2022年度私大医学部入試
解答速報(解説付き)

昭和大学(医・I期)【物理】

解答速報 実施大学

◆杏林(医)
◆東北医科薬科
◆関西医科(前期)
◆近畿(医/前期)
◆昭和(医/Ⅰ期)
◆東京医科
◆埼玉医科(前期)
◆東京慈恵会医科
◆大阪医科薬科(前期)
◇埼玉医科(後期)
◇日本医科(後期)
◇昭和医科(II期)

【全体講評】

例年２題は難易度の高い問題が出題されていたが，今年度はどの問題も容易な問題となった。学習環境におけるコロナの影響を考え，特に現役の受験生に不利にならないように配慮したためであろうか？例年に合わせて，難易度の高い問題に対応する学力を付けてきた学生は容易に解答できたと思われる。合格最低点は大幅に上がったと推測される。

【各問講評】

$\boxed{1}$（力学）**人工衛星の運動**

人工衛星の運動に関する典型的な問題である。楕円軌道に関する知識があると，(4)と(5)は容易に解答できるので，この部分に差が出たかもしれない。

$\boxed{2}$（熱力学）**気体の分子運動論**

球形容器内に封入された理想気体の分子運動を扱った問題で，やったことがあれば容易に解答できると思われる。

$\boxed{3}$（波動）**くさび型空気層による光の干渉**

くさび型空気層による薄膜干渉の問題。(6)以降の応用問題では理解度が試される。この現象を正しく理解していれば難しくない。

$\boxed{4}$（原子）**電子線回折像**

電子線回折像の典型的な問題。数値計算も比較的容易に近似して解答できるように配慮されている。数値のオーダー(指数部分)ミスに注意しよう。

$\boxed{1}$

(1)　万有引力を向心力とした等速円運動となる。円運動の運動方程式より，

$$m\frac{V_0}{r} = G\frac{mM}{r^2} \quad \therefore V_0 = \underline{\sqrt{\frac{GM}{r}}} \quad \cdots ①$$

(2)　$T_1 = \dfrac{2\pi r}{V_0} = \underline{2\pi\sqrt{\dfrac{r^3}{GM}}}$

(3)　面積速度一定の法則と力学的エネルギー保存則より，

$$\frac{1}{2}rV_{\mathrm{A}} = \frac{1}{2}RV_{\mathrm{B}} \ , \ \frac{1}{2}mV_{\mathrm{A}}{}^2 - G\frac{mM}{r} = \frac{1}{2}mV_{\mathrm{B}}{}^2 - G\frac{mM}{R}$$

この 2 式より，$V_{\mathrm{A}} = \underline{\sqrt{\dfrac{2GMR}{r(R+r)}}}$ ，$V_{\mathrm{B}} = \underline{\sqrt{\dfrac{2GMr}{R(R+r)}}}$

(4)　楕円軌道の長軸半径(半長軸)をa，短軸半径(半短軸)をb，近地点距離(地球に最も近づいたときの距離)をr_1，遠地点距離(地球から最も離れたときの距離)をr_2とすると，一般に，

$$a = \frac{r_1 + r_2}{2}, \quad b = \sqrt{r_1 r_2}$$

であり，楕円軌道の周期Tは半径aの円軌道を周回する人工衛星の周期に一致し，

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{a^3}{GM}}$$

となる。この点は記憶しておくと良い。

半短軸$b = \underline{\sqrt{rR}}$

(5)　$a = \dfrac{r+R}{2}$ より，$T_2 = 2\pi\sqrt{\dfrac{a^3}{GM}} = \underline{\pi\sqrt{\dfrac{(r+R)^3}{2GM}}}$

(6)　①で$r \to R$として，$V_{\mathrm{C}} = \underline{\sqrt{\dfrac{GM}{R}}}$

必要なエネルギー$\mathit{\Delta} E = \dfrac{1}{2}mV_{\mathrm{C}}{}^2 - \dfrac{1}{2}mV_{\mathrm{B}}{}^2 = \underline{\dfrac{GmM(R-r)}{2R(R+r)}}$

$\boxed{2}$

(1)　作用反作用の法則より，気体分子が壁に与える力積の大きさIは気体分子が壁から受ける力積の大きさに等しく，気体分子が壁から受ける力積の大きさは気体分子の運動量変化(OB 方向成分)に等しいので,

$$I = \left|-mv\cos\theta - mv\cos\theta\right| = \underline{2mv\cos\theta}$$

(2)　進む距離$L = \underline{2r\cos\theta}$

(3)　時間$\Delta t = \dfrac{L}{v}$毎に壁と衝突を繰り返すので，時間tの間に$\dfrac{t}{\Delta t} = \dfrac{v}{L}t = \dfrac{v}{2r\cos\theta}t$回衝突する。一つの気体分子がこの間に与える力積は,

$$2mv\cos\theta \cdot \frac{v}{2r\cos\theta}t = \frac{mv^2}{r}t$$

nN_A個の気体分子全体が与える力積はv^2を$\overline{v^2}$として，$\underline{\dfrac{nN_\mathrm{A}m\overline{v^2}}{r}t}$

