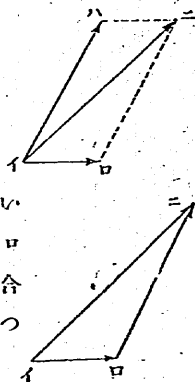


たらどのくらいの速さを有するか。又後方に向かつて歩けばどうか。

このやうに物體の速さは、これを見る人によつて違つて来る。速さと共に運動の方向をも合はせ考へた量を速度といふ。速度は力と同様に、その方向にその大きさに比例した長さの矢を引いて表すことができる。

問五 南に向かつて 400 呎/時 の速度で飛んでゐる飛行機が、20 米/秒 の西風に流されたならば、地面に對する速度の大きさは幾らか。又その方向はどうか。

甲が乙に對して矢イロで表される速度で動き、乙は又丙に對して矢イハで表される速度を有する時、丙に對する甲の速度は圖のやうな平行四邊形の對角線イニで表される。このやうに矢イロと矢イハとから矢イニを求めることを速度の合成といひ、矢イニを合成速度といふ。圖でイハはロニに平行で且つ長さが等しいから、速度の合成はまた右の圖のやうに三角形の作圖によつて行なふこともできる。



この方法によつて、逆に一つの速度を任意の二つの方向の速度に分解して考へることができる。

中等物象

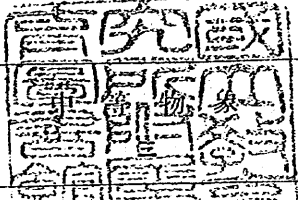
三

文部省調査普及局刊行課贈

文部省

[後] ¥ .70

(82)


 昭和21年5月17日印刷 同日刷製印 〔後〕
 昭和21年5月21日発行 同日刷製印 定価 70 銭
 [昭和21年5月21日 文部省検査済]

著作権所有
 APPROVED BY MINISTRY OF EDUCATION
 (DATE May 17, 1946)

著 作 者 文 部 省
 発 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 加 野 庄 吉
 印 刷 者 東京都中央区本町二丁目十二番地
 大日本印刷株式會社
 代 表 者 佐久間長吉郎

發 行 所 中等學校教科書株式會社

教科書番號 82ノ三

(ハ) 加速度

問六 3 米/秒 の速度 で進んでゐた飛行機が 10 秒後には
 同じ方向に 25 米/秒 の速度になつたとすれば、この飛行機は
 1 秒について平均どれだけ速度を増したことになるか。

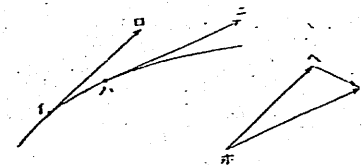
問七 實驗によれば高い所から重い物體を落す時、下向き
 の速度は大體次のやうに變化する。1 秒ごとの速度の變化は
 幾らか。

時 刻 (秒)	0	1	2	3	4
速 度(米/秒)	0	9.8	19.6	29.4	39.2

單位時間内に於ける速度の變化を加速度といふ。例へば、1
 秒/秒 の速度の物が一樣に速くなつて 1 秒後に同じ方向に 2 秒/秒
 の速度になつたとすれば、加速度は毎秒 1 秒/秒 で、1 秒/秒² と書
 く。物體の落下運動の加速度は下向きに 9.8 米/秒² である。普通
 この加速度の大きさを g で表す。

速度の變化はその大きさの變化ばかりでなく、その方向の變
 化をも考へなければなら

ない。今曲線の軌道イハ
 に沿つて走る汽車が、イ
 では矢イロで表される速
 度をもち、時間 t の後に、



ハでは速度ハニになつたとする。別圖でホからイロ、ハニと大
 きさ・方向の等しい矢ホへ、ホトをそれぞれ引くと、矢ヘトは

時間 t の間に於ける速度の増加の方向と大きさを表す。このやうな方法によつて加速度を求めることができる。

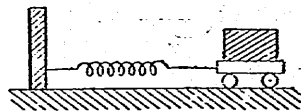
問八 月が地球の周りを廻る時、加速度は地球の中心へ向かつてゐることを説明せよ。

二 力と加速度

先に考へたやうに、力は物體に働いて運動の状態を變へる作用、即ち加速度を生ぜしめる作用である。随つてもし物體に外から力が働かなければ加速度を生ずることがなく、静止してゐる物體は静止し、運動してゐる物體は等速度運動を続ける（慣性の法則）。

次に物體に外から引き續いて力が作用する時、加速度はどのやうに生ずるかを調べてみよう。

實驗 なめらかで水平な板の上に置いた物體に下の圖のやうに臺巻ばねを取り附けて、次のいろいろの場合の運動を比較せよ。ばねは初め伸び縮みのない状態にあるものとする。



(一) 物體を一箇附けて、初めの位置から或る長さだけ引いて離した場合。

1) なめらかに動くやうに物體を軽い車に載せるとよい。

(二) 物體を一箇附けて、引き伸す長さを 2 倍にした場合。

(三) 同じ物體を二箇附けて、(一)と同じだけ引き伸して離した場合。

(四) 物體を二箇附けて、(二)と同じだけ引き伸して離した場合。

どれが一番急に動き出すか、どれが一番緩く動き出すか、(一)と(四)とでは動き出し方に差があるか。

一般に物體に働く力と、それによつて生ずる加速度との間には次の関係がある。

物體に外から力が働くと、その力の方向に加速度を生じ、その大きさは力の大きさに比例し、物體の質量に反比例する（運動の法則）。

質量 1 瓦の物體に働いて 1 靉/秒² の加速を生ずる力を 1 ダインといふ。質量 1 瓦の物體には 1 瓦重の重力が働き、自由に落下させれば 980 靉/秒² の加速度を生ずる。即ち 1 瓦重の力は 980 ダインに等しい。

