を壓し其室内に開口せる管を通じて間斷なく然も高く水を噴出せしむるなり。

1. 目　的…密閉せる器中の空氣を排除するに用ふ。

三三、活塞空氣ポンプ

2. 構造



通常の空氣ポンプは吸上げポンプと同一構造を有する A なるポンプありて、空氣を排除せんとする器 B に C 管にて連絡したるものなり（辨 P 及 K は共に下方よりの壓力にて開き上方よりの壓力にて閉づること吸上ポンプに同じ）。

3. 説明

今 A なる圓筒内に於て其活塞を引き上ぐれば B 鐘内の空氣の壓力により K なる辨は上方に開き B の空氣の一部は圓筒内に進入す次に活塞を押し下ぐるときは K 辨は閉ぢて、圓筒内の空氣は活塞外に逸出す、次に活塞を再び引き上ぐれば B 内の空氣は膨脹して再び K 辨を開き圓筒内に進入し、P 辨は外部の氣壓によりて閉ぢらる斯くの如く活塞を上下するときは次第に B 内の空氣は排除せられ稀薄となるなり。

4. 完全なる眞空を得ざる理由

此空氣ポンプにては完全なる眞空となすを得ず、之れ次の二理由あるに因る。

一、活塞と圓筒とは如何に注意するも其間に多少の空間あること。

二、B 内の空氣次第に稀薄となるときは遂には K なる辨を押し開くを得ざるに至ること（即ち其壓力と K 辨の重さとが釣合するに至る）。

5. 活塞運動に伴ふ空氣の密度

活塞を上下する回數に伴ふ空氣の密度は次の關係式にて表はさる

今 B 鐘及び C 管の體積を V とし圓筒 A の體積を a とし、始めの空氣の密度を d、活塞の第一回運動後の密度を d_1、第二回運動後の密度を d_2 第 n 回運動後の密度を d_n とすればボイルの定律により次の如し。

第一回 $$\frac{d_1}{d}=\frac{V}{V+a}$$

第二回 $$\frac{d_2}{d_1}=\frac{V}{V+a}$$

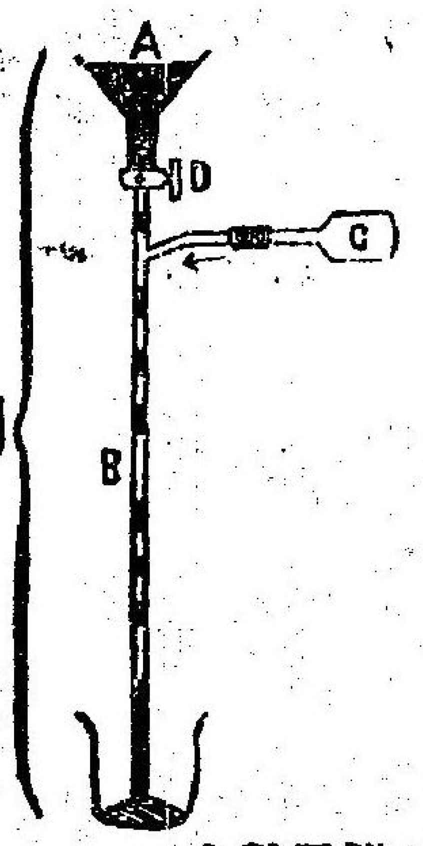
第 n 回 $$\frac{d_n}{d_{n-1}}=\frac{V}{V+a}$$

1. 構造

長さ 1 米許の堅牢なる硝子管 B の上端に近き處より枝管を出し之を空氣を排除せんとする器 C に連通す。

三四、スプレンゲルの水銀ポンプ

2. 説　明



今 B 管の上端に附したる漏斗 A に水銀を入れカラン D を動かし其助けにより水銀を徐々に滴下せしむるときは水銀は滴粒をなし落下し其滴粒間に眞空を生ず故に C 內の空氣は膨脹して此滴粒間に入り水銀と共に落下流出す此方法を長く行ふときは C 內の空氣は高度の眞空となる

