

『基礎物理 1』 問題解答

1 章 物理量のとらえ方

1-1 ドリル問題(p17)

1. $1.14 \times 10^4 \text{ kg/m}^3$
2. $0.1000 \times 10^{-1} \text{ km}$, $1.000 \times 10^4 \text{ mm}$
3. $[\text{L}/\text{T}^3]$
4. (1) と (2)
5. $[v] = [v_0] = [\text{LT}^{-1}]$ $[at] = [(\text{LT}^{-2}) \cdot (\text{T})] = [\text{LT}^{-1}]$
∴ 正しい
6. 61.0kg
7. (1) $1.8 \times 10^4 \text{ t}$ (2) $1.2 \times 10^7 \text{ W}$ (3) $8.8 \times 10^{-5} \text{ g}$ (4) $9.1 \times 10^{-2} \text{ J}$
8. $9.80 \times 10^{-2} \text{ MPa}$
9. 秒速 10m

1-2 ドリル問題(p23)

1. (2)
2. 0.4%
3. (1) 1 (2) 1.2 (3) 1.23 (4) 1.234
4. (1) 812 (2) 15.1 (3) 27 (4) 1.18
5. $3.18 \times 10^{-4} \text{ m}^3$
6. 0.1234 m または $1.234 \times 10^{-1} \text{ m}$
0.0001234 km または $1.234 \times 10^{-4} \text{ km}$
7. (2) が 1.2 倍速い
8. 5.914 m^2

1 章 演習問題(p23)

1. 速さ $[v] = [\text{LT}^{-1}]$, $[T] = [\text{Lv}^{-1}]$ $L = m$ なので m/v
2. エネルギー密度は単位体積あたりのエネルギー, 圧力は単位面積あたりの力であるから, $\text{J/m}^3 = (\text{kgm}^2/\text{s}^2)/\text{m}^3 = \text{kg/ms}^2$ となり, 圧力 $\text{Pa} = \text{N/m}^2 = \text{kg/ms}^2$ と同じ組立単位となる
3. $7.57 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
4. (1) 22 m (2) 21.991 m
5. $[T] = [\text{T}]$ $\left[\sqrt{\frac{l}{g}} \right] = \left[\left\{ \frac{\text{L}}{\text{L}/\text{T}^2} \right\}^{\frac{1}{2}} \right] = [\text{T}]$
6. $[\text{L}^{-1}]$
7. 0.0155 m (15.5 mm)
8. $4.082 \times 10^{-10} \text{ s}$
9. $(214 \pm 2) \text{ m}^2$

10. (1) 13.4 倍 (2) 49.1 倍

2章 位置と運動

2-1 ドリル問題(p29)

1. 5.2 m/s
2. 20 m/s
3. 36s
4. 500s
5. 2 日
6. 21 m/s
7. 1.8 m/s

2-2 ドリル問題(p37)

1. (1) $2at + b$ (2) $-a\omega \sin(\omega t + \alpha)$ (3) $\frac{a\omega \sin \omega t}{\cos^2 \omega t}$
 (4) $\frac{a}{t}$ (5) $-a\beta e^{-\beta t}$
2. (1) $x \log_e x - x$ (2) $\frac{-e^{-\alpha x}}{\alpha}$ (3) $\frac{-a \cos(\omega x + \alpha)}{\omega}$
 (4) $\frac{a \sin(\omega x + \alpha)}{\omega}$ (5) $\frac{-ae^{-\beta x}}{\beta}$
3. $\frac{3}{2} \left(\int_1^2 x dx = \left[\frac{1}{2} x^2 \right]_1^2 = 2 - \frac{1}{2} = \frac{3}{2} \right)$ また, $(1+2) \times 1 \times \frac{1}{2} = \frac{3}{2}$ だから両者は等しい
 い)
4. $\frac{1}{3}$
5. $2 \log_e 2 - 1 = 0.386$
6. 112.5 m
7. -2 m/s^2

2-3 ドリル問題(p42)

1. 東に 15 m, 北に 20 m, 出発地点から 25 m
2. 略
3. 最大値 ($A+B$) 最小値 ($A-B$)
4. $A=B$ のとき 各成分が等しい
 $A+B=0$ のとき 各成分の符号が反対で大きさは等しい
5. $A+B(2, 2) \quad |A+B| = 2\sqrt{2}$

$$\mathbf{A}-\mathbf{B}(4,-6) \quad |\mathbf{A}-\mathbf{B}|=2\sqrt{13}$$

2-4 ドリル問題(p46)

