解答速報

杏林大学医学部　物理

2024年 1月19日実施

【解答】

I

ア	2	イ	0	ウ	4	エ	9	オ	2	カ	8	キ	3	ク	5
ケ	7	コ	7	サ	3	シ	4	ス	7						

II

ア	3	イ	6	ウ	5	エ	0	オ	2	カ	6	キ	4	ク	6
ケ	7	コ	4	サ	4	シ	5	ス	6	セ	6	ソ	7	タ	2

III

ア	3	イ	4	ウ	7	エ	3	オ	6	カ	4	キ	3	ク	3
ケ	1	コ	4	サ	1										

IV

ア	8	イ	6	ウ	7	エ	6	オ	4	カ	3	キ	3	ク	7
ケ	3	コ	3	サ	3	シ	2	ス	1	セ	2	ソ	1	タ	8
チ	2	ツ	1	テ	2	ト	6								

【講評】

Ⅰ（小問集合）

(1)剛体のつりあいと(2)ドップラー効果のどちらも典型問題。(2)は数値計算が重い。

Ⅱ（小問集合）

(1)レンズは凹面鏡の扱いで差が付く。(2)ガウスの法則は典型問題。(3)水素原子のスペクトルは，エネルギー準位が $-\dfrac{1}{n^2}$ に比例することを覚えていないと時間内に処理することは難しく，また数値計算も重い。

Ⅲ（斜衝突）

中盤以降は運動量保存をベクトル図で表すとスピーディに解けるが，戸惑った受験生が多かったのではないか。

Ⅳ（電流が作る磁場と電磁誘導）

中盤以降の誘導に乗れたかどうかで差が付くであろう。

【総評】

昨年に比べてやや難化。Ⅰ，Ⅱでは数値計算に時間がとられ，またⅢ，Ⅳでは問題の誘導に乗るのに労力を要するため，時間内で完答するのはやや厳しい。
正規合格ラインは，Ⅰで 8 割，Ⅱで 6 割，Ⅲで 7 割，Ⅳで 6 割の「合計 7 割弱」と思われる。一次通過ラインは「合計 6 割弱」ではないか。

【解説】

I

(1) (a)

(ア)(イ) 求める距離を x として、抗力の作用点のまわりの力のモーメントのつり合いより

$$5.0 \times 9.8 \times (0.40 - x) = 14 \times 0.70$$
$$\therefore x = 0.20\,\mathrm{m}$$

(b)

(ウ)(エ) 物体にはたらく垂直抗力は $5.0 \times 9.8\,\mathrm{N}$ であるので，物体が滑り出す条件は

$$F > \mu_0 \times 5.0 \times 9.8 = 49 \times \mu_0$$

(オ)(カ) 点 O のまわりの力のモーメントのつり合いより

$$F \times 0.7 = 49 \times 0.4$$
$$\therefore F = 28\,\mathrm{N}$$

(キ)〜(ケ) (ウ)〜(カ) より

$$49 \times \mu_0 < 28$$
$$\therefore \mu_0 < \frac{28}{49} \fallingdotseq 0.57$$

(2)

(コ)(サ) 壁 R が反射する音波の振動数を f_{R} とすると，ドップラー効果の式より

$$f_{\mathrm{R}} = \frac{340+10}{340} \times 440 = \frac{35}{34} \times 440\,\mathrm{Hz}$$

よって，その波長 λ は

$$\lambda = \frac{340-10}{f_{\mathrm{R}}} = \frac{330 \times 34}{35 \times 440} \fallingdotseq 0.73\,\mathrm{m}$$

(シ)(ス) 求める振動数を f_1 とすると，ドップラー効果の式より

$$f_1 = \frac{340}{340-10} \times f_{\mathrm{R}} \fallingdotseq 4.7 \times 10^2\,\mathrm{Hz}$$

II

(1)

(ア)(イ) レンズの公式より、

$$\frac{1}{18} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{12}$$
$$\therefore b_1 = 36$$
$$\therefore x_a = 36$$

