

420-Y24



1200500742638



始



表 誤正 學理物 育教通普

頁	行	誤	正
三	頭註三、四	こころでは度量衡法による	よけいな文句
一一	八	GA	GH
一五	六	前節	前
四二	一〇	毎秒毎秒	毎秒
九八	表の終	九三	九一
一五〇	より	四八〇	四八〇
一六二	五	空ポンプ	空気ポンプ
一七六	六	fやhは	fやhは
一八一	七	$\frac{mc^2}{2}$	$\frac{mc^2}{2}$
一八三	八	A ₁ B ₁ A B ₂ A B ₂ A	A ₁ B ₁ A B ₂ A B ₂ A
一八七	八	でき、速さ	でき、動いてなる物体の速さ
一九八	九	七八	七八
二〇七	五	一三六	一三七
三〇二	七	$\frac{22.24}{273}$	$\frac{22.42}{273}$
三三九	三	n	n
四〇二	八	M ₁ M	M ₁ M ₂
四一〇	六	距離を / サンチメートル	距離を / サンチメートル
四二〇	二	鹽素	ナトリウム
四二二	二	八二〇	八二〇
四二七	一	(180)	(80)
四二七	九	来る	入り来る
四六六	二	ヴォルトメートル	ヴォルトメートル
四八〇	七	B ₁ D B	B ₁ D B ₂
五七六	五	G	G ₁
五九三	三	場合	場合

420

Y24

理學博士山口銳之助著

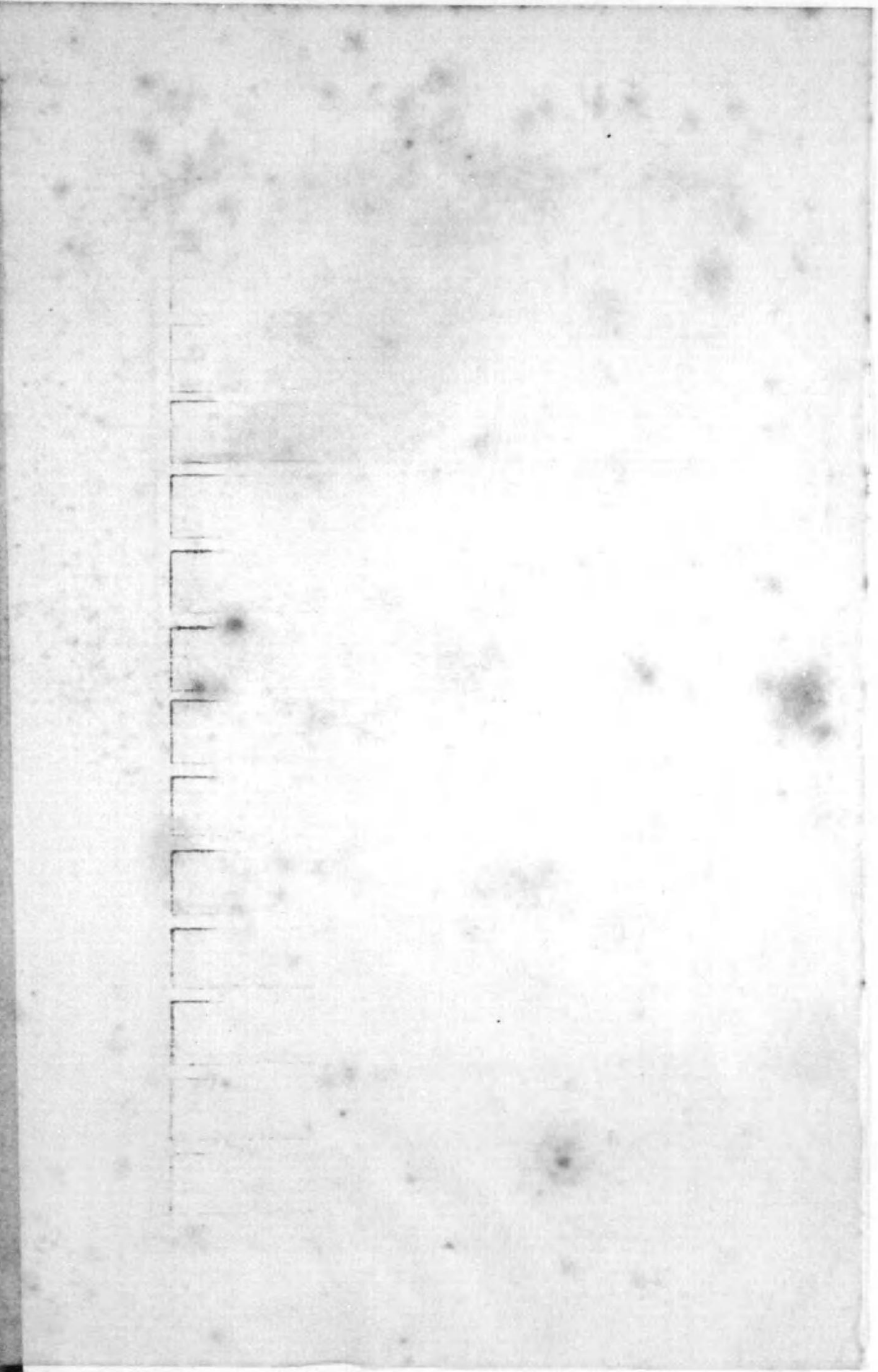
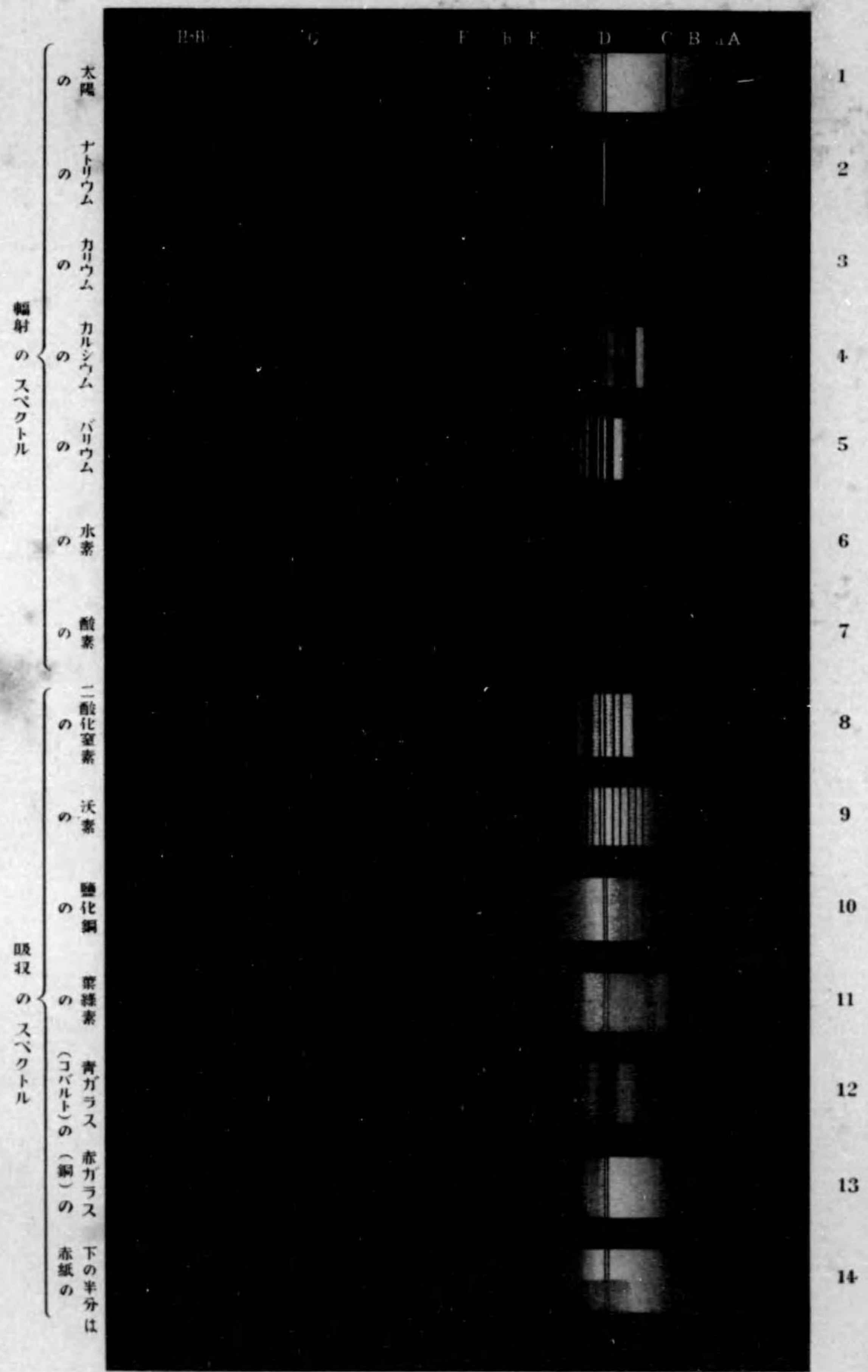
新城市立図書館

普通教育物理學

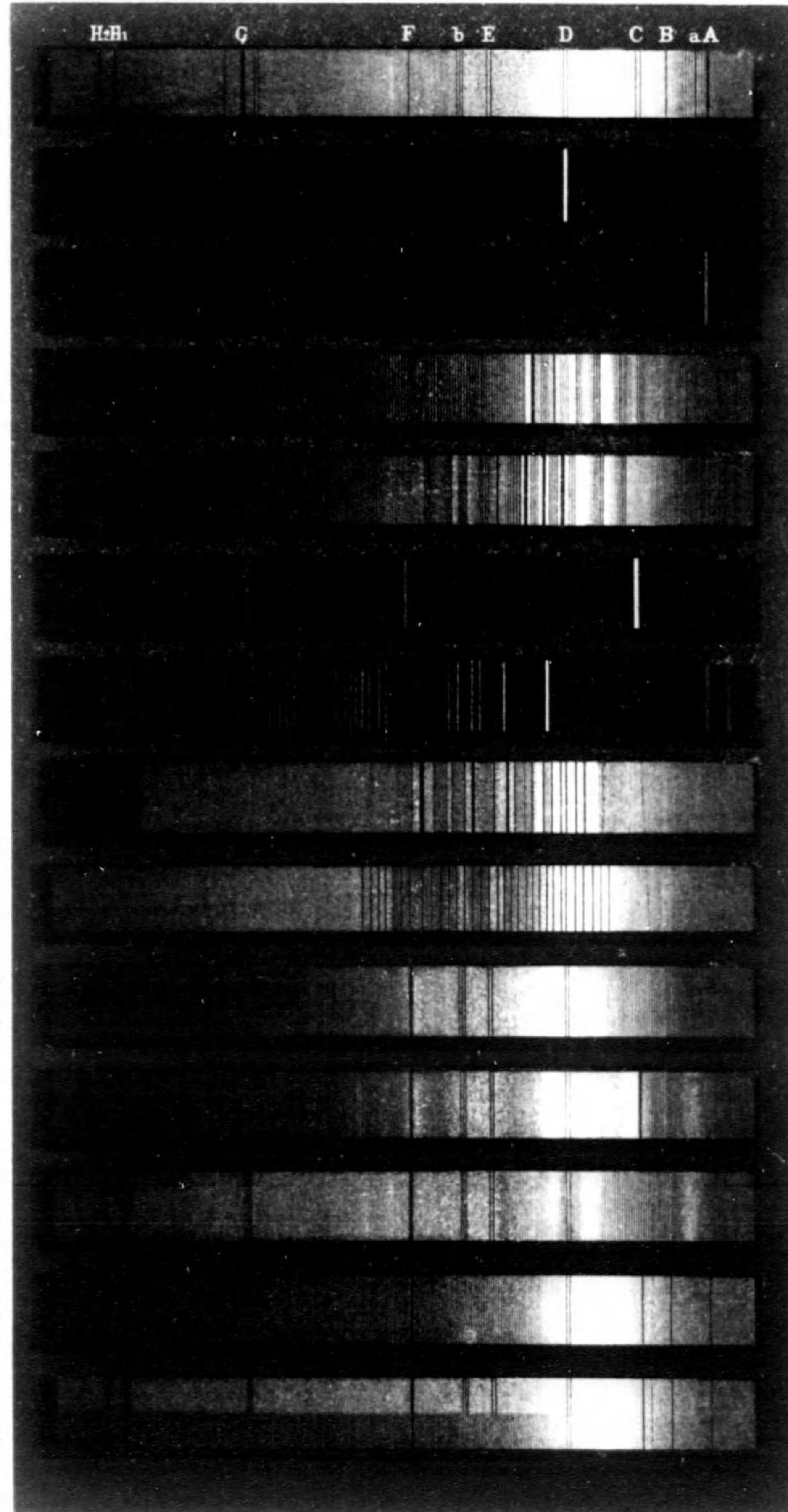


大日本圖書株式會社

露光量違いの為重複撮影



露光量違いの為重複撮影



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11



普通教育

物理學

はしがき

中學校その他これと同じ程度の普通教育を目的とする學校で、常識を養ふために教へたい事からは、必しもその教科目に擧げてあるものに限るわけではない。もし、教育家が理想的の教授細目を作つたならば、今行はれてゐる科目の外の事項にも入りたい事が澤山あるであらう。教科目はただ教授事項のあまり繁雜にならぬために、その大綱を示すのであるから、たとえば、物理學といふ教科目でも、純正物理學の初歩ばかりでなく、普通の知識の中物理學に聯絡して教へて都合のよいものは、みなこの目に入れるのが適當である。この書は、右の主意によつて編纂したものであるが、教科書としては少し大き過ぎるから、近日更にこの主意によつて教科書を編纂する積りである。この書の特色の二三を擧げると次の様なものである。

- ⑤ エルギーの論は、耳新しい事からであるために少し分かりにくいけれども、物理

學の最大切な部分であるから、その説明を委しくし、音熱輻射電氣の各編の始めに必そのワルキの關係を述べ、なほ機會のあるたび毎にこれに關する事から記載して、讀者をその觀念に馴れさせることに勉めた。

⑦ 精確な觀念を與へるために、説明はなるべく數量的にする様にした。學生は量的の關係を公式によりた形式的に記憶し、その單位に注意せぬ傾きがあるから、この弊をさけるために、量の大きさをいふときには一一その單位をつけることにした。また、ワルキのいろいろの形の關係をいふには、CGS法の單位が最便利であるから、多くの場合にこれを用ゐた。

⑧ 力の觀念は、ワルキの論の基礎でもありまた普通の知識としても最必要であるのに、中學程度の學校では別に力學初步を教へぬから、力學に關しては比較的多くの場所を與へ、なほその應用として機械のことをも入れることにした。

⑨ 電氣は通常靜電氣流動電氣の二部に大別し、流動電氣は電池

から始めて實際應用の澤山ある感應電流が最後にでる様になつてを。この順序によると、靜電氣流動電氣の聯絡を會得することがむづかしく、あまり必要でない靜電氣の事がらが主要な位置をしめる様になる。この書では、電氣は感應電流から説きおこし、直に發電機電動機電氣燈等の實用的方面にはいり、始めからワルキの關係を明にして、實用單位の説明をなし、電流の結果の一つとして電氣分解を説いて電池に及び、最後に靜電氣に移ることにした。

終りに斷つておかなければならぬのは、この書は明治二十四年ころから書き始め、三十八年にはすでにその一部分を印刷したのに、公私の差支によつてその出版が延引し、ために書中の事實わけて新しい事からに統一を缺いてなることがある。再版のときには充分な補正をする積りであるから、讀者諸君にも氣の附かれたいことは編者に注意されることを希望する。

明治四拾年五月

山口 銳之助 識す

普通教育 物理學 目錄

第一編 力學と物性との上

第一章 運動

一 運動。靜止。……………	一
二 運動の種類。……………	一
量の計りかた。メートル法。……………	二
三 一樣な速度。……………	四
四 變はる速度。……………	五
五 一點の動きかた。……………	八
六 一點の動きかたの組立。……………	九
七 一點の動きかたの三角形、多角形。……………	一一
八 一點の動きかたの分解。……………	一二

九 一様でない動きかた。……………三三

一〇 加速度。……………三四

一一 同じ處では色色の物體は、みな、同一の加速度で落ちる。……………三六

一二 鉛直に落ちる物體の速さ。……………三七

一三 鉛直に落ちる物體の通る距離。……………三八

一四 下または上へ向けて投げ出した物體の通る距離。……………三九

一五 斜に投げた物體の運動。……………三九

一六 一様でない加速度。……………四〇

一七 圓運動。……………四一

第二章 ちから

一八 力。運動の第一の定律。……………四二

一九 質量。……………四三

二〇 密度。……………四三

二一 運動の第二の定律。……………四四

二二 力の計りかた。……………四五

二三 ぜんまい計り。……………四五

二四 運動量。……………四六

二五 衝突。……………四六

二六 運動の第三の定律。……………四七

二七 張力。壓力。……………四九

二八 力の組み立てと分解。……………五〇

二九 力のつりあひ。……………五五

三〇 抵抗力。……………五七

三一 摩擦力。……………六〇

第三章 剛體

三	廻轉の運動。……………	六五
三	力の能率。……………	六五
三	平行力の合力。……………	六六
三	重心。……………	七〇
三	物體のつりあひ。……………	七一
三	坐わりのよしあし……………	七三
三	衡器。……………	七五
三	振子。振動。……………	八一
	地震……………	八五
四〇	夕の測定。……………	八五
四一	時計。……………	八八

四	宇宙の引力の定律。……………	九〇
---	----------------	----

構造のストレスの勘定……………九二

第二編 力學と物性との中

第四章 固體

四	物質の状態……………	九九
四	分子説……………	一〇〇
四	ひづみ。彈性……………	一〇一
四	彈性の種類……………	一〇三
	試験機……………	一〇六
四	彈性率……………	一〇七
四	材料の強弱。安全の係數……………	一一二

第五章 液體

四九 液體に現れる分子力。……………一三七

五〇 表面張力。毛管現象。……………一二七

五一 溶解。混和。……………一二九

五二 瀾散。……………一三〇

五三 液體の彈性。……………一三一

五四 液體中の壓力。……………一三三

五五 バスカルの原理。……………一三四

五六 水壓機。……………一三六

五七 重力のできる壓力。……………一三九

五八 アルキメデスの原理。……………一三五

五九 浮いてなる物體。……………一三六

六〇 比重。……………一三九

第六章 氣體

六一 氣體の性質。……………一四四

六二 空氣の浮力。……………一四五

六三 トリチェリーの實驗。……………一四六

六四 晴雨計。……………一四七

六五 ボイルの定律。……………一五〇

六六 空氣ポンプ。……………一五四

六七 吸ひあけポンプ。押しあけポンプ。……………一六一

六八 サイフォン。……………一六三

六九 氣體の瀾散。……………一六四

七〇 氣體の吸収。……………一六五

第三編 力學と物性との下

第七章 エネルギー

七	仕事。……………	一六七
七	ギヤギヤ。……………	一七一
七	ギヤギヤの不滅の原理。……………	一七三
七	歯運動のギヤギヤ。……………	一七五
七	位置のギヤギヤ。……………	一七六
七	エナジーの變はりゆく例。……………	一八〇
七	仕事の結果。……………	一八七
六	一様に流れる液體。……………	一八九
六	太さの異なる管の中の壓力。……………	一九五
六	一様に流れる氣體。……………	一九八
	砲彈の エナジー……………	一九九
八	きかひ……………	二〇三

第八章 機械

三	機械の原素。つゝ……………	二〇三
三	運動學的連鎖……………	二〇五
四	クワ滑り連鎖……………	二〇六
五	四つ棒連鎖……………	二〇九
六	ねじ連鎖……………	二一一
七	高等の對……………	二一二
八	簡單なる連鎖……………	二二三
九	ろくろ……………	二二五
九	摩擦力で補つたる連鎖……………	二二五
九	壓力原素……………	二三〇
	起重機……………	二三三
九	齒車ぎ……………	二三四
九	附加の部分……………	二三八

九四 カムとマテリット。……………二三九

九五 連鎖の類別と組立。……………二二九

九六 原動原素と仕事原素。原動對と仕事對。……………二二二

九七 効率。……………二二五

九八 動力。……………二二六

 勞働者や牛馬やの動力。……………二二六

 船用機關の動力。……………二二九

九九 動力計。……………二四〇

一〇〇 機械の分類。……………二四三

一〇一 水車。……………二四五

一〇二 ベルトン 水車。……………二四八

一〇三 壓力 タービン。……………二四九

一〇四 直働 タービン。……………二五〇

一〇五 水壓機關。……………二五二

一〇六 遠心ポンプ。……………二五四

 水力事業。……………二五五

第九章 音

一〇七 波動。……………二六一

一〇八 音。……………二六六

一〇九 音の速さ。……………二六七

一一〇 音の反射。……………二六八

一一一 音の三つの性質。……………二六八

一一二 蓄音器。……………二六九

一一三 樂音の調和。……………二七〇

第四編

熱

第一〇章 熱

二四 熱のワルキ。……………二七三

二五 溫度。……………二七四

二六 寒暖計。……………二七六

二七 最高寒暖計。最低寒暖計。……………二七六

二八 熱量の單位。……………二七九

二九 ヂャルの實驗。……………二八〇

三〇 熱容量。比熱。……………二八一

三一 分子熱。……………二八五

三二 熱を與へた結果。……………二八七

三三 固體の膨脹。……………二八八

三四 液體の膨脹。……………二九二

三五 氣體の溫度と壓力との關係。……………二九七

三六 氣體の膨脹。シャルの定律。……………二九八

三七 理想の氣體。絕對溫度。……………三〇〇

三八 狀態の變はり。融解。……………三〇二

三九 蒸發。……………三〇六

四〇 濕度。……………三一

四一 沸騰。……………三二

四二 氣體の液化。……………三二四

四三 蒸發の熱。……………三二七

四四 溶解の熱。……………三二九

四五 化合の熱。……………三三二

動物のエネルギー。……………三三六

四六 熱の傳導。……………三三七

第一章 熱機関

一三七 蒸気機関。……………三三三

一三八 调速機。……………三三六

一三九 蒸気機関の効率。……………三三九

一四〇 熱力学の第二の定律。……………三四〇

一四一 インヂカル。……………三四三

一四二 蒸気の膨脹の仕事。……………三四四

一四三 数段膨脹機関。……………三四九

一四四 蒸気タービン。……………三五一

一四五 蒸気罐。……………三五三

一四六 ガス機関。……………三五七

第五編 輻射

第一二章 輻射の上

一四七 輻射のエネルギー。……………三六三

一四八 干気。……………三六五

一四九 透明。……………三六六

一五〇 かげ。……………三六七

一五一 小さい孔のためにできる像。……………三六八

一五二 光度。……………三六九

一五三 反射。……………三七三

一五四 平面の鏡。……………三七五

一五五 球面の鏡。……………三七六

一五六 屈折。……………三八三

一五七 全反射。……………三八六

一五八 プリズム……………三六八

一五九 レンズ……………三六九

一六〇 幻灯……………三九五

一六一 暗箱。寫真……………三九六

一六二 眼……………三九七

一六三 顯微鏡……………四〇〇

一六四 望遠鏡……………四〇一

第一三章 輻射の下

一六五 分散……………四〇四

一六六 分光器……………四〇六

 にじ……………四〇七

一六七 色消し……………四〇八

一六八 マクソン格子……………四〇九

一六九 輻射の吸収。物體の色……………四二二

一七〇 吸収の結果……………四二五

一七一 輻射の放出……………四二八

一七二 輻射の吸収と放出との關係……………四三三

一七三 太陽からでるエネルギー……………四三四

 光源のエネルギー。その效率……………四三六

第六編 電氣

第一四章 磁石

一七四 磁石。磁場……………四二九

一七五 磁石の極と極との間の力……………四三一

一七六 磁場の強さ。指力線……………四三三

一七七 地球の磁場。……………四三八
 一七九 磁石を折つた結果。磁石の能率。……………四四四
 一七九 磁石の感應。……………四四五

第一五章 電流の上

一八〇 電流。傳導體。絶縁體。……………四四八
 一八二 電流に伴ふ現象。……………四四九
 一八三 電流の強さ。……………四五二
 一八三 電流計。……………四五四
 一八四 電位差。……………四五八
 一八五 抵抗。オムの定律。……………四六二
 一八六 抵抗箱。ワットメーター。……………四六四
 一八七 分かれた輪道。……………四七〇

一八八 電磁石。……………四七二
 一八九 呼鈴。……………四七三
 一九〇 電信機。……………四七四
 一九一 磁場でコイルを廻轉してできる電流。……………四七六
 一九二 コイルの電流を同じ方向に直すこと。……………四七九
 一九三 發電機。……………四八一
 一九四 直流ダイナモ。……………四八三
 一九五 交流ダイナモ。……………四八八
 一九六 多相式のダイナモ。……………四九〇
 一九七 ベルの電話器。……………四九一
 一九八 微音器。送話器。……………四九三
 一九九 電話の通話。……………四九六
 二〇〇 電話交換。……………四九九

第一六章 電流の下

- 二〇一 電流のある傳導體が磁場で受ける力。……………五〇一
- 二〇二 電流のある二つの傳導體の間の力。……………五〇六
- 二〇三 電流を起さずに入要な仕事。……………五〇八
- 二〇四 電流のある導體に起る熱。……………五二二
- 二〇五 ジョウルの熱の應用。……………五二四
- 二〇六 ペルエの現象。タウソンの現象。……………五二八
- 二〇七 熱電流。……………五三〇
- 二〇八 電流でできる磁場のエネルギー。……………五三三
- 二〇九 磁場のエネルギーの變化。……………五三五
- 二一〇 感應コイル。……………五三七
- 二一一 變壓器。……………五三八

第一七章 電氣化學

- 二二二 直流 電動機。……………五三〇
- 二二三 交流 電動機。……………五三五
- 二二四 電氣 鐵道。……………五四二
- 電燈 線路の一例……………五四四
- 第一七章 電氣化學
- 二二五 電氣分解。……………五四八
- 二二六 フライの定律。……………五五一
- 二二七 ヴォルタ計。……………五五四
- 二二八 電氣分解の應用。……………五五五
- 二二九 電氣分解に要する エネルギー。……………五五六
- 二三〇 電氣分解の逆電位差。……………五五七
- 二三一 蓄電池。……………五五九

三三 原電池。……………五六二

三三 エルギの原則から計算した電池の電位差。……………五六五

第一八章 静電気

三四 電流のなゝときの電位差。……………五六八

三五 電氣の荷。……………五七〇

三六 電氣容量。……………五七一

三七 摩擦で起る電氣。……………五七五

三八 クロンの定律。……………五七八

三九 静電氣の感應。……………五七九

三〇 電氣計。……………五八〇

三一 電氣盆。……………五八六

三二 起電機。……………五八八

三三 静電氣のエルギ。……………五九一

三四 大氣の電氣。……………五九五

三五 避雷針。……………五九六

三六 振動的の放電。……………五九六

三七 無線電信。……………五九九

三八 ガスル管。レントゲン 輻射。……………六〇一

索引……………六〇五

普通教育

物理學

第一編 力學と物性との上

第一章 運動

静止。 自然の現象は、みな、物體のうんどー(運動)に基く。天體の運動や、氣象の變化や、生物の生長ををみな、物體の全體またはその一部分の運動である。

物體の運動とは、時のたつに従つて、その位置の變はること、この變はりのないときは、その物體はせいし(静止)の有様であるといふ。

二 運動の種類。 物體の運動には、いろいろの種類がある。最简单なのは、一物體中の諸點の動きだが、同様なのである。即、等時間に起るその位置の變はりが、みな、同じ向きで、等しい長さを

のである。かよいな運動をしんこー(進行)といふ。進行では、物體の中のある一點の運動さへ吟味すれば、その全體の動きかたが知れる。また、物體の大きさや形が少しも變はらぬで、その諸點が、固定した同一直線のまほりを廻るときは、この物體の動きかたをくわいてん(廻轉)といふ。車輪の運動は、その一例である。また、物體が、伸び縮み曲りなどして、その形や大きさの變はる様な動きかたはひづみといふ。あらゆる物體の運動は、この三種の中か、またはその組み合せたものである。

いかな場合にもひづみのない物體をごーたい(剛體)といふ。

量の計りかた。ある量を計るには、いつでも同じ種類の一定の量を基礎として用ゐる。これを單位といふ。ある量の中に、この單位がいくつあるか、といふことを知るのが、これを計るのである。

センチメートル

長さを計るには長さの單位センチメートルメートルキロメートル尺里

はまたセンチメートルともいふ。ここでは、度量衡法による。

などを用ゐる。

時間を計るにはその單位秒時日などを用ゐる。通常一秒といふのは、平太陽秒といつて一年中の平均の一晝夜の長さ即平太陽日の八六四〇〇分の一である。

メートル法。メートルとキログラムとを基礎とした度量衡をメートル法の度量衡といふ。一メートルは、もと地球の子午線の長さの四千萬分の一だけに作った白金の棒の長さ、一キログラムは、温度四度の純水一立方デシメートルの質量だけある様に作った分銅の質量で、棒も分銅も一八〇〇年のころフランスで作つたものである。後にこの度量衡を世界共通にしようといふ議が起り、度度の萬國會議を經、一八七二年終にフランスパリに萬國メートル同盟度量衡局といふものができ、同盟原器と各國原器とを作ることになった。その結果として、白金九分イリヂウム一分の合金の大な塊を作り、これを分けて多數の原器を作り、精密な比較調査をした。その中で、フランスの舊來の原器に最近似したものを同盟原器とし、他は抽籤で諸國に分配した。明治二四年の法律第二號できまつた日本の

度量衡の原器もこの中で、同盟原器や諸國の原器とともに、一つ増場の合金でできてゐる。それで、メートル法度量衡は、現今ではフランスの度量衡ではなく、文明諸國共通の度量衡で、日本でも尺貫などとともに合法である。

三 一樣な速度。

一點が、等しい時間に等しい距離を通過する様に動くときは、そのはやははいちよ一(一樣)であるといふ。一點が、一樣な速度で動くと、その通りすぎる長さは時間に比例するから、この速度は單位の時間に通りすぎる距離で計る。速度の單位は、**毎秒**

一センチメートル、**毎秒**一メートル、**毎時**一海里、などである。一點が、

一樣な速度で、 t 秒時間に s センチメートル通過すると、一秒時間に通過する距離は $\frac{1}{t}$ センチメートルだから、その速度 v を毎秒一センチメートルで計ると、

$$v = \frac{s}{t} \quad \therefore s = vt$$

となる。

速度のこと、人が澤山あるけれど、速度には力の意味はないから、速力と言ふのはよくない。はやくといふ様な固有の日本語を使ふことのきらいな人は、速度といへばよい。船舶の速度を計るに用ゐる單位、ノットは毎時一海里の速度である。ノットはまた

長さの單位海里の意味にも用ゐる。

時刻とは時刻のきりめである。時刻と時刻との間といふ意味の時間と混雜してはならぬ。

四 變はる速度。

一點の速度が、全く一樣なことは少ない。たとへば、蒸汽車の速度は、その動き始めには極小いけれども、段段に増して、數分時間の後は、大な速度となり、またその止まるときも、速度は次第次第に減じて、終に零となる。かく速度のかはつてゐるときには、その通りすぎる距離は時間に比例はしない。始めの一秒時間には、二〇センチメートル動いても、次の一秒時間には八〇センチメートルも動く。同じ一秒時間でも、その始めと終りとは、速度が違ふから、單位の時間に實際通りすぎる距離で、この物體の速度を計るわけにはゆかぬ。かういふ場合にあるじごく(時刻)での速度は、もしその物がその時刻での速度のとほり、單位の時間だけ續いたならどのくらい動くかといふこの假設の長さで計るのである。

一點が、變はる速度で、 t 秒時間に s センチメートル通過するときは、 $\frac{1}{t}$ はこの時間の平均の速度を毎秒一センチメートルで計つたものである。

問題 東洋汽船會社のアメリカ丸は横濱からサンフランシスコまで五四九四海里(ホノルル経由の航路)を三日二時四〇分で航海した。この船の平均の速さは毎時幾海里であつたか。また、一海里を一八五二メートルとすると、この速さは毎秒幾センチメートルであるか。

答 毎時一六四七海里。 毎秒八四八センチメートル。

いろいろの物体の動く速さ

(毎秒 一センチメートル)

かたつむり	0.15
燕	6700
馬の並歩	100
一マイル競馬のレコード(二分五・五秒)	1685
人の並歩	114
徒歩の一マイル競走のレコード(四分三・七秒)	637
長途の自轉車	550
自轉車の一マイル競走のレコード(二分五秒)	2475

自動車の一マイル競走のレコード(四二秒)	395
東海道急行列車の最速いとき(毎時五マイル)	2460
ニューヨーク中央鐵道列車の最速いとき(毎時二〇三マイル)	5360
ドイツのマリエンフェルトツォッセン間の電氣鐵道車(毎時二〇〇キロメートル)	5556
東洋汽船會社のアメリカ丸(二八二ノット)	937
甲装巡洋艦常磐(二三ノット)	1180
驅逐艦朝霧(三一ノット)	1600
最近式小銃の彈丸(筒口で)	7150
最近式大砲の彈丸(筒口で)	91000
軟風	150—350
和風	350—600
疾風	600—1000
強風	1000—1500
列風	1500—2900
颶風	2900以上

日本で観測した颶風のレコード(明治三年八月二五日鹿兒島で)	七〇九〇
零度の空氣の中での音響	三四〇〇〇
光	三〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇
地球の自轉のためその赤道上の一點	四三三六二
公轉の軌道の上での地球	二九五〇〇〇〇

五 一點の動きかた。 一點の動きかたは、その向きと速さとで極まる。 一樣な動きかたでは、向きも速さも兩方ともに變はつてはならぬ。 どちらか一方でも變はると、動きかたはもはや一樣ではなぐ。

一點の動きかたは通常直線であらはず。 たとへば下の方へ向いた毎秒五〇センチメートルの動きかたは第一圖の様な直線であらはず。 線と磁とで動きかたの向きをあらはし、その長さで速さをあらはす。 この圖では、おおよそ〇・四ミリメートルの長さが毎秒一センチメートルの速さをあらはす割



第一圖

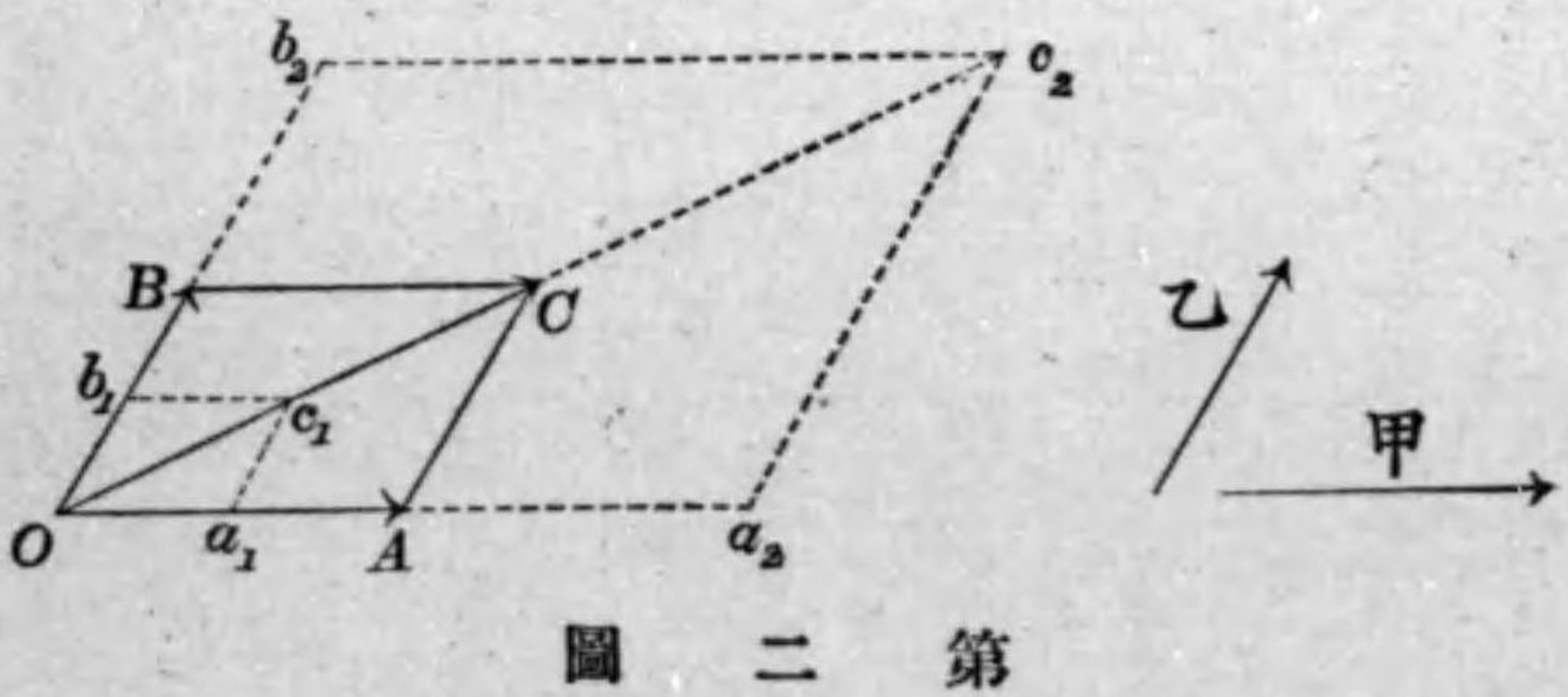
合になつてつて、線の長さはその五〇倍即二センチメートルある。

六 一點の動き方の組立。 ある點が、一つの動きかたをしながら同時にまた他の動きかたをしてることがある。 たとへば、毎秒一五メートルの速さで東の方へ走つてゐる蒸汽車の中で、手を、毎秒五メートルの速さで北の方へ動かすと、この手は、實際東と北との間の或る方向に或る速さで動く。 第二圖の甲乙二線は二通りの一樣な動きかたを示す。 O に在る物體たとへば手は、甲の動きかたをしながら同時に乙の動きかたもする。 そうすると、この物體は一秒時間には甲の方向には甲のあらはず長さ OA だけ動きながら、同時に乙の方向にもまた乙のあらはず長さ OB だけ動く。 $OACB$ の平行方形を作ると、この物體は一秒時間の後には C に在るといふことが分かる。 また初めから半秒時間の後には、この物體は甲のためには a_1 にゆき、乙のためには b_1 に行つてゐる筈だから、實際は平行方形 Oa_1cb_1

の角点 c_1 にある。同理で初めから二秒時間の後では平行方形 $Oa_2c_2b_2$ の角点 c_2 にある筈である。同様にこの物体の他の各時刻での位置も知れ、これらの位置は、みな、一直線 OC の上にあつて、その O からの距離は時間に比例する。だから、この物体は實際對角線 OC が示す様な一様な動きかたをする。この定理を一點の動き方の平行方形の定理といふ。

また、 O 點が或る時刻には甲の動きかたをしてつたのに、次の一秒時間に乙の動きかただけこれに加つたなら、この一秒時間の終りでは合せた動きかた即 OC の動きかたになる。

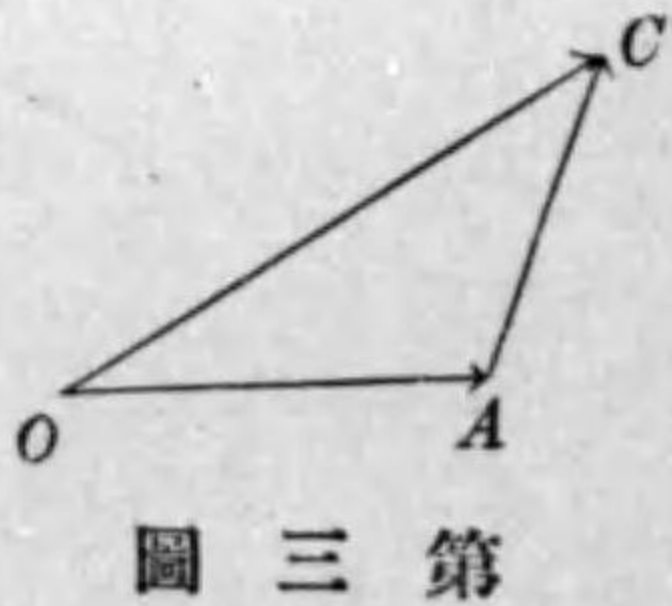
問題 毎秒二メートルの速さで一様に流れてる



川を、眞直に向ふ岸に向つて毎秒一メートルの速さで泳いで居る人がある。この人は實際どんな風に川を渡るか。

七 一點の動き方の三角形、多角形。

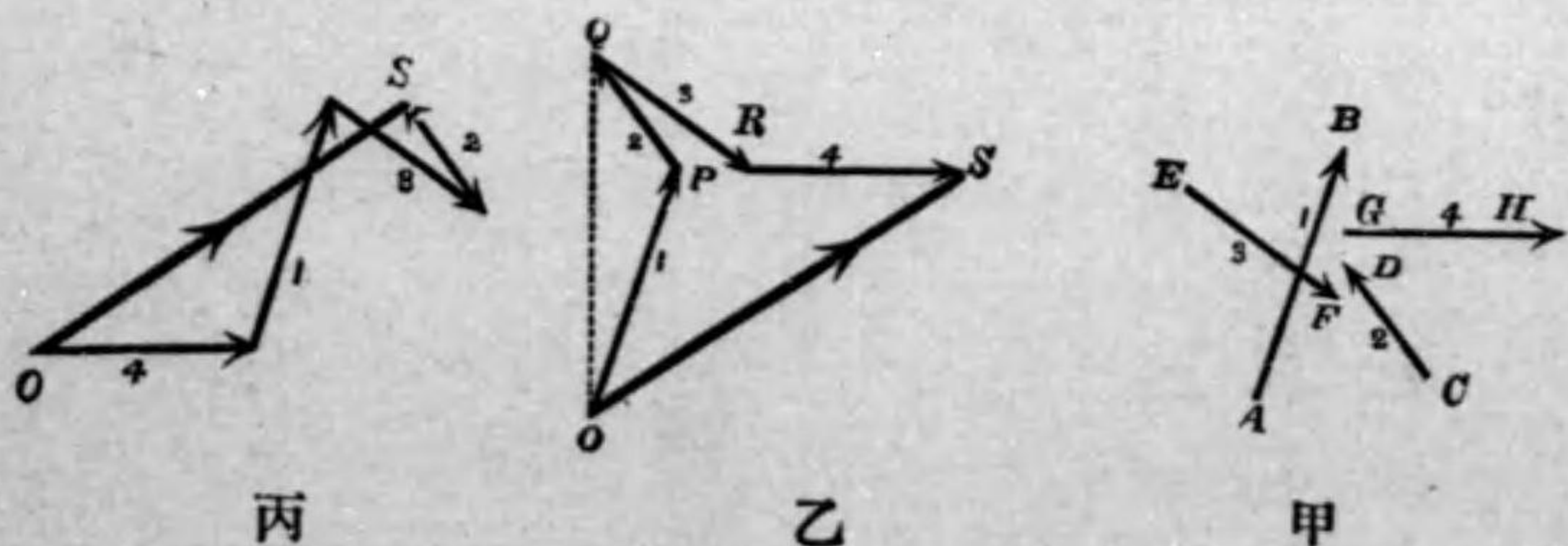
前の OC を求めるには、必しも $OACB$ の平行方形を畫くには及ばぬ。第三圖の様に、甲乙を二邊とする三角形 OAC を作れば OC は直に分かる。だから、この定理は動き方の三角形の定理ともいふ。



