

K240.41

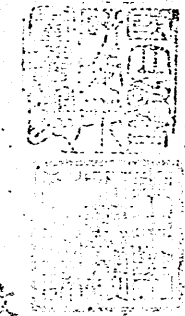
2a

文部省檢定済  
昭和 21 年 4 月 12 日 中學校理科用

# 物 象

4

中 學 校 用



教  
發

中等學校教科書株式會社

(前) ¥ .70

目次

力と運動

1. 直線運動	1
1. 速さ	1
2. 速さの変化	1
3. 速さの変化と力	3
4. 落下運動	4
5. 力と加速度	5
6. 慣性の大きさ	6
7. 物質の量	7
8. 運動量と力積	8
2. 曲線運動	9
1. 曲がつた道に沿つての運動	9
2. 拋物運動	11
3. 一様な速さの圓運動	13
4. 圓錐振り子	14
5. 慣性力	16
6. 萬有引力と重力	18
3. 回轉運動	19
1. 物體に働く力の合力	19
2. 重心	21
3. 偶力	22

4. 車輪の回轉	24
5. 回轉軸の方向	25
4. 運動と抵抗	26
1. 物體が滑るときの摩擦	26
2. 物體が轉がるときの摩擦	28
3. 流體の摩擦	29
4. 流體の壓力	30
5. 流體中の物體の受ける抵抗	30

エネルギー

1. 機械と力	32
1. てこ・滑車・斜面	32
2. 仕事	33
3. 仕事の單位	36
2. 仕事とエネルギー	36
1. 重力による位置エネルギー	36
2. 運動エネルギー	38
3. 重力による位置エネルギーと運動エネルギーとの和	39
4. 弾性エネルギー	40
5. 電気エネルギー	41
6. 熱エネルギー	41
7. エネルギーの移り變り	44
8. 動力	44

## 振動と波動

1. 振動	46
1. 単振り子	46
2. ばね振り子	48
3. 共鳴	48
2. 波動	49
1. 水波	49
2. 蔓巻ばねを傳はる波動	49
3. 横波	51
4. 縦波	52
5. 波動の重なり	53
6. 反射波	56
7. 針金の振動	58
3. 音	60
1. 音の進行と反射	60
2. 音の高さと強さ	62
3. 空気柱の振動	64
4. 共鳴	65
5. 音色	66
4. 電気振動と電磁波	68
1. 蓄電瓶の放電	68
2. 電気振動による電界と磁界の變化	70
3. 電気共鳴	71

## 光

1. 光の進行	73
1. 光の直進	73
2. 光の強さ	77
3. 光の反射	81
4. 光の屈折	87
5. 光に関するいろいろな器械	96
2. 発光體	100
1. 太陽の光	100
2. 分光器	100
3. 紫外線と赤外線	101
4. 高温の固體の發する光	103
3. 光を受けて見えるもの	105
1. 物體の色	105
2. 螢光と燐光	106
4. 光の本性	107
1. 光と波動	107
2. 光と横波	111
3. 光と電磁波	112

## 電子と輻射

1. 真空放電	113
2. 陰極線	114
3. 電子	115

4. 三極真空管…	116
5. エッキス線…	119

### 原動機及び動力

1. 熱機関と熱効率…	122
2. 内燃機関…	123
3. 蒸気機関…	128
4. 蒸気タービン…	129
5. 水車…	130
6. 動力の利用と輸送…	132

### 構造物の強さ

1. 物の強さ…	134
2. 基本部分に作用する應力…	135
3. 構造物の強さ…	138

昭和21年4月8日 印刷  
昭和21年4月12日 発行

APPROVED BY MINISTRY  
OF EDUCATION  
(Date Apr. 8, 1946)

著作權所有 著 作 兼 行 者 東京都神田区岩本町三番地  
中等学校教科書株式会社  
代表者 龜 井 寅 雄  
印刷者 大日本印刷株式会社  
東京都千代田区谷町一丁目十二番地  
代表者 佐久間長吉郎  
配 給 元 日本出版配給統制株式会社  
東京都千代田区深田町二丁目九番地

## 力 と 運 動

われわれの周囲には、さまざまな物がさまざまな運動をしてゐる。運動の有様も直進してゐる物、回轉してゐる物、また、速さの一定の物、速さが刻々變る物などいろいろである。これからこれらの運動の有様を調べることにして、先づ直線運動から始めよう。

### 1. 直 線 運 動

#### 1. 速 さ

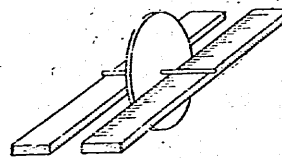
〔考察〕 運動場で100米の距離を走るのに15秒かかった。この速さはどうして表したらよいであらうか。

