

運動の法則

○ 力

質量 100 g (0.1kg) の物体にはたらく力（重力）がおよそ 1N

力の単位は[]（読み方： ）を用います。

力は矢印で表す。力がはたらいている場所を作用点といい、「力の作用点」、「力の（ ）」、「力の（ ）」を力の 3 要素といいます。
右の図に重力を描いてみよう→



物体に力が加わると、物体の（ ）が変化します（その他、（ ）することもある。逆に考えれば、力が加わらなければ、変化しません）。



○ 力の種類と描き方

<遠くからはたらく不思議な力>

・（ ）…地球が物体を引く力

重力は物体に触れることなくはたらく不思議な力。重力は物体の中心(重心)からひきます。物体にはたらく重力の大きさのことを（ ）といい、「質量」と分けて使います。質量の単位は【 】で、重さの単位は【 】。



重力（重さ）と質量の関係式 （ ）

質量は物体がもつ量で、どこでも変わりませんが、重さはその場所の重力加速度で変わります。

例) 月での物体の重さ（重力）は地球の重力のおよそ 6 分の 1



※ 重力の他に、電気の力や磁力などは遠くからはたらく不思議な力がまだあります。

<その他の力は（ ）>

・（ ）

・（ ）

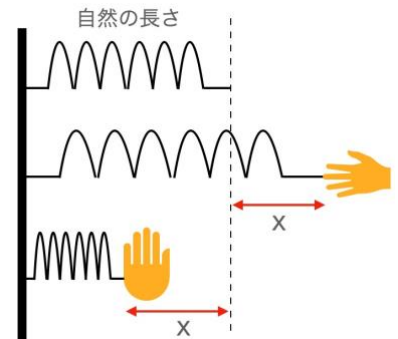
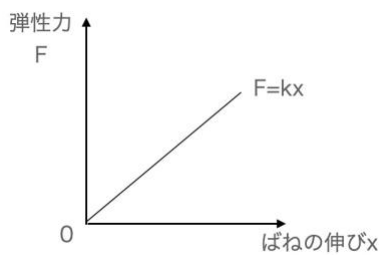
normal reaction

床から支えられる力



・（ ）

フックの法則（ ）



k [N/m]を（ ）といいばねを 1 m伸ばすのに必要な力の大きさを示す。 k が大きいほど、伸びにくいばねであり、 k はばねの硬さを示しています。

問題 質量 5.0kg の物体がある。この物体にはたらく重力を求めなさい。なお重力加速度の大きさを 9.8m/s^2 とする。

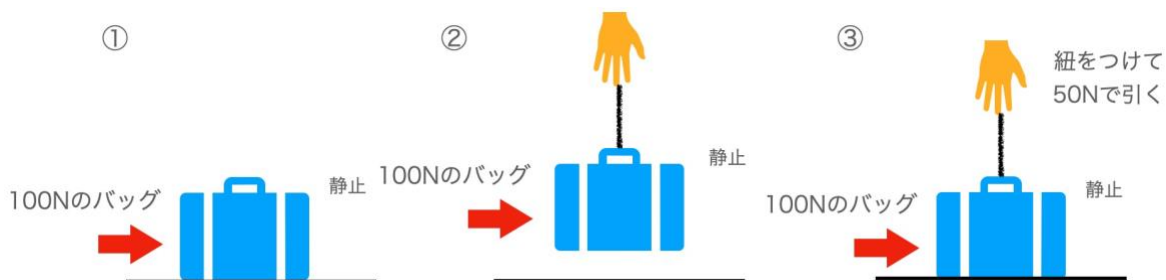
問題 自然長が 0.20m のばねにある力を加えて伸ばしたところ、弾性力が 40N になり、長さが 0.24m になりました。ばねのばね定数 k はいくらか。

