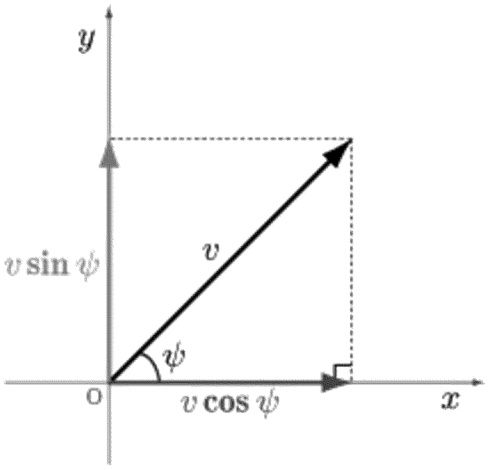
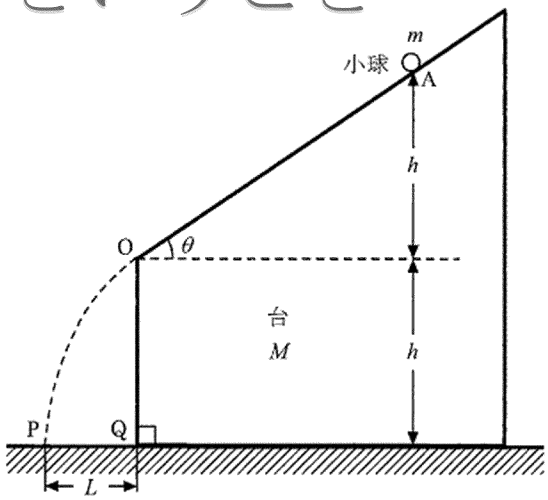


物理量の正確な理解と，
物理現象を説明するということ



The numerical formula is
the most suitable language
to explain a physical phenomenon.

Ussy

Write your name

＜ ＞

第１節　物理量の正確な理解

1　単位系

物理量にはたくさんの種類があり、これらを測るための単位系は種々様々である。多くの単位をつくるときに、その基となる単位を**基本単位**、基本単位を組み合わせてできる単位を組立単位または誘導単位といい、これらをひとまとまりにしたものを**単位系**という。

力学的な量については、長さ・質量・時間を基本単位に選んだ単位系が一般的に用いられ、長さに m、質量に kg、時間に s をとるものは、**国際単位系**（International System of Units＜略称：SI(仏語で表した場合の頭文字)）と呼ばれている。

したがって、速さの単位は SI において、m/s となる。

また、力の大きさを表す際に用いられる単位 N は、基本単位を用いて表すと kg･m/s^2 であり、これは代表的な組立単位であるとともに、呼びかえ単位とも呼ばれる。

2　次元

（１）次元

ある物理量の組立単位が基本単位とどのような関係にあるかがわかると、その物理的意味を理解するうえで役立つ。長さを〔L=Length〕、質量を〔M=Mass〕、時間を〔T=Time〕と表すと、組立単位と基本単位の関係を、単位の名称に関係なく表すことができる。速さなら、長さを時間で割った量だから、〔LT^{-1}〕となる。これを**次元**（ディメンジョン）という。物理量の次元は、このように定義や法則を表す関係式から求めることができる。

ほかの例として、加速度、力、エネルギーの次元を下に記す。

（加速度）＝（速度変化）÷（時間）　→　〔加速度〕＝〔LT^{-1}/T〕＝〔LT^{-2}〕
（力）＝（質量）×（加速度）　→　〔力〕＝〔$M\cdot LT^{-2}$〕＝〔LMT^{-2}〕
（仕事）＝（力）×（距離）　→　〔エネルギー〕＝〔仕事〕＝〔L^2MT^{-2}〕

＊物理量の次元を調べるには、それ自身の単位やその量が含まれる関係式を思い出すのが実用的。

（２）次元解析

物理量の関係式では、次元の異なる量の和や差をとることは決してなく、また**式の両辺の次元は必ず等しくなっている。**この性質は文字式での計算過程や計算結果のチェックに使える。たとえば、力の大きさを計算していて、(m+M) gh という量が現れたとしたら（記号は慣用のものとする）、明らかにミスをしているといえる。m+M^2 ということはありえないし、mgh はエネルギーの次元をもつからである。この性質を積極的に用いることで、物理法則への理解を深めることができ、場合によっては誤答を防ぐことも可能となる。

それでは、問題を解きながら、これらのことの理解度の向上を試みよう。

演習問題Ⅰ　次の問いに答えなさい。

① 静水の中をＶの速さで泳ぐ人がいる。この人が流速ｖ（ｖ＜Ｖ）の川を上り下りして、Ｌの距離を往復するのに要する時間 t_1 と、この川を流れに垂直に横断して、Ｌの距離を往復するのに要する時間 t_2 とでは、どちらがどれだけ大きいかを答えなさい。ただし、川の流れは一様で、流速は一定であるものとする。

