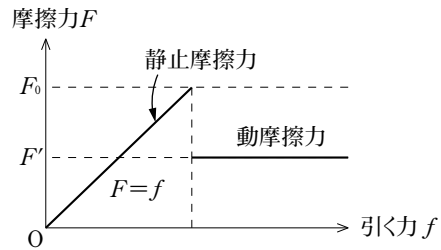
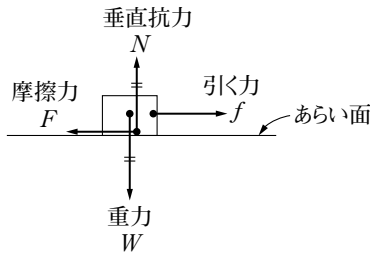


§ 5. 抵抗力と浮力

【ま と め】

1. 摩擦力

摩擦力は、物体の接触した面に対する運動を妨げる向きにはたらく。接触した面に対して物体が止まっているときは (①)、動き出す直前は (②)、動いているときは (③) がはたらく。



静止摩擦力 $F \leq F_0 = \mu N$

動摩擦力 $F' = \mu' N$

F_0 : 最大摩擦力

μ : 静止摩擦係数

μ' : 動摩擦係数

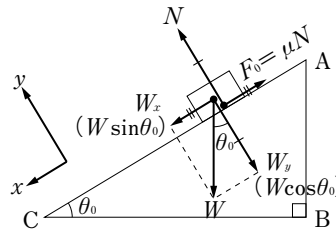
(一般に, $\mu' < \mu$)

摩擦角…斜面の傾きを増していったとき物体がすべり出す直前の斜面の傾角 θ_0

斜面に平行な方向: $F_0 = W_x (= W \sin \theta_0)$

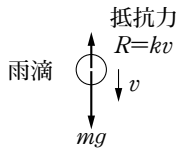
斜面に垂直な方向: $N = W_y (= W \cos \theta_0)$

$$\mu = \frac{F_0}{N} = \frac{W_x}{W_y} \left(= \frac{AB}{BC} = \tan \theta_0 \right)$$



2. 流体の抵抗力

流体中を落下する物体にはたらく抵抗力は、速さが大きくない範囲で、速さに比例して大きくなっていく (抵抗力 $R = kv$, k は比例定数) が、やがて、重力と流体の抵抗力がつり合う速さ (終端速度) になり、それ以後は等速度運動になる。空中を落下する雨滴が地上付近で一定の速さになるのは、(④) に達しているからである。

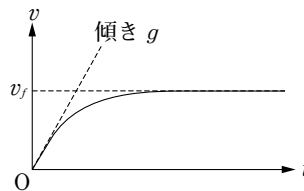


つり合いの式

$$mg - kv_f = 0$$

より $v_f = \frac{mg}{k}$: 終端速度

初速度 0 で落下し、
空気の抵抗力があるときの $v - t$ グラフ

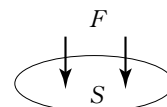


3. 圧力と浮力

(1) 圧力… (⑤)) あたりの面に垂直にはたらく力

$$p = \frac{F}{S} \quad \text{[Pa]} \quad (= [\text{N}/\text{m}^2]) \quad F: \text{力} [\text{N}]$$

$$S: \text{面積} [\text{m}^2]$$



・気圧 (大気圧) …地表にあるものが大気の (⑥)) により受ける圧力

$$1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} = 1013 \text{ hPa} \quad (\text{ヘクトパスカル})$$

・水圧…深さ h [m] の水中の圧力 p [Pa] は、大気圧 p_0 [Pa] と高さ h [m]、断面積 1 m^2 の水柱の重さによる圧力の和となる。

$$p = (⑦) \quad \rho: \text{水の密度} [\text{kg}/\text{m}^3]$$

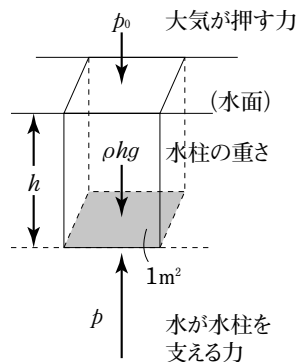
(2) 浮力…流体 (液体・気体) 中の物体が周囲の流体から受ける圧力の合力として (⑧)) に受ける力

浮力の大きさ F [N] は、物体が (⑨)) 流体の重さに等しい (アルキメデスの原理)。

$$F = (⑩) \quad \rho: \text{流体の密度} [\text{kg}/\text{m}^3]$$

$$V: \text{物体が押しのけた流体の体積} [\text{m}^3]$$

$$g: \text{重力加速度の大きさ} [\text{m}/\text{s}^2]$$



- 解答 ①静止摩擦力 ②最大摩擦力 ③動摩擦力 ④終端速度 ⑤単位面積
⑥重さ ⑦ $p_0 + \rho g$ ⑧上向き ⑨押しのけた ⑩ $\rho V g$

導入問題

76. (摩擦力) 次の文の () に適当な語句を入れよ。

あらい面上に置かれた物体に、面と平行に力を加えても力の大きさが小さいときは動かない。これは、加えた力と逆向きに同じ大きさの摩擦力が面から物体にはたらくためである。この力を (ア) という。引く力をしだいに大きくしていくとやがて物体は動き出す。動き出す直前の摩擦力を (イ) という。物体が動き出したあとも摩擦力がはたらく。この摩擦力を (ウ) という。(イ) の大きさ F_0 は垂直抗力 N に比例する。比例定数を μ とすると、(エ) の式が成り立つ。ここで比例定数 μ を (オ) という。また (ウ) の大きさ F' も同様に N に比例する。比例定数を μ' とすると、(カ) の式が成り立つ。ここで比例定数 μ' を (キ) という。

77. (水中での物体の落下) 次の文の () に適当な語句を入れよ.