また、一つの點が、第四圖甲 $ABCD$ EF GA の様ないくつもの動きかたを同時にすることもある。このときは、 AB と CD とを合せた結果は同圖乙の三角形 OPQ により OQ である。同様にこれと EF との合せたものは OR で、 OR と GH との合せたものは OS であるといふことが分かる。それで AB CD EF GH の動きかたを合せた OS を求めるには、 OQ や OR は畫かなくともよい、ただこれらの線をその長さも向きも變はらぬ様に、矢

の向きが逆にならぬ様に續け、屈曲線 $OPQRS$ を作り、 OS を結ぶと、始めの點 O から終りの點 S へ向いた線が合せた動きかたをあらはす。これを一點の動き方の多角形の定理といふ。同圖丙の様は 4. 1 3 2 の違つた順序に續け、屈曲線を作つても、やはり OS は乙の結果と等しい動きかたをあらはす様になる。

八 一點の動き方の分解。 六の例の手の動きかたは、實際は一通りであるのに、これを、或る速さで東の方に動きながら同時にまた或る速さで北の方へ動いてゐると見ることができた。同じ様に或る與へた動きかたを示してゐる OC (第三圖)を一邊として隨意な



第 四 圖

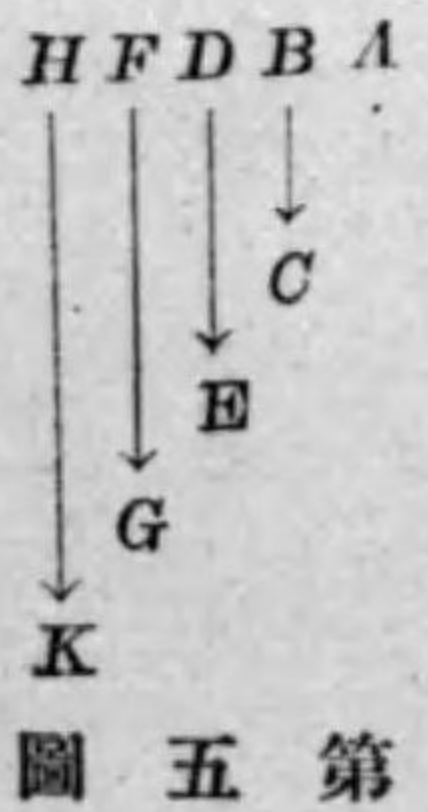
三角形 OAC を作ると、 OC は OA の示す動きかたと AC の示す動きかたとの合せたものであると見ることができた。 OC を一邊としてゐる三角形はいくつもあるから、同一の動きかたは色色に分けることができる。第四圖乙または丙の様は OS を一邊として随意的多角形を作ると、 OS は二つ以上の動きかたに分けることもできる。

惑星 彗星などの天體は色色の方向に動いてゐる。その動きかたを、地球と天體とを結ぶ線の方向とこれに垂直な方向とに分けると、第一の方向の動きかたは見えず、第二の動きかたはかり見える。海上の遠い處の船などもこの第二の動きかたはかり見える。

九 一樣でない動き方。 前の組立も分解も、みな、一樣な動きかたの場合で説明したけれども、これらの定理は、いづれも一樣でない動きかたの場合にも應用ができる。たとへば、ある點が、或る時刻に、第二圖の甲乙二線のあらはす動きかたまたは第四圖の AB CD EF GH の

あらず動きかたを同時にしてなるなら、その合せた實際の動きかたはやはり前圖の通りで求められる。

一〇 加速度。 一點の動きかたの一樣でない場合に、動きかたの變はりゆく割合をかそくど(加速度)といふ。 動きかたの向きと速さと兩方ともに變はる場合は勿論、一方だけ變はつても加速度はある。 物體を眞すぐに落とすときは、その向きは始終變はらぬけれども、その速さは、始めは零でも次第次第に増す。 この物體の一秒ことの動きかたをあらはす線を書くと、第五圖の様なものである。 始めは動かかなかつたものが、一秒時間の後にBCの動きかたとなり、二秒時間の終りにはDEとなり、三秒時間四秒時間の後にはFGとなる。 そうすると、第一の一秒時間の動きかたの變はり、下へ向いたBCだけである。 第二の一秒時間の變はり、DEとBCとの差だけ、第三第四の一



秒時間にもそれぞれFGとDEとの差、HKとFGとの差だけでいづれも下向きである。 かく、各秒に起る動きかたの變はりが、その向きも速さも互に等しく、且任意の時間に起る變はりかたが、その時間に比例するときは、**加速度は一樣であるといふ。**

一樣な加速度は、單位の時間に起る動きかたの變はりで計る。 たとへば、前節の例で、毎秒加はる處の動きかたは、みな、等しく下向きで毎秒九八〇センチメートルであるから、この運動の加速度は、毎秒毎秒九八〇センチメートルである。 單位は毎秒毎秒一センチメートルで、この加速度は、その九八〇倍である。 加速度のこの單位は、一秒ごとに毎秒一センチメートルの速さの加はるのだから、毎秒といふことは二度云はなくてはならぬ。 一秒時間かかつて、毎秒cセンチメートルだけの動きかたの加はる一樣な加速度を、毎秒毎秒aセンチメートルとすると、

$$a = \frac{c}{t} \quad \therefore c = at.$$

である。

一一 同じ處では色の物体は、みな、同一の加速度で落ちる。地上の何もない處で、自由に落ちる物体は、みな、等しい一様な加速度で落ちる。従つて同様に放したものはいつまでも並んで落ちる筈である。然るに、だれにも氣のつく様に、紙ぎれと鉛片と同じ様に落ちるのは、空氣の邪魔があるからである。同じ紙ぎれでも、これを丸めて成るだけ小さい塊とすると、この違ひは段段少なくなる。空氣を全く除くことが出来れば、この違ひはなくなる。

第六圖の様な大な長いガラス管の中に鳥の羽紙ぎれ金屬片などを容れ、空氣ポンプでその中の空氣を排出し、管を急に倒まにすると、羽も金屬片も同様に落ちる。この實驗の出来不出来は空氣排出のよしあしによる。



第六圖

一二 鉛直に落ちる物体の速さ。

小さい鉛球に糸をつけて釣り下げ、その静止したときの糸の方向をえんちよく(鉛直)といふ。自由に落ちる物体は、みな鉛直下むきの一様な加速度を受け、一秒ごとに毎秒およそ九八〇センチメートルの速さを得る。この加速度はいろいろの勘定に使ふから、一般に g の文字であらはず。物体は、始め、鉛直下むきに毎秒 c_0 センチメートルの速さであつたとすると、 t 秒時間の後には下むきに毎秒 c センチメートルの速さで、

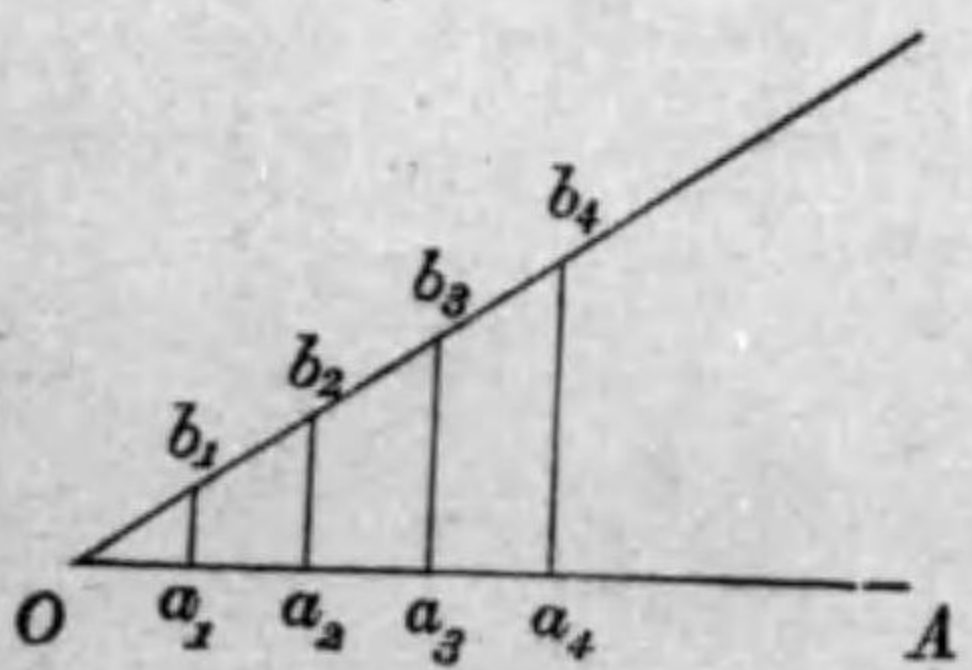
$$c = c_0 + gt$$

となる。落體が、静止から落ち出すときは c_0 は零で、ある。また始め上の方へ動いてつたなら c_0 は負數である。ある時刻 t で c が丁度零なら、その時刻では落體が丁度止まつたと云ふことであり、また c が負數なら、落體は上の方へ動いてるといふことである。つまり c, c_0, t はみな代數的に解釋しなければならぬ。

問題 毎秒一四七メートルの速さで投げあげた物体はいつ最高點に達するか。

答 一・五秒の後。

一三 鉛直に落ちる物体の通る距離。 静止の有様から落ちる物体の速さは始めは零で、 t 秒時間の終りには毎秒980センチメートルになる。 即ち、〇・二五秒の後には毎秒二四五センチメートル、〇・五秒の後には毎秒四九〇センチメートル、〇・七五秒の後には毎秒七三五センチメートルの速さと云ふ様に次第次第に増加するから、落ち出してから始めの一秒時間の平均の速さは $\frac{0+980}{2}$ で、また始めの t 秒時間の平均の速さは $\frac{0+980t}{2}$ である。 第七圖で、 OA は時間 t をあらはす、 Oa_1 は或る單位の一だけあつて一秒時間をあらはす、 a_1b_1 は他の單位の九八〇



第七圖

だけあつて一秒時間の終りの速さ毎秒九八〇センチメートルをあらはす。そのまゝ、 oa_1, oa_2, oa_3 はそれぞれ〇・二五、〇・五、〇・七五秒時間をあらはし、 a_1b_1, a_2b_2, a_3b_3 はそれぞれ毎秒二四五センチメートル、毎秒四九〇センチメートル、毎秒七三五センチメートルをあらはすことになる。 同様に、 OA 線中随意の時刻をあらはす處に a, b に平行な線を引くと、その長さはその時刻での速さを示す。 それだから、始めからその時刻までの平均の速さは、この時間に相當する無数の縦線の縦線の平均の長さで、その始めと終りとの縦線の長さの和の半分である。

物体が一樣な速さ c サンチメートルで t 秒時間に通る距離を l サンチメートルとすると、

$$l = ct$$

である。 速さの時間に比例して増す場合、即ち落體の様な場合では、この c の代りに平均の速さを用ゐればよいので、

$$l = \frac{980}{2} t^2 = \frac{1}{2} g t^2$$

となる。それだから、静止から落ち始める物体は一、二、三秒時間の終りではそれぞれ四九〇、一九六〇、四四一〇センチメートル落ちてをる筈で、これらの数は一、二、三の自乗に比例してをる。

問題 ある谷川の橋の上から石を落とすに、石の水面に達するまでに一七秒時間かかる。水面までの距離はいくらか。

答 一四二メートル

一四 下または上へ向けて投げ出した物体の通る距離。

初めから下むき毎秒 c_0 センチメートルの速さがあるときは、前節の理で、始めの t 秒時間の平均の速さは毎秒 $\frac{c_0 + c_0 + g t}{2}$ センチメートルで、この時間に通り過ぎた距離を l センチメートルとすると、

$$l = \frac{2c_0 + g t}{2} \cdot t = c_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

である。物体を上の方へ向けて投げた場合には、この c_0 が負数である。従つて l の大き次第で、 l は負とも正ともなる。もし負なら、 l を始めの點より上に計り、正なら、下に計らなくてはならぬ。

右の式と一一の

$$c = c_0 + g t$$

の式とから l を除くと、

$$c^2 - c_0^2 = 2 g l$$

といふ關係が出来ゝ。もし始めの速さ c_0 が零なら、この式は簡単に $c^2 = 2 g l$ となる。

問題一 毎秒五〇メートルの速さで鉛直に投げあげた物体は、いくらの高さに達するか。

答 一二八メートル弱

問題二 この物体が地上に落ちるまでの時間はいくらか。

答 一〇・二秒

問題三 毎秒一五メートルの速さで走つてゐる列車に一分時間歯止を用ゐたら、毎秒五メートルの速さになつた。このときの列車の加速度はいくらか。またこの一分時間に列車はいくら進んだか。

答 負毎秒毎秒一六・七センチメートル。六〇〇メートル。

落體の實驗をするには、アトウッドの装置よりは、下に説明した分の方が、はるかに簡便である。

物体を自由に落とすと、その加速度が餘り大きく観測に不便である。四メートル程の極真すぐな木の溝を少しの傾きに据付け、その上に象牙または木の球を轉がすと、これはやはり一樣な加速度で前の規則に従つて落ちるから、この規則を實驗的にためしてみる事が出来る。

一五 斜に抛げた物体の運動。地上で斜に抛げた物体は、

第八圖の $a b c d e f$ の様な道を書き、その向きも速さも絶えず變つてゆく。 a での動きかたの向きは、この點での切線 aa' の方向だから、この時刻での動きかたをあらはす線は aa' に平行な OA で

ある。一秒時間の後は b に達し、

その時刻での動きかたは b での切線 bb' に平行な OB である。同様に次

ぎ次ぎの一秒この動きかたをあらはす線は OC OD OE OF である。そして、

この物体は始め OA の動きかたをして

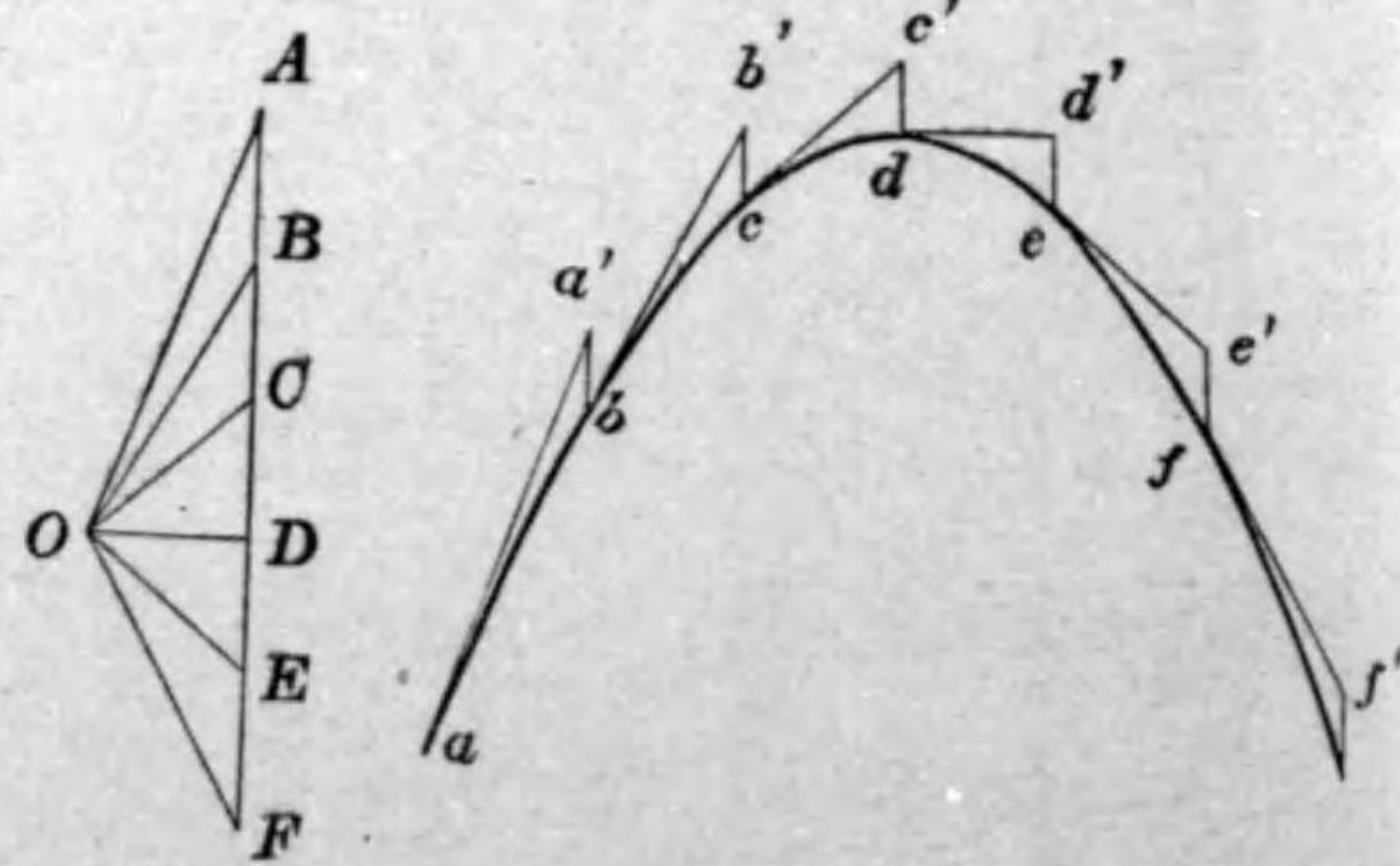
つたのに、一秒時間の終りには OB の動きかたになつたのだから、 AB だけの

動きかたがこの一秒時間に物体に加はつたのである。同様に、 BC は第

二の一秒時間に加はつた動きかたで、 CD DE 等はそれぞれ第三第四の

一秒時間に加はつた動きかたである。これらの各秒に加はつた動きかたは、

何れも毎秒九八〇センチメートルで下の方へ向いてつて、一〇の例の



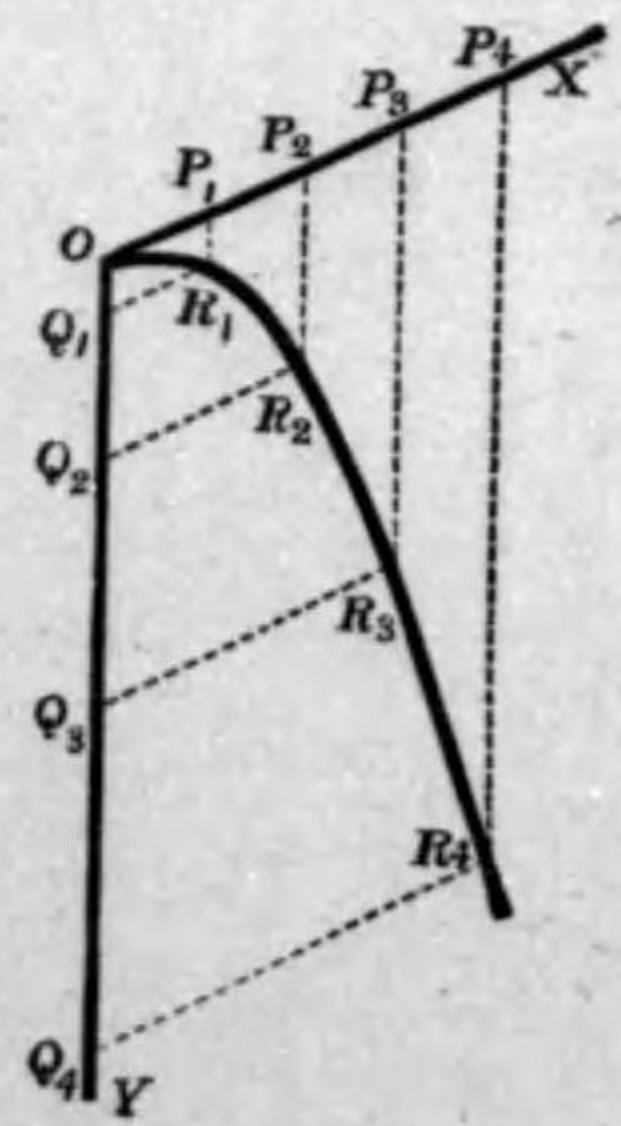
第八圖

何れも毎秒九八〇センチメートルで下の方へ向いてつて、一〇の例の

各秒の増加と同じである。それで AB BC CD DE EF は、みな互に等しく。

この物体の運動は、また一様な運動と一三に説明した鉛直な運動と組合せたものと見ることが出来る。物体を O から OX の方向に（第九圖）毎秒 V サイネールの速さで抛けると、もし他の動きが加はらなければ、一、二、三秒時間の終りでは P_1 P_2 P_3 に行つてゐる筈である。またこの物体に始めの速さがなかつたなら、これらの時刻では Q_1 Q_2 Q_3 に行つてゐる筈である。實際

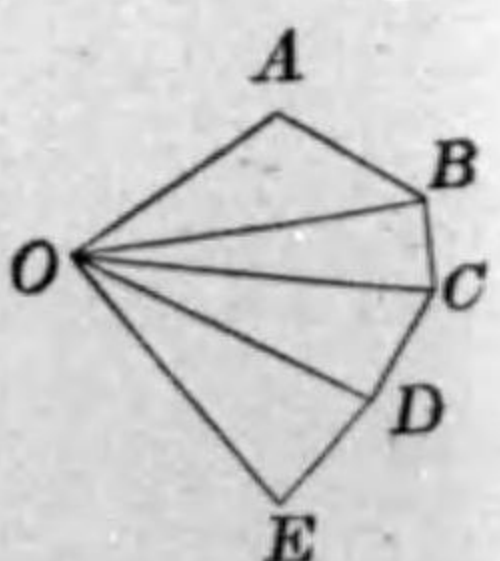
物体は、これらの動きかたを組合せた運動をするから、これらの時刻に R_1 R_2 R_3 等を通り OR_1 の曲線を描く。



第九圖

一六 一様でない加速度。互に等しい時間に起る動きかたの變はりが互に等しくないとき、たとへば、第八圖に似た運動でも、第一第二

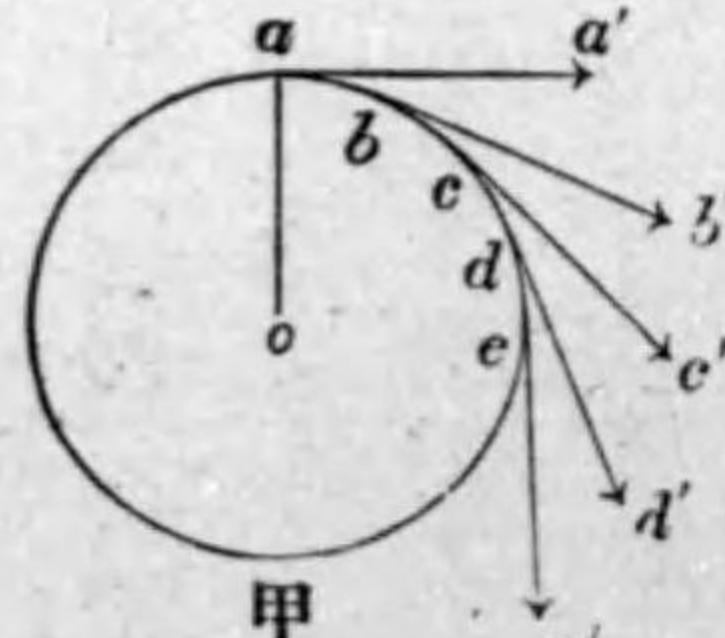
第三等の各の一秒時間に起る動きかたの變はり AB BC CD 等が、第一〇圖の様になつて、その大きさか向きかまたは両方とも互に違ふときは、加速度は一様でない。こんな場合にある時刻での加速度と云ふことを云ふ。これは動き方の變はり方が、その時刻と同様で單位の時間續いたなら、どの位あるだろうと云ふ、この假設の變はりで計るのである。



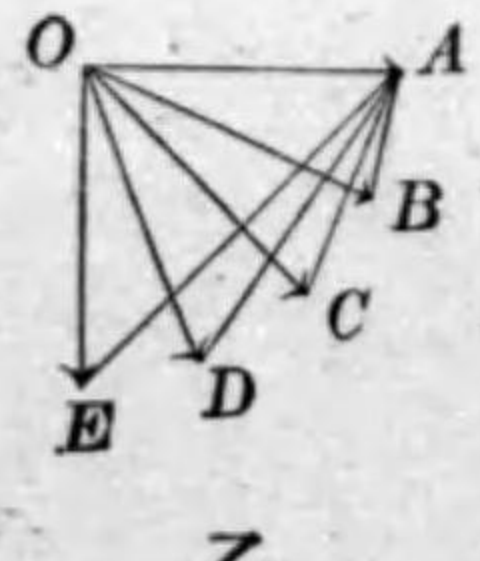
第一〇圖

一七 圓運動。一様でない加速度の最簡單

で重要な一例は、物体が圓形の道を一様な速さで進む場合である。第一一圖甲の a b c d e での動きかたを示す線は aa' bb' cc' dd' ee' である。その大きさは同じいけれども、その向きは違つてゐるから動きかたは段段と變はつてゆくのである。



第一一圖 甲



乙

第一一圖

これらの動きかたを示す線を O の一点から引き乙圖を作る。動點が ab bc cd de を書く時間は何れも t 秒時間だとすると、始めの t 秒時間に起こつた動きかたの變はり OB と OA との差 AB で、 $2t$ 秒時間に起こつた變はり AC 、 $3t$ 、 $4t$ 秒時間に起こつた變はりはそれぞれ AD AE で、これらはその向きも違へばその大きさも時間に比例せぬから、加速度は一樣ではない。 t を極短くとると、 B は A に極近く、従つて OB は OA に極近くなり、 AB は OA に垂直になる。だから、圓運動の或る點 A で動きかたの變はつてゆく方向即ち加速度の方向は OA に垂直即ち ao の方向である。

AOB と aob とは相似形だから

$$\frac{AB}{ob} = \frac{OA}{oa}$$

である。また圓の半徑 oa を r サンチメートルとし物體の速さを毎秒

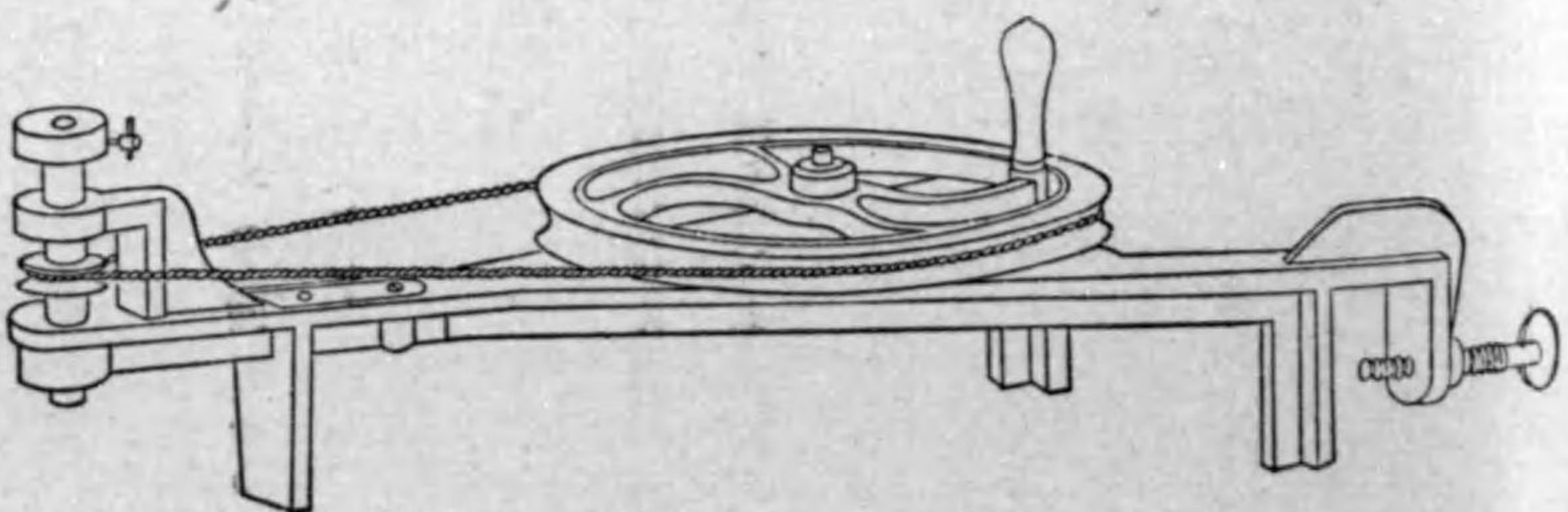
c サンチメートルとし加速度の大きさを毎秒毎秒 a サンチメートルとすると、 ab は ct で AB は at であるから

$$\frac{at}{ct} = \frac{a}{c} \quad \therefore a = \frac{c^2}{r}$$

である。半徑 r サンチメートルの圓形の道を物體が毎秒 c サンチメートルの一樣な速さで動いてると、その加速度はいつでも圓の中心の方へむいて毎秒毎秒 $\frac{c^2}{r}$ サンチメートルである。

圓運動または第三章の廻轉運動の實驗をするには、第一二圖の様な器械を用ゐると便利である。

問題一。半徑五〇センチメートルの車を毎秒三回の割合で廻轉すると、その周圍の點の加



第一二圖

速度はいくらか。

答 毎秒毎秒 一七、八〇〇 サンチメートル

問題二 地球の軌道を半径 一、四八七〔13〕 サンチメートルの圓とすると、地球の太陽の方へ引き付けられる加速度はいくらか。(ただし一年は三・一五五八〔7〕 秒である)

答 毎秒毎秒 〇・五八九〇 サンチメートル

問題三 地球の半径を六三、七八〔8〕 サンチメートル、恒星日を八六、一六四秒とすると、赤道にある物体の地球の中心に向つて落ちつつある加速度はいくらか。

答 毎秒毎秒 三・三九 サンチメートル

第二章 ちから

一八 力。運動の第一の定律。ちからの觀念は、まづ、第一

に筋肉の感じからできる。等しく手を他の物体に觸れてつても、それを少し押すのと、強く押すのと、全く押さぬのとの違ひ、即力をやることの大小は筋肉の感じて區別ができる。

自由な物体に力を加へると、この物体は、必、その動きかたを變へる。止まつてゐる物が動き出したり、動いてゐるものが止まつたりするのは、その動きかたをかへるのである。空中の物体を打つてためしてもしれる。

他人の手の觸れたものが、その動きかたを變へるのを見ると、たとひ自分に感じはなくとも、その人が力を加へたのだといふことは想像ができる。また、馬につないだ荷車や、機關車につないだ列車が、動き出すのは、馬や機關車が力を車輛に加へると考へ、地上の高い處

で放した物体が、地の方へ動き出すのは、地球がこの物体に力を加へると考へるのである。

これらの事實を綜合して、すべて物体が動きかたを變へるときは、力が働くといふ。この命題の裏を次の様に云つて、これをニュートンの運動の第一の定律といふ。

すべて物体は、外から力が働かなければ、その静止まゝまたは運動の有様を變へることはない。

他から力が働かなければその動きかたを變へぬといふ物体に通有な、この性質をかんせい(慣性)といふ。

一九 質量。物質の量を計るには、まづ、二つの物体を比べてそれが同量であるといふことが知れなければならぬ。同量といふことが分ると、或る量を、一定の量、即單位の量に等しいいづれもの部分に分け、その數を計ればよい。さて同質の物なら同量といふことは

慣性のことを
慣性といふ
が、人もある
が、これはあ
まりよくない
精力といふ
に至つては
最悪い。

すぐ分かる。その或る性質を比べればよい。たとえば、或る量の水と或る量の水とを比べると、その嵩即升目が等しければ、同量といふことが分かる。またその重さ即これらの量の水を地球が引く力が等しければ、その同量なことが分かる。嵩が等しければ、重さも等しい。同質の米と米、水銀と水銀などみな同じ様に比べられる。けれども、異質の物質はかういふわけにはゆかぬ。嵩は等しくとも重さは必しも等しくはなく。

力と物体との關係は、その物質の如何にかかはらず、一樣に論ぜねばならぬから、異質の物体でも一樣に計量することが必要である。それには萬物に共通な或る一つの性質を選んで、單にその性質で物質の量を比較することに約束するのである。重さの如何にかかはらず嵩の等しいものは、その量が互に等しいとするのも一法である。重さも地上では萬物に共通な性質だから、重さの等しいものはその量が互に

等しいとするのも一法である。けれども、力と物體との關係を論ずるためであるから、總ての物體に共通で且力に關係する性質即慣性によつて、物質の量を比べるのが最適當である。さて二個の物體の慣性を比べるには、これにそれぞれ等しい力を加へたとき、その動きかたの變はりと同様であるなら、この二物體の慣性の等しいといふことが分かる。この力を加へるに手を用ゐても筋肉の感じてその等しいと云ふことは大概分かる。けれども、ぜんまいか、ゴム絲を用ゐる方がなほ精密である。ぜんまいやゴム絲は、四六に説明する様に、幾度でも極まつた長さに引き伸ばすと、その縮まらうとして出す力は、いつでも等しいものである。二個の物體の慣性が等しいときは、そのしつりよー(質量)が互に等しいと云ふ。等しい質量を知ることができれば、單位の質量をきめてあらゆる物體の質量を計ることができる。質量の單位は**質量目**、**グラム**、**キログラム**などである。メートル法の

グラム、キログラムは、長さの單位センチメートル、メートル等と共に文明各國に通用する故に、學問上には大概これを用ゐる。

いろいろの量の單位は長さの單位と質量の單位と時間の單位とでいひあらはすことができる。この二つの量の單位を**基礎の單位**といふ。

センチメートルとグラムと秒との基礎の單位で組み立てた單位をCGS法の單位といひ、いろいろの量の關係をいふときに便利である。

二〇 **密度**。 一樣な物質では、その單位の立積中の質量をそのみつど(密度)といふ。CGS法の單位を用ゐると、物質の密度ρはその毎立方センチメートルの中の質量のグラム數だから、立方センチメートルの中の質量がmグラムあるなら

$$\rho \cdot v = m \quad \therefore \rho = \frac{m}{v}$$

となる。密度が一樣でないとき、或る點での密度とは、その點と

同じ様な物質が、一立方センチメートルだけあつたとして、その質量のグラム数である。

固体の密度	
(每立方センチメートルのグラム数)	
リチウム	0.59
カリウム	0.87
ナトリウム	0.97
木炭	1.6
ガス炭素	1.9
黒鉛	2.25
ダイヤモンド	3.52
硫黄	2.0
アルミニウム	2.56
バリウム	4.0
沃素	4.95
アンチモン	6.7
亜鉛	7.2
錫	7.3
鐵	7.6
ニッケル	8.26
銅	8.9
蒼鉛	9.8
銀	10.5
鉛	11.4
金	19.3
白金	21.5

アルミ	2.7
真鍮	8.4
洋銀	8.4
黄銅	8.8
コルク	0.24
ゴム	0.95
蜜蝋	0.97
エボナイト	1.25
象牙	1.88
水	0.928
岩鹽	2.28
石膏	2.3
長石	2.55
石英、水晶	2.65
大理石	2.75
ガラス	2.6-3.9
螢石	3.5
重土鑛	4.44

液体の密度	
(每立方センチメートルのグラム数)	
エーテル	0.74
アルコール	0.8
鑛油	0.76-0.83
ベンゼン	0.89
ひまし油	0.94
海水	1.026



氣體の密度 (零度 一氣壓で、毎立方センチメートルのグラム數)			
牛乳	一・〇三		
グリセリン	一・二七		
鹽酸	一・一七		
二硫化炭素	一・二九		
クロロフォルム	一・五		
硝酸	一・五六		
硫酸	一・八五		
水銀	一三・五六		
水素	〇・〇〇〇八九	空氣 (乾いた)	〇・〇〇一二五
メタン	〇・〇〇七九	酸素	〇・〇〇四七〇
アンモニア	〇・〇〇七六一	鹽化水素酸	〇・〇〇一六三
アセチレン	〇・〇〇二五	二酸化炭素	〇・〇〇一九五
一酸化炭素	〇・〇〇二五二	亞硫酸	〇・〇〇三三二
窒素	〇・〇〇二五六	鹽素	〇・〇〇三二八〇

問題 一樣な厚さ、圓筒形で、蓋のないアルミニウムの器がある。その質量は五六グラムで、深さと直径とはそれぞれ九センチメートル一〇センチメートル

である。この器の厚さはいくらあるか。

答 〇・六〇センチメートル。

二二 運動の第二の定律。針金で作つた同じ様なせんまいを、同じ

だけ引きのばすと等しい力を出す。これを一つ用ゐると、一つ用ゐたときの倍の力ができ、十用ゐると十倍の力ができる。このせんまいの力をかりの單位として、力を物體に加へたときの結果を吟味しよう。

第一。物體に力を加へると、物體はその力の向きに 加速度を得る。

第二。 m グラムの物體に、一單位(たとえば前のせんまい 一本)の力を加へると、その力の向きに a だけの加速度ができる。また他の m グラムの物體に、同様な力を加へると、その向きに同じ加速度 a ができる。右の二つを合せた $2m$ グラムの物體に二單位の力を加へると、前と同じ様に 加速度 a ができる。同様に、 $3m$ グラムの物體に

a だけの加速度を起すには m 単位の力が要る。即、いろいろの物體に同様な加速度を起すに必要な力は、その物體の質量に比例する。それだから、力を f とし、質量を m として、この加速度 a を定數としたときの關係を式であらはすと、

$$f = m a$$

である。

第三。ある物體に單位の力を加へたとき、 a だけの加速度ができるとすると、これに二單位の力を加へたときは、動きたの組立の規則により $2a$ だけの加速度ができる筈で、 n 單位の力を加へたときは na だけの加速度ができる筈である。即、 m が變はらなければ、

$$f = n a$$

である。

この第一第三の關係をつづめていふと、 m グラムの質量の物體に f

單位の力が加はつて、毎秒毎秒 a サンチメートルの加速度ができるとする

$$f = m a$$

となる。この關係を方程式に書き改めると、

$$f = k m a$$

となる。これと第一の事柄とを合せてニュートンの運動の第二の定律と云ふ。即、

運動の變はりは力に比例し、その方向に起る。

係數 k は質量と加速度と力とを計る單位によつて違ふ。

この定律は、力の働く物體がどんな有様であつても少しもちがひはない。物體が、静止してやつても、運動してやつても、また、同時に他の力が働いてやつても同様である。

二二 力の計りかた。前節の關係から、ある與へた質量に、與へた

ここに運動の變はりといふのは ma のことである。厳密には運動量の變りゆゑ割合といふべきである。

加速度を起す様な力を、力の単位と定めることができる。一グラムの物體に毎秒毎秒一センチメートルの加速度を與へる力を**ダイン**といふ。これはCGS法の力の単位である。 $f = ma$ をそれぞれダイングラム 毎秒毎秒一センチメートルで計ることにすると、 k は一となつて前節の關係は

$$f = ma$$

となる。

一一の實驗によると、どんなものもその形や質量などに關係なく、みな同様な加速度 毎秒毎秒 g センチメートルで落ちる。これらの物體の質量を m_1, m_2, m_3, \dots グラム等とし、これに働く力、即そのおもさをそれぞれ f_1, f_2, f_3, \dots ダイン等とすると、前節によつて、

$$f_1 = m_1 g, \quad f_2 = m_2 g, \quad f_3 = m_3 g, \dots$$

$$\therefore \frac{f_1}{m_1} = \frac{f_2}{m_2} = \frac{f_3}{m_3} = \dots = g$$

の比例がたち、これらの物體に働く重力即重さはそれぞれその**質量に比例する**。ただし、これは地球上の同じ場所でのことである。質量が等しくても、異つた場所ではその重さの違ふのは四〇に言ふ通りである。

ある力を単位として用ゐるには同様なものを度度こしらへることが容易でなくてはならぬ。一グラムのももの重さだけの力は同様なものを度度作することは極めて手易いので、力の単位として使ふに最適當である。自由な一グラムの物體を、地球が引くと毎秒毎秒九八〇センチメートルの加速度を生ずるから、この力は一ダインの九八〇倍である。この單位は、地球の引力によつてきまるので**引力單位**といふ。これに對して前のダインの様な單位を**絶對單位**といふ。同じ物の重さも處により違ふから、引力單位は**絶對的**にはきまつてならぬ。従つて精密に力を計るには不適當である。然し度度作ることが極容易

だから 實業上には多く使用する。一グラムの重さ一貫目の重さ等を力の単位として用ゐるときは、重さといふことを畧して幾グラムの力幾貫目の力といふ。質量の単位のグラム貫目と混雜せぬ様注意しなければならぬ。質量の単位をグラムとし、加速度の単位を毎秒毎秒一センチメートルとし、力の単位をグラムとすると、 g は九八〇分の一となつて前節の方程式は

$$f = \frac{1}{980} ma = \frac{1}{g} ma.$$

となる。

問題一。筒の長さ一・二メートルの、ある小銃の弾丸の筒口での速さは、毎秒毎秒七二五メートルである。もし、火薬の弾丸を押す力が、一樣であると假定すると、筒の中での弾丸の加速度はいくらか。また、この弾丸の質量を一〇グラムとすると、火薬の弾丸を押す力はいくらか。