② 水平な x 軸上を運動する質点がある。この質点は位置 $x = x_0$ にあり、時刻 $t = 0$ に初速度 v_0、一定の加速度 a で動きはじめた。この質点が $x = x_1$ を通過する瞬間の速度 v_1 を、a、v_0、x_0、x_1 を用いて表せ。ただし、$a>0$、$v_0>0$、$x_1>x_0$ とする。

第２節　物理現象を説明するということ

1　ニュートンの運動の法則

力学の基本**原理**（原理：事物・事象が依拠する根本法則・基本法則。(大辞泉より)）は、ニュートンの運動の法則である。これは高校物理で履修する古典物理学において**絶対**のものであり、この法則の**理解**がなければ、受験科目としての物理の攻略は不可能である。

ニュートンの運動の法則は、次の３つの法則から成り立っている。

〜第１法則〜

◇慣性の法則◇

物体に力がはたらいていないか、いくつかの力がはたらいていてもその合力が０ならば、はじめ静止していた物体はいつまでも静止を続け、運動していた物体は、はじめと同じ速度で等速直線運動を続ける。

〜第２法則〜

◇運動の法則◇

物体に力がたらくと、その力の向きに加速度を生じる。加速度の大きさは、力の大きさに比例し、物体の質量に反比例する。

この法則を定式化したものが、運動方程式である。

$$\boxed{\boldsymbol{ma = F}}$$

＊この式に含まれるすべての物理量が、着目物体についてのものであると言うことが重要。

〜第３法則

◇作用・反作用の法則◇

物体Ａが物体Ｂに力を及ぼす（作用）と、それと同時に物体Ｂも物体Ａに力を及ぼす（反作用)。作用・反作用の２つの力は、大きさが等しく、同一作用線上にあって向きが逆である。

＊これらは原理であるため、理論的導出は「事実上不可能」である。一方で、これらが原理として存在する限り、これらに反する事物・事象はないもの考えてよい。

2　ベクトル量の扱い方

多くの物理量が「向き」という性質を有しているが、物理現象を解析していく中で、数学的にベクトル計算を行わなければならないということは、ほぼないと言ってよい。なぜなら、物理現象を解析する際には、いま解析を試みている物理現象に関わる物理量を、自らが設定した座標軸に対して分解して考えることが可能であるからだ。そういった手法であっても、明確な説明ができれば何の問題もない。それは物理学という学問が、あくまでも実証学問であり、理論的に正しく現象の説明ができれば、それで必要十分であるからだ。事実、大学入試においても、数学的技量で解法を制限されるような問題はほぼ出題されない。

それでは、問題を解きながら、これらのことの理解度の向上を試みよう。

演習問題Ⅱ　次の問いに答えなさい。

①

A　問1　図1のように質量 $m=1\,\mathrm{kg}$ と $M=2\,\mathrm{kg}$ の物体1と2を，なめらかな床の上に接するように置き，物体1を大きさ $F=6\,\mathrm{N}$ の力で押した。物体1と2の加速度の大きさは $\boxed{\ 1\ }$ $\mathrm{m/s^2}$ である。また，物体2が1から受ける力の大きさは $\boxed{\ 2\ }$ Nである。

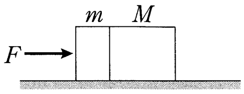


図1

① 1　② 2　③ 3　④ 4

問2　図2のように，水平な床の上に質量 M の直方体の台があり，その上に質量 m の小物体がのっている。台を力 F で水平に引っ張ったところ台は動きだして，小物体は台上を滑りだした。このときの台の加速度 a はいくらか。ただし，台と小物体の間に摩擦はなく，台と床の間の動摩擦係数を μ とする。また，重力加速度の大きさを g とする。$a=\boxed{\quad}$

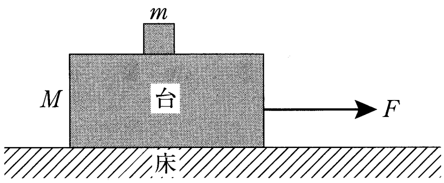


図2

① $\dfrac{F+\mu Mg}{M}$　② $\dfrac{F+\mu Mg}{M+m}$

③ $\dfrac{F-\mu Mg}{M}$　④ $\dfrac{F-\mu Mg}{M+m}$

⑤ $\dfrac{F+\mu(M+m)g}{M}$　⑥ $\dfrac{F+\mu(M+m)g}{M+m}$

⑦ $\dfrac{F-\mu(M+m)g}{M}$　⑧ $\dfrac{F-\mu(M+m)g}{M+m}$

B　図3のように，質量 m のおもりAと質量 M のおもりBを質量の無視できる糸で連結し，Aを手で支えた。手からAに大きさ F の力を加えたところ，AとBは鉛直上向きに一定の加速度で上昇した。ただし，重力加速度の大きさを g とする。

