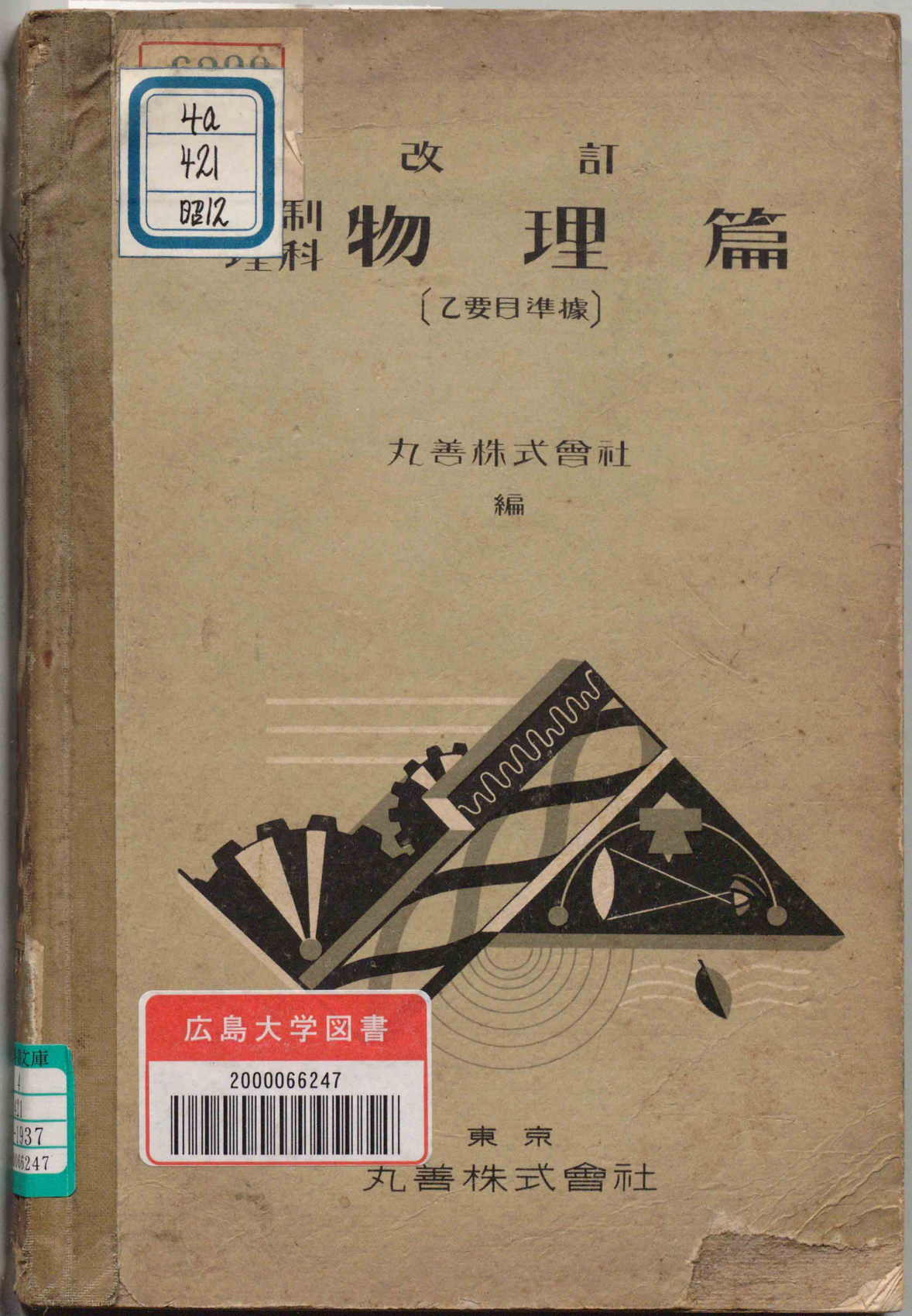
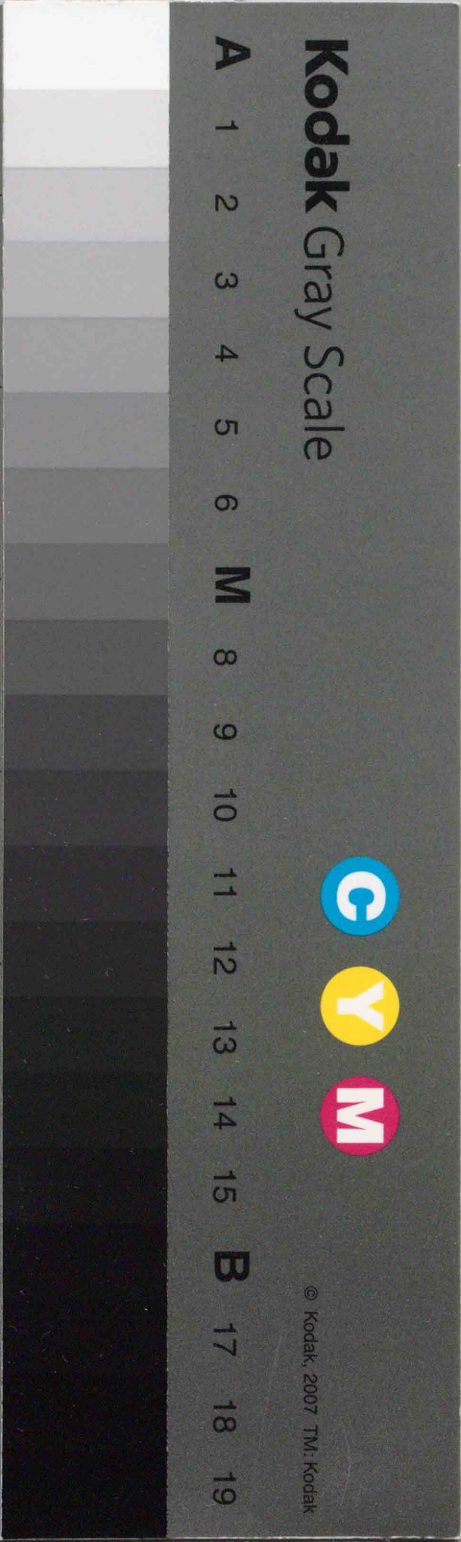
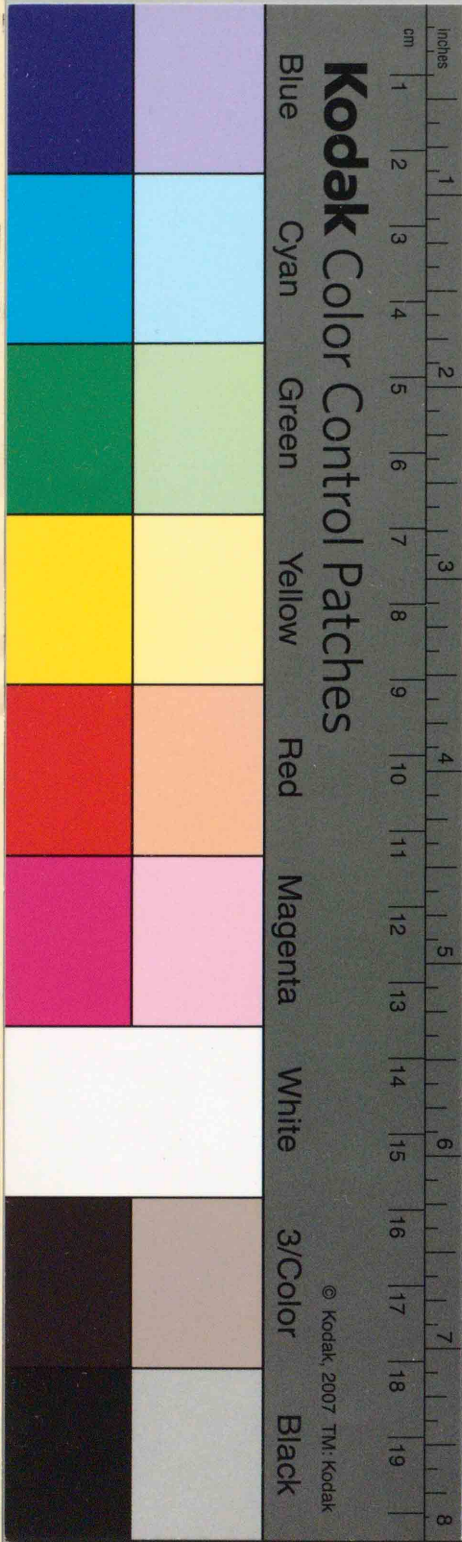


40337

教科書文庫

4
421
41-1937
20000 66247



4a
421
BB12

教科書文庫  
4  
421  
41-1937  
2000066247

濟合照  
13.4.4  
海軍兵學校圖書

42  
421  
#B12

重要公式

圧力の強さ  $P = \frac{F}{S}$

密度  $d = \frac{M}{V}$

ボイルの定律  $PV = P'V'$

線膨脹係数  $a = \frac{l'-l}{lt}$   
 $l' = l(1+at)$

シャルルの定律  $V = V_0 \left(1 + \frac{t}{273}\right)$

ボイル・シャルルの定律  
 $\frac{V'}{V} = \frac{P}{P'} \times \frac{273+t'}{273+t}$

湿度  $H = \frac{P'}{P} \times 100$

球面鏡(レンズ)の式  
 $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$

屈折率  $n = \frac{AB}{CD} = \left(\frac{\sin i}{\sin r}\right)$

蟲眼鏡の倍率  $M = \frac{25}{f} + 1$

オームの定律  $C = \frac{E}{R}, E = CR$

導線の行連結  $R = R_1 + R_2 + \dots$

導線の列連結  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$

電池の電流  $C = \frac{E}{R+r}$

ジュールの定律  $H = 0.24 C^2 R t$  (カロリー)  
 $= 0.24 EC t$  (カロリー)

電力  $W = EC$  (ワット)

加速度  $a = \frac{v-v_0}{t}, v = v_0 + at$

力と加速度  $f = ma$

力積と運動量  $ft = mv - mv_0$

萬有引力  $f = K \frac{m \cdot m'}{r^2}$

抛射體  $\begin{cases} v = v_0 + gt \\ s = v_0 t + \frac{1}{2} gt^2 \\ v^2 - v_0^2 = 2gs \end{cases}$

求心力  $f = \frac{mv^2}{r}$

位置のエネルギー  $mgh$

運動のエネルギー  $\frac{1}{2} mv^2$

仕事とエネルギー  $fs = \frac{1}{2} mv^2$

振子の週期  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$

波の速度  $V = N\lambda$

弦の振動数  $n = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$

管の振動数  $n_1 = \frac{V}{4l}, n_2 = \frac{V}{2l}$

資料室  
昭和十二年十二月十七日 文部省検定済 中学校理科用

海軍訂兵  
學校藏  
圖書之  
改印

新制理科 物理 篇

(乙要目準據)

教科書文庫  
4  
421  
41-1937  
2000066247

丸善株式會社

昭和 3 年 3 月 22 日  
42191  
和文  
圖書番號

広島大学図書

2000066247



浜本純逸寄贈



東京  
丸善株式會社

## 改訂版の序

本書は中學校の新教授要目理科乙表に準據し、物理學の教科用に充てる目的を以て昭和八年一月に編纂したものに改訂を加へて更に完璧を期したものである。

本書の編纂にあつて、特に次の諸點に留意した。

### 教材の程度と配列

1. 時勢の進運に鑑み、文化の基礎となるべき物理學的知識を會得させる程度を標準とした。
2. 「一般理科」との聯絡をはかり既知の知識を基礎にして教授を進め得るやうにした。しかし、努めてその重複を避けた。
3. 光學器械・動力機に關する事項は第五學年の「應用理科」に譲ることとし、本書ではこれに深く立入らぬことにした。
4. 實驗は本科の學習上に最も大切な方法である。それで實驗の機會を多くするやうに工夫した。
5. 所々に問題を置いて既に授けた知識を確實にし得るやうに努めた。

6. 卷末に精選した練習問題80題を載せ、また和英對照した索引を載せて學習を便にした。

#### 用語と文體

7. 文體は平易簡明を旨としたが、また趣味と品位とを失はないやうにも努めた。

#### 圖版と寫眞

8. 特に意を用ひて鮮明にした。  
9. 努めてその數を多くした。しかも學術的に價値あると共に趣味に富むものを選んだ。  
どうか大方諸賢の清鑑を得て十分の御指教を仰ぎたいものと願つてゐる次第である。

昭和十二年十月

編 者 識

## 新制 物 理 篇

### 目 次

#### 第一章 物 性

第 一 課 單 位 .....	1
1. 量 2. 單位 3. 力・重力 4. 力の單位・力の釣合 5. 壓力・壓力の強さ 6. 密度と比重	
第 二 課 物 質 の 三 態 .....	6
1. 物質の三態 2. 固体の彈性 3. ゼンマイ秤 4. 流体の彈性	
第 三 課 液 體 .....	8
1. 水平面 2. パスカルの原理 3. 重力のため に起る液体内の壓力 4. 連通器 5. アルキメ デスの原理 6. 物体の浮沈 7. 浮秤 8. 比 重の測定	
第 四 課 分 子 現 象 .....	16
1. 分子力 2. 分子説から見た物質の三態 3. 表面張力 4. 毛管現象	
第 五 課 氣 體 .....	20
1. 大氣の壓力 2. 空氣の浮力 3. ボイルの定律	

4. 壓力計 5. 種々のポンプ	
第 六 課 流體の流れ	26
1. 流れの方向 2. サイフォン 3. 流體の吸入作用	
<b>第二章 熱</b>	
第 一 課 物體の膨脹	29
1. 固體の膨脹 2. 液體の膨脹 3. 氣體の膨脹	
第 二 課 比 熱	35
1. 熱 量 2. 比 熱 3. 比熱の測定	
第 三 課 状態の變化	37
1. 融 解 2. 凝 固 3. 寒 劑 4. 氣 化 5. 沸 騰 6. 氣化熱 7. 液化 8. 空氣の液化	
第 四 課 大氣中の水蒸氣	46
1. 濕 度 2. 濕度の測り方 3. 大氣中の水蒸氣の凝結	

### 第三章 光

第 一 課 光 と 影	50
1. 光の直進 2. 影 3. 照度・明るさ 4. 光 度	
第 二 課 光 の 反 射	53
1. 光の反射 2. 球面凹鏡 3. 球面鏡によつて	

できる物體の像 4. 球面鏡の公式 5. 凸面鏡	
第 三 課 光 の 屈 折	57
1. 光の屈折 2. 屈折によつて起る現象 3. 全反射 4. プリズム	
第 四 課 レ ン ズ	61
1. レ ン ズ 2. 凸レンズによつてできる像 3. 凹レンズ 4. レンズの應用 5. 眼 6. 眼鏡	
第 五 課 光 の 分 散	67
1. スペクトル 2. 虹 3. 分光器 4. スペクトルの種類 5. 太陽スペクトル 6. 輻射線 7. 水銀燈	
第 六 課 物 體 の 色	75
1. 物體の色 2. 螢光・燐光 3. 餘色・光の三原色 4. 繪具の混合	

### 第四章 磁氣・電氣

第 一 課 磁 氣	78
1. 磁石 2. 磁力 3. 磁氣感應 4. 磁場 5. 地磁氣	
第 二 課 電池と電流	82
1. 電池と電流 2. 電流の強さ 3. 電池 4. 電 位 5. 電池の電動力	
第 三 課 電 氣 抵 抗	86
1. 導線の抵抗 2. オームの定律 3. 導線の連結	

4. 電池の抵抗 5. 電池の連結	
<b>第四課 電流の熱作用</b> .....	91
1. ジェールの定律 2. 電力 3. 電燈 4. アーク燈	
5. 電熱器	
<b>第五課 電流の化學作用</b> .....	94
1. 電氣分解 2. ファラデーの定律 3. 蓄電池	
<b>第六課 電流の磁氣作用</b> .....	97
1. 電流と磁石 2. 電流のつくる磁場 3. 電磁石	
4. 電鈴 5. 電信機 6. 電流計 7. 電動機	
<b>第七課 感應電流</b> .....	103
1. 電磁感應 2. 感應電流の方向 3. 感應電動	
力の大きさ 4. 自己感應と相互感應 5. 交流	
6. 交流發電機の原理 7. 直流發電機の原理	
8. 變壓器 9. 電力輸送 10. 感應コイル 11. 電話機	
<b>第八課 真空放電・放射能</b> .....	112
1. 真空放電 2. 陰極線 3. X線 4. 放射能	
5. 原子の構造	

## 第五章 力・運動

<b>第一課 力</b> .....	119
1. 力の三要素 2. 力の合成 3. 力の分解	

<b>第二課 力の能率</b> .....	122
1. 力の能率 2. 平行力の合成 3. 偶力	
4. 重心 5. 物體の坐り 6. 浮體の釣合	
<b>第三課 簡単な機械</b> .....	128
1. 機械 2. 挺子 3. 天秤 4. 桿秤	
5. 滑車 6. 輪軸 7. 齒車・調車・鎖	
<b>第四課 運動</b> .....	134
1. 運動と速度 2. 速度の合成・分解 3. 加速度	
<b>第五課 運動の定律</b> .....	136
1. 運動の第一定律 2. 運動の第二定律 3. 運	
動量 4. 運動の第三定律	
<b>第六課 落體の運動</b> .....	140
1. 萬有引力 2. 重力による加速度 3. 落體	
4. 拋射體	
<b>第七課 圓運動</b> .....	146
1. 等速圓運動 2. 廻轉體 3. ジャイロコンパス	
<b>第八課 運動に對する抵抗</b> .....	150
1. 摩擦 2. 流體の抵抗 3. 推進機	
<b>第九課 機械と仕事</b> .....	153
1. 仕事 2. 仕事の原理 3. 楔 4. 螺旋	
5. 機械の有効率と工率	
<b>第十課 エネルギー</b> .....	157

1. エネルギー	2. 運動のエネルギー	3. 位置 のエネルギー	4. 仕事とエネルギー
第十一課 エネルギーの變遷と不滅.....159			
1. 熱と仕事 2. 熱の本性 3. エネルギーの不滅			
第六章 波 動			
第一課 振動・波動.....162			
1. 振子 2. 弾性體の振動 3. 時計 4. 波動			
5. 横波と縦波 6. 地震			
第二課 音 波.....166			
1. 音 波 2. 共 鳴 3. 音波の干涉 4. 唸り			
5. 絃の振動 6. 空氣柱の振動			
第三課 光 波.....172			
1. 光の波動説 2. 薄膜の色 3. 偏光 4. 複屈折			
第四課 電 波.....175			
1. 電氣振動 2. 電氣共鳴 3. 電磁波 4. 檢波器			
5. 無線電信 6. ラヂオ 7. 光電管 8. 寫真電送			
9. トーキー			
練習問題.....(1-12)			
索引.....(1-7)			

# 新制 物理 篇

## 第一章 物 性

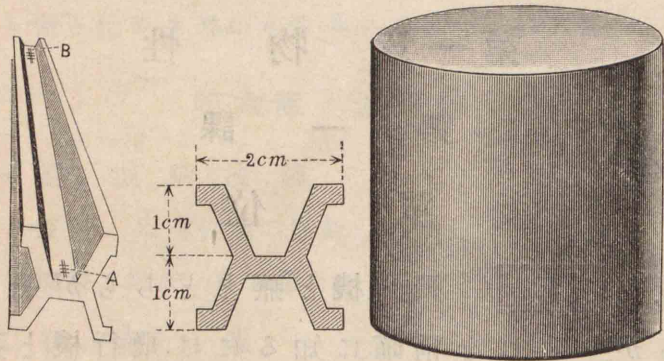
### 第 一 課

#### 單 位

1. **量** 飛行機と燕とどちらが速く飛べるか。これを精確に知るには、飛行機と燕との飛ぶ速さがわからなければならない。また井戸水の温さは夏と冬とでどう違ふか。これを知るには水の温度を測ることが必要である。かやうに自然の現象について精確な智識を得るには、速さ・温度など、種々の量を測ることを要し、量を測るにはそれと比較すべき標準量が必要である。かやうな標準量を單位と名づける。

2. **單位** 長さ、質量と時間との單位を基本單位といふ。普通、長さの單位にメートル(米, m), 質量の單位にキログラム(斤, kg), 時間の單位に平均太陽日の時・分・秒等を用ひる。

1 米は國際メートル原器に刻んである二標線間の距離であり、1 斤は國際キログラム原器の質量であつて 4°C に於ける水 1 <sup>リットル</sup> 立の質量に等しい。



1. メートル原器とその断面(實物大) 2. キログラム原器(實物大)

また平均太陽日は太陽が南中してから次に再び南中するまでの時間を一年間平均したものである。

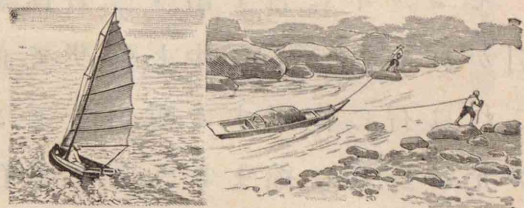
長さ・質量及び時間以外の量の単位は基本単位を組合せて作られる。例へば面積や體積の単位は長さの単位から作られ、速さの単位は長さの単位と時間の単位とから作られる。かやうな単位を誘導單位といふ。

物理学では普通長さの單位にセンチメートル(厘,cm), 質量の單位にグラム(瓦,g), 時間の單位に秒(sec)を用ひ、誘導單位も亦これらを組合せたものを用ひる。この系統の單位を C. G. S. 單

\* 4°C は攝氏 4 度の意。

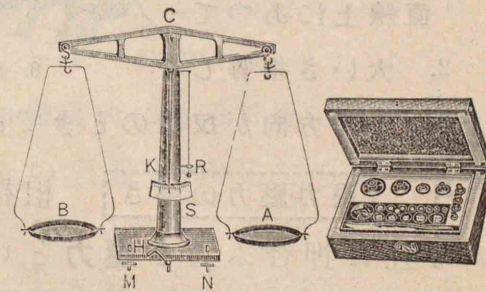
位と稱する。

3. **力・重力** すべて物體はこれを押すか、引くかしなければ運動の状態を變へることはできない。物體の運動の状態を變へさせる作用を力と名づける。



3. 風に押されて動く船と人に曳かれて動く船

石を絲で吊し、その絲を鋏で切ると、石はまづすぐに下の方に落ちて行く。これは地球がこれらの物體を絶えず引いてゐるからである。この力を重力といひ、物體に作用してゐる重力の大きいさをその物體の重さと稱する。



4. 天秤と分銅

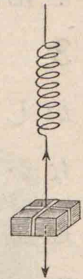
物體の重さはその質量に正比例する。

それで質量の大小はその重さを測つて定められる。



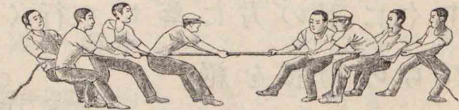
4. **力の単位・力の釣合** 1 瓦の質量に作用する重力に等しい力を 1 瓦の力といふ。

ゼンマイに石を吊すと石は重力に引かれ、ゼンマイは少し伸びて止る。これは石に作用する重力とゼンマイが元の長さに縮まらうとして石を上方に引いてゐる力が釣合ふからである。一般に、一物體に作用してゐる二力が釣合ふのは、



5. 二力の釣合

1. その二力が一直線上にあつて、
2. 大きさ相等しく、
3. その方向が反対のときである。



6. 綱引(力の釣合)

5. **圧力・圧力の強さ** 相接する二面間に於いて互に押合ふ力を **圧力** といひ、単位面積に作用する圧力を圧力の強さと稱する。

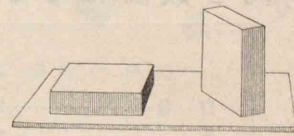
例へば机の上に 50 g の物體を置くとき、相接する面積が 10 平方糎ならば、接觸面の受ける圧力の強さは 1 平方糎毎に 5 g である。

一般に S 平方糎の面積に F 瓦の圧力が作用

してゐる場合には、その面がうけてゐる圧力の強さ P は、

$$P = \frac{F}{S} \text{ 瓦/平方糎} \dots\dots\dots(1)$$

従つて同じ木片を机の上に置く場合でも、第 7 圖左のやうに置けば机の面の受ける圧力の強さは小さく、右のやうに置けばその強さは大きい。



7. 圧力の強さ

6. **密度と比重** 體積 10 cc (cc は立方糎の略) の石の質量が 26 g ならば、この石は 1 cc につき、2.6 g の質量をもつてゐることになる。この場合、石の密度は 1 cc 毎に 2.6 g であるといふ。かやうに、

物質の密度は単位體積内にある質量で表す。

従つて體積 V cc の質量が M 瓦ならばその密度 d は、

$$d = \frac{M}{V} \text{ 瓦/cc} \dots\dots\dots(2)$$

或物質の密度と 4°C に於ける水の密度との比をその物質の比重といふ。

例へば金の密度は 1 cc 毎に 19.3 g であり、4°C に於

\* 瓦/平方糎は 1 平方糎毎に……瓦の意。

ける水の密度は 1cc 毎に 1g であるから、金の比重は 19.3 である。

かやうに C.G.S. 単位で表した密度と比重とは同じ数値になる。

比重の表	
白金.....21.4	ガラス(クラウン).....2.4-2.6
金.....19.3	牛乳.....1.03-1.04
水銀.....13.6	海水.....1.01-1.05
鉛.....11.3	水.....1.00
銀.....10.5	氷.....0.92
銅.....8.9	酒精.....0.807
真鍮.....8.4-8.7	石油.....0.68-0.83
鐵.....7.4-7.9	樫.....0.6-0.9
アルミニウム.....2.7	コルク.....0.22-0.26

## 第二課

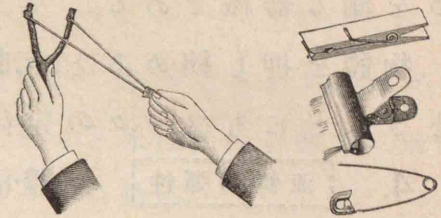
### 物質の三態

1. **物質の三態** 物質はその状態によつてこれを**固体・液体・気体**の三態にわけらる。

鐵・石などのやうに**體積・形**を變へ難いものを**固体**といひ、**水・水銀**などのやうに**體積**は變へ難いが**形**が容易に變るものを**液体**と名づける。また**空氣・水素**などのやうに**體積**も**形**も容易に變るものを**気体**とよぶ。液体と気体とを合せて**流体**と稱する。

2. **固体の弾性** ゴム管を引張ると伸びる

が、力を去るとまた元の長さに復る。かやうな性質を**弾性**といひ、力を加へたために起る**形や體積の變化**を**歪**と稱する。



8. 弾性の利用

弾性體も或**限度**以上に歪ませると、力を去つても**原形**に復らなくなる。その**限度**を**弾性の際限**といふ。

### 3. **ゼンマイ秤**

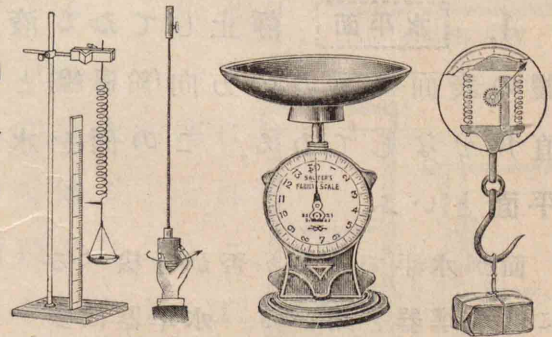
ゼンマイの一端を固定し、下端に吊した皿に分銅をだんだん加へて行くと、ゼンマイの伸びは分銅の重さに比例して増して行く。

かやうに、

弾性の際限内では歪はこれに加へた力に**正比例**する。

これをフックの**定律**といふ。

これをフックの定律といふ。



9. ゼンマイ 10. 振りの弾性

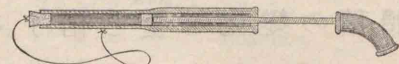
11. ゼンマイ秤

ふ。ゼンマイ秤はこの定律を應用して物の重

さを測る器械である。

物體を押し縮めるとき、曲げるとき、或は振るときなどにもフックの定律が成立つ。

4. **流體の彈性** 氣體・液體は一定の形を具へないから、形の變化に對する抵抗はない。しかし容器の中に密閉して壓縮すると、元の體積に復らうとする。すなはち、流體には形の彈性はないが體積の彈性がある。



12. 氣體の壓縮による彈性

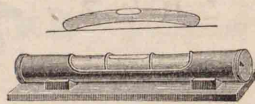
### 第三課 液體

1. **水平面** 靜止してゐる液體の表面は重力の方向(鉛直線)と直角をなしてゐる。この面を水平面といふ。



13. 鉛直線と水平面

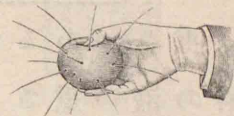
面が水平であるか否かを検べるには水準器を用ひる。水準器は少し彎曲したガラス管の中に、一つの小さい泡が残るやうにアルコール



14. 水準器

を封じ込んだものである。

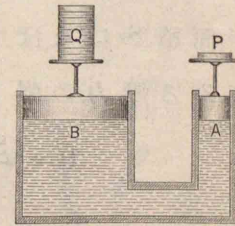
2. **パスカルの原理** 小さな孔をあけたゴム毬に水を充して握りしめると、水は孔から勢よく飛散る。これによつて水の一部に加へた壓力は水中の各部分に傳ることがわかる。實驗の結果によれば、密閉した液體の一部に加へた壓力は等しい強さで液體の各部に傳る。



15. 壓力の傳達

これをパスカルの原理といふ。

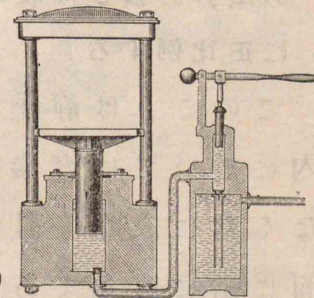
16圖のやうな器に水を入れ、面積がAなる小活塞にPなる力を加へると、水に加はる壓力の強さは $\frac{P}{A}$ である。この壓力はパスカルの原理によつて、水中の各部分は勿論、大活塞にも等しい強さで傳る。それで大活塞の面積をB、これに加はる全壓力をQとすれば、



16. 水壓機の原理

従つて、もしBがAの9倍な

$$\frac{P}{A} \times B = Q, Q = P \frac{B}{A} \dots\dots(3)$$

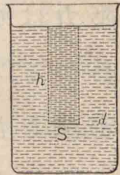


17. 水壓機

らばQはPの9倍となる。

水圧機はこの原理を應用して、小なる力を加へて大なる力を得る装置である。

3. **重力のために起る液体内の壓力** 液體には重さがあるから、下層のものは上層の液の重さで壓されてゐる。



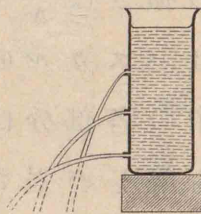
面積S平方糎の水平面が深さh糎の所にあり、液體の密度が1cc毎にd瓦ならばその上にある液體の重さはShd瓦であつて、これが面積Sに及ぼす全壓力である。従つて、S面が受けてゐる壓力の強さPは次のやうに示される。

$$P = \frac{Shd}{S} = hd \text{ 瓦/平方糎} \dots\dots\dots(4)$$

すなはち、重力のために起る液体内の壓力の強さは液の密度と深さに正比例する。

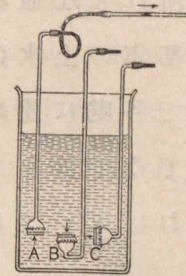
このことは靜止してゐる液体内に於いては容器の形狀に關係なく常に成立し、且つ壓力の方向は液に接する面に常に直角である。

脚の長い漏斗の口を種々の方向に曲げて之にゴム



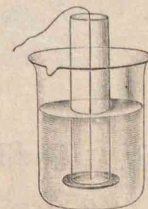
19. 液體の壓力

膜を張り、その脚と、少量の水銀を入れて水平に置いたガラス管とをゴム管で連ねて置く。漏斗を水中に深く押込むに従つてゴム膜は凹み、水銀は著しく動く。このとき、水の表面からA・B・Cまでの深さを等しくすれば、各管に於ける水銀の動きも亦等しい。



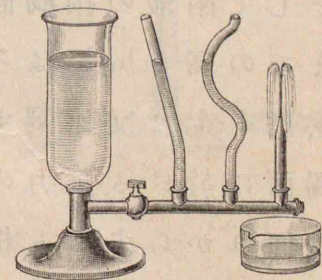
20. 液体内の壓力を示す實驗

問. 21圖のやうに兩端の開いてゐるガラス圓筒の下端に圓板をあて、これを水中に立てると、圓板は落ちないが、圓筒内に水を入れて内外の水面の高さが略等しくなると、圓板が落ちる。これは何故か。



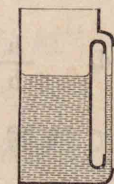
21. 液體の上壓を示す

4. **連通器** 底部で互に相通じてゐる器を連通器といふ。これに一つの液體を入れると、各器内の液面が同一の高さになつて靜止する。

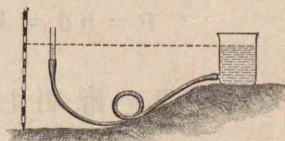


22. 連通器

タンク内の水深を知るためのゲージ管、地形工事に於ける水盛りなど



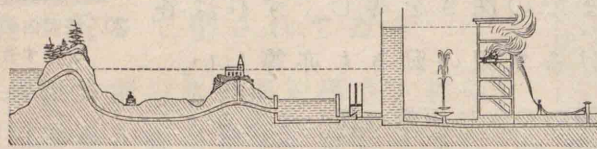
23. ゲージ管



24. 水盛り

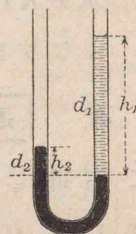
は、何れも連通器の應用である。

都市の上水道は高い處に貯水池があつて、地中の鐵管で各處に連絡してある。それで水は常に全管に満ちてゐて栓をあけると直ちに<sup>ほとほし</sup>迸り出る。貯水池が低ければポンプによつて壓力の強さを増して給水する。



25. 都市の上水道の説明圖

互に混和しない二種の液體をU字管に入れると、各液の表面は同じ高さにはない。そして兩液の接觸面から各の表面までの高さ $h_1 \cdot h_2$ はそれぞれの液の密度 $d_1 \cdot d_2$ に反比例する。これは接觸面に於ける壓力の強さ $P$ が、兩脚の何れからするも相等しいからである。



26. U字管

すなはち、

$$P = h_1 d_1 = h_2 d_2 \quad \frac{h_1}{h_2} = \frac{d_2}{d_1} \dots\dots\dots(5)$$

この理を應用して液體の比重を測ることができる。

問. 連通管の一脚に水を入れ、他脚に水銀を入れたところが、兩液の境界面から水面までの高さが 16.32 cm で、水銀面までの高さが 1.20 cm であつた。水銀の比重は何程であるか。

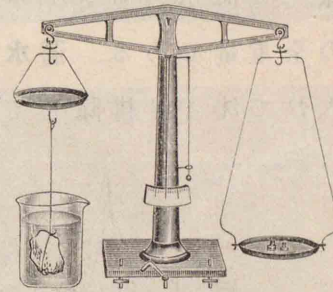
5. アルキメデスの原理 水の中では大き

な石も割合に樂に持つことができる。これは、水中では石が水のために押上げられてゐるからである。この押上げる力を浮力といふ。



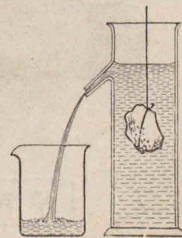
27. 空氣中に於ける重さと水中に於ける重さ

石を絲で吊して重さを測り、次にその石を水中に沈めて再びその重さを測る。また枝付の圓筒に水を充してその中に前記の石を靜かに沈め、流れ出



28. アルキメデスの原理

る水をビーカーに受けてその水の重さを測る。その重さと、石が水中に入ったために減じた重さとを比較すると、これが相等しいことがわかる。つまり、



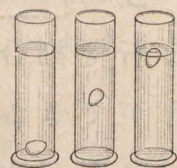
29. 枝付圓筒

液體の中にある物體は、それがおしよけた液の重さに等しい浮力をうける。

これをアルキメデスの原理といふ。

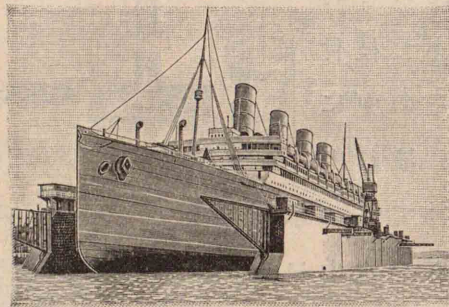
6. **物体の浮沈** アルキメデスの原理によつて、物体がそれと同体積の液体よりも、

- 1. 重いときには沈み、
- 2. 軽いときには浮き、
- 3. 等しいときには、物体は液中のどこにでも止る。

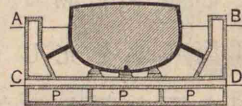


30. 鶏卵の浮沈  
 左. 普通の水  
 中. 鹽水  
 右. 濃い鹽水

軍艦の噸數は海上に浮んだときに排除する海水の重さ(排水量)であつて、それはつまり軍艦の全重量である。潜水艦・浮ドックなどは水槽に水を入れて沈ませ、排除して浮かせるやうになつてゐる。



31. 浮ドック

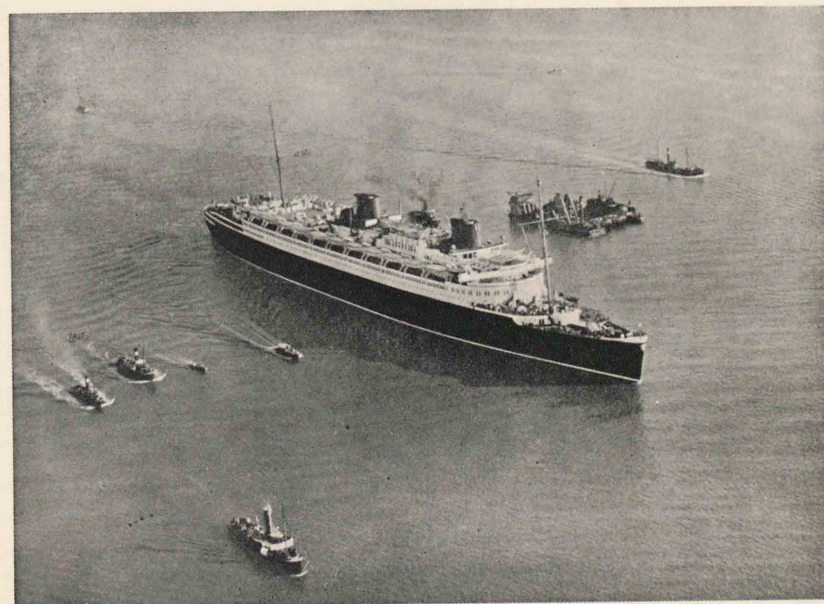
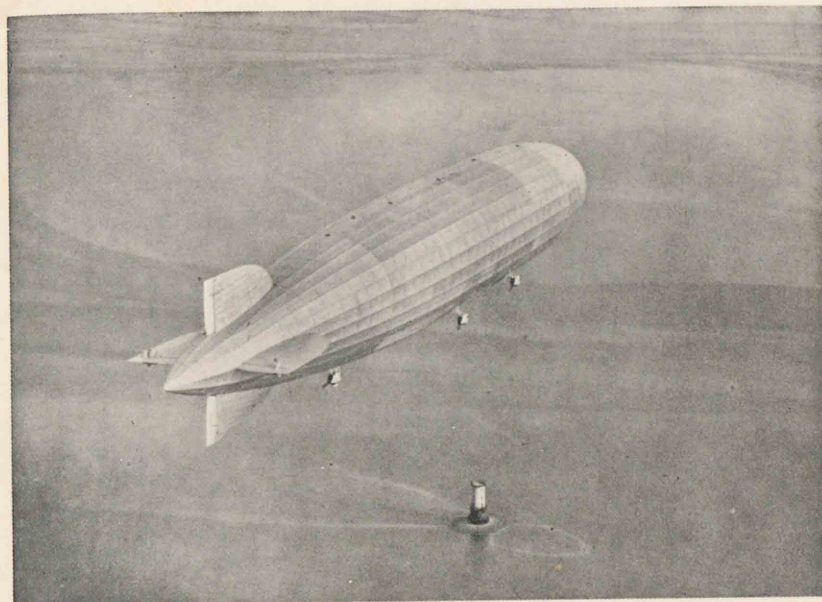


32. 浮ドックの理  
 P室に水を充せばAB線まで沈み、水を排除すればCD線まで浮く。

7. **浮秤** 33圖のやうにガラス管の下部

\* この場合には物体全体の重さと物体がおしのけた液体の重さとが相等しい。

### 流体の浮力



に水銀などを入れておもりとし、上部の細管部に目盛をしたものである。これを液中に浮べるとき、液が軽ければ深く沈み、液が重ければ浮上るので液面と一致した目盛によつて液の輕重を知るのである。その目盛が直接比重を示すやうに目盛りした浮秤を**比重計**といふ。33. 浮秤



問. 細長い直圓柱を水中に入れたとき、その全長の $\frac{4}{5}$ だけ沈み、或液體の中に入れたときには $\frac{5}{6}$ だけ沈んで釣合つたとすれば、この液體の比重は何程であるか。