○力のみつけ方と力のつり合い

力の見つけ方

- ① 注目する物体を決める。
- ② 物体の中心から重力を描く（遠隔作用）
- ③ 「触れているもの」からの力をかく（近接作用）

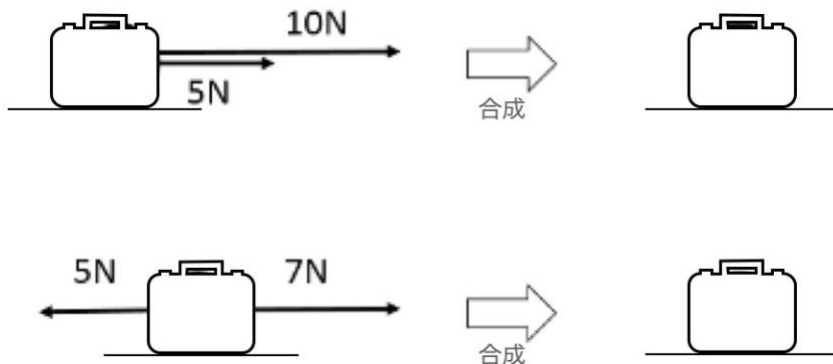
問題1 次の矢印の物体にはたらく力をすべて描き、その大きさも矢印の隣に書きこみなさい。



○ 力の合成（直線上）

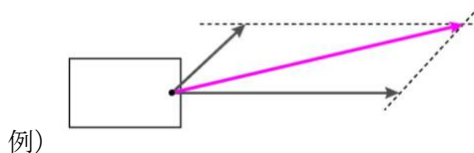
複数の力が1つの物体にはたらいた場合は、それらの力を合成して1本にまとめる事（力の合成）ができます。このまとめた力を（ ）といいます。

問題 次の2つの力を合成し、大きさを求めなさい。



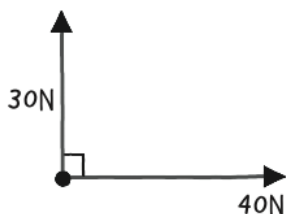
○ ななめの力の合成（平面）

斜め方向の2つの力の合力は、平行四辺形を用いて求めることができる（平行四辺形の法則というもので経験的事実）。

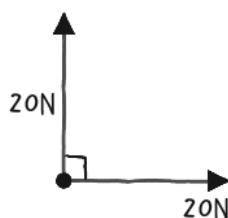


問題 次の2つの力を合成し、大きさを求めなさい。

(1)



(2)



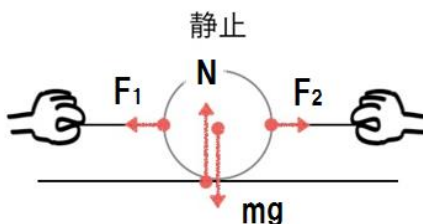
○ 力のつり合い

次のような場合、物体はどんな運動をするでしょうか？



このように物体にはたらく合力が（ ）のとき、物体は（ ）または（ ）運動をします。逆に考えると、物体が上記の運動をしている場合、その物体にはたらく力の合力（ ）Nです。これを（ ）といいます。