答。毎秒毎秒二・三八九〔七〇〕センチメートル。二・三八九〔八〇〕ダイン。

即二四三・八キログラム。

問題二。太陽の表面で、自由に落ちる物體の得る加速度は、毎秒毎秒二六、六〇〇センチメートルである。もし、そこに一六貫目の人が居つたとすると、その人の重さ、即太陽がその人を引く力はいくらか。

答。一・五九六〔九〇〕ダイン、即四三四貫目。

問題三。一グラムの重りに五〇センチメートルの絲をつけ、重りを廻轉してその速さが毎秒一〇メートルになつたら、絲は切れた。この絲はいくら位までの重りを釣ることができるか。

答。二〇グラム餘。

二三 ぜんまい計り。金属のぜんまいを引き伸ばしまたは壓縮すると、四六に説明する様にその原形に戻らうとして出す力は、その伸び縮みがあまり大くないうちは、この伸びまたは縮みに比例する。第一三圖のぜんまいばかりは、この理を應用した力を計る器械である。下の鈎を引くと、ぜんまいは伸び、中央の棒はこの伸びだけ下がる。目盛

でこの伸びを計ると、その数は直にある單位で計つた力を示す。



第一三圖

問題 l の價の毎秒毎秒九八二センチメートルの處で、目盛りをしたせんまい計りを用ゐ、その價の九七八の處で物體を計つたら、一キログラムあつたとすると、この物體の眞の質量はいくらか。

答 一〇〇四キログラム。

二四 運動量。 m グラムの物體に、 f ダインの力が、 t 秒時間働いて、毎秒 c サンチメートルの速さを與へたとすると、加速度は毎秒毎秒 $\frac{c}{t}$ サンチメートルだから、二二の方程式は

$$f = m \frac{c}{t} \therefore ft = mc$$

となる。それで、等しい力 f ダインが、いろいろの物體に、等しく t 秒時間働くと、その物體の得る速さ c は、その質量 m によつて違ふけれども、

mc と c との相乗積はいつでも極まつてなる。この積をその動いてなる物體のうんどーりよー (運動量) といふ。運動量は、一定の力を一定時間用ゐたとき、その物體の何であるにかかはらず、できる處の一定の結果の尺度となるもので、また、その原因即力の働き方を測るに用ゐることができる。たとへば、毎秒六〇センチメートルの速さで動いてなる八グラムの物體と、毎秒一二〇センチメートルの速さで動いてなる四グラムの物體との運動量は、いづれも四八〇 CGS 單位で、靜止の物體に、等しい力が、等しい時間働いて、生じた結果と見ることが出来る。またこの運動量は二一秒時間働くと二四〇ダインの力でも、半秒時間働くと九六〇ダインの力でも起こすことができる。かく、運動量に一定の變はりを起こす原因、即、力と時間との乗積をりよくせき (力積) といふ。

ある力で球を抛けるに、長い時間押しをると、大い速さを起こすことがで

きる。また飛んでくる球を受けとめるに、手をあまり動かさず、短い時間で止めるには大なる力を要し、長い時間かかつて止めるには、小さい力でよろしい。

二五 衝突。 棒で m グラムの球を打つとき、棒の、球に觸れて、これを押しとめる時間 t (秒) は、非常に短いけれども、球は相應の速度 (毎秒 c サンチメートル) を得、運動量 mc (CGS 単位) は可なり大なるので、

$$ft = mc$$

の関係から、力 f (ダイン) は非常に大くなくてはならぬ。また、球が壁に當つて、急に止まるときは、運動量に $-mc$ CGS 単位だけの變はりが起り、毎秒 c サンチメートルの速度ではなかるなら、 $-m(c+c)$ CGS 単位だけの變はりが起る。これらの場合にも、接觸の時間 t 秒が極短ければ、 f は $\frac{mc}{t}$ または $-\frac{m(c+c)}{t}$ ダインで、何れにしても非常に大くなければならぬ。かく f が極大く、 t が極小く、その積が有限で

ある様な場合に、この作用をしよーとつ (衝突) といふ。槌で物を打つ場合など衝突の例である。

問題一。 六トンの荷車が、毎秒一メートルの速度で動いてゐる。その運動量は CGS 単位でいくらか。

答。六〇〇、〇〇〇、〇〇〇。

問題二。 右の荷車は、水平な鐵道の上にあつて、ある人足が二〇秒時間かかつてこの運動を起したとすると、この人足は平均いくら力を加へたか。

答。三〇、〇〇〇、〇〇〇 ダイン、即三〇・六キログラム。

二六 運動の第三の定律。 物體に力の働くときには、必、他にこの力を働かせる物がある。車が引かれるときは、必、これを引く人か馬かがある。甲の物體が乙の物體に力を加へると、乙の物體も、また必、甲の物體に、等しくて反對な方向の力を加へる。この乙が甲に及ぼす力を、甲が乙に及ぼす力のはんさよー

(反作用)またははんどー(反動)といふ。右の事柄を次の様に云つてこれをニュートンの運動の第三の定律といふ。

すべて作用と反作用とは、相等しくて反対の方向に起こる。

甲乙二つのせんまい計りを接ぎ、両手でこれを引くと、各のせんまい計りの示す力は互に等しい。

人が車を引くと、車もまた等しい力で人を引く。この場合に、両方の物體に起こる動きかたの變はりが等しくないのは、車や人に、なほ他の力が働いてゐるからである。

力士と小兒と押しあひをする場合にも、力士が小兒を押すと等しい力で、小兒もまた力士を押してゐる。この押しあひの勝負は、押しあふ力の大小ではなく、身體の位置を保つに必要な他の部分の力の強弱によるのである。

空中で彈丸の様なものが、二つに破裂すると想像すると、甲の部分が乙の部分に及ぼした作用と、乙の部分が甲の部分に及ぼした作用とは、互に等しく、反対な方向に起こるから、兩方に生じた運動量の變はりは互に等しく、各の得た速さは

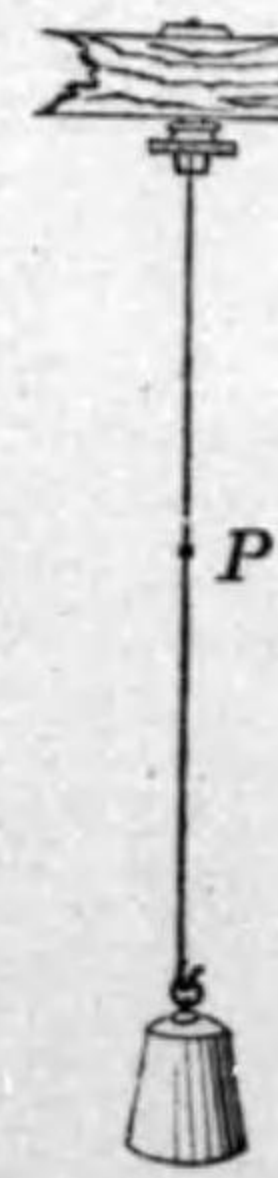
その質量に逆比例する筈である。

大砲をうつとき砲身が後に退くも、この理である。大砲の質量は砲彈の質量よりはるかに大いから、その退く速さは砲彈の速さに比べるとはるかに小さい。もし砲身を地面に固着すると、砲は動かぬ様に見える。けれども、このときは砲身は地球と共に一體をなして、この一體に起こる運動量の變はりが、砲彈の運動量と等しいのである。

同一直線上で衝突する二物體の質量を m m' とし、その衝突前の速さを同一の方向で c c' とし、衝突後の速さもまた同じ方向で c_1 c_1' とする。 c c' c_1 c_1' の中反対の向きものは負號とする。そうすると、 $(c_1 - c) / m$ は第一の物體の得た運動量の變はりで、 $(c_1' - c') / m'$ は第二の物體の得た運動量の變はりで、これらは等しくて反対の符號でなくてはならぬ。

二七 張力。 壓力。 第一四圖の

様に、絲に分銅をつけ釣らげると、絲の P から上の部分を P より下の



圖四一第

部分が、それと分銅との重さだけの力で引く。また前節によると上の部分もまた下の部分を等しい力で引く。Pは絲の中のどこにとつても同様である。この有様の絲にはちよゝりよく(張力)があるといふ。

第一五圖の様に或る物體の上に分銅を載せておくと、この物體の中の或る平面Pより下の部分は、上の部分^分が或る力で壓す。また上の部分は下の部分^分が等しい力で壓しかへす。これもPの平面をどこに考へても同様である。この有様になつてゐる物體には縦にあつりよく(壓力)があるといふ。



圖 五一 第

張力と壓力とを總稱して縦のストレスと云ふ。
二八力の組みたてと分解。一點に働く力も、どの向きでいくらダイシといふ様に、その方向と大きさとできまる量だから、一點の動きかた

と同様に、鏝のついた直線であらはすことができる。たとへば、下向きの九八〇ダイシの力は、縦の直線の下に鏝がついて、その長さが或る單位で九八〇だけあるものであらはされる。

また二一に云つた様に、力が物體に働いたためにできる加速度は、その物體の有様には少しも關係しないのである。それがすでに動いてゐるとか、また同時に他の力が働いてゐると云ふことには關係しない。同一のmグラムの物體に、 f_1 ダイシ f_2 ダイシといふ二つの力が同時に働くと、各の力は他の力に關係なく、それ相應の加速度を起す。一つの力がもし同じ方向に働くなら、その物體は二力の向きに f_1 ダイシのために起る加速度 毎秒毎秒 a_1 ($f_1 m$) サチメートルの上に、なほ f_2 ダイシのために起る 加速度 毎秒毎秒 a_2 ($f_2 m$) サチメートルが加はる。即ち、 $f_1 + f_2$ ダイシの一力と同じ様に毎秒毎秒 $a_1 + a_2$ ($(f_1 + f_2) m$) サチメートルの加速度ができる。二つの力が丁度 反對な

向きなら、同理で大な力の方向に $f_1 \sim f_2$ ダインの一力と同じ様に毎秒毎秒 $a_1 \sim a_2$ (センチメートル) の加速度を生ずる。

かく一つまたは二つ以上のふんりよく(分力)と同様な結果を生ずる一力をごりよく(合力)といふ。

同一の m グラムの物体に働く二力 f_1 ダイン f_2 ダインの向きが違ふときも、各の力はそれぞれの向きに毎秒毎秒 a_1 サンチメートルと毎秒毎秒 a_2 サンチメートルとの加速度を起す。第一六圖 甲で、 O に在る m グラムの物体に f_1 ダイン即ち OA の力と f_2 ダイン即ち OB の力と同時に働くとすると、一秒時間にはこれらの方向に毎秒 a_1 サンチメートルと毎秒 a_2 サンチメートルとの速さを生ずる筈である。これらの動きかたをあらはす線を同圖乙の oa ob とし、平行

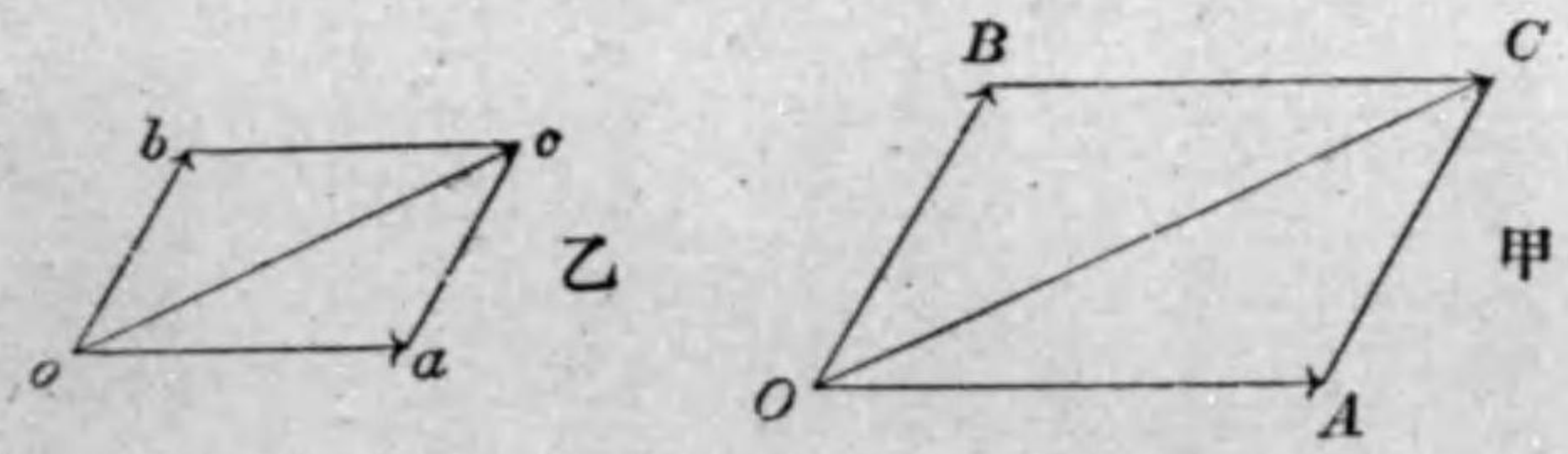


圖 六一 第

方形を作ると、この物体は一秒時間に oc があらはすだけの動きかたを得ることになる。また $OABC$ の平行方形を作り、對角線 OC を引くと、二つの平行方形は相似形だから、

$$\frac{OA}{oa} = \frac{OB}{ob} = m = \frac{OC}{oc}$$

で、 OC と oc とは同じ方向である。それだから、この物体に一秒時間働いて oc があらはす様な動きかたを起す力は、 OC のあらはす様なものでなくてはならぬ。それで、 OA OB のあらはす二力の起す結果は OC のあらはす一力の起す結果と同様である。これを力の平行方形の定理といふ。

合力を求めるには、必しも $OABC$ の平行方形を全く書くに及ばぬ。動きかたの組立と同様にまづ一力をあらはす線 OA を書き、その末端 A から他の力をあらはす線 OB を書き、 OC を結ぶと、この OC は合力を

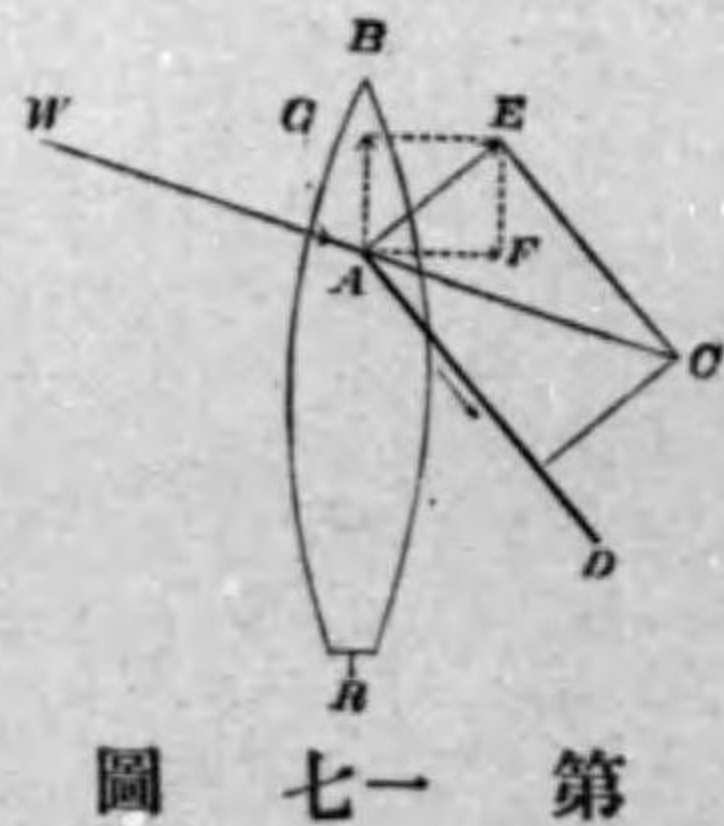
あらはすことになる。これを力の三角形の定理といふ。

同一の物体に同時に三つ以上の力が働くときは、六に説明した動きかたの多角形と同様に、力をあらはす諸線を随意の順序に、向きも變はらず逆にもならぬ様に續け、その始めの點と最後の點とを結んだ線が合力をあらはす線である。これを力の多角形の定理といふ。

八で説明した動きかたの分解と同様に、或る一力と同じ結果を生ずるいくつもの力を假想することもできる。たとえば、與へた力をあらはす一線を一邊として、随意な三角形または多角形を畫くと、始めの一線のあらはす力はそれらの各邊のあらはす諸力の合力であるから、前者は後者から成立つてゐるものと見てもよろしい。この三角形または多角形は、全く隨意であるので、同一の力はいろいろに分解することができる。

力は互に直角な二分力に分つことが多い。帆で走るボートが、風と違つた

向きに進むのは、力の分解のよい例である。第一七圖
 BR はボートで、 AD はその帆である。 WAC のむきに來る風が、そのむきに垂直な帆に及ぼすべき壓力を、 AC とする。これを、帆の面に垂直な分力 AE と平行な分力とに分けると、帆即ボートが實際受ける風の壓力は AE である。これをまた AG と AF とに分けて考へると、 AG はボートを進める力で、 AF はこれを横に押す力である。ボート（のみならずいはゆる西洋形の船）には、みな、龍骨といふものがあつて、横には極動きにくくできてゐるので、ボートは主に RB の方向に進む。



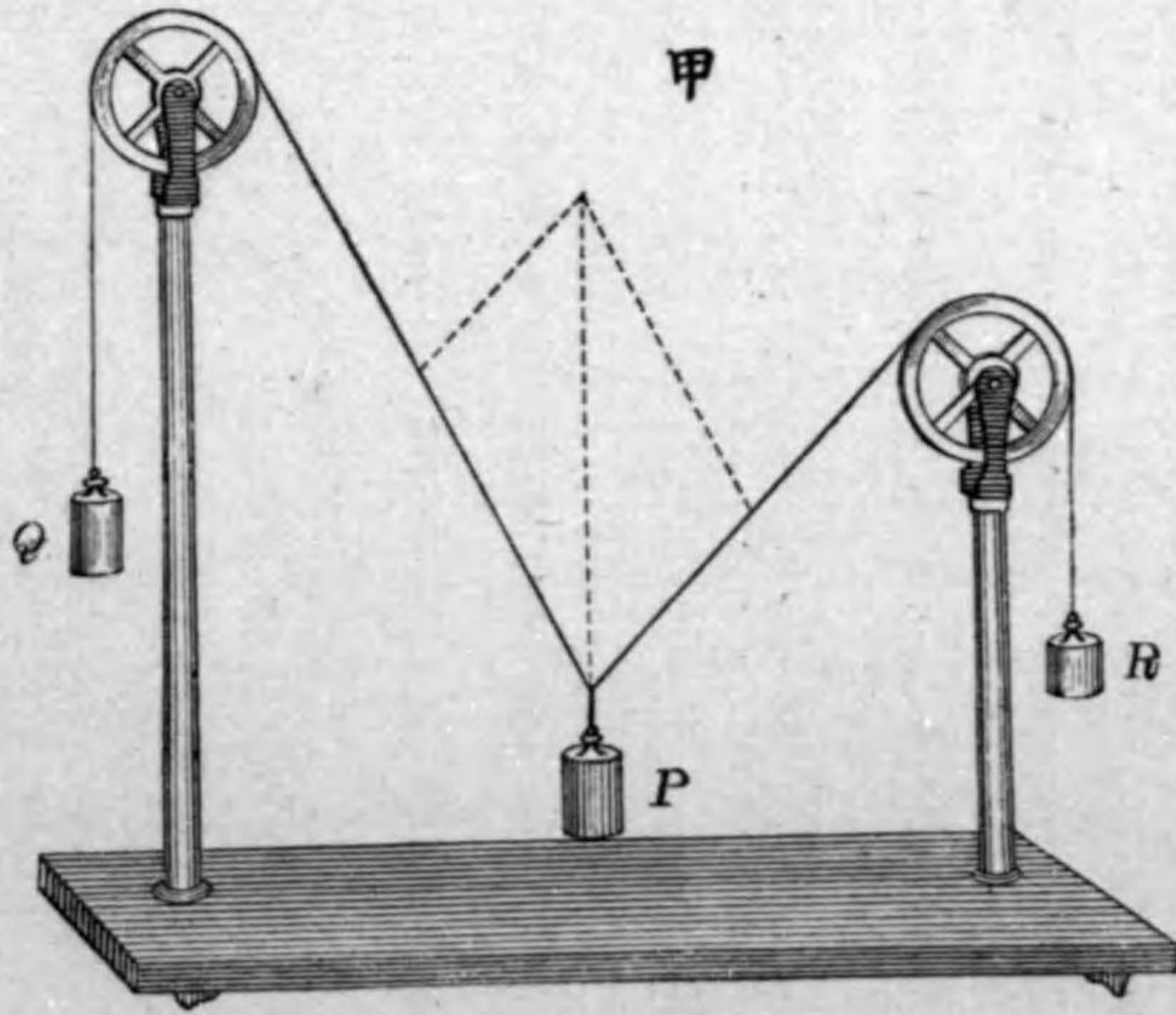
二九力のつりあひ。運動の第一の定律にいふ通り、物体の

動きかたの變はるのは、必、これに加はる力の作用である。然し、力が加はつても物体の動きかたは實際變はるとは限らぬ。たとえば、一二つの相等しい力が丁度反對の方向に働くと、力の組立の規則に

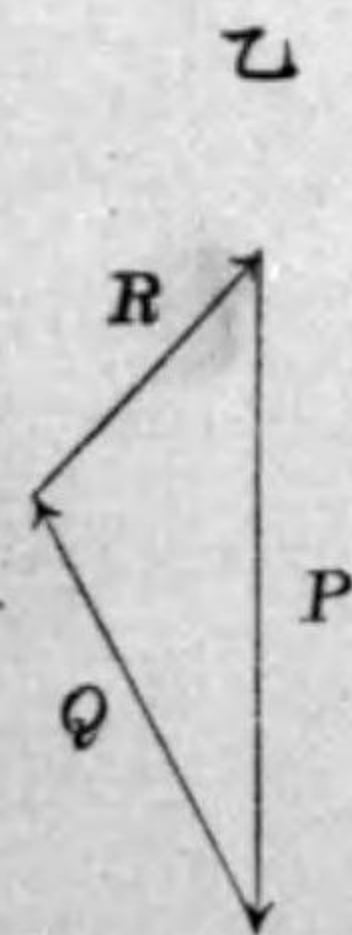
よつてその合力は無くなり、この二力の結果としては物体は少しも動かたを變へぬ。止まつてゐる物ならばそのまま止まり、動いてゐるものならばその動かたを續ける。こゝの場合にはこの二力はつりあふといふ。

三つ以上の力でもその合力が零なら、物体はやはり釣りあふ。

第一八圖 甲の装置で、 PQR の分銅のついた三本の糸を、一點で結び、その中の二本は固定した車にかけてある。結び目の一點は三本の



第一八圖

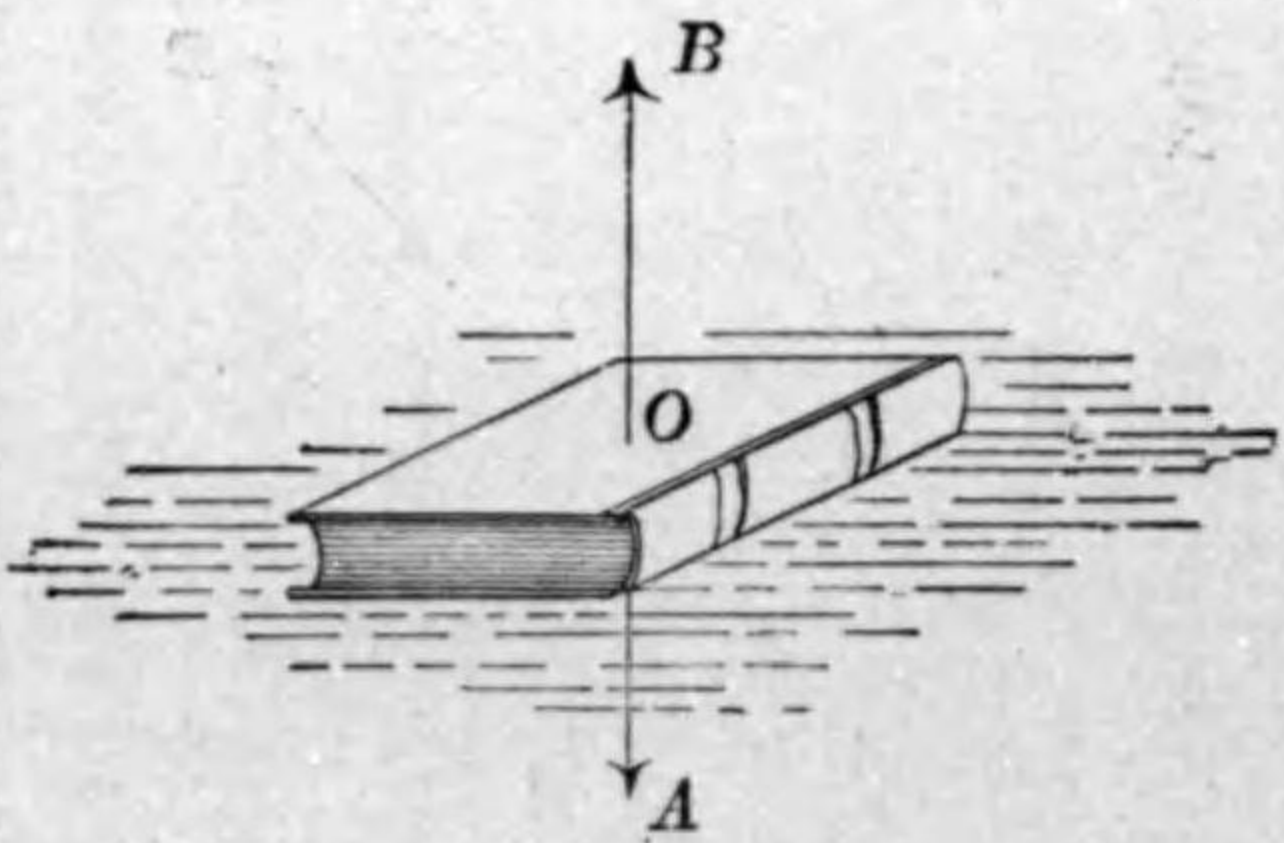


船舶の航海するときに、水から受ける抵抗力は、船腹のみに浸つてゐる部分の面積に比例し、その速さの自乗に比例する。

糸の張力で引張つてゐるけれども、動き出さぬから、この三つの張力は釣り合つてゐる。これらの力の大きさは分銅の重さで、その方向は糸のむきで、何れも知れてゐるから、この三方をあらはす線で乙圖の多角形を作ると、三線の最後の點は最初の點と重なり、その合力の零であることが知れる。

三〇 抵抗力。 第一九圖の様に机の上に置いてある物体には、重さ即下の方へ向いた力 OA が働いてゐる。けれども、この物体は机の中へめり込まぬから、机は物体を同時に上の方へ向いた OB といふ様な力で押し、この二力が釣りあつてゐるのである。この

OB の様な力をていこりよく(抵抗力)と云ふ。また第二〇圖の様に、この物体に小さい横向きの力 OC を加へてもなほ止まつてゐる。このときは、 OC と OA との合力 OD



第一九圖

クルップが大砲
世式の大砲
を用いた
実験(二八八
一年)による
と、砲弾の
受ける空気
の抵抗(ダイ
ン)

$$\frac{kd^2Ac^n}{d_1}$$

この式に従ふ
の標準密度
は、その実
際の密度、
砲弾の形
係数に近
分では一
である。
砲弾の直

が、丁度机の抵抗力 OB と等しく且反対
の方向に働いて、静止の結果を生ずる。
すべて抵抗力は運動を妨げる様に起る力
で、 OA または OC の力が變はると、抵抗力
も從つて變はり、常に釣りあふ様になる。
 OC も消滅すれば OB も勿論消滅する。

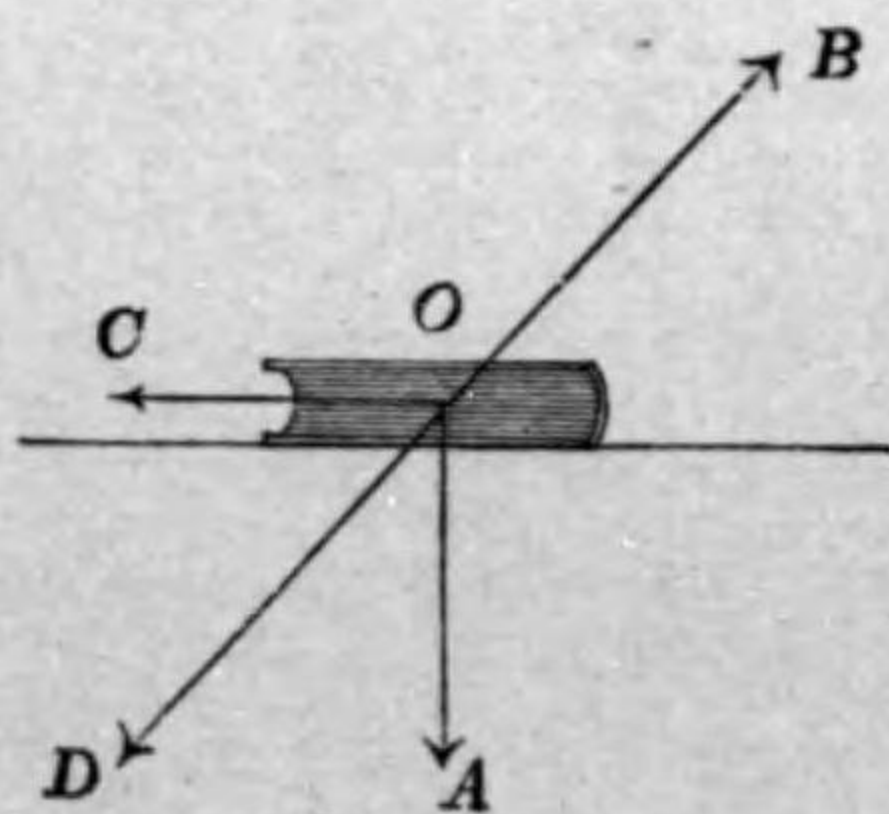


圖 〇二 第

問題一。昇降機の中に居る人が、一キログラムの物体を支えてゐる。
下の ① ② ③ ④ の場合で、この人の手が、物体に加へてゐる抵抗力
はいくらか。 ① 昇降機が一樣な速さで動いてゐるとき、毎秒毎秒二四〇サ
ンチメートルの加速度で昇降機が ② 昇り始めるとき、③ 上で止まるとき、④ 降り始
めるとき、⑤ 下で止まるとき。

答。 ① 九八〇、〇〇〇ダイン、 ② ③ 一、二二〇、〇〇〇ダイン、 ④ ⑤ 七四〇、〇〇〇
ダイン。
船やぶらんこに乗つてゐるとき、自分の身體の重さの變はる様に思へるの

徑(サンチメ
トル) c はそ
の速さ(毎秒
メートル)で A
と B とは左
の通りであ
る。

速さ B と A	
0	11
1100	1.09 x K
1120	1.09 x K
1140	1.09 x K
1160	1.09 x K
1180	1.09 x K
1200	1.09 x K
1220	1.09 x K
1240	1.09 x K
1260	1.09 x K
1280	1.09 x K
1300	1.09 x K
1320	1.09 x K
1340	1.09 x K
1360	1.09 x K
1380	1.09 x K
1400	1.09 x K
1420	1.09 x K
1440	1.09 x K
1460	1.09 x K
1480	1.09 x K
1500	1.09 x K

も。右の物体が手に與へる壓力の變化と同じわけである。

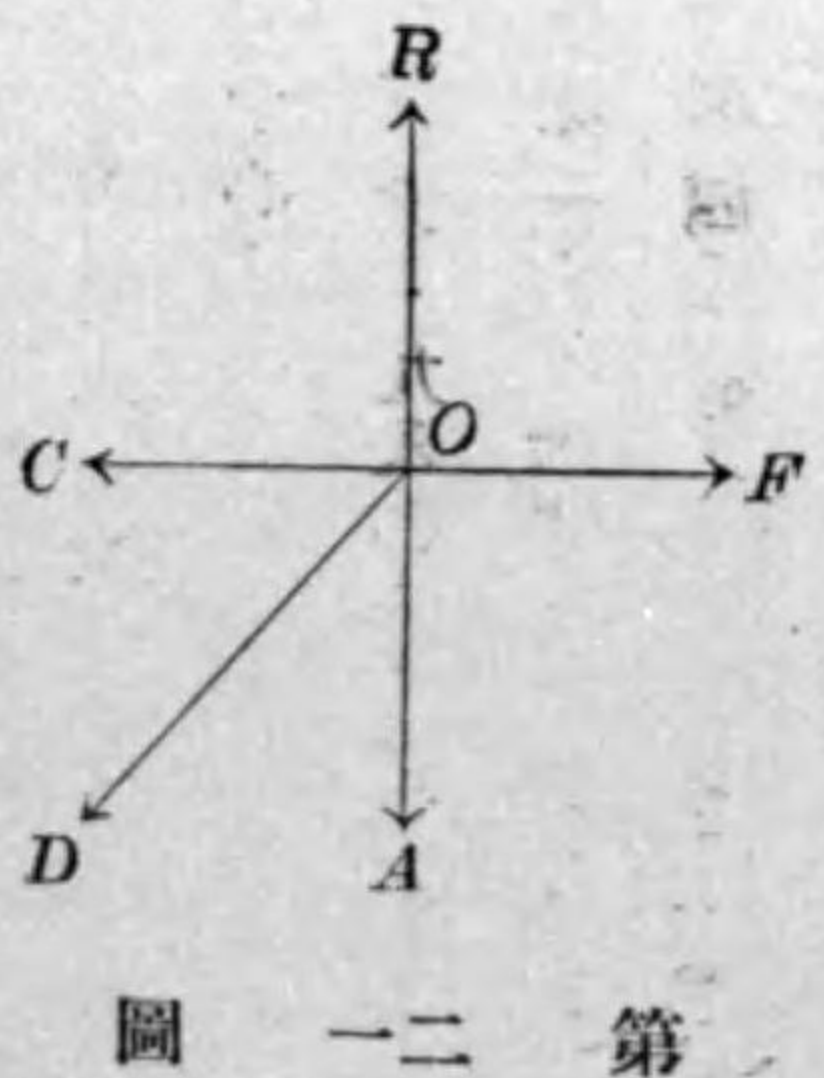
問題二。鐵道列車が、半径五〇〇メートルの圓弧を毎秒二〇メートルの
速さで走つてゐるとき、車輛の中で手の上にある一グラムの物体の重さ
はどう感ずるか。

答。車輛の中の物体は、みな車輛とともに圓の中心の方に毎秒毎秒
八〇サンチメートル ($\frac{2000^2}{30000}$) の加速度を得てゐる。手の上の一グラムの物
體に、この加速度を、與へる力は、水平で圓の中心の方へむいた八〇ダ
インである。この外に手はまた、一グラムの重さ九八〇ダインに等し
い上むきの力を、物体に加へてゐるから、實際手が物体に加へる抵
抗力の合力は鉛直よりは中心の方へ四度四分 ($\frac{80}{980} = \tan^{-1} 4.40'$)
傾いた九八三ダイン ($\sqrt{980^2 + 80^2}$) の力である。

レールが列車に及ぼす力も同様に傾いてゐるわけだから、鐵道の曲線の
處では、外側のレールは、内側のレールよりは必高くしてある。
同理で、列車の出發するとき、手がその上の物体に及ぼす力は、鉛直よ
りは前方に傾き、止まるときは、後方に傾くわけである。列車内に重い物体

を吊しておく、そのむきでこれらの力の方向の變化が知れる。汽車が止まつたとき、その中に立つてゐる人が、後方に倒れかかるのも、これで説明ができる。

三一 摩擦力。 第二〇圖の抵抗力 OB を第二二圖の様に OR と OF とに分けると、 OR は常に物體の重さ OA に等しく、 OF は横に押す力 OC に等しい。抵抗力のこの OF の部分をまさつりよく（摩擦力）といふ。この摩擦力は、押す力を増すに従つて漸次に増加するけれども、一定の極限がある。 OC がこの極限より大きくなると、物體は最早釣りはぬ様になり、 OF の最大の極限と OC との差だけの力に相當する 加速度を得る様になる。



第二二圖

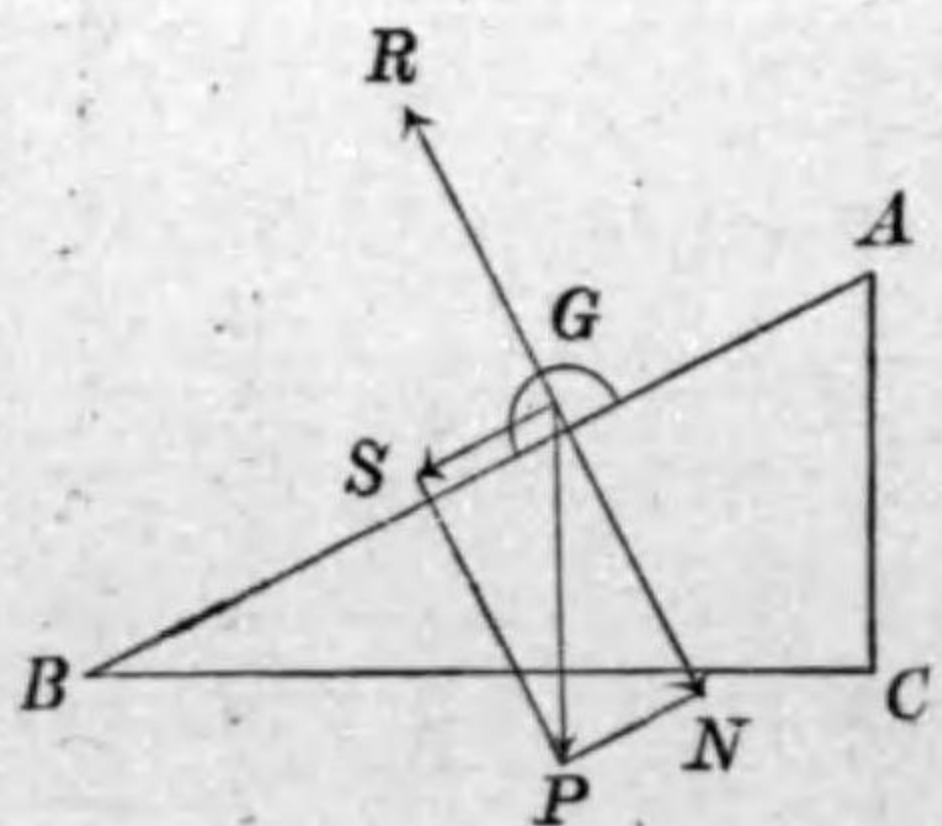
この摩擦力の極限は、摩擦ある面の互に押しあふ力（壓力）に比例し、その面の有様によるけれども、その面の廣さには關係しない。同じ机

むかし、また機械學の幼稚であつた時代に、機械はすべて二車軸アリ斜面楔ねぢから成立つてゐるものといふ説が行はれた。そのために右の六種のものに單一機械といふ名ができた。今ではこの書の第八章に説明する様に、機械の分析は、たは全く違ふから、ある教科書に残つてゐる單一機械といふ名のために、右の様ならぬ。

の面でも、その上にある物體の上に分銅を載せ、摩擦ある面の壓力を増すと、これを丁度動かすに必要な力、即摩擦力の極限は壓力に比例して大きくなる。また机の面に油などをぬり、これを滑にすると、この力は小くなる。摩擦力の極限と壓力との比をその面の摩擦の係數といふ。この力が零で、従つて摩擦の係數も零であるとき、その面を完全に滑な面といふ。

完全に滑な斜面の上に重さ m グラムだけの物體がある。この重さを示す線を（第二二圖） GP とし、これを斜面に平行と垂直との二つの力 GS GN に分ける。この物體には GP の代りに GS GN の二力が働いてゐると見てよい。斜面は滑だから、抵抗力 GR は斜面に垂直、即 GN に反対な方向で、その大きさは GN に等しい。それで物體はただ GS の力だけが働いてゐる様な動きかたをする。また、

$$\frac{GS}{GP} = \frac{AC}{AB} \therefore GS = GP \sin ABC$$



第二二圖

だから、 GS は GP の極まつた分数である。 ABC の角を小さくすれば、 GS は GP に對していくらでも小さくすることができる。 ABC を α とすると、 GS は $mg \sin \alpha$ ダイナから、

$$f = \mu N$$

$$mg \sin \alpha = \mu N$$

となり、 α は $\sin \alpha$ となる。たとへば、 α を 30° 度とすると、 α は即ち毎秒毎秒四九〇センチメートルの加速度となる筈である。斜面がもし滑でなければ、 ABC の角の小さい間は、摩擦力ができて GS と釣りあふ。 ABC を段段に大きくすると、 GS は漸く大きくなり、終には摩擦力の極限を越えて物體は動き始める。この、動き始めるときの ABC の角を、**静止の極角** といふ。そのとき、 GS は摩擦力の極限に等しく GN は壓力に等しいから、定義により摩擦の係数 μ は $\frac{GS}{GN}$ である。然るに、

$$\frac{GS}{GN} = \frac{AC}{BC} = \tan ABC \quad \therefore \mu = \tan ABC$$

で、摩擦の係数 μ は斜面を用ゐて實驗的に求めることができる。

材料	摩擦の係数 μ		
	きぢの面	水でぬらした面	油をぬつた面
木と木	五	六	二
金屬と金屬	六	二	三
木と金屬	六	五	
麻と木	六	七	
革と鐵	七		
革と木材	七		
石と石	七		
石と鐵	七		
木と石	六		

問題一。 30° 度の滑な斜面の上にある 10 グラムの物體に、糸がつけてある。この糸は、斜面の最高點にある車を繞り、鉛直に下がり、その端には重りがついているので、物體は釣りあつてゐる。この重りはいくグラムあ

