医学部専門予備校 YMS
医学部進学予備校 メビオ
医学部専門予備校 英進館メビオ 福岡校

解答速報

埼玉医科大学(前期)　物理

2024年 2月2日実施

【物理（解答）】

1	1	⑤	2	③	3	⑦	4	⓪	5	⑦	6	⑧	7	⑧
	8	⑥	9	②										
2	10	⑦	11	④	12	②	13	⑧	14	④	15	1	16	5
	17	5	18	1	19	1	20	3	21	②				
3	22	⑦	23	④	24	⑥	25	③	26	⑥	27	①	28	⑥

【講評】

1　2 小球の直衝突

問 2 の計算をミスなく処理できれば，問 4 までは正答できる。問 5 は誘導に乗れなければトバす。

2　気体分子運動論

気体分子運動論と 2 乗平均速度に習熟していれば難しくない。

3　電気振動

問 3 までは落とせない。問 4 以降は，コイルに流れる電流が最大もしくは最小のときにコイルの電圧がゼロであることに気付けるかどうかで大きく差が付く。

【総評】

昨年に比べてやや難化。例年通り，試験時間内の完答は困難である。正規合格ラインは，［Ⅰ］5 割，［Ⅱ］8 割，［Ⅲ］5 割の「合計 6 割」程度と思われる。1 次通過ラインは「合計 5 割」程度か。

$\boxed{1}$

問 1 (1) $m_{\mathrm{A}} - em_{\mathrm{B}}v.$

(2) $v - (-ev) = (1+e)v.$

問 2

運動量保存則より

$$(m_{\mathrm{A}} - em_{\mathrm{B}})v = m_{\mathrm{A}}v_{\mathrm{A}} + m_{\mathrm{B}}v_{\mathrm{B}}.$$

反発係数の式より

$$-e = \frac{v_{\mathrm{A}} - v_{\mathrm{B}}}{(1+e)v}.$$

2 式より

$$v_{\mathrm{A}} = \frac{m_{\mathrm{A}} - (2+e)em_{\mathrm{B}}}{m_{\mathrm{A}} + m_{\mathrm{B}}}v$$
$$v_{\mathrm{B}} = \frac{(1+e+e^2)m_{\mathrm{A}} - em_{\mathrm{B}}}{m_{\mathrm{A}} + m_{\mathrm{B}}}v.$$

問 3

求める力積を I として、小球 A に関する運動量と力積の関係より

$$m_{\mathrm{A}}v + I = m_{\mathrm{A}}v_{\mathrm{A}}$$
$$\therefore\ I = \frac{-(1+e)^2m_{\mathrm{B}}}{m_{\mathrm{A}} + m_{\mathrm{B}}}m_{\mathrm{A}}v.$$

問 4

小球 A,B の速度および反発係数が問 3 と同じであるので、この衝突後の小球 B の速度も v_{B} となる。よって $v_{\mathrm{B}} = 0$ として、

$$\frac{(1+e+e^2)m_{\mathrm{A}} - em_{\mathrm{B}}}{m_{\mathrm{A}} + m_{\mathrm{B}}}v = 0$$
$$\therefore\ m_{\mathrm{B}} = \left(\frac{1}{e} + 1 + e\right)m_{\mathrm{A}}.$$

問 5

小球 A の力学的エネルギー保存則が最大となるのは、A と B の衝突後に小球 B の運動エネルギーが 0 となる時である。このとき、問 4 の関係が成り立ち、$e = 1$ であることを考慮すると、

$$m_{\mathrm{B}} = \left(\frac{1}{1} + 1 + 1\right)m_{\mathrm{A}}$$
$$\therefore m_{\mathrm{B}} = 3m_{\mathrm{A}}$$

この式と $m_{\mathrm{A}} + m_{\mathrm{B}} = M$ より m_{B} を消去すると、

$$m_{\mathrm{A}} = \frac{1}{4}M,\ m_{\mathrm{B}} = \frac{3}{4}M.$$

この時の A の力学的エネルギー E は衝突前の A,B の力学的エネルギーの和に等しいので、

$$E = \frac{1}{2}m_{\mathrm{A}}v^2 + \frac{1}{2}m_{\mathrm{B}}v^2$$
$$= \frac{1}{2}Mv^2$$

