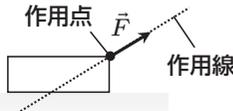


5章 いろいろな力1

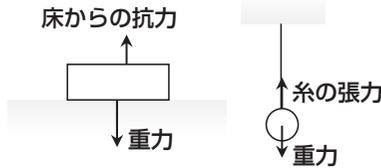
●力の三要素

物体が力を受ける点を**作用点**といい、作用点を通り力の向きに沿って引いた直線を**作用線**という。力は「**大きさ**」と「**向き**」と「**作用点**」で決まり、これらを力の**三要素**という。



●遠隔力と接触力

接触していない物体間にはたらく力を**遠隔力**といい、接触している物体間にはたらく力を**接触力**という。



遠隔力の例：重力、静電気力、磁力など

接触力の例：抗力、(糸などの)張力、(ばねなどの)弾性力、摩擦力、浮力など

●作用・反作用の法則

力とは物体どうしが及ぼし合う作用であり、一方を**作用**とすると、他方を**反作用**という。作用と反作用については次の法則が成り立つ。

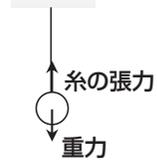
●作用・反作用の法則

作用と反作用は**同一作用線上**にあり、同時に作用し合い、互いに**逆向き**で**大きさ**が等しい。
 ※互いの物体が、動いてしようと静止しようとなり立ち、遠隔力でも接触力でも成り立つ。
 ※互いの物体の質量の違いに関係なく成り立ち、作用があって反作用がないということはありません。

右図のように、糸に吊るされた小球を考えてみよう。小球には次のような力がはたらいている。

接触力：糸の張力 (糸が物体を引く力) **遠隔力**：重力

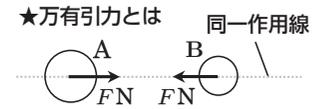
※小球には周りの大気によって浮力もはたらくが、非常に小さく無視できるものとする
 この2つの力はつり合っているが、作用と反作用の関係にあるわけではない。同一の作用線上にあり、向きが逆向きで、大きさが等しい2つの力が必ず作用と反作用の関係にあるわけではないので特に注意してほしい。糸の張力、重力を作用とした場合、それぞれの反作用は次のようになる。



作用	反作用
張力 (糸が小球を引く力)	小球が糸を引く力
小球にはたらく重力 (地球が小球を引く力)	小球が地球を引く力

重要 糸の張力の反作用は重力ではない！また、重力の作用点は必ず重心になる。そうでなければ物体はひとりで回転してしまうはずである。

重力は**万有引力** (右の解説参照) を近似的に表した力である。つまり、**重力**は小球と地球との間で及ぼし合う作用である。一方、**張力**は糸と小球との間で及ぼし合う作用である。



その他、次のようなものが作用と反作用の関係にある。

作用	反作用
手が壁を押す力	壁が手を押す力
手がばねを引き伸ばす力	ばねが手を引き戻す力

※質量がある2物体間には、必ず**大きさ**が等しい引力が作用し合う。その力が万有引力である。ただし2物体の質量の積が小さいときは、その大きさは非常に小さく無視できる。

●慣性の法則

電車に乗っている人は、電車にブレーキがかかると進行方向に引き寄せられてしまう。このように、物体には同じ運動状態を保とうとする性質があり、この性質を**慣性**という。慣性については、一般に次の法則が成り立つ。

●慣性の法則

物体が力を受けていなければ、あるいは力を受けていてもその合力が $\vec{0}$ であれば、**静止している物体は静止したままで、運動をしている物体は等速直線運動を続ける。**

61 力の三要素をすべて答えなさい。()

62 次の力を接触力と遠隔力に分類しなさい。

【ア.抗力、イ.静電気力、ウ.張力、エ.磁力、オ.重力、カ.摩擦力、キ.弾性力、ク.浮力】

接触力：() 遠隔力：()

63 次は作用・反作用の法則について述べた文である。空欄に適切な言葉を埋めなさい。

力とは物体どうしが及ぼし合う作用であり、一方の力を作用とすると、他方を①()という。作用と(①)は同一②()上にあり、同時に作用し合い、互いに③()向きで**大きさ**が等しい。地球上の物体にはたらく重力を作用とするとき、その(①)は④()であり、その(①)の作用点は地球の⑤()になる。

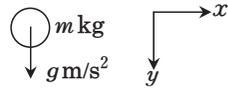
① () ② () ③ () ④ () ⑤ ()

64 天体からの引力が及ばない宇宙空間で、小球に初速 v_0 m/sを与えた。次の問いに答えなさい。

- (1) 小球はその後どのような運動をするか。()
- (2) (1)で答えた運動の根拠となる法則は何か。()

●重力

物体が鉛直下向きに落下するとき、空気抵抗や浮力の影響が無視できれば、物体の質量に関係なく、一定の加速度(約 9.8 m/s^2)で落下する。この一定の加速度を**重力加速度**という。