今質量 m 瓦の物體に、 f ダインの力が引き續いて作用する時に生ずる加速度を a 靉/秒² とすれば、一般に次の関係がある。

$$f = ma$$

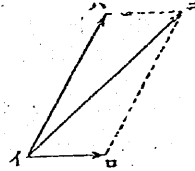
問一 5 瓦の物體に 10 ダインの力が働くと、物體の得る加速度は幾らか。

問二 汽車や自動車は動き始めに大きな力を要する。何故か。

三 力 の 合 成

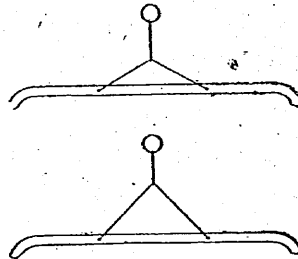
(イ) 作用線の交はる力

既に學んだやうに、一つの物體に圖のやうに二つの力イロ、イハが働いてゐてその作用線が交はる時は、これを二邊とする平行四邊形の對角線イニで表される一つの合力が働くのと同等の作用をする。又逆に力イロ、イハは力イニの分力である。



一つの物體に幾つかの力が同時に作用してゐる時には、必ずしも加速度を生ずるとは限らない。それはそれらの合力が0となる時で、全體として力が作用してゐないのと同じ結果になる。この場合にはそれらの力が釣り合つてゐるといふ。

問一 衣紋掛の紐は、右の圖の上の場合と下の場合とではどちらが細くてすむか。



(ロ) 互に平行な力

二つの平行な力の合力はどのやうに働くであらうか。

實驗一 水平面内で、圖のやうに一本の棒の三點イ・ロ・ハにそれぞれ三つのばね秤甲・乙・丙を附けて引き、イロ、

イハの長さをいろ

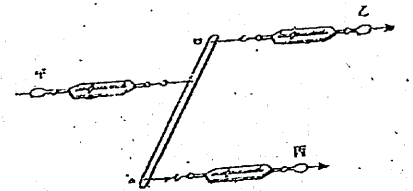
いろに變へて三つ

の力が平行に釣り

合ふやうにし、甲・

乙・丙の讀みを取

れ、乙と丙との讀みの和と、甲の讀みとを比較せよ。乙と丙との讀みの比とイロとイハの長さの比とを比較せよ。



實驗一に於いて、乙と丙との合力が、甲の力と同一作用線上で大きさが等しく向きが反對に働いて釣り合ふものと考へてみる。これから、同じ向きの平行な二つの力の合力は、(一)二力の方向に平行で同じ向きをとり、(二)その大きさは二力の大きさの和に等しく、(三)その作用點は二力の作用點の間を、二力の大きさの反比に内分する點であることがわかつたであらう。

問二 實驗一で甲と乙との合力が丙と釣り合ふものと考へて、向きの反對な二つの平行な力の合力の性質を述べよ。

問三 長さ2米の棒の一端には10 匁、他端には30 匁の物が附いてゐる。棒のどこをかつげばよいか。

問四 長さ3米の擔架の端から1米の所に45 匁の物が載つてゐる。兩端を二人で持つたとしたら、どちらの端の人の負擔がどれだけ多いか。

一つの物體を取つて考へると、各部分にそれぞれ重力が下向

きに平行に働いてゐる。それらの總べての合力として物體のどこかの一處に全體の重さが集中してゐると考へることができる。この點が重心である。

問五 物體を自由に釣るす時、その重心はどのような位置に来て釣り合ふか。

問六 物體を倒れないやうに置くには、どんなことに注意しなければならないか。

(一) 偶力

同じ作用線の上になく二つの平行な力が、大きさが等しく向きが反對な場合は、一つの力に合成することはできない。随つて、一つの力と釣り合ふことはできない。このやうな力の組合はせを偶力といふ。

偶力は物體を回轉させる働きがある。その働きは力の大きさが大きいほど、又兩方の力の作用線との距離が大きいほど大きい。偶力の力の大きさと作用線との距離との積を偶力の回轉能といふ。