速さは普通、単位時間に通る道程で表す。長さや時間の単位の選び方で、毎秒何種とか毎時何種などと呼び、単位は種/秒、種/時などの記號で表す。

(問題) 32種/時は何種/秒か。

#### 2. 速さの變化

〔實驗〕 圓板の中心に鐵の細い心棒を通したものを作り、この心棒を圓のやうに目盛のある眞直な2本の棒の上



せ、棒を少し傾けて回転を轉がしてみよ。時計の刻む音<sup>1)</sup>を聞きながら、1秒おきに心算のあつた場所に鉛筆でしるしをつけ、後にその目盛を讀んでみよ。

このやうに、物の速さは一般にはその場所場所で、言ひかへればその時々で違つて来る。單位時間に速さの變る割合を加速度といふ。1秒間に1程/秒だけ速さが變るやうな加速度を毎秒1程/秒の加速度といひ、これを1程/秒<sup>2</sup>といふ記號で表す。複雑な運動では加速度もまたその時々で變つて来る。

速さはその大きさの他に、走る向きをも考へなければならない。それでこれからは、例へば右向きの速さを正としたら、左向きの速さは負と考へることにする。

また加速度は速さの増す割合ときめる。速さが増してゐるとき加速度は正で、速さの正の向きと同じ向きになり、速さが減つてゐるとき加速度は負で、速さの正の向きとは反對の向きになる。

加速度の變らない運動を等加速度運動といふ。

(問題) 1. 初め5程/秒の速さで走つてゐた物體が、等加速度運動をして10秒後には-3程/秒の速さになつた。加速度は何程か。またその向きはどうか。

(問題) 2. 等加速度運動で、最初の速さを $v_0$ 程/秒、加速度を $a$ 程/秒<sup>2</sup>、 $t$ 秒後の速さを $v$ 程/秒として、 $v$ 、 $v_0$ 、 $a$ 、 $t$ の間

1) メトロノームを使ふ! よい。

の關係を導け。

(問題) 3. 上の問題で、 $v$ と $t$ との關係を圖表に表せ。また $t$ 秒間に通過した距離を $s$ 程としたとき、次の關係のあることを證明せよ。

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

### 3. 速さの變化と力

[實驗] 水平な机の上に布を數枚重ねて敷き、この上で球を轉がしてみよ。次に布の枚數をだんだんに減らして、最後には机の面の上で轉がしてみよ。

[考察] この實驗から、もし物體の運動を妨げる作用が何もなかつたら、その物體はどんな運動をすると思ふか。また運動を妨げる作用をするものは何であらうか。

これらの實驗や考察から、速さの變る原因は、外からその物體に働く力であることがわかつたであらう。

外から少しも力が働かないときには、初め静止してゐたものはいつまでも静止し、動いてゐたものは一直線上で同じ速さで動き續ける。物體のこのやうな性質を慣性といひ、また上の關係を慣性の法則といふ。

(問題) われわれは他の人から押されたり引かれたりしな

くても自分で動き出すことができる。これはどうしてであらうか。

またいろいろな実験で調べてみると、外から一定の力が働いておれば、その物体は必ず等加速度運動をするものであることもわかる。

#### 4. 落下運動

地上にある物体には、いつも下向きの力が働く。この力が重力で、このために物体を放せば落下運動をする。

金属の塊などを使つて実験してみると、この落下運動は等加速度運動であることがわかる。

しかし綿のやうに軽い物や、金属でも粉のやうに小さい物や板のやうに面積の大きい物では大體様子が違つて来る。これは空気の抵抗<sup>1)</sup>のためで、このやうなものでも真空の中で実験してみると、やはり皆等加速度運動をする。物體の塊では、普通空気の及ぶ抵抗力が重力に比べて非常に小さいので、重力だけが働いてゐると殆ど違ひがないといふだけのことである。<sup>2)</sup>

(問題) 1. 物体に働く重力は、その物体が走つてゐたら變るであらうか。

なほ、落下運動の加速度は空気の抵抗さへなければ、物体に

- 1) このことは後で学ぶ。
- 2) 一般に抵抗力は速さとともに増す、因つて速さが大きいときには金属の塊のやうなものでも等加速度運動はしない。

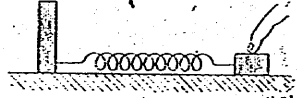
よつて違ふことはない。つまり重力による加速度はどんな物体についても皆同じである。

しかし場所によつて多少の違ひがあつて、地球上で赤道から極に近づくに従つて幾分大きくなり、また高いところへ行くほど小さくなるが、大體は  $980 \text{ 釐/秒}^2$  ぐらゐである。