水中を運動する物体には重力と (ア) と (イ) の3つの力がはたらく.

(ア) は物体の体積によって排除された分の水にはたらく重力と同じ大きさの力が上向きにはたらくので, (ア) よりも物体の重力の方が大きい場合は物体は (ウ).

(イ) は水中での物体の速さが速くなるにつれて増加し, 進行方向と逆向きにはたらくので, 物体が沈下しているときは, (エ) 向きにはたらくことになる.

物体が水中を落下しているとき, この3力がつり合うと, 物体は等速度で落下していくことになり, その速度を (オ) という.

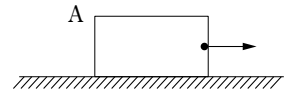
78. (圧力) 圧力について次の問いに答えよ.

- (1) 圧力の単位 Pa を, 力の単位 N と面積の単位 m^2 を用いて表すと, どのように表されるか.
- (2) 天気予報では気圧の単位として hPa (ヘクトパスカル) が用いられる. 1hPa は何 Pa か.
- (3) $5.0m^2$ の面に垂直に 100N の力がはたらくとき圧力は何 Pa か.
- (4) $1.0 \times 10^5 Pa$ の大気圧では, $1cm^2$ 当り何 N の力がはたらいているか.

練習問題 A

79. (静止摩擦力) あらい水平面上に重さ 100N の物体 A がある.

この物体に水平方向に 30N の力を加えても動かなかった. 次の問いに答えよ.



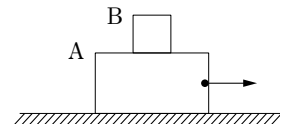
- (1) このときの摩擦力の大きさは何 N か.

加える力を徐々に増していったら, 50N を超えると動きだした.

- (2) 最大摩擦力の大きさは何 N か.
- (3) 静止摩擦係数はいくらか.

物体 A の上に重さ 40N の物体 B をのせて物体 A に水平に力を加えるとき,

- (4) 水平に加える力が何 N を越えると動きはじめるか.



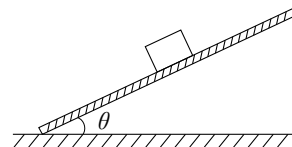
※ 80. (静止摩擦力) 図のように質量 m [kg] の物体が、傾角 θ のあらい板の上に静止している。静止摩擦係数を μ 、重力加速度の大きさを g [m/s²] として次の問いに答えよ。

(1) 物体にはたらく垂直抗力の大きさは何 N か。

(2) 物体にはたらく摩擦力の大きさは何 N か。

板の傾きをしだいに大きくしていくと、傾角が θ_0 を越えたとき物体は斜面上をすべり出した。

(3) θ_0 と μ の間にはどのような関係式が成り立つか。



81. (運動方程式) 図のようにあらい水平面上で、質量 10kg の物体に水平右向きに 49N の力を加え続けたところ、一定の速度 7.0m/s で進んだ。重力加速度の大きさを 9.8m/s^2 として、次の問いに答えよ。

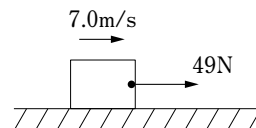
(1) 物体にはたらく摩擦力はどちら向きに何 N か。

(2) 物体と水平面との間の動摩擦係数はいくらか。

次に力を加えるのを急にやめたところ、物体はしだいに減速してやがて止まった。

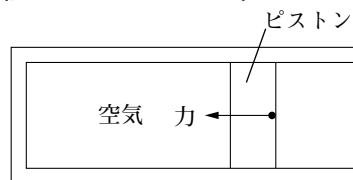
(3) 止まるまでの物体の加速度はどちら向きに何 m/s² か。

(4) 力を加えるのをやめてから止まるまでに動いた距離は何 m か。

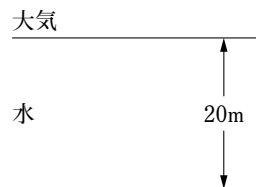


82. (圧力) 圧力について次の問いに答えよ。

(1) なめらかに動くピストンで空気を密閉した容器がある。容器内部の空気の圧力を 5.0×10^5 Pa にするためにはピストンに垂直に何 N の力を加えればよいか。ただし、ピストンの断面積は 0.50m^2 で、質量は無視できるものとする。また、大気圧は 1.0×10^5 Pa とする。



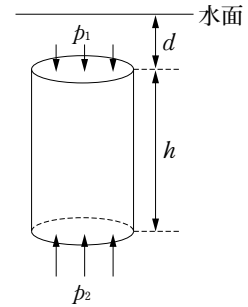
(2) 水中のある位置における圧力は、その位置よりも上方にある水および大気にはたらく重力により生じる。このとき、水深 20m の位置における圧力は何 Pa か。ただし、水面にはたらく大気圧を 1.0×10^5 Pa、水の密度を 1.0×10^3 kg/m³、重力加速度の大きさを 9.8m/s^2 とする。



ヒント 80 傾角が θ_0 のとき、重力の斜面に平行な成分と最大摩擦力がつり合う。

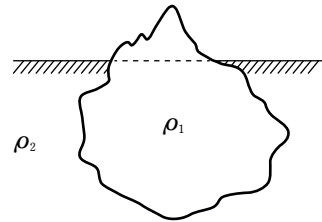
82 (1) 圧力と力が混在する問題では、 $F = pS$ を用いて圧力を力に変えて力のつり合いの式を立てて解く。

83. (アルキメデスの原理) 図のように、密度 ρ [kg/m³] の水中において、上面が水面から深さ d [m] のところにある円柱形の物体について、次の問いに答えよ。ただし、物体の断面積を S [m²]、高さ h [m]、大気圧 p_0 [Pa]、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。