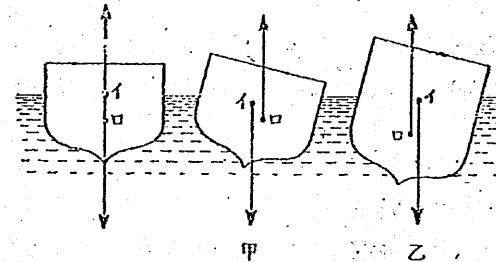
問七 偶力の働く場合の例を擧げてみよ。

問八 船が水に浮かぶ時、重力と浮力とが釣り合ふが、少

1) 問二の方法で求めると、合力の大きさは0で、作用點は無限に遠くへ行つてしまふ。

し傾くと、

排除した部分の水の形が變るから浮力の作用點が移動して、浮力と

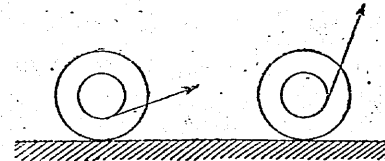


重力とで偶力を作る、圖の甲・乙のいつれの場合に、船は安定に浮かぶことができるか。

(二) 力の回轉能

實驗二 ミシンの

糸巻を水平な板の上に置き、いろいろの角度から糸を引いてみよ。糸巻はどちらに廻るか。



實驗二では、糸巻と板との接觸する所が回轉の支へ軸となり、糸に沿つて働く力によつて回轉が起る。このやうに支へ軸のある物體に働く力が物體を回轉させようとする作用は、その力が大きいほど大きく、又支へ軸と作用線との間の距離が大きいほど大きい。この積をこの軸に関する力の回轉能といふ。

支へ軸のある一つの物體に、二つ以上の力が働いて回轉させずに釣り合ふことがあるが、これはこれらの力の右廻りの回轉

能と、左廻りの回転能とが等しくなつてゐる時である。

実験三 上皿天秤に用ひる一疋と書いてある分割の重さを、その秤で測れ。

四 落下運動・拋物運動

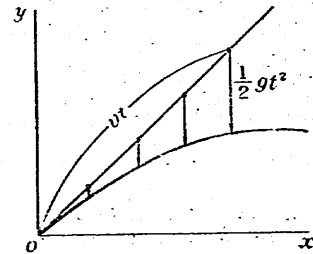
地上で物體を支へれば重さを感じ、これを離せば一定の加速度 g で落下する。地上にある物體には總べて下向きの力が働いて、このやうな運動が起る。この力が重力である。

先に述べたやうに、 g の値は約 9.8 米/秒^2 であるが、この値は場所によつていくらか異なる。なほ空氣中で落下する物體には空氣の抵抗が働くことは後に學ぶ。

問一 静止の状態から落した物體の、 t 秒後の速度は幾らか。又横軸に時間 t 、縦軸に速度 v をとつて、これを圖表に表してみよ。初めから t 秒までの平均速度は幾らか。さうして落ちた距離 h が $h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{v^2}{2g}$ で表されることを示せ。

問二 高い所から石を落したら 3 秒で地上に達した。この高さは幾らか。

問三 石を高さ h の所から速度 v で水平に投げた。空氣の抵抗を考へないで、石の速度を水平の方向と鉛直下向きの方向とに分けて考へると、水平方向では外力を受けない



から等速度運動をなし、鉛直方向では加速度 g の落下運動をする。落してから時間 t の後の石の位置を求めよ。又それが地上に達するまでの時間と落下の地點とを求めよ。

問四 前頁の圖のやうに横軸に水平距離、縦軸に高さをと、速度 v でいろいろの角度で投げ上げた物體の通る路を作圖せよ。空氣の抵抗は考へないものとする。

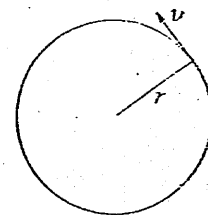
五 圓運動

実験一 錘を附けた糸の端を持ち、一樣の速さで振り廻してみよ。錘の重さ、糸の長さ、回転の速さ等をいろいろに變へてみよ。どんな手ごたへがあるか。

次に水を入れた器を紐の先に附けて振り廻してみよ。水はこぼれるか。

実験二 蓄音機の回転盤を廻しながら、その上に中心からいろいろな距離に小さな物を載せてみよ。

半径 r の圓周の上を一樣な速さ v で動いてゐる物體は、圓の中心に向かつて $\frac{v}{r}$ といふ加速度を受けてゐる。物體の質量を m とすれば、中心に向かつて $m\frac{v^2}{r}$ の大きさの力が働いてゐなければ圓運動にならない。

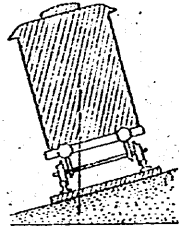


1) このやうな運動で描かれる線は拋物線といふ。空氣の抵抗が働けば拋物線から少しはづれる。

問一 実験一で水を入れた器を振り廻してみたが、水がこぼれないのは、 ω , r がどういふ条件を満たしてゐる時か。

問二 彎曲した軌道で外側の線路が高くしてあるのは何故か。

問三 月が地球の周りに回運動するた
めには、月にどのような力が働いてゐな
ければならないか。



地球の周りを廻る月の運動、太陽の周りを廻る惑星の運動に於いては、地球と月との間或は太陽と惑星との間には、それぞれその質量の積に比例し、距離の二乗に反比例する引力が働いてゐると考へるとよく理會できる。このやうな性質の力は總べての物體間に働くもので、これを萬有引力といふ。地上にある物體に働く重力も、主として地球による引力である。