(問題) 2. 重力の加速度が  $980 \text{ 釐/秒}^2$  の場所で物体を放し、1 秒後、2 秒後、3 秒後などに物体が落下した距離と、そのときの速さを計算せよ。空気の抵抗を無視して考へてみよう。

#### 5. 力と加速度

こんどは二つの物体に大きさのいろいろに違つた力を働かせたとき、その物体の加速度がどのやうに違ふか調べてみよう。

[実験] 蔓巻ばねを取附けた物体を机の上に置いて、指で押さへ、ばねを少し伸ばして、その他端を固定しておけ。指を放したとき物体がどんな運動をするか観察せよ。次にばねの伸びを2倍3倍と増して、 同じ実験を繰返し、物体の飛出し方を比較してみよう。

[考察] この実験から物体に働く力の大きさと加速度との間に、大體どんな関係があると思ふか。

物體に働く力は、ばねの弾力の他に机の面から受ける摩擦<sup>1)</sup>力もある。それらの合力と飛出すときの加速度との関係を詳しく調べてみると、ちやうど両者が比例してゐることがわかる。

また物體が動き出せば、ばねは短くなつて弾力は小さくなり、加速度もそれに従つて小さくなる。このやうなときでも、加速度はいつもそのとき働いてゐる力の合力に比例してゐる。

このやうに、一般に物體の加速度の大きさは、いつ見てもそのとき働いてゐる力の合力に比例し、その向きは合力の向きと同じになつてゐる。

#### 6. 慣性の大きさ

次にはきまつた大きさの力をいろいろな物體に働かせて、その加速度を比較してみよう。

【実験】 前の実験と同じやうな方法で、いろいろな物體にきまつた大きさの力を働かせたときの加速度を大體比較するにはどうすればよいか考へ、実験してみよ。

物體に慣性のあることは已に知つたが、かうしてみると物體の慣性には大小がある。

物體の慣性の大きさをきめるには、先づ標準の分銅をきめ、これと比較すればよい。その物體と標準の分銅と同じ大きさの力を働かせたとき、物體の加速度が分銅の加速度の、例へば

1) このことは後で學ぶ。

5 倍であつたとすれば、物體の慣性は分銅の慣性の  $\frac{1}{5}$  ときめるのである。

#### 7. 物質の量

物質は他からこれに物質がつけ加はつたり、一部分これから逃げて行つたりすることのない限り、状態の變化や物質の變化が起つても、また場所が變つても、全體の分量は變るはずがない。このやうな物質の分量はどうしてきめることができるであらうか。

フラスコの中に閉ぢ込めた物質を考へてみると、中でどんな變化をしても、その重さは變らないが、ただ違つた場所で測ると、その重さが違つて來る。隨つて重さで物質の分量をきめるわけには行かない。

しかし標準の分銅と比較した重さの割合は、場所によつて違ふことはない。即ち場所が違へば、物體の重さも標準分銅の重さも、共に同じ割合で變つて來るから、分銅の重さの、例へば3倍のものはどこで比較しても、いつでも3倍である。そこで分銅と比較した重さの割合で物質の分量をきめることができる。

物質の分量をきめるのに適したもう一つの方法は、物體の慣性の大きさを利用する方法である。即ち物體の慣性の大きさが標準分銅のそれの、例へば3倍であつたとすれば、その物體の物質の分量は標準分銅のそれの3倍とすればよい。

ところがどんな物質でも、同じ場所では同じ加速度で落下する。このことは重さが標準分銅の例へば5倍のものは、慣性の大きさもまた5倍になつてゐることを示してゐる。

そこで物質の分量をきめるのに適したこれらの二つの方法は、どちらを用ひても同じ結果を與へることになる。これらのいづれかの方法できめた物質の分量を質量といふ。

質量の單位には瓦を用ひる。質量が、例へば5瓦の物體といふのは、慣性も重さの割合も1瓦の分銅の5倍だといふことである。

〔考察〕 さを秤や、ばね秤はそれぞれ何を測る機械か。

(問題) 1. ばね秤と分銅とで質量を測るにはどうすればよいか。

質量を上のをやうにきめると、これをもとにして力の大きさをきめることもできる。質量1瓦の物體に働いて  $1 \text{ 靄}/\text{靄}^2$  の加速度を生ぜしめる力を、1 ダインの力といふ。

(問題) 2. 1 瓦の物體に働く重力は何ダインか。

(問題) 3. 5 瓦の物體に 10 ダインの力が働くと、物體の得る加速度はいくらか。

(問題) 4. 質量  $m$  瓦の物體に  $f$  ダインの力が働いたとき、物體がその向きに  $a \text{ 靄}/\text{靄}^2$  の加速度で動くとするば、次の関係のあることを考へてみよ。

$$f=ma$$

これを運動の法則といふ。

## 8. 運動量と力積

〔実験〕 1. 石を右手に持つてこれを放し、左手を動かさないやうにして、その掌で受止め、手應へを感じてみよ。石の質量や右手の高さをいろいろに變へて試みよ。手應へはどのやうに變る。