8. **比重の測定** 固體・液體の比重はアルキメ

デスの原理を應用して測ることができる。

**固體の比重** 或固體の空氣中での重さを  $W$ 、水中での重さを  $W'$  とすれば、この物體と同體積の水の重さは、 $W - W'$  である。従つて、この物體の比重  $S$  は次の式で示される。

$$S = \frac{W}{W - W'} \dots\dots\dots (6)$$

問. 或固體の重さを空氣中で測ると 11.7 g であり、水中で測ると 10.2 g であるといふ。この固體の比重は何程か。

**液體の比重** 或固體の、空氣中での重さを  $W$ 、水中での重さを  $W'$ 、比重を知らんとしてゐる液體中での重さ

を  $W''$  とすれば、その液體の比重  $S$  は次の式によつて算出される。

$$S = \frac{W - W''}{W - W'} \dots\dots\dots (7)$$

問. 空氣中では重さ 68.00 g の物體を、水中で測ると 62.00 g、また或液體の中で測ると 63.86 g であるといふ。この液體の比重は何程か。

液體の比重を測るに比重壺を用ひることがある。

問. 重さ 14.5 g の比重壺がある。これに水を充すとその重さが 39.5 g となり、硫酸を充すとその重さが 60.0 g となるといふ。この硫酸の比重は何程か。



34. 比重壺

### 第四課

## 分子現象

1. **分子力** 總べて物質は分子と稱する細かい粒子が集つてできてゐるものと考へられてゐる。分子は非常に小さくて、今日ではまだどんな精巧な顯微鏡を用ひても見ることができない。分子は互に密着してゐるものでなく、その間には隙があると考へられる。然るに金

屬や岩石などは一定の形と體積とを保つてゐて容易にこれを變へることができないのは、分子が互に強く引合つてゐるからである。

かやうに分子が引合ふ力を**分子力**といひ、その中、同種の分子間の引力を**凝集力**、異種の分子間の引力を**附着力**と名づける。

割れた茶碗は割目を合せて壓しつけても癒着しない。これは、分子力は極めて近い距離でなくては作用しないからである。

ガラスを水の中に入れると、水はガラスに附着するが、水銀の中に入れても水銀はガラスに附着しない。これはガラスと水との附着力が水の凝集力よりも大きく、ガラスと水銀との附着力が水銀の凝集力よりも小さいからである。

### 2. **分子説から見た物質の三態**

**固體**が一定の形と體積とを保つのは、分子間の距離が小さくて凝集力が大きいからである。

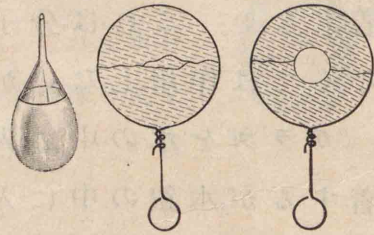
**液體**が一定の形を具へないのは、凝集力が小さいからである。しかし、小さいながらも尙ほ凝集力によつて分子間の間隔が一定に保たれ



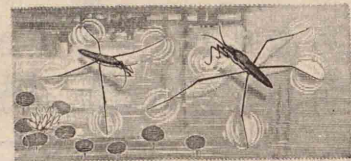
てゐるから、その體積は一定である。

氣體の分子間には殆ど凝集力がなく、各の分子は自由に運動してゐる。それで器の中に氣體を密閉すると直ちにその中に充滿する。氣體が壓縮され易いのは、その分子間の間隔が大きいからである。

3. **表面張力** 漏斗の口に石鹼球を吹き膨まして暫く置くと球は次第に小さくなる。これは石鹼膜が常に收縮しようとしてゐるからである。かやうに液體の表面が收縮しようとする力を**表面張力**といふ。



35. 石鹼球 36. 表面張力



37. 水の上を走る蟲

机の上の水銀粒や草葉に置く露などが球状となるのは、表面張力によつて最小の表面積をとるからである。表面張力の強さは液體の種類によつて異なる。水銀は最も強く、水・石油・アルコールの順に弱い。

水面に石油の一滴を落とすと、その薄い層が表面に廣がる。これは、油は水よりも表面張力が弱いからである。

水に他の物質を溶すと、表面張力は弱くなる。樟腦の小片が水面を馳廻るのはこの理に基づく。



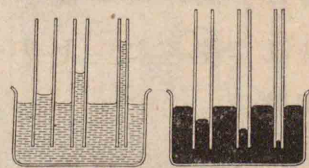
38. クモの巣に附着した水滴

墨流しもその理の應用によつて得られる。

4. **毛管現象** 細いガラス管を水中に立てると、管内の水は管外の水面よりも高く昇り、その表面は凹形になる。また細い管を水銀中に立てると、管内の水銀面は管外の水銀面よりも低く降り、その表面は凸形になる。かやうな現象を**毛管現象**といふ。



39. 墨流し

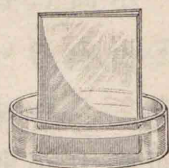


40. 毛管現象

實驗の結果によれば、

管の内と外との液面の高さの差は同じ液体では管の半径に反比例する。

この現象は細管の中だけでなく、すべて狭い間隙があれば起るものである。毛筆が墨汁を含み、吸取紙がインキを吸収するなどはその例である。



41. 狭い間隙に起る毛管現象

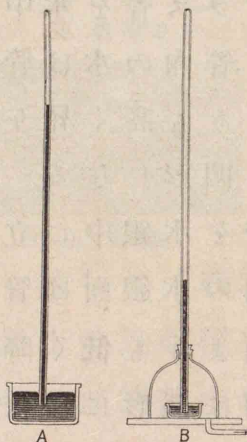
問. 衣服についた蠟は、その上に吸取紙をあてて上から焼火箸で撫でると取れる。その理由を説明せよ。

### 第五課 氣體

#### 1. 大氣の壓力

一端が閉ぢてゐる長さ約1mのガラス管に水銀を充して水銀槽に倒に立てると、管内の水銀は降つて約76cmの高さに止ることは既に學んだ。(トリチェリーの實驗)

これは、管外の水銀面に作用する大氣の壓力が水銀柱



42. A. トリチェリーの實驗 B. 鐘内の空氣を抜くと次第に水銀が降る

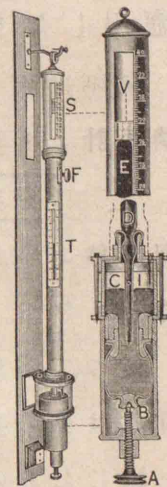
の壓力と釣合ふからである。従つて水銀柱の高さによつて氣壓の大小を測ることができる。(水銀氣壓計の原理)

水銀柱 76 cm の壓力に相當する壓力を 1 氣壓といふ。従つて 1 氣壓の強さ P は次のやうになる。

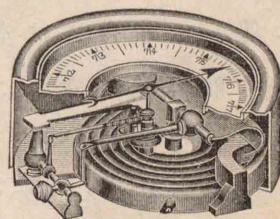
$$P = 76 \times 13.6 = 1033.6 \text{ 瓦/平方糎}$$

氣壓を精確に測るには、水銀氣壓計によるのであるが、携帶用としてはアネロイド氣壓計がある。その要部は薄い金屬板で作つた箱で表面は凹凸ある波形とし、内部を殆ど眞空にしておく。氣壓が變ると箱の表面が幾分上下に動くので、挺子仕掛によつてこの動きを擴大して指針に傳へ、氣壓を示させる。

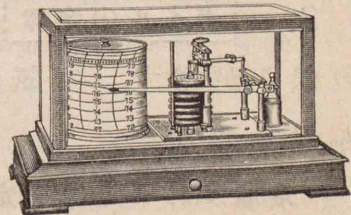
自記氣壓計もこの理を



43. 水銀氣壓計



44. アネロイド氣壓計



45. 自記氣壓計

應用したものである。

氣壓は天氣と深い關係があるので氣壓計のことを晴雨計ともいふ。

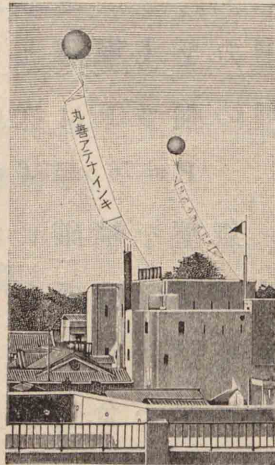
2. **空氣の浮力**

空氣中にある物體はそれと同體積の空氣の重さに等しい浮力をうける。

従つて空氣中に於ける物體の重さは眞の重さから空氣の浮力を減じたものに等しい。それで、物體の重さが空氣の浮力よりも、

- 1. 小さい場合には上昇し、
- 2. 等しい場合には空中に止る。

氣球や航空船が空中に浮ぶのはこの理による。



46. 水素バルーン

問. 空氣水素の各 1 l の重さをそれぞれ 1.29 g, 0.09 g とすれば、1000m<sup>3</sup>の體積を有する氣球の昇騰力は何程であるか。

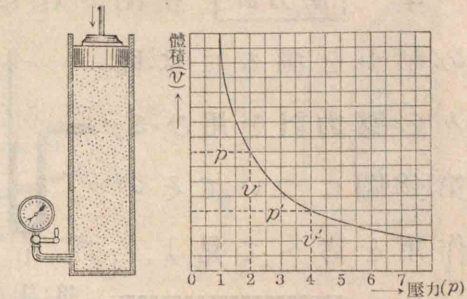
3. **ボイルの定律**

氣體を壓縮すると、壓力の強さが増す。空氣銃はこの壓力を利用したものである。

一定溫度の下では、一定量の氣體の體積はその壓力に反比例する。

これをボイルの定律といふ。

壓力が P のときに體積が V の氣體があるとする。その壓力が P' となつたために體積が V' に變つたとすれば、



47. ボイルの定律を示す實驗(左)とその關係を示すグラフ(右)

$PV = P'V' \dots\dots\dots(8)$

すなはち、一定溫度の下では氣體の體積と壓力との相乗積は一定である。

また氣體を壓縮すると、その密度は體積に反比例して大となる。従つて、

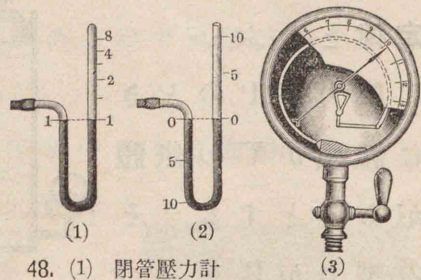
氣體の密度は壓力に正比例する。

問 1. 壓力が水銀柱 76 cm のときに、體積 20 cc の空氣がある。

同溫度で壓力が 40 cm となれば、その體積は何程となるか。

問 2. 上端が閉ぢてゐる長さ 20 cm のガラス管に錘をつけて海底に沈め、これを引き上げてしらべたところが、海水は管の口から 15 cm のところまで浸入してゐた。海の深さは何程であるか。但しそのときの氣壓は 76 cm、海水の比重を 1.02 とする。

4. **圧力計** 密閉された容器中にある氣體の壓力を測るには、種々の壓力計を用ひる。第48圖についてその作用を考へて見よ。

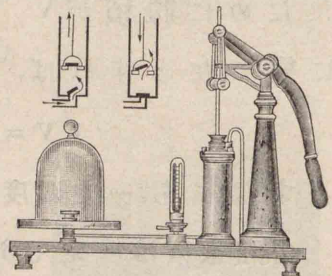


48. (1) 閉管壓力計 (2) 開管壓力計 (3) 金屬壓力計

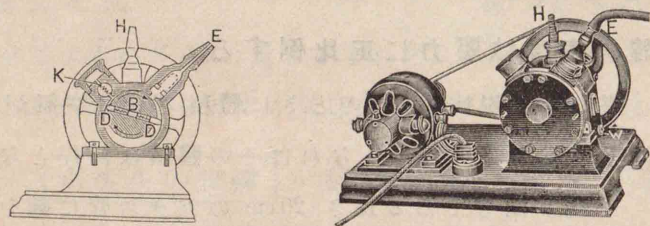
5. **種々のポンプ**

空氣ポンプには排氣ポンプと壓搾ポンプとある。

排氣ポンプ 第49圖に示したのは最も普通の排氣ポンプであつて、活塞を引上げる毎に鐘内の空氣は次第に拔出される。



49. 排氣ポンプ



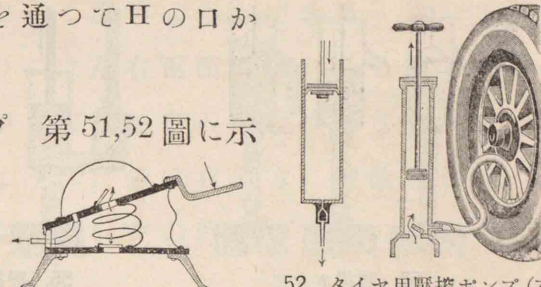
50. 廻轉ポンプ

眞空を得るには廻轉ポンプを用ひる。

第50圖に於いて圓埵Bが廻轉するとD,D'なる發條さら瓣が三日月形の空間にある氣體を浚つて行く。その

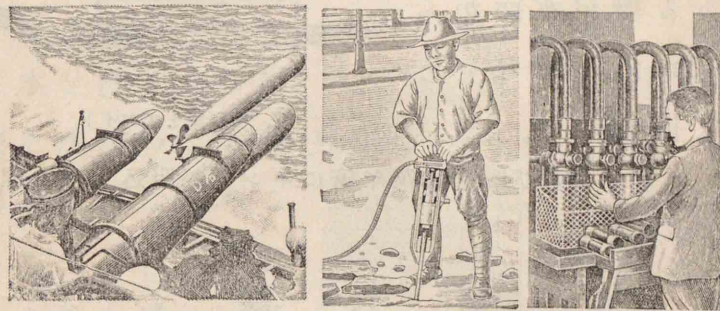
氣體はKの瓣を通つてHの口から壓出される。

壓搾ポンプ 第51,52圖に示したのは簡単な壓搾ポンプである。



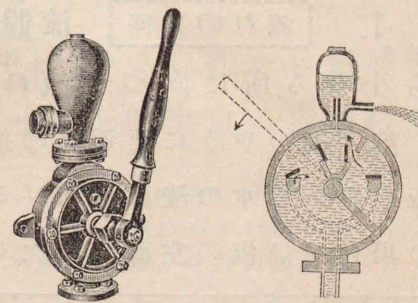
51. 足踏フイゴ

52. タイヤ用壓搾ポンプ(右)とボール用壓搾ポンプ(左)

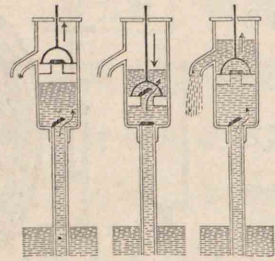


53. 壓搾空氣の利用 (1) 魚形水雷發射 (2) 鑿岩機 (3) 氣送管

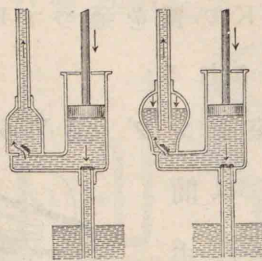
水ポンプ 空氣ポンプと略、同じ原理によつて管中の壓力を減じ、大氣の壓力で水を押し上げさせる装置である。従つてこの種のポンプでは、下方



54. ウィングポンプ 柄を動かすと水は管から交互にポンプ内に入る。

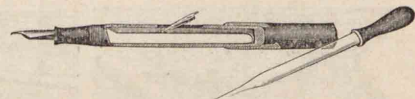


55. 吸揚ポンプ



56. 押揚ポンプ  
(右) 空気室のあるもの

にある瓣が水面から約10m以下<sup>\*</sup>でないとき水は揚らない。



57. 万年筆とスポイト

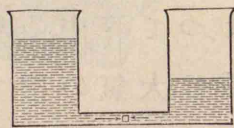
問. スポイト及び吸込式万年筆にインキが吸込まれる理由を説明せよ。

### 第六課

## 流體の流れ

1. **流れの方向** 流體は壓力の大なる所から小なる所に向つて流れる。

第58圖のやうに連通器の途中に板を置いて水の流れを妨げると、圖の場合では板の左面にはたらく壓



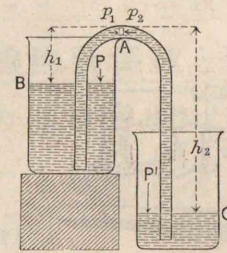
58. 流體の流れ

\* 大氣の壓力の強さは1033.6瓦/平方厘米であるから水の昇り得る高さをh厘米とすれば、  
 $h \times 1 = 1033.6$        $h = 1033.6 \text{ cm} \approx 10 \text{ m}$

力が右面にはたらく壓力より大である。従つて、板をこの位置に保つには、左右両面にはたらく壓力の差だけの力で右側からこれを支へなければならない。もし支へる力がなければ板は右の方に押流される。すなはち、水は水位の高い左の器から水位の低い右の器に移動する。

### 2. **サイフォン** 一つの曲管

に水を満し、その兩端を水位の高さが異なる器に入れると、水は高い方の器から、管を通つて低



59. サイフォン



60. サイフォンの利用

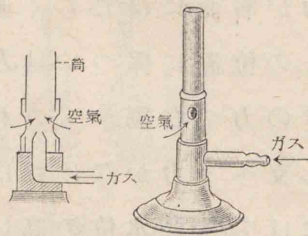
い方の器に移る。かやうにして液を移すに用ひる曲管をサイフォン<sup>\*</sup>といふ。

### 3. **流體の吸入作用** 小さい孔から氣體や液體を速かに噴出させると、噴出口の近傍の空

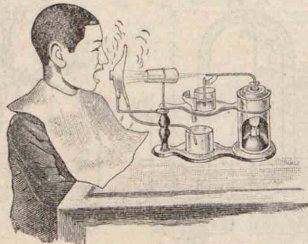
\* サイフォンの理は前節1.に述べたと同様に考へればよい。すなはち、第59圖に於いて管の最高部に小さい板を置いたと考へ、そのときの氣壓をP、各器の表面から管の最高部までの高さをそれぞれ  $h_1, h_2$ 、液の密度を  $d$  とすれば板の左面にはたらく壓力  $(P - h_1d)$  は右面にはたらく壓力  $(P - h_2d)$  より大であるので、液は右の方に向つて流れるのである。

氣はこれに伴ひ去られるので、その部分の壓力が小となる。

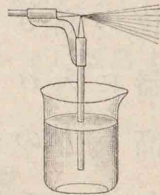
吸入器・霧吹・ブンゼン燈・ガス焔爐の空氣孔などは何れもこの理を應用したものである。



61. ブンゼン燈とガス焔爐



62. 吸入器



63. 霧吹

## 第二章 熱

### 第一課

#### 物體の膨脹

1. **固體の膨脹** 物體は溫度が昇るにつれて一般に長さ及び體積が増すものである。

溫度  $1^{\circ}\text{C}$  の上昇によつて、單位の長さ毎に起る長さの伸をその線膨脹係數といふ。

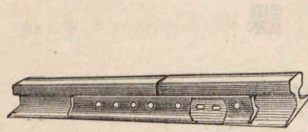
長さが  $l$  なる棒の溫度を  $t^{\circ}\text{C}$  だけ高めたために長さが  $l'$  となつたとすれば、その線膨脹係數  $a$  は次の式で示される。

$$a = \frac{l' - l}{lt}, \quad l' = l(1 + at) \dots\dots\dots(9)$$

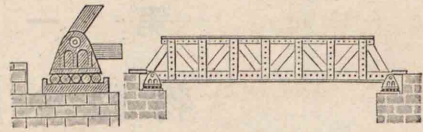
線 膨 脹 係 數			
アルミニウム	0.000023	白金	0.000009
眞 鍮	0.000019	ガラス	0.000009
銅	0.000017	インヴァール <small>(鐵ニツケル鋼)</small>	0.0000009
鐵	0.000012	石英ガラス	0.0000005

固體の線膨脹係數は甚だ小さいが種々の尺度や時計の振子などのやうに精密な長さを要する場合にはこれを無視することはできない。またレールの接目、

鐵橋の端、水蒸氣の誘導管などには温度の變化に伴ふ伸縮のために起る故障を防ぐ装置が施してある。



64. レールの接目

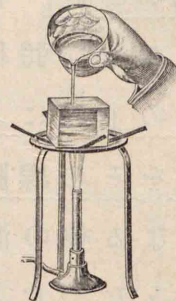


65. 膨脹の餘地を残してある鐵橋の端

問 1. 急に冷熱の變化があるとき、肉の厚いガラス器は肉の薄いものより壊れ易いのは何故か。

問 2. 0°C に於いて長さ 10m の銅線は 20°C に於いてはその長さ幾米となるか。

温度 1°C の上昇によ



66. 赤熱した石英ガラスに水を注ぎかける圖



67. 蒸氣誘導管に接続された曲管 (管の直線部が膨脹するための餘地)

つて物體の單位體積毎に起る體積の増しをその體膨脹係數といふ。體積 V なる物體が、温度 t°C 昇つたために、體積が V' になつたとすれば、體膨脹係數 b は次の式で示される。

$$b = \frac{V' - V}{Vt}, \quad V' = V(1 + bt) \dots\dots\dots(10)$$

體膨脹係數は線膨脹係數の 3 倍である。

フラスコのやうな容器が熱せられるときは、その内容積はフラスコと同質のもので充されてゐるのと同

じ様に膨脹する。

膨脹に伴ふ密度の變化 物體の體膨脹係數を b、密度を d、その温度を t°C 高めた後の密度を d' とすれば、

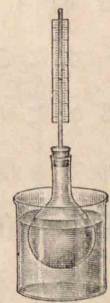
$$d' = \frac{d}{1 + bt} \dots\dots\dots(11)$$

従つて温度が上昇すれば物體の密度は小となる。

2. 液體の膨脹 液體の膨脹係數

は固體に比べて大きい。

第 68 圖のやうに、フラスコに液體を充し、細いガラス管を貫いた栓をして液を少しく管部まで昇らせておく。今、このフラスコを温湯中に急に入れると、管中の液面は先づ少し降り、やがて上昇する。



68. 液體の膨脹

このとき水が膨脹したと見えるのは、眞の水の膨脹からフラスコの膨脹を引いたものである。これを見掛の膨脹

液體の體膨脹係數	
水 銀	0.00018
酒 精	0.00112
水	0.000053 (5°-10° の間)
"	0.000150 (10°-20° の間)
"	0.000302 (20°-40° の間)
"	0.000458 (40°-60° の間)

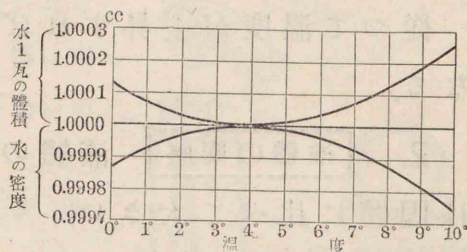
といふ。水銀寒暖計は水銀の硝子球に對する

見掛の膨脹を利用して温度を測る器械である。

問. 第68圖の實驗で管中の液面が一先づ降るのは何故か。

水の膨脹 水の膨脹のし方は他の液體と異なり、0°C から 4°C に至る間は温度が昇るに従つて却つて收縮し、4°C 以上では膨脹する。すなはち、水は 4°C に於いて最大の密度を有する。

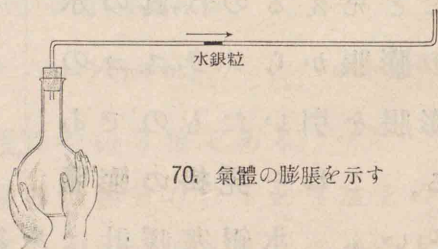
水にこの特性があるがために、嚴冬の季節でも深い湖沼の底の温度は 4°C に保たれ、魚介は安全に生存し得られるのである。



69. 水の體積と密度

3. **氣體の膨脹** 氣體は液體よりも更に膨脹しやすい。そしてその膨脹係數はいづれの氣體についてもほぼ一定である。すなはち、

一定壓力の下では、  
氣體の體積は、温度  
1°C 昇る毎に、0°C に  
於ける體積の  $\frac{1}{273}$   
づつ膨脹する。



70. 氣體の膨脹を示す

これをシャルルの定律といふ。

或氣體の 0°C のときの體積を  $V_0$ 、壓力を一定に保つて温度を  $t^\circ\text{C}$  としたときの體積を  $V$  とすれば、

$$V = V_0 \left(1 + \frac{1}{273} t\right)$$

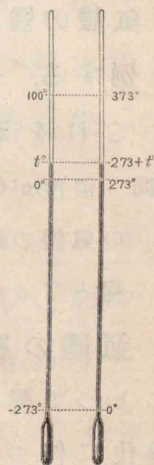
$$= \frac{V_0}{273} (273 + t) \dots\dots\dots (12)$$

絕對温度 シャールの定律によれば、  
氣體の體積は温度が 1°C 降れば 0°C に於ける體積の  $\frac{1}{273}$  づつ收縮する。よつてこの定律が極めて低温度の場合まで成立つものとするれば、 $-273^\circ\text{C}$  では總べての氣體の體積は零となる筈である。

$-273^\circ\text{C}$  を基點とし、 $0^\circ\text{C}$  が 273 度となるやうに表した温度を絕對温度といふ。従つて  $t^\circ\text{C}$  を絕對温度で表せば、 $(273+t)$  度となる。

絕對温度を用ひてシャルルの定律を表すと、次のやうになる。

一定壓力の下では氣體の體積は絕對温度に正比例する。



攝氏の度 絕對温度  
71. 攝氏の度と絕對温度との比較



今  $t^{\circ}\text{C}$ ・ $t'^{\circ}\text{C}$  に於ける氣體の體積をそれぞれ  $V$ ・ $V'$  とすれば、次の式が成り立つ。

$$\frac{V'}{V} = \frac{273+t'}{273+t}, \quad V' = V \times \frac{273+t'}{273+t} \dots\dots(13)$$

氣體の體積は溫度によつて變化するばかりでなく、壓力によつても變化する。それで壓力と溫度とが同時に變化する場合には、

氣體の體積はその壓力に反比例し、絶對溫度に正比例する。

これをボイル・シャルルの定律と名づける。

問. 溫度が  $0^{\circ}\text{C}$ 、壓力が  $76\text{ cm}$  のとき、體積  $1\text{ l}$  の氣體がある。この氣體の溫度を  $27^{\circ}\text{C}$ 、壓力を  $77\text{ cm}$  とすれば、その體積は何程となるか。

**氣體の密度** 氣體の體積はボイル・シャルルの定律によつて變化するから、その密度も亦溫度と壓力との變化に伴つて變化する。すなはち、

氣體の密度は壓力に正比例し、絶對溫度に反比例する。

**標準状態** かやうに氣體の體積と密度とは、溫度と壓力とによつて著しい影響をうけるから、氣體の體積または密度について論ずる場合には常にその溫度と壓力とに注意せねばならぬ。溫度が  $0^{\circ}\text{C}$ 、壓力が  $1$

氣壓のときの状態を標準状態といふ。

問. 標準状態にある空氣  $1$  の重さは  $1.293\text{ g}$  である。溫度が  $27^{\circ}\text{C}$ 、壓力が  $77\text{ cm}$  のときの空氣  $1\text{ l}$  の重さは何程か。

## 第 二 課 比 熱

1. **熱量** 水を入れた鐵瓶を火にかけると、水の溫度は昇つて湯となる。この際、水の溫度を高めたものを熱といふ。湯が熱を失へば溫度が降つて元の水になる。

熱量の單位をカロリーといふ。1 カロリーは  $1\text{ g}$  の蒸溜水の溫度を  $1^{\circ}\text{C}$  高めるに要する熱量である。1000 カロリーを 1 珎カロリーといふ。

2. **比熱** 種々の物質  $1\text{ g}$  の溫度を  $1^{\circ}\text{C}$  高めるに要する熱量は、各物質によつてそれぞれ異なる。その熱量をカロリーで表した數をその物質の比熱

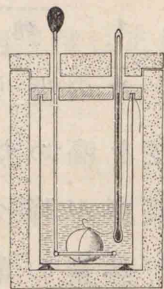
物 質	比 熱
金・白金・鉛・水銀	0.03
銀	0.06
銅・亞鉛・真鍮	0.09
鐵・ニッケル	0.11
アルミニウム	0.22
水	0.50
石 油	0.51
酒 精	0.55
水	1.00
空 氣	0.24

といふ。

一般に、比熱  $S$  の物質  $m$  瓦を  $t^\circ\text{C}$  から  $t'^\circ\text{C}$  に高めるには、 $mS(t'-t)$  カロリーの熱を要する。

水の比熱は 1 であつて、他の物質に比べて著しく大きい。水が温まり難く、冷え難いのはこのためである。

3. **比熱の測定** 比熱  $S$  の物質  $m$  瓦を  $t^\circ\text{C}$  に熱し、これを質量  $m'$  瓦、温度  $t'^\circ\text{C}$  の水の中に入れる。そして水をかき廻して両者の温度が等しくなつたときの温度を  $T^\circ\text{C}$  とする。この際、高温であつた物質の失つた熱量と水が得た熱量とは等しいと見ることが出来るから、次の関係式が得られる。



72. 比熱の測定

$$mS(t-T) = m'(T-t)$$

$$\therefore S = \frac{m'(T-t)}{m(t-T)} \dots\dots\dots(14)$$

問. 84g の砂を  $96^\circ\text{C}$  に熱し、これを  $16^\circ\text{C}$  の水 200g の中に入れたら全體の温度が  $22^\circ\text{C}$  になつた。砂の比熱は何程か。

\* 厳密にいへば、高温であつた物質が失つた熱の一部は熱量計にも移るから、精密な測定をする場合にはその補正をすることを要する。

### 第三課

## 状態の變化

1. **融解** 氷は太陽の熱を受けて融け、鐵は熔鑛爐の熱によつて熔ける。かやうに固體が液體となる現象を融解といひ、融解の起る温度を融解點と稱する。融解點は物質によつてそれぞれ一定してゐる。

融解點に達した物體に更に熱を與へてもそれが全く融解し終るまではその温度に變化がない。この間に加へられた熱は物質が固體から液體へと状態が變るために消費されるのである。融解點にある固體 1g を融解するに要する熱量を、その物質の融解熱といふ。

ガラス・蠟などを熱するとだんだん軟かくなり、<sup>おひむ</sup>徐ろに液體となつて明確な

融解點・融解熱の表		
物質	融解點	融解熱 (カロリー)
酒精	$-114^\circ\text{C}$	
水銀	$-39$	3
氷	0	80
パラフィン	38-52	35
ウッドの合金	76	8.4
鉛	327	5
アルミニウム	657	77
銀	960	22
金	1063	
銅	1083	43
鐵	1530	30
白金	1775	27
タングステン	3400	

融解點がない。

問. 氷の融解熱の大きいことは、いかに利用されてゐるか。

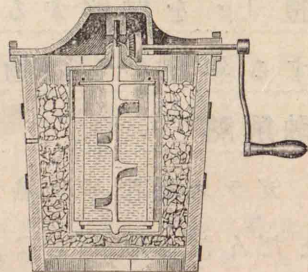
2. **凝固** 液體が固體に變る現象を凝固といひ、そのときの溫度を凝固點と名づける。凝固點はその物質の融解點と一致する。また凝固の際には、融解するとき吸収しただけの熱を放出する。それ故に湖沼の水が凍るときは、多少寒氣を和げる。

多くの物質は融解の際に膨脹し、凝固の際に收縮する。しかるに、水・蒼鉛・アンチモンなどは凝固に際して却つて膨脹する。

水が水に浮び、岩石の隙間に滲込んだ水が結氷して岩石を破壊し、冬季に水道管が破裂することがあるなどは、水が氷結するとき膨脹するからである。

3. **寒劑** 水の凝固點が  $0^{\circ}\text{C}$  であるといふのは、水が純粹な場合のことである。もし、その中に他の物質が溶けてゐると凝固點が降る。例へば、飽和食鹽水は  $-22^{\circ}\text{C}$  にならなければ凍らない。

氷と食鹽とを 3:1 の割



73. アイスクリーム製造器

合に混ぜると、氷は周圍から融解熱を奪つて融解するので溫度が降る。食鹽はその水に溶解するが、そのときまたあたりから熱を奪ふので更に溫度が降る。かやうにして遂に  $-22^{\circ}\text{C}$  に達するまで融解と溶解とを續ける。

かやうな低溫度を生ずる混合物を寒劑といひ、アイスクリームなどをつくるに用ひられる。

4. **氣化** 液體が氣體に變る現象を氣化といひ、できた氣體を蒸氣とよぶ。この際、液體の表面から徐々に氣化することを蒸發といふ。

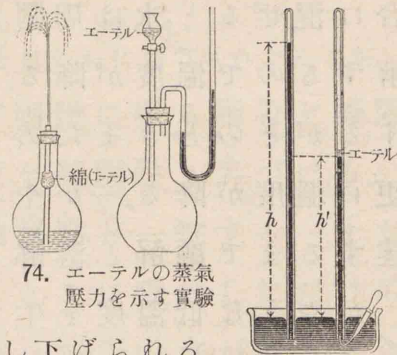
ヨード・樟腦・ナフタリンなどは融解することなく、固體から直接氣體となる。かやうな變化を昇華といふ。

フラスコに少量の水を入れて密栓をして置くと、初めの中は水は蒸發して次第に水蒸氣の量が増すが、遂にはその蒸發作用が全く止む。このときフラスコ内は水蒸氣で飽和されたといひ、その蒸氣を飽和蒸氣とよぶ。

またこの際の蒸氣の壓力は、その溫度では最大限度に達したのであるから、これをその溫度に於いての最大壓力と稱する。

蒸気圧力の測り方

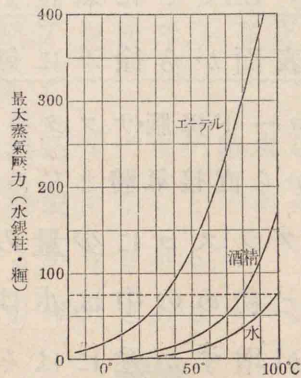
トリチェリーの實驗によつて、先づ水銀柱の高さ  $h$  をはかり、次に液體の少量をその真空部に送ると液體の一部は蒸發し、その蒸気壓力のために水銀はおし下げられる。このときの水銀柱の高さを  $h'$  とすれば、その蒸気壓力は  $h-h'$  で表される。



74. エーテルの蒸気壓力を示す實驗

75. 蒸気壓力の測り方

溫度	水	酒精	エーテル
-20°C	0.1	0.3	7.0
0	0.5	1.3	18.4
20	1.7	4.4	43.3
40	5.5	13.4	90.7
60	14.9	35.0	172.5
80	35.5	81.3	302.3
100	76.0	169.8	495.3
120	149.2	323.2	771.9



76. 溫度と最大蒸気壓力

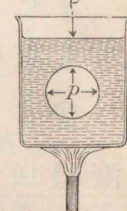
蒸氣の最大壓力は物質によつて異なり、また溫度が上昇するほど大となる。(上表参照)

5. **沸騰** 液體を熱すると溫度が昇るにつれて蒸發が盛になり、遂に或一定の溫度に達

すると、その内部から蒸氣が氣泡となつて盛に出て來る。この現象を沸騰といひ、沸騰の起る溫度を沸騰點と稱する。沸騰點は物質によつて一定して居り、沸騰してゐる間はその溫度が變らない。

物質	沸騰點 (1氣壓で)
水銀	357°C
水	100
アルコール	78
エーテル	34
アンモニア	-34

液體が沸騰するためには、その内部に生ずる飽和蒸氣の壓力が少くとも液の表面が受けてゐる壓力と等しくなければならない。



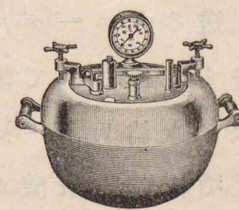
77. 沸騰の説明  
氣壓 P と氣泡内の飽和壓力 p とが釣合ふ

水の沸騰點が 100°C であるといふのは、飽和水蒸氣の壓力が 100°C に於いて 1 氣壓であることを意味してゐる。故に、氣壓が 500mm にも足りない富士山頂では、水は 90°C 以下で沸騰する。之に反して汽罐内

壓力	水の沸騰點
355 托	80°C
760 托	100
2 氣壓	120
5 氣壓	152



78. 低溫度の沸騰



79. 家庭用壓力釜

の水は數氣壓に達する高壓の下にあるので、  
140°C位にならなければ沸騰しない。

砂糖液を濃縮するに真空蒸發罐を用ひ蒸氣殺菌に  
高壓罐を用ひるのはこの理を應用したのである。

6. **氣化熱** 液體を熱して沸騰點に達した  
後は、引續きこれに熱を與へても溫度は昇らな  
い。これは與へられた熱が液  
體から氣體へと状態が變るた  
めに費されるからである。

物質	氣化熱 カロリー
水	539
アルコール	205
エーテル	90
アンモニア	341
炭酸ガス 液體	57(0°C)

液體1gが同溫度の蒸氣にな  
るに要する熱量を、その物質の**氣化熱**或は**蒸發  
熱**と稱する。

ビーカーにエーテル  
を取り、少量の水を入れ  
た試験管をその中に浸  
し、エーテル中に空氣を  
吹き送ると、エーテルが  
蒸發するにつれて溫度は次第に降り、遂には試験管内  
の水は氷結し、エーテル自身もまた氷結する。

近頃、固體の炭酸ガスを**ドライアイス**と名づけて市  
場に賣つてゐる。これは液狀炭酸ガスの氣化熱を利



80. 氣化熱を示す

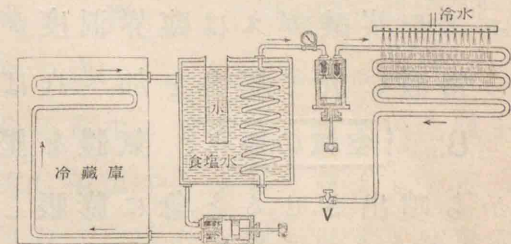


81. 氣化熱を  
利用した簡  
易冷却法

用してつくつたもので、溫度が -80°C 位であるので冷  
却用として賞用される。

**製氷機** 液體アンモニアの氣化熱を利用し  
て低溫度を得る装置である。

アンモニアを曲  
管内に壓縮し、外部  
から水を注いで冷  
却すると容易に液  
體となる。(次節参照)



82. 製氷機

次に調節弁Vを開  
き、これを蒸發管に送つて氣化させると、周圍から多量  
の熱を奪ふので周圍の溫度は降る。これによつて、タ  
ンク内の食鹽水の溫度を -10°C 位に下げ、その中に淡  
水を容れた鐵箱を浸してその水を氷結させる。

7. **液化** 氣體が液體になる現象を**液化**  
といふ。一般に、氣體は壓縮か  
冷却かを續けると、遂には液化  
する。しかし、或溫度以上では、  
如何に強壓を加へても液化し  
ない。その溫度を臨界溫度と  
名づける。それで氣體を液化

物質	臨界溫度
水	374°C
アルコール	243
アンモニア	132
炭酸ガス	31
酸素	-118
空氣	-140
窒素	-146
水素	-241
ヘリウム	-268

するには先づ臨界温度以下に冷却することが必要である。

空気や水素が液化し難いのはその臨界温度が甚だ低いからである。これに反してアンモニアや炭酸ガスは臨界温度が常温より高いから常温に於て圧力を加へれば容易に液化する。

8. **空気の液化** 氣體を壓縮して小さい孔から噴出させると、急に膨脹して温度が降る。その温度の下降は、

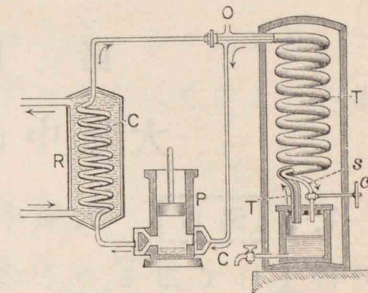
1. 噴出前後の壓力の差が大きいほど、
2. 噴出前の氣體の温度が低いほど、大きい\*。

空気・酸素・窒素・水素等の臨界温度は非常に低いので、その温度に達する方法を知らなかつた時代には、これらの氣體は液化できないものと考へて、これらに**永久瓦斯**の名を與へた。しかし現今では、これらの氣體も容易に液化される。

第83圖は空気を液化する装置である。ポンプPによつて、蛇管C及びs内で空気を約200氣壓に壓縮す

\* 空気では、孔の兩側の壓力の差1氣壓について、噴出前の温度が0°Cのときは0.25°Cづつ降り、-100°Cのときは0.7°Cづつ降る。

る。この空気を小さい孔から壓力が數氣壓の容器内に噴出させると、急激な膨脹によつて温度は約50°C降下する。この冷えた空気はs管



83. 空気の液化機

を包む二重管Tの中を通過してポンプへ復る。その途中s管を通る高壓の空気を冷却する。従つて次に噴出する空気は前よりも更に温度の低いものにされる。これを繰り返すと、空気の温度はだんだん降下し、遂には臨界温度以下になつて液化する。

液體空気は青味を帯びた透明な液であつて、その温度は約-190°Cである。液體窒素は液體酸素よりも沸點が低いから氣化し易く、従つて液體空気を放置すると、だんだん酸素が濃厚になつて來る。この原理によつて空気中の酸素と窒素とを別々に捕集することができる。

### 第四課 大氣中の水蒸氣

1. **湿度** 大氣中には常に多少の水蒸氣が含まれてゐる。その水蒸氣の量が飽和に近いときは濡れてゐる物の乾きが遅く、空氣は濕つてゐるといひ、これに反するときは空氣は乾いてゐるといふ。

