

2026 年度一般選抜（コア試験・プラス試験）

出題ポイント

物理基礎＋物理

出題の意図

「理学部コア・文学部プラス」の試験では、第1問が力学、第2問が電磁気学、第3問がそれ以外という出題が定着しています。

第1問 力学の基礎的な問題です。小球の水平方向の運動は単なる等速運動なので、鉛直方向の運動を求めることが問題の中心になります。鉛直方向の運動は、等加速度運動と板との弾性衝突を順を追って考えていけばわかりますが、その際、小球が運動する方向を正確に把握して数式で表現することが重要です。板が静止した設定の前半は多くの受験生が正解してましたが、符号などのミスのある答案も見受けられました。単に公式を使って計算するのではなく、小球がどのように運動するかをイメージし、速度の符号に注意して結果を吟味すれば誤りに気づけるはずです。板が運動する後半も、小球と板との衝突を正確に扱えば難しくはないのですが、完答した人はそれほど多くありませんでした。(i)で「弾性衝突で小球のエネルギーは不変なので(ア)が誤り」と述べた解答が見受けられましたが、鉛直上向に動いている板に落下してきた小球が衝突すれば、衝突後の速さが衝突前の速さよりも大きくなることは直感的にもわかると思います。(ア)で述べられた内容は正しく、その先に誤った推論があります。

第2問 電磁誘導の問題です。前半は磁場の時間変化による電磁誘導、後半は回路の一部が磁場中を運動するためにおこる電磁誘導を扱っています。正答率は平均で50%を下回りました。無回答、あるいは全くできていない答案が多く見受けられました。前半の(a)から(c)までは磁束の時間変化が起電力となる電磁誘導の問題でしたが、公式を暗記して解くタイプの問題ではなかったためか、正答できていない人が多く見受けられました。後半の(d)から(g)はレール上の動く導体棒の問題を解く公式が使えるため、前半より正答率は高かったです。(c)、(g)では回路のある点を通過する電荷の総量が問われています。実際に通過するのは電子であるからということで、電荷に負号をつけて答えていた答案もごく少数ありました。そのように考えた趣旨がわかるものであれば、正答として扱いました。

単なる公式の暗記に頼らずに現象をよく考えて、自然現象の理解を深めるような勉強を心がけることが大切です。

第3問 熱サイクルを題材とした熱力学の問題です。(a)理想気体の状態方程式が立式できるかを問う問題です。熱力学の入り口ともいえるべき内容であり、ほとんどの方が正解しておりました。(b)等積過程において出入りする熱の大きさを問う問題です。体積が一定ですので内部エネルギーの変化のみを考慮すれば良いことになります。この問いも基本的な内容であり、ほとんどの方が正解しておりました。(c)等圧過程における出入りする熱の大きさを問う問題です。この場合は体積が変化しますので、外部に及ぼす仕事を考慮する必要がありますが、等圧過程ですので、難しい点はありません。(d)6つの過程からなる熱サイクルをPV図に表す問題です。いくつか図についての指示を与えましたが、全ての条件を満たさない不備があるもの、例えば変化の方向を表す矢印が無いものや、各状態における体積や圧力の値が明確で無いものは減点をしました。(e)1サイクルの間に外部にする正味の仕事を問う問題です。次問の熱効率の計算に使う熱の定義に引きずられたためか、外部に正の仕事を

する過程のみを選んで仕事の和を求めた回答が散見されましたが、「正味の」仕事を問われていますので、負の仕事をする過程についても考慮する必要があります。すなわち、仕事の総和は (d) で求めた遷移図が作る図形の内部の面積ということになります。(f) 熱効率を求めるためには、(b), (c) で求めた熱の他に状態 D から E に遷移する際に加える熱を考慮する必要があります。この点を見逃していた答案が散見されました。

