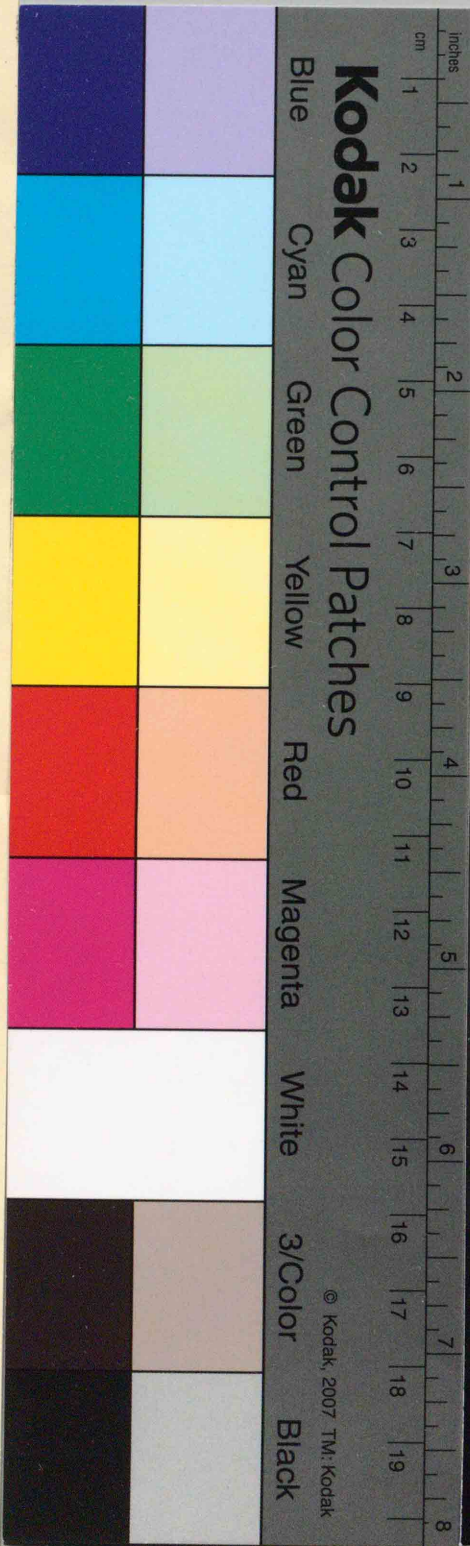


40343

教科書文庫

4
421
41-1938
20000 89557



4a

421

BB 13

教科書文庫
4
421
41-1938
2000089557

教育学科
資料室

—文部省檢定濟—
昭和十三年十一月十五日 中學校理科用

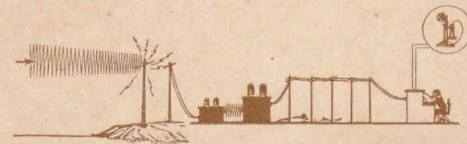
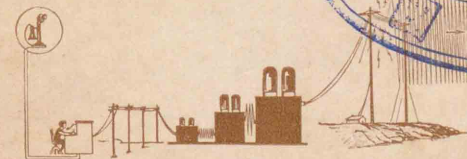
現代 新物理學

乙要目用

實驗併輯

東京高等師範學校教授

內藤卯三郎
著



(本書ノ大イサハ國定規格A5判)



東京開成館

改訂例言

本書は現行中學校教授要目理科乙表による中學校二・三・四學年用物理學教科書として編纂したものである。

著者は多年恩師野田貞先生編纂の物理學教科書の補訂に携はり來つたのであるが、茲に本書を編述するに當つても、理科教育の根本思想に於ては深く恩師の遺旨に則り、殊更に異を立てるものではない。但し時代の進運はおのづから在來の方式に膠着するを容さないものがあり、特に科學國日本の中學校用教科書としてその取材を出来るだけ清新潑刺たらしめ、學修者の心理的過程には最も篤き顧慮を拂ひ、以て斯界當面の要望に副ふものとしたのである。なほ今回の改訂版に就いては特に次の諸項に留意してその趣旨の徹底を期した。

- ① 所定の時間内に於て確實に實行し得る生徒實驗を併輯し、實驗器械の種類に拘らず實施し易い指針を與へた。
- ② 現行の要目に依れば、増課等の關係で教授時間數は多種多様に配當できることになつ

てゐるが、著者は各地方の現状から察し、二・三・四學年を通じて約 200 時間を豫定し、1 時間 1 頁乃至 2 頁の程度で編纂した。

③ 教材は出来るだけ卑近な實例に依據し、挿畫を豊富に加へたが、徒に美しいとか珍らしいとかで注意をひく種類のものや、いくらも國內に例のある事項にわざわざ外國寫眞を掲げること等は避けた。

④ 學習者の自發的研究を重んじ、難解の術語には脚註を加へ、隨所に熟考吟味の機會を與へて、自ら練り自ら悟らしめるやうにした。

⑤ 一般理科に於ての取扱は、教授者と教科書の如何によつて精疎おのづから異なる所甚だしかるべきを以て、再出の教材に就いて、本書では取捨の融通を十分に考慮し、生徒の能力に應じて活用の利くやう工夫した。

本書の編纂に際して、寫眞その他の資料を惠まれた諸官省・會社・個人等の好意に對して、厚く謝意を表する次第である。

昭和十三年九月

内藤卯三郎

目次

緒言

1. 物理學 1	6. 壓力・張力... .. 4
2. 物體・物質... .. 1	7. 鉛直線・水平面 4
3. 重力 2	8. 運動 5
4. 單位 2	9. 力の釣合... .. 5
5. 密度・比重... .. 3	10. 分子力 5
生徒實驗 1 體積・質量・密度の測定	11. 作用・反作用 6

第一篇 物性

第一章 固體

1. 固體の性質 7	生徒實驗 2 フックの法則
2. 彈性 7	

第二章 液體

3. 液體の表面 9	8. アルキメデスの原理... 13
4. 液體の深さと壓力 ... 9	9. 比重の測定 14
5. 上壓・下壓・側壓 10	生徒實驗 4 比重の測定
生徒實驗 3 液體の深さと壓力との關係	10. 表面張力... .. 15
6. パスカルの原理 11	11. 毛管現象... .. 16
7. 連通管 12	12. 擴散・滲透... .. 12

第三章 氣體

13. 氣體の性質 17	14. 大氣の浮力 17
---------------------	---------------------

15. 氣體の壓力 18	18. 排氣ポンプ 21
16. サイフォン 19	19. 壓縮ポンプ 22
17. 壓力計 20	

2 第二篇 熱

第一章 比熱

1. 比熱 23	2. 比熱の測定 24
-----------------	--------------------

第二章 膨脹

3. 線膨脹 25	6. 氣體の膨脹 28
4. 體膨脹 26	7. 氣體の壓力・體積・溫度 の關係 29
5. 液體の膨脹 27	

第三章 状態の變化

8. 融解・氣化 30	11. 沸騰點と蒸氣壓力 ... 33
9. 飽和蒸氣 31	12. 冷却する法 33
10. 大氣の乾濕 32	13. 液化 34
生徒實驗 5 濕度の測定	14. 液體空氣 35

2 第三篇 光

第一章 光度

1. 影 37	3. 照度・光度 38
2. 像 37	生徒實驗 6 光度計

第二章 光の反射・屈折

4. 反射とその法則 39	6. 複反射 40
5. 亂反射 39	7. 球面鏡 40

8. 屈折とその法則 43	12. 虹 48
9. 全反射 45	13. レンズ 49
10. プリズム 46	生徒實驗 7 凸レンズ
11. 光の分散 47	

第三章 光學装置

14. 眼 52	18. 蟲眼鏡 56
15. 眼鏡 53	19. 顯微鏡 56
16. 寫真機 54	20. 望遠鏡 57
17. 活動寫真 55	21. 双眼鏡 58

× 第四章 色

22. 單光・複光 59	26. 物體の色 62
23. スペクトルの種類 ... 59	27. 繪具の色 63
24. 太陽のスペクトル ... 60	28. 螢光・燐光 64
25. 三原色・餘色 62	

2 第四篇 磁氣・電氣

第一章 磁氣

1. 磁石 65	5. 磁場 67
2. 磁氣 66	6. 地磁氣 68
3. 磁氣の感應 66	7. 羅針盤 69
4. 磁氣量の單位 67	

第二章 電流

8. 電壓と電流 70	10. 電氣抵抗 71
9. 電池 71	11. オームの法則 72

12. 導線の繋ぎ方 73	生徒実験 8 オームの法則
13. 電池の内抵抗 74	

第三章 電流の諸作用

14. 電流の作る磁場 75	19. 電解 80
15. 電流計・アンペア計 ... 76	20. 蓄電池 81
16. ボルト計 77	21. 電熱 82
17. 電動機 78	22. 電燈 83
18. 電信 79	23. 電熱器・電気爐 85

第四章 電磁感應

24. 感應電流 86	27. 直流と交流 88
生徒実験 9 感應電流	28. 發電機 89
25. 相互感應・自己感應 ... 87	29. 變壓器 91
26. 感應コイル 88	30. 電話 94

第五章 真空放電・放射能

31. 真空放電 96	35. 原子の崩壊 99
32. 陰極線 97	36. 原子の構造 100
33. X線 97	37. 電子説 102
34. 放射能 98	

第五篇 力・運動

第一章 力

1. 力の圖示 105	4. 平行力の合力 108
2. 力の合成と分解 106	5. 偶力 108
3. 力の能率 107	6. 重心 109

生徒実験 10 重心	8. 浮體の釣合 111
7. 物體の坐り 110	

第二章 運動の法則

9. 運動速度 112	12. 運動の法則 116
10. 加速度 113	13. 運動量 116
11. 慣性の法則 115	14. 反作用の法則 118

第三章 諸種の運動

15. 落體 120	21. 廻轉運動 126
16. 萬有引力 121	22. ジャイロスコープ 127
17. 落體の公式 122	23. 摩擦 129
18. 鉛直な拋物 123	生徒実験 11 摩擦
19. 斜な拋物 123	24. 流體の抵抗 131
20. 圓運動 124	

第四章 簡単な機械

25. 槌子 133	29. 楔 136
26. 滑車 134	30. ネヂ(螺旋) 137
27. 輪軸 135	31. 齒車・調革鎖 138
28. 斜面 135	

第五章 仕事・エネルギー

32. 仕事 139	37. 仕事と熱 143
33. 工率 139	38. 熱エネルギー 144
34. 仕事の原理 140	39. エネルギー不滅則 145
35. エネルギー 141	生徒実験 12 斜面
36. 機械的エネルギー 142	

第六章 振動・波動

40. 振子147	43. 横波150
41. 弾性体の振動149	44. 縦波151
42. 波動150	

第六篇 音波・光波・電波

第一章 音 波

1. 音の傳播153	7. 定常波159
2. 音の強さ154	8. 音色159
3. 音の高さ155	9. 絃の振動161
4. 共鳴156	10. 氣柱の振動162
5. 音波の干渉157	生徒實驗 13 音叉の振動數
6. 唸り158	

第二章 光 波

11. 光の波動説163	13. 薄膜の色165
12. 光波の干渉164	14. 偏光・複屈折166

第三章 電 波

15. 電氣振動168	18. 無線電信171
16. 電氣共鳴169	19. 無線電話174
17. 電波169	

補習問題集

[1—20]

生徒實驗報告用紙

[別冊]

現代
新物理學
乙要目用

緒 言

1. 物理學 物理學は自然科学の一部門で、
Physics
物性・運動・熱・音・光・磁氣・電氣などに關する現象を量的に研究する學問である。

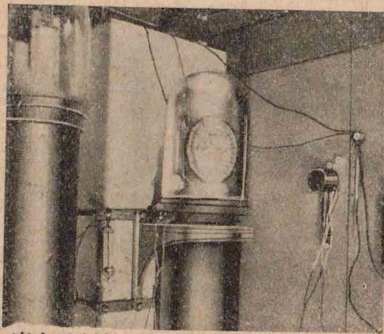
2. 物體・物質 自然界は物體の集團である。
物體Bodyといふのは一定の空間を占め、吾等の感覺によつてその存在を認め得るものである。物體の實質を物質Matterといひ、物體の有する物質の量をその物體の質量Massといふ。

質量を測るのには瓦(g)、砵(kg)などの單位を用ひる。

- ① 自然現象 自然界に起る各種の變化を自然現象といふ。雨の降ること、風の吹くこと、雷の鳴り、電光の輝くことなどは皆自然現象である。
- ② 自然科学 自然現象について研究する學問を自然科学といふ。化學・動物・植物・礦物などは皆自然科学に屬する。
- ③ 量的研究 大小多少を比較してその關係を調べることを量的研究といふ。

3. 重力 地球上の物体はすべて地球に引かれてゐる。その力を**重力** Gravity といふ。物体に**重さ(重量)** Weight があるのはそのためで、**質量の大なる物体ほど大なる重力を受ける。** それで質量の単位は重さを測るのにも使ふ。

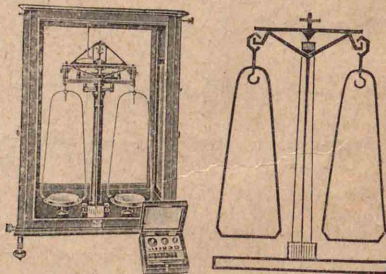
4. 単位 物理学上の測定では長さ・質量・時間の三つが基本の量である(この三つの単位を



東京天文臺(東京府三鷹村)の標準時計

普通長さを測るには物指の類を用ひ、時間を測るには時計を用ひ、質量を測るには天秤などを用ひる。

基本単位 Fundamental units といふ。學問上では**糎(cm)**, **瓦(g)**, **秒(sec)**から成る**CGS制** CGS system of units を基本単位として用ひる。



天秤とその構造

速さを測るのには時間と長さとの単位を組合せた**秒糎(cm/sec)**, **秒米(m/sec)**などの単位を用ひる。このやうに基本単位を組合せて作った単位を**誘導単位** Derived units といふ。

5. 密度・比重 各物質の単位體積中にある質量をその物質の**密度** Density といふ。體積が v 立方糎で、質量が m 瓦ある物質の密度 d は

$$d = \frac{m}{v} \text{ (瓦/立方糎)}$$

と示される。水銀は 13.596 g/cm^3 の密度をもち、 4°C の水は 1.000 g/cm^3 の密度をもつ。

或物質の密度と 4°C の水の密度との比をその物質の**比重** Specific gravity といふ。密度は名數であるが、比重は不名數である。また CGS 制で示した物質の密度の數値は比重の數値と等しい。

白金 (20°C)	21.4	鉄	7.86	牛乳	1.03-1.04
金	19.3	亜鉛	7.14	海水	1.01-1.05
水銀 (0°C)	13.596	金剛石	3.5	水 (4°C)	1.000
鉛 (20°C)	11.34	アルミニウム	2.69	氷 (0°C)	0.917
銀	10.5	砂	2.6	アルコール	0.789
銅	8.93	窓硝子	2.5	杉	0.40
眞鍮 (銅 70 亜鉛 30)	8.5	硫酸 (純)	1.831	コルク	0.22-0.26

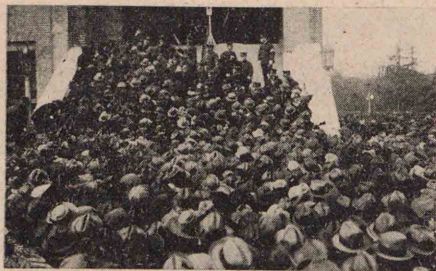
問 1. 俗に“石が綿よりも重い”といふのはどんな意味か。

問 2. 10 cm^3 の銅の質量は 89 g で、 150 cm^3 の鉄の質量は 1170 g である。銅と鉄との密度を求めよ。

① cm^2 は平方糎を、 cm^3 は立方糎を示し、 g/cm^3 は 1 立方糎中の瓦數を示す。

② 4°C は溫度攝氏 4 度を示す。

6. 圧力・張力 群集雑踏の中にある人々は互に押合ふ。物理学では接觸面に垂直に押合



ふ力を**圧力**といふ。
Pressure

単位面積に働く**圧力**を**圧力の強さ**といひ、
Intensity of pressure

全面積に働く**圧力**を

全圧力といふ。
Total pressure

引張つた紐はどこで切つても兩方へ離れるから、紐の各部は互に引合つてゐることがわかる。このやうな力を**張力**といひ、切口の単位面積に垂直に働く張力を**張力の強さ**といふ。
Tension

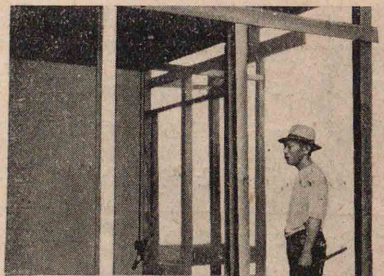
☐ 水平に置いた机の上に各稜 10 cm の立方體で重さ 400 g の物を置けば、接觸面の受ける**圧力**の強さは何程か。 49

7. 鉛直線・水平面 糸で物を吊すと重力のために垂れ下つて、糸は地球の中心に向く。このやうに重力の方向を

示す線が**鉛直線**である。
Vertical line

各部分が鉛直線に垂直な面を**水平面**といふ。
Horizontal plane

水平面は正しい平面ではない(何故か)。



大工が墨壺で下げ振りを作り、これによつて柱の鉛直を正してゐる。

生徒實驗 1 體積・質量・密度の測定

目的 圓筒の體積を測り、並にそれに満した水の質量を測つて水の密度を求める。

I. 圓筒の體積を求める。

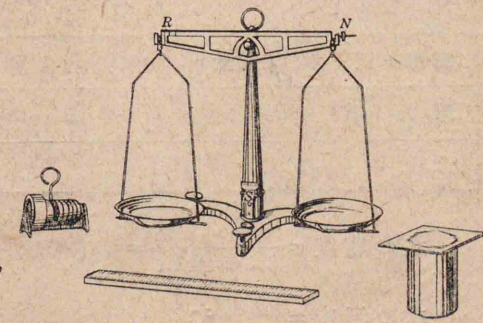
[A] **測定** 物指で圓筒の深さ L を互に約 60° づつ隔つた三箇所を測り、0.1 mm まで精しく讀め。また圓筒の内部の直徑 D を互に 60° づつ隔つた三箇所について測り、0.1 mm まで讀め。

[B] **計算** 例へば直徑の平均を 5.82 cm、深さの平均を 8.96 cm とすれば、第三桁は共に不確である。さればその自乗及びその積は第三桁目で不確になる。それで次のやうに省略算を行ふ。

圓筒の體積 = $\frac{\pi D^2 L}{4}$		
$D = 5.82$	$D^2 = 33.9$	$D^2 L = 304$
$\frac{5.82}{1164}$	$L = 8.96$	$\frac{\pi}{4} = 0.785$
$\frac{4656}{2910}$	$\frac{2034}{3051}$	$\frac{1520}{2432}$
$D^2 = 33.9$	$D^2 L = 304$	$\frac{\pi D^2 L}{4} = 239$
		答 239 cc

II. 液體の質量と密度を測る。

① まづ天秤の水平を調節し(ライダー R の左端を零位に移し、必要の場合には右端のネジ N を調節して)指針を目盛 S の中央に止るやうにせよ。



② 然る後、圓筒と硝子蓋とを左の皿に載せ、右の皿に大き過ぎない

最大の分銅を載せ、次に等量か或はその次の小さい分銅を加へ、大き過ぎるときはその次の分銅と換へ、漸次同様の手順で小さい分銅を加へ(ライダーRを用ひて)指針をSの中央に来るやうにし、その時の分銅を読み取れ。

③ 次に水を圓筒に満して硝子蓋をし、内部に氣泡の残らないやうに注意し、外部に着いた水を拭ひ去り、前と同様にしてその質量を測れ。

④ 上の結果から水の密度を計算せよ。

[注意] 実験に用ひた水の温度をも記録し置け。

昭和 年 月 日 【実験記録】 共同実験者

I.

回数	第1回	第2回	第3回	平均
圓筒の深さ L	cm	cm	cm	cm
圓筒の内径 D	cm	cm	cm	cm
圓筒の體積 = $\frac{\pi D^2 L}{4} =$				cc

II.

[圓筒+蓋+水]の質量	g
[圓筒+蓋]の質量	g
水の質量	g

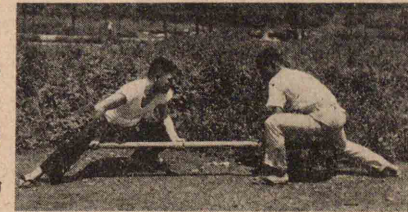
水の密度 = $\frac{\text{水の質量}}{\text{水の體積}} =$ g/cm³

水の温度 = °C

8. 運動 物體がその位置を變へることを運動といひ、位置を變へないことを静止といふ。運動の速さや方向の變化するのは物體に働く力があるからである。

速さの變らない運動を等速運動といふ。10分間に300米を行く等速運動體の速さは $\frac{300 \times 100}{10 \times 60}$ 秒糧である。

9. 力の釣合 一物體に二つ以上の力が働いて、しかも物體の運動の有様が變らない場合には、これらの力は互に釣合にある又は釣合つてゐるといふ。勝負のつかぬ綱引や棒押、繫留した氣球などは力が釣合つてゐる例である。



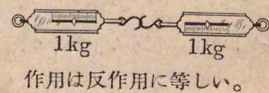
10. 分子力 物體を次第に細分して行くと、その物質としての最小に達する。これをその物質の分子といふ。分子説によれば、物體を構成してゐる分子は相互の間に隙間をもち引合つてゐる。この力を分子力といふ。しかし分子力の働くのは一定の距離以内に於てだけ認められる。同種の分子の間の分子力を凝集力といひ、異種の分子間の分子力を附着力といふ。

11. 作用・反作用 すべて力は物と物との間に於て働き、單獨にあることはない。重力は地球と地球上の物體との間に働く力であり、壓力や張力は物體内の二部分の間に働く力である。即ち力を與へる物があれば必ずこれを受ける物がある。



今甲が乙を押す場合には、乙の受ける力を**作用**といふ。このとき甲もまたこの同じ力で乙から押されるのである。この力を前の作用に對して**反作用**と名づける。作用と反作用とはこれを受ける物體に對しての名で、元來一つの力なのである。即ち

作用に對して**反作用**と名づける。作用と反作用とはこれを受ける物體に對しての名で、元來一つの力なのである。即ち



作用と反作用とはその大きさが相等しく、その方向が反對である。

(反作用の法則)
Law of reaction

- 問1.** “十人力”などいふときの力はどんな意味であるか。
- 問2.** 上の相撲の圖について作用・反作用の關係と釣合ふ力とを指摘し、その間にどんな相違があるかを考へよ。

第一篇 物 性

物體を大別して**固體・液體・氣體**の三種とする。木や石のやうに容易に形も體積も變らないものが**固體**で、體積は變らないが形は自由に變る水・油のやうなものが**液體**である。氣體は形も體積も容易に變化し、どんな容器中に密閉しても必ず容器一杯に擴がる性質をもつてゐる。また液體・氣體を總稱して**流體**ともいふ。

第一章 固 體

1. 固體の性質

- 實驗1.** 針金又は金屬棒を熱すれば膨張して長くなり、冷却すれば收縮して短くなる。
- 實驗2.** 硝子棒の折口を押合せてもつげないが、熱して押附ければ接合できる。

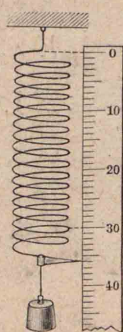
固體の分子は一般に隙間が小さく配列して居り、その凝集力は液體・氣體に比して強く、容易にその體積や形を變へない。若し強いてこれを變へる場合には皆幾分かの彈性を示す。

2. 彈性 物體に力を加へたとき一時その形又は體積が變化するが、力を取除くと再び舊に復する場合がある。この性質を**彈性**といひ、

Elasticity

弾性をもつ物体を**弾性體**といふ。また弾性體が舊の状態に復せんとする力を**弾力**といふ。

弾性には一定の限度があつて加へた力があまり大き過ぎると力を去つても復舊しなくなる。この極限の力を**弾性の際限**といふ。

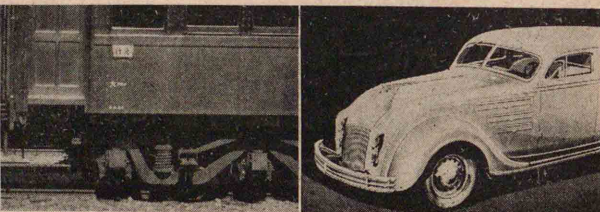


長さが30 cmのゼンマイに弾性の際限内で力を加へたとき36 cmに伸びたとすると、 $\frac{36 - 30}{30} = \frac{1}{5}$ は初めの長さの1cmに對する伸びを示す。これをこの場合の**歪**といふ。

實驗の結果によると

弾性の際限内では、物体の歪はこれに加へた力の強さに比例する。
(フックの法則) Hooke's law

ゼンマイ、バネ、ゴムなど、弾性體の利用は極めて廣い。



汽車や電車などの車體は車軸に取付けてある丈夫なゼンマイやバネで支へられてゐる。自動車の緩衝器は鋼で作つてある。

- ① **よい弾性體** 弾性の際限は歪の際限で定める場合もある。それでよい弾性體とは弾力の際限の大きいものを指す場合と歪の際限の大きいものを指す場合とがある。
- ② **フック**(Hooke, 1635—1703) イギリス人。

生徒實驗 2 フックの法則

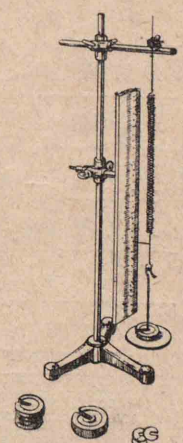
目的 ゼンマイの伸び及び鋼棒の撓みにつきこれに加へた力との關係を研究する。

I. ゼンマイの伸び。

① 鋼線で作つたゼンマイを圖のやうに支柱に取付け下端に分銅懸を吊り適當の所へ紙で作つた指針を貼りつけて、垂直に立てた物指の目盛を指すやうにする。

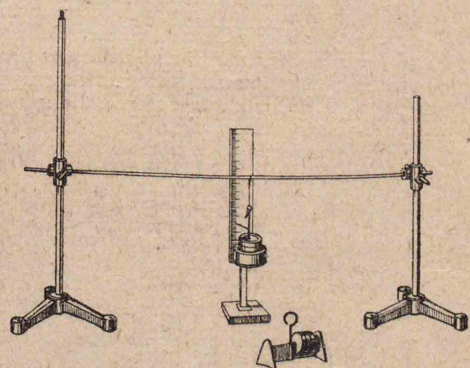
② 分銅懸に分銅を100g ずつ次第に掛け増しその度毎に指針の指す目盛を測つて記録し500g ほどで止める。

③ 次に分銅を次第に100g ずつ減じて行き、それに對する目盛を見て記録せよ。



II. 鋼棒の撓み。

① 次の圖のやうに二箇の支柱を組立て、これに鋼の棒を水平に渡し、その中央に分銅懸を吊る。側に立てた物指について最初指針の位置を読み置き、分銅懸に次第に錘を掛け増して指針の指す目盛を測れ。

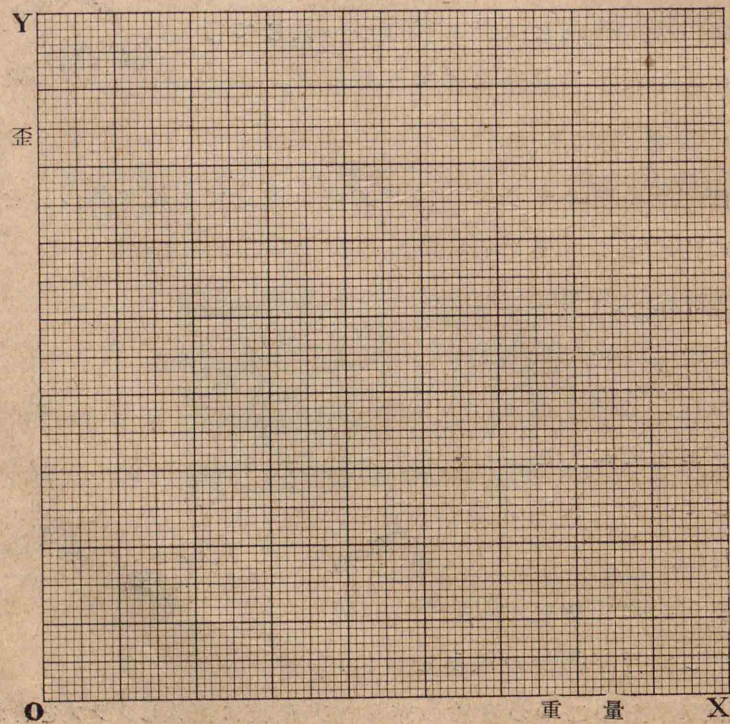


② 次に分銅を次第に減じて行き指針の読みを取れ。

【圖示】上の二つの實驗の結果を方眼紙に記入しグラフを作れ。

昭和 年 月 日 【実験記録】 共同実験者

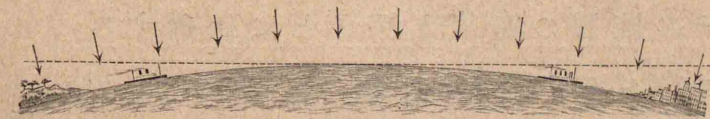
重量	ゼンマイの伸び		銅棒の撓み	
	物指の読み	差	物指の読み	差
分銅懸だけ	加 ↓		加 ↓	
+ 100 g				
+ 200 g				
+ 300 g				
+ 400 g				
+ 500 g		↑ 減		↑ 減



第二章 液 體

3. 液體の表面 液體の分子は凝集力によつて互に引合つてゐるけれども、その運動が固體の分子よりも自由で容易にその位置を變じ得る。それで容器に入れると重力のために滑り動いて地球の中心に近づき、底に溜つて表面は水平面をなす。これを**自由表面**といふ。

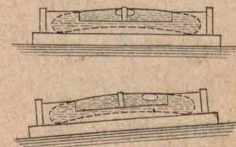
Free surface



廣く大きく見た海面

海面は100 mについて約3秒の角度で次第に彎曲してゐるのであるが、通常その狭い範圍を取れば平面と見做して差支ない。

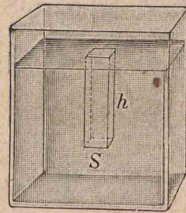
水平を検するに用ひる**水準器**は硝子の管に小さい泡を残してアルコールなどの液體を封じたものである。



水準器は水平面に載せたとき泡が管の中央に来るやうにしてある。

4. 液體の深さと壓力 靜止してゐる液體の内部では上部にある液體の重量がかかるから深い場所ほど大きい壓力をもつ。

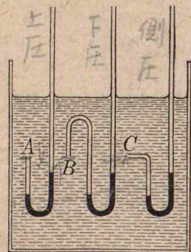
密度が d 瓦/立方種 の液體の深さ h 種 の所に面積 S 平方種を取れば、その上にある液體の質量は dhS 瓦である。従つて圖のやうな液柱の重量を P 瓦とすれば $P = dhS$ また S 面の壓力の強さを p 瓦/平方種と置けば



$$p = \frac{dhS}{S} = dh$$

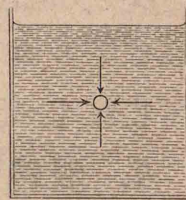
* 即ち静止してゐる液體內に於ける壓力の強さはその液體の密度と深さとに比例する。

5. 上壓・下壓・側壓 液體內の一點に於て



液體內の壓力の實驗

その部分の液體が流れてゐないならば、四周からの壓力は釣合つてゐる筈である。それで下向きの壓力の強さ即ち下壓が p 瓦/平方種であるならば上壓も p 瓦/平方種である。上下から壓されれば液體は横へ動き得るのにその位置に止るのは側壓もまた p 瓦/平方種であるからである。

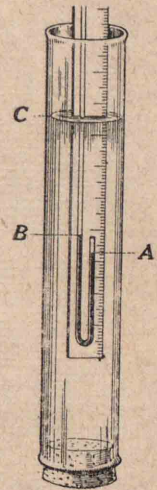


問 各稜の長さが 1m の立方體の箱に比重 1.3 の液體を満すと、底面の受ける全壓力及び側面の受ける全壓力は各何程か。

生徒實驗 3 液體の深さと壓力との關係

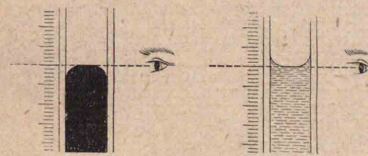
目的 水の深さと壓力との關係を研究する。

1 硝子の細管を右の圖のやうに曲げて物指に付け、それに水銀を入れて壓力を測る装置とし、これを大硝子圓筒内の水の中に鉛直に挿し込んで水銀柱の頭 A, B と水面 C との位置を読み取れ。



2 C の読みを 10 cm 置きに變へて測定を行ひ下の表に記入せよ。

【注意】 硝子細管内の水銀柱頭の位置は左の

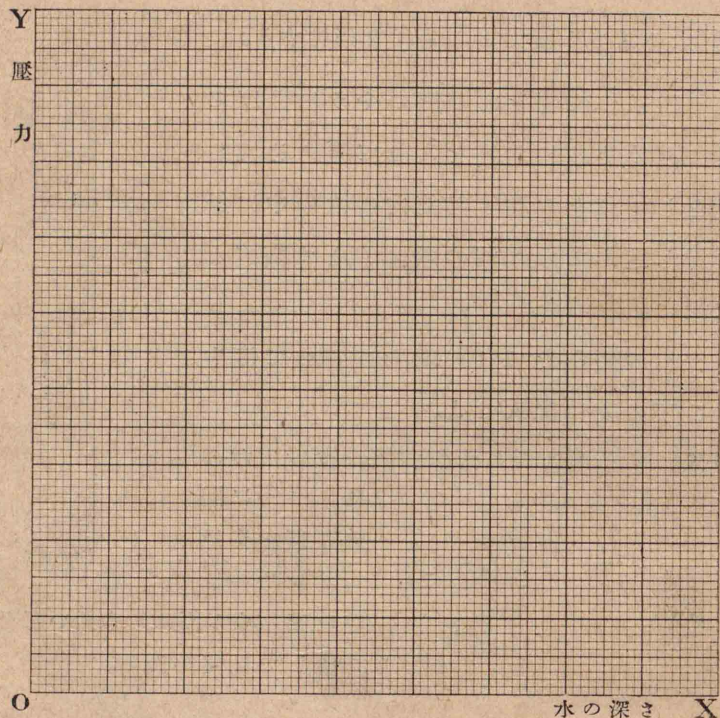


圖のやうに圓味の頂を見通して物指の目盛を読み、水の面は最も低い部分を見通して目盛を読み。

昭和 年 月 日 【實驗記錄】 共同實驗者

水の深さ (C-A)	壓力 (B-A)
10 cm.	
20 cm	
30 cm	
40 cm	
50 cm	
60 cm	

【圖示】 上の結果を方眼紙に記入しグラフを作れ。



- 問1. 堤防は基部を厚く作り、樽のタガは下部を丈夫にしてある。何故か。
- 問2. 世界最深の海底は深さ 10793 m であるといふ。海水の比重を 1.05 とすれば、海水だけによる海底の壓力の強さは何程か。
- 問3. 水壓機に於て兩圓筒の活塞の直徑を夫々 2.5 cm, 65 cm とし、小圓筒の活塞に 75 kg の力を加へると、大圓筒の活塞に加はる力は幾らか。(次頁参照)

$x = 195g$

$$\frac{75}{2.5} = \frac{x}{65}$$

6. パスカルの原理

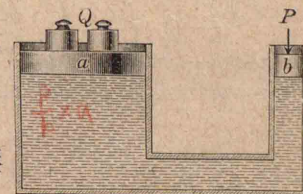
実験 ゴム球に針で多數の孔をあけ、これに水を満して押しつぶすと、水は各孔から面に垂直な方向へ一様に逆り出る。

すべて密閉した液體の一部に力を加へると、それが等しい強さで各部に傳はるものである。この法則は發見者パスカルの名で呼ばれてゐる。



Pascal (1623-1662, フランス人)

圖のやうに大小二箇の圓筒を連ねた器に水を入れ、面積 b なる活塞に P の力を加へると、その壓力の強さ $\frac{P}{b}$ は水の全部分に及ぶ

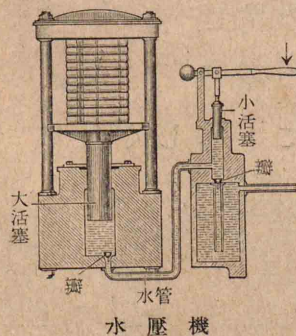


水の壓力の傳達の實驗

から、面積 a なる活塞は $\frac{P}{b} \times a$ の力で押し上げられる。

$\frac{P}{a} = \frac{P}{b}$
 $x = \frac{aP}{b}$

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達する。 (パスカルの原理) Pascal's principle



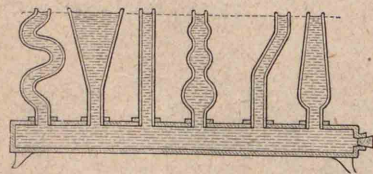
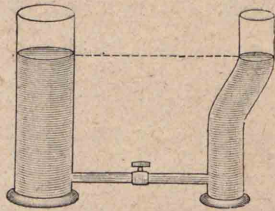
水壓機はこの理を應用し Hydraulic press

て大きな壓力を得る装置である。綿・絲などの荷作り、金屬板の打抜・截斷、種油の搾取、鍊鉄作業など水壓機の利用せられる向きは甚だ廣い。

原理

7. 連通管 液体内で深さの等しい部分の

圧力は密度に變りのない限り一定であるから右圖のやうに甲乙兩器の水面が等しい高さになればカランを開いて相通しても水は流ることがない。逆に

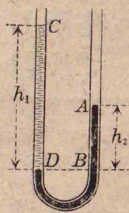


左圖のやうな連通管の一つから水を注入すれば、壓力の等しい所は同じ深さの點に限るから

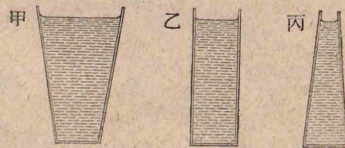
各管の水は同じ高さまで昇つて止る。

堀抜井戸・噴水・上水道などの水の運ばれるのは上の理によつて説明することができる。

密度の異なる二種の液體をU字管に入れると液面の高さを異にして靜止する。この場合、兩液の界面までの深さと液體の密度との積は何れの液柱について計算しても等しくなる。



底面積と深さとが夫々等しければ、右の三箇の容器の底の受ける壓力は相等しい。何故か。



8. アルキメデスの原理

實驗 物體の重さは液體中で測ると空氣中で測るよりも軽く感ずる。それは液體の浮力が働くからである。

Buoyancy

このことについては古くから知られた次の法則がある。

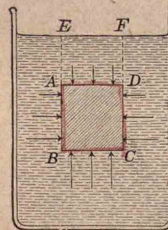


Archimedes

(前 278 頃—前 212 頃,ギリシヤ人)

液體中にある物體はそのものが排除した液體の重量に等しい浮力を受ける。(アルキメデスの原理) Archimedes' principle

液體中にある物體の浮力は物體が受ける上壓と下壓との差に相當する力である。左の圖についてアルキメデスの原理の意味を考へよ。



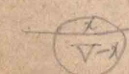
四角塊 ABCD の一面を水平にすると、前後左右の四面に働く壓力は夫々互に釣合ふが、上面に働く壓力は液柱 EADF の重量に等しく、下面に働く壓力は液柱 EBCF の重量に等しい。

液面に浮く物體はその一部分が通常液體の中にある。この場合、物體の重量は浮力(即ち物體の排除した液體の重量に等しい上向きの力)と釣合つてゐるのである。

軍艦の噸數は軍艦が武裝した場合に排除する水の重量即ち排水量で示される。

海上に浮ぶ氷山の海面上に出てゐる部分は全體積の何割か。但し海水及び氷の比重は夫々 1.03 及び 0.92 である。

全體積 V



$$0.92V = 1.03(V - x)$$

$$0.11V = 1.03x$$

$$\frac{x}{V} = \frac{0.11}{1.03} = 0.1068$$

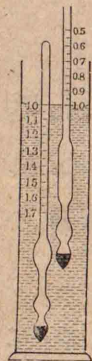
$$0.107 \times 100 = 10.7$$

$$10.7\%$$

9. 比重の測定

或物体の重量と、これと等體積の水の重量との比はその物体の比重である。それでアルキメデスの原理により固体の比重を測ることができる。即ち固体の空气中で測つた重量を W 、水中に吊下げて測つた重量を W' とすれば $W - W'$ はその固体と等體積の水の重量に等しい。依つて求める比重 S は

$$S = \frac{W}{W - W'}$$



浮秤 (比重計) は浮力の大小によつて液体の比重を測る装置である。牛乳検査用の 検乳計、酸の濃度を測る 酸定量計 などは皆同じ原理による浮秤である。また 比重

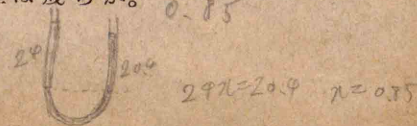
重罈は一定體積の液体の重量を測つてその比重を知るのに用ひる罈である。



比重罈

問 1. 比重罈があつて、その重量は 14.5g で、これに水を入れたとき 39.5g、硫酸を入れたとき 60g であつた。この硫酸の比重を求めよ。 *1.82*

問 2. U 字管の兩支管に夫々水と油とを入れたのに、兩液の境界面から油の表面までの高さは 24cm で、水面までの高さは 20.4cm であつた。この油の比重は幾らか。 *0.85*

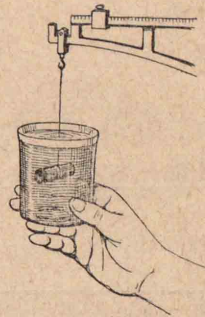


生徒實驗 4 比重の測定

目的 アルキメデスの原理を應用して固体・液体の比重を測定する。

I. 固体の比重.

1 右の圖のやうに真鍮の棒を細い絹絲で天秤の臂の一方に吊りその重量 (W) を測れ。



2 次に水を満した器を持ち來たし真鍮棒が水中に全部浸るやうにして天秤を釣合せ、その時の分銅の讀み (W') を記録せよ。

3 上の結果から真鍮の比重 (S) を計算せよ。

II. 液体の比重.

[A] アルキメデスの原理を用ひて。

1 上の真鍮棒をアルコールの中に沈めて天秤を釣合せ、分銅の讀み (W'') を記録せよ。

2 上の I の實驗の W, W' を記録せよ。

3 次の式を用ひてアルコールの比重 (S') を計算せよ。

$$S' = \frac{W - W''}{W - W'}$$

[B] 比重罈を用ひて。

1 上の [A] で用ひたアルコールを比重罈に満し周圍に溢れた分をよく拭き取つて秤量 (W_1) せよ。

2 次に比重罈のアルコールを所定の器に明け、二三次水で洗つた後これに蒸留水を満して秤量 (W_2) せよ。

3 終りに比重罈の水も捨て去り前に用ひたアルコールを

少量づつ入れて打ちふり二三回洗滌し静かに乾かした後、比重
蠟だけの重量(W_0)を秤れ。

4 上の結果から次の式によつてアルコールの比重 S' を計
算せよ。

$$S' = \frac{W_1 - W_0}{W_2 - W_0}$$

昭和 年 月 日 【実験記録】 共同実験者

I.

回	W	W'	S
i			
ii			
iii			
	$S = \frac{W}{W - W'}$		平均

II.