大氣中に含まれてゐる水蒸氣の壓力と、そのときの溫度に對する水蒸氣の最大壓力との比を百分比で表したものを湿度といふ。

湿度が小に過ぎると身體各部からの水分の蒸發が盛になつて氣管等に障害を起し、湿度が大に過ぎると身體各部から蒸發が鈍つて蒸暑く感じ、飲食物等に微かびを生ずるなどの虞おそれがある。

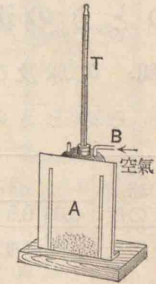
#### 2. **湿度の測り方**

(1) **露點を測る法** 大氣の溫度が降るとその中に含まれてゐる水蒸氣は飽和の状態に達する。そのときの溫度を露點といふ。

第84圖は露點を測る装置である。容器の中にエー

テルを入れ、Bから空氣を送ると、エーテルは蒸發して溫度が降りA面に水滴の曇ができる。そのときの溫度が露點である。

今、氣溫が  $t^{\circ}\text{C}$  のとき露點を測つて  $t'^{\circ}\text{C}$  を得たとする。表によつて  $t^{\circ}\text{C} \cdot t'^{\circ}\text{C}$  に對する水蒸氣の最大壓力  $P \cdot P'$  を求めると、この時の湿度  $H$  は次の式で示される。



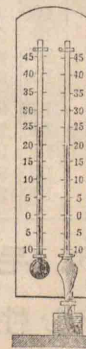
84. 露點を測る器

$$H = \frac{P'}{P} \times 100 \dots\dots\dots(15)$$

問. 氣溫が  $33.7^{\circ}\text{C}$  のとき、露點が  $20.4^{\circ}\text{C}$  ならば、そのときの湿度は幾何か。但し、

溫度	$20^{\circ}$	$21^{\circ}$	$33^{\circ}$	$34^{\circ}$
水蒸氣の最大壓力 (水銀柱mm)	17.4	18.5	37.4	39.6

(2) **乾濕球濕度計** 二本の寒暖計を並べ、その一方の球部を水で濕した布で包んで置く。(濕球) 空氣が乾燥すると、布から水が盛に蒸發して多量の氣化熱を奪ふので、濕球寒暖計の溫度は降る。従つて、この兩寒暖計の示す溫度の差が大なるほ



85. 乾濕球濕度計

ど空氣が乾燥してゐることを示す。従つてこの兩寒暖計の目盛を讀めば、次の表によつてそのときの濕度を知ることができる。

問. 乾球及び濕球の示度がそれぞれ 28.7°C, 24.2°C であればそのときの濕度は何程であるか。

濕球の度	乾球と濕球との溫度の差														
	6.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
攝氏	濕度	濕度	濕度	濕度	濕度	濕度	濕度	濕度	濕度	濕度	濕度	濕度	濕度	濕度	濕度
0	100	90	80	71	63	56	49	43	37	32	28	23	20	16	13
1	100	90	81	72	65	58	51	45	40	35	30	26	22	19	16
2	100	90	82	74	66	59	53	47	42	37	33	29	25	22	19
3	100	91	82	75	67	61	55	49	44	39	35	31	27	24	21
4	100	91	83	75	69	62	56	51	46	41	37	33	30	26	24
5	100	91	84	76	70	64	58	53	48	43	39	35	32	29	26
6	100	92	84	77	71	65	59	54	49	45	41	37	34	31	28
7	100	92	85	78	72	66	61	56	51	47	43	39	36	33	30
8	100	92	85	79	73	67	62	57	52	48	44	41	37	34	32
9	100	93	86	79	74	68	63	58	54	50	46	42	39	36	33
10	100	93	86	80	74	69	64	59	55	51	47	44	41	38	35
11	100	93	87	81	75	70	65	60	56	52	49	45	42	39	36
12	100	93	87	81	76	71	66	61	57	54	50	47	43	41	38
13	100	94	87	82	76	71	67	63	58	55	51	48	45	42	39
14	100	94	88	83	77	72	68	63	59	56	52	49	46	43	40
15	100	94	88	83	78	73	68	64	60	57	53	50	47	44	42
16	100	94	88	83	78	74	69	65	61	58	54	51	48	44	43
17	100	94	89	83	79	74	70	66	62	59	55	52	49	46	44
18	100	94	89	84	79	75	70	67	63	59	56	53	50	47	45
19	100	94	89	84	80	75	71	67	63	60	57	54	51	48	46
20	100	95	89	85	80	76	72	68	64	61	58	55	52	49	47
21	100	95	90	85	80	76	72	68	65	62	58	55	53	50	47
22	100	95	90	85	80	77	73	69	66	62	59	56	53	51	48
23	100	95	90	86	81	77	73	70	66	63	60	57	54	51	49
24	100	95	90	86	82	78	74	70	67	63	60	58	55	52	50
25	100	95	90	86	82	78	74	71	67	64	61	58	56	53	50

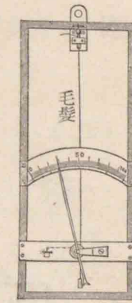
(3) 毛髮濕度計 毛髮には濕ると伸び、乾くと縮む性質がある。

毛髮濕度計はこの性質を利用したものであ

つて、第86圖に示すやうに毛髮の伸縮につれて指針が動き、濕度を示すやうになつてゐる。

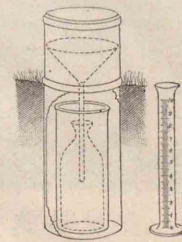
### 3. 大氣中の水蒸氣の凝結

夜間、地面や草木などが熱を放散して冷却し、露點に達すると大氣中の水蒸氣



86. 毛髮湿度計

はこれらに觸れて露となる。露點が 0°C 以下であるときは霜となる。水蒸氣が上空で凝結すれば雲となり、地面近くで出來たときは霧といふ。凝結が盛に行はれて水滴となつて落ちて來るものは雨であり、水蒸氣から直接氷結した氷片が相集つて落ちて來るのが雪である。このほか大氣中の水蒸氣は或は雹となり、霰となつて四季折々の趣を添へる。



87. 雨量計

降水量 地面に降つた雨・雪・雹等を總稱して降水といひ、その多少を測るには雨量計を用ひる。

降水量の多少は降つた水がそのまま溜つたときの深さで表し、通常耗單位で示す。1耗の降水量は1平方メートルの面積に1立の雨が降つたのに當る。

\* 雨以外のものは融して水として測る。

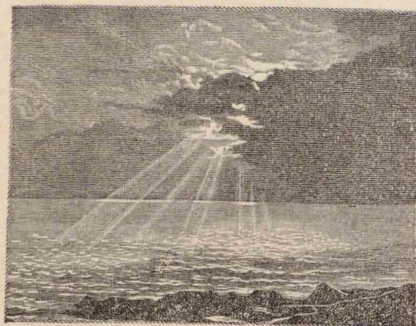


# 第三章 光

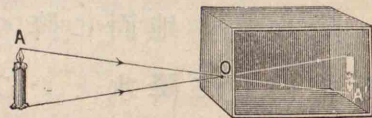
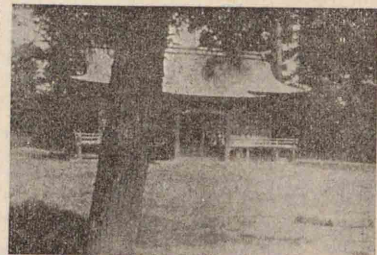
## 第一課

### 光と影

1. **光の直進** 空気・水・ガラスのやうに光を透す物質を**透明體**といひ、金属・木・石のやうに光を透さないものを**不透明體**といふ。組織が一樣な透明體の中では、光は直線状に進行する。



88. 光の直進



89. 針孔寫真

その進路を**光線**といふ。

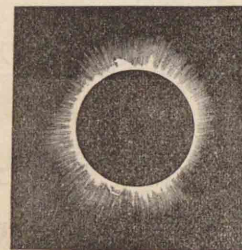
寫真機のレンズの代りに黒紙に小孔をあけたものを用ひると一つの寫真が得られる。これが**針孔寫真**で光の直進を示す一例である。

光が空間を傳る速さは毎秒  $3 \times 10^{10}$  糎 (3億秒米) であ

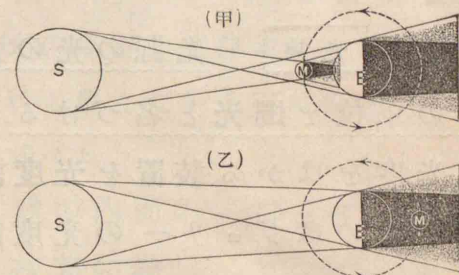
つて、一秒間に地球の周圍を七回半廻れるほどの速さである。

2. **影** 光を不透明體で遮るとその後には影ができる。この際、光が全く來ない濃い影の部分**本影**といひ、光源の一部分からは光を受ける淡い影の部分**半影**と名づける。

**日食**は月が太陽の光を遮つてできる影の中に、地球が入つた場合に起る。その本影に當る部分からは太



90. 皆既日食  
周圍の放射状のものは光冠(コロナ)

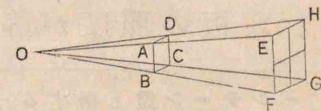


91. 日食(甲)と月食(乙)の理

陽が全く見えないから**皆既食**を見、半影に當る部分からは太陽の一部分だけが見えるから**部分食**を見る。**月食**は地球の本影中に月が入るときに起る現象であつて、半影中に入つただけでは食にならない。

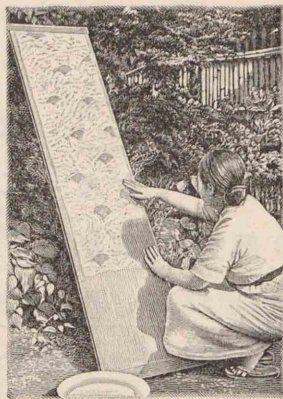
### 3. **照度・明るさ**

物體が光に照される強さを**照度**といふ。照度は、



92. 光源からの距離と照度

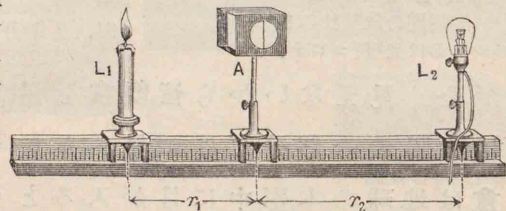
(1)光源の強さ (2)光源からの距離 (3)投射光線に対する受光面の傾きに關係する。同じ面では照度が大なるほど明るく見えるが、異なる面では照度が同じでも面の粗滑や色などによつてその明るさは異なる。



93. 張板の傾き

4. **光度** 光源の光の強さを光度といひ、その単位を燭光と名づける。

光度をはかる装置を光度計といふ。下圖に示したのはジョリーの光度計であつて、Aは錫箔を挟んだ二枚のパラフィン板である。今、兩光源の光度を $L_1, L_2$ とし、左右のパラフィン板の照度が等しくなつたときの兩光源



94. ジョリー光度計

\* ペンテーン燈と稱する一種の標準ランプの光度の  $\frac{1}{10}$  を 1 燭光と定めてある。

と A との距離を  $r_1, r_2$  とすれば、次の關係がある。

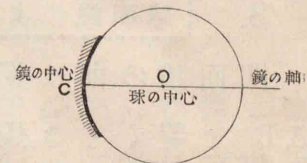
$$\frac{L_1}{r_1^2} = \frac{L_2}{r_2^2} \dots\dots\dots(16)$$

それで光度  $L_1$  が豫めわかつて居れば、 $r_1, r_2$  を測定することによつて  $L_2$  を算出することができる。

## 第二課 光の反射

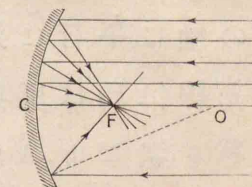
1. **光の反射** 光の反射の定律並びに平面鏡に就いては既に「一般理科」で學んだから重ねて述べない。  
問. 光の反射の定律を述べよ。

2. **球面凹鏡** 球の内面の一部を磨いて反射鏡としたものを球面凹鏡 または單に凹面鏡といひ、鏡の中心と球の中心とを結ぶ線を鏡の軸と稱する。



95. 球面凹鏡

鏡の軸に平行な光線を凹面鏡の中心に近い部分にあてると、光線は反射した後、悉く或一點に集る。その點(F)

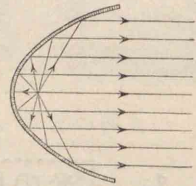


96. 凹面鏡

を**焦点**といふ。第96圖に於いてFはCOの中  
 点にあり、CFの長さを**焦点距離**と稱する。凹  
 面鏡の焦点距離をf、球面の半径をrとすれば、

$$f = \frac{r}{2} \dots\dots\dots (17)$$

凹面鏡の焦点に光源を置けば、光は鏡にあた  
 つて反射した後、軸に平行に進む  
 から、遠くまで光の強さが弱くな  
 らない。反射鏡はこの理を應用  
 したものである。

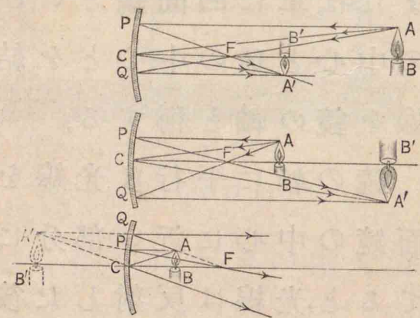


97. 拋物線鏡

探照燈や自動車のヘッドライトな  
 どには、普通の凹面鏡よりも一層有効な**拋物線鏡**が用  
 ひられる。

3. **球面鏡によつてできる物体の像**

凹面鏡の前に燭火  
 ABを置くとき、燭火  
 の一點Aから發して  
 鏡の軸に平行に進ん  
 だ光線(AP)は反射の  
 後Fを過ぎり、Aから  
 發してFを過ぎつた



98. 凹面鏡によつてできる像

光線(AQ)は、反射の後、鏡の軸に平行に進行する。  
 この二反射線の交点A'はA點の像である。同  
 様にしてBの像はB'にできる。即ち燭火AB  
 の像はA'B'である。この場合に於いて

1. 燭火を凹面鏡から遠く離して置けば像は鏡の近  
 くに小さく、倒立してできる。
2. 燭火を少しづつ鏡に近づけると像は次第に鏡か  
 ら遠ざかり、且つだんだん大きくなる。
3. 燭火を更に近づけて焦点以内に置けば、もはや倒  
 立した像はできない。このとき鏡の中を覗くと、直  
 立してゐる大きな燭火の像が鏡の後方に見える。  
 (3)の場合この像は光が實際そこにあつてできたの  
 でないから**虚像**と稱する。平面鏡によつてできる  
 像も亦虚像である。

4. **球面鏡の公式**

鏡の中心から物体まで  
 の距離をa、像までの距離をb、球面鏡の焦点距  
 離をfとすれば次の関係がある。

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \dots\dots\dots (18)$$

aとfとが與へられたとき、この式から算出  
 したbの値が、正ならば像は實像で倒立し、負な

らば虚像で正立する。

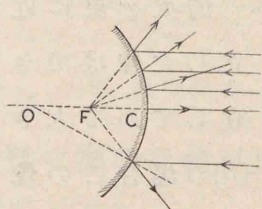
問 1. 球面鏡によつて生ずる像と實物の大きさとの比は、その各から鏡までの距離の比に等しい。これを證明せよ。

(第 98 圖参照)

問 2. 長さ 2 cm の燭を焦點距離が 30 cm の球面凹鏡の前方 36 cm のところに置いたとき、この鏡によつて生ずる像の向き位置及び長さを求めよ。

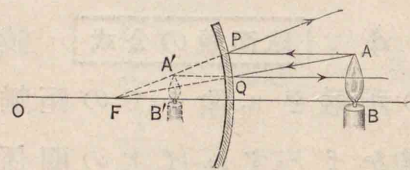
5. **凸面鏡** 球面の外側を磨いて反射鏡としたものを凸面鏡といふ。

凸面鏡にその軸に平行な光線が投射すれば、反射の後悉く、鏡の背後にある軸上の一 點 F から出たやうな方向に進む。この點を



99. 凸面鏡

凸面鏡の虚焦點といふ。この場合の焦點距離 CF もまた球面の半径 CO の  $\frac{1}{2}$  に等しい。



100. 凸面鏡によつてできる像

凸面鏡によつてできる像も、凹面鏡の場合と全く同様な方法によつて求められる。但しこの場合には、物體を鏡の前方如何なる位置に置いても、像は常に虚像であつて正立し、且つ實物より小さい。

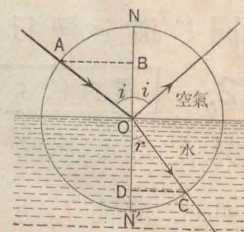
第三課

光の屈折

1. **光の屈折** 光が空気中から水面に投射すると、一部はその表面から反射し、一部は屈折して水中に進むことは既に學んだ。

屈折に關しては次の定律がある。

1. 投射光線と屈折光線とは投射點に於いて、境界面に立てた垂線 (NN') の兩側にあつて、この三線は同一平面内にある。



101. 光の屈折

2. 投射點 O を中心とする任意の圓を描き、これが投射光線・屈折光線と交はる點をそれぞれ A・C とする。A・C から前の垂線 NN' に垂線を下

し、その長さをそれぞれ AB・CD とすれば、 $\frac{AB}{CD}$  の値は投射角の大小に關係なく常に一定である。

$\frac{AB}{CD} = n$  を空氣に對する水の屈折率と稱する。

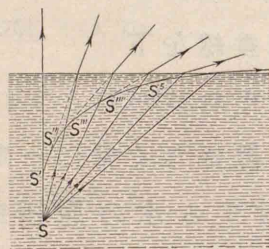
\* 屈折率は三角法を用ひると、次のやうに表すことができる。投射角の正弦と屈折角の正弦との比は、角の大小に關係なく常に一定である。すなはち  $\frac{\sin i}{\sin r} = n$ 、この n の値が屈折率である。

屈折率の大なるものを光學的に密であるといひ、小なるものを疎であるといふ。アルコールは水よりも光學的に密であり、ガラスは金剛石よりも疎である。光が疎な物質から密な物質に進むときは、屈折光線は垂線に近づく。第101圖で、光を逆にCOの方向に送れば、屈折してOAの方向に進む。すなはち、光は同じ道を逆行する。

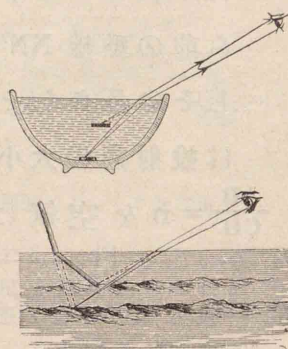
屈折率(空氣に對して)	
水	1.33
クラウンガラス	1.52
フリントガラス	1.58—1.65
アルコール	1.36
二硫化炭素	1.63
金剛石	2.42

2. **屈折によつて起る現象** 澄んだ小川が浅く見えたり、水中に入れた棒が水面のところでは折れて見えたりするのは、光の屈折によるのである。

また大氣は下層程密であるから、天體から來る光は屈

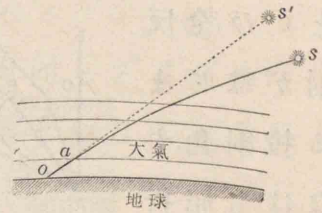


102. 水中にある物體を空氣中から望むときに見る像の位置  
S: 實物, S'/S'': 像の位置



103. 水による屈折

折して進む。それで天體は實際の位置より少し高く見える。



104. 大氣による屈折

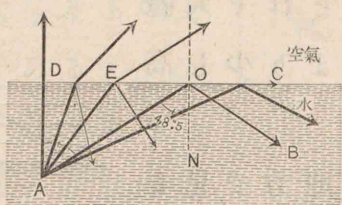
砂漠や海岸地方で見ると、蜃氣樓も、大氣の密度が上層と下層とで異なるために光の進路が彎曲して起る現象である。



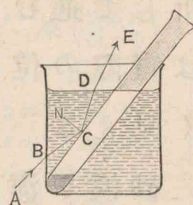
105. 蜃氣樓

3. **全反射** 光が密な物質から疎な物質へ出る場合には、その屈折角は常に投射角よりも大きい。それ故に、投射角を次第に大にすると、遂に屈折角が90°となり、光は境界面に沿うて進む。投射角が更に大になると、屈折する光はなくなつて、全部が反射する。この現象を全反射

といひ、全反射がはじまる投射角すなはち屈折角が90°にな



106. 全反射



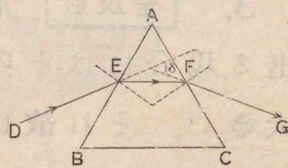
107. 全反射の例

るべき投射角を臨界角と稱する。水から空気に出る時の臨界角は48.5°で、ガラスから空気に出る時の臨界角は約42°である。水中に入れた空の試験管が銀のやうに輝いて見えるのは、全反射によるのである。

問. 水面を掠めて空気中から水面に投射する光の投射角は90°で、それに對する屈折角は48.5°になる。静かな水面の下にゐる魚は落日を如何なる方向に望むか。

4. **プリズム** 相交はる二平面から成る楔形の透明體をプリズムといひ、その二平面のなす角をプリズムの角と稱する。

プリズムの一側面に光を投射すると、光はプリズムの厚い方へ屈折して進み、他の側面から出るとき、



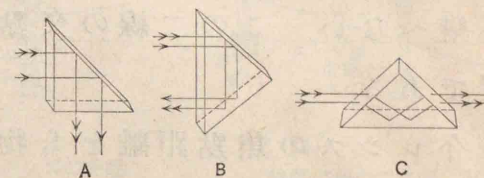
108. プリズムに投じた光の通路

再び厚い方へ屈折する。

従つて投射した光線の方向とプリズムを出て行く光線の方向とは或角δをなす。これをフレの角といふ。

フレの角は (1)プリズムの角が大なる程、(2)その物質の屈折率が大なる程、大きい。

直角プリズムの一面に垂直に投射した光線は、一回または二回



109. 直角プリズム

の全反射の後、その方向を90°または180°かへて出て行く。

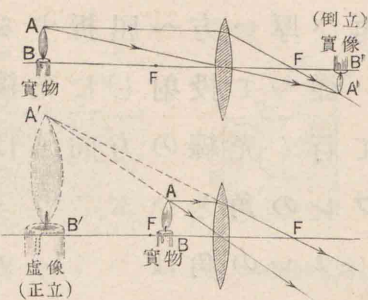
### 第四課

### レンズ

1. **レンズ** レンズに凸レンズ(収斂レンズ)と凹レンズ(發散レンズ)との二種あること、並びにその焦點、焦點距離等に就いては既に「一般理科」で學んだ。

2. **凸レンズによつてできる像** レンズの前に物體 AB を置くとき、その一點 A を發してレ

レンズの軸に平行に進んだ光線は、レンズを通過した後焦点 F を通り、A を發してレンズの中心に向つた光線はレンズを通過してもその方向を變へない。この二線の交點 A' が A の像の位置である。



110. 凸レンズのつくる像

今レンズの焦点距離を f, 物體とレンズとの距離を a, 像とレンズとの距離を b とすれば次の關係がある。

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \dots\dots\dots(18')$$

故に a と f とを知らば b の値を算出することができる。このとき、

1. b が正なれば、像はレンズに對して物體の反對側にあり、實像であつて倒立し、
2. b が負なれば、像は物體と同じ側にあり、虚像であつて正立する。

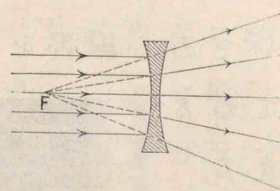
また實物の長さを y, 像の長さを y' とすれば、

$$\frac{y'}{y} = \frac{b}{a} \dots\dots\dots(19)$$

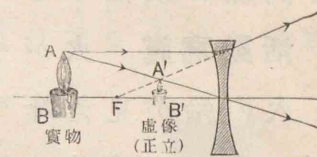
すなはち、像と實物との大きさの比は、その各からレンズまでの距離の比に等しい。

3. **凹レンズ** 光線を凹レンズの軸に平行に送ると、屈折の後、軸上の一焦點 F から出て直進したやうに發散する。F を凹レンズの虚焦點といふ。

凹レンズによつてできる物體の像



111. 凹レンズの焦點



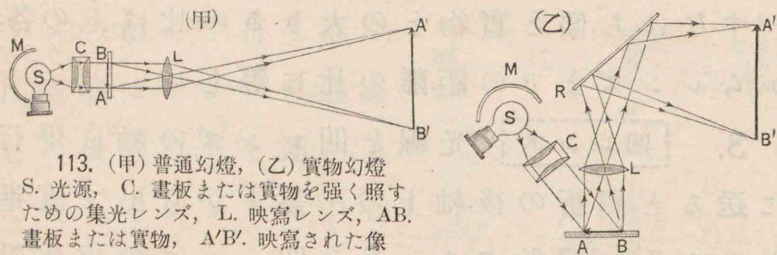
112. 凹レンズによる物體の像のでき方

も亦、凸レンズの場合と同様にして求めることができる。その像は常に虚像で正立し、實物より小さい。

4. **レンズの應用** レンズを應用した光學機械に就いては「應用理科」で學ぶ筈であるから本書では二三の簡單なものに就いてのみ述べる。

**幻灯機** 普通の幻灯では透明な畫板を強い光で照し、その透過光線を凸レンズにうけて廓大した實像を映幕上に映寫し、**實物幻灯**では實物を強く照し、その反射光線を凸レンズにうけ

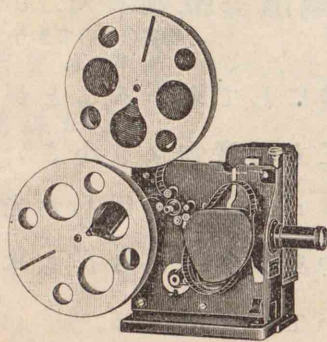
\*  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$  なる公式は凹レンズの場合にもそのまま成立する。但し、この場合には f を負としなければならない。



113. (甲) 普通幻燈, (乙) 實物幻燈  
S. 光源, C. 畫板または實物を強く照らすための集光レンズ, L. 映寫レンズ, AB. 畫板または實物, A'B'. 映寫された像

て同様に映寫する

**活動寫眞** 火がついてある線香を振り廻すと火の輪が見え、降つてゐる雨の粒は直線状に見える。



114. 活動寫眞映寫機



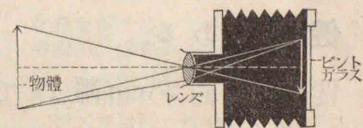
115. フィルム

これは眼のうけた光の感覺は、その刺戟が止んでから後も尚  $\frac{1}{10}$  秒位は残るからである。活動寫眞はこの理を幻燈に應用したものである。

すなはち、運動しつつある物體の寫眞を、毎秒十數枚の割合で撮影して一すぢのフィルムをつくり、これを寫

したときと同じ順序・同じ速さで幕上に映し出すのである。そして一つの寫眞が次の寫眞にかはる間は光を遮り、個々の寫眞がレンズの正面にきたとき、フィルムは一瞬間停止してその寫眞を映し出すやうにしてある。かやうにして、少しづつ異なる寫眞を次々に見るので恰も物體が動いてゐるやうに感ずるのである。

**寫眞機** 伸縮自在な蛇腹でできてゐる暗箱の前面に凸レンズを取  
付け、後方にピントガラスをはめたものである。

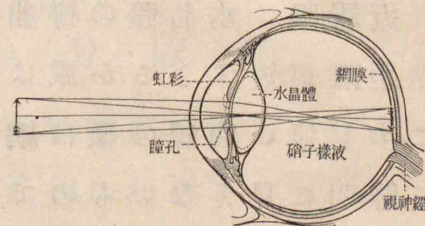


116. 寫眞機の理

蛇腹を伸縮して寫すべき物體の實像をピントガラスの上に鮮明につくり、次いでその位置に感光性の種板を置いて撮影するのである。

5. **眼** 構造は寫眞機の暗箱に似てゐる。凸レンズに相當するものは**水晶體**、ピントガラスにあたるものは**網膜**である。

虹彩は見る物體の明暗に應じて瞳孔の開きを適當にするも



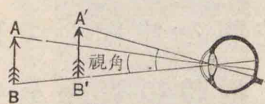
117. 眼 球



ので、寫眞機に於ける絞りの用をする。

寫眞機ではレンズとピントガラスとの距離を調節して鮮明な像をピントガラスの上につくつたが、眼では水晶體の彎曲の度を調節して網膜の上に明瞭な像をつくるのである。これを眼の調節作用といひ、その作用が15cmぐらゐの近距離から無限の遠方まで自由にできるのが健眼である。

健眼は約25cm離れて物を見るとき、最も樂に見える。この距離を明視の距離といふ。



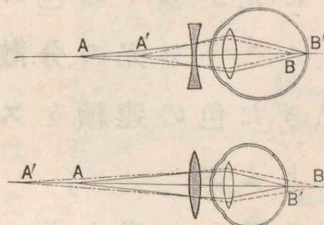
118. 視角

物體の大小の感じは、主に眼から物體の兩端に引いた二直線のなす角の大小によつて定る。この角を視角といふ。

6. 眼鏡

近視眼 水晶體の彎曲の度がすぎてその焦點距離が短すぎるか、或は眼底が深すぎるために、少し遠い物體の像は網膜よりも前方にできて、鮮明に見えないものである。これを調節するには凹レンズの眼鏡を用ひる。

遠視眼 水晶體が扁すぎるか、眼底が淺すぎるために、近い物體の像は網膜の後方にできて物が鮮明に見えないものである。これを調節するには凸レンズの眼鏡を用ひる。



119. (上) 近眼鏡, (下) 遠眼鏡

老眼は筋肉の收縮力が衰へて、眼の調節作用が不十分になつたものであつて、遠視眼に似てゐる。

眼鏡を用ひないと A (普通の人の明視の距離にある物體) の像は B にできるので鮮明に見えない。眼鏡を用ひると、A から來た光はレンズで屈折されて恰も A' (その人の明視の距離にある物體) から來た光のやうに眼にあたるのでその像は B' に結び、鮮明に見える。

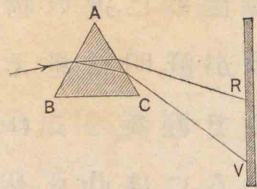
眼鏡の度はレンズの焦點距離を吋で表した數である。(1吋 = 2.54 cm) 近年その焦點距離をメートルで測つた數の逆數で表すやうになつた。これをディオプターといふ。

第五課

光の分散

1. スペクトル 細い隙間を通して日光をプリズムにあてると、光線は屈折すると同時に、色の異なる多くの光に分れて美しい色の連續

をつくる。その主な色は排列の順に、赤・橙・黄・緑・青・藍・堇の七色である。かやうに、光が多く色の光に分れることを光の分散といひ、できた色の連続をスペクトルとよぶ。



120. 光の分散

分散した光を凸レンズにうけて、これを白紙の上に集めると、もとの無色の光となつて、細い隙間の像ができる。これによつて、日光は種々の色の光の集合であること、並びに光は色によつて屈折率がちがふことがわかる。

屈折率は赤光が最も小さく、堇色に近づくほど順次に大きい。

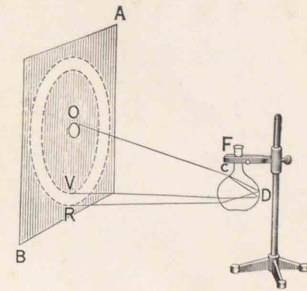
分散のできる光を複光といひ、複光の成分である各種の色の光を単色光といふ。また、日光や電燈の光のやうに色のない光を白光と稱する。

2. 虹 葉末に宿る露の玉が美しい色に輝き、眼の位置を少し移すと、それが様々な色

水・ガラスの屈折率 (空氣に對して)			
	赤	黄	堇
水	1.332	1.334	1.344
クラウンガラス	1.510	1.515	1.531
フリントガラス	1.622	1.633	1.669

に變つて見えるのは、水滴のために光が分散されて起る現象である。

孔から入つて来る日光を水を充したフラスコにあてると、光は分散される。分散された光を眼にうけると、フラスコは或は赤く、或は青く輝く。またこれを白い衝立にうけると、外



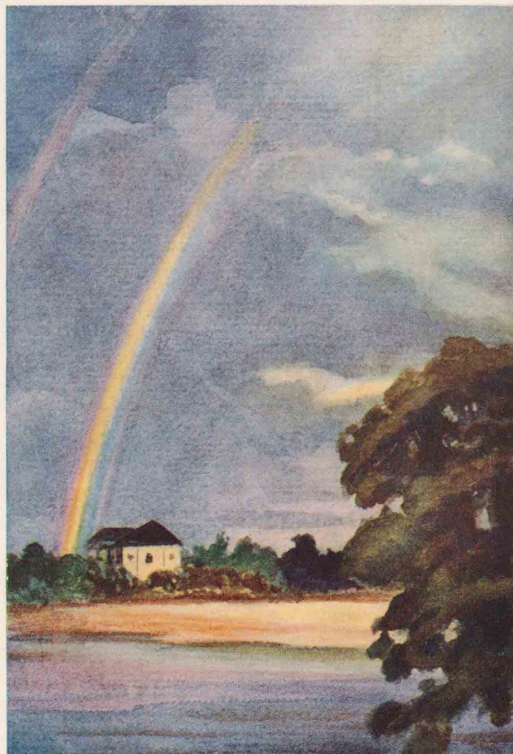
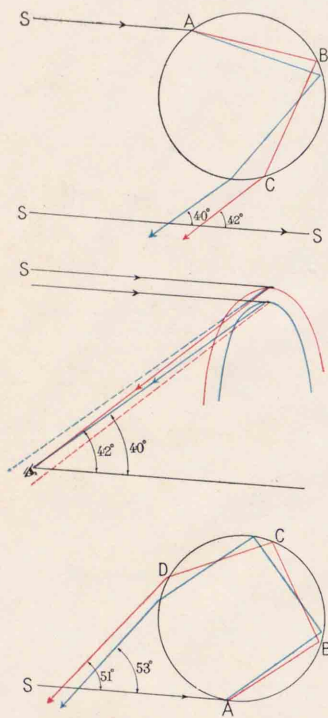
121. 水球による光の分散

側が赤で内側が堇色の虹のやうな輪ができる。

虹は日光が大氣中に浮遊してゐる水滴のために分散されて起る現象である。水滴に投射した日光が屈折して水滴内に進み、内面で反射し、更に屈折して球外に出るときは、分散されて多くの単色光に分れる。その際、或特別な方向に出て行く光だけが、遠方まで進んでもその強さが減らない。その方向は赤色光では投射光線の方角と約 $42^\circ$ 、堇色光では約 $40^\circ$ である。それ故に観測者の眼と太陽とを連ねる直線を軸として、太陽と反対の側に於て、これと $42^\circ$ をなす方向に赤色を、 $40^\circ$ をなす方向に堇色を、その間に他

の色の輪を見るのである。

時には、二重の虹を見ることがある。この外側の虹は日光が水滴の中で二回反射してから球外に出ることによつて起るもので、赤色光は投射光線と $51^\circ$ 、堇色光は $53^\circ$ の角をなしてゐる。だから色の順序が内側の虹と反対で、堇色が外側に見える。

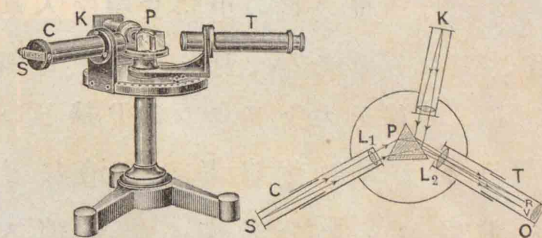


122. 虹

### 3. 分光器

種々の光源のスペクトルを検べる器械で、その主要部はプリズムP、光を導く筒C、及び小なる望遠鏡Tからできてゐる。

Cの前端にある細隙Sから入つて来る光は、その後端にあるレンズ $L_1$ によつて平行となつてプリズムPにあたる。



123. 分光器

K. スペクトル各部の位置を明瞭にするための尺度

Pで分散された色光は望遠鏡Tに入り、その對物レンズ $L_2$ によつて鮮明なスペクトルVRをつくる。これを對眼レンズOで廓大して見るのである。

### 4. スペクトルの種類

電燈や蠟燭等の光のスペクトルは赤から堇に至る各種の色光が連続してゐる。かやうなものを連続スペクトルといふ。白熱された固體並びに液體から出る光は連続スペクトルをつくる。

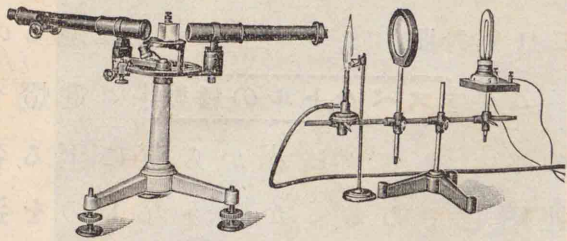
氣體が発する光のスペクトルを見ると、暗黒な視野の中に數多の輝線がある。これを輝線スペクトルと名づける。この輝線の數と位置

とは各元素に特有なものであるから、これによつてその元素を鑑別することができる。これを**スペクトル分析**といふ。

ブンゼン燈の焰の中に食鹽を入れると、黄色の光を發し、これを分光器で見ると、黄色の部に強い線が見える。この線を**ナトリウムのD線**といふ。

色ガラスや葉綠素の溶液などを通過して來た電燈の光を分光すると、連続スペクトルの所に黒い部分が見える。これはその部分の光が途中で吸収されたためである。かやうなスペクトルを**吸収スペクトル**といふ。

電燈と分光器との間にナトリウムの焰を置き、これを通過して來た光を見るとナ

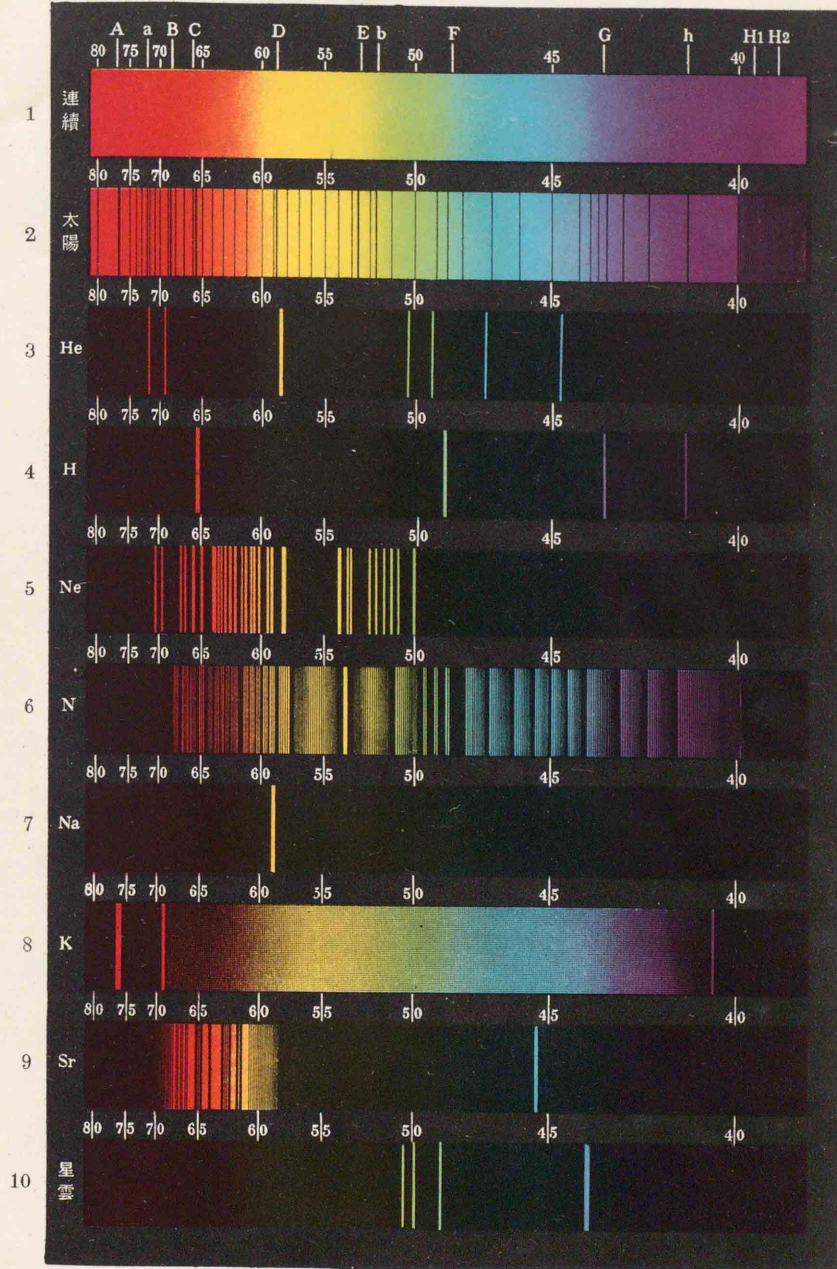


124. 吸収スペクトル

トリウムのD線にあたる部分に黒線が見える。これはナトリウムの蒸氣が電燈の發する光の中から黄色の光だけを吸収するためである。

5. **太陽スペクトル** 日光のスペクトルは

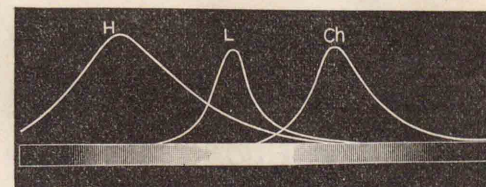
スペクトル



一見すると連続スペクトルであるが、よく調べると、その中に無数の黒線が見える。これらの線をフラウンホーフェル線と稱し、その主な線にA・B・C……などの名稱がつけられてある。

