2022年度私大医学部入試
解答速報（解説付き）

埼玉医科大学(後期)【物理】

解答速報 実施大学

◆杏林(医)
◆東北医科薬科(医)
◆関西医科(前期)
◆近畿(医/前期)
◆日本医科(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(医/前期)
◇埼玉医科(後期)
◇日本医科(後期)
◇昭和医科(II期)

【全体講評】

前期試験と同様，後期試験も例年より易しくなった。$\boxed{1}$は共通テストを意識した問題になっている。$\boxed{2}$，$\boxed{3}$はともに代表的な問題で確実に解答して行きたい。制限時間内でどれだけ正確に解答して行けるかが鍵となる。

【各問講評】

$\boxed{1}$（力学）**自由落下の実験と最小二乗法**

共通テストの実験考察をテーマとした問題に準拠した出題となっている。観測している物理量間の関係を調べために行う方法の一つである最小二乗法に関する問題。背景となっている事項を知らなくとも，問題に従っていくと解答は得られる。$f(a)$ が最小となる a の値は，「$f'(a)=0$ または 2 次関数の軸となる a の値」となる。解答に必要な数値の計算は表 2 に与えられているので，数値計算も容易である。縦軸 y が落下距離 h_i，横軸 x が落下時間の 2 乗 t_i^2 をプロットしている点が分かれば，$y=ax$ の関係式より，傾き a が $\frac{1}{2}g$ を示すことも容易に推定できたと思われる。

$\boxed{2}$（熱力学）**熱サイクル**

熱サイクルの基本的な問題である。直線的な変化を行う熱機関 Z では，B から C の変化の途中で温度最大となる。温度が最大となるのは，「直線 BC の p 軸の切片 $3p_0$ と V 軸の切片 $3V_0$ の中点」で，この点は記憶している受験生が多いと思われる。吸収した熱量 Q の変化を求める計算は大変だが，正解を選ぶ際には必要としない。

$\boxed{3}$（電磁気）**磁場のある領域内のレール上を運動する導体棒に生じる起電力と回路**

磁場が掛けられた斜面上に設置されたレール上を運動する導体棒に生じる起電力と，レールに取り付けられた回路(素子や電池)との関係で決まる電流による力を受ける運動を考察させる代表的な問題である。後半のコイルが取り付けられた場合に生じる単振動に関しては，やったことがあるかどうかで差が出た部分と思われる。

$\boxed{1}$　1－③　2－③，⑤　3－③　4－⑧　5－④　6－⑦　7－　8－

〔1〕

問 1　1－③

横軸は表 1 の数値から「(落下時間)^2〔s^2〕」，縦軸は「落下距離〔m〕」である。

問 2　2－③，⑤

「初速 0 」で「加速度 α が一定」の等加速度運動の場合，移動距離 d と時間 t の関係は，

$$d = \frac{1}{2}at^2$$

と表せ，d と t^2 が比例する。この結果，d を縦軸 y，t^2 を横軸 x としてグラフを描くと，傾きを a

$$y = ax \quad \cdots \ (1)$$

となる。

〔2〕

問 3　3－③　4－⑧　5－④

(1)より，展開して整理すると，

$$f(a) = \left(x_1{}^2 + x_2{}^2 + \cdots + x_{10}{}^2\right)a^2 + \left\{-2(x_1y_1 + x_2y_2 + \cdots + x_{10}y_{10})\right\}a + \left(y_1{}^2 + y_2{}^2 + \cdots + y_{10}{}^2\right)$$

問 4　6－⑦

a に関して上に凸の 2 次関数である $f(a)$ が最小となるのは，「$f(a)$ の a に関する微分 $f'(a) = 0$」(または 2 次関数の軸となる a の値)より，

$$f'(a) = \left(x_1{}^2 + x_2{}^2 + \cdots + x_{10}{}^2\right)a - 2\left(x_1y_1 + x_2y_2 + \cdots + x_{10}y_{10}\right) = 0 \qquad \therefore a = \frac{2\left(x_1y_1 + x_2y_2 + \cdots + x_{10}y_{10}\right)}{x_1{}^2 + x_2{}^2 + \cdots + x_{10}{}^2}$$

ここで，「$x_i = t_i{}^2$，$y_i = h_i$」より，表 2 を用いると，

$$a = \frac{2\left(t_1{}^2h_1 + t_2{}^2h_2 + \cdots + t_{10}{}^2h_{10}\right)}{t_1{}^2 + t_2{}^2 + \cdots + t_{10}{}^2} = \frac{0.5835}{0.1190} \fallingdotseq 4.90$$