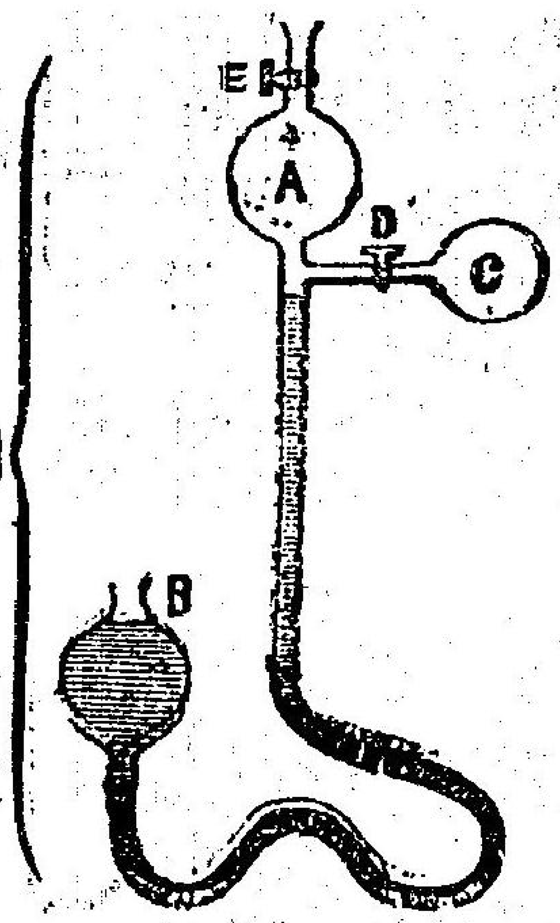
(註) 白熱電燈の硝子球を眞空となすには此方法により三四時間水銀を流出せしむるものなり。

1. 構　造

ガイスレルの水銀ポンプは球狀部 A を有する硝子管よりなる此球狀部は E なるカランにて外界に通じ、其下端なる枝管はカラン D を經て空氣を排除せんとする器 C に連通す。
又 A 球狀部の下端はゴム管にて水銀槽 B に連絡す。

三五、ガイスレルの水銀ポンプ

2. 説　明



今カラン E を開き B を高く揚げ水銀を A に滿たし、後ち E を閉ぢ B を 1 米以下に下ぐれば A 球はトリセリーの眞空となる此時 D を開くときは C 內の空氣は膨脹して A を充たす玆に於て D を閉ぢ、E を開き B を高く揚げ A 內に水銀を充たし其空氣を排出し、後ち E を閉ぢ B を下げ A を眞空となし D を開き C 內の空氣を A 中に擴がらしむるなり斯の如く此方法を反覆すれば C 內の空氣は次第に稀薄となり遂には高度の眞空を得るなり。