これは太陽から發する光が、太陽を包んでゐる比較的低温度の氣體を通る際に吸収されてできたものである。この黒線を精査することによつて太陽を包んでゐる氣體の成分がわかり、ひいて太陽をつくつてゐる元素をもほぼ知ることができる\*。

6. **幅射線** 日光スペクトルの中で、最も強い光の感じを與へるのは黄色部である。また各部の熱作用は、堇色部から赤色部に近づくに従つて次第に強くなり、赤色外の暗黒部に於いても尙相當に強い。



125. 幅射線の強さ  
H. 熱線 L. 可視光線 Ch. 化學線

暗黒部にも熱作用に富む線があることがわか

ヘリウムはこの原理によつて1868年太陽の中に發見され、それから27年を経た1895年にやうやく地球上に發見された。

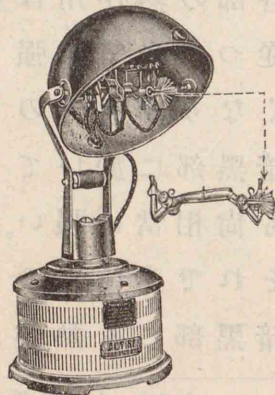
る。これを**赤外線**または**熱線**といふ。スペクトル各部の**化学作用**を検べると、赤色部から**堇色部**に近づくに従つて次第に強くなり、**堇色外**の部分でも尙相當に強い。それでその部分にも化学作用に富む線が存することがわかる。これを**堇外線**または**化学線**と稱する。

**赤外線**・**光線**・**堇外線**を合せて**幅射线**といひ、何れも同じ速さで進行し、また同じ定律に従つて反射し、屈折する。

物体を熱するとき温度が低い間は**赤外線**のみを出すが、 $500^{\circ}\text{C}$ 位になると**赤色光**を出す。更に温度を高めて約  $1200^{\circ}\text{C}$  位に達すると、すべての色光を發する。これが**白熱**の状態であり、更に温度を高めると**堇外線**が強く出て來る。

#### 7. **水銀燈** (人工太陽燈)

石英ガラス製の管に少量の水銀を入れ、その両端に電極を封入して、管内の空氣を排除したものである。これに電流を通ずると水銀蒸氣の中に電氣の弧光を生じ、紫色



126. 水銀燈

を帯びた光と共に強い**堇外線**を發する。それで**水銀燈**は**醫療**、または**物質の鑑別**に利用される。

自然の**寶石**や**天然絹絲**などは**堇外線**によつてそれぞれ特有の**螢光**(第76頁参照)を發するが、**模造品**や**人造絹絲**はこれを發しない。それで容易にこれらを區別することができる。

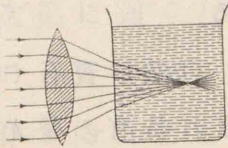
## 第六課

### 物体の色

1. **物体の色** 物体の色は、その物体が白光の中から或種の色光を選擇的に吸収して、他種の色光を透過または反射するために現れるものである。すべての色光を悉く吸収するものは黒く見え、一様に反射するものは白く見える。それで、**ナトリウム**の**黄色光**で照すと、**赤い花**も**黒い文字**も同様に黒く見え、**白紙**も**黄紙**も共に**黄色**に見える。かやうに、物体の色は照す光によつて著しく變つて見える。劇場などで舞臺を色のある光で照して、**衣裳**や**背景**の感じを變

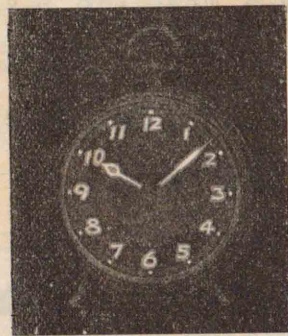
へるのはこの理を應用したのである。

2. **螢光・燐光** 石油に日光をあてると紫色に光り、日光をあてるのを止めると同時に消える。かやうに或物質に光をあててゐる間、その光と異なる色の光を發する現象を**螢光**といひ、螢光を發する物質を**螢光體**とよぶ。フルオレシソ・硫酸キニーネの溶液・螢石などは著しい螢光體である。螢光體に莖外線をあてると一層強い螢光を發する。(第75頁參照)



127. 石油の螢光

カルシウム・バリウムなどの硫化物は、日光に照してから暗室に移して見ると、相當に長い時間ある特有な微光を放つてゐる。かやうに、光があたるのが止んだ後までも特有な色光を發する現象を**燐光**といひ、燐光を發する物質を**燐光體**と稱する。



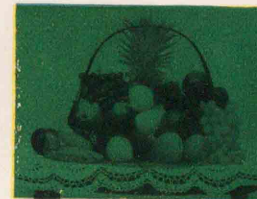
128. 夜光時計

夜光時計が暗夜に光るのは燐光體に微量の放射性物質(第116頁參照)を混ぜて針や文字盤に塗つ

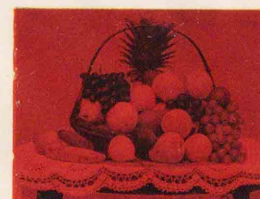
### 三色版の理



紫色のフィルターを透して見たもの



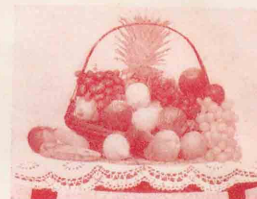
綠色のフィルターを透して見たもの



橙色のフィルターを透して見たもの



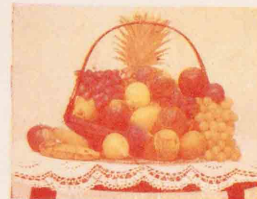
上の陰畫を黄色で印刷したもの



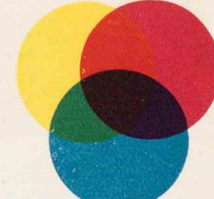
上の陰畫を赤色で印刷したもの



上の陰畫を青色で印刷したもの



黄色版上に赤色版を重ねたもの



三色交配



左圖に青色版を重ねたもの

であるためである。

3. **餘色・光の三原色** 赤光と青緑光・黄光と青光のやうに、二つの色光を合せて白光となるとき、これらの光の色を互に餘色であるといふ。

赤・緑・青紫の三色光を適當の割合に合せると、白光その他任意の色を現すことができる。

それでこの三色光を光の**三原色**と稱する。

4. **繪具の混合** 色光の混合と繪具の混合とはその趣が全くちがふ。

例へば、黄光と青光とを合せると白光となるが、黄色繪具と青色繪具とを混ぜても、白色は得られないで緑色が現れる。これは黄の繪具は白光中から主に青・藍・堇の色光を吸収し、青の繪具は赤・橙・黄の色光を吸収するから、この二種の繪具を混ぜると、その何れにも吸収されない緑色光のみが反射されるからである。

繪具では、赤・黄・青の三色を適當に混ぜると、すべての色を出すことができる。それでこの三色を**繪具の三原色**とよぶ。

三色版はこの理を應用したものである。

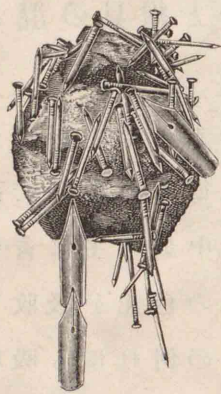


# 第四章 磁氣・電氣

## 第一課

### 磁氣

1. **磁石** 磁石には、その形によつて、棒磁石・蹄形磁石・磁針などの種類がある。何れも鋼



129. 磁鐵鐵

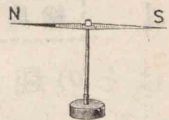
でつくられ、鐵を引く作用がある。

磁石を鐵粉の中に入れると鐵粉は兩端の附近に特に多く引付けられる。

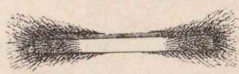
その最も強く

引付ける點を**磁極**といふ。

棒磁石を水平に支へて、自由に廻轉できるやうにすると、ほぼ南北を指して靜止する。南を指す磁極を**南極**或は**S極**といひ、北を指す方を**北極**或は**N極**とよぶ。磁針はこの性質を利用



130. 磁石の種類



131. 磁石と鐵粉

して方位を知るものである。

**羅針盤(コンパス)** 航海に用ひられる羅針盤は方位

盤の裏面に數個

の小磁石を平行

に貼付け、その方

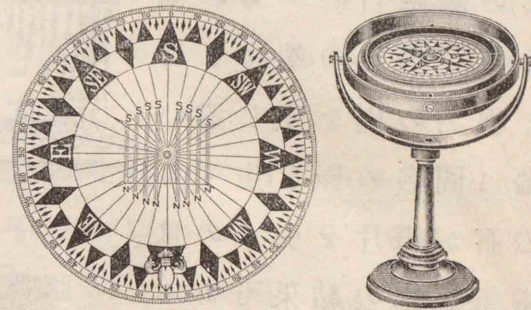
位盤は船の動搖

に關せず常に水

平面内に自由に

廻轉し得るやう

にしてある。



132. 羅針盤の外形(右)と方位盤(左)

2. **磁力** 磁石の極に他の磁石の同名の

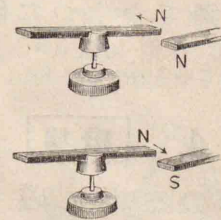
極を近づけると相斥け、異名の極を近づけると

相引く。かやうに磁極間に作

用する力を**磁力**といひ、磁力は

**磁氣**とよぶものによつて起る

と考へる。



133. 磁 力

實驗の結果によれば、

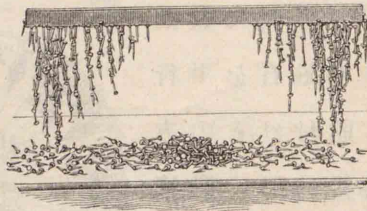
二磁極間の磁力は兩磁極の強さの相乗積に正比例

し、距離の二乗に反比例する。

これを**クーロンの定律**といふ。

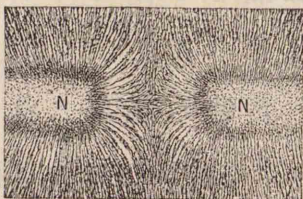
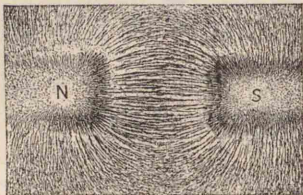
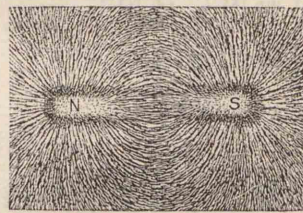
3. **磁気感應** 磁石に鐵片を近づけると、鐵片は磁石となる。これを**磁氣の感應**といふ。

この際、磁石の一方の極に近い鐵片の端にこれと異名の極を生じ、遠い端に同名の極を生ずる。磁石が鐵片を引くのは磁氣感應の結果である。



134. 磁氣の感應

軟鐵は感應し易いが、またその磁性を失ひ易い。これに反して鋼は感應し難いが、一旦得た磁性を永く保持する。それで鋼でつくつた磁石を永久磁石といふ。

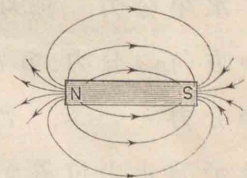


135. 磁 力 線

4. **磁場** 磁石の近傍のやうに磁力の作用する場所を**磁場**といふ。磁場の一點に小磁針を置くとき、その北極が示す方向をその點に於ける**磁場の方向**といふ。

今、磁石の上にガラス板を載せ、その上に鐵粉をまくと鐵粉は第 135 圖のやうに列ぶ。これは感應によつて鐵粉が小磁針となつて、磁場の方向に列んだのである。この曲線を**磁氣指力線**或は單に**磁力線**とよぶ。

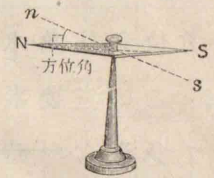
磁力線は磁石の北極から出て、南極に入るものと定める。



136. 磁力線の方向

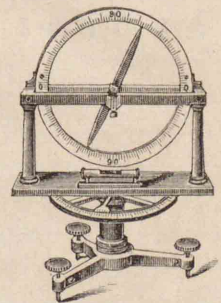
5. **地磁氣** 地球上では、磁針が一定の方向に靜止するから、地球上は一つの磁場であることがわかる。

**方位角** 嚴密にいへば、磁針の靜止する方向は正しい南北ではない。磁針の示す方向を含む鉛直面と地球子午面のなす角を**方位角**或は**偏角**といふ。



137. 方位角  
n. 正しい南北の方向  
NS. 磁針の靜止する方向

**伏角** 重心で支へられた磁針は水平に靜止しないで、北半球では N 極が下つて靜止する。だから地球磁場の方向は水平でないことがわかる。



138. 伏角計

この地球磁場の方向が水平面となす角を伏角と稱する。

伏角が $90^\circ$ の點を地磁氣の極といひ、その位置は地球の南北兩極と多少異つてゐる。

**水平分力** 地球磁力の水平の方向の分力(第121頁参照)を水平分力といふ。普通の水平磁針が靜止の位置から偏したとき、之が原位置に引戻されるのは水平分力の作用による。

方位角と伏角 (1923 年)		
地名	方位角(w)	伏角
大泊	$8^\circ 18.6'$	$60^\circ 23.8'$
札幌	$7^\circ 30.6'$	$57^\circ 3.9'$
仙臺	$6^\circ 8.1'$	$51^\circ 51.2'$
八王子	$5^\circ 28.2'$	$48^\circ 41.9'$
廣島	$5^\circ 20.3'$	$48^\circ 15.4'$
名瀬	$3^\circ 24.2'$	$40^\circ 29.4'$
臺北	$1^\circ 59.9'$	$35^\circ 25.5'$

方位角・伏角・水平分力の三つを地磁氣の三要素といふ。この三要素は各地に於いて略定つてゐるが時として急激な一時的變動が起ることがある。これを磁氣嵐といふ。

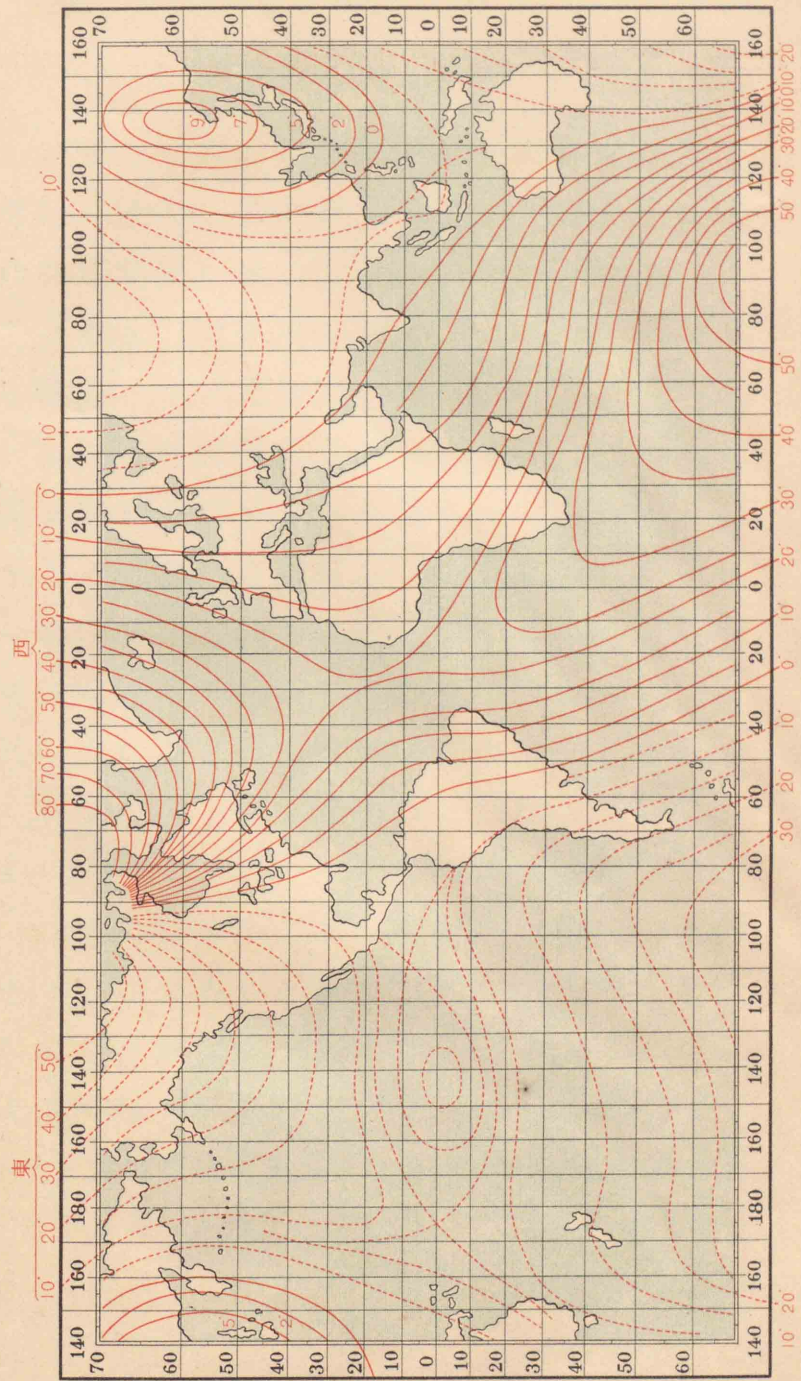
上の表は我國各地に於ける方位角並びに伏角を示したものである。

## 第二課

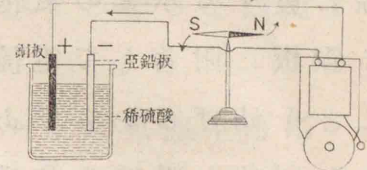
### 電池と電流

1. 電池と電流 稀硫酸の中に銅板と亜鉛

### 等方位角線



板とを浸し、これを針金で連ね、その針金の近くに磁針を置くと磁針は一方にかたよる。これは針金に電氣が流れるからである。電氣の流れを電流といひ、化學變化によつて電流を得る



139. 電流の發生 (ボルタの電池)

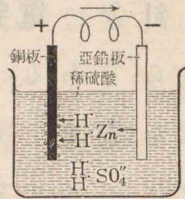
装置を電池と稱する。今述べた電池 (ボルタの電池) では、陽電氣は銅板から針金を通つて亜鉛板へ流れる。一般に陽電氣が流れ出す方の板を電池の陽極、流れ込む方の板を陰極といひ、陽電氣の流れる方向を以て電流の方向とする。また電流の通る道を輪道或は回路と名づける。

2. **電流の強さ** 電流は磁氣の作用をするほか、針金に熱を生じ、また鹽類等の溶液に化學變化を起させる。それで、これらの作用によつて電流の有無・強弱を知ることができる。

電流の強さの單位をアンペアといふ。1アンペアとは硝酸銀の溶液から毎秒0.001118gの銀を析出させる電流である。

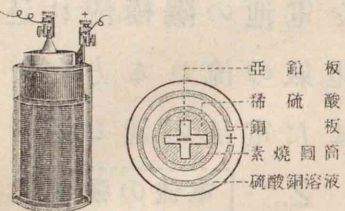
3. **電池** ボルタの電池では、その電流が

すぐに弱くなるので、長い時間引續き用ひることができない。これは亜鉛が硫酸に溶け、この際に發する水素の氣泡が陽極たる銅板に附着して電流の通ずることを妨げるからである。かやうな現象を電池の分極作用といふ。それで實用に供する電池では、何れも分極作用を除くやうに工夫してある。



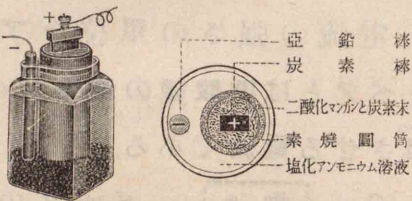
140. 電池の説明圖

(1) **ダニエル電池** 硫酸銅の濃溶液中に稀硫酸を入れた素焼の圓筒を立て、その中に亜鉛板を浸し、硫酸銅溶液中には銅板を浸したものである。この電池から得られる電流は弱い、その強さが長く變らない長所がある。



141. ダニエル電池

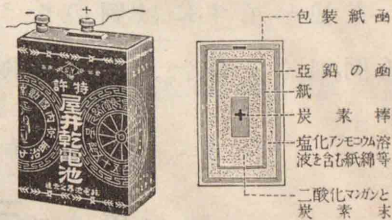
(2) **ルクランシェ電池** 鹽化アンモニウムの溶液の中に亜鉛棒と素焼圓筒とを立て、素焼圓筒内には炭素板を立てて周圍を炭



142. ル克蘭シェ電池

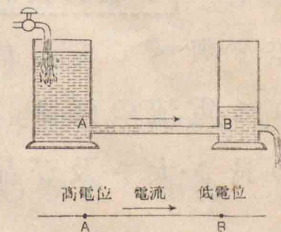
素と二酸化マンガンの混合物で填める。この電池は使用中にだんだん電流が衰へるが使用を中止して置くと、再びその強さを回復する長所がある。

(3) **乾電池** ル克蘭シェ電池の鹽化アンモニウム液を綿または紙などに吸収させたもので、取扱が便利なために廣く用ひられる。



143. 乾電池

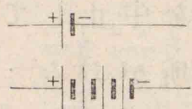
4. **電位** 陽電氣がAからBへ流れるときは、AはBより電位が高いといふ。水が水位の高いところから低いところへ流れ、熱が温度の高い點から低い點へ移るやうに、陽電氣は電位の高い點から低い點へ移るのである。電位の差を電壓と稱し、その單位をボルトといふ。



144. 水位と電位

5. **電池の電動力** 電池の兩極を導線で連ねると、陽極から陰極に向つて電流が起る。そ

れで電池の陽極は陰極よりも電位が高い。その  
 の兩極の電位差をもつて電池の電動力を表す。  
 電池の電動力はその形状や大  
 小に關係なく、その液と兩極板  
 の品質とによつて定る。



145. 電池の圖示

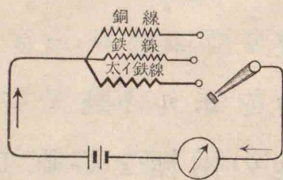
電池を示すには、圖のやうな長短二本の線を用ひる。  
 通例、細くて長いものは陽極、太くて短いものは陰極を  
 示す。

### 第三課

## 電氣抵抗

#### 1. 導線の抵抗 導線の兩端に一定の電位

差を與へても、これを流  
 れる電流の強さは導線  
 の長さ・太さ及び品質に



146. 電氣抵抗の實驗

電氣抵抗 (オーム)		
15°C・長さ 1 m・切口 1 mm <sup>2</sup>		
銀		0.016
銅		0.017
タンダステン		0.055
鐵		0.048
眞鍮	銀	0.05-0.07
洋銀		0.17-0.41
ニクロム		1.10
水	銀	0.96
長さ 1 cm・切口 1 cm <sup>2</sup> の液體の抵抗		
硫酸 (10%)		2.7
硫酸銅 (飽和液)		30.0

よつて異なる。これは導線の電氣抵抗にちが  
 ひがあるからであつて、抵抗が大なるほど電流  
 は弱い。

導線の抵抗は、(1) 長さに正比例し、(2) 切口の面  
 積に反比例し、(3) 品質や溫度によつて異なる。

抵抗の單位をオームといふ。

1 オームは太さ 1 mm<sup>2</sup>、長さが 106.3 cm の水銀線  
 の 0°C のときの抵抗である。

#### 2. オームの定律 實驗の結果によれば、

導線を通れる電流の強さは、その兩端の電位差に比  
 例し、抵抗に反比例する。

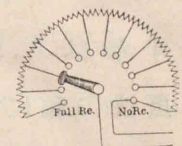
これをオームの定律といふ。

今、回路の二點間の電位差を E

ボルト、抵抗を R オーム、電流の強

さを C アンペアとすれば次の關係がある。

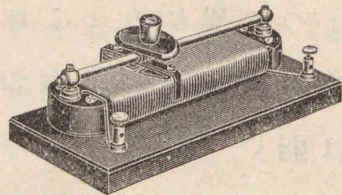
$$C = \frac{E}{R}, \quad E = CR \quad \dots\dots\dots (20)$$



147. 加減抵抗器

\* この式によつて、抵抗 1 オームの導線に 1 アンペアの電流が  
 流れてゐるとき、その導線の兩端の電位差が 1 ボルトである  
 ことがわかる。

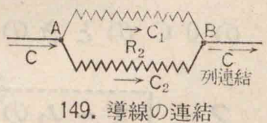
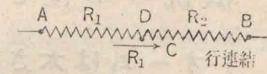
従つて、回路に抵抗器を入れてその抵抗を加減すれば、電流の強さを調節することができる。



148. 抵抗器

3. 導線の連結

(1) 行連結 数條の導線を次々につないで、一本とするつなぎ方を行連結といふ。今各線の抵抗を  $R_1 \cdot R_2 \dots$  とし、その両端間の全抵抗を  $R$  とすれば、次の関係がある。



149. 導線の連結

$$R = R_1 + R_2 + \dots \dots \dots (21)$$

すなはち、行連結にした場合の全抵抗は各導線の抵抗の和に等しい。

(2) 列連結 数條の導線の両端をそれぞれ一括したつなぎ方を列連結といふ。この場合に、各線の抵抗を  $R_1 \cdot R_2 \dots$  とし、その両端間の全抵抗を  $R$  とすれば、次の関係がある。

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots \dots \dots (22)$$

すなはち、列連結の場合には、全抵抗の逆数が、各導

線の抵抗の逆数の和に等しい。

問. 電線が三本あつて、その抵抗がそれぞれ3オーム・5オーム・6オームであるとする。それらを列につなぐと、その全抵抗は幾オームであるか。

4. 電池の抵抗

電池の兩極を導線で連ねると、電流は陽極板から導線を傳つて、陰極板に流れ、更に電池内の溶液中を流れて陽極板に歸る。それで、その回路の全抵抗は導線の抵抗と電池内の抵抗(電池の内抵抗)との和となる。

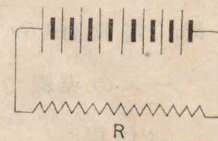
電池の内抵抗は、極板の面積が大きいほど、兩極板の距離が小さいほど、小さい。

電池の電動力を  $E$ 、その内抵抗を  $r$ 、兩極を連ねる導線の抵抗を  $R$  とすれば、その回路を流れる電流の強さ  $C$  は、オームの定律によつて、

$$C = \frac{E}{R+r} \dots \dots \dots (23)$$

5. 電池の連結

(1) 行連結 多くの電池を右圖のやうにつなぐことを、行連結といふ。



150. 行連結

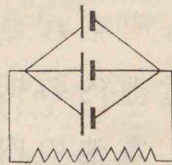
同種等大の電池  $n$  個を行に

連結するときは、その全電動力並びに全内抵抗は、それぞれ1個の場合のn倍となる。それで、

その両端の極を抵抗Rの導線で連ねるときにこれを流れる電流の強さをCとすれば

$$C = \frac{nE}{R+nr} \dots\dots\dots(24)$$

(2) 列連結 多くの電池の陽極と陽極と、陰極と陰極とを、それぞれ一括してつなぐことを列連結と稱する。



151. 列連結

この場合に、n個の電池をつなげば、電動力は1個分の電動力と同じであるが、全内抵抗は1個の内抵抗の $\frac{1}{n}$ となる。従つて、その両極を抵抗Rの導線で連ねるときに導線を流れる電流の強さCは次の式で示される。

$$C = \frac{E}{R + \frac{r}{n}} = \frac{nE}{nR+r} \dots\dots\dots(25)$$

問: 電動力1.5ボルト、内抵抗4オームの電池3個を、抵抗3オームの導線で行に連結するとき、導線を流れる電流の強さは何程か。

## 第四課

### 電流の熱作用

1. ジュールの定律 同じ太さの鐵線と銅線とを行に連ねて電流を通ずると鐵線の方が強く熱せられる。實驗の結果によれば、

電流によつて回路の各部に發する熱量はその部分の電氣抵抗と、電流の強さの二乗と、通じた時間との相乗積に正比例する。

これをジュールの定律といふ。

抵抗1オームの導線に1アンペアの電流が流れるときは、毎秒0.24カロリーの熱を生ずる。従つて、抵抗Rオームの導線にCアンペアの電流があるとき、1秒間に發する熱量Hカロリーは、次の式で示される。

$$H = 0.24 \times C^2 R \dots\dots\dots(26)$$

この導線の両端の電位差をEボルトとすれば、 $CR=E$ であるから、上の式は次のやうに改められる。

$$H = 0.24C^2 R = 0.24 EC = 0.24 \frac{E^2}{R}$$

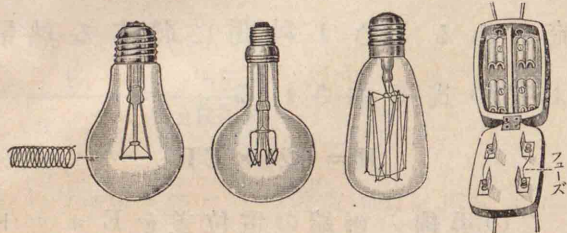


2. **電力**  $H = 0.24 EC$  なる式によつてわかる通り、電位差 1 ボルトの二點間に 1 アンペアの電流が流れるときは、毎秒 0.24 カロリーの熱を生ずる。かやうな場合に電力が 1 ワットであるといふ。従つて、E ボルトの二點間に C アンペアの電流が流れたときの電力 W は、EC ワットである。

1000 ワットを 1 キロワットとよぶ。

使用した總電力を測るには、キロワット時といふ単位を用ひる。1 キロワット時は 1 キロワットの電力を 1 時間用ひたときの電力の消費高である。

3. **電燈** 電球はガラス球内にタングステンの細い線を封入し、球内を真空にするか、或は窒素・アルゴンなどを密閉したもの (瓦斯入電球) である。これに電流を通ずると、細い

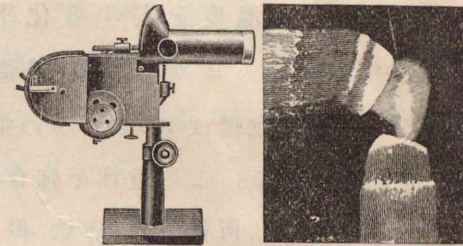


152. 電球

153. フューズ 過大の電流の通することを防ぐ自動安全装置

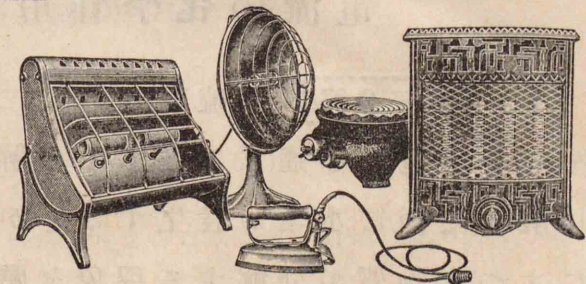
線は強く熱せられて白光を發する。特に瓦斯入電球では、溫度を更に高くすることができるので、一層強い光を出し、同じ發光量に對する消費電力が少くてすむ。普通のタングステン電球では、1 燭光につき約 1.25 ワットの電力を要するが、瓦斯入電球では 1 ワット以下で足る。

4. **アーク燈** 二本の炭素棒を接觸させて置き、これに電流を通じてから少し引き離すと、その間に弧狀の火花が飛んで強い白光を發し、陽極の端は特に熱せられる。映畫の撮影探照燈などに用ひられる。



154. アーク燈

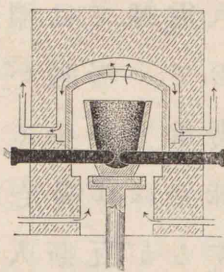
5. **電熱器** ニクロム線は抵抗が大きく、且つ空氣中で高溫度に熱せられても殆ど酸化しない。



155. 電熱器

**電熱器** 耐火性の物質にニクロム線を巻いて作ったもので、電気ストーブ・電気アイロン・電気七輪などとして広く用ひられる。

**電気爐** アーク燈の應用であつて、電極間に生ずる多量の熱を利用する装置である。



156. 電気爐

電気爐は高温度を要する化学工業、例へば鋼鐵・カーバイド・燐・アルミニウム等の製造に広く用ひられる。

問. 25燭光の電燈は100ボルトの電壓の下に、0.3アンペアの電流を要する。この電球を毎夜5時間つけておくと、30日間の點燈料は何程となるか。但し、燈用の電力料金は1キロワット時につき12錢とする。

## 第五課

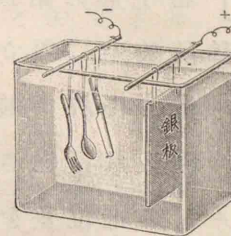
### 電流の化学作用

1. **電気分解** 稀硫酸の中に二枚の白金板を立てて電流を通ずると、水が分解されて陽極に酸素、陰極に水素が発生する。かやうに電流によつて物質が分解する現象を**電気分解**また

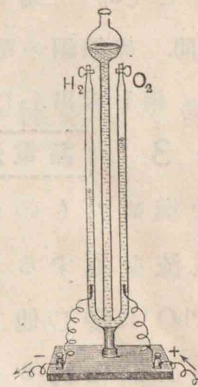
は**電解**といふ。鍍金はこの應用である。

### 2. **ファラデーの定律**

實驗の結果によれば、電気分解によつて析出する物質の量は



157. 鍍金



158. 電解器

1. 電流の強さと通じた時間との積に比例し、
2. 同一電流によつて同一時間内に析出する量は、その化学當量に比例する。

これを**ファラデーの定律**といふ。

硝酸銀溶液に1アンペアの電流を通すれば、毎秒0.001118gの銀を析出する。(第83頁アンペアの定義による) 従つて、1アンペアの電流を用ひて電解すると、

$$\text{水素は毎秒} \quad \text{約} 0.001118 \times \frac{1}{108} \text{ g}$$

$$\text{銅は毎秒} \quad \text{約} 0.001118 \times \frac{31.8}{1.8} \text{ g 析出する。}$$

この理によつて、電解を應用しても電流の強さを測

\* 化学當量とは原子量をその原子價で割つた数である。例へば、銀の化学當量は  $\frac{108}{1}$ 、水素は  $\frac{1}{1}$ 、銅は  $\frac{63.6}{2}$

ることができる。

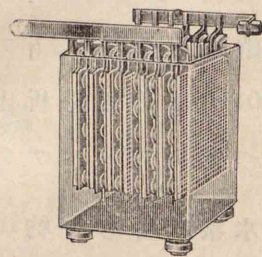
問. 硫酸銅の電気分解を行つたところが、5時間に 2.952gの銅を析出した。この電流の強さは何程か。

3. **蓄電池** 格子形の鉛板の目に一酸化鉛(PbO)を填めたものを稀硫酸中に對立して極板とし、これに電流を通ずると一方の極板は酸化されて過酸化鉛(PbO<sub>2</sub>)に變じ、他方の極板は還元されて鉛となつて兩極板の間に約2ボルトの電位差を生ずる。このとき、過酸化鉛の極板は陽極となり、鉛の極板は陰極となる。

[最初の充電]

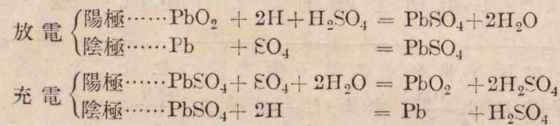
今、この兩極板を導線でつなぐと過酸化鉛の極板より、鉛の極板に向ふ電流を生じ、その使用を續けると兩極板は何れも硫酸鉛に變じて電動力が衰へる。これを蓄電池の放電と稱する。

放電した電池に外部より再び電流を通ずると、極板は



159. 蓄電池

\* 放電, 充電による極板の化學變化の方程式



放電前の状態に復して電動力を回復する。これを蓄電池の充電といふ。

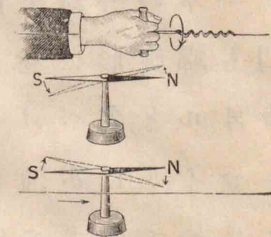
かやうに、この電池は充電・放電を繰返して幾回でも使用することができる。

## 第六課

### 電流の磁氣作用

1. **電流と磁石** 既に述べたやうに電流の近くに磁針を置けば磁針は一方にふれる。この際電流の方向と磁針のふれる方向との間には次の關係がある。

栓抜のネジを導線に沿うて電流の方向に向け、柄の一端を磁針のN極に觸れるとすれば、N極の動く方向はネジを捻ぢ込むときの柄の端の動く方向である。

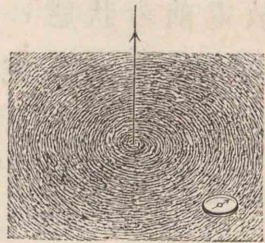


160. 電流と磁石

これをアンペアの規則といふ。

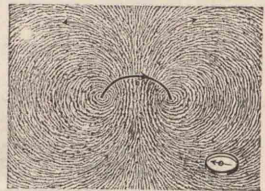
2. **電流のつくる磁場** 導線を厚紙の面に垂直に貫き、これに強い電流を通じて厚紙に鐵

粉を撒布すると、鐵粉は導線を中心とする同心圓上に排列する。それで電流の周圍に生ずる磁場は導線に直角な平面内では、導線を中心とする圓狀となることがわかる。



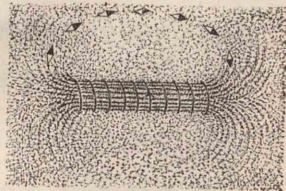
161. 電流の作る磁場

一本の導線を圓形に曲げて電流を通ずると、その輪の平面に直角な平面では、第 162 圖のやうな磁場ができる。そして輪の中心を通過する磁力線は、輪の平面に垂直である。



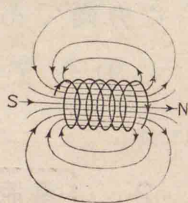
162. 圓形回路による磁場

一本の導線を同方向に幾回も螺旋形に卷いたものをコイルと名づける。



163. コイルの作る磁場

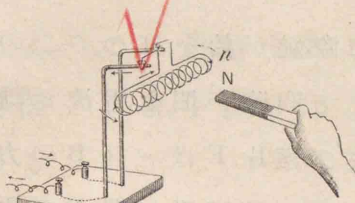
コイルに電流を通ずると、各輪によつて生ずる磁力線が相重なつて棒磁石と同じやうな磁場をつくる。



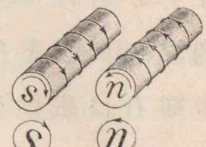
164. コイルに流れる電流と磁力線

従つて、かやうなコイルは一個

の棒磁石と同じ作用をする。この際



165. コイルと磁石

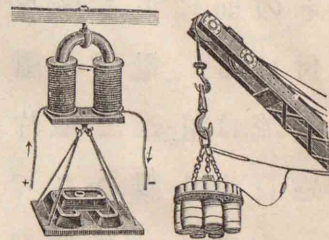


166. コイルの兩極

コイルに通ずる電流の方向と、それによつてできる磁極とには次の關係がある。

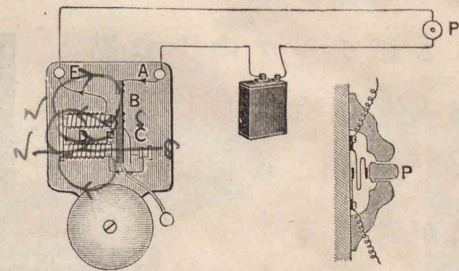
コイルを一端から見て電流が右廻りなればその端はS極となり、左廻りなればN極である。

3. **電磁石** 軟鐵を心にしたコイルに電流を通ずると強い磁石となる。この装置を電磁石といひ、電鈴・電信機などに利用される。



167. 電磁石

4. **電鈴** 電磁石を應用して鈴を鳴らす装置である。右圖で押ボタンPを押すと、回路が閉

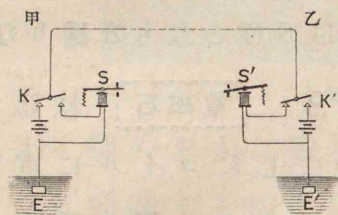


168. 電鈴

ぢて電池から電流が流れる。それでDの電磁石が鐵

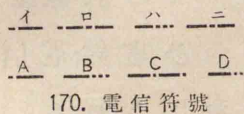
片Fを引付け、その際、錠が鈴を打つ。このときCの接触點に間隙を生じて回路が開き、電流が断たれるから、電磁石は磁性を失ひ、鐵片FはバネBの力で電磁石から離れる。するとCの接触點が閉ぢて再び電流が通ずる。かやうにPの押ボタンを押してゐる間は、この運動を反復して電鈴は鳴りつづける。