るか。

答。 五グラム。

問題二。 この表面の摩擦の係数〇・三なら、この重りはいくグラムで釣りあふか。

答。 摩擦力は二・六〇グラムであるから、重りは、七・六〇グラムから二・四〇グラムまでの間なら、いくらでも釣りあふ。

第三章 剛體

三二 廻轉の運動。 二に説明した第二の種類の運動、即廻轉をする物體は、その大きさも形も變はらぬから、剛體である。 そのいろいろな部分には、みな固定した一直線のまわりを廻る。 この固定した直線をちく(軸)といふ。 いろいろな部分の通路は、みな、軸に垂直な平面の内にあつて軸の中に中心のある圓である。

三三 力の能率。 ある力が、固定した軸を廻り得るもの、たとへば車輪の様なものに働くと、大きさは同じでも、その働かたによつて大に異つた結果が生ずる。 第一三三圖は物體の軸に垂直な切斷面を示す。 軸がその面を切る處をOとする。 この物體にPまたはQの

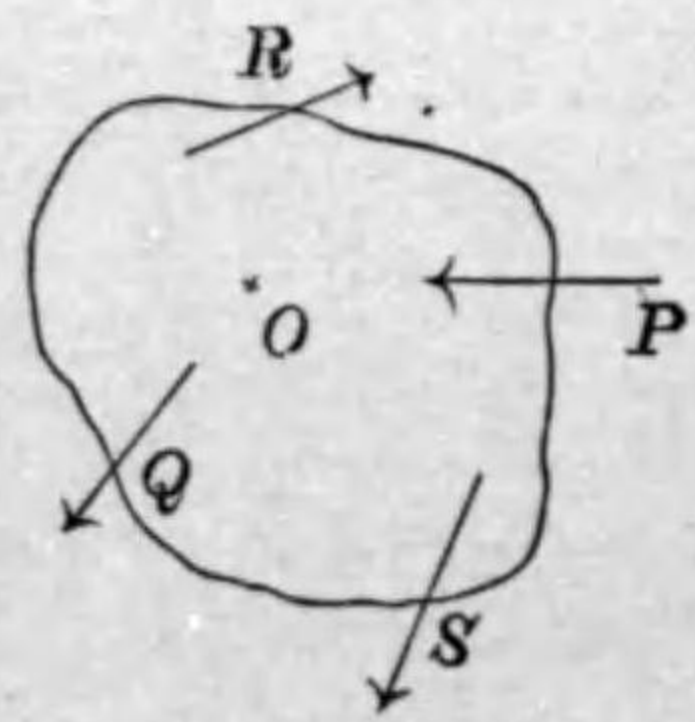


圖 三二 第

様に軸を貫く方向の力を加へると、(軸が物體に與へる抵抗) 力には違ひはあるけれども) この物體は、少しも動き出さぬ。 R または S の様に力を加へると、この物體は動き始める。かく同じ大きさの力でも、その働き様により、そのききめに違ひがある。このききめは、第一に力の大きさに比例し、第二には力の働く線と軸との距離に比例する。このききめを比較するに用ゐる量を力ののりつ(能率)といふ。力の大きさが f ダンで、力の線と軸との距離が l サンチメートルならば、この力の能率は fl CGS 單位である。

この圖の PQR S はみな軸に垂直なむきである。軸に平行なむきの力は、この物體の運動に少しもききめはない。軸に垂直でない力は、軸に平行な分力と軸に垂直な分力とに分けて考へると、平行な分は少しもききめはなく、垂直な分は本文にいふ様に多少の能率がある。

第二四圖は力の能率の實驗をする装置を示す。 AB の棒は、 O を軸として廻轉することができる。たとへば、 O から左りに四サンチメートルの處に、二〇グラム

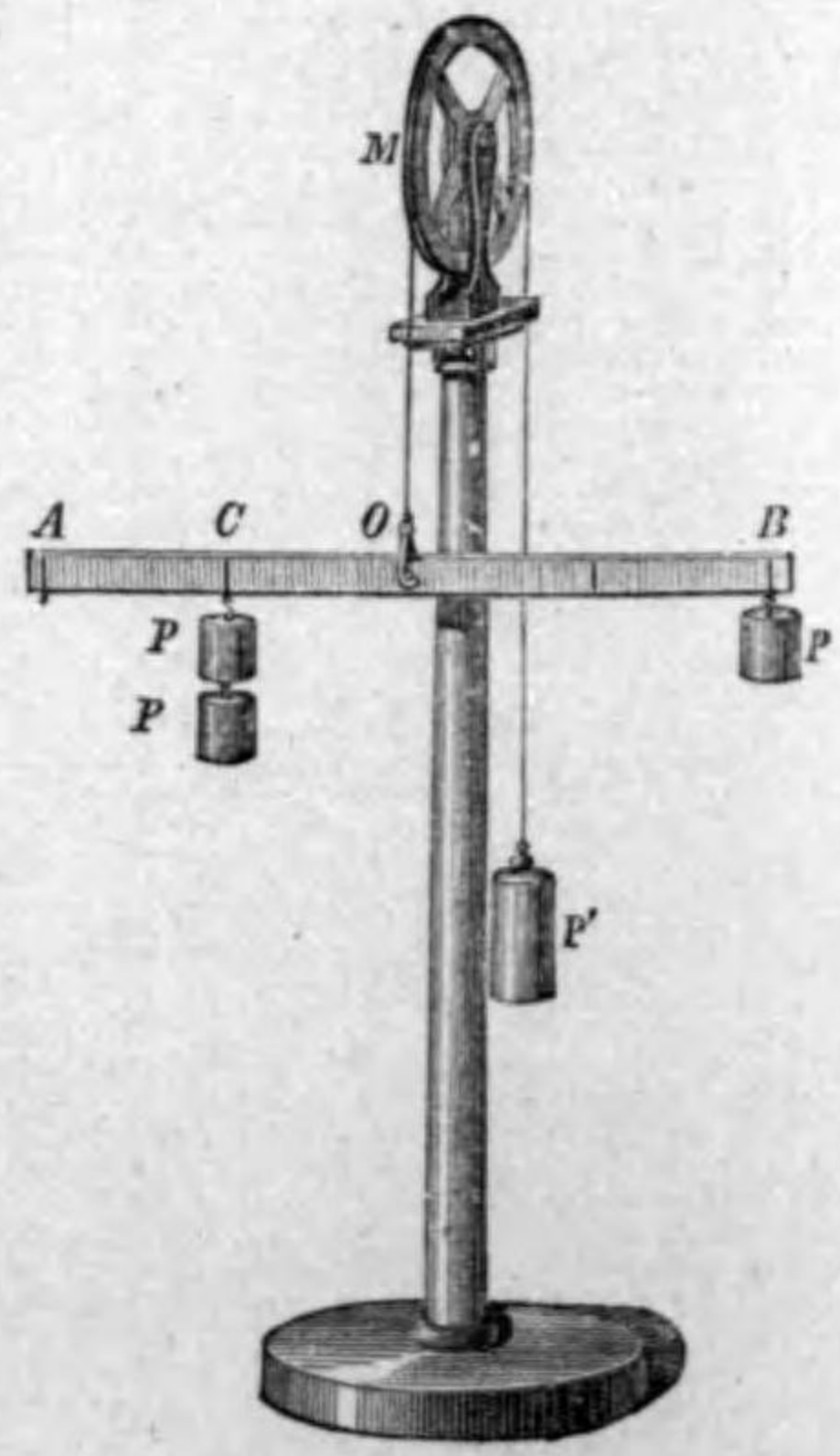


圖 四二 第

の重りをかけると、この二〇グラムの重さの能率は八〇單位である。また O から右に八センチメートルの處に、一〇グラムの重りをかけると、その能率もまた八〇單位である。然し、始めの力は棒の A 端を下げる様に廻さうとし、後の力は B 端を下げる様に廻さうとするから、これらの能率は丁度反對な符號である。同一物體 AB に反對な符號で同じ大きさの能率が働いてゐるので、この物體は釣りあつてゐる。 O から右方二センチメートルの處に四〇グラムをかけたのも、四センチメートルの處に二〇グラムをかけたのも、八センチメートルの處に一〇グラムをかけたのも、みな左方四センチメートルの處に二〇グラムをかけたのと釣りあひ、その能率がみな等しいといふことも知れる。

一點で支えた棒に二つの力が働いて釣りあつてゐるときは、この棒を「つ」といふ。

三四 平行力の合力。 第二四圖の棒には軸から左へ四センチメートルの處に二〇グラムの重さと、右へ八センチメートルの處に一〇グラムの重さと、二力が働いてゐる。かりに、この棒の重さはないものとしても、この三〇グラムだけの重さはどこかで支へておらねばならぬ。その支へる點は軸より外にないから、軸の處で上へ向いた三〇グラムだけの抵抗力が働いてゐる。そうすると、この棒の二點に働いてゐる二力の、臺に及ぼす結果は、 O 點での三〇グラムの重さと同様であつて、 M の車の他方にある三〇グラムの重りと釣りあふ。同様にして、多数の平行力の合力の大きさも、必、その(代數的)和であることが知られる。

前の装置で、二力 f_1, f_2 の働いてゐる點を P_1, P_2 とし、合力の働いてゐる點を O とすると、

$$OP_1 \cdot f_1 = OP_2 \cdot f_2$$

である。これを書きなほすと

$$\frac{OP_1}{OP_2} = \frac{f_2}{f_1}$$

となつて、 f_1, f_2 の力は OP_1, OP_2 に逆比例する。

右の方程式は、また

$$OP_1 \cdot f_2 - OP_2 \cdot f_1 = 0$$

となり、各項の能率の符號を注意すると、

$$\sum OP \cdot f = 0$$

ともかける。

三つ以上の平行力が、剛體の同一平面内に働くときは、これらの力の線を切る様に任意の直線を引き、この直線と平行線との會點を、それぞれ P_1, P_2, P_3 等とすると、この直線と合力との會點 O は、やはり、

$$\sum OP \cdot f = 0$$

の關係で表される。

三つ以上の平行力が剛體の一平面の中に集まつてゐるときは、力の線に直角に

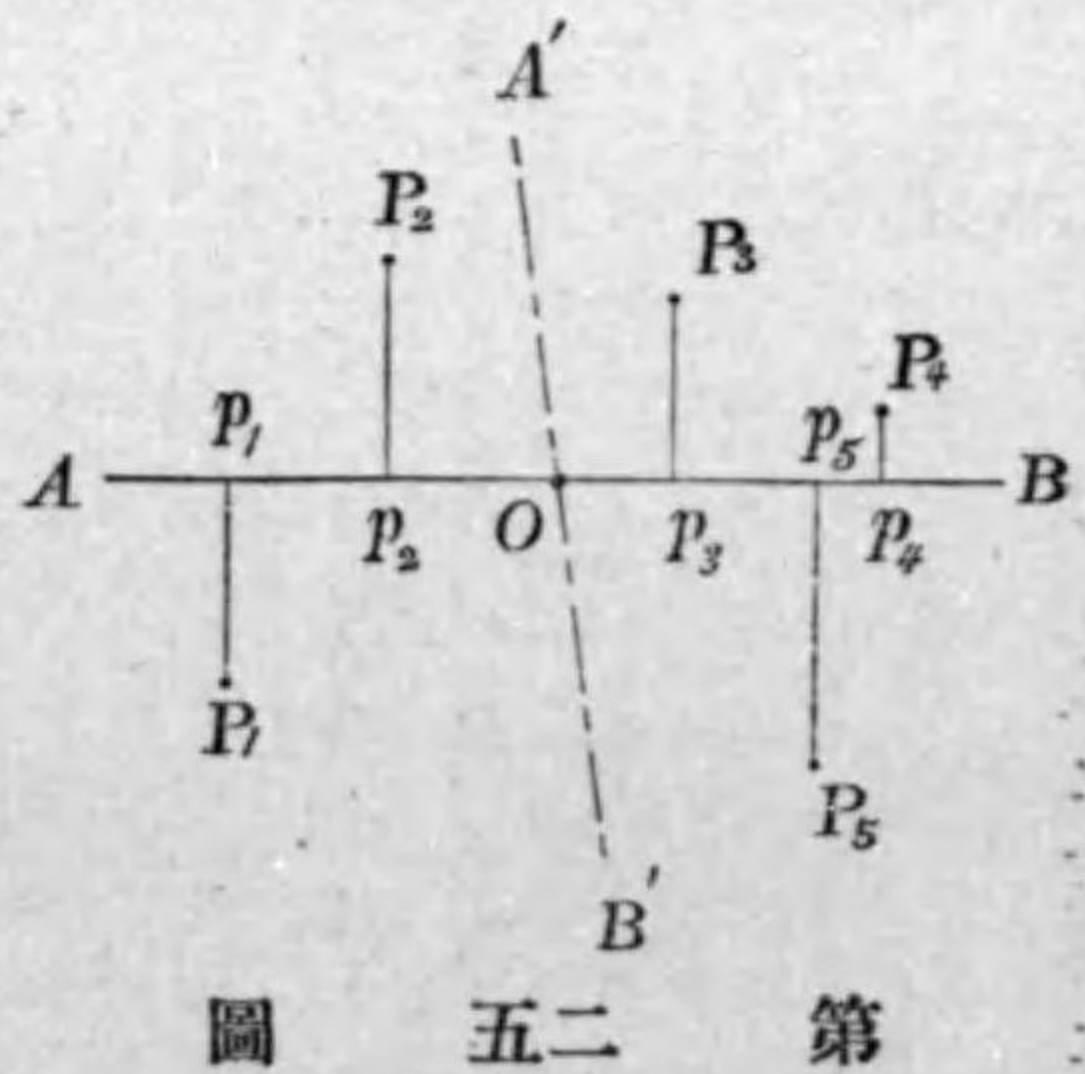
平面を設け(第二五圖)、この平面と平行力の線との會點を $P_1 P_2 P_3$ 等とし、合力の線との會點を O とする。この平面内で O を貫き任意の直線 AB を引き、 $P_1 P_2 P_3$ 等からこの線への垂直線の足を $p_1 p_2 p_3$ 等とする。剛體が釣りあつてゐるには、この任意の線のまはりに廻轉を始めてはならぬから、そのまはりの諸力の能率の和は、零で、即、

$$\sum Pp \cdot f = 0$$

でなくてはならぬ。 AB の代りに $A'B'$ の様な他の任意の線を探しても同様な關係があるから、これらの線の會點が O である。

O を貫き平行力と反對な方向に、 Σf といふ力を加へると、剛體は釣りあふ。

三五 重心。 すべて物體の中では、物質はあらゆる點に分配してゐるから、物質の重さはその各點に働き、その方向はみな地球の中



第二五圖

心に向つてなつて平行である。物體を糸で釣りさげ静置させると、前節と同じ理で物體の諸部に働く重さの合力は、糸の抵抗力即張力と同線内で反對の方向に働く。また、この物體の他の點に糸をつけ釣つたときにも、重さの合力はこの糸の線内に働く。なほいろいろな點に糸をつけ釣りさげても、糸の方向、即重力の合力の方向は常に物體中の一定の點を通る。この點をその物體のちゆうしん(重心)といふ。

三六 物體のつりあひ。 物體の中のいろいろの點に働く重さの合力は、重心に働いてゐる一つの力と見做すことができるから、この重心を支へると、この物體の全體の重さに等しくて反對の方向の抵抗力ができて物體は釣りあつてゐる。また、直接に重心を支へないでも、抵抗力の合力が、重心に働いてゐる重力に丁度反對する様になれば、物體は釣りあふ。たとえば、第一二六圖の $ABCD$ の

様な物体を机の上に置くと、机の面に接してその底の部分には、圖の様に抵抗力が起る。これはみな面に垂直で平行だから、その合力は、三四により、或る一力と同様である。この一力が、物体の重心 G に働いてる重さと等しく、反対の方向であれば、物体は釣りあつてゐる。同じ方向の平行力の合力は、必その両端のもの間に働くから、物体の釣りあふためには G の真下の點は AB の間になくなくてはならぬ。もし、この物体が $ABEF$ の様なもので、その重心 G' の真下が AB の外に出ると、物体は釣りあはぬ。

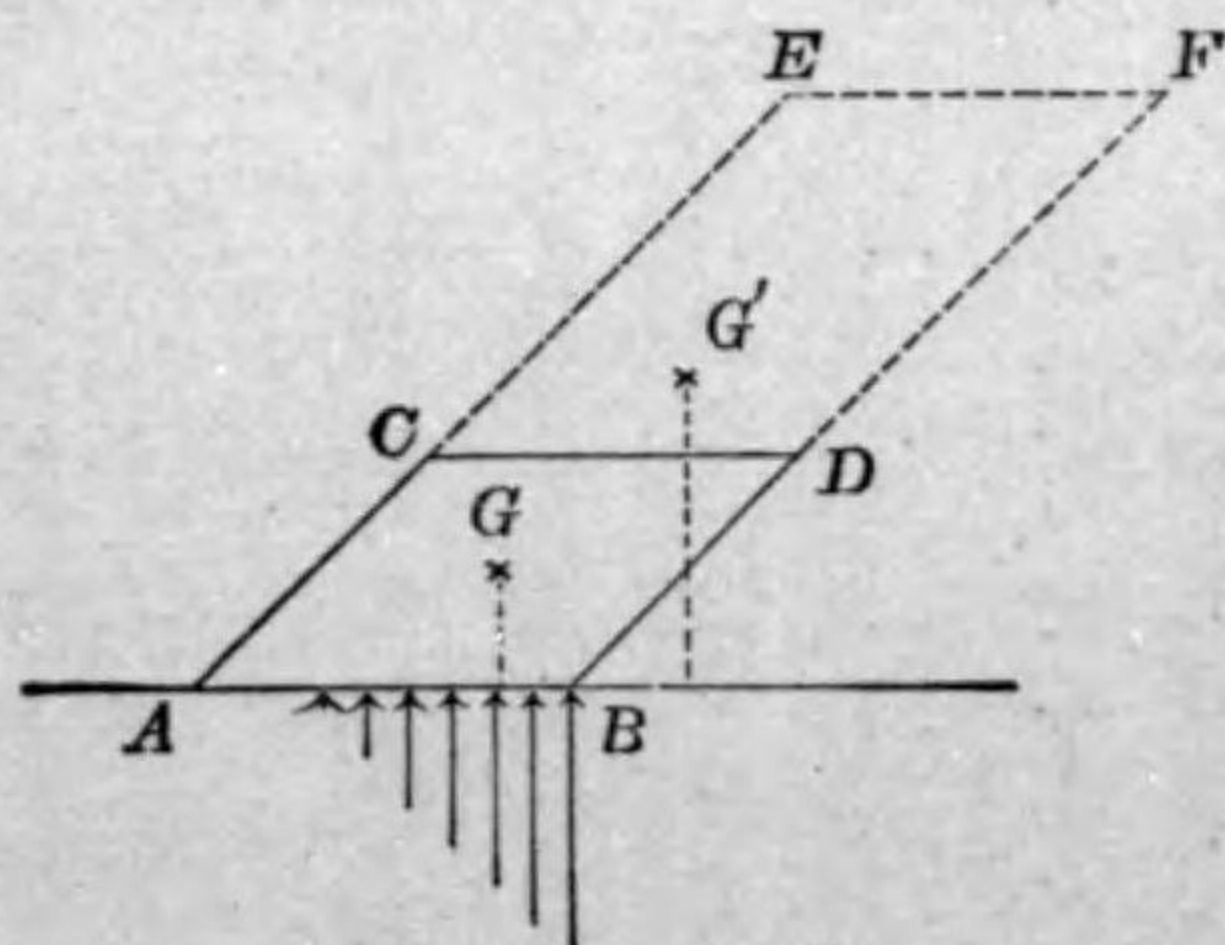


圖 六二 第

三脚の机では、その脚の尖り ABC にできる抵抗力の合力は、その割合次第で、

ABC 三角形の内ならどこにでもできるから、机の重心の真下の點がこの三角形内にありさへすれば、机はいつでも釣りあふ。一般に地上に置いたものの地面に觸れる外側の諸點を結び合せて凸多角形を作るとき、その物体の重心を貫く鉛直線がこの内に落ちるなら、この物体は釣りあつてゐる。

三七 坐わりのよしあし。 物体の釣りあひにすわりといふことがある。物体を釣りあひの位置から少し傾けたとき、この物体が元の位置に戻らうとするなら、この物体の釣りあひは坐わりがよいといひ、まきまき傾かうとするなら、坐わりがわるいといひ、傾いたままなほ釣りあつてゐるなら、坐わりが中性であるといふ。直圓錐形の物体を尖端を下にして立てると坐わりのわるい釣りあひになり、底面を下にして立てると坐わりのよい釣りあひになり、斜面を下にして置くと中性な釣りあひになる。この三種の釣りあひは、物体を釣りあひの位置から少し傾けたとき、物体の重心の上るか下がるかまたは同じ高さ

にあるかによつて區別ができる。一點または一直線で支へた物では、その重心が支點の下にあつて釣りあふときは、その坐わりはよい。これを少し傾けてもその位置へ戻る。重心が支點と重なつて釣りあふと、坐わりは中性で、支點より上なら坐わりはわるい。坐わりのわるい釣りあひは全く理論上のことで、避けることのできる極小の傾きが、直に大くなるから、實際この釣りあひで物體を止めておくことはできぬ。

坐わりのよい釣りあひの中にもいろいろの度合がある。少し傾けると直に倒れるものと、餘程多く傾けて始めて倒れるものがある。通常、物體の坐わりのよしあしをいふのは、この比較的事業である。たとえば、第二七圖の $ABCD$ は机上にて釣りあつてゐる木片で、 G はその重心である。それを傾けるのに、 G が B の上に達するまでは、始終もとへ

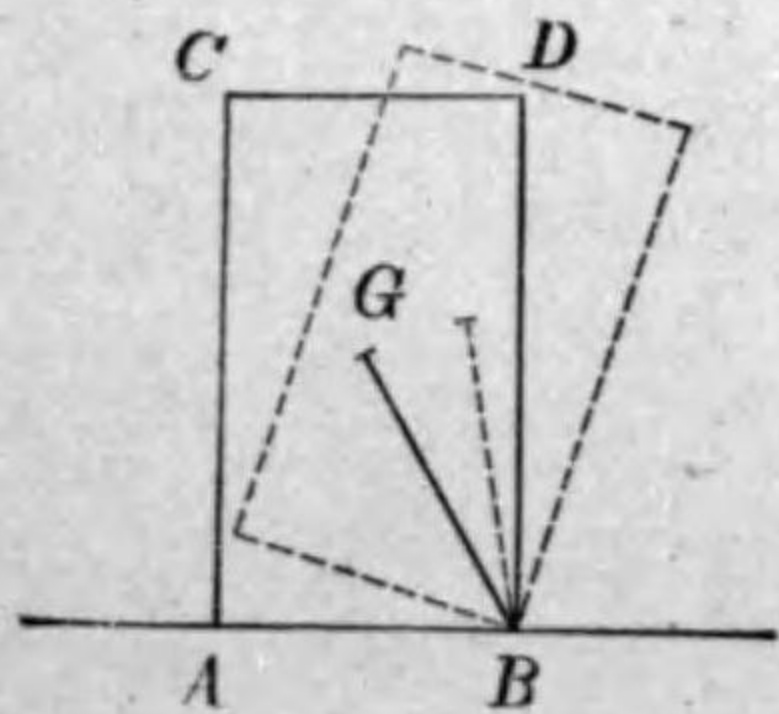


圖 七二 第

戻らうとするけれども、 B の上を越すと、始めて倒れる様になる。この様な物體では、この倒れる様になるまでの角即ち GBD の角の大小が坐わりの度合を示す尺度となる。この角の大ときは坐わりがよ、小ときは比較的坐わりがわるい。同様な底面のものでも重心を高くすると、坐わりは比較的わるくなる。同じ車に秣を高く積んだときは、同質量の土石を低く積んだときより坐わりのわるいのは、このわけである。

三八 衡器。 てんびん(天秤)は物體の質量を測定する道具である。

第二八圖の AB のさなの中央 C には、鋼鐵の三角柱ではとふものがある。その一稜は臺の上の瑠璃の平面に坐わる。また棒の兩端 A B には上向きに鋼鐵のはがある。これらの二つの刃即稜は互に等距離平行

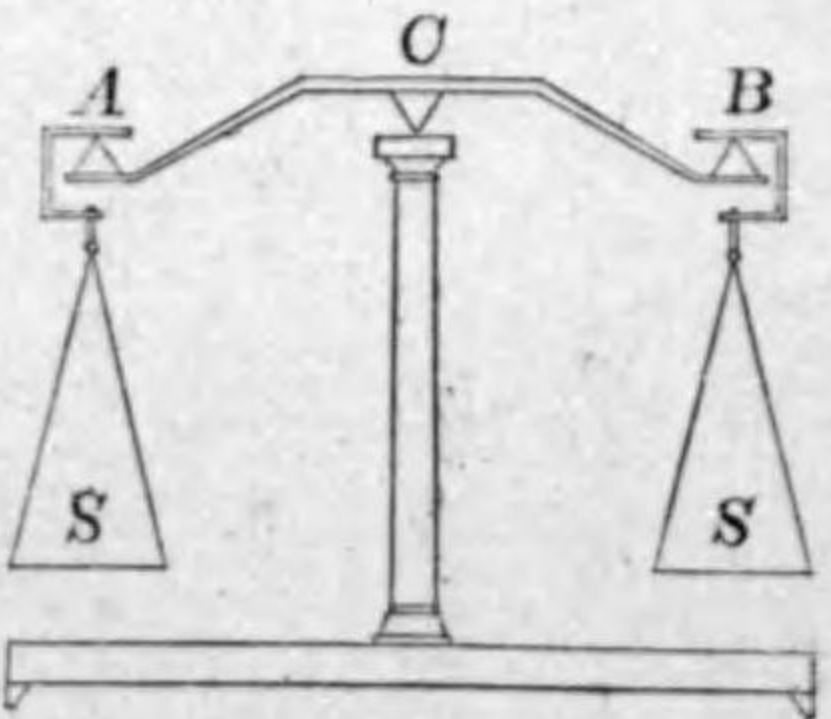


圖 八二 第

百グラムがけ
感量一ミリグ
ラムの天秤に
附屬する分銅
一揃は左の
通りである。



で且一平面内になくはならぬ。棹の重心は中央の刃の少し下にあるから、棹だけでも坐わりのよい釣りあひになつてゐる。また両端の刃には同じ重さのさら S S がかかつて棹は水平に釣りあつてゐる。この棹の水平なことは、その中央から垂直に出た長いはりの先で分かる。第二九圖の様な精巧な天秤では、刃の傷、またため、棹は常に腕で押し上げてある。棹の水平を驗めるときのみつまみで腕を下げる。また、常には塵のかからぬために、用ゐるときには動搖する空氣の妨害を避けるために、ガラスの覆がある。



第九二圖

質量の標準は一揃のふんどー(分銅)である。物體の質量を測るには、その物を天秤の一方の皿の上におき、他の皿の上に分銅を加減して、天秤の棹が水平である様にすると、能率の理から、兩方の皿の上の物の重さ(力)は等しく。二三で説明した様に同地方で等しい重さの物は等しい質量であるから、この物體の質量はいくらあるといふことが知れる。

むかしから日本に在り來つたちぎ(千木)は、またかんべい(桿秤)ともいひ、さのの一方にさらかまたはかぎがあり、他方には分銅即おもりがとりを(取緒)からいろいろの距離の處に掛けられる様になつてゐる。取緒と皿とはやはり鋼鐵の刃で掛つてゐり、棹には目盛がしてある。取緒を持ち、重りを適當な處において、皿の上の物體と釣りあはせ目盛によつて、その質量を測る。

うはざらかんべい(上皿桿秤)は金屬の桿秤 PQ (第三〇圖)で

P の刃で臺の上に載つてゐる。品物皿 M は棹に固定してゐるや
 長い刃 Q の上に載り、この皿に固着した
 棒は刃の下に達してゐる。この棒と臺
 との間にある軽い金属板 SR は、 P と Q
 との真下の點 R と S とで $PQRS$ の面
 に垂直なビでゆるく止めてある。 $PQRS$ は
 平行方形で、 PR が鉛直であるから、 QS は
 いつも鉛直で、皿は必 Q の真上にある。
 皿の上に何もなないときは、棹の上にある
 小さい重り w は目盛の左端にあつて、棹は
 水平になる。品物を M の皿の上におき、棹の右端 T に重り
 W をかけ、 w を適當な處に移動して、棹を再び水平になし、 W の
 名と w のある處の目盛とを讀み、品物の質量を測る。

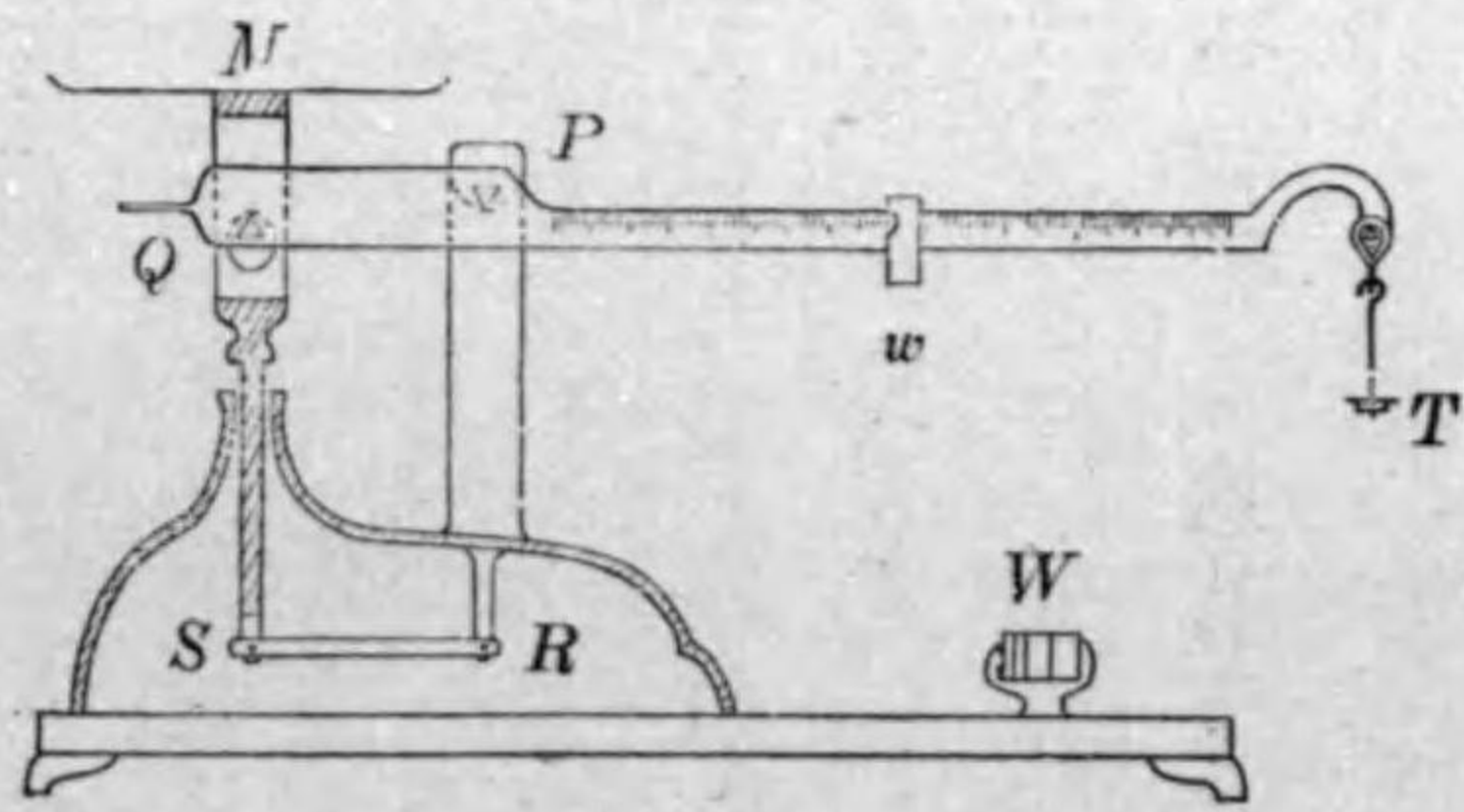


圖 〇三 第

だいたばかり(臺秤)は、第三一圖の様に、てこの組立てたものである。
 $AB C D E F$ の十二の
 刃はみな嚴重に平行でな
 かならぬ。 AB と DE との距
 離は等しく、 C は AE または BD
 の中央にある。 F より右方
 は上皿秤と同様なてこで
 ある。秤臺に何もなないときは、
 K の上にある 小さい重り w
 は M にあつて棹は水平である。品物の質量を測るには、それを
 秤臺の上におき、上皿秤と同様に、 H に W をかけ w を MN 間で
 適當な處に移して、再び棹を水平に釣りあはせ、 W の名と K の目
 盛とを讀むのである。實際の臺秤では、取り扱ひの便利のために、

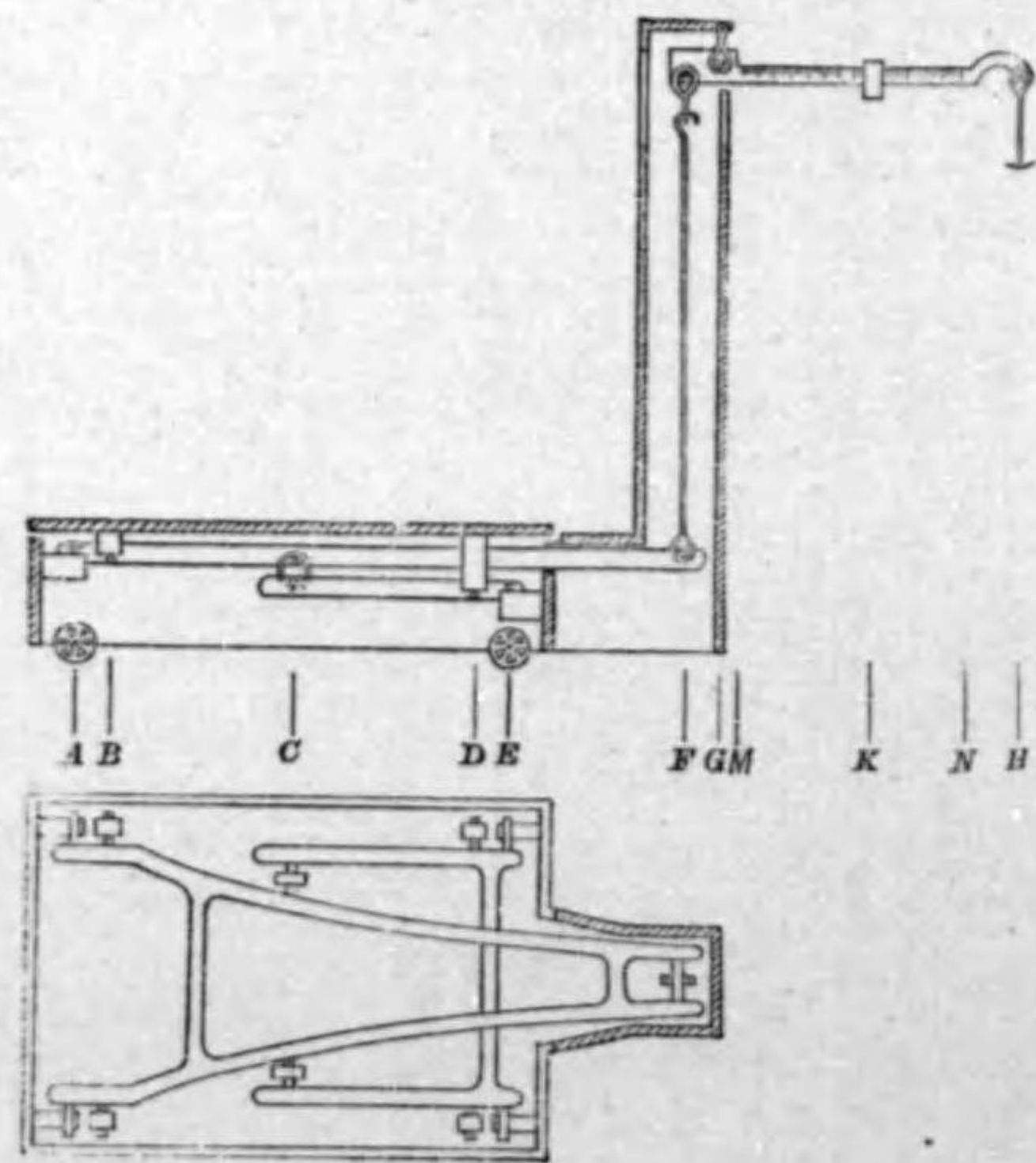


圖 一三 第

FH の部分は FA の部分に直角に曲げてある。

秤臺に品物をおいて釣りあはせたとき、そのために、 BDC の及の上に増加する壓力をそれぞれ b, d, c, f とすると、 CE のてこの釣りあひからは

$$DEd = CEc$$

で、 AF のてこの釣りあひからは

$$ABb + ACc = AFf$$

である。しかるに DE は AB に等しく、 CE は AC に等しいから、前式は

$$AB(b+d) = AFf$$

となる。また、桿秤の部分のてこの釣りあひから

$$FGf = GH \cdot W + (GK - GM)w$$

である。これらの二式を合はせると

$$(b+d) = \frac{AF}{AB} \cdot \frac{GH}{FG} W + \frac{AF}{AB} \cdot \frac{MK}{FG} w$$

の関係が得られる。 $b+d$ は秤臺の上の品物の重さである。

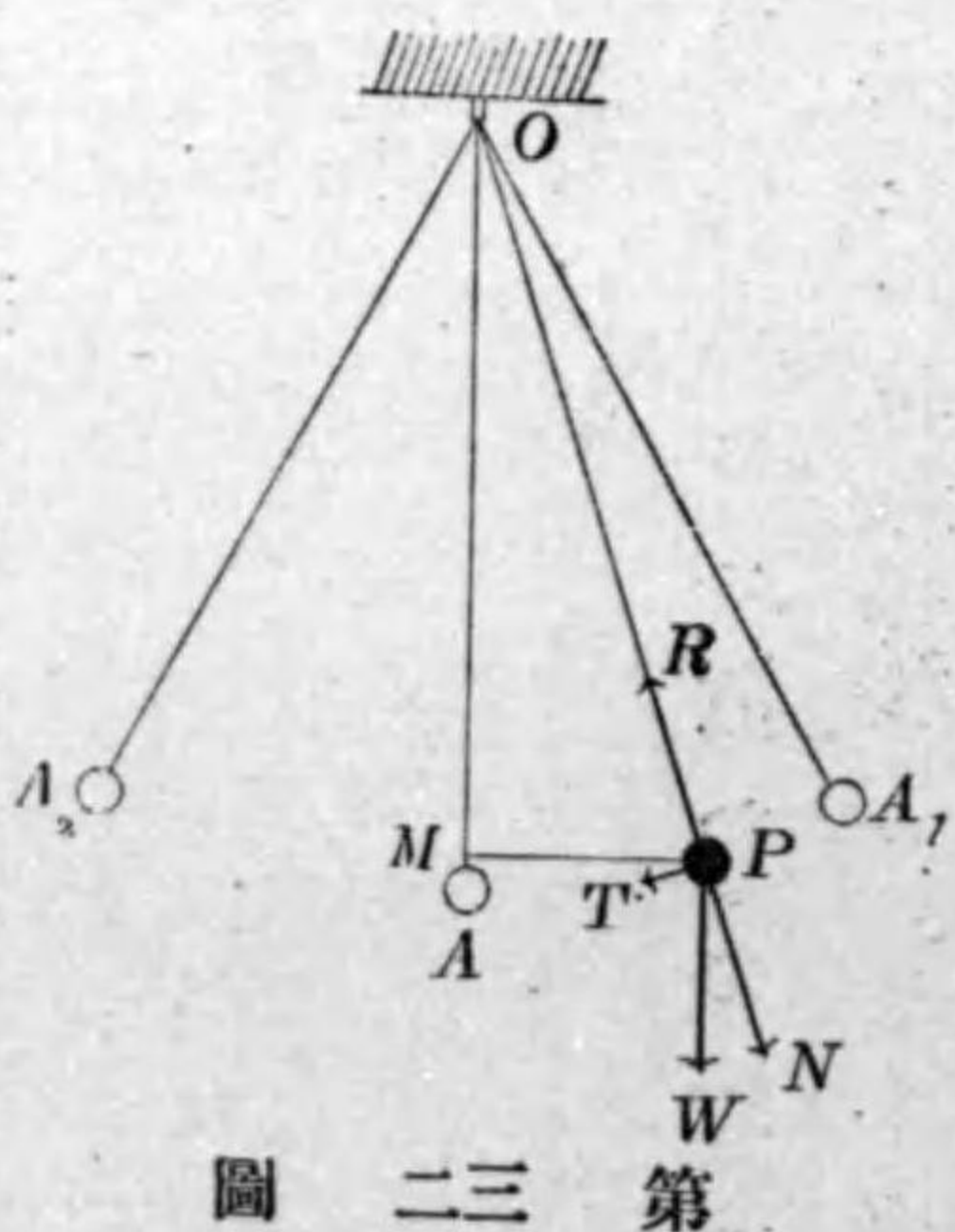
$$\frac{AF}{AB} \cdot \frac{GH}{FG} \text{ をかりに}$$

五〇とすると、品物の一〇貫目に釣りあふ W は二百匁である。また $\frac{AF}{AB} \cdot \frac{MK}{FG}$

を四〇とすると、 N の目盛一貫目に相當する w の質量は二五匁でよいわけである。

三九 振り子。振動。

鉛の球の様な小さい重い物體 A を第三二圖の様に極軽い糸で一點 O から釣り下げ、この球を一方 A_1 に引き、靜りに放すと、球は O の下の A の方に動き出し、段段速さを増し、 A を通り過ぎると、また速さを減じつつ反対の A_2 の方に進み、また A を過ぎて始めの位置に戻り、同様な運動をたびたび繰り返す。この様な装置をたんに「振り子」といひ、またこの鉛球の様に同じ道を往き戻りする運動をすべて「振動」といふ。



