

令和 8 年度 入学者選抜学力試験問題【前期日程】「理科（物理）」出題意図・解答例（略解）

I 出題意図：力学の基本的な理解をみるとともに、重力とばねによる弾性力を組み合わせた運動を思考する力を問うた。

問 1 ばねが自然の長さより  $d$  縮んだところで、ばねによる弾性力と重力がつり合っているので、 $kd = (m_A + m_B)g$  となる。したがって、 $d = \frac{g}{k}(m_A + m_B)$  となる。

問 2 (1) 弾性力による位置エネルギーを求めるとき、ばねの自然の長さからの変位を考えるので、ばねが  $3d$  縮んでいるとき、 $U = \frac{1}{2}k(3d)^2 = \frac{9}{2}kd^2 = \frac{9}{2}k \frac{g^2}{k^2}(m_A + m_B)^2 = \frac{9g^2}{2k}(m_A + m_B)^2$  となる。

(2) 手をはなした直後、小物体 A と板 B は共に運動するので、A と B が一体となっているものの運動方程式は、 $(m_A + m_B)a_0 = k \times 3d - (m_A + m_B)g$  となり、これを加速度  $a_0$  について解くと  $a_0 = \frac{3kd}{m_A + m_B} - g = \frac{3k}{m_A + m_B} \frac{g}{k}(m_A + m_B) - g = 2g$  となる。

問 3 (1)  $L - d$  では、ばねによる弾性力と重力がつり合うので、A と B が一体となっているものの運動方程式は、 $(m_A + m_B)a_1 = 0$  である。よって  $a_1 = 0$  となる。記号を用いた表現でも同等であれば正解とした。

(2)  $L - d$  はつり合うときのばねの長さであり、 $L - 3d$  から  $L - d$  になるまでの時間は、ばねに繋がった物体の単振動の周期の  $\frac{1}{4}$  になるので  $t_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m_A + m_B}{k}} \times \frac{1}{4} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m_A + m_B}{k}}$  となる。

問 4 (1) ばねの長さが  $L$  のとき、ばねによる弾性力は 0 になる。離れる瞬間、A と B の間には力がはたらかないので、A には重力だけがはたらく。したがって、A の運動方程式は  $m_A a_2 = m_A(-g)$  となり、 $a_2 = -g$  である。他の記号を用いた表現でも同等であれば正解とした。

(2)  $x = L - 3d$  を基準に位置エネルギーの変化を考える。問 2 の状況から高さは  $3d$  高くなっているので重力による位置エネルギーは  $(m_A + m_B)g \times 3d$  増加している。弾性力による位置エネルギーは  $\frac{9}{2}kd^2$  減少している。一方、運動エネルギーは  $\frac{1}{2}(m_A + m_B)v^2$  増加しているので、力学的エネルギー保存則より、 $\frac{9}{2}kd^2 = 3(m_A + m_B)gd + \frac{1}{2}(m_A + m_B)v^2$  である。よって  $v^2 = \frac{9kd^2}{m_A + m_B} - 6gd$  となる。ここで  $d = \frac{g}{k}(m_A + m_B)$  より、 $v^2 = \frac{9k}{m_A + m_B} \frac{g^2}{k^2}(m_A + m_B)^2 - 6g \frac{g}{k}(m_A + m_B) = 3 \frac{g^2}{k}(m_A + m_B)$  となり、これより  $v = g \sqrt{\frac{3(m_A + m_B)}{k}}$  となる。

問 5 A と B が離れると A には重力しかはたらかないので、力学的エネルギー保存を A について考えると速度が 0 になるときは、 $\frac{1}{2}m_A v^2 = m_A g(x - L)$  である。 $v^2 = 3 \frac{g^2}{k}(m_A + m_B)$  より  $x - L = \frac{1}{2g} \times 3 \frac{g^2}{k}(m_A + m_B)$  なので、これより  $x = \frac{3g}{2k}(m_A + m_B) + L$  となる。

II 出題意図：コンデンサー，検流計，ダイオード，抵抗，スイッチ，直流電源から構成される回路を対象として，そこで成り立つ基本法則や性質を正しく理解しているかを問うた。

問 1 (1) 抵抗  $R_1$  と  $R_2$  の合成抵抗の値は  $R + R'$  となるので，抵抗  $R_1$  を流れる電流  $I$  は以下の式で与えられる。

$$I = \frac{V}{R + R'}$$

(2) (1) で得られた電流  $I$  より，以下の答えが得られる。

$$V_{AG} = RI = \frac{R}{R + R'}V$$

$$V_{GB} = R'I = \frac{R'}{R + R'}V$$

(3) コンデンサー  $C_1$  とコンデンサー  $C_2$  の電気容量は等しく，それらは直列に接続されている。したがって， $V_{AF} + V_{FB} = V$  および  $V_{AF} = V_{FB}$  が成り立つので，

$$V_{AF} = \frac{V}{2}$$

$$V_{FB} = \frac{V}{2}$$

となる。

(4) コンデンサー  $C_1$  の電気を  $Q_1$ ，コンデンサー  $C_2$  の電気を  $Q_2$  とすると，(3) より

$$Q_1 = CV_{AF} = \frac{1}{2}CV$$

$$Q_2 = CV_{FB} = \frac{1}{2}CV$$

となる。

問 2 問 1 より， $V_{FB} - V_{GB}$  は以下のように与えられる。

$$V_{FB} - V_{GB} = \frac{1}{2} \frac{R - R'}{R + R'} V$$

$R' > R$  であるので上式の値は負となり，G の方が F よりも電位が高いことがわかる。電流は電位が高い点から低い点に向かって流れるので，電流の向きは  $G \rightarrow F$  である。