5. **電信機** 發信機の電鍵を押すと、電流が受信機の電磁石に流れてその前にある鐵片を引付ける。電鍵を離すと電流は止んで鐵片も電磁石から離れる。



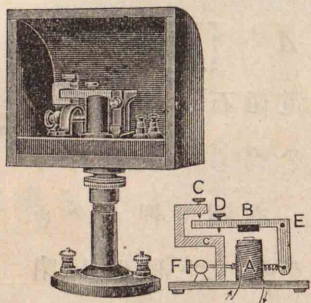
169. 電信機の連結

この鐵片の運動を利用して、一樣の速さで繰出される紙テープの上に、點と線とを組合せた符號を印させると、これによつて通信ができる。



170. 電信符號

また鐵片が引付けられた時と離れた時とに出る



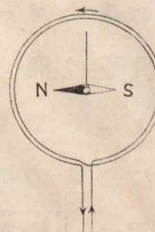
171. 音響機

音の間隔によつても、通信することができる。これを音響機といひ、今日ではこの方が専ら使用されてゐる。

電信機では、甲乙兩局を二本の導線で結ばないで第169圖のやうに、一本は地面で代用する。

6. **電流計** 電流の強さを測る機械を電流計といひ、電流の磁氣作用を利用したものが多い。

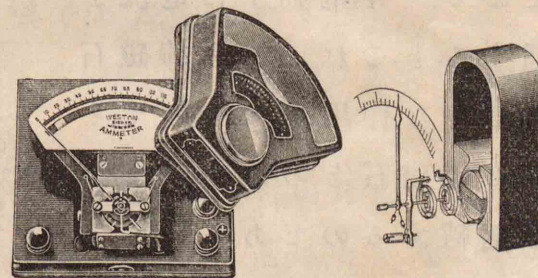
(1) 定コイル電流計 環狀のコイルの中心に磁針を水平に支へたものである。



172. 定コイル電流計

今、コイルの面を磁氣子午線面に一致させて置いて電流を通ずると、磁針は一方にふれる。このふれる角の大小によつて、電流の強さが測れる。

(2) 動コイル電流計 蹄形の強い永久磁石の兩極の間に、小さいコ



173. 動コイル電流計

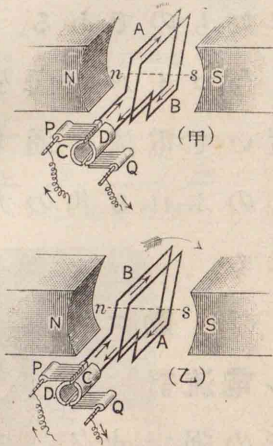
イルを支へたものである。これに電流を通ずると磁石が固定してゐるからコイルが廻轉する。その廻轉角の大小によつて電流の強さが測れる。

(3) アンメーター 目盛がアンペアで表してある電流計のことである。

ボルトメーター 二點間の電位差を測る機械で、その目盛は測らうとする電位差が直接ボルトで表れるやうにしてある。構造はアンメーターと同様であるが、ただその抵抗を非常に大にしてある點が異なる。

7. 電動機 [モーター]

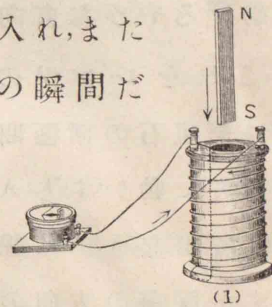
電動機では強い場磁石の中に多くのコイルを巻いた電動子が廻轉するやうにできてゐる。今、電動子に電流を通ずると、これは短い棒磁石のやうな作用をするので、それと場磁石との磁力によつて廻轉するのである。



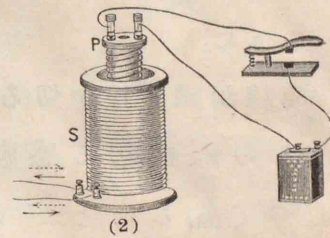
174. 直流電動機

第七課 感應電流

1. 電磁感應 コイルの兩端を電流計に結び、その中に棒磁石を急に挿入れ、または拔出すと、電流計の針はその瞬間だけふれて、コイルに電流が流れたことを示す。かやうな電流を感應電流といふ。



この際、磁石の代りに、右圖のやうに電流を通じたコイルPを抜き挿ししても、或はPコイルを入れたまま、それに通ずる電流を斷續しても、同様である。かやうに、



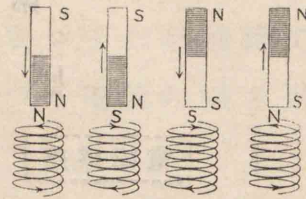
175. 感應電流

感應電流はコイルの中で磁場の強さが變化した場合に起る。

2. 感應電流の方向 磁石のN極をコイルの一端に近づけると、感應電流はその端にN極を生ずるやうに起り、これを遠ざけると、S極を

生ずるやうに起る。かやうに、

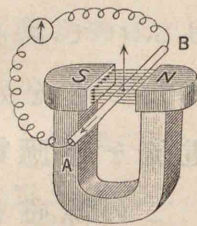
磁石またはコイルの運動によつて起る感應電流は、その磁氣作用がそれらの運動を妨げるやうな方向に起る。



176. 感應電流の方向(1)

これをレンツの定律といふ。

蹄形磁石の兩極間で導線 AB を急に上方に動かすと AB 線に矢の方向の電流が起り、AB 線を急に下方に動かすと反對の方向の電流が起る。



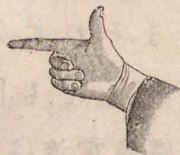
177. 感應電流の方向(2)

かやうに、

導線が磁力線を切るときは導線に感應電流が起る。

この際に起る感應電流の方向は次の規則によつて知ることができる。

右手の拇指・食指・中指を互に直角に開き、食指を磁場の方向に向け、拇指を導線を動かす方向に向けると、中指は感應電流の方向を示す。



178. フレミングの右手の規則

これをフレミングの右手の規則といふ。

問. フレミングの右手の規則はレンツの定律と一致することを説明せよ。

3. 感應電動力の大きさ 感應電動力は、

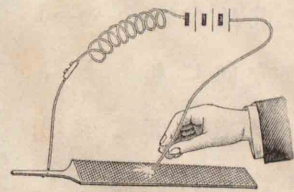
1. 磁場の變化が急激なほど(導線が單位時間に多くの磁力線を切るほど)、
2. コイルの巻數が多いほど、大である。

それ故に前節の實驗で、磁石を徐々に抜き挿したり、AB 線を靜かに動かしたのでは、電流計の動きは極めて小さい。

4. 自己感應と相互感應 一つのコイルに電流

を斷續するとき、そのコイル自身に電磁感應が起る。これを自己感應といふ。

この際の感應電流の方向もレンツの定律に従ふから、電流を通ずる瞬間には原電流と逆方向に起り、電流を斷つ瞬間には原電流



179. 自己感應の電流で火花が飛ぶところ

と同方向に起る。電流を斷つとき、その切口で飛ぶ火花はこの電流に基づくのである。自己感應に對して、二つのコイル間に起る感應を相互感應とよぶ。

5. 交流 電池から得られる電流のやう

に方向が一定してゐる電流を直流といひ、方向が振動的に變化する電流を交流と稱する。

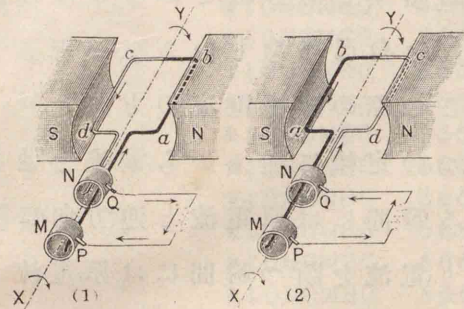
第 175 圖の實驗に於いて、コイルの中に棒磁石を週

期的に抜き挿しするか、第 177 圖の實驗に於いて導線 AB を週期的に上下すると、電流計の針はその都度左右にふれて交流が起つたことを示す。

6. **交流発電機の原理** 第 180 圖に於いて、

強い場磁石 N・S の間に置いたコイル abcd を xy を軸として矢の方向に廻轉すると、針金 ab, cd は磁力線を切るののでフレミングの右手の規則によつて矢の方向の感應電流が起る。

右圖(1)の場合には、電流は a→b→c→d の方向に起り、N・Q を経て外部に取出され、P・M を経て a に歸る。コイルが更に廻轉して(2)の

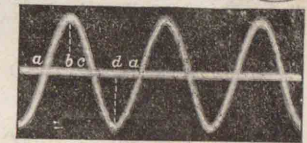
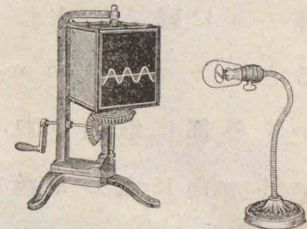


180. 交流発電機の原理

やうになると電流は d→c→b→a の方向に起り、M・P を経て外部に取出され、Q・N を経て d に歸る。すなはち、外部に取出された電流はコイルの半廻轉毎に Q から P, P から Q へと方向が交番する。これが交流である。M・N を送り環、P・Q を刷毛と稱する。

交流に於いて、1 秒間に電流の方向が一方に

復する回数を周波數(サイクル)といふ。電燈用の電流は通常 50—60 サイクルの交流である。



181. 交流

ネオンランプを電燈線によつて點じ、その像を廻轉鏡に映すと波状の像が見える。これは交流のためにネオンランプの兩極板が交互に輝くからである。

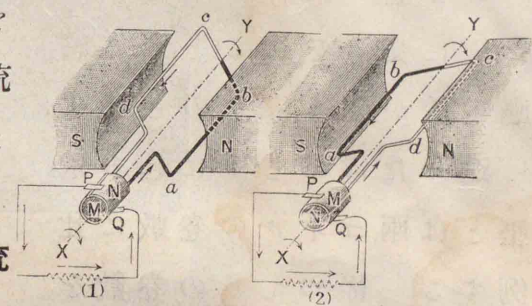
7. **直流発電機の原理** 強い場磁石の間に

置いたコイルを廻轉すると交流が得られることは上に述べた。

この交流を整流子(M・N)によつて直流に變へて

外部に取出すやうにしたものが直流発電機である。

第 182 圖(1)の場合には電流は a→b→c→d の方向に起り、整流子片 N, 刷毛 P を経て外部に取出され、Q・M を



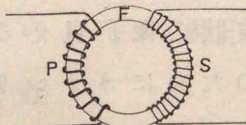
182. 直流発電機の原理

コイルの一端 a は整流子片 M に連なり、コイルの他端 d は整流子片 N に連なり、而して M と N とは絶縁されてゐる。



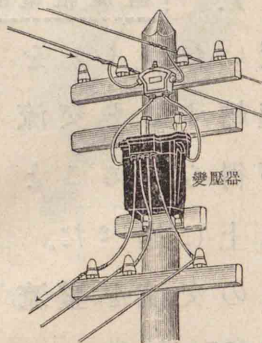
を経てaに歸る。次にコイルが廻轉して(2)のやうになると、コイルには  $d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a$  の方向の電流が起り、M・Pから外部に取出され、Q・Nを経てdに歸る。かやうにコイル内に起る電流はaからd、dからaへと交番するが外部に取出されるものは常に刷毛Pから出て刷毛Qに向ふ直流である。

8. **變壓器** 交流の電圧を變へる装置であつて、その要部は軟鐵心Fに二つのコイルP・Sを卷いたものである。



183. 變壓器

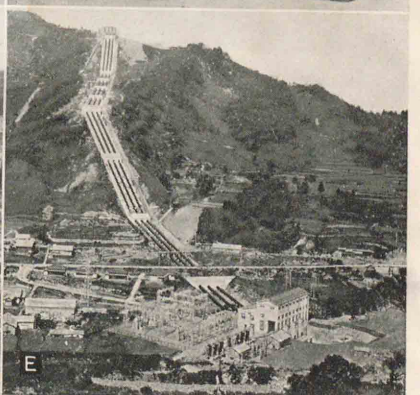
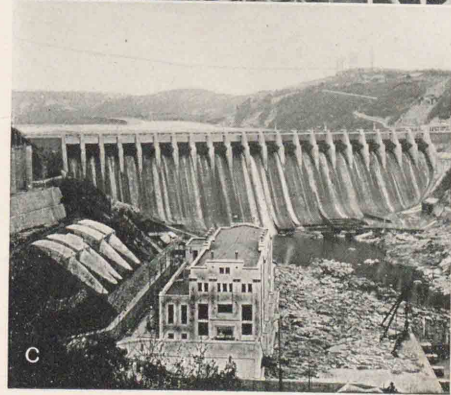
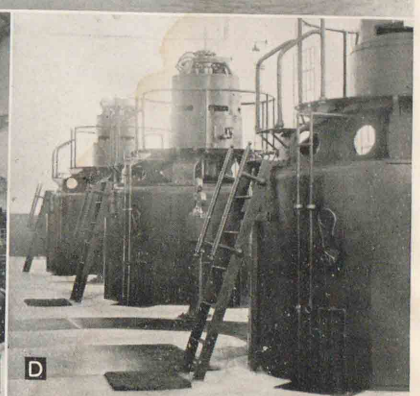
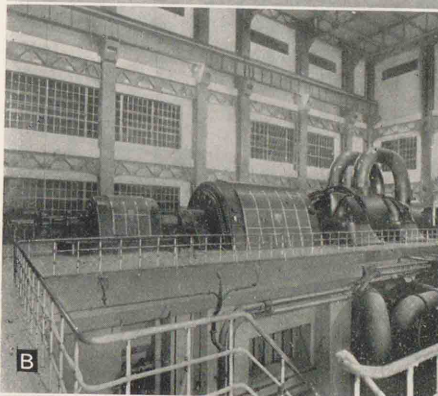
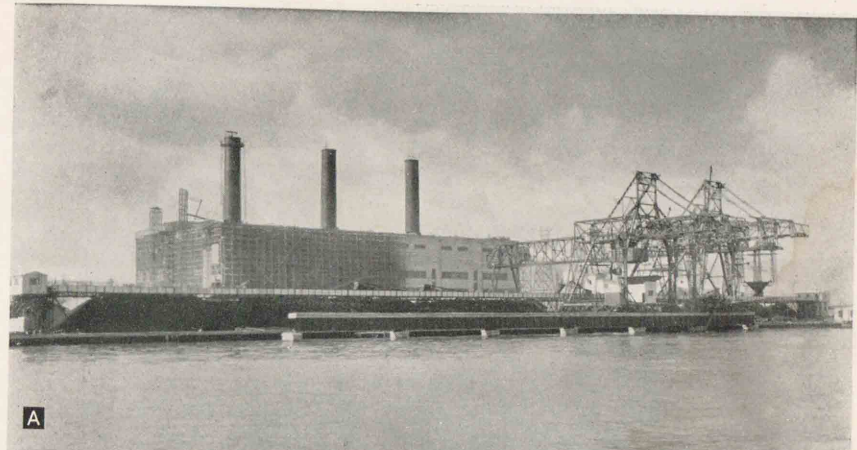
Pに交流を送ると、Sに感應電流が起る。このとき、Pに送つた電壓とSに起る電壓とは兩コイルの卷數に比例する。従つてSの卷數をPの卷數より多くすれば電壓は高められ、少くすれば低められる。



184. 電柱に取付けた變壓器

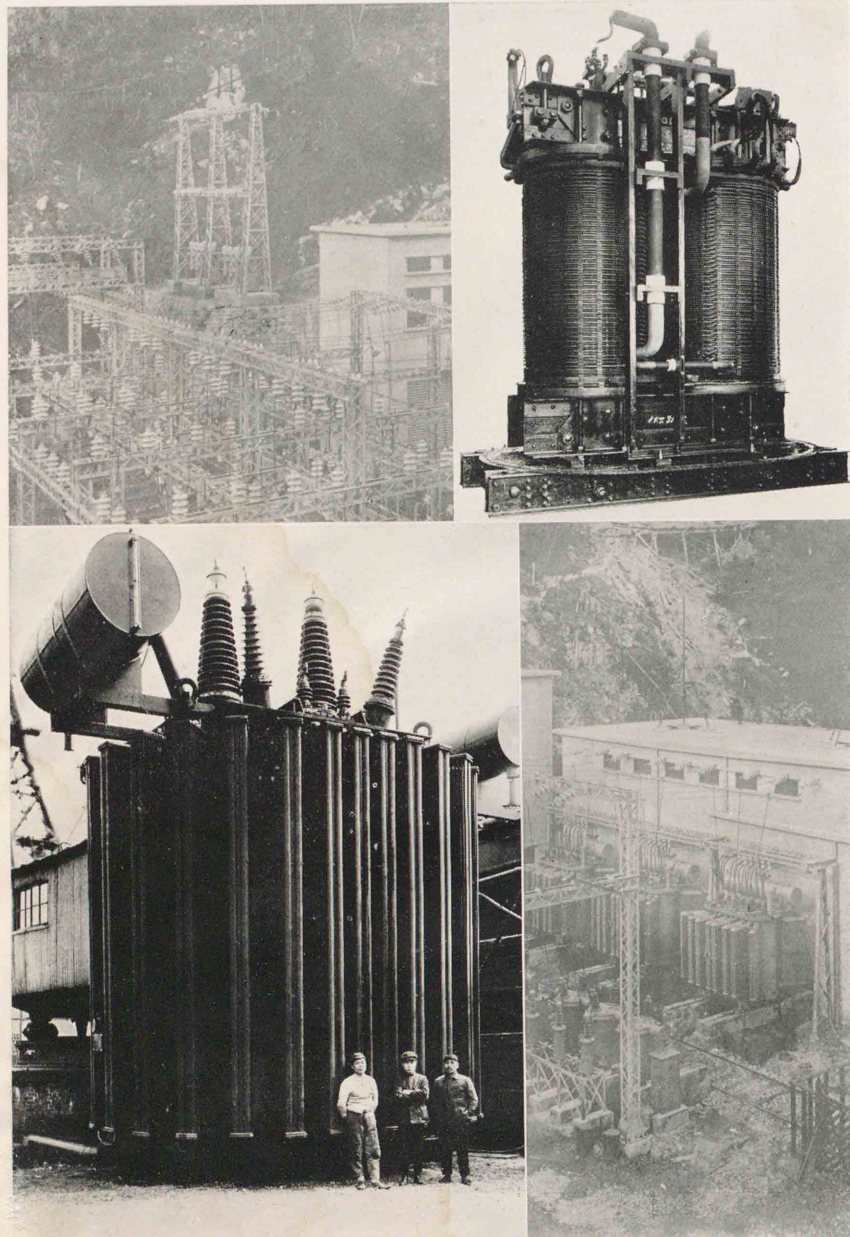
9. **電力輸送** 大電力の多くは山間の水力によつて起される。この電力を需要地へ送ることを電力輸送と名づける。輸送中、電力の一

## 發電所



A. 火力發電所の外觀 B. 火力發電所内 蒸汽タービン發電機  
C. 水力發電所の堰堤 D. 水力發電所内 水力發電機 E. 水力發電所導水管

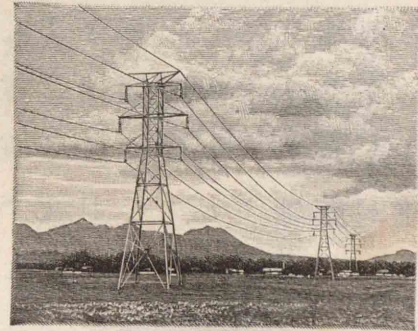
# 變 壓 器



(上) 變壓器の本體 (下) その外観

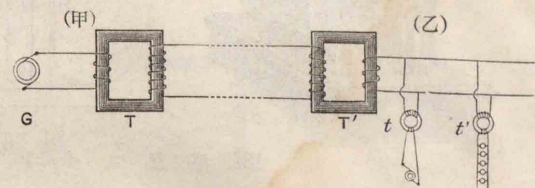
名稱 自冷式油入单相變壓器 出力 22,000kva  
 一次電壓 140,000V 二次電壓 77,000V 周波數 60サイクル

部は送電線の抵抗のために熱に變つて損失となる。この損失を少なくするには、努めて電壓を高くして輸送することを要する。



185. 送電線

これが高壓送電である。輸送された電力は變壓器によつて適當に電壓を下げ使用される。



186. 電力輸送の模式

G: 交流發電機 T: 電壓を上げる變壓器  
 T': t: t': 何れも電壓を下げる變壓器

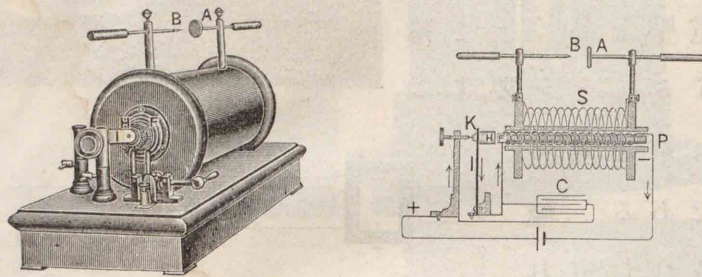
10. **感應コイル** 直流を用ひて高い電壓を得る装置である。

數十條の軟鐵心に絶縁した太い銅線を巻いてコイルPとする。また、この上に絶縁した細い銅線を幾萬回となく巻いてコイルSとし、そ

\* 法規上では、  
 低壓は交流30ボルト・直流60ボルト以下、  
 高壓は交流・直流何れも3500ボルト以下とし、これ以上を特別高壓といふ。

の両端を二つの極A・Bに結ぶ。

今、Pコイルの回路に電流を通ずると、軟鐵片HとネジKとによつて、電鈴の場合のやうに、電流が斷續する。それでSコイルには高い感應

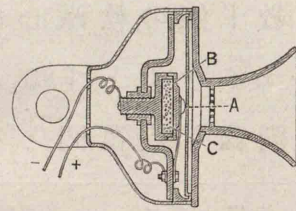


187. 感應コイル

電動力を生じ、その兩極A・B間に火花が飛ぶ。

感應コイルの電動力は一次コイルの自己感應のために、電流が通ずる瞬間よりも、される瞬間の方がはるかに大きい。

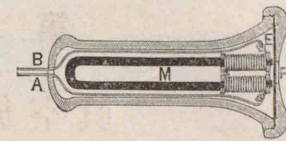
11. **電話機** 送話器は炭素函に炭素粒をつめて炭素板で軽く抑へ、この炭素板とその前にある振動板の中央とを金屬で結合したものである。



188. 送話器 A. 振動板 B. 炭素板 C. 炭素粒

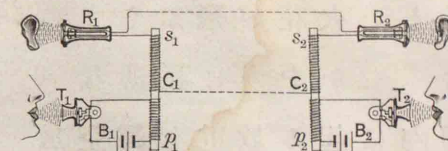
今、炭素函と炭素板とを電池の兩極につなぎ、送話口に向つて話をする

と、その聲に應じて振動板は振動して炭素粒の接觸に變化を與へる。そこで、その部分の抵抗が變り、従つて電流の強さが變化する。



189. 受話器

受話器は蹄鐵形磁石の兩端に軟鐵片を取附け、これにコイルを卷いたもので、その前にある鐵の振動板は常に磁石に引付けられてゐる。



190. 電話機の連結

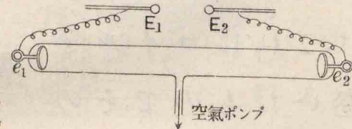
送話器と受話器とを第190圖のやうに連ね、送話器T<sub>1</sub>に向つて話をするとき、音聲に應じて電流の強さが變化し、そのために變壓器C<sub>1</sub>のs<sub>1</sub>コイルに感應電流が起る。この電流が受話器R<sub>2</sub>のコイルを流れると、その軟鐵片の磁力を増減して、振動板を引付ける力に變化を起す。よつて振動板は音聲に應じて振動し、音を再生するのである。

## 第八課

## 真空放電・放射能

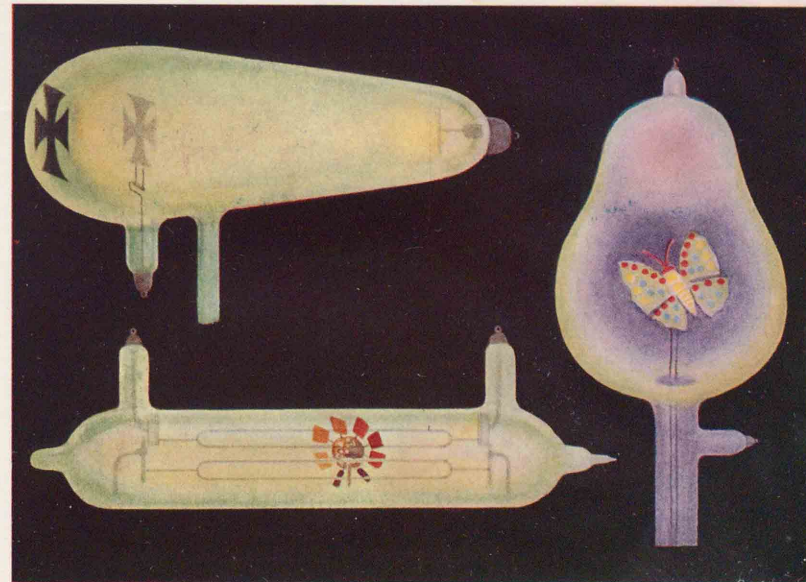
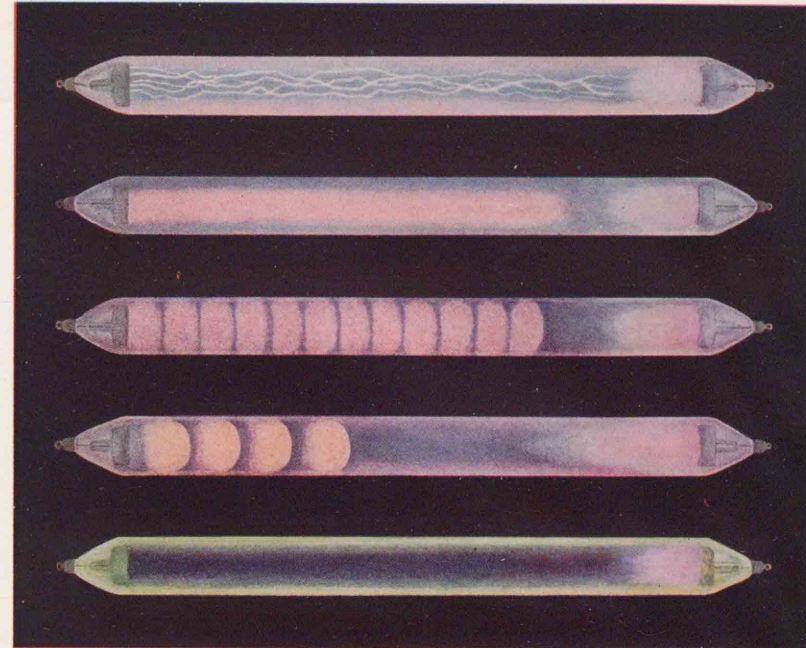
1. **真空放電** 放電管の兩極  $e_1 \cdot e_2$  を感應コイルの兩極  $E_1 \cdot E_2$  につないで電流を通じ、管内の氣體を排除すると管内に美しい火花が飛ぶようになる。かやうに、稀薄な氣體内に起る放電を真空放電といふ。このとき發する光の状態は氣體の壓力によつて著しく異なる。壓力がまた相當に大なるときは光は數條の線となるが、壓力が數耗程度になると、光は殆ど管の全部に廣がり、更に真空度が進んで1耗位になると、鱗片狀に切れて次第にその間隙がのびて來る。この程度の真空管をガイスレル管といひ、その光の色は管内にある氣體によつてそれぞれ異なる。

裝飾廣告に使用する橙赤色のネオンサインはネオンを封入したガイスレル管であつて、紫色や青色などのものはこれに他の氣體の少量を混入したものであ

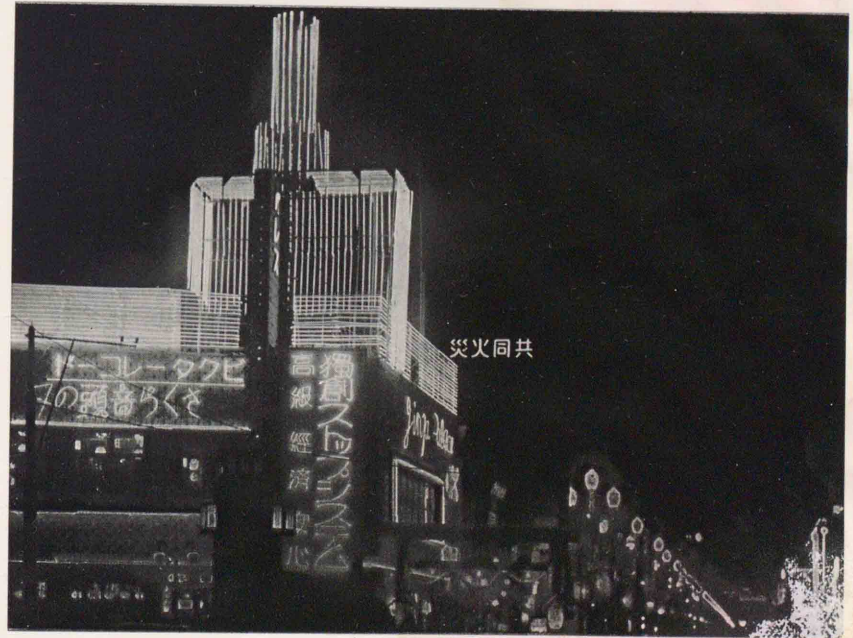


191. 放電管

## 真空放電



ネオンサイン

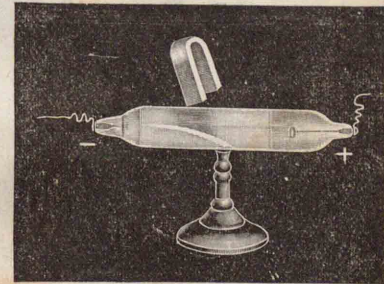


る。

放電管内の圧力が更に減じて  $\frac{1}{1000}$  耗程度になると、光は消えてただ陰極に対する管壁が黄緑色の螢光を放つだけになる。この程度の真空管をクルックス管といふ。

2. **陰極線** クルックス管で陰極に対する管壁が螢光を放つのは、**電子**と稱する微粒子が陰極から高速度で射出されて管壁に衝突するからである。この場合に於ける電子の急速な流れを**陰極線**といふ。電子は陰電気を帯び、その質量は水素原子の約  $\frac{1}{1800}$  に過ぎない。

陰極線は陰極の面から直角に射出されて直進する。それでその進路に不透明體を置けば、後に影ができる。また陰極線は電子の流れ、す



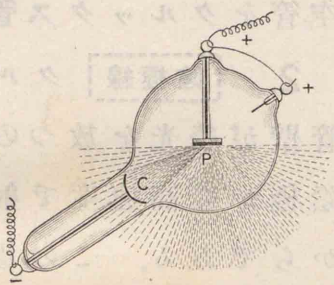
192. 磁力によつて陰極線の進路が曲ることを示す

なはち電流であるから、磁力によつてその進路が曲げられる。電子の質量は小さいが、陰極線の場合にはその速度が極めて大きいから物體

に衝突すると、これに壓力を及ぼしたり、或はこれを熱したりする。

3. **X線** 陰極線が金屬面に衝突すると、そこから一種の線を放射する。これをX線またはレントゲン線といふ。

第193圖に於いて、Cは凹面形の陰極であつて陰極線はこの面から直角に出て、その球の中心に集中する。その點にタングステンのやうな金屬でできてゐる對陰極Pがある。X線はこの對陰極から射出され、管壁を透して大氣中に出る。



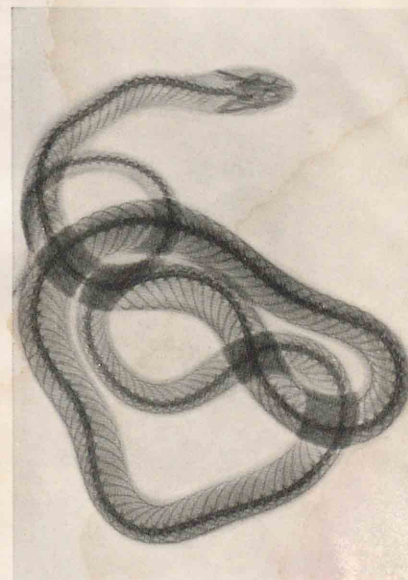
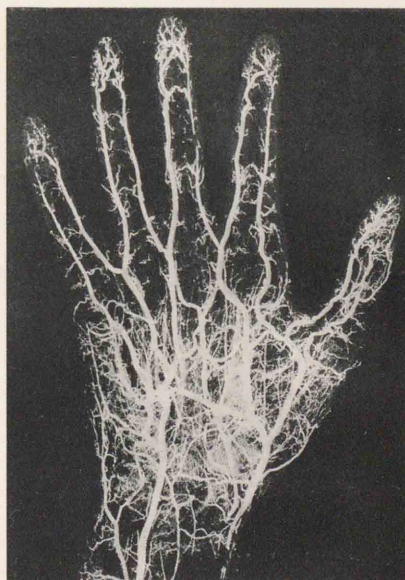
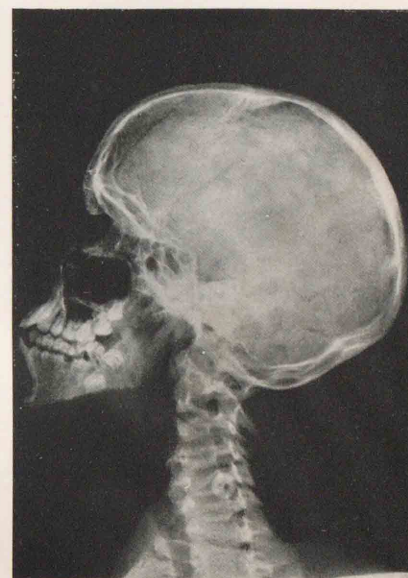
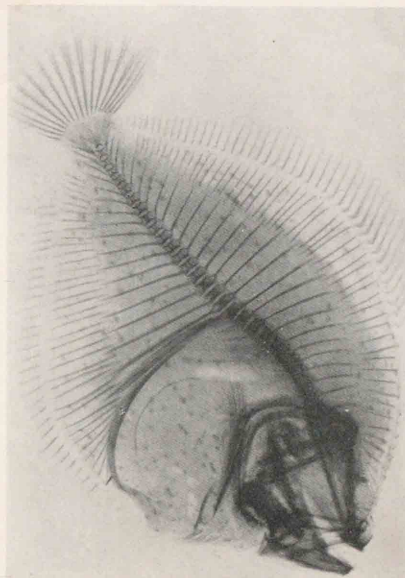
193. X線管

X線は眼には見えないが寫眞乾板に作用し、また白金シアン化バリウムに螢光を出させる。その最も著しい性質は透過性の強いことである。すなはち、木布・筋肉などのやうな光に對して不透明な物質をもよく透過し、アルミニウムのやう



194. Röntgen (1845-1923) 1895年X線を發見した

### X線寫眞



な金属さへも可なりよく透過する。また人體に對して特殊の生理作用を起すから醫療上に利用される。

X線は陰極線とはちがつて、磁力の影響を受けないから電氣を帯びた微粒ではなく、種々の研究によつて波長の極めて小なる波動であることが明かにされた。

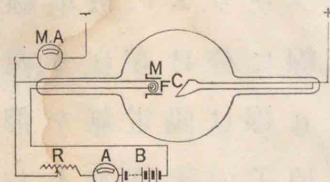
**クーリッチ管** 上に述べたX線管は、使用中、そ

の射出するX線の透過力が次第に變化する缺點がある。

クーリッチ管はこの缺點を防ぎ、且つ透過力の強いX線を

射出せしめるやうに工夫さ

れたものである。その陰極は渦卷狀のタングステン纖維から成り、管内は絶対に近い真空である。これを使用するときは豫め陰極に電流を通じて熱し、電子を射出させて置く。



195. クーリッチ管とその使用法

4. **放射能** X線の発見された翌年、ベク

エレルはウラニウム並びにその化合物が、寫眞作用・螢光作用・氣體をイオン化する作用など、X



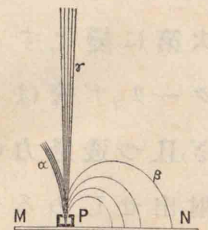
線に似た作用をする線を出すことを発見した。かやうな線を放射線とよび、放射線を發する性質を放射能と名づける。放射能の最も強い物質はラヂウムであつて、これはキュリー夫人によつて発見された。



196. ラヂウムの発見者 Marie Curie (1867-1934)

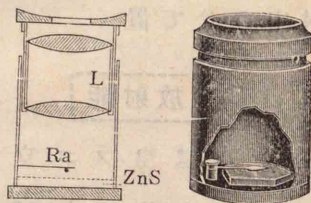
ラヂウムの放射線は磁力によつて  $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$  の三線に分けられる。

$\alpha$  線は陽電氣を帯びたヘリウム原子の流れであり、 $\beta$  線は陰極線と同様に電子の流れである。 $\gamma$  線はX線と同じく、磁力の影響を受けない。そしてその透過力はX線より更に大きい。



197. ラヂウム放射線紙面に直角に前から後に向ふ磁場によつて、分離されたところ

スピンスコープ 放射性的物質を針の先端につけ、その下に硫化亜鉛 (ZnS) のやうな燐光體を塗つた板を置いたも



198. スピンスコープ

のである。これを蟲眼鏡で上から見ると、放射性物質から出る  $\alpha$  線が硫化亜鉛に衝突する毎に、その點から燐光を發し、暗夜に螢が亂れ飛ぶやうに見える。

5. **原子の構造** 物質を構成する原子は陽電氣を帯びた原子核と、その周りを廻ぐる若干個の電子からできてゐると考へられる。而して原子核の質量は原子の質量に略等しく、帯びてゐる陽電氣の量はその周りを廻つてゐる電子が有する陰電氣の總和に等しい。

水素原子はその構造が最も簡單で陽電氣1素量を持つ原子核と1個の電子とからできてゐる。水素原子の原子核を**プロトン**と稱する。

元素の週期表上に於ける順位を**原子番號**といふ。各原子の原子核は原子番號と同數の陽電氣素量を帯び、その周りを廻つてゐる電子の數も亦これと同數である。

原子核はその構造が複雑で、更にその中に陽電氣を帯びた微粒子や電子などを含んでゐる。放射性元素の原子核は不安定であり、自ら崩壊して陽電氣を帯びた微粒子及び電子を放出す

る。これが $\alpha$ 線及び $\beta$ 線である。

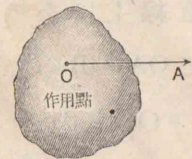
原子核がこれらの粒子を放出するとその元素は別種の元素に變遷する。かやうにしてラヂウムはウラニウムから變遷したものであり、ラヂウムは更に幾回かの變遷を重ね、最後に鉛に似たものになると信ぜられてゐる。

## 第五章 力・運動

### 第一課

#### 力

1. **力の三要素** 力が物體に作用するとき、その効果は、1.力の大きさ、2.作用する方向、3.作用する點の位置によつて定る。これを力の三要素といふ。



199. 力の圖示

力を圖示するには作用點から力の方向に直線を引き、その長さで力の大きさを表し、その先端に矢印をつける。

力が作用しても歪ひずみを生じない物體を剛體と稱する。石や金屬などは剛體と看做してよい。

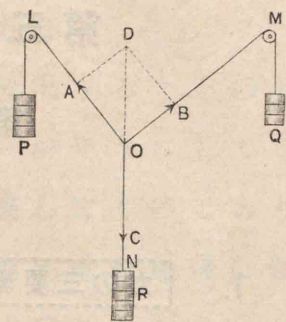
剛體では力の作用點を、その作用線上のどこに移してもその効果に變りはない。

問. 一物體に二つの力が作用して釣合ふためには二力の間に如何なる關係あることが必要であるか。(第4頁參照)

2. **力の合成** 第200圖のやうに、一點Oに三本の絲を結附け、各の絲の端にそれぞれP・Q・Rの重さを加へるとO點は或一定の位置に止る。このときP・

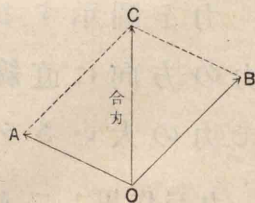
Q・Rの三力は釣合つてゐるのである。

今、OL・OM・ON 線上に、P・Q・Rの三力に比例してOA・OB・OCをとり、OA・OBを二邊とする平行四邊形を描くと、對角線ODは長さがOCに等しく、且つこの二線は一直線上にある。すなはちODはOCと釣合ふ力であつてOA・OBの二力と等しい効果をもつてゐる。



200. 三力の釣合

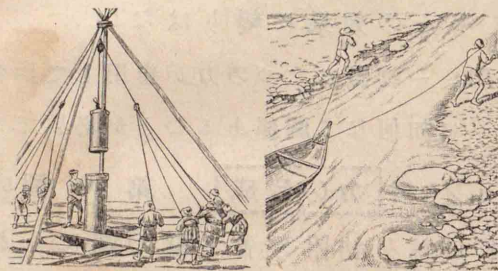
ODのやうに二力と等しい効果をもつ一つの力をその二力の合力と稱する。



201. 二力の合成

一點に作用する二力の合力は、二力を表す二直線を兩邊とする平行四邊形のその點を通る對角線で表される。

この方法を力の平行四邊形の法または力の中斜法とよび、合力を求めることを力の合成といふ。

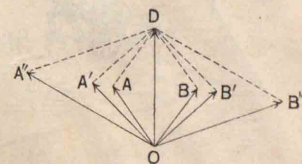


202. 合力を示す實例

三力以上を合成する場合は任意の二力の合力を求め、次にこれと第三の力との合力を求め、順次にこの方法を繰り返して、最終に得たものがすべての力の合力である。

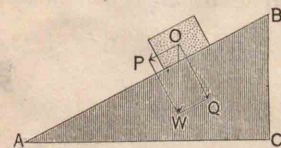
3. **力の分解** 力の合成と反對に、一つの力と同じ効果をもつ二つ以上の力を求めることを力の分解と名づけ、分解によつて求められた力を元の力の分力といふ。