次のような複数の力がはたらいていた場合：



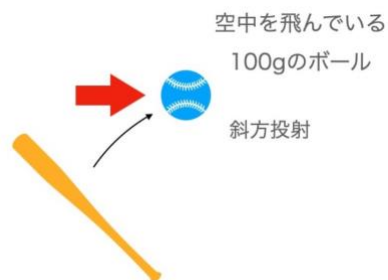
水平方向	鉛直方向

問題 1 の続き

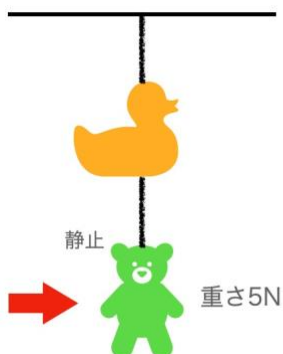
③



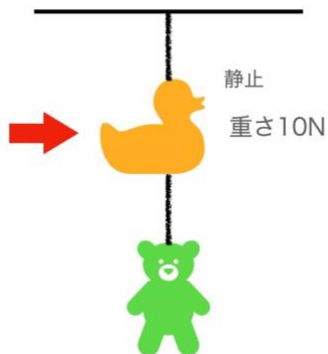
④



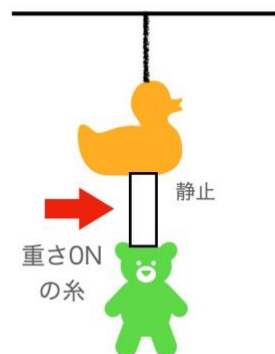
⑤



⑥

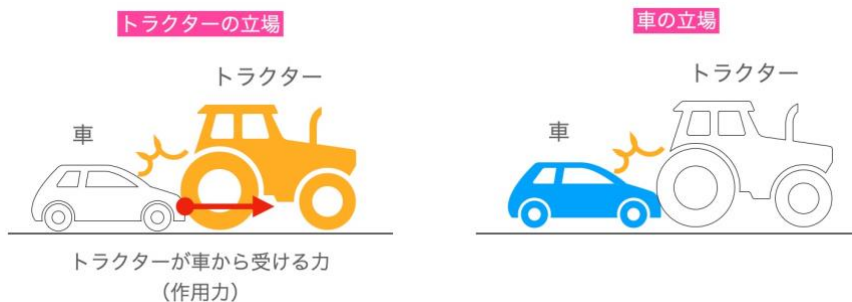


⑦



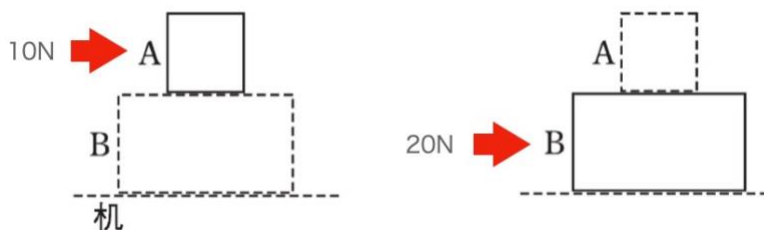
○作用反作用の法則 law of action and reaction

物体 B が物体 A から力 F (作用力) を受けるとき、物体 A は物体 B から同一直線上で逆向きに、作用力と同じ大きさの力 (反作用力) がはたらきます。これを () の法則といいます。



問題 問題 1 の⑤～⑦で作用・反作用の関係にある力を選びなさい。

問題 次の物体にはたらく力をそれぞれすべて描きなさい。また力のとなりにその大きさを書きなさい。また作用反作用の関係にある力を選びなさい。

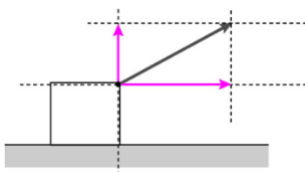


まとめ 力のつり合い → 注目する物体の中で考える

作用・反作用 → それぞれ立場を変えると、そのペアが見つかる。

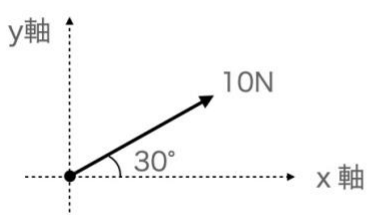
○力の分解

「力の合成」とは逆に、平行四辺形を使って、1つの力を2つの力に分けることができます。これを力の分解といいます。中でも長方形に分解して考えることが多くあります。

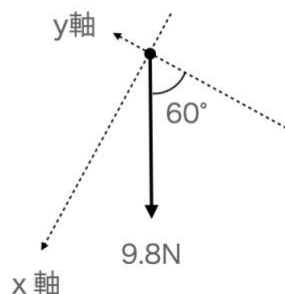


問題 下の物体にはたらく2つの力を分解し、大きさを求めなさい（x軸とy軸は直行）。

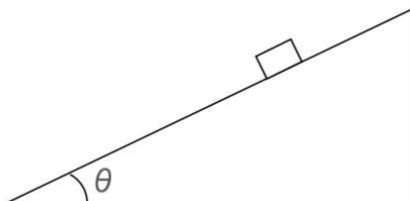
①



②



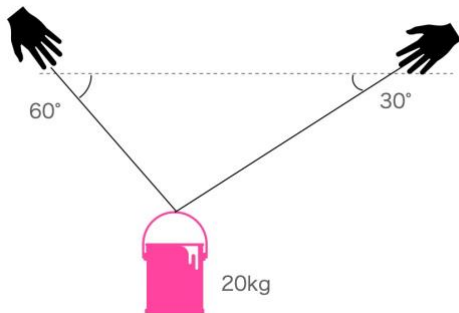
問題 角度 θ の斜面の上におかれた質量 m の物体の重力について、「斜面方向」と「斜面垂直方向」に分解しなさい。またその大きさを示しなさい。重力加速度を g とする。