ここで、物体が鉛直下向きに落下しているときの鉛直方向の運動方程式について考えてみよう。

空気抵抗や浮力の影響が無視できる物体の質量を $m \text{ kg}$ 、重力加速度の大きさを $g \text{ m/s}^2$ 、落下しているときに物体にはたらく力の大きさを $W \text{ N}$ とすると、鉛直方向の運動方程式は次のようになる。

$$mg = W \text{ (鉛直下向きを正とする)}$$

この W で表される力を**重力**といい、この運動方程式によって、重力の大きさは mg で表されることになる。なお、重力の向きは万有引力の法則*によって、地球の中心向き、つまり、必ず鉛直下向きになる。

暗記
重力: $W = mg$

*万有引力の法則は、「宇宙におけるあらゆる物体は、互いに引き寄せ合う作用がはたらいている」という法則であり、このことはもちろん実験によって確認することができる。

※ $F = mg$ において、 $F = 1 \text{ N}$ ならば、 $g \approx 9.8$ より、 $m \approx 1/9.8 \text{ kg} \approx 100 \text{ g}$ となる。よって、 $1 \text{ N} \approx 100 \text{ g}$ 重となり、 1 N は質量約 100 g の物体の重さに相当する。

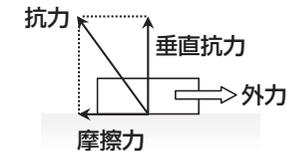
65 質量 60 kg の物体 A について、次の空欄に当てはまる数値を答えなさい。ただし、月面上にある物体にはたらく重力の大きさは、地表にある場合に比べて約 6 分の 1 であるものとし、有効数字は2桁で答えること。

物体 A が地表にあるとき、物体 A にはたらく重力の大きさは (①) kgw で、地球上で物体に生じる重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とすると、物体 A にはたらく重力の大きさは (②) N となる。また、物体 A が月面上にあるとき、物体 A の質量は (③) kg で、物体 A にはたらく重力の大きさは約 (④) $\text{kgw} \approx$ (⑤) N である。また、月面上で物体 A を自由落下させたときに、物体に生じる加速度の大きさは約 (⑥) m/s^2 である。

①() ②() ③() ④() ⑤() ⑥()

●抗力

物体が面と接しているとき、物体が面から受ける力を**抗力**という。また、抗力の面と垂直な分力を**垂直抗力**といい、平行な分力を**摩擦力**という。つまり、抗力は次のように分解される。

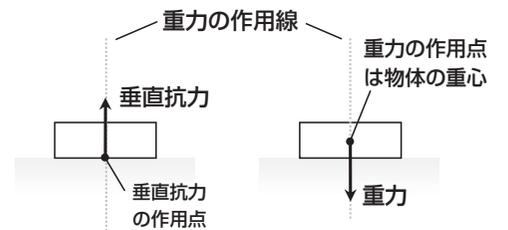


$$\text{抗力} = \text{摩擦力} + \text{垂直抗力}$$

この摩擦力は、物体の動きを妨げる向きにはたらくが、接触面が滑らかであったり、複数の外力が釣り合っていたりすると、**摩擦力 = 0** となることもあり、そのときは、**抗力 = 垂直抗力** となる。なお、物体が流体(気体や液体)中を移動するとき、物体が流体から移動を妨げる向きに受ける力も抗力という。

★垂直抗力の作用点

図のように、水平面上で物体が静止しているとき、物体にはたらく垂直抗力の作用点は、水平面上で、かつ重力の作用線上にある。仮に、垂直抗力と重力の作用線が一致しなければ、物体には回転作用が生じてしまうはず

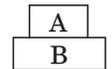


である。しかし、水平面との間に摩擦力がはたらいているときは、それらの作用線は一致せず、回転作用によって物体は転がってしまうこともある。

例題 1 図のように直方体の2つの物体 A、B が水平面上で静止している。次の問いに答えなさい。ただし、2つの物体にはたらく浮力は非常に小さく無視できるものとする。

(1) 物体 A にはたらく接触力と遠隔力をすべて答えなさい。

接触力は接触している物体から受ける力である。A と接触しているのは B のみであるので、A にはたらくすべての力は次のようになる。



接触力: 物体 B から受ける垂直抗力 遠隔力: 重力 …(答)

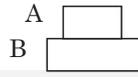
(2) 物体 B にはたらく接触力と遠隔力をすべて答えなさい。

B と接触しているのは A と水平面の2つである。よって、B にはたらくすべての力は次のようになる。

接触力: 物体 A から受ける垂直抗力, 水平面から受ける垂直抗力 …(答)

遠隔力: 重力 …(答)

66 図のように直方体の2つの物体A, Bが水平面上で静止している。物体A, Bの質量をそれぞれ m_A kg, m_B kg, 重力加速度の大きさを g m/s², 2つの物体にはたらく浮力は非常に小さく無視できるものとして, 次の空欄を埋めなさい。



