2022年度私大医学部入試 解答速報（解説付き）

埼玉医科大学(前期)【物理】

【全体講評】

例年より，少し易しくなった。$\boxed{1}$，$\boxed{3}$は基本的な問題で，$\boxed{2}$が少し難しい。$\boxed{2}$は問題を正しく理解できたどうかが鍵となり，出来不出来の差が出た問題ではないだろうか。まず，$\boxed{1}$，$\boxed{3}$をしっかりと解答することが大切となる。

【各問講評】

$\boxed{1}$（力学）**壁との衝突を含む振り子の運動**

壁との衝突を含む糸につながれた小球の運動の基本的な問題である。問題の中心は衝突後の放物運動にある。壁に平行な鉛直方向の速度成分は変化せず，水平方向の速度成分のみが変化する点を間違わなければ，以後の計算も比較的容易である。

$\boxed{2}$（熱力学）**低温源から高温源への熱の移動**

低温源から高温源へ熱の移動を考えさせる問題である。自然には生じないが，外部から仕事をすることによって実現する。本問題は，途中に不可逆な過程を含むのでサイクルにはなっていない。サイクル(冷却サイクル)として行う代表的なものに冷蔵庫などがある。問題で考えさせているQ/Wは，サイクルであれば冷却効率となる。問題文に「単原子分子とは限らない」とあるので，理想気体の内部エネルギーは「$U=nC_VT$」を用いる点が注意点である。設問の指示に従って解答していけば比較的簡単な問題となるが，制限時間のある試験中にどれだけ問題のモデルを理解できたが鍵となる。

$\boxed{3}$（電磁気）〔1〕**電圧計の内部抵抗**〔2〕**磁場のある領域を進む導体に生じる起電力**

〔1〕電圧計の内部抵抗による抵抗値の測定誤差(相対誤差)を考えさせる基本的な問題である。

〔2〕磁場のある領域を進むコイルに生じる起電力をテーマとした代表的な問題である。起電力に関しては，「磁場内を運動する導体中の自由電子が受けるローレンツ力を考える方法」と「コイルを貫く磁束の変化から電磁誘導の法則を用いて考える方法」があるが，慣れている方法で解答すれば良い。いずれの方法も向きに注意が必要である。

$\boxed{1}$　1－①　2－⑨　3－③　4－⓪　5－②　6－⑥　7－④　8－②

〔1〕

問１　1－①

位置エネルギー $U_{\mathrm{A}} = \underline{mgL}$

問２　2－⑨

力学的エネルギー保存則より，

$$\frac{1}{2}mv_1^{\ 2} + mgL\left(1 - \cos\theta\right) = mgL \quad \therefore v_1 = \underline{\sqrt{2gL\cos\theta}} \quad \cdots \ (1)$$

問３　3－③

衝突直前の速度の方向は，円軌道の半径方向である OC に垂直で，壁に平行な鉛直方向の速度成分は衝突によって変化しないので，その成分の大きさを v_y とすると，

$$v_y = \underline{v_1 \sin\theta}$$

問４　4－⓪

衝突により壁に垂直な水平方向の速度成分は変化する。水平右向きを正とすると，衝突直前の水平方向の速度成分は $-v_1\cos\theta$，衝突直後の速度成分は $ev_1\cos\theta$ となるので，力積と運動量の関係より，小球が受けた力積の大きさ I は,

$$I = \left|mev_1\cos\theta - m\left(-v_1\cos\theta\right)\right| = \underline{\left(1+e\right)m_1 v\cos\theta}$$

問５　5－②

鉛直方向に $v_1\sin\theta$ で投げ上げられるので，求める高さを h とすると力学的エネルギー保存則より，

$$\frac{1}{2}m\left(v_1\sin\theta\right)^2 = mgh \quad \therefore h = \underline{\frac{\left(v_1\sin\theta\right)^2}{2g}}$$

問６　6－⑥

C から D に至るまでに要する時間を t_1 とすると，

$$0 = v_1\sin\theta - gt_1 \quad \therefore t_1 = \frac{v_1\sin\theta}{g}$$

求める距離を d とすると，

$$d = ev_1\cos\theta\cdot t_1 = \underline{\frac{ev_1^{\ 2}\sin\theta\cos\theta}{g}} \quad \cdots \ (2)$$

〔2〕

問７　7－④

　この場合「$\theta = 30^\circ$」となる。

(1)より，$v_1 = \sqrt{2gL\cos 30^\circ} = \sqrt{\sqrt{3}gL}$

軌道の対称性からＣを含む水平面に到達すると糸が張るので，求める時間を t_2 とすると，

$$t_2 = 2t_1 = \frac{2v_1 \sin 30^\circ}{g} = \underline{\sqrt{\frac{\sqrt{3}L}{g}}}$$