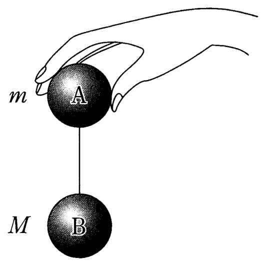


図3

問3　AとBの加速度の大きさはいくらか。

① $\dfrac{F}{m}-g$　② $\dfrac{F}{M}-g$　③ $\dfrac{F}{M+m}-g$

④ $\dfrac{F}{M+m}$

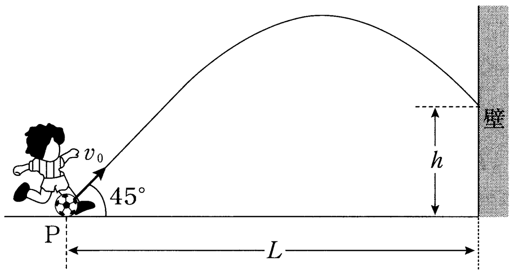
問4　Bが糸から受ける力の大きさはいくらか。

① F　② mg　③ Mg　④ $\dfrac{m}{M+m}F$

⑤ $\dfrac{M}{M+m}F$　⑥ $F-mg$　⑦ $F-Mg$

②

図のように，壁から水平に距離 L だけ離れた点Ｐから，水平からの角度 45°，速さ v_0 の初速度でボールを蹴(け)り上げると，ボールは最高点に達した後，直接，壁にぶつかった。ただし，ボールの大きさと空気の抵抗を無視し，ボールの質量を m，重力加速度の大きさを g とする。



問１　ボールが壁にぶつかった点の高さ h はいくらか。

①　$L-\dfrac{gL^2}{2{v_0}^2}$　②　$L-\dfrac{gL^2}{{v_0}^2}$　③　$L-\dfrac{2gL^2}{{v_0}^2}$　④　$\dfrac{L}{2}-\dfrac{gL^2}{2{v_0}^2}$

⑤　$\dfrac{L}{2}-\dfrac{gL^2}{{v_0}^2}$　⑥　$\dfrac{L}{2}-\dfrac{2gL^2}{{v_0}^2}$

問２　壁にぶつかる直前のボールの速さはいくらか。

①　$\sqrt{{v_0}^2+2gh}$　②　$\sqrt{{v_0}^2+gh}$　③　v_0　④　$\sqrt{{v_0}^2-gh}$

⑤　$\sqrt{{v_0}^2-2gh}$

問３　ボールが壁にぶつかってはねかえったとき，壁がボールに与えた力積の大きさはどれだけか。ただし，ボールと壁との間の反発係数は 0.5 で，壁はなめらかであるとする。

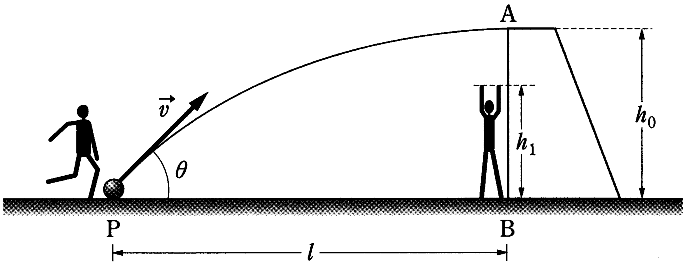
①　$\dfrac{1}{2\sqrt{2}}mv_0$　②　$\dfrac{1}{\sqrt{2}}mv_0$　③　$\dfrac{3}{2\sqrt{2}}mv_0$　④　$\dfrac{1}{4}m{v_0}^2$

⑤　$\dfrac{1}{2}m{v_0}^2$　⑥　$\dfrac{3}{4}m{v_0}^2$

実践問題

① センター試験・過去問より

サッカーのシュートについて，単純化した状況で考えてみよう。図のように，点Pから初速度 $\vec{v}$ でけり出されたボールは，実線で表した軌道を描いて点Aに到達する。点Aの真下の地点Bにいるゴールキーパーは，腕を伸ばしたまま真上にジャンプし，点Aでこのボールを手で止める。PBの距離は l，ABの高さは h_0，ゴールキーパーの足が地面を離れた瞬間の手の高さは $h_1(h_1 < h_0)$ であるとする。重力加速度の大きさを g とし，空気の抵抗を無視する。



〔A〕ボールはゴールの上端Aに水平に入るようにけられる。次の問1，問2に答えよ。

問 1　ボールが点Pでけられる時刻を0，点Aに到達する時刻を t_0 とする。ボールの初速度 $\vec{v}$ の鉛直成分 v_1 はいくらか。また，けり上げる角度を θ としたとき，$\tan\theta$ は いくらか。それぞれの解答群のうちから正しいものを１つずつ選べ。