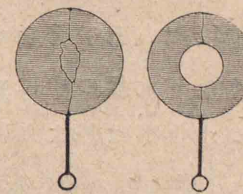
回	[A]			[B]		
	W	W'	W''	W_1	W_2	W_0
i						
ii						
iii						
平均						

[A] $S' = \frac{W - W''}{W - W'} =$

[B] $S' = \frac{W_1 - W_0}{W_2 - W_0} =$

10. 表面張力

実験 針金の棒に糸の小さい輪をつけて
石鹼水の膜を張る。次に熱した針金で
糸の輪を突破すると、糸は圓形に擴がる。

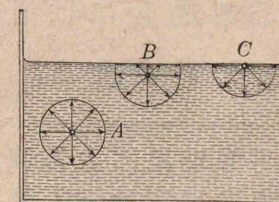


静かな液體の表面は固體と違

つて著しい凹凸がない。これは**表面張力**と呼
ばれる張力が表面一體に働いてゐて出来るだ
け縮まらうとするからである。それで液體の
表面は恰もゴム膜を張つたやうである。

液體内部の分子は四周の分子が一様に散在
してゐるので各方向へ等し

い力で引かれるから全く力
が働かないのと同様に見える
が、表面の近くにある分子



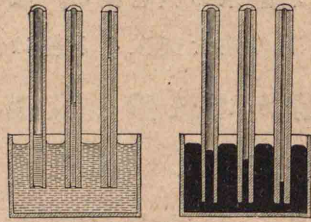
は上へ引かれることが弱いので横に引合ふ力
が著しく目立つて現はれる。表面張力は表面
の幅 1cm に働く力の大きさで示す。水銀の表面
張力は最も大きく、水はその約 $\frac{1}{8}$ 、石油・アルコ
ールなどはこれに次ぐ。

水銀粒が圓くなること、石油が水の上に擴が
ることなどは皆表面張力の作用である。

11. 毛管現象

実験 細い硝子管を水中に立てると、管内の水面は外よりも高くなり、水銀の中に立てると管内の水銀面は外よりも低くなる。

細い管内の液面が上のやうに外の液面と高さを異にする現象を**毛管現象**と



Capillary phenomena

いふ。管と液體との附着力が液體の凝集力よりも大である場合には管内の液面は高く且表面が上向きに彎曲し、附着力よりも凝集力が大である場合には管内の液面が降り且表面は下向きに彎曲する。實驗の結果によると

毛管現象による液面の昇降は管の内徑と液體の密度に反比例し、表面張力に比例する。(ジュリンの法則)
Jurin's law

毛管現象は二枚の板の間や糸・燈心・紙・砂・土壤などの細孔を通しても行はれる。

12. 擴散・滲透 相接してゐる二種の液體が互に入り混る現象を**擴散**といひ、膀胱膜のやうな膜を通して二種の液體の入り混る現象を**滲透**といふ。

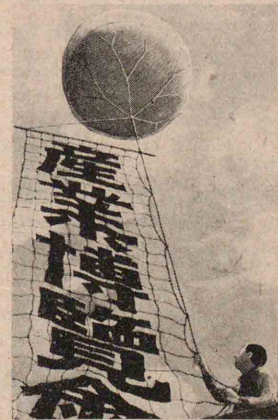
Osmosis

ジュリン (Jurin, 1684-1750) イギリス人。

第三章 氣 體

13. 氣體の性質 書物や煉瓦を積み重ねると、上の物は下にある物に壓力を與へるが横には何の影響もない。液體は自由に流れ動くことができるから、壓力は横にも傳はり、深さの等しい點では壓力の強さが等しくなる。氣體の分子は液體の場合よりも更に自由に運動してゐて器壁は絶えず分子の衝突を受け、器にその少量を入れても自由表面はできないで器壁全部に壓力を及ぼす。

14. 大氣の浮力 アルキメデスの原理は氣體についても成立ち、地球上の物體はそれと等體積の空氣の重量に等しい浮力を常に受けてゐる。空氣の比重は 0°C , 1氣壓のとき0.001293であるが、大氣の上層では温度



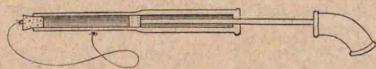
廣告用氣球(アドバルーン)

よい輕氣球はどこまでも限りなく上昇し得るか。

大氣 地球の周圍を取り圍んでゐる氣體の總稱。
Atmosphere

15. 氣體の壓力 パスカルの原理は氣體についても成立つ。兩頬を十分膨ませ、指で片頬を押して見ると、壓力の各部へ傳達する有様がよくわかる。

実験 圖のやうな空氣鉄砲の栓を堅くするとしないときで打ち出るときの活塞の位置は違ふものである。



一般に氣體を壓縮するとその壓力の強さが増す。實驗によると

温度が一定であれば、一定量の氣體の體積は壓力の強さに反比例する。

(ボイルの法則)
Boyle's law

今氣體の一定量を取り溫度を一定に保つてその體積(V)と壓力の強さ(P)とを測定すれば

$$PV = \text{一定}$$

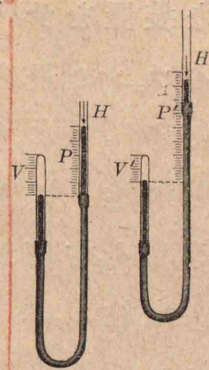
の関係がある。即ち P を 2 倍にすれば V は $\frac{1}{2}$ となり、 P を n 倍にすれば V は $\frac{1}{n}$ となる。



Boyle
(1627-1691, イギリス人)

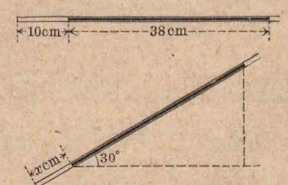
次の圖のやうに硝子細管に水銀を入れてその閉端に一定量の空氣を封じ込んだものを鉛

直に支持しゴム管で連絡した他方の管を上下して壓力の種々の値に對する空氣の體積を求め、ボイルの法則を確めることができる。但しこの際の壓力は兩水銀柱頭の差に大氣の壓力(水銀柱の長さで示したものを)を加へたものである。



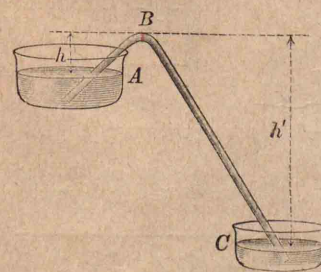
※ 圖 1. 長さ 20 cm の試験管を倒にして水中に沈めたとき水は管底から 8 cm の所まで浸入した。水の深さは幾らか。

圖 2. 一端を閉じた細管に一定量の空氣を水銀で閉ぢこめ、この管を水平に支へたとき、空氣柱は 10 cm、水銀柱は 38 cm であつた。大氣の壓力を水銀柱で 76 cm とすれば、口を上にして管を水平面と 30° 傾けた場合の空氣柱は幾らとなるか。また管を倒立した場合はどうか。



原理

16. サイフォン U 字形又は V 字形に曲げた細い管の兩脚を長短相異なるやうに作り、これに液體を満して一端を指で塞ぎ、短脚の口を液槽中に浸けて指を離すと、槽内の液體は引續き長脚の方へ流れ出る。このやう



な装置をサイフォンといふ。前の圖についてサイフォンの最高所 B にある水の兩側に働く壓力を考へるに、左側から壓す力は大氣の壓力 H から水柱 h によつて生ずる壓力を引いたものに等しく、右側から壓す力は大氣の壓力 H から長い水柱 h' による壓力を引いたものに等しい。それで長脚の方へ液體は流れるのである。

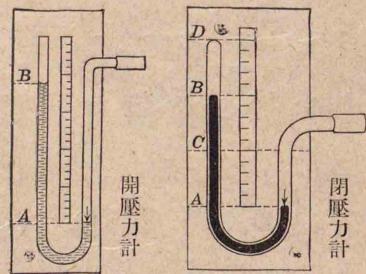
サイフォンは高所の液體を低所へ移す時、液層中の或部分を他に移す時などに用ひられる。

圖 1. サイフォンは高い山を越えて水を通じ得るか。また管の太さはサイフォンの働きに關係がないか。

圖 2. 大瓶から硫酸を小瓶に移すのにはどんなサイフォンが便利か。工夫せよ。(硫酸は劇藥で且有害な蒸氣が出る)

17. 壓力計 兩端の開いたU字管に液體を

入れ、その一端を壓力を測らうとする氣室に連絡したものを開壓力計といひ、一端を閉ぢたU字管に水銀を圖のやう

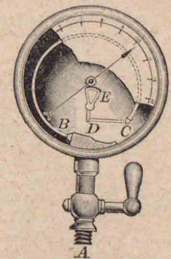


に満したものを閉壓力計といふ。前者は大氣

壓力の強さ 壓力の強さを單に壓力といふこともある。

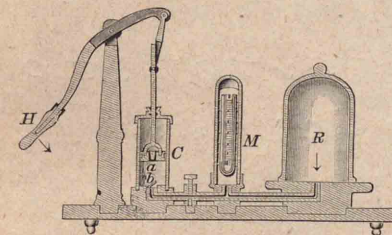
の壓力よりも大なる壓力を測るに適し、後者は眞空に近い小壓力を測るに便利である。

金屬壓力計は蒸氣罐・壓縮空氣などの壓力を測るに用ひられる。



金屬壓力計

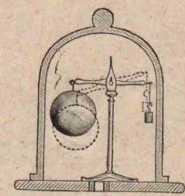
18. 排氣ポンプ 排氣ポンプは一局所の空氣を稀薄にする装置である。通常使ふものは、圖のやうに圓筒の内に



に活塞があつて、上に開く瓣 a を具へ、圓筒はその底にある瓣 b によつて鐘 R に細管で連なる。

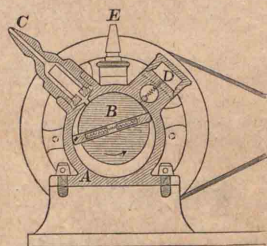
柄 H を取つて活塞を上下するとき、ポンプの働く有様を圖について考察せよ。

實驗 右の圖のやうに大きな球と小さな分銅とを天秤に釣合せ、これを鐘内に入れて空氣を抜くと、大球の方が降る。



迴轉式ポンプ 眞空を得るために使用する迴轉式ポンプの主要部は次の圖のやうに圓筒形の室 A に、電動機などによつて速く迴轉する圓壘 B がある。 B はその下方に空所を残し、上部は A の内壁と密接してゐる。

圓嚙には出入自由な二つの發條瓣があつて絶えずAの内壁を押しながら廻轉するやうになつてゐる。今真空にしようとする器を左の口Cに接續し、圓嚙を矢の方向に廻轉すると、Cから空氣を吸込み、右の空所Dに送り出し、そこから中央の口Eへ排出する。

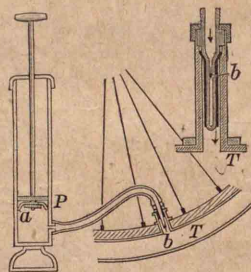


電球・ラヂオ用眞空管などの排氣にはこの種のポンプが用ひられる。

19. 壓縮ポンプ 排氣ポンプの瓣を二つとも反對の方向に開くやうにしてポンプを運轉すると、空氣は鐘内に押込まれる。このやうなポンプを**壓縮ポンプ**といふ。

Compressing pump

右の圖は自轉車のタイヤに空氣を入れる壓縮ポンプの構造を示す。



壓縮空氣は潜水作業、潜函作業、汽車・電車の制動機に利用せられ、また穿孔機や槌を運轉し、金屬管を通して郵便物を急送し、魚形水雷を發射したり走らせたりするなど、その應用が甚だ廣い。

Compressed air

壓縮空氣の利用

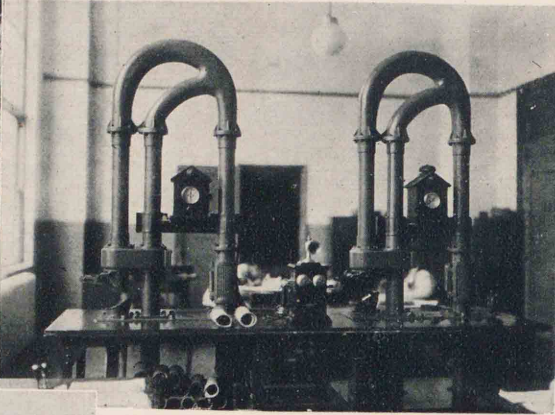


潜水作業は壓縮空氣利用の一例である。潜水者は水も空氣も透らない兜とゴム服とを着て水中に入り、沈んだ物を引上げ、電線を敷設し、珊瑚・眞珠を採集するなどの作業に従ふ。圖中右側の人は背負つてゐる壓縮空氣のタンクから空氣を取り、左側の人は水上にある壓縮ポンプによつて空氣を送られる。いづれも古い空氣は瓣のある孔から水中に逃れ出る。



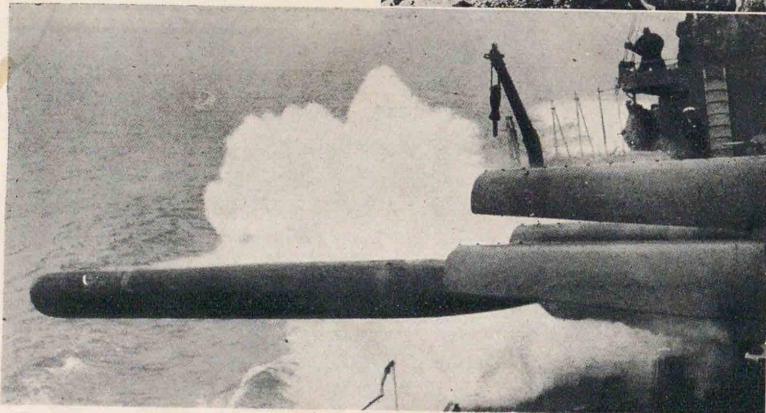
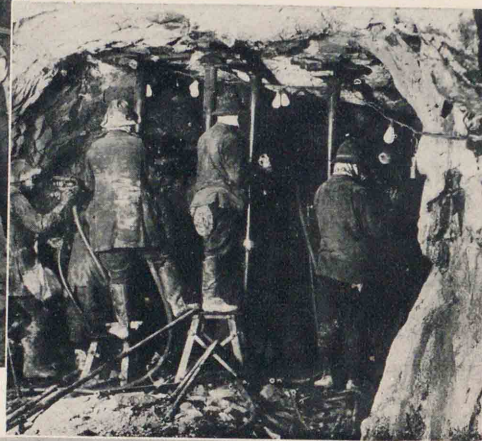
↑ 鋸打機

↓ 氣送管 (東京中央郵便局電報氣送室)



↑ 穿孔機 (道路を破壊してゐるところ)

↓ 鑿岩機 (上越線清水トンネル工事中)



水上發射管から
魚形水雷發射の利那

第二篇 熱

水の分子運動が盛になると人はこれを湯といひ、手がこれに觸れて分子の運動が傳はると温く感じ、人はこれを“熱が移る”といふ。熱は種々の作用をする。
Heat
寒暖計の水銀がこれを傳へて分子運動が盛になると水銀は膨脹し、“温度が昇つた”といふ。水の分子運動が一層盛になつて一部分が外まで飛散するやうになると所謂蒸發の現象となる。
Temperature

第一章 比熱

1. 比熱 物質の 1g を温度 1°C だけ高めるのに要する熱量のカロリー一數を、その物質の 比熱といふ。
Specific heat
比熱の大なる物質は熱し難く、冷え難い。水の比熱は 1 で、他の物質は皆これよりも小さい比熱をもつ。

物体の質量と比熱との積をその物体の 熱容量といふ。
Thermal capacity
一定の温度に高めるのに熱容量の大なる物体ほど多量の熱を要し、この種のものが一旦熱せられると冷えることも遅い。

※ カロリー 熱量の單位にして、1g の水の温度を 1°C 高めるに必要な熱量。この 1000 倍を 大カロリー 又は 疋カロリー といふ。
Calorie

※2. 比熱の測定

實驗 圖のやうな熱量計に温度 $t_0^{\circ}\text{C}$ の水 m 瓦を取り、これに温

度 $t^{\circ}\text{C}$ に熱した M 瓦の金属球を投じよく攪拌して一樣にな

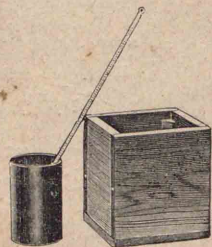
つた温度 $t_0^{\circ}\text{C}$ を測る。金属球の比熱を

S とすれば

金属球の失つた熱量 = 水の得た熱量

$$SM(t' - t_0) = m(t_0 - t)$$

$$\therefore S = \frac{m(t_0 - t)}{M(t' - t_0)}$$



この實驗に於て熱量計もまた水と共に温度が變るから、精密に比熱を計算するにはこれ

に對する補正が必要である。即ち熱量計の熱容量を C とすれば

金属球の失つた熱量

= 水と熱量計との得た熱量

$$SM(t' - t_0) = m(t_0 - t) + C(t_0 - t)$$

$$\therefore S = \frac{(m + C)(t_0 - t)}{M(t' - t_0)}$$

比熱の表	
鉛・金・水銀	0.03
銅・真鍮	0.09
鉄	0.10
硝子	0.16
砂	0.19
アルミニウム	0.21
氷	0.50
水	1.00
アルコール	0.57

問1. 寒暖計は熱容量の大なるがよいか、小なるがよいか。

問2. 物を冷すのにも温めるのにも水を使ふのは何故か。

問3. 温度 98°C 、質量 20g の銅塊を温度 15°C 、質量 50g の水の中に投じたのに水の温度は 18°C となつたといふ。この銅の比熱は幾らか。

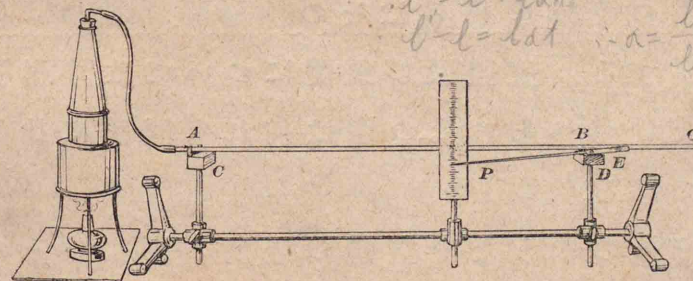
熱量計の水當量 上式中の $C(t_0 - t)$ のことをいふ。
Water-equivalent

第二章 膨 脹

3. 線膨脹 物體が温度のためにその長さを増すことを線膨脹といひ、温度 1°C の上昇によつて原の單位長さに對する延びをその物質の線膨脹係數といふ。

長さ l 厘の金属管に蒸氣を通じ温度 $t^{\circ}\text{C}$ だけ上昇させた結果、長さが l' 厘になつたとすれば、その金属の線膨脹係數 α は

$$\alpha = \frac{l' - l}{lt} \quad \therefore l' = l(1 + \alpha t)$$



圖は室内の温度から 100°C まで金属管を熱してその線膨脹係數を測定する實驗の一例である。

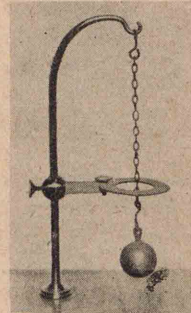
線膨脹係數の表			
白金 (40°C)	0.000009	硝子(クラウン) ($0^{\circ}-100^{\circ}\text{C}$)	0.000009
銅 (40°C)	0.000017	石英硝子 ($0^{\circ}-1000^{\circ}\text{C}$)	0.000005
インヴァール(鋼 $\frac{64}{35}$ ニッケル) (20°C)	0.000001	樅 (2°C)	横 0.000054 縦 0.000005
鍛鉄 ($-18^{\circ}-100^{\circ}\text{C}$)	0.000011	松 (2°C)	横 0.000034 縦 0.000005

4. 體膨脹 物體が熱のためにその體積を増すことを體膨脹といひ、溫度 1°C の上昇によつて原の單位體積に對する體積の増加をその物質の體膨脹係數といふ。或物體の體膨脹係數を β とし、溫度 $t^{\circ}\text{C}$ の上昇によつてその物體の體積が V から V' に増したとすれば

$$\beta = \frac{V' - V}{Vt} \quad \therefore V' = V(1 + \beta t)$$

固體の體膨脹係數はその線膨脹係數の3倍に相當する。液體及び氣體については體膨脹係數だけ考へられ、その値は何れも固體に比して大である。

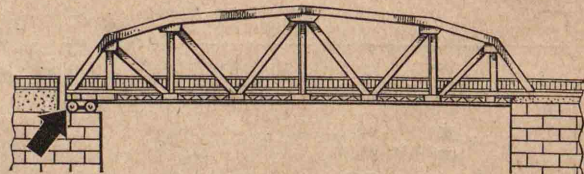
壺や瓶のやうな中空體の空所の膨脹は、その部分はその物體と同じ物質で出來てゐると見て計算した結果に等しい。



丁度環を通過し得る金屬球を熱すると、環を通り得なくなるが、これを環に載せたまま放冷すると再び環を通る。



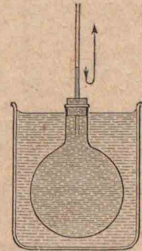
蒸氣誘導管に接続された曲管(管が膨脹するための餘地)



鉄橋の膨脹に對する設備(矢印の所は鉄橋が膨脹するための餘地となる脚部)

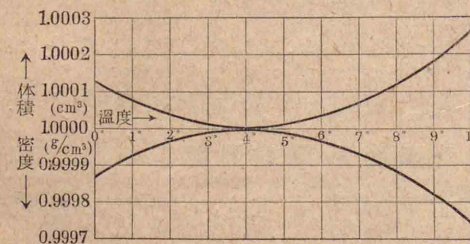
5. 液體の膨脹 液體の膨脹を測定するにはその容器の膨脹を考慮に入れてはならない。

實驗 圖のやうに水を滿したフラスコに硝子管を附けたものを水中に沈め、次第に温めて管内の水面の昇降する有様を調べよ。



この實驗で水が膨脹するやうに見えるのは實は見掛けの膨脹であつて、眞の膨脹はこれに容器の膨脹を加へた値に相當する。

水の膨脹 膨脹について水には特異の性質がある。 0°C の水を次第に温めると、 4°C までは



水の温度と體積及び密度との關係

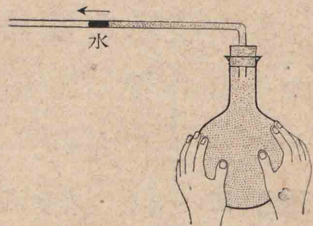
次第に收縮し、 4°C を超えると次第に膨脹する。密度は體積に反比例するから、水の場合 4°C に

於て密度が最も大である ($1\text{g}/\text{cm}^3$)。また河川湖沼等の水面は氷結して 0°C 以下に冷えても水底には 4°C の水が残る場合が多い。

問 硝子瓶中の水が凍ると瓶が割れることがある。また硝子瓶に熱湯を注ぎ入れるときにも割れることがある。どんな相異があるか。

6. 氣體の膨脹 氣體

は固體や液體に比べて膨脹する割合が著しく大で、且膨脹係數がどの氣體についても殆ど一定である。精密な實驗によると



フラスコの栓に曲つた細い硝子管を通し、管内に水を一滴入れて指標となし、フラスコを手で温めると、指標は矢の方向に動く。

壓力を一定に保つて氣體を溫度 $t^{\circ}\text{C}$ だけ熱すると、その氣體の體積 (V) は溫度 0°C のときも體積 (V_0) の $\frac{t}{273}$ だけ膨脹する。 (シャルルの法則) Charles' law

即ち $V = V_0 \left(1 + \frac{t}{273}\right) = V_0 \frac{273 + t}{273}$ $V = V_0 \left(1 - \frac{273}{273}\right) = 0$

× 氣體の壓力を一定に保てば、溫度 1°C 降る毎に 0°C のときの體積の $\frac{1}{273}$ づつ減ずるから、 -273°C になると體積が 0 に歸する筈である。この -273°C を基點として攝氏と同じ目盛で測つた溫度を 絶対溫度 といふ、即ち溫度 $t^{\circ}\text{C}$ は絶対溫度では $t + 273^{\circ}$ となり、シャルルの法則を別の言葉で表はすと、定壓の下で氣體の體積はその絶対溫度 (T) に比例するとも言ひ得る。

また體積を一定に保つて氣體の溫度を變ずると、その壓力 (P) が絶対溫度に比例することになる。即ち

$$P = P_0 \left(1 + \frac{t}{273}\right) = P_0 \frac{t + 273}{273} = P_0 \frac{T}{T_0}$$

シャルル (Charles, 1746-1823) フランス人。

問 溫度 10°C のとき 100cc の氣體は同じ壓力の下で溫度 30°C になると、體積は何立方糎になるか。 107cc $\frac{273+30}{273+10}$ $\frac{100}{100}$

7. 氣體の壓力・體積・溫度の關係 氣體の壓力を一定にして熱すれば體積が増大し、體積を一定にして熱すれば壓力を増すが、體積も壓力も自由にして溫度を昇らせると、溫度 1°C の上昇に對して壓力 (P) と體積 (V) との積が 0°C のときの壓力 (P_0) と體積 (V_0) との積の $\frac{1}{273}$ だけ増す。即ち

$$PV = P_0V_0 \left(1 + \frac{t}{273}\right) = P_0V_0 \frac{T}{T_0}$$

$$V = V_0 \frac{P_0}{P} \cdot \frac{T}{T_0} \quad \text{或は} \quad \frac{PV}{T} = \frac{P_0V_0}{T_0}$$

一定量の氣體の體積は壓力に反比例し、絶対溫度に比例する。 (ボイル・シャルルの法則) Boyle-Charles' law

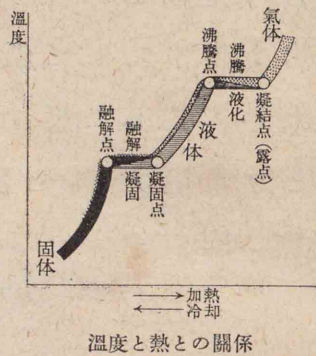
問 1. 標準状態 (0°C , 1 氣壓) に於ける空氣 1 立の重量は 1.293g である。溫度 27°C , 壓力 75cm のときの空氣 1 立の重量は何程か。 1.4209g

問 2. 標準状態に於て容器に密封した氣體が膨脹の結果 2 氣壓の壓力まで保ち得るその容器を爆破したといふ。溫度が何度になつたか。但し容器は膨脹しないものとする。

問 3. 上の問題で容器の體膨脹係數が $\frac{1}{5460}$ であつたとすれば、溫度何度になつたか。

第三章 状態の變化

8. 融解・氣化 固体を熱してその温度を高めて行くと、或温度に於て液体となり(融解)更に熱し続ければ或温度に於て氣體となる(氣化)。この變化に際しては何れの場合にも一定量の熱を必要とする。



融解点 固体が融解するときの温度。
Melting point

融解熱 固体の 1g が融解点に於て全部液体となるのに必要な熱量。
Heat of fusion

凝固点 液体が凝つて固体となるときの温度。(同じ物質については融解点と同温度である)
Solidifying point

凝固熱 液体の 1g が凝固点に於て全部固体となるために放出する熱。
Heat of solidification

(同じ物質については融解熱に等しい)

蒸發 固体や液体がその表面から氣化する現象。
Evaporation

物質	融解点	融解熱
水素	-259°C	—
アルコール	-117	—
水銀	-39	3
氷	0	79.7
鉛	327	5
鑄鉄	1200	30
白金	1773	27
タングステン	3400	—

蒸氣 蒸發して出來た氣體。
Vapour

沸騰 液体の内部からも氣化の行はれる現象。
Boiling

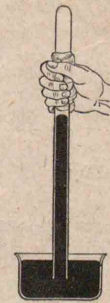
物質	沸騰点 (1 氣壓に於ける)	蒸發熱 カロリー
水銀	357°C	68
水	100	539
アルコール	78	205
酸素	-183	51
窒素	-196	48

沸騰点 液体が沸騰するときの温度。
Boiling point

蒸發熱(氣化熱) 液体の 1g を全部同温度の氣體とするのに必要な熱量。(通常沸騰点に於て測る)
Heat of vaporization

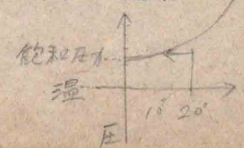
潜熱 蒸發熱や融解熱のやうに物体の状態を變化するために要する熱。
Latent heat

9. 飽和蒸氣 温度は低くとも液体の表面からは多少の蒸發が行はれるものであるが、液体の表面に接する空氣中に含まれる蒸氣が一定の壓力に達すると蒸發は止む。その壓力は温度によつて異なるが、この時の蒸氣を**飽和蒸氣**といひ、その壓力をその温度に於ける**最大壓力(飽和壓力)**といふ。
Saturated vapour
Maximum tension Saturated vapour



實驗 トリチェリーの眞空を作り、硝子管の口からエーテルの少量を送り込むと水銀面は降り、エーテルは幾分液のまま残る。この時湯に浸した布をあてて硝子管を温めると水銀面は更に降る。

飽和に達してゐない蒸氣壓力を飽和に達せしめるには、冷却して温度を下げるか或は壓縮



して蒸氣の壓力を大ならしめればよい。上の實驗で硝子管を傾けるとエーテルの一部が液化するのを見る。

10. 大氣の乾濕 濡れ物

のよく乾くか否かは溫度の高低にもよるが大氣の乾濕にも因る。大氣の乾濕の度は大氣中に含まれる水蒸氣が飽和に遠いか近いかで定まる。即ち

10% 大氣中に含まれてゐる水蒸氣

の壓力がその時の氣溫に對する水蒸氣の最大壓力のh%に相當するときその濕度をhとする。

冬は夏より氣溫が低いが濕度が小であるから乾燥して火速い。また盛夏、濕度が大であると特に蒸暑く感じ、濕度が小ならば氣溫高くとも左程暑く感じない。

濕度計 濕度を測定するには濕度計を用ひる。露點濕度計と乾濕球寒暖計とは、最も普通に用ひられる。

問 溫度10°Cで濕度80の大氣中では草木の溫度が何度降ると露が出来るか。

飽和水蒸氣の壓力の表

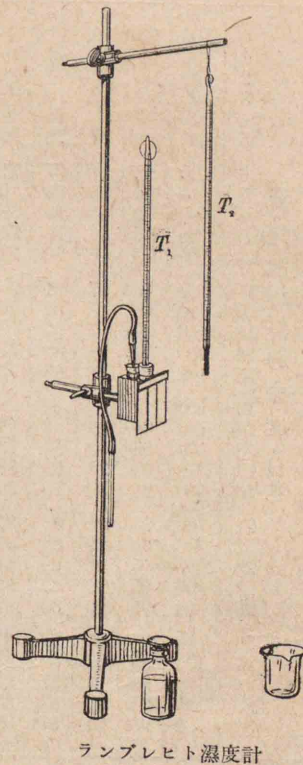
溫度	壓力
-20°C	0.1 cm
-10	0.2 cm
0	0.5 cm
10	0.9 cm
20	1.8 cm
30	3.2 cm
40	5.5 cm
50	9.2 cm
60	14.9 cm
70	23.4 cm
80	35.5 cm
90	52.6 cm
100	76.0 cm (1氣壓)
120	2氣壓
140	4氣壓
180	10氣壓

目的 濕度を測定する。

I. 露點の測定による法。

1 ランプレヒト濕度計を右圖のやうに支柱に取付け、それに2/3程エーテルを注入し、寒暖計T₁を立て、ゴム管の一端から靜に吹きつゝ、濕度計の磨いた中央の板の曇るとき、この溫度がその時の露點である。

【注意】 呼氣が濕度計に當らぬやうに注意し、露の生ずるときと消えるときとの溫度の差が1°C以内にあるやうに靜かに呼氣を送れ。



ランプレヒト濕度計

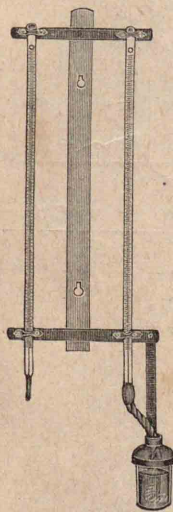
2 別に用意した寒暖計T₂で大氣の溫度(t₂°C)を測れ。

3 t₁°C及びt₂°Cに對する飽和水蒸氣の壓力を32頁の表から求めて濕度を計算せよ。

II. 乾濕球寒暖計を用ひる法。

1 左圖に示すやうな乾濕球寒暖計の各の示度を讀み取れ。

2 次頁の表に照らして濕度を求めよ。



乾濕球寒暖計

		(乾球寒暖計と湿球寒暖計との示度の差 攝氏度)														
		0.0	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
(湿球寒暖計の示度 攝氏度)	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	77	71	67	63	58	55	51	48	45	42	39
	14	100	94	88	82	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	45	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	81	77	73	69	66	62	59	56	53	51	48	
23	100	95	90	85	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	
26	100	95	91	86	82	78	75	71	68	65	62	59	56	54	51	
27	100	95	91	87	83	79	75	72	68	65	62	59	57	54	52	
28	100	95	91	87	83	79	75	72	69	66	63	60	57	55	52	
29	100	95	91	87	83	79	76	72	69	66	63	60	58	55	53	
30	100	96	91	87	83	79	76	73	70	67	64	61	58	56	53	

昭和 年 月 日 【実験記録】 共同実験者

I. $t_1^{\circ}\text{C} =$ $t_1^{\circ}\text{C}$ の飽和蒸気圧力(p) = cm

$t_2^{\circ}\text{C} =$ $t_2^{\circ}\text{C}$ の飽和蒸気圧力(P) = cm

$$\text{湿度}(h) = \frac{p}{P} \times 100 =$$

II. 乾球寒暖計の示度 = $^{\circ}\text{C}$

湿球寒暖計の示度 = $^{\circ}\text{C}$

湿度 =

11. 沸騰點と蒸氣壓力 沸騰

は水の蒸氣壓力が氣壓と等しくな

るときの溫度で始ま

るものである。それ

で壓力鍋や汽罐内の

水は 100°C よりも高い溫度で沸騰

し製糖用の眞空罐や高い山頂に

於ての煮沸は 100°C よりも低い溫

度で行はれる。

実験 フラスコ内の水を一旦沸騰して密栓し、

圖のやうに口を水中につけて倒立し上から

冷水をかけると中の湯は再び沸騰する。

12. 冷却する法 低い溫度を

得るには、寒劑を用ひる方法と液體の氣化又は

氣體の膨脹を利用する方法などがある。

寒劑 一般に寒劑とは他の

物を冷すために用ひる物質の

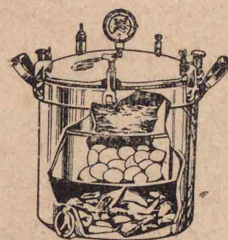
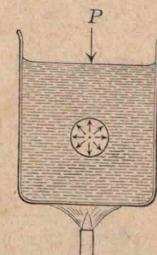
ことで家庭でアイスクリーム

製造に用ひられる食塩1氷3

の混合劑はその一例である。

近年 **ドライアイス** と稱し、固

體の無水炭酸も寒劑として用ひられる。



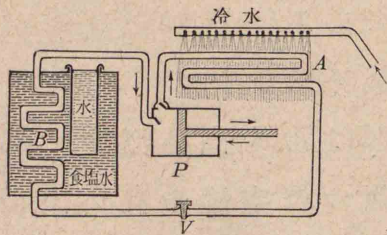
壓力鍋



寒劑の例

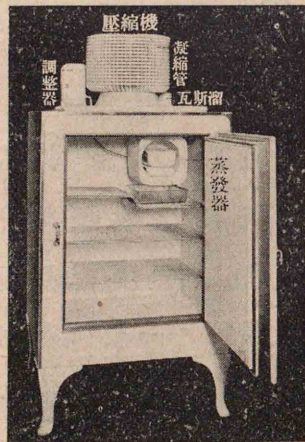
混合物質	得られる低い溫度
硝酸アンモン (1) と水 (2)	-15°C
食塩 (1) と碎氷又は雪 (3)	-22°C
塩化カルシウム (4) と雪 (3)	-51°C

人造氷 人造氷の製造にはアンモニアの氣化を利用する。即ち液狀のアンモニアを管Aに通し外から水で冷却した上、壓力の小さい蛇管Bに導くとアンモニアは氣化して蛇管及びその周圍から氣化熱を奪ふ。それで蛇管を取り巻いてある食塩水を冷却しそれに浸した水を凍らせるのである。一旦氣化したアンモニアはポンプPで壓力を加へ再び液狀とし前のやうに水で冷し繰返して使用する。



冷し繰返して使用する。

冷蔵庫 冷蔵庫には氷塊を用ひる式もあるが、近年電力を得るに便利な地方では無水亞硫酸をポンプによつて製氷に用ひるアンモニアのやうに循環させ、その氣化熱を利用する式のもの(右圖)が用ひられてゐる。



13. 液化 氣體が液體に變ずることを**液化** (Liquefaction) といふ。氣體を液化するにはその分子間隔を縮め、且分子の運動を弱めることが必要であるから、溫度を下げることに壓力を加へること

とが液化の大切な手段である。

蒸氣は壓力を加へると液化するが、一般の氣體は如何に壓力だけ加へても或溫度以上にあると絶対に液化しない。この境の溫度をその物質の**臨界溫度** (Critical temperature) といひ、臨界溫度にある氣體を液化するに必要な壓力を**臨界壓力** (Critical pressure) といふ。

氣體の臨界溫度より低い温度では臨界壓力より低い壓力では液化しない。臨界溫度以上にある氣體は臨界壓力以上にある壓力で液化する。

物質	水	アンモニア	酸素	窒素	水素	ヘリウム
臨界溫度 (攝氏度)	374.0	132.4	-118.8	-147.1	-239.9	-267.9
臨界壓力 (氣壓)	217.7	111.5	49.7	33.5	12.8	2.26

14. 液體空氣 空氣・水素・ヘリウムなどは臨界溫度が低いために壓力を加へても容易に液化せず、**永久瓦斯** (Permanent gas) とさへ呼ばれたものである。然るに實驗によると

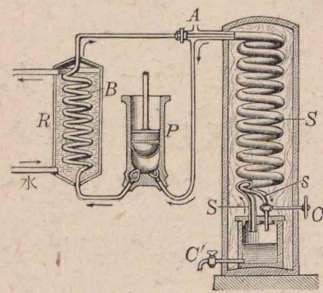
壓力を加へた氣體を急激に壓力の低い所へ噴出させると、壓力の差が大であるほど、初めの溫度が低いほど、氣體の溫度が降る。(ジュール・ケルビン効果) Joule-Kelvin effect

この理を應用して空氣や水素・ヘリウムなども液化することができるやうになつた。

液體空氣を造るには次の圖のやうに、ポンプPで蛇管Bに空氣を壓入し(約200氣壓とする)、壓縮の際に生

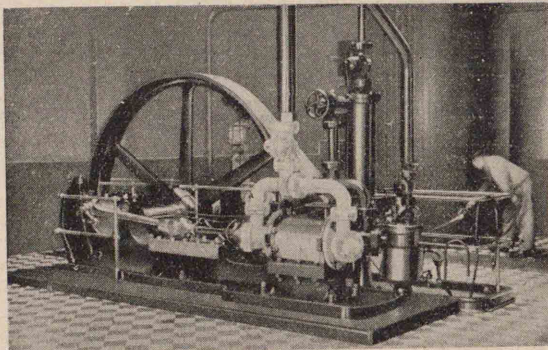
蒸氣 臨界溫度以下にある氣體。

水と水蒸氣の狀態を變へる温度は水の臨界溫度である。



じた熱は水槽 R を流通する冷水で奪ひ去り、高壓の空氣は蛇管 s の終點にあるカラン C を開いてこれを出し、膨脹させて約 1 氣壓にする。この膨脹によつて冷却した空氣は、大きな

蛇管 S を通つてポンプに還る。S は高壓管 s を圍むから、この還路にある空氣は、ポンプから新に送つて來る空氣を冷却する。この手順を繰返すと、カラン C から流出する空氣の溫度は次第に降り、遂に液化する。



液體空氣は稍青みがかつた透明の液體で普通魔法罐に入れて取扱ふ。常溫の器に移せば盛に沸騰し窒素が先に氣化する。鉛や水銀も液體空氣で冷却すると硬くなつて金屬音を發する。布やゴムは彈性を失つてポロポロに粉碎できるやうになる。また水素・ヘリウムなどの液化には寒劑として液體空氣を用ひる。

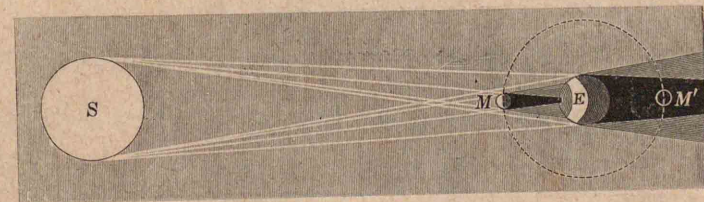
壓力の差 1 氣壓で空氣を噴出させると、一回につき 0°C ならば 0.25°C づつ冷却し、 -100°C ならば 0.7°C づつ冷却する。

第三篇 光

吾等が自然界についても知識は大部分視覺を通して得たものである。この大切な視覺の原因をなすのが光である。
Light

第一章 光度

1. 影 光は直線状に進むから、不透明體で光の進路を遮ると影を生ずる。光源に面積がある場合には影に本影と半影とが出来、光源が一點と見做せるやうな場合には半影を伴はない鮮明な影が出来る。



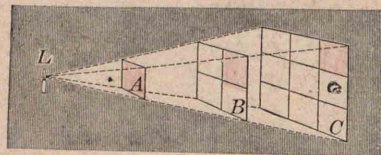
日食や月食は月や地球の影によつて生ずる現象である。

2. 像 雨戸の小孔を通して暗い室内に入り來る光線は障子に外の景色を倒に印することがある。一般に物體の形がこれから出る光

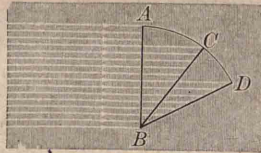
- ① 光線 線に沿うて進行する光。 Ray of light
- ② 光源 光を出す物體。 Light source
- ③ 不透明體 光を透さぬ物體。 Opaque body
- ④ 透明體 光を透す物體。 Transparent body

によつて實物と異なる場所に認められるのを像と名づける。鏡やレンズでも像を生ずる。

3. 照度・光度 或表面の單位面積が單位時間に受ける光の量をその表面の照度といふ。



同一の光線に對して衝立を垂直に置けば、光源からの衝立の照度は距離の自乗に反比例する。また光線に對して表面が傾いてゐる時は垂直にある時に比して照度は減ずる。



光度とは光源の光の強さを比較するに用ひられる言葉で、光源から單位距離に於て光線に垂直に置いた面の照度で測る。

光度の單位に我が國では燭光を用ひる。ペンテンを燃料とする特定の標準燈の光度を10燭光とするのである。照度の單位は1燭光の光源から1mの距離に於ける垂直面の照度を以てし、これをルクス又は米燭光といふ。

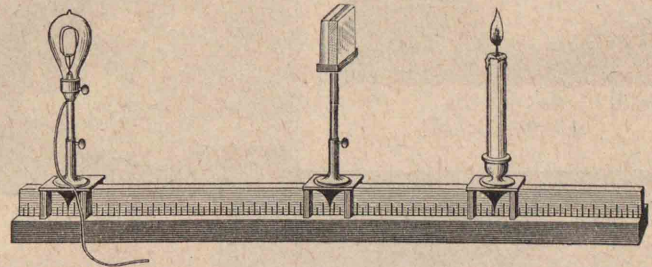
光源の光度を比較するに用ひる装置を光度計といふ。

- ① 光の量 光が吾等の眼に視覚を起す能力の大小で測られる。
② 明るさ 或表面の明るさは表面の色・性質・照度によつて定まる。

生徒實驗 6 光度計

目的 光度計によつて二光源の光度を比較する。

1 次の圖に示すやうにジョリーの光度計を所定の光學用臺に取付け、その兩側に電燈と燭火とを點じ相互の間隔を加減



して二枚のパラフィン板の明るさが等しくなる位置を求めよ。

光度計から電燈及び燭火までの距離を夫々 a 及び b とし、電燈及び燭火の光度を夫々 A 及び B とすれば

A/a^2 = B/b^2

2 實驗に用ひた電球に記載せる燭光數を上式に代入して B を計算せよ。

【注意】電球の燭光とワットとの關係は次の表の通りである。

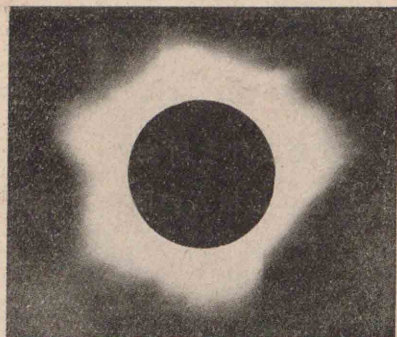
Table with 2 rows (ワット, 燭光) and 6 columns of values.

昭和 年 月 日 【實驗記錄】 共同實驗者

a = cm

b = cm

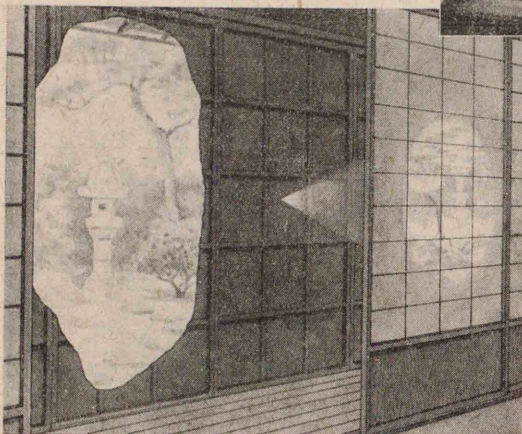
B = A * (b^2 / a^2) = (燭光)



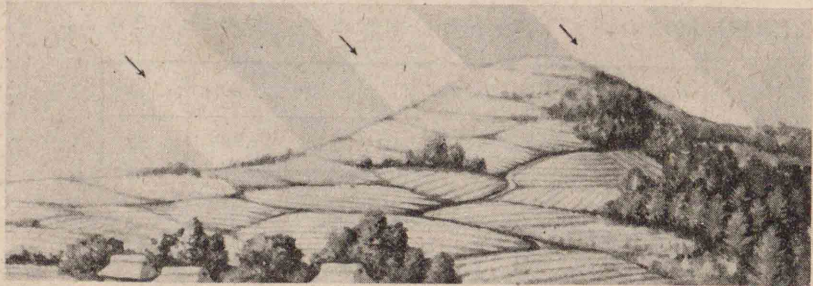
↑ 昭和十一年六月十九日
北海道日食の寫眞



↑ 手の影



← 戸外の庭の景色が雨戸の小孔
によつて暗い室内の障子に倒
像を生じたところ。



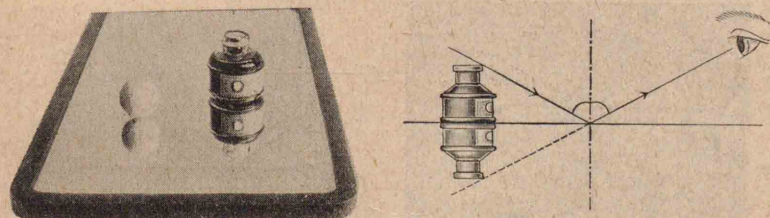
土地の傾斜と日光との關係を示す。南に面した傾斜地は平地よりも暖い。

- ① 照度計 照度を測る器械を照度計といふ。電燈から x 米隔てた位置の照度が l ルクスであれば電燈の光度は $x^2 l$ 燭光である。
- ② 俗に燭光を略して、例へば16燭、24燭などといふ。

第二章 光の反射・屈折

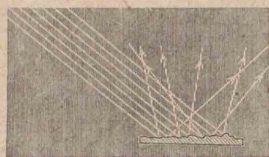
4. 反射とその法則 磨いた金属の表面や鍍銀した硝子の表面などはよく光を反射する。光は均齊な透明體中では直線状に進むが、異なる物質の境面に投射すると、その進路が急に變る。反射はその一例である。昔ユークリッドがReflection Euclid 発見したといはれてゐる法則によると

- (1) 投射光線と反射光線とは投射點に立てた法線と同一の平面内にあつて、互に法線の兩側にある。
- (2) 投射角と反射角とは相等しい。(反射の法則)
Law of reflection



5. 亂反射 紙・机・壁などは大體平滑な表面に見えるが、子細に觀察すると無数の小さい凸凹があつて、光がこれらに投射すれば各方向へ

- ① 光の反射・屈折について幾分小學校でも一般理科でも學んだ所なれば重複の部分は改めて學習するに及ばない。
- ② 法線 光の投射點で二物質の境面に作つた垂線。
Normal

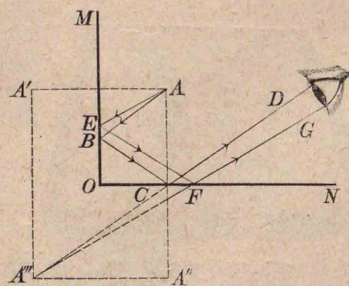
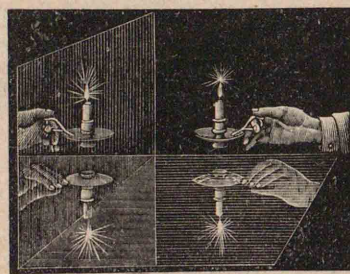


反射するから、何れの方
向にみても吾等はその存在を容易に認める。このやうな反射を亂

反射といひ、亂反射による反射光のやうに方向の一定しない光の集りを散光といふ。

鏡の表面に墨で書いた文字は方向によつて認め難いが、白紙に墨で書いた文字は何れの方
向からも明かに認められる。何故か。

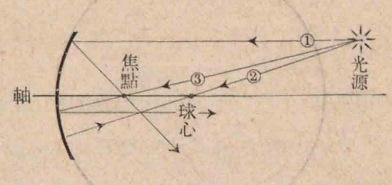
6. 複反射 二枚以上の鏡で實物から出る光を反射させると、單獨に一枚の鏡で反射する場合と異なり、二回以上の反射によつて生ずる像が見られる。



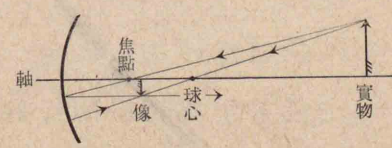
7. 球面鏡 球面鏡には凹面鏡と凸面鏡とがある。何れも球面の一部に相當する反射の表面で、球の中心と鏡の眞中とを貫く直線を球面鏡の軸といふ。

I. 凹面鏡 凹面鏡に於ては、

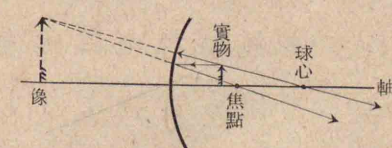
- (1) 凹面鏡の軸に平行に投射する光線は反射後焦點と名づける軸上の一
點を通る。そして鏡面から焦點までの距離(焦點距離)といふは球の半徑の $\frac{1}{2}$ に相當する。
- (2) 球面の半徑に沿うて凹面鏡に投射した光線は反射後同一の路を逆行し、
- (3) 焦點を過ぎて凹面鏡に投射した光は反射後軸と平行して進む。



實物が凹面鏡の焦點よりも遠い所にあると像もまた焦點よりも遠い所に出來、實物が球心よりも遠くになれば像は球心よりも近くに生ずる。



實物が焦點よりも近くにあると、光は凹面鏡で反射されて發散し鏡の背面に虚像を見る。



實物及び像と凹面鏡との距離を夫々 a, b とし、凹面鏡の焦點距離を f

球面鏡に關する上記の性質は面積が焦點距離に比べて小さいときにだけ正確に成立つことである。

とすれば

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

そして像と実物との高さの比即ち倍率 m は

$$m = \frac{b}{a}$$

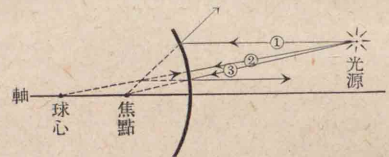
Magnifying power

問1. 焦点距離 10 cm の凹面鏡の軸上 50 cm の位置にある実物の像は何所に來るか。又その像の倍率は如何。

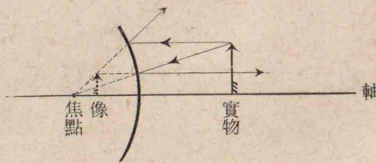
問2. 或凹面鏡の前方 30 cm の位置に實物を置いたら倍率 3 の實像を得たといふ。この凹面鏡の球面の半径は何程か。

II. 凸面鏡 凸面鏡に於ては、

- (1) 凸面鏡の軸に平行に投射する光線は反射後、恰も焦点から來たやうな方向に進む。
- (2) 球面鏡の球心に向つて投射する光線は反射後、同一の路を逆行する。
- (3) 凸面鏡の焦点に向つて投射した光は反射後、軸に平行して進む。



凸面鏡によつて生ずる像は實物がどこにあつても鏡の背面に虚像として出來、實物よりも必ず小さい。



虚像 光が事實相會せず、恰もそこから光が出るやうな方向で來るために生ずる像をいふ。これに對し光線が實際集つて生ずる像を實像といふ。
Real image

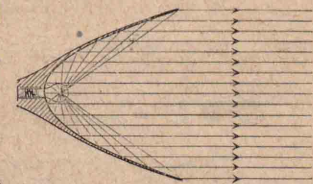
凸面鏡によつて生ずる像の位置は次の式で求められる。(但し a は凸面鏡の前方を正とし、 b は後方を正とする)

$$\frac{1}{b} - \frac{1}{a} = \frac{1}{f}$$

また像の倍率は凹面鏡と同様に $\frac{b}{a}$ で示される。

面積の大きい凹面鏡を用ひると、光源を正しく焦点に置いてても反射光は軸と完全に平行しない。それで探照燈や自動車のヘッドライトなどの反射鏡としては

拋物面鏡が用ひられる。これは右



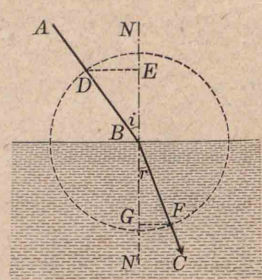
の圖に示すやうに焦点から來た光を鏡の隅々まで平行に反射する性質があるので廣く利用せられる。

8. 屈折とその法則 光が二種の異なる透明體の境面に投射すると、その一部分は屈折して第二の透明體內を進む。實驗によると

- (1) 投射光線と屈折光線とは投射點に立てた法線と同一平面内にあつて、法線の兩側にある。
- (2) 一定の物質について投射角 i の正弦と屈折角 r の正弦との比 $\frac{\sin i}{\sin r}$ は、投射角の大小に關らず一定の値をもつ。(スネルの法則又は屈折の法則)

Snell's law of refraction

兩媒質が定まれば



屈折の法則(2)の $\frac{\sin i}{\sin r}$ は屈折率と稱し、通常 n で表はす。左の圖で $\frac{DE}{FG}$ はこの場合の屈折率に相當する。尙屈折の法則に關聯して心得置くべき大切なことを次に列挙する。

(1) 或物質の屈折率といふのは、光が真空中からその物質に入る場合の屈折率である。但しこれは空氣中からその物質に入る場合の屈折率と大差がない。

(2) 屈折率の大小を光學的に密疎といふ。

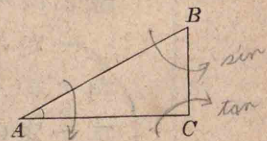
(3) 甲物質から乙物質に入るとき、その屈折率を n とすれば、乙物質から甲物質に入るとき、その屈折率は $\frac{1}{n}$ である。