問８　8－②

(2)より，$(d =) e\dfrac{\sqrt{3}gL\sin 30^\circ \cos 30^\circ}{g} = \dfrac{3}{4}eL = \dfrac{L}{2}$　$\therefore e = \underline{\dfrac{2}{3}}$

$\boxed{2}$　9－⓪　10－⑤　11－⑤　12－④　13－⓪　14－④　15－⑥　16－②　17－③　18－④

〔1〕

理想気体の内部エネルギーUは温度のみで決まり，どのような過程でその温度に至ったかにはよらない。したがって，内部エネルギーの変化をΔU，温度変化をΔTとすると，一般に「$\Delta U = nC_V\Delta T$」となる。また，外部から流入した熱量をQ，外力が気体にした仕事をWとすると，熱力学第1法則は，

$$Q + W = nC_V\Delta T \quad \cdots \ (1)$$

と表せる。

問1　9－⓪　10－⑤　11－⑤

状態Aから状態Bの変化は断熱膨張となる。外部から流入した熱量をQ_{AB}，外力が気体にした仕事をW_{AB}，内部エネルギーの変化をΔU_{AB}とすると，

$$Q_{\mathrm{AB}} = \underline{0}_9 \qquad \Delta U_{\mathrm{AB}} = nC_V\left\{\left(T_{\mathrm{L}} - \Delta T_{\mathrm{L}}\right) - T_{\mathrm{H}}\right\} = \underline{nC_{\mathrm{V}}\left(T_{\mathrm{L}} - \Delta T_{\mathrm{L}} - T_{\mathrm{H}}\right)}_{11}$$

(1)より，$W_{\mathrm{AB}} = \Delta U_{\mathrm{AB}} = \underline{nC_{\mathrm{V}}\left(T_{\mathrm{L}} - \Delta T_{\mathrm{L}} - T_{\mathrm{H}}\right)}_{10}$

〔2〕

問2　12－④　13－⓪　14－④

状態Bから状態Cの変化は定積変化となる。この場合，低熱源から低熱源より温度の低い気体に熱が移動する不可逆な変化である。外部から流入した熱量をQ_{BC}，外力が気体にした仕事をW_{BC}，内部エネルギーの変化をΔU_{BC}とすると，

$$W_{\mathrm{BC}} = \underline{0}_{13} \qquad \Delta U_{\mathrm{BC}} = nC_V\left\{T_{\mathrm{L}} - \left(T_{\mathrm{L}} - \Delta T_{\mathrm{L}}\right)\right\} = \underline{nC_V\Delta T_{\mathrm{L}}}_{14}$$

(1)より，$Q_{\mathrm{BC}} = \Delta U_{\mathrm{BC}} = \underline{nC_V\Delta T_{\mathrm{L}}}_{12}$

〔3〕

問3　15－⑥

状態Cから状態Dの変化は断熱圧縮となる。この間に外力が気体にした仕事をW_{CD}とすると，問1と同様に考えて，

$$W_{\mathrm{CD}} = nC_V\left\{\left(T_{\mathrm{H}} + \Delta T_{\mathrm{H}}\right) - T_{\mathrm{L}}\right\} = nC_V\left(T_{\mathrm{H}} + \Delta T_{\mathrm{H}} - T_{\mathrm{L}}\right)$$

状態Dから状態Aの変化は定積変化で，高熱源より温度の高い気体から高熱源に熱が移動する不可逆な変化となる。この間に外力は気体に仕事をしないので，

$$W = W_{\mathrm{AB}} + W_{\mathrm{CD}} = \underline{nC_V\left(\Delta T_{\mathrm{H}} - \Delta T_{\mathrm{L}}\right)}$$

問 4　16－②

$Q = Q_{\mathrm{BC}} = nC_V \varDelta T_{\mathrm{L}}$ より，$\dfrac{Q}{W} = \underline{\dfrac{\varDelta T_{\mathrm{L}}}{\varDelta T_{\mathrm{H}} - \varDelta T_{\mathrm{L}}}}$

問 5　17－③

状態 A と状態 D の体積を V_1，状態 B と状態 C の体積を V_2 とすると，

$$\mathrm{A \to B}:\ T_{\mathrm{H}} V_1^{\gamma-1} = \left(T_{\mathrm{L}} - \varDelta T_{\mathrm{L}}\right) V_2^{\gamma-1} \qquad \mathrm{C \to D}:\ T_{\mathrm{L}} V_2^{\gamma-1} = \left(T_{\mathrm{H}} + \varDelta T_{\mathrm{H}}\right) V_1^{\gamma-1}$$