(ウ)(エ)

$$2.5 \times \left|\frac{b_1}{a_1}\right| = \left|2.5 \times \frac{36}{18}\right| = 5.0\,\mathrm{cm}$$

(オ) $\dfrac{b_1}{a_1} > 0,\, b_1 > 0$ より、倒立実像。

(カ)(キ) 凹面鏡の位置は $x = \dfrac{4}{3}x_a = 48\,\mathrm{cm}$ なので、凸レンズによる像を光源と考えて、レンズの公式より

$$\frac{1}{48-36} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{48}$$
$$\therefore b_2 = -16$$

となる。これを凹面鏡について対称に折り返すと凹面鏡の後方 16 cm の位置に像はできる。よって $x = 48 + 16 = 64\,\mathrm{cm}$.

(ク)(ケ) 凸レンズによる像の大きさを $\left|\dfrac{b_2}{a_2}\right|$ 倍して、

$$5.0 \times \left|\frac{-16}{12}\right| \fallingdotseq 6.7\,\mathrm{cm}$$

(コ) 倒立像についての正立像かつ $b_2 < 0$ より、倒立虚像。

(2)

(サ) 円筒内の電荷は $Q = \lambda L$ より、$4\pi k_0 Q = 4\lambda L \times \pi k_0$.

(シ) 円筒側面上における単位面積あたりの電気力線本数と等しく、

$$E = \frac{4\lambda L \times \pi k_0}{2\pi r L} = \frac{2\lambda}{r} \times k_0$$

(3)

(ス)(セ)(ソ) 水素原子のエネルギー準位は $E_n = -\dfrac{k}{n^2}$ と書けるので、基底状態は $E_1 = 13.6\,\mathrm{eV} =: -k$ となる。振動数条件より、

$$\frac{hc}{\lambda} = E_3 - E_2 = -\frac{k}{3^2} - \frac{k}{2^2} = \frac{5}{36}k$$
$$\therefore \lambda = \frac{36hc}{5k} = \frac{36 \times 6.63 \times 10^{-34} \times 3.0 \times 10^8}{5 \times 13.6 \times 1.6 \times 10^{-19}} \fallingdotseq 6.6 \times 10^{-7}\,\mathrm{m}$$

(タ)

$$10.2 = E_n - E_1 = \left(-\frac{k}{n^2}\right) - (-k)$$
$$\therefore n^2 = \frac{k}{k-10.2} = \frac{13.6}{13.6-10.2} = 4$$
$$\therefore n = 2$$

III

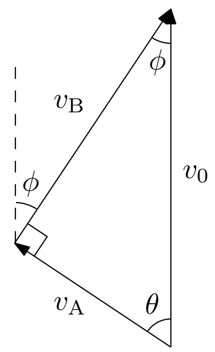
(a) (ア) 同質量 2 物体の弾性的直衝突では速度交換が起こることから，衝突後の B の速度ベクトルは C の位

置ベクトルと重なる必要がある。したがって、$\tan\phi = \dfrac{a}{b}$ である。
(イ)〜(オ) x, y 方向の運動量保存より、

$$mv_{\mathrm{A}}\sin\theta = mv_{\mathrm{B}}\sin\phi$$
$$mv_0 = mv_{\mathrm{A}}\cos\theta + mv_{\mathrm{B}}\cos\phi$$

(カ) 弾性衝突であることからエネルギー保存則 $\dfrac{1}{2}mv_0^2 = \dfrac{1}{2}mv_{\mathrm{A}}^2 + \dfrac{1}{2}mv_{\mathrm{B}}^2$ が成り立ち，これと上の 2 式を連立して，$\theta + \phi = \dfrac{\pi}{2}$ となる。

