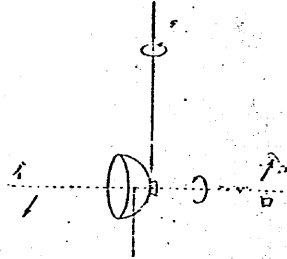


もし、軸の方向を無理に變へようとしたらどうなるであらうか。

【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。

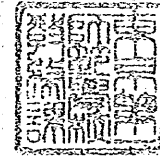
1. 物體が滑るときの摩擦

【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

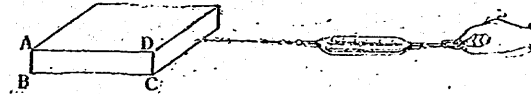
中 學 校 用



教
務

中等學校教科書株式會社

[中] ¥ .60



めのとときの秤の示度を讀め。

物體を動かさうとして外力を働かせると、この物體には、机との接觸面に於いて外力と反對の向きに摩擦力が働く。初めのうち、物體が滑り出さないのは、外力が大きくなるにつれて摩擦力も大きくなつて、これらが釣合つてゐるためである。

しかし摩擦力の方には限度があつて、或る大きさ以上にはなれないために、外力がこれより大きくなれば、滑り出すものと考へられる。このときの摩擦力を最大静止摩擦力といふ。

先の實驗に用ひた木片上にいろいろな錘をのせて、滑り始めのときの摩擦力を測ると、最大静止摩擦力は物體の接觸してゐる面に働く全壓力に比例することがわかる。また木片の他の面例へば圖の ABCD の面を下にして、机と接觸させて測ると、その面に働く全壓力が變らなければ、最大静止摩擦力は前の場合に等しく、その接觸面積の大小には關係のないことがわかるであらう。

いろいろ性質の違つた面を使つて實驗してみると、全壓力は同じでも最大静止摩擦力は違つて来る。ざらざらした面では大きく、滑らかな面では小さい。

物體が運動してゐるときも摩擦力が働くが、このときの摩擦

物 象

4

(中 學 校 用)

昭和 21 年 4 月 8 日 印 刷 (中)
昭和 21 年 4 月 12 日 發 行 定 價 60 錢

著作權所有

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

著 作 者
發 行 者

東京都神田區岩本町三番地
中等學校教科書株式會社
代表者 龜井 寅 雄

印 刷 者

東京都牛込區市谷加賀町一丁目十二番地
大日本印刷株式會社
代表者 佐久間長吉郎

配 給 元

東京都神田區淡路町二丁目九番地
日本出版配給統制株式會社

發 行 所

東京都神田區岩本町三番地
中等學校教科書株式會社
日本出版配給統制委員會番號 A 102913

力は最大静止摩擦力より少し小さい。

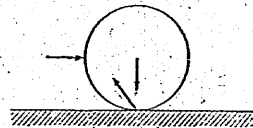
摩擦力は運動を妨げるものであるから、機械の運動などには邪魔である。それで油や石炭などの潤滑料を塗つて、これを小さくする。

2. 物体が轉がるときの摩擦

水平な机の上で球を轉がしても、暫くたつとその運動は止まる。このやうに物体が滑り合はなくて、ただ轉がるときでも運動を止めようとする力が働く。このときの摩擦を轉がり摩擦といふ。

(問題) 1. 轉がり摩擦は滑り摩擦に比べると非常に小さいが、このことを利用した例を擧げてみよ。

〔考察〕 水平な板の上で圓柱を轉がすとき、板も圓柱も非常に固くて、少しも凹むことがなく、一つの直線で接してゐるとしたら、



轉がり摩擦は起り得るであらうか。また、このことから實際の場合には、接觸した部分はどのやうに變形してゐると思ふか。

(問題) 2. 車を曳いて道の軟かいところへ來ると重く感ずるのはなぜか。

3. 流體の摩擦

こんどは流體の中を物体が運動するときに受ける抵抗を調べてみよう。

流れてゐない水の上を舟が前へ進んでゐるとき、舟に乗つてこれを見れば、舟が止まつてゐて水が後へ流れてゐるやうに見える。舟と水との關係はどちらが止まつてゐて、どちらが動いてゐると考へても全く同じことである。そこで舟の受ける抵抗を調べるには、流れてゐる水が止まつてゐる舟に及す力を調べてもよい。

止まつてゐる流體が物体に及す力は、いつもその面に垂直であつたが、流れてゐる流體ではどうであらうか。

〔實驗〕 金盥に水を入れ、これをかき廻して水に圓運動をさせ、その真中に木皿を浮かせてみよ。

木皿は回轉するかどうか。



流れてゐる流體は物体の表面に垂直に壓力を及すだけでなく、流れの方向につれて行かうとする力をも及す。流れの方向に力を及すこの性質を流體の粘性といふ。粘性による力の大きさは、流體の速さによつても違ふが、また流體の性質にもより、油のやうにどろどろしたものでは大きい、空氣のやうなものでは

