

令和7年度 一般選抜個別学力検査【後期日程】「理科（物理）」出題意図・解答例（略解）

I 出題意図： 円運動や放物運動に関する力学の基本的な事項の理解を問うた。

問1 糸に平行な方向と円錐面に垂直な方向の力のつり合いより、

$$\underline{T_0 = mg\cos\theta, \quad N_0 = mg\sin\theta}$$

問2

(1) 糸の張力と垂直抗力の水平方向の成分の大きさより $\underline{F = T\sin\theta - N\cos\theta}$

(2) 糸の張力と垂直抗力の鉛直方向の成分と重力のつり合いより $\underline{N\sin\theta + T\cos\theta - mg = 0}$

(3) 円運動の半径 r は $r = L\sin\theta$ なので $\underline{a = \frac{v^2}{L\sin\theta}}$

問3

離れる直前では $N = 0$ となるため、問2より以下の2つの式

$$m \frac{v_c^2}{L\sin\theta} = T\sin\theta, \quad T\cos\theta = mg$$

が成り立つ。これらの式より $\underline{v_c = \sin\theta \sqrt{\frac{gL}{\cos\theta}}}$

問4

(1) 糸が切れた後、小球は鉛直方向に $h - L\cos\alpha$ の高さから自由落下するので、糸が切れてから小球が水平面に到達するまでの時間 t は、 $h - L\cos\alpha = \frac{1}{2}gt^2$ を満たす。

$$\text{よって } t = \sqrt{\frac{2(h - L\cos\alpha)}{g}} \text{ となる。}$$

(2) 問3より、糸が切れた後、小球は $\sin\alpha \sqrt{\frac{gL}{\cos\alpha}}$ の速さで水平方向に等速直線運動する。

問4(1)の解 $t = \sqrt{\frac{2(h - L\cos\alpha)}{g}}$ を用いると、糸が切れた瞬間の位置から小球が水平面に到達

$$\text{した点までの水平距離は } \underline{\sin\alpha \sqrt{\frac{2L(h - L\cos\alpha)}{\cos\alpha}}} \text{ となる。}$$

II 出題意図: 電気と磁気に関する基本的な理解を問うた。特にファラデーの電磁誘導の法則や電流が受ける力などの物理法則を適切に用いて物理現象を考察できるかを問うた。

問 1 時間 Δt の間に導体棒 ab は $v\Delta t$ 移動する。このとき回路の面積は $lv\Delta t$ だけ増加するから、回路を貫く磁束の増加量は $\Delta\Phi = vBl\Delta t$ である。

問 2 ファラデーの電磁誘導の法則より誘導起電力の大きさは $\left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = vBl$ である。

問 3 導体棒を流れる電流の大きさ I は $I = \frac{vBl}{R}$ である。電流が磁場から受ける力の大きさを F_I とすると、 $F_I = IBl$ であり、これは導体棒を一定の速さで動かすために必要な外力の大きさに等しい。よって必要な外力の大きさは $F_I = \frac{vB^2l^2}{R}$ である。またジュール熱は $RI^2\Delta t = \frac{v^2B^2l^2}{R}\Delta t$ である。

問 4 電子の電気量を $-e$ ($e > 0$)、導体棒を流れる自由電子の速度の導体棒と平行な方向の成分の大きさを v_e とすると、 $I = env_eS$ であるから、自由電子 1 個にはたらくローレンツ力の導体棒に垂直な方向の成分の大きさは $F = ev_eB = \frac{vB^2l}{nSR}$ である。

問 5 導体棒が静止しているとき誘導起電力は 0 であり導体棒 ab 間で等電位となるため、抵抗値 R の抵抗には電流が流れない。よって抵抗値 R の抵抗を流れる電流の大きさは 0、抵抗値 r の抵抗を流れる電流の大きさは $\frac{E}{r}$ である。

問 6 フレミングの左手の法則より、導体棒を流れる電流が磁場から受ける力の向きは図の左向きであるため、導体棒は左向きに動き始める。

問 7 導体棒が動き始めると、導体棒の速さの変化を妨げる向きに誘導起電力が生じる。したがって加速度の大きさ (u の傾き) は $t = 0$ で最も大きく、時間とともに小さくなり、やがて 0 に近づく。よって最も適当なグラフの番号は ① である。

問 8 問 7 の結果より、十分時間が経過したとき導体棒にはたらく力の大きさは 0 であり、そのとき導体棒を流れる電流の大きさは 0 である。

Ⅲ 出題意図：風船内の理想気体がしたがう法則と気体分子の運動を題材として、熱力学に関する基礎的な知識と計算力を問うた。

問 1

- (1) 気球の質量はゴンドラの質量と風船内部の気体の質量の和となり $M + \rho V$ となる。
浮力の大きさは $\rho_0 V g$ となる。

- (2) 重力と浮力が釣りあうので、 $(M + \rho V) g = \rho_0 V g$ より、 $V = \frac{M}{\rho_0 - \rho}$ となる。

- (3) 気球の質量は変わらないので

$$\rho_H V_H = \rho_0 V \text{ より、 } V_H = \frac{M + \rho V}{\rho_H} \text{ となる。}$$

- (4) ボイル・シャルルの法則、および問 1 (3) で用いた式 $\rho_H V_H = \rho_0 V$ より、

$$\frac{T_H}{T_0} = \frac{P_H V_H}{P_0 V} = \frac{P_H}{P_0} \frac{\rho_0}{\rho_H} T_0 \text{ となる。}$$

問 2

- (1) 分子の運動量の変化の大きさは $2mv \cos \theta$ となる。

- (2) 衝突する壁から壁の長さは $2r \cos \theta$ であるので、壁から壁に達するのにかかる時間は

$$\frac{2r \cos \theta}{v} \text{ となる。したがって、単位時間当たり壁に衝突する回数は } \frac{v}{2r \cos \theta} \text{ となる。}$$

- (3) 分子が 1 回の衝突で及ぼす力積の大きさは $2mv \cos \theta$ なので、

$$\text{単位時間に及ぼす力積の大きさの和は } 2mv \cos \theta \times \frac{v}{2r \cos \theta} = \frac{mv^2}{r} \text{ となる。}$$

- (4) 壁に及ぼす平均の力の大きさは、全分子が単位時間に壁に及ぼす力積の大きさの和となり、

$$F = N \frac{mv^2}{r} \text{ となる。}$$

$$\text{気体の圧力は } P = \frac{F}{4\pi r^2} = N \frac{mv^2}{4\pi r^3} \text{ となる。}$$