

トレ - ニング A

- A1** 物質を構成している素粒子は質量  $1.67 \times 10^{-27}$  kg の核子 (陽子と中性子の総称) と質量  $9.11 \times 10^{-31}$  kg の電子である. 1 kg の物体は何個分の素粒子に相当すると言えるか.<sup>2</sup>
- A2** (1) エネルギー - の単位 J (ジュール) を kg, m, s に分解せよ.  
(2) エネルギー - のディメンションを求めよ.<sup>3</sup>
- A3** 慣性座標 K 系 (地上) から観測すると, 秒速 1 千万 1 メートルで等速直線運動している宇宙船の船外に出て作業をする質量 60 kg の人が, ハンマ - で物体に船の進行方向に釘を打ち, 1.8 N·s の力積を与えた. 慣性座標 K' 系 (宇宙船) から観測すると, 人はどのくらいの速さで船から離れることになるか. また, その速度は K 系から観測すると, どれほどになるか. ただし, K 系からは 1 m/s より小さな速さは測定できないとする.<sup>4</sup>
- A4** (1) 方程式  $ma = f$  を  $a$  について解け.  
(2) 方程式  $mv - mv_0 = f(-t_0)t$  を  $v$  について解け.  
(3) 方程式  $\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = f(x - x_0)$  を  $x$  について解け. また, (2) を用いて,  $x$  を  $m, f, x_0, v_0, t, t_0$  で表せ.<sup>5</sup>
- A5** AB の力学系で, 質量  $m_A$  の粒子 A に系外から力  $f$  が働いた結果, 質量  $m_B$  の粒子 B も A と同じ加速度  $a$  で運動するようになった. B には系外から力ははたらいていないから, AB の系には運動方程式:  $(m_A + m_B)a = f$  が成り立つ. しかし, B の運動方程式は, A から B に作用する力  $f_{A \rightarrow B}$  のみが働き,  $m_B a = f_{A \rightarrow B}$  が成り立つ. このことから, A に働く力をすべてあげよ.  $f$  と  $f_{A \rightarrow B}$  の向きは同じか.<sup>6</sup>

トレ - ニング B

- B1** 初速  $v_0$  で出発した質量  $m$  の粒子が,  $f = -bv$  ( $b$ : 定数) の力を受けて減速する. 初めの 2 分の 1 となる時間を  $\tau$ , 止まるまでに進む距離を  $l$  とする. もし, 適当な単位を選んで,  $m = 1, v_0 = 1, b = 1$  となるようにすると,  $\tau = \ln 2, l = 1$  となることが分

<sup>2</sup> **A1** 核子  $10^{27}$  個分. 電子はオ - ダ - 外.

<sup>3</sup> **A2** (1)  $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ , (2)  $[\text{ML}^2 \text{T}^{-2}]$

<sup>4</sup> **A3**  $3.0 \times 10^{-2}$  m/s,  $1.0000000 \times 10^7$  m/s

<sup>5</sup> **A4** (1)  $a = \frac{f}{m}$ , (2)  $v = v_0 + \frac{f}{m}(t - t_0)$ , (3)  $x = x_0 + \frac{f}{2m}(v^2 - v_0^2)$ ,  $x = x_0 + v_0(t - t_0) + \frac{f}{2m}(t - t_0)^2$

<sup>6</sup> **A5**  $f$  と  $-f_{A \rightarrow B}$ , 同じ向き.

かっている． $[\tau] = [m]^p [v_0]^q [b]^r$   $[l] = [m]^p [v_0]^q [b]^r$  とおき，それぞれの場合の  $p q r$  を定めることによって， $\tau$  を求めよ．<sup>7</sup>

**B2** 円の方程式  $x^2 + y^2 = r^2$ ， $r = \text{const.}$  の両辺を  $t$  で 2 度微分して，(1.5) 式の加速度を求めよ．

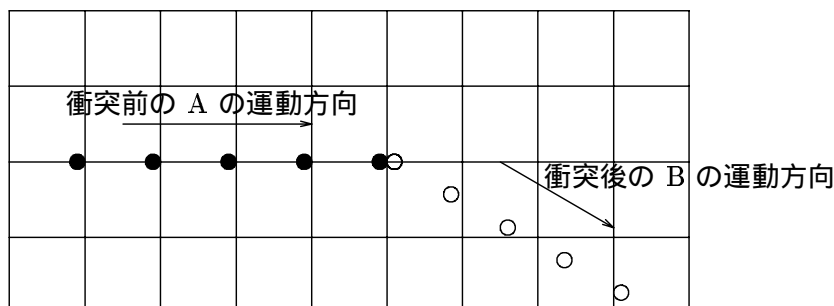
**B3** 等加速度運動の場合に (1.17) 式がガリレイの相対性原理を満たしていることを示せ．