(註) 此ポンプは活塞空氣ポンプに比し餘程高度の眞空を得るなり。

第五章　分子力に基く諸現象

三六、溶　解

1. 意　義…固體の液體中に入りて見えざるに至る現象を云ふ。

2. 合　金…熱を加へて融解せられたる金屬は互に能く溶解す之を合金と云ふ。

（註） 拙著研究化學上 33 頁溶液參照。

三七、擴散

1. 意義　互に溶解し得る異種の液體若しくは氣體接觸するときは其比重異なるも互に混合する性あり之を擴散と云ふ。

（註） 擴散を一名瀰散と稱す。

2. 理由

一、液體の擴散をなすは一般に其兩液體の附着力が其凝集力より大なるに因る。

二、氣體の擴散をなすは其分子の凝集力極めて小にして絕へず運動するが故に一氣體の分子は之れと接觸する他氣體の分子間に飛入して混合するなり。

（註） 水銀と水の如く擴散せざる液體は其凝集力が兩液體の附着力より大なるに因る。

3. 規則

一、擴散の遲速は二つの液體又は氣體の性質により差異あり。

二、液體の擴散は氣體の擴散に比し大に遲し（氣體の分子は液體の分子より其運動自由劇烈なるに因る）。

三、氣體の擴散は其密度小なる程速やかなり。

4. 實例

一、液體の擴散　硫酸銅の濃液の上に水を注入するときは初めは兩液の境界判然なるも時日を經るに從ひ漸次混合して終には全部境界なき一樣の液となる。

二、氣體の擴散

イ、炭酸瓦斯は其比重空氣より大なるも兩者相接するときは次第に混合す。

ロ、香水を室內に置くときは次第に空氣に混合し以て香氣室內に満つるに至る。

三八、滲透

1. 意義　極微小孔を有する膜を以て隔てられたる異種の流動體が之を透して混合する現象を滲透と云ふ。

2. 理由　液體及び氣體の分子の凝集力は極めて小に其分子の運動は自由に且つ絕へず振動しつつあるが故に各分子は膜を通過し以て滲透なる現象を呈するなり。

3. 規則

一、滲透の遲速は其隔膜の性質に關係す。

二、滲透の遲速は物質により差異あり（膜が其小孔中に吸取する量は物質により差異あるに因る。

三、結晶體の溶液は滲透の現象を呈するも、非結晶體の溶液は殆んど滲透の現象を呈せず。

4. 實　例
一、植物根の根毛より養液を吸收するは此滲透作用なり。
二、動物の消化管内にて其消化養液を血液中に吸收し又肺臓にて瓦斯交換の行はるるも此滲透作用による。

5. 滲透分析
結晶體の溶液は滲透作用を呈し非結晶體の溶液は滲透作用を呈せざるが故に兩者の溶液の混じたるものをゴム膜にて包み水中に入れ置くときは其結晶體の溶液は水中に滲出するが故に兩者を分離するを得之を滲透分析術と稱す(砂糖溶液に膠の如き非結晶體の混じ居るときは此法により分離す)

(註) 拙著研究化學上 37 頁溶液の滲透壓及滲透壓の計算參照、(六盟館發行)。

三九、表面張力

1. 意　義
液體の表面は引伸ばしたるゴム膜の如く自ら常に收縮せんとして緊張する傾きあり此の張力を表面張力と云ふ。(液體の表面は成るべく小面積を取らんとす故に其表面の任意境線の左右部は相引く之れ表面張力あり)。

2. 理　由
液體の表面にある各分子は其凝集力によりて凝集縮小せんとする結果其各分子は互に引き合ひ以て前後左右より引き張らるるに至る而して其内部より引かるる力が外部より引かるゝ力より大なるが故に其表面は表面張力を生ずるなり。

3. 規　則
表面張力の强弱は液體の種類により差異あり、(水の表面張力は油、アルコール等の表面張力より大に强し)。

4. 實　例
乾きたる針を靜かに水面に落すときは針は其水の表面に浮ぶ之れ水の表面張力あるに因る。

(註) 水の表面張力は境線 1 糎につき 80 瓱の重さ位なり。

四〇、擴がりの現象

水上にオレーフ油の一滴を落すときは油は水の全表面に擴がる之れ其水の表面張力(水の表面の收縮せんとして油の周圍を引き張る力)はオレーフ油の表面張力(オレーフ油の表面の收縮せんとする力)より遙に大なるを以てオレーフ油は此力に從て直に水の全表面に擴がるなり。

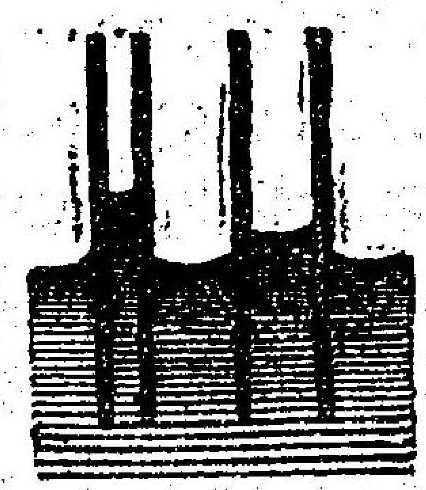
(註)
空氣と水の表面張力は 0.075
空氣とオレーフ油の表面張力は 0.035
水とオレーフ油の表面張力 0.021 なり
故に $0.075>(0.035+0.021)$ なり