1. 8 m/s^2
2. $\mathbf{v}=(2, 6t) \quad v=2\sqrt{1+9t^2} \quad \mathbf{a}=(0, 6)$
3. $y=\frac{3}{4}x^2$
4. $\mathbf{a}=(1, 1)$
5. $\mathbf{v}=(2+t, -1+t) \quad \text{位置}=(2t+\frac{1}{2}t^2, -t+\frac{1}{2}t^2)$
6. $(r, \theta)=(6, \frac{\pi}{3})$

2章 演習問題(p47)

1. 5 s
2. $v=v_0-gt$ のとき 加速度 $\mathbf{a}=-g$ 時間 t での位置 $x=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$

$$\left(\int v dt = \int (v_0 - gt) dt = v_0t - \frac{1}{2}gt^2, \text{未定定数は} 0 \right)$$

 $v=v_0\sin\omega t$ のとき 加速度 $\mathbf{a}=v_0\omega\cos\omega t$ 時間 t での位置 $x=-\frac{v_0}{\omega}(1-\cos\omega t)$
3. (1) $\bar{a}_{0-2}=2 \text{ m/s}^2 \quad \bar{a}_{0-5}=1.6 \text{ m/s}^2$ (2) $t=2 \text{ s}$, 大きさはグラフの傾きから 4
 (3) $t=0, 5\sim 8 \text{ s}$ (4) $t=10 \text{ s}$, 大きさはグラフの傾きより $-\frac{4}{3}$
4. (1) $\log_e x - 1$ (2) $\frac{1}{\cos^2 x}$ (3) $-2xe^{-x^2}$
 (4) $\frac{(x+a)(x-a+2b)}{(x+b)^2}$ (5) $\frac{f'(x)g(x)-f(x)g'(x)}{\{g(x)\}^2}$
5. (1) $\frac{x^2}{2}\log_e x - \frac{x^2}{4} + C$ (2) $x\log_e ax - x + C$ (3) $\frac{\log_e|a+bx|}{b} + C$
 (4) $\frac{1}{2a}\log_e\left|\frac{x+a}{x-a}\right| + C$ (5) $-\frac{1}{3}\cos^3 x + 2\cos x + C$
6. $A=\sqrt{61}$
 x 軸となす角をそれぞれ α, β, γ とおくと
 $\alpha = \cos^{-1}\frac{3}{\sqrt{61}}=67.4^\circ \quad \beta = \cos^{-1}\frac{4}{\sqrt{61}}=59.2^\circ \quad \gamma = \cos^{-1}\frac{6}{\sqrt{61}}=39.8^\circ$
7. 点 A の座標: $(1, \sqrt{3})$ 点 B の座標: $(-2, 2\sqrt{3})$

AB間の距離： $2\sqrt{3}$

8. $x'-y'$ 座標系の x' 軸正方向の単位ベクトル i' は x 軸に対し θ 、 y' 軸正方向の単位ベクトル j' は x 軸に対し $\theta + \frac{\pi}{2}$ だけそれぞれ回転しているので、極座標の表示を考えると

$$i' = (\cos\theta, \sin\theta)$$

$$j' = \left(\cos\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right), \sin\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right) \right) = (-\sin\theta, \cos\theta)$$

と表される。

直交座標系での座標 x', y' は、それぞれ単位ベクトル i', j' と $(x, y) = x(1, 0) + y(1, 0) = xi + yi$ との内積として得られるので

$$x' = (xi + yi) \cdot i' = xi \cdot i' + yi \cdot i' = x \cos\theta + y \sin\theta$$

$$y' = (xi + yi) \cdot j' = xi \cdot j' + yi \cdot j' = x(-\sin\theta) + y \cos\theta$$

9. $\frac{v}{V}w$

10. $\sin\theta = \frac{v}{V}$

3章 釣り合う力

3-1 ドリル問題(p58)

1. 略
2. 略
3. $F_x = -mg\sin\theta$ $F_y = -mg\cos\theta$
4. $R(8\text{ N}, 5\text{ N})$
5. 9.4 N
6. 32°
7. 大きさ 50 N 作用線は F_1, F_2 間で F_1 の作用線から 30cm の位置
8. 大きさ 10 N 作用線は F_1, F_2 の外側で F_2 の作用線より F_1 の作用線と反対方向に 100cm の位置