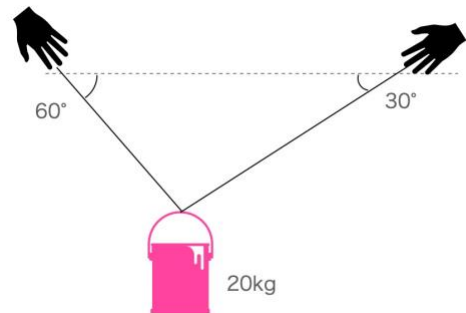
問題 質量 20kg のおもりを、図のように 2 本の糸でつるして静止させた。それぞれの糸の張力の大きさはそれぞれ何 N か。力を分解する方法（水平成分と鉛直成分で考える方法）と、力を合成する方法（考え方）でそれぞれ求めなさい。ただし、重力加速度の大きさを 9.8m/s^2 とする。

力を分解する方法

（水平成分と鉛直成分で考える方法）

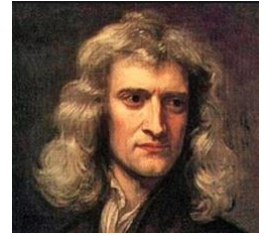


力を合成する方法



○ 運動の第2法則 運動方程式

ニュートンは1687年に、「運動の3つの法則」についてまとめました。



復習 運動の第一法則 () law of inertia

物体に力がはたらかないか、はたらく力がつりあっているとき（合力が0）、静止している物体は静止を続け、運動している物体は等速直線運動をつづける。

★運動の第二法則 () equation of motion

物体に生じる加速度はたらく力に比例し、質量に反比例する（実験結果より）。

$$a = k(\quad) \quad ※ k \text{ は比例定数}$$

$k=1$ になるように、 1kg の物体を加速度 1m/s^2 で運動させるのに必要な力 F を 1 [N] と決めると、

$$a = (\quad) \rightarrow (\quad)$$

となる。これを運動方程式という。力と加速度はベクトル量なので、 $m\vec{a} = \vec{F}$ と表記できる。

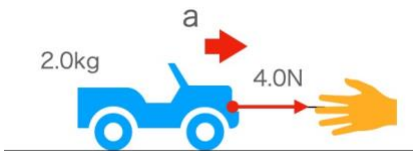
復習 運動の第三法則 ()

物体 A から物体 B に力 F （作用力）がはたらくとき、物体 B から物体 A にも同一直線上で逆向きに同じ大きさの力（反作用力）がはたらく。

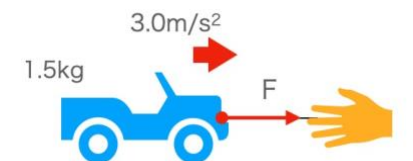
運動方程式の練習問題

問題 次の各問に答えなさい。

- (1) 2.0kg の台車に 4.0N の力を加えた。物体の加速度を求めなさい。



- (2) 1.5kg の台車にある力を加えて、 3.0m/s^2 で運動させた。この力は何 N か。

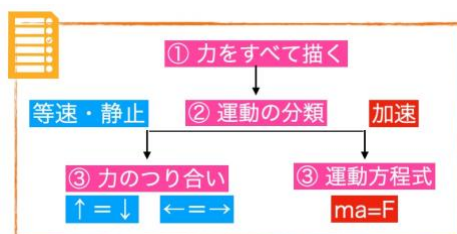


(3) 4.0kg の台車に次のように2つの一定の力を加え続けた。どのような運動をするか。

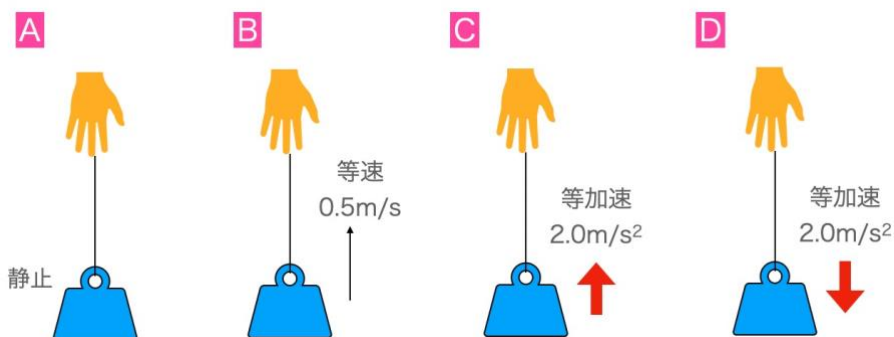


ポイント 運動方程式の右辺には合力を代入する

力と物体の運動に関する問題の考え方



問題 質量 0.50kg の物体を次のように運動させた。重力加速度は 10m/s^2 として、次の間に答えよ。



- (1) 日常経験から推測し、手が物体に加える力が大きい順番に A～D を並べなさい。
- (2) 手が物体に加える力（物体にはたらく張力と同じ）を計算によってそれぞれ求めなさい。