1. 意　義
液體中に細管を挿入するときは液體と固體との附着力と其液體の表面張力との關係よりして液面昇降す此の現象を毛管現象と云ふ。

四一、毛管現象

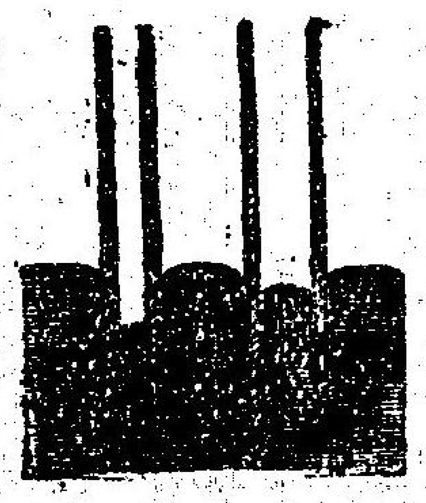
2. 理由

一、上昇する場合



硝子管を水中に挿入したる場合につき此現象の理由を説明すべし、水と硝子との間の附着力は水の凝集力より大なり故に水は硝子管壁に沿ひ引き擧げらるべし、然るに水の表面張力は其表面を小ならしめんが爲めに此力に抗し其合力の結果水は屈曲面をなして管壁に沿ひ上昇するなり、而して水は其重力に逆つて引き揚げられ此合力と水の重力とが釣合するに至りて止む、故に管の細小なる程其引き揚げらるべき水量少なきを以て其高さは增加する理なり。(定則參照)

二、下降する場合



水銀と硝子との附着力は水銀の凝集力より小なり故に其表面張力との合力の結果水銀は管壁に沿ひ屈曲面をなして押し下げらるるなり、而して此押し下ぐる力とこれに反抗する水銀の分子力とが釣合するに至りて止む、故に其管細小なるときは其表面張力にて押し下げらるる水銀の量少なし、從て其下降の深さは增加する理なり。(定則參照)

3. 定則…管中に於ける液の上昇又は下降は同一の液に於ては管孔の直徑に反比例す。

物理學 上編終

附　　錄 (入學試驗問題)

高等學校	(高)
東京高等師範學校	(東高師)
東京高等商業學校	(東高商)
神戸高等商業學校	(神高商)
東京郵便電信學校	(東郵)
長崎高等商業學校	(長高商)
東京高等工業學校	(東高工)
大阪高等工業學校	(大高工)
名古屋高等工業學校	(名高工)
海軍兵學校	(海兵)
陸軍士官學校	(陸士)
海軍機關學校	(海機)
東京商船學校	(東船)
札幌農學校	(札農)

農科大學實科	(農大實)
盛岡高等農林學校	(盛農)
東北大學農科大學	(北大農)

(註) 數字を記入したるは其試驗年度なり

(1) 『ポンプ』の原理及び構造を問ふ　(東高工 34)

(2) 質量及重量とは何ぞ　(海兵 34)

(3) 速度、加速度、力、及仕事とは如何、各の絶對單位を擧げよ、且速度、加速度、力、等を表はすに直線を以てするは如何なる意味なるかを詳説せよ　(大高工 34)

(4) 水平と 30 度の角をなせる斜面上に於て重さ 10 斤の球を轉落せしめざるには何程の力を何れの方向に働かしむべきか　(東高師 34)

(5) 排氣鐘内に於て空球と實球とを天秤の兩端に懸けて平均せしめたる後ち鐘内より空氣を排除するときは平均を失ふべし其理由を述べよ　(東高師 34)

(6) 振子振動の時間は其質量に關せざることを説明せよ　(東船 34)

(7) 甲乙二球あり甲墜落の後 5 秒を經て乙を毎秒 80 米の速度にて投下すれば幾何秒の後に乙は甲に追及すべきか　(東船 34)

(8) 氣體の張力は密度に正比例し、容積に反比例することを説明すべし　(東船 34)

(9) 『サイフォン』の切口1平方糎、長脚 70 糎、短脚 20 糎あり之を瓶中に挿入して短脚を水中に沒すること 10 糎なれば最初水の迸出するときの壓力如何 (東船 34)

(10) 振動の週期の定義を擧げよ (商機 34)

(11) 長さ 70 糎、直徑 0.8 糎の圓筒は比重 13.6 なる水銀幾瓦を容るべきか、但し圓周率の値は $\frac{22}{7}$ とすべし (高 34)

(12) 重さ 15 貫及び 20 貫の物體を長さ 7 尺の棒の兩端に懸くるときは、其棒の如何なる點に於て之を支へなば平均を得るや、但し棒は假りに重さなきものと見做す (東郵 34)