問 5　7－②　8－⑥

自由落下の場合，落下距離(移動距離) $h = \dfrac{1}{2}gt^2$ より，グラフの傾き a と g 間の関係は，$a = \dfrac{1}{2}g$

この関係より，$g = 2a = 9.80\ \mathrm{m/s^2}$

$\boxed{2}$　9−⑧　10−⑦　11−②　12−①　13−⑥　14−⑥　15−③　16−③　17−①

〔1〕

問1　9−⑧　10−⑦

状態Aの温度をT_0，状態Bの温度をT_1とすると，ボイル・シャルルの法則より，

$$\frac{p_0V_0}{T_0}=\frac{2p_0V_0}{T_1}\quad \therefore T_1=2\times T_0$$

圧力p，体積Vの状態での単原子分子理想気体の内部エネルギーUは，

$$U=\frac{3}{2}pV$$

と表すことができる。これを用いると，外部から吸収した熱量Q_{AB}は，

$$Q_{\mathrm{AB}}=\frac{3}{2}\left(2p_0\right)V_0-\frac{3}{2}p_0V_0=\frac{3}{2}\times p_0V_0\ \text{〔J〕}$$

〔2〕

問2　11−②

状態Bと状態Cの温度は等しいので，内部エネルギーの変化$\Delta U=0$より，熱力学第1法則から，

$$Q=W$$

熱機関X，Zにおいて，BからCでの仕事Wは正$(W>0)$より，Qも正$(Q>0)$となる。

問3　12−①

内部エネルギーの変化ΔU_{CA}と気体が外部にした仕事W_{CA}は，

$$\Delta U_{\mathrm{CA}}=\frac{3}{2}p_0V_0-\frac{3}{2}\left(2p_0\right)V_0=-\frac{3}{2}p_0V_0\ \text{〔J〕},\quad W_{\mathrm{CA}}=p_0(V_0-2V_0)=-p_0V_0=-1\times p_0V_0\ \text{〔J〕}$$

気体が外部から吸収した熱量Q_{CA}は熱力学第1法則より，

$$Q_{\mathrm{CA}}=\Delta U_{\mathrm{CA}}+W_{\mathrm{CA}}=-\frac{5}{2}p_0V_0=-\frac{5}{2}\times p_0V_0\ \text{〔J〕}$$

〔3〕

問4　13−⑥

与えられた関係式より，$2p_0{V_0}^{\frac{5}{3}}=p_0{V_{\mathrm{Y}}}^{\frac{5}{3}}\quad \therefore V_{\mathrm{Y}}=2^{\frac{3}{5}}V_0=\sqrt[5]{8}V_0$

問5　14−⑧

気体が外部にした仕事をW_{BD}，内部エネルギーの変化をΔU_{BD}とすると熱力学第1法則より，

$$0=\Delta U_{\mathrm{BD}}+W_{\mathrm{BD}}\quad \therefore W_{\mathrm{BD}}=-\Delta U_{\mathrm{BD}}=-\left(\frac{3}{2}p_0aV_0-\frac{3}{2}\cdot 2p_0\cdot V_0\right)=\frac{3}{2}\left(2-a\right)\times p_0V_0$$

問 6　15－③

D から A で気体が外部にした仕事 W_{DA} は，

$$W_{\mathrm{DA}} = p_0\left(V_0 - aV_0\right) = -\left(a-1\right)p_0V_0$$

熱機関 Y が 1 サイクルで外部にした仕事 W_{NET} は，

$$W_{\mathrm{NET}} = W_{\mathrm{BC}} + W_{\mathrm{CD}} = \frac{8-5a}{2}p_0V_0$$

したがって，熱効率 e は，

$$e = \frac{W_{\mathrm{NET}}}{Q_{\mathrm{AB}}} = \frac{8-5a}{3}$$

（注）次のように導出することもできる。

D から A で気体が吸収した熱量 Q_{DA} は，

$$Q_{\mathrm{DA}} = \Delta U_{\mathrm{DA}} + W_{\mathrm{DA}} = \frac{3}{2}p_0\left(V_0 - aV_0\right) + p_0\left(V_0 - aV_0\right) = \frac{5}{2}p_0\left(V_0 - aV_0\right) = -\frac{5}{2}\left(a-1\right)p_0V_0$$

$$\therefore\ \text{熱効率}\,e = 1 - \frac{|\,Q_{\mathrm{DA}}\,|}{Q_{\mathrm{AB}}} = 1 - \frac{\frac{5}{2}\left(a-1\right)p_0V_0}{\frac{3}{2}p_0V_0} = 1 - \frac{5\left(a-1\right)}{3} = \frac{8-5a}{3}$$