初めの高さを h とし、跳ね返った後の A の高さを H とすると、力学的エネルギー保存則より、

$$m_{\mathrm{A}}gh = \frac{1}{2}m_{\mathrm{A}}v^2$$
$$\frac{1}{2}Mv^2 = \frac{1}{2}m_{\mathrm{A}}H$$

が成り立つ。2 式より v を消去して H と h の関係を求めると、

$$H = 4h.$$

$\boxed{2}$

問 1 (1) 運動量変化と力積 $\left(-mv_x\right)-mv_x=I_x \iff I_x=-2mv_x$

(2) $\Delta t=\dfrac{2L}{v_x}$

(3) $\overline{f}=2mv_x\times\dfrac{1}{\Delta t}=\dfrac{m}{L}v_x^2$

(4) $F=\sum_{i=1}^{N}\overline{f_i}=\dfrac{m}{L}\sum_{i=1}^{N}v_{ix}^2=\dfrac{m}{L}N\times\overline{v_x^2}=\dfrac{m}{L}N\dfrac{\overline{v^2}}{3}$

問 2 気体の温度が一定ゆえ，気体分子の平均運動エネルギーは変わらない。

問 3 $\dfrac{U}{V}=\dfrac{\frac{3}{2}nRT}{V}=\dfrac{\frac{3}{2}PV}{V}=\dfrac{3}{2}P$

問 4 二乗平均速度を v，気体の分子量を M とおくと $v=\sqrt{\dfrac{3RT}{M}}$

問 5 与えられたポアソンの式より $T_0V_0^{\gamma-1}=TV^{\gamma-1}$ $\therefore \dfrac{T}{T_0}=\left(\dfrac{V_0}{V}\right)^{\gamma-1}$

二乗平均速度は $\sqrt{T}$ に比例するので，$\sqrt{\left(\dfrac{V_0}{V}\right)^{\gamma-1}}$ 倍になる。

3

問１　十分時間が経過すると

$$I = 0$$

となるので，C_1 の電圧は E となる。よって，このときの電荷は

$$Q_1 = 2C \times E = 2CE$$

問２　C_1，C_2 の電気容量は等しいので，電荷は等しく

$$Q_2 = \frac{1}{2}Q_1 = CE$$

問３　S_2 を開き，S_1 を閉じた後の C_1 の電荷は

$$Q_3 = 2CE$$

なので，この後，S_2 を閉じると，キルヒホッフの第二法則より，C_1とC_2 の電圧は等しく V_1 となり，電荷保存則より

$$Q_2 + Q_3 = (2C + 2C)V_1$$

よって，C_2 の電荷は

$$Q_4 = 2CV_1 = \frac{3}{2}CE$$

問４(1)　$t = \frac{T}{4}$ のとき，コイルの電圧は 0 となることに注意して，電荷保存則とキルヒホッフの第二法則より C_2，C_3 の電荷はそれぞれ

$$Q_5 = CE \quad , \quad Q_6 = \frac{1}{2}CE$$

となるので，このときのエネルギーは

$$E = \frac{1}{2}LI_{\mathrm{max}}^2 + \frac{Q_5^2}{2 \cdot 2C} + \frac{Q_6^2}{2C} = \frac{1}{2}LI_{\mathrm{max}}^2 + \frac{3}{8}CE^2$$

(2)　$t = 0$ のときの C_2 のエネルギーは

$$E_0 = \frac{\left(\frac{3}{2}CE\right)^2}{2 \cdot 2C} = \frac{9}{16}CE^2$$

であり，これと(1)が等しい。

(3)　コンデンサーの電荷が最大・最小になるとき，回路に電流は流れていないので，このとき，コイルのエネルギーは 0 となる。

このことに注意して，エネルギー保存則と電荷保存則より最大値と最小値を求める。

(4)　$t = 0$ のとき，C_3 の電荷は 0 なので，

$$V_3(0) = 0$$

これ以降は最初 $V_3(t)$ は正になる。（→① or ⑥）

ここで(3)より，C_3 の上側極板は常に 0 以上なので，⑥