P にある球に働く力は、その重さ PW と糸の抵抗力 PR とである。この重さ PW を、糸の方向の PN と、これに垂直な方向の PT とに分ける。糸は伸びも断れもせぬものと假定すると、糸の抵抗力 PR は適宜消長して、いつも PN と釣りあひ、 PT だけが球の速さを變へる力として残る。 PM を OA に垂直に引くと、

$$\frac{PT}{PW} = \frac{PM}{OP} \therefore PT = \frac{PW}{OP} \cdot PM$$

である。 PW は mg ダインで、 OP は糸の長さ l サンチメートルである。 AOP の角が小さい場合には、 PM は殆ど PA 即ち静止の位置からの距離 d サンチメートルに等しく、 P での球の加速度を毎秒毎秒 a サンチメートルとすると、 PT は ma ダインで、右の式は

$$a = \frac{g}{l} \cdot d$$

となる。この場合には、球の加速度は常に A の方に向ひ AP の

距離に比例する。一般にこの球の様な、加速度の規則に従ふ振動をたんに「げんうんどー(単一弦運動)」といふ。さて振動の一振りの時間、たとえば、振子では A_1 より A_2 に到り再び A_1 に戻る時間を、そのしほ(周期)といひ、 AA_1 の距離をそのしんぶく(振幅)といふ。単一弦運動では、静止の位置からの距離 d サンチメートルに相當する加速度が毎秒毎秒 a サンチメートルなら、その振幅の大きにかかわらず、週期 T 秒時間は、必

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{d}{a}}$$

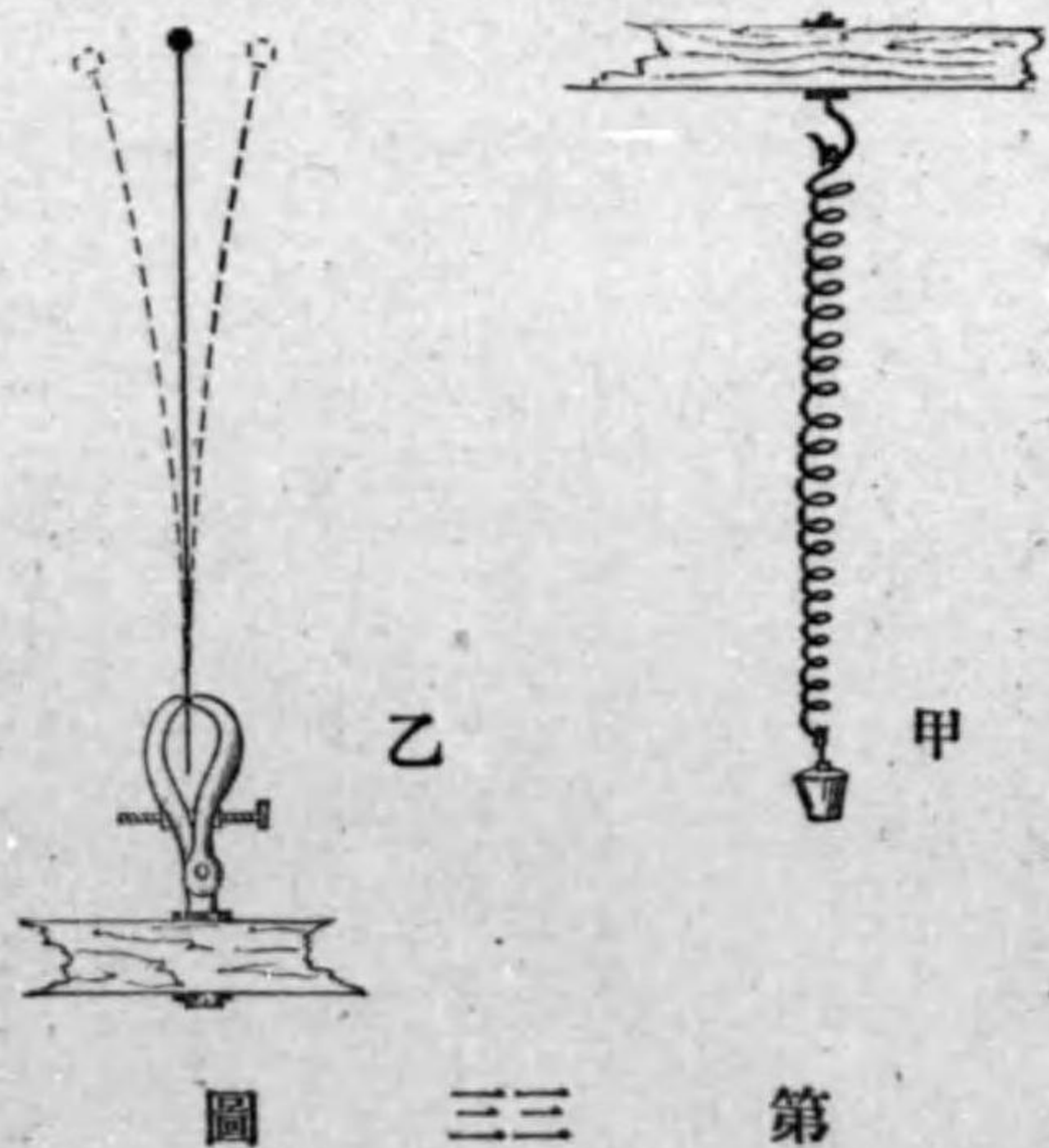
の関係になる。これをこの振動の「とーじせい(等時性)」といふ。1 サンチメートルの長さの単一振子の週期は、前の式の関係により、

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

である。一點または一直線を軸として懸つてゐるものは、みな重力のために

合成振子と等しい週期で振動する単一振子を相當單一振子といふその長さが下にいふのである。

ふりこ(振子)として振動する、これをふりこ(合成振子)といふ。その週期もやはり前の式にかなる。ただこの場合では、**甲**は、物体の形によつて異なるある一定の長さである。第三三圖 **甲** はせんまいの先に、**乙** は竹か鋼鐵のばねの先に重りをつけたものである。 **甲** の重りを少し下にひき、または **乙** のを少し横にひくと、このせんまいまたはばねは **四六** の定律に従ふから、重りに働く力は、いつもその静止の位置からの距離に比例し、これらの重りは何れも単一弦運動をする。



問題 一端で固定してあるせんまいの他端に、二〇グラムの分銅を吊したら五センチメートル伸びて静止した。この分銅のする振動の週期はいくらか。

答 ○四四九秒時間。

地震 地震は地面の振動で、その強弱は、地面の最大加速度の大小による。わづかに氣のつく位な地震では、最大加速度は毎秒毎秒一・七センチメートル位で、烈しい地震ではその数十倍に達することもある。振幅は大がい一ミリメートル以下で、週期は〇・五秒から二秒までの間である。明治二七年六月二〇日の地震は、東京では安政以來の大地震であつたけれども、市街に大損害を與へるほどには至らなかつた。この地震は、精密な測定のできた始めての大地震である。その最大の水平振幅は、南より七〇度西の方向で、三七センチメートル、最大の上下振幅は、〇・五センチメートル、週期は一・八秒、最大加速度は毎秒毎秒四四・四センチメートルであつた。

四〇の測定。 自由に落ちる物体の運動は、あまり速いので、その場合の空氣の抵抗などのよく分らぬのとで、これに依つて加速度の價 g を測定することは非常にむづかしい。然るに、單一振子を振り、その週期 T と長さ l とを測定すれば、前節の關係

から g の價が知れる。また同一の振子を處處で振り試みると、右の關係で T は g に逆比例するから、これらの處で g の價の割合が知れる。これらの方法により觀測した處處での g の價を、次の表に示す。

緯度 ϕ の海面の處での g の理論上の價は、左の式による。

$$g = g_{45} (1 - 0.002662 \cos^2 \phi) \left(1 - \frac{5h}{4R}\right)$$

地名	緯度	海面よりの高さ (メートル)	g (CGS 單位)
ケープホルン	南五度五三分	三	九七四四
ホバルト	南四度五三分	五	九七〇四
ケイプタウン	南三度五二分	一五	九七九七
シドニー	南三度五七分	四	九七九六
カラオ(ペルーの首府リマの近傍)	南三度四二分	一	九七三七
バタビア	南六度二〇分	七	九七六一
シンガポール	北一度二五分	二	九七八〇
香港	北三度一八分	三	九七六六

g_{45} は緯度四五度の處での g の價で、九〇・六一、 R は地球の半径、六三七〇、〇〇〇メートルである。

徐家匯(上海の近傍)	北三度二六分	四	九七四四
京都	北五度一六分	五	九七九四
東京	北五度四六分	一五	九七九一
ワシントン	北三度五三分	一四	九七〇三
ローマ	北四度四〇分	五	九七〇三
ウィーン	北四度三七分	一八	九七〇八
パリ	北四度五二分	六	九七〇八
グリーニッチ(ロンドンの近傍)	北五度二七分	四	九七二〇
ボッタム(ベルリンの近傍)	北五度三九分	七	九七二九
フルコワ(ベルナルゲの近傍)	北五度四三分	七	九七二九
スピッツベルゲン	北七度二五分	五	九七二八
北氷洋	北八度五五分	〇	九七二八

赤道に近よるに従つて g の價の小さくなるのは、二つの原因がある。第一には、地球は眞の球形でなく、赤道の直径は南北の直径より少し長いので、

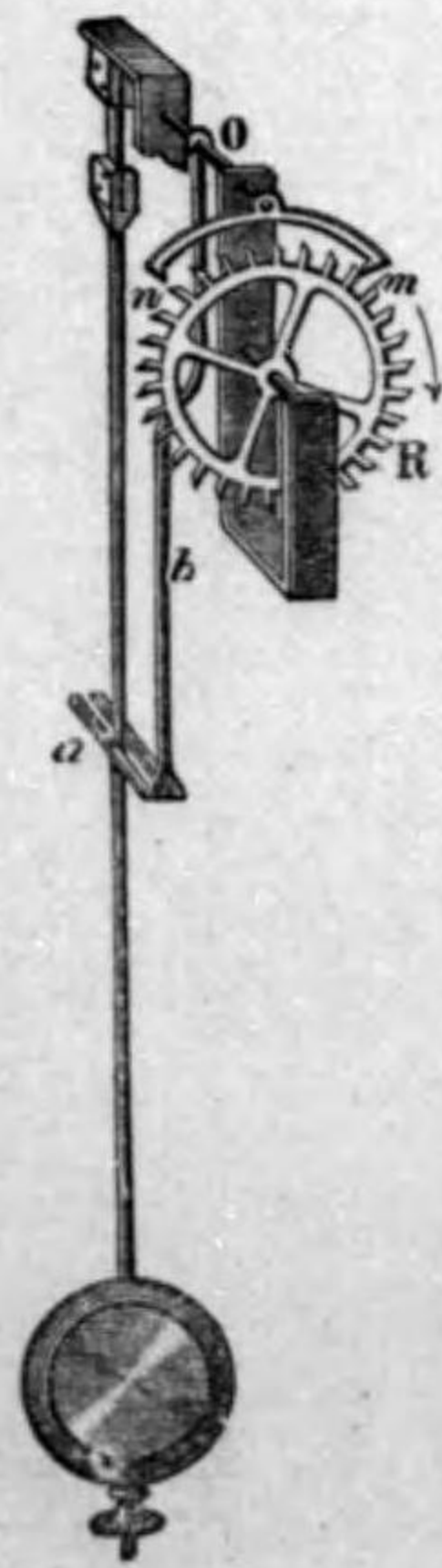
赤道に近よるに従ひ少しづつ地球の中心より遠ざかるわけになる。後に説明する宇宙の引力の定律によると、地球の中心から遠ざかるに従つて同一物體の重さも小くなる筈である。第二には、地球上の物體はみな圓運動をしてゐるから、その廻轉の軸の方へ落ちつつあるわけである。その落ちる加速度は圓の半徑に比例するから、赤道に近よるに従ひこの加速度は大きくなる。三〇の問題一の昇降機の例の様に、落ちる加速度が大きくなるほど實際觀測のできる g の價は小くなる。

四一 時計。

とけい(時計)は重力またはぜんまいの力を用ゐてはりを廻轉する様にしてある。振り時計では、廻轉の速さを一樣にするために振子の等時性を用ゐる。

第三四圖

で振子はその上部の鋼鐵の薄い板で釣つてある。



圖四三第

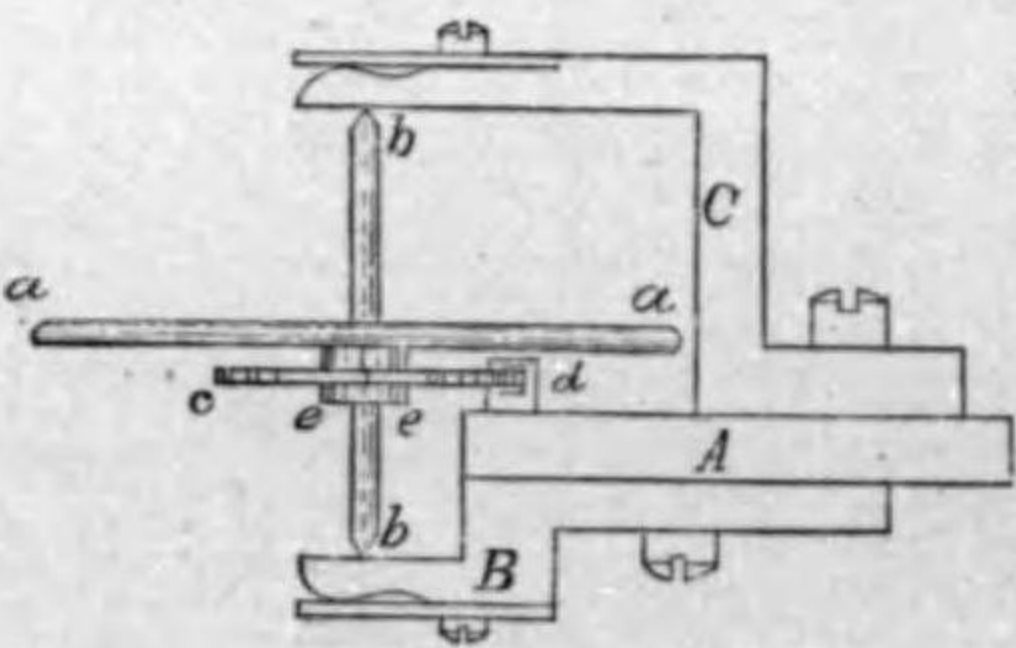
$abmn$ は一つの剛體で、 o の軸のまわりに動く。 a は振子を挾

振子を短くすると、時計は進み、長くすると後れる。(三九)

ぜんまいの部より内の部分、即ち動く部分、を短くすると、振動の週期は短くなり、時計は進む。長くすれば、反対でおくれる。

んでゐるから、 m と n との爪は振子の振動につれて振動的に動く。これらの爪は交番に R の齒車に喰ひこみ、振子の一振りにつき齒車は一齒づつ廻轉する。重力またはぜんまいの力で絶えず廻らうとしてゐる齒車は、喰ひこんでゐる爪を押しあげるの、振子はその振動を續ける。

八角時計や懐中時計の様に振子を用ゐぬ時計では、廻轉の速さを一樣にするため、第三五圖の様に bb 軸のまわりに動くことのできる環 aa を用ゐる。 S はひげと稱する極微弱なぜんまいで、これを cd の位置にし、その内端を ee に附け、外端を d に附けると、 aa の環は等時性の振動をする。これで、振子の場合と同様に、齒車の運動を支配する。



圖五三第



四二宇宙の引力の定律。 地球上の物体は、みなその質量に比例する力即重力で、地球の方へ引かれる(二二)。運動の第三の定律によると、これらの物体はまた同じ大きさの力で地球を引いて来る。この事柄は左に述べた**宇宙の引力の定律の**格段な場合である。

二つの物体は、いつでも、各の質量に比例しその距離の二乗に逆比例する力で引きあふ。

地球の質量はおよそ六・一四(270)グラムで非常に大い。この大いな物体と一グラムとの間の引力が一グラムの重さである。これからこの定律によつて計算すると、一センチメートルの距離にある一グラム同志の引きあふ力は六・四七(80)ダインで非常に小く、とても感ずることのできぬ。大な幾十キログラムもある鉛球などの引きあふ力も極些細いもので、特別に精密な実験でなくては分からぬ。

地球の様な球形の物体の引力は、その全質量がその中心の一点に集つてゐるときと同様である。

一七に説明した様に圓運動をするものはいつでも中心の方に落ちつつある。月は地球のまわりを、地球は太陽のまわりをほとんど圓形に廻轉するから、月は地球と引きあひ、地球は太陽と引きあつて、いつもその中心の方に落ちつつある。

問題一。 月の中心と地球の中心との平均の距離は、地球の半径の六〇・二七倍である。月の處にある一グラムの物体を地球が引く力はいくらか。また、月の質量を六・九八(250)グラムとすると、月と地球と引きあふ力はいくらか。

答。 〇・二七〇ダイン。 一・八八三(250)ダイン。

問題二。 月の地球を一週する時間は二七三二二日(二二三六一(60)秒)で、月と地球との距離は三三八四四(100)センチメートルである。月が地球の方に落ちつつある加速度はいくらか。

答。 毎秒毎秒〇・二七二センチメートル。

右二問題の答がほとんど同一の數になるのが、この定律の一つの證。

據である。なほ同じ種類の問題の材料を次の表に示す。

天体	軌道の平均半径 (地球の半径とす)	軌道一週の時間 (日)	直径 (キロメートル)	質量 (地球の質量とす)	表面で一グラム の重さ	廻轉の周期 時分秒
太陽		1,372,600	316,000	271	607	
月		27.3	3,476	0.0123	0.1655	
水星	0.387	87.97	4,922	0.055	0.433	24 52.8
金星	0.723	224.7	12,106	0.815	0.982	225 11.5
地球	1.000	365.26	12,756	1.000	1.000	23 56.4
火星	1.524	686.98	7,012	0.108	0.387	24 37.3
木星	5.203	4332.58	136,547	300.860	26.1	9 55.26
土星	9.539	10759.3	122,874	896.92	1.041	10 29.17
天王星	19.192	30688.2	55,566	126.50	0.716	9 3.0
海王星	30.069	60190.7	59,990	167.3	0.756	

構造のストレスの勘定。棒を組みあはせた構造で、各の棒にできる張

力や壓力のストレスを勘定することは、力の多角形のおもしろい例である。壓力を正のストレスとすると、張力は負のストレスである。一様な物質で一様な太さの棒を、その両端の二點で支えると、その中央にある重心に働く重さは、これらの二點に働く鉛直な抵抗力と釣りあはなければならぬ。これらの二つの抵抗力は互に等しく、棒の重さは両端で半分づつ支えられることになる。

屋根の木組。二〇〇キログラムの梁と一〇〇キログラムの梁とで、第三六圖甲の様に組みあはせた、兩方の勾配のちがった屋根がある。この梁のストレスを勘定して、この様な例題の一般の解きかたを説明しよう。

① まづ、重さや抵抗力の様に、梁の外から働く力を列記する。二つの梁の重さは、それぞれ a と a' と a'' とに、半分づつ分れて働くことと見ることが出来るから、 a の點に働く力は、一〇〇キログラムと五〇キログラムとの和で、下むきの一五〇キログラムである。 b 點に働くのは、下むきの一〇〇キログラムと上むきの柱の抵抗力 R_1 とで、 c 點に働くのは、下むきの五〇キログラムと上むきの抵抗力 R_2 とである。 b の梁の重さは、三

本の梁のストレスには直接の関係はない。a b cの三點には、右に列記した、外から働く力即

外力の外に、棒の壓力 甲

または張力のストレスが働く、これらのストレスは、内力ともいふ。

③ 圖の穴に名をつけ、

この圖では三角形の一つだけである。これをAとする。

④ 圖の外側を力の線で区分し、その各の面にそれぞれ名をつける。この圖ではBCDEFである。

⑤ 力の集合點でそれぞれ力の多角形を作る。

力はその線の兩側の

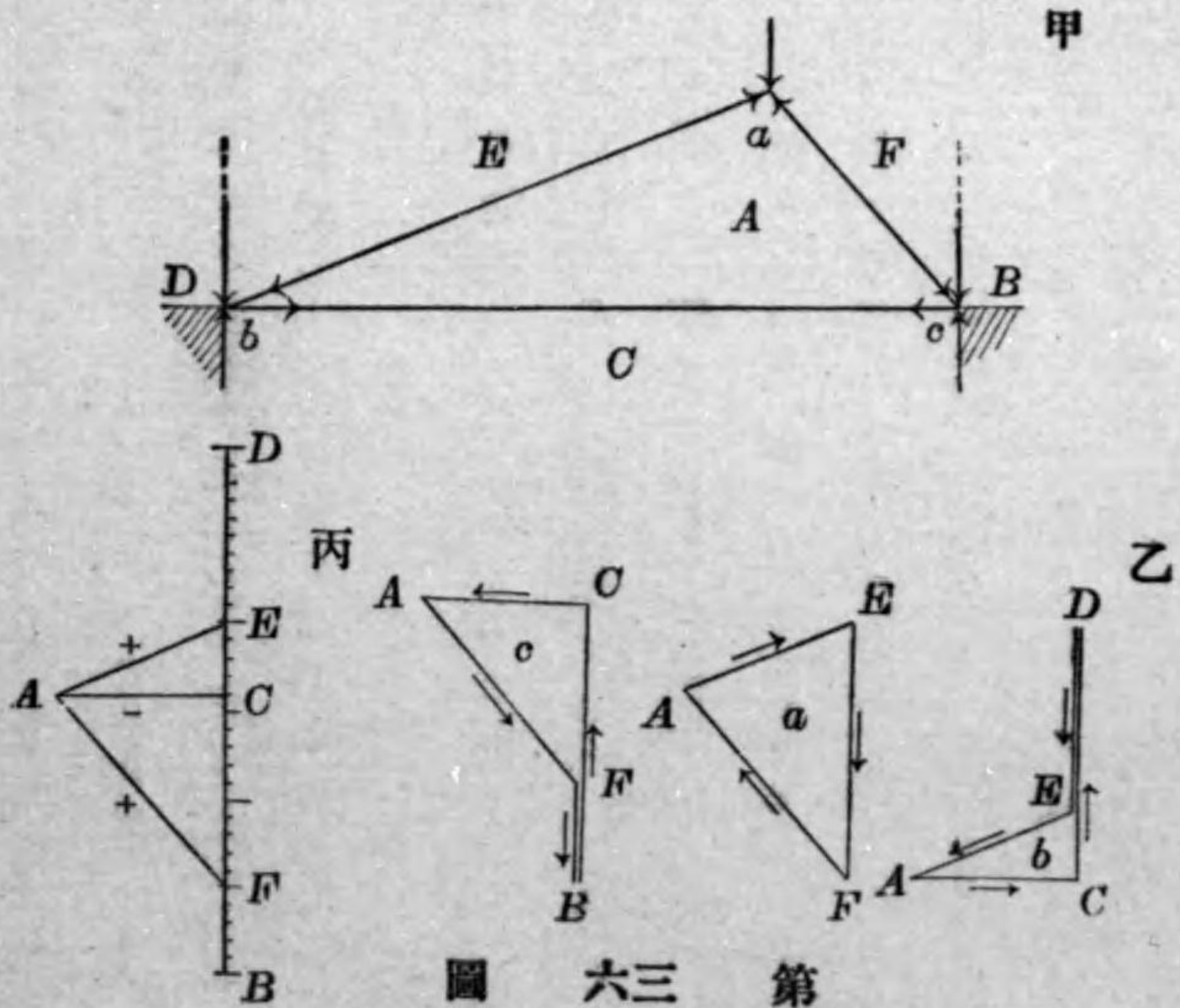


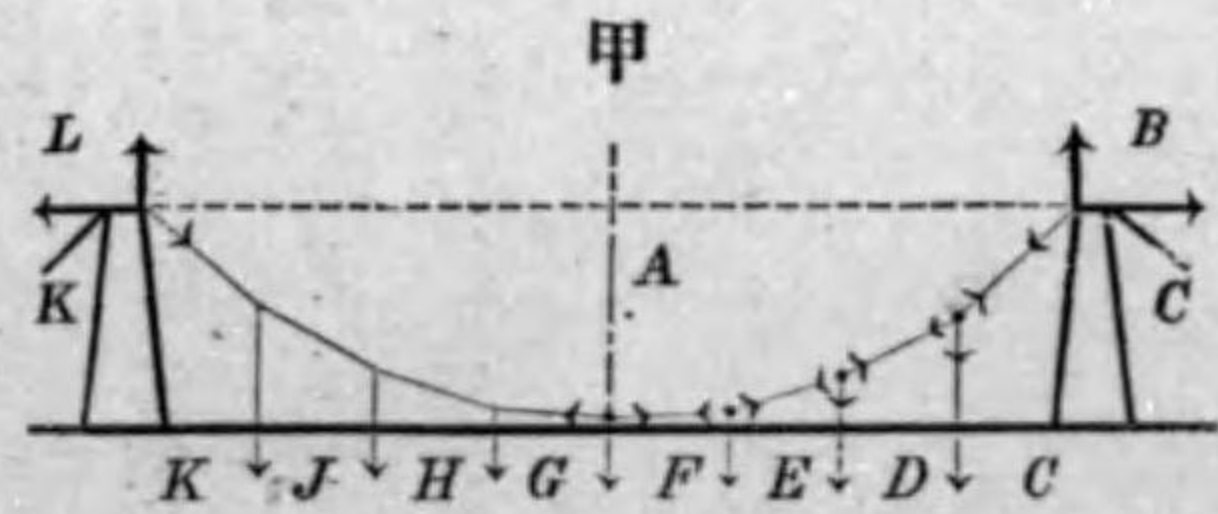
圖 六三 第

面の名であらはすことにする。aに働いてゐる力は外力EFとストレスFA AEとである。これらの力は釣りあつてゐるから、その多角形の最終點は初めのと重なり三角形a(同圖乙)となる。そのEFは一五〇キログラムで知れてゐるから、AEもFAも知れる。次にbに働いてゐる力はEA AC CD DEで、その多角形bを作ると、EAはaの圖ですでに知れてゐり、DEも一〇〇キログラムで知れてゐるから、他の二力AC CDも知れる。同様にcでの多角形cを作ると、前に知れた力の價が再び得る。a b cの多角形は、同圖丙の様に集めて書くと、重寶である。この圖で、EFが一五〇、DEが一〇〇、FBが五〇を正しく示してゐるなら、他の長さをそれぞれ計ると次の價が出る。

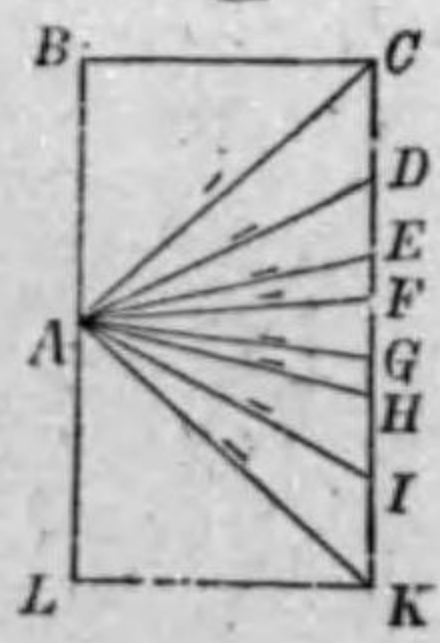
- DCの抵抗力 R_1 は 一三九キログラム、
- CBの抵抗力 R_2 は 一六一キログラム、
- AFのストレスは壓力で 一四五キログラム、
- AEのストレスも壓力で 一〇四キログラム、
- ACのストレスは張力で 九五キログラム。

釣り橋 第三七圖甲は釣り橋の圖である。その鐵索は重さのないものとし、橋の重さは鍍が示す様に、等距離にかかつてなる重りで代表することにする。全部が釣りあつてゐるには、兩方の柱の上端に圖に示す様に水平と上むきとの抵抗力がなければならぬ。前項の規則に従つて ABC ACD ADE 等の文字を記入し、力 ABC ACD ADE 等を作ると(同圖乙)、 CD DE EF 等は橋の重量の分配を示し、 AC AD AE 等は鐵索中の張力の分配を示す。重りがみな同様に一トンづつあるとすると、 CD DE EF 等はみな一で、 AB LA の抵抗力は各三五トンづつあるわけである。また BC KL は兩方の柱を引張つてゐる鐵索の抵抗力で、それらの長さによつてこの抵抗力の大きさが知れる。

アメリカ風の鐵橋 第三八圖甲はこの橋の圖である。穴はみな等邊三角形で、各の棒の重さは、 c e g の各點に等しく分配してある。

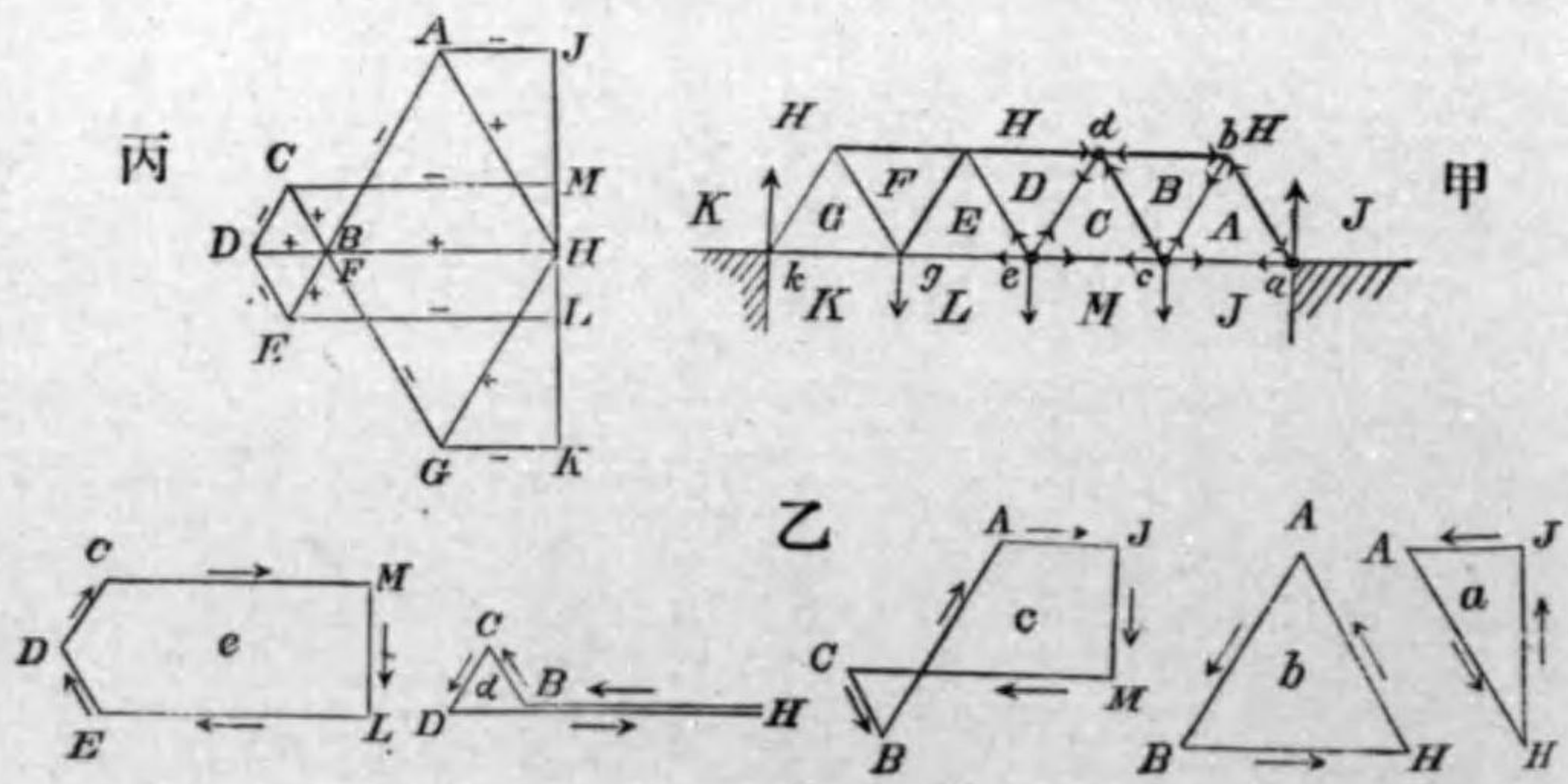


圖七三第



重量一〇トンに比べると、捨てることのできるほど小さいとする。橋臺の抵抗力は、上むきの一五トンである。前の規則に従つて ABC CD 等の名を記入し、力の多角形 a b c d (乙) またはこれらを集めたもの(丙)を作り、それぞれの線の長さを計ると次の價を得る。

AH と HG との壓力は	一七三トン
BA と GF との張力は	一七三トン
CB と FE との壓力は	五八トン
DC と ED との張力は	五八トン
HB と HF との壓力は	一七三トン
HD の壓力は	二二・一トン
AJ と GK との張力は	八六トン
CM と LE との張力は	二〇・二トン



圖八三第

問題 第八章九三に説明してある様な起重機で、 ce の柱の高さ一五尺、 ed の棒の長さをそれぞれ四五尺五〇尺とすると、五トンの荷を釣つてゐるとき三本の棒のストレスはいくらか。

答 抵抗力は、柱の根 e で上向きに働く力の外に、 c と e とで水平に働くとする。鎖が d 點で止めてあるとすると、 cd のストレスは一五トンの張力、 de のは一六・六六トンの壓力で、 ce のは二七七トンの張力である。また e と c とに水平に働く抵抗力は何れも一四七四トンである。鎖が圖の様に通つてゐると、 de のストレスは一〇トンの張力、 ce のは二二三トンの壓力である。

第二編 力學と物性との中

第四章 固體

四三物質の状態

第一篇では、物體の中のいろいろの部分と同じ様な動きかたをしてゐるか、または動きかたはちがつてもその大きさも形も少しも變はらない場合のことを述べた。しかし、極精密にたぬすと、どんな物體でもその形の少しも變はらぬものはない。その變はり様に就てあらゆる物體は三種に大別ができる。

形を變へるに非常に大な力を要するものをこたい(固體)といふ。固體は、形の變はりのあまり大きくない中は、力を用ゐることをやめるともにもとる。木や石や土やゴムやみな固體である。木や石は、大概な力を用ゐてもその形の變はりは分からね位であるから、第一篇では少しも形の變はらぬ剛體として論じた。

形のみを變へるには少しも力は要らず、いつもその入れてある器の形の通りになつてなるけれども、これを壓縮してその大きさを變へるには、非常に大な力の要るものをえきたい(液體)といふ。水や油や水銀などの様なものは液體である。水飴などの様に、急にその形を變へ様とすると骨は折れても、時間さへ長くかけると極めて、小さい力で形を變へることのできるものはやはり液體である。

格別な力を用ゐずに壓縮することができ、きまつた形もなければ大きなないので、密閉しなければいくらでも大なる物をきたい(氣體)またはガスといふ。空氣などその例である。固體液體氣體を物質の三つの状態といふ。

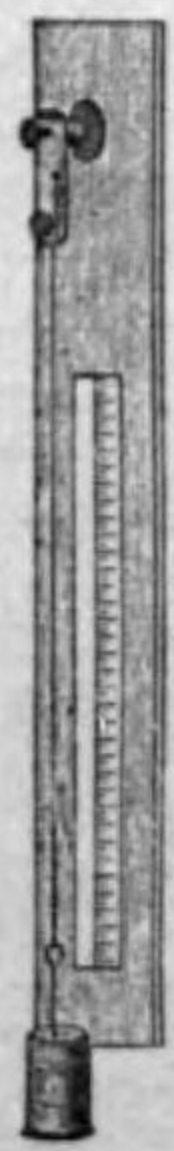
四四 分子説。 物質の状態を分子説で説明すると、物質はみな極小いぶんし(分子)から成立ち、分子は極近い距離では互にぶんしりよく(分子力)を及ぼす。氣體は稀薄な状態であるから、

分子力は極近い距離で働く力、四二に説明した重力とは別種の力である。

分子と分子とは一般に分子力の圏の外に離れ、分子は自由な運動をしてなる。液體では、分子は互に接近し分子力のために制限せられながら、なほ滑りあつてなる。固體では、分子力はなほ一層勢を得て各分子の移動はますますむづかしくなつてなる。

四五 ひづみ。 弾性。 固體ではその分子はみな互に分子力で持ちあひ釣らつてなるが、これに外から力を加へると、この釣りあひに多少の變化を起し物體の形は變はる。これを物體がひづむといふ。たとへば、鋼鐵やガラスの様にかたいものでも、極細い棒にでもしてみると、手易く曲げることができ、やはりひづむものであるといふことが分かる。これは、外から加へた力のために分子間の釣りあひがくみ、その形が變はつたのである。またこの棒は放すと多分もとの形にもどる。形を變へるには力を要し、その力を除くと原形にもどるこの性質をだんせい(弾性)といふ。一定の度を越

えて曲げると、棒はもとの形にもとらぬかも知れぬ。このときは分子間の釣りあひがやぶれて、その位置が變はつてしまつたのである。變形のもつともとらぬ様になるこの界を**弾性の極限**といふ。

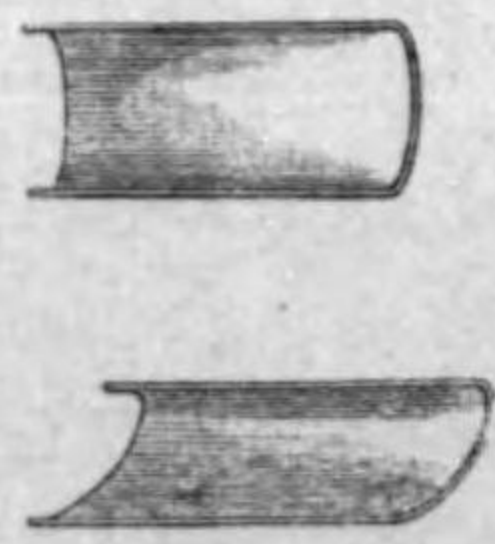


圖九三第

四六 弾性の種類。 第三九圖の様に、針金の一端を固定し、その他の端に分銅を懸け、分銅のすぐ上の處に目じるしをつけ、その傍にある物指に依つて針金ののびを計る。この分銅を一二三四五の割合に増すと、針金もその割合に伸び、分銅をはつすと針金はもとの通りに縮まる。この性質を**伸びの弾性**といふ。この實驗の様にひづみが**ストレス**に比例することとは**フックの定律**である。この定律は弾性の極限以内にのみ應用する。もしこの極限を越えて分銅を増すと、針金は段段餘計に伸びる様になり分銅をはつしてももとへはもとらぬ。これは、分子

の位置に永久の變化ができたのである。なほ分銅を増すと、針金は終に切れる。棒を押し縮めるときも、そのちぢみは、弾性の極限内ではその壓力に比例する。

固体の形の變はりには、右の伸び縮みの外、すりたわみねぢれ等がある。すりは、厚い本が第四〇圖の甲の形から乙の形になる様な變はりで、この様な變はりを起こす力をすらす力といふ。缺で物を切るときに、この種の力を用ゐる。たわみは、棒を二點で支え、中央の點に重りを懸けたときに 甲 乙 できる様な形の變はりで、この場合には、棒の上の部分には縮み下の部分は伸びるから、これは伸び縮みの込み入つたものである。圓い棒を少し

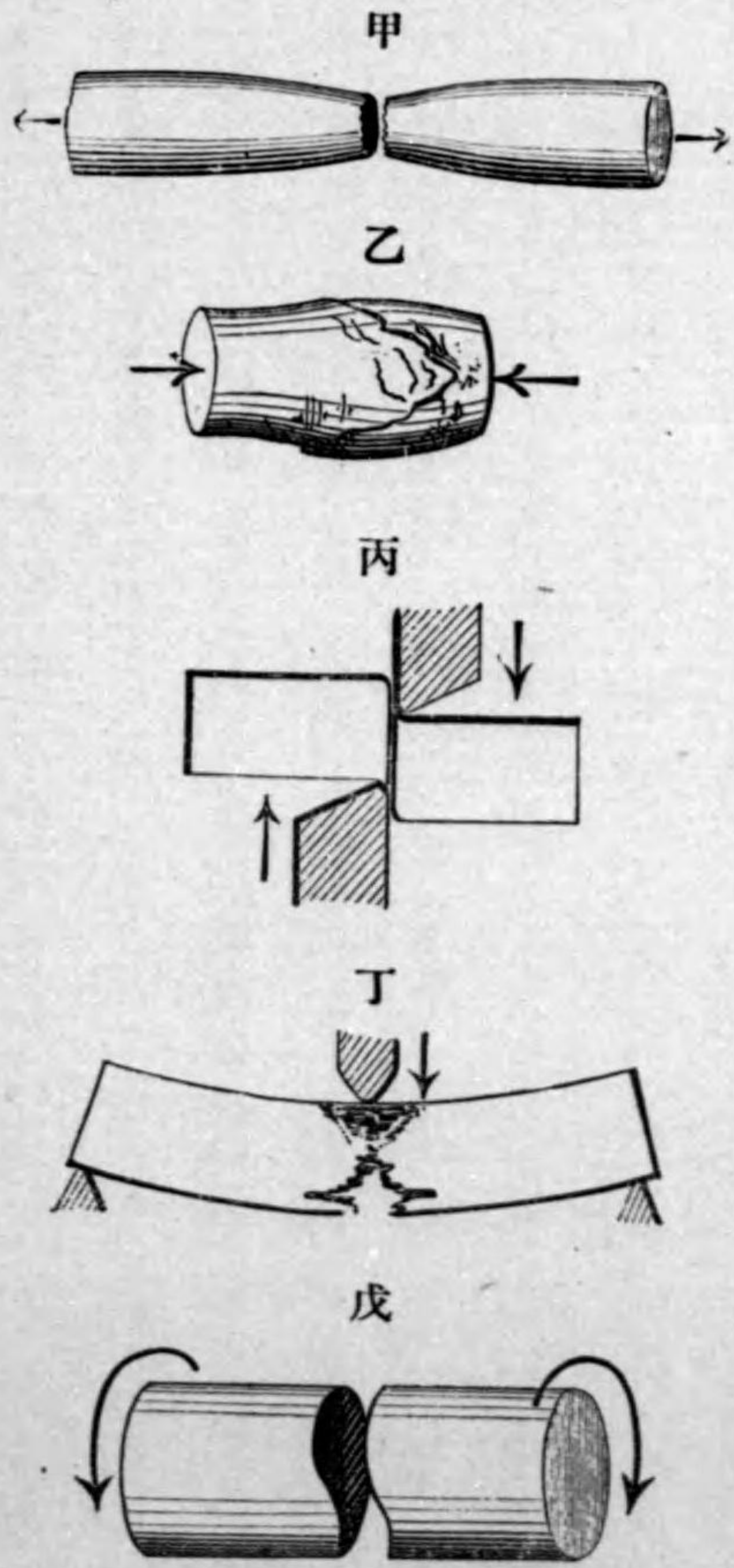


圖〇四第

ねぢつた場合を考へるに、この圓い棒は澤山の薄い圓板でできてゐるものと見ると、この板は一枚つつ少しつ廻轉的にすつてなることになる

から、圓い棒のねぢれはすりの込みつたものである。

またかさの縮みといふのがある。物体をそのあらゆる方面から壓縮すると、その嵩が小さくなる。これらのいろいろの形の變はりところを起す ストレスとの關係は、前項の伸びの例の通りに始の程は