(4) 光が屈折率 n_1 の物質から屈折率 n_2 の物質に入る場合の屈折率は $\frac{n_2}{n_1}$ で示される。

水 (20°C)	1.333
アルコール	1.362
クラウン硝子	1.5153-1.6152
フリント硝子	1.6085-1.7515
二硫化炭素	1.630
グリセリン	1.474
金剛石	2.417

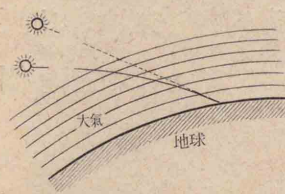
① 直角三角形 ABC に於て角 A が定まれば三邊の比は三角形の大きさに關係なく夫々一定のものであつて、 $\frac{BC}{AB}$ を角 A の正弦といひ、 $\sin A$ と表はす。

また $\frac{AC}{AB}$ を角 A の餘弦、 $\frac{BC}{AC}$ を角 A の正切といひ、夫々 $\cos A$ 、 $\tan A$ と表はす。



② スネル (Snell, 1591-1626) オランダ人。

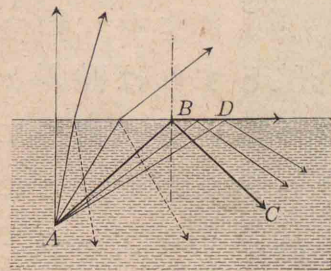
光の曲進 漸進的に組成が變化してゐる液體又は氣體中を光が透過する場合には屈折もまた漸進的に行はれ、光は彎曲して進む。蜃氣



樓^{かげるふ}や陽炎はこの原理によつて生ずる。日出・日没に際して太陽の高度が實際より大に見えるのも同理による。

9. 全反射 光が密體から疎體に出る場合

には屈折角は投射角より常に大であるから投射角が 90° 以下の或角に達すると屈折角は 90° になる。この時の投射角を臨界面角といふ。



投射角が臨界面角以上になると、最早屈折光線



水中に細隙を設けそれから出る光の進路を示す。

はなくなり全部の光が反射するに至る。この現象を全反射といふ。光が水中から空氣中へ出る場合

の臨界面角は 48.5° である。

一般に臨界面角の値は $\frac{\sin i}{\sin r} = n$ の i が 90° になるとき

の r の値であるから、臨界角を r_0 とすれば

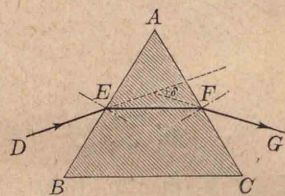
$$\sin r_0 = \frac{1}{n}$$

☐ 水中にある物體が浮き上つて見えるのは何故か。

10. プリズム 二つの側面が相交はつて楔形をなす透明體を一般に**プリズム**といひ、兩側面のなす角を**プリズムの角**

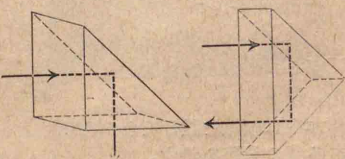
Prism

といふ。圖はプリズムの稜に垂直な切口を示すものとし、 DE をその一面への投射



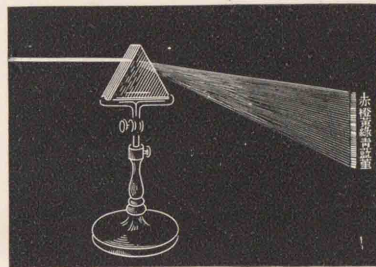
光線とすれば點 E と F とで光はいつもプリズムの厚い方へ曲つて透過光線 FG は DE と δ だけの角をなす。この δ を**フレ**と名づける。フレはプリズムの角とプリズムの屈折率の大なるほど大である。プリズムを通過した日光が色によつて分れるのは色の種類によつて屈折率が異なり、従つてフレも異なるからである。

直角二等邊プリズムの一面に垂直に光を投射すると、圖のやうにその方向が 90° 又は 180° 變ぜられる。

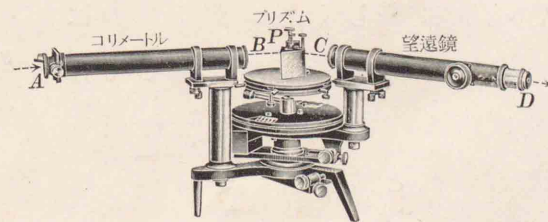


☐ 直角二等邊プリズムで光が 90° 又は 180° 方向を轉ずるためにはその屈折率にどんな制限が必要となるか。

11. 光の分散 圖のやうにスリットから入つてプリズムを通過した日光は、各色の光が屈折率を異にするためフレの値の小なるものから順に赤・橙・黄・緑・青・藍・堇のやうに**分散**して所謂**スペクトル**を現出する。

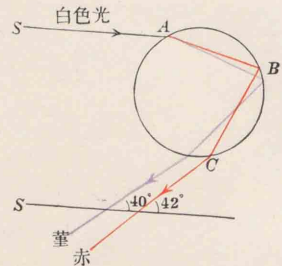


分光器はスペクトルの研究に大切な器械でその主要部は**コリメートル**と**望遠鏡**と**プリズム**の三つである。コリメートルの端にはスリットがあつて、それから送つた光をプリズムを通過させ、正しいスリットの像を作らせるやうにしてある。



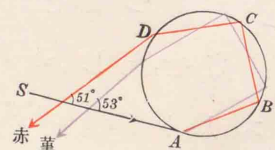
研究實驗用の分光器には望遠鏡の代りに**寫眞装置**をも備へたものが多い。

12. 虹 大氣中に浮遊してゐる水滴によつて日光が分散されると虹を生ずる。太陽を背にして霧を噴くと、小さい虹を見ること Rainbowができる。水滴に日光が投射すると、圖のやうに分散が行はれ、赤と堇とは 2° の差を以て進行し、他の色の光は順にその間を進む。



それで観る人の眼と太陽とを結ぶ直線から約 40° の方向には堇の色を認め、その外側へスペクトルの順に重なつて 2° の幅の虹を見るのである。

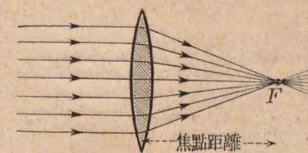
また時として二重の虹を見ることがある。これは複虹といつて、下側にあるのが通常の虹に等しく上にあるものは日光が水滴内で二回反射して分散されるので光が薄く色の順も通常の虹と逆である。



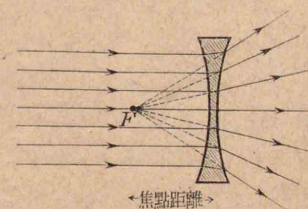
上の圖では一つの水滴内の屈折で光の分散される有様を示したのであつて、虹の場合吾等の眼に赤の光を送る水滴と堇の光を送る水滴とは同一のものではない。

13. レンズ レンズには中央部の厚い凸 Convex lensレンズと、中央部の薄い凹 Concave lensレンズとがある。レンズの両面は多く球面で、その球心を連ねる直線をレンズの軸といふ。

凸レンズを太陽に向けると、光はレンズを通過した後軸上の一 F点に集り、そこに太陽の實像を生ずる。この点を凸レンズの焦点

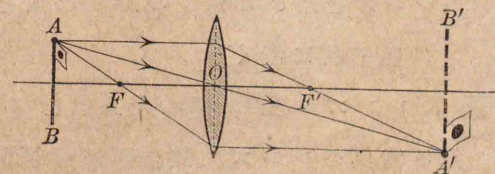


といひ、レンズから焦点までの距離を焦点距離といふ。凹レンズで同じ實驗を行ふと、光線はレンズによつて發散し、恰もレンズの前方の一 F点から來たやうな方向を取る。この点を凹レンズの焦点といふ。



レンズで生ずる像の位置及び種類は作圖によつて求めることができる。例へば次の圖に於て旗 *AB* の一 A点から出る光線の内で、

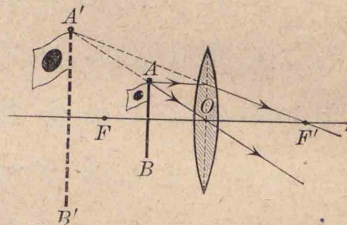
(1) 軸に平行にレンズに投射したものは透過後焦点 *F'* を過ぎ、



- (2) レンズの中心Oを通る光線はフレなしに直進し、
- (3) 焦点を通つて投射した光線は透過後、軸と平行に進む。

これら三光線の出會ふ點 A' は實物 A の像の位置である。A を發した他の光線もレンズの面積が大でなければレンズを透過した後皆こゝに集まる。かくして AB の像は A'B' に生ずる。

また右の圖のやうに實物が焦点よりも近くにあると、虚像を生ずる。



實物及び像までの距離をレンズから測つて夫々 a 及び b とすれば、焦点距離 f との間に次の関係がある。

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

また像と實物との高さの比即ち倍率 m は

$$m = \frac{b}{a}$$

問1. 電燈と障子との距離が 3m ある。今焦点距離 30cm の凸レンズを用ひて電燈の鮮明な像を障子の上に作るにはレンズを何所に置くべきか。

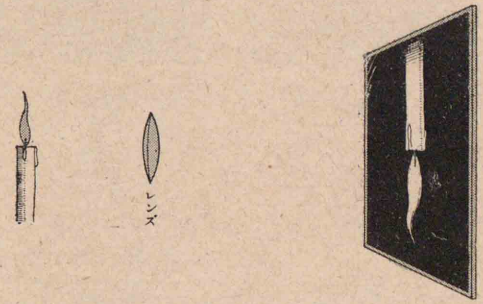
問2. レンズから 5m 隔つた人物を撮影して $\frac{1}{10}$ の高さの像を得る寫眞のレンズは焦点距離幾種か。

45454

生徒實驗 7 凸レンズ

目的 凸レンズの焦点距離を測定し、それによつて生ずる像と實物との距離の關係を研究する。

1 燭火と凸レンズと衝立とを一直線上に圖のやうに装置し、夫々の間隔を適當に調節して燭火の鮮明な像が衝立上に生ずるやうにし、レンズから燭火までの距離 (a) と、レンズから衝立までの距離 (b) とを測定せよ。



2 使用したレンズを太陽に向けて焦点の位置を探し、レンズから焦点までの距離 (f) を測定せよ。

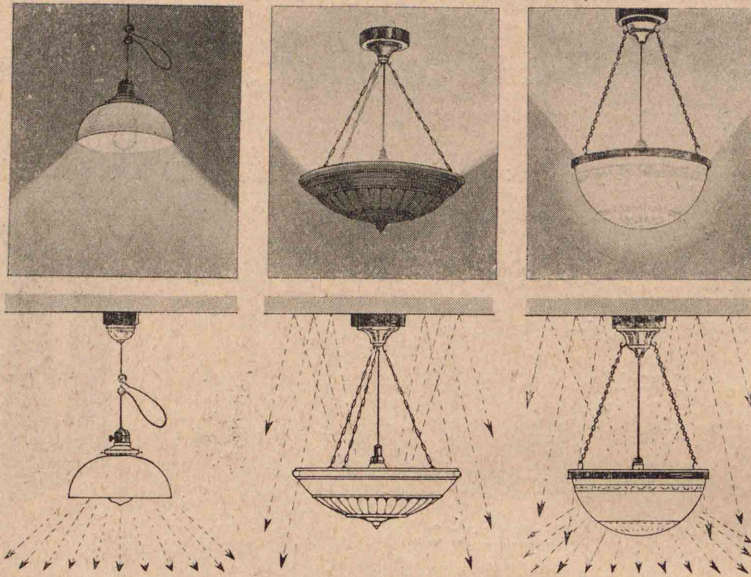
3 **1** と **2** との結果を下の表に記入し凸レンズの公式

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

が正しく満足せられるか否かを檢せよ。

昭和 年 月 日 【實驗記録】 共同實驗者

	a	b	$\frac{ab}{a+b}$	f	$\frac{ab}{a+b} - f$
第 1 回					
第 2 回					
第 3 回					

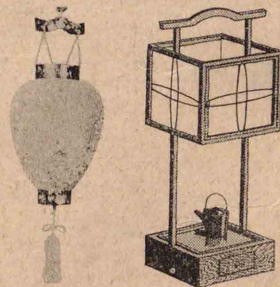


直接照明法

間接照明法

半間接照明法

直接照明法は明るく照らす長所があるけれども、影が著しくて眼のためにもよくない。間接照明法は影が出来ないから晝間と同様な感じがするばかりでなく眼のためにもよいが、不経済である。半間接照明法は兩者の長所をとつたものである。我が國で古く用ひられた提燈・行燈等は半間接照明に屬し高雅な工夫である。

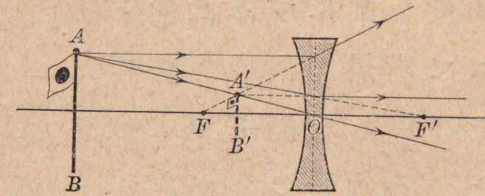


家庭に於ける標準照明の一例

室	玄關	居間	客間	座敷	寢室	書齋	食堂	台所	茶の間	浴室	門燈	便所
燈數	3	6	6	10	8	6	6	3	6	2		
電球(燭光)	16	50	50	80	24	50	50	32	32	16	10	10

凹レンズによつて生ずる像の作圖には次の三つの特殊光線を用ひるのが便利である。

- (1) 軸に平行して凹レンズに投射した光線は透過後、恰も實物側の焦點から來たやうな方向を取る。
- (2) 凹レンズの中心に投射した光線はフレなしに直進し、
- (3) 凹レンズの反対側の焦點 F' に向つて投射した光線は透過後、軸に平行して進む。



一般に凹レンズの焦點距離を f とし、實物及び像からレンズまでの距離を夫々 a 及び b とすれば

$$\frac{1}{b} - \frac{1}{a} = \frac{1}{f}$$

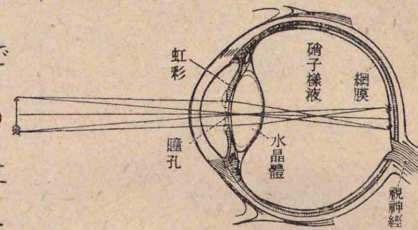
また像の倍率 m は凸レンズの場合と同様に

$$m = \frac{b}{a}$$

實驗の結果によると、凹レンズによつて生ずる像は必ず實物よりも小さい虚像で且正立である。この事は上の式と作圖とを用ひても容易に證明することができる。

第三章 光學裝置

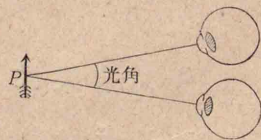
14. 眼 眼球は一種の光學裝置で次の圖に見るやうな各部から成る。**水晶體**は兩面の彎曲度を異にする凸レンズで、附屬筋肉の作用でその膨みを變じ、見ようとする物體の像が常に**網膜**上に生ずるやうに**調節**の機能をもつ。



眼球の構造

健眼では通常 15cm 以上の距離にあるものを明瞭に見ることができるが、最も安樂に明視することのできる距離は 25cm で、これを**明視距離**といふ。物體の大小の感じは眼と物體の兩端

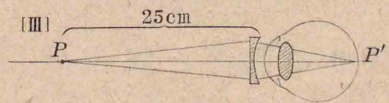
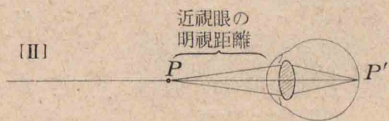
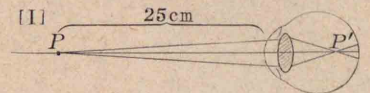
とを結ぶ二直線のなす角**(視角)**で定まり、物體の遠近の感じは物體の一點と兩眼とを結ぶ二直線のなす角**(光角)**で定まる。



虹彩は眼に入る光の量を制限する役をなし、人種によつてその色を異にする。虹彩の中央の孔が**瞳孔**である。

15. 眼鏡 水晶體の彎曲度が大き過ぎるか眼底が深過ぎて遠方にある物體の像が網膜の手前に生ずるのが**近視眼**で、これに反し水晶體が扁平過ぎるか眼底の浅過ぎるのが**遠視眼**である。近視眼には眼鏡として凹レンズを用ひ、遠視眼には凸レンズを用ひる。

近視眼の人が眼を樂にして見たとき 25cm の點の像は網膜の手前に出来る [I]。網膜に明像を生ずるのは更に近い點にある物體でそれがこの人の明視距離になる [II]。近眼鏡は 25cm の距離の物體に對し網膜上に明像を結ばせる役をする [III]。



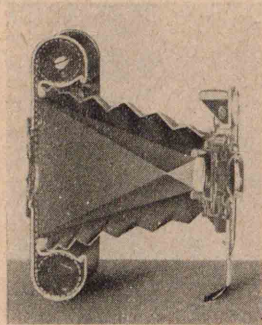
遠視眼について各自説明して見よ。

老眼は眼の調節機能が衰へたもので、眼鏡には凸レンズを用ひ、或距離の物體についてだけ鮮明に見えるやうにするか又は不鮮明ながらも像を大きく作つて見るのである。**亂視**は水晶體の彎曲が方向によつて異なることに起因し、特別製の眼鏡を必要とする。

16. 寫眞機 寫眞機の構造は眼球に似て

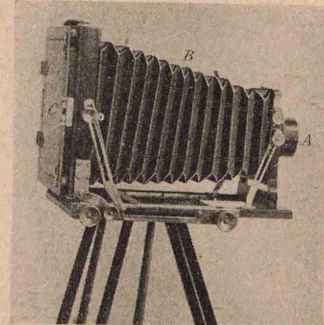
Photographic apparatus

ある。伸縮の自在な暗箱 *B* の前端にレンズ *A* を備へ、後端にあるピント硝子 *C* の上



寫眞機の断面 (光線の進路に注意せよ)

に寫さうとする物體の明像を生ず



るやうに調節した後、ピント硝子の位置に乾板又はフィルムを置きかへて撮影を行ふのである。光の強さを加減するには

絞りの調節と露出時間の長短とを以てする。

一旦光に曝した乾板又はフィルムは暗室内で現

像・定着・水洗などの處置を施して實物と明暗を

反對にした所謂陰畫

Negative

を得る。陰畫に感光

Sensitive

紙を密着して焼付を

Print

行ひ前と同様に現像・

定着・水洗の手續を經

て通常の陽畫が出来

Positive

るのである。



陰畫



陽畫

17. 活動寫眞 眼が一旦光を受けると光

が消えた後暫くはその感覺が續くものである。

これを殘像といふ。

1/10 秒位

After image

活動寫眞のフィルムには活動する物體を毎秒

Cinema:ograph

十數回の割合で瞬時撮影した陽畫が次々に並んでゐてこれを廻轉装置により前と等しい速

さでレンズの前を通過させ各寫眞がレンズの正面に来るたびに瞬時靜止し廻轉する遮光板

がその時だけ光を通して寫眞をスクリーン上に映すやうになる。それを吾等の眼は殘像によつて連續した活動状態に見るのである。

高速度活動寫眞機 圖は高速度活動寫眞機の一例

で、強い光線で照ら

された被寫體から

の光はレンズ *L* を

通つた後反射鏡 *A*

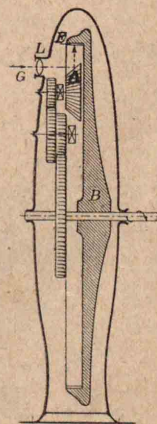
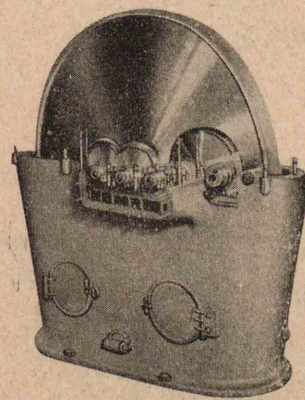
で反射され *F* 點を

通るフィルム上に像

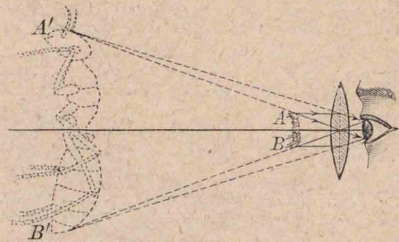
を作るやうになる。

これによると1秒

間に40000以上の寫眞が撮せる。



18. 蟲眼鏡 凸レンズの焦点以内に發光體を置くと、光は凸レンズを通過した後、發散して虚像を生ずる。それで**蟲眼鏡**のやうに焦点



Magnifying glass
距離の短い凸レンズの焦点以内に小さい物體を置くと、その廓大した像を見ることが出来る。圖について

て蟲眼鏡の光の屈折の状態を考察せよ。明視距離に生ずる像の長さとお物の長さとの比を**蟲眼鏡の倍率**といふ。

この場合の倍率 m は

$$m = \frac{b}{a}$$

像が虚像で實物と同じ側にあるから

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{-b} = \frac{1}{f}$$

この二式から $m = \frac{b}{f} + 1$

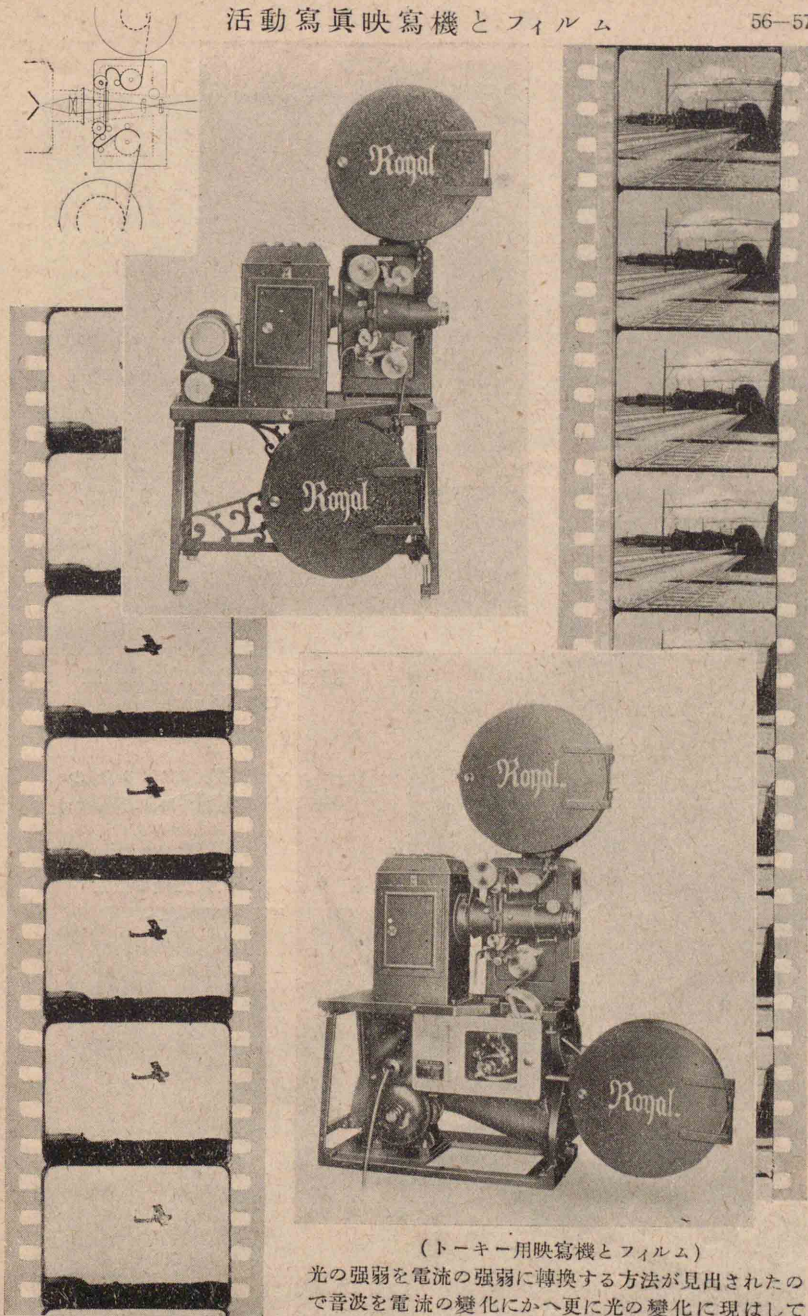
依つて蟲眼鏡の倍率 M は明視距離を D と置けば

$$M = \frac{D}{f} + 1$$



蠶の種子紙の毛蠶の出たところ。この蟲眼鏡の倍率は約2である。

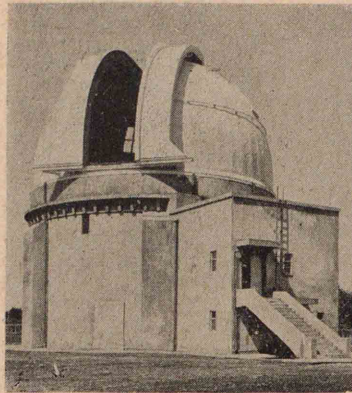
19. 顯微鏡 顯微鏡は蟲眼鏡のやうに小さい物體を大きく見せる装置で、前後二つのレ



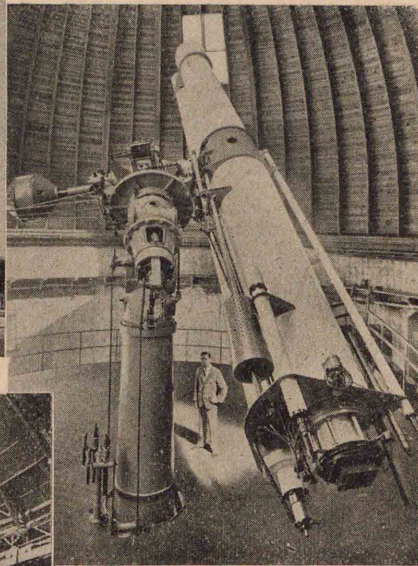
(トーキー用映寫機とフィルム)

光の強弱を電流の強弱に轉換する方法が見出されたので音波を電流の變化にかへ更に光の變化に現はしてフィルム上に記録し、撮影時に映畫と同時に音響をも發する装置がトーキーである。

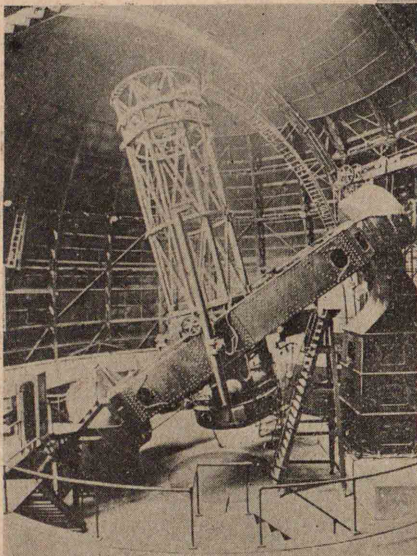
左が普通活動寫眞用で、右がトーキー用である。



↑東京天文臺觀測所

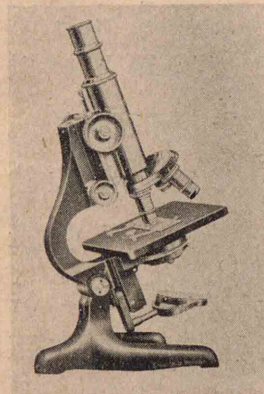
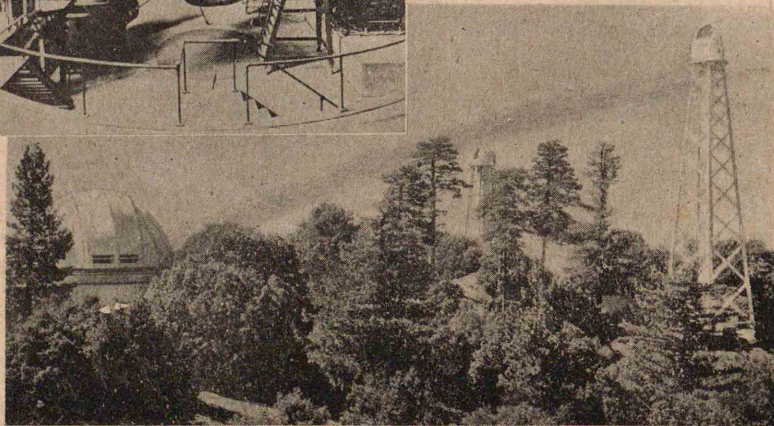


↑東京天文臺觀測所内の望遠鏡 (口径 65 cm)



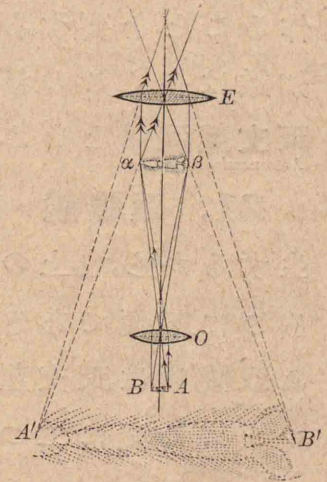
←ウィルソン山天文臺(アメリカ)の 100吋反射望遠鏡(口径 254 cm)

↓ウィルソン山天文臺の全景



レンズが附いてゐる。一つを對物レンズといひ、一つを對眼レンズといふ。次の圖に示すやうに對物レンズは焦點距離の短い凸レンズで、その焦點より少しく前にある物體 AB の大きくて且倒になつた實像を對

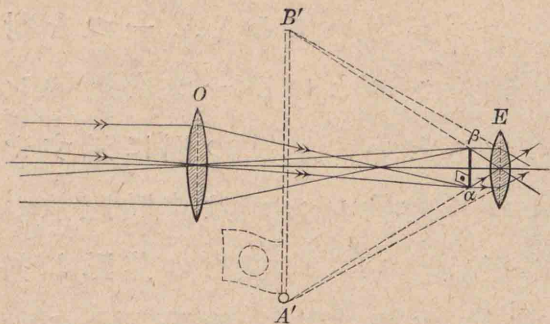
眼レンズの焦點以内 $\alpha\beta$ に生じ、吾等は對眼レンズを透してこの實像を見、その廓大した虚像 $A'B'$ を認める。この $A'B'$ と實物 AB との長さの比が顯微鏡の倍率である。微細な物體の構造を直接に研究するには多くこの器械による。



20. 望遠鏡 望遠鏡は次頁の圖に示すやうに、對物レンズ O と對眼レンズ E とがあつて、前者で物體の倒になつた實像 $B\alpha$ を生じ、後者を



透してその廓大した虚像 $B'A'$



を見ることは
顕微鏡と相似
た原理による。
しかし望遠鏡
では見る物体
が常に遠方に

あるから、対物レンズを大きくし、且その焦点距離を長くして、成るだけ大きく且鮮明な実像を作ることを要する。吾等が天體について得た知識は多くこの器械の賜で、この種の望遠鏡を**天文望遠鏡**といふ。

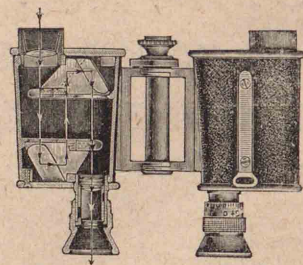
Astronomical telescope

21. 双眼鏡 天文望遠鏡は實物の倒像を

生ずるから、地上の物体を見るのに不便である。

プリズム Prism **双眼鏡**は、天文望遠鏡の兩

レンズの間に二つの直角プリズムを置いたものであつ



て、光が二つの直角プリズムを通過することによつて上と下、右と左とが入れ替り正立の像を見るやうになるのである。

ガリレオ式の双眼鏡では對眼レンズとして凹レンズを用ひ、正立の虚像を見るやうにしてある。

第四章 色

22. 単光・複光 多くの物体の示す色は通常複光で、これを分光器にかけて見ると多數の単光から成つてゐることがわかる。単光が規則正しく列んだものがスペクトルである。日光も複光の一種で、日光中の各色光を悉くよく吸収する物体は黒く見え、悉く反射する物体は白く見える。灰色は各色光を一様に吸収する物体に現はれる。白・黒及び灰色は無彩の色といひ、赤・青・黄などは**有彩の色**といふ。

23. スペクトルの種類

連続スペクトル 分光器で電燈や瓦斯燈・蠟燭などの光を検すると、赤から堇まで連続したスペクトルが見える。このやうなスペクトルを**連続スペクトル**といふ。

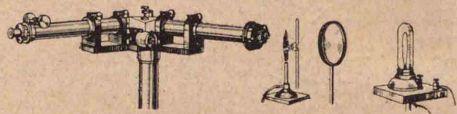
Continuous spectrum

輝線スペクトル 食塩をブンゼン燈で熱すると、ナトリウムの蒸氣を生じ、焰は黄光を發する。これを分光器で検すると、単に一本の黄色線を見る。このやうなスペクトルを**輝線スペクトル**といふ。スリットの幅を狭くすると、黄線

Line spectrum

は益、細くなる。これはこの黄線がスリットの像であるからである。

吸収スペクトル ブンゼン燈で生じたナトリウム蒸氣の光を分光器のスリットに送つてその黄色輝線を見、次に電燈の光をナトリウム蒸氣中を通してスリットに入ると、電燈の連続スペクトルはナトリウムの黄色輝線の位置



に黒線を現はす。これはナトリウム蒸氣がその中を通る光の中からその輝線スペクトルに相當する黄光を吸収するからである。ナトリウム蒸氣は自ら發する黄光でその一部を償ふけれども、蒸氣の光は電燈の光よりも遙に弱いから、スペクトルは黄色輝線の位置で明るさが減るのである。それで黒線が現はれる。

この種のスペクトルを**吸収スペクトル**といふ。

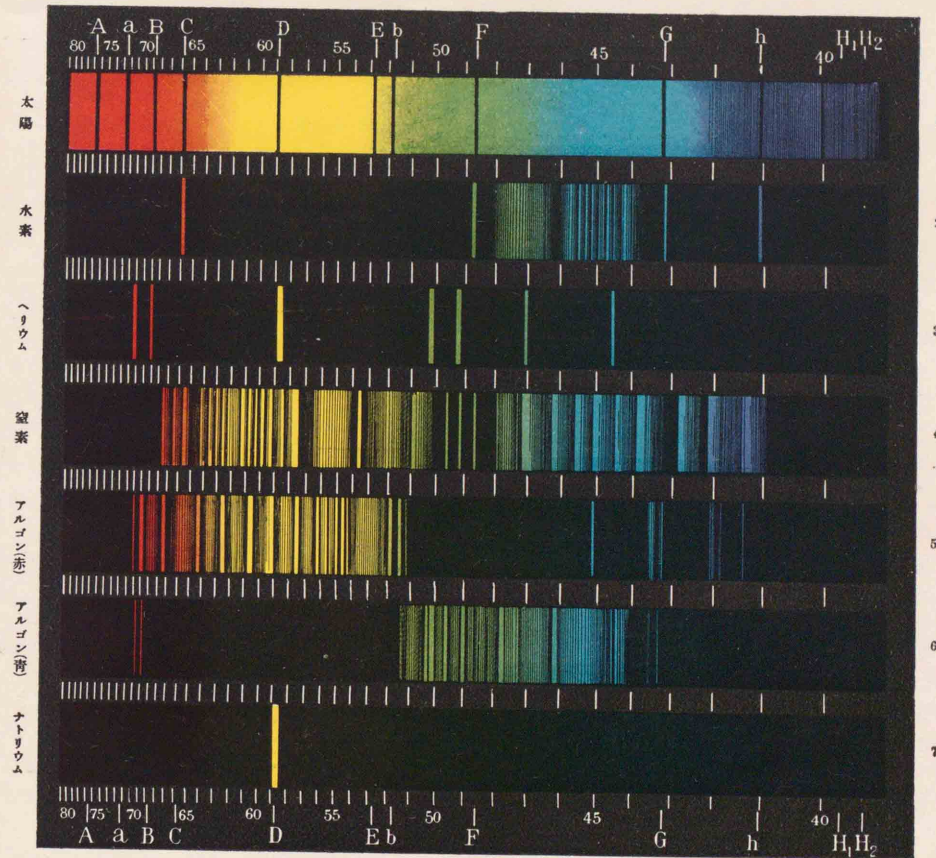
Absorption spectrum

一般に高温度にあるとき或色の光を發する物質は、それが低温度にあるときには、その光を吸収する性質がある。

24. 太陽のスペクトル 太陽のスペクトルは連続スペクトルのやうに見えるけれども、スリットを狭くして子細に檢すると、數多の黒線をもつ吸収スペクトルである。フラウンホー

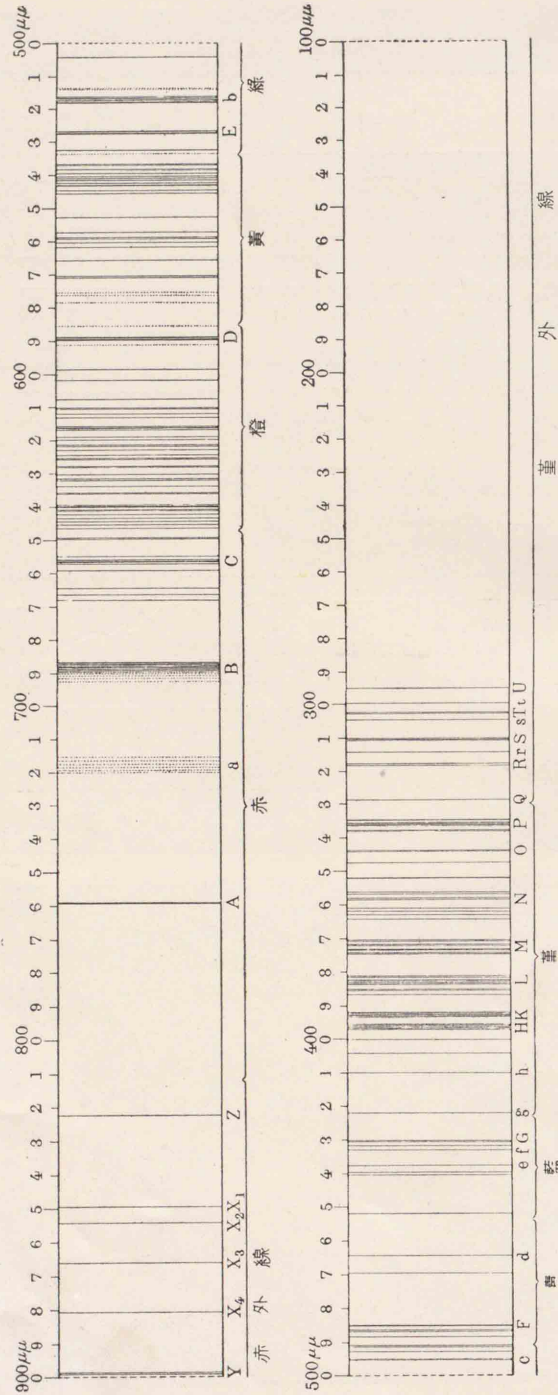
キルヒホフの法則

スペクトル



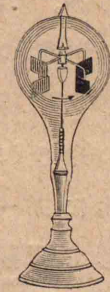
圖はフラウンホーフェルがその分光器を用ひてスペクトルの實驗を行つてゐるところである。この分光器はスウェーデンウプサラ大學に保管してある。(中央に立てるのがフラウンホーフェル)

太陽スペクトル



フェルはこの黒線を研究して、そのおもなものに A, B, C, D, E, F, G, H などの符號を附けた。これを **フラウンホーフェル線** といふ。これらの黒線の位置は多く水素・ヘリウム・ナトリウム・亜鉛・銅・鉄などのやうな地球上にある元素の輝線スペクトルの位置と符合する。これは太陽の成分が多く地球の成分と同一物質であることを證するものである。

輻射線 衝立の上に太陽のスペクトルを作り、これを **輻射計** で受けると、それに熱作用があることがわかる。この作用は黄色部に最も盛で、スペクトルの兩端に近づくに從つて漸く衰へる。葦端では甚だ弱いけれども、赤端ではまだ頗る強い。試に輻射計を赤端以外に置くと、稍遠い所まで熱作用のあることが認められる。それで 赤光以外に赤光よりも小さい屈折率をもつてゐる線がある ことがわかる。これを **赤外線** と **熱線** ともいふ。



輻射計

空氣の一部を抜いた硝子球の内に、小さいアルミニウム製の車があり、これに四枚の翼がつき、どの翼も一面は白く磨き、他面は黒く塗つてある。これに輻射を受けると、車は黒い面から白い面の方へ廻轉する。

フラウンホーフェル (Fraunhofer, 1787—1826, ドイツ人) はもと硝子屋で、後に光學器械を研究し、初めて完全な望遠鏡を製作した。

更にウラニウム硝子か白金シヤン化バリウムかの衝立でスペクトルを受けると、堇端の近傍で螢光を發し、堇端以外の稍遠い所までもなほこの作用が認められる。それで堇光以外に堇光よりも大きな屈折率をもつてゐる線があることがわかる。これを堇外線とUltra-violet raysいふ。堇外線は化學作用が著しくて、寫眞乾板に感ずることが強い。それでこれを化學線ともいふ。Chemical rays

しかし熱線にも化學作用があり、化學線にも熱作用がある。即ち兩作用は熱線・光線・化學線に共通なものである。さうして熱線と化學線とは共に光と同一の法則に従つて直進し、反射し、また屈折する。されば熱線と化學線とは光線と屈折率が異なるばかりでなく、光のやうに吾等の眼にも感じないけれども、その本性は共に同一であることがわかる。これらの三線を總稱して輻射線といふ。Radiant rays

25. 三原色・餘色 赤、綠、堇の三色光はこれを適當に配合すると他の如何なる色光をも現はし得るので、この三つを光の三原色といふ。Three fundamental colours

また二種の色光が混じて白く見える場合にその各を互に餘色といふ。赤と綠青、堇と綠黄は互に餘色である。Complementary colour

26. 物體の色 水や硝子のやうに無色透明な物質を透過した日光を分光器のスリットに

送ると、日光のスペクトルが出来るが、赤インキを透過した光を分光器にかけると赤色と橙色の一部とから成るスペクトルが出来る。これは赤インキがこれらの光だけを透して、他の光を吸収するからである。

○ 投射した光を殆ど全く吸収するのは、墨のやうに黒く、光を餘り吸収しないものは、空氣や水・氷のやうに透明である。しかし氷を碎いて細粉にすると、雪のやうに純白になる。これは投射した光の一部が表面から反射し、他部は内部に進入し、細粉の面で數回反射・屈折して、多くは再び前面の空氣中に出て來るからである。水が碎けて白浪になるのも、またこの理による。

○ 朱はただ赤色だけを透過させる物質の細粉で、これに投射した光は多く細粉内で吸収され、ただ赤光だけが反射して來るから、赤く見える。花の色や葉の色や繪具の色などは、多くこのやうな理に基づくものである。

27. 繪具の色 繪具で餘色に相當する二種を混合して塗つても白くは見えない。例へば黄と青とは餘色であるのに、繪具の黄と青とを混ざると、綠色に

なる。元來繪具の青は日光中の赤・橙・黄などを吸収し、黄は日光中の青・藍・堇などを吸収する性質があるから、この二種を混ざると、その何れにも吸収されない緑だけが紙の面又は微粒の表面で反射せられて再び外に出て来るからである。それで多種の繪具を混合すると概ね黒く見える。

赤・青・黄三種の繪具を適當に混合すると、如何なる色でも出すことができる。それでこれを繪具の三原色といふ。三色版はこの三色のインクで重ね刷りしたもので、Three coloured printing 虫眼鏡で検査すると赤・青・黄の三原色が並んでゐるのを見る。

28. 螢光・燐光 石油を試験管に取りこれに日光を當て横から見ると藍色に見える。この時日光を堇色硝子を透して投射してもこの色は變化しない。それは石油が堇色又は堇外線Fluorescenceを吸収してその結果藍色を出すことを示す。かやうな光を螢光といふ。ウラニウム硝子、フルオレシンの溶液などはよく螢光を放つ。

一旦或種の光に晒した物體が暗所に於て特有の光を發し續けることがある。この種の光を燐光Phosphorescenceといふ。カルシウムやストロンチウムの硫化物には著しく燐光を放つものがある。

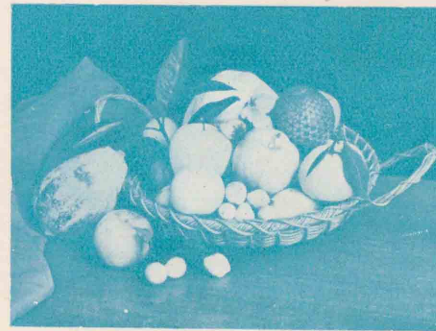
三色版



黄版



赤版



青版



出来上つた三色版



黄



赤



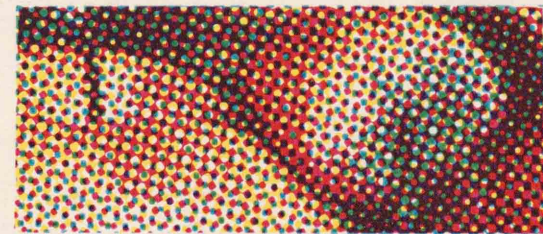
黄赤



青



黄赤青



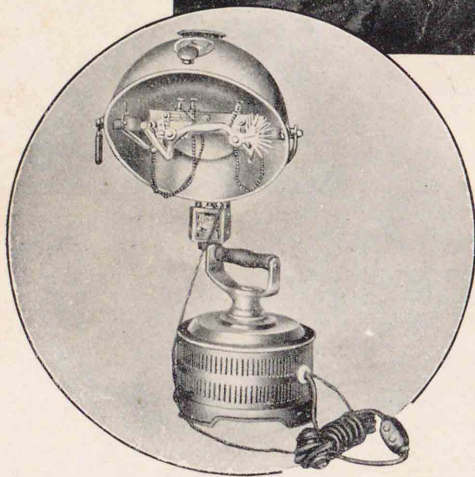
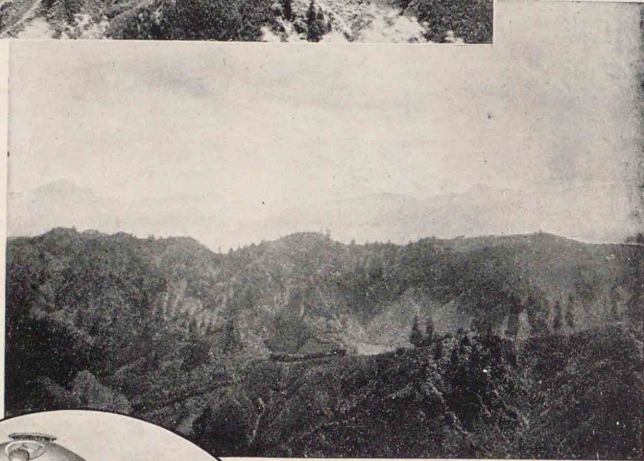
一部を膨大したもの

赤外線写真と太陽燈



←赤外線写真
輻射線の中で
雲や霞を通す
ことは波長の
長い赤外線が
最も大である。
それで写真の
乾板を特殊の
薬品で処理し
て赤外線によ
く感ずるやう
にすると普通

の写真(右)で
は寫らない遠
方の景色など
が明瞭に撮れ
る。軍用・測
量用等に便利
であるばかり
でなく趣味の
写真としても
興味あるもの
である。



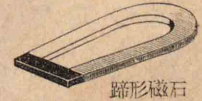
←太陽燈
水銀を石英硝子の管に封入し、
電氣を通じて發光させると紫外
線を豊富にもつ水銀燈ができる。
近年醫藥用として用ひられ
る太陽燈は強い水銀燈である。

第四篇 磁氣・電氣

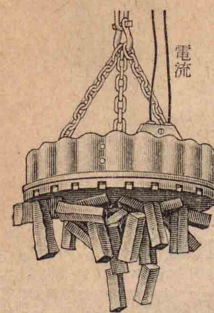
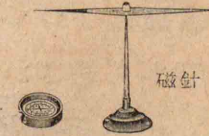
磁石には鉄を引く性質がある。これは磁石のもつ
磁氣Magnetismによると考へる。又電燈が點じ、電車が走り、電信
電話の通ずるのは皆導線中を流れ動く電氣Electricityによると
考へるのである。しかし吾等はその磁氣や電氣の本
體が何であるかは容易に知り得ない。唯これに關する
現象を研究して法則を見出し、これが利用の途を開く
ことはできる。今やラヂオの波は全地球を覆ひ、通信交
通・照明・動力など電磁氣學の應用は到る所に見られる。

第一章 磁氣

1. 磁石 磁石を鉄粉中に入れて取出すと、
鉄粉はその兩端の附近に多く附
着する。これを磁極Magnetic poleといふ。



磁針を中央で支
へ、自由に運動させ
れば、その兩端は略
南北を指して止る。



その北へ向く極を北極North pole、南へ向く
極を南極South poleといふ。磁鉄鑛は天然
に磁石の性質をもつてゐる。

2. 磁気 二つの磁石の北極と北極或は南極と南極とを近づけると、互に反撥し、北極と南極とを近づけると互に相引く。この押し引きの力を**磁力**といふ。このやうに磁力の生ずるの**磁気**があるからである。

精密な実験の結果によれば

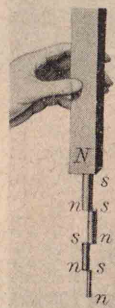
二つの磁極間に働く磁力は各磁極にある磁気量の積に比例し、その距離の自乗に反比例する。

(クーロンの法則)
Coulomb's law

3. 磁気の感應 鉄片を磁極に近づけて置くと鉄片は磁極に近い側へ異名の磁極を、遠い側へ同名の磁極を生じて一つの磁石となる。

この現象を**磁気の感應**といふ。感應によつて生じた磁石は全體として元の磁石に引かれる(何故か)。

感應によつて磁石となつた軟鉄は元の磁石から遠ざかると直にその磁性を失ふので**一時磁石**といひ、鋼のやうに一旦磁石となると永くその性質を保つものを**永久磁石**といふ。