(13) 壓力により瓦斯の容積の變化する定則を述べよ (東郵 34)

(14) 大氣の高所に於て稀薄なるは何故ぞ (東郵 35)

(15) 重さ 100 噸ある列車を動かすに 800『ポンド』に當る力を要す、此場合に於ける摩擦係數を求む但し 1 噸は 2240『ポンド』なり (東郵 36)

(16) 『エネルギー』の保存の例を揭げて之を說明せよ (東高商 35)

(17) ボイル氏の定律を問ふ (海機34)(海兵34)(東高商35)(陸士36)(東高師36)

(18) 人あり 1 分間に 130『リットル』の水を 5『メートル』の高さに汲み揚ぐることを得ると云ふ此人は 1 時間に幾『キログラメートル』の仕事をなし得べきか (東高工 35)

(19) 液體の比重を測定する一法を說明せよ (大高工 35)

(20) 高さ 15.5 間の壘上に重さ 6 貫目の砲彈ありとすれば幾何の『エネルギー』を有するか (東船 35)

(21) 爰に 47 匁の丸石あり毎秒 5 間 3 尺の速度を以て進行す今之を其進路に直角に棒を以て叩きたるに石は其方向と 55 度の角をなして進めり棒の與へし運動量は幾何 (東船 35)

(22) 水銀の深さ 2 糎、水の深さ 3 糎、油の深さ 1.5 糎(油の密度 0.9 とす)あるときは平方糎に對する其底壓力(瓦)は幾何 (東船 35)

(23) 地面上 140『メートル』の高さより落ちたる石は地面に達するに凡そ何秒を要するか、但空氣の抵抗は無きものとす (高 35)

(24) 海上に浮ぶ氷山あり、水面上の體積 7000000 立方尺なるときは氷山の全體積幾何なるか、但し海水の比重は 1.026 氷の比重は 0.917 なりとす (高 35)

(25) 毛管現象を說明せよ (陸士 35)

(26) 液體の比重を測定する法を記せ (同前)

(27) 空中に於て靜止せる石あり今加速度の爲めに動かされて落下する時は五秒時間の終りに石の有する速度如何又經過せる距離如何、但し加速度を 9.8『メートル』とす (同前)

(28) 滑車あり其絲を 1 尺引きて錘が 2 寸 5 分昇りたりと云ふ 200 匁の物體を引き上ぐるには何匁に等しき力を要するか (東高師 35)

(29) 地球の自轉速度が増加せば地球上の物體の重量に如何なる影響あるべきか (海機 35)

(30) 左の諸單位の定義を問ふ (海兵 35)

(*a*) ダイン (*b*) エルグ (*c*) キログラメートル (*d*) パウンダル

(31) 木片等輕きもの水に浮ぶは何故なるや (海兵 35)

(32) 一立方粉の白金を零度の水銀中に支持するには何程の力を要するか、但し水銀の密度 13.6 白金の密度 21.5 (商船 36)

(33) 摩擦の法則を説明せよ (同前)

(34) 物體の比重とは何ぞ、固體の比重を計る一法を記せ (海兵 36)

(35) 一點に對する力の能率とは何ぞ (海兵 36)

(36) 重さ 510 瓦の浮標あり其容積の $\frac{2}{3}$ は水面上に浮出せり、今全く之を沈めんには水中にて計りたる重さ幾瓦を附加すべきか (海兵 36)

(37) 内孔の太さ同一にして兩端開ける長き硝子管を水銀槽中に立て上端より 10 糎を出だして上端を塞ぎ更に 70 糎(上端より 80 糎)丈引上げたるとき管内の水銀面は槽内の水銀面より 50 糎高く上れり其時の氣壓幾何 (海兵 36)

(38) 机上に直立せる方柱あり其側面を直角に押して之を倒さんとするに押す點が高き程倒れ易きは如何なる理ぞ (高 36)

(39) 毎秒 500『メートル』の速度を以て運動する、質量 10『グラム』の質點の運動の『エネルギー』を計算せよ (海機 36)

(40)『アルキメデス』の定律を應用して固體の比重を測定する方法を述べよ (同前)

(41) 比重 0.6 の立方體の木材を比重 1.5 の液上に置き其一邊を鉛直ならしむるときは 2『センチメートル』沈む、此木材に 10『グラム』の錘を載するときは幾何沈むか (東高工 36)

