

添削問題の準備（理工学部 1回目）

摂南大学理工学部

添削問題の準備には基本事項と例題が用意されています。添削問題に取り組む前に基本事項を確認し、例題に取り組んでください。途中であきらめないで、がんばってください。

基本事項

物理学を学ぶとき、最初に学ぶのが力学である。この力学で最初にやることは図を描き、その中に力を書き込んでいくことである。この作業が終われば、力学は終わりといつてもいい。あとは数学のテクニックを用いて数式にして解くだけだからである。この最初の作業を今回は行っていこう。

力を書き込むときの注意

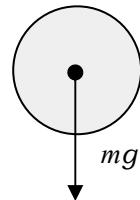
- ☆ 力には方向がある。どの向きに働いているかわかるように、力は矢印で書く。
- ☆ 力がどの物体に働いているかわかるように、矢印の始点には・（黒丸）を書く。
- ☆ 力の大きさがわかっているものは、その大きさを書く。

以上のことを見て、様々な力を図中に書き込んでみよう。

《1》 様々な力

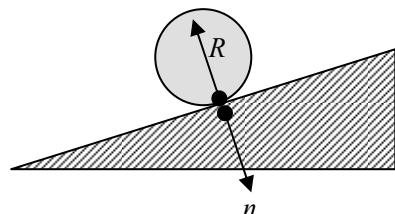
① 重力

質量 m [kg] の物体が地球上にあるとき、鉛直下向きに必ず働いているのが重力である。その大きさは重力加速度を g [m/s²] として mg [N] と書ける。図中に描くときには右図のように物体の真ん中(重心)から下向きに矢印を書く。(力の単位は “N” と書き、ニュートンと読む)



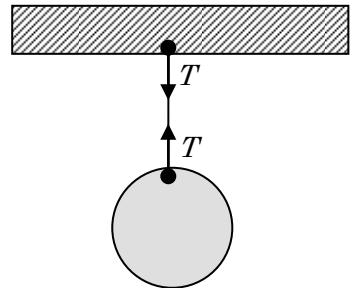
② 垂直抗力

二つの物体が接しているとき、接している面から垂直に働く力。右図の R [N] と n [N] に対応する。両方の物体に働くので、今考えている物体がどちらであるか考えて、始点の・を書くことを忘れないようにする。



③ 張力

物体が糸でつるされていたり、引かれたりしている場合に糸から受ける力。記号を使って T [N] と書かれることが多い。物体から外向きに働く力なので、始点の・を書くのを忘れないようにする。

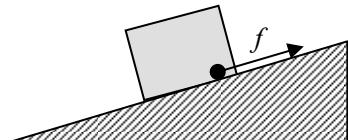


④ ばねの力

張力のうち、ばねによって引かれる(押される)場合、この大きさはばねの伸びを x [m]、ばね定数を k [N/m] として、 kx [N] と書かれる。ばねから受ける力は、ばねが伸びた場合ばねが縮む方向に、ばねが縮んだ場合ばねが伸びる方向に働くことに注意する。

⑤ まさつ力

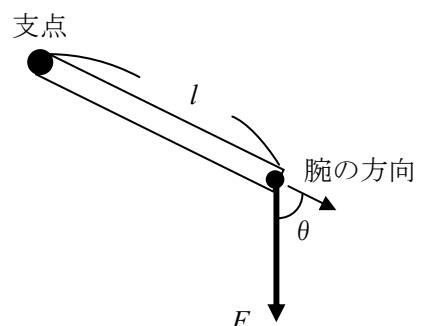
物体が接している面が粗いとき、物体と面との間にまさつ力が働く。まさつ力の方向は運動しようとしている方向と逆方向である。右図のように坂道に物体が置かれている場合、物体は坂道を下る方向に動こうとするので、坂道に沿って上向きにまさつ力が働くことになる。まさつ力の大きさは動いている場合(動まさつ)と、動き出す瞬間のまさつ(最大静止まさつ)はまさつ係数(動まさつと最大静止まさつでは値が違う)を μ 、垂直抗力を N [N] として μN [N] と書かれるが、一般にはわからないものとして f [N] と書かれることが多い。



