

トレ - ニング A

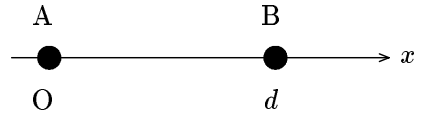
**A1** (1) エネルギー - 保存則:  $\frac{1}{2}mv^2 + mgy = E$ , (ただし  $y$  軸は鉛直上方を正とする), および  $\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = E$ , (ただし  $x = 0$  をばねの自然の長さのときとする) の, それぞれの両辺を  $t$  で微分することによって, 地上の重力, 弾性力が働く場合の粒子の運動方程式を導け. ただし, 微分公式:  $\frac{dv^2}{dt} = \frac{dv^2}{dv} \frac{dv}{dt}$ . また,  $E = \text{const.}$  のとき  $\frac{dE}{dt} = 0$  等を成り立つことを参考にせよ.

(2) (2.16) 式を用いて, 次のポテンシャルが表す力を求めよ.

$$U_1 = -G \frac{mM}{r}, \quad U_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{r}$$

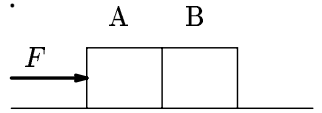
2

**A2** (1) 地球 A の質量を  $M$ , 半径を  $R$  とおくと, 月 B の質量は  $\frac{M}{81}$ , 半径は  $\frac{R}{3.6}$ , AB 間の距離  $d = 60R$  である. 月面での物体の重さは, 地上での重さの何% となるか. また, 地球と月からの重力以外の力を無視した場合, 無重力状態となるのは  $d$  の何% A から離れた点か.

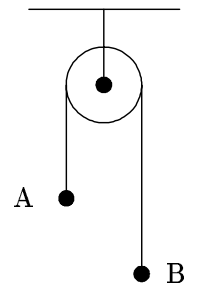


(2) 荷電粒子 A の電荷を  $Q$  とおくと, 荷電粒子 B の電荷は  $-\frac{Q}{2}$  であり, とともに非常に大きな質量をもっているとする. AB 間で正電荷をもつ別の粒子 C に働く A, B からの静電気力のポテンシャルが 0 の点で, C への合力はどちら向きか, また, C への合力が 0 となる点を  $d$  で表せ. C はこの点で静止していることができるか.<sup>3</sup>

**A3** 摩擦が無視できる水平面上に質量  $M$  の物体 A と質量  $m$  の物体 B を接触させて置く. A に水平右向きの力  $F$  を加えると, A, B は一体となって動き出した. 加速度の大きさ  $a$  と, AB 間に働く垂直抗力を  $N$  を求めよ. また,  $M = 3.0 \text{ kg}$ ,  $m = 2.0 \text{ kg}$ ,  $F = 1.0 \times 10^2 \text{ N}$  としたとき,  $a, N$  の値を計算せよ.<sup>4</sup>



**A4** 質量  $M$  の物体 A と質量  $m$  の物体 B を質量の無視できる糸に結び, 質量の無視できる滑車の掛ける. 上向きを座標の正方向としたとき, A, B の加速度と, AB 間に働く張力の大きさを求めよ. ただし, 重力加速度の大きさを  $g$  とする.<sup>5</sup>



**A5** 速さ  $3.0 \times 10 \text{ m/s}$  で走る質量  $1.0 \times 10^2 \text{ kg}$  の物体に, 床から働く

<sup>2</sup> **A1** (1)  $ma = -mg$   $ma = -kx$ , (2)  $f_1 = -G \frac{mM}{r^2}$   $f_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{r^2}$

<sup>3</sup> **A2** (1) 16%, 90%, (2)  $+x$  軸向き,  $x = (1 + \sqrt{2})d$ , できない.

<sup>4</sup> **A3**  $a = \frac{F}{M + m} = 2.0 \times 10 \text{ m/s}^2$   $N = \frac{m}{M + m} F = 4.0 \times 10 \text{ N}$

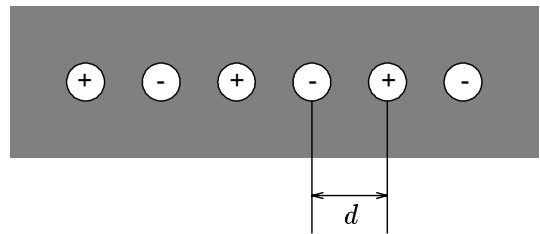
<sup>5</sup> **A3**  $a_A = -a_B = \frac{m - M}{m + M} g$   $T = \frac{2mM}{m + M} g$