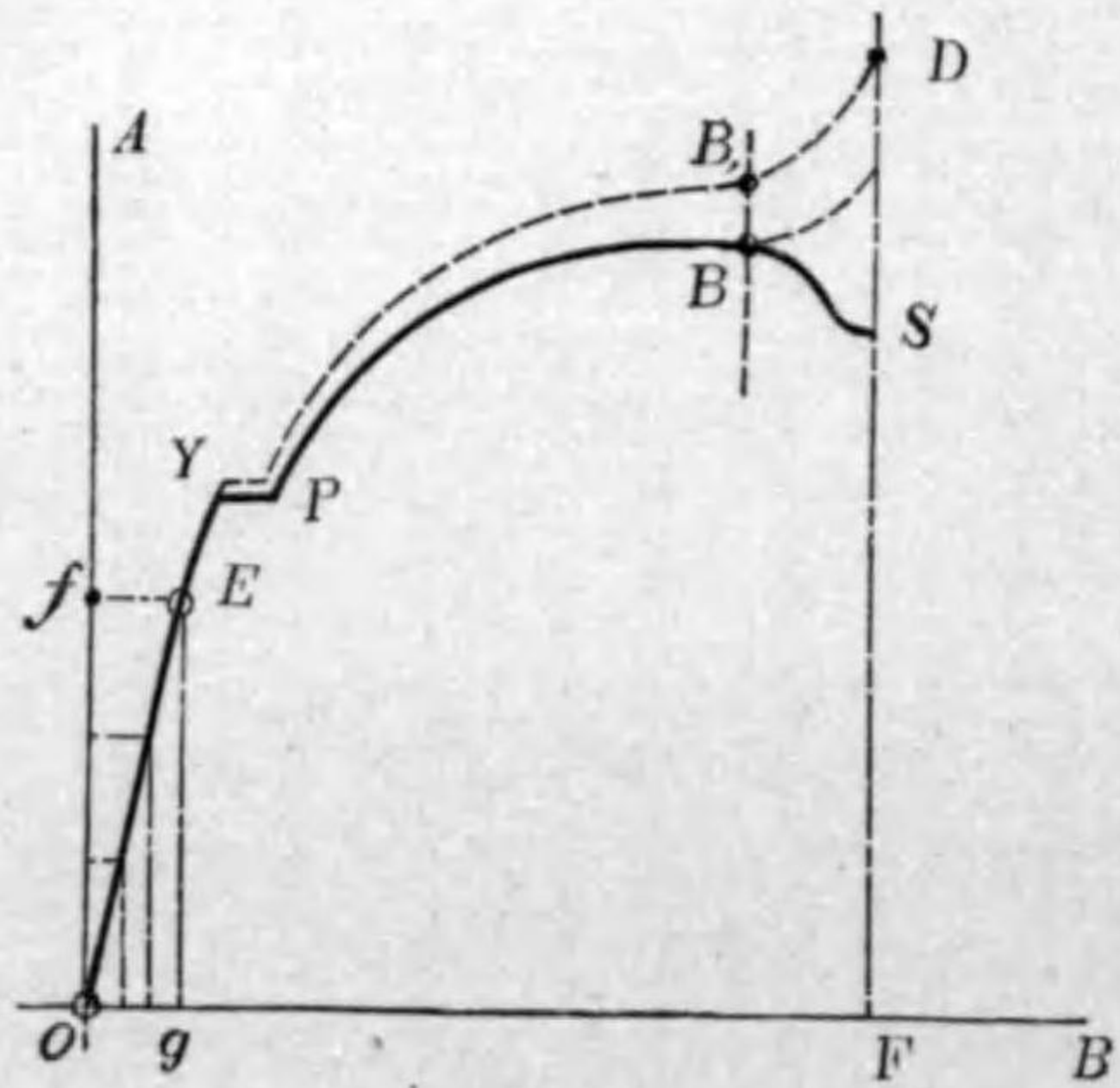
圖一四第

互に比例し力をのぞくと原形にもどり、フックの定律はいつれの弾性

にもあてはまる。またどの弾性にも極限があつて、これを越すとフックの定律は行はれなくなる。

第四一圖の甲乙丙丁戊は、棒が伸び縮みすり曲がりねぢれの極度で破れたところを示す。

第四二圖は、次項に説明する試験機といふ機械で、鐵の棒の伸びを試験した結果を示す。横線は伸びを、縦線は張力のストレスを示す。始めの程は伸びは張力に比例するから、この關係を示す線のOEの部分は直線である。弾性の極根を越えると、棒は前よりは大きい割合で伸びる様になるので、この線のEBの部分は右方に曲がる。その中にもYPの部の様に急に多く伸びるときがある。Bに達すると、棒は細くなり始めるので、全張力を減してもなほ伸びる



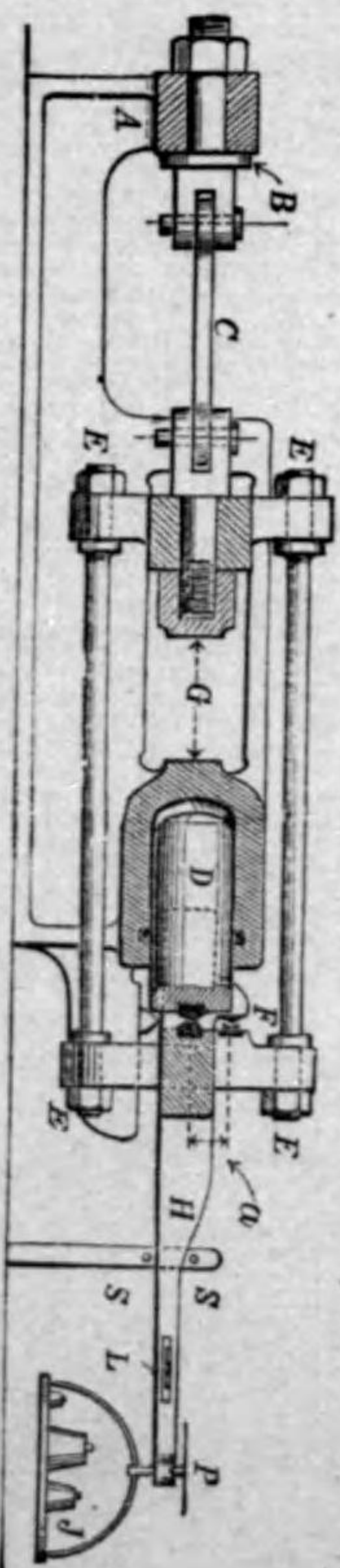
圖二四第

から曲線は BS の様に下に曲がる。
 ストレスを棒の切口で割った数即 **ストレスの強さ**(次節)を横線とすると、棒が細くなるほどこの強さは割りに大くなるので、同じ実験の結果を示す曲線は同圖の點線 YB_1D の様になる。

圧縮の場合では、 B 點から棒が太くなり始めるので、曲線の B から先の部分は上へ曲がる。またこの場合には YP の部分のできる様な現象はない。

試験機

第四三圖は一種の試験機の圖である、 C の棒は伸びの試



第四三圖

験をする材料で、その一端は適當な枕 B を挟んで A の臺に取り付け、他端は EE のホルトでしめた左右に動けるわくに取り付けてある。このわくは、 H の曲つたてが F の及で右方に押し、水壓機(五六)のラム D は F の

下にある及でこのてこをまた右方に押し立てる。 SS はてこの止まり L は水準器(五七)である。 小いポンプで水を送り D を押し、 J の重りを加減して、 H のてこを水平にすると、 F の及を押し力 f と J にある重りの重さ W とは、能率の理により

$$a \cdot f = FP \cdot W \therefore f = \frac{FP}{a} \cdot W$$

の関係になる。 實際の機械では、 FP は a の五〇〇倍になつてゐるから、 J にはただ数キログラムの重りを用ゐて、 C を引張るには幾トンといふ力を出すことができる。

圧縮の試験をするには、材料を G に挟むのである。

四七 弾性率。 弾性の極限の内、この性質の度合を比べるには **だんせいりつ**(弾性率)といふ数を用ゐる、いろいろの弾性の内で最も普通に用ゐるのは、伸縮とずりと嵩との弾性率である。 棒の壓力または張力 f ダインを棒の切口の面積 s 平方センチメートルで割つたものを、これらの **ストレス即壓力** または **張力の強さ** といふ。

これに對して前者を**全壓力**または**全張力**といふ。伸び或は縮み e サンチメートルを棒の全長 l サンチメートルで割ると、伸び縮みの割合が出る。そこで伸縮の弾性率 E を CGS 單位でいふと

$$E = \frac{f}{s} + \frac{v}{l}$$

である。

ゴムの様に少しの力で大なる伸び縮みのあるものは弾性率が小く、これに反して鋼鐵やガラスの様に少しの伸び縮みに大なる力を要するものは弾性率が大きい。然し、ゴムは弾性的伸縮の極限は大くガラスはこれが小さい。

すらす力はする面に傍うて働く。この力の大きさとこの面の大きさを f ダイーン s 平方センチメートルとすると、この力の強さはやはり f/s である。 l サンチメートルだけ離れた平行な二平面の間の全きすりを、 e サンチメートルとすると、すりは e/l である。それで、すりの弾性率 μ は CGS 單位では

$$\mu = \frac{f}{s} + \frac{v}{l}$$

である。

また V 立方センチメートルだけの嵩の物体が、毎平方センチメートル f/s ダイーンのあらゆる方向からの壓力のために、 v 立方センチメートルだけ縮んだとすると、嵩の弾性率 k は CGS 單位で

$$k = \frac{f}{s} + \frac{v}{V}$$

である。

棒の撓みは、伸縮の弾性率 E に關係する。幅 b サンチメートル、厚さ h サンチメートルで、長さ l サンチメートルの棒を兩端で支えて水平になし、中央に m グラムの重りをかけたとき、その中央での撓みを d サンチメートルとすると、

$$d = \frac{1}{4} \frac{f^3}{Ebh^3} mg$$

である。また、同じ棒を、一端で水平に支え、他端に m グラムの重りをかけたとき、重りのところの撓み d サンチメートルは

$$d = \frac{4}{3} \frac{f^3}{Ebh^3} mg$$

である。
 棒のねぢれは、すりの弾性率による。半径 r サンチメートルの圓い棒 または針金の一端を固定し、その他端を G CGS 單位の能率でねぢつたとき、その棒の一サンチメートル毎にねぢれる角を α ラヂアンとすると、

$$\alpha = \frac{2}{r} \frac{G}{\mu}$$

である。これらの關係は、いづれも實驗的に證明ができる。

問題一。 一六キログラムの重りを釣つてなる直径一ミリメートルの鐵の針がねのストレスの強さはいくらか。

答。 一九九六(90)CGS 單位。

問題二。 前題と同じ重りを三サンチメートル四方の柱で支えたときは、この柱のストレスの強さはいくらか。

答。 一七四二、〇〇〇CGS 單位。

問題三。 錐で物を押すと手易く孔のあくのはどういふわけである。

問題四。 問題一の針金の長さは一メートルで、この重りのために一ミ

リメートルだけのびたとすると、この鋼鐵の伸びの弾性率はいくらか。

答。 一九九六(120)CGS 單位。

問題五。 長さ四メートル直径一サンチメートルの鋼鐵索で二トンの荷を釣ると、この鐵索はいくら伸びるか。但、この鋼鐵の弾性率 E を二・二四(120)CGS 單位とする。

答。 〇・四六六サンチメートル。

問題六。 二點で支えた棒の上に、荷を静におくと、棒は一寸だけたわむ。同一の荷を急におくといくらたわむか。

答。 この荷のあるときは、一寸たわんだところ(B)が、静止の位置である。荷を急におくと、棒は、 B を中央として始めの位置 A から一寸の振幅で振動するので、最大のたわみは二寸になるわけである。

問題七。 弾性のある棒を、ある力で右方に静に引くと、一寸だけたわむ。この力の方向を急に逆にすると、いくらたわむか。

答。 この力を静に左方にかへると、その静止の位置は、左方に一寸のところ C である。急にかへると、右方一寸のところ A から C を中點

として二寸の振幅で振動するから、始めの位置即 AC の中央点 B から左方への最大のたわみは三寸になるわけである。

四八材料の強弱。安全の係数。

いろいろの機械や橋梁その他
の建築などの材料には、自己の重量と外から働く力とのために、必
多少の變形が起るものである。この變形が、弾性の極限内に
あるなら安全だけれども、もしこの極限を越えるときは、その構造物は
破壊する憂がある。それだから、第一篇の終りで、例を擧げて説
明した様に、豫めある構造中の各材料内に起るストレスを勘定し、
その材料はこれらのストレスを與へてもなほ弾性の極限には遠い様に
しなければならぬ。また數多い材料の中に一つでも極限を越えるもの
があると、そのものより破壊し始めるから、他に不釣合に丈夫なもの
を用ゐても少しもそのかひはない。單に利益がないのみならず、反へ
つてその重量で他の材料のストレスを多くする害がある。それで

材料強弱學
構造強弱學は
それぞれ一科
目の學問と
なつてゐる。

すべての材料の強弱を知り、構造の強弱を勘定することは、あらゆる構造物の設計に必要である。

實際構造物を作るには、豫知することのできる材料中の罅隙や不時に起る重量の變動などを見込んでおく必要がある。それだから、材料の太さは、勘定で得たものの何倍かのストレスに堪える様に

さめる。この倍數を**安全の係數**といひ、材料の堪える極限のストレスを**破壊のストレス**といふ。安全の係數は場合に依つて違ふ。たとへば①家屋の屋根などの様に不變の荷を受ける構造ではおよそ三、②鐵道列車の様な急にできる荷を受ける鐵橋などの構造ではおよそ六、③廻轉する機械の軸などの様にたゞ正負を變へる荷を受ける構造ではおよそ九、とする。これらの係數は

また材料の種類によつて多少加減する必要がある。

次に弾性率と破壊のストレスとの表を掲げる。ストレスは引力單位で

與へてある。それに九八〇、〇〇〇をかけるとCGS單位の數になる。

	E	μ	ん	破壊の張力 (每平方センチメートルのキログラム)
鍛鐵	二〇(12〇)	七六(11〇)	一五(12〇)	三三〇〇 破壊の壓力はこれより三割ほど小さい。
鋼鐵	二二(12〇)	八三(11〇)	一八(12〇)	四〇〇〇 破壊の壓力も硬い鋼鐵ではこれに等しい。
鑄鐵	〇七五(12〇)	二八(11〇)	九六(11〇)	一〇〇〇〇 破壊の壓力はこれより四五倍大きい。
銅	一二五(12〇)	四四(11〇)	一七(12〇)	二〇〇〇
眞鍮	一〇(12〇)	三七(11〇)	一〇(12〇)	三〇〇〇
アルミニウム	六七(11〇)	二五(11〇)	一〇	一五〇〇
亜鉛	一五(11〇)	三六(11〇)	一九〇〇	破壊の壓力はこの二分の一ほどである。
錫	四〇(11〇)		三五〇	
鉛	五〇(10〇)		二五	
ガラス	八二(11〇)	二〇(11〇)	三五(11〇)	二五〇

桐	杉	檜	松	栗	アメリカ松	樺	樫	密度	破壊の張力
〇・二九	〇・四〇	〇・四四	〇・五三	〇・五六	〇・五八	〇・六四	〇・九〇	(CGS單位) E	(每平方センチメートルのキログラム)
五〇(10〇)	八二(10〇)	九四(10〇)	一〇八(11〇)	一一二(11〇)	一二六(11〇)	一二〇(11〇)	一四七(11〇)		四〇〇 同一種の木材でも、品質により、一二割の相違がある。一般に密度の大きいほどEも大きく、破壊の壓力はおおよそ上の數の半である。
四〇〇	五〇〇	八四〇	一三〇〇	一三〇〇	九二〇	一三五〇	一五二〇		

氷	六七(10〇)	(CGS單位) E
石膏	三六(10〇)	
砂岩	六三(10〇)	

花崗石	八〇〇-一〇〇〇	破壊の張力 (每平方センチメートルのキログラム)
砂岩	三〇〇-一八〇〇	
石灰石	五〇〇-一五〇〇	

石灰石	一九(110)
大理石	二六(110)
石磐石	一〇(120)
水晶	一〇三(120)
トーパス	二九(120)
コランダム	五二(120)
ゴム	一〇(70)

コンクリート	六〇—四〇
人造石	四五〇
燒過	三〇〇—八〇〇
煉化	二〇〇—三〇〇
中燒	二〇〇—三〇〇
生燒	一五〇—二〇〇

は、この一〇〇

同一の物體の分子間力と、達つた物體相互の分子間の力とに別な名をつける習慣があるけれども、それは必要でない。

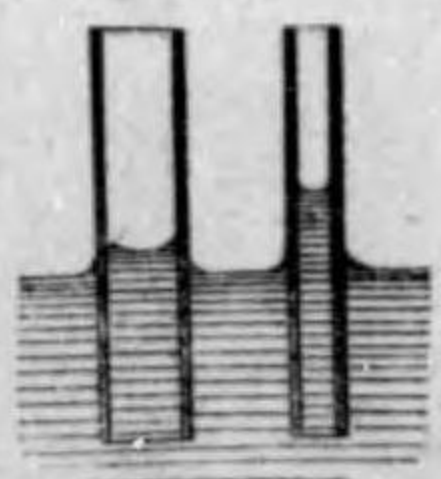
第五章 液體

四九 液體に現れる分子力。 液體では、分子力の作用が、固體ほど強くはないけれども、なほ分子は引きあつてゐる。水を空中にちらげると滴となる。蓮の葉や油紙の上でも、水は滴となる。水銀は、ほとんどいつでも滴となり、決して固體の細片の様に角ばつたものではない。これはみな液體の分子が互に引きあひ自由に滑つて、最多數の分子が成たけ近よらうとするためである。また、水をガラス板の上にならすと、滴とならずして擴がる。これは、水の分子相互の引力よりも、水の分子とガラスの分子との引力の方が強いからである。水銀も、極清潔な銅の面にならすと、その面に擴がつて滴にはならぬ。

五〇 表面張力。毛管現象。 液體の滴が常に球狀になるのは、

各の分子が最多数の分子に近寄るからであるけれども、その結果はその液体の表面を最小くするといふことになるので、すべて液体の表面には張力があつて常に縮まらうとしてなる様に見える。この張力を表面張力といふ。表面張力に關してはいろいろな面白い現象がある。

細いガラス管の内外を水でぬらし、これを第四四圖の様に水中に立てると、管内の水面は外よりは余程高い處にあつて凹になり、管の外表面に傍しても水面は少し昇つて来る。水はガラス管の面をみな覆つて来るから、

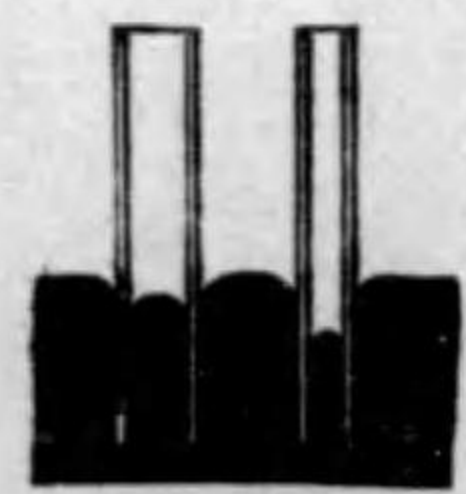


第 四四 圖

液体の表面は、管の内も外も連続した一枚と見ることが出来る。この面は常に縮まらうとしてなるので、管内の液体は吸ひあげられ一定の處で重さのために釣りあふことになる。管が細いほどこの重さは比較的小さく、水は多く昇る。これを毛管現象といふ。管の外側と器の内側とのまみも同じわけである。

四角なガラス板を二枚合せ、その一邊に近く細い糸を挟み糸でくくり楔形にして、ガラス板の上になたて、全體を水でよくぬらすと、板の間の水の面は面白い曲線に見える。液体によくぬれる物體の細い孔やすきまに、液体のよきはいるのはみな同じ理由にもとづく。海綿や紙やランプの心や砂糖の塊などの液体を吸ふのもこの例である。

ガラス管を水銀の中に立てると、第四五圖の様になる。水銀はガラスをぬらすぬから、一枚と見ることで出来る。水銀の表面は、ガラス管に押されながら縮まらうとするので、圖の様に高低やまみができる。管は細いほど、その中の表面はよけいに下がる。この實驗をたやすく見せる様にするには、管の代りに平行なガラス板を用ゐるがよい。



第 四五 圖

五一 溶解。混和。 食鹽や砂糖の様な固体が、水やアルコールに溶解するのは、固体の分子相互間の分子力が、固体と液体との

數種の物質に就いて、
○〇グラムの水に溶解しうるそのグラム數を左に示す。

物質	溶解率
KCl	26.6
KJ	21.6
KClO ₃	7.3
K ₂ Cr ₂ O ₇	3.3
K ₂ CO ₃	1.3
NH ₄ Cl	39.6
NaCl	35.9
Na ₂ CO ₃	0.14
LiCl	8.3
BaCl ₂	3.9
CaCl ₂	5.9
CaSO ₄	0.14
MgSO ₄	3.3
ZnSO ₄	1.3
CuSO ₄	1.3
AgNO ₃	1.3

間の分子力のために妨げられ、固體の分子が液體のようになるのである。他の物質を溶解してなる液體を、一般によ—えき(溶液)といふ。液體は、それぞれきまつてなる制限以上には、固體を溶かすことはできぬ。この極度まで固體を溶かしてなる溶液を、ほ—わよ—えき(飽和溶液)といふ。水と水銀とを瓶に容れ、いかによく振蕩しても、靜置すると直に水と水銀とは全く分かれる。水とアルコールとはどんな割合でもこれを同様に振蕩するとよく混和する。水と干えとを同じ様に振蕩して、後に、これを靜置すると、二種の混和液に分かれる。上のは干えに水の飽和した混和液で、下のは水に干えの飽和した混和液である。これは、水と干えとは、どちらか一方が極多ければ、混和するけれども、どんな割合でも混和するといふわけにはゆかぬからである。固體の溶液に必ある極限と同じ道理である。

五二 瀰散。 硫酸銅の溶液の様に色のある溶液を、小さいガラスの器にほとんど一杯容れ、これを大なガラスの器の中央に置き、そうしてこの大な外の器に水を極靜かにつき込み、中の器の上を一センチメートル餘り越す位にしておくと、いかに靜かにしておいても中の器の溶液は次第次第に外部にちらかり稀薄になる。この現象をびさん(瀰散)といふ。これは液體の分子の絶えず滑り廻つてなることよの證據である。このちらかる速さは、物質によつて非常な相違がある。同じ條件のもとに、鹽は砂糖の倍速く、砂糖はブドウ糖の倍速く、ブドウ糖はまた卵の白みの四倍ほど速く。

五三 液體の彈性。 液體には、固體と同様に、きまつた嵩があつて、これを小さくするには、大層大な力が必要から、その嵩の彈性率は非常に大い。それだから液體は、また、壓縮すべからざる流體ともいふ。流體とは液體と氣體とを合せた名稱である。液體は、その形を變へたとき原へ戻らうとする性質は少しもないから、伸縮やず

HCl	1.6
砂糖	10.0

右方の數は左方の數の二〇度での價である

器にほとんど一杯容れ、これを大なガラスの器の中央に置き、そうしてこの大な外の器に水を極靜かにつき込み、中の器の上を一センチメートル餘り越す位にしておくと、いかに靜かにしておいても中の器の溶液は次第次第に外部にちらかり稀薄になる。この現象をびさん(瀰散)といふ。これは液體の分子の絶えず滑り廻つてなることよの證據である。このちらかる速さは、物質によつて非常な相違がある。同じ條件のもとに、鹽は砂糖の倍速く、砂糖はブドウ糖の倍速く、ブドウ糖はまた卵の白みの四倍ほど速く。

りやの弾性はない。次に重要な液体の弾性率を示す。

液体	温度	嵩の弾性率 (CGS 単位)
蒸留水	一五	二・三(10)
アルコール	一五〇	一・二(10)
エーテル	一四〇	一・二(10)
水銀	一五	九三(90)
		七九(90)
		五四(110)

五四 液体中の壓力。 静止してゐる液体がその容器に及ぼす壓力は常にその表面に垂直である。もし傾いてゐるなら、その反作用を、表面に垂直な分力と平行な分力とに分けて考へると、面に平行な分力は直に液体に運動を起さなければならぬから、静止の液体には、こんな分力はない筈である。それだから、その壓力は常に表面に垂直でなければならぬ。

液体中の一點では、あらゆる方向の壓力はみな等しい。いまこれを證明するために、液体中に第四六圖甲の様に、極小の正三角隅の部分が凝固したと想像する。この想像をしても、何も外に變はりはないから、この部分はやはり静止してゐる。この隅の諸面に働く全壓力は、互に釣合つてゐる。それだから、兩底面に働く力、即ち、軸の方向の全壓力は、互に釣りあひ、また、軸に垂直な方向の諸力、即ち、三傍面に働く全壓力は互に釣りあはなければならぬ。同圖乙のABCを、この隅の軸に垂直な切口とすると、傍面の全壓力PQRは釣りあつてゐるから、その多角形は丙の様な三角形となる。この三角形の

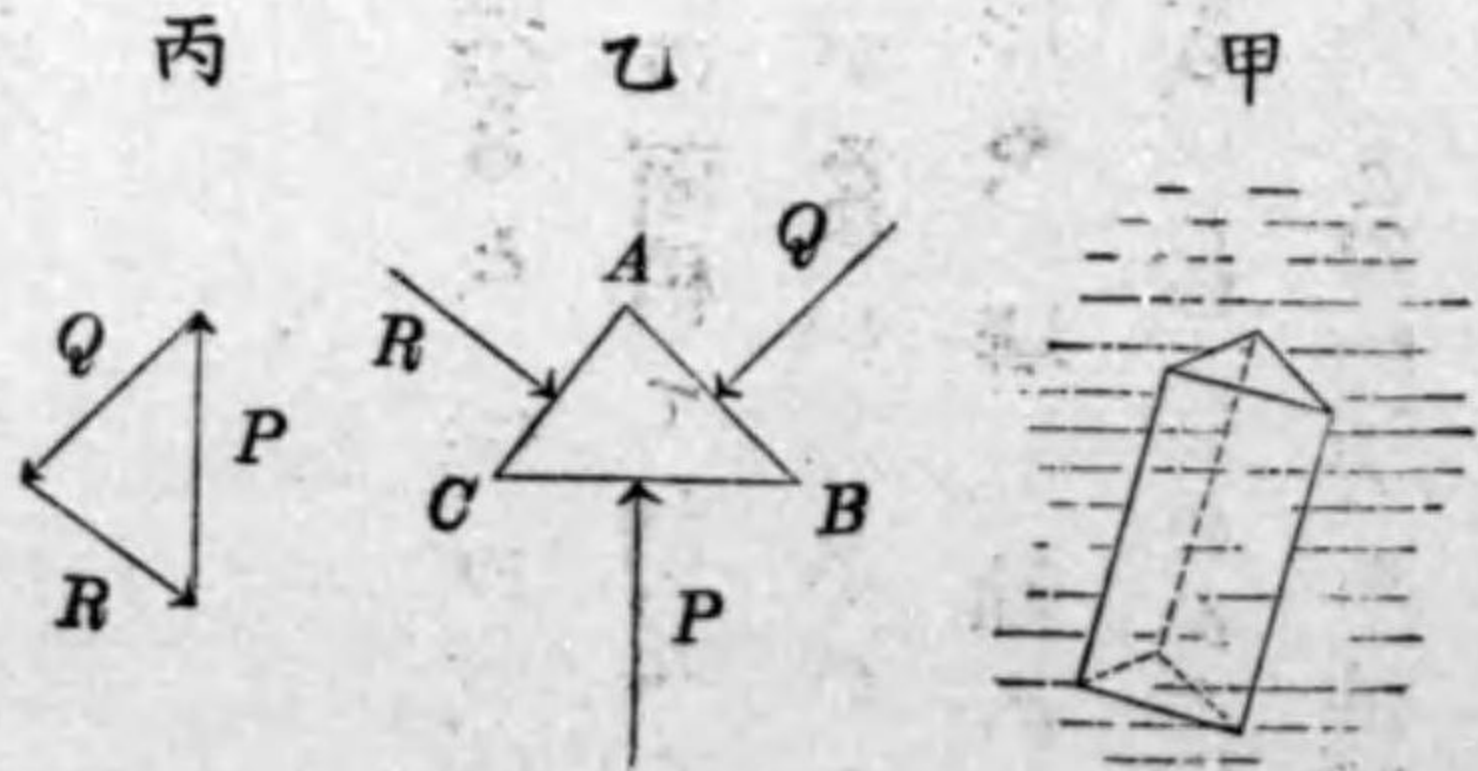


圖 六四 第

各邊は ABC に垂直だから、兩三角形は相似形で

$$\frac{P}{BC} = \frac{Q}{CA} = \frac{R}{AB}$$

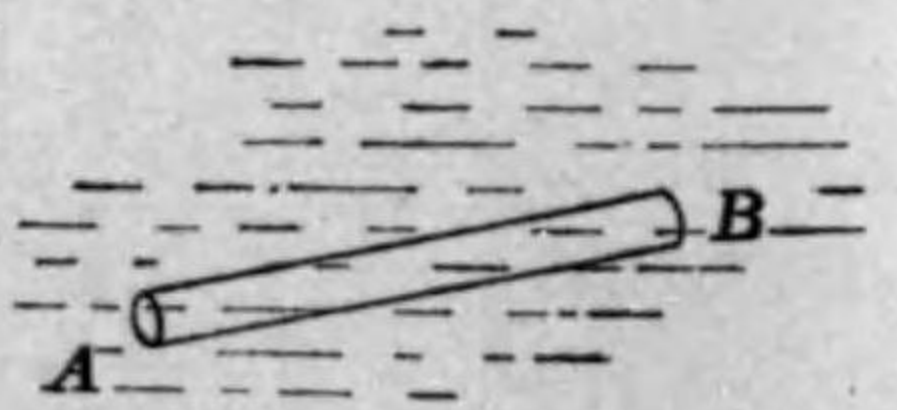
となる。この各項の分母に、壻の高さを乗すると、壻の三傍面の面積となる。 PQR を、それぞれ三傍面の面積で割つたものは三傍面の壓力の強さで、前の式はこれらがみな相等しいのを證明してやる。この壻の底面である三角形の形や、壻の軸の方向は、どう想像しても右の式は同様に正しいから、この壻のある處ではあらゆる方向の壓力はみな相等しい。この壓力を液體中のこの點での壓力といふ。

五五 パスカルの原理

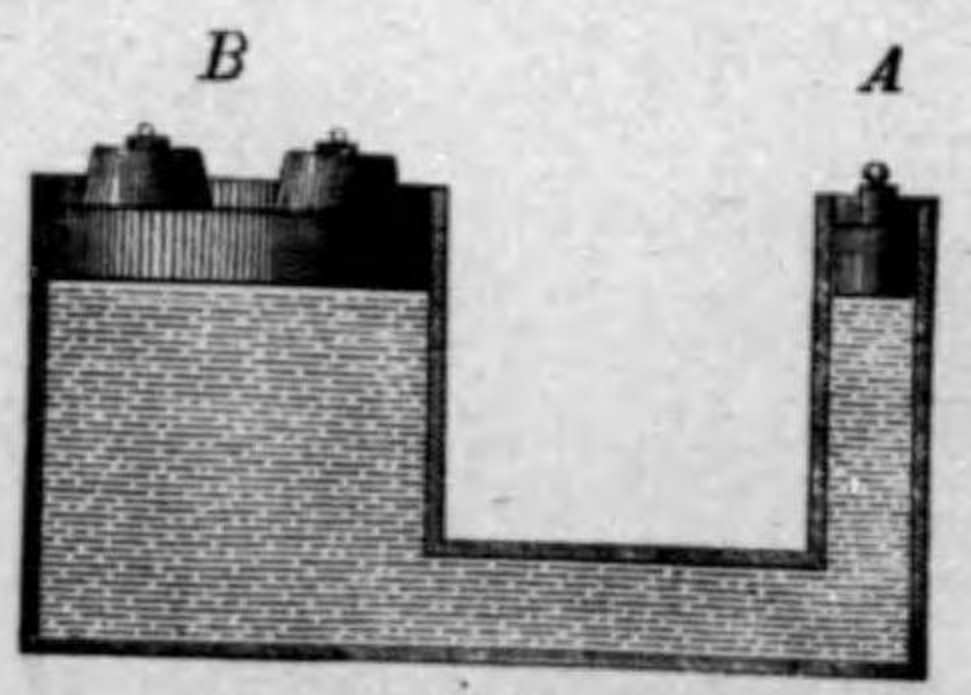
液體が靜止してつて、その各部に外から働く(重力の様な)力がないときは、液體中の諸點での壓力は互に等しい。これを證明するにも、液體中の隨意の二點 A と B

とに兩底面のある直壻(第四七圖)を想像すると、その周圍に働く壓力は、互に釣りあつてゐる。その中で、傍面の壓力は軸に垂直で、軸の方向の運動には關係しないから、兩底面の全壓力は互に釣りあつてゐらねばならぬ。従つて AB 二點での壓力の強さは等しい。この様にして、液體中の諸點での壓力はみな等しいことが分かる。これをパスカルの原理といふ。

これをためすには、第四八圖の様な密閉した器で、 AB の圓壻狀の孔には、それぞれピストンの蓋のあるものを用ゐる。この器に液體を充たし、 A のピストンを P といふ力で押すとき、この液體の動かぬ様にするには、 B は Q といふ様な力で押さねばならぬ。パスカルの原理によると、



圖七四第



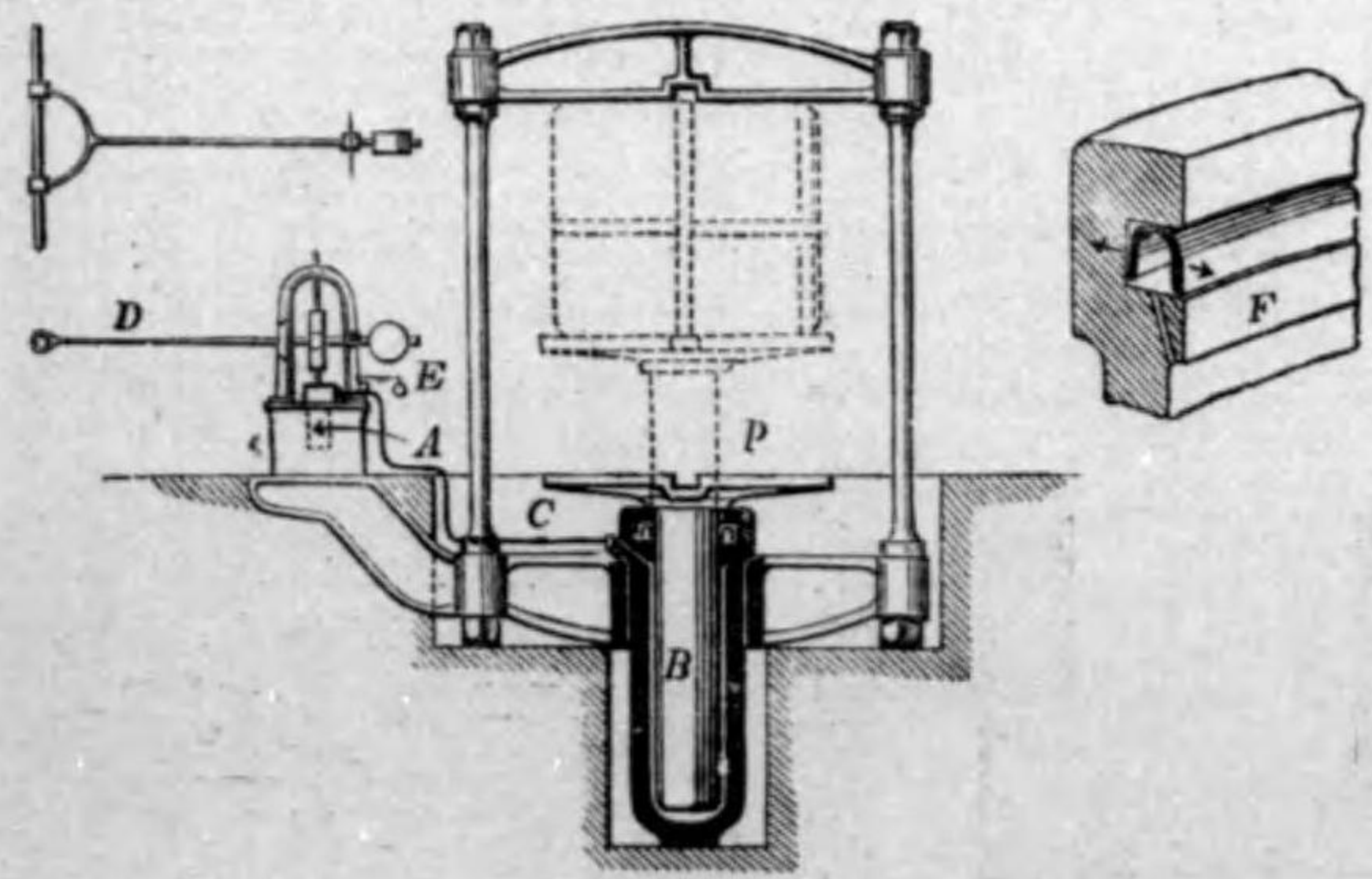
圖八四第

AとBとでの壓力の強さは等しいから、その面積をそれぞれ a b 平方センチメートルとすると、 P Q は必 a b に比例する。

五六 水壓機。 第四八圖の器

でBの面積がAの一〇〇倍あるとすると、 P は Q の一〇〇分の一で釣りあふ。もし P を Q の一〇〇分の一よりは極少しくても大きくすると、Bのピストンは上の方へ動きます。

この理を用いて水壓機(第四九圖)を作る。A Bの圓錐は第四八圖のA Bのピストンに相當する。この圓錐形のものラムまたはプランヂアといふ。その傍面にも壓



圖九四第

力を受けるけれども、それは互に釣りあひ、底面の全壓力だけが、 Σ を押し上げる。Bの底面積はAの n 倍とする。AとBとの周圍の水はCの管で連つてゐる。Pの臺の上に物を置き、DのところでAを壓すと、Aに加へた力の n 倍の力で、その物体を壓縮することができる。Eは必要に応じて水を吐き出す口である。Dを動かして水を吸ひこむ装置は押しあけポンプと同様で、それは六七に説明する。Eの首のまはりから水が吹きたまふために、それをとりまく溝の中に、Fに示す様に曲げた革の輪がはめてある。水は、切口に示してある下方の小孔から入つて革の内部に充滿し、その壓力が大きくなるほど、革はEのまほりを強く壓す。

問題一。 半径 r サンチメートルの長い管に、毎平方センチメートル P グラムの大きな壓力のある液体(または氣體)が充滿してゐる。この管に起る張力はいくらか。

答。 管の形はどんなでも、その内面の諸點に働く壓力は互に釣りあつてなる。 まづ切口の半圓形な管の、長さ l サンチメートルだけの部分の内面に働く壓力を考へよう。 その平面の側に働く全壓力は、この面に垂直な $2rlp$ グラムで、これは曲面の全壓力の同じ方向の分力と等しくなければならぬ。 圓形な切口の管は、想像の平面で縦に二分すると、各の半分の管が受けるこの面に垂直な方向の壓力は、いま切つた切口の處の張力で支えてなるわけである。 この張力を毎平方センチメートルに f グラムとし、管の厚さを d サンチメートルとすると、

$$2rlp = 2dlf \quad \therefore f = \frac{r}{d} p$$

となる。 また、管の軸に垂直な切口を想像すると、前と同じわけで、

$$\pi r^2 p = 2\pi r d f \quad \therefore f = \frac{r}{2d} p$$

である。 それだから、管が破裂するときは常に縦にさける。

問題二。 直徑一五〇センチメートルの圓筒形の蒸氣罐がある。 その鋼鐵板の厚さは一・五センチメートルで、そのつぎは板の七割の張力に堪える。 この板が安全に堪える張力は毎平方センチメートル一トンであるとする。

この罐はいくらの壓力に堪えるか。

答。 毎平方センチメートル一四キログラム。

問題三。 半径 r サンチメートルのはづみ車が毎秒 ω ラジアン角速度で廻轉してゐる。 その輪にはどのくらいの張力があるか。

答。 輪の密度を ρ CGS 單位とし、その切口の面積を s 平方センチメートルとすると、輪の弧一センチメートルだけの質量は ρs である。 これが、毎秒 ω ラジアン角速度で廻轉してゐると、その各部分はみな中心の方に $r\omega^2 \rho s$ ダイン 即ち $r\omega^2 \rho s$ グラムの力で引かれてゐる。 問題一の様に、輪を二分して考へると、これらの力の切口に垂直な分力は、兩方の切口での張力が支えるわけだから、

$$2sf = 2r \frac{r\omega^2 \rho s}{g} \quad \therefore f = \frac{r^2 \omega^2 \rho}{g}$$