力を表す直線を對角線とする平行四邊形の兩邊は、その分力を表す。従つて、一つの力の分力は幾通りも考へることができる。また、分力が元の力よりも大きいこともある。



203. 力の分解

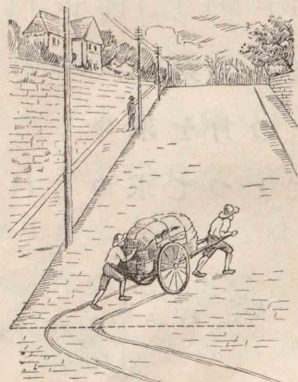
力の分解の例 滑かな斜面上に重さWなる物體を置くと、Wを斜面に垂直な力Qと平行な力Pとに分解すると、Pは物體を斜面に沿うて滑り落す力になるから、物體をその位置に保つには、これに等しい力で反對の方向に支へればよい。このとき、PとWとは次の關係がある。



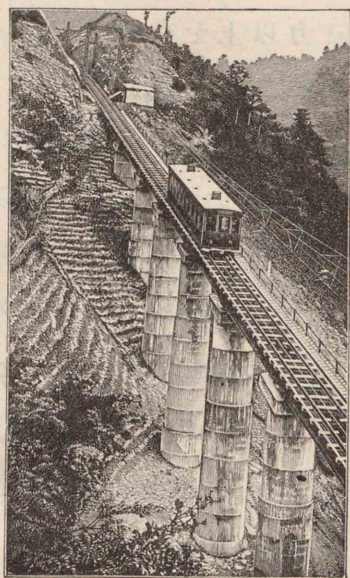
204. 斜面

$$P : W = BC : AB, \quad \therefore P = W \times \frac{BC}{AB} \dots \dots \dots (27)$$

それで  $\frac{BC}{AB}$  (従つて斜面の角) を小さくすればするほど、小さい力で物体を支へる



205. 坂路をうねつて登る車



206. ケーブルカー

ことができる。

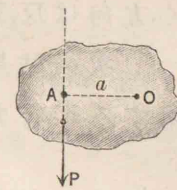
重い荷車を挽いて坂を登るときうねつて行くことや、山道が曲り曲つてゐることなどは、何れも斜面の應用である。

## 第二課 力の能率

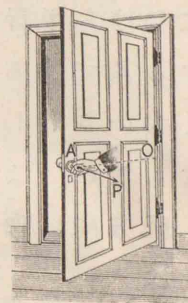
1. **力の能率** 開き戸は廻轉軸に遠いところに力を加へるほど、開閉が容易である。それで物体を廻轉させる力の効果は力の大きさだけでなく、作用點

の位置にも關係することがわかる。

支點  $O$  から力の作用線に下した垂線の長さ  $a$  と、力の大きさ  $P$  との積  $a \times P$  を  $O$  點に對する  $P$  の能率といひ、 $a$  を能率の臂と稱する。



207. 力の能率

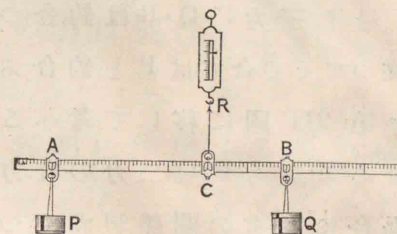


208. 開き戸

物体を廻轉させる力の効果は、能率の大小によるのである。

### 2. 平行力の合成

目盛してある太さ一樣な棒の中央  $C$  をゼンマイ秤に吊し、そのときの秤の目盛をよむ。次に棒が水



209. 平行力の釣合

平のままで傾かないやうに、分銅  $P \cdot Q$  を  $C$  の兩側  $A \cdot B$  にかけて、再びゼンマイ秤の目盛をよむ。

さうすると次の關係があることがわかる。

(1)  $P \cdot Q$  二力の  $C$  點に對する能率は等しい。

$$P \times AC = Q \times BC \dots\dots\dots(28)$$

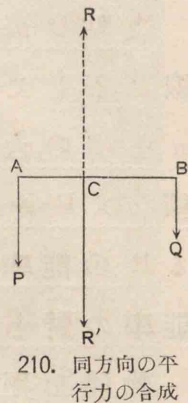
(2) ゼンマイ秤の兩度の讀みの差を  $R$  とすると、

$$R = P + Q$$

すなはち、平行なる二力  $P \cdot Q$  と釣合ふ力は  $C$  點に作用する  $R$  である。それで、 $P \cdot Q$  の合力は  $R$  と大いさ等しく、方向は反對でなければならぬ。よつて次の結果が得られる

同方向に作用する平行力  $P \cdot Q$  の合力は、

- (1) この二力と同方向であり、
- (2) その大いさは二力の和に等しく、
- (3) その作用點は二力の作用點間の



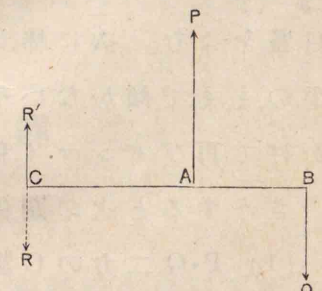
210. 同方向の平行力の合成

距離を二力の反比に内分する點である。

また三力  $P \cdot Q \cdot R$  は釣合つてゐるから、 $Q \cdot R$  の二力(従つてその合力)は  $P$  と釣合ふと考へられる。この關係を第 211 圖に移して考へると、三力  $P \cdot Q \cdot R$  が釣合ふのであるから、 $P \cdot Q$  二力の合力は  $R'$  である。そこで、この場合には次の關係が成立つ。

方向が相反する平行力  $P \cdot Q$  の合力は、

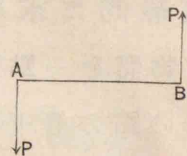
- (1) 大きい方の力と同方向であり、
- (2) その大いさは二力の差に等しく、
- (3) その作用點は二力の作用點間の距離を二力の反比に外分する點である。



211. 方向が反對な平行力の合成

3. 偶力

方向が相反し、大いさが相等しい二つの平行力が一物體に作用するときは、その合力の大いさは零となる。従つてその二力が作用しても物體の位置を變へることはできないが、その位置に於いてそれを廻轉させる効果はある。かやうな二力を偶力と稱する。



212. 偶力

時計のネヂを卷く指の力・自動車のハンドルを廻す兩手の力は何れも偶力である。

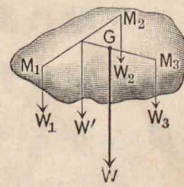


213. 偶力の例

4. 重心

物體の各部に作用する重力は、何れも鉛直の方向にはたらく。これらの合力の作用點を重心と名づけ、物體の全重量はこの點に集つてゐると考へてよい。

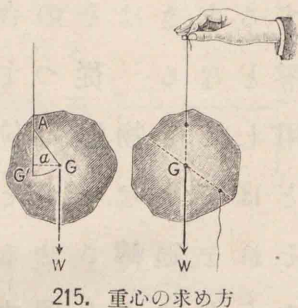
形が規則正しくて、密度が一樣な物體の重心は、理論的に簡単に求めることができる。例へば棒の重心はその中心に、三角形の板の重心は三中線の交點にある。



214. 重心

形が不規則な物体の重心は、次のやうにして  
實驗的に求められる。

物体を一點で支へると重心が  
その點の眞下に来て初めて静止  
する。故に物体を任意の一點で  
吊し、次に他の一點で吊してそれ  
ぞれ静止したとき、各の支點を通  
る鉛直線を引くと、その二線の交  
點Gが物体の重心である。

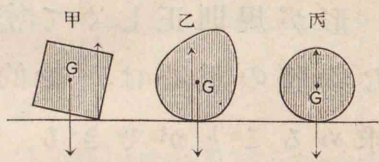


215. 重心の求め方

問. 物体を一點で支へると、重心がその點の眞下に来て初め  
て静止するのは何故か。

5. **物体の坐り** 下から支へられた物体が  
倒れないためには、重心を過ぎる鉛直線が基底  
の中にあることを要する。今、物体が机上にあ  
るとき、

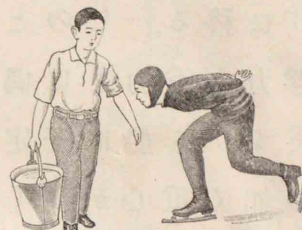
(1) 第 216 圖甲のやうな場合には、少し傾け  
ると支點に對する重力  
の能率が、物体を舊位置  
に戻さうとするから容  
易に倒れない。かやう  
な場合には坐りは**安定**であるといふ。



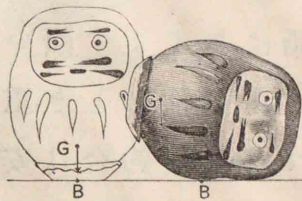
216. 三種の坐り

(2) 同圖乙のやうな場合には、傾く程倒さう  
とする能率が益々大となる。これを**不安定**の坐  
りといふ。

(3) 同圖丙のやうな場  
合には、如何に動かしても  
支點に對する重力の能率  
は常に零であるから、物体  
は何れの方にも廻轉しや  
うとしない。これを**中立**  
の坐りといふ。一般に、



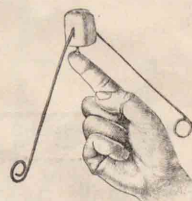
217. 坐りの例



218. 不倒翁

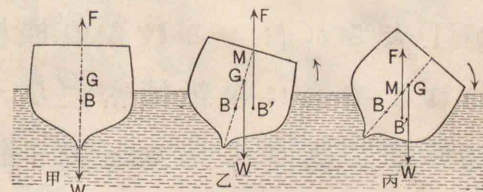
坐りの安定度は、1. 基底  
が廣いほど、2. 重心が低いほど、  
3. 重いほど大きい。

6. **浮體の釣合** 船が水に浮  
いてゐるとき、これに作用する浮  
力は排除された水の重量に等し



219. 彌次郎兵衛

く、その作用點は  
排除された部分  
の水の重心と看  
做すべき點Bで



220. 浮體の釣合

ある。(第220圖甲) この點を浮心といふ。

船が傾くと排除される水の形が變り、浮心がB'に移る。このとき圖に於ける乙の場合には浮力と重力とは偶力となつて船を元の位置に戻すから船は安定である。しかるに丙の場合の如く重心が高くて浮力の作用線とGB線との交點Mが重心Gよりも下にある場合は、この船はますます傾いて遂には顛覆する。故に船に荷を積むとき、重い荷を下に、軽い荷を上すれば、その釣合は安定の度を増す。

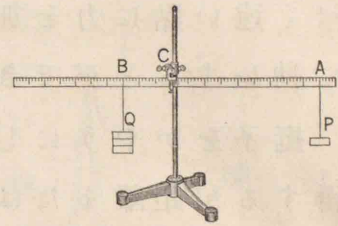
### 第三課

### 簡単な機械

1. **機械** われらの手足の力や、これらを動かす速さにはある限度がある。その限度以上に大きく働かせようとして古來色々な機械が工夫された。これらの機械は人智の進むにつれて次第に複雑精密になつたが、その構造を部分的に調べて見ると挺子・滑車・齒車・螺旋のやうな簡単な要素から組立てられてある。

### 2. **挺子** 棒の中央C

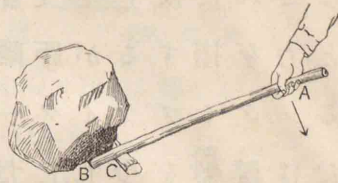
を支へ、その一方Aに分銅Pを吊し、他方Bに分銅Qを吊して釣合せた場合に次の關係があることはすでに述べた。



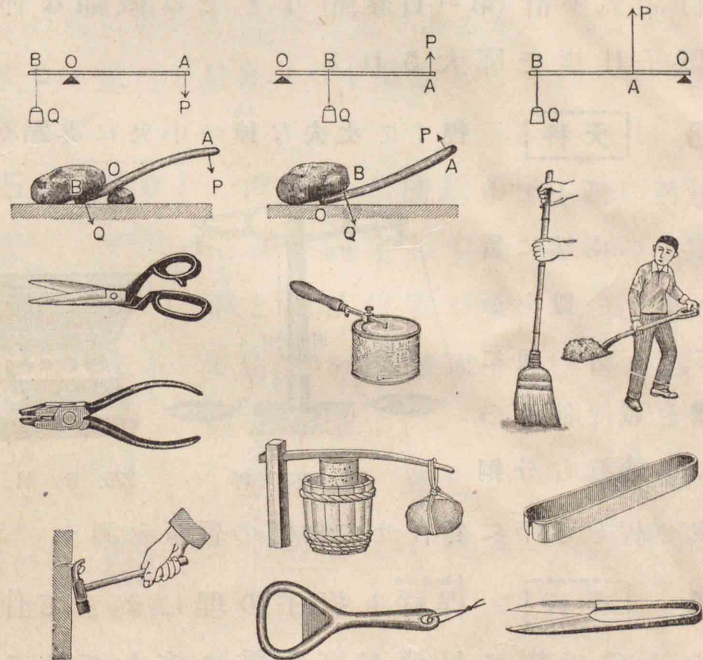
221. 挺子の原理

$$P \times AC = Q \times BC$$

それで、物體を動かすに挺子を用ひ、支點を十分物體に近づけ、支點からなる



222. 挺子



223. 挺子の三種とそれらの實例

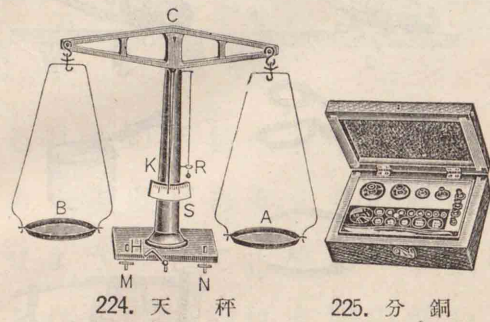
べく遠い點に力を加へると、重い物體をも容易に動かすことができる。

挺子をかやうにして用ひると、力に於いては得するが距離または速さに於いては損をする。

これに反して支點に近い點に力を働かせると、力を損するが、距離または運動の速さを得する。タイプライター・ピアノなどでは、文字板または鍵盤を少したたくだけで、他端は大きく動き、自記氣壓計(第21頁参照)などでは、微細な伸縮も挺子仕掛で廓大される。

3. **天秤** 軽くて丈夫な棹の中央に支點がある

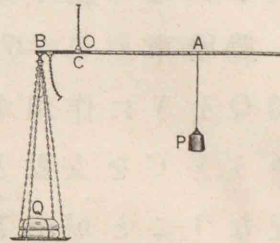
一種の挺子であつてその兩端に質量が等しい皿をかける。一方の皿に物體を載せ、他方の皿には適當な分銅



を載せ、桿を水平に釣合せて、物體の質量を測る。

4. **桿秤** 桿秤も挺子の理によつて作られたもので、桿に目盛が等距離に施してある。

今、皿に何も載せないときは分銅(P)をO點に吊して釣合ひ、皿に物體(Q)を載せたときには分銅をAに移して釣合ふとすれば、分銅を移動したためにO點に對する能率は(P×OA)だけ増加し、この増



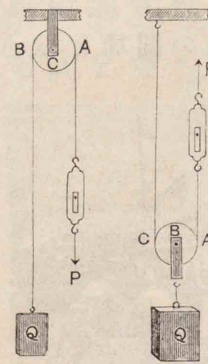
226. 桿秤

加は物體(Q)のC點に對する能率(Q×BC)に等しい。故に

$$Q \cdot BC = P \cdot OA$$
$$Q = \frac{P}{BC} \cdot OA$$

この式に於いて  $\frac{P}{BC}$  は一定であるから、QはOAに比例する。従つて目盛はOを基點として右方に等距離に施せばよい。

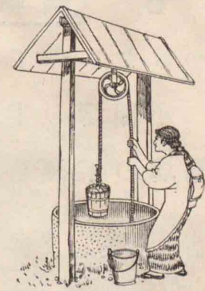
5. **滑車** 滑車に二種類ある。車の軸の位置が固定してあるものを定滑車といひ、位置が變



227. 定滑車と動滑車

るものを動滑車と稱する。

定滑車 兩臂の長さの等しい挺子と見なすことができるから、力を得することはできないが力の方



228. 定滑車で力の方向を變へる例

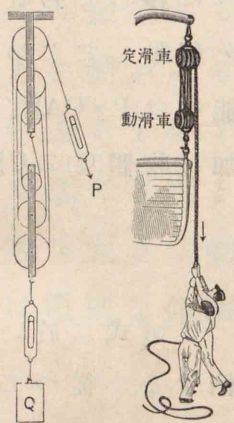


向を任意に變へられる便利がある。

動滑車 第 227 圖右に於いて、軸にかけた物體 Q を A に作用する力 P で引きあげるのは、ちやうど、C を支點とする挺子と見なすことができるから、力 P は、物體の重さ Q の  $\frac{1}{2}$  で足る。

複滑車 定滑車と動滑車とを數個組合せたものを複滑車(俗にセミ)といふ。

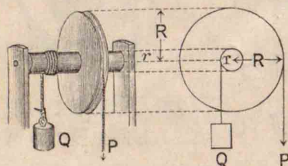
第 229 圖に示す複滑車では、物體 Q を支へるに要する力 P は Q の  $\frac{1}{6}$  で足る。



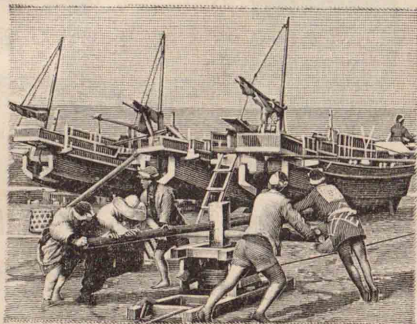
229. 複滑車(セミ)

6. 輪軸 共通の軸に大小二個の圓嚙を取りつけたものである。

小圓嚙の半徑を r, 大圓嚙の半徑を R とする。



230. 輪 軸



231. 車 地

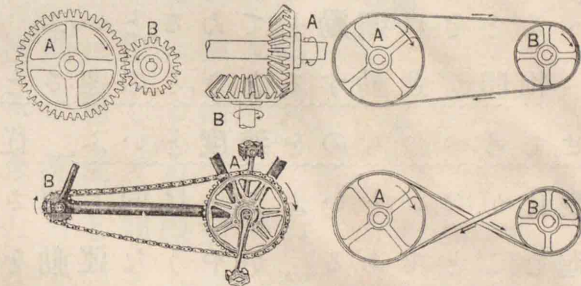
小圓嚙に巻いた綱の端に重さ Q の物體を吊し、これと釣合せるために、大圓嚙には反對方向に綱を巻いてその端に力 P を加へたとすれば、

$$P \times R = Q \times r$$
$$P = Q \times \frac{r}{R}$$

故に R を r よりも大にすればするほど力を得する。  
車地は輪軸の應用である。

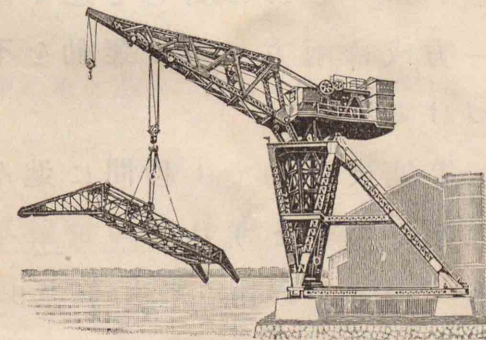
7. 齒車・調革・鎖 滑車や輪軸のやうな一つの廻轉體か

ら他の廻轉體に運動を傳へ、また運動の速さや方向を變へ



232. 廻轉運動を傳へる装置

るには、齒車・調革・鎖などを使用する。咬み合ふ二つの齒車の齒數は、その半徑に比例し、一廻轉に要



233. 起 重 機

する時間もまたこれに比例する。

起重機は齒車・滑車などを利用して、力を得する装置の例である。

## 第四課 運 動

1. **運動と速度** 物體が時を経ても位置を變へないときは**静止**してゐるといひ、位置を變へるときは**運動**してゐるといふ。

物體が運動するとき、その速さと方向とを併せて考へたものを**速度**といふ。従つて速度に變化がないといふことは、同じ速さで一直線に進むことである。かやうな運動を**等速度運動**といふ。これに對して速さ及び方向の何れか一方、或は兩方が變る運動を**不等速度運動**と名づける。

等速度運動で  $t$  秒間に進んだ距離を  $s$  糎、その速さを  $v$  とすれば、

$$v = \frac{s}{t} \text{ 糎/秒}$$

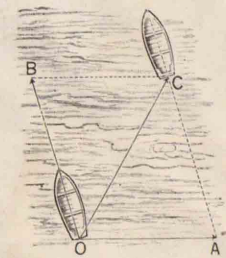
不等速度運動では一般に速さも方向も時と共に變

る。それで、或瞬間の速度とは、(1) 方向はその瞬間の方向、(2) 速さはその状態のままでその運動が單位時間續いたときに進むべき距離で表す。

速度は大いさと方向とを考へたものであるから力と同様に矢印をつけた直線で圖示される。

2. **速度の合成・分解** 舟が河を横ざるとき、

舟は水に對して進み、水は岸に對して流れる。この場合、岸に對する舟の速度は岸に對する水の速度と、水に對して漕ぐ舟の速度との合速度である。



234. 速度の合成  
OA. 水の流れる速度  
OB. 水に對して漕ぐ速度  
OC. 岸に對する舟の速度

速度もまた力と同様に、平行四邊形の法によつて合成・分解される。

問. 風のない時でも雨の中を走るには傘を前方に傾けることが必要であるのは何故か。

3. **加速度** 單位時間内に起る速度の變化を加速度と稱する。 例へば、1 秒間に 5 秒米の速度の變化があるときは、その加速度は毎秒 5

秒米 であるといひ、或は簡單に5秒秒米ともいふ。  
またこれを5米/秒秒、 $5\text{ m/sec}^2$ とも書く。

直線運動をして居る物體の初速度を  $v_0$ 、 $t$  秒後の速度を  $v$ 、この時間内の平均加速度を  $a$  とすれば、

$$a = \frac{v-v_0}{t}, v=v_0+at \dots\dots\dots(29)$$

問. 物體が静止の位置から直線運動をはじめ、3秒後に2.94秒米の速さを得た。平均加速度を求めよ。

## 第五課 運動の定律

### 1. 運動の第一定律

力を加へなければ、静止してゐる物體はいつまでも静止の状態を續け、運動してゐる物體はいつまでもその速度を變へない。

これを運動の第一定律或は慣性の定律といひ、物體が静止または運動の現状を持続しようとする性質を慣性とよぶ。



235. 慣性の利用

## 運動の定律と運動競技



(上) 三段跳 (下左) 棒高跳 (下右) 走高跳

電車が急に發車するとき、乗客が後に倒れさうになるのは慣性のためであり、走幅跳で疾走して來て踏切るのは慣性の利用である。

2. **運動の第二定律** 物體に力を加へると、靜止してゐるものも動き出し、運動してゐるものはその速度を變へる。かやうに

物體に力を加へると、力の方向に加速度を生じ、その大いさは加へた力に比例し、物體の質量に反比例する。

これを運動の第二定律といふ。

質量 1 瓦の物體に作用して、1 秒秒糧の加速度を生ずる力を 1 **ダイン** と名づける。従つて質量 m 瓦の物體に、f **ダイン** の力が作用して、a 秒秒糧の加速度を生じたとすれば、次の關係がある。

$$a = \frac{f}{m}, \quad f = ma \dots\dots\dots(30)$$

3. **運動量** 運動體の質量とその速度との相乗積を運動量といふ。

或物體に f **ダイン** の力が t 秒間作用したた

\* **ダイン** (dyne) を力の絶對單位といふ。

めに、速さが  $v_0$  から  $v$  に變つたとすれば、このときの加速度  $a$  は、

$$a = \frac{v-v_0}{t}$$

この物体の質量を  $m$  瓦とすれば、

$$f = ma = m \cdot \frac{v-v_0}{t}$$

$$ft = mv - mv_0 \dots \dots \dots (31)$$

すなはち、

物体に力が作用すると、その方向に運動量の變化が起り、その變化の大きさは作用した力と力が作用した時間との相乗積に等しい。

この相乗積を力積と名づける。

物体がはじめ静止してゐるときは、 $v_0=0$  であるから、公式 (31) は次のやうになる。

$$ft = mv \dots \dots \dots (32)$$

これによつて、質量の大きいものを急に動かすには、大きな力を要すること、並びに、小さい力でも長い時間引續き作用させると、物体は次第に速く動くやうになることがわかる。

逆に、大きい運動量をもつ物体を急に止めるには、大きな力がある。釘を金鎚で打込むこと、怒濤が堤防を破壊すること、列車が衝突して惨害を與へることなど

はその例である。

また自轉車や自動車に空気入タイヤを用ひ、汽車等の車體を支へるにバネを用ひるのは、弾性を利用して力の作用する時間を長くして、激動を減殺するためである。

問 1. 停車場構内で人夫が貨車を押すとき、初めのうちは中動かないが引續き押してゐると、次第に速く動くやうになるのは何故か。

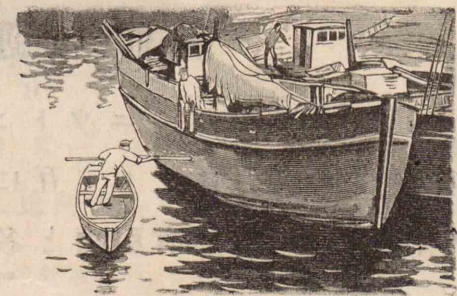
問 2. 茶碗を石の上に落とすと破壊するが、畳の上に落したのでは破壊しないのは何故か。

問 3. 600 秒繩の速さで、直線上に運動してゐる質量 500g の物体がある。

(1) これにその運動の方向に 2500 ダインの力を 20 秒間作用させると、何程の速度となるか。

(2) またこの物体を静止させるには、前の大いさの力を逆の方向に幾秒間作用させればよいか。

4. **運動の第三定律** 船頭が竿で岸を突けば、船が岸を離れ、船の上で他の船を引き寄せやうとすると、自分の船もまた引かれる。かやうに、甲物体が乙物体

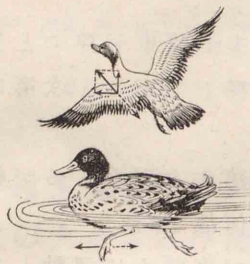


236. 作用と反作用の例一

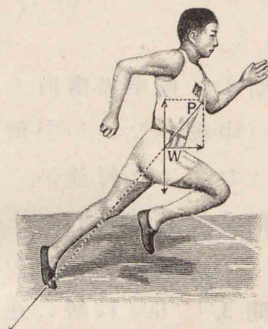
に力を加へると、乙もまた甲に力を及ぼす。このとき一方を作用、他をその反作用と稱する。

作用と反作用とは大きさが相等しく、方向は相反する。

これを運動の第三定律或は反作用の定律と名づける。



237. 作用と反作用の例二



438. 作用と反作用の例三

鳥が飛び、魚が泳ぎ、人が歩行・跳躍するなどはいづれも反作用の利用である。

### 第六課 落體の運動

1. **萬有引力** ニュートンは、宇宙間のすべての物體は或力によつて互に引合つてゐることを確め、これを萬有引力と名づけた。

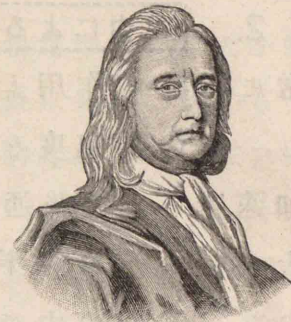
萬有引力の大きさは二物體の質量の相乗積に正比

例し、その距離の二乗に反比例する。

これを萬有引力の定律と稱する。

二物體の質量を  $m$  瓦・ $m'$  瓦、その距離を  $r$  糎とすれば、萬有引力の大きさ  $f$  は

$$f = K \cdot \frac{m \cdot m'}{r^2} \text{ ダイン} \dots\dots\dots (33)$$



239. Newton (1642-1727)

惑星が一定の軌道に沿うて太陽の周圍を運行するのは、太陽と惑星との間の萬有引力によるのである。

地球上の物體と地球との間の萬有引力が重力である。それで、物體の質量を  $m$  瓦、地球の質量を  $M$  瓦、地球の半径を  $R$  糎とすれば、その物體に作用する重力、すなはちその物體の重さは、

$$K \cdot \frac{Mm}{R^2} \text{ ダイン}$$


地球上の一地點では、 $K \cdot \frac{M}{R^2}$  は一定であるから、物體の重さはその質量( $m$ )に比例することがわかる。

\* 公式(33)の  $K$  を萬有引力の常數といひ、その値はおよそ  $\frac{1}{15000000}$  である。

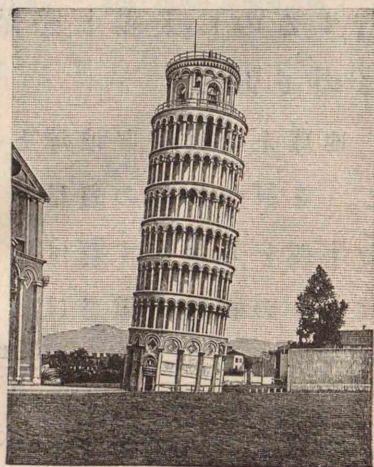
2. **重力による加速度** 地球上の物體には常に重力が作用してゐるから、落體はその方向に一定の加速度を生ずる。これを**重力による加速度**といひ普通  $g$  で表す。 $g$  の値は質量の大小にかかはらず一定であるから空氣の抵抗のない真空の中では、羽毛も鉛球も同時に落下する。

嚴密にいへば、 $g$  の値は場所によつて多少ちがふがわが國では、ほぼ  $g=980$  秒秒糶と見て大差はない。

地 點	$g$ の 値
南北極の海面	983.2
緯度45度の海面	980.6
東 京	979.8
富士山頂	978.6
赤道の海面	978.0



240. 落體 241. Galileo (1564-1642)



242. ピサの斜塔

\*  $g$  の値が緯度によつてちがふのは、地球の半徑が緯度によつて異なるのと地球の自轉に基づく影響との二つの原因による。

ガリレオは三百餘年前ピサの斜塔の頂から大小數個の物體を落し、それらが殆ど同時に地面に達することを實驗して衆人の迷夢を破り、物理學今日の基を開いた。

物體の重さはそれに作用する重力の大きさであるから、質量  $m$  瓦の物體の重さは、 $mg$  ダインである。従つて  $1g$  の重さは  $980$  ダインである。

3. **落體** 物體が落下するときの加速度は  $g$  であるから、静止してゐる物體が落ちはじめから  $t$  秒後の速度  $v$  は、

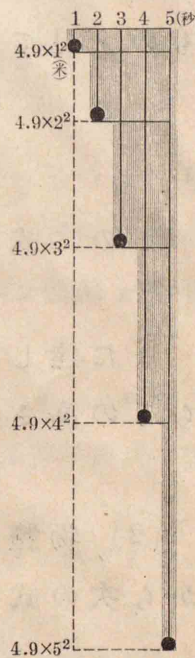
$$v = gt \dots\dots\dots(34)$$

この  $t$  秒間内に落下した距離  $s$  は、

$$s = \frac{1}{2} gt^2 \dots\dots\dots(35)$$

上の兩式から

$$v^2 = 2gs \dots\dots\dots(36)$$



243. 落體

\* 落體及び拋射體に關して以下に述べることは、空氣の抵抗がないものと假定してゐるのである。

4. **拋射體**

(1) 物體を  $v_0$  なる速度で真上に投げ上げる  
とき、加速度は  $-g$  であるから  $t$  秒後の速度  $v$   
は、

$$v = v_0 - gt \dots\dots\dots(37)$$

この時間内に上昇した距離  $s$  は、初速度  $v_0$  と  
最後の速度  $v$  との平均速度で  $t$  秒間運動した  
ものと見てよいから、

$$s = \frac{v_0 + (v_0 - gt)}{2} \times t$$

$$= v_0 t - \frac{1}{2} gt^2 \dots\dots\dots(38)$$

この二式から、

$$v^2 = v_0^2 - 2gs \dots\dots\dots(39)$$

また、達し得る最高點は、 $v=0$  の點であるか  
ら、その高さを  $h$  とすれば、公式 (39) から、

$$h = \frac{v_0^2}{2g} \dots\dots\dots(40)$$

(2) 物體を真下に投げ下すときは、同様な考  
から次の式が得られる。

$$v = v_0 + gt \dots\dots\dots(41)$$

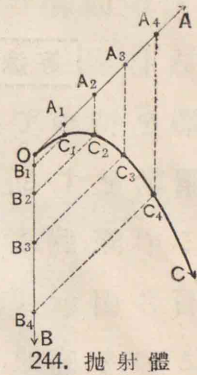
$$s = v_0 t + \frac{1}{2} gt^2 \dots\dots\dots(42)$$

$$v^2 = v_0^2 + 2gs \dots\dots\dots(43)$$

(3) 斜に投げられた物體の通る路は一つの曲線で  
ある。この際の物體の運動は、投げられた方向の等速  
運動と落下運動との合運動と見られる。

初速度  $v_0$  で  $OA$  の方向に投げられた  
物體は、外から力が加はらなければ、1 秒  
後には  $A_1$ 、2 秒後には  $A_2$ 、 $t$  秒後には  $v_0 t$   
の距離にある。

またこの物體が自由に落下するとき  
は、1 秒後には  $B_1$ 、2 秒後には  $B_2$ 、 $t$  秒の後  
には  $\frac{1}{2} gt^2$  の距離にある。



この兩運動が一物體に同時に起きたとすれば、1 秒  
後には  $C_1$ 、2 秒後には  $C_2$  にあることになり、實際の運動  
は、 $OC$  の曲線に沿うて落ちて行く。この曲線を拋物  
線と名づける。

問 1. 高さ 122.5 m の點から物體を自由に落すときは幾秒に  
して地面に達するか。また地面に達した瞬間に於ける速  
度は何程か。

問 2. 甲物體を落してから、2 秒を経て乙物體を落すときは  
幾秒の後、甲乙の間隙が 98 m となるか。

問 3. 花火を打上げた瞬間から 4 秒を経て破裂するのが見  
えたといふ。上昇した高さとも最初の速度とを計算せよ。  
但し、花火は最高處に達したとき破裂したものとする。

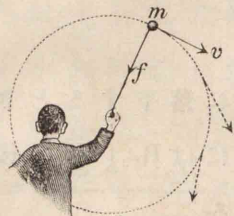


第七課

圓運動

1. **等速圓運動** 絲の一端に石を結び、他の端を持つて振り廻すと石は手を中心とした圓運動をする。

この際、手は石に引かれるのを感じ、その感じは



245. 圓運動と求心力

石の廻轉が速いほど強い。もし絲を放せば石は圓の切線の方に飛去る。す



246. 鐵鏈投

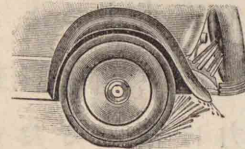
なはち石は手によつて中心に向つて引かれつゝあるので、絶えず方向を變へて圓運動をなし得るのである。かやうに物體が圓運動をするには絶えずその中心の方向に作用する力が必要である。この力を求心力と稱する。

質量  $m$  瓦の物體を  $v$  秒徑の速度で半徑  $r$  徑の圓運動をさせるに必要な求心力  $f$  は、

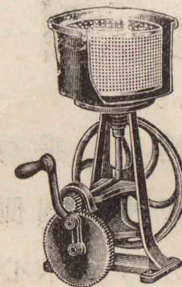
$$f = \frac{mv^2}{r} \text{ ダイン} \dots\dots\dots (44)$$

物體が圓運動をしてゐる際、急に求心力の作用が止めば、慣性のために物體はその瞬間の速度で運動を續け、結局その點に於ける切線の方に飛去る。

濡れた傘を速かに廻轉するとき水滴が飛散り、廻轉する車輪から泥水が飛



247. 車輪から泥水の飛散る有様



248. 廻轉乾燥機

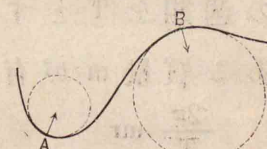


249. 濡れた傘から水を飛ばす有様

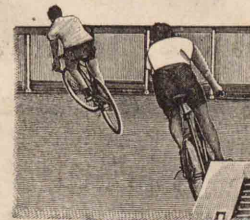
散るのは、水の凝集力が弱くて圓運動を續けることができないからである。廻轉乾燥機はこの理を應用したものである。

曲線運動も

その一部分をとれば、圓運動と見てよいか



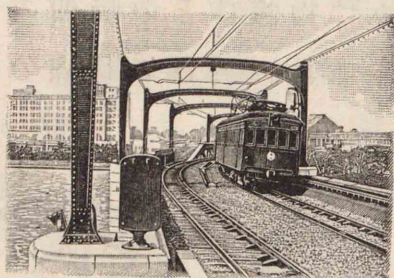
250. 曲線運動



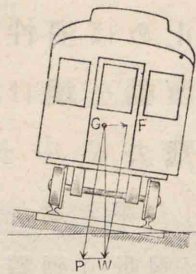
251. カーヴしつつ疾走する自轉車

ら、その圓の中心の方向に求心

力が作用しなければならない。汽車や電車などのレールがカーブの所で外側を高くしてあ



252. 電車がカーブするところ



253. カーブしたレールを走る車に作用する力

ることや、人が自転車に乗つて疾走するとき、曲がり目のところで體を内側に傾けるのは重力の水平の方向の分力を求心力に當てるためである。

2. **廻轉體** 獨樂のやうに、一定の軸の周に固體が廻轉するときは、各部分は同じ週期の圓運動をしてゐて、その速さは軸からの距離に比例する。今、廻轉の週期を  $T$  とすると、廻轉軸から  $r$  なる距離にある質量  $m$  が有する運動量は、

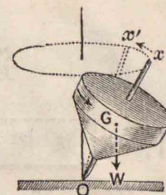
$$\frac{2\pi}{T} mr$$

で表される。それで質量の大きいものが、軸から遠い點にあつて廻轉するほどその運動量が

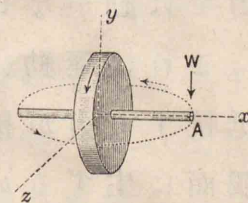
大きい。従つて、かやうな廻轉體の速さを變へることは困難である。ハズミ車はこの理を應用して廻轉の速さを一様にする装置である。

廻轉體は廻轉軸の方向を變へ難い。廻轉軸の方向を變へることは、廻轉體各部の運動の方向を一齊に變へることになつて、慣性による抵抗を生ずるからである。進行中の自転車や急速に廻轉する獨樂が容易に倒れないのはこの

理に基づく。また、砲身の内壁に旋條をつけて彈丸に廻轉運動を與へるのは、空氣の抵抗のために彈丸の方向が變るのを防ぐためである。



254. 獨樂の運動(1)



255. 獨樂の運動(2)

廻轉體の軸に力を加へると、その力の方向と軸の方向との何れにも直角な方向に軸が移動する。少し傾きながら急速に廻轉する獨樂の軸の一端が圓を描くのは、獨樂に作用する重力がその軸を傾けようとするために起る現象である。

3. **ジャイロコンパス** 獨樂の軸を水平に支へ、

その軸がその面内で自由に方向を變へ得るやうに装置して急速に廻轉すると、その軸は正しく南北の方向を示すやうに向く。これは地球の自轉のために獨樂の東側が常に下に押し下げられると同じ結果になるから、廻轉體の性質によつて、その軸が自ら南北を指すやうになるのである。

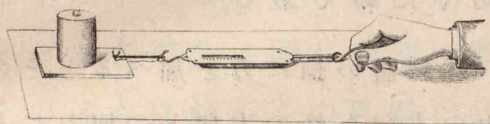
この装置をジャイロコンパスといひ、從來の羅針盤に代つて軍艦や汽船に用ひられる。

## 第八課

### 運動に對する抵抗

1. **摩擦** 机の上に物體を置いて、これを机の面に沿うて引き動かさうとしても、小さい力では動かない。

これは運動に抵抗する力が接



256. 摩擦

觸面に生ずるからである。かやうな力を**摩擦**或は**摩擦力**といひ、その大いさは、

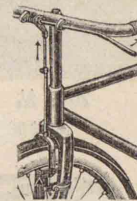
1. 接觸面の粗滑によつて異なり、
2. 同じ面では接觸面に垂直な全壓力に正比例し、
3. 接觸する面積の大小には關係がない。