○ 摩擦力

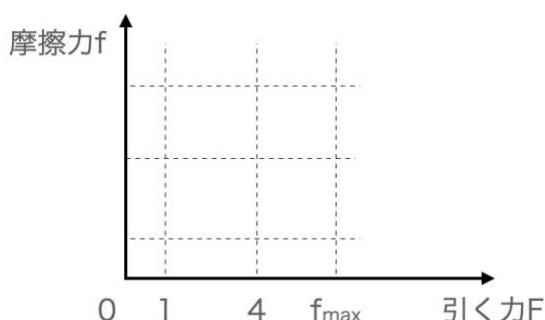
摩擦力の問題を解く時にはどの、どのような摩擦力が問われているのかを考える必要があります。

< 静止している時 >

① 静止摩擦力 f

物体を引いても動かないとき、その力に応じた摩擦力がはたらいています。これを静止摩擦力と

いいます。静止摩擦力は一定ではなく、その時々によって変化します。公式はありません。



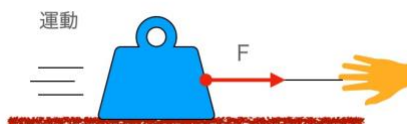
② 最大摩擦力 $f_{\max}$

静止摩擦力には限界があります。力を大きくしていくと、物体は動き出します。この動き出す直前ギリギリのときの静止摩擦力を最大摩擦力といいます。最大摩擦力 $f_{\max}$ は、物体と床の垂直抗力 N や、面の状態（これを静止摩擦係数 μ という）と関係があり、 $f_{\max} = (\quad)$ 表すことができます。



③ 動摩擦力 f'

最大摩擦力をこえると、物体は動き始めます。動いているときの摩擦力は、物体の運動にかかわらず常に一定になることが経験的にわかっています。この摩擦力を動摩擦力 f' といい、 $f' = (\quad)$ で表されます。 μ' を動摩擦係数といい、静止摩擦係数 μ と同じように面の状態によります。ただし μ' は静止摩擦係数 μ に比べて小さい、つまり動かしているときのほうが、動き出す直前の摩擦力よりも小さくなります。



ワーク ①～③をグラフにまとめてみましょう。

問題 質量 5.0kg の物体をあらい床の上に置いた。静止摩擦係数 μ を 0.80 ，動摩擦係数 μ' を 0.20 として，次の各問に答えよ。

- (1) この物体にひもをつけて，右方向に 3.0 N の力でひっぱったところ，物体は動かなかった。このとき物体にはたらく摩擦力の大きさと向きを求めよ。
- (2) この物体を左方向に 6.0 N の力でひっぱったところ，物体は動かなかった。このとき物体にはたらく摩擦力の大きさと向きを求めよ。
- (3) 物体に何 N よりも大きな力を加えると，物体は動き始めるか。
- (4) 物体に問 3 よりも大きな力を加えたところ，物体が動きはじめた。動いている時，物体にはたらく摩擦力の大きさはいくらか。

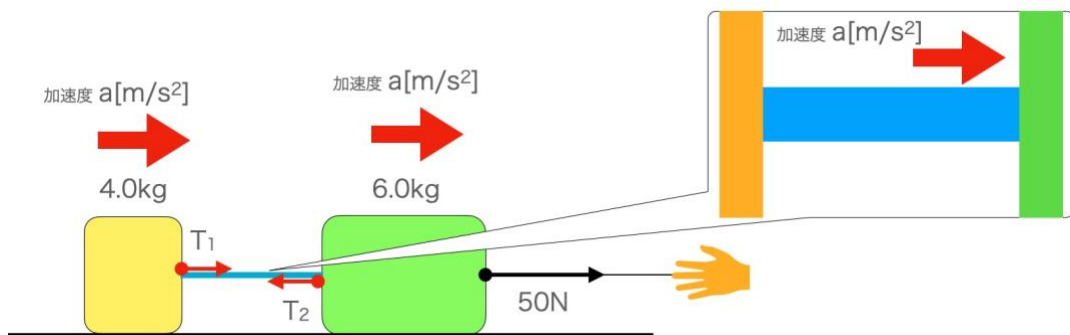
○ 2物体の運動

問題 摩擦の無いめらかな水平面上に、質量が 6.0kg の物体と 4.0kg の物体が糸で結ばれて静止している。図のように質量 6.0kg の物体を右向きに 50N の力で引いたときの、A と B の加速度と、糸の張力を求めなさい。