(4)　単位時間あたりに与えた力積が平均の力Fとなり，単位面積あたりの平均の力が圧力pとなる。したがって,

$$F = \frac{nN_\mathrm{A}m\overline{v^2}}{r} \quad \therefore p = \frac{F}{4\pi r^2} = \underline{\frac{nN_\mathrm{A}m\overline{v^2}}{4\pi r^3}}\left(= \frac{nN_\mathrm{A}m\overline{v^2}}{3V}\right) \quad \cdots \text{①}$$

(5)　理想気体の状態より，$pV = nRT$

①の関係式を用いると，$\dfrac{nN_\mathrm{A}m\overline{v^2}}{3} = nRT \quad \therefore \dfrac{1}{2}m\overline{v^2} = \underline{\dfrac{3RT}{2N_\mathrm{A}}}$

3

(1)　頂点 O から x 離れた空気層の厚さ(平板ガラス A と平板ガラス B の隙間の距離)を d とすると，光の経路差 ΔL は $2d$ となる。ここで，

$$\frac{d}{x} = \frac{D}{L} \quad \therefore d = \frac{D}{L}x \quad \therefore \Delta L = 2d = \underline{\frac{2D}{L}x}$$

(2)　平板ガラス A の下端で反射は自由端反射，平板ガラス B の反射は固定端反射より，干渉して明線ができる条件は，

$$\underline{\frac{2D}{L}x = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda} \quad \cdots \text{①}$$

(3)　①より明線の位置は，$x = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda L}{2D}$ ($= x_m$ とおく)　∴ 明線間隔 $\delta = x_{m+1} - x_m = \underline{\frac{\lambda L}{2D}}$　$\cdots$ ②

(4)　<u>(3)の結果より，明線間隔は光の波長に比例する。赤色の光は青色の光より波長が長いので，明線間隔は広くなる。</u>

(5)　②より，$D = \frac{\lambda L}{2\delta} = \frac{\left(660 \times 10^{-9}\right) \times \left(10 \times 10^{-2}\right)}{2 \times \left(1.0 \times 10^{-3}\right)} = \underline{3.3 \times 10^{-5}}$ m

(6)　液体の屈折率を n とすると，液体を入れたときの明線間隔 δ' は，②で $\lambda \to \frac{\lambda}{n}$ として，

$$\delta' = \frac{\lambda L}{2nD} = \frac{\delta}{n} \quad \therefore n = \frac{\delta}{\delta'} = \frac{1.0}{0.67} \fallingdotseq \underline{1.5}$$

(7)　平板ガラス B を距離 Δy 動かしたときの，頂点 O からの位置 x の経路差は $2(d + \Delta y)$ となるので，干渉して明るくなる条件は，

$$2\left(d + \Delta y\right) = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad \therefore d = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{2} - \Delta y$$

ここで，$d = \frac{D}{L}x$ の関係を用いると，$x = \left(m + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda L}{D} - \frac{L\Delta y}{D}$ ($= x'_m$ とおく)　$\cdots$ ③

これより，明線間隔($x'_{m+1} - x_m = \delta$)は<u>変化しない</u>。

(8)　③より，$\frac{L\Delta y}{D} = \Delta x \quad \therefore \Delta y = \underline{\frac{D}{L}\Delta x}$

$\boxed{4}$

(1)　経路差 $\Delta L = \underline{2d\sin\theta}$

(2)　ブラッグの条件式より，$\underline{2d\sin\theta = n\lambda}$　… ①

(3)　電子の質量を $m\,(=9.11\times10^{3}\,\mathrm{kg})$，電気素量を $e\,(=1.6\times10^{-19}\,\mathrm{C})$，加速電圧を $V\,(=11.4\times10^{2}\,\mathrm{V})$，加速後の電子の速さを $v\,[\mathrm{m/s}]$ とすると，エネルギー保存則より，

$$\frac{1}{2}mv^2 = eV \qquad \therefore v = \sqrt{\frac{2eV}{m}} = \sqrt{\frac{2\times\left(1.60\times10^{-19}\right)\times\left(11.4\times10^{2}\right)}{9.11\times10^{-31}}} \fallingdotseq \underline{2.00\times10^{7}}\ \ \mathrm{m/s}$$

プランク定数を $h\,(=6.63\times10^{-34}\,\mathrm{J\cdot s})$ とすると，電子の波長 $\lambda\,[\mathrm{m}]$ は，

$$\lambda = \frac{h}{mv} = 3.638\cdots\times10^{-11} \fallingdotseq \underline{3.64\times10^{-11}}\ \ \mathrm{m}$$

(注) 文字式で表すと，$\lambda = \dfrac{h}{\sqrt{2meV}}$

(4)　①より，$\sin\theta = n\dfrac{\lambda}{2d} = \dfrac{3.638\times10^{-11}}{2\times\left(1.80\times10^{-10}\right)}n \fallingdotseq 0.1010\times n$

$\sin 50^\circ = 0.766$ より，条件を満たす θ_1 は $n=8$ の場合となる。よって，$\sin\theta_1 \fallingdotseq \underline{0.808}$