この関係より，辺々掛け合わせて V_1，V_2 を消去すると，

$$T_{\mathrm{H}} T_{\mathrm{L}} = \left(T_{\mathrm{L}} - \varDelta T_{\mathrm{L}}\right)\left(T_{\mathrm{H}} + \varDelta T_{\mathrm{H}}\right) \quad \therefore\ \underline{\varDelta T_{\mathrm{H}} \cdot \varDelta T_{\mathrm{L}} = T_{\mathrm{L}} \cdot \varDelta T_{\mathrm{H}} - T_{\mathrm{H}} \cdot \varDelta T_{\mathrm{L}}}$$

問 6　18－④

$\boxed{3}$ 19－⑦　20－⑦　21－⑥　22－④　23－⑦　24－⑤　25－③　26－⑧　27－⑤　28－③
29－⑨　30－①　31－⑦

〔1〕

問 1　19－⑦

$$V_{\mathrm{ab}} = \frac{3.00}{10.0+20.0} \times 20.0 = \underline{2.00}\ \ \mathrm{V}$$

問 2　20－⑦

電圧計を流れる電流は$\dfrac{V_{\mathrm{M}}}{r}$，20.0 Ω の抵抗を流れる電流は$\dfrac{V_{\mathrm{M}}}{20.0}$より，10.0 Ω の抵抗を流れる電流は$\dfrac{V_{\mathrm{M}}}{r}+\dfrac{V_{\mathrm{M}}}{20.0}$となる。電圧の関係に着目すると，

$$3.00 = 10.0 \times \left(\frac{V_{\mathrm{M}}}{r}+\frac{V_{\mathrm{M}}}{20.0}\right) + V_{\mathrm{M}} \qquad \therefore V_{\mathrm{M}} = \underline{\frac{6r}{20+3r}}\ \text{〔V〕}$$

問 3　21－⑥

条件は，$\dfrac{\left|2.00-\dfrac{6r}{20+3r}\right|}{2.00} \times 100 \leqq 1 \Leftrightarrow \dfrac{40}{20+3r} \leqq \dfrac{1}{50} \quad \therefore r \geqq \underline{660}\ \ \Omega$

〔2〕

問 4　22－④　23－⑦　24－⑤

$l < x < \dfrac{3}{2}l$：ab 部分に b→a 方向に大きさ vBl の起電力が生じるので，

d→c→b→a の向きに $I = \dfrac{vBl}{R}$

$\dfrac{1}{2}l \leqq x \leqq l$：磁場を切る導体部分が無いので，

向きはなく $I = 0$

$l < x < \dfrac{3}{2}l$：ab 部分に a→b 方向に大きさ vBl の起電力が生じ，cd 部分に c→d 方向に大きさ vBl の起電力が生じるので，

a→b→c→d の向きに $I = \dfrac{2vBl}{R}$

問 5　25－③　26－⑧　27－⑤

・$l < x < \dfrac{3}{2}l$ ：ジュール熱 $Q_1 = \dfrac{(vBl)^2}{R} \cdot \dfrac{l}{2v} = \underline{\dfrac{vB^2l^3}{2R}}$

・$\dfrac{1}{2}l \leqq x \leqq l$ ：ジュール熱 $Q_2 = \underline{0}$

・$l < x < \dfrac{3}{2}l$ ：ジュール熱 $Q_3 = \dfrac{(2vBl)^2}{R} \cdot \dfrac{l}{2v} = \underline{\dfrac{2vB^2l^3}{R}}$

問 6　28－③　29－⑨　30－①

コイル全体が磁場から受ける力は，レンツの法則より運動を妨げる方向である $-x$ 方向となる。

・$l < x < \dfrac{3}{2}l$ ：ab 部分が受ける。受ける力 $F_1 = -IBl = -\dfrac{vBl}{R} \cdot Bl = -\underline{\dfrac{vB^2l^2}{R}}$

・$\dfrac{1}{2}l \leqq x \leqq l$ ：受ける力 $F_2 = \underline{0}$

・$l < x < \dfrac{3}{2}l$ ：ab 部分と cd 部分が受ける。受ける力 $F_3 = -IBl \times 2 = -\dfrac{2vBl}{R} \cdot Bl \times 2 = -\underline{\dfrac{4vB^2l^2}{R}}$

問 7　31－⑦

磁場から受ける力とつり合う外力($+x$ 方向)を働かせる必要があるので，

$$W = \frac{vB^2l^2}{R} \cdot \frac{l}{2} + 0 + \frac{4vB^2l^2}{R} \cdot \frac{l}{2} = \frac{5}{\underline{2}} \times \frac{vB^2l^2}{R}$$