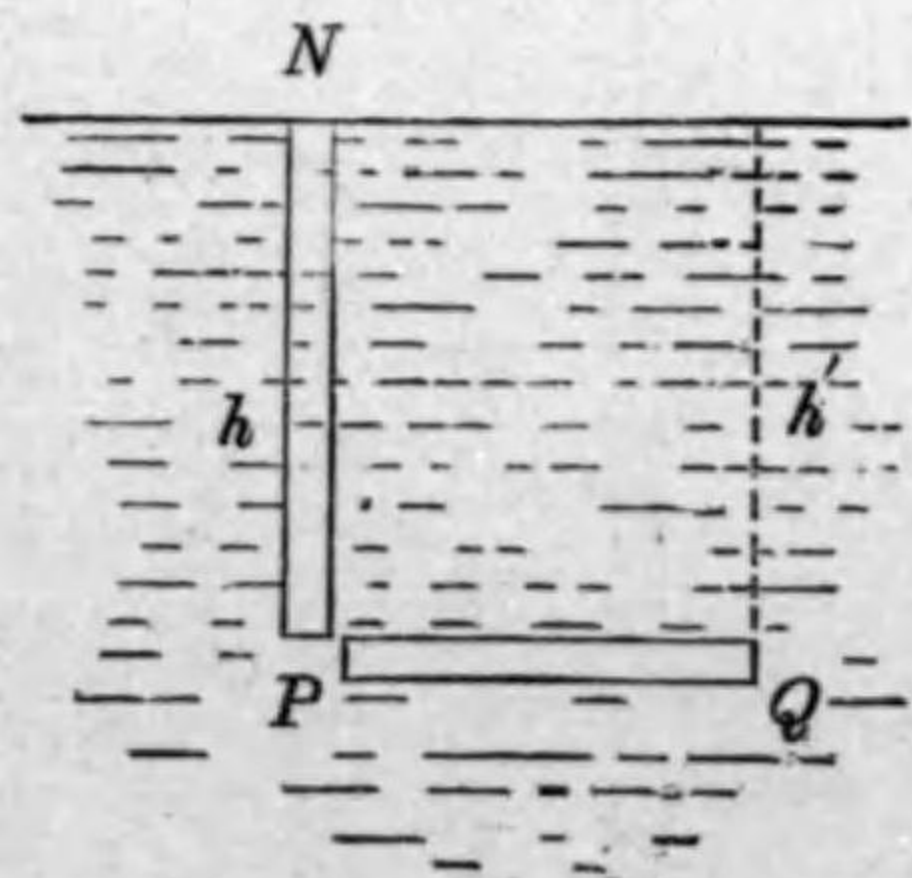
である。

五七 重力でできる壓力。 前節までは、重力の様に液體の各部分に働く外力はないものとした。 水壓機などの場合では、たと

ひ重力はあつても、プンチが水に加ふる力が非常に大いから、重力の結果はないものとして實際差支ないのである。重力の働いてゐる液体が、ある器の中にあるとき、まづその中で表面から h サンチメートルだけの深さの一点 P での壓力を求め

(第五〇圖)。この點 P と表面との間に、極細い鉛直な直墻形 NP を考へるに、その底面の面積を A 平方センチメートルとし液体の密度を ρ CGS 單位とすると、 NP の墻の重さは $Ah\rho$ グラム 即ち $Ah\rho g$ グラムである。墻の傍面の壓力は互に釣りあつてゐる。

墻の上下の運動には關係がないから、この墻の動かぬためには、底面がそれだけの力で支えてゐるわけである。それだから、底面の全壓力は $Ah\rho$ グラムで、その強さは毎平方センチメートルに $h\rho$ グラム



第五〇圖

即ち $h\rho g$ グラムである。また、横に(鉛直線に垂直に)なつてゐる直墻形の部分 PQ を考へると、その PQ の方向の運動には、傍面の壓力もその重さも關係がないから、 Q の壓力は P のに等しく、毎平方センチメートルに $h\rho$ グラムである。表面から Q までの距離を h' サンチメートルとすると、 Q での壓力はまた毎平方センチメートル $h'\rho$ グラムで、 h' は h に等しく液体の表面は鉛直線に垂直である。一般に鉛直線即ち重力の方向に垂直な平面をすいへいめん(水平面)といふ。

器の形はいろいろに異つても、その底面の面積さへ等しければ、同じ液体を等しい深さに容れたときのその底面の全壓力は、みな互に等しい。これは實驗的に證明することもできる。

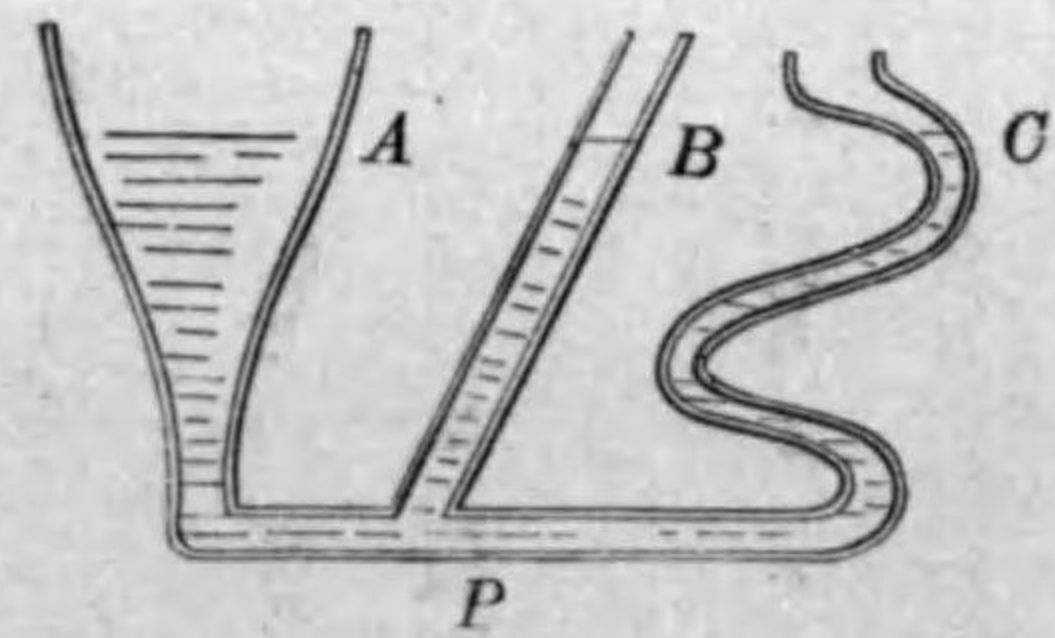
第五一圖 ABC の様に、下の方で連続してゐる器に、液体を容れると、その面はみな同じ高さになる。なぜといふに、底の方のある點 P の、 ABC の表面からの深さをそれぞれ h_1, h_2, h_3 とすると、 P 點での壓力は同時に $h_1\rho, h_2\rho, h_3\rho$ である。

ければならぬから、 ρ_1, ρ_2, ρ_3 はみな互に等しい。こ
ういふ管をれんつかん(連通管)といふ。

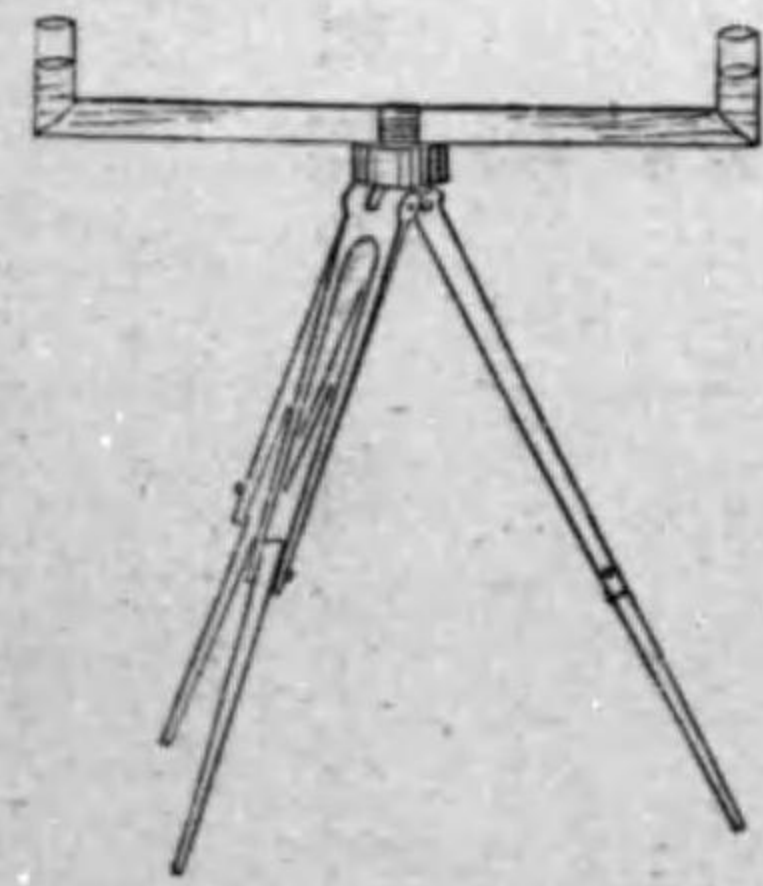
第五二圖のすいじゆんき(水準器)は連通管の理を
應用して作ったもので、水平をたやすく用ゐる。

實際に廣く用ゐる水準器は、第五三圖甲の様に、
水平面の應用である。ガラス管を圓弧の一部の
形に曲げ、これにアルコールの様な極動きやすい液體
を容れ、少しの空處を残して密封し、金屬の圓筒
におさめ、圖の様に臺に取りつけてある。管の中
の液體の面は、表面張力のために、外側が曲つ
てゐるけれども、全體には勿論水平面で、この臺が
同圖乙の様に水平になつてゐるときは、泡は器の
中央に來る様に作つてある。丙の様に泡が一方に
片よると臺が傾いてゐることが知れる。

第五四圖の様なU形の管に、互に混和せぬ二



圖一五第



圖二五第

種の液體、たとへば水と水銀とを
容れると、BDの同じ水平面の處で
は壓力は相等しく、每平方センチメ
ートルグラムである。ABの深さを
 h_1 とし、CDの深さを h_2 とし、二
種の液體の密度を ρ_1, ρ_2 とすると、
ABとCDとの塊状の部分について
は、それぞれ

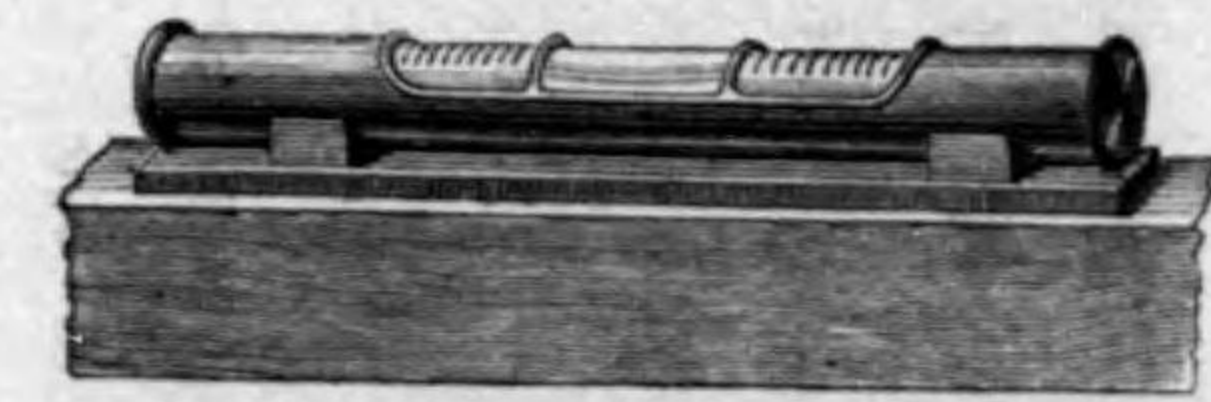
$$h_1 \rho_1 = p, \quad h_2 \rho_2 = p$$

だから

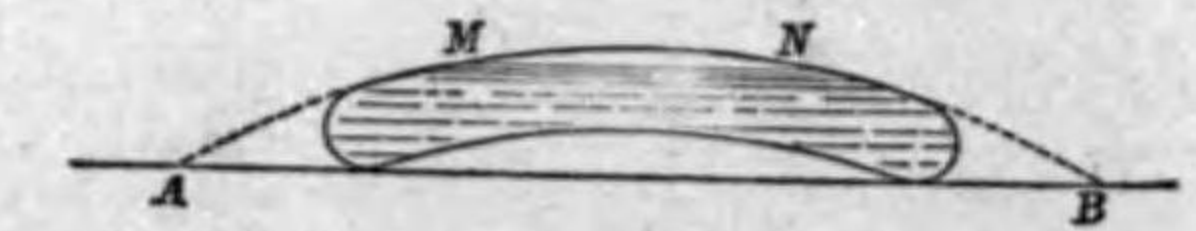
$$h_1 \rho_1 = h_2 \rho_2 \quad \therefore \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{h_2}{h_1}$$

で、二つの液體の密度はこれらの深さに逆比例する。
これは液體の密度を測定する一法としても用ゐられ
る。

上へ向いた壓力も、下へむいたのと同様に、 $h\rho$



甲

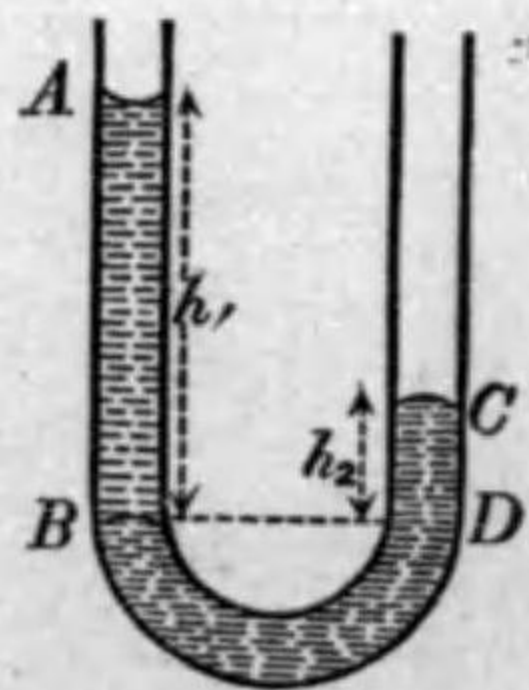


乙



丙

圖三五第



圖四五第

であることを示す實驗がある。切口をよく擦つた太いガラス管(第五五圖)に、よく擦り合せた薄いガラス板を底とし、この板に附いてゐる糸で板を離れぬ様にして、圖の様に水中に押し入れると、糸を放しても板はよく附着し、水は管内に漏りこまぬ。これは深さ h センチメートルのためで、

きる毎平方センチメートル hp グラムの壓力で、下から板を押して居るからである。次に、この管の内にも水を入ると、板の上面にも壓力ができる。もし板が極輕ければ、管内の水のほとんどの深さに達したとき、始めて板は落ちる。



圖 五五 第

問題一。海水(密度 1.027)四〇メートルの深さでの壓力は、毎平方センチメートルのグラム數ではいくらか。同じくダイン數ではいくらか。

答。四一〇八グラム。四、〇二六、〇〇〇ダイン。

問題二。七センチメートル四方で、深さ五センチメートルの方形の器に、一はいの水銀が容れてある。その底面と側面との全壓力はいくらか。

答。底面三三三二二グラム。側面一一九〇グラム。

問題三。水道の貯水池の水面から二五メートル下の鐵管の中の壓力はいくらか。この鐵管の直径を三〇センチメートル、その厚さを二センチメートルとすると、管の受ける張力はいくらか。

答。毎平方センチメートル二五〇〇グラム。毎平方センチメートル一八七五〇グラム。

五八 アルキメデスの原理。 液體中の一部分が、突然凝固したと想像しても、**五四**と同様に、その釣合ひには少しも變動は起こらぬ。その部分は、浮きあがりもしなければ、沈みもしないから、その重さはない様に見える。これは、この凝固した部分の表面の諸點での壓力を考へると、その下の方の壓力は前節により上の方の壓力よりは大きいので、全表面の壓力の合力が、上むきの力となり、これが、この部分の重さと釣りあふのである。この凝固した部分が、液體と違つた物體であるとしても、その表面の形が同様なら、壓力の合力は、やはりこの部分だけの液體の重さと等しい。この上むきの力

をふりよく(浮力)といふ。液体中に、他の物體を入れると、この物體は、これが置きかへた液体の重さ即浮力だけ、その重さを減ずる様に見える。これをアルキメデスの原理といふ。水の中では、石塊は、同積の水の重さだけ、その重さを減ずるから、空中では動かすことのできる様な重い石でも、水中では持ち運ぶことができる。普通の木片は、同積の水より軽いから、水の中で木片を持つには、下へ向けて力を加へなければならぬ。

五九 浮いてゐる物體。 水中に入れた物體の密度が、水の密度より小さいと、この物體は浮き上がり、その一部分を水上に出して釣りあふ。このときは、物體の重さは、その一部分が置きかへた水の重さと等しい。物體と液体との密度をそれぞれ毎立方センチメートルのグラムとし、物體の立積を、 v_1 立方センチメートルとし、その一部分が置きかへた液体の立積を、 v_2 サンチメートルとすると、

$$v_1 \rho_1 = v_2 \rho_2$$

で、兩項ともこの物體の質量に等しい。

船舶は、鋼鐵の様な重い物質で作つてあつても、その内部には空處があるので、その水面以下の部分が置きかへてゐる水の重さが、その船舶全體の重さと等しい。船舶のはいすいりよー(排水量)とは、この置きかへた水の質量で、つまり船舶自身の質量である。軍艦の排水トン數といふのは、軍艦に兵器石炭水糧食彈藥乗組員まで満載したときの質量である。商船は、荷物の多少によつて、その排水量に非常な相違があるので、その大きさを比較するには、通常排水量を用ゐぬ。日本では明治一七年四月第一〇號布告、船舶積量測定規則で、商船のトン數や石數の計算法がきめてある。西洋形の船舶では、甲板(二層以上あるときは下から第二の甲板)より下と、その甲板より上の諸室との容積を、一〇〇

現今太平洋を航海する最大船の排水トン數は三三、〇〇〇トンは、三三、〇〇〇トンの總トン數は二二、〇〇〇トンの登簿トン數は二六、〇〇〇である。いろいろの關係の一例としてこれを示す。

主な海軍國の軍艦排水量
 イギリス 一九五、九六九
 フランス 八〇四、〇三九
 合衆國 六四九、九二一
 ロシア 六二、五〇二
 ドイツ 五七三、三七三
 イタリア 三、八五四
 日本 二四七、二九九
 これは驅逐艦と水雷艇とを除いた排水トン数の合計で、一九〇四年出版のナヴァルアンニユアルによる。mはメートル、nはノット、rはリズトンである。
 主な海國の商船トン數

イギリス 一六〇、三三四
 合衆國 三六二、九五六
 ドイツ 三二八、二四七
 ノルウェー 一六五、七四〇
 フランス 一六三、〇一六
 イタリア 一、二八〇、三五五
 ロシア 八〇九、六四八
 イスパニア 七四、四四七
 日本 七六、八二八
 その他の諸國 三、九四五〇
 これは總トン數一〇〇以上の上の汽船と登簿トン數一〇〇以上の帆船との合計である。
 明治三六年の海軍摘要による。

立方尺を單位として測つたものを、その總トン數といひ、これから乗組員常用室と機關室(帆船ならこれはない)との容積を、同じ單位で測り、これを減じたものを、その登簿トン數といふ。日本形船では、その容積を、一〇立方尺を單位として測つたものを、その石數といふ。

第五六圖甲の様に、水上に浮いてゐる物体は、押し除けられた水の重心 H に上向きに働いてゐる處の壓力の合力、即浮力と、物体の重心 G に働いてゐる處の重さとで釣りあつてゐる。これを乙の様に傾けると、 G は、物体に固定してゐるけれども、浮力の働く點は H' に動く。この位置で、 H'

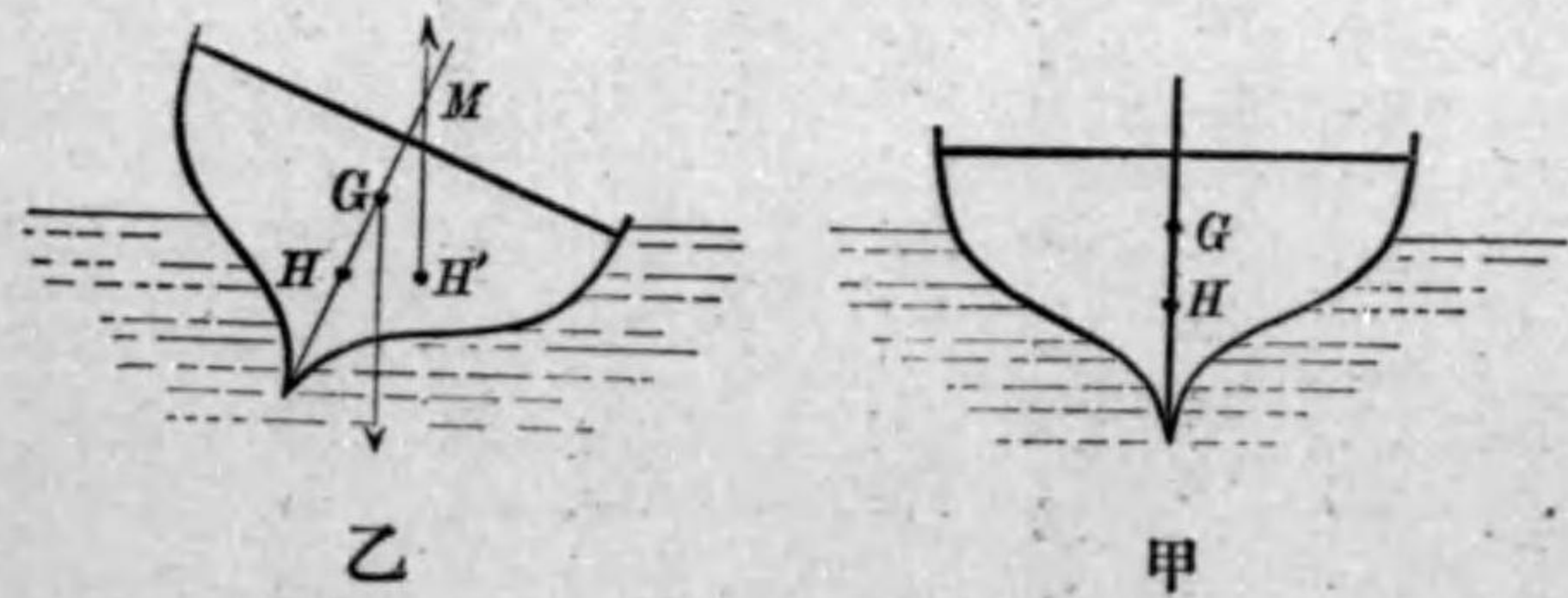


圖 六五 第

での浮力と G での重力とが、圖の様に、物体をもとの位置に戻す様に働くなら、物体の坐りはよい。そうして、一度傾いた物体は、釣りあひの位置の兩方に振動し、同じ形で同じ質量の物体なら、原へ戻す力の能率の大きいほど振動の周期は短い。

問題一、 海水に浮いてゐる氷塊の、水面の上に現はれてゐる部分が一二〇立方メートルあるとすると、この氷塊の大きはいくらか。但水の密度は 0.918 、海水の密度は 1.026 とする。
 答、 一一四〇立方メートル。

問題二、 木材は何故に横には浮き縦には浮かぬか。
 問題三、 次節のうきはかりの鉛または水銀は何のためか。

六〇比重。 物体の重さと、それと同積の水の重さとの比を、その物のひぢゆ(比重)といふ。ある石塊の重さが P グラムで、これと同積の水の重さが Q グラムなら、この石塊の比重は、 P/Q である。

この数は単位の選び方には関係せぬ。CGS法での密度は一立方センチメートル中にある物質のグラム数で、一グラムは一立方センチメートルの水の質量だから、CGS法の密度は比重と同じ数である。しかし、他の単位を使ふと、密度はそれぞれ違った数となる。

比重を測定する法はいろいろあるが、大概はみな、浮力の理の應用である。天秤の一方の皿に固体を釣り、他の皿に分銅を置いてその重さを測り、次に水を盛った器を固体の下に入れ、固体は全く水中に沈む様になると、固体は、それと同積の水の重さだけその重さを失ふ。天秤の再び釣りあふまで他の皿の分銅を減すると、この減じただけの重さが固体と同積の水の重さだから、この固体の比重 ρ は知れる。

一般に液体の比重を測る器械をひぢゅーけいと(比重計)いふ。うきばかりはただその一種であるけれども、多く俗間に用ゐられるので、そ

一五度の水	〇・九九九
まじりのアル	〇・九九九
コイルの密度	〇・九九八
質量100中の	〇・九九七
アルコイル	〇・九九六
密度	〇・九九五
	〇・九九四
	〇・九九三
	〇・九九二
	〇・九九一
	〇・九九〇
	〇・九八九
	〇・九八八
	〇・九八七
	〇・九八六
	〇・九八五
	〇・九八四
	〇・九八三
	〇・九八二
	〇・九八一
	〇・九八〇
	〇・九七九
	〇・九七八
	〇・九七七
	〇・九七六
	〇・九七五
	〇・九七四
	〇・九七三
	〇・九七二
	〇・九七一
	〇・九七〇
	〇・九六九
	〇・九六八
	〇・九六七
	〇・九六六
	〇・九六五
	〇・九六四
	〇・九六三
	〇・九六二
	〇・九六一
	〇・九六〇
	〇・九五九
	〇・九五八
	〇・九五七
	〇・九五六
	〇・九五五
	〇・九五四
	〇・九五三
	〇・九五二
	〇・九五一
	〇・九五〇

のことを單に比重計ともいふ。浮き秤りは、通常ガラスで第五七圖の様な管に作る。CDの部分には細い圓筒形で、中に紙に目盛のしたものが入れてある。Bの部分はある。図の様に太く、Aの部分には水銀または鉛が入れて重くしてある。これを、水または他の液体の中に入れて、Aの重りのために直立し、水の中ではDまで沈み、他の液体の中では、たとへば、Eまで沈む。浮き秤りのDから下の立積を、 v_1 立方センチメートルとし、Eから下の立積を、 v_2 立方センチメートルとし、液体の比重を ρ とし、浮き秤り全體の重さを m グラムとすると、

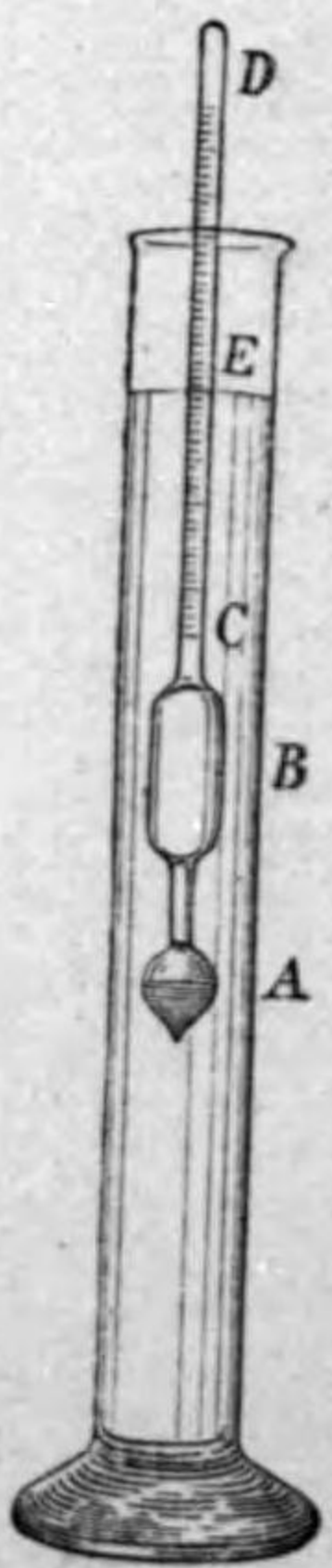


圖 七五 第

五九により

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{m}{m - \rho v_1}$$

一五度の稀硫酸の密度

密度	1.0000	1.0005	1.0010	1.0015	1.0020	1.0025	1.0030	1.0035	1.0040	1.0045	1.0050	1.0055	1.0060	1.0065	1.0070	1.0075	1.0080	1.0085	1.0090	1.0095	1.0100
ボームの度	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
質量の硫酸中	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	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0

ボームの比重計に類似がよく用ゐるのがある。二二三種

である。この v_1/v_2 の價を、圓壺の中の紙に目盛りをおくと、浮き秤りを液體の中に入れ、Eの處の目盛りを見て、直にその比重が分かる。酒アルコール干えなど、比重の一より小さいものでは、Eは基點Dより上にあり、硫酸硝酸を比重の一より大きいものでは、EはDより下にある。普通賣品のアルコールや硫酸には必多少の水が混じてゐる。この混和液の比重は、混和の割合によつて異なるから、アルコールや硫酸の強さは比重計で知れる。これらの特別な目的に作つた比重計では、直に液の強さの知れる様に目盛したのもある。ボームの比重計は、目盛りは直接に比重を示さねけれども、製作法が單筒であるために廣く行はれてゐる。

問題一。鹽類に用ゐるボームの比重計は、蒸溜水に入れたとき沈む界點を零とし、蒸溜水八五に食鹽一五の溶液(密度一・二一三八)に沈む界點を一五とし、これらの二點の間を一五分し、一五のさきにも目盛りを

その比重計はその密度の式

$$\frac{170}{170 \pm n}$$

で、トワッデルのは

$$\frac{1000 + 5n}{1000}$$

である。いつも一よりは密度一より小さいものは大いに用ゐる。

續けたものである。比重計がnを示すとき液體の密度はいくらか。

答。 $\frac{146.8}{146.8 - n}$

問題二。アルコール類に用ゐるボームの比重計の零點は、蒸溜水九〇に食鹽一〇の割合の溶液(密度一・〇七三六)できめ、その一〇は蒸溜水できめたものである。この比重計のnまで沈む液體の密度はいくらか。

答。 $\frac{145.9}{135.9 + n}$

第六章 氣體

六一 氣體の性質。 氣體では、分子力の作用はますます弱く分子は自由に動いてゐる。けれども、その運動があらゆる方向に平等に分配してあると氣體は全體としては静止してゐるといふ。氣體は、その分子が自由に運動してゐるので密閉した器に容れておかなければ、非常に稀薄になるまで散つてしまふ。密閉した器に容れておけば、その大きさに關らず、それに充滿し、分子の衝突のために器の内面に壓力を及ぼす。氣體の内部でも、液體と同様に、一點での壓力はあらゆる方向に等しく、また各部分に働く外力がなければ、いろいろの點での壓力は互に等しい。また氣體も重さがあるから、液體と同様にそのための壓力ができる。地球の表面を覆つてゐる大氣のためにも壓力ができる。われわれの身體もこの壓力をあらゆる方向から受けてゐるわけである。

六二 空氣の浮力。 地球上はどこでもこの壓力があるから、アルキメデスの原理によつて浮力ができる。すべての物體は、それと同積の空氣の重さだけの力で上方に押されてゐる。これを實驗するには、小さい天秤の一方に中空な大な球をかけ、他方に小さい重りをかけて釣りあはせ、これを空氣ボラの釣鐘ガラス(六六)の中に入れる。この釣鐘ガラスの中の空氣をぬくと、大な球は重くなつた様に見える。釣鐘ガラスに再び空氣を入れると、天秤はもとの様に釣りあふ。これは實際、大な球の方が重いのに、その方の空氣の浮力が重りの方のよりはるかに大いため、空氣中では釣りあひ、空氣をぬくと球の方が下がるのである。空氣中にある物體の密度を毎立方センチメートル ρ グラムとし、その立積を V 立方センチメートルとすると、物體の重さは ρV グラムである。また空氣の密度を毎立方センチメートル ρ' グラム(普通の場合ではこの ρ'

は 0.00121 とすると、この物体の受ける浮力は $\rho' d$ だから、そのみかけの重さは $(\rho - \rho') d$ となる。もし ρ が ρ' より大ければ見かけの重さは負となり、その物体は空気の中では上騰する。軽い気球は、その球の中に軽い氣體を入れ全體の平均の密度 ρ を空気の密度 ρ' より小さくしたものである。

問題 質量 1000 キログラム、袋の直径 16 メートルの輕氣球に水素ガスを充實するといくら質量を引き揚げるができるか。

答 一八五〇キログラム

六三 トリチェリーの實驗。 長さおよそ一メートルで、兩端を閉じたきれいなガラス管にきれいな水銀を充たし、その開いた端を指でよく押さえながら、管を倒さまになし、この端を、きれいな水銀の入った器の中に入れ、指を放すと、第五八圖の様に水銀は一定の點 p まで降りて止まる。またこの管を少し傾けると、水銀は先の點 p

海面での空気の壓力は、およそ極まつてなるから、これを壓力の一種の單位として用ゐる。單に氣壓といふ。

と同じ水平面 p' まで昇る。この實驗でイタリア人トリチェリーが始めて空氣に壓力のあることを證明した。下の水銀の面から p までの鉛直の高さを h サンチメートルとし、水銀の密度を ρ CGS 單位とすると、**五七** により管の中で下の水銀面に相當する處の壓力は毎平方センチメートル $h\rho$ グラムである。連通管の理でこの $h\rho$ は管外の水銀面の壓力、即空氣の壓力である。この h は海面ではおよそ七六センチメートルあつて ρ は一三・六だから、海面での氣壓はおよそ毎平方センチメートル一〇三四グラムほどである。

六四 晴雨計。 前節の裝置を精巧に作り水銀柱の高さで空氣の壓力を測る様にした器械をすいぎんせいうけい(水銀晴雨計)といふ。これは單に空氣の壓力を測る器械であるけれども、空氣の

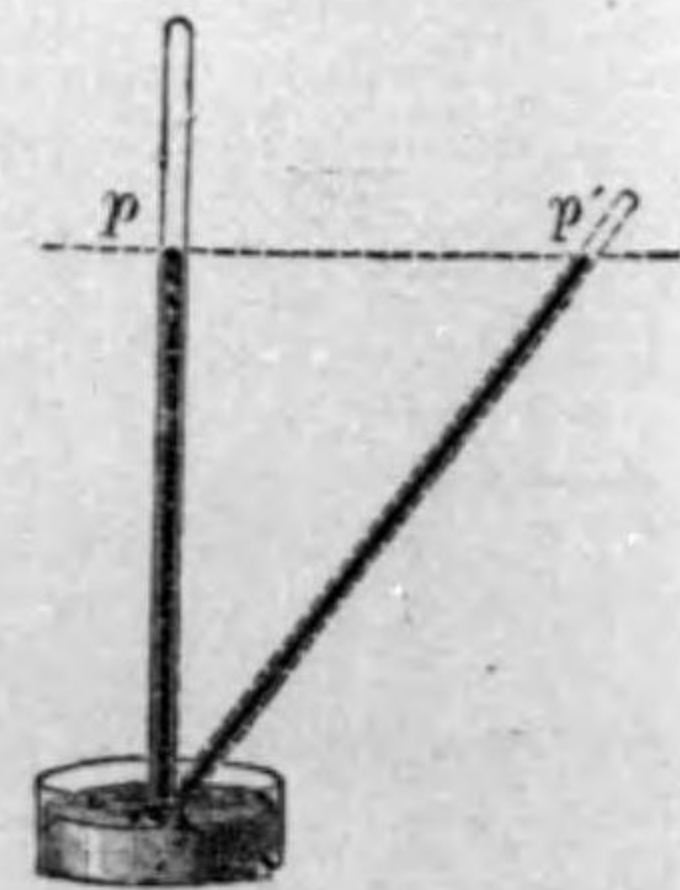


圖 八五 第

壓力の變化は天候の晴雨に密接な關係があるので、この名ができた。第五九圖甲は持ち運びのできる水銀晴雨計で、乙と丙とはその上下兩端のやや密な圖である。

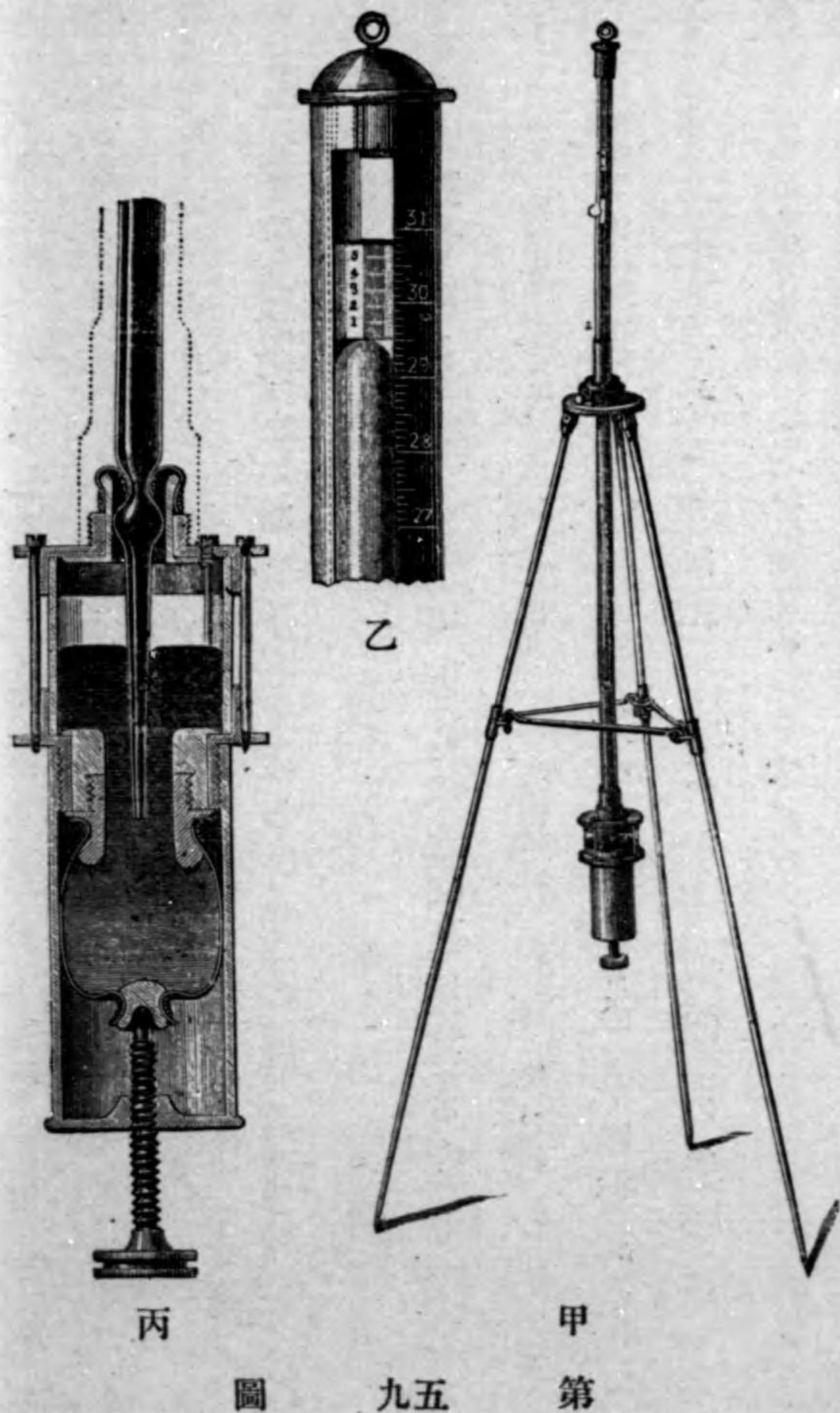


圖 九五

アネロイド 晴雨計の主な部分は第六〇圖に示す。その中に

ある極薄の金屬の板の、密閉した袋の様なものは大氣の壓力の變化に伴つて伸縮する。精巧な仕掛でこの伸縮が指針の廻轉に傳へてあつて、この針の廻轉で壓力を示す様にできてる。