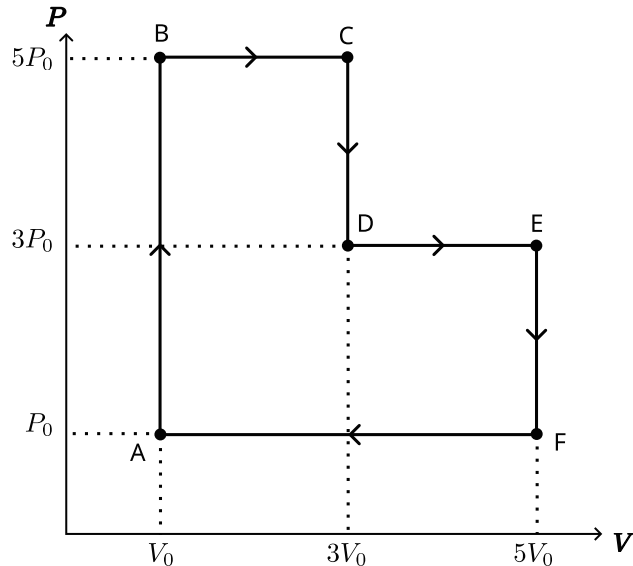
全体として、熱力学の基礎的な内容を把握していれば解ける優しい問題だったと思います。全受験者の $1/3$ 程度の方が完答を果たし、大多数の方が 40 点以上の得点を獲得しました。

解答及び解説

第 1 問 (a) 問われている時間を t_1 とおくと, $w_0 - gt_1 = -w_0$ が成り立つ. したがって, $t_1 = \frac{2w_0}{g}$. (b) $(v_1, w_1) = (v_0, -w_0)$, $(v_2, w_2) = (v_0, w_0)$. (c) 力学的エネルギーが保存することから, $\frac{(w_0)^2}{2} + gh = \frac{(w_3)^2}{2}$ が成り立つ. $w_3 = -w_4 < 0$ であることから, $w_3 = -\sqrt{(w_0)^2 + 2gh}$, $w_4 = \sqrt{(w_0)^2 + 2gh}$. (d) 力学的エネルギーが保存するので, $\frac{(w_0)^2}{2} + gh = gh_1$ が成り立つ. これから, $h_1 = h + \frac{(w_0)^2}{2g}$. (e) $(-w_0) - V = V - w_5$ より, $w_5 = 2V + w_0$. (f) 力学的エネルギーの保存より, $\frac{(w_5)^2}{2} + gh = gh_2$ が成り立つことから, $h_2 = h + \frac{(w_5)^2}{2g} = h + \frac{(2V + w_0)^2}{2g}$. (g) 力学的エネルギーが保存することから, $\frac{(w_5)^2}{2} + gh = \frac{(w_6)^2}{2}$ が成り立つ. $w_6 < 0$ なので, $w_6 = -\sqrt{(w_5)^2 + 2gh} = -\sqrt{(2V + w_0)^2 + 2gh}$. また, (e) と同様にして, $w_7 = -2V - w_6 = -2V + \sqrt{(2V + w_0)^2 + 2gh}$. (h) 力学的エネルギーの保存より, $h_3 = \frac{(w_7)^2}{2g} = \frac{(-2V + \sqrt{(2V + w_0)^2 + 2gh})^2}{2g}$. (i) (イ) は推論として誤りで, (ウ), (エ) は (イ) が真であるという仮定のもとでの推論なので意味がない.