- (1) 物体の上面の位置での圧力 p_1 は何 Pa か。
- (2) 物体の下面の位置での圧力 p_2 は何 Pa か。
- (3) 物体の上面にはたらく力 F_1 、下面にはたらく力 F_2 はそれぞれ何 N か。
- (4) 物体にはたらく浮力の大きさは何 N か。

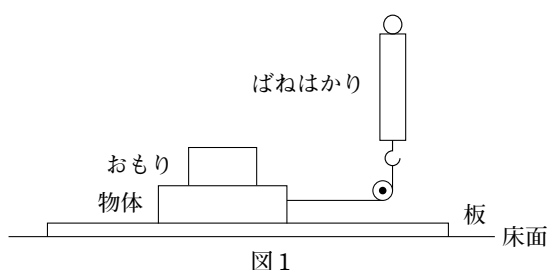
84. (浮力) 体積 V [m³]、密度 ρ_1 [kg/m³] の氷が海水（密度 ρ_2 [kg/m³]）に浮いて静止している。海面から上に出ている氷の体積を V' [m³]、重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、次の問いに答えよ。ただし $\rho_1 < \rho_2$ とする。



- (1) この氷の質量は何 kg か。
- (2) 氷にはたらく浮力の大きさは何 N か。 ρ_2 、 V 、 V' 、 g を用いて表せ。
- (3) 氷にはたらく力のつり合いの式を書け。
- (4) V' を ρ_1 、 ρ_2 、 V を用いて表せ。
- (5) 海水の密度が 1.02×10^3 kg/m³、氷の密度が 0.92×10^3 kg/m³ のとき、海面から上に出ている氷の体積は全体の何%か。

練習問題 B

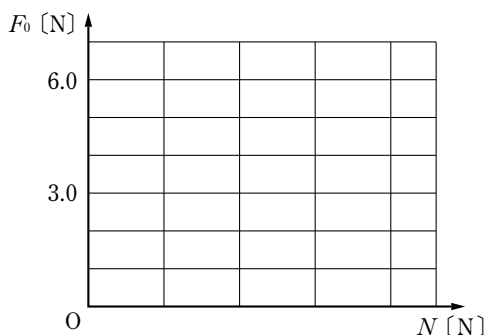
※ 85. (探究活動：摩擦力) 図1のように、質量 0.50kg の直方体の物体を水平であらい板の上に置き、物体につけた軽い糸をなめらかな滑車を通して、ばねはかりで引く。物体に質量 0.50kg のおもりを追加してのせながら、おもりを含めた物体の質量 m [kg] と、物体が板面上を動き出す直前のばねはかりの目盛り F_0 [N] を求めていくと、表1のような結果を得た。板は水平な床面上に固定されて動かないものとする。



おもりを含めた物体の質量 m [kg]	動き出す直前のばねはかりの目盛り F_0 [N]
0.50	1.5
1.00	3.0
1.50	4.5
2.00	6.0

表1

- (1) 物体が板面から受けている垂直抗力の大きさ N [N] を横軸に、最大摩擦力の大きさ F_0 [N] を縦軸に取ってグラフを右に描け。ただし、重力加速度の大きさ $g = 10\text{m/s}^2$ としてよい。



- (2) 物体と板面との間の静止摩擦係数 μ を求めよ。

物体が板面と接する部分の面を変えたり、板面上をすべっているときについて調べた。

- (3) 摩擦力について述べた次の文 (ア) ~ (エ) のうち、正しいものをすべて選べ。

- (ア) 摩擦力は接触面に平行にはたらく互いの運動を妨げようとする力である。
- (イ) 摩擦力には作用・反作用の関係にある力はない。
- (ウ) 静止摩擦係数は、接触面の材質や状態で決まり、面の面積に比例する。
- (エ) 動摩擦力は、最大摩擦力よりも大きい。

- (4) 図2のように、板面を水平となす角 θ の斜面にして、質量 m の物体を斜面上方へ引くとき、物体が動き出す直前のばねはかりの目盛り f_0 を、静止摩擦係数 μ 、重力加速度の大きさ g 、および m 、 θ を用いて表せ。

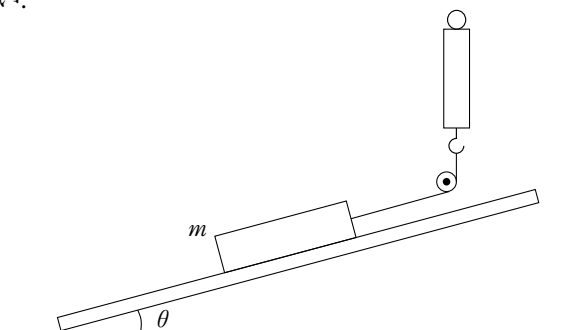
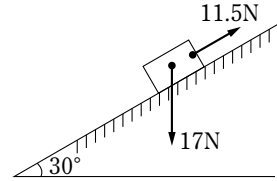


図2

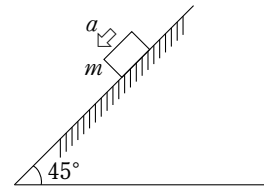
86. (動摩擦力) 図のように傾角 30° のあらい斜面上にある重さ 17N の物体に対して、斜面上に平行上向きに 11.5N の力を加え続けたら、物体はその力の向きに等速直線運動を続けた。次の問いに答えよ。ただし、 $\sqrt{3} = 1.73$ とする。

- (1) 物体にはたらく重力の斜面上に平行下向きの成分は何 N か。
- (2) 物体にはたらく垂直抗力の大きさは何 N か。
- (3) 物体にはたらく摩擦力はどちら向きに何 N か。
- (4) 物体と斜面との間の動摩擦係数はいくらか。