この實驗でもわかるやうに、物體はその質量が大きいほど、またその速さが大きいほど止めにくい。このことを表すのに、物體の質量と速さとの相乗積を用ひ、これをその物體の運動量といふ。

〔実験〕 2. 上の實驗で、きまつた高さから石を放し、石を受止める瞬間に急に左手を下げてみよ。手應へは變るか。

このやうに物體の運動状態を急に變へるには大きい力があるが、ゆつくり變へるには小さい力でよい。力とそれが働いた時間との相乗積を力積といふ。

〔考察〕 運動量と力積について、次の関係のあることを證明せよ。

(1) 一般に物體の運動量の變化は、働いた力の力積に等しい。

(2) 2 物體が押合つたり引合つたりするとき、そのためにそれぞれの速さは變つても、2 物體の運動量の和は變らない (運動量保存の法則)。

## 2. 曲線運動

### 1. 曲がつた道に沿つての運動

1) 運動量には向きを考へ、これに正負をつけて表す。

2) 力積には運動量と同じやうにその向きを考へ、これに正負をつけて表す。



〔観察〕 1 石を投げて、その運動を観察し、石の通つた道すぢの大體を圖に書け。

このやうな石の運動ではその速さも變るが運動の方向も變つて來る。一般に速さと共にその方向を併せ考へた量を速度といふ。速度は力と同じやうに、矢で表すことができる。

- (問題) 1. 観察1と同様に、石を投げ、その道すぢのいろいろな點での速度を観察して、これを矢で表してみよ。  
 (問題) 2. 速度の一定の運動と速さの一定の運動とはどう違ふか。

〔観察〕 2. 雨が鉛直に降つてゐるとき、走つてゐる汽車の窓からこれを見たら、どのやうに見えるか。また窓ガラスに當つた雨の跡はどのやうに附くか。

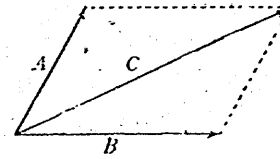
このやうに物體の速度は、それを見る人によつて違つて來る。

〔考察〕 船の上で人が2米/秒の速さで北東の方向へ動き、船は速さ5米/秒で東方へ動いてゐるとき、その人の水面に對する速度はどうしたら求められるか。

一般に平行四邊形の對角線を求める方法で求めた速度のこと

1) 等速度運動とは、速度の一定の運動であるといふことができる。

を、各の速度の和といひ、合速度ともいふ。また物體の速度が初め矢Aであつたのが、終りに矢Cになつたとすれば、この間に物體は速度が矢Bだけ増したといふ。

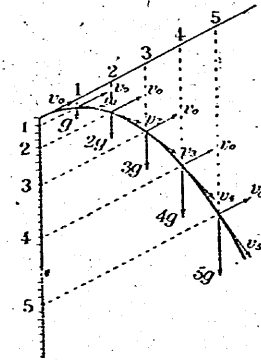
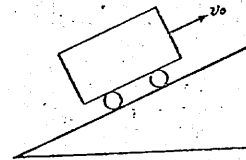


2. 拋物運動

〔實驗〕 走つてゐる汽車の中で物體を落してみよ、地上で落したときの有様と何か違ふか。

一般に等速度運動をしてゐる物の中で調べると、落下運動の有様は地上で物を落したときと少しも違ひがない。

〔考察〕 1. 汽車が坂道を等速度で走つてゐるとき、この中で落した物體を地上で見つてゐたら、どんなに見えるで



1) 詳しく言へば水平面内で等速度運動をしてゐる汽車。

あらか。図を見ながら考へてみよ。

〔考察〕 2. このことから、或る方向に投げた物體の初速度を  $v_0$  毎秒とし、投げてから  $t$  秒後の

速度  $\left\{ \begin{array}{l} \text{投げた方向} \\ \text{鉛直下向き} \end{array} \right.$  動いた距離  $\left\{ \begin{array}{l} \text{投げた方向} \\ \text{鉛直下向き} \end{array} \right.$

をそれぞれ式で表せ。

(問題) 鉛直に投げ上げたまたは投げ下したときの式はどうなるか。

物體を投げたときの運動を拋物運動といひ、その道すぢを拋物線といふ。このときの速度は、その方向も大きさも共にだんだん變つて行く。一般に曲線運動では、速さと方向とを併せ考へた速度の變化を考へなくてはならない。