物体Aには鉛直下向きで大きさ①()Nの重力と, 鉛直上向きにBからの垂直抗力がはたらいている。そのBからの垂直抗力の大きさを N_1 Nとすると, 物体Aについての鉛直方向の運動方程式(鉛直上向きを正とする)を立てると, 次のようになる。

$$m_A \times 0 = \text{②} (\quad)$$

一方, 物体Bには鉛直下向きで大きさ③()Nの重力と, Aからの垂直抗力および水平面から受ける垂直抗力がはたらいている。Aからの垂直抗力の大きさは, ④()の法則によって, N_1 Nとなる。さらに, 水平面から受ける垂直抗力の大きさを N_2 Nとすると, 物体Bについての鉛直方向の運動方程式(鉛直上向きを正とする)は, N_1, N_2 を用いて次のようになる。

$$m_B \times 0 = \text{⑤} (\quad)$$

上記の2つの運動方程式により, N_1, N_2 をそれぞれ, m_A, m_B, g を用いて表すと,

$$N_1 = \text{⑥} (\quad), N_2 = \text{⑦} (\quad) \text{ となる。}$$

67 次の問いに答えなさい。

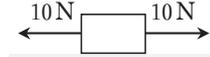
(1) 右図のように, 水平面上に置かれた物体に, 10 Nの力を水平右向きに, 8 Nの力を水平左向きに加えたが, 物体は静止したままであった。このとき, 加えた力以外で物体にはたらくしている水平方向の力は何であるか。また, その大きさと向きも答えなさい。



力: () 向き: () 大きさ: () N

(2) (1)で, 水平左向きに加える力の大きさを10 Nにした場合, (1)で答えた力の大きさは何 Nになるか。

() N



68 図のように, 水平面上に質量 m kgの物体があり, 水平右向きに F Nの力を物体に加えると, 物体は等速直線運動をした。このとき, 次の問いに答えなさい。ただし, 重力加速度の大きさを g m/s²とし, 空気抵抗や浮力の影響は無視できるものとする。



(1) 物体にはたらくしている遠隔力は何か。また, その力の向きと大きさも答えなさい。

() 向き: (水平・鉛直) (右・左・上・下) 向き 大きさ: () N

(2) 物体にはたらくしている鉛直方向の接触力を何というか。また, その力の向きと大きさを答えなさい。

() 向き: 鉛直 (上・下) 向き 大きさ: () N

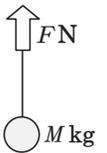
(3) 水平右向きに加える F Nの力以外で, このときの物体にはたらく水平方向の力を何というか。また, その力の向きと大きさを答えなさい。

() 向き: 水平 (右・左) 向き 大きさ: () N

(4) (2), (3)で答えた力の合力を何というか。 ()

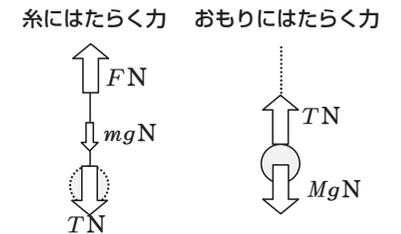
●系の張力

軽い糸が弛んでいないとき, 糸の両端にはたらく張力の大きさは等しい。その理由について考えてみよう。図のように質量 M kgのおもりを軽い糸の一端に固定し, 他端を F Nの力で鉛直上向きに引き上げたとする。このとき, 糸の下端がおもりから受ける力の大きさを T N, 糸とおもりに生じる加速度の大きさを a m/s²とする。さらに, 重力加速度の大きさを g m/s², 糸の質量を m kgとすると, 糸とおもりそれぞれの鉛直方向の運動方程式(鉛直上向きを正とする)は次のようになる。



$$\text{糸: } ma = F - T - mg \cdots \text{①} \quad \text{おもり: } Ma = T - Mg$$

軽い糸であれば, その質量は無視できるほど小さいので, $m \approx 0$ である。よって, ①より, $0 \approx F - T$ つまり, $F \approx T$ となり, 軽い糸の両端にはたらく力の大きさはほぼ等しいことになる。このことは, 生じる加速度の大きさ a が0であろうとなかろうと, 成り立つことがわかる。



右のように, 力 \vec{F} で糸を斜めに引っ張っても同様のことがいえる。糸の加速度を \vec{a} とし, 他端にはたらく力を \vec{T} , 糸にはたらく重力を \vec{W} とすると, 糸についての運動方程式は次のようになる。

$$\text{糸: } m\vec{a} = \vec{F} + \vec{T} + \vec{W}$$

$m \approx 0$ ならば, $\vec{W} = \begin{pmatrix} 0 \\ -mg \end{pmatrix} \approx \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \approx \vec{0}$ であるので, 上式は

$$0 \times \vec{a} \approx \vec{F} + \vec{T} + \vec{0} \text{ つまり, } \vec{F} \approx -\vec{T} \text{ となる。}$$

これは \vec{F} と \vec{T} の向きが互いに逆で大きさがほぼ等しいことを意味している。