大氣の壓力は上方の空氣の重さのためにできるのだから、高い處へ昇るほど壓力は減ずる。海面での氣壓を水銀柱七六〇ミリメートルとすると、

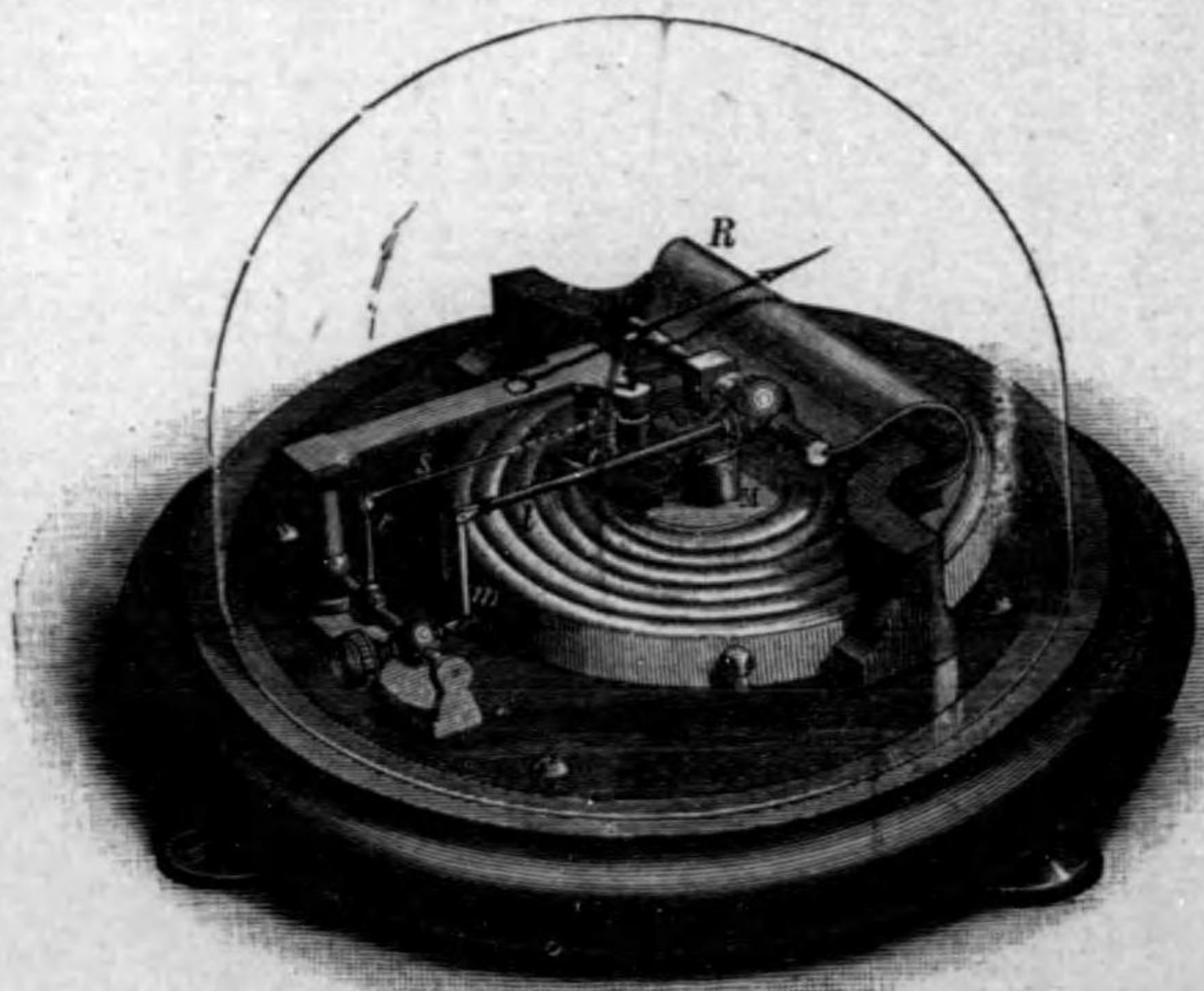


圖 〇六 第

高い處での氣壓はおおよそ下の表の如く遞減するから、晴雨計を讀んで直にその地のおよその高さを知ることができる。

問題一。普通の場合での大氣の壓力は毎平方センチメートルいくグラムか。またCGS單位ではいくらか。

答。 毎平方センチメートル一〇三四グラム。 毎平方センチメートル一、〇一三、〇〇〇ダイン。

問題二。富士山の絶頂で、晴雨計の高さが四七五ミリメートルあるとすると、その高さはいくらか。

答。 おおよそ三七五〇メートル。

六五 ボイルの定律。 氣體は常にその容器に充滿するから、その容器次第でどんな大きさにもなり、この大きさに従つて壓力も變はる。この壓力と大きさに就いては次の定律がある。

氣壓の海面より (メートル)	七〇〇	七三〇	七六〇	七九〇	八二〇	八五〇	八八〇	九一〇	九四〇	九七〇	一〇〇〇	一〇三〇	一〇六〇	一〇九〇	一一二〇	一一五〇	一一八〇	一二一〇	一二四〇	一二七〇	一三〇〇	一三三〇	一三六〇	一三九〇	一四二〇	一四五〇	一四八〇	一五一〇	一五四〇	一五七〇	一六〇〇	一六三〇	一六六〇	一六九〇	一七二〇	一七五〇	一七八〇	一八一〇	一八四〇	一八七〇	一九〇〇	一九三〇	一九六〇	一九九〇	二〇二〇	二〇五〇	二〇八〇	二一一〇	二一四〇	二一七〇	二二〇〇	二二三〇	二二六〇	二二九〇	二三二〇	二三五〇	二三八〇	二四一〇	二四四〇	二四七〇	二五〇〇	二五三〇	二五六〇	二五九〇	二六二〇	二六五〇	二六八〇	二七一〇	二七四〇	二七七〇	二八〇〇	二八三〇	二八六〇	二八九〇	二九二〇	二九五〇	二九八〇	三〇一〇	三〇四〇	三〇七〇	三一〇〇	三一三〇	三一六〇	三一九〇	三二二〇	三二五〇	三二八〇	三三一〇	三三四〇	三三七〇	三四〇〇	三四三〇	三四六〇	三四九〇	三五二〇	三五五〇	三五八〇	三六一〇	三六四〇	三六七〇	三七〇〇	三七三〇	三七六〇	三七八〇	三八一〇	三八四〇	三八七〇	三九〇〇	三九三〇	三九六〇	三九九〇	四〇二〇	四〇五〇	四〇八〇	四一一〇	四一四〇	四一七〇	四二〇〇	四二三〇	四二六〇	四二九〇	四三二〇	四三五〇	四三八〇	四四一〇	四四四〇	四四七〇	四五〇〇	四五三〇	四五六〇	四五九〇	四六二〇	四六五〇	四六八〇	四七一〇	四七四〇	四七七〇	四八〇〇	四八三〇	四八六〇	四八九〇	四九二〇	四九五〇	四九八〇	五〇一〇	五〇四〇	五〇七〇	五〇〇〇	五〇三〇	五〇六〇	五〇九〇	五一二〇	五一五〇	五一八〇	五二一〇	五二四〇	五二七〇	五三〇〇	五三三〇	五三六〇	五三九〇	五四二〇	五四五〇	五四八〇	五六一〇	五六四〇	五六七〇	五七〇〇	五七三〇	五七六〇	五七九〇	五八二〇	五八五〇	五八八〇	五九一〇	五九四〇	五九七〇	六〇〇〇	六〇三〇	六〇六〇	六〇九〇	六一二〇	六一五〇	六一八〇	六二一〇	六二四〇	六二七〇	六三〇〇	六三三〇	六三六〇	六三九〇	六四二〇	六四五〇	六四八〇	六五一〇	六五四〇	六五八〇	六六一〇	六六四〇	六六七〇	六七〇〇	六七三〇	六七六〇	六七九〇	六八二〇	六八五〇	六八八〇	六九一〇	六九四〇	六九七〇	七〇〇〇	七〇三〇	七〇六〇	七〇九〇	七一二〇	七一五〇	七一八〇	七二一〇	七二四〇	七二七〇	七三〇〇	七三三〇	七三六〇	七三九〇	七四二〇	七四五〇	七四八〇	七五一〇	七五四〇	七五八〇	七六一〇	七六四〇	七六七〇	七七〇〇	七七三〇	七七六〇	七七九〇	七八二〇	七八五〇	七八八〇	七九一〇	七九四〇	七九七〇	八〇〇〇	八〇三〇	八〇六〇	八〇九〇	八一二〇	八一五〇	八一八〇	八二一〇	八二四〇	八二七〇	八三〇〇	八三三〇	八三六〇	八三九〇	八四二〇	八四五〇	八四八〇	八五一〇	八五四〇	八五八〇	八六一〇	八六四〇	八六七〇	八七〇〇	八七三〇	八七六〇	八七九〇	八八二〇	八八五〇	八八八〇	八九一〇	八九四〇	八九七〇	九〇〇〇	九〇三〇	九〇六〇	九〇九〇	九一二〇	九一五〇	九一八〇	九二一〇	九二四〇	九二七〇	九三〇〇	九三三〇	九三六〇	九三九〇	九四二〇	九四五〇	九四八〇	九五一〇	九五四〇	九五七〇	九六〇〇	九六三〇	九六六〇	九六九〇	九七二〇	九七五〇	九七八〇	九八一〇	九八四〇	九八七〇	九九〇〇	九九三〇	九九六〇	九九九〇	一〇〇〇〇
-------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------

氣壓は絶えず變はるから、晴雨計で土地の高さを知るには上下兩處での氣壓を同時に觀測する必要がある。また、氣壓の差はその間の空氣の密度にも關係するから、溫度にも關係する。上下の氣壓をそれぞれ、 p_1 、 p_2 、 p_3 、 p_4 、 p_5 、 p_6 、 p_7 、 p_8 、 p_9 、 p_{10} 、 p_{11} 、 p_{12} 、 p_{13} 、 p_{14} 、 p_{15} 、 p_{16} 、 p_{17} 、 p_{18} 、 p_{19} 、 p_{20} 、 p_{21} 、 p_{22} 、 p_{23} 、 p_{24} 、 p_{25} 、 p_{26} 、 p_{27} 、 p_{28} 、 p_{29} 、 p_{30} 、 p_{31} 、 p_{32} 、 p_{33} 、 p_{34} 、 p_{35} 、 p_{36} 、 p_{37} 、 p_{38} 、 p_{39} 、 p_{40} 、 p_{41} 、 p_{42} 、 p_{43} 、 p_{44} 、 p_{45} 、 p_{46} 、 p_{47} 、 p_{48} 、 p_{49} 、 p_{50} 、 p_{51} 、 p_{52} 、 p_{53} 、 p_{54} 、 p_{55} 、 p_{56} 、 p_{57} 、 p_{58} 、 p_{59} 、 p_{60} 、 p_{61} 、 p_{62} 、 p_{63} 、 p_{64} 、 p_{65} 、 p_{66} 、 p_{67} 、 p_{68} 、 p_{69} 、 p_{70} 、 p_{71} 、 p_{72} 、 p_{73} 、 p_{74} 、 p_{75} 、 p_{76} 、 p_{77} 、 p_{78} 、 p_{79} 、 p_{80} 、 p_{81} 、 p_{82} 、 p_{83} 、 p_{84} 、 p_{85} 、 p_{86} 、 p_{87} 、 p_{88} 、 p_{89} 、 p_{90} 、 p_{91} 、 p_{92} 、 p_{93} 、 p_{94} 、 p_{95} 、 p_{96} 、 p_{97} 、 p_{98} 、 p_{99} 、 p_{100} 、 p_{101} 、 p_{102} 、 p_{103} 、 p_{104} 、 p_{105} 、 p_{106} 、 p_{107} 、 p_{108} 、 p_{109} 、 p_{110} 、 p_{111} 、 p_{112} 、 p_{113} 、 p_{114} 、 p_{115} 、 p_{116} 、 p_{117} 、 p_{118} 、 p_{119} 、 p_{120} 、 p_{121} 、 p_{122} 、 p_{123} 、 p_{124} 、 p_{125} 、 p_{126} 、 p_{127} 、 p_{128} 、 p_{129} 、 p_{130} 、 p_{131} 、 p_{132} 、 p_{133} 、 p_{134} 、 p_{135} 、 p_{136} 、 p_{137} 、 p_{138} 、 p_{139} 、 p_{140} 、 p_{141} 、 p_{142} 、 p_{143} 、 p_{144} 、 p_{145} 、 p_{146} 、 p_{147} 、 p_{148} 、 p_{149} 、 p_{150} 、 p_{151} 、 p_{152} 、 p_{153} 、 p_{154} 、 p_{155} 、 p_{156} 、 p_{157} 、 p_{158} 、 p_{159} 、 p_{160} 、 p_{161} 、 p_{162} 、 p_{163} 、 p_{164} 、 p_{165} 、 p_{166} 、 p_{167} 、 p_{168} 、 p_{169} 、 p_{170} 、 p_{171} 、 p_{172} 、 p_{173} 、 p_{174} 、 p_{175} 、 p_{176} 、 p_{177} 、 p_{178} 、 p_{179} 、 p_{180} 、 p_{181} 、 p_{182} 、 p_{183} 、 p_{184} 、 p_{185} 、 p_{186} 、 p_{187} 、 p_{188} 、 p_{189} 、 p_{190} 、 p_{191} 、 p_{192} 、 p_{193} 、 p_{194} 、 p_{195} 、 p_{196} 、 p_{197} 、 p_{198} 、 p_{199} 、 p_{200} 、 p_{201} 、 p_{202} 、 p_{203} 、 p_{204} 、 p_{205} 、 p_{206} 、 p_{207} 、 p_{208} 、 p_{209} 、 p_{210} 、 p_{211} 、 p_{212} 、 p_{213} 、 p_{214} 、 p_{215} 、 p_{216} 、 p_{217} 、 p_{218} 、 p_{219} 、 p_{220} 、 p_{221} 、 p_{222} 、 p_{223} 、 p_{224} 、 p_{225} 、 p_{226} 、 p_{227} 、 p_{228} 、 p_{229} 、 p_{230} 、 p_{231} 、 p_{232} 、 p_{233} 、 p_{234} 、 p_{235} 、 p_{236} 、 p_{237} 、 p_{238} 、 p_{239} 、 p_{240} 、 p_{241} 、 p_{242} 、 p_{243} 、 p_{244} 、 p_{245} 、 p_{246} 、 p_{247} 、 p_{248} 、 p_{249} 、 p_{250} 、 p_{251} 、 p_{252} 、 p_{253} 、 p_{254} 、 p_{255} 、 p_{256} 、 p_{257} 、 p_{258} 、 p_{259} 、 p_{260} 、 p_{261} 、 p_{262} 、 p_{263} 、 p_{264} 、 p_{265} 、 p_{266} 、 p_{267} 、 p_{268} 、 p_{269} 、 p_{270} 、 p_{271} 、 p_{272} 、 p_{273} 、 p_{274} 、 p_{275} 、 p_{276} 、 p_{277} 、 p_{278} 、 p_{279} 、 p_{280} 、 p_{281} 、 p_{282} 、 p_{283} 、 p_{284} 、 p_{285} 、 p_{286} 、 p_{287} 、 p_{288} 、 p_{289} 、 p_{290} 、 p_{291} 、 p_{292} 、 p_{293} 、 p_{294} 、 p_{295} 、 p_{296} 、 p_{297} 、 p_{298} 、 p_{299} 、 p_{300} 、 p_{301} 、 p_{302} 、 p_{303} 、 p_{304} 、 p_{305} 、 p_{306} 、 p_{307} 、 p_{308} 、 p_{309} 、 p_{310} 、 p_{311} 、 p_{312} 、 p_{313} 、 p_{314} 、 p_{315} 、 p_{316} 、 p_{317} 、 p_{318} 、 p_{319} 、 p_{320} 、 p_{321} 、 p_{322} 、 p_{323} 、 p_{324} 、 p_{325} 、 p_{326} 、 p_{327} 、 p_{328} 、 p_{329} 、 p_{330} 、 p_{331} 、 p_{332} 、 p_{333} 、 p_{334} 、 p_{335} 、 p_{336} 、 p_{337} 、 p_{338} 、 p_{339} 、 p_{340} 、 p_{341} 、 p_{342} 、 p_{343} 、 p_{344} 、 p_{345} 、 p_{346} 、 p_{347} 、 p_{348} 、 p_{349} 、 p_{350} 、 p_{351} 、 p_{352} 、 p_{353} 、 p_{354} 、 p_{355} 、 p_{356} 、 p_{357} 、 p_{358} 、 p_{359} 、 p_{360} 、 p_{361} 、 p_{362} 、 p_{363} 、 p_{364} 、 p_{365} 、 p_{366} 、 p_{367} 、 p_{368} 、 p_{369} 、 p_{370} 、 p_{371} 、 p_{372} 、 p_{373} 、 p_{374} 、 p_{375} 、 p_{376} 、 p_{377} 、 p_{378} 、 p_{379} 、 p_{380} 、 p_{381} 、 p_{382} 、 p_{383} 、 p_{384} 、 p_{385} 、 p_{386} 、 p_{387} 、 p_{388} 、 p_{389} 、 p_{390} 、 p_{391} 、 p_{392} 、 p_{393} 、 p_{394} 、 p_{395} 、 p_{396} 、 p_{397} 、 p_{398} 、 p_{399} 、 p_{400} 、 p_{401} 、 p_{402} 、 p_{403} 、 p_{404} 、 p_{405} 、 p_{406} 、 p_{407} 、 p_{408} 、 p_{409} 、 p_{410} 、 p_{411} 、 p_{412} 、 p_{413} 、 p_{414} 、 p_{415} 、 p_{416} 、 p_{417} 、 p_{418} 、 p_{419} 、 p_{420} 、 p_{421} 、 p_{422} 、 p_{423} 、 p_{424} 、 p_{425} 、 p_{426} 、 p_{427} 、 p_{428} 、 p_{429} 、 p_{430} 、 p_{431} 、 p_{432} 、 p_{433} 、 p_{434} 、 p_{435} 、 p_{436} 、 p_{437} 、 p_{438} 、 p_{439} 、 p_{440} 、 p_{441} 、 p_{442} 、 p_{443} 、 p_{444} 、 p_{445} 、 p_{446} 、 p_{447} 、 p_{448} 、 p_{449} 、 p_{450} 、 p_{451} 、 p_{452} 、 p_{453} 、 p_{454} 、 p_{455} 、 p_{456} 、 p_{457} 、 p_{458} 、 p_{459} 、 p_{460} 、 p_{461} 、 p_{462} 、 p_{463} 、 p_{464} 、 p_{465} 、 p_{466} 、 p_{467} 、 p_{468} 、 p_{469} 、 p_{470} 、 p_{471} 、 p_{472} 、 p_{473} 、 p_{474} 、 p_{475} 、 p_{476} 、 p_{477} 、 p_{478} 、 p_{479} 、 p_{480} 、 p_{481} 、 p_{482} 、 p_{483} 、 p_{484} 、 p_{485} 、 p_{486} 、 p_{487} 、 p_{488} 、 p_{489} 、 p_{490} 、 p_{491} 、 p_{492} 、 p_{493} 、 p_{494} 、 p_{495} 、 p_{496} 、 p_{497} 、 p_{498} 、 p_{499} 、 p_{500} 、 p_{501} 、 p_{502} 、 p_{503} 、 p_{504} 、 p_{505} 、 p_{506} 、 p_{507} 、 p_{508} 、 p_{509} 、 p_{510} 、 p_{511} 、 p_{512} 、 p_{513} 、 p_{514} 、 p_{515} 、 p_{516} 、 p_{517} 、 p_{518} 、 p_{519} 、 p_{520} 、 p_{521} 、 p_{522} 、 p_{523} 、 p_{524} 、 p_{525} 、 p_{526} 、 p_{527} 、 p_{528} 、 p_{529} 、 p_{530} 、 p_{531} 、 p_{532} 、 p_{533} 、 p_{534} 、 p_{535} 、 p_{536} 、 p_{537} 、 p_{538} 、 p_{539} 、 p_{540} 、 p_{541} 、 p_{542} 、 p_{543} 、 p_{544} 、 p_{545} 、 p_{546} 、 p_{547} 、 p_{548} 、 p_{549} 、 p_{550} 、 p_{551} 、 p_{552} 、 p_{553} 、 p_{554} 、 p_{555} 、 p_{556} 、 p_{557} 、 p_{558} 、 p_{559} 、 p_{560} 、 p_{561} 、 p_{562} 、 p_{563} 、 p_{564} 、 p_{565} 、 p_{566} 、 p_{567} 、 p_{568} 、 p_{569} 、 p_{570} 、 p_{571} 、 p_{572} 、 p_{573} 、 p_{574} 、 p_{575} 、 p_{576} 、 p_{577} 、 p_{578} 、 p_{579} 、 p_{580} 、 p_{581} 、 p_{582} 、 p_{583} 、 p_{584} 、 p_{585} 、 p_{586} 、 p_{587} 、 p_{588} 、 p_{589} 、 p_{590} 、 p_{591} 、 p_{592} 、 p_{593} 、 p_{594} 、 p_{595} 、 p_{596} 、 p_{597} 、 p_{598} 、 p_{599} 、 p_{600} 、 p_{601} 、 p_{602} 、 p_{603} 、 p_{604} 、 p_{605} 、 p_{606} 、 p_{607} 、 p_{608} 、 p_{609} 、 p_{610} 、 p_{611} 、 p_{612} 、 p_{613} 、 p_{614} 、 p_{615} 、 p_{616} 、 p_{617} 、 p_{618} 、 p_{619} 、 p_{620} 、 p_{621} 、 p_{622} 、 p_{623} 、 p_{624} 、 p_{625} 、 p_{626} 、 p_{627} 、 p_{628} 、 p_{629} 、 p_{630} 、 p_{631} 、 p_{632} 、 p_{633} 、 p_{634} 、 p_{635} 、 p_{636} 、 p_{637} 、 p_{638} 、 p_{639} 、 p_{640} 、 p_{641} 、 p_{642} 、 p_{643} 、 p_{644} 、 p_{645} 、 p_{646} 、 p_{647} 、 p_{648} 、 p_{649} 、 p_{650} 、 p_{651} 、 p_{652} 、 p_{653} 、 p_{654} 、 p_{655} 、 p_{656} 、 p_{657} 、 p_{658} 、 p_{659} 、 p_{660} 、 p_{661} 、 p_{662} 、 p_{663} 、 p_{664} 、 p_{665} 、 p_{666} 、 p_{667} 、 p_{668} 、 p_{669} 、 p_{670} 、 p_{671} 、 p_{672} 、 p_{673} 、 p_{674} 、 p_{675} 、 p_{676} 、 p_{677} 、 p_{678} 、 p_{679} 、 p_{680} 、 p_{681} 、 p_{682} 、 p_{683} 、 p_{684} 、 p_{685} 、 p_{686} 、 p_{687} 、 p_{688} 、 p_{689} 、 p_{690} 、 p_{691} 、 p_{692} 、 p_{693} 、 p_{694} 、 p_{695} 、 p_{696} 、 p_{697} 、 p_{698} 、 p_{699} 、 p_{700} 、 p_{701} 、 p_{702} 、 p_{703} 、 p_{704} 、 p_{705} 、 p_{706} 、 p_{707} 、 p_{708} 、 p_{709} 、 p_{710} 、 p_{711} 、 p_{712} 、 p_{713} 、 p_{714} 、 p_{715} 、 p_{716} 、 p_{717} 、 p_{718} 、 p_{719} 、 p_{720} 、 p_{721} 、 p_{722} 、 p_{723} 、 p_{724} 、 p_{725} 、 p_{726} 、 p_{727} 、 p_{728} 、 p_{729} 、 p_{730} 、 p_{731} 、 p_{732} 、 p_{733} 、 p_{734} 、 p_{735} 、 p_{736} 、 p_{737} 、 p_{738} 、 p_{739} 、 p_{740} 、 p_{741} 、 p_{742} 、 p_{743} 、 p_{744} 、 p_{745} 、 p_{746} 、 p_{747} 、 p_{748} 、 p_{749} 、 p_{750} 、 p_{751} 、 p_{752} 、 p_{753} 、 p_{754} 、 p_{755} 、 p_{756} 、 p_{757} 、 p_{758} 、 p_{759} 、 p_{760} 、 p_{761} 、 p_{762} 、 p_{763} 、 p_{764} 、 p_{765} 、 p_{766} 、 p_{767} 、 p_{768} 、 p_{769} 、 p_{770} 、 p_{771} 、

同じ高さの處00まで容れると、兩方の水銀面での壓力は等しいから、短い脚に閉ち込めた空氣の壓力も外の空氣の壓力と同じである。



圖一六第

ある。そこで長い方の管の上におよそ七六センチメートルだけ水銀を注入し、閉ち込めた空氣の嵩が前の半分になる様にする。そうすると長い方の水銀柱の高さは短い方ののよりおよそ七六センチメートルだけ高い。閉ち込めた空氣の壓力はこれに接してなる水銀面の壓力と等しく、その面は他の水銀面より七六センチメートルだけ下にあるから、その壓力は空氣の壓力より七六センチメートルの水銀柱の壓力だけ大いわけである。即ち、閉ち込めた空氣の壓力は外氣の壓力の二倍でその始めの壓力

力の二倍である。なほ、この閉ち込めた空氣を三分の一四分の一の嵩にするにはこの上になほ七六センチメートル以上または一五二センチメートル以上の水銀を注入しなければならぬ。

前の實驗は空氣を普通の嵩よりは少くする場合のみであるが、これを大きくする場合を驗

めずには、トリキリーの實驗に用いたガラス管の、太さの極一樣なのに、かの實驗



圖二六第

の通りに水銀をつめ、これを第六二圖の様な深い器に倒に立てる。小さい管で極少しの空氣をこの管に入れると、管中の水銀柱は忽ち降る。次にこの管を押し下げ、管内の水銀面が外の水銀面と同じ高さにある様にするとここに閉ち込めた、立方センチメートルの空氣の壓力は外と同じく水銀柱七六センチメートルに相當する。そ

ここでこの管を引きあげると、管内の水銀も多少昇る。このときの空気の立積を V 立方センチメートルとし、水銀の高さを h サンチメートルとすると、ボイルの定律では

$$pV = \frac{76-h}{76} p_0 V_0$$

となる筈である。物指をあて水銀の高さを計り、この關係をたぬす。

問題。 空気の密度は普通の場合では、毎立方センチメートル 0.0012 グラムである。一五メートルの水底にある潜水器の中の空気の密度はいくらか。

答。 毎立方センチメートル 0.00229 グラム。

六六 空気ポンプ。 密閉した場所から空気をぬく器械を空気ポンプといふ。第六三圖はその一種である。左方のシリンドルの内にはすまみなくはまつて且滑にするピストンがある。このピストンの中央には

孔があつて、この孔に S の瓣がある。 S は下から押すと開き上から押すと閉ぢる様になつてゐる。シリンドルの下の孔は右方の臺の中央の孔に續き、この臺の上には釣鐘形のガラスの器がよくすりあはせて載せてある。この孔の入口には圓錐形の栓 S' があり、この栓の柄はピストンにかなり確くはまつてゐて、ピストンが下がる時には S' は孔を塞ぎ、ピストンが上がる時には S' は少し昇りその柄の上の方の止めで止まる。始めシリンドルの下端にあるピストンを引き揚げると、 S' の栓は上がり E の空気の一部はシリンドルに入り来る。次にピストンを下げると、 S' は孔を塞ぎシリンドル

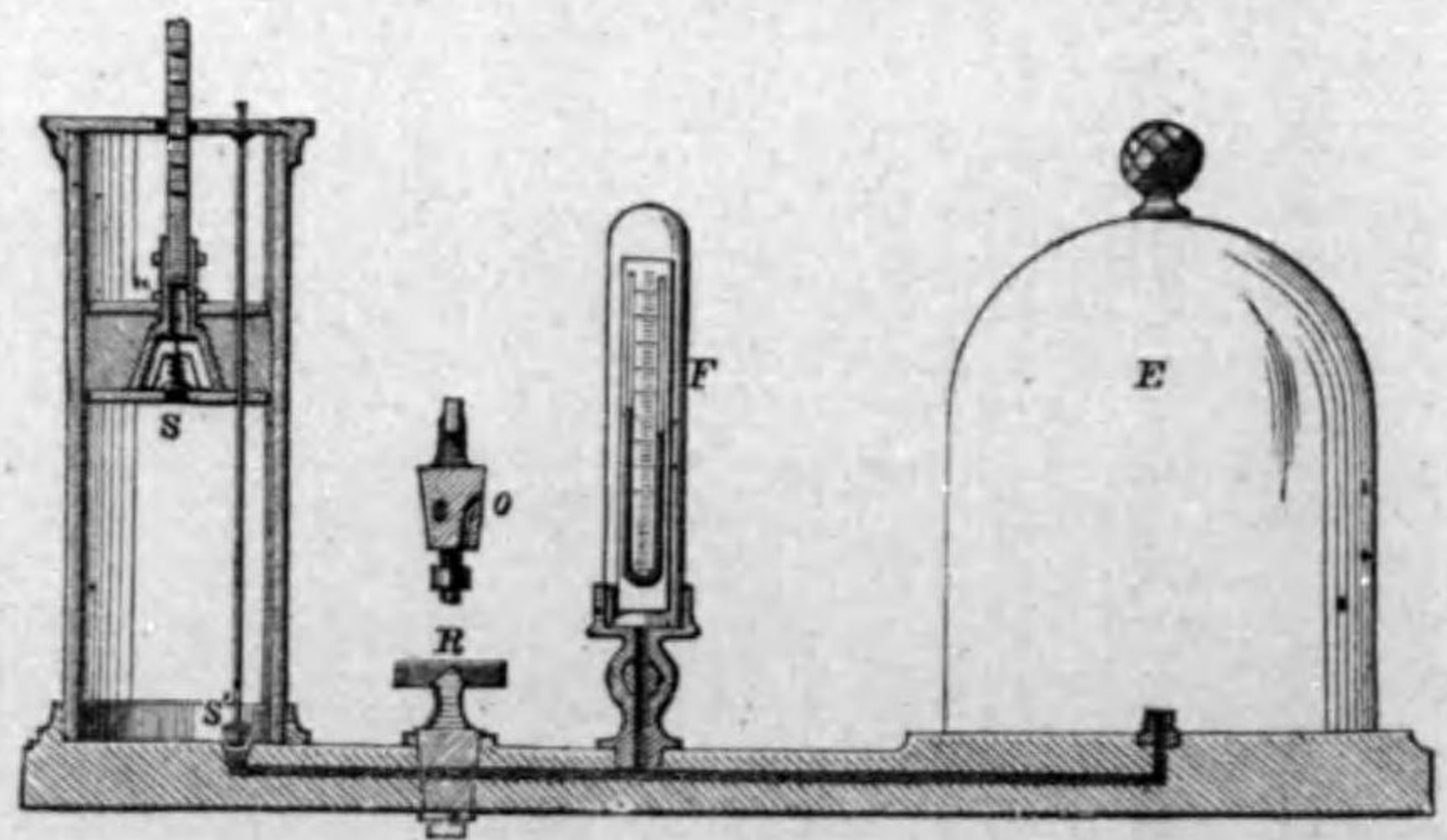


圖 三六 第

内の空氣は S の瓣を押しあげて外に出る。再びピストンを上げると E の空氣はまたシリンダルに來りピストンを下げると外に出る。同じ手続きを度度繰り返すと、 E の中の空氣は段段稀薄になる。 E から S までの空氣を V 立方センチメートルとし、シリンダルの立積を v 立方センチメートルとすると、ピストンを一度上げると、 E の空氣の密度は前の $\frac{V}{V+v}$ 倍となり、 n 度上げると、始めの $\left(\frac{V}{V+v}\right)^n$ 倍となる筈である。しかし、實際では始めのほどは殆ど右の割合で空氣が減つてゆくけれども、その減るに従つていろいろの故障が起り、空氣はある程度よりは稀薄にはならぬ。

空氣の稀薄になつた度合を見るために、通常 F の部分にあつりよくけい(壓力計)がはいつてゐる。これは U 形に曲けたガラス管の一方を閉じたもので、この閉じた方には水銀が一杯はいつてゐる。釣鐘ガラスの中の空氣の壓力が、水銀數センチメートル位になると、この管の兩脚の水銀の高さの差でその中の空氣の

壓力が計られる。

空氣がよくぬけてゐると、釣鐘ガラス E を取除くに大な力がある。 E の下の面積を s 平方センチメートルとすると、この力はおおよそ s キログラムである(六三三)。それだから E を取る前にはかならず E に空氣をいれなければならぬ。 R のカランを直角だけねぢると、 R の上に示してある様に O から下へぬける孔があつて、これから空氣がはいる。

前項の様なボツではどんなによく作つたのでも釣鐘ガラスの中の空氣の壓力は水銀柱 0.05 ミリメートルに相當する位より小くはならぬ。もつとよく空氣をぬくには水銀ボツを用ゐる。第六四圖はその最簡單な形でスレンダルの水銀ボツといふ。 BC の曲つたガラス管は長さ一メートル以上あつてその上部に D の技管がある。この管の B 端は厚いゴ管で E の水銀容れとつないである。空氣をぬく器は F の様に D の技管にすり合せ接ぎめに水銀を入れて空氣の漏りこまぬ

様にしてある。 圖

の様にEを擧げると、水銀はBを通り過ぎるときDから来る空気を挟んで滴となりBCの管を下るので空気を

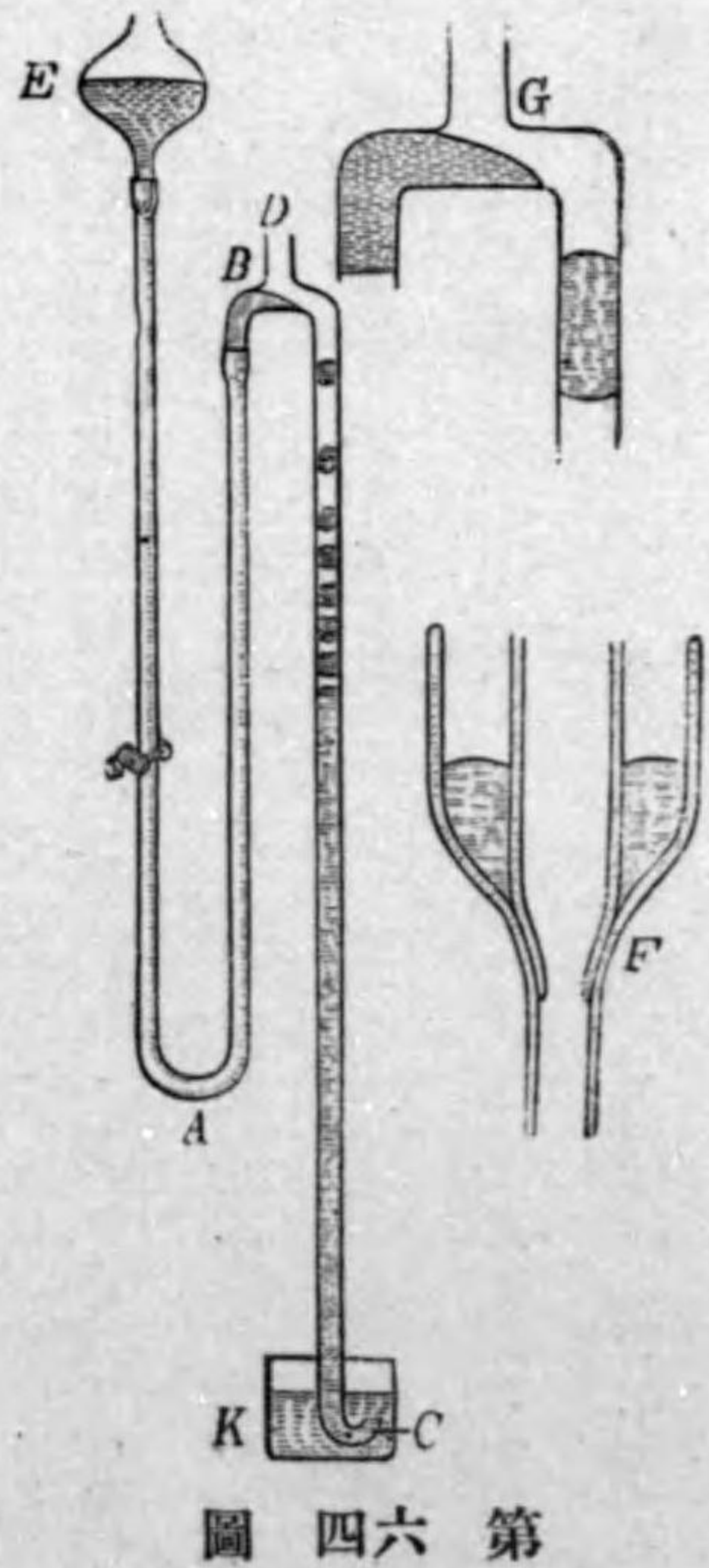


圖 四六 第

Cの口から押し出す。 Kの水銀受けの水銀は時時Eに戻さなければならぬ。 このボグでは空気の壓力が水銀柱一ミリの數萬分の一になるまでぬくことが出来る。

壓縮ボグは普通の空氣ボグの逆で、第六五圖に示すのはその最簡單なものである。 丈夫なシリンダMの中のピストンPをTの柄であげると、Vの瓣とUの瓣とは逆になつて来るから、空氣または

他のガスを左の口から吸ひこみ右の口から押し出す。 右の口を、密閉した器に續けておくと、その中へガスを壓縮することになる。

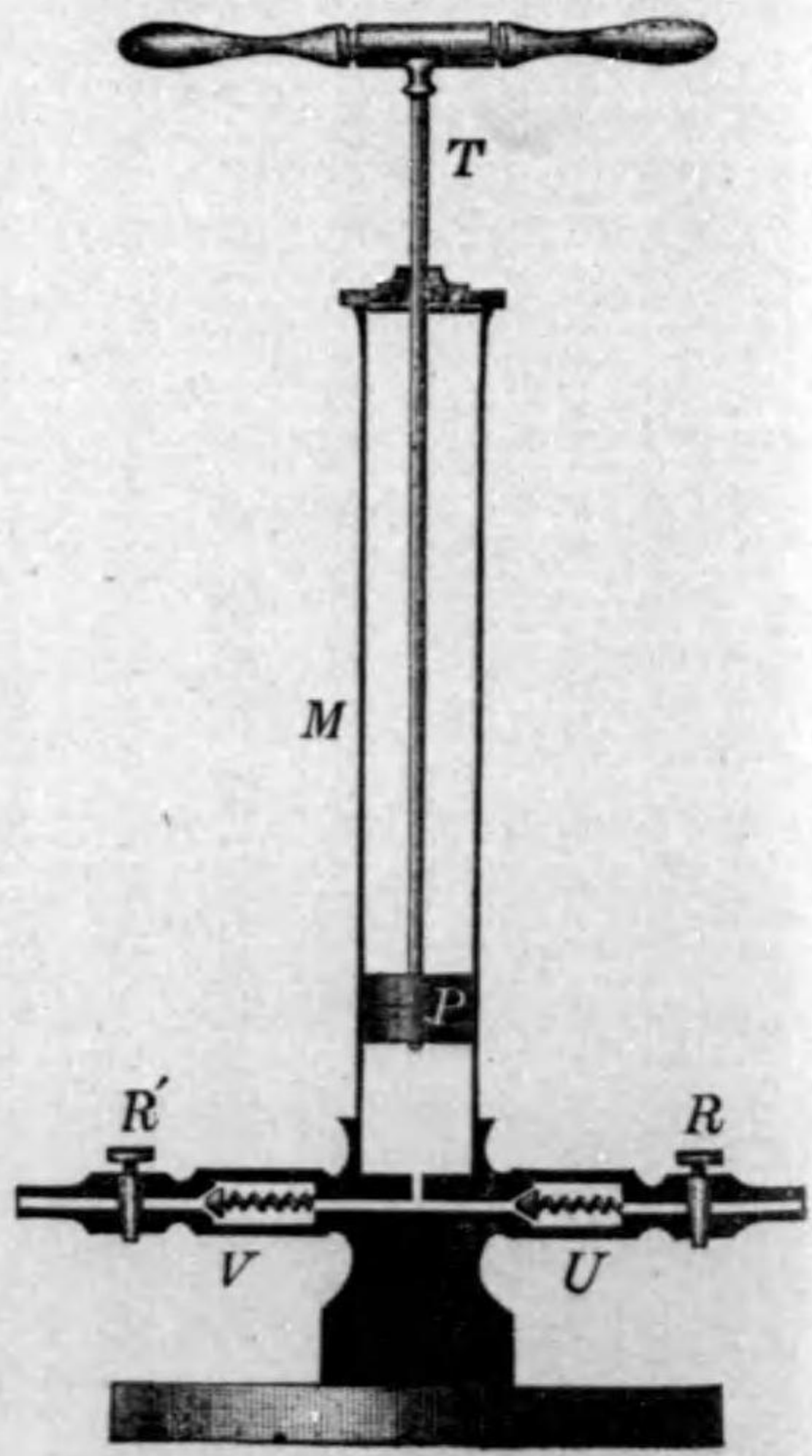


圖 五六 第

壓縮空氣は澤山な應用がある。 ハリでは市内の至急郵便を遞送するに壓縮空氣を用ゐる。 各の郵便局は地中に埋めた直徑六・五センチメートルの管で互に連絡してゐる。 この管で送るべき特別な書狀は三四〇通づつ小さい筒に容れ、管の中をすべるべきピストンにこの筒を一〇づつ連ねてつなぐ。 各局では四分の三氣壓位な壓力の空氣でこのピストンを壓しまたは吸ふと、書狀ともに四キログラム

ほどあるピストンは毎分一キロメートル位な速さで走る。ベルリンでも盛にこの遞送法を用ゐてゐる。

壓縮空氣を用ゐて一市内の時計を一様に運轉する法もある。各の時計は勿論特別製ではあるけれども、至極簡單で、その中にある小さいゴムの袋が膨れる度ごとに、時計の分針についてゐる齒車の齒を一つづつ送る様になつてゐる。これらの袋の中の空氣はみな密閉した細い管で中央局へ續く。中央局では標準の時計によつて一分毎に二〇秒時間ほどづつこの管の中の空氣の壓力を少し大きくすると、各の時計は中央の時計に從つて運轉する。

潜水器の主要な部分は、ガラス窓のある丈夫な兜の様なものと水の透らぬ衣服と鉛の靴とである。潜水夫はこれを空氣の漏れぬ様に確かりと着け水中に入ると、この兜についてゐる管で、潜水夫の居るところの水と等しい壓力の空氣を水上の船から絶えず送りこむ。この空氣は兜についてゐる特別な瓣からである様にしてゐる。この潜水器で四五〇メートルの水底にゆくと、空氣の壓力は四五氣壓になるから潜水夫は非常に困しい。それで新式の潜水器では、呼吸するための空氣だけは、壓力を小さくする装置がついてゐる。それでも、潜水夫の達する

ことのできる極限は六〇メートル位である。

橋のピアを土中に深く据えつけるにも壓縮空氣を用ゐることがある。輪形の鐵板を水の漏らぬ様に接ぎあはせ圓筒を作り、その内部に通路だけを殘してコンクリートをこめる。この圓筒を水中にたて、上端を密閉し、その中に壓縮空氣を送ると、水面は下がつて底の土が出る。その中で土を掘り取ると、圓筒はその重量で段段と沈む。沈むに從つて上部に鐵板を増し圓筒を長くすると、圓筒は終に堅い地盤に達する。それで最後にこの圓筒の内部にコンクリートをつめると丈夫なピアができる。

蒸氣で蒸氣機關を運轉する様に、壓縮空氣で壓縮空氣機關といふものを運轉することもできる。魚形水雷を、水中で進行させるのは、その中に据えつけてある壓縮空氣機關である。また壓縮空氣機關は市街鐵道にも用ゐることがある。トンネルの開鑿機械にも壓縮空氣で運轉するのがある。これは、トンネルの中に新鮮な空氣を送りこむので、一舉兩得である。山陽鐵道の蒸氣車や甲武鐵道の電車の齒止にも壓縮空氣が用ゐてゐる。

六七 吸ひあげポンプ。 押しあげポンプ。 井戸から水を吸ひ