

令和9年度専攻科入学者選抜学力検査問題

物 理

(選 択)

【配 点】

1	40点
2	50点
3	30点
4	40点
5	40点

受験番号 _____

(注 意)

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は1ページから8ページまでである。
検査開始の合図のあとで確かめること。
3. 答えは、すべて解答用紙に記入すること。
4. 解答用紙の総得点欄および得点欄には記入しないこと。
5. 定規、コンパス、ものさし、分度器および計算機は用いないこと。

物理

物理の問題は ① ～ ⑤ からなる。

① は、設問の解答を数式や数値で解答欄に記述すること。

② は、設問の解答を数式や数値で解答欄に記述する問題と選択肢の中からもっとも適切なものを選び、記号を解答欄に書く問題となっているので注意すること。

③, ④, ⑤ は、選択肢の中からもっとも適切なものを選び、記号を解答欄に書くこと。

1 速度の二乗に比例した空気の抵抗（単位質量当たりの比例係数 k ）が働くとき、鉛直上方に初速度 v_0 で物体を投射したとする。ただし、重力加速度を g とする。次の(1)から(4)に答えなさい。

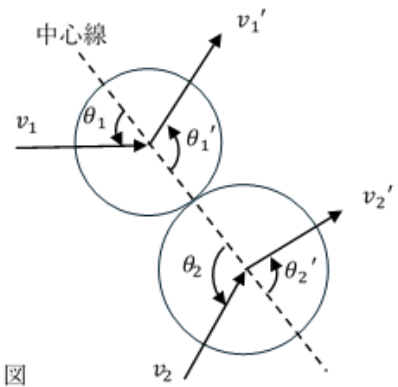
(1) 物体が到達する最高点の高さ H を k, g, v_0 を用いて表しなさい。

(2) 物体が最高点に達するまでの時間 T を k, g, v_0 を用いて表しなさい。

(3) 初速度 v_0 を限りなく大きくしたとき、(2)で求めた時間 T がどのようなようになるか求めなさい。

(4) 初速度 v_0 で鉛直上方に物体を投射し、同様に空気抵抗を受けて、再び投射点に落ちたときの物体の速さ V を k, g, v_0 を用いて表しなさい。

- 2 質量 m_1 , m_2 の二つの滑らかな球 1、球 2 が、速さ v_1 , v_2 で図のように中心線に対して角 θ_1 , θ_2 の方向から衝突する。この時、二球の反発係数を $e (< 1)$ とし、衝突後の球 1、球 2 の速さを v_1' , v_2' とし、方向を中心線に対して角 θ_1' , θ_2' とする。図は説明のためのものであり、矢印の長さや方向は下記設問や解答と一致するとは限らない。次の(1)から(5)に答えなさい。



- (1) 中心線と垂直な方向の速度成分に関して、衝突前後において球 1 に対して成り立つ式を答えなさい。
- (2) 同様に中心線と垂直な方向の速度成分に関して、衝突前後において球 2 に対して成り立つ式を答えなさい。
- (3) 中心線の方において、運動量保存則に基づく式を答えなさい。
- (4) 中心線の方において、反発の法則に基づく式を答えなさい。
- (5) 質量 $m_1 = 5 \text{ kg}$, $m_2 = 10 \text{ kg}$ 、速さ $v_1 = 20 \text{ m/s}$, $v_2 = 20 \text{ m/s}$ 、中心線に対して角 $\theta_1 = \pi/6$, $\theta_2 = 2\pi/3$ の方向から衝突した場合、反発係数 $e = 0.5$ とするとき、以下の問いに答えなさい。
- (5.1) 衝突後の $(v_1')^2$ に最も近い値はどれか。
 (ア) $0 \text{ m}^2/\text{s}^2$ (イ) $50 \text{ m}^2/\text{s}^2$ (ウ) $100 \text{ m}^2/\text{s}^2$ (エ) $150 \text{ m}^2/\text{s}^2$ (オ) $200 \text{ m}^2/\text{s}^2$
 (カ) $250 \text{ m}^2/\text{s}^2$ (キ) $300 \text{ m}^2/\text{s}^2$ (ク) $350 \text{ m}^2/\text{s}^2$ (ケ) $400 \text{ m}^2/\text{s}^2$ (コ) $450 \text{ m}^2/\text{s}^2$
- (5.2) 衝突後の $(v_2')^2$ に最も近い値はどれか。
 (ア) $0 \text{ m}^2/\text{s}^2$ (イ) $50 \text{ m}^2/\text{s}^2$ (ウ) $100 \text{ m}^2/\text{s}^2$ (エ) $150 \text{ m}^2/\text{s}^2$ (オ) $200 \text{ m}^2/\text{s}^2$
 (カ) $250 \text{ m}^2/\text{s}^2$ (キ) $300 \text{ m}^2/\text{s}^2$ (ク) $350 \text{ m}^2/\text{s}^2$ (ケ) $400 \text{ m}^2/\text{s}^2$ (コ) $450 \text{ m}^2/\text{s}^2$
- (5.3) 衝突後の $\tan\theta_1'$ に最も近い値はどれか。
 (ア) -3 (イ) -2 (ウ) -1 (エ) 0 (オ) 1
 (カ) 2 (キ) 3 (ク) 4 (ケ) 5 (コ) 6
- (5.4) 衝突後の $\tan\theta_2'$ に最も近い値はどれか。
 (ア) -3 (イ) -2 (ウ) -1 (エ) 0 (オ) 1
 (カ) 2 (キ) 3 (ク) 4 (ケ) 5 (コ) 6