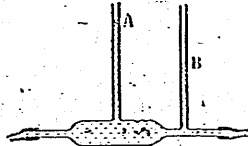
1) 氣體と液體を一しよにして流體といふ。

小さい。

4. 流体の圧力

止まつてゐる流体の中では、圧力は高さだけによつてきまつてゐるが、流れてゐる流体の中でも同じであらうか。

【実験】 圖のやうに、ガラス管の一部を細くして、A, B, の二つの側管を附け、ガラス管を水平にして左の方から水を流してみよ。A, B, の水面はどう違ふか。



【考察】 1. この実験から、流れの速いところと遅いところでは圧力がどのやうに違ふことがわかるか。

【考察】 2. 霧吹の作用を考へてみよ。

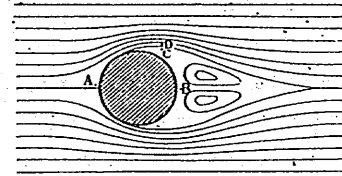
このやうに圧力は速さによつても違ふから、流れの様子がわからなければ、物體の受ける力はわからないことになる。

5. 流体中の物體の受ける抵抗

流体の各部分が流れて行く道を示す線を流線といひ、また側面が流線で出来てゐるやうな管を考へて、これを流管といふ。1本の流管についていへば、太いところでは、流れの速さが小さく、細いところでは大きい。

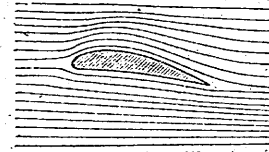
【観察】 橋の脚などのやうな、材木のために川の流れが妨げられてゐるところで、流線がどんなになつてゐるか観察して、これを圖に書いてみよ。

実際に調べてみると、流れが非常に遅いとき以外には、物體の後側で流体が渦み、そこには渦が出来て、流線は大體圖のやうになる。



このやうな場合には、物體の前側の圧力の方が、後側の圧力よりも大きいから、物體にはこれを押流さうとする力が働く。この他に粘性による力もまた押流さうとする作用をもつが、これは圧力のための力に比べれば、一般にずっと小さい。

流体の中を物體が運動するときもこれと同じで、主に圧力のための抵抗力を受けるが、物體の形を圖のやうなものにして、物體が速く走るときにも、その後渦の出来ないうやうにしておけば、抵抗が小さくてすむ。このやうな形を流線形といふ。魚にはこれに近い形をしたものが多い。



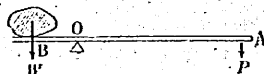
エネルギー

1. 機械と力

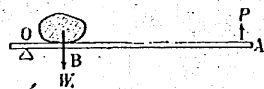
1. てこ・滑車・斜面

(イ) てこ

[考察] 1. 軽くて丈夫な棒^D AB の一点 O を支点とし、B に重さ W の物体をのせたとき、A に何程の力を與へれば棒が水平に保てるか。



OB に比べて OA を長くすれば、直接支へるよりも小さい力で物体が支へられることがわかつたであらう。



(問題) 1. このとき支点の受ける力は何程か。

(問題) 2. てこの理を應用した實例を擧げてみよ。

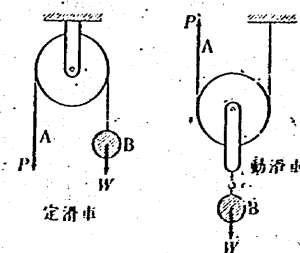
(ロ) 滑車

[考察] 2. 動滑車や定滑車を使つて、物体を支へるには、綱の一端に何程の力を加へればよいか。

1) 重さは考へなくてもよい。

2) 動滑車の重さはないものとしてみよ。

この考察でわかるやうに、動滑車を使へば、直接支へるより小さい力で物体が支へられ、定滑車を使へば力の方向を變へることができる。



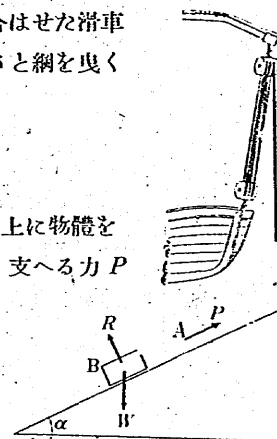
(問題) 3. 圖のやうに、

動滑車3箇と定滑車3箇とを組合はせた滑車で物体を支へるとき、物体の重さと綱を曳く力との關係を求めてみよ。

(ハ) 斜面

[考察] 3. 圖のやうに斜面の上に物体を支へるときの物体の重さ W と、支へる力 P との關係を、滑かな斜面の場合について考へてみよ。

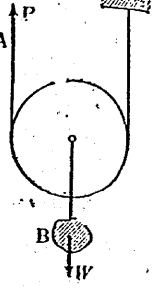
R は物体が面から受ける力で、摩擦がないときには、いつでも面に垂直に働く。



2. 仕事

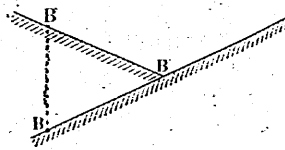
上のやうに、重い物体でもいろいろな機械を使ふと、小さい力で支へられることがわかつたが、こんどはこれらの機械を使つて、物体をゆつくり持ち上げるときのことを考へてみよ。