3-2 ドリル問題(p68)

1. -4 Nm
2. 3 Nm
3. 0
4. 3 Nm
5. 作用線間の距離が 8cm になるように、50 N の力を右側に平行移動する
6. -5 Nm
7. -300 Ncm

8. $\frac{1}{2}Wl\sin\theta$

3章 演習問題(p69)

1. 略
2. 略
3. 略
4. 略
5. 30° の方向の分力 : 73.2 N 45° の方向の分力 : 51.8 N
6. $F_1 = 433 \text{ N}$ $F_2 = 250 \text{ N}$
7. $T = mg$ $T' = \frac{mg}{\cos\theta}$
8. 合力は下向き 8 N 作用線は 4 N の力より右側に 17.5cm
9. $R_A = 31 \text{ N}$ $R_B = 19 \text{ N}$
10. $T = \frac{W}{2}\tan\theta$ $V = W$ $H = \frac{W}{2}\tan\theta$

4章 釣り合う力

4-1 ドリル問題(p82)

1. 下向きに mg
2. 上向きに mg
3. ②, ③
4. 紐が切れた瞬間の円の接線方向にそのときの速さで水平面上を等速直線運動する
5. 略
6. 重力, 揚力, 空気が及ぼす浮力
7. 重力, 水の浮力
8. $-F$
9. Bに質量があり, Bが地面から摩擦力を受けるから
10. 地面に摩擦があり, 馬は地面を後ろ向きに蹴っていて, その反作用として地面が馬に前向きに力を及ぼすから

4-2 ドリル問題(p91)

1. 50kg
2. $F = 6.67 \times 10^{-11} \times 50^2 = 1.67 \times 10^{-7} \text{ N}$
3. $\text{Pa} = \text{N/m}^2 = \text{kgm/s}^2\text{m}^2 = \text{kg/ms}^2$
4. 重力 : 水平面に垂直 滑り台からの抗力 : 滑り台の面に垂直
空気抵抗 : 運動方向と逆向き
5. $10 \text{ N/m} \times 0.1 \text{ m} = 1 \text{ N}$
6. 1.5 N

7. $\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2 = \text{Nm}/\text{m}^3 = \text{J}/\text{m}^3 = \text{エネルギー密度}$
8. 1013hPa

4-3 ドリル問題(p103)

1. $9.8 \times 5.0 = 49 \text{ m/s}$
2. $\omega = \sqrt{\frac{0.1}{k}} \quad k = \frac{0.1}{36\pi^2} = 2.8 \times 10^{-4} \text{ kgs}^2$
3. 10.2 m
4. $v = 8\pi \doteq 25\text{m/s} \quad \omega = 2\pi \times 2 \doteq 13 \text{ rad/s}$
5. $\omega = \frac{2\pi}{2.36 \times 10^6} = 2.66 \times 10^{-6} \text{ rad/s}$
6. 円の接線方向への等速度運動，紐が切れたら重力と抗力以外力が働かないため
7. スパイラルの出口の接線方向への直線運動，重力以外力が働かないため

4章 演習問題(p104)

1. $3.5 \times 10^{22} \text{ N}$
2. $F = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg}\cdot\text{s}^2 \times 1\text{kg} \times 5.97 \times 10^{24} \text{ kg}/(6.38 \times 10^6 \text{ m})^2 = 9.8 \text{ N}$
3. 地球：588 N 太陽： $3.5 \times 10^{-1} \text{ N}$
4. $\frac{mL\omega^2}{k - m\omega^2}$
5. $\frac{k_1 + k_2}{k_1 k_2} mg$
6. $v = 0.35 \quad A = 0.30 \text{ m}$
7. 0.66 m/s
8. $8 \times 10^{-3} \text{ m} = 8 \text{ mm}$
9. $mg \tan \theta$
10. $\frac{v_0}{2g \sin \theta}$

5章 運動量と力積

5-1 ドリル問題(p115)

1. $5.0 \times 10^2 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$
2. $0.10 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$
3. $2.8 \times 10^4 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$
4. 力積：26.5 N·s 速さ：2.65 m/s
5. 力積：10.5 kg·m/s, 平均の力： $2.1 \times 10^3 \text{ N}$
6. $v_{1f} = 0 \text{ m/s} \quad v_{2f} = 4 \text{ m/s}$
7. $v_{1f} = -49.2 \text{ km/h} \quad v_{2f} = 0.7 \text{ km/h}$
8. $p = (200 \text{ kg}\cdot\text{m/s}, 150 \text{ kg}\cdot\text{m/s}) \quad p = 250 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$
9. 後者