3 問題文を読み、正しい選択肢を選びなさい。

(1) 両端を固定した長さ 0.50 m の弦がある。弦を伝わる波の速さを 250 m/s としたとき、この弦の固有振動数でもっとも低いものはいくらか。

- (ア) 250 Hz
- (イ) 500 Hz
- (ウ) 750 Hz
- (エ) 1000 Hz

(2) 440 Hz で振動する音叉が 2 つある。一方の音叉の腕におもりを付け、2 つの音叉を同時に鳴らすと 1 秒間に 3 回のうなりが聞こえた。おもりを付けた音叉の振動数として考えられるのはいくらか。

- (ア) 434 Hz
- (イ) 437 Hz
- (ウ) 443 Hz
- (エ) 446 Hz

(3) 図 1 のように xy 平面上の位置 (2.0, 0) に波源 S_1 が、(-2.0, 0) に波源 S_2 があり、等しい振幅で等しい速度の波長 2.0 の波を逆位相で発している。観測点 P_1 (0.75, 0), P_2 (0, 2.5), P_3 (-0.5, 0), で観測される波の最大振幅が大きいものから順に並べよ。ただし距離による減衰は考慮しない。

- (ア) $P_3 > P_2 > P_1$
- (イ) $P_2 > P_1 > P_3$
- (ウ) $P_1 > P_2 > P_3$
- (エ) $P_3 > P_1 > P_2$

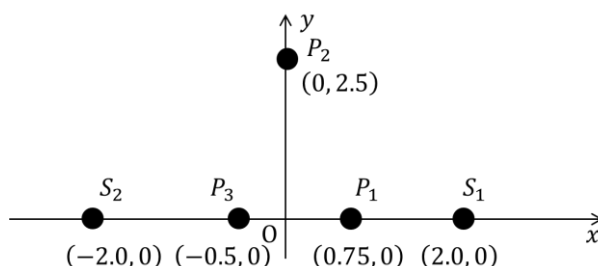


図 1. 波源と観測点

(4) 図 2 のように水中の物体 P を空気中のカメラ C_A で撮影したところ、実際より浅い位置に見えた。実際の位置関係に基づいて光の経路を図のように線で描いたとき、空気の屈折率を 1, 水の屈折率を n とすると (1) の関係式が成り立つ。また、物体 P の位置によっては水中のカメラ C_B には水面より上の位置に P の像が見える。これは水面で (2) が起きているためである。

- (ア) ① $\sin(\theta_A) = n \sin(\theta_B)$ ② 反射
- (イ) ① $\sin(\theta_A) = n \sin(\theta_B)$ ② 回折
- (ウ) ① $n \sin(\theta_A) = \sin(\theta_B)$ ② 反射
- (エ) ① $n \sin(\theta_A) = \sin(\theta_B)$ ② 回折