<軽い物体（今回は糸）の性質>

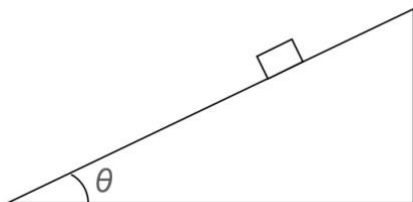
ピンと張られた軽い糸の両端にはたらく力 (T_1 と T_2) は、どんな運動状態でもほぼ等しくなります（問題では同じであるとして解く）。



その理由について考えてみよう

○ 斜面上の物体の運動

角度 θ のなめらかな斜面の上に、質量 m の物体を置くと、斜面上を加速しながらすべっていきます。
この加速度について考えてみましょう（力の分解の復習）。



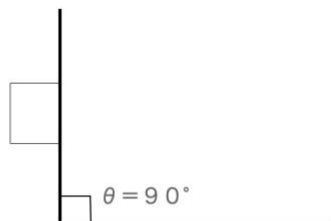
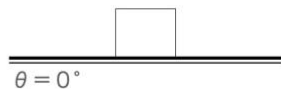
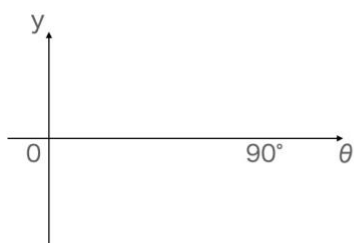
斜面方向は力が残っているので、() より () ①

斜面垂直方向には動かないため、() より () ②

①より

$$a = ()$$

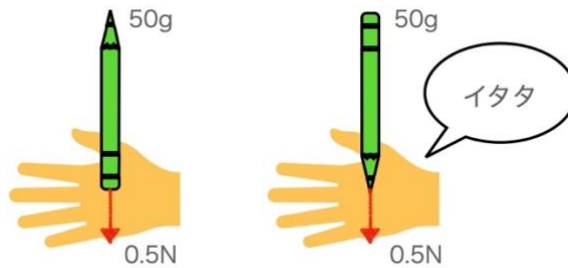
考えてみよう $\sin$ のグラフは図 1 のようになる。そのため角度が大きくなるほど a の値は () なる。また $\theta = 0^\circ$ のとき $a = ()$ 、 $\theta = 90^\circ$ のとき $a = ()$ となる。



圧力と浮力

○ 圧力

力は同じでも、物に与える影響は力が一定面積に集中しているかどうかで異なります。



単位面積 S (1 m^2) あたりに加わる力 F を圧力 P といいます。圧力 P は力 F と力を受けた面積 S を用いて、以下のように表されます。

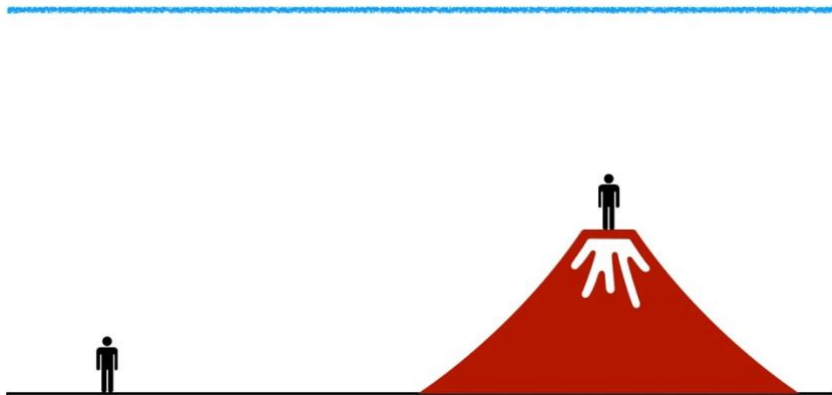
$$P =$$

圧力の単位は()、または ()【 】です。圧力は「力が集中している」ほど、大きくなります。

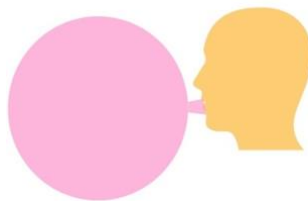
問題 ペンの重さを 0.50N 、ペン先の面積が 1.0mm^2 、ペン反対側の面積が 50mm^2 とする。上の図のように、ペン先を下にした場合と、反対側を下にした場合の手の平に加わる圧力を求めなさい。