⑥ 力のモーメント

右図のように、回転できる物体に力が加わると、力のモーメントが働く。力のモーメントはいわば回転力である。力のモーメント L [N・m] は力 F [N] と回転の支点からの距離(腕の長さ) l [m] と力 F と腕の方向のなす角 θ に依存し、

$$L = Fl \sin \theta$$

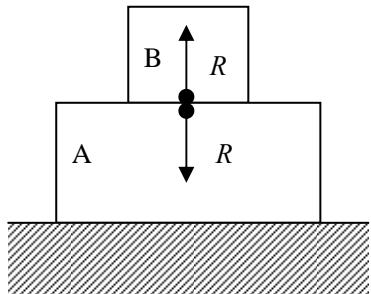


とかける。したがって、力 F が大きく、腕の長さ l が長く、角度 θ が 90° のとき、力のモーメントは大きくなる。

《2》 力学の問題を解く上で計算を簡単にしてくれるのが、作用・反作用と呼ばれる法則とつりあいの式である。この作業を次は行っていこう。

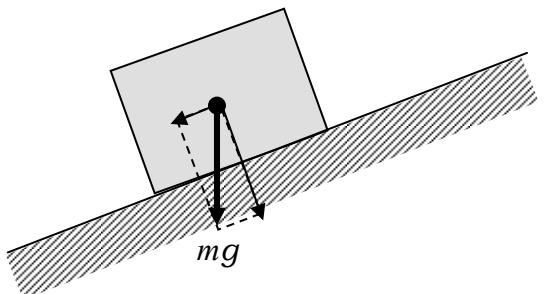
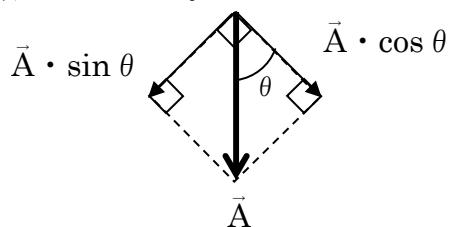
① 作用・反作用

A の物体が B の物体に力を及ぼしているとき、B の物体も同じ大きさで向きが逆の力を A の物体に及ぼしている。例えば、右の図のように 2 つの物体が重なっているとき、お互いの接点から垂直に垂直抗力が働いているが、これらの力は大きさが等しく、向きが逆である。この法則のおかげで、右図のように二つの力の大きさを表す文字（図中の R）は共通のものを使うことができる。



② 力の分解

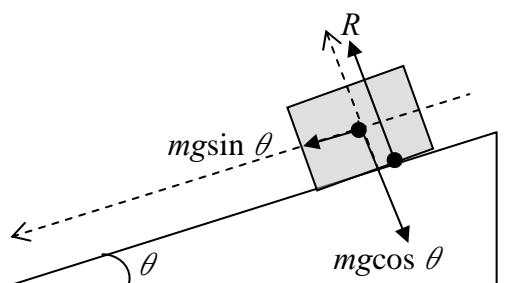
力はベクトルであるがベクトル計算は面倒なので、スカラー(数値のみ)で計算できるようにしたい。このために力を分解する。このとき、分解する方向は互いに直角で、もとのベクトルの頂点から分解する方向に垂線をおろすことが最大のポイント。



③ つりあいの式

複数の力が働いていても、つりあっている(合力が 0 になっている)と、それらの力は運動を変化させない。つまり、物体の運動を考えるとき、力がつりあっている方向を見きわめ、つりあいの式をたてることは、運動を解く作業を簡単にしてしまうことである。

右の図では物体は斜面方向に運動するが、斜面に垂直な方向には動かないことは明らかである。つまり、この方向の力はつりあっていることになる。つりあいの式を立てるときには、R の方向を + とすると、それとは逆を向いている $mg \cos \theta$ は - の方向となる。よってこの方向のつりあいの式は $0 = R - mg \cos \theta$ となる。



$$0 = R - mg \cos \theta$$

[例題 1] 重力

次の場合における重力はいくらか。ただし、重力加速度は g [m/s²] とする。

- (1) 質量 m [kg] の物体が机の上に置かれている場合
- (2) 質量 m [kg] の物体が机の上から高さ h [m] のところにある場合
- (3) 質量 m [kg] の物体が速度 v [m/s] で動いている場合
- (4) 質量 m [kg] の物体が重力加速度 g [m/s²] で落下している場合

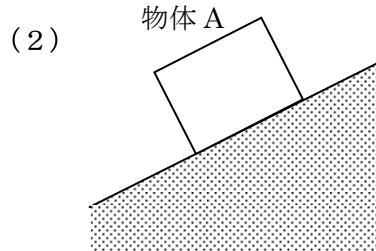
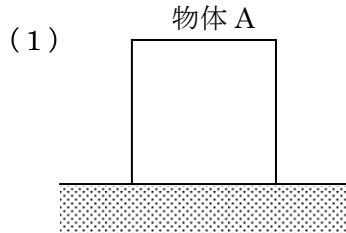
(解説)