〔考察〕 1. 動滑車で、物体 B の持ち上げられた距離と綱の一端 A を動かした距離との比を求め、これらが P, W とどんな関係になつてゐるか考へてみよ、また動滑車と定滑車とを組合はせた滑車についても、同様に考察してみよ。



力と力の方向に動いた距離との相乗積を、仕事といふことは已に知つてゐるが、かうしてみると、滑車を使つても使はなくても、物体を持ち上げるための仕事に變りはない。

〔考察〕 2. このことは、滑車のときだけに成立つてゐらうか、てこを使つたときはどうか。また物体を直接に B から B' に運ぶのと、滑かな斜面を使つて B から B'' を通つて B' に運ぶのと、仕事に違ひがあるか。

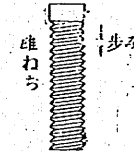


われわれは、事柄を考へ易くするために、てこや動滑車では
1) てこでは、これをたくさん動かすと、A や B が圓弧を描くので、考察が複雑になるから、極く僅か動したときを考へればよい、たくさん動かしても同じことが成立つ。

それ自身の重さを考へないことにしたが、実際には必ず重さがある、また斜面には必ず摩擦がある。

〔考察〕 3. このやうな実際の場合にも、機械を使ふのと使はないので、仕事に違ひがないであらうか。

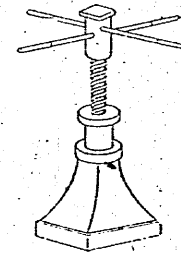
これらの考察でわかるやうに、機械自身の重さや摩擦が小さくて、これらを考へなくてもよいときは、機械を使つても使はなくても、仕事には少しも變りがない、このことはてこや滑車や斜面に限らず、その他のいろいろな機械についても成立つことで、これを仕事の原理といふ。



機械のなかにはねちを使つたものが多い、ねちにも溝の切り方にいろいろなものがあるが、1 回轉すると山と山との間隔だけ進む、この距離をねちの歩みといふ。



〔考察〕 4. ジャッキは重い物体を少しづつ持ち上げるのに使ふ機械であるが、重さ 60 斤重の物体を持ち上げるには、腕の一端に何程の力を與へればよいか、腕の長さを 60 寸、歩みを 1 寸として計算してみよ。



3. 仕事の単位

仕事の単位は、普通、力の単位と距離の単位との相乗積の形で表してゐる。例へば、1 疋重の力を働かせて、その方向に 1 米だけ動かしたときには、これを 1 疋重・米¹⁾の仕事と呼ぶ。力や長さの単位はいろいろあるから、それにつれて仕事の単位にもまたいろいろあるが、その中で物象の研究で屢、用ひられるのは、1 ダイシ²⁾の力が働いて、その方向に物體を 1 種だけ動かしたときで、これを 1 エルグの仕事といふ。

[考察] 質量 m 瓦の物體を h 種だけ上げるには何エルグの仕事が必要か。

(問題) 1 疋重・米は何エルグか。

1 エルグといふ単位は非常に小さいから、その 10^7 倍を 1 ジュールと呼んで、實用上にはジュールを用ひることが多い。

2. 仕事とエネルギー

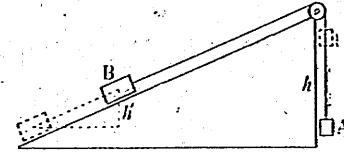
1. 重力による位置エネルギー

高いところにある水槽の水は、管で下へ導くと水車を廻すことができる。このやうに高いところにある物體は低いところへ下がるまでに、他のものに仕事をすることができるが、その仕事

- 1) 工學では、1 疋重の力を 1 疋の力、1 疋重・米の仕事を 1 疋米の仕事と呼ぶ。
- 2) 大體 1 疋の分測を 1 種上げるときの仕事に等しい。

の大きさは何程であらうか。

[考察] 1. 重さがそれぞれ W 瓦重及び W' 瓦重の二つの物體 A, B を糸で結び、圖のやうに定滑車を通して A を吊るし、B を滑らかな斜面の上のせて釣合はせた装置がある。A が



静かに h 種だけ下がるとき、B に何程の仕事をするようになるか。また逆に B が静かに鉛直距離で h 種 (斜面上に沿つて l 種) だけ下がるとき、A に何程の仕事をするようになるか。