六 運動と抵抗

(1) 摩擦

動いてゐる汽車や自動車は、ブレーキをかけると停止する。この時ブレーキ片と車輪との間にはどのような力が働くのであらうか。

実験一 二冊の雑誌を圓のやうに
重ねて引き離してみよ。



実験二 机の上に物體を置き、これにはばね秤を結び付け、静かに引いてみよ。引く力をだんだん増して、物體が滑り始める時のばね秤の示す力の大きさを讀め。

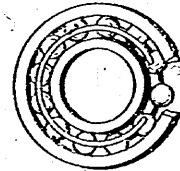
物體が動き出したら、そのまま静かに運動させながら再びばね秤の示度を讀め。

二つの物體が接觸してゐる時、一方の物體を他に對して滑らせると、これを妨げようとする抵抗力が接觸面に沿つて作用する。この抵抗を摩擦力といふ。摩擦力は接觸する面の性質によつて異なり、又二面の間に垂直に働く全壓力が大きいほど大きい。物體がまさに動き出さうとする時の摩擦力(静止摩擦)は、運動してゐる時の摩擦力(運動摩擦)より幾らか大きい。

実験三 圓柱を机の上で轉がらないやうに引きずる時と、轉がす時とで摩擦がどう違ふかを調べよ。

実験三からどんなことがわかるか。

問一 物を動かしたり運んだりする時には、できるだけ摩擦を小さくするやうな工夫が必要である。實際の道具や機械で、どんな工夫がされてゐるかを考へてみよ。



前頁の圖は回轉軸を支へる球軸受である。

問二 摩擦が却つて利用されてゐることもある。どんなことに利用されてゐるか。

ロ) 流體の抵抗

實驗四 紙を丸めて落した時と、擴げて落した時とでは落下の速度が違ふ。これは前に學んだ落下運動のことと矛盾するやうであるが、その理由はどうか。

實驗五 うちをは速く動かすのと、遅く動かすのとでは、どちらが抵抗を受けることが大きいか。

このやうに物體が空氣中で運動する時受ける抵抗は、空氣と接してゐる面積ばかりでなく、速度によつて異なる。

空氣中を落下する物體は、重力によつて加速度を受けてだんだん速くなる。しかし落下速度が大きくなるにつれて空氣の抵抗もだんだん大きくなるから、速度が大きくなるのを妨げ、兩者の影響がちやうど打ち消し合ふ所で等速度運動となり、速度はそれより大きくなることはできない。

この最終の速度は、物體の大きさによつてどのやうに變るか、考へてみよう。

問三 いろいろの半徑の球に就いて表面積と體積との比を

1) 液體・氣體を合はせて流體といふ。

求めよ。それは半徑によつてどう變るか。

雨粒が落下する場合には、これに働く重力は雨粒の體積によつてきまり、空氣の抵抗はその表面積によつてきまる。小さな雨粒は體積の割に表面積が大きいから、空氣の抵抗を受けることが甚だしく、大きな雨粒は體積の割に表面積が小さいからその程度が小さい。随つて小さな雨粒は直ぐ最終の速度に達し、その値も小さいが、大きな雨粒はなかなか最終の速度に達せず、その値も大きい。

實驗六 水の表面に細かな粉を浮かべ、その中に板を半ば漬けていろいろの方向に靜かに動かして水の運動をよく觀察せよ。

仕事とエネルギー

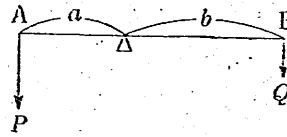
一 機械と仕事

既に学んだやうに、仕事の量は、力の大きさと力の作用点がある方向に動いた距離との積で表す。

1 ダインの力が物體に働いて、その方向に1センチだけ動かした時の仕事を1エルグといふ、 10^7 エルグを1ジュールといふ、1 冠の物體を1 冠だけ持ち上げる仕事を1 冠重米といふが、この仕事は 9.8 ジュールである。

てこや滑車を用ひ、小さな力によつて大きな力を生ずることができるのは知つてゐる、この場合小さな力のなした仕事と、大きな力のなした仕事との関係はどうなるであらうか。

問 てこの支點から、圖のやうに a の距離に力 P 、 b の距離に力 Q が働いて釣り合つてゐるとする。てこのA端を力の方向に小距離 x だけ動かした時、B 端はどれだけ動くか、この時 P のする仕事と Q にされる仕事とを比較せよ。



研究 同じ仕事をするのに、作用点の動く距離を長くして力を小さくしてゐる例を、滑車・輪軸・歯車・斜面・ねじなどに就いて調べてみよ。

1) B 端では、力の向きと作用点の動く向きとが反対であることに注意せよ。

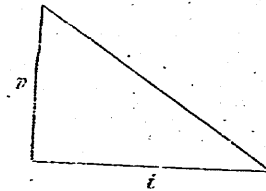
二 エネルギー

高い所にある水は低い所に流れて水車を廻し、動いてゐる物體は物に當つてそれを動かすことができる、又仰されたり締められたりしてゐるばねは、物を動かすことができる、このやうに或る物體が仕事をする能力をもつてゐる時、これはエネルギーを有するといひ、その大小はそれがなし得べき仕事の量を以つて表す。