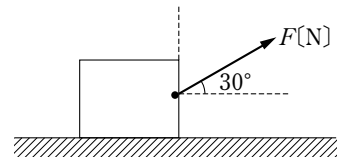
87. (運動方程式) 水平となす角 45° のあらい斜面上に質量 m の物体を置き、静かに手をはなすと物体は斜面上に沿って一定の加速度 a ですべり出した。物体と斜面との間の動摩擦係数を μ' 、重力加速度の大きさを g として、次の問いに答えよ。

- (1) 物体の斜面方向の運動方程式を立てよ。
- (2) a を g 、 μ' を用いて表せ。
- (3) 手をはなしてから L だけすべったときの物体の速さを a 、 L を用いて表せ。



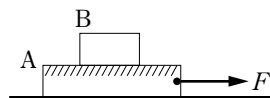
※ 88. (静止摩擦力) 水平な床の上に重さ 11N の物体を置いて、水平方向から 30° 上向きに力を加える。この力を次第に大きくして大きさが F $[\text{N}]$ を超えたとき、物体は水平方向に動き出した。次の問いに答えよ。

- (1) 加えた力 F $[\text{N}]$ を水平方向と鉛直方向に分解したとき、各成分の大きさを F $[\text{N}]$ を用いて表せ。
- (2) 物体にはたらく垂直抗力の大きさを F $[\text{N}]$ を用いて表せ。
- (3) 床面と物体との間の静止摩擦係数を 0.50 、 $\sqrt{3} = 1.73$ として、 F $[\text{N}]$ を求めよ。

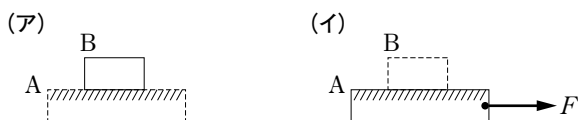


ヒント 88 垂直抗力の大きさが重力と等しくないことに注意する。

※ 89. (運動方程式) 図のように、なめらかな床の上に質量 $2m$ の台 A を置く. その上にさらに質量 m の物体 B をのせる. 物体 A に水平に大きさ F の力を加えたとき, A と B は一体となって動いた. 重力加速度の大きさを g として, 次の問いに答えよ.



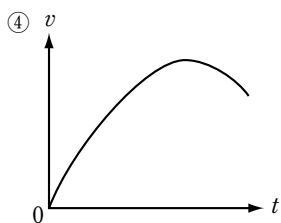
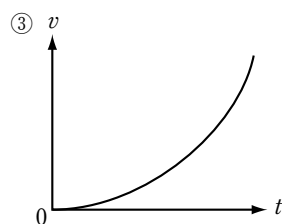
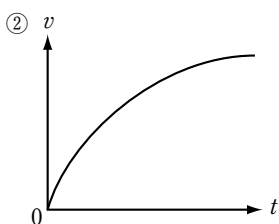
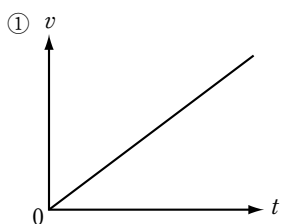
- (1) A が床から受ける垂直抗力の大きさを R , B が A から受ける垂直抗力の大きさを N , AB 間の摩擦力の大きさを f として, B にはたらく力を (ア) 図, A にはたらく力を (イ) 図に記入せよ.



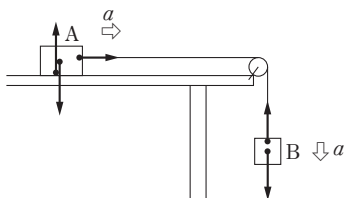
- (2) 加速度の大きさを a として, A, B それぞれについての運動方程式を書け.
 (3) A に加えた力をしだいに大きくしていくと, $F = 1.2mg$ のとき, B は A の上をすべり始めた. A の上面と B の間の静摩擦係数を求めよ.

発 90. (空気抵抗) 雨滴が空気中を落下するときに受ける抵抗力の大きさは, 速さ v に比例し, 比例定数 k を用いると kv と表される. 次の問いに答えよ.

- (1) 雨滴の質量を m , 加速度を a として速さ v のときの運動方程式を鉛直下向きを正として書け. 重力加速度の大きさを g とする.
 (2) 雨滴の速さが一定になったとき, その速さ v_f を求めよ.
 (3) 雨滴が落下を始めた時刻を 0 として, 速さ v は時刻 t とともにどのような変化をするか. 次の①~④のうちから 1 つ選べ.



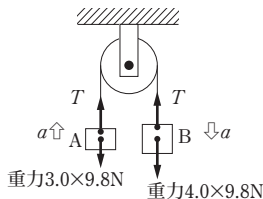
72. (1)



- (2) 右向きを正として運動方程式 $ma = F$ より
 $Ma = T \quad \therefore Ma = T$
- (3) 下向きを正として運動方程式 $ma = F$ より
 $ma = mg + (-T) \quad \therefore ma = mg - T$
- (4) (2), (3)より
 $a = \frac{m}{m+M}g, T = \frac{mM}{m+M}g$
- (5) このとき、糸の張力の大きさ $T' = mg$ より
 Aの運動方程式
 $Ma' = mg \quad a' = \frac{m}{M}g$
 よって、 $a' > a$

練習問題 B

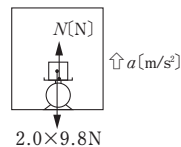
73. (1)



- (2) A, B それぞれ運動の向きを正とする。
 Aにはたらく力の合力は $T - 3.0 \times 9.8$
 Bにはたらく力の合力は $4.0 \times 9.8 - T$
 よって運動方程式 $ma = F$ より
 Aの運動方程式は $3.0a = T - 3.0 \times 9.8$
 Bの運動方程式は $4.0a = 4.0 \times 9.8 - T$
- (3) (2)の2式より T を消去して $7.0a = 9.8$
 $a = \frac{9.8}{7.0} = 1.4 \quad \therefore 1.4 \text{m/s}^2$
 Aの運動方程式に代入して
 $3.0 \times 1.4 = T - 3.0 \times 9.8$
 $T = 33.6 \quad \therefore 34 \text{N}$