[考察] 2. てこや組合はせ滑車を使つて、二つの物體を釣合はせた場合にも同様に考察してみよ。

これらの考察でわかるやうに、重さ W 瓦重の物體は、斜面や滑車に摩擦がなければ、鉛直距離で h 種だけ静かに下がる間に、他の物體に Wh 瓦重・種の仕事をすることができる、いろいろの場合について考察してみても、このことはいつでも成立つてゐる。

一般に物體が仕事をする能力をもつてゐるとき、その物體はエネルギーをもつてゐるといふ。高いところにある物體のもつエネルギーを重力による位置エネルギーと呼ぶ。重力による位置エネルギーの大きさは、摩擦がないとしたとき、その物體が

- 1) A と B とが釣合つたままで、ゆつくり動いて行くときを考へよ。

標準の高さまで、静かに下がる間にすることのできる仕事の量で表す。

標準の高さのきめ方で、位置エネルギーの大きさは違ってくる。場合によれば、その大きさが負になることもある。

(問題) 1. 質量 m 瓦の物体が h 程の高さにあるとき、その物体のもつてゐる位置エネルギーは何エルグか。

(問題) 2. 内径 5 程の円筒に、底から 20 程の高さまで入れた水の底面に對する位置エネルギーは何程か。

2. 運動エネルギー

[考察] 1. 飛んでゐる弾丸は、他の物体に當つたとき仕事をすることはできないであらうか。

この考察でわかるやうに、物体は動いてゐることのために、他の物体に仕事をすることがあるから、やはりエネルギーをもつてゐるといへる。これを運動エネルギーといふ。ここではこの大きさについて考へてみよう。

[考察] 2. v 程/秒の速さで走つて来た質量 m 瓦の物体 A が、他の物体に當つて、これを一定の力で一直線に押しながら s 程だけ進み、その速さが v' 程/秒に減少したとする。このとき A がなした仕事は

1) 詳しい計算によると、力の大きさや方向が変わるときでも同じことが成立つ。

$$\left(\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv'^2\right) \text{ エルグ}$$

に等しいことを、運動の法則を使つて證明せよ。

[考察] 3. 物体の運動エネルギーの大きさは、その物体が止まるまでに、他の物体にすることのできる仕事の量で表す。 v 程/秒の速さで走つてゐる質量 m 瓦の物体の運動エネルギーは何エルグか。

(問題) 幅 20 米、深さ 2 米で、流速 1 米/秒の川の流れるがある。流れに沿つて、100 米の距離の間にある水のもつ運動エネルギーは何程か。

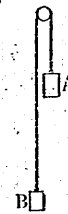
3. 重力による位置エネルギーと運動エネルギーとの和高いところで動いてゐる物体は、位置エネルギーも運動エネルギーももつてゐるから、これらの全體のエネルギーについて考へてみよう。

[考察] 二つの錘 A, B (A は B より重いとす) を糸で結び、糸を滑かな釘にかけて放したときの運動で、

(イ) A が B にした仕事と、B のエネルギーの増加との関係

(ロ) A が B にした仕事と、A のエネルギーの減少との関係

(ハ) A のエネルギーと、B のエネルギーとの和



を運動の法則を使つて考へてみよ。

一般にどんな場合でも摩擦のないときは、

(1) 物體は他から仕事をされれば、それだけエネルギーを増し、また他の物體に仕事をすれば、それだけエネルギーが減少する。

(2) 随つて他から仕事をされることも、他に仕事をすることもないときには、そのエネルギーは一定に保たれる。また仕事をしたものとされたものとを、全部一しよにして考へれば、その總體のエネルギーには變りがない。

これらのことは、運動の法則から導くことができる。これをエネルギー保存の法則といふ。

(問題) 物體を高いところから放したときの運動について、エネルギー保存の法則を導いてみよ。

4. 弾性エネルギー

引伸ばした蔓巻ばねは、物體に力を作用してこれに仕事をすることができるから、やはりエネルギーをもつてゐるといへる。このやうに弾性體が歪んでゐるとき、その物體の中に蓄へられてゐると考へられるエネルギーを、弾性による位置エネルギー或は弾性エネルギーといふ。

1) これを特に機械的エネルギー保存の法則といひ、後に述べるやうに更に擴張される。

[考察] 蔓巻ばねに物體を吊るし、これを上下に振動させたとき、重力及び弾性による位置エネルギー及び運動エネルギーが、それぞれ最も大きくなるところ、また最も小さくなるところはどこか、考へてみよ。

このやうなときでも、位置及び運動エネルギーの和を調べてみると、やはりエネルギー保存の法則が成立つことが證明される。

5. 電気エネルギー

Q クーロンの電氣量を V ボルトだけ電位の高いところへ運ぶに、 QV ジュールの仕事が必要であることは、已に知つたが、このやうに高い電位にある電氣は、これを電動機を通して、電位の低いところに導けば仕事をすることができる。随つて高い電位にある電氣は、やはりエネルギーをもつてゐると考へられる。これを電氣エネルギーといふ。