どんな状況でも重力は (質量) × (重力加速度) である。

(解答) (1) mg (2) mg (3) mg (4) mg

[例題 2] 垂直抗力

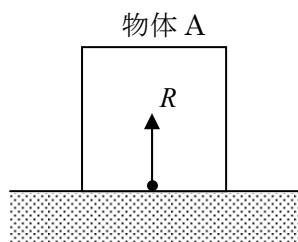
次の場合における物体Aにはたらく垂直抗力 R を図に記入せよ。



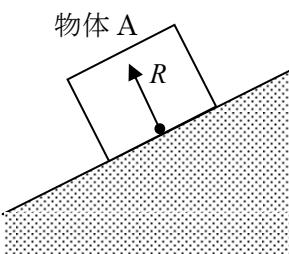
(解説)

垂直抗力は必ず接触面に垂直にはたらく。

(解答) (1)

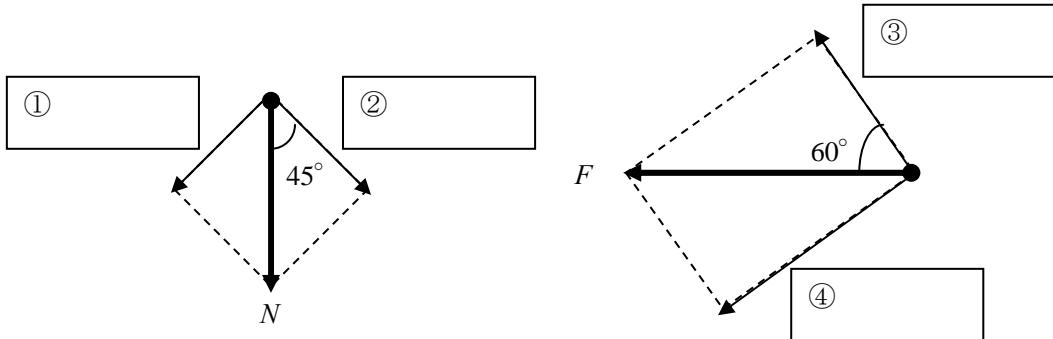


(2)



[例題3] 力の分解 (No.1)

分解した力の大きさを求めよ。

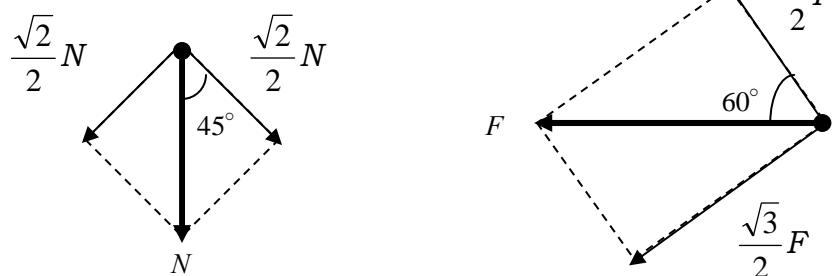


(解説)

①と②はそれぞれ $N \sin 45^\circ$, $N \cos 45^\circ$

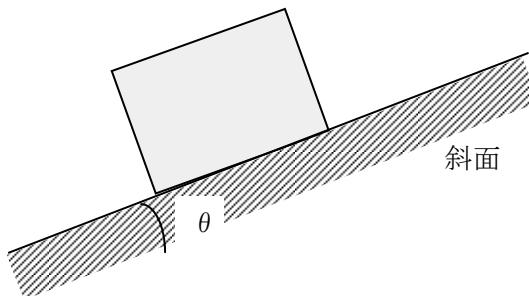
③と④はそれぞれ $F \cos 60^\circ$, $F \sin 60^\circ$ から計算できる。

(解答)



[例題4] 力の分解 (No.2)

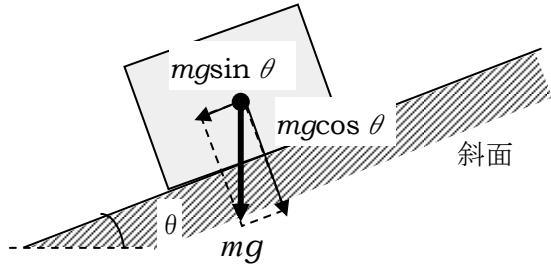
図のように、質量 m [kg] の物体が斜面上に置かれている。物体の重力を図中に記入し、重力を斜面に平行な方向と垂直な方向に分解せよ。ただし、重力加速度は g [m/s²] とする。



(解説)

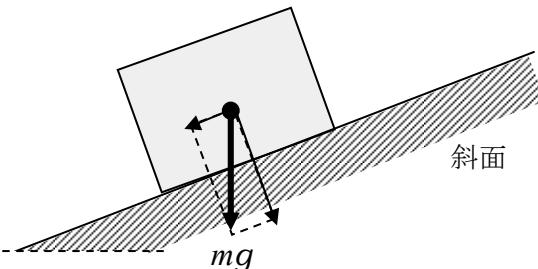
重力は mg [N] で鉛直下向きにはたらく(斜面に垂直ではない)。これを斜面に平行な方向と斜面に垂直な方向に分解する。