問 3 (1) 十分に時間が経過すると，F と G は等電位となる。したがって

$$V'_{AF} = V_{AG} = \frac{R}{R + R'}V$$

$$V'_{FB} = V_{GB} = \frac{R'}{R + R'}V$$

となる。

(2) コンデンサー  $C_1$  の電気量  $Q'_1$ , コンデンサー  $C_2$  の電気量  $Q'_2$  は

$$Q'_1 = CV'_{AF} = \frac{R}{R+R'}CV$$

$$Q'_2 = CV'_{FB} = \frac{R'}{R+R'}CV$$

で与えられるので, 検流計を通過した電気量は

$$-Q'_1 + Q'_2 - (-Q_1 + Q_2) = \frac{-R+R'}{R+R'}CV$$

である。 $R' > R$ であるので, 電気量の大きさは  $\frac{-R+R'}{R+R'}CV$  で与えられる。

(3) 静電エネルギーの和の変化量は,

$$\frac{1}{2C}(Q'^2_1 + Q'^2_2) - \frac{1}{2C}(Q^2_1 + Q^2_2) = \frac{CV^2}{4} \frac{(R-R')^2}{(R+R')^2}$$

で与えられ, それゆえ増加量  $\Delta U$  は  $\Delta U = \frac{CV^2}{4} \frac{(R-R')^2}{(R+R')^2}$  となる。

問 4 可変抵抗  $R_2$  の抵抗値を  $R''$  とすると, GB 間の電位差  $V''_{GB}$  は  $V''_{GB} = \frac{R''}{R+R''}V$  となる。したがって,

$$V'_{FB} - V''_{GB} = \frac{(R'-R'')R}{(R+R')(R+R'')}V$$

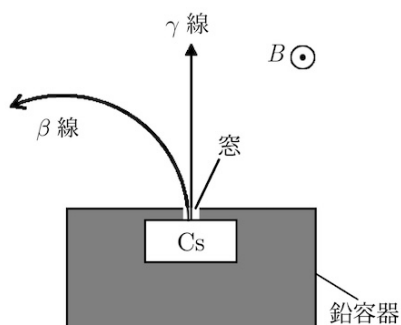
より,  $R' > R''$  であるので G よりも F の方が電位が高い。これは, ダイオード D に対して逆方向に電圧がかかることになるので, 電流は流れない。

III 出題意図：原子と原子核，放射線の基本的な知識について問うた。また，資料を読み取り判断する力を問うた。

問 1  : 原子核,  : 陽子,  : 中性子,  :  $\alpha$ ,  : 2

問 2 (1) 同位体とは，原子核に含まれる陽子の数が同じで，中性子の数が異なる原子のことである。

(2)  $\beta$  線は負の電気量を持つ粒子なので，磁場によって進行方向に対して左向きに力を受け，弧を描いて左へ進む。



(3) 質量の差を  $\Delta m$  とすると

$\Delta m = ({}^{137}_{55}\text{Cs 原子の質量}) - ({}^{137}_{56}\text{Ba 原子の質量}) = 136.90709 - 136.90583 = 0.00126 \text{ u}$   
 である。したがって，質量の差は  $0.0013 \text{ u}$  となる。

質量の差に相当するエネルギーは，

$\Delta m \times (\text{光速の二乗}) = 0.00126 \times (1.66 \times 10^{-27}) \times (3.00 \times 10^8)^2 = 1.88 \times 10^{-13} \text{ J}$   
 となり，これを eV に換算すると， $1.88 \times 10^{-13} \times 6.24 \times 10^{18} = 1.17 \times 10^6 \text{ eV}$  である。  
 したがって，質量の差に相当するエネルギーは  $1.2 \times 10^6 \text{ eV}$  となる。

(4) グラフから 7 年後の残留率は  ${}^{134}_{55}\text{Cs}$  が約 0.10,  ${}^{137}_{55}\text{Cs}$  が約 0.85 と読み取ることができる。最初にそれぞれ  $N$  個ずつあったとして， ${}^{134}_{55}\text{Cs}$  は  $N_{134} \doteq 0.90N$  個,  ${}^{137}_{55}\text{Cs}$  は  $N_{137} \doteq 0.15N$  個が 7 年の間に放射性崩壊する。したがって，崩壊する数のおおよその比は  $\frac{N_{134}}{N_{137}} = 6$  となる。