[考察] V ボルトだけ電位の高いところにある Q クーロンの電氣量のもつエネルギーは何程か、 h 程の高さにある W 瓦重の物體のもつ位置エネルギーと比較して考察せよ。

6. 熱エネルギー

われわれは今まで考察を簡單にするために、すべて摩擦はないものとして考へて來たが、實際の機械などには必ず摩擦があ

つて、運動を妨げ、導線で電気を導く場合にも、実際には電気抵抗があつて、電流を妨げる。

〔考察〕 摩擦のある斜面上に沿つて、物體が滑り落ちるときでも、エネルギー保存の法則は成立つてあろうか。また電球を通して、電気を高い電位から低い電位に導くときはどうか。

このとき電球内で熱の発生することは已に知つてゐるが、斜面ではどうであらうか。

〔実験〕 1. 2枚の木の板を強くこすり合はせた後、その板にさはつてみよ。また鋸で木を切つた後、鋸にさはつてみよ。

これらの考察や実験でわかるやうに、摩擦や抵抗のあるときには、全體のエネルギーが減つてエネルギー保存の法則は成立たないやうに見えるが、その代りに必ず熱が現れる。

このとき失はれたエネルギーと熱量との間には、なにか関係がないであらうか。

先に電流の熱発生作用について學んだが、水中に置いた抵抗 R オームの導線に V ボルト、 I アンペアの電流を通す時、 t 秒間に発生する熱量を Q カロリーとすれば、次の関係のあることを知つてゐる。

$$Q = \frac{1}{4.2} \times I^2 R t = \frac{1}{4.2} \times VII$$

t 秒間に導線中を通つた電気量は It クーロンであるから、この中で失はれる電気エネルギーは VIt ジュールである。即ち常に 4.2 ジュールの電気エネルギーが失はれる時、 1 カロリーの熱が発生することがわかる。

この 4.2 ジュールを熱の仕事當量といふ、實用の單位では 427 庭重・米が 1 キロカロリーに相當してゐる。

機械に摩擦のあるときなどでもやはり同じで、 4.2×10^7 エルグのエネルギーが失はれば、その代りにいつも 1 カロリーの熱が発生してゐる。また蒸氣機關などでわかるやうに、熱はこれをもとにして仕事をすることができる。

これらのことから考察してみると、熱は弾性エネルギーと同じやうに、物體の内部に蓄へられた一種のエネルギーと考へられる。

このやうに熱を、その 1 カロリーが 4.2×10^7 エルグに相當する一種のエネルギーと考へて、いろいろな場合について實際に調べてみると、全體のエネルギーについては、いつでもエネルギー保存の法則が成立つてゐることがわかる。

已に知つたやうに、物體は分子が集つて出来てゐるが、それらの分子はそれぞれ思ひ思ひの方向に振動してゐるものと考へられてゐる。

水を攪拌すれば、その運動は粘性のために次第に止まるが、水温はそのために僅かではあるが上昇する。攪拌した水が流れてゐるといふのは、分子がそれぞれ進つた方向に小さい振動をしながらも、全體としては流れの方向に動いてゐることに當る。しかしこれらの分子は互に衝突するので、次第にその運動が亂れて、遂には思ひ思ひの方向の振動だけになつてしまふであらう。かうなつたとき、われわれには \bar{v} としての運動は認められないが、その代りに水温が僅か上つたことがわかるので

ある。このことから熱エネルギーは、分子の振動エネルギーの総和と考へればよさうである。

7. エネルギーの移り変わり

われわれは今までいろいろな種類のエネルギーを考へて来たが、ま この他にも違つた種類のエネルギーが考へられる。例へば、燃料が燃焼するとき熱を生じたり、電池から電流が発生したりするやうな物質變化に伴ふエネルギーは、物質内部に蓄へられてゐたものと考へなければならぬ。

このやうに、自然界にはいろいろなエネルギーがあつて、それらが一つの態から他の態に變り、一つの物體から他の物體へ移つて行く。しかしいろいろ調べた結果、これらの變遷の間でも、エネルギーの総和は一定に保たれてゐるものと考へられてゐる。これが一般の場合のエネルギー保存の法則である。

(問題) 他からエネルギーを補給されることなしに、いつまでも仕事をするやうな機械を作ることはできるであらうか。

8. 動力

機械がエネルギーの補給を受けて仕事をするとき、どれだけの仕事をどれだけの時間でするかが、實際の問題としては大事なことである。単位時間にする仕事の量を仕事率或は動力と呼び、毎秒1ジュールの仕事をするときに、これを1ワットの仕事率といふ。1000ワットのことを1キロワットといひ、實用上