○ 気圧（大気圧）

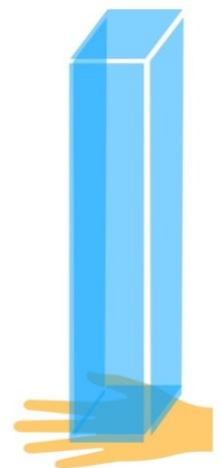
空気による圧力のことを（ ）といいます。地上の気圧は（ ）hPa =（ ）Pa です（h（ヘクト）は（ ）を示す）。だいたい 10 万 Pa が 1 気圧です。気圧は山などの高いところに行くと、（ ）になります。



また風船に空気を入れていくと、風船全体が膨らみ、中の気圧が高くなります。風船は丸く膨らむように、気圧はいろいろな方向からはたらきます。



問題 地上気圧を 1000 hPa とすると、手のひらには空気からの力が何 N かかっていますか。なお手のひらの面積は $15 \times 10^{-3} \text{m}^2$ （縦 15cm×横 10cm）として計算しましょう。また牛乳パック 1 本（1kg）は約 10N ですが、何本分に相当しますか。



○ 密度

浮力を知るためには密度や水圧の知識が必要です。まずは密度を復習しましょう。密度 ρ （ロー）は、単位体積 V あたり（ 1m^3 あたり）の質量 $m(\text{kg})$ を表します。

$$\rho =$$

密度の単位は（ ）です。中身が詰まった物体ほど、密度は大きくなります。

問題 牛乳はその大部分が水です。牛乳パック 1 本は体積が 1 L（リットル）であり、質量はおおよそ 1kg です。これをもとに水の密度 (g/cm^3) を求めなさい。また単位を (kg/m^3) に直して示しなさい。なお、水 1L は体積 $1000(\text{cm}^3)$ です。

○ 水圧

空気を入れたゴム風船を水槽の中に沈めていくと、ゴム風船の大きさはどんどん小さくなっていきます。これは、周りの水がゴム風船を押すためで、このように水による圧力を（ ）といいます。水圧は、深くなるほど（ ）なり、同じ深さでは水圧は一定の大きさに、いろいろな方向からはたらきます。



大気圧が $P_0[\text{Pa}]$ で、深さ $h [\text{m}]$ における水圧 $P_w [\text{Pa}]$ は、水の密度を $\rho_w [\text{kg}/\text{m}^3]$ 、重力加速度の大きさを $g [\text{m}/\text{s}^2]$ とすると、次のように表せます。

$$P_w = (\quad)$$

問題 水圧の式について、穴を埋めて導きなさい。

深さ h [m] の場所での水圧は、その上に乗っている水にはたらく重力が原因である。圧力は 1 [m²] あたりにはたらく力 F [N] なので、深さ h [m] の場所に底面が 1 [m²] の水の柱を考える。この柱にはたらく重力は、その深さでの水圧の大きさと等しい。

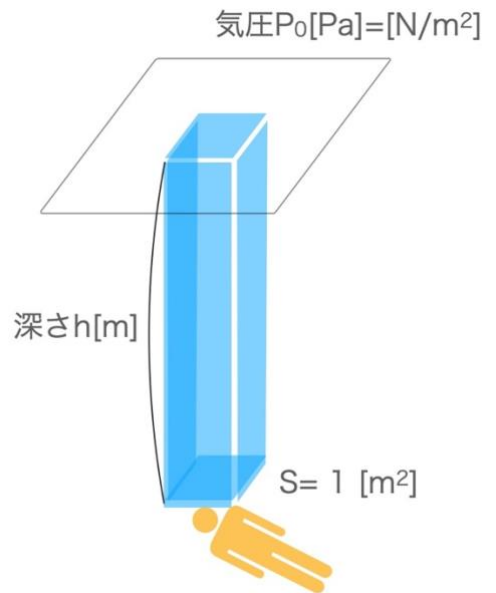
水の柱の質量を m [kg] とすると、重力は $F = mg$ [N]。また密度の定義式より、質量 m は密度 ρ と体積 V を使って、 $m = (\quad)$ [kg] と表せるので、水の密度 ρ_w [kg/m³] とすると、水の柱にはたらく重力は、