物體が滑るときの摩擦を滑り摩擦といひ、<sup>ころが</sup>轉るときの摩擦を廻轉摩擦と稱する。廻轉摩擦は滑り摩擦に比べて著しく小さい。

汽車・電車・自轉車などのブレーキは摩擦を利用したものであり、

車軸に油をつけるのは摩擦を少く

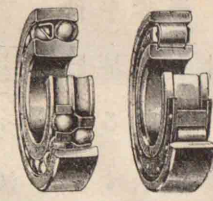
するためである。



257. 自轉車のブレーキ



258. ボールベアリング



259. コロの利用

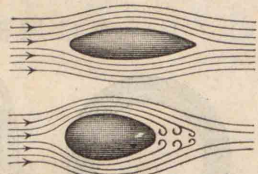
また軸と軸承との間にボールベアリングを用ひ、重い物體を運ぶにコロを

用ひるのは、滑り摩擦を廻轉摩擦にかへるためである。

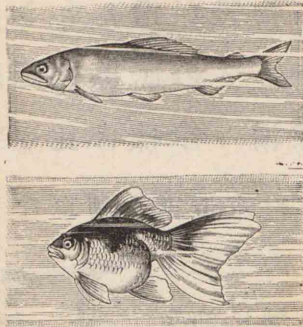
2. **流體の抵抗** 物體が流體の中で運動するときは流體に衝突するから、物體はその反作用をうける。この反作用を**流體の抵抗**といひ、その大いさは、運動體の形によつても異なるが、大體、流體の密度・物體の速度・並びに運動の方向に直角な斷面積が大なるほど大きい。

空気の抵抗のために弾丸は著しくその速度を減じ、雨滴は等速度で落下する。

渦巻を伴はずに流體が流れる模

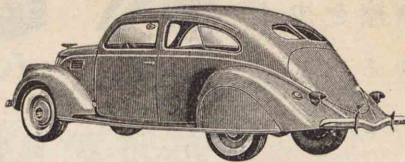


260. 流線形と非流線形



261. 鮭と金魚 (流線形と非流線形)

様を示す線を流線といひ、流線で囲まれたやうな形を流線形といふ。流線形は抵抗をうけることが最も



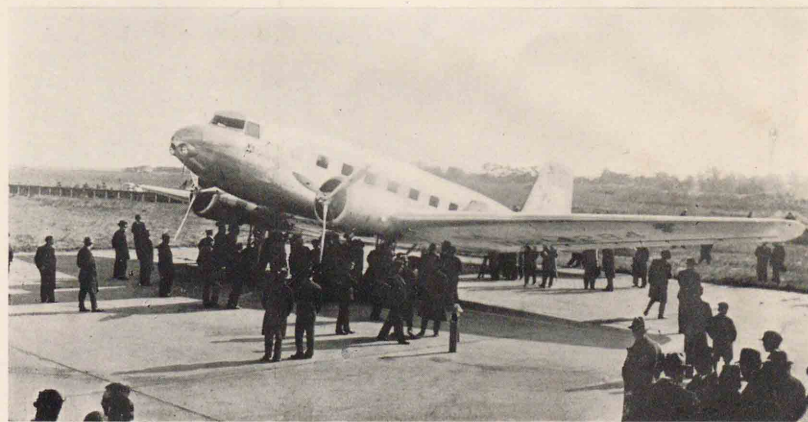
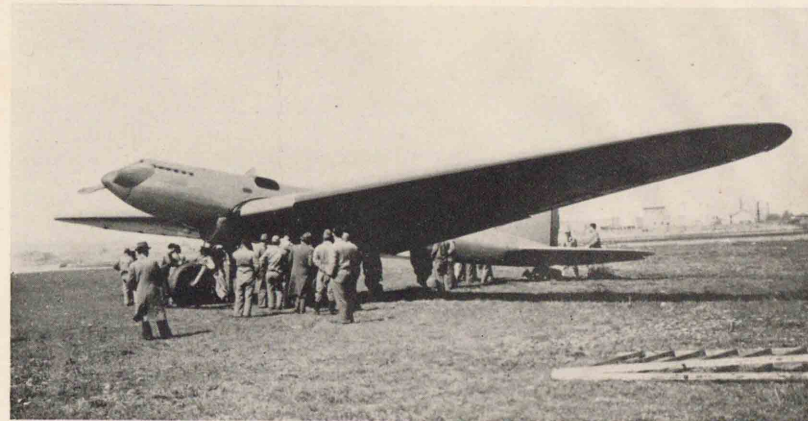
262. 流線形自動車

も少い。魚や小鳥の形態には自然の流線形のものが多く、潜水艦・航空船を始め汽車・自動車等にも、近來この形態のものが多く用ひられるやうになつた。

3. **推進機** 扇風機を廻轉すると翼は空気を押して風を起す。このとき、翼はその反作用をうけるから、もし扇風機を動き易い状態に置けば風と反對の方向に進行する筈である。船艦や飛行機が推進されるのはこの理に基づく。

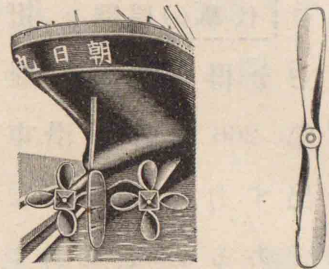
第 265 圖に於て推進機の廻轉のために起る推進力

### 最新の飛行機

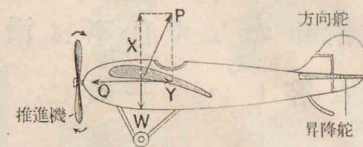


(上)神風號 (中)航空研究所超長距離試作機 (下)ダグラス旅客機

を $Q$ ,翼面の受ける抵抗を  
 $P$ ,機體の重さを $W$ とする。  
 $P$ の鉛直分力 $X$ を浮揚力  
 といひ,これと $W$ との差で  
 機體は上昇速度を増し, $Q$   
 と, $P$ の水平分力 $Y$ との差  
 で前進速度を増す。もし  
 $X$ と $W$ , $Q$ と $Y$ とがそれぞ  
 れ釣合ふときは機體は,そ  
 の高さ・その速さを保つて  
 飛行を続ける。



263 船艦の推進機 264. プロペラ



265. 飛行機にはたらく力

## 第九課

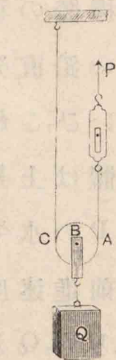
### 機械と仕事

1. **仕事** 物體に力が作用して力の方向にこれを動かしたときは,力が仕事をしたといふ。

仕事の大きさは,作用した力 $f$ とその方向に物體が動いた距離 $s$ との相乗積 $fs$ で測る。

1 珣の力で物體を1米動かす仕事を1珣米,1ダインの力で1糎動かす仕事を1エルグといふ。また $10^7$ エルグを1ジュールと稱する。

2. **仕事の原理** 挺子・滑車・輪軸などを用ひると力を得するが距離を損する。例へば第 266 圖の動滑車を用ひると、滑車の出す力  $Q$  は滑車に加へた力  $P$  の 2 倍であるが、 $Q$  の引上げられる距離は  $P$  を引いた距離の  $\frac{1}{2}$  である。従つて、滑車のなす仕事は滑車に加へた仕事に等しい。一般に、

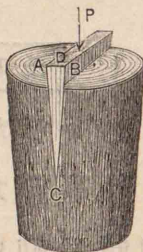


266. 動滑車

機械を用ひても仕事には損得がない\*。

これを機械に於ける**仕事の原理**と名づける。

3. **楔** <sup>くさび</sup> 楔 ACB を木の割目にあて、AB 面に垂直に力  $P$  を加へて押込むと楔は兩側面で木を押し開く。その押し開く力を  $Q$  とすれば、楔を押込む仕事は  $P \times CD$ 、その間に楔がした仕事は  $Q \times AB$  であるから、仕事の原理によつて



267. 楔

$$P \times CD = Q \times AB$$

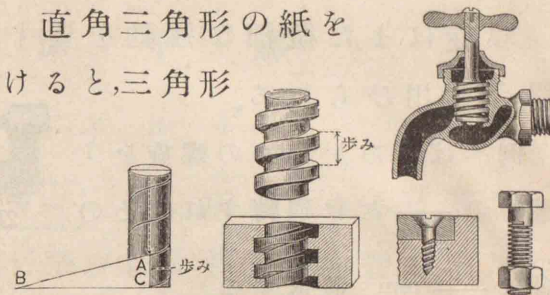
$$P = \frac{AB}{CD} \cdot Q$$

\* 機械に摩擦がないものと假定した場合。

従つて、 $AB$  を小に、 $CD$  を大にすれば(即ち楔を薄くすれば)小なる力で堅い木でも押し開くことができる。

刃物の刃は楔の應用である。

4. **螺旋** 直角三角形の紙を圓筒に巻きつけると、三角形の斜邊は圓筒の周りに一種の曲線を作る。この曲線に沿



268. ネジの作り方

269. 螺旋を用ひた例

うて山を刻むと雄ネヂとなり、雄ネヂが丁度ハマる溝を筒の内壁に刻んだものが雌ネヂである。そしてネヂの軸に沿うて測つた山と次の山との距離を、**ネヂの歩み**といふ。

螺旋は一廻轉する毎に 1 歩みづつ進退する。

ジャッキで重い物を押揚げる場合に、長さ  $a$  なる柄の端に  $P$  なる力を加へて一廻轉する仕事は  $2\pi aP$  である。この間にネヂは 1 歩み  $b$  だけ上に伸び出すから、その上加つてゐる重さを  $Q$  とすればネヂがした仕事は  $bQ$  である。

仕事の原理によつて、

$$2\pi aP = bQ, \quad P = \frac{b}{2\pi a} Q$$

それで柄を長くし、歩みを小にすれば  
するほど力が得になる。

螺旋はまた微細な運動を要する  
場合に用ひられる。

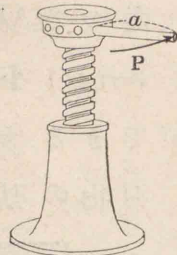
例へば、歩みが1mmの螺旋を1  
廻轉の  $\frac{1}{100}$  だけ廻轉すれば、その  
端は  $\frac{1}{100}$  mm 進退する。

螺旋測微計や精密機械の調節部に螺旋を用  
ひるのは、この理を應用したものである。

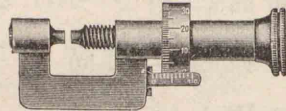
5. **機械の有効率と工率** 機械には摩擦その  
他の抵抗があるので、常に仕事の損失がある。

機械のなす有効な仕事と機械を動かすに要  
する仕事との比を**有効率**といひ、通例百分率で  
表す。

機械が単位時間になす有効な仕事の量をそ  
の**工率**といひ、機械工業上ではその単位として  
多く**馬力**を用ひる 1馬力は**毎秒76瓦**の仕



270. ジャッキ



271. 螺旋測微計

事をなすものである。

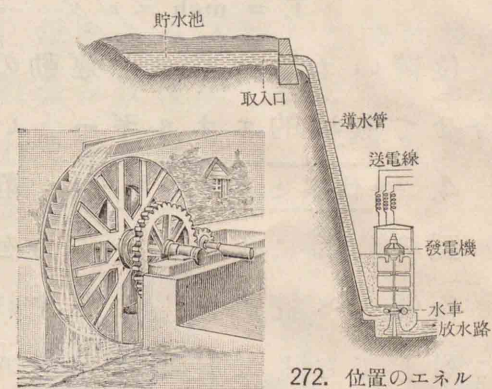
電気工業で普通に用ひる工率の単位をワッ  
ト(w)といひ、1000ワットを1**キロワット**(kw)と稱  
する。1馬力は746ワットにあたる。

## 第十課

### エネルギー

1. **エネルギー** 高い所にある水は落ちる  
際に水車を廻し、飛び行く弾丸は物體にあたつ  
てそれを破壊するなど、一種の仕事をする。

かやうに物體  
が仕事をなし得  
る状態にあると  
きは、**エネルギー**  
をもつてゐると  
いひ、その**エネル  
ギーの量**はその



272. 位置のエネルギーの利用

物體がなし得る**仕事の量**で測られる。

2. **運動のエネルギー** 飛び行く弾丸のや  
うに物體が運動してゐるためにもつ**エネルギ**

一を運動のエネルギーといふ。

質量  $m$  瓦の物体が、 $V$  秒厘の速度で運動してゐるときにもつてゐる運動のエネルギー  $E$  は

$$E = \frac{1}{2} mv^2 \text{ エルグ} \dots\dots\dots(45)$$

3. **位置のエネルギー** 高い所にある水や、引き張られた弓のやうに、その位置のためにもつエネルギーを位置のエネルギーとよぶ。

高さ  $h$  厘の所にある質量  $m$  瓦の物体がもつてゐる位置のエネルギー  $E$  は、

$$E = mgh \text{ エルグ} \dots\dots\dots(46)$$

位置のエネルギーと運動のエネルギーとを合せて機械的エネルギーといふ。

4. **仕事とエネルギー** 静止してゐる質量  $m$  瓦の物体に、 $f$  ダインの力を加へて、力の方向に物体を  $S$  厘動かしたとすれば、この力が物体に對してなした仕事は  $fs$  エルグである。

この場合、物体がもつ加速度を  $a$  秒秒厘、距離  $S$  厘を通過したときの速度を  $V$  秒厘とすれば、

$$f = ma, \quad s = \frac{v^2}{2a} \text{ の二式から}$$

$$fs = ma \cdot \frac{v^2}{2a} = \frac{1}{2} mv^2 \dots\dots\dots(47)$$

すなはち、物体に對してなした仕事は、物体が得た運動のエネルギーに等しい。

問 1. 30 g の弾丸が、400 秒米の速度で銃口から發射される時に有する運動のエネルギーは何程であるか。

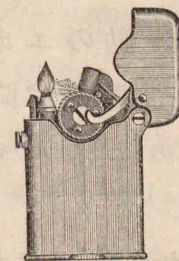
問 2. 地上 40 m の高さにある 500 kg の石は何程の位置のエネルギーをもつか。

### 第十課

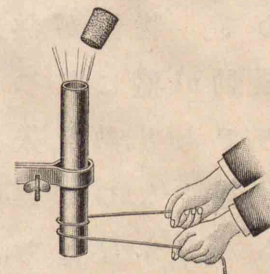
#### エネルギーの變遷と不滅

1. **熱と仕事** 錐をもみ込むとき、物を摩擦するとき、または針金を反覆押し曲げるときのやうに仕事を費して熱を得ることがあり、蒸氣機關のやうに熱を費して仕事を

得ることがある。かやうに仕事は熱に變り、熱は仕事に變るが、この間の關係を數量的に明か



273. アウエル合金を使用した發火器



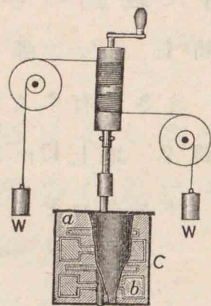
274. 摩擦によつて熱が生ずること並びに熱が仕事をすることを示す



にしたのはジュール(英人)である。氏は第 276 圖のやうな装置を用ひて實驗し、

1 カロリーの熱は0.427 珪米(4.18×10<sup>7</sup> エルグ)の仕事に相當することを確めた。

4.18 × 10<sup>7</sup> エルグを熱の仕事當量といふ。



今、熱の仕事當量を J で表し、W エルグの仕事が熱に變つて、H カロリーを生じたとすれば次の關係がある。

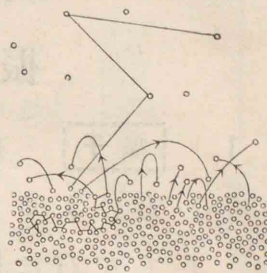
W = J · H .....(48)

2. 熱の本性 物質をつくる分子は常に運動しつつあるので、運動のエネルギーをもつてゐる。物體が熱せられて溫度が昇るのは、分子運動が盛になつて運動のエネルギーが増したのであり、熱を失つて溫度が降るのは、分子運動が遅くなつて運動のエネルギーを減じたのである。すなはち、

熱は分子運動のエネルギーである。  
液體を熱すると溫度の昇るにつれて、その分

子運動が盛になり、遂に大なる速度をもつ分子は空中に脱出する。この現象が蒸發である。

かやうにして、液體は比較的大なる速度をもつ分子を失ひ、後には分子運動の不活潑な分子だけが残るので、次第にその溫度が降る。これが蒸發に基づく冷却である。



277. 液體分子飛散の狀況

3. エネルギーの不滅 高所にある物體が落下すると位置のエネルギーは運動のエネルギーに變り、地面に達すると運動のエネルギーを失つて熱を生ずる。

エネルギーには、機械的エネルギー・熱エネルギーのほか、光のエネルギー・電氣のエネルギー・化學的エネルギーなど、色々ある。これらのエネルギーは、種々の現象が起る毎に

一物體から他の物體に移り、また一態から他態に變るが、その總量には變化がない。

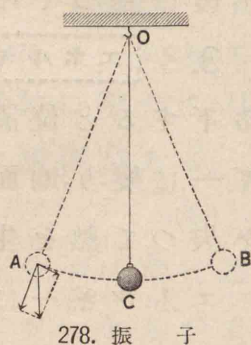
これをエネルギーの不滅律と稱する。

# 第六章 波動

## 第一課

### 振動・波動

1. **振子** 糸の端に小さい錘をつけて、これを一方によせて放すと、錘は静止の位置を中心として左右に振動する。かやうな装置を**振子**といひ、圓弧 AC を**振幅**、OC を**振子の長さ**、一振動に要する時間をその**週期**と名づける。



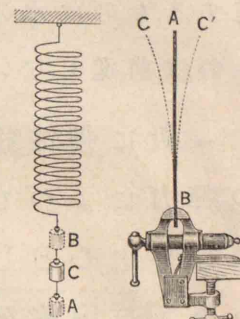
今、週期を T 秒、振子の長さを l 厘、重力の加速度を g 秒<sup>2</sup>厘とすれば次の関係がある。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \dots\dots\dots (49)$$

すなはち、振子の週期はその長さによつて定まり(長さの平方根に正比例する)、振幅や錘の質量には関係が無い。これを**振子の等時性**といふ。

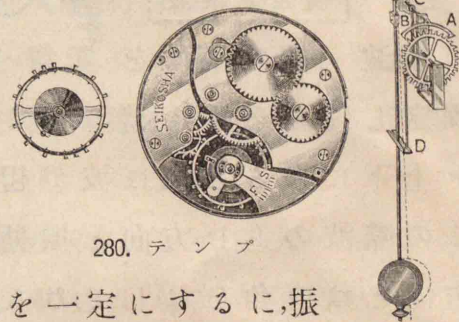
2. **弾性体の振動** ゼンマイの上端を固定して下端に錘をつけ、これを少し引下げて放す

と、錘はゼンマイの弾力によつて、静止の位置を中心として上下に振動する。薄い鋼鉄棒の一端を固定して他端を曲げて放した場合にも同様である。かやうな振動を**弾性振動**といひ、この場合にも等時性がある。懐中時計の**テンブ**はこの等時性を利用したものである。



279. 弾性体の振動

3. **時計** 時計にはゼンマイまたは錘によつて絶えず廻轉しやうとする齒車があり、その齒を一つづつ齒止で送つては



280. テンブ

281. 振子時計

止める。その間隔を一定にするに、振子またはテンブの等時性を利用する。

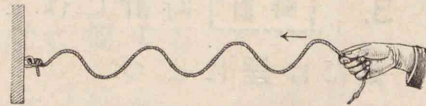
振子もテンブもその週期は温度によつて多少變るので、季節によつて時計には遅れ進みが起る。振子では、その下端の螺旋によつてその長さを變へ、テンブではヒゲゼンマイの長さを加減してこれを調節する。

4. **波動** 静かな水面に石を投げると、その点を中心として波が四方に広がって行く。そのとき前進するものは水の振動する状態だけであつて水そのものは前進しない。

一般に弾性體の一部に急激な歪が起るとその弾力によつて弾性振動が起り、その振動はその点を中心として次第に遠くへ傳つて行く。かやうな現象を**波動**といひ、波動を傳へる物質を波の**媒質**とよぶ。

5. **横波と縦波**

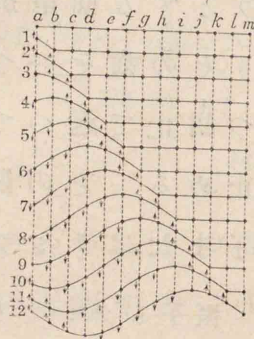
**横波** 綱の一端を



282. 綱の波

固定し、他端を手に持つてこれを上下に振ると、綱に波が起る。この際、波の進む方向と振動の方向とは直角をなしてゐる。

かやうな波を**横波**又は**高低波**と稱する。横波に於いて波の最も高い部分を**山**といひ、低い



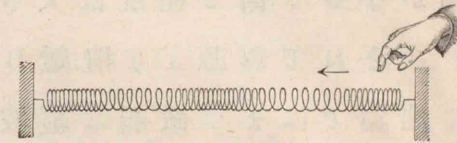
283. 横波の生ずる有様

部分を**谷**と稱する。また相隣つてゐる山と山、または谷と谷との距離を**波長**といふ。

媒質の一點が1振動する間に波は1波長だけ進行する。従つて、振動数を  $n$ 、波長を  $\lambda$ 、波の速度を  $V$  とすれば、次の關係がある。

$$1 : n = \lambda : V, \quad n\lambda = V \dots\dots\dots(50)$$

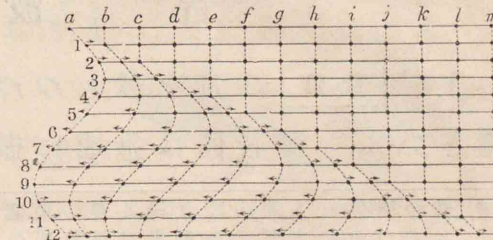
**縦波** 長いゼンマイの両端を固定し、一端に近いところを押し縮め或は引き伸ばして急に放すと、その密部或は疎部が



284. ゼンマイの波

ゼンマイを傳つて、順次進行する。かやうに疎密の状態が傳るのを**縦波**又は**疎密波**といふ。これは媒質の各點が波の進行する方向に振動することによつて生ずるのである。

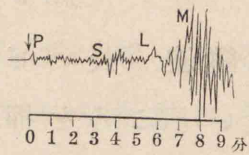
縦波に於いては、密部の中心から次の密部の中心まで、或は疎部の中心から次の疎部の中心までの距離が一波長である。そして公式(50)はそのまま縦波にも適用することが



285. 縦波の生ずる有様

できる。

6. **地震** 地殻の一部に激動が起るとその振動は四方に傳る。それが地震である。このとき横波と縦波とが同時に起るが、縦波は横波より振幅が小さく、傳る速度は大きい。それで震源より稍離れた地點ではまづ微弱な縦波を感じ、次いで横波を感じる。微動を感じてから振幅の大なる主要動を感じるまでの時間を初期微動の繼續時間といひ、その長短によつて震源までの距離を推定することができる。



286. 中距離地震記象  
 P. 直接に來た縦波  
 S. 直接に來た横波  
 L. 地表を傳つて來た波  
 M. 最大振動

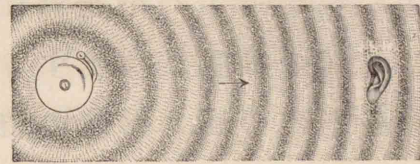
## 第二課

### 音波

1. **音波** 音を發しつつあるものを發音體といふ。發音體は急速に振動しつつあつて、

\* 音の限界 人間の聞き得る音の範圍は音の強さによつて異なるがその大體の振動數は毎秒16から20000  
 普通の談話に用ひる音の振動數は 男……90から150  
 女……270から550

その振動が周圍の空氣に傳り縦波となつて四方に傳る。これが音波である。



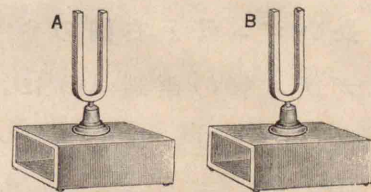
287. 音が傳つてゆく有様

音波が空氣中を傳る速さは溫度が0°Cのとき331秒米であり、溫度1°C昇る毎に毎秒0.6米づつ大となる。従つてt°Cに於ける速度Vは次の式で示される。

$$V = 331 + 0.6 t \text{ 米/秒} \dots\dots\dots(51)$$

Vは音の高低に關せず一定であるから公式(50)によつてnとλは反比例することがわかる。従つて高い音(振動數の大なる音)は波長が小であり、低い音は波長が大である。

2. **共鳴** 振動數の等しい二個の音叉A・Bを並べて置き、Aを鳴して暫くするとBもまた鳴出す。これはAから出た音波がBに達してこれを振動させるからである。かやうな現象を共鳴といふ。

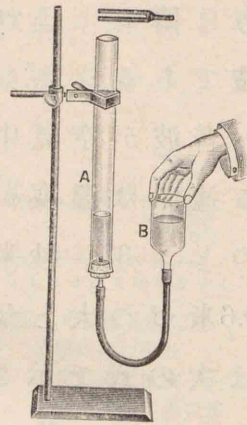


288. 音叉の共鳴

共鳴は振動数の等しい振動體の間に一般に起る現象であつて、空氣柱もまた音叉の振動に共鳴する。

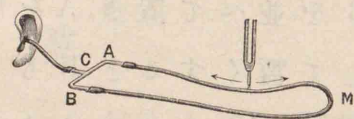
絃樂器の胴は胴内の空氣の共鳴によつて強い豊かな音を出させる装置である。

3. **音波の干涉** 二つの音波が同時に一つの場所に來るとき、各波の密部と密部、或は疎部と疎部とが相合すると、その合波の振幅は大となる。これに反して、一波の密部と他波の疎部とが相合すると、合波の振幅は小となる。従つて前の場合には音は強くなり、後の場合には弱くなる。かやうな現象を**音波の干涉**といふ。



289. 氣柱の共鳴

長いゴム管を右圖のやうなガラス管の兩端 A・B にはめ、枝 C には短いゴム管をつけてこれを耳に挿込む。今音叉を鳴してゴム管の中央 M 點に觸れると強い音が聞えるが、觸れる點を M から一方に徐々にすらすと音は次第に弱くなり、遂に殆

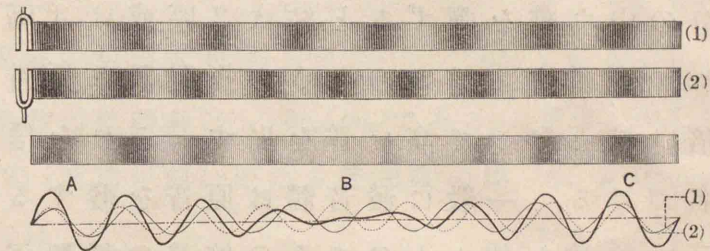


290. 音波の干涉

ど聞えない點が見つかる。これはゴム管の中を兩方に分れた音波が C に達するとき、一方の波の密部と他方の波の疎部とが相合して干涉するからである。

4. **喰り** 振動数が僅かに異なる二つの發音體を同時に鳴すと、その強さが週期的に變る一種の音が聞える。かやうな現象を**喰り**といふ。

一秒間に起る喰りの數は兩發音體の振動數の差に等しい

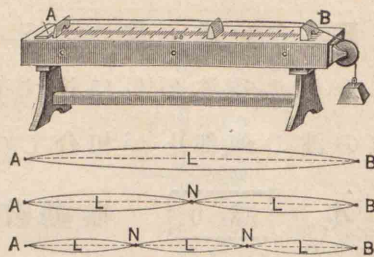


291. 喰り

振動數の等しい二個の音叉を取り、一方の音叉の脚に針金を少し巻いて振動數を變へ、これを同時に鳴すと喰りが起る。脚に巻く針金の卷數を變へると、一定時間内に起る喰りの數も亦變る。

5. **絃の振動** ピアノ・ヴァイオリン・三味線などの絃の振動數は、

1. その長さに反比例し、2. 張力の平方根に正比例し、3. 絃の単位長さの質量の平方根に反比例する。



292. 絃の振動

今絃を引つ張つてその中央部を弾ずると、絃は1區となつて振動し、最も調子の低い音を發する。これをこの絃の原音とよぶ。

次に絃の  $\frac{1}{2}$ , 或は  $\frac{1}{3}$  の點を軽く抑へて短い部分の中央部を弾ずると、絃は2區或は3區に分れて振動する。このときの振動数は原音の2倍・3倍となつて高い音を出す。これを倍音と名づける。一般に發音體は原音を發すると同時に倍音を伴ふもので、その倍音の種類・強弱によつて音色がちがふのである。

N點のやうな振動しない點を節といひ、節と節との中央の振幅の最も大きな點を腹といふ。

絃上の相隣つてゐる二節間の距離を  $l$ 、絃の張力を  $T$ 、單位長さの絃の質量を  $m$  とすれば、その振動数  $n$  は

$$n = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}} \dots\dots\dots(52)$$

6. 空氣柱の振動 風琴管・笛・尺八などを吹

くと、氣流が歌口に激して種々の振動数が混在してゐる噪音を發する。このとき、管内の空氣柱はこの噪音の中で自己の振動週期に一致してゐる音に最もよく共鳴して鳴出すのである。



293. 尺八 A. 歌口

今管の長さを  $l$ 、音の傳る速度を  $V$  とす

れば

(1) 一端が閉ぢてゐる管(閉管)の場合には、

$$\text{原音の振動数 } n_1 \text{ は, } n_1 = \frac{V}{4l} \dots\dots\dots(53)$$

倍音の振動数は、 $3n_1, 5n_1$  である。

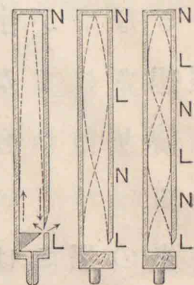
(2) 兩端が開いてゐる管(開管)の場合には、

$$\text{原音の振動数 } n_2 \text{ は, } n_2 = \frac{V}{2l} \dots\dots\dots(54)$$

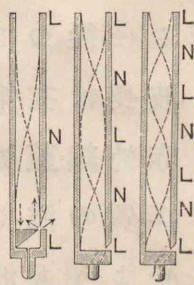
倍音の振動数は、 $2n_2, 4n_2$  である。

すなはち、

空氣柱の振動数もその長さに反比例する。



294. 風琴管(閉管)



295. 風琴管(開管)

問. 呼子の音が賑やかに聞えるのは何故か。

### 第三課

## 光 波

1. **光の波動説** 音が發音體から發する波であるやうに、光は發光體から發する一種の波である。

光の媒質はわれらの感覺では認めることができないが、宇宙間の到る處に充滿してゐると假想されてゐる。この中に起つた波動が四方に傳り、われらの眼に達すると視覺を起すのである。

光の強さは光波の振幅により、その色は振動數の大小(波長の長短)による。赤色から堇色に至るに従つて、その振動數は増し、波長は次第に小となる。

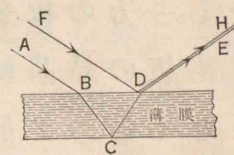
赤外線・堇外線もまた光と同じ媒質の波であつて、赤外線は赤光よりも波長が長く、堇外線は堇光よりも波長が短い。

要するに、幅射線は何れも同じ媒質の波であ

光波の波長	
A (赤)	0.00007661 <sup>cm</sup>
B (赤)	0.00006867
C (橙)	0.00006563
D (黄)	0.00005893
E (綠)	0.00005270
F (青)	0.00004361
G (藍)	0.00004308
H (堇)	0.00003968

つて、ただ波長に大小の差があるに過ぎない。

2. **薄膜の色** 石鹼球や水面に廣がつた石油の薄い層などに美しい色彩が現れることがある。かやうな薄膜の色は光の干涉によつて起るものである。今日光が薄膜に投射するとき、その上面Dから反射する光波DHと、一旦

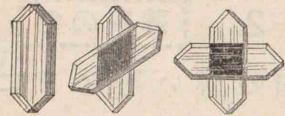


296. 薄膜の色の説明

膜の内部に進入し、その下面Cから反射して再び空氣中に出てくる光波DEとがDに於いて重なる。この場合に或色光に對し、一方の波の山と他方の波の谷とが相會すれば兩波は相干涉して互に打消し、山と山、または谷と谷とが相會すれば兩波は互に強め合ふ。前の場合にはその色光の餘光が現れ、後の場合にはその色自身が現れる。膜の色が部分によつて異なるのは、主に部分によつて膜の厚さが異なるからである。

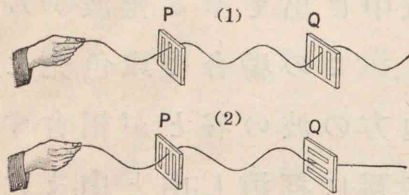
3. **偏光** 電氣石を結晶軸に平行に切つて薄板をつくり、これに日光をあてると、光の一部は吸収され、一部は透過する。

かやうな電氣石の薄板二枚をとつて、結晶軸が平行になるやうに合せて光を受けて見ると、一枚の時とさしたる變りがない。しかし、一方の板を廻轉すると、次第に明るさが減り、兩板の結晶軸が直交したときは、遂に光が通らなくなつて眞暗になる。



297. 電氣石板

これは電氣石が、光の振動中、その結晶軸に平行なもののみを通し、直角なものを吸収するからである。電氣石板を通つた光のやうに、その振動の方向が一定してゐる光を偏光と稱する。

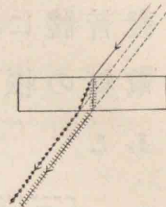
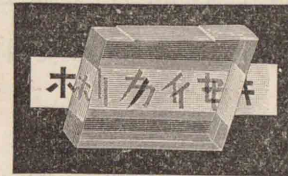


298. 偏光の説明

偏光の現象から考へて光波は横波であるとせねばならぬ。水・ガラスなどから反射する光も多少の偏光を含んでゐる。

4. **複屈折** 方解石の結晶を通して文字を見ると、二重に見える。この現象を複屈折といふ。これは一本の光線が方解石に投射すると

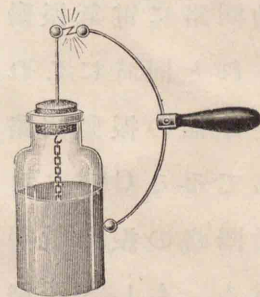
二本の屈折光線を生ずるからである。またこの二つの光は何れも偏光であることを電氣石板によつて確めることができる。



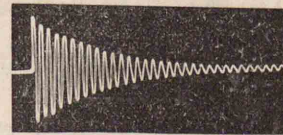
299. 複屈折

### 第四課 電 波

1. **電氣振動** 蓄電したライデン壺を放電叉で放電させると、ただ一闪の火花が飛んで瞬時に中和する。しかし、この火花を細かに検べると、その回路に周波数の非常に大なる一種の交流が起つたのであることがわかる。かやうな電流を振動電流といひ、この現象を電氣振動とよぶ。そして振動の起る回路を振動回路と名づける。



300. ライデン壺の放電



301. 振動電流

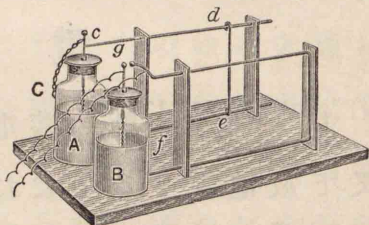


發音體に、それぞれ固有の振動數があるやうに電氣の振動回路にもそれぞれ固有の振動數がある。

2. **電氣共鳴** 振動數の等しい二つの發音體の間に共鳴の現象があるやうに、電氣振動にも共鳴がある。

二つの電氣振動回路を第 302 圖のやうに對立させ、

ライデン壘 B の内外箔を感應コイルの兩極につないで放電させると、その振動回路に電氣振動が起る。



302. 電氣共鳴

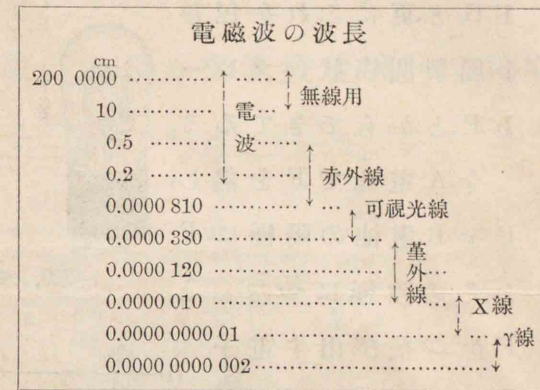
それと同時に、これに對立する他の振動回路にも電氣振動が起り、内外箔が接近してゐる C のところに火花が飛ぶ。これはこの兩振動回路の振動數が等しいから電氣共鳴が起つたのである。もし A 回路の d e の位置を變へると、その回路の振動數が變り、共鳴しなくなるから、火花は止む。

3. **電磁波** 振動電流が流れると、その回路の周圍に電場と磁場との週期的變化が起り、これが四方に傳る。これを電磁波または單に電

波とよぶ。

電波は光波と同種類の波動であつてその速度は光の速度

と等しい。しかし、その波長は數兆から數萬米まで色々ある。かやうに光波と電波



とはその本性に於いては同一であるが、ただ波長に長短の差があるだけである。X線・γ線もまた波長の極めて小さい電磁波であることが明かになつた。

4. **檢波器** 電氣振動の振動數は極めて大きいから、その回路に單に受話器を入れても、音は聞えない。しかし、振動電流の一方向の電流だけを通して他を遮斷すると、受話器の振動板は振動して音を發する。かやうにして電波を檢知する装置を檢波器といひ、普通に用ひられるものは真空管檢波器である。

真空管検波器 構造は電球の織條に等しいフィラメントFとこれを包む網状または螺旋状のグリッドGと更にこれを包む

金属製圓筒状のプレートPとからできてゐる。

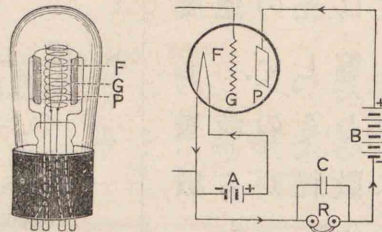
今、A電池でFを熱し、PをB電池の陽極に、Fをその陰極につなぐと、

Fから飛び出す電子は高電位のPに向つて進み、ここに一定の強さのプレート電流を生ずる。もし、Pを電池の陰極に、Fをその陽極につなぐとプレート電池は流れない。

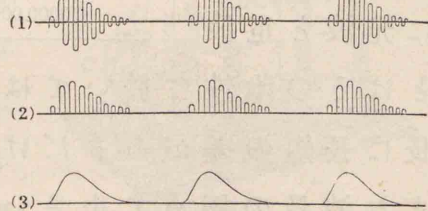
今、GとFとを振動回路に挿入して置き、この回路に電気振動が起ると、Gの電位はFの電位より或時は高くなり、或時は低くなつて、週期的に変化する。

そしてGがFに對して電位が高い時はプレート電

\*\*\* 現今ではA・B電池の代わりに交流を整流したものが用ひられる。



303. 三極真空管



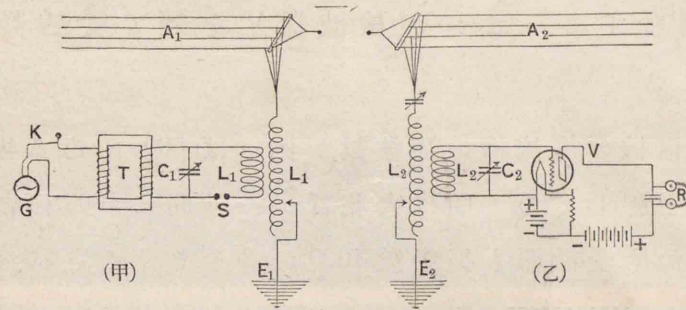
304. 検波

- (1) 回路に起つた振動電流
(2) 検波器で整流された電流
(3) 受話機を流れる電流

流は強くなり、低い時は殆ど流れない。すなはち振動電流は真空管によつて整流される。

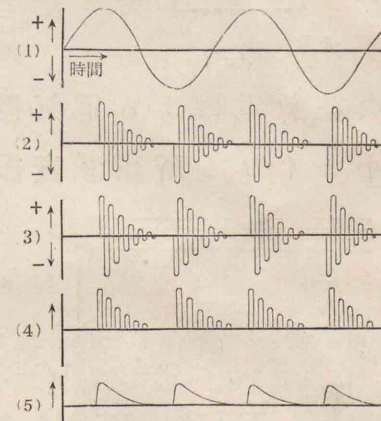
5. 無線電信

發信 周波数の大なる交流發電機Gで發電



305. 無線電信の理

し、電鍵Kを長短の符號に應じて押せば、火花間隙Sにそれに應ずる火花が生ずる。それでL・Cの振動回路に電気振動が起り、この振動は變壓器L1の作用によつて、アンテナA1に電気振動を起し、ここから四方に



306. 無線電信による受信の理

- (1) 交流機Gから送る電圧
(2) 發信機L1に起る振動電流
(3) 受信機L2に誘起される振動電流
(4) 検波器で整流された電流
(5) 受話機を流れる電流

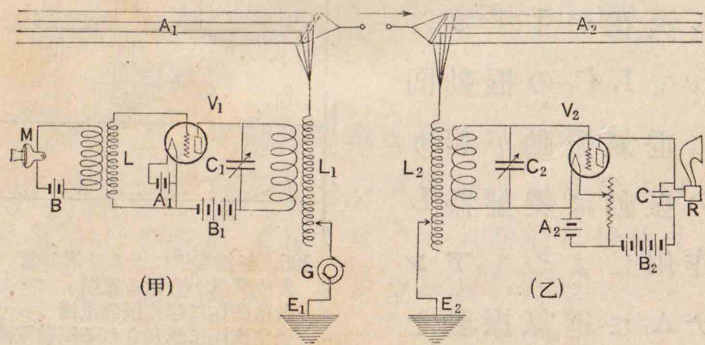
電波を送り出す。

**受信** アンテナ  $A_2$  が電波を受けると、電気共鳴によつてこれに電気振動が起り、この振動は  $L_2$  を通じて  $L_2 \cdot C_2$  の振動回路に同様な電気振動を誘發する。これが検波器  $V$  を経て受話器  $R$  に入る。