問 7　16－⑧

熱機関 Z の B から C 変化の途中で温度最大となる。温度最大となるのは，直線 BC の p 軸の切片 $3p_0$ と V 軸の切片 $3V_0$ の中点となる。この温度を T_3 とすると，ボイル・シャルルの法則より，

$$\frac{p_0V_0}{T_0} = \frac{\frac{3}{2}p_0 \cdot \frac{3}{2}V_0}{T_3} \qquad \therefore T_3 = \frac{9}{4} \times T_0$$

問 8　17－①

内部エネルギーの変化 ΔU は，気体定数を R，温度変化を ΔT とすると $\Delta U = \dfrac{3}{2}R\Delta T$ より，温度変化 ΔT を考えると，グラフは「ア」であり，気体が外部にした仕事 W は $p-V$ グラフの面積の増加を考えると，「ウ」となる。この 2 点から正解は①と分かる。

（注）気体が外部から吸収した熱量 Q

Q は体積 $\dfrac{9}{5}V_0$ まで上昇し，その後，放熱して減少し体積 $2V_0$ で $\dfrac{3}{2}p_0V_0$ になる。

$\boxed{3}$　18－⑦　19－④　20－③　21－⑨　22－①　23－③　24－③　25－②　26－⑥　27－⑥

〔1〕

問1　18－⑦

導体棒 pq を流れる電流が磁場から受ける力の斜面方向成分が重力の斜面方向成分より小さいとき，下降するので，

$$\frac{E}{R}Bl\cos\theta < mg\sin\theta \quad \therefore R > \frac{EBl}{mg\tan\theta}$$

問2　19－④

レンツの法則より，導体棒 pq に生じる起電力は，電流を増加する方向である電池と同じ向きに生じる。このとき，速度の磁場に対して垂直な成分 $v\cos\theta$ を用いて起電力 V は，

$$V = (v\cos\theta)Bl = vlB\cos\theta$$

問3　20－③　21－⑨

速さが一定になったときの電流を I とすると，斜面方向の力のつり合いより，

$$0 = mg\sin\theta - IBl\cos\theta \quad \therefore I = \frac{mg\tan\theta}{Bl}$$

可変抵抗が消費する電力 P_{R} は，

$$P_R = RI^2 = R\left(\frac{mg}{Bl}\tan\theta\right)^2$$

電池が供給する電力 P_E はエネルギー保存則より，

$$P_E + mgv\sin\theta = RI^2 \quad \therefore P_E = R\left(\frac{mg}{Bl}\tan\theta\right)^2 - mgv\sin\theta$$

〔2〕

問4　22－①　23－③

自己誘導によりコイルに生じる誘導起電力 V_L は，$V_L = -L\dfrac{\Delta I}{\Delta t}$

回路の方程式(電圧の関係式) より，$vBl\cos\theta + \left(-L\dfrac{\Delta I}{\Delta t}\right) = 0 \quad \therefore \dfrac{\Delta I}{\Delta t} = \dfrac{Bl\cos\theta}{L}v$

ここで，$v = \dfrac{\Delta x}{\Delta t}$ を用いると，$\dfrac{\Delta I}{\Delta x} = \dfrac{Bl}{L}\cos\theta$

問 5　24－③

$\dfrac{Bl}{L}\cos\theta =$ 一定より，$I = \dfrac{Bl\cos\theta}{L}x$

問 6　25－②

斜面方向で運動方程式は，$ma = mg\sin\theta - IBl\cos\theta$

$I = \dfrac{Bl\cos\theta}{L}x$ を用いると，$ma = mg\sin\theta - \dfrac{\left(Bl\cos\theta\right)^2}{L}x$　… (1)

問 7　26－⑥　27－⑥

(1)より，$a = -\dfrac{\left(Bl\cos\theta\right)^2}{mL}\left\{x - \dfrac{mgL\sin\theta}{\left(Bl\cos\theta\right)^2}\right\}$

これより，角振動数 $\omega = \dfrac{Bl\cos\theta}{\sqrt{mL}}$，振動中心 $x = \dfrac{mgL\sin\theta}{\left(Bl\cos\theta\right)^2}$，初期条件から振幅 $A = \dfrac{mgL\sin\theta}{\left(BL\cos\theta\right)^2}$ の単振動となる。したがって，振動数 f は,

$f = \dfrac{\omega}{2\pi} = \dfrac{Bl\cos\theta}{2\pi\sqrt{mL}}$

動く範囲は,

$-A \leqq x - \dfrac{mgL\sin\theta}{\left(Bl\cos\theta\right)^2} \leqq A \quad \therefore 0 \leqq x \leqq \dfrac{2mgL\sin\theta}{\left(Bl\cos\theta\right)^2}$