單位時間内に於ける速度の増加を加速度といふ。加速度には、速度と同様に、大きさと方向とがあり、矢で示すことができる。

〔考察〕 3. 前頁の圖と併せてこの圖を見ながら、拋物運動の加速度を出してみよ。

〔考察〕 4. 拋物運動に於いて、力と加速度との間にどのような関係があるか。また、これを直線運動のときの運動の法則と比べてみよ。



拋物運動では、働いてゐる力は重力で、その大きさも方向も

きまつてゐる。そのために物體は等加速度運動をする。しかしもつと一般に、力がその時々で方向も大きさも變るやうなときには、加速度もまたその時々で方向も大きさも變つて行くが、いつでも加速度は力の方向に向いてゐて、その大きさは力の大きさを質量で割つた値に等しい。このやうに運動の法則は曲線運動の場合にも適用される。

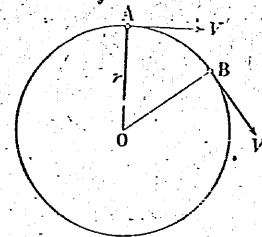
### 3. 一様な速さの圓運動<sup>D)</sup>

〔實驗〕 鐘に附けた絲の端を持つて、鐘を一様な速さで圓運動させ、手應へを感じてみよ。速さが速いときと遅いときとでどう違ふか。

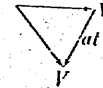
このとき手はいつでも絲に引かれることを感ずるであらう。

これは鐘に圓運動させるために、手が鐘を引いてゐるので、その力の反作用で手が引かれてゐるからである。

この力は鐘の質量や速さとどんな関係になつてゐるであらうか。重力は働かないものとして、一様な速さをもつた圓運動について考へてみよ。



物體に働く力は、絲の張力だけで、その他にはないから、加速度はいつも圓の中心に向かつてゐるはずである。この加速度の大きさを調べるには、圓の一小部分について考へればよい。



1) 等速圓運動ともいふ。

物體が或る時刻に A において、それから短い時間  $t$  秒の後は B に行つたとする。この間の速度の増加を  $v$  で割つたものが、この部分に於ける加速度である。

〔考察〕 1. 加速度を  $a$ 、速さを  $V$ 、圓の半径を  $r$  として、これらに次の関係のあることを證明せよ。

$$a = \frac{V^2}{r}$$

(このとき  $t$  は小さいから、前の圖で  $\widehat{AB} = \overline{AB} = Vt$  と考へてよい。)

半径 OA が單位時間に廻る角度を角速度といひ、角度には普通弧度を用ひる。

(問題) 角速度を  $\omega$  として、 $r$  と  $\omega$  で  $a$  を表してみよ。

〔考察〕 2. 一樣な速さの圓運動で、錘に働く糸の張力を  $T$ 、糸の長さを  $l$ 、錘の速さを  $V$ 、その質量を  $m$  としたとき、これらにどのやうな關係があるか。

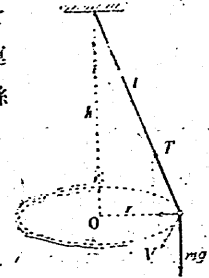
このやうに等速圓運動をさせるには、常に中心に向かふ一定の大きさの力が働いてゐなければならない。この力を向心力といふ。

#### 4. 圓錐振り子

糸に錘を付けて地上で圓運動をさせるときには、錘に働く力は糸の張力の他に重力がある。こんどは、この重力も考へて入

れて、運動を考察してみよう。

〔實驗〕 錘を附けた長い糸の一端を固定して、錘に水平面内で小さな圓運動をさせ、一周する時間(周期)が糸の長さとなんな關係になつてゐるか、長さをいろいろに變へて調べてみよう。



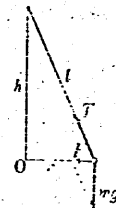
振り子をこのやうに運動させたとき、これを圓錐振り子といふ。

錘の質量を  $m$  瓦とすれば、これに働く力は重力  $mg$  ダインと糸の張力  $T$  ダインだけである。その合力  $F$  ダインが向心力となつて、圓の中心 O の方に向いて、圓運動をしてゐるのである。

〔考察〕 圓運動の速さを  $V$  ㎧/秒、半径を  $r$  ㎧、吊した點から圓の中心までの長さを  $h$  ㎧として

$$V^2 = r^2 \cdot \frac{g}{h}$$

の關係があることを導け。



(問題) 周期を  $T$  秒とすれば

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

1) 圓運動の半径が小さくなくとも圓錐振り子といふ。

の関係があることを導いてみよ。

円の半径が糸の長さに比べて非常に短いときには、 $h$ は  $l$ に非常に近いから

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

とすることができる。実験の結果と、この式で計算した値とを比較してみよ。

〔観察〕 円錐振子の運動を円の平面内で遠いところから眺めてみよ。速さの変わり方はどうか。

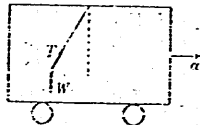
### 5. 慣性力

電車が出発するときのやうに、加速度運動をしてゐるときには、車内の吊革が傾くことから見てもわかるが、この中で吊るした振子は後に傾くし、車内に立つてゐる人は後に倒れさうになる。