74. (1) おもりに はたらく重力は $2.0 \times 9.8 \text{N}$ なので、
 おもりが受ける垂直抗力を N [N] とすると、
 運動方程式 $ma = F$ より
 $2.0 \times 2.0 = N - 2.0 \times 9.8$
 $N = 23.6 \quad \therefore 24 \text{N}$
 はかりの指針の値は、おもりが受ける垂直抗力の反作用の大きさを示しているため、 N と同じ値になる。

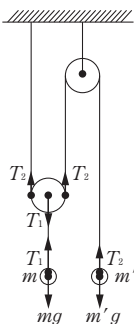
- (2) エレベーターの加速度を
 を上向きを正として a [m/s²]
 とすると、運動方程式 $ma = F$ より



$$2.0 \times a = 16.0 - 2.0 \times 9.8$$

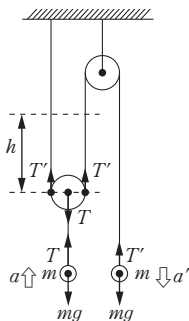
$$a = -1.8 \quad \therefore \text{下向きに } 1.8 \text{m/s}^2$$

- ※ 75. (1) A, Bにはたらく糸の張力の大きさをそれぞれ T_1, T_2 とし、Bの質量を m' とおいて



- 力のつり合いの式
 A : $T_1 = mg \dots\dots ①$
 B : $T_2 = m'g \dots\dots ②$
 動滑車 : $2T_2 = T_1 \dots\dots ③$
 ①③より $T_2 = \frac{1}{2}mg$
 ②より $m' = \frac{1}{2}m$

- (2) Bの質量 $m > m'$ よりBは鉛直下向き、Aは鉛直上向きに加速度運動する。Aの加速度の大きさを a 、A, Bにはたらく糸の張力の大きさを T, T' として、動滑車の運動方程式より



$$0 \times a = 2T' - T \quad \therefore T' = \frac{T}{2}$$

- (3) Aと動滑車が h 上昇すると、Bは $2h$ 下降するので、Bの速度、加速度もAの2倍となる。
 \therefore 鉛直下向きに $2a$

- (4) 運動方程式 A : $ma = T - mg \dots\dots ④$
 B : $m'a = mg - T'$ で
 $a' = 2a, T' = \frac{T}{2}$ より
 $2ma = mg - \frac{T}{2} \dots\dots ⑤$

- (5) ⑤ $\times 2$ より $4ma = 2mg - T$, ④の両辺と足して、 T を消去し
 $5ma = mg \quad \therefore a = \frac{1}{5}g$
 ④に代入して $m \cdot \frac{1}{5}g = T - mg$
 $\therefore T = \frac{6}{5}mg$

導入問題

76. (ア) 静止摩擦力 (イ) 最大摩擦力

- (ウ) 動摩擦係数 (エ) $F_0 = \mu N$
 (オ) 静止摩擦係数 (カ) $F' = \mu' N$
 (キ) 動摩擦係数

77. ア. 浮力 イ. 水の抵抗力
 ウ. 下に沈んでいく エ. 上
 オ. 終端速度

78. (1) 圧力は 1m^2 あたりにはたらく力の大きさを表し、

$$p = \frac{F}{S} \text{ となるので}$$

$$[\text{Pa}] = \frac{[\text{N}]}{[\text{m}^2]} = [\text{N}/\text{m}^2]$$

- (2) h (ヘクト) は 100 倍を表す。 $\therefore 100\text{Pa}$

- (3) $p = \frac{F}{S}$ なので

$$p = \frac{100}{5.0} = 20 \quad \therefore 20\text{Pa}$$

- (4) $1.0 \times 10^5 \text{Pa} = 1.0 \times 10^5 \text{N}/\text{m}^2$

1m^2 は $100\text{cm} \times 100\text{cm} = 10^4 \text{cm}^2$ だから

$$\frac{1.0 \times 10^5}{10^4} = 1.0 \times 10 = 10 \quad \therefore 10\text{N}$$

練習問題 A

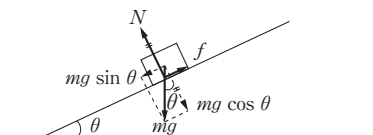
79. (1) 物体が静止しているので、摩擦力は加えた力とつり合っている。 $\therefore 30\text{N}$

- (2) 最大摩擦力と加えた力がつり合っている。 $\therefore 50\text{N}$

- (3) 最大摩擦力の式 $F_0 = \mu N$ より、
 $50 = \mu \times 100 \quad \therefore \mu = 0.50$

- (4) 垂直抗力は物体 B にはたらく重力の分だけ増えるので、(3)と同様に
 $F = 0.50 \times (100 + 40) = 70 \quad \therefore 70\text{N}$

※ 80.