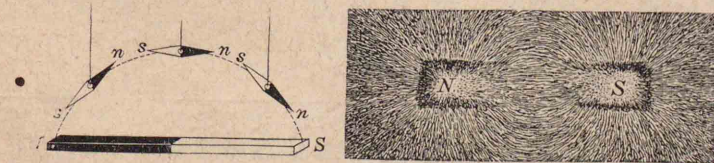
クーロン (Coulomb, 1736—1806, フランス人) 静電気についても上記と相似たクーロンの法則を発見した。電気量の単位クーロン(70頁脚註参照)はこの人に因んで名づけたものである。

4. 磁気量の単位 等しい磁気量を空気中で1cm隔てて置いたとき、その間の磁力が1ダインであると、その各の磁気量を以てCGS単位の磁気量とする。

4cm隔てて等量の磁気量が置かれたとき相引く磁力が980ダインであれば、その各の磁気量は何程か。

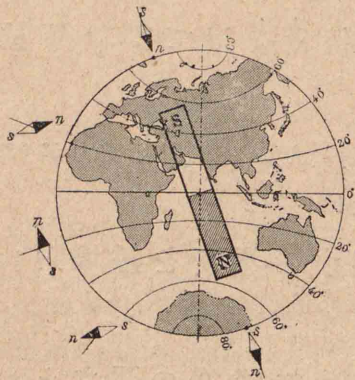
5. 磁場 磁力の作用する場所を**磁場**といひ、或場所に単位の磁気量を置いたとき作用する力の大きさをその點に於ける**磁場の強さ**といふ。**磁場に於ける小磁針の北極の指す方向を磁場の方向とする。**磁場の方向に従つて書いた線を**磁力線**といひ、一定の約束によつて磁力線を畫けばその粗密によつて磁場の強さを示すことができる。

糸で吊つた小磁針を磁場に持ち來すと、各點の磁場の方向を指して止るから、實驗的に磁場の方向が知れる。



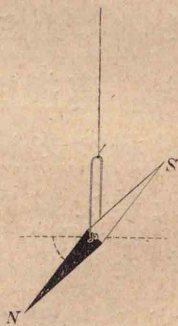
ダイン (力の単位) 1ダインは1gの重さの約 $\frac{1}{980}$ に相當する。

6. 地磁気 地球は南北に極をもつ一大磁石である。唯その兩極は地理學上の南北極と



稍異なる位置にある。その他種々の事情で或地點に於ける地磁氣の南北は地理學上の南北と一致しない。この差角を方位角(又は偏角)といふ。

小さい磁針を右圖のやうに吊り自由に廻轉させると、我が國內では磁針の向きが正しい南北より約5°だけ西へ偏れ(方位角)水平面とも約50°の傾きで北の方が下る。これは北半球では地磁氣の北極の影響が南極よりも大きいからであつて磁場の方向が水平でないことを示す。この傾きの角を伏角といふ。

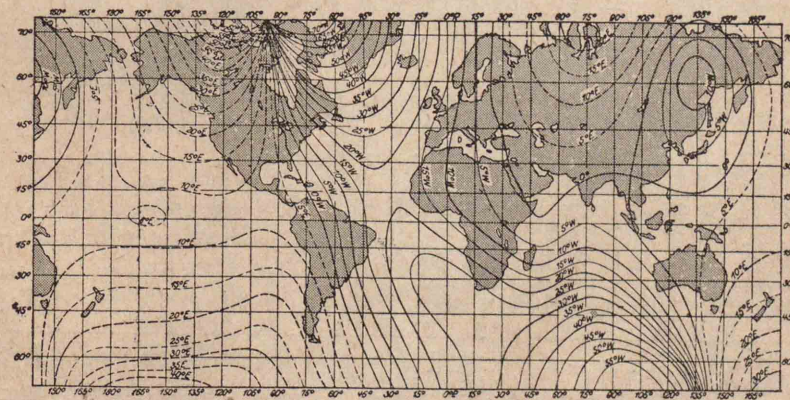
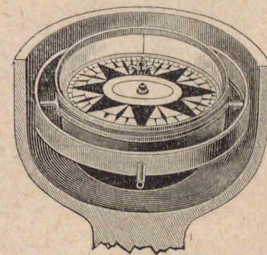


方位角と伏角と水平磁力との三つを地磁氣の三要素といふ。

- ① 地磁氣の極 (地磁氣の北極(北極圏内にある極)は北緯 70.1°, 西經 96.8°
(地磁氣の南極(南極圏内にある極)は南緯 72.5°, 東經 152°)
- ② 水平磁力 地磁氣の磁場の強さに伏角の餘弦(44 頁参照)を掛けた値をいふ。
Horizontal component of terrestrial magnetism

各地の地磁氣は常に幾分の變化をするものである。それには一日を週期とする變化,一年を週期とする變化,長年を週期とする變化などがある。また時として極めて急激の變化を見ることがある。これを磁氣嵐といひ、太陽の黒點などに關係があるらしい。

7. 羅針盤 羅針盤は海圖と共に航海に極めて重要なもので磁石を利用した装置である。その要部は軽い圓盤の表面に方位と角度とを記し、その裏面に磁針を南北の方向に貼り付け、針頭で圓盤の中心を支へたものである。圖のやうにその容器は數箇の環に直角づつ向きの違つた軸で支へられてゐる。



等方位角線圖

第二章 電流

8. 電圧と電流 電気が移動するのは電位の差による。陽電気は電位の高い所から低い所に移り、陰電気は電位の低い所から高い所へ動く。



Ampere (1775-1836, フランス人) 電流の強さの単位アンペアはこの人の名譽を記念して名づけたものである。

すべて電気の移り動くのを電流といひ、陽電気の動く方向を電流の方向とする。電位の差のことを電圧ともいふ。

電流の強さを測るにはアンペアといふ単位を用ひる。

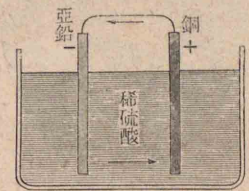


Volta (1745-1827, イタリア人) 電圧の単位ボルトはこの人の名譽を記念して名づけたものである。

電圧の単位にはボルトを用ひる。1ボルトは1オーム(72頁参照)の抵抗線に1アンペアの電流を生ぜしめるだけの電圧である。電燈線の電圧は通常100ボルトである。

クーロン 1クーロンは電氣量のCGS単位の 3×10^9 倍に相當する。CGS単位の電氣量を空氣中で1cm隔てて置くと、その間に1ダインの力が作用する(67頁参照)。

9. 電池 稀硫酸中に亜鉛板と銅板の下部を浸してボルタの電池を作り、上部を導線で繋ぎ、置くと兩板の間に約1ボルトの電圧が生ずる。このやうに電池の兩極を連ねないときの電圧を電池の電動力といふ。



ボルタ電池の銅板(陽極)と亜鉛板(陰極)との上部を圖のやうに導線で連ねると、矢の方向に電流が生じ、液の内部をも電気が通過する。このやうに電流の循環する道を電流の輪道又は回路といふ。

この種の電池にはボルタの外にダニエル・ルクレンシ、ブンゼン、重クロム酸などの各種あるが、陰極としては何れも亜鉛を用ひる。乾電池はルクレンシ電池の藥液を木屑などに濕して携帯に便にしたものである。

10. 電氣抵抗 銅や鉄は電氣の良導體であるが、引續き電流を通ずる場合には多少の抵抗がある。それで同じ電池の兩極を導線で繋いでも導線の種類によつて電流の強さが異なる。この抵抗を電氣抵抗といふ。電氣抵抗は導線の長さに比例し、切口の面積に反比例する。



Ohm
(1789—1854, ドイツ人)
電気抵抗の単位オームはこの人の名譽を記念して名づけたものである。

また等しい長さ・太さの導線でも物質の種類や温度によつて電気抵抗は値を異にする。普通電気抵抗の単位にはオームを用ひる。切口の面積 1mm^2 、長さ

106.3cmの水銀柱が温度 0°C のときにもつ抵抗が1オームである。

電気抵抗の表 (長さ1m, 切口 1mm^2 , 温度 0°C)	
銀	0.016
銅	0.017
鉄	0.098
タングステン	0.055
洋銀	17—41
ニクロム	1.10
瓦斯カーボン	40—70

問 半徑0.5mmの銅線66mの抵抗は何オームか。同じ太さのニクロム線ですと等しい電気抵抗をもつ長さは何米か。

11. オームの法則 研究の結果によると

一つの導線に起る電流の強さは常にその両端間の電圧に比例し、その電気抵抗に反比例する。

(オームの法則)
Ohm's law

即ち導線の抵抗を R オーム、両端間の電圧を E ボルト、電流の強さを C アンペアとすれば

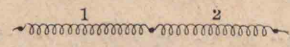
$$C = \frac{E}{R} \quad \text{或は} \quad E = CR$$

問 100ボルト、16燭光タングステン電球の織條の抵抗は點燈したとき500オームである。電流の強さは何アンペアか。

12. 導線の繋ぎ方 二本以上の導線(1, 2)

を圖のやうに一行に繋ぐこ

とを行繋ぎ(直列)といふ。こ



Series connection

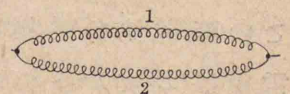
れに電流を通すと、その強さは導線のどの部分でも等しい。それで導線1, 2の抵抗を夫々 R_1, R_2 とすれば、両端間の全抵抗 R は

$$R = R_1 + R_2$$

となる。

また次の圖のやうに導線(1, 2)の両端を一緒にして繋ぐことを列繋ぎ(並列)といふ。この時

の両端間の全抵抗 R と各線の抵抗 R_1 及び R_2 との關係は



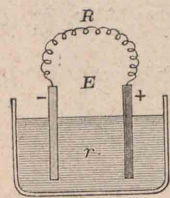
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

となる。この両端に電池を連ねると、二線には夫々抵抗に反比例した電流が通じ電池からはその和だけの電流が出る。

問1. 電気抵抗が夫々1オーム、2オーム、3オームである3本の導線がある。これを行繋ぎにしたときと列繋ぎにしたときの全抵抗は各何オームか。

問2. 抵抗15オームの導線3本を列繋ぎとしこれに3アンペアの電流を通じたとき両端の電圧は何ボルトか。

13. 電池の内抵抗 電動力 E ボルトの電池の兩極を抵抗 R オームの導線で結ぶと、輪道に流れる電流のアンペア数は $\frac{E}{R}$ よりも必ず小さい。

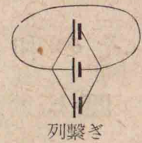
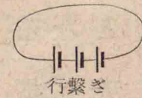


それは電池にもまた抵抗があるからである。これを内抵抗といふ。これに對して兩極を連ねた導線の抵抗を外抵抗といふ。上の電池の内抵抗を r オームとすれば、輪道に流れる電流 C アンペアはオームの法則により

$$C = \frac{E}{R+r} \quad \text{或は} \quad E = CR + Cr$$

この際電池の電極にボルト計(77頁)を繋げば現はれる電圧は E ボルトではなくて CR 即ち $E - Cr$ である。これを端子電圧といひ、 E 及び R が大なるほど大きく r が大なるほど小さい。

電池の繋ぎ方 同種の電池 n 箇を行繋ぎにして使用すれば全體としての電動力も内抵抗も共に n 倍になり、列繋ぎとして使用すれば全體としての電動力は1箇の場合と等しく、その内抵抗は $\frac{1}{n}$ となる。



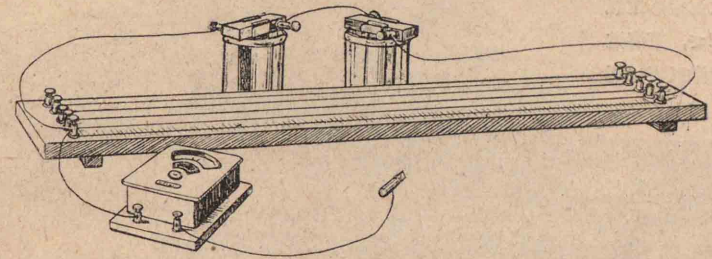
電池の繋ぎ方

図1. 電池の内抵抗を測定する方法を工夫せよ。

図2. 電動力2ボルト、内抵抗1オームの甲電池と電動力1.5ボルト、内抵抗1.5オームの乙電池とを列繋ぎとして用ひれば何ボルトの電動力となるか。

生徒実験 8 オームの法則

目的 オームの法則を確かめ、これを利用して未知の抵抗を測定する。



1 目盛板に沿うて張つた長さ1mの抵抗線の兩端に、電池又は給電装置から約2ボルトの電圧がかかるやうに接続し、ボルト計を抵抗線の或長さ (L) の兩端に繋いでその示度 (V) と抵抗線の長さ (L) とを記録し、且 $\frac{V}{L}$ の比を求めよ。

2 電気抵抗の知れた導線(例へば R オーム)と他の未知の抵抗線とを行繋ぎとしその兩端に適當の電圧をかけボルト計を既知の抵抗線の兩端に連ねたときの値 (E) と未知の抵抗線の兩端に連ねたときの値 (E_0) とを測定せよ。この方法により抵抗線 A, B, C 等の抵抗を計算せよ。

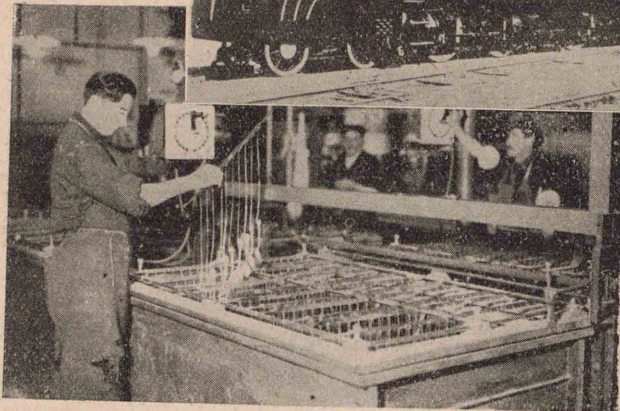
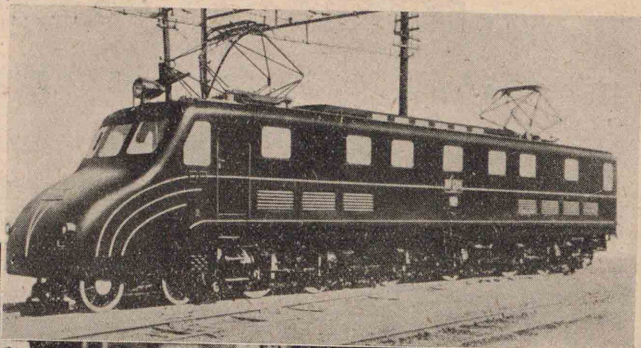
昭和 年 月 日 【實驗記録】 共同實驗者

L				
V				
$\frac{V}{L}$				

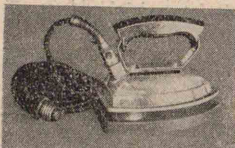
	A	B	C
E			
E_0			
$\frac{E_0}{E} \times R$			

電気機関車

これは流線形電気機関車で、東海道本線沼津以東に運転されてゐる。

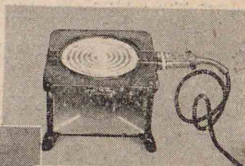


銀鍍金工場
銀鍍金するには硝酸銀の溶液中で鍍金すべき器物を陰極とし、銀を陽極として電気分解を施す。



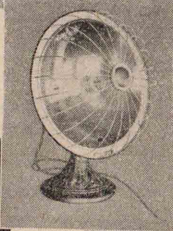
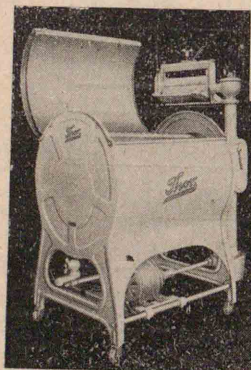
電気アイロン

電気ストーブ

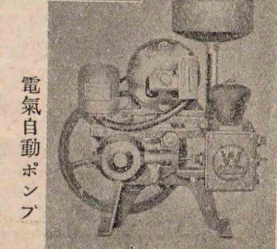


電気コンロ

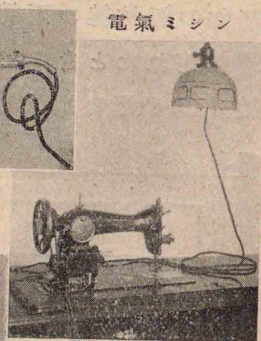
電気掃除器



電気自動ポンプ



各種の家庭用電気装置



電気ミシン

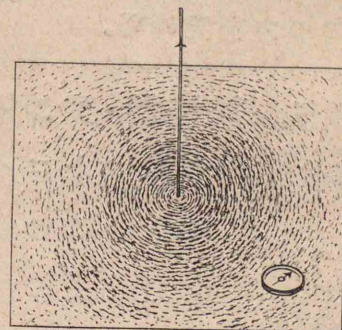
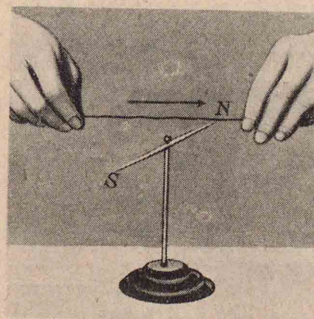


電気掃除機

第三章 電流の諸作用

[1] 電流の磁気作用

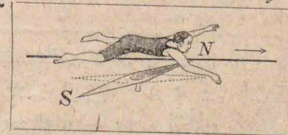
14. 電流の作る磁場 導線に電流を通ざると、その周囲に磁場を生ずる。磁場の方向を知るには磁針を近づけて見るとわかる。



電流と磁場との方向の関係については次のやうな規則がある。

磁針に面し電流の方向に泳ぐ人を想像すると磁針の北極は人の左方へふれる。(アンペアの規則) Ampere's rule

また電流によつて生ずる磁場の強さは電流の強さに比例し、導線の近くほど強い。



このやうに電流の周囲には磁場を生ずるの

で導線が若し動き得る状態に置かれてゐる場合に磁石を近づければ導線は力を受ける。それについては次の法則がある。

左手の拇指・食指及び中指を互に直角をなすやうに屈し、食指を磁石による磁場の方向に向け、中指で電流の方向を指すやうにすれば、導線は拇指の方向の力を受ける。

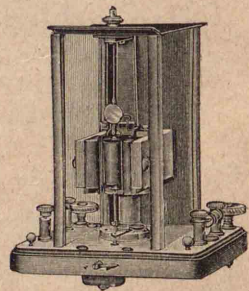


(フレミングの左手の法則) Fleming's left hand law

15. 電流計・アンペア計 細い針金を巻いて



て作ったコイルを圖のやうに磁場中に置き、これに電流を通ずるとコイルは力を受けて廻轉し磁極に正面するやうになる(何故か)。この力は通じた電流の強さに従ふから、それで指針や鏡を動かすやうにして電流計を

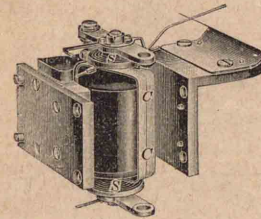


鏡電流計

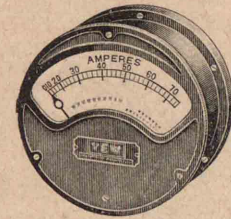
- ① フレミング (Fleming, 1849—) イギリス人。
- ② コイル 絶縁した導線を何回も同じ形に巻いて作ったコイルに電流を通すと導線の各部がコイルの内部に作る磁場は皆同じ方向を取るから、コイルは磁石と相似た性質をもつやうになる。
- ③ 電磁石 コイルの内に軟鉄を入れたものは所謂電磁石で、強い磁性を表はす。電流を断つと磁場は消えて磁性を失ふ。

Galvanometer

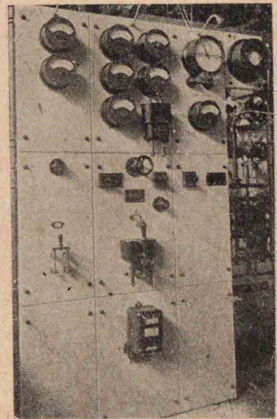
作る。電流計はその目盛によつてアンペア計・ミリアンペア計等と名づける。



電流計



アンペア計

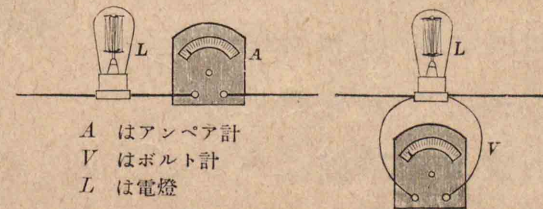


配電板

16. ボルト計 電流計のコイル内に生ずる

電流の強さはコイルの両端の電圧に比例するから、その指針の位置によつてこの電圧をも知ることができる。たゞ電流計に流れる電流が大であると、これを繋いだために測らうとする電圧が變化する結果になるので、電圧測定のための目的には特に抵抗を大にした電流計を用ひ、その目盛はボルトを示すやうにしたものが多い。これをボルト計といふ。

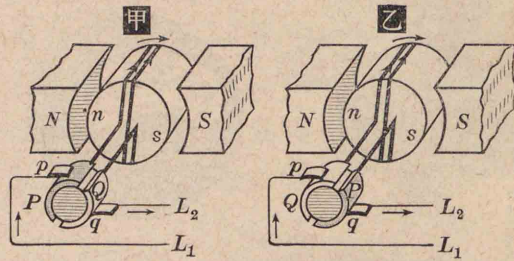
問 アンペア計は行繋ぎとして用ひ、ボルト計は多く列繋ぎにして用ひる。何故か。



A はアンペア計
V はボルト計
L は電燈

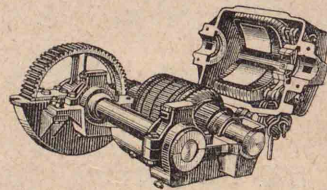
17. 電動機 電車の運轉、扇風機の廻轉、込入つた工場の機械の活動など**電動機**の利用せられてゐる所は甚だ廣い。次の圖は**直流電動機**の原理を示す。

NSは**場磁石**と稱する強い**電磁石**で、その間に**コイル**を帯びた**電動子**がある。電動子のコイルの



両端は夫々**整流子**と稱する半輪 P, Q に接續し、ブラシ p, q が軽く整流子に觸れてゐる。今圖の甲のやうに p, P 及び q, Q が夫々相接するとき、電流が p から入つて q に出てコイルを矢の方向に流れると、コイルの兩側に n 極, s 極が出来、場磁石の N 極, S 極と互に反撥して電動子は矢の方向に廻轉する。電動子が半廻轉してコイルが乙のやうな位置になるときは P, Q は p, q との接觸を交換するから、コイルを流れる電流のために前と同様に n 極, s 極が出来、従つて電動子は同方向の廻轉を繼續するのである。

電車の電動機は主にこの原理によるものである。

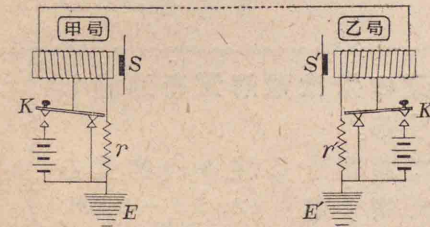
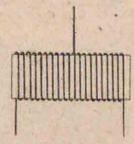


電车用電動機

交流電動機については後(90頁)に述べる。

A. C. Motor

18. 電信 電信には**單信式**と**複信式**とがある。一本の電線について一時に一方の局からだけ通信するのが**單信式**で、同時に兩局から通信し得るのが**複信式**である。受信装置の電磁石にコイルの中央から出してある端子を設け電流がこゝから入つてコイルの兩端に抜けるやうにすると鉄心は磁石の作用をしないが、コイルの半分だけに電流が通ずると電磁石は働く(何故か)。



S, S' : 受信器
E, E' : 接地
K, K' : 發信器
r, r' : 抵抗

このことを利用して左圖のやうに受信器と發信器とを連絡したのは複信式の一例である。

今圖について甲乙何れか一方の局の電鍵を押したとすると自局の電磁石は働かないが相手局の電磁石は鉄片を吸ひつける。次に甲乙兩局とも電鍵を押した場合を考えると、外線には双方から等しい電圧がかかつて電流が流れず、しかし電磁石は兩局とも自局の電池によつて働くことになる。即ち甲局の電鍵を押せば乙局の電鍵は押してゐてもゐなくても乙局の電磁石が働くことになるのである。

【II】電流の化学作用

19. 電解 電解質の水溶液

液に二つの電極を浸して、これに電流を通ずると、化学變化を起して兩極に別々の生成物が析出する。このやうな現象を

電氣分解 又は單に電解といふ。

Electrolysis

電解については次の法則が知られてゐる。



Faraday

(1791—1867, イギリス人)

(1) 電極に析出する物質の量は電解質を通過した電氣の總量に比例する。

(2) 同じ電氣量に對して析出する種々の物質の量は、その化學當量に比例する。(ファラデーの法則)

Faraday's law

この理に基づき輪道に電解槽を行繋ぎとして金屬を析出させ、これを測つて電流の強さを精密に知ることができる。1 アンペアの電流は毎秒 0.001118g の銀を析出し、銅ならば 0.000329g,

① 電解質 Electrolyte 酸・塩基・塩類などのやうに水に溶けてイオンを出す物質をいふ。

② 化學當量 Chemical equivalent 元素の原子量を原子價で割つた商に當る。

③ C アンペアの電流で t 秒間に析出する化學當量 q なる物質の量を M 瓦とすると $M = 0.001118 \times \frac{q}{108} \times ct$

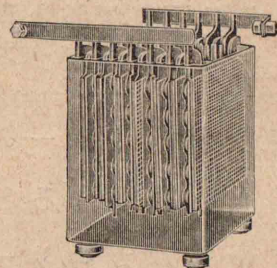
水素ならば 0.0000104g を析出する。

☐ 電解によつて 1g の銀を析出するには 1 アンペアの電流を何分間通すればよいか。

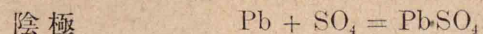
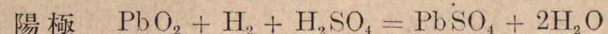
20. 蓄電池 蓄電池は電解を應用した電池

Accumulator

池である。稀硫酸の中に二酸化鉛の陽極板と鉛の陰極板とを對置したもので、これを使用すると次のやうな化學反應が起り兩極板は不溶性の硫酸鉛で被はれる。(蓄電池の放電)

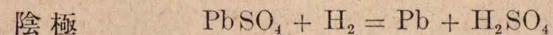
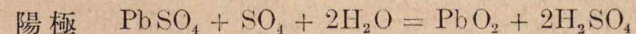


Discharge



放電の結果、兩極の性質が相近づくると蓄電池の電動力は低下し電流が弱くなる。しかし發電機などの強い電源に繋いで逆に陽極から陰極へ液内に電流を送ると、次のやうな化學反應を呈し兩極は再び舊に復する。(蓄電池の充電)

Charge



蓄電池はその放電・充電を適當に行ふことにより幾度も反覆して使用し得るのみならず他の電池に比して強い電流を取り得る。

[III] 電流の熱作用

21. 電熱 導線に電流を通ずると發熱する。これを子細に測定すると

一定の強さの電流によつて導線に生ずる熱量はその電気抵抗と電流の強さの自乗と電流の繼續時間とに比例する。
(ジュールの法則)
Joule's law

即ち抵抗 R オームの導線に C アンペアの電流が t 秒間通ずるとき、發生する熱量を H カロリーとすれば

$$H = \frac{1}{J} RC^2 t$$

J は常數で約 4.2 に相當する。

導線の兩端の電壓を E ボルトとすればオームの法則により $E = RC$ と置けるから、上式は

$$H = \frac{1}{J} ECt$$

とも置ける。積 EC は 1 秒間に於ける電流の働きを示すもので、これを電力といふ。

1 アンペア、1 ボルトの電力を 1 Watt といい、毎秒 $\frac{1}{4.2}$ カロリー (約 0.24 カロリー) の熱量を生ずる。

問 100 ボルト、50 ワットのタングステン電球の織條の抵抗は何オームか。

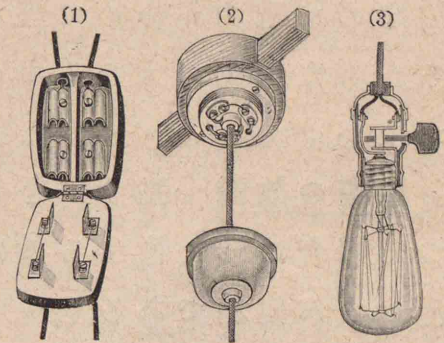


Joule
(1818—1889, イギリス人)

22. 電燈 電燈には白熱燈・弧燈・ネオン燈などの種類がある。

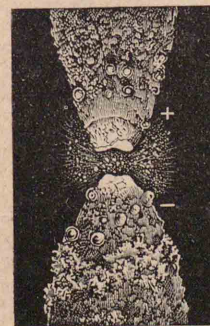
白熱燈は通常真空の硝子球内にタングステンの織條を封入しこれに電流を通すやうにしたもので、1 燭光につき 1.25 ワットの電力を要する。電球内に窒素・アルゴンなどを入れた瓦斯入電球は一層高温度にして

も織條の消耗が少く 1 燭光あたり 1 ワット以下の電力で足りる。

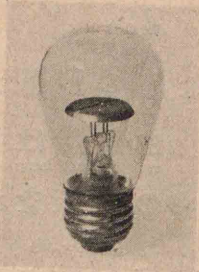


(1) 開閉器 (フェーズに注意せよ)
(2) 天井取付 (フェーズに注意せよ)
(3) ソケット (點滅装置に注意せよ)

弧燈は白熱燈よりも先に發明されたもので、二本の炭素棒を輪道中に備へ尖端を一旦接して電流を通じ少し引離すと棒の尖端及びその中間が強く熱せられて光を放つ。特に陽極棒の尖端が強い光を出す。弧燈は探照燈その他強い光源を必要とする場合に用ひられる。



ネオン燈は硝子管にネオン瓦斯Neon lampの少量を封じ込み相對する螺旋狀又は板狀の金屬極の間で發光させるもので、電力が極めて經濟的であるが未だ燭光の大なるものが得られない。



電燈の故障 點すべき筈の電燈に故障の起つた場合、これを檢するのには大體次の順序に従ふのが便利である。

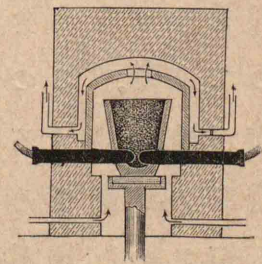
- ① 消えてゐる電燈と點じてゐる電燈との範圍を調べ、故障が廣範圍に互る場合には電燈會社に報じて技術者の處置を俟つ外はない。
- ② 一家屋内の故障に對しては、先づ開閉器のフューズを調べ、若しこれが切れてゐる場合には所定のフューズを入れ換へる。
- ③ 唯一箇の電燈の故障に際しては、その電球を他の電球と嵌め換へて電球の纖維の切れてゐるか否かを調べる。
- ④ 電球が故障なくてしかも點燈せぬ場合は、大元の開閉器の蓋を開いた上、天井取付のフューズを檢する。
- ⑤ 以上に故障ない場合には、天井取付器及びソケット内の電線コードを止めてあるネヂを調べ、接續が完全に

きてゐるか否かを見極め、最後に電線を被覆の外から按じて中の線が折り切れてゐるか否かを檢する。

- ⑥ 以上の方法を盡して猶故障箇所が發見し得ない場合及び入れ換へたフューズが更に焼け切れる場合などには修理に危険を伴ふので専門技術者の手を待つべきである。

23. 電熱器・電氣爐 ニクロムのやうな抵抗線を絶縁體のボビンに巻き、これに電流を通じて發生する熱を利用するやうに造つたのが**電熱器**Electric heaterで、これには多く反射装置が附けてある。電熱器用の抵抗線は空氣中で長く高溫度に置かれても變質しない丈夫な金屬線で、しかも抵抗の大であることを要する。電氣ストーヴ・電氣アイロン・電氣コンロ等は皆この應用である。

電氣爐は耐火性の石灰板などで造つた小室内に電弧を點じその熱を利用するやうにしたもので、 3000°C 以上にも達する高溫度が得られる。カーボランタン・炭化カルシウムの製造、マグネシウム・アルミニウム等の冶金、各種合金の研究など電氣爐の利用は甚だ廣い。



第四章 電磁感應

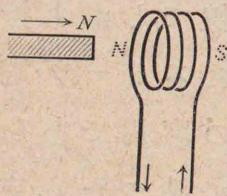
24. 感應電流 導體の附近で磁場の變化が起ると導體中に電流を生ずる。これは西曆1831年にファラデーの發見した現象で、この現象を**電磁感應**といひ、その際生ずる電流を**感應電流**といふ。實驗によると

Electro-magnetic induction

Induced current

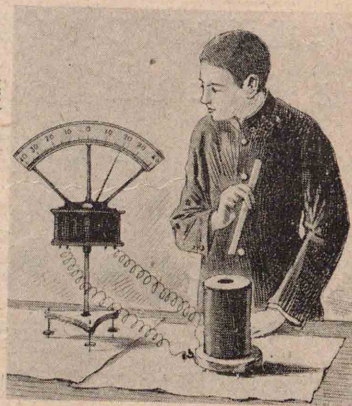
感應電流の方向はそれが生じた結果、原因である磁場の變化を妨げるやうな向きをとる。

(レンツの法則)
Lenz's law



例へばコイルの一面から磁石のN極を近づけると、コイル内に感應電流が生じ、その電流は磁石の近づくことを妨げるやうな磁

場を生ずる向きに流れるのである。このやうに感應電流の生ずるのは感應電動力が生ずる結果であるが、この感應電動力は磁場の變化が急激である程その値が大である。



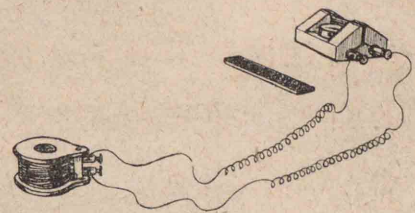
生徒實驗 9 感應電流

目的 感應電流の方向及び強さについて磁場との關係を確める。

【注意】 次の順序に實驗を行ひ、文中の缺字を補ひ記入せよ。

I.

① コイルと電流計とを繋いで輪道を閉ぢコイルの孔に棒磁石のN極を急に突込み電流計の針が_____に偏れることを確め、次に棒磁石のS極を以て同様に行ひ電流計の針が_____に偏れることを確めよ。

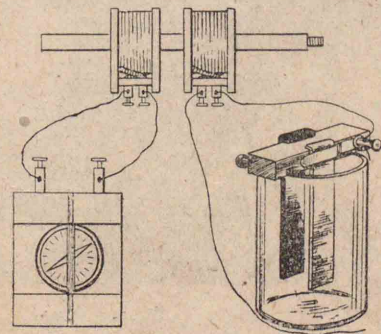


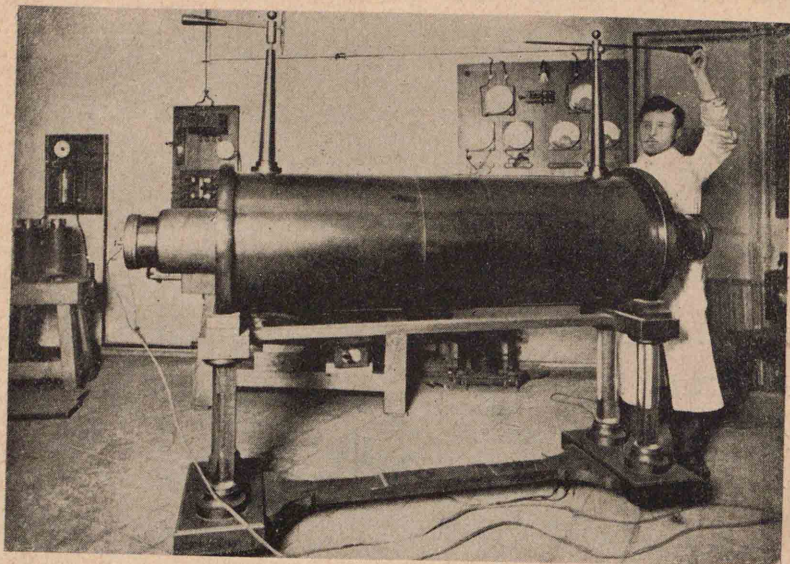
② 上の實驗に於て、二本の磁石を極を揃へて用ひると、電流が強くなること及び磁石を徐ろに挿入すれば電流を殆ど生じないことを實驗せよ。又コイル二箇を行繋ぎにして行へば生ずる電流が強くなることを實驗せよ。

II.

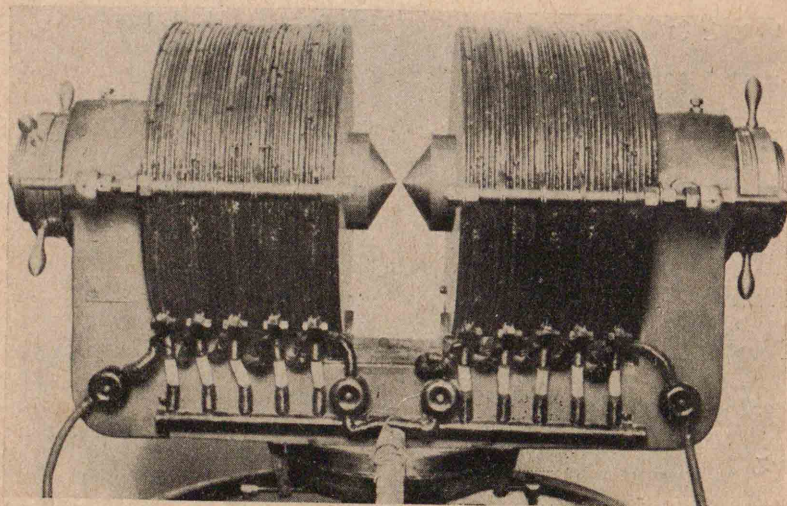
① 二箇のコイルを鉄棒に挿し、その一方を電流計に、他方を電池に連ね、電池の方の輪道を閉閉して電流計のフレを観測せよ。

② コイルの距離を大にすると感應電流は_____くなり、鉄の棒を抜き去ると、電流は著しく_____くなる。



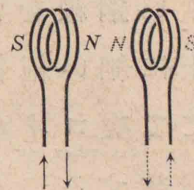


大 感 應 コ イ ル



大 電 磁 石

25. 相互感應・自己感應 二箇のコイルを對置しその一方に電池を繋いで電流を開閉すれば、他のコイルに感應電動力を生ずる。このやうな感應を相互感應といふ。



Mutual induction

感應電動力の原因は磁場の變化にあるから唯一つのコイルに電流を通ずる場合にもその電流によつて磁場に變化が生じそのため同じコイルの中に感應電動力を生ずる。しかもその方向は原電流と逆である。この種の感應を自己感應といふ。即ち3オームの抵抗をもつコイルに6ボルトの電動力をかけるとオームの法則によれば2アンペアの電流が生ずる筈であるがコイルの自己感應によつて逆向きの感應電動力が生ずるので最初は2アンペアの電流が通ぜず暫くの後に2アンペアに達する。使用中の輪道を急に切るとき火花を見るのは輪道に自己感應があるからである。

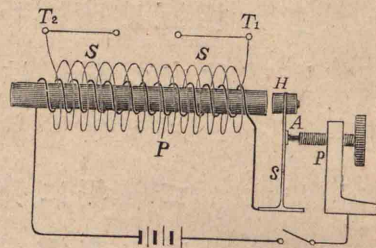
感應電動力の強さは原電流の變化の急なるほど大である。それで原電流を急に斷續すれば一時的に大なる電動力が得られる。

26. 感應コイル

鉄線を束ねた心棒に稍太い銅線を數百回巻いて一次コイルとし、その上に細い絶縁銅線を數萬乃至十數萬回も巻いて二次コイルとし、一次コイルの電流を急速に斷續するやうにしたものが感應コイルである。

一次コイルの輪道を閉ぢると、電鈴など

と同じ原理で槌 H は左右に振動して電流を斷續し、相互感應によつて二次コイルに數萬ボルトの高い電壓が生ずる。圖中槌が左方へ偏れて A 點で一次電流が斷たれるときに強い電動力が二次コイルに生じその兩端を近づけると劇しい火花放電が行はれる。



27. 直流と交流 電池から得る電流は常に一定の方向であるが感應コイルの二次コイルに生ずる電流は一次電流の通ずるときと斷たれるときとでその方向が逆になる。かく週期的に方向の變る電流を交流といひ、電池から得る電流のやうなのを直流といふ。交流が毎

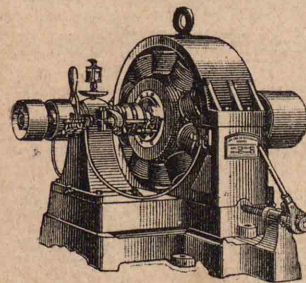
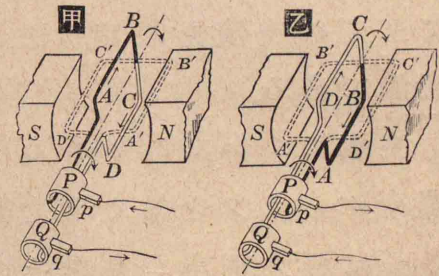
Alternate current
Direct current

秒その方向を變へる回數を交番數といひ、電動力の方向が一轉換するに要する時間を週期といふ。また1秒間内の週期の數をサイクル(周波數)といふ。普通の電燈線には50乃至60サイクルの交流が用ひられる。

28. 發電機

發電機の構造は電動機に似てゐる。次の圖は交流發電機の原理を示すもので、場磁石 SN の間にコイルを巻いた發電子があつて水力・火力等

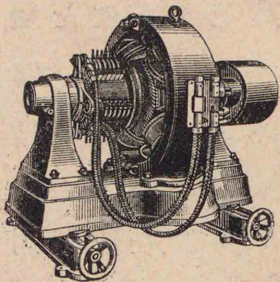
によつてこれを廻轉するのである。發電子のコイル ABCD を矢の方向に廻轉すると、甲の位置から半廻轉して乙の位置に来るまではコイルに ABCD の方向の電流を生ずる。次の半廻轉には DCBA の方向の電流を生じ、p, q のブラシからは交流が得られる。磁極の數とコイルの數とが等しい交流發電機から得られる電流を單相交流といひ、單



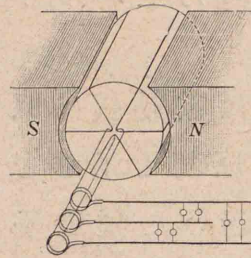
交流發電機

Single phase A. C.