例へば巻き締めたばねは、他に仕事をすれば遂には全く弛んで、もはや仕事をする能力がなくなる、全く弛むまでになし得る仕事の量は、弛み方の速さに関係なく一定である。

質量 m の物體には mg の重力が働いてゐるから、これを h だけ高く上げるには mgh の仕事がある、この物體が元の高さに落ちるまでには、ちやうどこれだけの仕事をなす能力がある、それでこの物體は mgh だけのエネルギーをもつてゐるといふ。

上の二つの例のやうな場合には、物體の有するエネルギーはその位置によつてきまるから、これを位置エネルギーといふ。



速度 v で運動してゐる質量 m の物體が一様に速くなり、これが t 秒かかつて静止したとする、その間の加速度は $\frac{v}{t}$ であるから、これが他に及ぶ力は $m \frac{v}{t}$ である。又この間の平均速度は $\frac{v}{2}$ であるから、動く距離は $\frac{v}{2} t$ である、よつて力と距離との積、即ちその間になす仕事は $\frac{mv}{t} \times \frac{vt}{2} = \frac{1}{2} mv^2$ である。このやうに質量 m で速度 v の物體は止るまでに $\frac{1}{2} mv^2$ の仕事をすることができる。即ち $\frac{1}{2} mv^2$ のエネルギーをもつてゐる。これは物體が運動してゐるために有するエネルギーであるから、運動エネルギーといふ。

質量 m の物體が h の高さにある時は mgh の位置エネルギーを有する。次に、これを高さ 0 の所まで自由に落したと考へよう。前にわかつた通り、下に落ちた時の速度を v とすれば $h = \frac{v^2}{2g}$ であるから、 $v^2 = 2gh$ である。よつてその時の運動エネルギーは

$$\frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} m \cdot 2gh = mgh$$

となり、これは初めもつてゐた位置エネルギーに等しい。

このやうに物體が外に向かつて仕事をしない時は、その状態が變つてもエネルギーの量には變化はない。これは自然界に於ける大切な原則である(エネルギー保存の法則)。

三 原 動 機

(イ) 仕事率

同じ重さの荷物を車に載せて坂を登る場合を考へてみても、自動車なら直ぐ登るが人力では長くかかる。このやうに機械が仕事をする時、一定の仕事をするのにどれだけの時間を要するかが、實際の問題としては重要なことである。