發信機の交流機の周波数が例へば 500 である場合は、鍵を押してゐる間は火花群が一秒間に 1000 の割で出るから、受話器も振動數 1000 の音をきくことになる。

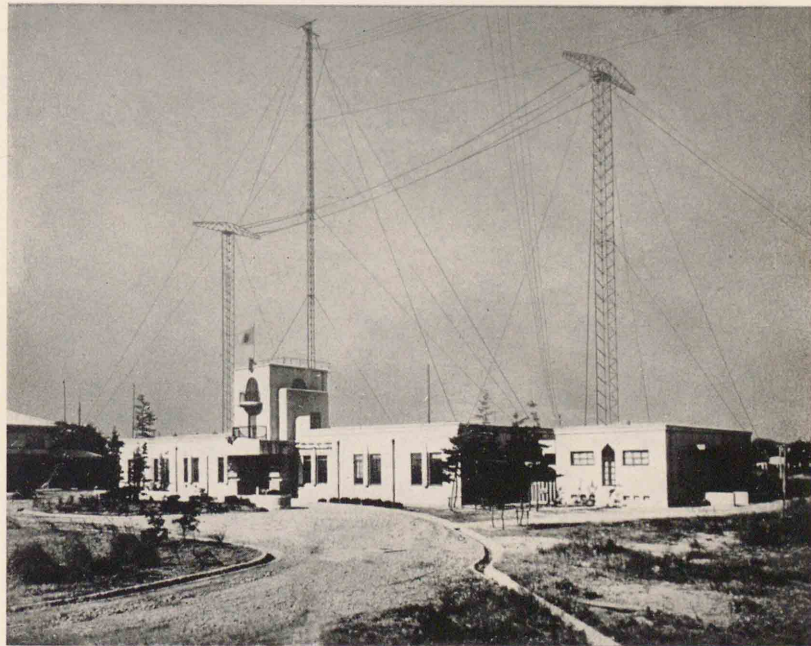
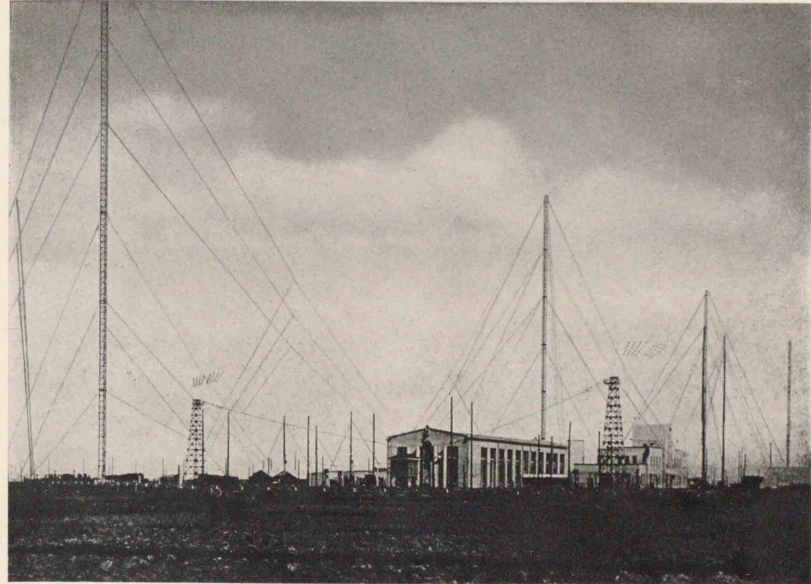
6. **ラジオ** 無線電話の民衆化したものがラジオである。

火花放電による電気振動は、その振幅が次第に小さくなる所謂減衰振動であるが微妙な音



307. ラジオの理

## 無線電信

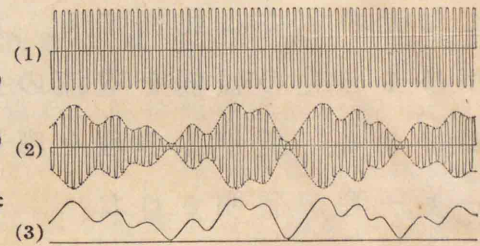


對歐無線電信局 (上) 依佐美送信所 (下) 四口市受信所

を送るラヂオには振幅が一様なる非減衰振動が必要である。非減衰振動は高周波交流機或は真空發振管によつて得られる。

放送 アンテナ  $A_1$  から第 308 圖(1)のやうな非減衰振動の電波を出して置き、マイクロフォン  $M$  に向つて發聲すると、電波の振幅は音聲によつて變調されて(2)のやうな電波になつて放送される。

受信 受信機のアンテナ  $A_2$  にこの電波を受け、檢波器によつて整流する



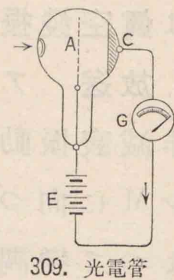
308. 無線電話の電波の變形

と、受話器には、(3)のやうな電流が流れ、送つた音波と同じ音を再生するのである。

7. **光電管** よく磨いた金屬面、特にナトリウム・カリウムのやうなアルカリ金屬面に光をあてると、そこから電子が飛出す。これを光電子と名づける。

光電管は真空管の内面にアルカリ金屬  $C$  を塗つて陰極とし、その前面に金屬の網  $A$  を對立

させて陽極としたものである。いま第 309 圖のやうに光電管を電池 E と電流計 G との回路に入れ、C の面に光をあてると光電子は C 面から射出して A に向ひ、C と A とを電氣的に連絡するのでその回路に矢の方向の電流が流れる。そしてその電流の強さは C 面にあてた光の強さに比例する。かやうに、光電管を用ひると光の強弱を電流の強弱にかへることができる。近年この理を應用して寫眞電送・トキー等が發明された。

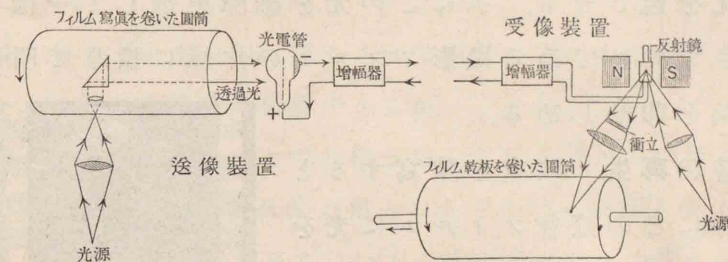


## 8. 寫眞電送

**發像装置** 電送せんとする寫眞フィルムを圓筒に巻き、適當な光によつてその一點を強く照し、透過した光は光電管に入るやうにして置く。もし電送せんとするものが普通の寫眞のやうな不透明體である場合には、その面から反射した光を光電管に送る。

かやうに、寫眞フィルムまたは普通の寫眞を巻いた圓筒の一點に光をあてながら、これを廻轉すると同時に一方に徐々に移動すると、寫眞各部の濃淡に應じて

光電管に入る光の強さが變る。この變化は光電管によつて電流の強弱に變じ、増幅されてから受像装置に送られる。



310. 寫眞電送

**受像装置** 強い場磁石の間に細い導線を張り、これに極めて軽い反射鏡をつけた一種の鋭敏な電流計を置く。今發像装置から來る電流をこの導線に通するとその強弱に應じて鏡の廻轉角に差を生ずる。それでこの鏡に光を送り、その反射光を小さい衝立で遮るやうに調節して置くと、コイルを流れる電流の強さに應じて、衝立の外側に洩れる光の強さが變化する。その光を集めて圓筒に巻いた感光フィルムの一處にあてると共に、この圓筒を發像装置の圓筒と同期・同速度で廻轉すると原畫と同じ寫眞が得られる。

## 9. トーキー 映畫のフィルムの片縁に音波を

記録させて置き、映寫と同時に音聲を再生させるもの

である。

**音波の記録** マイクロフォンによつて音波を對應する振動電流に變へ、その電流によつて或光源の強さに變化を起させる。次にこの光を細隙を透して、一様の速さで動いてゐる撮影フィルムに投じて明暗の縞を印せしめる。

**音の再生** 映畫を映寫すると同時にこの録音フィルムに光をあてると、縞の明暗に應じて通過する光に強弱が起る。その光を光電管に送ると、これに應じて電流の強さが變化するから、これを擴聲器に送つて音を再生させる。



311. トーキョーフィルム

—終—

## 練習問題 80 題

### 第一章 物 性

- 長さ 5cm, 幅 1.5cm, 厚さ 4cm で、質量が 15g の木片がある。この木片の密度は何程であるか。
- ゼンマイ秤に、5g の分銅を吊したところが、その長さが 22cm となり、8g の分銅を吊したところが、その長さが 28cm となつた。分銅を吊さないときのこのゼンマイ秤の長さは何程であるか。
- 空気中で 50kg のものを支へ得る人は、水中では幾 kg の石(その比重は 2.5)を支へることができるか。
- 空気中で重さが 25g の固体を水中に沈めて測つたところが 20g あつた。この固体を、比重が 0.8 の液体中に沈めて測ればその重さは何程となるか。
- 船が淡水から鹹水にはいるときには、その吃水線きつするせんは如何に變るか。
- 水面に浮んでゐる氷塊がある。これが全部融けて水となつたら、水面の高さに變化が起るか。
- ここに指環がある。その地金は金と銅との合金であつて、空気中での重さは 6.68g, 水中での重さは 6.28g である。この指環の中に含まれてゐる純金の重さは何程であるか。(金の比重は 19.3, 銅の比重は 8.9 とする)

8. 中空の銅器がある。その重量は623gであるが、水中に於ける重さは496gである。中空部の體積は何程であるか。
9. 厚さ12cmの板が4cmだけ水面に出て水平に浮いてゐる。この板の比重は何程であるか。
10. 比重0.8、質量400gの木片を水中におし沈めるのに要する力は何程であるか。
11. 一つのガラス球があつてその重さは空氣中で55g、水中では22g、鹽水中では18.7gであるといふ。この鹽水の比重は何程であるか。
12. 或浮秤を比重0.6なる液の中に入れて處が或印まで沈んだ。今これを水中に入れ、前の印まで沈めるには120gの力で押込むことを要したといふ。この浮秤の重さは幾瓦か。
13. 天秤の一方の皿には眞鍮の分銅を載せ、他方の皿には木片を載せて釣合はせたものをガラス鐘内に入れ、鐘内の空氣を排除すれば、釣合は如何に變るか。
14. 内徑10cmの底のある圓筒を鉛直に立て、これに自由に動き得る活塞をはめて圓筒内に空氣を密閉してある。(但し活塞の重量を無視する)。大氣の壓力が一氣壓であるとき、圓筒内の空氣柱の長さが30cmであるとする、この活塞に重さ8kgの錘を載せると、活塞は幾程下がつて釣合ふか。
15. 上端を閉じた長さ20cmの管に錘をつけて海底に沈め、これを引き上げたところが、水は管の下端から12cmの所まで浸入したことがわかつた。海の深さは幾米であるか。但

し、海水の比重は1.026とする。(測深器の原理)

## 第二章 熱

16. 鋭敏な寒暖計をつくるには、製作上どんな點に注意しなければならぬか。
17. 琺瑯引の鐵鍋で物を煮ると、往々琺瑯が剥げ落ちることがあるのは何故か。
18.  $0^{\circ}\text{C}$  に於いて正しいやうに目盛された鐵製の尺度がある。この尺度を用ひて  $16^{\circ}\text{C}$  のときに或物體の長さを測つたところが 53.72cm あつたといふ。この物體の  $16^{\circ}\text{C}$  に於ける眞の長さは何程であるか。但し鐵の線膨脹係数は 0.000012 である。
19. 眞鍮の圓板があつて、その面積は  $10^{\circ}\text{C}$  のときは  $600\text{cm}^2$ 、 $196^{\circ}\text{C}$  に熱したときは  $604\text{cm}^2$  になるといふ。眞鍮の線膨脹係数は何程であるか。
20. 液面に浮いてゐる固體がある。その全體を或溫度まで熱したところが、その物體は前よりも多く液中に沈んだ。この液體とその物體とは、何れの方が膨脹係数が大きいか。
21. 溫度が  $0^{\circ}\text{C}$ 、壓力が水銀柱 760mm のときに、空氣の密度は 1cc につき 0.00129g である。  $27^{\circ}\text{C}$ 、740mm のときにはその密度は何程であるか。
22. 極寒地方では水銀寒暖計の代りにアルコール寒暖計が用ひられる。何故か。

23.  $0^{\circ}\text{C}$  の氷塊中に  $90^{\circ}\text{C}$  の銅塊  $200\text{g}$  を入れたところが、氷が  $21\text{g}$  だけ融けた。銅の比熱は何程であるか。
24. 眼鏡をかけたままで浴場に入るかまたは冷蔵庫から出ると眼鏡がすぐに曇るのは何故か。
25. 或山の頂上の気圧が  $488\text{mm}$  であるといふ。そこで直径  $30\text{cm}$  ある釜の中の水を平地に於けると同じ温度で沸騰させるには、釜の蓋に重さ何程の錘を載せればよいか。
26. 鐵瓶の中の水が沸騰してるとき、その口から噴き出す水蒸気が遂に目に見えなくなるまでの徑路を説明せよ。
27. 低温度をつくる色々な方法を述べよ。
28. 氣體を液化する方法を挙げ、その實例を示せ。
29. 次の場合に於ける乾燥の意義の異同を問ふ。  
 a. 洗濯物を日光にあてての乾燥。  
 b. 室内にストーブを焚いた場合に於ける空氣の乾燥。
30. 熱に對する水の特性を挙げ、その特性が地球並びに地球上の生物に對する影響を述べよ。

### 第三章 光

31. 球形のガラス壺に金魚を入れて外から見ると大きく見えるのは何故か。
32. 凸レンズを光源から次第に遠ざけると、光源と反對側の一定の位置にある衝立上にその實像が二度現れる。その理由を説明せよ。

33. 焦點距離  $25\text{cm}$  の凸レンズの軸上  $32\text{cm}$  の距離に、長さ  $5\text{cm}$  の尺度を立てた場合にできる像の位置と長さとを求めよ。なほ光の進路を圖で示せ。
34. 共通の軸を有する二つの凸レンズ A, B あり。その焦點距離は夫々  $10\text{cm}$ ,  $15\text{cm}$  であつて A, B の距離は  $20\text{cm}$  である。A の前方  $5\text{cm}$  に物體を置くとき A, B によつて生ずる像の位置及びその大きさを求めよ。
35. 焦點距離  $5\text{cm}$  の凸レンズを用ひて、物體の  $10$  倍の大きさの虚像をつくらうとするには、物體をどんな位置に置けばよいか。
36. 明視距離  $15\text{cm}$  の人と  $40\text{cm}$  の人とがある。それぞれ幾度の眼鏡を用ひたらよいか。またその眼鏡は幾ディオプターのものか。
37. 氷を細かく碎けば白く見え、雪を水で濕せば半透明となる。その理由を説明せよ。
38. 降つて來る雪片を下から仰げば薄黒く見え、側面または上方からは白く見えるわけを説明せよ。

### 第四章 磁氣・電氣

39. 鋼鐵棒の一端を磁針の一極に近づけたところが、その極は棒に引きよせられた。磁針のこのふれは棒が既に磁化してゐたためか、または感應によるためか、これを檢べる方法如何。



40. 軟鐵棒を南北の方向に向けてその一端を強く叩けば棒は磁石となり、東西に向けて叩けば磁性を失ふ。その理由を説明せよ。
41. 大小二個の同種の電池がある。この兩電池は使用上に於いてどんな點が相等しく、どんな點が相異なるか。
42. 與へられた導線を  $n$  倍の長さに引き延ばすと、その電氣抵抗はどう變るか。
43. 直徑  $0.5\text{mm}$  の銅線  $400\text{m}$  の抵抗は幾オームか。但し、斷面積  $1\text{mm}^2$ 、長さ  $1\text{m}$  の銅線の抵抗は  $0.0153$  オームとする。
44. 電氣抵抗  $36$  オームと  $45$  オームとの針金を列につなぎ、これに  $9$  アンペアの電流を送ると、各線を通れる電流は幾らになるか。
45. 電動力  $2$  ボルト、内抵抗  $1$  オームの電池の兩極を針金で連結したら、 $1.25$  アンペアの電流が流れた。針金の抵抗は何程であるか。
46.  $100$  ボルトの電壓の下に使用す可き  $16$  燭電球と  $50$  燭電球とに於いて、いづれの纖條がその電氣抵抗が大きいか。また、この二球を行につなぎ、その兩端に  $100$  ボルトの電壓を與へると、何れの電球がよく輝くか。
47.  $50\text{g}$  の水に浸した  $16.8$  オームの抵抗に  $1$  分  $30$  秒間電流を通じたところが、水の溫度は  $5^\circ\text{C}$  だけ昇つた。電流の強さは幾アンペアか。
48. ニクロムの抵抗は銅の抵抗の  $66$  倍である。ニクロム線

- の切口  $0.5\text{mm}^2$ 、長さ  $20\text{m}$  のものに、 $10$  アンペアの電流が  $30$  秒間通するとき發する熱量は何程であるか。但し、切口  $1\text{mm}^2$ 、長さ  $1\text{m}$  の銅線の抵抗を  $0.017$  オームとする。
49. 硫酸銅溶液に  $1$  時間電流を通じて銅  $60\text{g}$  を得た。この電流の強さは何程であるか。(但し、硫酸銅の溶液に  $1$  アンペアの電流を  $1$  秒間通すると、銅  $0.000328\text{g}$  を析出する)
50.  $2$  アンペアの電流を  $30$  分間稀硫酸に通すると、溫度  $20^\circ\text{C}$ 、壓力  $765\text{mm}$  の時、幾  $l$  の水素ができるか。(但し稀硫酸に  $1$  アンペアの電流を  $1$  秒間通すると、水素  $0.00001045\text{g}$  を析出する)
51. 南北に走る電線の下に立つた人が持つてゐる磁針の北極が東にふれたとするとその電線の電流はどの方向に流れてゐるのか。
52. 地磁氣が地殻を通れる電流によつて生ずるものと假定すればその電流はどの方向に流れてゐるものとすればよいか。

## 第五章 力・運動

53. 綱を張つて物を掛けるのに、綱にゆるみがないやうにして置くと、綱が切れることがあるのは何故か。
54. 長さ  $2\text{m}$  で太さが一樣な棒  $AB$  の  $A$  端に  $5\text{kg}$  の物體を吊し、 $B$  端に  $12\text{kg}$  の物體を吊したとき、 $A$  端から  $1.4\text{m}$  のところを支へて釣合つた。この棒の質量は何程であるか。
55. 水平に置かれた等質で各部の厚さがすべて一樣な不等

- 邊四角形の鐵板がある。これを動かさずに板の重心の位置を見出す方法如何。
56. 半径 6 cm の圓板に半径 3 cm の内切圓を打ち抜いたものの重心の位置を求めよ。
57. 地上に横たはる丸太棒がある。その一端だけを少し揚げるには  $W_1$  kg の力を要し、また他端だけを少し揚げるには  $W_2$  kg の力を要するといふ。この棒の重さは何程であるか。また重心の位置を求めよ。(樵夫が普通にする方法)
58. 水平面上に置いた球は、少し面を傾けても直ちに轉がり落ちるのは何故か。
59. 静かな水面上を毎分 300 m の速さで航行する船に乗つて、流速毎分 150 m、幅 600 m の真直な河流を最小時間で横ざらうとする。船の通る路の長さ、と所要の時間とを求めよ。
60. 野球でボールを手を受けるとき、手を後方へ引くのは何故か。
61. 茶碗を疊の上に落してもわれないのは何故か。
62. 銃口から飛出す彈丸の速さ及び銃が後退する速さは、彈丸及び銃の質量と如何なる關係があるか。
63. 傾斜角は異なるが高さは相等しい滑らかな斜面の頂上から物體が滑り落ちるとき、底面に達する瞬間の速さは常に相等しいことを證明せよ。(但し摩擦のない斜面に限る)
- \* 64. 地表 500 m のところを毎秒 40 m の速度で水平に航空す

\* 印の問題は、すべて空氣の抵抗がないものとして考へよ。

- る飛行機から、物體を毎秒 10 m の速度で直下に投げ落とすとき、物體は幾秒後に地上に達するか。またその位置は如何。
- \* 65. 5 秒米の速度で上昇してゐる氣球から落した物體が 6 秒後に地上に達した。物體を落したときの氣球の高さは何程であるか。
- \* 66. 100 秒米の初速度で地上から眞上に打ち上げた彈丸が 200 m の高さの點を通過するまでの時間を求めよ。
- \* 67. 一つの石を落してから 5 秒間過ぎたとき、他の石を 80 秒米の速度で投下すれば、幾秒の後に前の石に追いつくか。
68. 落差 100 m で毎分  $100 \text{ m}^3$  の水が落ちてゐる。これを利用したら幾馬力の動力が得られるか。
69. 水平面と 30 度の角をなしてゐる面に沿うて質量 2 kg の物體を 50 cm 引き上げたとき、物體に何程の位置のエネルギーの増加があつたか。
70. 砲彈の着弾距離を大にするには砲身を長くするを要する。何故であるか。
71. 蒸氣機關があつて毎分 2500 キログラムカロリーの熱を供給する。この熱量の  $\frac{1}{10}$  が仕事に變るものとすれば、この機關の工率は幾馬力であるか。
72. 質量が 100 g、比熱が 0.1 なる物體を鉛直に 15 m 落下し、その際に得る運動のエネルギー全部が熱となつてこの物體を熱したとすれば、その温度は幾度昇るべきであるか。

## 第六章 波動

73. 温度 $0^{\circ}\text{C}$ で長さ $1\text{m}$ 、週期 $2$ 秒の振子がある。温度が $35^{\circ}\text{C}$ のときはその週期は幾秒となるか。但し、針金の線膨脹係数を $0.000018$ とする。
74. 打ち上げられた煙火が爆破するのを見てから $1.5$ 秒の後その爆音を聞いた。煙火を打ち上げた地点までの水平距離を $450\text{m}$ とすれば、煙火が爆破した點の高さは幾米であるか。但し、気温は $15^{\circ}\text{C}$ とする。
75. A・B・C 三個の音叉がある。Bの振動数は毎秒 $565$ 、Cの振動数は $570$ である。今A・Bを同時に鳴らすと、毎秒 $3$ 個の唸りを聞き、A・Cを同時に鳴らすと、毎秒 $2$ 個の唸りを聞く。Aの振動数を求めよ。
76. 振動数が毎秒 $512$ の音叉がある。これに取附くべき共鳴箱の長さは、何程にすればよいか。
77. 音叉を鳴らし、その下端を臺箱(共鳴箱)につけると、音は強くなるが、速く消滅する。その理を説明せよ。
78. 光波は波動であり、特に横波であるといふのは如何なる實驗上の事實に基づくか。
79. 音波と光波とを種々の觀點より比較せよ。
80. 或放送局の電波長は $345\text{m}$ である。その電氣振動数は何程か。

—[完]—

## 練習問題の答

## 第一章 物 性

- (1)  $1\text{cc}$ 毎に $0.5\text{g}$  (2)  $12\text{cm}$  (3)  $83.3\text{kg}$   
 (4)  $21\text{g}$  (7)  $5.73\text{g}$  (8)  $57\text{cc}$   
 (9)  $0.67$  (10)  $100\text{g}$  (11)  $1.1$   
 (12)  $180\text{g}$  (14)  $2.7\text{cm}$  (15) 約 $15\text{m}$

## 第二章 熱

- (18)  $53.73\text{cm}$  (19)  $0.000018$  (20) 液體の方が大  
 (21)  $1\text{cc}$ 毎に $0.00114\text{g}$  (23)  $0.093$  (25)  $261.6\text{kg}$

## 第三章 光

- (33)  $\left\{ \begin{array}{l} \text{レンズより } 114\text{cm} \text{ の點} \\ \text{像の長さ } 17.8\text{cm} \end{array} \right.$  (34)  $\left\{ \begin{array}{l} \text{B レンズより } 30\text{cm} \text{ の點} \\ \text{實物の } 2 \text{ 倍大の實像} \end{array} \right.$   
 (35) レンズより  $4.5\text{cm}$  の點 (36)  $\left\{ \begin{array}{l} \text{前者 凹の } 1^{\circ} \text{ 度, } 2.67 \text{ デイオプター} \\ \text{後者 凸の } 26^{\circ} \text{ 度, } 1.50 \text{ デイオプター} \end{array} \right.$

## 第四章 磁氣・電氣

- (41)  $\left\{ \begin{array}{l} \text{電動力は相等しい} \\ \text{大なる電池の方が内抵抗は小} \end{array} \right.$  (42)  $n^2$ 倍になる  
 (43)  $31.2$  オーム (44)  $\left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ アンペア} \\ 4 \text{ アンペア} \end{array} \right.$  (45)  $0.6$  オーム  
 (46)  $\left\{ \begin{array}{l} 16 \text{ 燭球の方が抵抗が大} \\ 16 \text{ 燭球の方がよく輝く} \end{array} \right.$  (47)  $\frac{5}{6}$  アンペア  
 (48) 約 $3230$  カロリー (49)  $50.8$  アンペア  
 (50) 約 $0.45\text{l}$

## 第五章 力・運動

- (54) 0.5 kg (56) 兩圓の中心を結ぶ直線の延長上, 圓板の中心より 1 cm の點
- (57) 重さは  $(w_1 + w_2)$  (59)  $\left\{ \begin{array}{l} 670.8 \text{ m} \\ 2 \text{ 秒} \end{array} \right.$  (64)  $\left\{ \begin{array}{l} \text{約} 9.1 \text{ 秒} \\ 372.5 \text{ m 離れた點} \end{array} \right.$
- (65) 146.4 m (66) 2.24 秒または 18.2 秒
- (67) 3.95 秒 (68) 2193 馬力 (69) 0.5 kg · m
- (71) 23.4 馬力 (72) 0.35 度

## 第六章 波 動

- (73) 2.00062 秒 (74) 245 m (75) 568
- (76) 16.6 cm (80)  $8.7 \times 10^5$

—[終]—

## 索引

- ア
- アーク燈 Arc lamp ..... 93
- 壓搾ポンプ Compression pump ..... 25
- 壓力 Pressure ..... 4
- 壓力計 Manometer ..... 24
- アネロイド氣壓計 Aneroid barometer 21
- 雨 Rain ..... 49
- アルキメデスの原理  
Archimedes' principle ..... 13
- α 線 α ray ..... 116
- アンテナ Antenna ..... 179
- アンペア Ampere ..... 83
- アンメーター Amperemeter ..... 102
- イ
- 位置のエネルギー Potential energy 158
- 色 Colours ..... 75
- 陰極線 Cathode ray ..... 113
- ウ
- 浮ドック Floating dock ..... 14
- 浮秤 Hydrometer ..... 15
- 唸 Beats ..... 169
- 運動 Motion ..... 134
- 運動のエネルギー Kinetic energy...157
- 運動の定律 Law of motion.....136
- 運動量 Momentum ..... 137
- エ エ
- 永久ガス Permanent gases ..... 44
- 永久磁石 Permanent magnet ..... 80
- 液化 Liquefaction ..... 43
- 繪具 Pigment..... 77
- 液體空氣 Liquid air ..... 44
- X 線 X ray ..... 114
- エネルギー Energy ..... 157
- エネルギーの不滅  
Conservation of energy.....161
- エルグ Erg.....153
- 圓運動 Circular motion ..... 146
- オ ラ
- 凹面鏡 Concave mirror..... 53
- 凹レンズ Diverging lens ..... 63
- 音の振動數 Frequency of sound ...166
- の速度 Velocity of .....167
- 音叉 Tuning fork .....167
- 音波 Sound wave .....166
- の干渉 Interference of.....168
- オーム Ohm ..... 87
- オームの定律 Ohm's law..... 87
- 重さ Weight .....3
- カ ガ (クワ)
- ガイスレル管 Geisslers tube .....112
- 皆既食 Total eclipse..... 51
- 廻轉體 Rotating body .....148
- 廻轉摩擦 Rolling friction.....151
- 廻轉ポンプ Rotary pump ..... 24
- 影 Shadow ..... 51
- 瓦斯入電球 Gas filled lamp..... 92

加速度 Acceleration .....135  
 滑車 Pulley .....131  
 活動寫眞 Cinematograph ..... 64  
 カロリー Calorie ..... 35  
 寒劑 Freezing mixture..... 38  
 乾濕球濕度計 Psychrometer ..... 47  
 慣性 Inertia .....136  
 乾電池 Dry cell..... 85  
 感應電流 Induction current.....103  
 感應コイル Induction coil .....109  
 γ線 γ ray .....116

キギ

氣壓 Atmospheric pressure ..... 20  
 氣壓計 Barometer ..... 21  
 吸収スペクトル Absorption spectrum 72  
 求心力 Centripetal force .....146  
 機械 Machine.....128  
 機械的エネルギー Mechanical energy158  
 氣化 Vaporization..... 39  
 氣化熱 Heat of vaporization ..... 42  
 輝線スペクトル Line spectrum ..... 71  
 基本單位 Fundamental units .....1  
 凝固 Solidification ..... 38  
 凝集力 Cohesion..... 17  
 共鳴 Resonance .....167  
 霧吹 Atomizer ..... 28  
 キロワット時 Kilowatt hour..... 92  
 葦外線 Ultra-violet ray ..... 74

クケ

空氣の浮力 Buoyancy of air ..... 22  
 空氣ポンプ Air pump ..... 24  
 楔 Wedge .....154

偶力 Couple.....125  
 屈折の定律 Law of refraction..... 57  
 屈折率 Index of refraction ..... 57  
 雲 Clouds..... 49  
 クルックス管 Croocke's tube.....113  
 グリッド Grid.....178  
 クーロンの定律 Coulomb's law ..... 79

ケゲ

螢光 Fluorescence ..... 76  
 月食 Lunar eclipse..... 51  
 絃 String.....169  
 原音 Fundamental tone .....170  
 幻燈 Magic lantern ..... 63  
 原子の構造 Structure of atom.....117  
 檢波器 Detector.....179

コゴ

コイル Coil..... 98  
 光學的密度 Optical density..... 58  
 光線 Light ray ..... 50  
 剛體 Rigid body .....119  
 光電管 Photoelectric cell.....181  
 光度 Illuminating power ..... 52  
 光度計 Photometer ..... 52  
 光波 Light wave .....172  
 の干渉 Interference of .....173  
 交流 Alternating current (A.C) .....105  
 交流發電機 A. C. dynamo .....106  
 合力 Resultant force.....120  
 工率 Power.....156

カ

サイクル Cycle .....107  
 サイフォン Siphon..... 27  
 秤秤 Steelyard .....130  
 作用、反作用 Action, Reaction .....140  
 三原色 Three primary colours..... 77  
 三極真空管 Audion valve.....178

シジヂ

重心 Center of gravity.....125  
 充電 Charge ..... 97  
 周波數 Frequency .....107  
 重量 Weight .....3  
 重力 Gravity .....3  
 磁氣の感應 Magnetic induction ..... 80  
 自己感應 Self induction .....105  
 仕事 Work .....153  
 仕事の原理 Principle of work .....154  
 磁石 Magnet ..... 78  
 C.G.S. 單位 C.G.S. system of units.....2  
 濕度 Humidity ..... 46  
 濕度計 Hygrometer ..... 47  
 磁場 Magnetic field ..... 80  
 質量 Mass .....2  
 霜 Frost ..... 49  
 斜面 Inclined plane .....121  
 ジャイロコンパス Gyrocompass .....150  
 シャールの定律 Charles's law ..... 33  
 寫眞電送  
 Electric transmission of photograph182  
 ジュール Joule .....153  
 ジュールの定律 Joule's law ..... 91  
 受話器 Receiver.....111  
 蒸氣 Vapour ..... 39  
 蒸氣壓力 Vapour pressure ..... 39

燭光 Candle power ..... 52  
 照度 Intensity of illumination..... 51  
 磁力線 Magnetic line of force..... 81  
 蜃氣樓 Mirage ..... 59  
 真空放電 Vacuum discharge .....112  
 振子 Pendulum .....162  
 振幅 Amplitude.....162

ス

水壓機 Hydraulic press..... 10  
 水銀燈 Mercury lamp ..... 74  
 水準器 Level .....8  
 水平面 Horizontal plane .....8  
 水平分力 Horizontal component..... 82  
 滑り摩擦 Sliding friction.....151  
 スペクトル Spectrum ..... 68  
 スペクトル分析 Spectrum analysis... 72  
 墨流し ..... 19

セゼ

製氷機 Freezing machine ..... 43  
 赤外線 Infra-red ray..... 74  
 潜水艦 Submarine ..... 14  
 全反射 Total reflection..... 59  
 線膨脹係數  
 Coefficient of linear expansion..... 29  
 センマイ秤 Spring balance .....7

ソ

相互感應 Mutual induction .....105  
 送話器 Transmitter .....110  
 速度 Velocity.....134

タダ

大氣中の水蒸氣 ..... 46  
 對陰極 Anti-cathode .....114  
 體膨脹係數  
 Coefficient of cubical expansion ... 30  
 ダイン Dyne .....137  
 縱波 Longitudinal wave .....164  
 單位 Units .....1  
 單色光 Monochromatic light ..... 68  
 彈性 Elasticity .....6  
 ダニエル電池 Daniell cell ..... 84

チ

力 Force .....3  
 の合成 Composition of .....119  
 の釣合 Equilibrium of .....4, 120  
 の能率 Moment of .....122  
 の分解 Decomposition of .....121  
 の平行四邊形 Parallelogram of ...120  
 蓄電池 Accumulator ..... 96  
 地磁氣 Terrestrial magnetism ..... 81  
 直流 Direct current (D.C) .....105  
 直流發電機 D.C. dynamo.....107  
 地震 Earthquake .....166

ツ

露 Dew ..... 49

テ デ

ディオプター Diopter ..... 67  
 挺子 Lever .....129  
 電位 Electric potential ... 85  
 電位差(電壓) Potential difference ... 85  
 電氣共鳴 Electric resonance.....176  
 電氣振動 Electric oscillation .....175

電氣抵抗 Electric resistance ..... 86  
 電氣分解 Electrolysis ..... 94  
 電氣爐 Electric furnace ..... 94  
 電子 Electron .....113  
 電信機 Telegraph .....100  
 電磁石 Electromagnet ..... 99  
 電磁波 Electro magnetic wave.....176  
 電池 Electric cell ..... 83  
 の抵抗 Resistance of ..... 89  
 の連結 Connection of ..... 89  
 電燈 Electric lamp..... 92  
 電動機 Electric motor .....102  
 電動力 Electro motive force ..... 85  
 電熱器 Electric heater ..... 93  
 天秤 Balance .....3  
 テンブ Temp .....163  
 電流の熱作用  
 Thermal effect of electric current... 91  
 電流の化學作用 Chemical effect of... 94  
 電流の磁氣作用 Magnetic effect of... 97  
 電鈴 Electric bell ..... 99  
 電流計 Galvanometer .....101  
 電力 Electric power ..... 92  
 電力輸送  
 Transmission of electric power.....108  
 電話機 Telephone .....110

ト ド

トーキー Talkie.....183  
 等時性 Isochronism .....161  
 導線の連結 Connection of wire ..... 88  
 透明體 Transparent bodies ..... 50  
 凸レンズ Converging lens ..... 61  
 トリチェリーの實驗

Torricelli's experiment ..... 20

ニ

日食 Solar eclipse ..... 51  
 虹 Rain bow ..... 68

ネ

音色 Timbre .....170  
 熱の仕事當量  
 Mechanical equivalent of heat .....160  
 熱の本性 Nature of heat .....160  
 ネオンサイン Neon sign .....112  
 ネヂ Screw .....155

ハ バ

倍音 Over tone .....170  
 媒質 Medium .....164  
 齒車 Toothed wheel .....133  
 パスカルの原理 Pascal's principle .....9  
 ハズミ車 Fly wheel .....149  
 波長 Wave length.....164  
 波動 Wave motion .....164  
 馬力 Horse power.....156  
 半影 Penumbra ..... 51  
 萬有引力 Universal gravitation .....140

ヒ

光 Light ..... 50  
 の屈折 Refraction of ..... 57  
 の速度 Velocity of ..... 50  
 の反射 Reflection of ..... 53  
 の分散 Dispersion of ..... 67  
 非減衰振動 Undamped oscillation ...181  
 比重 Specific gravity.....5

比重壘 Pycnometer ..... 16  
 歪 Strain .....7  
 比熱 Specific heat ..... 35  
 表面張力 Surface tension ..... 18  
 β線 β ray .....116

フ ブ プ

ファラデーの定律 Faradays' law..... 95  
 風琴管 Organ pipe.....171  
 伏角 Dip ..... 81  
 輻射線 Radiant rays..... 73  
 浮體 Floating body .....127  
 附着力 Adhesion ..... 17  
 フック定律 Hooke's law .....7  
 物質の三態  
 Three states of matter .....6  
 物體の色 Colour of bodies ..... 75  
 の坐り Stability of .....126  
 の浮沈 Vicissitude of ..... 14  
 沸騰 Boilling ... 40  
 沸騰點 Boilling point .....41  
 フラウンホーフェル線  
 Frounhofer line ..... 73  
 プリズム Prism ..... 60  
 浮力 Buoyancy ..... 13  
 フレミングの右手の規則  
 Fleming's right hand rule .....104  
 プロトン Proton ..... 117  
 分極作用 Polarization ..... 84  
 分光器 Spectroscope ..... 71  
 分子 Molecules ..... 16  
 分力 Component forces .....121

ヘ ベ ペ

平均太陽日 Mean solar day.....2	メートル Meter.....2
變壓器 Transformer.....108	
偏角(方位角)Declination.....81	
<b>ホ ボ</b>	
ボイルの定律 Boyle's law.....22	
方位角(偏角) Declination.....81	
放射能 Radioactivity.....116	
放電 Discharge.....96	
拋射體 Projectile.....144	
拋物線 Parabola.....145	
膨脹 Expansion.....27	
飽和蒸氣 Saturated vapour.....39	
ボルト Volt.....85,87	
ボルトメーター Voltmeter.....102	
本影 Umbra.....51	
<b>マ</b>	
摩擦力 Friction.....150	
<b>ミ</b>	
密度 Density.....5	
水ポンプ Water pump.....25	
<b>ム</b>	
無線電信 Wireless telegraphy.....179	
無線電話 Wireless telephony.....180	
<b>メ</b>	
眼 Eye.....65	
の調節作用 Accommodation of...66	
眼鏡 Spectacles.....66	
明視の距離	
Distance of distinct vision.....66	

	レントゲン線 Röntgen ray.....114
<b>レ</b>	
連続スペクトル	
Continuous Spectrum.....71	
連通器 Communicating vessels.....11	
レンズ Lens.....61	
レンツの定律 Lenz's law.....104	
<b>ロ</b>	
	露點 Dew point.....46
<b>ワ</b>	
	ワット Watt.....92

—〔完〕—

昭和七年十一月十日印刷 昭和七年十一月十五日發行  
昭和八年一月二十五日修正再版印刷 昭和八年一月三十日修正再版發行  
昭和十二年十月二十八日改訂三版印刷 昭和十二年十一月一日改訂三版發行  
昭和十二年十二月九日修正四版印刷  
昭和十二年十二月十三日修正四版發行

▷不許複製◁

改訂  
新制 物理篇  
理科  
(乙要目準據)



定價金壹圓

著者兼  
發行

東京市日本橋區通二丁目六番地

丸善株式會社

代表者 取締役 金澤末吉

印刷者

東京市京橋區築地三丁目十番地

大久保秀次郎

印刷所

東京市京橋區築地三丁目十番地

株式會社 東京築地活版製造所

發行所

東京市日本橋區通二丁目

大 神 京 名  
阪 戶 都 古 屋

丸善株式會社

横 福 仙 札 塚  
濱 岡 皇 幌 旗

(振替口座東京第五番)

東京—神田・三田・早稲田・日吉・丸ビル



### 重要數値

1 metre (略 m; 米)	= 3.3 尺
1 inch (略 in; 吋)	= 2.54 centi-metre (cm)
1 foot (略 f; 呎)	= 30.48 cm
1 mile (哩)	= 5280 f = 1.609 kilo-metre (km)
1 litre (略 l; 立)	= 0.55 升 = 0.22 gallon
1 kilo-gram (me) (略 kg; 斤)	= 0.27 貫 = 2.21 pound
1 ounce (略 oz)	= 28.35 gram (g)
1 pound (略 lb; 封度)	= 453.6 g
1 ton (略 t; 噸)	= 2240 lb = 1016 kg
空氣 1 l の重さ	= 1.293 g
水銀の比重 (0°C)	= 13.596
氣 壓	= 1033.6 g cm <sup>2</sup>
1 watt (略 w)	= 每秒 10 <sup>7</sup> erg = 每秒 1 ジュール
1 horse-power (馬力)	= 每秒 75 kg.m = 736 w
(英馬力)	= 每秒 550 f.lb = 每秒 76 kg.m = 746 w
1 calorie	= 4.18 × 10 <sup>7</sup> erg = 4.18 ジュール = 427 g.m
音波の速度	= 331 + 0.6 t 秒 m
電磁波の速度	= 3 × 10 <sup>10</sup> 秒 cm



名姓	年學	名校
	第	
	學	
	年	
	組	學校
	番	

教  
4  
20