相交流機で電流の方向の變る毎にブラシの觸れ方が交代するやうに装置すれば**直流發電機**となる。



直流發電機

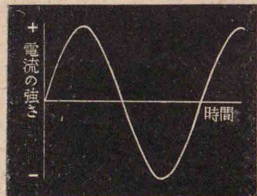


また左圖のやうに一對の場磁石に對して三組のコイルを装置し三箇の迂り環を通して三組の交流を取出すやうにしたものが**三相交流**である。

Three phase

A. C.

交流について時間(横軸)に對する電流の強さ(縦軸)のグラフを描くと右圖のやうに極大・極小をもち、その交番に際しては電流の強さ零の瞬間をもつことがわかる。



交流電動機

磁場が急激に變化すればその附近にある導體中には感應によつて**フコーの電流**と稱する一種の感應電流を生ずる。それで適當の形に巻いたコイル群の中に銅の圓筒を具へコイルに交流を通ずると圓筒は廻轉する。**インダクションモートル**(誘導電動機)といふのがそれである。扇風機などの**交流電動機**には多くこの種のものが用ひられる。

Foucault's current

Induction motor

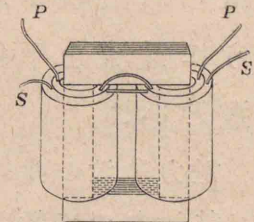
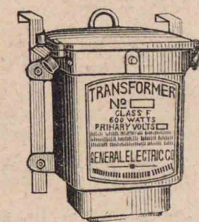
二期

29. 變壓器・電力輸送 交流の電壓を變化

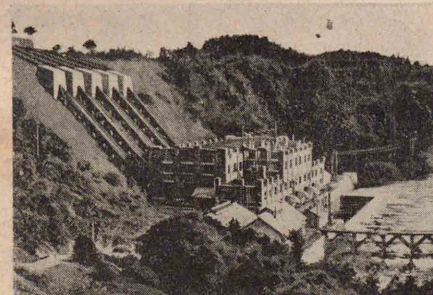
するには主として

變壓器を用ひる。

變壓器は軟鉄の板を重ねて作つた心に二組のコイルを



巻いたもので、その一次コイルに交流を通ずると二次コイルに感應電流を生ずるがその電壓の比が兩コイルの巻き數に比例するから、それによつて電壓を變へ得るのである。



東京電燈株式會社猪苗代水力發電所(福島縣)

發電所では發電機で數千ボルトの交流を起しこれを變壓器で數萬乃至十數萬ボルトとして需要地へ

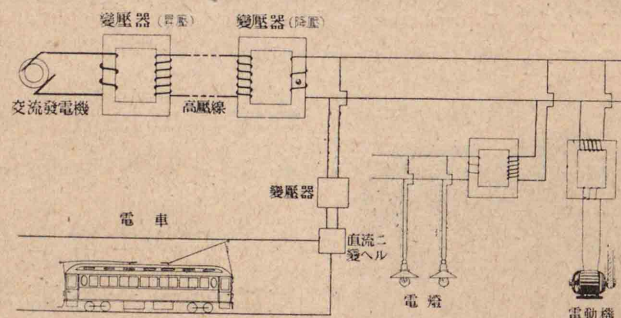
送り更に變壓器で適當の電壓に降して供給するのが普通である。變壓器はラヂオや電話機などにも用ひられる。

問1. 3300 ボルトから 500 ボルトにおとす變壓器の巻き數の比を計算せよ。

問2. 三相交流の三本の導線の間には何れも等しい電壓があるといふ。不審はないか。

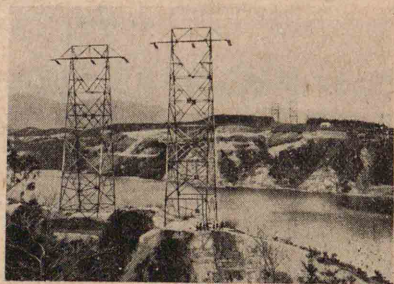
発電所に生じた電流は導線によつて遠方に送られ、點燈や動力などに用ひられる。このやうに電流を甲地から乙地に送ることを電力輸送といふ。

電力輸送の途中で、電流の一部は導線の抵抗によつて熱になつて散逸する。この散逸する熱量を少なくするには、導線を太くすればよい(何故か)が、これには經濟上に一定の限りがあるから、成るだけ電流を小にする必要がある。さうして電壓を十分に大にするときは、

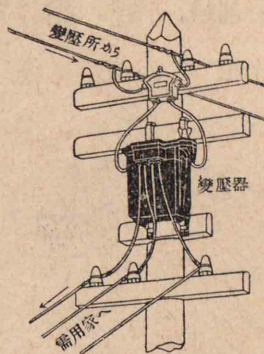


電流は小にしても大きな電力を輸送することができる(何故か)。そこで左の圖に

示すやうに、発電所で數千ボルトの交流を起し、變壓器によつて數萬乃至十數萬ボルトの高壓電流となし、所謂高壓線によつて遠方に輸送した後、再び變壓器で低い壓の強い電流とする。市街の近傍にある變壓所では発電所から來た高壓電流を數千ボルトの電

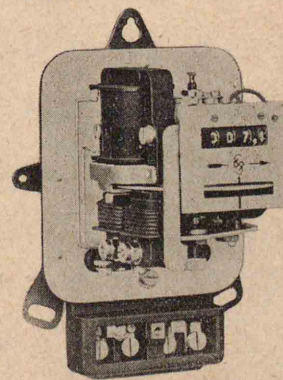


壓に降して、これを市街内に送り、變壓器で更に100ボルト或は200ボルトの低壓電流として各戸に供給し、電燈或は精米機などの用に立てる。



電力の測定 電燈その他電力の賣買では、1000ワット即ち1キロワットの電力で引續き1時間電流を供給する場合を單位に取り、これを1キロワット時といふ。

E ボルト、 C アンペアの電流を送る場合の電力は EC ワット即ち $\frac{EC}{1000}$ キロワットで、この電流が t 時間通ずると $\frac{ECt}{1000}$ キロワット時になる。100ボルト、10燭光のタングステン電球は0.125アンペアの電流が通るから12.5ワットを要する。この電燈100箇を3時間點火するには $\frac{12.5 \times 100 \times 3}{1000} = 3.75$ キロワット時を要する。



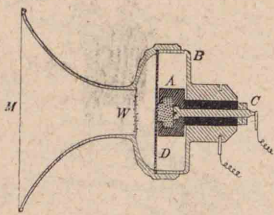
電氣メートルの内部を示す。

キロワット時數を計る積算電流計(電氣メートル)は小さい電動機で、電動子に相當する廻轉圓板の廻轉數によつてキロワット時を示す。

洗濯屋で電氣アイロンを100ボルト、3.5アンペアで6時間用ひるときは、その使用料は幾らか。但し1キロワット時の使用料は5錢とする。

30. 電話 電話機は送話器と受話器とで

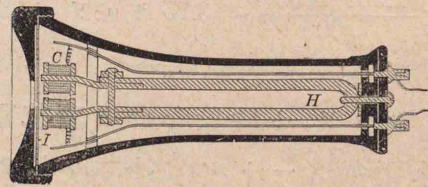
出来てゐる。送話器の口 M は漏斗形になり、その



の底に金網 W がある。 A は炭素製の小函で、中には多くの炭素細粒を入れ、薄い炭素圓板 D は炭素粒を支へて零

れ出ないやうにし、函の底部からは金属棒で端子 C に連絡してある。炭素細粒の觸れあふ部分の電氣抵抗は、極めて弱い振動でも著しく變化するものである。送話器の前で話をすると、炭素圓板は音波に應じて振動する。炭素細粒を通る電流は炭素圓板の振動に應じてその強さを變じ、架空線を経て先方の受話器に達する。

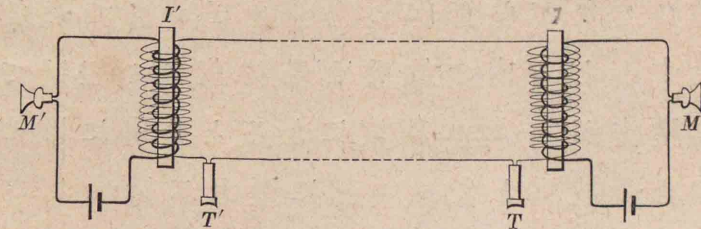
右の圖は受話器で、蹄形磁石 H の兩極に電磁石 C がある。送話器から來



る電流はその變化に應じて、兩極を強め或は弱めて、その前にある鉄板を振動させ、音波を起させるのである。

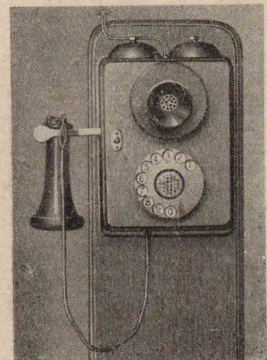
かやうな送話器と受話器とを直接連絡して

も近距離ならば電話として用ひられるけれども、少し遠くなると電流を著しく損する。それで通常中間に變壓器を入れて次の圖のやうに連絡する。 M, M' は送話器、 T, T' は受話器、 I, I' は



鉄心をもつた變壓器である。圖についてどうして通話するかを考究せよ。また變壓器はどんな役に立つか考へよ。

電話で最も厄介な仕事は話す人と相手方との連絡を司る交換所の仕事である。加入者の多い大都市の交換所では多数の交換手を置いて極めて迅速に希望の相手方と連絡する施設になつてゐるが、近年は自動交換といつて話す人自らダイヤルを扱ひ相手方の局と電話番號とに相當する數字の孔を右に廻しては放すとダイヤルは毎回原位置に復し、その間に交換が行はれる仕組になつてゐる。



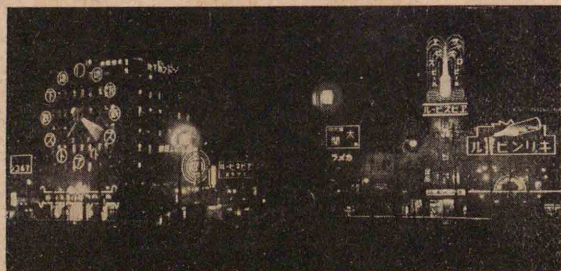
自動式電話機 送話器の下にあるのがダイヤルである。

第五章 真空放電・放射能

31. 真空放電 長い硝子管の両端に封じた電極を感應コイルの両端に連ね、感應コイルを働かせながら管内の空気をポンプで次第に排除すると、管内の放電は最初堇色の紐状であるが圧力が2—1mm程度になると、全管に擴がつた赤色の放電となる。更に圧力が1mm以下に減ざると鱗片状となり次第にその間隔が大になる。この種の真空管はGeissler's tube **ガイスレル管**といつて、光の色は管内の氣體の種類により異なり、分光器で檢すると、その氣體に特有な輝線スペクトルが見られる。

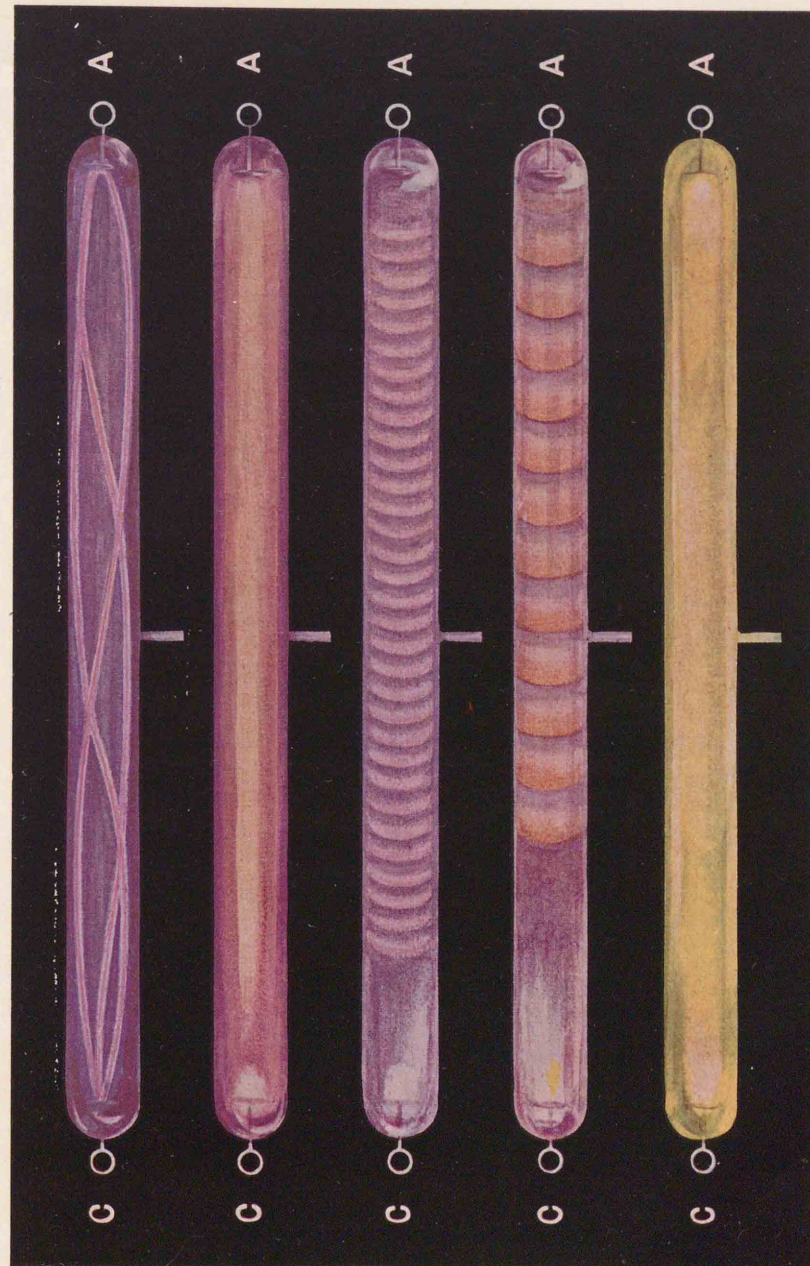
近年都市の夜を飾る**ネオンサイン**はこの程度の真空放電で、Neon sign

ネオンだけを封じたものは桃色であるが、微量の水銀蒸気を混じたものは青色、アルゴン

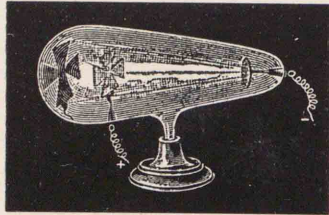


東京市上野驛前の夜景

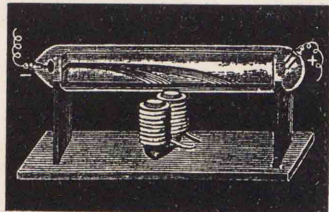
を用いたものは堇色に光る。また硝子管に着色したものもあるが一般にネオンサインと呼んでゐる。



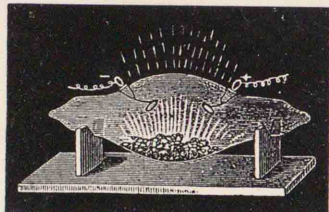
陰極線の諸作用



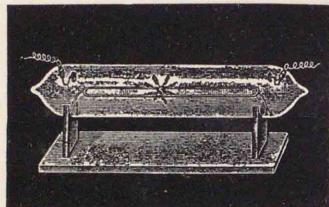
(1) 陰極線は陰極の面から垂直に發射して直線狀に進行するから、圖のやうに自在に起伏する金屬片を陰極の前に置きこれを起すとその影を印する。



(2) 陰極線は磁場によつてその方向を變へられる。管内の螢光板に斜に當て外部から管の近傍に磁石を持つて來ると磁場と垂直の方向に進路が曲げられる。

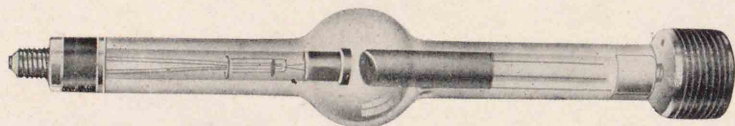


(3) 陰極線は眼に見えないけれども硝子管壁か硫化カルシウムのやうな物質がに投射すると、これを熱し、著しく螢光を放たせる。



(4) 陰極線を圖のやうに雲母製の翼の軽い車に衝突させると、車は廻轉して陰極から陽極の方に移動する。

クーリッチ管



現今一般に使用される X 線管はクーリッチ管で、この管内の真空度は非常に高く、陰極には電流で熱せられるタングステン織條を用ひ、陽極には主にタングステンを主用ひる。

32. 陰極線 ガイスレル管の放電を行ひ

ながら更に真空の度を高めて行くと管内の色光は消失して陰極に對する管壁が緑色の螢光を發するやうになる。これは電子と名づける陰電氣を帶びた微粒子が陰極面から高速度で放出せられる結果で、この電子の流れを陰極線といふ。陰極線は磁場によつてその方向を變へ、螢光體に當ると美しい光を發し、軽い車に衝突すればこれを廻轉させる。

Electron

Cathode rays

(4) 垂直に發射した直線狀の進んが前向きに曲げられる。

33. X 線 陰極線のやうな高速度の電子が金屬の面に衝突すると、そこから新に X 線

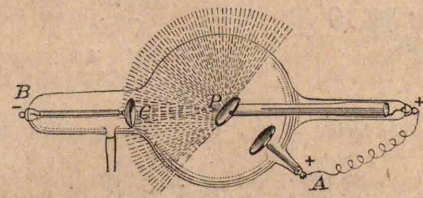
と名づける一種の線を出す。



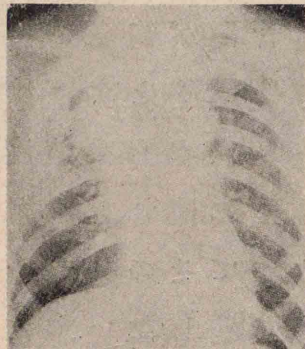
Röntgen (1845—1923, ドイツ人) 1895年 X 線を發見した。

X 線は眼に見えないが光の透らない木や筋肉などをよく透し白金シヤン化バリウムのやうな螢光板に當ると美しく光る。また寫眞

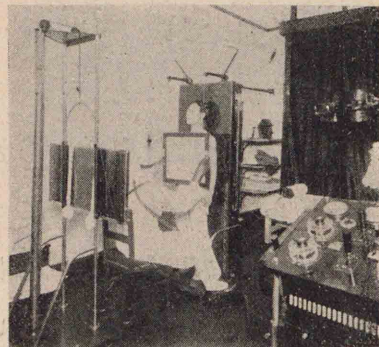
の乾板によく感ずるから醫療診斷上甚だ便利である。X 線は陰極線と異なり、磁場



でその方向が曲げられることなく、種々の実験の結果、一種の波動であることが知られてゐる。



X線写真(フィルム)
50000 ボルト, 0.1 アンペア
時間 0.25 秒, 距離 150cm



X線によつて診断してゐる實況
(X管は操作臺の後にある)

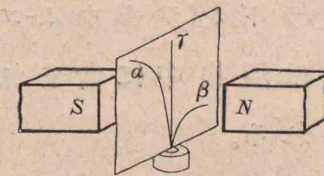
34. 放射能 ウラニウム・トリウム等の化合物は光の透らぬ物質を透して写真作用・螢光作用などを呈するX線に似た一種の放射線を絶えず出してゐる。この性質を**放射能** Radioactivityといひ、放射能を有する物質を**放射性物質** Radio active substanceといふ。ラヂウムは最も強い放射能をもつ元素で、これから出る放射線は**α線** α-rays、**β線** β-rays、**γ線** γ-raysの三種である。



Curie
(1867—1934, フランス人)
1898年ラヂウムを發見した。

α線はα粒子と呼ばれる陽電気を帯びたヘリウム原子の流れで、氣體を電気の導體に變ずる作用著しく

磁場によつてその方向が曲げられる。**β線**は陰極線と同様に電子(**β粒子**) β-particleの流れで、その速度は陰極線よりも大きく、従つ



て磁場によりα線とは反対の方向に著しく曲げられる。**γ線**は光やX線と同種類の波動で、その透過力は甚だ強く、磁場によつて方向を曲げられることはない。

35. 原子の崩壊 放射能は物質の温度や化合状態などによつて變化しないからその原因が原子の内部に存在すると見られる。放射性物質の原子は不安定な状態にあつて、その質量の一部が時々爆發的に放出される。これがα粒子である。その結果、原子の残部は化學的性質が變じて新しい原子になるが、これとても猶不安定で、更にα粒子を出して他の原子となり、次第に安定な原子に移つて行くのである。これらの變動に際して電子が放出されるとβ粒子をなすのである。この見解によると、ラヂウム(原子量 226)はウラニウム(原子量 238)の崩壊により3箇のα粒子を出した結果生ずる元素で、原子量はヘリウム(原子量 4)の3箇分だけ少い。ラヂウム原子が更に1箇のα粒子を放出する

とラドン(ラヂウム-エマナチオン)になる。ラドンは温泉中に含まれて屢湧出し醫療用に供せられる。

36. 原子の構造 學者の研究によると、物質の原子は**原子核**或は**陽核**と名づける中心があつてその周圍に一定の軌道を描いて電子が廻轉してゐる状態にある。この電子を**遊星電子**といふ。原子の中で構造の最も簡単なものは水素で、**陽子**と名づける陽電氣を帯びた微粒子が唯1箇で陽核をなしその周圍を唯1箇の電子が廻轉してゐる。水素に次いで簡単なヘリウムでは陽核は4箇の陽子と2箇の電子とから成り、2箇の遊星電子が軌道上を廻轉してゐる。原子量の大きな物質ほど軌道を運行する電子の数が多くそれら電子のもつ陰電氣の量は陽核の陽電氣の量と相等しく全體として原子は中性になつてゐる。

電子の質量は極めて小さく、原子の質量はその核内の陽子の數で定まる。ヘリウムの陽核中には4箇の陽子があるのでその質量は水素の4倍である。遊星電子の數は週期表の順に

従つて1箇づつ増しそれに對する原子核の構造は次第に複雑になる。**原子番號** n といふのは遊星電子が n 箇あることを意味し物質の化學的性質はこれによつて定まる。また**原子量**といふのは陽核内に含まれる陽子の數で定まるもので化學的變化によつて遊星電子に變化があつても原子量は變らないが放射性物質のやうに原子核内の崩壞によつて α 粒子や β 粒子が失はれると物質の本質も變り原子量も變化するのである。

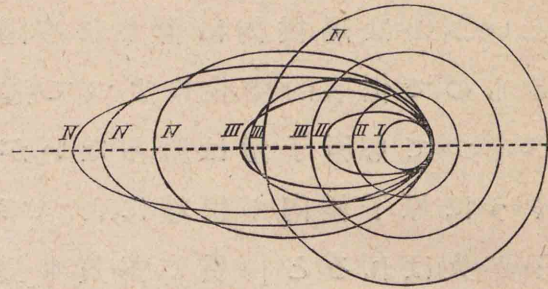
原子核 原子核の構造は甚だ堅固であつて體積も非常に小さく、外力によつてこれを破壊することは至難である。放射性物質の崩壞が溫度・壓力のやうな物理的條件や化學的變化によつて促進又は停止することのできないのはよくこの事實を證してゐる。

近來原子番號の小さい原子に α 粒子を突入させて原子核を破壊して陽子を飛び出させることに成功したので原子核の人工的破壊が可能と見られるに到つたのであるが、これが自由に行はれるに至れば昔の鍊金學者の夢みてゐた鉛のやうな物質から金を得る業も全く絶望とは言ひ得ないことになる。

遊星電子 原子核に比べると、遊星電子の軌道は餘

程大きいものであるけれども、その廻轉速度が大であるために、この軌道内に外物の侵入することはこれまた容易ならぬ難事である。水素原子の半径が約十億分の五cmといはれるのは全くこの電子軌道の半径のことで、軌道から

核に至る中間には何も存在しないのである。さうしてこの軌道内の現象は、一つ



の状態から他の状態に變化する際、連続的に行はれずして一定の量づつ飛躍的に變る所謂量子論の法則によつて支配せられると信ぜられてゐる。

Quantum theory

スペクトル線やX線の輻射などは上の事實を證明するものである。

37. 電子説 精密な實驗の結果によると、電子の質量は $m = 8.8 \times 10^{-28}$ 瓦で、その帯びる陰電氣の量は $e = 4.8 \times 10^{-10}$ CGS 靜電單位である。この電氣量は電氣の最小量であつて、電氣分解の際に一原子が有する電氣量も、任意の導體が帯びる電氣量も、皆この e か又はその整数倍である。さればすべての電氣は必ずこの e の集

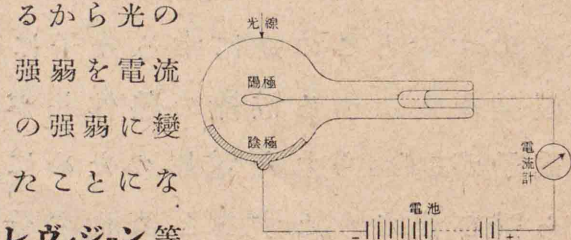
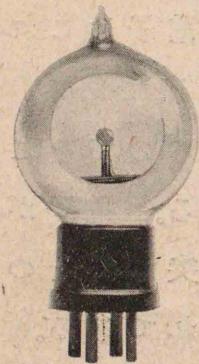
團である。従つて電子は電氣の素であるといへる。

電子は通常等量の陽電氣と共に物體内に存在する。この物體内の電子が減少すると、物體は陽に帯電し、電子が増加すると陰に帯電する。絶縁體の電子は皆分子内に束縛されて容易にその外に出ることができないが、導體内には分子間を自由に運動し得る電子があつて、これを自由電子と名づける。帯電體の近傍に導體を近づけると、その内の自由電子は電壓に従ひ移動して一方に蓄積し、他方に等量の陽電氣を残す。これが電氣の感應である。また導體の輪道に常に一定の電壓を加へると、自由電子はこれに従つて引續き移動する。これが電流である。その移動する速さは電壓に比例するので、そこにオームの法則が成立するのである。電子が流動すると、この途に當る分子に衝突してその振動を大にする。電流の熱作用がこれである。電子が加へられた電壓のために導體の表面から飛び出さうとすると、表面の分子はこれを引留める。しかし導體の温度を高めると、電子の

運動が旺になり、その速度の殊に大きいものは導體の表面から飛び去ることがある。これが**熱電子**であつて、三極真空管などはこの應用である。また真空中で特に大きい電壓を導體に加へれば、これを熱せずとも電子は飛び出して、大きい速度を得る。これが陰極線である。

光もまた自由電子の活動を旺にする。それでカリウム・ナトリウム・ルビヂウム・セシウム等のアルカリ金屬に光を当てるとその中の自由電子が表面から飛び出すやうになる。これを**光電子**といふ。

真空球内に輪形の電極を封入して電池の陽極に繋ぎ管壁にアルカリ金屬の被膜を作つて電池の陰極に繋ぐやうにしたものが**光電管**で、その被膜に光を当てると光の強さに應じて輪道に電流を生ずるから光の強弱を電流の強弱に變じ得る途が開けたことになる。**トーキー**・**テレヴィジョン**等は光電管の應用である。

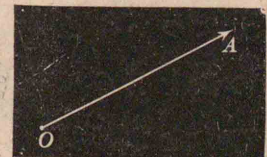


第五篇 力・運動

昔、東海道半月の徒歩旅行が今日では僅か7.5時間の汽車、2.5時間の飛行機旅行とスピードアップされ、各種の機械工業が多量の生産能力をもち、富源の開拓・發掘が著しく容易になり、造船術・航空術が異狀の發達を遂げたのは何れも進歩した**力學**の應用に負ふ。力學は實に物理學の中でも重要な地位を占める部門である。

第一章 力

① **力の圖示** 力を示すにはその**方向**と**大きさ**とを知らねばならぬ。力のやうに大きさと方向とで示される量をすべて**ベクトル**といふ。力を圖示するには、力の**作用點**(着力點)からその方向に直線を引き、その長さを力の大きさに比例させ、その端に矢印を付ける。これを力の**作用線**といふ。力に限らずベクトルを圖示するには皆このやうにする。

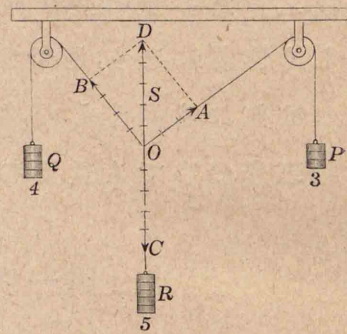


力の圖示
Oは作用點、OAは方向、OAの長さは力の大き

力の大きさ・方向及び作用點の三つを**力の三要素**と名づける。

2. 力の合成と分解 二つ以上の力に代用できる一つの力(合力)を求めることを力の合成といひ、一つの力をそれと代り得る二つ以上の力(分力)に分けることを力の分解といふ。

実験 圖のやうな装置で三つの錘が動かなくなつたとすると、 OA の方向に 3, OB の方向に 4 だけの力が働いた結果は OD の方向に 5 だけの力の働いたのと等しい効果をもつことがわかる。



上のやうな実験の結果から

同一点 O に働く二力の合力は、二力を表はす直線 OA , OB を二邊とする平行四邊形の点 O を通る對角線で表はされる。

(力の平行四邊形の法)
Parallelogram of forces

三つ以上の力の合力を求めるには、先づその中の二力について上の法を行つて合力を求め、更にこれと第三力との合力を求める。次々



左圖は力の合成の例で力 OC が OA , OB の合力である。右圖は力の分解の例で力 OA を水平と鉛直との二分力 OB , OC に分けたものである。

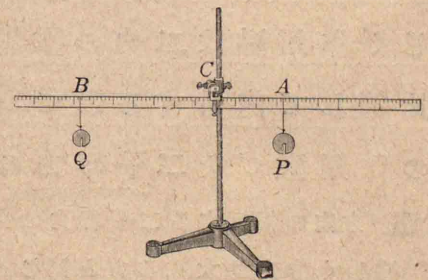
にこの方法を繰返して最後に得た合力がすべての力の合力である。

圖 1. 一つの力を二力に分解する仕方は無数にある。一つの分力の方向が與へられても分解の仕方は無数にある。一分力の大きさと方向とが與へられると、分解の仕方は一通りしかない。考へよ。

圖 2. 水平に張つた綱は重いものをかけるのにピンと張つてある場合とたるんでゐる場合とで何れが切れ易いか。

3. 力の能率 物を廻す働きの大小は力の能率の大小による。

力の能率とは作用する力の大きさと廻轉の軸から力の作用線までの垂直距離との積をいふ。



分銅 P , Q の位置を變へて何回も釣合せて見ると、 CA と CB との長さが常に P と Q との重量に反比例することがわかる。

右圖のやうな装置で C を支點として右に廻す力の能率は $P \times CA$ で、左へ廻す能率は $Q \times CB$ である。さうして

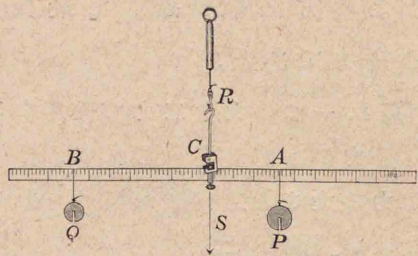
$$P \times CA = Q \times CB$$

の場合には右へも左へも廻轉しないで釣合の状態になる。

圖 秤で物を秤るに一方が重すぎると秤は傾いたまゝ釣合ふ。何故秤が棒立になるまで廻らないか。

4. 平行力の合力

実験 右の圖のやうな装置で左右の能率が釣合つたとき支點 C をゼンマイ秤に吊つて見ると秤の読みは棒と吊り鉤の重量の外



に P と Q との和 R だけの力がかゝつてゐることを示す。

この實驗から方向の同じ二平行力 P, Q の合力はその大きさ P, Q の和に等しく、方向は二力に同じく、作用點は二力の作用點 A, B 間を P, Q に反比例して内分する點であることがわかる。この作用點 C を二平行力の中心といふ。

Center of parallel forces

問 「方向の相反する二平行力の合力はその大きさは二力の差に等しく、方向は大なる力と同じく、作用點は二力の作用點間を二力の反比に外分する點である。」この事を上の實驗から説明せよ。

5. 偶力 Couple

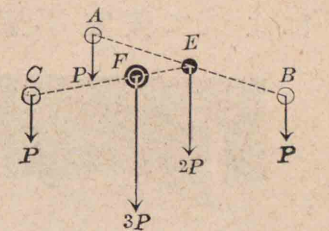
大きさが等しく方向が相反する二つの平行力を偶力といふ。偶力が物體に働くと物體は廻轉する。

錐を揉むとき、鍵を廻すときなどがそれである。偶力の能率は二力の作用線間の距離とその一つの力との積に等しい。

問 偶力の能率は廻轉の軸を何所にとつても變化しない。式と圖とを用ひてこれを證明せよ。

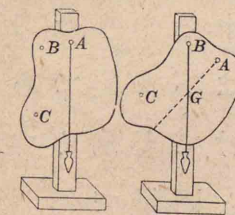
6. 重心 物體の各部に働く重力の方向は

皆鉛直で、これら平行力の合力が物體の重量になるのである。それで物體の重量はこれら平行力の中心に働くものと見做される。この中心



A にも B にも C にも重力 P が働くときその合力は F にかゝる $3P$ である。

を重心といふ。物體を一點 Center of gravity

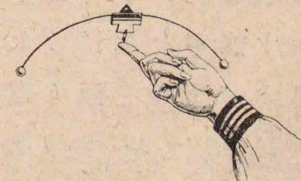


鉛直線 A と鉛直線 B との交點 G が重心である。

で吊るか支へるかしたとき物體が靜止すれば、重心は吊つた點か支へた點の眞下又は眞上にある。

また重心に軸を通して物體を支へると振動することなくどんな姿勢にでも停る。規則正しい形をもつ薄い板の重心は容易く求められる。圓及び正多角形では重心は中心に一致し、任意の三角形では重心は中線の交點になる。

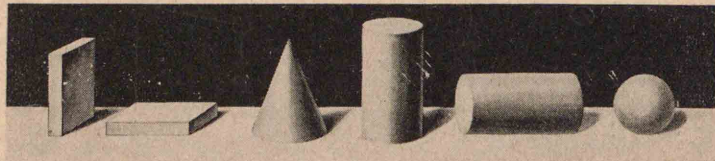
問 1. 彌次郎兵衛の重心はどこにあるか。



問 2. 長さ 1 m の一様な棒の一端に 240 g の物體をかけ、その端から 10 cm

の點を支へたら、棒は水平に保たれた。この棒の重量は幾らか。

7. 物體の坐り 物體にはその坐りの良否
Stability
 によつて安定・不安定・中立の三つの場合がある。
Stable Unstable Neutral



物體を極少し傾けたとき、元の姿勢に戻すやう

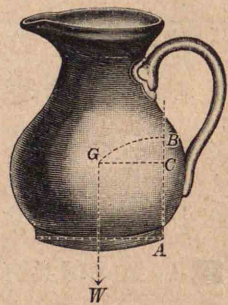


重心を通る鉛直線が基底を通るやうに體を傾ける。

な力が働くものは安定であつて、益、倒れるやうな力の働くものは不安定である。また傾けても働く力の關係が前と同様である

ものは中立の坐りである。

圖のやうな水差の上部を右方へ押してこれを倒さうとすると、重心 G は A 點を中心とする圓弧 GB を描き A の眞上 B に来る。重心が B に来る前に手を放すと重力は左へ廻す能率を生じて水差を舊位置へ戻すが、 B 點を通り越すと水差は右側へ倒れる。



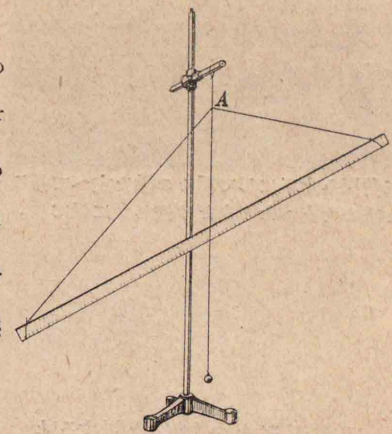
物體はその基底の廣いほど、重心が低いほど、又その質量が大であるほど、安定の度が大である

生徒實驗 10 重心

目的 重心についての知識を確實にする。

I. 物指の重心。

1 米尺の兩端を 1.3m 程の絲の兩端に結び、別に小さい鉛球を下端に附けた絲を圖のやうに前の絲の中途に結んでその上端を吊る。この時結び目 A を左右に滑らし各の場合に於ける鉛球の絲の通る米尺の目盛を讀め。



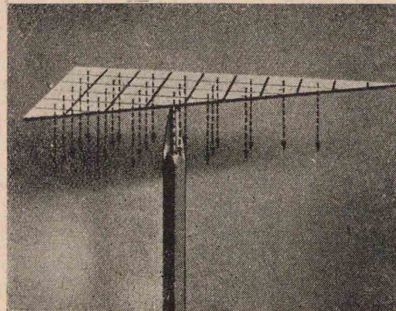
II. 五徳の重心。



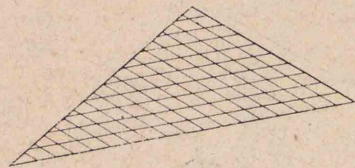
五徳・南京椅子のやうな稍複雑な形のものを取り、その任意の點を鉛球をさげた絲の途中に結んで吊り下げ、下方で絲の觸れる部分へ萬創膏で絲を貼りつけて残りを切り去る。再び他の點に残りの絲を結んで吊り下げ、前と同様に絲をとめると、二つの絲の交はる點はその物の重心である。

III. 三角形・四角形の重心。

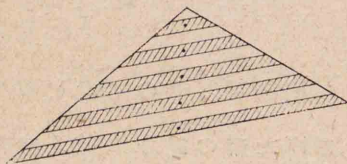
厚紙で三角形・四角形等を作つてその重心を實驗的に探し次に理論的に作圖から重心を求めて兩者が一致するか否かを確める。



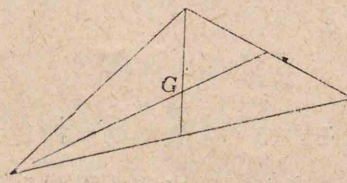
三角板を水平にして種々の點を支へて見ると重心を支へたときだけ傾かずに保てる。



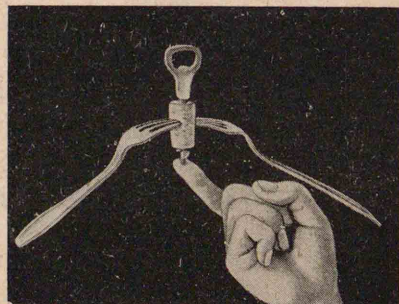
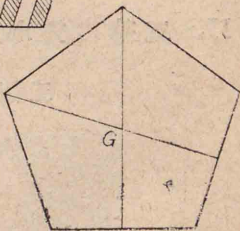
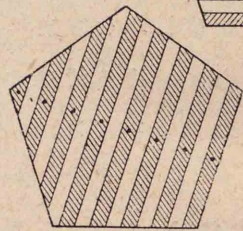
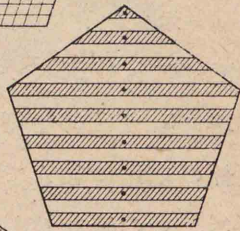
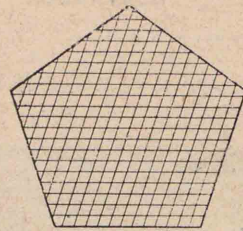
三角形を上りの如く分割すると



各小片の重心はその中點にあるから

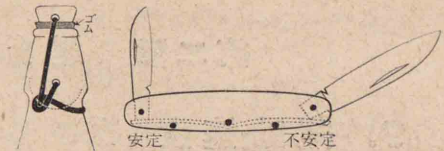


中線の交點 G は三角形の重心である。



一種の彌次郎兵衛であつて、如何に傾けても安定の釣合にある。

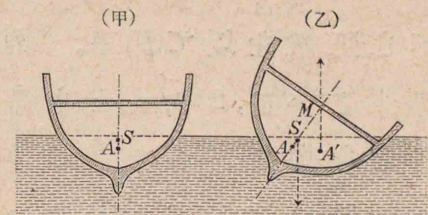
物體に重力以外の力が働いてゐると安定不安定がそれらの力によつても左右せられる。



弾力による安定・不安定

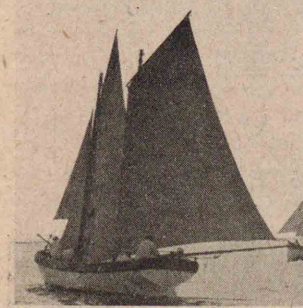
8. 浮體の釣合 船舶などが水面に靜止する

場合には、圖の(甲)のやうに重心 S と浮力の中心 A とが同一鉛直線上にあるが、これ



が少し傾くと(乙)重心 S はその位置が變らないのに浮力の中心 A は傾いた側 A' に移動し重力と浮力とが偶力をなして船を舊位置に復するのである。この時は安定である。浮體が傾いた

際、重力と浮力との關係が更にその傾斜を増させるやうな偶力をなすと浮體は顛覆する。船の積荷は多く船底へ入れ、ヨットの底には錘をつけて重心を下げる。



- ① 浮力の中心 Center of buoyancy 浮體が排除した液體の舊位置に於ける重心。
- ② 傾心 Metacenter A' を通る鉛直線と AS との交點 M をいふ。これが S より上方にあれば船は舊位置に復するが下方にあれば危険である。

第二章 運動の法則

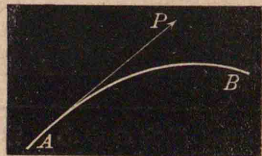
9. 運動・速度 物體が時間と共に位置を變へることを運動といふ。運動には必ず方向があり又速さがある。速さは單位時間に通過すべき距離を以て測る。例へば毎秒25米或は25秒米といひ、 $25\text{m}/\text{sec}$ とも書く。運動の方向と速さとを併せ考へたものを速度といふ。

物體の速度が變じないときは物體は同じ速さで一直線に進行する。これを等速度運動といふ。この場合に物體の速さを毎秒 v 糎とすれば、 t 秒間に通過する距離 s は

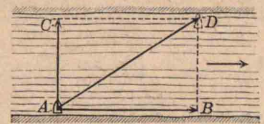
$$s = vt$$

停車場を出發した列車は初め徐に動き次第に速さを増し、その方向も刻々變化する。このやうな運動を不等速度運動といふ。

このやうに時と共に速度の變る運動の或瞬間に於ける速度は、その瞬間の運動状態をそのまま單位時間だけ變化しないで續けた場合に通過すべき距離と方向とで示す。速度 x 秒糎といふのは實際1秒間に x 糎進む意味ではない。



運動も速度も共にベクトルであつて、前に述べた力の場合のやうに平行四邊形の方法で合成及び分解を行ふことができる。



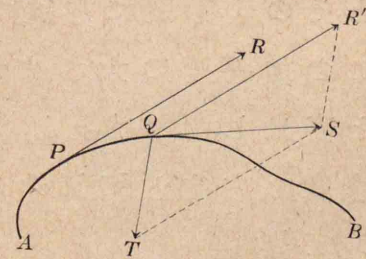
川の流れ AB に垂直な方向 AC に漕ぐ船は事實 AD の方向に進む。

問1. 鉛直速度 $1.6\text{m}/\text{sec}$ で上昇する氣球が、水平の風に吹き流されて地面と 60° の傾きをなして走るといふ。風と氣球との速度を作圖によつて求めよ。

問2. 風のないとき、進行する汽車中に坐する人は、窓外の雨の線をどんな方向に見るか。圖を描いて説明せよ。

10. 加速度 地表に近い雨滴のやうに等速度運動をするものは稀で、運動する物體の速度は一般には常に變ずるものである。

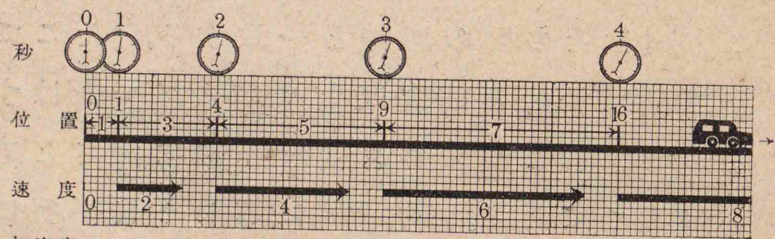
例へば右圖のやうに物體が曲線 AB に沿うて進むときは、その各點に於ける速度の方向は、その點の切線と一致する。



そこで P, Q 二點に於ける速度は夫々 PR, QS で表はすことができる。これらの速度は、一般に大きさと方向とが違つてゐる。今 PR に等しく且平行に QR' を引き、平行四邊形 $QR'ST$ を作ると、 QS は QR'

即ち PR と QT との合速度と見做されるから、速度 QT は物体が P から Q に進む間に新に得た速度である。一般に時間に對する速度の變化の割合を **加速度** Acceleration といひ、單位時間に於ける速度の變化でこれを測る。それで加速度にもまた大きさと方向とがある。曲線運動をなす物体の速度と加速度とはその方向が常に異なる。

運動體の加速度が速度と方向を同じくするときはその運動は直線運動になる。眞直な線路を進む列車はその例で、列車の初めの速度が 50 cm/sec 、1 秒後に 70 cm/sec の速度をもつたとすると、その 1 秒間に加はつた速度は 20 cm/sec である。この加速度の大きさは **毎秒 20 秒纏** 又は **20 秒々纏** と表はし、 20 cm/sec^2 と書く。加速度の方向が速度の方向と相反するときは速度は次第に減少する。



加速度 (2-0) (4-2) (6-4) (8-6)
等加速度運動の 1 秒毎の位置と速度とを示す。

すべて等速度運動は加速度を伴はず、加速度をもつ運動は不等速度になる。さうして加速度にも **等加速度** と **不等加速度** とがある。

今一直線上に毎秒 a 秒纏の等加速度で運動する物体の t 秒間に變化する速度の大きさを v 秒纏とすれば

$$v = at \quad (\text{速度の變化}) = (\text{加速度}) \times (\text{時間})$$

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

$$v = v_0 + at$$

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

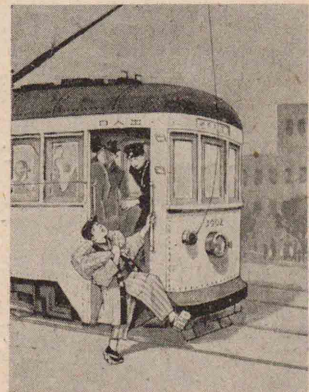
三
學
期

11. 慣性の法則 物体がその運動状態を持続しようとする性質を **慣性** Inertia といふ。一般に

外から力を加へない限り、静止せる物体は引續き静止し、運動せる物体はその速さで一直線に進行する。

(慣性の法則又は運動の第一法則)
Law of inertia First law of motion

容易に動かし難く、容易に停め難いものは慣性が大きいといふ。即ち質量の大なるものはその慣性が大である。疾走中の電車などから飛び降りることは危険である。特に後向きは悪い(何故か)。



- ① 不等加速度運動は本書の程度では取扱はない。
- ② 慣性については小學校に於ても既に學んだ所である。

12. 運動の法則 一般に

物体に力を加へると力の方向に加速度を生ずる。その加速度と物体の質量との積は加へた力に比例する。

(運動の法則 又は 運動の第二法則)
Law of motion Second law of motion

CGS 制では 1g の質量に加はつて 1cm/sec² の加速度を與へる力を力の単位とし、これを **ダイン** と名づける。ダインは力の絶対単位である。そこで質量 m 瓦の物体に働いて a 秒々糧の加速度を與へる力 f は ma ダインである。即ち



Newton
(1642-1727, イギリス人)

$$f = ma \quad \text{或は} \quad a = \frac{f}{m}$$

13. 運動量 運動する物体の質量と運動の速度との積をその **運動量** といふ。
Momentum

今速度 v_0 秒々糧で進行してゐる質量 m 瓦の物体に同じ方向へ f ダインの力が t 秒間作用した結果、その速度が v 秒々糧になつたとすると

$$f = ma \quad a = \frac{v - v_0}{t}$$

$$\therefore ft = mv - mv_0$$

t 秒後の運動量 最初の運動量

また作用した力の大きさとその時間との積 ft は **力積** といふ。それで物体に加へた力積は力の加はつた前後の運動量の變化に等しいといへる。



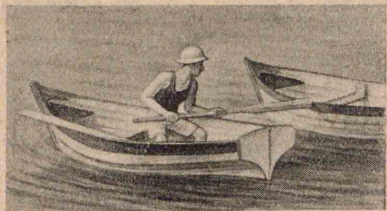
鍛冶屋の用ひる槌は運動量を大にするやうに作つてある。

式 $ft = mv - mv_0$ の變化とその意味

$v_0 = 0$ 静止してゐる物体を動かすには	$ft = mv$ 急に動かすほど大きい力を要し、物体の質量が大なるほど大きい力を要する。
$v = 0$ 運動してゐる物体を止めるには	$-ft = mv_0$ その質量の大なるほど、速度の大なるほど、また急に止めるほど、大きな力を要する。
$f = 0$ 外から力が加はらなければ	$mv = mv_0$ 運動量が變らない。 $v = v_0$ 速度も變らない。
$v < 0$ 運動の方向を逆にさせるのは	$-ft = m(v + v_0)$ 前後の運動量の和に相當する力積を加へねばならない。速度の大きさを前と等しくするには $-ft = 2mv_0$ となる。

打撃・衝突等の場合には所要時間が極めて小であるから一定の運動量の變化についても非常に大きな力が現はれる。

14. 反作用の法則 甲の船に乗つてゐる人が乙船を押すと、甲船も乙船から押され、ブランコに乗つて隣りの者を引くと相手からもまた引かれる。このやうに力はいつも相手なしに單獨に働くことはない。今甲が乙に及ぼす力を作用とすれば、この同じ力の乙から甲に及ぶのが反作用である。(6頁参照)

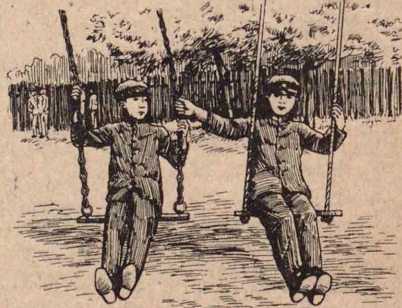


Action

Reaction

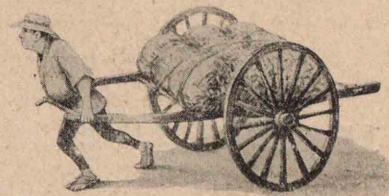
作用と反作用とは大きさが相等しく方向が相反する。
(反作用の法則又は運動の第三法則)
Law of reaction Third law of motion

動物はその歩行・跳躍・游泳・飛行等に際して何れも反作用を利用する。人が車を曳出すとき、車に及ぶ力を作用とすれば反作用は人が受けるのである。作用と反作用とは等しくてもそれを受けるものは別々のものであるからその結果車が動いても不思議はない。車が進めば力



一つのブランコに乗つてゐる甲の人が、隣のブランコに乗つてゐる乙の人を引くと、乙は甲の方へ動くけれども、甲もまた乙の方へ動く。

は作用しなくなるから人は更に前進して車に力を加へる。このやうなことを繰返して人は車を曳き進むのである。



- 問1. 釘を打つに槌を用ひるが槌で釘を押しつけてもよくは入らない。何故か。
- 問2. 980cm/sec^2 なる加速度を米と分との単位を用ひて表はせ。
- 問3. 質量 25g の弾丸が $\frac{1}{25}$ 秒間に銃身を通過し、出口で 800m/sec の速度を得たとすれば、弾丸に作用した平均の力は幾ダインであるか。
- 問4. 900cm/sec の速さで直線に運動する質量 500g の物体がある。(1)これを静止させるには 2500 ダインの力を何秒間加へたらよいか。(2)運動体と同方向に 2500 ダインの力を 20 秒間加へると幾らの速さになるか。
- 問5. 5000kg の砲から 50kg の砲弾を 600 秒米の速度で打出すと砲の後退する速度は何程か。
 $50 \times 600 = 5000 \times V$
 $V = \frac{50 \times 600}{5000}$
- 問6. 茶碗を畳の上に落しても割れないが、石の上に落すと容易に毀れるのは何故か。
- 問7. 車上の人が車體を押しても進行しないのに車上に居て車輪を廻せば進む。何故か。また自転車はどうして進むか。

運動の三法則 慣性の法則(運動の第一法則)、運動の法則(運動の第二法則)、反作用の法則(運動の第三法則)を總稱してニュートンの運動の三法則といふ。

第三章 諸種の運動

15. 落體 地球上の物體はその質量が大



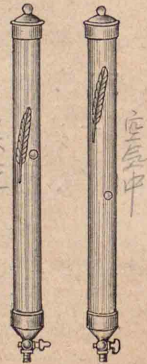
Galileo

(1564-1642, イタリア人)

きくても小さくても一定の加速度で落下する。この加速度を通常 g で表はす。この実験はガリレオがピサの斜塔で初めて行つたといはれてゐる。その後の正確な測定によると落體の加速度 g の値は場所によつ

て幾分の相違がある。日本では約 $980\text{cm}/\text{sec}^2$ である。物體が地球の中心に向つて

落ちるのは物體に重力が働くからで、落體の加速度が一定なのは質量の大なるものにはそれに應じた大きな重力が作用するからである。即ち重力は物體の1瓦當り g ダインづつの割合で働くのである。それで m 瓦の物體に働く重力を W ダインとすれば



落體の實驗

$W = mg$

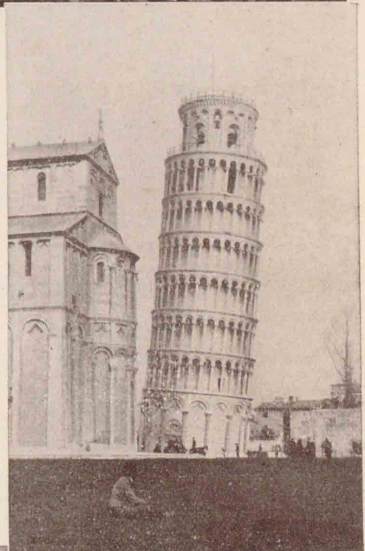
物體の重量といふのはこの力のことである。

100g の物に働く重力 = 100g が大きい
 $W = 100 \times 980 \text{ ダイン} = 98000 \text{ ダイン}$

ガリレオ

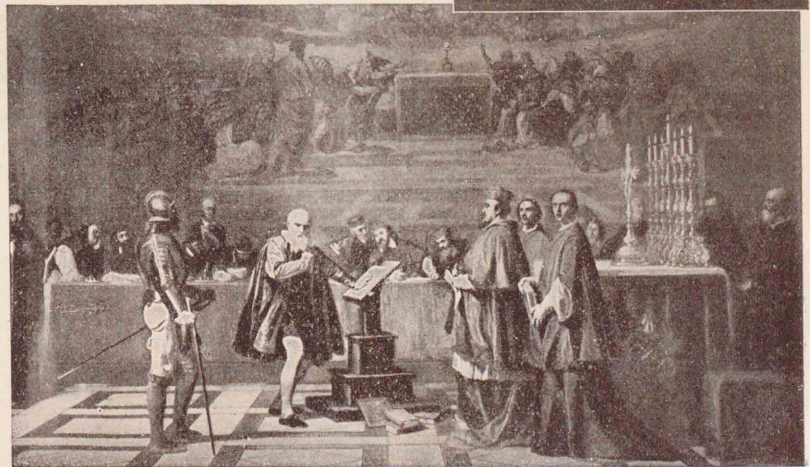


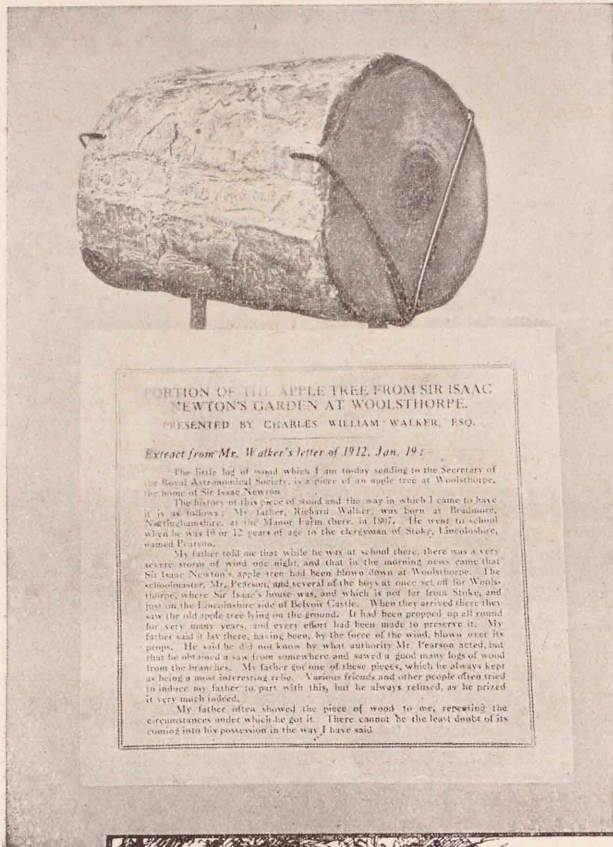
↑ガリレオが斜面を使つて落體の實驗を行つてゐるところ(壁畫)で、中央の後方に立つてゐるのがガリレオである。(1590年頃)



ガリレオは物理学では特に實驗が必要であることを知り、ピサの斜塔(右圖)に於て落體の速さに關する實驗をなしたと傳へられてゐる。ガリレオは實に今日の物理学の基礎を造つた大理學者である。

↓1633年ローマに於て判官の前に寺院の命ずる所を信仰しコペルニクスの説を唱導せざることを誓はしめられた。





PORTION OF THE APPLE TREE FROM SIR ISAAC NEWTON'S GARDEN AT WOOLSTHORPE. PRESENTED BY CHARLES WILLIAM WALKER, ESQ.