第 2 問 (a) 回路を貫く磁束は $\Phi(t) = B_0(1 - t/t_1)L^2/2$ なので, $V_1 = -\frac{\Phi(t+\Delta t) - \Phi(t)}{\Delta t} = \frac{B_0 L^2}{2t_1}$ となる. 起電力の向きは反時計まわりとなっている. (b) 回路の抵抗は, $R_1 = \sqrt{2}Lr$ なので, $I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{B_0 L}{2\sqrt{2}rt_1}$. また, 電流の向きは反時計まわり. (c) $Q_1 = I_1 t_1 = \frac{B_0 L}{2\sqrt{2}r}$. (d) $\ell = 2(\frac{L}{\sqrt{2}} - vt)$. (e) $V_2 = B_0 \ell v = 2B_0 v(\frac{L}{\sqrt{2}} - vt)$ (f) 回路の抵抗は $R_2 = \ell r$ なので, $I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{B_0 v}{r}$. 向きは反時計まわり. (g) $vt_2 = L/\sqrt{2}$ なので, $Q_2 = I_2 t_2 = \frac{B_0 vt_2}{r} = \frac{B_0 L}{\sqrt{2}r}$.

第 3 問 (a) 理想気体の状態方程式より, $T_0 = \frac{P_0 V_0}{nR}$. (b) 状態 B の温度は $T_A = 5T_0$ となる. 状態 A の内部エネルギーは $U_A = 3nRT_0/2 = (3/2)P_0 V_0$, 状態 B の内部エネルギーは $U_B = 5U_A = (15/2)P_0 V_0$ なので, $Q_1 = U_B - U_A = 6P_0 V_0$. (c) $T_C = 15T_0$, $U_C = (45/2)P_0 V_0$, $W_{BC} = 10P_0 V_0$ より, $Q_2 = U_C - U_B + W_{BC} = 25P_0 V_0$. (d)



(e) サイクルの囲む領域の面積なので, $W = 12P_0 V_0$. (f) $U_D = (27/2)P_0 V_0$, $U_E = (45/2)P_0 V_0$, $W_{DE} = 6P_0 V_0$ なので, D→E で吸収した熱 Q_3 は, $Q_3 = U_E - U_D + W_{DE} = 15P_0 V_0$ となる. したがって, $Q_{in} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 46P_0 V_0$. これより, $e = \frac{6}{23}$.

出題の意図

「理学部プラス」の試験は高校で学んだ基礎知識をきちんと理解し、物理的思考ができているかを重視した2題の出題となっています。第1問は解答用紙を自由に使って答える記述式問題で、物理のプラス試験の一つの特徴になっています。また、第2問は計算が主体で、コア試験に比べるとやや難度の高い問題を出題しています。

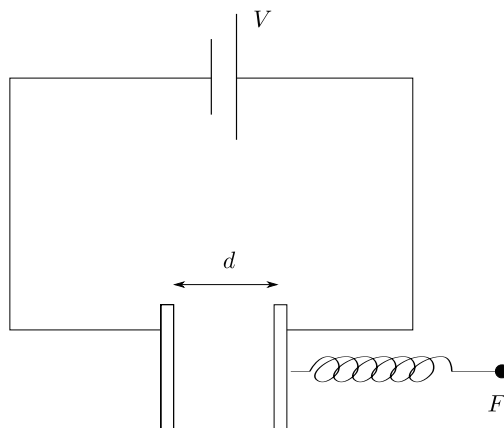
第1問 (a) は知識問題ではなく物理量の成り立ちや関係式から正解を導く問題で、実際にそのように解答している人が多くいました。(b), (c) は電圧や電流を力の測定から決定する方法を式や図を用いて答える問題です。静電引力やローレンツ力に言及している解答は多くありましたが、その力をどのように測定し得たい物理量に結びつけるかという点まで答えられている人は多くありませんでした。(d) は(b), (c) で個別に考案した電圧計と電流計を電気抵抗を測定するための回路内にどのように組み込むのか答える問題です。(b), (c) は正しく答えられていてもそれらを実現可能な形でうまく組み合わせられている人は多くありませんでした。