$v_1 = \boxed{\ 1\ }$，$\tan\theta = \boxed{\ 2\ }$

$\boxed{\ 1\ }$ の解答群

⓪ $\frac{1}{2}gt_0$　② $\frac{1}{\sqrt{2}}gt_0$　③ gt_0　④ $\sqrt{2}gt_0$　⑤ $2gt_0$

$\boxed{\ 2\ }$ の解答群

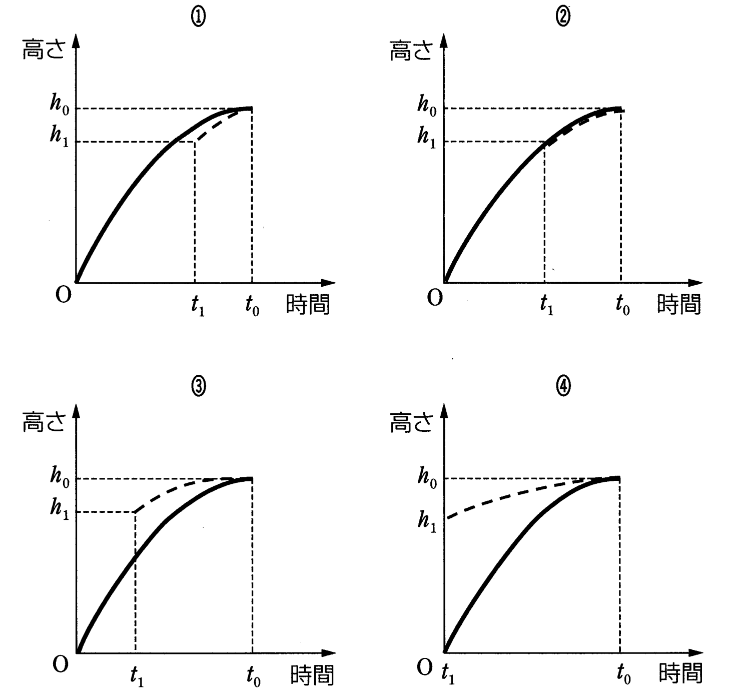
⓪ $\frac{1}{2l}gt_0^2$　② $\frac{1}{\sqrt{2}l}gt_0^2$　③ $\frac{1}{l}gt_0^2$　④ $\frac{\sqrt{2}}{l}gt_0^2$　⑤ $\frac{2}{l}gt_0^2$

問 2　時刻 t_0 を点Aの高さ h_0 を用いて表す式はどれか。次の ① ～ ⑤ のうちから正しいものを１つ選べ。t_0= $\boxed{\ 3\ }$

① $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{h_0}{g}}$　② $\sqrt{\frac{h_0}{2g}}$　③ $\sqrt{\frac{h_0}{g}}$　④ $\sqrt{\frac{2h_0}{g}}$　⑤ $2\sqrt{\frac{h_0}{g}}$

〔B〕ゴールキーパーは，伸ばしている手がちょうど点Aまでとどくようにジャンプして，点Aでボールをとめる。ただし，ジャンプしてからボールをとめるまで姿勢は変えないものとする。次の問３の答えを，下の ① ～ ④ のうちから１つ選べ。

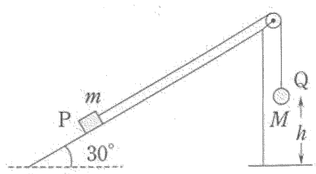
問 3　ゴールキーパーの足が地面をはなれる時刻を t_1 とする。ボールの高さと時間の関係を実線（――――）で，t_1 から後のゴールキーパーの手の高さと時間の関係を破線（－－－－）で描くとどうなるか。$\boxed{\ 4\ }$



〔1996 年　センター試験〕

② 国立大学２次試験・過去問より

水平な床から 30° 傾いた斜面上に質量 m の物体Pがあり，質量 M の小物体Qと滑らかな滑車をかいして糸で結ばれている。Pと斜面の間の静止摩擦係数を $\frac{1}{3}$，動摩擦係数を $\frac{1}{2\sqrt{3}}$ とし，重力加速度を g とする。



(1) PとQが静止しているための M の範囲を m を用いて表せ。

(2) 床からのQの高さを h とし，$M=\frac{3}{2}m$ として静かに放すと，Qが下がり始めた。Pが滑車に衝突することはないものとする。

(ア) Qの加速度の大きさ a と，Qが床に達するときの速さ v を求めよ。

(イ) Qが床に達した後，Pはやがて斜面上で最高点に達して止まった。Pが動き始めてから止まるまでに移動した距離 l とかかった時間 t を求めよ。

（富山大＋横浜国大）

If you can’t explain it simply,

you don’t understand it well enough.

Albert Einstein