Extract from Mr. Walker's letter of 1912, Jan. 19:-

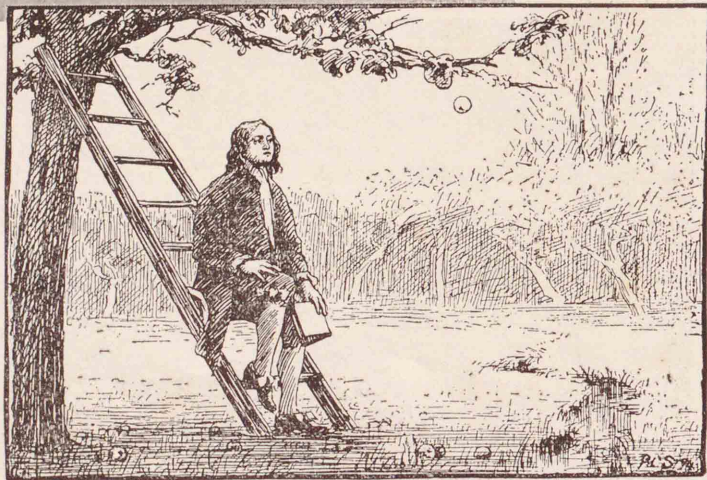
The little bit of wood which I am today sending to the Secretary of the Royal Astronomical Society, is a piece of an apple tree at Woolsthorpe, the home of Sir Isaac Newton.

The history of this piece of wood and the way in which I came to have it is as follows: My father, Richard Walker, was born at Bradmore, Northamptonshire, at the Manor Farm there, in 1707. He went to school when he was five or 12 years of age to the clergyman of Stokely, Lincolnshire, named Pearson.

My father told me that while he was at school there, there was a very severe storm of wind one night, and that in the morning news came that Sir Isaac Newton's apple tree had been blown down at Woolsthorpe. The schoolmaster, Mr. Pearson, and several of the boys at once set off for Woolsthorpe, where Sir Isaac's house was, and which is not far from Stokely, and just on the Leicestershire side of Belvoir Castle. When they arrived there they saw the old apple tree lying on the ground. It had been gnawed up all round for very many years, and every effort had been made to preserve it. My father said it lay there, having been, by the force of the wind, blown over its prop. He said he did not know by what authority Mr. Pearson acted, but that he obtained a saw from somewhere and sawed a good many logs of wood from the branches. My father got one of these pieces, which he always kept as being a most interesting relic. Various friends and other people often tried to induce my father to part with this, but he always refused, as he prized it very much indeed.

My father often showed the piece of wood to me, repeating the circumstances under which he got it. There cannot be the least doubt of its coming into his possession in the way I have said.

← ニュートンが
風の無い日に
林檎の木から
落ちるのを見
て地球の引力
を発見したと
いはれてゐる
有名な話のそ
の林檎の木で
ある。



それで $g = 980 \text{ cm/sec}^2$ の場所では 1 g の重量は 980 ダインに相当する。

16. 萬有引力 ニュートンは宇宙間の萬物は皆相互に引合つてゐることを発見しそれに**萬有引力**と名づけ、次の法則を確定した。

Universal gravitation

二物體間の萬有引力はその質量の積に比例しその距離の自乗に反比例する。 (萬有引力の法則)
Law of universal gravitation

この法則は物質の種類や状態には無関係である。月が地球の周囲をめぐつて遠く去らず、地球や金星・火星等の遊星が太陽の周囲に一定の運行を続けるのは全くこの法則に従ふ引力があるからである。

質量が m 瓦及び m' 瓦なる二物體が r 厘の距離にあるときの萬有引力の大きさは

$$\frac{1}{15000000} \cdot \frac{mm'}{r^2} \text{ ダイン}$$

である。机上に置いた白墨と鉛筆との間にもこの力が働いてゐるのであるがその値が小さいため摩擦に打ち勝つて運動を起すに到らないのである。

重力は萬有引力の一例で、上式中 m' 及び r に地球の質量と半径とを用ひれば、その加速度 g は

$$g = \frac{1}{15000000} \cdot \frac{m'}{r^2}$$

となるのである。それで物體の重量はその質量 m に比例することになる。

17. 落體の公式 落體は毎秒 g 秒糶づつその速度が増すから落ち始めて t 秒後の速度を v 秒糶とすれば

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

その t 秒間の平均速度は $\frac{gt}{2}$ 秒糶であるから t 秒間の落下距離を s 糶とすると

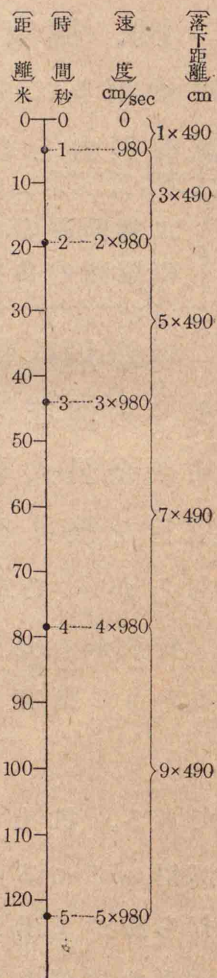
$$s = \frac{1}{2}gt^2 \quad (2)$$

それで落體の1秒毎の位置を検すると右の圖のやうになる。

上の(1)と(2)との式から t を消去すると

$$v^2 = 2gs \quad (3)$$

或高さに静止する氣球から落した報告筒が10秒間で地面に達した。この氣球の高さは幾らか。



g の値は直接實驗にかけても大き過ぎて觀測が困難である。ガリレオは斜面に沿うて球を轉がし上の式が正確に成立つことを實驗した。

18. 鉛直な拋物 物體を速度 v_0 秒糶で眞上に抛つ場合には、速度は毎秒 g 秒糶だけ減るから、 t 秒後の速度 v は

$$v = v_0 - gt \quad (1)$$

この t 秒間の平均速度は $\frac{1}{2}(v_0 + v) = v_0 - \frac{1}{2}gt$ であるから、物體が t 秒間に通つた距離 s は

$$s = v_0t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (2)$$

上の(1)と(2)との兩式から t を消去して

$$v^2 = v_0^2 - 2gs \quad (3)$$

この物體が達することのできる最大の高さは、(3)式で $v=0$ としたときの s の値に等しい筈である(何故か)。即ち

$$s = \frac{v_0^2}{2g} \quad (4)$$

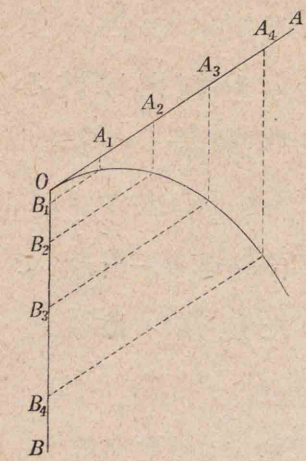
次に物體が速度 v_0 で眞下に投げ落された場合について上の(1)(2)(3)と同様の式を求めると

$$v = v_0 + gt$$

$$s = v_0t + \frac{1}{2}gt^2$$

$$v^2 = v_0^2 + 2gs$$

19. 斜な拋物 小石・ボールなどを斜に投げ上げると次の圖に示すやうな曲線を描く。一定の速度 OA_1 で投げられたものは、他の力が



作用しなければ、慣性の法則通り等速度運動をなして1秒の後 A_1 に、2秒の後 A_2 に、3秒、4秒の後には夫々 A_3, A_4 に達する筈である。又この物体が単に落下する場合には落體の法則に従つて1秒後は B_1 に、2秒後は B_2 に、3秒、4

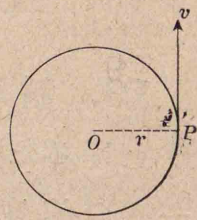
秒の後には B_3, B_4 に達する筈である。實際に於てはこの二つの運動を同時にするから、平行四邊形の法で毎秒の位置を求め、圖のやうな曲線の路を通ることを知る。この種の曲線を**拋物線** Parabola といふ。

圖1. 高塔の頂から水平に發射した彈丸と同じ場所から自然に落下した彈丸とは何れが早く地に達するか。

圖2. 花火を打上げたのに4秒の後最高に達して爆發した。その高さは幾らか。また打上げた最初の速度は幾らか。

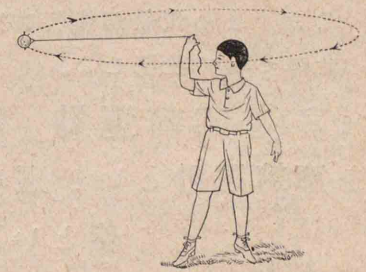
20. 圓運動 圓を描く運動を**圓運動** Circular motion といふ。

圓運動に於てはその方向が絶えず變るから等速であつても速度は常に異なる。運動の法則によればかやうな物体には力が絶え



ず加はつてゐる筈である。

錘を絲の一端に附して振り廻し圓運動をさせると手が絶えず錘を引くのを覺える。即ち圓運動をする物体には中心に向ふ力が働いてゐるのである。これを**求心力** Centr. petal force といふ。この求心力が錘に働いて中心に向ふ加速度を生ずるから錘は絶えずその方向を變ずるのである。

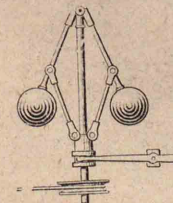


圓運動の實驗

計算の結果によると、半径 r 糧の圓周上を速さ v 秒糧で運動する質量 m 瓦

の運動體の求心力は $\frac{mv^2}{r}$ **ダイン** となる。

圓運動をする物体がその求心力を失ふと直ちに圓の切線の方へ飛び離れる。

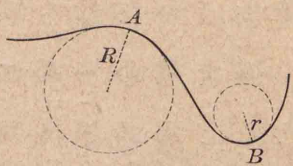


調整機

濡れ物の水をきるために用ひる機械や密度の違ふ液體を分離するに用ひる機械は何れも上の性質を利用するのである。圓滑な廻轉を要するものに用ひられる調整機もこの理による。

遠心力 Centrifugal force 圓運動をする物体を釣合つてゐるやうに見做すために求心力と大きき相等しく方向反對の力を想像し、これを遠心力といふ。

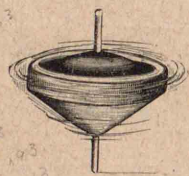
曲線運動もその小部分を取れば圓運動の一部と見做すことができる。例へば右



の圖のAでは半徑Rの圓運動と見られ、Bでは半徑rの圓運動と見られる。

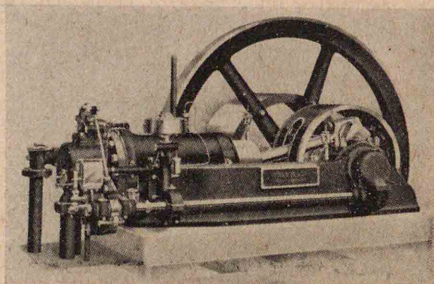
圖 汽車がカーブを曲るときの求心力につき圖を描いて説明せよ。また汽船が進行方向を變ずるときの求心力と船の傾きについて説明せよ。

21. 迴轉運動 獨樂や水車のやうな運動を迴轉運動といひ、迴轉運動をする物體を迴轉



體といふ。迴轉體の各部はその軸の周りに等しい迴轉數の圓運動をし、その速さは軸からの距離に比例する。

ハズミ車のやうに軸から遠い部分に大きな質量をもつ迴轉體は、その運動量が大であつて加はる力が多少變化してもその速さを急激に變へない性質があるので運動を



圖は瓦斯機關で大きな車がハズミ車である。

圓滑ならしめる。尙迴轉體にはその姿勢を保

つ性質がある。それは運動量の異なる迴轉體の軸の方向を變へることは各部の運動方向を一齊に變へることになるからである。

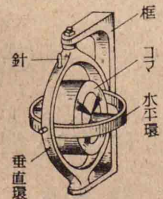
圖 自轉車は疾走中は倒れないけれども、停ると直に倒れる。何故か。

22. ジャイロスコープ 金屬製の質量の大

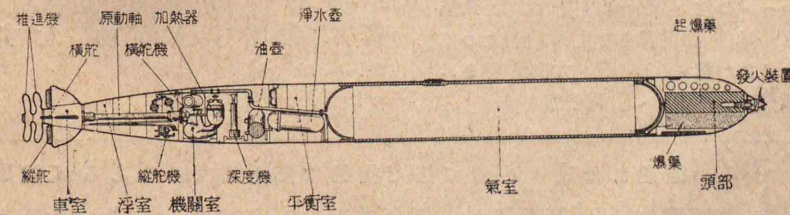
きな獨樂を互に直交する軸受で圖のやうに金屬環につけて支へ、獨樂が自由の姿勢で迴轉し得るやうにしたものをジャイロスコープといふ。ジャイロスコープの運動には次のやうな特性がある。



(1) 急速に迴轉するジャイロスコープは外側の環を如何に動かしてもその軸の方向を變へない。魚形水雷の操舵装置にはこの性質が利用せられてゐる。

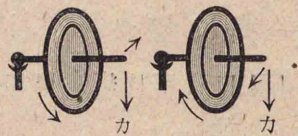


(魚形水雷の構造と操舵機の獨樂)

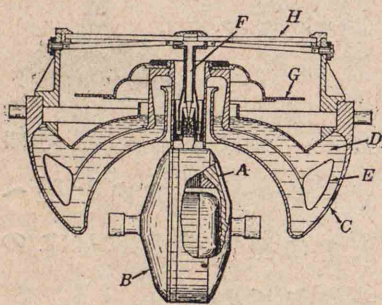


(2) 迴轉するジャイロスコープの軸の一端に錘をかけ

てこれを真下へ向けようとする、その結果は軸及び力の方向と90°だけ異なる水平面内の廻轉を起す。それで軸を東西にして廻轉するジャイロスコープは地球自轉のためにその東側が絶えず下へ押し下げられることになるから軸は水平面内で廻轉して南北を指すやうになる。



羅針盤の代りに用ひるジャイロコンパスは上の理によつて作られたもので、電動機で獨樂を廻轉させ、それを水銀槽中にある浮きによつて



ジャイロコンパスの主要部分
 A: ジャイロスコープ B: ジャイロスコープの箱 C: 水銀槽 D: 水銀 E: 浮き F: 浮きを支へる針(この部を電流が通ずる) G: 方位盤(浮きに取り付けてある) H: 硝子窓

自由の姿勢を取り得るやうにしてある。左の圖はジャイロコンパスの一種についてその主要部分を示す。

獨樂の一部に重い箇所があると、廻したとき俗に謂ふ“味噌すり運動”をす

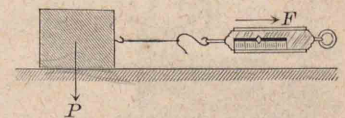
る。
 物體の運動には種々あつて甚だ複雑に見えるものもあるが、結局進行運動と廻轉運動との組合されたものに外ならないのである。

23. 摩擦 机上の本は机を少し位傾けても滑り動かない。これは机と本との接觸面でも摩擦があるからである。摩擦は物體を滑り動かさうとして加へた力に對して抵抗する力で滑り出すまでは加へた力に等しく逆向きに働く。しかし摩擦には限度があつて滑らさうとする力が一定の大きさに達すると摩擦はそれに打ち勝つことができず物體は滑り出す。この極限の摩擦を**最大摩擦**といふ。實驗によると

二面間の最大摩擦は接觸面の種類によつて異なるが、これが一定の場合には接觸面間の全壓力に比例し接觸面の大小には關係しない。(モランの法則) Morin's law

最大摩擦(F)と接觸面間の壓力(P)との比をその接觸面の**摩擦係數(k)**といふ。

Coefficient of friction



$$F = kP$$

また机上にある質量 m 瓦の物體が机を θ 度傾けたとき滑り出したとすると、この場合

$$F = mg \sin \theta, \quad P = mg \cos \theta$$

$$\text{摩擦係數 } k = \frac{F}{P} = \frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \tan \theta$$

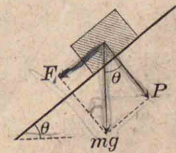
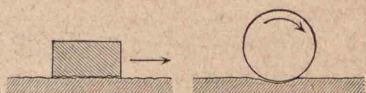


図1. 机上の物体を棒で突いて滑らすのに棒の傾きが水平と45°以下でないとき動き出さぬといふ。この場合の摩擦係数は幾らか。

物体が廻轉するときにもまた一種の摩擦があり、これを廻轉摩擦と名づける。廻轉摩擦は一般に滑り摩擦に比して著しく小さい。すべて摩擦は接觸面の凹凸

を超えるために要する力であつて、滑り摩擦では接觸面の粗いほど、廻轉摩擦では接觸面の柔いほど、その摩擦が大である。



大きな滑り摩擦を小さい廻轉摩擦に變へるためには鋼球や鋼圓壺が用ひられる。

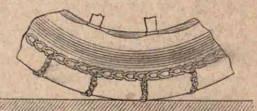


アメリカンインド人が摩擦によつて火を造る。

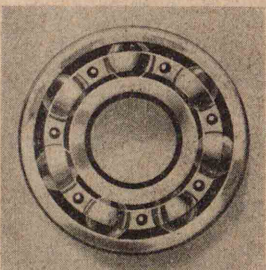
また接觸面の凹凸を平滑にするためには脂油・石墨・蠟などの滑劑も用ひられる。

Lubricant

図2. 摩擦が若しなかつたら吾等の生活にどんな不便が生ずるか。



自動車のタイヤの面には凹凸があるが、それでも滑るときは鎖を巻く。



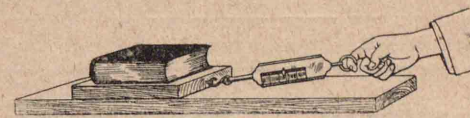
ボールベアリング

生徒実験 11 摩擦

目的 最大摩擦と壓力との關係を確め卑近の例について摩擦係数を測定する。

I. 接觸面の種類を一定にして。

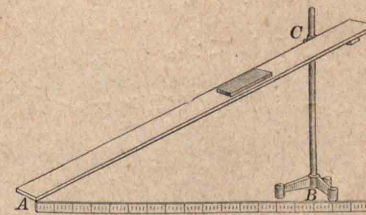
斜面の實驗に用ひる長い木の板と同じ木で作つた小板とを用意し小板には環を附けてゼンマイ秤で水平に引けるやうにする。



- 1 最初小板に或重さの物を載せてゼンマイ秤で水平に引いて動き出すときの力(最大摩擦)を測り、大體等しい結果を得ることを確めるまで繰返し行へ。別に天秤で小板と載せた物との重さ(即ち接觸面の壓力)を測る。
- 2 上の實驗を重さを變へて4回測定し、夫々表に記入した上、最大摩擦と接觸面の壓力との比が大體一定になることを確めよ。

II. 接觸面の種類を變へて。

- 1 斜面用の板の上に厚板を載せ斜面の傾きを次第に増して厚板が滑り出したときの位置に止め、高さBCと底邊ABとの比を求めると、それがこの場合の摩擦係数である。



- 2 接觸面にボール紙・眞鍮板・亜鉛板などを貼りつけてそれらの間の摩擦係数を測定し、夫々表に記入せよ。

昭和 年 月 日 【実験記録】 共同実験者

I. 板()と板()との間の摩擦

最大摩擦				
接触面の圧力				
上の比				

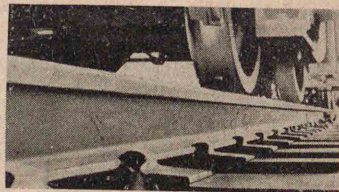
II. 斜面用板()と種々の物質との間の摩擦係数

物質	1 回	2 回	3 回	平均
板()				
亜鉛板				
真鍮板				
ボール紙				

問1. 機関車はその重量が大である必要がある。何故か。

機関車よりも重量の大きな列車が機関車に曳かれて進むのはどうしてか。

また冬霜や氷でレールの滑り易いとき車輪の空廻りを防ぐため機関車にはどんな装置があるか。

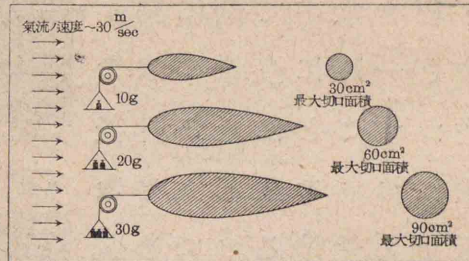


問2. 同じ物体でも長く一ヶ所に置くと摩擦が大になる。また何回も摩擦の実験を繰り返してみると摩擦係数の値は次第に減ずる傾きがある。これは何故か。

24. 流体の抵抗 流体中で物体が運動する場合には流体の抵抗を受ける。実験の結果によると

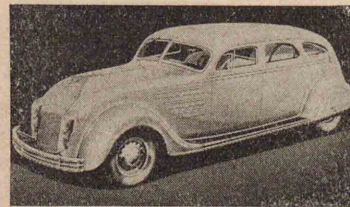
流体の抵抗は運動体の速度の自乗と進行方向に垂直な最大面積と流体の密度とに比例する。

流体の抵抗はまた運動体の形状、流体の性質にも関するものである。液体の流れる有様を示す線を流線とい

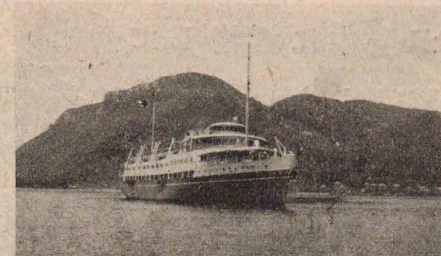


切口面積の比 1:2:3 なる三種の同じ飛行船の模型を作り、同じ速さの風に當てて抵抗を測定すると 1:2:3 になる。

ひ、流線で囲まれたやうな形(流線形)は抵抗が最も少い。潜水艦・魚形水雷・爆弾などは多く流線形に作つてある。



流線形自動車



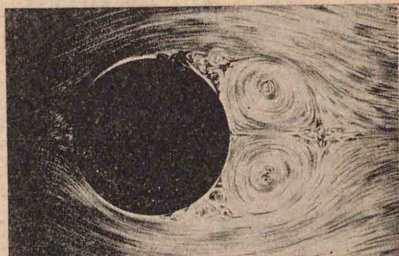
東京湾汽船会社の流線形汽船「橘丸」

抵抗 Resistance 運動体の運動に抗して逆向きに働く力で、運動が止めば抵抗もなくなる。

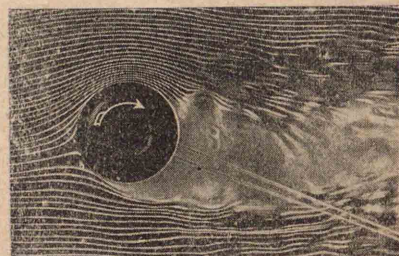
切口の最大面積が 1m^2 である流線形の爆弾が 10m/sec の速さで空中を落ちるときの抵抗は約 0.03 匁重であるが球形になると抵抗は 2.8 匁重となり、平板になると 6.7 匁重の抵抗となる。

平板を水中で急に動かすと一時に多量の水を動かすことになる外、後面に渦巻を生じ大きな抵抗を受けるのである。

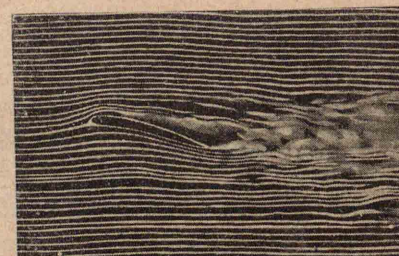
雨滴が地表近くで等速運動をなすのはその抵抗が重力と釣合ふ結果であり、塵埃・雲・霧などが空中に浮遊して急に落下しないのはその質量に比して面積が大であるため運動の速さは小さくても抵抗が重力と釣合ふほど大になるからである。



圓筒が空气中を動き出した場合、空氣がこれに粘りついてその後方に渦巻が生ずる模様を示す流線寫眞。



圓筒を廻轉せしめた場合の流線寫眞（線香の煙を流して撮影したもの）、流線が圓筒の上部に密、下部に疎になつてゐる。

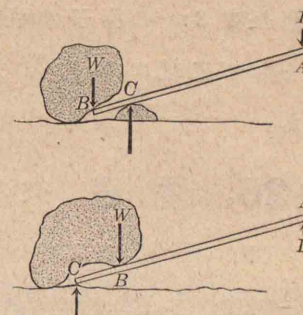


飛行機の翼の周りの空氣の有様を示す氣流寫眞（同上）、翼の上面に沿うて流れる氣流が翼から離れ、翼の後方に大きな渦巻を生ずる。

第四章 簡単な機械

25. 槌子 重い物體を動かすのに槌子を用ひることは、常に見てゐる。

槌子には動かない支點 C がある。力 P を A 點に加へて、 B 點にかゝる重量 W を支へると、支點 C に対する二力の能率は相等

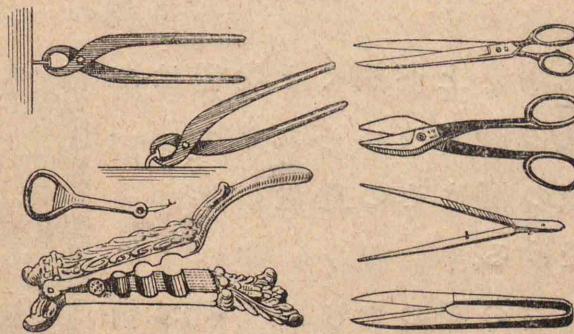


しい筈である。二力が平行するとき

$$P \times CA = W \times CB \quad \therefore P = W \times \frac{CB}{CA}$$

となる。 CA 、 CB を槌子の臂といふ。この臂の

比を適當に
選ぶと、小
な力で大き
な力と釣合
せることが
できるし、遅

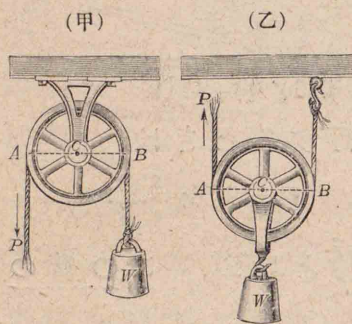


槌子の發明は極めて古く昔のエジプト人もまたこれを解してゐた。エジプトの雄大な建築物のオベリスクやピラミッドのやうに、今日でも甚だ困難であらうと思はれる工事に槌子を應用したことは疑がない。

い運動を速い運動に變へることもできる。前の諸圖の機械について槌子の原理が如何に應用されてゐるかを考へて見よ。

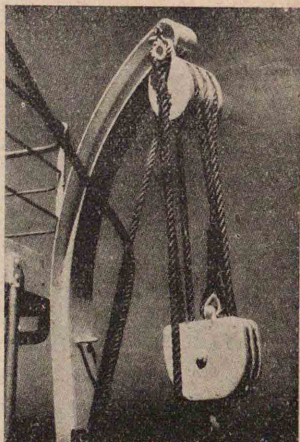
長さ 2m の槌子の甲端から 25cm の距離にある所を支點として、乙端に 75kg の力を加へると、甲端に幾らの力が出るか。

26. 滑車 次の甲圖のやうな定滑車は、兩臂の長さの等しい槌子と見做されるもので、力の方向を變へる便がある。また乙圖のやうな動滑車の軸に物體を吊り、綱の一端を固定して、

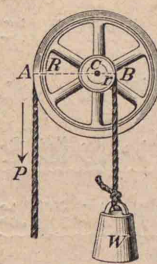


他端を上へ引くと、物體は二條の綱で支へられるから、一條の綱はその重量の半分を受ける。

右の圖のやうに共通の軸のある滑車二組を装置するとき、重いボートも軽く扱ふことができる。



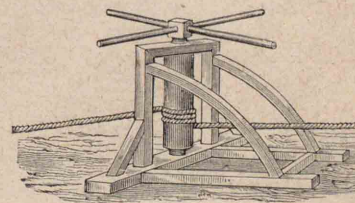
27. 輪軸 輪軸は車の輪と軸とで出来てゐる。今輪の半徑を R、軸の半徑を r とし、輪に巻いた綱を力 P で曳いて、車を廻轉させ、軸に巻いた綱にかかる重量 W を引揚げたとすると、槌子の理によつて、



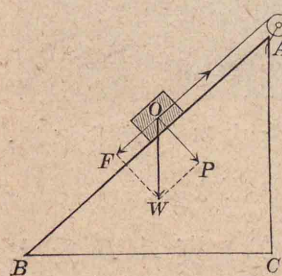
$$P \times R = W \times r \quad \therefore \frac{W}{P} = \frac{R}{r}$$

即ち輪の半徑が大きいほど力を利する。

右の圖は車地といふもので、輪軸と同じ理によつて重い物體を動かす場合に用ひられる。



28. 斜面 次の圖に於て BC を水平面とし、AB を平滑な斜面とし、O をその上にある物體とする。この物體は重力によつて下方へ引かれる。その重量 W を斜面に平行な分力 F と垂直な分力 P とに分解すると、P は物體と斜面との間に壓力を生じ、F は斜面に沿うて物體を引下げようとする。この F の大きさは



$$F = W \times \frac{AC}{AB} \quad \text{或は} \quad F = W \sin \angle ABC$$

そこで、この物体を斜面上に支へようとするには、 F に等しい力を斜面に沿うて上方に加へればよい。それで $\frac{AC}{AB}$ を小にすると、重い物体を



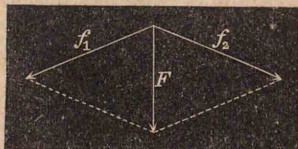
小さな力で高所に運ぶことができる。

坂道を真直に設けな
いで左右に^{つね}宛り曲らせるのはこの理による。

四 $\frac{1}{100}$ の勾配の坂路に全重量 200 吨の列車を支へるには、幾らの力を要するか。

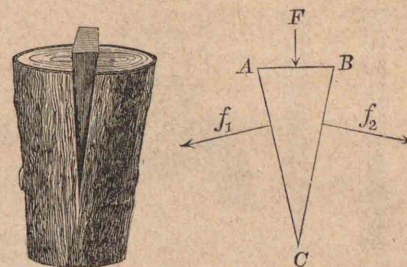
29. 楔 菱形に於ける鈍角を夾む二邊で表はさ

れる二力 f_1, f_2 の合力 F は短い對角線で表はされるから、原の力よりも小さい。逆にこの對角線で表はされる力 F をそれより大きい分力に分けるには、分力 f_1, f_2 のなす角を 180° に近づければよい。



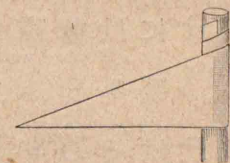
楔は上の理を應用したもので、今楔 ACB を木
Wedge
の割れ目に打込めば、楔はその兩面で木を押開く。打込む力 F と木を裂く力 f_1, f_2 とは上のや

うな関係があるから、楔の角 ACB が小であるほど、二分力のなす角が 180° に近づき、 f_1, f_2 が大となる。

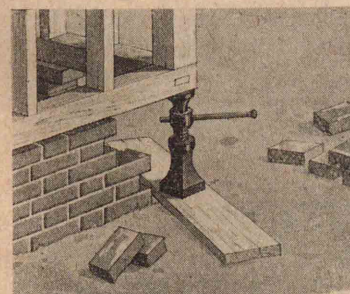


30. ネヂ(螺旋) 次の圖のやうに直角三角

形の紙片を取り、直角の一邊を圓筒の軸に直角にして圓筒に巻きつけると、直角三角形の斜邊は圓筒の面に一種の曲線を生ずる。



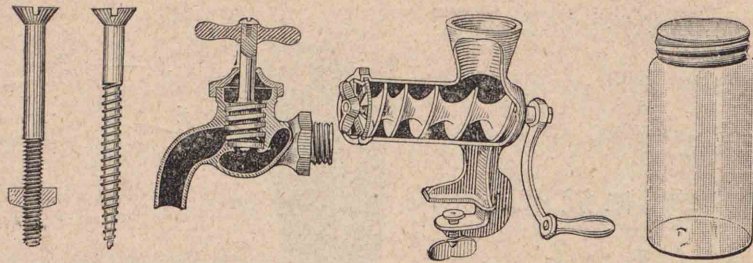
圓筒にこの曲線状の突起を作つたものが雄ネヂで、この雄ネヂが丁度嵌る溝をもつ



ジャッキの柄を長くし、歩みを小さくすると、僅かな力で重い建物が押し上げられる。

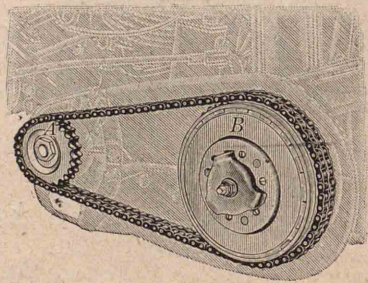
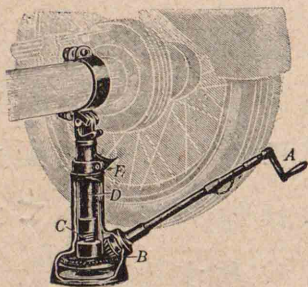
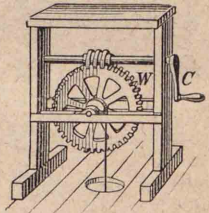
圓筒を雌ネヂといふ。またネヂの軸に沿うて測つた條と條との距離をネヂの歩みといふ。雄ネヂを雌ネヂに入れて一回廻すと、一方は他方に對して歩みだけ移動する。

次の圖の機械にネヂがどんなに應用されてゐるかを説明せよ。



31. 齒車・調革・鎖 滑車や輪軸・ネジのやうな一つの廻轉體から他の廻轉體に廻轉運動を移すには、**齒車**や**調革鎖**などを使ふ。噛み合ふ二つの齒車の齒數の比は、その半徑の比に等しく、また一廻轉に要する時間の比に等しい。右の圖の機械の作用を説明せよ。また次の圖(自動車用のジャッキ、オートバイの鎖)について考察せよ。

Toothed wheel Belt Chain



梃子・滑車・斜面・ネジ・齒車などは何れも簡単な原理によるものであるけれども、これらを適當に組合せると、複雑精密或は大仕掛の機械が得られる。

第五章 仕事・エネルギー

32. 仕事 甲物體が力を乙物體に加へて、乙物體がその方向に動いたときは、甲物體またはその力は乙物體に**仕事**をしたといふ。仕事の量 W は、働いた力 f とその方向に物體が動いた距離 s との積で測る。即ち

$$W = fs$$

單位の力で單位の距離だけ物體を動かす仕事を**仕事の單位**とする。例へば瓦粒、珓米などは仕事の重力單位である。また仕事の絶對單位はダイン粒で、これを**エルグ**といひ、その 10^7 倍を**ジュール**といふ。

問 500 kg の水を 20 m の高さにある水槽に汲みあげた。この仕事は幾エルグであるか。

33. 工率 機械が單位時間にすることのできる仕事の量をその**工率**といふ。工率の單位には通常**キロワット**(KW)と**馬力**(H.P.)とを用ひる。1 キロワットは毎秒 1000 ジュールの仕事のできる工率で、その $\frac{1}{1000}$ を**ワット**といふ。1 馬力は毎秒 75 珓米の仕事のできる工率である。

問 1. 1 馬力は幾ワットに當るか。

図2. 前節の間の仕事をするに要する時間かゝつた。その工率は幾ワットか。小数點第二位まで算出せよ。

34. 仕事の原理 機械は重力や摩擦などに逆らつて仕事をするのを、その本領とする。

前に述べた斜面で力 $W \times \frac{AC}{AB}$ で重量 W の物體を斜面に沿うて B から A に運んだとすると、その仕事は

$$W \times \frac{AC}{AB} \times AB = W \times AC$$

さうしてこの仕事 $W \times AC$ は斜面によらないで物體を C から A に真直に揚げる場合の仕事に等しい。

また槌子の場合に、 A 點に力 P を加へて、槌子が AB の位置から水平の位置 $A'B'$ に來

たとし、 A, B からこれに垂線 AH, BK を下すと $\frac{AH}{BK} = \frac{CA}{CB}$ である。

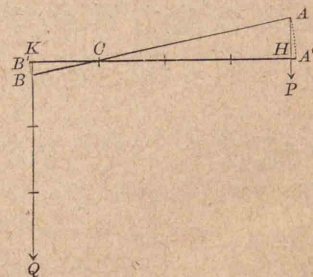
それでこの際、人がした仕事は

$$P \times AH = P \times \frac{CA}{CB} \times BK = Q \times BK$$

さうしてこの仕事 $Q \times BK$ は槌子が物體にした仕事である。

このやうに機械は小さな力を大きな力に變

- ① 機械を用ひる際は、その各部分の接觸面は相押し相動いて摩擦を生ずる。機械は外部で有用の仕事をすると共に、内部では摩擦に對して無用の仕事をしなければならぬ。この内外の仕事の和は、外部から機械に供給した仕事の量に等しい。
- ② 機械は仕事に損益がないといふのは、少しも摩擦のない場合を想像したもので、實際は仕事に多少の損があるのである。



じ得るけれども、機械のなす仕事の量は、外部から機械に加へた仕事の量に等しい。即ち

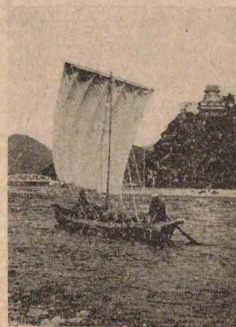
機械は仕事を創生し得ない。

(仕事の原理)
Principle of work

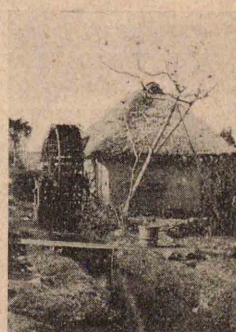
35. エネルギー

吹く風、流れる水や高所にある水、高温度にある水蒸氣などは、いづれも皆仕事をする能がある。仕事をする能をエネルギーといふ。

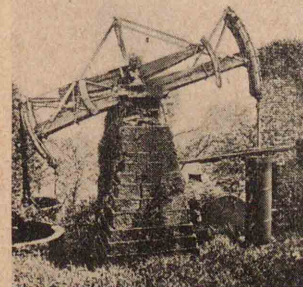
風のやうに、物體が運動のためにもつてゐるエネルギーを運動のエネルギーといひ、また高所にある水のやうに、物體が位置のためにもつてゐるエネルギーを位置のエネルギーといひ、この二つを併せて機械的エネルギーといふ。



帆掛船は風力で動く。



水の量や高さにより水車の懸け方が異なる。



ニューコメンの機関

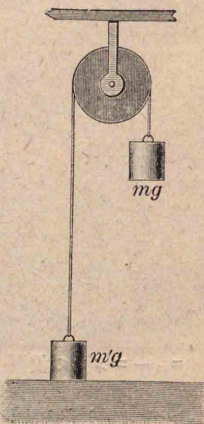
また高温度にある物體は熱エネルギーをもつ。ち、帯電體は電氣エネルギーをもつ。

Heat energy
Electric energy

36. 機械的エネルギー — 一物体のエネルギーの量は、それがすることのできる仕事の量で測る。従つてエネルギーを測るには仕事の単位を以てする。

運動のエネルギー — 質量 m 瓦の物体が v 秒程の速度で動くとき、その速度と反対の方向に f ダインの力を加へたと假定すれば、この物体の速度は運動の法則 $f = ma$ によつて毎秒 a 秒程だけ減少し、遂には静止する。この間に物体が通過する距離 s は $\frac{v^2}{2a}$ 程であるから、運動体が静止するまでにすることのできる仕事の量は $\frac{mv^2}{2}$ エルグである。されば m 瓦の物体が v 秒程の速度で動くとき、その運動のエネルギーは $\frac{mv^2}{2}$ エルグである。

位置のエネルギー — h 程の高さにある質量 m 瓦の物体が重力に対してもつてゐる位置のエネルギーを求めるのに、圖のやうに、まづ絲を摩擦の少い車に懸け、その一端を m 瓦の物体に結び付け、他端を m' 瓦の物体に結び付けると、 $m - m'$ の値が如何に小さくとも、 m 瓦の物体は降る。それが h 程だけ降る間に m' 瓦の物体は h 程だけ引上げられる。即ち m 瓦の物体はその位置のエネル



ギーによつて mgh エルグの仕事をするのである。されば h 程の高さにある m 瓦の物体が重力に対してもつてゐる位置のエネルギーは mgh エルグである。

問 華嚴瀧はその高さが約 100 m である。水量が毎秒 10000 kg であるとしたら、この工率は幾キロワットに相當するか。

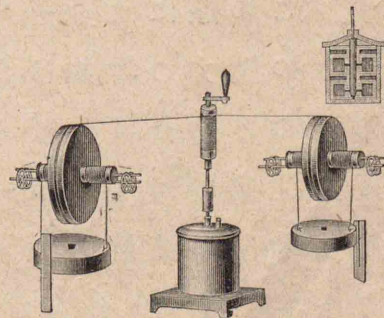


華嚴瀧

37. 仕事と熱 摩擦や打撃は常に熱の発生を伴ふ。氣體の壓縮もまた熱を生ずる。自転車のタイヤに空気を詰込むとき、ポンプが熱するのは吾等の経験することである。すべて物体の分子力に対して仕事をするときは、その仕事に相當して熱の発生がある。

ジュールは摩擦や壓縮などの際になされた仕事とそれで生じた熱量との間に一定の關係があることを發見した。

圖に示すのは、ジュールの實驗装置の主要部で、熱量計の水の中に數箇の楫を附けた廻轉軸がある。分銅を降してこの軸を廻轉



させると、桿は水を攪拌して水の部分間に摩擦を生じ、そのため熱を生じて、水の温度が高まる。ジュールは一方に分銅の重量と分銅が降下した距離とによつて、重力がした仕事の量を測り、他方に熱量計の水の質量と温度の変化とによつて、この仕事から生じた熱量を測り、兩者の比が常に一定であることを證明した。

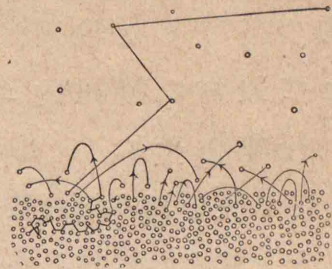
上の實驗によると、1カロリーの熱量は常に 4.18×10^7 エルグ即ち 4.18 ジュール(427 瓦米)の仕事に相當する。これを熱の仕事當量といふ。

Mechanical equivalent of heat

☐ 華嚴瀧の落ちる水の位置のエネルギーが全く熱となつて落ちた水を熱するとき、その温度が幾ら高まるか。(前節参照)

38. 熱エネルギー 分子説によると、氣體の分子は大きな速度で飛行し、容器の側壁を打つてこれに一定の壓力を加へる。今一定量の氣體を少し熱すると、温度と共にその壓力が増す。この際には分子の數も質量も變らないから、この壓力の増加は各分子の速度の増加によるものとしなければならない。それで熱は分子の運動のエネルギーであつて、氣體の温度はその分子の速度の大小によつて定まるといふことができる。

液體分子の振動もまた温度の昇るに従つて急となる。その一分子が液體の表面から飛び出すときは、附近の液體分子は皆これを引くから、地面に於ける拋物のやうに多くは再び液體に歸る。しかし一定温度にある液體の分子は速度が一樣でないから、飛び出した分子が十分大きな速度をもつてゐるときは、他の液體分子の羈絆を脱して蒸氣となる。これが蒸發作用である。



39. エネルギー不減則 物體が落ちるとき、位置のエネルギーは減ずるが、運動のエネルギーは増す。今質量 m 瓦の物體が高さ h 糎の所から落ちて地面に達するとき、速度 v 秒糎を得たとすると、この際、この物體が失つた位置のエネルギーは mgh エルグで、得た運動のエネルギーは $\frac{mv^2}{2}$ エルグである。さうして落體の公式によつて(第17節),

$$v^2 = 2gh \quad \therefore \frac{mv^2}{2} = mgh$$

であるから、この兩者は相等しい。さればこの際、兩種のエネルギーに増減はあるけれども、單

に一種のエネルギーが他種のエネルギーに變じただけで、機械的エネルギーの全量は舊の通りである。落體が地面に達すると、静止して全く機械的エネルギーを失ふけれども、落體や落體の落下した場所は、或は凹まされ或は熱せられて最初の機械的エネルギーに相當するだけの仕事をする。

弓で矢を放つと弓は位置のエネルギーを失ふけれども、矢はこれに等しい運動のエネルギーを得る。蒸氣が蒸氣機關の圓筒内で膨脹すると、熱のエネルギーを失ふけれども、車輪を廻轉し、列車を傾斜面に沿うて上らせたり、船を水中に進めたりする。

學者の研究によると

すべてエネルギーは一つの物體から他の物體に移り、一態から他態に變ずるけれども、その全量は一定不變である。
(エネルギー不滅則)
 Law of conservation of energy

問 質量150gの林檎が高さ490cmの枝から落ちた。この林檎が

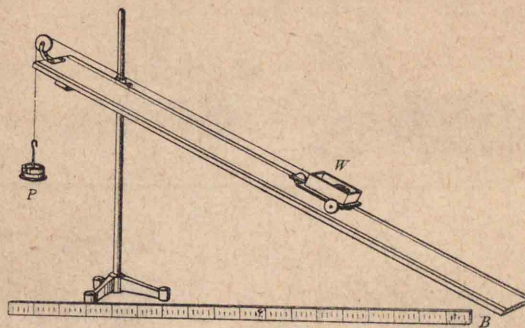
- (1) まだ木にあつたとき、
- (2) 落ちて地に達しようとしたとき、
- (3) 木を離れてから0.5秒後のとき

の三つの瞬間について、運動のエネルギーと位置のエネルギーとの和を求め、これを比較せよ。その結果は何を意味するか。

目的 斜面の理及び仕事の原理を確める。

1 斜面用板を30°位の傾きに固定し摩擦の少い三輪車と錘懸けとを糸で繋いで圖のやうに滑車にかけ、車の中の分銅を加減して丁度釣合ふやうにする。

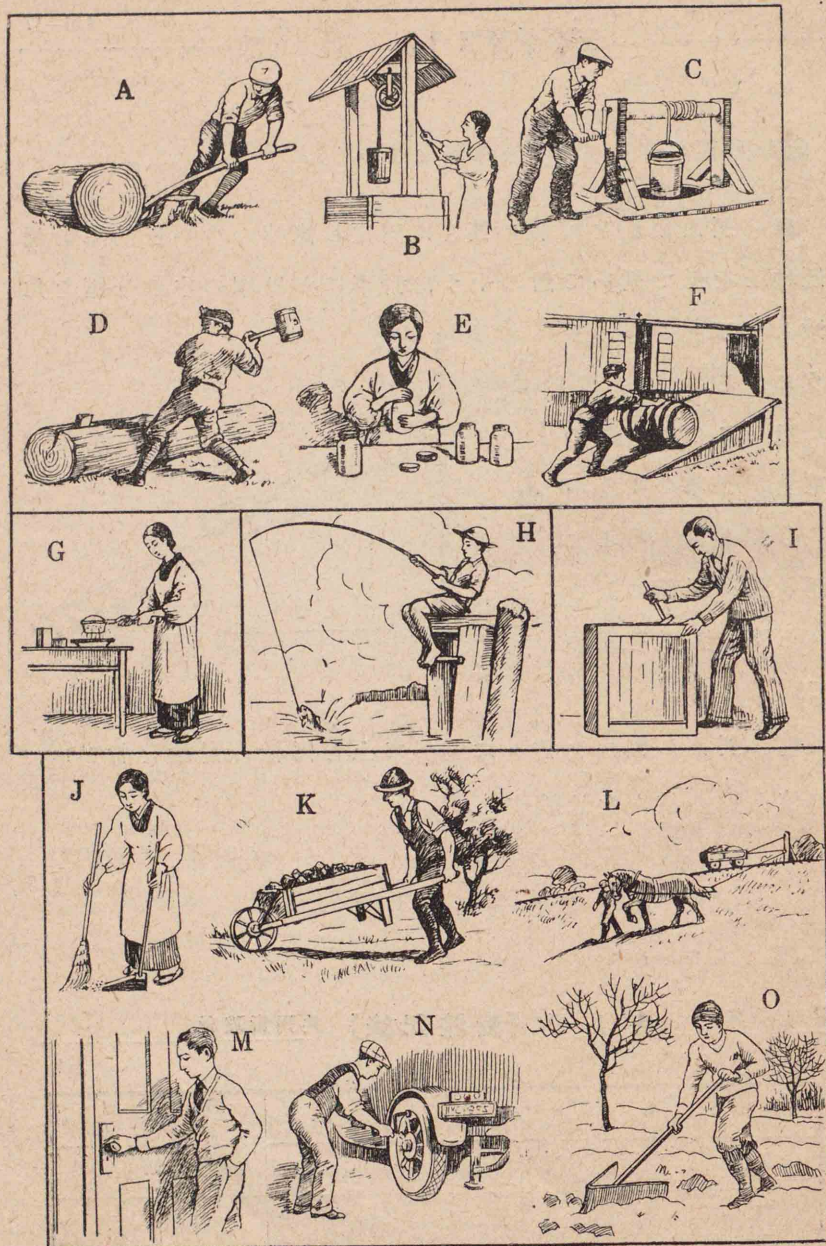
2 この時の錘の重量(P)と車の重量(中の分銅とも)(W)とを測り、別に斜面の長さ(l)と高さ(h)とを測つて記録せよ。



