



2022 年度 杏林大学

【 講 評 】

例年通り典型的で易しい問題が多かったが、計算量は多く 50 分間で解ききることに焦る受験生も多かったであろう。今年も去年と同様高得点争いになったと予想される。

Ⅰ Ⅱは小問集合。どの問題も基本的であるため、計算ミスでの失点に注意。

Ⅲは剛体の力学に関する問題。(b) で点 P の位置を文字で置かず、定性的な議論によって素早く解答したい。

Ⅳは荷電粒子の磁場中の運動の典型問題。どの物理量と比例するかを考えて解答したい。(3) は計算ミスに注意。

【 解 答 ・ 解 説 】

Ⅰ

解答

ア	1	イ	2	ウ	1	エ	6	オ	2	カ	1
キ	3	ク	1	ケ	5	コ	2	サ	2	シ	1
ス	2	セ	3	ソ	0	タ	1	チ	2	ツ	7

解説

(1) 摩擦力は遠心力とのつり合いより $mr\omega^2$ なので 1.2×10^{-1} N.

静止摩擦係数は前述のつり合いの式より $\mu = \frac{mr\omega^2}{mg} = \frac{r\omega^2}{g}$ なので 6.2×10^{-1} .

(2) 気体が外部にした仕事は、 pV 図における線分 AB と横軸とで囲まれた台形の面積だから $\frac{p+2p}{2} \cdot 2V = 3pV$.

気体の内部エネルギーの変化は $\frac{3}{2} \cdot 2p \cdot 3V - \frac{3}{2} pV = \frac{15}{2} pV$. 熱力学第一法則より、気体が外部から吸収した熱量は $3pV + \frac{15}{2} pV = \frac{21}{2} pV$.

(3) (a) 屈折の法則より、 $1 \cdot \sin 45^\circ = \sqrt{2} \sin \theta$. $\sin \theta = \frac{1}{2}$ より $\theta = 30^\circ$.

(b) $1 < \sqrt{2}$ より、空気と液体層の境界面で反射した光の位相は π ずれる。 $\sqrt{2} > 1.3$ より、液体膜から入射し、水との境界面で反射した光の位相は変化しない。

2つの光の光路差は $2nd \cos 30^\circ = \sqrt{6}d$. これらが強め合い、かつ d が最小となるのは $\sqrt{6}d = \frac{1}{2} \lambda$ のとき。したがって、

$$d = \frac{6.0 \times 10^{-7}}{2\sqrt{6}} = \frac{\sqrt{6}}{2} \times 10^{-7} = 1.21 \times 10^{-7}.$$

よって、 $d = 1.2 \times 10^{-7}$ m.

II

解答

ア	6	イ	0	ウ	5	エ	2	オ	0	カ	2
キ	6	ク	5	ケ	8	コ	6	サ	3	シ	1
ス	1	セ	3	ソ	5	タ	4				

解説

(1) コンデンサー $C_i (i = 1, 2, 3)$ にかかる電圧を V_i 、蓄えられる電気量を Q_i とする。

(a) $V_1 : V_2 = C_2 : C_1 = 3 : 2$ であり、 $V_1 + V_2 = 50$ より $V_1 = 30$ である。

したがって、 $Q_1 = C_1 V_1 = 2.0 \times 10^{-6} \times 30 = 6.0 \times 10^{-5} \text{ C}$ であり、 $V_2 = 20 \text{ V}$ 。

(b) スイッチを切り替えたとき、 C_2 には $6.0 \times 10^{-5} \text{ C}$ の電気量が蓄えられている。

時間がじゅうぶん経った定常状態では、 $Q_2' + Q_3' = 6.0 \times 10^{-5}$ であり、 $V_2' = V_3'$ より、

$Q_2' : Q_3' = C_2 : C_3 = 3 : 4$ 。したがって、 $Q_2' = \frac{3}{7} \times 6.0 \times 10^{-5} = 2.57 \times 10^{-5}$ より $2.6 \times 10^{-5} \text{ C}$ 。

このとき、 $V_3' = V_2' = \frac{Q_2'}{C_2} = 8.57$ より 8.6 V 。

(2) (a) 単位に注意して、 $E = \frac{hc}{e\lambda}$ より $E = 3.09 \text{ eV}$ 。したがって、光子 1 個のエネルギーは 3.1 eV 。

(b) 光電子の最大運動エネルギーを K_M とすると、 $K_M = E - W = 3.09 - 1.8 = 1.29 \text{ eV}$ 。よって、 1.3 eV 。