$$F = mg = \rho_w (\quad) g = \rho_w h g \quad [\text{N}]$$

となる。さらにこの水の柱の上には、普通大気がのっているので、大気圧を P_0 [N/m²] とすると、深さ h [m] での水圧 P_w は、

$$P_w = (\quad)$$

となる。



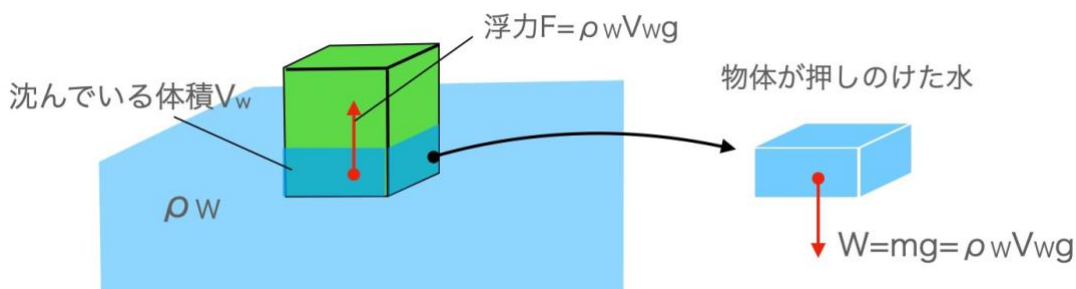
○ 浮力

水の中に物を入れると、上向きの力がはたらいて、軽くなったように感じます。これは()
という力が、上向きにはたらくためです。液体の密度を ρ_w [kg/m³]、物体の水に沈んでいる部分の体積を V_w [m³] とすると、液体中の物体が受ける浮力の大きさ F [N] は、次のように表せます。

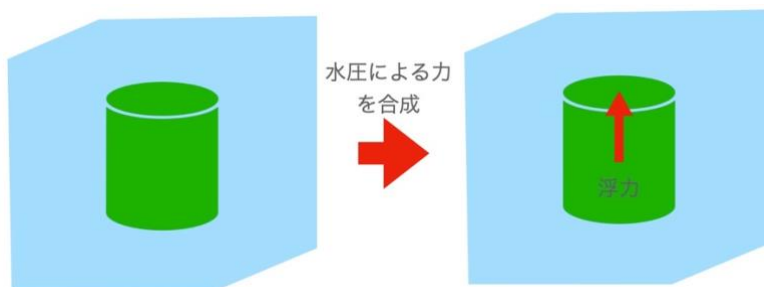
$$\text{浮力 } F = (\quad)$$

これをアルキメデスの原理といいます。

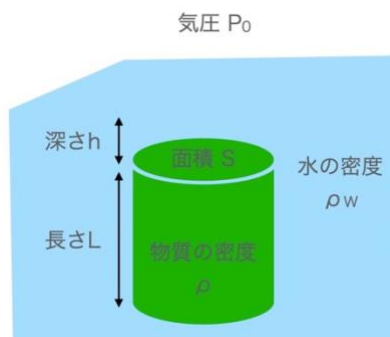
液体にいれた物体は、その物体が押し出した液体の体積の重さに等しい浮力を受ける



なお浮力は水圧による力の合力である（浮力を力として描くときは、水圧による力は描く必要はありません）。



問題 アルキメデスの原理はどのような形をした物体に対しても成り立っている。今回は計算がしやすい円柱を用いて、浮力の公式を導いてみよう。図のように密度 ρ [kg/m³]、面積 S [m²]、長さ L [m]の円柱を、密度 ρ_w [kg/m³]の水の中に沈んでいる。液面から円柱の上面までの深さを h [m]、重力加速度の大きさを g [m/s²]、大気圧の大きさを P_0 [Pa]とする。



- (1) 上面の水圧 P_U と下面での水圧 P_D を求めなさい。
- (2) 浮力を求めなさい。
- (3) 物体にはたらく重力と比較して、浮くための条件を示しなさい。

問題 密度が ρ で体積が V の直方体がある。次の各問いに答えなさい。なお水の密度を ρ_0 、重力加速度を g とする。なお $\rho > \rho_0$ とする。

- (1) この物体を水の中に半分沈めた。このときの物体にはたらく浮力を求めなさい。
- (2) 物体を完全に水の中に沈めて手を離した。このときの物体の加速度の向きと大きさを求めなさい。