10. $p = (360 \text{ kg}\cdot\text{m/s}, 480 \text{ kg}\cdot\text{m/s}) \quad p = 600 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$

11. $F = (-3\text{N}, 0\text{N})$

5-2 ドリル問題(p128)

1. 10 J
2. 10 J
3. 98 J
4. $\frac{1}{2}ka^2$
5. 37 J
6. $1.4 \times 10^5 \text{ J}$
7. 480 J
8. $\frac{1}{2}ka^2$
9. 24 J

5-3 ドリル問題(p139)

1. 0.02 J
2. $7.6 \times 10^5 \text{ J}$
3. 980 N/m
4. 125 J
5. 4
6. $F(x) = -\frac{C}{x}$
7. 最大摩擦力 : 8.82N 初速度 : 0.56m/s
8. $C_1 : -fa \quad C_2 : -3fa \quad C_3 : -(1+\sqrt{2})fa$

5-4 ドリル問題(p147)

1. 4.9 m -21.6 J 21.6 J 0 J
2. 90 m
3. 22.5 m
4. 44 m/s
5. 1 m/s
6. 3.6 m/s

5章 演習問題(p147)

1. 自動車
2. 500 N
3. 18 m/s 133 N

4. 前者の衛星が 1%強だけ運動量が大きい
5. 船舶
6. $2.8 \times 10^4 \text{ kgm/s}$
7. あとの 1.0 秒でする仕事 比: $\frac{w_2}{w_1} = 3$
8. $\frac{T_2}{T_1} = 4$
9. (1) 2 m/s (2) $2\sqrt{3}$ m/s (3) 4 m/s
10. $C \frac{1}{r}$
11. $U_1 = 3.1 \text{ J}$ $U_2 = 1.5 \text{ J}$ $U_1 > U_2$
12. $F_1 = -\frac{dV}{dx} = 2ax - 4bx^3$ 最小位置 $x_0 = \sqrt{\frac{a}{2b}}$
13. $W = -8487 \text{ J}$ $E = -8487 \text{ J}$
14. 衝突前後で運動エネルギーを 0.75J, すなわち 37.5%失った

6章 剛体の運動

6-1 ドリル問題(p158)

1. 回転する
2. 14 N·m
3. 略
4. 300 N
5. $F = \frac{1 - 2\sqrt{3}\mu}{2(1 - \sqrt{3}\mu)} Mg$ $N = \frac{Mg}{2(1 - \sqrt{3}\mu)}$ $R = \frac{\mu Mg}{2(1 - \sqrt{3}\mu)}$
6. 6kg のおもりから 4kg のおもりの方向に 10cm の位置

6-2 ドリル問題(p173)

1. 略
2. 半円の直径を x 軸上に置き, その中点を原点, 直径と垂直方向に y 軸をとる。

$$x = 0 \quad y = 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} r$$

$$3. \quad x = 3r \quad y = \frac{5 + 2\sqrt{3}}{5} r$$

$$4. \quad I = mL^2$$

$$5. \quad I_G = \sum_i m_i r_i^2 = \int_0^{2\pi} r^2 \lambda r d\theta = 2\pi r^3 \lambda = mr^2$$

6章 演習問題(p174)

1. 支点から 3 m 仕事 : 294 J
2. 略
3. 重心の運動をみるかぎり, 放り投げた瞬間から地面に落ちるまで水平方向には等速度運動, 垂直方向には初速度が上向きで加速度が下向きで大きさが g の等速度運動をする。すなわち放物線運動を続ける。
4. (1) 一辺の midpoint と対面する頂点を結んだ線上を辺からその長さの $1/3$ いったところ
(2) 円の中心から半円板に $\frac{4}{3\pi}a$ いったところ
5.
$$I_G = \sum_i m_i r_i^2 = \int_{-a/2}^{a/2} \int_{-b/2}^{b/2} \sigma(x^2 + y^2) dx dy = \frac{1}{12} \sigma ab(a^2 + b^2) = \frac{1}{12} m(a^2 + b^2)$$

ワークシート問題 2章(p179)