これはどうしてであらうか。電車が一定の加速度  $a$  で水平に進行してゐるものとして考へてみよう。

もしわれわれが地上に立つてゐて、車内の様子を見たとしたら、これについて次のやうに考へるであらう。

錘は電車と共に加速度  $a$  で動いてゐる。錘の質量を  $m$  とすれば、これに働く力は糸の張力  $T$  と重力  $W (=mg)$  だけで、これらの合力は  $a$  と同じ方向を向き、そ

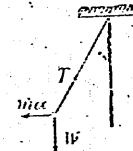


の大きさは  $ma$  に等しい。このやうに考へれば運動の法則が成立つことになる。

また車内の人が倒れさうになるのは、電車の床が先に進もうとして足を前へ引くのに身體は慣性のために後に取残されるやうになるからである。

こんどはわれわれが車内にゐて観察したとしたらどうであらうか。

電車は止まつてゐて、振子も中で傾いたまま止まつてゐる。随つて錘は、 $T$  と  $W$  の他にこれらの合力と大きさが等しく向きが反対の力即ち  $ma$  で後向きに引かれてゐて、これらの三つの力が釣合つてゐるものと考へなければならぬ。また、車中に立つてゐるわれわれ自身は後に倒れさうになり、身體が後に引かれるやうな感じを起す。



このやうに加速度運動をしてゐるところに立つて観察するときに現れる力を慣性力といふ。

〔問題〕 半径が 100 米の圆弧を畫いて彎曲してゐる軌道の上を、一定の速さ 10 米/秒 で汽車が走つてゐる。車内に吊るされた振子はどのやうに傾いて静止するであらうか。また錘の質量を 10 瓦として、これに働く慣性力を求めよ。

このやうに角速度の一定な圓運動や回轉運動をしてゐるところで、静止してゐる物體に働く慣性力を特に遠心力といふ。

### 6. 萬有引力と重力

地球は太陽の周りに等速円運動をしてゐるとみることができ、随つて地球には向心力が働いてゐるはずで、地球と太陽とは引合つてゐると考へられる。

また地球上では物體に重力が働く。これも物體と地球とが引合つてゐるために違ひない。

このやうに物體を引きつける性質をもつてゐるのは、太陽とか地球のやうな天體だけに限るのであうか、普通の物體の間では別に引合つてゐるやうにも見えないが、全く引合はないのであうか。もし引合つてゐるとしても、その引力は非常に小さいものに違ひない。

〔考察〕 このやうな小さい力を調べるには、どんな工夫をしたらよいであうか考へてみよう。

実際に調べてみると、普通の物體の間でも、引力が働いてゐる。質量がそれぞれ  $m$  瓦及び  $m'$  瓦の二つの物體が  $r$  程だけ離れてゐるとき引合ふ力を  $f$  ダインとすれば

$$f = 6.68 \times 10^{-8} \times \frac{mm'}{r^2}$$

の関係がある。

天體の間で働く力もやはりこの法則に従つてゐて、同じ性質のものとして考へられる。あらゆる物體の間で作用するこのやうな引力を萬有引力といふ。

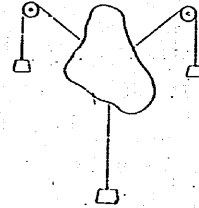
〔考察〕 われわれが重力と呼んでゐるものは、地球と物體との間の萬有引力であうか。

(問題) 緯度が 30 度の地點で 1 瓦の物體に働く地球自轉のための遠心力は何ダインか。

### 3. 回轉運動

#### 1. 物體に働く力の合力

形の小さい物體に二つ或は三つの力が働いたときの釣合や、二つの力の合力のことは已に知つたが、こんどは物體の形が大きいときのことを考へてみよう。



〔實驗〕 1. 前に實驗したのと同じやうな方法で、固い紙を糸で三方から引いて、釣合を調べてみよう。また二方から引いて釣合を調べてみよう。

〔考察〕 形の小さい物體のときと比べてどこが違ふか、また二つの力の合力を求めるにはどうすればよいか。

(問題) 1. 二つの力を  $F_1$ ,  $F_2$  とし、合力の作用線の上の

- 1) 北極から赤道まで、地球の表面に沿つて測つた距離は、凡そ  $10^7$  米である。
- 2) 紙のやうに軽いものを使ふのは、その物體に働く重力を考へなくてもすむからである。