力はつねに進行方向に対して角  $\frac{2}{3}\pi$  をなしていることがわかっている．この力のする仕事，静止するまでに走る距離，動摩擦係数を求めよ．重力加速度の大きさは  $9.8 \text{ m/s}^2$  とする．<sup>6</sup>

トレ - ニング B

**B1** 人工衛星を地表から打ち上げるとき，人工衛星が地球を周回するための打ち上げの速度  $v$  は  $v_1$  (第1宇宙速度)  $< v < v_2$  (第2宇宙速度) の範囲になければならない． $v_1, v_2$  を求めよ．また，静止衛星の地球中心からの距離は地球半径  $R$  の何倍か．ただし，重力加速度の大きさ  $g$  として， $gR = 6.4 \times 10^7 \text{ (m/s)}^2$ ，また，地球中心に対して赤道の回転の速度  $V = 4.6 \times 10^2 \text{ m/s}$ ， ${}^3\sqrt{300} = 6.7$  として計算せよ．<sup>7</sup>

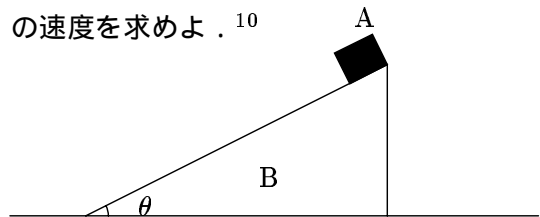
**B2** 交互に電荷  $+e$  と  $-e$  の正負のイオンが直線上の距離  $d$  の等間隔で並び，イオン結合のモデルを考える．その中の1個の負イオンに対する静電気力のポテンシャルを求めよ．ただし，真空の誘電率を  $\epsilon_0$  とし，無限級数の公式<sup>8</sup>：



$$1 - \frac{1}{2} + \frac{1}{3} - \frac{1}{4} + \dots = \ln 2$$

を用いよ．<sup>9</sup> **B3** 正電荷  $Q$  をおびた質量  $M$  の粒子 A が， $x$  軸上の座標  $x_0$  の点に静止している．また，正電荷  $q$  をおびた質量  $m (< M)$  の粒子 B が最初，原点  $x = 0$  にあり， $x$  軸上を  $v_0$  で A に向かう．真空の誘電率を  $\epsilon_0$  とする．AB が最接近したときの B の速度，AB 間距離，十分時間が経った後の B の速度を求めよ．<sup>10</sup>

**B4** 水平となす角  $\theta$  の斜面を持つ質量  $M$  の台 B を水平面上におき，その上に乗せた質量  $m$  の小物体 A を静かに放す．水平左向きに  $x$  軸，鉛直下向きに  $y$  軸を選ぶ．A の加速度の  $x, y$  成分  $a_x, a_y$ ，B の加速度の  $x$  成分  $A$ ，および，AB 間に働く垂直抗力の大きさ  $N$  を求めよ．ただし，各接触部の摩擦は無視できるとする．<sup>11</sup>



<sup>6</sup> **A5**  $-4.5 \times 10^5 \text{ J}, 8.0 \times 10 \text{ m}, 5.8 \times 10^{-1}$

<sup>7</sup> **B1**  $v_1 = 8.0 \times 10^3 \text{ m/s}, v_2 = 1.1 \times 10^4 \text{ m/s}, 6.7$  倍

<sup>8</sup> 無限級数は高1でやる．

<sup>9</sup> **B2**  $-2 \ln 2 \times \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 d}$

<sup>10</sup> **B3**  $\frac{m}{m+M} v_0, \frac{mM}{2\pi\epsilon_0 v_0^2} \frac{qQ}{m+M}, \frac{m-M}{m+M} v_0$

<sup>11</sup> **B4**  $a_x = \frac{M \sin \theta \cos \theta}{M + m \sin^2 \theta} g, a_y = \frac{(M + m) \sin^2 \theta}{M + m \sin^2 \theta} g, A = -\frac{m \sin \theta \cos \theta}{M + m \sin^2 \theta} g, N = \frac{Mm \cos \theta}{M + m \sin^2 \theta} g$

**B5** 調和振動の運動方程式 (2.79) を

$$x = \sum_{i=0}^{\infty} a_i t^i$$

とおくことによって解け。ただし、初期条件は、時刻  $t = 0$  のとき、 $x = 0$   $v = v_0$  とする。  
12

---

<sup>12</sup> **B5**  $x = \frac{v_0}{\omega} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(\omega t)^{2i+1}}{(2i+1)}$