ではこれを用ひることが多い。また實用上では、動力の單位として馬力を用ひるが、1馬力は75 疋重・米/秒、即ち約 $\frac{3}{4}$ キロワットに當る。

(問題) 動力と電力との關係を考へてみよう。

1) メートル制1馬力は75 疋重・米/秒即ち735ワット、日本度量衡法による1馬力は746ワットである。

振動と波動

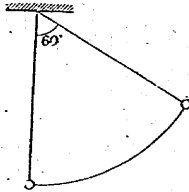
1. 振動

柱時計の振子や懐中時計のテンブなどは、一周毎に同じ運動を繰返してゐる、このやうな運動を振動といふ。これからこの振動について調べてみよう。

1. 単振子

柱時計の振子では、その構造が複雑であるから、初めに小さい錘を糸に付けて天井から吊るしたものを、鉛直面内で振らせるときの振動を調べることにする。このやうな振子を単振子といふ。

(問題) 1. 長さ 50 ㎝の糸で錘を吊るし、糸を鉛直線方向から 60 度傾けた位置で放した。錘が最下点を通るときの速さは何程か、錘のエネルギーを考へて計算してみよ。

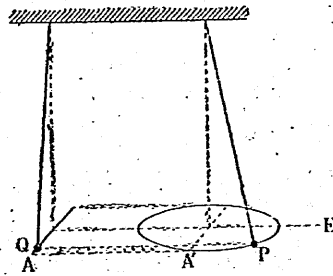


このやうな単振子の運動の中で、錘を吊るす糸を長くし、振れの幅を小さくしたときの運動を特別に調べてみよう、このと

- 1) 単位時間のうちに運動を繰返す回数、即ち周期の逆数を振動数といふ。
- 2) 振れの幅の半分、即ち中心から片側の端までの長さを振幅といふ。

きには、錘はほぼ直線上で振動してゐるとみなすことができる。

【実験】 1. 長さの等しい二つの長い振子を、圖のやうに並べて置く。錘 P に圆锥振子の運動をさせて、P がちやうど A' の位置に來たときに、錘 Q を A から放して振動させ、E の方



から見て、二つの錘の運動を合はせてみよう

二つの錘が全く一致して運動することがわかつたであらう、運動の法則からも、この二つの運動が同じものであることが證明される。等速円運動を横の方から眺めた運動は、単振動であるから、このことから単振子は単振動をすることがわかる。

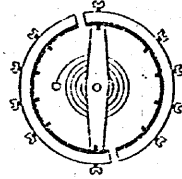
(問題) 2. 長さ l の単振子が単振動をするとき、その周期を表す式をつくれ。周期は振幅によつて違ふであらうか。

振れる角度が小さいとき、周期が振幅や錘の質量に無関係であることを振子の等時性といふ。

【実験】 2. 重力の加速度 g を測定する方法を考へ、實際にやつてみよう。

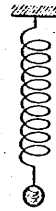
2. ばね振子

〔考察〕 単振子や柱時計の振子が振動するのは重力の作用によるが、懐中時計のテンブが振動するのは何によるか。



このやうにばねを用いた振子をばね振子といひ、その振動を弾性振動といふ。

〔実験〕 蔓巻ばねに錘を付けてこれを吊し、錘を少し引下げてから放してみよ。どんな運動をするか。また振幅を變へたとき周期が違ふか、いろいろな質量の錘を用ひ、また蔓巻ばねの長さを變へて、振動の周期がどのやうに變るか調べてみよ。



詳しく調べてみると、錘は單振動をすることがわかる。またその周期は振幅が小さいときには、これに關係しないが、錘の質量が大きいほど、またばねが長いほど大きくなる。

長い金屬棒の一端を固定し、他端に錘を附けたものや、テンブの振動でも同じやうなことが成立つ。

3. 共鳴

- 1) ばねが長いといふことは、それが單位の長さ毎に生ずる弾力が小さいといふことになる。

このやうに物體の振動では、いづれも自分に定まつた固有の周期がある。これを固有振動の周期といふ。重い釣鐘のやうなものをひやみに押ししたり引いたりしてみても、なかなか振れにくい。釣鐘の固有振動の周期に合はせて押ししたり引いたりすると、しまひには揺れ出す。一般に外から周期的の力を作用させるとき、その力の周期が物體の固有振動の周期に近いほどよく振れる。この現象を共鳴といふ。

地震でも、地面の振動の周期が家屋の固有振動の周期に近いと、家屋は揺れ易い。

2. 波 動

1. 水 波

〔觀察〕 静かな水面に石を投げて水波を起し、水面に木の葉を浮かばせて、その運動を觀察せよ。また波の進む方向に沿つて2枚の木の葉を浮かばせ、その運動を比較してみよ。

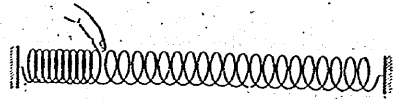
このやうに、振動が次々に少しづつおくれて傳はつて行く現象を一般に波動といひ、波動を傳へる物質を媒質といふ。