**B4** 質量  $m_A$   $m_B$  の 2 粒子 A, B があり，その間に大きさ  $f$  一定な引力が働いている．時刻  $t = 0$  のとき，A, B は，それぞれの座標， $x_A = 0$   $x_B = l$  のところに静止していた．ただし，AB は閉じた系とする．

- (1) 時刻  $t$  における B の A に対する相対加速度  $a_r$ ，相対速度  $v_r$ ，相対座標  $x_r$  を求めよ．
- (2) A, B が衝突する時刻と位置を求めよ．
- (3) ヘルムホルツの方法で，A, B が衝突する直前の系の運動エネルギー - の和を求めよ．

8

**B5** 質量  $m = 4.0 \times 10^{-2}$  kg の粒子 A が静止する等質量の粒子 B と弾性衝突をした．図の ● 印は衝突前の A の位置を時刻 0 s から 1 s ごとに記録したものであり，○ 印は衝突前後の B の位置



を時刻 5 s から 1 s ごとに記録したものである（この方向は，衝突前の A の運動方向に対して下向きに  $\frac{\pi}{6}$  rad の角となっている．）また，衝突後の A の位置は示されていない．グラフの 1 目盛は 0.1 m を表す． $x$  軸を横右向きに， $y$  軸を縦上向きに選ぶことにする．数値の答は有効数字 2 桁まで求めよ．

- (1) 衝突前の A の速さ  $v_0$  は，何 m/s か．
- (2) 衝突後の B の速度の (a)  $x$  成分  $v_{Bx}$ ，(b)  $y$  成分  $v_{By}$  は，それぞれ，約何 m/s か．
- (3) 時刻 0 s, 1 s, 2 s, 3 s, 4 s のときの，粒子 A, B の質量中心の位置を × 印で図に記入せよ．
- (4) 作図から，質量中心速度を求めよ．
- (5) 衝突前後で質量中心速度は変わらない．それは何故か．衝突後の質量中心の時刻 5 s, 6 s, 7 s, 8 s の位置を × 印で図に記入せよ．
- (6) 時刻 5 s, 6 s, 7 s, 8 s の衝突後の A の位置を，● 印で図に記入せよ．
- (7) 衝突後の A の速度の (a)  $x$  成分  $v_{Ax}$ ，(b)  $y$  成分  $v_{Ay}$  は，それぞれ，何 m/s か．

<sup>7</sup> **B1**  $\tau = \ln 2 \frac{m}{b} l = \frac{mv_0}{b}$

<sup>8</sup> **B4** (1)  $a_r = -\frac{f}{\mu}$   $v_r = -\frac{f}{\mu} t$   $x_r = l - \frac{f}{2\mu} t^2$ ，(2)  $t = \sqrt{\frac{2\mu l}{f}}$   $x_A = x_B = \frac{m_B}{m_A + m_B} l$ ，(3)  $fl$ ．ただし， $\mu = \frac{m_A m_B}{m_A + m_B}$

- (8) 衝突後の A, B を合わせた系の全運動量の (a)  $x$  成分  $mv_{Ax} + mv_{Bx}$ , (b)  $y$  成分  $mv_{Ay} + mv_{By}$  は, それぞれ, 何  $\text{kg}\cdot\text{m/s}$  か.<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> **B5** (1)  $v_0 = 1.0 \times 10^{-1} \text{ m/s}$ , (2)(a)  $v_{Bx} = 7.5 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ , (b)  $v_{By} = 4.3 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ , (3) 図略.  
(4)  $v_c = 5.0 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ , (5) 運動量が保存するから. 図略. (6) 図略. (7)(a)  $v_{Ax} = 2.5 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ , (b)  $v_{Ay} = 4.3 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ , (8)(a)  $mv_{Ax} + mv_{Bx} = 4.0 \times 10^{-3} \text{ kg}\cdot\text{m/s}$ , (b)  $mv_{Ay} + mv_{By} = 0 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$