

1

- (1) 力学的エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}Mv^2 = MgH \quad \therefore v = \sqrt{2gh} \text{ [m/s]}$$

- (2) 運動量保存則より

$$(M+m)V = M\sqrt{2gH} \quad \therefore V = \frac{M}{M+m}\sqrt{2gH} \text{ [m/s]}$$

- (3) 摩擦力の仕事の大きさは

$$\mu'(M+m)g\cos\phi \times \frac{H}{2\sin\phi} = \frac{\mu'(M+m)gH}{2\tan\phi} \text{ [J]}$$

エネルギー原理より

$$\frac{1}{2}(M+m)V_T^2 - \frac{1}{2}(M+m)V^2 = -\frac{1}{2}(M+m)gH - \frac{\mu'(M+m)gH}{2\tan\phi}$$

$$V_T^2 = V^2 - gH\left(1 + \frac{\mu'}{\tan\phi}\right) = gH\left\{\frac{2M^2}{(M+m)^2} - 1 - \frac{\mu'}{\tan\phi}\right\}$$

$$\therefore V_T = \sqrt{gH\left\{\frac{2M^2}{(M+m)^2} - 1 - \frac{\mu'}{\tan\phi}\right\}} \text{ [m/s]}$$

 $V_T > 0$ となるためには

$$\frac{2M^2}{(M+m)^2} - 1 - \frac{\mu'}{\tan\phi} > 0$$

$$\therefore \mu' < \left\{\frac{2M^2}{(M+m)^2} - 1\right\}\tan\phi$$

- (4) ばねに蓄えられたエネルギーは

$$\frac{1}{2}kL^2 \text{ [J]}$$

物体の得た(重力による)位置エネルギーは

$$(M+m)g\left(\frac{H}{2} + L\sin\phi\right) \text{ [J]}$$

点Uで止まったので、静止摩擦力は

$$f \leq \mu(M+m)g\cos\phi$$

斜面に平行な方向の力のつりあいから

$$f = kL + (M+m)g\sin\phi$$

よって

$$\mu(M+m)g\cos\phi \geq (M+m)g\sin\phi + kL$$

$$\therefore \mu \geq \tan\phi + \frac{kL}{(M+m)g\cos\phi}$$

2

熱容量 C (J/K), 比熱 c (J/g·K)のとき, 質量 m (g)の物体の得る熱量 Q (J)は温度変化 Δt (K)として

$$Q = C\Delta t = mc\Delta t$$

を活用する。

(1) 水: $Q_1 = 100 \times 4.19 \times (38.0 - 20.0) = \underline{7.54 \times 10^3}$ [J]

湯: $Q_2 = 100 \times 4.19 \times (38.0 - 60.0) = -9.22 \times 10^3$ [J]

\therefore 湯の失った熱量は $\underline{9.22 \times 10^3}$ [J]

熱量計の得た熱量は $(9.22 - 7.54) \times 10^3 = 1.68 \times 10^3$ [J]

熱量計の熱容量 $C = \frac{1.68 \times 10^3}{38.0 - 20.0} = \underline{93.1}$ [J/K]

(2) 水: $Q_3 = 200 \times 4.19 \times (23.0 - 20.0) = \underline{2.51 \times 10^3}$ [J]

熱容量: $Q_4 = 93.1 \times (23.0 - 20.0) = 2.79 \times 10^2$ [J]

\therefore 金属球の失った熱量は $2.51 \times 10^3 + 2.79 \times 10^2 = \underline{2.79 \times 10^3}$ [J]

金属の比熱 $c = \frac{-2.79 \times 10^3}{80.0 \times (23.0 - 90.0)} = \underline{0.521}$ [J/g·K]

3

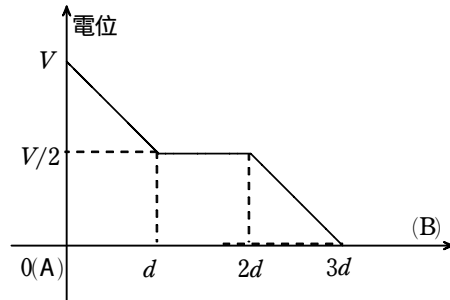
- (1) 平行平板コンデンサー (面積
- S
- , 極板間隔
- l
- , 誘電率
- ϵ
-) の容量は

$$C = \frac{\epsilon L^2}{2d} [\text{F}] \quad \text{より} \quad C_1 = \frac{\epsilon L^2}{3d} [\text{F}]$$

- (2) 極板間隔
- $2d$
- のコンデンサーに等しいから

$$C_2 = \frac{\epsilon L^2}{2d} [\text{F}] \quad , \quad Q = C_2 V = \frac{\epsilon L^2 V}{2d} [\text{V}]$$

金属板内は電界0だから, 等電位であることに注意する。



- (3) 電気容量は並列合成して

$$C_3 = \frac{\epsilon L x}{3d} + \frac{\epsilon L(L-x)}{2d} = \frac{\epsilon L(3L-x)}{6d} [\text{F}]$$

静電エネルギーは

$$U = \frac{Q^2}{2C_3} = \frac{3\epsilon L^3 V^2}{4d(3L-x)} [\text{J}]$$

- (4) 外力の仕事は静電エネルギーの増加に等しい。

$$W = U_2 - U_0 = \frac{3\epsilon L^2 V^2}{8d} - \frac{\epsilon L^2 V^2}{4d} = \frac{\epsilon L^2 V^2}{8d} [\text{J}]$$

- (5) 極板間隔を広げる仕事
- W'
- は

$$W' = \frac{Q^2}{2C_1} - \frac{Q^2}{2C_4} \quad \left(\text{ここで } C_4 = \frac{\epsilon L^2}{3d+x} \right)$$

Q に(2)を代入して

$$W' = \frac{\epsilon L^2 V^2}{8d^2} x$$

$W' = W$ から

$$x = \underline{d} [\text{m}]$$