- (1) 重力の斜面に垂直な成分と垂直抗力とのつり合いより $N = mg \cos \theta$ [N]

- (2) 重力の斜面に平行な成分と摩擦力がつり合っているので $f = mg \sin \theta$ [N]

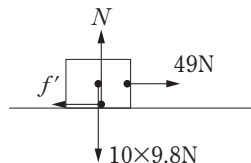
- (3) 求める角 θ_0 のところでは物体にはたらく重力の斜面に平行な成分の力 $mg \sin \theta_0$ と最大摩擦係数 μN が等しくなるので、

$$mg \sin \theta_0 = \mu mg \cos \theta_0 \text{ となる。}$$

$$\mu = \frac{mg \sin \theta_0}{mg \cos \theta_0} = \tan \theta_0 \quad \therefore \mu = \tan \theta_0$$

81. (1) 等速直線運動をしているので、動摩擦係数と加

えた力はつり合う。動摩擦係数 f' は物体が動く向き (水平右向き) と逆向き (水平左向き) に 49N



- (2) 面に垂直な方向のつり合いより
 垂直抗力 $N = mg = 10 \times 9.8$

よって動摩擦力の式 $f' = \mu' N$ より、

$$49 = \mu' \times 10 \times 9.8 \quad \therefore \mu' = 0.50$$

- (3) 運動の向きを正とすると、
 運動方程式 $ma = F$ より

$$ma = -\mu' mg$$

$$10 \times a = -0.50 \times 10 \times 9.8$$

$$a = -0.50 \times 9.8 = -4.9$$

\therefore 左向き (運動の向きと逆向き) に $4.9\text{m}/\text{s}^2$

- (4) 等加速度直線運動の式 $v^2 - v_0^2 = 2ax$ より

$$0^2 - 7.0^2 = 2 \times (-4.9) \times x$$

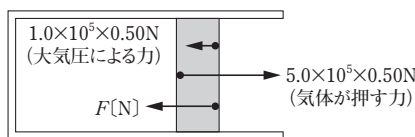
$$x = 5.0 \quad \therefore 5.0\text{m}$$

82. (1) 容器内の空気の圧力を $5.0 \times 10^5 \text{Pa}$ にするの
 にピストンに加えた力を F [N], 大気圧を P_0 [Pa], 気体の圧力を p [Pa], ピストンの断面積を S [m^2] とすると、ピストンにはたらく力のつり合いより、 $F + p_0 S = p S$

$$F + 1.0 \times 10^5 \times 0.50 = 5.0 \times 10^5 \times 0.50$$

$$F = (5.0 - 1.0) \times 10^5 \times 0.50$$

$$= 2.0 \times 10^5 \quad \therefore 2.0 \times 10^5 \text{N}$$



- (2) $p = p_0 + \rho hg$ より

$$p = 1.0 \times 10^5 + 1.0 \times 10^3 \times 9.8 \times 20$$

$$= 2.96 \times 10^5$$

$$\therefore 3.0 \times 10^5 \text{Pa}$$

83. (1) 円柱の上面部分に水の重さによってはたらく力は $mg = \rho d S g$ となる。

大気圧が p_0 より

$$p_1 = p_0 + \frac{\rho d S g}{S} = p_0 + \rho d g$$

$$\therefore p_1 = p_0 + \rho d g \text{ [Pa]}$$

- (2) (1)と同様に考えると

$$p_2 = p_0 + \frac{\rho(d+h)Sg}{S}$$

$$= p_0 + \rho(d+h)g$$

$$\therefore p_2 = p_0 + \rho(d+h)g \text{ [Pa]}$$

(3) 上面にはたらく力は $p_1 S$

$$\therefore F_1 = (p_0 + \rho d)S \text{ [N]} \text{ (下向き)}$$

下面にはたらく力は $p_2 S$

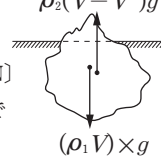
$$F_2 = \{p_0 + \rho(d+h)g\}S \text{ [N]} \text{ (上向き)}$$

(4) 浮力は $F_2 - F_1 = (p_2 - p_1)S$

$$= \rho h S g \text{ [N]}$$

※水平方向にはたらく力は合成すると0になる

84. (1) (氷の質量) = $\rho_1 V$ [kg] $\rho_2(V - V')$ g
 [kg/m³] × [m³]



(2) (浮力) = $\rho_2(V - V')g$ [N]

(3) 重力と浮力がつり合うので
 (重力) = (浮力)
 $(\rho_1 V) \times g = \rho_2(V - V')g$

(4) (3)より $\rho_1 V g = \rho_2(V - V')g$

$$\rho_1 V = \rho_2 V - \rho_2 V'$$

$$\rho_2 V' = \rho_2 V - \rho_1 V$$

$$V' = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2} V \text{ [m}^3\text{]}$$

(5) (4)より $\frac{V'}{V} = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2}$ なので

$$\frac{V'}{V} = \frac{1.02 \times 10^3 - 0.92 \times 10^3}{1.02 \times 10^3}$$

$$= \frac{0.10}{1.02}$$

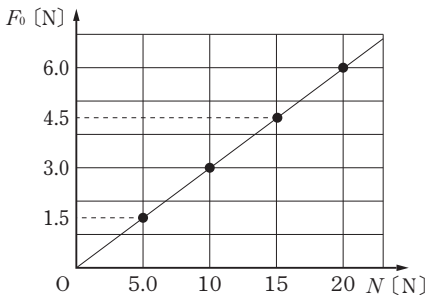
$$= 0.0980 \dots \text{ より}$$

$$\therefore 9.8\%$$

練習問題B

※ 85. (1) 物体が板面から受けている垂直抗力の大きさを $N = mg$ [N] かつ $g = 10 \text{ m/s}^2$ より

垂直抗力 N [N]	最大摩擦力 F_0 [N]
5.0	1.5
10.0	3.0
15.0	4.5
20.0	6.0



(2) (1)のグラフの傾きより,
 $\mu = \frac{F_0}{N} = 0.30 \quad \therefore \mu = 0.30$

(3) 正解は (ア)
 (イ) 摩擦力には作用・反作用の関係にある力はない。
 (ある)

(ウ) 静止摩擦係数は、接触面の材質や状態で決まり、面の面積に比例する。
 (無関係)

(エ) 動摩擦力は、最大摩擦力よりも大きい。
 (小さい)