第2問 力学と電磁気学を組み合わせた問題です。問題の設定は、プランク定数の定義値に基づいて質量を測定するワットバランス法から素直に持ってきたものです。少し複雑な設定になっていますが、丁寧に問題文を読んで、問題の設定が理解できれば難しくはなかったはずです。力学と電磁気学を組み合わせた問題ではありますが、(a)-(c) は定滑車の問題、(d)-(g) は電流と磁場に関する問題であり、いずれも基本的な問題で計算量も多くなく例年よりも易しめでしたので、満点の人も多くいました。ワットバランス法(キップルバランス法、ワット天秤)についても、学んだことがあった人もいたかもしれません。これは、小問(g)の結果からわかるように、電流、電場、速さ、重力加速度の精密な測定により、質量の精密な測定ができるというものです。

解答及び解説

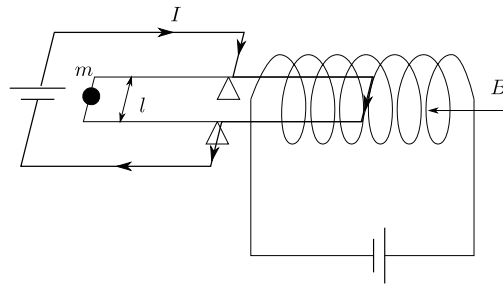
第1問 (a) $N = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$. $V = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$.

(b) 距離 d だけ離れた面積 S の2枚の極板間に電圧 V を印加した際に、極板間にはたらく力の大きさ F は、真空の誘電率を ϵ_0 とすると、 $F = \frac{\epsilon_0 S}{2d^2} V^2$ なので、 F を測定することにより、電圧 V が $V = \sqrt{\frac{2d^2 F}{\epsilon_0 S}}$ と求まる。



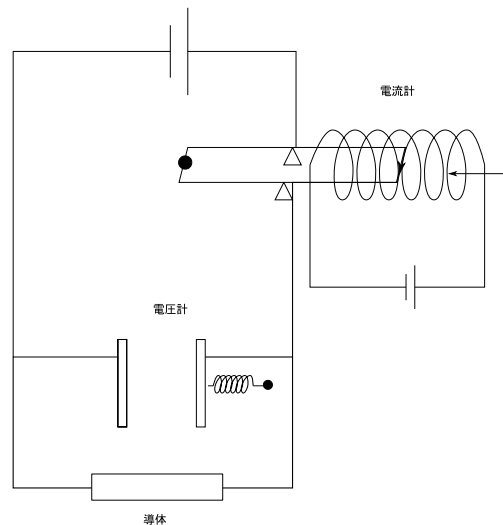
上の図のように、極板間の距離が変わらないように可動電極の方に取り付けばねばかりを引っ張り、 F を測定する。

(c)



上のような回路を構成し、回路の長さ l の部分を磁束密度の大きさが B のコイル中に置く。回路に電流 I を流すと大きさ $F = IBl$ のローレンツ力がはたらく。この力とつり合うように、支点の反対側に質量 m のおもりを置くと、 $mg = IBl$ より、 $I = \frac{mg}{Bl}$ と電流が求まる。

(d) 下の図のような装置を用いる。



電流計からは導体に流れる電流値 I 、電圧計からは導体にかかっている電圧値 V がわかるので、導体の抵抗値 R は $R = \frac{V}{I}$ と求まる。

第 2 問 (a) 糸の張力を T とする。運動方程式 $ma = T - mg$, $-(M + m)a = T - (M + m)g$ を解いて、 $a = \frac{M}{M+2m}g$. (b) 運動方程式より、 $T = \frac{2m(M+m)}{M+2m}g$. (c) $t_0 = \sqrt{2d/a} = \sqrt{\frac{(2M+4m)d}{Mg}}$. (d) $V = 2\pi nBrv$. (e) 磁場の方向が円の中心方向であり、円板に下向きの力が掛かるように電流を流すので、電流の向きは上から見て時計まわり. (f) ローレンツ力の大きさは $2\pi nBIr$ で、これが Mg と等しくなればよいから、 $I = \frac{Mg}{2\pi nBr}$. (g) $IV = Mgv$ となることから、 $M = \frac{IV}{gv}$.