一つの点から  $F_1, F_2$  に下した垂線の長さを、それぞれ  $h_1, h_2$  としたとき

$$F_1 h_1 = F_2 h_2$$

の関係があることを証明せよ。

二つの力が平行になつてゐるときには、上で考へたやうにして合力を求めるわけには行かないが、このときには合力はどうなるのであうか。

〔実験〕 2. 太さが一樣な棒の中心  $O$  をばね秤で水平に

支へて吊るし、秤の示度  $R_0$  を読み、次に錘  $P, Q$  を適当な位置にかけて棒を水平に釣合はせ、そのときの  $OA, OB$  の長さ及び秤の示度  $R$  を読み、錘  $P, Q$  をいろいろに變へ、また  $OA, OB$  をいろいろに變へて験してみよ。

初め錘をのせないとき

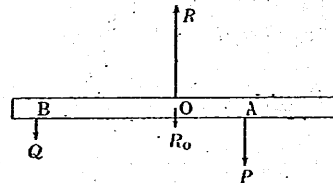
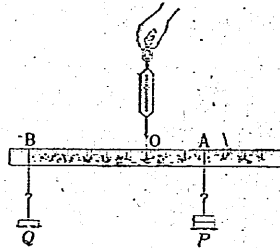
棒が水平に止まつてゐた

のは、秤の弾力と棒に働く

重力とが釣合つてゐた。

つまり  $R_0$  からである。

つまり  $R_0$  は棒の重さを示す。錘をのせたとき、 $O$  点で働く力は上向き



に  $R - R_0$  だけふえたから、 $P$  と  $Q$  との合力は  $R - R_0$  で下向きになつてゐなければならぬ。

この実験で  $R - R_0$  と  $P, Q$  の間にどんな関係があるか。

また前の問題で  $F_1 h_1$  及び  $F_2 h_2$  に當るものは  $P \times OA$  及び  $Q \times OB$  であるが、この実験では、それらの間にどんな関係があるか。

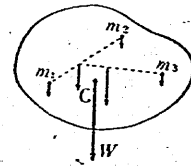
(問題) 2. この結果から、物體に働く二つの平行な力の合力を求めるには、どうすればよいか言つてみよ。

この実験で、 $P \times OA$  が  $Q \times OB$  より大きければ、棒は右に回轉し、小さければ左に回轉することがわかつたであらう。このことから  $P \times OA$  や  $Q \times OB$  は棒を  $O$  の周りに回轉する作用の大小を表してゐるものと考へられる。一般に、力と一つの點からこれに下した垂線の長さとの相乗積を、その點の周りの力の回轉能といふ。

## 2. 重心

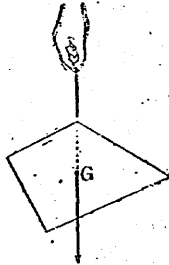
物體は小さい部分の集りとみることができ、この小さい部分には、それぞれ下向きの重力が働いてゐる。これらの力の合力は、その物體について定まつた點を通ることが證明される。この點をこの物體の重心

といふ。一樣な球や立方體や棒などでは、皆その中心が重心に



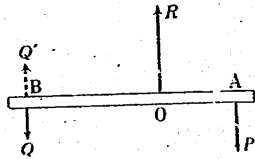
なつてゐる。

〔実験〕 厚紙をいろいろな形に切つて、その重心をみつめてみよ。



### 3. 偶力

一つの棒に三つの平行な力  $P, Q, R$  が働いて釣合つてゐるものとしよう。このことはまた  $P$  と  $R$  の合力が  $Q$  と釣合つてゐると考へることもできる。



〔考察〕 反対向きの二つの平行な力  $P, R$  の合力を  $Q'$  とすれば、

$$Q' = R - P$$

$$R \times OB = P \times AB$$

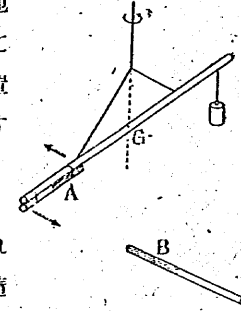
の関係があることを証明せよ。

もし  $P$  と  $R$  がその大きさが等しいときには、合力の作用点が求められないから、その合力も求められない。このやうな一組の力を偶力といふ。

偶力はどのやうな働きをするものであらうか。

〔実験〕 1. 決頁の圖のやうに木の棒を長い糸で吊るし、

その一方の端には小さい磁石  $A$ 、他の端には銅の錘を附けて釣合はせておけ。遠くの方に強い磁石  $B$  を置いたとき、木の棒がどんな運動をするかよく観察せよ。



$A$  が短くてしかも  $B$  が遠くにあれば、 $A$  に働く磁力は偶力に等しい。随つてこの実験から、物體に偶力が働けば、その場所はどこで働いても物體は重心の周りに回轉し始めるだけで、重心は動き出さないことがわかる。