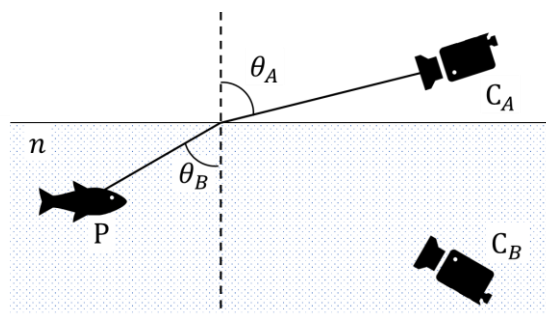


図 2. 水中の物体とカメラ

4 問題文を読み、正しい選択肢を選びなさい。

(1) 図1に示すような、内部導体の直径 $2a$ [m]、外部導体の内径 $2b$ [m]、誘電体の誘電率 ϵ [F/m]の十分に長い同軸ケーブル1 [m]当たりの静電容量はいくらか。

- (ア) $\epsilon \frac{\pi(b-a)^2}{\ln(b/a)}$ (イ) $\frac{\pi\epsilon}{\ln(b/a)}$ (ウ) $\frac{2\pi\epsilon}{\ln(b/a)}$ (エ) $\frac{\pi\epsilon}{\ln(a/b)}$ (オ) $\frac{2\pi\epsilon}{\ln(a/b)}$

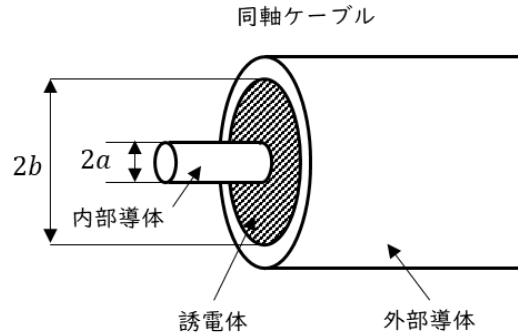


図1

(2) 図2のように静電容量が C_1 と C_2 の2つのキャパシタがあり、それぞれ、 V_1 と V_2 に充電されている。スイッチを閉じて2つのキャパシタを並列に接続したときの静電容量 C_1 の電圧はいくらか。

- (ア) $\frac{C_1V_1+C_2V_2}{C_1+C_2}$ (イ) $\frac{C_1V_1-C_2V_2}{C_1+C_2}$ (ウ) $\frac{C_1V_1+C_2V_2}{C_1-C_2}$ (エ) $\frac{C_1V_1-C_2V_2}{C_1-C_2}$ (オ) $\frac{C_1C_2(C_1V_1+C_2V_2)}{C_1+C_2}$

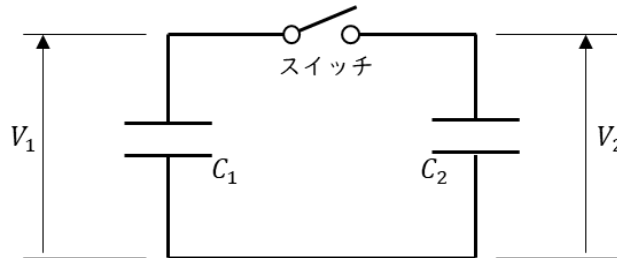


図2

(3) 前問(2)において、並列に接続されたことによって変化したエネルギー ΔW はいくらか。

- (ア) $\frac{1}{2} \frac{(C_1V_1+C_2V_2)^2}{C_1+C_2}$
 (イ) $\frac{1}{2} \frac{C_1C_2(V_1-V_2)}{C_1+C_2}$
 (ウ) $\frac{1}{2} \frac{(C_1+C_2)(V_1-V_2)}{C_1C_2}$
 (エ) $\frac{1}{2} \frac{C_1C_2(V_1+V_2)^2}{C_1+C_2}$
 (オ) $\frac{1}{2} \frac{C_1C_2(V_1-V_2)^2}{C_1+C_2}$

(4) 電極板の間隔が10 [mm]の平行平板キャパシタがある。この電極板間に厚さ7 [mm]の誘電体板（面積は電極と等しい）を挿入し、電極板の間隔を15 [mm]にしたところ、誘電体を挿入する前の静電容量と同じになった。このとき、挿入した誘電体の比誘電率はいくらか。