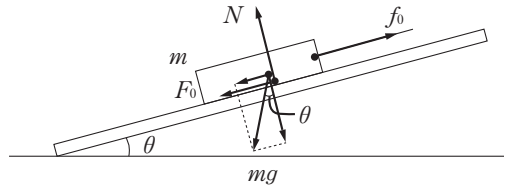
(4) このとき、物体には斜面平行下向きに最大摩擦力 $F_0 = \mu N$ がはたらいっている。
 物体にはたらく力のつり合いの式
 斜面に平行 (上向き正) :

$$f_0 - (mg \sin \theta + \mu N) = 0$$

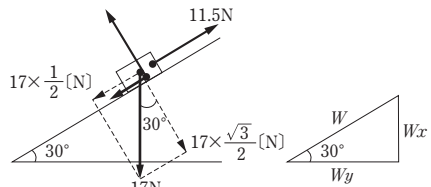
斜面に垂直 (斜め上向き正) :

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

$$\therefore f_0 = mg(\sin \theta + \mu \cos \theta)$$



86.



$$W_x : W : W_y = 1 : 2 : \sqrt{3}$$

$$\begin{cases} W_x = W \times \frac{1}{2} \\ W_y = W \times \frac{\sqrt{3}}{2} \end{cases}$$

(1) $17 \times \frac{1}{2} = 8.5 \quad \therefore 8.5\text{N}$

(2) 垂直抗力 N と重力の斜面に垂直な成分がつり合っているので,

$$N = 17 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 8.5 \times 1.73 = 14.7$$

$\therefore 15\text{N}$

(3) 物体は等速直線運動をしているので、物体に加えている力と (物体の重力の斜面下向き成分 + 動摩擦力) がつり合っているので,

$$11.5 - 8.5 = 3.0$$

∴斜面に平行に下向きに 3.0N

(4) 動摩擦力の式 $F' = \mu' N$ より

$$3.0 = \mu' \times 14.7$$

$$\mu' = \frac{3.0}{14.7} = 0.204 \quad \therefore 0.20$$

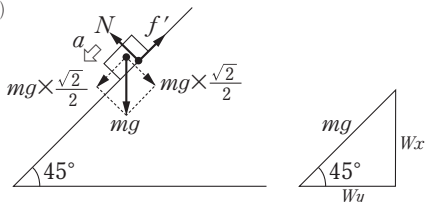
(参考)

三角比を使った式

$$(1) 17 \sin 30^\circ = 17 \times \frac{1}{2} = 8.5$$

$$(2) N = 17 \cos 30^\circ = 17 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 8.5 \times 1.73 = 14.7$$

87. (1)



$$W_x : W_y : mg = 1 : 1 : \sqrt{2}$$

$$\begin{cases} W_x = mg \times \frac{1}{\sqrt{2}} = mg \times \frac{\sqrt{2}}{2} \\ W_y = mg \times \frac{1}{\sqrt{2}} = mg \times \frac{\sqrt{2}}{2} \end{cases}$$

斜面に平行な方向の下向きを正とした力の合力 F は、動摩擦力を f' とすると

$$F = mg \times \frac{\sqrt{2}}{2} - f'$$

ここで、動摩擦力の式より $f' = \mu' N$

また、斜面に垂直な方向の力のつり合いより、垂直抗力 N は、 $N = mg \times \frac{\sqrt{2}}{2}$

よって、運動方程式 $ma = F$ より

$$ma = mg \times \frac{\sqrt{2}}{2} - \mu' mg \times \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\therefore ma = \frac{\sqrt{2}}{2} mg - \frac{\sqrt{2}}{2} \mu' mg$$

$$(2) (1) \text{より} \quad \therefore a = \frac{\sqrt{2}}{2} g(1 - \mu')$$

(3) 等加速度直線運動の式 $v^2 - v_0^2 = 2ax$ より

$$v^2 - 0^2 = 2aL$$

$$\therefore v = \sqrt{2aL}$$

(参考)

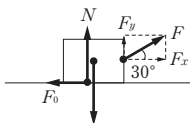
三角比を使った式

$$(1) F = mg \sin 45^\circ - f'$$

$$N = mg \cos 45^\circ$$

$$ma = mg \sin 45^\circ - \mu' mg \cos 45^\circ$$

※ 88. (1)



$$F : F_x : F_y = 2 : \sqrt{3} : 1 \text{より}$$

$$(\text{水平成分}) F_x = \frac{\sqrt{3}}{2} F \text{ [N]}$$

$$(\text{鉛直成分}) F_y = \frac{1}{2} F \text{ [N]}$$

(2) 垂直抗力の大きさを N [N] とすると、鉛直方向の力のつり合いより、

$$N + \frac{1}{2} F = 11 \quad \therefore N = 11 - \frac{1}{2} F \text{ [N]}$$

(3) 動き出す直前の水平方向の力のつり合いより、最大摩擦力の大きさは $\frac{\sqrt{3}}{2} F$ [N] に等しい。最大摩擦力の式 $F_0 = \mu N$ より

$$\frac{\sqrt{3}}{2} F = 0.50 \times \left(11 - \frac{1}{2} F \right)$$

$$\therefore F = \frac{22}{2\sqrt{3} + 1}$$

$$= \frac{22 \times (2\sqrt{3} - 1)}{(2\sqrt{3} + 1)(2\sqrt{3} - 1)}$$

$$= \frac{2 \times (2\sqrt{3} - 1)}{1}$$

$$= 2 \times (2 \times 1.73 - 1)$$

$$= 4.92$$

$$\therefore 4.9\text{N}$$

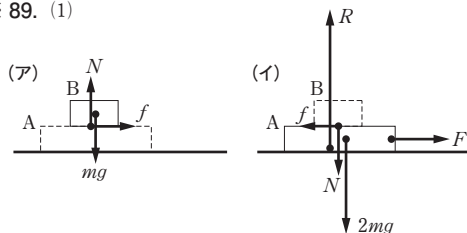
(参考)