単位時間にする仕事を仕事率或は動力と呼び、その単位をワットといふ、1 秒間に 1 ジュールの仕事をする時の仕事率が 1 ワットである。

馬力もまた仕事率を表す單位で、約 $\frac{3}{4}$ キロワットに當る。

問一 2000 馬力の發動機で電流を起し、100 ワットの電球が幾つつけられるか。

問二 1 馬力のポンプを用ひて、深さ 10 米の井戸から水を汲み上げ、容積 1 立方メートルの風呂桶に満たすにはどのくらゐ時間を要するか。

(ロ) 原動機

自然界に存在するエネルギーを利用して仕事をさせる装置を原動機といふ。

水車は高い所にある水のもつエネルギーを機械的の仕事に變

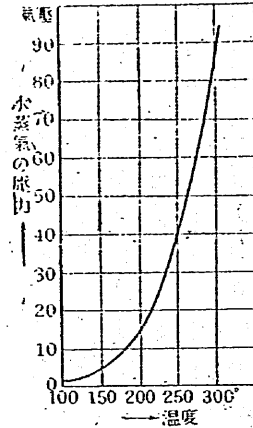
1) 1000 ワットを 1 キロワットといふ。

へる装置である。水力発電では、川を堰き止めて大きな落差を作り、鉄管で水を導いて水車を回転させ、その軸に発電機を連結して電流を発生させる。

工業で実際に用ひる原動機にはなほ熱機関がある。

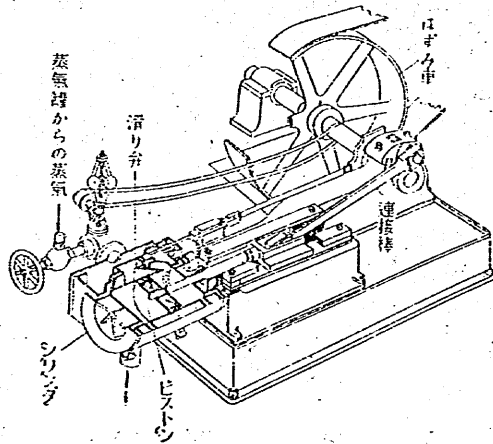
(一) 熱機関

燃料の燃焼によつて得られる熱を利用して仕事をさせる熱機関には蒸気機関・内燃機関などがある。

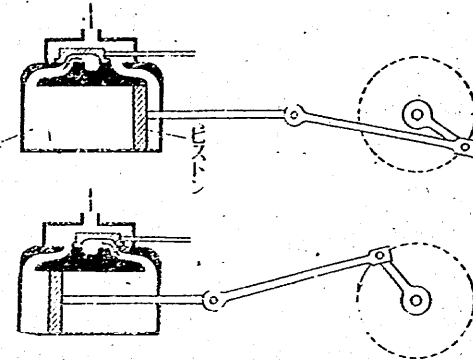


蒸気機関

蒸気機関車に用ひられる蒸気機関では、水蒸気の圧力をピストンに作用させて動力を得る。水の蒸気圧は上の図に示すやうに温度が増すほど大きく



なるものである。それ故、高温度の水蒸気をピストンのあるシリンダに送り込むと、その圧力でピストンを動か



す仕事を行うことができる。この装置に滑り弁を附け足して、水蒸気の送り込み口を自動的に切り替へさせると、ピストンはシリンダの中を往復運動する。この運動を連接棒によつて車に傳へて回転させるやうにしたものが蒸気機関である。

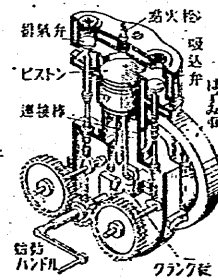
シリンダに送られる高圧の水蒸気は蒸気罐で作る。罐は燃料から出る熱を有効に利用するやうに工夫されてゐる。

内燃機関

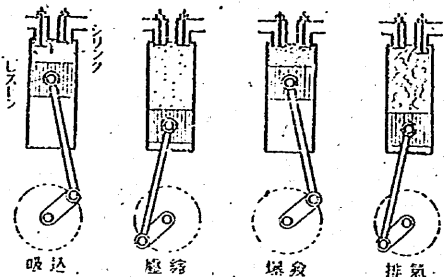
飛行機・自動車などの発動機では、多く内燃機関を用ひる。

内燃機関では、普通次のやうな四つの行程によつて動力を得る。

先づガソリンを霧状、又は氣體にして、これに空気を混ぜる。この混合ガスをシ



シリンダの中に吸ひ込む(吸込行程)。外からピストンに力を加へて、この混合ガスを圧縮する(圧縮行程)。圧縮混合



ガスに電気火花で点火して爆発させる(爆発行程)。燃焼した気体をシリンダから排出させる(排気行程)。このやうにして、爆発によつて得られたピストンの往復運動を連接棒によつて車の回転に變へる。これがガソリン機関の操作である。

燃料に重油などを用ひる内燃機関にディーゼル機関がある。吸込行程でシリンダ内に先づ空気のみを吸ひ込み、これをシリンダ内で圧縮すると、空気の温度は高くなる。この中へ重油を霧状にして噴き込むと、火花爆発してピストンを動かす。この時のピストンの往復運動を、車の回転に變へるやうにしたものがディーゼル機関である。

ガソリン機関は軽量小型で比較的大馬力が出来る。又ディーゼル機関では供給された熱に対して機関のする仕事は比較的大さい。

このやうに熱機関は熱の供給を受けて仕事をする事ができる。

問三 機械的の仕事をして熱が発生する例を挙げてみよ。

これらのことから見て、熱はやはり一種のエネルギーであると考へられる。

實驗によると1カロリーの熱量は 4.2 ジュールの仕事に當る。

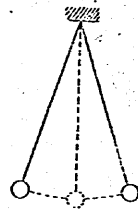
問四 機械の各部に摩擦がある時、それがする仕事は、受ける仕事よりも小さくなるが、この時損失した仕事は何になるのであらうか。

振動・波動・音

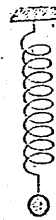
一 単振動

実験一 糸で錘を釣るして鉛直面内で振動させてみよう。

- (一) 振子の周期は振幅と関係があるか。
- (二) 振子の周期は錘の重さと関係があるか。
- (三) 振子の長さを初めの $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{9}$ とすると、周期はそれぞれどうなるか。



実験二 蔓巻ばねで錘を釣るし、上下の振動をさせてみよう。振幅、錘の重さ、ばねの長さをいろいろに變へ、前と同じやうにこの振動を調べてみよう。



問 圓周の上を一定の速さで運動してゐる點を横から見たらどう見えるか。

このやうな振動では、中心からの距離と中心に向かう加速度の大きさとは常に比例してゐる。即ち中心からの距離に比例した力が中心に向かつて働いてゐるのである。例へば実験二のやうなばねを、静止の位置から引き伸ばせば、伸びに比例した大き

1) 振れの幅の半分を振幅といふ。

さの力が錘に働いてこれを引き戻さうとする、このやうな時には上のやうな振動を生ずるのである。これを單振動といひ、振動の中でも最も基礎的なものである。

なほこの振動の大切なことは、同じ装置では、振幅が小さい時は、振幅を變へても周期が變らないことである。これを等時性といふ。

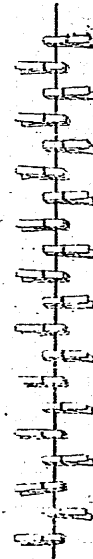
実験一の(三)でわかるやうに、振子の周期は糸の長さの平方根に比例する。

二 波 動

水面に石を落とすと波紋が圓形に廣がつて行く。水面に浮かんでゐる小さな物に着目すると、波が来るとその場所で小さく振動するだけで、平均の位置は變らない。これからわかるやうに、波の進行は物質の進行ではなくて運動の狀態が傳はつて行くのである。