- (ア) 3.5 (イ) 4.0 (ウ) 4.5 (エ) 4.8 (オ) 5.5

(5) 等しい大きさの金属球 A と B がある。金属球 A は $+Q_A = +5 \times 10^{-5}$ [C]、金属球 B は負の電気量を帯びており、電気量の絶対値は $|Q_A| > |Q_B|$ の関係がある。図 3 のように 2 つの金属球 A と B をある一定の距離におき、次に両球を接触させてから、再び前の位置に向かい合わせた。接触後における金属球の間に働くクーロン力は接触前の 12.5% となっていた。球体 B が接触前に帯びていた電気量は何クーロンか。ただし、空間の誘電率は真空の誘電率 ϵ_0 と同じとして扱ってよい。

- (ア) -5.0×10^{-5} [C]
 (イ) -4.0×10^{-5} [C]
 (ウ) -3.5×10^{-5} [C]
 (エ) -3.0×10^{-5} [C]
 (オ) -2.5×10^{-5} [C]

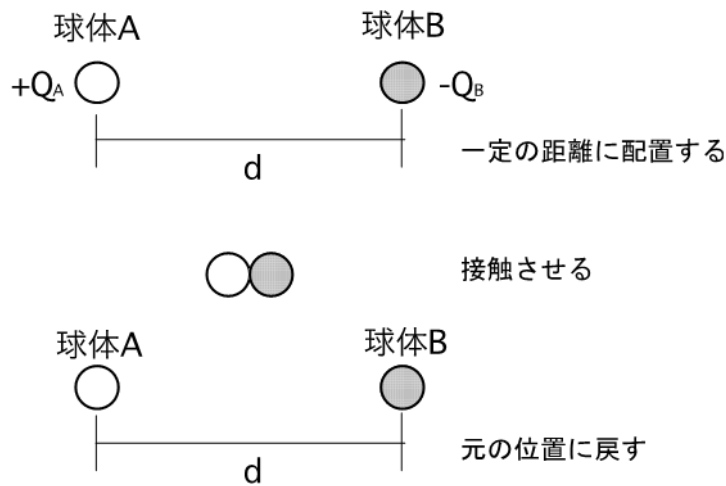


図 3

5 問題文を読み,正しい選択肢を選びなさい。

(1) シリンダー内の気体に 1.0×10^2 [J] の熱量を与えたところ,気体は 1.0×10^2 [N] の力でピストンを 2.0×10^{-1} [m] 押しながら膨張した。摩擦による損失はないものとする。

(1.1) 気体が外部にした仕事[J]はいくらか。

(ア) 2.0 [J]

(イ) 4.4 [J]

(ウ) 2.0×10 [J]

(エ) 4.4×10 [J]

(オ) 2.0×10^2 [J]

(1.2) 気体の増加した内部エネルギー[J]はいくらか。

(ア) 1.0×10 [J]

(イ) 8.0×10 [J]

(ウ) 1.0×10^2 [J]

(エ) 5.4×10^2 [J]

(オ) 8.0×10^2 [J]

(1.3) このときの熱効率[%]はいくらか。

(ア) 10 [%]

(イ) 20 [%]

(ウ) 30 [%]

(エ) 40 [%]

(オ) 50 [%]

(2) 熱容量が $5.0 \times 10^3 \text{[J/K]}$ の熱量計に 5.0[kg] の水を入れて全体の温度を $20 \text{[}^\circ\text{C]}$ にした。この熱量計に $85 \text{[}^\circ\text{C]}$ に熱した質量 5.0[kg] の金属球を入れたところ、全体の温度が $25 \text{[}^\circ\text{C]}$ になった。水の比熱は 4.2[J/(gK)] とする。

(2.1) 金属球が放出した熱量 $[\text{J}]$ はいくらか。

- (ア) 1.3×10^3 $[\text{J}]$
- (イ) 4.3×10^4 $[\text{J}]$
- (ウ) 1.3×10^4 $[\text{J}]$
- (エ) 4.3×10^5 $[\text{J}]$
- (オ) 1.3×10^5 $[\text{J}]$

(2.2) この金属の比熱 $[\text{J/(gK)}]$ はいくらか。

- (ア) 0.13 $[\text{J/(gK)}]$
- (イ) 0.23 $[\text{J/(gK)}]$
- (ウ) 0.33 $[\text{J/(gK)}]$
- (エ) 0.43 $[\text{J/(gK)}]$
- (オ) 0.53 $[\text{J/(gK)}]$