水面は重力のために水平にならうとし、また表面張力のために縮まらうとしてゐる。水面の一部に急に谷が出来ると、これを平らにしようとして隣の部分からこへ水が流れ込み、そのために隣の部分の水面が低くなる。このやうなことが次々に起つて谷が傳はる。水面に山が出来たときでも同じである。つまり水波が出来るのは、重力と表面張力の兩方の作用のためである。

2. 蔓巻ばねを傳はる波動

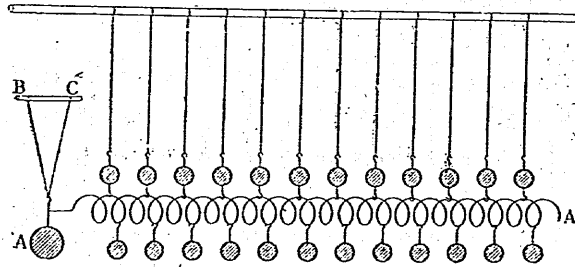
〔實驗〕 弾力が弱くて長い蔓巻ばねの兩端を固定し、その

一端に近いところを
指で縦に引いて押し
縮め、急に放してみ



よ。また横に引いてから急に放してみよ。

縮んだ状態や横にずれた状態が、ばねに沿って進んで行くのがわかるであらう。この傳はり方を詳しく調べようとしても、それが速くてなかなかわかりにくい。傳はる速さを小さくする工夫はないものであらうか。



図のやうに長い糸で、鐘を等間隔にたくさん吊るし、この鐘になるべく弾力の弱い巻ばねをかけて、これを水平に保ち、ばねの下側にも鐘を吊るして置く。ばねの一端には別に大きな鐘 A を用ひて 2 本吊り振子を作り、これで波を起すことにする。この装置を波動装置と呼んでおく。

【考察】 このやうに弾力の弱いばねを用ひ、更にこれに鐘

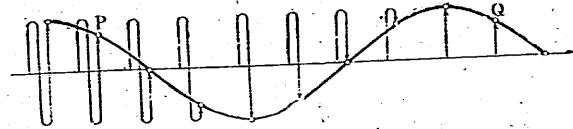
をかけておけば、波動の傳はる速さが小さくなるが、これは何故か。

3. 横波

【実験】 波動装置で大きな鐘 A を前後に振らせたとき、他の鐘がどのような運動をするか観察せよ。

A が前後に振動すれば、それぞれの鐘も皆 A と同じ周期で、これと同じやうに前後に振動するが、図の右にある鐘ほど振動がおくれて来る。このときそれぞれの鐘の振動する方向は波の傳はる方向に對して直角になつてゐる。このやうな波動を一般に横波といふ。

【考察】 1. 図を見ながら横波の進む有様を考察せよ。



この考察でわかるやうに、媒質の 2 點例へば P と Q とは、いつでも同じ状態で振動する。PQ の距離を波長といふ。また媒質の振動の振幅及び周期を、それぞれ波動の振幅及び周期といふ。

〔考察〕 2. 波動の傳はる速さ、波長及び周期などの間に、どんな関係が成立つか。また周期の代りに振動数を用ひれば、どうなるか。

波を起すもとの振動の仕方が變れば、媒質の各點の振動の仕方も變つて來るが、特にこれらが單振動するやうな波動を正弦波といふ。

〔考察〕 3. 振幅を 1.5 釐、振動数を毎秒 2 回、波動の傳はる速さを 20 釐/秒として、正弦波の波形を圖に書いてみよ。

4. 縦波

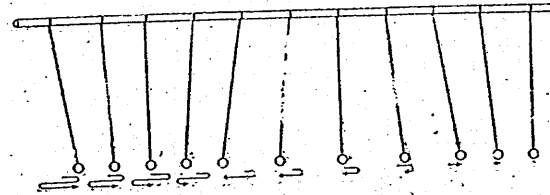
〔實驗〕 波動裝置で BC を直角だけ廻はして大きな錘 A を左右に振らせ、前と同じやうに他の錘の運動を觀察してみよ。

〔考察〕 1. このときの波動を次頁の圖を見ながら考へ、次の事柄を圖に書き入れよ。

- (イ) 各部分の變位¹⁾
- (ロ) 各部分の速さの向き
- (ハ) ばねが最も密なところと粗なところ
- (ニ) 波長

このときには各部分の振動の方向は波の進む方向と一致して

1) 波を起さなかつたときの位置と比べて現在ずれてゐる距離。



ゐる。このやうな波動を一般に縦波といふ。また粗の部分と密の部分とが交互に傳はるので、粗密波ともいふ。

〔考察〕 2. 正弦波が傳はるものとして、波を起さなかつたときの各部分の位置を横軸に、現在の變位を縦軸にとつて、この関係を圖表に書け。

このやうにすると、縦波もまた横波と同じやうに書き表せる。變位の代りに、各部分の粗密をとつても、同様に波動の形になる。随つて縦波は媒質の粗密が波動の形で傳はるものと考へられる。