三角関数を使った式

$$(\text{水平成分}) F_x = F \cos 30^\circ \text{より} \quad \frac{\sqrt{3}}{2} F \text{ [N]}$$

$$(\text{鉛直成分}) F_y = F \sin 30^\circ \text{より} \quad \frac{1}{2} F \text{ [N]}$$

※ 89. (1)



(2) 図の右向きを正とする。AはBから左向きの摩擦を受け、Bはその反作用による右向きの摩擦を受けて、右向きに等加速度運動をする。

よって運動方程式 $ma = F$ より

$$A \text{の運動方程式} \quad 2ma = F - f$$

$$B \text{の運動方程式} \quad ma = f$$

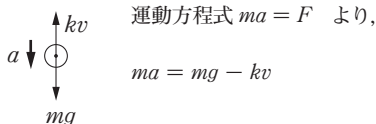
(3) (2)の2式より、静止摩擦係数 $f = \frac{F}{3}$

また、最大摩擦力の式 $F_0 = \mu N$ より $F_0 = \mu mg$ ここで、 $F = 1.2mg$ のとき、 f は最大摩擦係数 F_0 となるので

$$\mu mg = \frac{1}{3} \times 1.2mg$$

$\therefore \mu = 0.40$

※ 90. (1)



(2) 雨滴の速さが一定のとき、加速度 $a = 0$

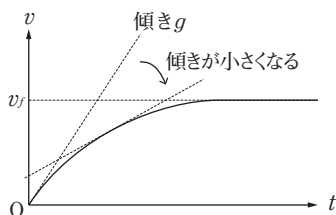
(1)式で $a = 0$ のときの $v = v_f$ として、

$$0 = mg - kv_f$$

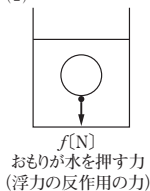
$$\therefore v_f = \frac{mg}{k}$$

(3) 落下直後は抵抗力を受けないので、運動方程式は $ma = mg$ $\therefore a = g$

雨滴が落下するにつれて v が大きくなるので受ける抵抗力が大きくなっていき、加速度 a は小さくなっていく。そして抵抗力が重力につり合うまでの大きさになると、 $a = 0$ すなわち等速度運動となり、これ以降は一定の速度 v_f (終端速度) で落下する。



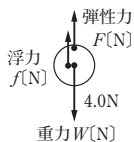
※ 91. (1)



水にはおもりから浮力の反作用の力が下向きにはたつき、これが台はかりの指針に $f = 4.5 - 3.5 = 1.0$ [N] の増加分として示される。

\therefore 浮力の大きさは 1.0N

(2)



おもりに はたらく力は左図の通りであり、弾性力と重力と浮力の3力がつり合っているので

$$F + 1.0 - 4.0 = 0$$

$$F = 3.0 \quad \therefore 3.0\text{N}$$

(3) フックの法則より

$$3.0 = 50x$$

$$x = 0.060[\text{m}] = 6.0[\text{cm}] \quad \therefore 6.0\text{cm}$$

(4) 物体に水からはたらく浮力は、物体がおしのけた水の重さと等しい。おもりの体積を V [m³] として、

$$f = \rho Vg \text{ より}$$

$$1.0 = 1.0 \times 10^3 \times V \times 9.8$$

$$V = 1.02 \times 10^{-4} \quad \therefore 1.0 \times 10^{-4} \text{m}^3$$

92. (1) 浮力 $F = \rho Vg$ より $F = \rho L^3 g$ で上向き

(2) ① 立方体全体が水面下にあるとき、浮力は引き上げた高さによらず一定。このときの張力は、力のつり合いより

$$T = mg - \rho L^3 g$$

② 立方体の一部が水面上にあるとき、引き上げた高さを x とすると浮力は $\rho L^2(d+L-x)g$ となる。

よって張力 T' は

$$T' = mg - \rho L^2(d+L-x)g \\ = \rho L^2 xg + mg - \rho L^2(d+L)g$$

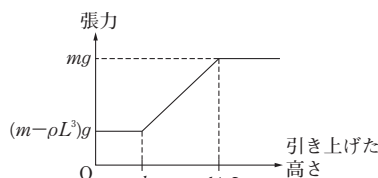
このとき T' は x の一次関数となる。

③ 立方体が完全に水中から出たとき、浮力ははたらかないので、

張力 T'' は

$$T'' = mg$$

よってグラフは次のようになる。



第2章 エネルギー

導入問題

93. (1)ア. 仕事 イ. 1 (2)ウ. Fx

(3)エ. $W = 5.0 \times 3.0 = 15$ [J]

(4)オ. $W = 0.10 \times 9.8 \times 1.0 = 0.98$ [J]

(5)カ. 仕事 キ. エネルギー

94. (1)ア. てこ

(2)イ. 反比例 ウ. 半分 エ. 反比例

(3)オ. 距離 カ. できない キ. 仕事の原理

95. (1)ア. 仕事率 イ. 単位時間 (1秒) ウ. 仕事

(2)エ. $\frac{W}{t}$ オ. W カ. ワット

(3)キ. $W = 49 \times 10 = 490 \quad \therefore 4.9 \times 10^2$

ク. $P = \frac{490}{14} = 35 \quad \therefore 35$

練習問題 A

96. 仕事の式 $W = F \cdot s \cos \theta$ より

(1) $W = 6.0 \times 5.0 \times \cos 0^\circ = 30 \quad \therefore 30\text{J}$

(2) $W = 6.0 \times 5.0 \times \cos 60^\circ = 15 \quad \therefore 15\text{J}$