[別解]
運動量保存則は $m\overrightarrow{v_0} = m\overrightarrow{v_{\mathrm{A}}} + m\overrightarrow{v_{\mathrm{B}}}$ すなわち $\overrightarrow{v_0} = \overrightarrow{v_{\mathrm{A}}} + \overrightarrow{v_{\mathrm{B}}}$ である。またエネルギー保存則は $\dfrac{1}{2}mv_0^2 = \dfrac{1}{2}mv_{\mathrm{A}}^2 + \dfrac{1}{2}mv_{\mathrm{B}}^2$ すなわち $v_0^2 = v_{\mathrm{A}}^2 + v_{\mathrm{B}}^2$ である。以上から右の直角三角形を描くことができ，$\theta + \phi = \dfrac{\pi}{2}$ とわかる。



(b) (キ) 右図より $\cos\theta = \sin\phi$
(ク) 右図より $v_{\mathrm{A}} = v_0 \times \sin\phi$
(ケ) 右図より $v_{\mathrm{B}} = v_0 \times \cos\phi$ であり，また題意より B と C の衝突では速度交換が起こるので $v_{\mathrm{C}} = v_{\mathrm{B}}$
(コ) 衝突後の B の速度ベクトルが C の位置ベクトルと重なるためには，(初め静止していた) B が A から受ける力積ベクトルもそれらのベクトルと重なる必要がある。また，B が A から受ける力積ベクトルは，A の中心から B の中心を結んだベクトルと重なる。以上より，A の中心の座標は $x = -2R\sin\phi$
(サ) 作用反作用の法則より，A と B が与えあう力積の大きさは等しい。その力積の大きさは A の運動量の変化の大きさからよりも B の運動量の変化の大きさから求める方がラクであり，$mv_{\mathrm{B}} - m\cdot 0 = mv_0\cos\phi$

Ⅳ
(a)
(ア)(ウ) $H = \dfrac{I}{2\pi r}$ より、$H_1 = \dfrac{I}{2\pi(D-L)}$, $H_2 = \dfrac{I}{2\pi(D+L)}$.
(イ)(エ) 右ねじの法則より、PO,RS ともに紙面に垂直で紙面裏から表に向かう方向。
(オ) $f = qvB$, $B = \mu H$ より、$f_1 = qv \times \mu H_1 = q\mu v \times H_1$, $f_2 = qv \times \mu H_2 = q\mu v \times H_2$
(カ)(キ) フレミングの左手の法則より、PO,RS ともに y 軸正の向き。
(ク) $M = nf_2 \times L_2 - nf_1 \times L = n \times (-f_1 + f_2)L$.
(b)
(ケ) 誘導電場 E から電荷 q が受けるクーロン力は qE なので、$f_1 = qE_1$, $f = qE_2$. これに (オ) の f_1, f_2 を代入して、$E_1 = \mu v \times H_1$, $E_2 = \mu v \times H_2$.
(コ)(サ) PQ,SR の電荷が (オ) の f_1, f_2 の方向 (y 軸正方向) に力を受けるためには、誘導電場の方向は y 軸正方向。
(セ)(ソ) f_1, f_2 によるモーメントと同じ方向になるために、PQ は xy 平面で時計回り、RS は xy 平面で反時計回り。
(c)
(ソ) 減少する。

(タ)

$$\Phi_1 = B\Delta S = \mu H_1 \times v\Delta t \times 2L = 2\mu v L\Delta t \times H_1$$
$$\Phi_2 = B\Delta S = \mu H_2 \times v\Delta t \times 2L = 2\mu v L\Delta t \times H_2.$$

(チ) 増加する。

(ツ) 減少する Φ_1 より減少する Φ_2 の方が大きいので、増加する。

(テ) $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$ である。

(ト)

$$\left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = \left|\frac{\Delta\Phi_2 - \Delta\Phi_1}{\Delta t}\right|.$$

これに Φ_1, Φ_2 を代入して、

$$\left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = 2\mu v L(H_1 - H_2).$$

これに M_1, M_2, E_1, E_2 を代入して、

$$\left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = \frac{2(M_1 - M_2)}{nq}$$