実験一 長い綱をしつかりした物の間に強く張つて、一端に近い所を強く打ち、暫くそこに軽く手を觸れてみよう。波が一端まで行つて反射して戻つて來るのが感じられるであらう。

実験二 ゴム紐を上下に張り、干物挟みなどを圖のやうに附けて、下端の物を急に廻してみよう。波の傳はり方や反射して戻る有様をよく観

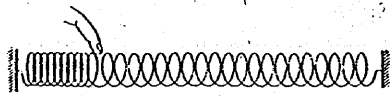


察せよ。

実験三 図のやう

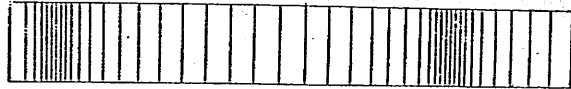
に、弾力が弱くて長

い蔓巻ばねを張り、一端に近い所を端へ向かつて押し縮めてから急に離してみよ。

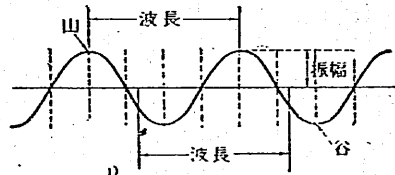


このやうに波はその形が次々に傳はつて行くものであるが、一つの點に着目すれば振動であつて、全體として見れば次々の部分の振動が少しづつずれてゐるものである。実験一、二のやうに振動の方向が波の進行方向と垂直なものも、実験三のやうに平行なものもある。前者を横波、後者を縦波といふ。

横波では山と谷が交互に出来、縦波では振動する點の疎らな部分と密にこんだ部分とが交互に出来る。



波に於いて、一つの點が振動する周期を波の周期といひ、波の形の山から山まで、又は谷から谷までの長さを波長といふ。波は一周期の間にちやうど1波長だけ進むのであるから、



波の進行速度(v) $\times$ 周期(T)=波長(λ)

1) 縦波では疎(密)の部分から疎(密)の部分までの長さ。

の関係がある。1秒間の振動回数を振動数(n)といふが、

$$n = \frac{1}{T}$$

であるから、

$$v = n\lambda$$

である。

問一 地震の初期微動の波は縦波であつて、その速度は約8軒/秒である。周期0.3秒の地震の波の波長はどのくらゐか。

水面に二つの石を同時に投げて出来た波を観察すると、互に亂されることなく、各の波が單に重なり合ふだけである。この時水面上の各點の運動は、それぞれの波による運動を合成したものとなる。これは一般に振幅の小さな波に就いて成り立つ大切な事からである。

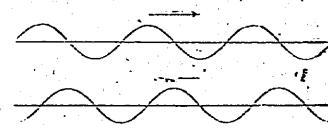
問二 図のやうな同じ形

の二つの波が、同じ速度で

一つは右に他は左に向かつて

重なり合つて進んだとし

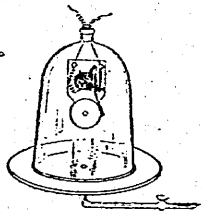
たら、各點の振動はどうなるか。作圖によつていろいろの時刻の有様を求めてみよ。



三 音

(イ) 音の傳播

絃を弾いても、太鼓や鐘を叩いても、又笛を吹いても音が聞える。その時その物體をよく観察すると、どこかが速く振動してゐることがわかる。しかし振動するものがあれば必ず音が聞えるとは限らない。



實驗一 電鈴を密閉したガラスの容器に入れ、これを鳴らしたから容器内の空気をだんだんに抜いてみよ。音はどうなるか。その時容器を載せた机に耳を當ててみよ。

音はこのやうに、振動體と私どもの耳との間に、何かこれを傳へる物がなければ聞えない。通常はこの媒介は空氣であるが、そのほか液體中でも固體中でも音は傳はる。

振動體は空氣を押したり引いたりしてゐるのであるから、その中に出来るのは縦波で、空氣の疎密の状態が繰り返して傳はつて來るのである。それではその速度はどのくらゐであらうか。

實驗二 甲・乙二人で一組となり、甲は例へば振子に合はせて半秒ごとに拍子木か手を打つ。乙は甲からだんだん離れて行くと、始めのうちは打つたのと同時に音が聞えるが、遠くなるに従つて次第に音が遅れて來る。さうして或る距離を

で離れると、打つたのが見えると同時に、一つ前に打つた音が聞えるやうになる。その時、甲・乙の間の距離を測れ。これは甲が音を發する間隔の間に音が傳はる距離である、この事から音の速度を求めよ。

この時風があつたらどうなるか。その場合風のない時の速度を求めるにはどうすればよい。

次にいろいろな物質中を傳はる音の速度を示さう。

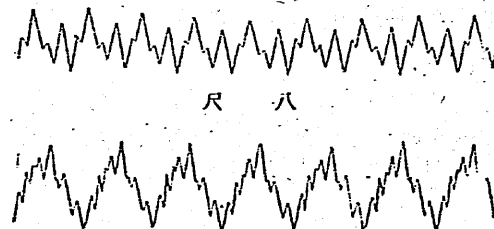
空氣 (15 度)	240 米/秒
水 (15 度)	1433 "
鉛	4360—5100 "