(42) 組織一樣なる物體の重心を求むる法を問ふ (盛農 36)

(43) 力とは如何 (同前)

(44) 槓杆とは何ぞや且つ其應用を示せ (農大實 36)

(45) 比重 1.026 なる海水中に木片を投じたるに其高さの $\frac{2}{3}$ を水中に沒したりと云ふ木片の比重如何 (農大實 36)

(46) 30 度の仰角をなして一秒時間に 400『メートル』の速さを以て打ち出されたる彈丸は平地にて幾何の遠さに達すべきか (東高師 36)

(47)『ボイル』の定律を述べよ、又實驗により之を證明する方法如何 (同前)

(48) 次の事項を述べて説明せよ
(一) 仕事の定義及び單位 (二) 『エネルギー』の定義、種類、及び單位 (陸士 36)

(49) 石を井戸の中に落せしに 10 秒後に水面に達したりと云ふ井戸の深さを問ふ、而して石の水面に達して發せし音は最初より幾秒後に聞ゆしか、
但し音の速度は 340 米突にして重力の加速度は 9.8 米突なり (陸士 36)

(50) 質量及力の單位に就て說明せよ (陸士 37)

(51) 物體の落下運動の公式を記せ (陸士 37)

(52) 槓杆(梃子)の一端 A に P 力、他端 B に Q 力の加はり相平均するあり、支點 O に關する此二力の能率の關係式を記せ (陸士 37)

(53) 氣壓 750 粍なる時每一平方糎に及ぼす壓力を瓦にて算出せよ、但し水銀の比重は 13.596 とす (札農 37)

(54) 左の數語を說け (東船 37)
單一振子、 振動の週期、 振幅、 角速度、

(55) PY＝常數(constant)なることを說明せよ (東船 37)
P は氣體の壓力 Y は氣體の立積

(56) 質量『キログラム』の物體高さ 9『センチメートル』の斜面に沿ひて落下し其最下點

に達して每秒 5『センチメートル』の速度を得たり、この運動中物體が失ひたる『エネルギー』は幾『エルグ』なるか (東高工 37)

(57) 不規則なる形の平面板の重心の位置を實驗上に求むる方法如何 (海機 37)

(58) 一力あり一分間 80『グラム』の靜止せる物體に働きて 120『メートル』の速さを與へたりと云ふ其の力は幾『ダイン』なるか (東高師 37)

(59) 硝子製『コツプ』を或る高さより疊の上に落すとき破壞せざるも、石の上に落すとき破損することあり此理由如何 (東高商 37)

(60) 運動量を解說すべし (盛高農 37)

(61) 長さ 12 尺の棒の中央より 1 尺を距りたる點に重さ 24 貫目の荷物を掛けたるとき其兩端を支ふるに要する力を貫目にて求む(棒の目方を算入せず) (農大實 37)

(62) 天秤の感じは其重心が刃先きに近きほど鈍き理由を說明せよ (東高師 38)

(63) 水面に落したる油の一滴が其全表面に擴がる理由を問ふ (東高師 38)

(64) 一秒時間に付き 500『メートル』の速さを以て垂直に打ち上げられたる彈丸は何秒時間の後地上に落ち來るべきか (農大實 38)

(65) 比重 3.21 なる硝子球の目方 50.35『グラム』を取り海水中にて測りしに 34.28『グラム』なるを見たり此海水の比重を問ふ (農大實 38)

(66) 花火を打上げたる瞬間より四秒時を經て爆發を見たりと云ふ其上昇せし高さ丼に最初の速度を計算せよ
但し花火は最高點に達して爆發し且つ空氣の抵抗は無きものとす (高 38)

(67) 落體の運動に就て知るところを記せ (海機 38)

(68) 一點に働く三つの力が釣合ふ爲めに必要なる條件を記せ (海兵 38)

(69) 液體の比重を測る方法を述べよ (海兵 38)

(70) 『サイフォン』の作用及び其理を説明せよ (陸士 38)

(71) 吸揚『ポンプ』及び押揚『ポンプ』を圖解せよ (陸士 38)