逆に、物體が重心の周りに回轉し始めるのは、必ず偶力の働いたときである。

しかし單獨の力が働いたのでは回轉を始めないであらうか。

〔実験〕 2. 滑らかな机の上に本を置き、いろいろなところを鉛筆で押し、本の運動を観察してみよ。重心は動くかどうか。

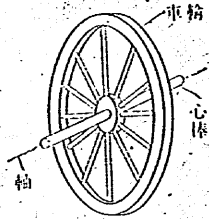
この実験でも大體わかるやうに單獨の力が働いたときには、重心の周りに回轉運動も起るが、重心もまた動き出す。

(問題) 直流電動機の電機子にはどのやうな力が働くか。

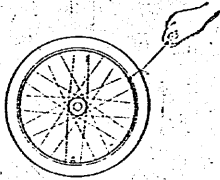
また、この力が偶力でなかつたらどんな不都合が起るか。

#### 4. 車輪の回転

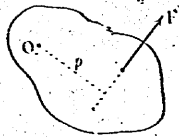
自転車や荷車などの車輪は皆心棒をもつてゐて、車輪の各部分は一つの動かない中心線の周りに回運動をしてゐる。この中心線を車輪の軸といふ。



〔実験〕 1. 自転車の前の車をはづし、その心棒を水平にして支へておけ。ゴム輪に糸を附けてこれを引き、輪の回転を調べよ。回転の角速度の速くなり方を角加速度といふが、角加速度を大きくするにはどうすればよいか。またいくら引いても回転を起さないことがあるか。



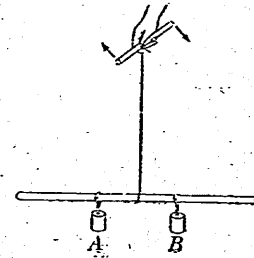
〔考察〕 1. 上の実験から、動かない軸  $O$  をもつ回転體に、力  $F$  が働くとき、角加速度と  $F$  の回転能  $Fp$  との間にどんな関係があると思ふか。



角加速度は、力の回転能に比例してゐる。力が働いても、その作用線が軸を通つてゐれば、その回転能が  $0$  になるから回転

は起らないし、回転してゐる物は、その角速度が變らない。大きいはずみ車では力を働かせても回転は起りにくいが、小さい風車のやうなものでは直ぐに回転を始める。物體の回転運動でもやはり慣性に大小がある。

〔実験〕 2. 細長い木の棒を針金で水平に吊るし、棒には二つの同じ重さの錘  $A, B$  を中央から同じ距離のところにかけておけ。棒を手で押さへておいて針金の上端を直角だけ廻し、手を放したとき棒が廻り始める角加速度を観察せよ。 $A, B$  の位置をいろいろに變へて調べてみよ。



〔考察〕 2. 上の実験から、回転の慣性はどんな場合に大きくなると思ふか。

#### 5. 回転軸の方向

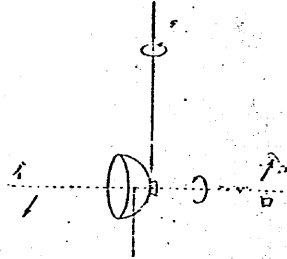
〔実験〕 1. 自転車の車輪の心棒の両端を両手に持つて、軸の方向を變へてみよ。輪が止まつてゐるときと廻つてゐるときとで、手應へはどんなに違ふか。

この実験からわかるやうに、速く回転してゐる物體の軸の方向は、なかなか變らないものである。



もし、軸の方向を無理に變へようとしたらどうなるであらうか。

【實驗】 2. 圖のやうに土瓶の蓋の頭に絲を十分に巻き附け、絲の他端を手で支へて蓋が回轉しながら眞直に落ちて行くやうにせよ。このとき、蓋の軸イロの方向がどう變るかを觀察せよ。



蓋に働く力は重力と絲の張力で、これらは軸の(イ)端を下げ、(ロ)端を上げようとするが、軸の方向は却つて(イ)端が圓の前方へ(ロ)端が後方へ向かふやうに變つて行くことがわかるであらう。

#### 4. 運動と抵抗

今まで物體の運動をいろいろ調べたとき、いつも摩擦が働いたり、空氣の抵抗が働いたりして運動を妨げてゐた。こんどはこの運動の妨げをする抵抗のことを調べてみよう。

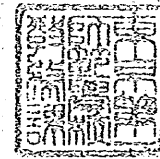
##### 1. 物體が滑るときの摩擦

【實驗】 机の上に四角な木を置き、次頁の圖のやうに、これにばね秤を附けて、だんだん強く引いてみよう。また滑り始

# 物 象

4

中 學 校 用



中等學校教科書株式會社

[中] ¥ .60