問一 崖や大きな建物に向かつて聲を出すと、少し経つてから自分の聲が聞える。この山彦の現象はどう

して起るか。山彦が歸つて來るまでの時間から崖や建物までの距離を求めるには、どうすればよい。

(ロ) 音の高さ・強さ・音色

音には樂器から出るやうな氣持のよいもの(樂音)もあるが、噪音のやうな不快なものもある。



バイオリン

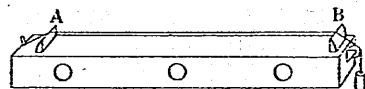
空気の振動を詳しい方法で調べると、樂音ではきまつた波の形が繰り返し並んでゐるが、噪音ではその形が甚だ複雑である¹⁾

問二 右の圖の波を合成するとどんな形になるか。

圖のやうにいろいろな形の波も、振動数の比が $1:2:3\cdots$ でいろいろの振幅をもつた單振動の合成したものと見なすことができる。先づ單振動をなす振動體に就いて調べてみよう。

實驗三 絃を張つてこれを弾いて音を出してみよ。次のいろいろな場合に就いて、音の高さや強さがどのやうに變るかを調べよ。

- 絃の長さを變へた時。
- 絃の張力を變へた時。
- 絃の太さを變へた時。
- 弾く強さを變へた時。



このやうな實驗から音の高さは、絃が短かくて細いほど、又その張力が大きいほど高いことがわかるであらう。又絃の振動数はここに述べたやうな場合ほど大きくなることが知られてゐ

1) 音波は縦波であるが、示した圖では振動を横にとつて表す。

るから、音の高低は音の波の振動数の大小によつてきまることがわかる。

人の聞き得る音の振動数は、毎秒 16 乃至 20000 のものである。

又上の實驗で音の強さは、絃を強く弾くほど強いことがわかる。即ち音の強さは音波の振幅の大きいほど強い。

ピアノ・バイオリン・琴などでは絃の振動によつて音を發するが、笛・ラッパなどでは管の中の空氣の柱が振動して音を發する。

實驗四 絃の張力を一定にしておいて、その長さを加減してハの音を出せ。それから絃を短かくしてニ・ホ・ヘ・ト・イ・ロ・ハの音を出せ。その時隣り合つた音を出す絃の長さの比はそれぞれどうなつてゐるか。又ハの音を出す時の長さと一オクターブ上のハの音を出す時の長さとはどうなつてゐるか。ハの音とトの音とではどうか。

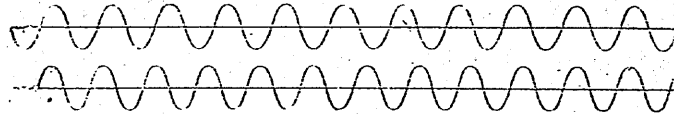
二つ以上の音を同時に聞く時、その振動数の比が簡單であると、私どもの耳には氣持よく協和して聞える。ハ・ホ・トはその振動数が、 $4:5:6$ 、ハ・ヘ・イは $3:4:5$ 、イ・ハ・ホは $10:12:15$ の比をなしてゐるのである。一オクターブ上の音は振動数が二倍になる。

同じ高さの樂音でも、バイオリンの音とオルガンの音とは違ふ。これを音色が違ふといふが、その時の空氣の振動を調べる

1) 音叉或はピアノの音と比べてきめよ。

と、それぞれの音で波の形が違つてゐる。

問三 圖のやうに振動数の近い音が同時に來たらどう聞えるか、波の形を合成してみよ。



實驗五 二つの絃を等しい張力で張り、同時に鳴らしてみよ。一方の絃の長さを一定にしておいて、他方をそれよりも長い方又は短かい方からだんだん初めの絃の長さに近づけてみよ。

このやうに振動数の近い二つの音が重なり合つて、全體の強さが大きくなつたり小さくなつたりすることを唸りといふ。1秒間の唸りの回数は、二つの音の振動数の差に等しい。

(ハ) 共 鳴

實驗六 振動数の等しい二つの音又を並べておいて、一方を叩いて暫く鳴らしてから、これを止めてみよ。

實驗七 ピアノのハの鍵を靜かに押したままにして、一オクターブ上のハの鍵を叩いてみよ。上のハの鍵を離した後はどの音が聞えるか、それからハの鍵を離すとどうなるか、又ハの上に就いても行なつてみよ。

一般にふるへやすい振動體は 外から來る振動の中で自分のもつてゐる振動数に近いものと、その作用でふるへ出す性質がある。これを共鳴といふ。

實驗八 重い鍾を糸で釣るし、又その下に軽い鍾を糸で釣るし、軽い方を少し振らせてみよ。下の糸の長さをだんだんに變へて上の糸の長さと同じにしてみよ。どんなことが起るか。

問四 ピアノの響板、バイオリン・琴・三味線・太鼓などの胴の作用を考へよ。