3 斜面の傾きを種々に變へて上と同様の實驗を行ひ $\frac{W}{P}$ の値と $\frac{l}{h}$ の値とを比較する。

昭和 年 月 日 【實驗記錄】 共同實驗者

	W	P	l	h	$\frac{W}{P}$	$\frac{l}{h}$
I						
II						
III						

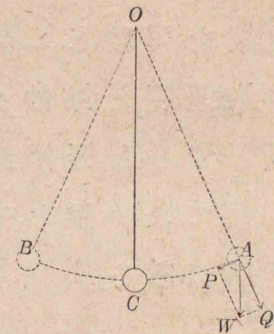


機械を用ひることは人類以外の動物には殆ど見られないことである。この圖の中に吾等の學んだ簡単な機械が如何に應用せられてゐるか吟味せよ。

第六章 振動・波動

40. 振子 絲で小さい錘を吊ると、絲は鉛直線をなして錘は靜止する。この錘を圖のやうに一方 A に引いて放すと、

錘は圓弧 AB 上を一定の時間で往復振動する。このやうな装置を振子といひ、その



絲の長さを振子の長さといふ。1秒間に振動する回數

を振動數といひ、振動の一端から他端までの幅の半分を

振幅といふ。また一往復するに要する時間を週期といふ。

A の所で錘の重量 W を絲の方向と切線の方向とに分解すると、分力 P, Q を得る。 Q はただ絲の張力と釣り合ひ、 P は錘を圓弧 AB の最低點 C の方へ動かさうとし、その大きさは略 C 點からの距離に比例するものである。そこで錘は C 點の方へ動き、次第にその速度を増し、 C 點で最大速度を得、更に慣性によつて圓弧 CB を

振動 物體が移動したときその移動距離に比例した大きさの力が
Vibration 物體を原へ戻すやうに働く場合には物體は規則正しい往復運動をする。この種の運動を振動といふ。

昇る。さうして重力は常に錘をC點に引戻さうとするから、錘の速度は次第に減じ、遂にA點の高さに等しいB點で全く静止し、直に降り始める。これが振子運動の状態である。

振子の長さを*l* 糶、週期を*T* 秒とし、落體の加速度を毎秒*g* 秒糶とすると、振幅が餘り大でない限り、次の關係がある。

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

このやうに振子の週期はその長さに關し、

g の表 (毎秒糶糶で)	
赤道	978
東京(北緯 35°43')	980
富士山嶺(海拔 3768 m)	979
極	983

その質量や振幅には關係しない。これを振子の等時性と云ふ。上の公式から振子の長さや週期とを測定して*g* の値を算出することができる。吾等はまた振子の等時性を利用して柱時計を調整する。また富士山嶺に於

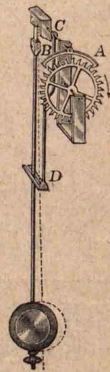


ガリレオは 19 歳のときに寺院の燈籠の動くのを見て振子の等時性を発見したといふ。

その質量や振幅には關係

しない。これを

振子の等時性と
Isochronism of pendulum
いふ。上の公式



柱時計の振子

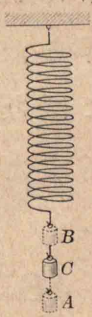
ける*g* の値は東京よりも小である。この理由を考へよ。

問1. 週期 2 秒の振子の長さは約 1m である。週期 1 秒の振子の長さは何程か。

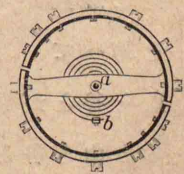
問2. 振子運動の兩端と中央部に於ける位置のエネルギーの差及び運動のエネルギーの差を比較せよ。

41. 彈性體の振動 圖のやうにゼンマイ

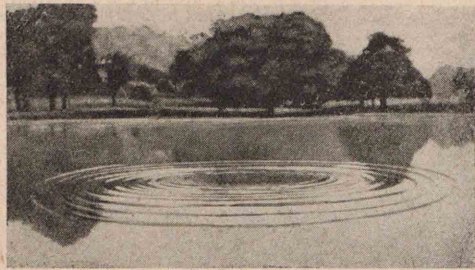
の上端を固定し、下端に錘を懸け、錘が釣合の位置に静止したとき、少しそれを引下げて急に放すと、ゼンマイは一伸一縮し、錘はその釣合の位置を中心として上下に振動する。これはフックの法則によつて釣合の位置から偏つた距離に比例する力が錘に働いて、これを釣合の位置に引戻さうとするからである。



同理により、圖のやうな小さい渦線狀の鋼鉄條 *ba* の一端 *a* を小さいハズミ車の軸に附け、他端 *b* を固定して、車が釣合の位置に静止した後、聊かこれを廻して急に放すと、渦線條は伸縮し、車は釣合の位置を中心として等時性の廻轉振動をする。懐中時計はこのやうな振動によつて、齒車の運動を調節するのである。



42. 波動

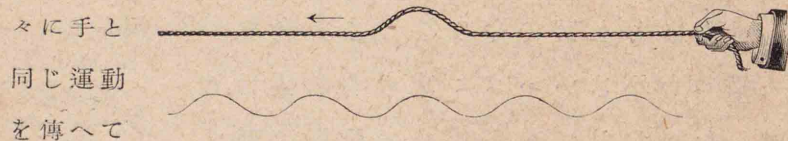


静かな水面に小石を投げると、石の中つた^{あた}點を中心として水面に山と谷との波紋が擴がつて行く。しかし水面に浮く木の

葉は同じ所にあつて少し動搖するだけである。即ち波の進行は波形の進行であつて水の進行ではなく、水の各部は一所で週期的の運動を繰返すだけである。このやうな現象を**波動**といふ。
Wave motion

43. 横波

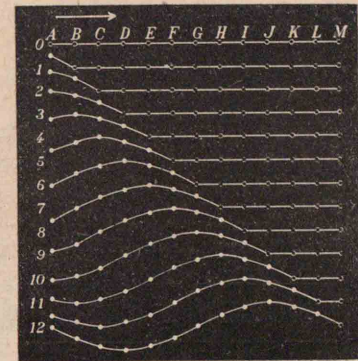
實驗 長い綱を一直線に床上に横たへ、その一端を急に上下すると、山と谷とは手から綱の他端へ一定の速度で進行し、綱の各部は次々に手と



同じ運動を傳へて山と谷とが進んで行く。更に手を規則正しく上下に振動すると、山と谷とは相踵いで進行する。

すべて波動は物質が振動を傳播するために生ずる現象である。この物質を波の**媒質**といふ。
Medium

ふ。前の綱の波のやうに、媒質の各部の振動の方向が波の進む方向と直角であるときは、これを**横波**又は**高低波**といひ、一つの山と直ぐ次の山との距離を

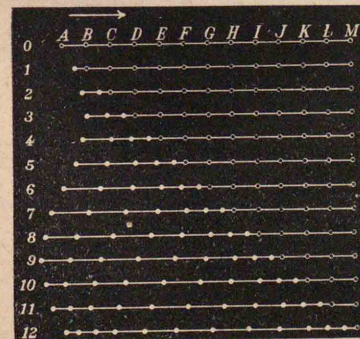
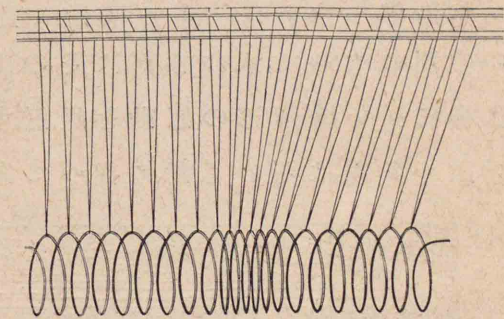


横波の説明圖

波長といふ。
Wave length

44. 縦波

實驗 右圖のやうに螺線状金屬線を水平に吊り、右端を左右に振動させると、疎の状態と密の状態とは代る代る螺線條に沿うて走る。さうしてその各部はただ左右に振動するだけである。





縦波の説明圖

このやうに媒質の各部の振動の方向が波の進む方向と一致するときは、これを**縦波**又は**疎密波**といふ。さうして密部と直ぐ次の密部との距離は波長である。

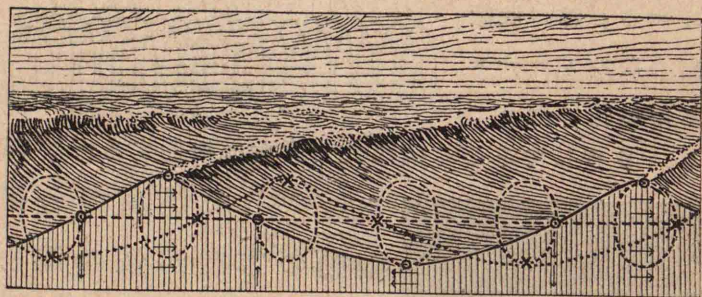
縦波でも横波でもその振動数を毎秒 n 、波長を λ 、波の進行速度を v 秒毎とすれば

$$v = n\lambda$$

である。

	振動の方向と波の進む方向	特徴	例	波形
横波(高低波)	互に直角	山と谷	光の波	
縦波(疎密波)	互に平行	密部と疎部	音の波	

水の波 水面に生ずる波動は實際は横波と縦波との中間のもので、水の各部はその深さに應じて圓形又は横に長い橢圓形の運動を繰返すのである。波間に浮ぶ小物體はその運動に従つて動揺するのである。



圖について○印の部分がかつ々圓運動をして×印の所まで來ると、實線で示した現在の波形は點線で示すやうな波形になり波が右方へ進行する。水の深さが減ると水面の各部は扁平な橢圓運動となり、波打際では寄せては引く水の往復運動を見るやうになる。

第六篇 音波・光波・電波

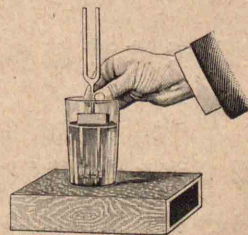
波動にも種々ある。音波は固體・液體・氣體の何れをも媒質として傳播する縦波の一種で、その振動数の或範圍のものだけを吾等は音として聞くのである。光やラジオの波は一種の横波で真空や氣體の中ではよく傳はるが或種の固體・液體には吸収される。また光波と電波とは本性に於て相等しいものであるがその波長に著しい差があつてそのため夫々別の性質を示すのである。

第一章 音 波

1. 音の傳播

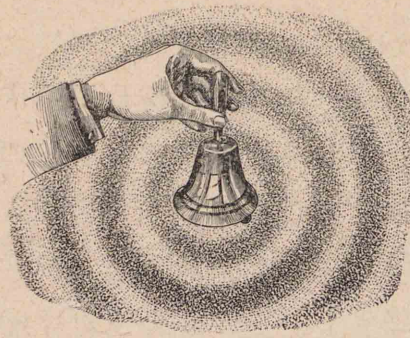
實驗 1. 長さ 1m 許の棒の一端を室の扉に當て、鳴つてゐる音叉の柄を棒の他端に押附けると、扉は鳴り出す。

實驗 2. 通常音叉に附屬してゐる臺箱の上に水を盛つたコップを載せ、音叉の下端に小さい木片を附け、音叉を鳴らして木片を水面に觸れると、箱は忽ち鳴り出す。



上の實驗のやうに、彈性體は皆發音體の振動を傳へる。

發音體が空氣中で振動すると、振動面に接する空氣は代る代る濃厚(密)になり稀薄(疎)になり、



疎密の波が四方へ傳播する。これが耳に入ると、鼓膜を振動させて音を感じさせる。かやうに音は發音體がその周圍にある物

質即ち媒質に生じさせる疎密の波に基づくものである。これが音波である。従つて眞空中では音波がない。

Sound wave

音波の傳播には時間がかかる。音波の速度は溫度 0°C の空氣中では 331m/sec で、 1°C 昇る毎に 0.6m/sec づつ増す。固體や液體では音波の速度は遙に大である。

☐ 電光を見た後5.5秒で雷鳴を聞いた。雷までの距離は幾らか。但し氣温は 20°C とする。

2. 音の強さ 琴や三味線の絃を弾くと、始は大きな振幅で振動して強い音を發するけれ

音波の速度の表

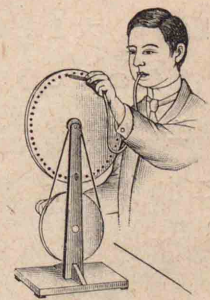
(溫度 0°C の時)	m/sec
空氣	331
水素	1262
炭酸瓦斯	259
水	1450
鋼	4900
硝子	5000-5300

ども、その振幅は次第に減つて、音は次第に弱り、終に全く止む。このことから音の強さは音波の振幅の大きさによることがわかる。

發音體から發した音波は、通常球面狀に四方へ擴がり、遠方へ行くにつれて次第に振幅が減り、それだけ音は弱くなる。船内や鑛山などで使ふ談話管は、音波を擴がらせずに遠方に送る装置である。メガフォン及び聽診器の作用について考へよ。

3. 音の高さ

實驗 厚紙で造つた圓板の縁に沿うて、多くの小孔を等距離にあけ、圖のやうにこれを廻轉機で廻轉し、硝子管の口から風を送ると、小孔が管口の前に來る毎にプスといふ音を出す。廻轉を次第に速くすると、始めは低い音が生じ、次第にその調子が高くなる。



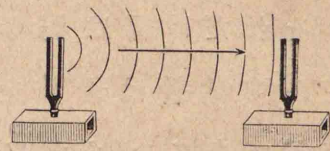
ピアノ・オルガンなどの發する樂音は規則正しい空氣の振動によつて生じ、その高さは毎秒耳に入る音波の數によつて定まる。發音體の振動數が多いほど、高い音を發する。

通常の談話に於て男子の聲は毎秒 90 から 150 までの振動數で、女子の聲は毎秒 270 から 550 の振動數である。ハ調長音階のドの振動數は毎秒 261 である。

問 男女の聲の波長を計算せよ。

4. 共鳴

實驗 1. 振動數の相等しい二本の音叉を少し離して置き、その一つを鳴らし、次にその臂を抑へて鳴りを止めても、他の音叉が鳴つてゐる。

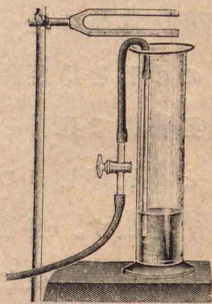


この實驗のやうな現象を**共鳴**といふ。

Resonance

實驗 2. 大きな硝子圓筒に水を入れながら圓筒の口で音叉を鳴らすと、水面が一定の位置に來たとき強く鳴り出す。

これは圓筒内の空氣柱が音叉と同數の振動數をもつてゐて、音叉と共鳴するからである。即ち音叉から出た波の密部が氣柱の底の水面で反射し、再び音叉の所まで戻つたとき音叉が丁度その密部に押されて振動を大にするやうな關係



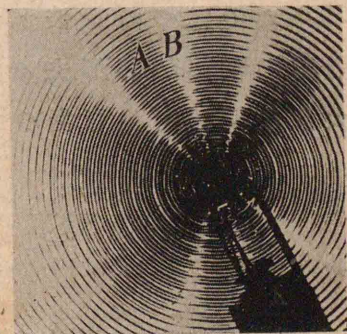
音の限界	音として感ずる振動數	16 回乃至 40000 回
	音樂に用ひられる音の振動數	30 回乃至 4000 回

の場合に共鳴が起る。それで氣柱の長さが波長の $\frac{1}{2}$ を増す毎に共鳴の強い音を聞くのである。音叉の臺箱はその内の空氣が音叉と共鳴するから、音叉の音を著しく強くする。

5. 音波の干涉 媒質の一部が振動數及び振幅の相等しい二つの音波を同時に受け、兩波の密部と密部、疎部と疎部が相重なると音波は振幅が 2 倍になり、音は強く聞える。これに反して、もし一波の密部と他波の疎部とが相重なると、音波の振幅が零になり、音は聞えない。このやうな現象を**音波の干涉**といふ。

Interference of sound wave

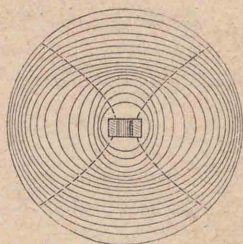
實驗 兩臂に針を附けた音叉を鳴らし、針の尖端を水銀面に觸れると、二組の波が水銀面に傳播する。さうしてこの二組の波の干涉の結果、右の圖の A のやうに激しく振動する部分と B のやうに靜止する部分とが交互に排列して數條の曲線となる。



水銀面に於ける波の干涉

音叉が振動じて兩臂間に音波の密部が出來るときは、臂の外側には疎部が出來、兩臂間に疎部が出來るときは、外側には密部が出來る。こ

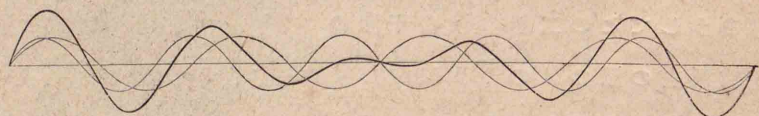
の疎密部は交互に發生して空氣中に傳播し、干涉の結果疎密を生じない點が曲線上に並ぶ。それで音叉を鳴らして耳邊に持ち柄を軸として徐ろにこれを一廻轉すると、音の聞えない所が4箇所ある。



音叉の振動の有様を示す圖で、點線は音の聞えない部分を連ねたものである。

6. **唸り** 同じ振動数をもつ音叉二本を取り、その一本の臂の端に小さい金屬片を付けて稍その振動数を減じ、同時に二本を鳴らすとその音が或は強く或は弱く所謂**唸り**を生ずる。

今この二つの音波が同時に耳に達するものとして、兩波の密部・疎部が夫々合致する場合は兩者相助けて大きな振幅を生じ従つて強い音が出る(A)。この時か



A B C
音波は横波ではないが唸りの原理を示すには横波の方が圖示し易い。細い線で描いた波は振動数の稍異なる二つの音波を示し、太い線で描いたのはその合成音波を示す。

ら遠ざかるに従つて兩波は次第に食ひ違ひを生じ、遂に一波の密部は他部の疎部と相合し、振幅は零になつて、音は消滅する(B)。更にこの時から遠ざかると、兩波

は再び相合して強い音が生ずる(C)。

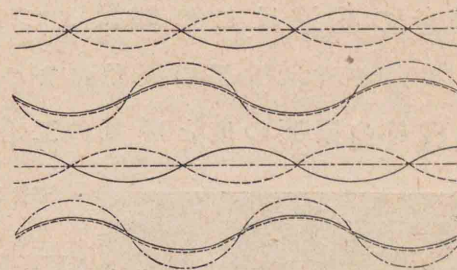
さうして毎秒唸る回数は二つの波の振動数の差に等しい。

7. **定常波** 波長・振幅及び振動数が夫々等

しい二つの波動が

右方へ進行する波 合成波 左方へ進行する波

同一の媒質内を反對の方向に進行するとき、干涉の結果、盛に振動する點即ち**腹**と少しも振



動しない點即ち**節**とを生ずる。このやうな波を**定常波**といふ。

Stationary wave

定常波では腹と節とは交互に等距離に生じ、その間隔は原波動の波長の $\frac{1}{4}$ に等しい。

上の圖は週期の $\frac{1}{4}$ づつの有様について示したのであるが如何なる時間をとつても節に當る點は少しも振動しないことを圖から容易に知り得る。

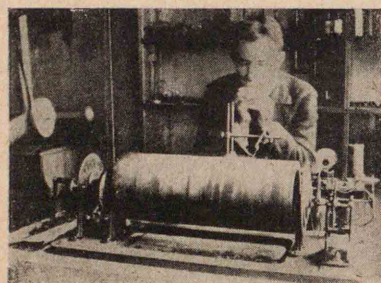
8. **音色** 同じ強さ、同じ高さに調節するも、

琴とピアノとでは各特有の音を發するもので容易に判別することができる。それは**音色**を異にするからである。元來發音體はその高さ

Timber

や強さの定まる主な振動の外に、振動数の異なる数多の小さい振動を伴ひ、これらが相混合して音波の模様をなすもので、たとひその主な振動の振幅や振動数が等しくても、これに伴ふ数多の振動が異なると、音波の模様を異にする。音色の相違はこの理によつて生ずるのである。

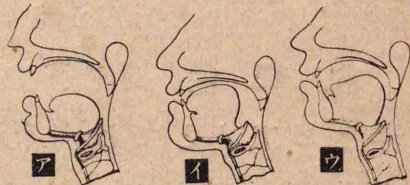
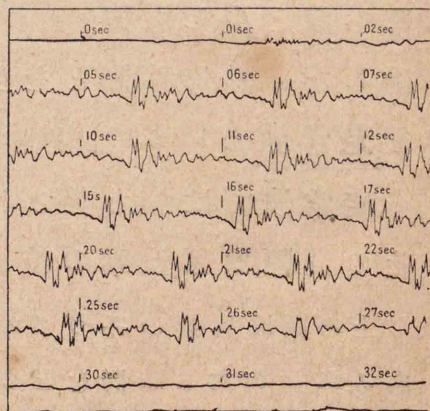
人の音聲は聲帯の振動によつて生じ、その強弱・高低は聲帯の緊張の度と呼氣の工合によつて定まるがそ



(人の音聲の音波模様を記録する實驗)

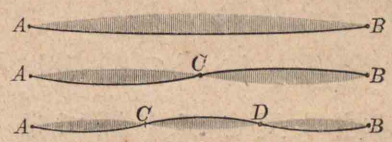
の主振動の外に口腔や咽喉・鼻腔の内にある空氣も共に振動してその音色を作りあげる。従つてその音波は稍複雑なものである。

母音「ア」の模様と
母音「ア、イ、ウ」の口腔の形



音の三要素 音の強さと高さや音色との三つをいふ。

9. 絃の振動 絃を張り、その一點を弾いて振動させると、兩端に至り反射し、定常波を生ずる。今絃の中央部を弾くと、絃は全體として振動し、一定の高さの音を出す。これを原音といふ。
Fundamental tone
次に絃の中央部を指で軽く抑へ、絃の端から全長の $\frac{1}{4}$ の附近を弾くと、絃の各半は別々に振動して原音に 2 倍する
振動数の音を發し、指を放しても中央部 C



は振動しない。更に絃の端から全長の $\frac{1}{3}$ の所に指を觸れ、 $\frac{1}{6}$ の附近を弾くと、絃は 3 等分して別々に振動し、原音に 3 倍する振動数の音を發し、二點 C, D は靜止して節となる。このやうに絃が數區に等分されて生ずる音を倍音といふ。
Over tone

今絃に生じた定常波の相隣つた兩節間の距離を l 糧、絃の單位の長さの質量を m 瓦とし、その全張力を T ダインとすれば、絃の振動數 n は

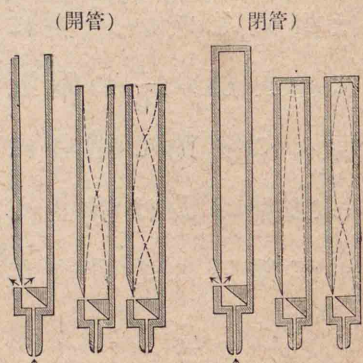
$$n = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}}$$

一般に絃は軽いほど、短いほど且その張りの強いほど、音調が高い。

10. 氣柱の振動 第六篇第4節の實驗2でわかるやうに、管の氣柱の振動數はその長さによつて一定し、管端の開いた部分は常に定常波の腹となつて振動する。

風琴管は、次の圖のやうに柱狀の管で、その他端の開いたのと閉ぢたのによつて開管と閉管との別がある。

開管では管の開端は常に腹になるから、その氣柱の長さが l 糧であるとき、これに共鳴し得る音波は $2l$ 糧, $\frac{2l}{2}$ 糧, $\frac{2l}{3}$ 糧, ... などの波長のもので、吹込む息が静かであれば主音として $2l$ 糧の波長の音を出す。氣流が強いと高い倍音を發する。閉管では管の閉端が常に節となつて振動するから、 $4l$ 糧, $\frac{4l}{3}$ 糧, $\frac{4l}{5}$ 糧, ... などの波長の音を發する。従つて一般に管が長いほど、その音調は低く且豊饒な音色をもつ。

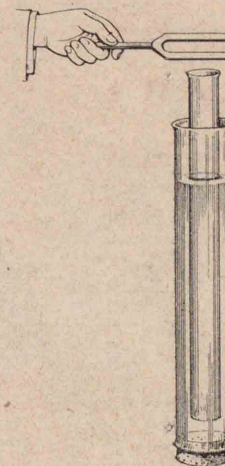


問 開管でも定常波の出来る理由如何。

生徒實驗 13 音叉の振動數

目的 氣柱の共鳴を利用して音叉の振動數を測定する。

1 太い硝子圓筒に水を八分目ほど入れ、その中へ稍細い硝子管を挿し込み、これを上下すれば氣柱の長さを適宜に加減できるやうに装置する。



2 與へられた音叉を鳴らしその臂の一面を圖のやうに圓筒に正面させ氣柱の長さを加減して音の強く聞える點二ヶ所を探し、その距離 d 糧を測る。

3 管内の氣温 $t^{\circ}\text{C}$ を測つてそれに對する音波の速度 v を計算し、公式

$$v = n\lambda \quad \text{及び} \quad 2d = \lambda$$

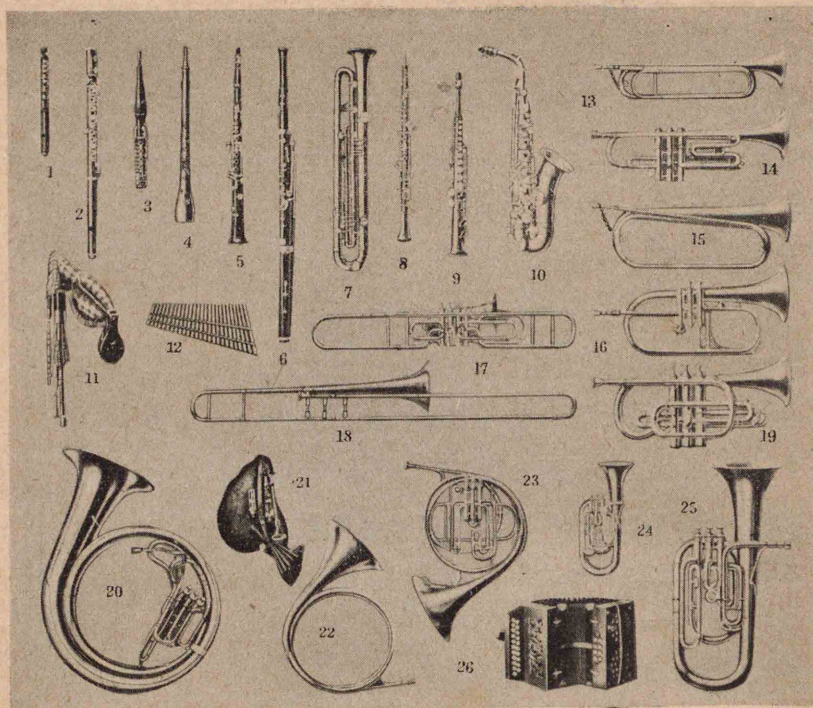
から n を計算する。

昭和 年 月 日 【實驗記錄】 共同實驗者

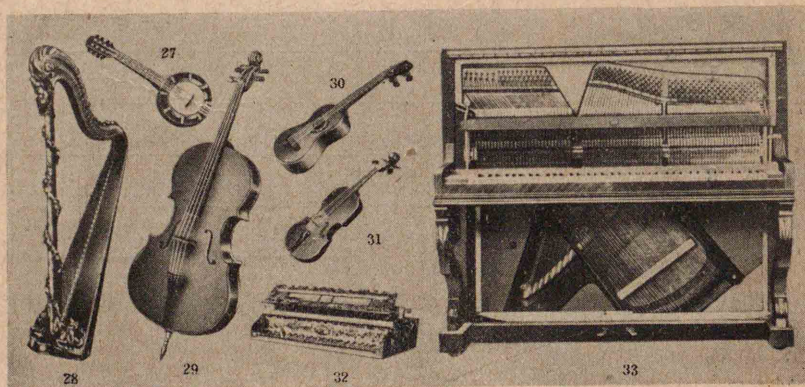
實驗	d	l	v	$n = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{2d}$
第 1 回				$n_1 =$
第 2 回				$n_2 =$
第 3 回				$n_3 =$
平均				$n_0 =$

次式の n に n_1, n_2 等を入れて最も大きい實驗誤差の百分率を求めよ。

$$\text{誤差百分率} = \frac{n - n_0}{n_0} \times 100 = \quad \%$$



1 ピッコロ 2 フリュート 3, 4, 8 オーボエ 5 クラリネット 6 バッソーン
 7 コントラバスーン 9 ソプラノサクソフォーン 10 アルトサクソフォーン
 11, 21 バッグパイプ 12 チューブホーン 13, 14 トランペット 15 クラリオン
 16 ビューゲル 17, 18 トロンボーン 19 コルネット 20 ヘリコン 22 ホルン
 23 フレンチホーン 24 アルト 25 バリトン 26 アッコージョン



27 バンジョー 28 ハープ 29 コントラバス 30 ギター 31 ヴァイオリン
 32 グロッケンスピール 33 ピアノ

第二章 光 波

11. 光の波動説 光の本質に關してニュートンは微粒説(光素説)を唱へたが、これを否定して光は一種の波動であると考へたのはフイゲンスである。



Huygens

(1629—1695, オランダ人)

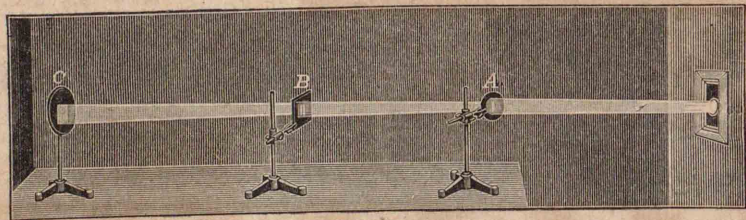
フイゲンスの説ではエーテルと名づける媒質が宇宙間に瀰漫してゐて天體間の眞空は元より各物質中の最小部分までも満してゐると見るのである。發音體が振動すると、空氣中に音波が起ると同様に發光體の最小部分は振動して周圍のエーテルに波動を起し、四方に傳播させる。これが光波である。光波が吾等の眼に達すると、視覺を喚起し、その強さは光波の振幅の大きさにより、光の色は光波の波長に由る。これがフイゲンスの光の波動説である。反射屈折は勿論、光についての諸現象は皆この波動説によつて説明することができる。

實驗の結果によると、赤光の波長は約 $\frac{8}{10000}$ 耗

で、黄・緑となるに従つて次第に減じ、堇光の波長は約 $\frac{4}{10000}$ 耗である。さうして赤外線は赤光の波長よりも長く、堇外線の波長は堇光の波長よりも短い。さればスペクトルは輻射線をその波長に従つて排列したもので、吾等の眼はただ一定限の波長をもつ輻射線にだけ感ずるのである。

12. 光波の干渉

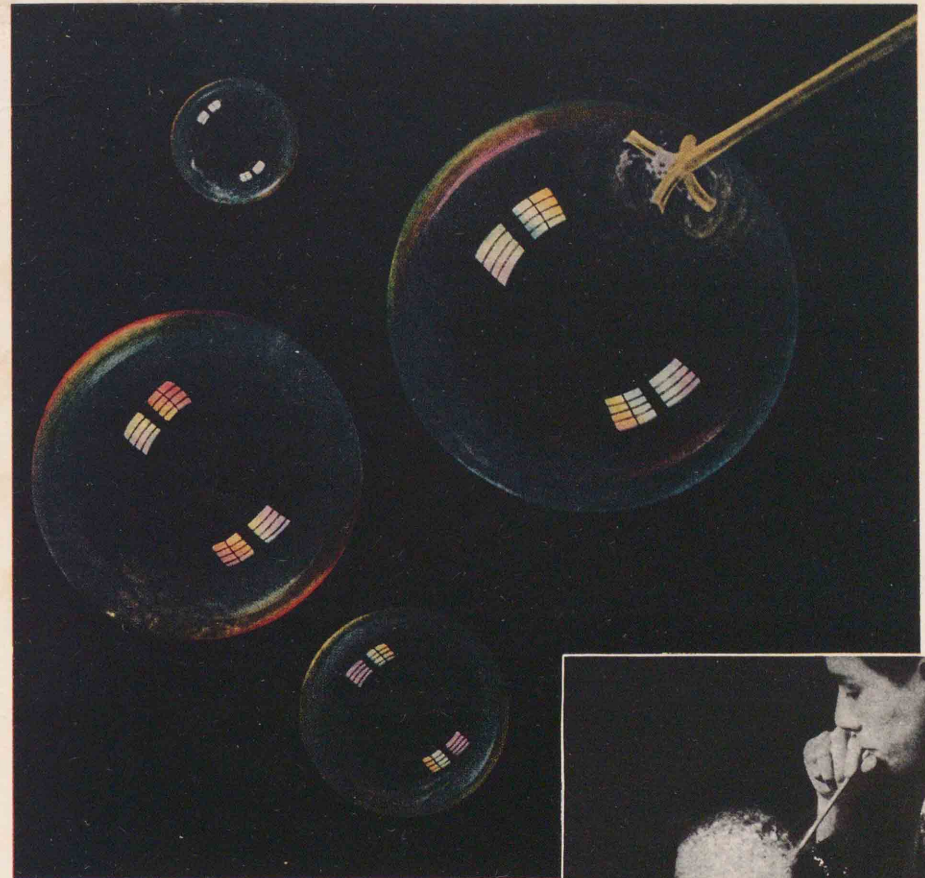
実験 二つのスリットを平行して作つた板Bの前方にこれらのスリットに平行する他のスリット板Aを次の圖のやうに置き、Aを通過した日光をBの二つのスリットに送ると、Bの二つのスリットを中心とする二組の光波はその後方に傳播し、恰も水



銀面の波の場合のやうに相重なつて強く振動する點の軌跡と静止する點の軌跡とを生ずる。されば遠く隔つた所に白い衝立を置くと衝立の上に明暗の縞を生ずる。

この種の縞を光の**干渉縞**といふ。これをよく
Interference fringe
 檢するに、明線は白色ではなくて、虹のやうな色

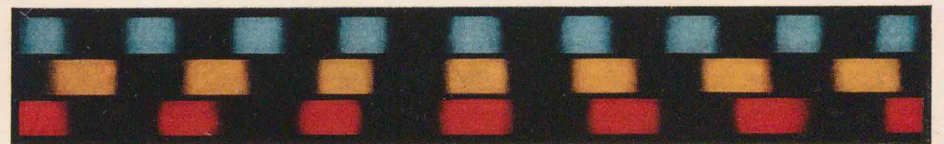
光の干渉



シャボン球



シャボン泡



單光の干渉縞

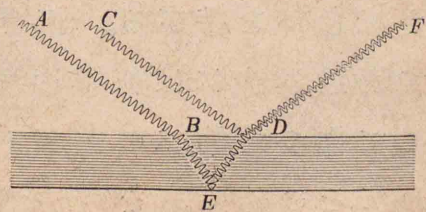


複光の干渉縞

彩を現はしてゐる。波動説によると、干渉縞の間隔は光の波長に比例するから、日光中にある種々の光は各その波長に相當する間隔で色の線を並び生じ、美しい縞を現はするのである。

この實驗で相隣る同じ色の間隔を測れば光の波長を求めることができる。

13. 薄膜の色 薄膜の色は光の干渉の一例である。石鹼球を吹くとき、球は初め無色であるけれども、大きく薄くなるに従つて赤・緑・青などの色を現はす。これは薄膜の前後兩面から反射する光の干渉による。遠い一點から發した光 AB が、次の圖のやうに兩面の平行な薄膜に投射するときは、その一部 BE は屈折して膜中に入り、後の面で

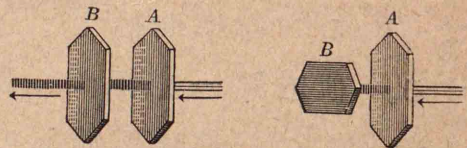


反射し、再び前の面で屈折して空氣中に出て、 DF の方向に進行する。他方同一光源から發して直に D に達した光 CD の一部は反射して、前の光と同一の徑路 DF を取つて進行する。これらの二つの光の波が D で出會ふとき、一波の山が他波の山に

遇ふと、山は益、高くなつて光は益、その強さを増し、一波の山が他波の谷に遇ふと、波は消えて光がない。即ち光の干渉である。さうして兩波の出會ふ^{あひ}具合は膜の厚さと光の波長とによつて定まる。日光が薄膜に投射するときは、干渉の結果或色の光は消えて、膜はその餘色を現はす。膜の厚さが違ふ所は干渉する光が違ふから、その色もまた違ふ。

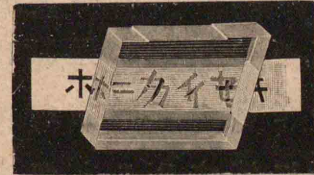
水面に擴がつた油や硝子の裂罅^{ひび}などの色は、皆この現象に屬する。

14. 偏光・複屈折 電氣石を結晶軸に平行に切つて薄板を作り、その面に垂直に日光を當てると、日光の一部は吸収されて、透過光は鳶色か綠色かを帯びる。板をその平面内で廻轉しても、透過光には何等の變化がない。今同様にして作つた第二の電氣石板を取り、第一板と重ねて、その結晶軸を平行にすると、第一板を透した光は第二板をも透すが、第二板をその平面内に廻すときは、廻すに従つて光は次第に弱くなり、兩板の

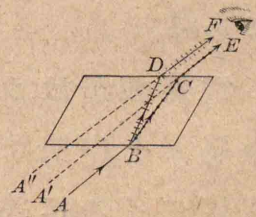


軸が互に直角になるとき、光は少しも第二板を透過しない。さればこの電氣石板を透した光は通常の光と違ふ。これを**偏光**といふ。これは光波が横波であることを示すもので、電氣石に當つたとき、電氣石はただその結晶の軸に平行な振動だけを透過させ、これに直角な振動を吸収するのによる。水・硝子などで光を反射させるとその一部分は偏光になる。

また光が空氣から方解石・水晶のやうな結晶體に進入すると、一本の投射光に對して二本の屈折光を生ずる。この現象を**複屈折**といふ。その内の



一つは**常光線**と稱し普通の屈折の法則に従ふ。進路を示すが、他は**異常光線**といつて屈折の法則に従はない。且電氣石板でこれらの屈折光を檢するとき、それがどちらも偏光であつて、その振動の方向は互に直角であることがわかる。



第三章 電 波

15. 電氣振動

実験 ライデン罐の内外箔を感應コイルの兩極に連ねて放電を行ふと、太い火花を發する。

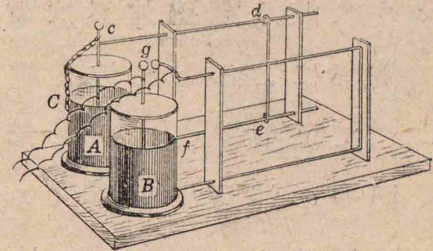
この火花は唯一瞬にして消えるやうに見えるが、實はこの際、導線と火花とに沿うて電氣が週期的に往復し、交番に内外箔の電位を高め、所謂**電氣振動**が行はれる。さうしてその振動の週期は各ライデン罐に特有なものであつて、通常極めて短く、1秒の數百萬分の一に達することがある。それで數十回の振動も瞬時に終了して、ただ一つの火花が見えるのである。



電氣振動はライデン罐に限らない。一本の金屬棒を中央で切つて狭い間隙を作り、これを感應コイルに連ねて間隙に火花を起させると、電氣は棒に沿うて振動する。その週期は金屬棒が長いほど長い。すべて電氣の振動をその中に生ずる物體を**電氣振動體**といふ。

Electric oscillator

16. 電氣共鳴 次の圖のやうに矩形の導線 $cdef$ でライデン罐 A の内外箔を連ね、その一邊 de を移動して矩形の面積を加減できるやうにし、また細い鉄線の鎖を内箔に連ね、端を外箔の一點 C に近づけ、別に同様のライデン罐 B を取つて、一定の大きさの矩形の導線でその内外箔を連ね、たゞ 1mm 許の火花間隙 g を残したものを作る。この二つのライデン罐を上圖のやうに並べて矩形導線を向き合せ、感應コイルで第二のライデン罐 B を放電させ、第一のライデン罐 A の矩形導線の一邊 de を動かして兩矩形の面積を等しくすると、 C 點に火花を發する。この時、矩形の面積を増すか減らすかすると、火花は消滅する。これは二つの音叉の週期が相等しいとき共鳴するのと全く同様である。このやうな現象を**電氣共鳴**といふ。



17. 電波 前節の電氣共鳴の實驗はライデン罐の放電が一定の週期をもつ振動である

Electric resonance

ことを證するばかりでなく、この電氣振動が周圍に一種の波を生じ、その波が近傍のライデン罐に作用することをも示すものである。このやうな波を電磁波又は電波といふ。

Electro-magnetic wave Electric wave

實驗によると、光波と電波とは同一の法則によつて反射・屈折などの現象を起すばかりでなく、同一の速度で傳播する。それで光波と電波とは同じくエーテルの波でた

だ光波の波長は甚だ短いのに電波の波長は數兆から數百萬糎までもの大きな値をもつ相違がある。これは七十餘年前にマクスウェルが唱道した光の



Maxwell

(1831—1879, イギリス人)

電磁波説である。

magnetic theory of light

光波・電波・X線・γ線は皆エーテルの波動で、その空氣中を傳播する速度は共に毎秒3億米である。且種々の實驗と理論とによつて、その波動が一種の横波であることが立證せられてゐる。

東京中央放送局(JOAK)では第一放送には波長508m, 第二放送には波長345mの電波を用ひる。この振動数は各幾らか。

18. 無線電信 無線電信

Wireless telegraphy

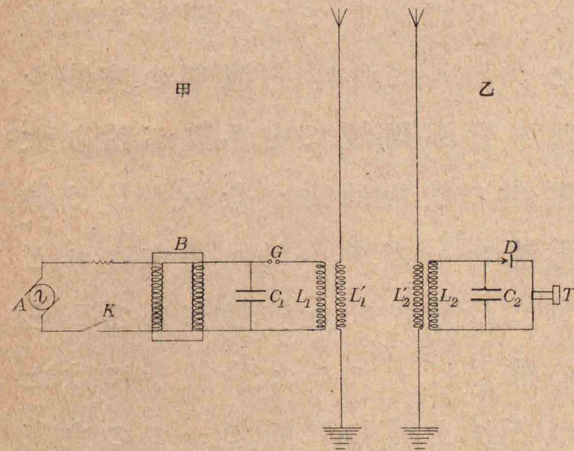
は1896年マルコニが發明した通信法で、専ら電波を利用するものである。次の圖は無線電信機の原理を示すものである。



Marconi

(1874—1937, イタリア人)

次の圖の甲は發信装置で交流發電機Aから交流を變壓器Bの第一コイルに送ると、第二コイルは蓄電器C₁の兩極間に大きな電壓を生じ、間隙Gに火花放電が起る。この際、蓄電器C₁とコイルL₁とは一つの電氣振動體を作り、一定



の週期をもつ電氣振動をその内に生ずる。別に空中線(アンテナ)といつて高く空中に懸る金屬線を設け、これも一

つの電氣振動體として前の振動體C₁, L₁と同じ週期をもつ。さうして空中線の一部のコイル

L_1' はコイル L_1 と組合つて一つの變壓器を作るから、 G に火花が起ると、共鳴によつて空中線にも振動が起り、電波は四方に傳播する。

乙は受信装置で、大部分は發信装置と似てゐる。蓄電器 C_2 とコイル L_2 とで出來た電氣振動體があり、また空中線もあつて、これらの振動週期はどれも發信局の電氣振動の週期に等しく、空中線の L_2' は L_2 と組合つて振動を相傳へる。

それで電波が甲局から乙局の空中線に達するときは、空中線は共鳴して電氣振動を起し、 C_2 、 L_2 も従つて共鳴して、蓄電器 C_2 の兩極間の電壓は交互に昇降する。受話器 T でこの兩極を連結すると、受話器のコイルには同一週期の交流を生ずるが、これは所謂高周波で交番數が餘り大

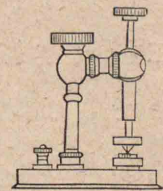
であるため、受話器の鉄板は動かない。 D は檢波器で、これは電流を一方向へだけ通すけれども、その反對方向には通さない特性があるからこれを受話器の輪道に入れると、受話器にはただ一方向の電流だけを通し、甲局で一つの火花が發する毎に受話器の鉄板は一方に引かれる。

整流器 Rectifier 鑽石檢波器のやうに交流を直流に直す装置をいふ。

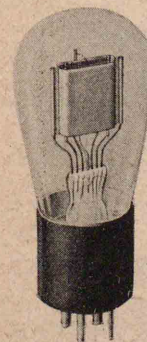
今甲局の交流發電機 A から供給する交流の交番數を 500 とすると、電鍵 K を押す間は間隙 G の火花もまた毎秒 500 回であるから、電波は毎秒 500 回の割で乙局に達し、受話器の鉄板は毎秒 500 回振動して、振動數 500 の樂音が聞える。この樂音の長短によつて電信符號を傳達することができるのである。

檢波器 マルコニが初めて無線電信に使つた檢波器はコヒーラーといつて、金屬粉を硝子管に入れ、兩端に極を附けたもので、電波によつてその抵抗の減ずることを利用したものであつた。

鑽石檢波器は二種の鑽石を軽く接したもので、次の列中の二つを選び用ひれば、左の物から右の物への電流をよく通すけれども、その反對方向には通さない性質を利用する。

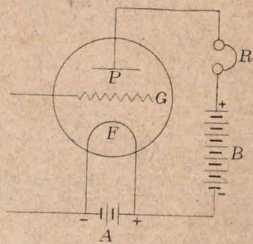


磁鉄鑛—黄銅鑛—紅亞鉛鑛—炭素—鉄—銀—アルミニウム



今日廣く用ひられる真空管檢波器は、次の圖のやうにフィラメント(金屬纖條) F とプレート(金屬板) P とを向ひ合せ、その間にグリッドといふ細い金屬線の網 G を 1 箇乃至 3 箇挟んで封入したもので、電極の數により三極真空管乃至五極真空管等と呼ばれる。圖のやうに A 電池を三極真空管のフィラノ

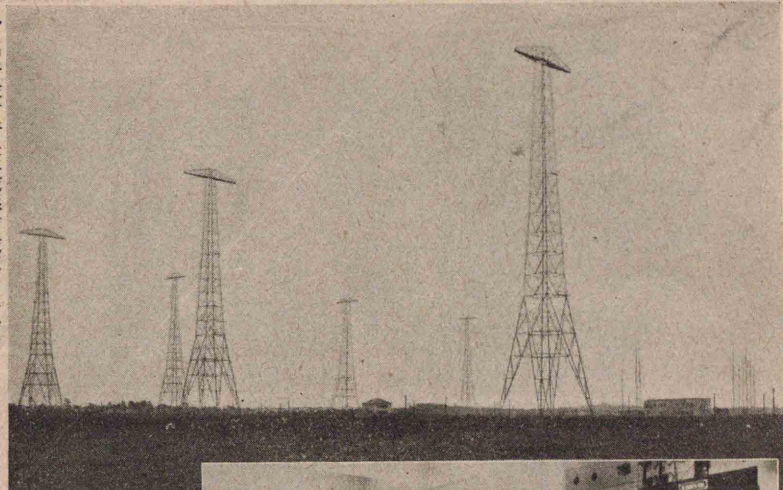
ント F に連ねて適當の溫度に熱し、 B 電池を P に連ねると、 F の表面から電子が飛び出して P に達し、 B 電池の電壓の方向に所謂 **プレート電流** (Plate current) を生ずる。しかしこの電流は G 、



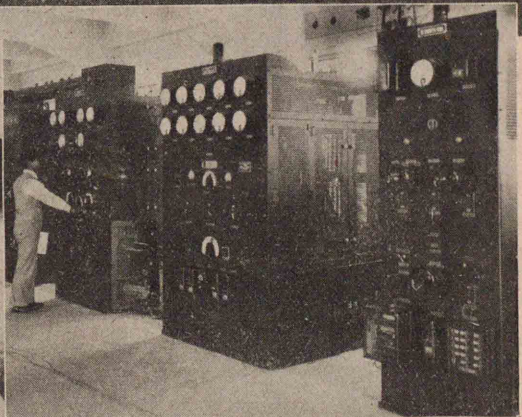
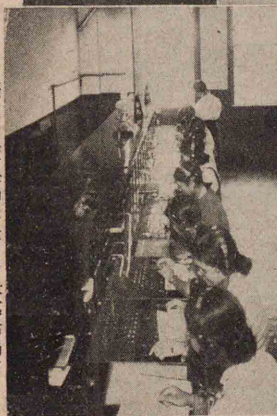
F 間の電壓が極僅か増減することによつて著しく變化するものである。それで G と F とを無線電信受信装置の蓄電器の兩極に連ねると、空中線の電氣振動はグリッドの電位を幾分變化させ、それに應じて電流は大きな變化を起し、受話器 R に一種の樂音を生じさせる。三極真空管は最初アメリカ人ドフォレが發明したものでその當時は、専ら檢波用としてであつたが、今では發信用としても、受信器の擴大用としても盛に使ふやうになつた。