5. 波動の重なり

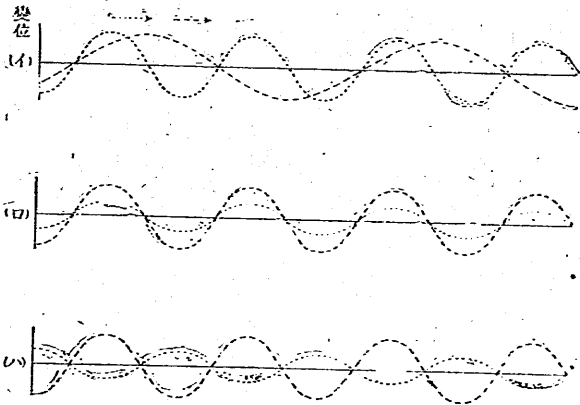
〔觀察〕 静かな水面に石を二つ投げ、このとき出来る波が互に出遇つた後、どうなるか觀察してみよ。

波は出遇つても、その後は少しも亂されてゐない。波は他に波があつても、そのもちまへの運動をそのまま續けて行くものと考へられる。

1) 波動裝置でいへば、ばねの單位長さ當りの輪の數。

また波が衝突してゐるときのやうに、水面の一部分に二つの波が同時に到達すると、水はそれぞれの波のもちまへの運動を同時に行ふ、そのために、それぞれの波に基づく變位を合成した變位をすることになる。このことは水波に限らず、一般に振幅の小さい波動について成立つことで、これを波動の重なりの方則といふ。

〔考察〕 1. 一つの媒質の中を圖のやうに、二つの横波を

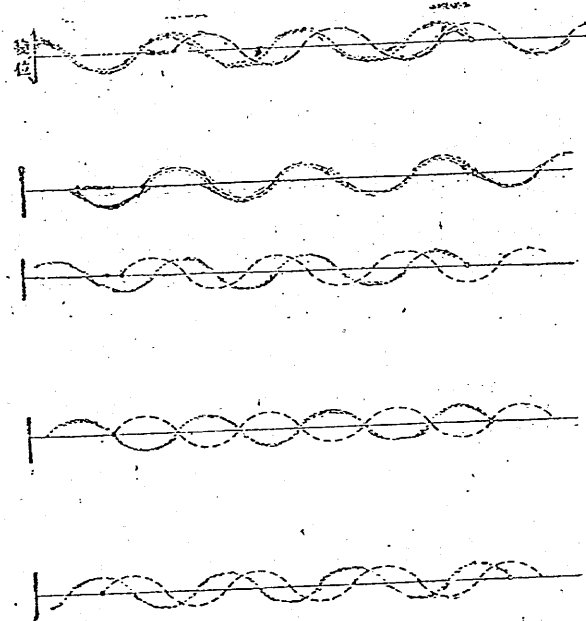


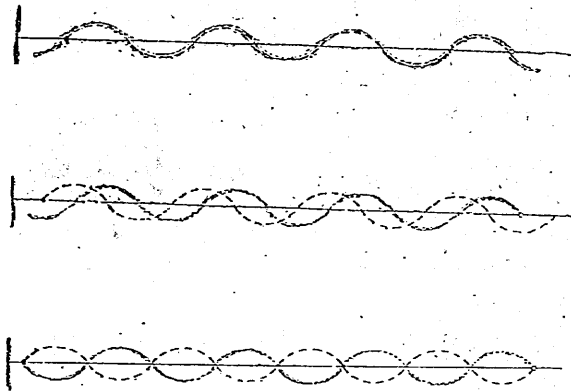
たは縦波が同じ方向に等しい速さで進むとき、これらが重なつて出来る合成波はどうなるか。(a)(b)(c)の場合について、それぞれ圖に書き入れてみよ。

二つの波動の波長が違ふときは、(a)のやうに波形が變つて

来る。また同じ波長のときには、兩方の波動の振動の足並がちやうど揃つて互に強め合ふ場合も起れば、ちやうど消し合ふ場合も起る。(b)の場合特に兩波の振幅が等しければ、完全に消し合つてしまふ。波長の等しい二つの波の重なりを干涉といふ。

〔考察〕 2. 二つの横波または縦波が、反對の方向に等しい速さで進む場合はどうなるであらうか。振幅も波長も等しいとして合成波を圖に書き入れよ。





このやうに反対方向に等しい速さで進む波を合成して出来た波はどちらにも進まない。また媒質の各点の中には少しも振動しない点(節)と最もよく振動する点(腹)とが出来て、これらは交互に波長の $\frac{1}{4}$ づつへだてて並ぶ。このやうな波を定常波といふ。

6. 反射波

〔実験〕 1. 波動装置で振子 A を固定し、A' を手に持つて 1 回振動させてみよ。波動が A 端に到達した後どうなるか。また振子 A をはづして、同じことをやつてみよ。

この実験でもわかるやうに、一つの媒質の中を進んで来た