1. $m^3/s^2 \text{ kg}$
2. (1) 周波 : $6.21 \times 10^5 \text{ Hz}$ 波長 : 483 m
(2) 振動数 : $4.74 \times 10^{14} \text{ Hz}$
(3) 7.63×10^8 倍
3. 体積 : 5.2 m^3 不確実性 : $\pm 3\%$
4. $(5.286 - 0.002) \text{ mm} < \text{真値} < (5.286 + 0.002) \text{ mm}$

ワークシート問題 2章(p181)

1. $\mathbf{B} = \pm \sqrt{2} (4, -3)$
2. (1) $\mathbf{v} = r\omega (-\sin\omega t, \cos\omega t)$ $v = r\omega$
(2) $\mathbf{a} = -r\omega^2 (\cos\omega t, \sin\omega t)$ $a = r\omega^2$
3. 位置 $\mathbf{r} = (r \cos\omega t, r \sin\omega t)$ の物体の速度 $\mathbf{v} = r\omega (-\sin\omega t, \cos\omega t)$ について, \mathbf{r} と \mathbf{v} が垂直 (内積 $\mathbf{r} \cdot \mathbf{v} = 0$) なら, \mathbf{v} は円の接線方向といえる。実際に
$$\mathbf{r} \cdot \mathbf{v} = r\omega^2 (-\cos\omega t \sin\omega t + \sin\omega t \cos\omega t) = r\omega^2 \cdot 0 = 0$$
前問 (1) より $\mathbf{a} = -r\omega^2 (\cos\omega t, \sin\omega t) = -r\omega^2 \mathbf{r}$ となるから, \mathbf{a} は \mathbf{r} と反対向き, すなわち円の中心を向いている。
4. $N(t) = N_0 e^{\frac{t}{\tau}}$

ワークシート問題 3章(p183)

1. 略
2. (1) $F_{1x} = 0$ $F_{1y} = 3\text{N}$ $F_{2x} = 5.2 \text{ N}$ $F_{2y} = -3\text{N}$
 $F_{3x} = 2 \text{ N}$ $F_{3y} = 3.5 \text{ N}$ $F_{4x} = 4 \text{ N}$ $F_{4y} = 6.9\text{N}$
(2) $R_x = 11.2 \text{ N}$, $R_y = 10.3 \text{ N}$ $R = 15.2 \text{ N}$ $\theta = 42.6^\circ$
(3) 121 Ncm

(4) 作用線と A 点の距離 : 7.9cm

3. (1) $T_1 = \frac{W}{\sin \alpha}$ $T_2 = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} W$ (2) $T_3 = \frac{\cos^2 \alpha}{\sin^2 \alpha} W$ $T_4 = \frac{\cos \alpha}{\sin^2 \alpha} W$

(3) α を弧度法で表すと α が小さいとき, $\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \approx \frac{1}{\alpha^2}$ となるため, 1 に比べて非常に大きくなる。

4. $W = F_A + F_B$ $a = \frac{F_B}{F_A + F_B} l$

ワークシート問題 4章(p185)

- (1) $2.72 \times 10^{-3} \text{ rad/s}$ (2) $2.00 \times 10^{20} \text{ N}$
(3) $6.02 \times 10^{24} \text{ kg}$ (実際は $5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$)
- $mg \tan(\theta - \eta) \leq H$
- (1) $\rho \leq \frac{\rho_0 R^2}{(2R - t)t}$ (2) $\rho \leq \rho_0$
- $L = \frac{mg}{k}$ $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

ワークシート問題 5章(p187)

- $v_1 = \frac{m - eM}{M + m} v$ $v_2 = \frac{(1 + e)m}{M + m} v$ $\frac{M}{m} = \frac{1}{e}$ $v_2 = ev$
- 力積 : 14.7 Ns 仕事 : 72.03 J
- 238 g
- $v = \sqrt{2gr}$ $h = r - \mu' L$

ワークシート問題 6章(p189)

- $\frac{55}{128} \pi R^4 \sigma$ 慣性率率は 85.9% 小さくなる
- $\frac{3}{10} a^2 m$
- 角運動量 : $\frac{2m^2 Lv}{2m}$ 回転の運動エネルギー : $\frac{2m^3 v^2}{2m^2}$
- $\frac{4r^2 a^2 + 2a^4}{2r^4 + 4r^2 a^2 + 3a^4} g$