(3) 質量数は 20、原子数は 6 減少しているから、 α 崩壊は 5 回、 β 崩壊は 4 回行っている。

III

解答

ア	1	イ	2	ウ	1	エ	2	オ	6	カ	5
キ	1	ク	3	ケ	4	コ	6	サ	3	シ	9
ス	4	セ	1	ソ	1	タ	3				

解説

(a) 重心 G の座標を (x_G, y_G) とすると、

$$x_G = \frac{2m \cdot \ell + 3m \cdot \frac{1}{3} \ell + m \cdot 0}{2m + 3m + m} = \frac{1}{2} \ell,$$

$$y_G = \frac{2m \cdot h + 3m \cdot 0 + m \cdot h}{2m + 3m + m} = \frac{1}{2} h.$$

したがって、 $G\left(\frac{1}{2} \ell, \frac{1}{2} h\right)$ である。このとき、物体系の全質量は $F_G = 6mg$ である。物体系は静止しているから力のつり合いより、 $N = T + F_G$ が成り立つ。糸の張力による力のモーメントは $\frac{1}{3} \ell \times T = \frac{1}{3} \times T \ell$ であり、重力による力のモーメントは $\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3}\right) \ell \cdot F_G = mgl$ 。これらのモーメントのつり合いの式より、

$$\frac{1}{3} T \ell = mgl \iff T = 3mg.$$

よって、前述した力のつり合いの式より、

$$N = 3mg + 6mg = 9mg.$$

(b) 点 C の十分近くに粘土を付着させたとき、小球 B の点のまわりの力のモーメントを考えると、粘土にはたらく重力により反時計回りの力のモーメントが大きくなる。一方、時計回りの力のモーメントは変わらないから、 T は小さくなる。

点 A の十分近くに粘土を付着させたとき、時計回りの力のモーメントが大きくなるから糸の張力は大きくなる。よって、糸の張力は点 P の位置によって大きくなる場合も小さくなる場合もある。

小球 B が床から受ける垂直抗力は、力のつり合いより F_G と粘土にはたらく重力の和と等しいから大きくなる。点 P の y 座標は h で、 $\frac{1}{2} h$ よりも大きいから、重心の y 座標は大きくなる。

小球 C に付着させた粘土の総質量を M とすると、重心の x 座標 x_G が小球 B の x 座標 $\frac{1}{3} \ell$ よりも小さくなるとき、この物体系は転倒する。すなわち、

$$\frac{3m}{6m + M} \ell < \frac{1}{3} \ell \iff M > 3m.$$

[別解]

転倒する直前の粘土の総質量を M とすると、このとき $T = 0$ 。小球 B のまわりのモーメントのつり合いより

$$\frac{1}{3} \ell \cdot (m + M)g = \frac{2}{3} \ell \cdot 2mg \iff M = 3m.$$

IV

解答

ア	2	イ	1	ウ	1	エ	7	オ	5	カ	2
キ	4	ク	5	ケ	1	コ	2	サ	2		

解説

$$(1) \frac{1}{2} mv^2 = qV \text{ より } v = \sqrt{\frac{2qV}{m}}.$$

ローレンツ力が円の内側の向きになるのは、磁場の向きが紙面の表から裏のとき。

イオンは等速円運動しているので

$$m \frac{v^2}{r} = qvB \iff r = \frac{mv}{qB}.$$

スリット S_1 からスリット S_2 を通過するまでにかかる時間は周期の半分だから、

$$\frac{1}{2} T = \frac{\pi r}{v} = \pi \cdot \frac{m}{qB}.$$

$$(2) (a) r = \frac{mv}{qB} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mV}{q}} \text{ より、 } m = \frac{qB^2}{2V} r^2 \propto r^2. \text{ したがって、}$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2.$$

$$(b) q = \frac{2V}{B^2} \frac{m}{r^2} \propto \frac{m}{r^2} \text{ より、}$$

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{4/d_1^2}{1/d_2^2} = 4 \times \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2.$$

$$(3) \text{ イオンの質量は } m = \frac{qB^2 r^2}{2V} \text{ であるから、単位が u であることに注意して、}$$

$$m = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 10^{-2} \times 0.5^2}{2 \times 10^3 \times 1.7 \times 10^{-27}} = 1.17 \times 10^2$$

より $1.2 \times 10^2 \text{ u}$.

お問い合わせは ☎0120-302-872

<https://keishu-kai.jp/>