19. 無線電話 Wireless telephony 無線電話は無線電信のやうに電波を利用する通話法である。無線用の火花間隙は種々の改良を施されたけれども、この火花間隙による電氣振動は **減衰振動** (Damped oscillation) と稱して振動の振幅が時間と共に次第に小さくなる性質をもつてゐるため、遠距離の通信には都合が悪い。特に無線電話では **非減衰振動** (Undamped oscillation) と稱する電氣振動が必要なのである。それには特殊

→ 名崎送信所 (茨城縣結城郡名崎村)

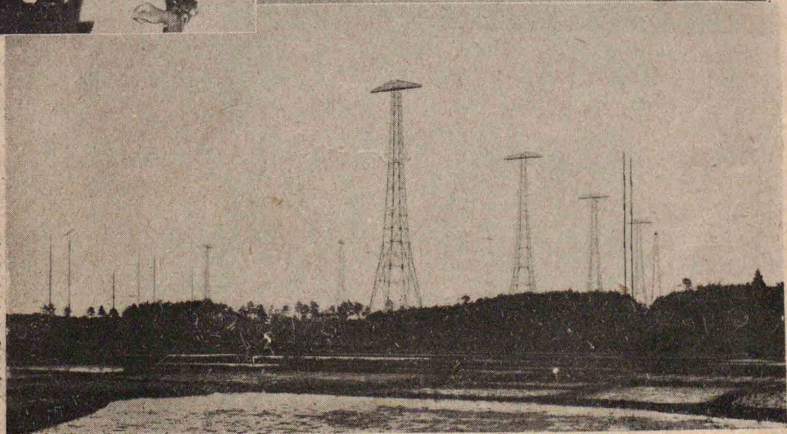


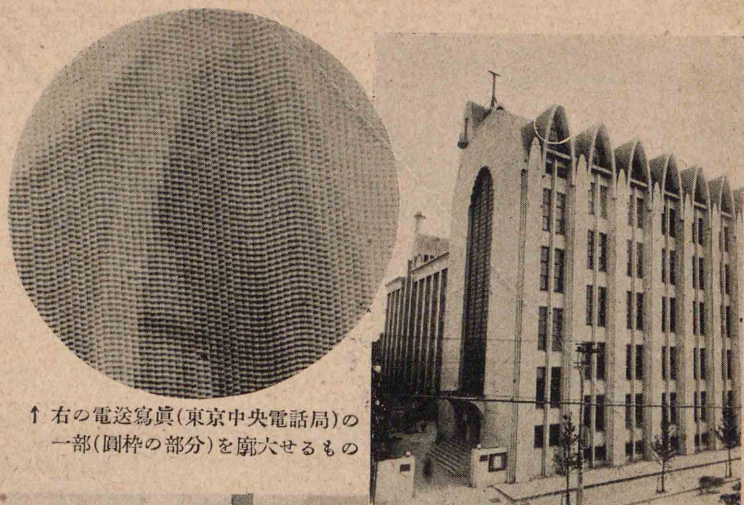
→ 國際電話交換局 (東京中央電話局)



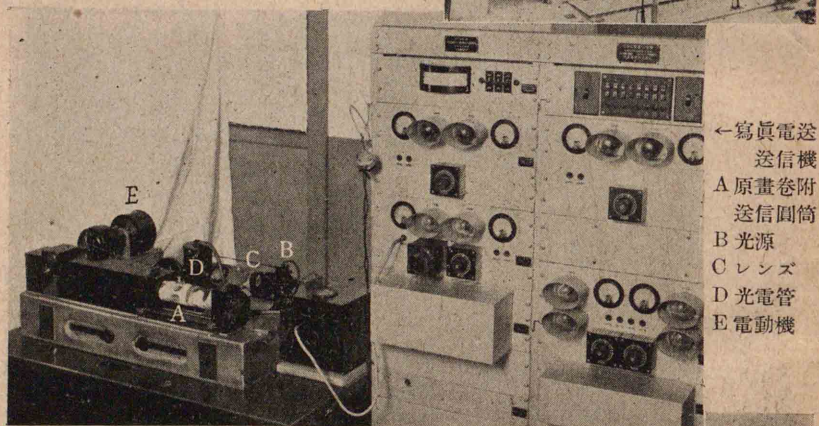
← 名崎送信所送信室の一部

→ 小室受信所 (埼玉縣北足立郡小室村)

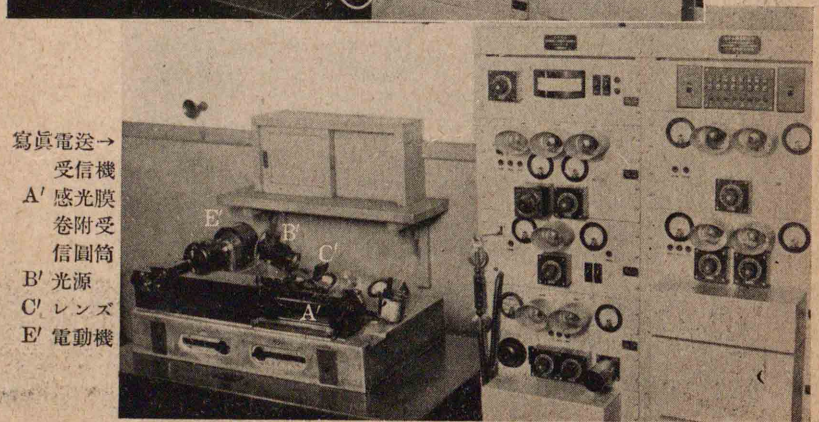




↑ 右の電送寫真(東京中央電話局)の一部(圓枠の部分)を廣大せるもの



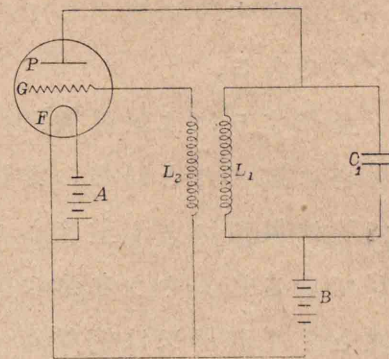
←寫真電送
送信機
A 原畫卷附
送信圓筒
B 光源
C レンズ
D 光電管
E 電動機



寫真電送→
受信機
A' 感光膜
卷附受
信圓筒
B' 光源
C' レンズ
E' 電動機

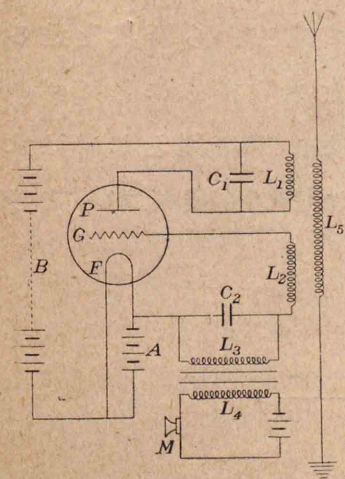
の高週波交流機または上に述べた三極真空管が用ひられる。

今右の圖のやうな接続に於て真空管内のプレート電流に僅少の變化が起つたとする。例へば真空管の振動



とか織條の熱せられ方とか地球上の電磁場の變化とか何によらずプレート電流を極僅かだけ變化させる原因があつたとすると、 L_1C_1 の回路に電氣振動を生ずる。その振動は感應によつて L_1 から L_2 に傳はりグリッドの電位を昇降させる。従つてプレート電流の變化は前よりも大になる。同様の事を繰返してこの變化

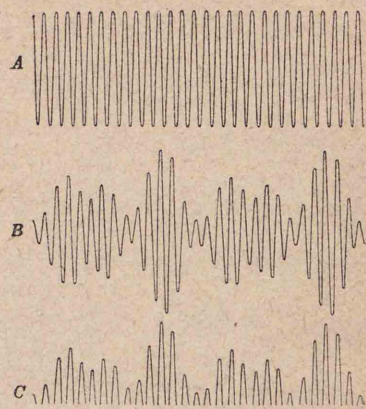
を L_1C_1 の回路に傳へるためとその電波に音波を織込む(モデュレーションといふ)ために實際に Modulation



は左の圖のやうな連結をするのである。その結果、次の圖Aに示されるやうな非減衰振動を生ずる。今送話器Mに向つて音聲を吹込むとその電波がモデュレーションを受けてBのや

うになり、空間に擴がつて行くのである。

受信するには無線電信の場合に述べたと同様の方法で、檢波装置により整流してCで示されるやうな形の電波とし、受話器又は擴聲器に感ずるやうにして聞くのである。



放送無線電話(ラヂオ)はこの原理によるもので、各放送局では夫々特有の波長の電波で講演・音楽などを放送し、聴取者は各自に受話装置を設け、その振動数を目的の放送局の電波に共鳴するやうに調節してこれを聴取するのである。

近頃電波の利用は益々發達して遠方から寫眞を送る**寫眞電送**、遠隔の人物・光景などを居ながらにして見る**Phototelegraphy**
テレヴィジョンなどが發明せられ、更に軍事用としては水雷艇やタンクを遠方から電波によつて操縦する施設なども完成せられるに至つた。

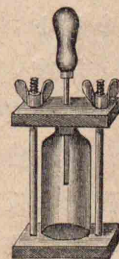
補習問題集

(緒言)

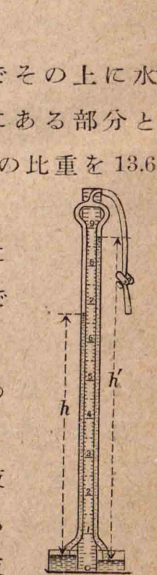
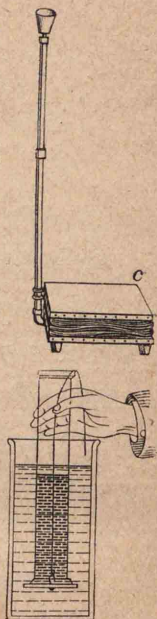
1. CGS 單位が他の單位に比して便利である點を挙げよ。
2. 密度は如何なる基本單位から誘導せられるか。又その CGS 單位はどうか。
3. 形の不規則な固體の體積を測定する方法を考へよ。
4. 銅(比重 8.9) 500 g と金(比重 19.3) 750 g とから成る合金の比重を求めよ。
5. 郵便切手は濡らさないとなつかない。さうして乾ききらないと剥げ易い。何故か。

(物性)

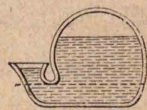
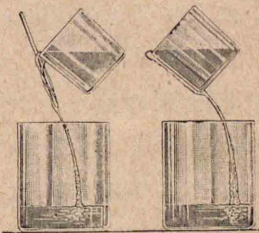
6. 長さ 10 cm のゴム紐で物體を吊り下げたとき、その長さ 20 cm となり、更に 20 g だけ吊り足したら 24 cm となつた。始めの物體の質量は幾瓦か。
7. 水線から 7 m 下にある船底に 5 cm 平方の孔が出来た。板をこの孔に當てて水の進入を防ぐには、幾瓦の壓力を要するか。
8. 圖のやうに硝子罎に水を詰めて、小孔のあるゴム栓を嵌め、板でこれを抑へ、ゴム栓の小孔に金屬棒を押込むと、罎が碎ける。この際、棒に加へた力を 10 kg とし、棒の切口面積を 10 mm²、罎の全面積を 400 cm² とすれば、その受けた全壓力は何程か。



9. 右の圖は所謂水壓靴を示す。臺 C の大きさは 60 cm 平方で管内の水面が臺から 150 cm の高さにあるとき、靴は幾らの重量を支えられるか。
10. 市の貯水池の水面がおもな水道管より 30 m 高く、臺所の水道栓口がおもな水道管より 3 m 高いとすると、栓口に於ける水圧は幾らか。
11. 比重 0.92 の水 100 cm³ が融けて温度 4°C の水になると、その體積は幾ら減るか。
12. 両端が開いた硝子筒の下端を薄い金屬圓板で塞いで、水中に沈めると、圓板は落ちない。筒内に水を注いで内外の水面が殆ど同じ高さになると、圓板は落ちる。これを説明せよ。
13. 各稜 10 cm の立方體の木塊が一面を水平にして 6 cm だけ水中に沈んだ。この木材の密度は幾らか。
14. 潜水艦や浮船渠^{ドック}の浮沈する理を考へよ。
15. 水銀面に浮ぶ鉄塊があつて、これを没するまでその上に水を注いだ。鉄塊の水銀中に没する部分と水中にある部分との體積の比を求めよ。但し鉄の比重を 7.8、水銀の比重を 13.6 とする。
16. 中空なる固體があつて、その比重は 26、空中に於ける重量は 23.4 g、水中に於ける重量は 3.9 g であるといふ。中空部の體積を求めよ。
17. 比重 0.25、重量 1 kg なる物體を水中に押し沈めるには幾らの力を要するか。
18. 右の圖のやうな曲管の兩下端を夫々二種の液體中に入れ、上端から管内の空氣の一部を吸取るときは、管内に昇る液體の高さは液體の密度に反

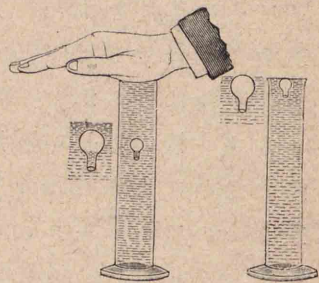


- 比例するといふ。この事實を説明せよ。
19. 水よりも軽い重量 15.3 g の固體に錘を結びつけ水中に沈めてその重量を測つたら 18.3 g で、錘のみ水中に沈めてその重量を測つたら 29.6 g であるといふ。この固體と同體積の水の重量は幾らか。
20. 太さ一様の細長い圓筒中に鉄丸を入れて浮秤とし、これを縦に水中に入れたのに、15.8 cm だけ水中に沈んだ。これを比重 0.79 のアルコールの中に入れると、幾厘アルコール中に沈むか。
21. 比重蠟に水を満したときの重量は 88 g で、更に 10 g の砂を入れて溢れ出た水を拭き取つたときの重量は 94 g であるといふ。この砂の比重を求めよ。
22. 水をビーカーから傾けて注ぐと後^{あと}引^ひする。何故か。またこれを防ぐには圖のやうに硝子棒を用ひる。何故か。
23. 散彈を製造するには、高塔の頂から^{ふる}熔けた鉛を篩ひ落し、塔の下底にある水にこれを受けるのである。散彈が球形になるのは何故か。
24. 衣服に着いた蠟は吸取紙で覆うて、その上から熱い鋺をあてると取れる。何故か。
25. 右の圖のやうなインキ壺のインキが流れ出ないのは何故か。
26. 氣壓 75 cm であるとき、一端を閉じた長い硝子管に水銀を注ぎ、上部に長さ 18 cm の空氣を残し、上端を指で抑へ、これを水銀中に倒立し、空氣柱と水銀柱との長さを相等しくしようとする。水銀柱の長さをどうすればよいか。
27. 100 m の深さにある潜水者の服から逃れ出た空氣泡は、水

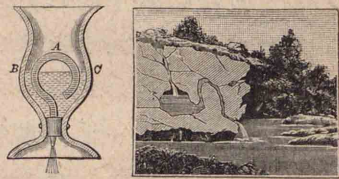


面に達すると體積が幾倍になるか。但し水の温度と空氣の温度とは等しいものとする。

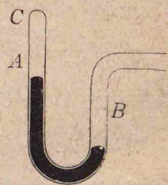
28. 浮沈子は右の圖のやうな硝子球で、その中に空氣が入つてゐる。さうして辛うじて水面に浮く。圓筒を手で覆うて、水を押しと浮沈子は沈み、押すのを緩めると浮き上がる。この際どんな法則の實例を見るか。



29. 圖のやうに底部にサイフォンを装置した瓶に絶えず水を注入するときは、如何なる現象を現はすか。この理によつて間歇泉の原理を説明せよ。



30. 圖のやうな水銀壓力計があつて、1氣壓のときA面はB面よりも10cm高く、閉端Cよりも10cm下方にあつた。この壓力計を或室に持ち出したのにA面がB面よりも2cm低くなつたといふ。この室内の壓力は幾らか。

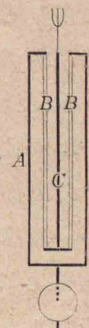


(熱)

31. 等大の鉛球と銅球との熱容量の比を求めよ。
 32. 銅(比熱 0.09) 95% と金(比熱 0.03) 4% と銀(比熱 0.05) 1% とより成る赤銅の比熱を計算せよ。
 33. 温度 80°C の水 200g と温度 10°C の水 100g とを混ずるときは、温度幾らの水が出来るか。
 34. 質量 10g の白金塊を爐の中から取出して直に温度 10°C 、質量 40g の水に投じたら、水の温度が 24°C となつた。爐の温度

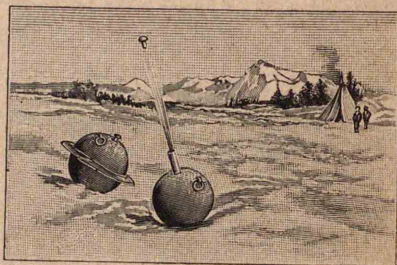
は幾らか。但し白金の比熱を 0.032 とする。

35. 温度 0°C で比重 7.82 の鉄がある。この鉄の線膨脹係数を 0.0000123 とすると、 200°C でその比重は幾らか。
 36. 0°C で正しい眞鍮の物指で、 30°C のとき物體の長さを測つたら 85.67 cm あつた。眞の長さは幾らか。眞鍮の線膨脹係数を 0.0000186 とする。
 37. 圖のやうに鉄棒 A、C と亜鉛棒 B と球とで出来てゐる振子がある。A の上端から球の中心までの長さ a、B の長さ b、振子の支點から C の下端までの長さ c をどのやうにすると、支點と球の中心との距離が温度に關らず、常に一定になるか。このやうな振子を補正振子といふ。但し鉄、亜鉛の線膨脹係数を夫々 0.000011、0.000029 とする。



38. 蒸氣管は温度の變化が甚だしいから、長い管は一本とせず、數本の管を繼合せて造り、繼目には眞鍮の環を嵌め、善く詰め物をし、繼いだ管の端の間には一定の間隙を設ける。管が鉄で、100 m 毎に繼目を入れ、温度が -30°C と $+125^{\circ}\text{C}$ との間に往復するものとする、この間隙は幾らに造るべきか。
 39. 温度 0°C に於て直径 5.01 cm なる鉄製の球と内径 5 cm なる銅製の環とがある。兩者を同温度に熱して球が丁度環を通過し得るに至つたといふ。この時の温度を求めよ。但し銅、鉄の線膨脹係数を夫々 0.000015、0.000011 とする。
 40. ランフォード伯は夏日アルプス山中の氷田に直径約 20 cm、深さ約 120 cm の穴があつて水を保ち、日々その深さが増すことを發見した。この現象を説明せよ。
 41. 一定量の氣體があつて、温度 10°C のとき體積 400 cm^3 である。壓力をそのままとし、 25°C まで温めたら、その體積は幾らになるか。

42. 温度 15°C , 1 気圧で体積が 1 立である気体を, 150°C に熱して 3 立の体積を保たせるには, 幾耗の圧力を加へたらよいか。
43. 温度 0°C , 圧力 1 気圧のとき, 空気の密度は 0.001293 g/cm^3 である。温度 20°C , 圧力 750 mm のときの密度は幾らか。
44. シャールの法則は $P = P_0\left(1 + \frac{t}{273}\right)$ で表はされる。この P を測定して温度 $t^{\circ}\text{C}$ を知る方法を工夫せよ。
45. 或温度のとき, 体積の比が 2:1 なる大小二箇の圓筒がある。小圓筒の線膨脹係数は 0.000017 で, これを大圓筒に入れるとき, 兩圓筒間の體積は温度の如何に關らず一定であるといふ。大圓筒の線膨脹係数は幾らか。
46. 標準状態に於て 1 瓦分子の氣體の體積は 22.4 立である。温度 15°C , 圧力 750 mm のときの炭酸瓦斯 CO_2 の密度を計算せよ。
47. 15°C の水 500 g の中に 0°C の氷 10 g を加へると, 幾度の水となるか。
48. 温度 0°C の水に穴をあけ, 温度 95°C , 質量 120 g の鉄塊をこれに投入したのに, 氷 16 g を融解した。鉄の比熱は幾らか。
49. 0°C の氷 10 g を熱して 100°C の水蒸氣に變化させるには何程の熱量が必要であるか。
50. 1887 年ウィリアム氏はカナダで砲丸に水を詰め, 鉄栓でその孔を塞ぎ, 嚴寒の夜, 野外に出しておいた。翌朝鉄栓は 90 m の距離にあつて 25 cm の氷柱が穴から突き出てゐるのを見た。また他の實驗で, 砲丸は破れて氷の薄層が破れ目から吹き出してゐるのを見た。これらの現象を説明せよ。



51. 0°C の氷 100 g を 15°C の水 240 g の中に投入すれば, どんな結果を生ずるか。
52. コップに水を満し, その中に氷が浮かしてあるとき, 氷が融けるに従つて水は溢れるか, 或は水面が下るか。
53. 100°C の蒸氣は 100°C の水よりも火傷を生ずることが甚だしいといふ。何故か。
54. 少量の水を入れたフラスコに硝子管を通したゴム栓をすると, 水は管内に昇るけれども溢れ出ることは殆どない。然るに圖のやうに硝子管の一部にエーテルを十分に浸した綿布を巻いて押し込めば噴水が見られる。何故か。
55. アルコールランプを消して蓋をしないうで置くと, 心は濕つて火は付きにくくなる。何故か。
56. 空気の温度が 33.7°C で, 露點 20.4°C であるときは, その湿度は幾らか。



温度 ($^{\circ}\text{C}$)	20°	21°	33°	34°
水蒸氣の最大壓力 (水銀耗)	17.4	18.5	37.4	39.6

57. 次の事項を説明せよ。

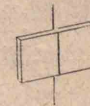
- [1] 洗濯物は擴げると早く乾く。
- [2] 洗濯物は風のある日には善く乾く。
- [3] 洗濯物は寒い日には善く乾かない。
- [4] 洗濯物は濕つた日には善く乾かない。

58. 或時, 富士山上で測定した水の沸騰點は 87.6°C であつたといふ。この時の氣壓は幾らであつたか。
59. 17°C の水 3 kg に 100°C の水蒸氣を幾瓦通じたら 37°C の湯となるか。
60. 温度 100°C の水蒸氣 5 g を 20°C の水 500 g の中に通じたのに, その温度が 26.1°C となつたといふ。水の蒸發熱を求めよ。

(光)

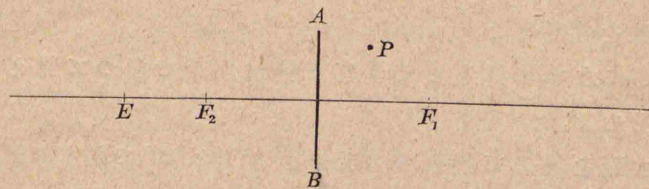
61. 日光によつて電柱は丸い影を地上に投ずるけれども、電線はその影が薄い。この理由を問ふ。
62. 衝立から 10 cm の距離にある 16 燭光の電球と 100 cm の距離にある或弧燈とが衝立を照らす明るさは相等しい。この弧燈の燭光を求めよ。
63. 16 燭光の電燈の下に讀書するには、電燈との距離 60 cm 位が眼のためによいといはれてゐる。10 燭光電燈では幾らの距離が適當であるか。
64. 電燈から 30 cm の距離の所で寫眞を焼付けるのに 20 秒を要したとすると、電燈から 60 cm の距離の所で同じ種板を焼付けるのに幾秒を要するか。
65. 簾を透して室内から室外の物はよく見えるけれども、室外から室内の物は見えにくい。何故か。
66. 硝子窓を透して外から内を覗くときは、自己の像を併せ見るけれども、内から外を望むときは、ただ外の景色だけが見える。何故か。
67. 立つて全身を映すことのできる姿見鏡はどれだけの大きさを必要とするか。(幅については眼が二つであることに注意せよ)
68. 小さい鏡では自己の全身は映らないが、後方にある建物などは立派に全景がうつる。何故か。圖を描いて説明せよ。
69. 球状の硝子瓶に入れた金魚は大きく見える。何故か。
70. 長さ 2 cm の焰を焦点距離 30 cm の凹面鏡の前方 36 cm の距離に置いたとき、この鏡によつて生ずる像の向き、位置、大きさを求めよ。
71. 凹面鏡で生ずる實像を直接眼で見るとき、凹面鏡の面積は像の明るさと如何なる関係があるか。またその像を白紙に映したときにはどうか。

72. 硝子板を透して斜に見た眞直な針金は、右のやうに折れて見える。何故か。



73. 水面に投射した光線の屈折する方向を求める作圖法を案出せよ。
74. 斜に水中に挿入した眞直な棒が水面で曲つて見える理を説明せよ。
75. 水面を掠めて投射する光の投射角は 90° で、屈折面は 48.5° になる。静な水面の下にゐる魚は落日をどの方向に見るか。
76. プリズムを透して白紙の一片を見るときは、その一端は赤く、他端は青く見えるけれども、その中央部は白く見える。何故か。
77. 旭に照らされた露が赤や青に輝くのは何故か。
78. 凸レンズで實物と大きさの等しい實像を作るには、實物をどんな位置に置いたらよいか。
79. 焦点距離 40 cm のレンズで 200 m の距離にある木を撮影して、10 cm の像を得た。木の高さは幾らか。
80. 焦点距離 45 cm のレンズの前面 5 m の距離に立つてゐる身長 1 m の子供を撮影する場合に、レンズと乾板との距離及び像の大きさは幾らになるか。
81. 燭火から 4 m の所に壁がある。焦点距離 30 cm の凸レンズで壁上に燭火の像を生ずるには、レンズを何所に置けばよいか。
82. 凸レンズを用ひて物體から 10 m の距離にある壁にその物體の 11 倍大の鮮明な實像を映させやうとする。如何なる焦点距離のレンズを何所に置けばよいか。
83. 焦点距離 10 cm の凸レンズの前方 10 m の所にある高さ 3 m の木の像は、レンズの焦点から何程離れて出来るか。また像の高さは幾らになるか。

84. 圖の AB は F_1 と F_2 とに焦点をもつ凸レンズである。今 E に眼があつて P 點の實物を見るととき實物から出て眼に入る光の路を畫け。

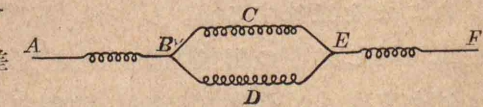


85. 明視距離 15 cm の人の用ひるべき近眼鏡の度数を計算せよ。眼鏡の度はその焦点距離を吋で測つた數を以て示す。また焦点距離 x 米の眼鏡を $\frac{1}{x}$ ディオプトリーと示す仕方もある。
86. 焦点距離 20 cm の凸レンズから 30 cm 隔てて活動寫眞のフィルムが、50 cm/sec の平均の速さで動いたとすれば、像の方の平均の速さは何程か。
87. 電燈の光を赤硝子を受けてその反射像を見ると、電燈と同じ色の像と赤い像とを見る。何故か。
88. 黒紙に赤インクで書いた文字はよくわからないが朱で書けば明瞭にわかる。その理由を問ふ。
89. 夜間の寫眞撮影にはマグネシウムの光を用ひる。何故か。
90. 藍色は燭火の下に黒く見える。何故か。

(磁氣・電氣)

91. 蹄鉄形磁石の兩極に軟鉄片を渡すと磁氣の保存に益があるといふ。磁氣の感應はこの現象を説明することができるか。
92. 鋼鉄棒の一端を磁針の一極に近づけたのに、その極は棒に引寄せられた。磁針のこのフレは棒が既に磁氣をもつてゐたためか、またはこの際の感應に基づくものであるかを檢す

- るには、どうすればよいか。
93. 磁針をコルクに載せて水面に浮べたときは磁針は北方へ移動するか。またこの磁針を棒磁石の一極で引寄せることができる。何故か。
94. 磁針を絲で水平に支へるには、如何なる點に絲を着ければよいか。その理由を説明せよ。
95. 伏角 60° 、水平磁力 2.8×10^{-4} g なる點の地球磁力の強さは幾らか。
96. 船體や船内の鉄材は羅針盤の指針に影響を及ぼすことはないか。
97. 長さ 10 m、切口面積 0.4 mm^2 の鉄線の温度 0°C に於ける電氣抵抗を求めよ。又これを 3 倍の長さに引延ばせば電氣抵抗はどんなに變るか。
98. ニクロム線の抵抗は銅線の 66 倍に當る。切口 1 cm^2 、長さ 100 cm の銅線が 1.561×10^{-4} オームの抵抗を有するとすれば、ニクロム線の切口 1 mm^2 、長さ 10 m あるものの抵抗は幾らか。
99. 2 ボルトの電壓がある二點を抵抗 1 オームの導線で連ねるときは、電流の強さは幾らか。
100. 100 オームの抵抗をもつ導線に 0.3 アンペアの電流を通ずるときは、その兩端間の電壓は幾らか。
101. 8 アンペアの電流を途中で抵抗 2 オームと 8 オームとの二本の導線に分けて送るときは、各導線を通ずる電流は幾らか。
102. 次の圖に示すやうな電路(輪道)で BCE の部分に 6 アンペアの電流が流れたとすると、 A, F 間の電位差は幾らか。但し



- AB の抵抗 1 オーム BCE の抵抗 2 オーム
 BDE の抵抗 3 オーム EF の抵抗 1 オーム

103. 100 オームの抵抗線を繋いで 2 アンペアの電流を通したら、両極の電圧が 5 ボルト落ちたといふ。電池の内抵抗と電動力を求めよ。
104. 電動力 1.08 ボルト、内抵抗 4 オームのダニエル電池 40 箇を行に繋ぐときは、1 km につき 15 オームの抵抗をもつ電信線 50 km に幾アンペアの電流を生ずるか。この 40 箇の電池を列に繋ぐときは、幾アンペアの電流を生ずるか。そのとき 1 箇の電池中を幾アンペアの電流が通るか。
105. 電動力 E ボルト、内抵抗 r オームの電池 N 箇を用ひ、抵抗 R の装置にできるだけ強い電流を通するにはどのやうに繋げばよいか。
106. ゼンマイに電流を通ずるとき磁気作用によつてゼンマイは伸びるか縮むか。
107. 一箇の電鈴と一箇の電池とで數多の室から、これを鳴らすやうな配線を工夫して圖示せよ。
108. 15 アンペアの電流を硫酸銅溶液に通じたのに、3 時間に 53.1 g の銅を析出した。今 25 アンペアの電流を 53 分間硝酸銀溶液に通したら、幾瓦の銀を析出するか。但し銅の化學當量を 31.8、銀の化學當量を 108.0 とする。
109. 電動力 2 ボルトの蓄電池が、抵抗 0.05 オームのアンペア計を通して 20 アンペアの電流を生じた。この蓄電池の内抵抗は幾らか。
110. 「ジュール熱は輪道中抵抗の大きい部分に集る」とはどんなことを意味するか。
111. 同じ太さの銅線と鉄線とを列繋ぎにして電流を通ずれば何れに多く發熱するか。行繋ぎならば如何。
112. 室内の電燈線の二本の端を過つて相觸れたとしたら、如何なることが起るか。

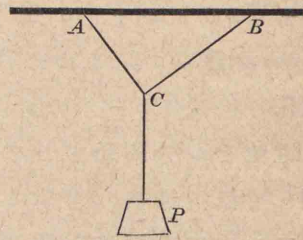
113. タングステン電球内の織條が切れて隣の織條に着くときは、電燈の明るさに如何なる影響があるか。その理由を述べよ。
114. 100 ボルト、16 燭光のタングステン電球の抵抗(つけた時)は幾らか。また毎秒幾カロリーの熱を生ずるか。
115. 抵抗 3 オームの針金を 100 g の水に浸して、3 アンペアの電流を 2 分間通すと、水の温度は幾度昇るか。
116. 抵抗導線の両端に 100 ボルトの電圧を加へて、導線に 10 アンペアの電流を通じ、これを温度 5°C の水 3 立中に投じて水の温度を 100°C まで上昇させるに要する時間を求めよ。但し發生する熱量は全部水を温めるに使用されるものとする。
117. 抵抗 41.84 オームの導線に 1 時間電流を通じたのに、發生する熱量は 1 kg の水を 0°C から 100°C まで高めることができたといふ。電流の強さを求めよ。
118. 扇風機が廻轉し始めるときの電流は、通常 of 速さで廻轉するときの電流よりも強い。何故か。
119. 20 箇の極をもつ交流發電機の發電子が毎分 200 回の割で廻轉するとき、生ずる交流の交番數は幾らか。
120. 交流と直流との工業上の得失を挙げよ。

(力・運動)

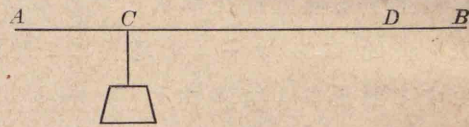
121. 一點に働く大きさの等しい二力の方向が (1) 同じとき、(2) 互に直角であるとき、(3) 相反するときの各合力を求めよ。
122. 長さ 2 m の棒に或重量の物體を懸けて、二人で棒の兩端を擔ふとき、人の肩に加はる重量を 2 と 3 との比にするには、物體を何所に懸ければよいか。
123. 長さ 1.5 m の絲の上端を固定し、下端に 6 kg の物體を吊し、

これに水平力を加へて糸の方向を鉛直線と 30° の傾きに保たせるには、幾らの水平力を要するか。

124. 圖のやうに長さが7mで20kgの張力に堪へられる綱の両端を互に5m隔たる天井の二點AとBとに結び、綱のA端から3m隔たつた點Cに錘Pを吊すとき、綱が切斷しない錘Pの最大重量は幾らか。但し綱自身の重量は省略する。



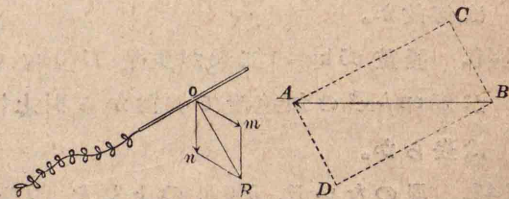
125. 圖のやうに長さ2mの棒の一點Cに重量80kgの物體を吊り、これを甲乙二人で擔はうとする。乙がB點で擔ふときとD點で擔ふときとで、



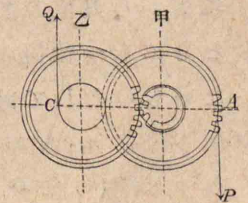
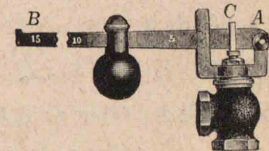
- A點を擔ふ甲の肩に及ぼす重量に何程の差異があるか。但し $AC = 50\text{ cm}$, $BD = 30\text{ cm}$ とし、棒には重量がないものとする。
126. 等質の物質で作つた均一の厚さの正方形板を邊に平行した二線で四等分し出來た四つの正方形の一つを缺損するときは、殘部の重心は何所に移るか。
127. 半球形の器があつて、これを水平面上に置くのに、器の平面に觸れる所は一點であるが、その釣合は安定であつて倒れることはない。この理由を説明せよ。
128. 地上に横たはる一本の丸太がある。その一端だけを少し揚げるのに、60kgの力を要し、また他端だけを少し持ち揚げるのに、105kgの力を要するといふ。この丸太の重量は幾らか。計算の理由を説明せよ。
129. 北に向つて水平に毎時150軒の速さで飛行する飛行機は、毎分10mの東風があると、どの方向へ進むか。

130. 汽車が停車場を出發して2秒後に2m/secの速度を得る割合で20分後の速度を計算せよ。
131. 可なり重い分銅を糸で吊り、同じ糸を分銅の下に着け、この糸を急に下方へ引くと、下の糸が切れるが、靜に引くと、吊つた上の方の糸が切れる。何故か。
132. 走る列車内で天井から銅貨を落すとき、銅貨はその出發點の直下にある床の部分を打つか。何故か。
133. 机上にある紙片に銅貨を載せ、紙片を急に水平に引くと、銅貨は舊位置に留つて机上に残るが、紙片を引くことが緩であると、銅貨は紙片と共に動く。何故か。
134. 靜止せる5gの物體に一定の力を作用させたのに64cm進んだとき80cm/secの速度を得た。この力の大きさは幾らか。
135. 機關車が200噸の列車を5秒間引いて、これに2m/secの速度を與へた。機關車の牽引力は幾らか。
136. 深い泥の中に立つて片足を抜かうとすると、他の足がますます深く入るのは何故か。
137. 二物體が押合ひつつ動くとき(例へば棒押のやうに)、運動の第三法則は如何に適用されるか。
138. 地球は林檎を引いて落下させる。この反作用は何所に見られるか。
139. 重力の強さは場所によつて違ふものであるのに、同一物體を天秤又は桿秤で秤量した結果は何所でも差異がないのは、何故か。
140. 體重65kgの坑夫が重量1170kgの籠に乗つた。この籠が20cm/sec²の加速度で坑内から引上げられるとき、綱の張力は幾らか。
141. 風のない日、500mの上空を25m/secの速さで水平に飛ぶ飛行機から爆弾で地上の目的物を爆破するにはその手前

- どのやうな點でこれを落せばよいか。
142. 眞上に投上げられたベースボールが6秒間空中にあつた。ボールの初速度とそれが達した高さとは幾らか。
143. 上昇しつつある航空船が地上150mの高さにあるとき、報告筒を放つたのに、6秒後に地上に達したといふ。報告筒を放つたときの航空船の速度を求めよ。
144. 29.4 m/sec の速度で眞上に投上げられた物體がある。
 [1] 最高點まで達するに幾秒かかるか。
 [2] 幾米の高さに達することができるか。
 [3] それから再び舊位置に戻るまで幾秒かかるか。
 [4] 落ちて來た最後の速度は何程か。
145. 40 m/sec の水平速度で頭上を通過する飛行機がある。速度600 m/sec の彈丸でこれを撃つには、どの點を狙へばよいか。
146. 長さ1mの絲の一端に10gの物體を附けて、これを毎分100回の廻轉數で振り廻すとき、絲が丁度切れたといふ。この絲は幾瓦の重量まで堪へられるか。但し圓周率は $\frac{22}{7}$ とせよ。
147. 地球がその自轉を止めたならば、赤道にある物體の見掛けの重量はどう變るか。
148. 隕石は空間に運行する小さい冷い物體である。それが大氣中に入るとき、何故に光を發するか。
149. 次の圖は風に働く力を示す。omは風の重量、omは絲の張力、BAは風力である。風が空中に懸つて靜止するとき、この三力には如何なる關係があるか。風が強くなると、風は何故に昇るか。

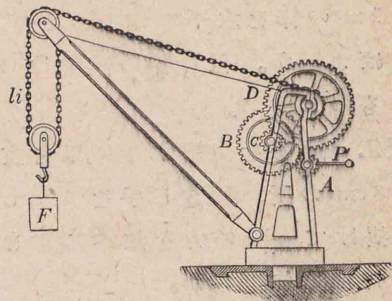


150. 船舶の舵の作用を説明せよ。
151. 兩端に重量60kgと25kgとの二箇の物體を吊した長さ1mの棒を水平に保たうとするには、その支點を何所に置けばよいか。但し棒の重量は15kgで、その重心が中點にあるものとする。
152. 罐切を使用するに、刃を支點から3cmの所に固定し、手を18cmの所に掛けて、6kgの力を加へるときは、刃の押す力は幾らか。
153. 右の圖は安全瓣の梃子であつて、瓣の棒Cは梃子の支點Aから2cm隔つた所にある。A點から12cmの距離に2kgの球を置くときは、棒に幾らの壓力が加はるか。
154. 組合せた滑車で、その絲を1m引くと錘が25cm昇つたといふ。800gの物體を引上げるには何瓦の力がいるか。
155. 高さ1.2m、長さ2mの滑な斜面上にある500gの物體を斜面に平行な力で支へようとする。幾らの力を要するか。
156. 平滑な斜面上に置かれた物體を水平の力で支へてその落下を防ぐには、どれだけの力を要するか。またこの時どのやうな場合に物體の重量よりも大きい力を要するか。
157. 歩み3mm、半径1cmのネヂがある。これに16cmの把手を附け、その端に7.5kgの力を加へるとき、ネヂの下にある物體に及ぼす壓力は幾らか。
158. 圖のやうに甲乙二箇の同大の齒輪があつて、甲の軸に刻んだ齒と乙の輪に刻んだ齒とは互に嚙合ふものとし、甲の輪に力Pを働かせ、乙の軸に力Qを働



かせて釣合を得るとき、 P と Q との比を求めよ。但し甲乙
 兩齒輪の直徑は夫々 10 cm, 軸の直徑は夫々 4 cm とする。

159. 圖に示す起重機で、柄の
 長さは 0.5 m, 齒車 A, B, C, D
 の齒數は夫々 12, 48, 12, 60, 鎖
 を巻く軸の直徑は 10 cm で
 ある。この起重機に加へる
 力 P と起重機が支へる重量
 F との比を求めよ。



160. 體重 60 kg の富士登山者が 8 時間で馬返(海拔 1020 m)か
 ら巔(海拔 3768 m)に達した。この人が重力に對してなした
 仕事の量は幾らか。又この富士登山者の工率は幾らか。
161. 深さ 150 m の鑛坑から毎秒 10000 立の水を汲上げるには
 幾馬力の機關を要するか。
162. 400 馬力のモートルで毎時 150 km を飛ぶ飛行機がある。
 この機の推進機は幾疋の力で空氣を後方へ押すか。
163. 機械を用ひると力を利することはあるが、仕事を利する
 ことはできずに却つて損失があることを、斜面の例について
 説明せよ。
164. 重量 3.9 kg の銃が 10.5 g の銃丸を 800 m/sec の速度で打出
 した。銃丸の運動のエネルギー、銃の後退する初速度、銃の運
 動のエネルギーは各幾らか。
165. 重力の加速度が 9.8 m/sec^2 である所で、200 m/sec の速度で
 地面から眞直に打上げられた 3 kg の砲丸が發射後 10 秒の
 ときにもつ位置のエネルギーは何程か。但し空氣の抵抗を
 ないものとして計算せよ。(計算の理由を記せ)
166. 銃身 50 cm の銃から發射した銃丸の速度は 800 m/sec で
 あつた。(a) 銃身内の銃丸の平均速度、(b) 銃身を通過す

るに要する時間、(c) 銃身内の銃丸の加速度を求めよ。

167. 1000 m/sec の速さの鉄丸が堅牢な的に當り、これを貫通し
 ないで静止し、生じた熱が皆鉄丸の溫度を高めたとすると、鉄
 丸の溫度は幾度昇るか。
168. 蒸氣機關の圓筒内の平均壓力を毎平方糎 10 kg とし、活
 塞の半径を 10 cm とすると、活塞が 50 cm だけ動く際になされ
 る仕事は幾らか。この際蒸氣は幾カロリーの熱を失つたか。
169. 一つの振子の振動數が甲地では毎分 50 で、乙地では 51
 である。一つのゼンマイ秤で或物體の重量を測るに、甲地で
 1 kg であるときは、乙地では幾らか。
170. 32 m/sec の速度で傳播する波の波長が 80 cm であるとき
 は、その週期と振動數とは幾らか。

(音波・光波・電波)

171. 船の前面に斷崖がある。船と斷崖との距離を知らうと
 して船上から汽笛を吹いたのに、5 秒後にその反響を聞いた
 といふ。船と斷崖との距離は幾らか。但し氣温は 0°C とせ
 よ。
172. 毎秒 300 回振動をするピアノの音が溫度 20°C の室内か
 ら溫度 0°C の室外へ漏れるとき、内外音波の波長の差は幾糎
 か。音の調子は變るか否か。
173. 汽車が近づくときは汽笛の音は高く聞え、汽車が遠ざか
 るときは、低く聞える。この理由を説明せよ。
174. 樂團の音樂は、音律が亂れずに遠方の聽者に達する。音
 の高さとその速度とについて何を意味するか。
175. 振動數が毎秒 256 である音と振動數が毎秒 258 である音
 とでは、毎秒幾箇の唸りが生ずるか。

176. ヴァイオリン・三味線などの糸は通常端に近い所で弾く。
何故か。
177. 深い瓶に水を注ぐとき、水が満ちるに従つて音の調子が
高くなるのは何故か。
178. 吾等の髪の毛の直径は約 0.1 mm である。その上に幾箇
の赤光波が並ばれるか。
179. 無線電信と無線電話とは如何なる點が異なるかを述べ
よ。
180. 三極真空管の機能を述べ、これを用ひる發信装置及び受
信装置の原理を示す略圖を畫け。

現代
新物理學

—乙要目用—

定價 金壹圓五錢

昭和十年十一月十五日 印刷
昭和十年十一月二十日 發行
昭和十年十二月三十日 訂正再版發行
昭和十三年十月二十二日 修正三版發行
昭和十三年十一月四日 訂正四版印刷
昭和十三年十一月八日 訂正四版發行



著 者 内 卯 三 郎

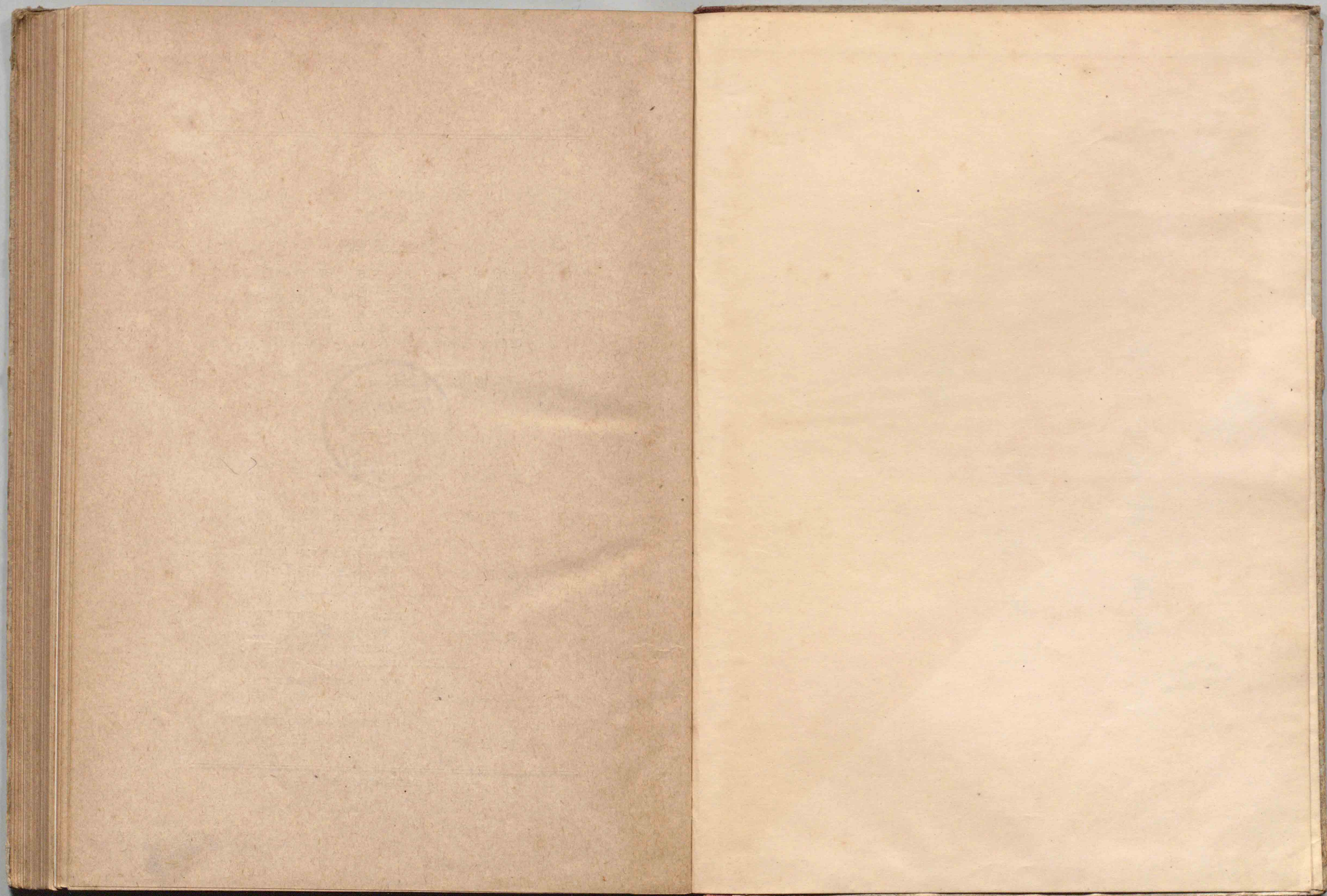
發 行 者 東京開成館
株式會社 代表者 松本繁吉

印 刷 者 東京市牛込區市谷加賀町一丁目12
寺井藤左工門

發 行 所 東京市小石川區小日向水道町84
東京開成館
〔振替口座〕 東京五三二二番

販 賣 所 東京市日本橋區吳服橋二丁目
林平書店

販 賣 所 大阪市東區北久寶寺町心齋橋筋角
三木佐助



石川縣立金澤第二中學校

二中

石崎敏朗