(解答)



[例題 5] まさつ力

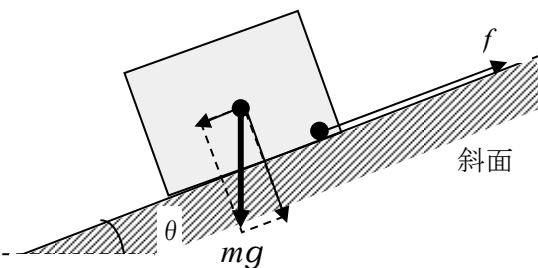
図のように、質量 m [kg] の物体が粗い斜面上で静止したまま動かない場合、まさつ力がはたらいている。まさつ力 f [N] を図中に記入せよ。



(解説)

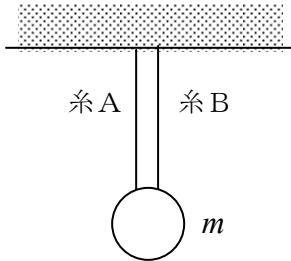
静止まさつ力は運動しようとする方向と逆方向にはたらく。

(解答)



[例題6] 糸の張力

図のように、質量 m [kg] の物体が天井から2本の糸Aと糸Bにつりさげられている。図中に物体の重力と糸の張力を記入し、糸A、Bの張力を求めよ。



(解説)

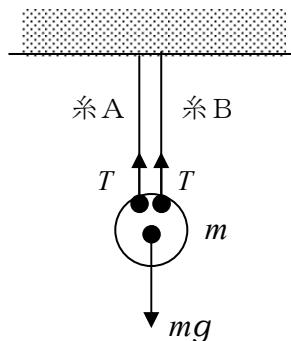
糸A、Bにより物体が支えられている。したがって、糸Aと糸Bの鉛直方向の張力の合計が物体の重力と等しい。

(解答)

$$mg = 2T$$

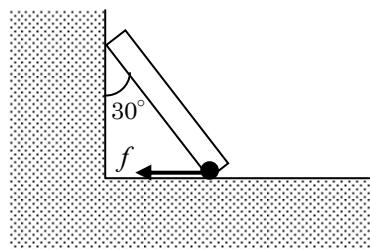
ゆえに

$$T = \frac{mg}{2}$$



[例題7] 力のモーメント

図のように長さ $2l$ 、質量 m [kg] の棒がなめらかな壁に立てかけられて静止している。このとき、力のモーメントのつりあいを用いて棒が床からうけるまさつ力 f [N] を求めよ。



(解説と解答)

鉛直方向、水平方向および力のモーメントのつりあいを求めればよい。

●鉛直方向のつりあい式は

$$mg = n$$
 となり、

●水平方向のつりあい式は

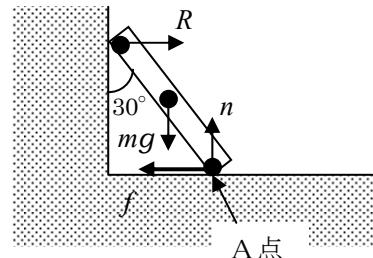
$$R = f$$

となる。

●力のモーメントのつりあいは、静止していることを考慮して、A点まわりのモーメントの総和が0であるという条件を使うと、

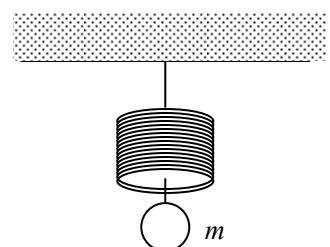
$$mgl \sin 30^\circ = R \times 2l \cos 30^\circ$$

となり、これを解くと、 $R = \frac{\sqrt{3}}{6} mg$ となり、まさつ力fは $f = \frac{\sqrt{3}}{6} mg$ となる。



[例題 6] 弾性力

図のように、自然の長さ l [m]、ばね定数 k [N/m] のばねが天井からつるされている。このばねに質量 m [kg] の物体を取り付けたところ、ばねは自然の長さから x [m]だけ伸びてつりあつた。ばねの伸び x [m] を k, m, g を用いて表せ。ただし、ばねの質量は無視でき、重力加速度 g は 9.8 m/s^2 とする。



(解説と解答)

物体にかかる力は重力 mg [N] とばねが物体を引く力（弾性力） kx [N] である。

この2つの力がつりあうと物体は静止する。したがって、

$$mg = kx$$

が得られる。この式から、伸び x を求めると、 $x = \frac{mg}{k}$ となる。