(72) 空氣中にて秤れば 58『グラム』にして、水中にて秤れば 46『グラム』なる物體の體積及び比重を求む (海機 39)

(73) 器械は仕事を增すものにあらざることを滑車に依て説明せよ (東高師 39)

(74) 水壓器の構造及び用途を説明せよ (東高師 39)

(75) 人あり井中に石を投ぜしに三秒時の後水音を聞きたり、井の水面迄の深さを問ふ
但し音響の速度は一秒時 1127 呎とす
又本間の解に用ゐる公式の意味を説明せよ (長高商 39)

(76) 液を容れたる器が直柱體ならざるときは底壓力と液の重さとに差あり、其差丈けの重さは如何になりしや (東船 39)

(77) 力の並行四邊形の規則を説明せよ (盛高農 39)

(78) 力の能率なる語を解釋せよ (盛高農 39)

(79) 連通管の一方に或る液を入れ他方に水銀を入れたるに二液の靜止せしとき二液の境界面より兩液面までの高さは水銀 0.175 米、他の液 0.28 米なりと云ふ此の液の水銀及び水に對する比重を求む (陸士 39)

(80) 單振子の週期と振幅、長さ、重力の加速度との關係を述べ其公式を示せ (陸士 39)

(81) 水平面上に靜止せる 5『キログラム』の物體あり此物體と水平面との間の摩擦係數を $\frac{1}{2}$ とすれば此物體を水平に動すに要する力如何程なるべきか、又摩擦なきときは如何 (札農 39)

(82) 力の仕事とは何を云ふや、又之を計るには如何にすべきか (農大實 39)

(83) 毎秒 300『メートル』の速度にて地平面と 30 度の角をなす方向に物體を抛つときは三秒の後幾何の高さにあるべきか (東高工 39)

(84) 1『キログラム』の物體を水平面に沿ふて5『メートル』毎秒の速度を與へて抛ぐる時次の二つの場合に於て物體は幾何距離に至り靜止すべきか
但し落體の加速度は 9.8『メートル』なり

(a) 摩擦其他の抵抗無き場合

(b) この物體と水平面との摩擦は其物體の重さの $\frac{1}{50}$ に等しく其他の抵抗無き場合 (大高工 39)

(85) 滑かなる斜面を用ひて物體を引上ぐるときは垂直に上ぐるよりも少なる力にて可なる理由を問ふ (海兵 39)

(86) 如何なる機械を以て大氣の壓力を測るや其理由を問ふ (海兵 39)

(87) 比重 0.25 の『コルク』1050『グラム』と、比重 8.5 の銅 3400『グラム』とを絲にて結び付け攝氏 4 度の水中に入るゝときは浮ぶべきか、又沈むべきか、併せて理由を問ふ

但し絲の重量と容積とは省略し得るものとす (海兵 39)

(88) 次の定律及び原理を記述せよ (名高工 39)

(一) アルキメデス氏の原理 (二) 『ボイル』の定律

(89) 同一質量の物體の重さは地球の兩極地方と赤道地方とによりて差異あり然るに天秤にては如何なる場所に於ても物體の質量を知り得るは如何なる理由によるか (高 40)

(90) 體重 120 封度(ポンド)の坑夫を乘せたる一噸 (2240 封度) の籠が一秒八呎の加速度を以て鑛坑より引揚げらるる時綱の張力を問ふ (長高商 40)

(91) 次の術語を説明せよ (北大農 40)

(a) 工率 (b) 比重

明治四十年八月二十日印刷
明治四十年九月一日發行

物理學

編者　美島近一郎
發行者　東京市日本橋區鐵砲町三番地　合資會社六盟館
代表者　杉本七百丸
印刷者　東京市京橋區岡崎町二丁目廿五番地　遠藤銓吉
印刷所　東京市京橋區岡崎町二丁目廿五番地　六合舍

（定價金二十錢）

發行所　東京市日本橋區鐵砲町三番地　合資會社六盟館
電話浪花二七六四番

大販賣所
東京市京橋區南傳馬町三丁目　目黑甚七
東京市日本橋區鐵砲町　榊原友吉
東京市日本橋區本石町二丁目　杉本七百丸
新潟縣長岡市表四ノ町　目黑十郎
長野縣長野市櫻枝町　西澤喜太郎