

平成 28 年度入学者選抜試験
個別学力試験問題(前期日程)

物 理

学部・学科	問 題
総合理工学部(物質科学科)	1, 2, 3, 4
総合理工学部(物質科学科を除く) 生物資源科学部	1問 1, 2問 1, 3, 4問 1

注 意

1. 志望学部・学科により、問題、解答用紙が異なるので、解答前に確認してください。
2. 問題紙は指示があるまで開いてはいけません。
3. 問題紙は 9 ページです。
4. 解答用紙は総合理工学部物質科学科受験生は 7 枚、総合理工学部(物質科学科を除く)受験生、生物資源科学部受験生は 5 枚です。指示があつてから確認し、解答用紙の所定の欄に受験番号を記入してください。
5. 総合理工学部物質科学科受験生は 1, 2, 3, 4 のすべての問題を、総合理工学部(物質科学科を除く)受験生、生物資源科学部受験生は 1 問 1, 2 問 1, 3, 4 問 1 の問題を解答してください。
6. 答えはすべて解答用紙の所定のところに記入してください。
7. 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
8. 試験終了後、問題紙は持ち帰ってください。

- 1 図のようになめらかな平面の一直線上を運動する2つの物体A, Bがある。物体A, Bの質量をそれぞれ m_A [kg], m_B [kg]とする。はじめ, 物体A, Bは右向きを正としたとき, 速度 v_A [m/s], v_B [m/s] ($v_A > v_B$)で運動している。2つの物体A, Bは衝突し, その後一体となった。以下の問いに答えよ。



【共通問題】 問1はすべての受験生が解答すること。

問1

- (1) 物体A, Bの運動量の和は衝突前後において一定に保たれる。その理由を説明せよ。
- (2) 衝突後の物体A, Bの速度 v_{AB} [m/s]を求めよ。
- (3) 衝突において, 物体Aが物体Bから受けた力積の大きさと向きを求めよ。
- (4) 衝突前および衝突後における物体A, Bの運動エネルギーの和を求めよ。これより衝突により失われた運動エネルギーを求めよ。
- (5) 失われた運動エネルギーはどうなるのか説明せよ。

【総合理工学部物質科学科用問題】

問 2 問 1 における衝突が起こった後の運動について、以下の問いに答えよ。

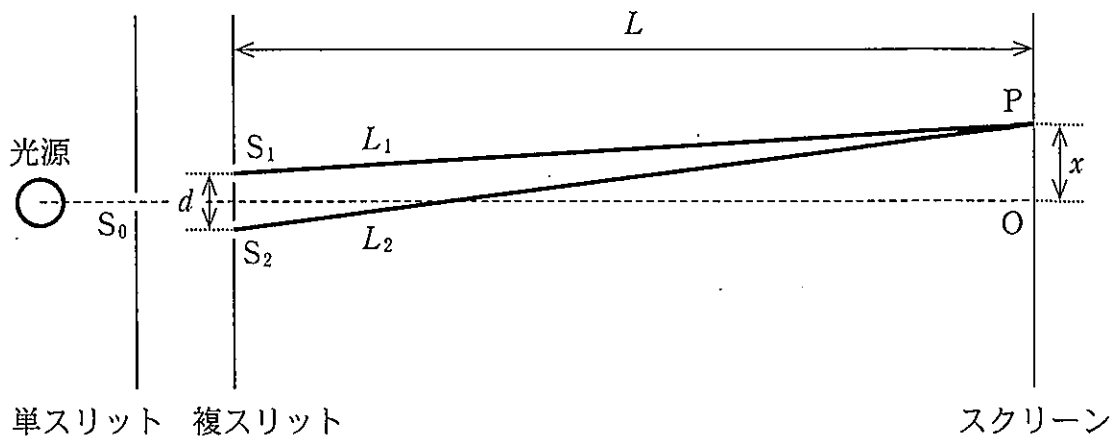
- (1) 物体 A, B が静止するためには m_A, m_B, v_A, v_B がどのような条件を満たせばよいか説明せよ。
- (2) 衝突による運動エネルギーの損失を少なくするためには, v_A, v_B をどのようにすればよいか説明せよ。

2 図に示すように光源、単スリット S_0 、複スリット S_1 、 S_2 およびスクリーンを配置した。このとき、複スリット S_1 、 S_2 は単スリット S_0 から等距離にあり、各スリットとスクリーンは互いに平行になるように配置した。また、複スリット S_1 、 S_2 のスリット間隔は d [m] で、複スリットとスクリーンの距離は L [m] であった。ここで、 L は d よりも十分大きいとする。

【共通問題】 問 1 はすべての受験生が解答すること。

問 1 光源から空気中での波長 λ [m] の単色光を単スリット S_0 に入射したところ、スクリーン上に明暗の縞模様が現れた。ここで、 L は λ よりも十分大きいとする。

- (1) 単スリットと複スリット間における光の波面の模式図を描け。ただし、単スリットと複スリットの距離は λ よりも十分大きいとする。
- (2) (1)で示した単スリットと複スリット間で生じる波の現象の名称を述べよ。
- (3) 単スリットと複スリットの中央を結んだ線上にあるスクリーン上の点を O とする。点 O にある明線から x [m] 離れたスクリーン上の点 P において次の明線が観察された。複スリット S_1 および S_2 から点 P までの直線距離 L_1 [m] および L_2 [m] をそれぞれ x 、 L 、 d を用いて表せ。
- (4) 複スリット S_1 と S_2 から点 P までの光の経路差を x 、 L 、 d を用いて表せ。ただし、 L は x よりも十分大きいとする。また導出過程も明記すること。必要であれば、絶対値が 1 より十分小さい数 a に対し成り立つ近似式 $\sqrt{1+a} \doteq 1 + \frac{a}{2}$ を用いること。
- (5) スクリーン上で明線が観察される条件を x 、 L 、 d 、 λ 、および、整数 m を用いて表せ。また導出過程も明記すること。
- (6) 複スリット S_1 、 S_2 をスリット間隔が d よりも大きい複スリットに交換した。複スリット S_1 、 S_2 を交換する前と比べて明線間隔の間隔はどのように変化したか答えよ。またその理由も記述せよ。



【総合理工学部物質科学科用問題】

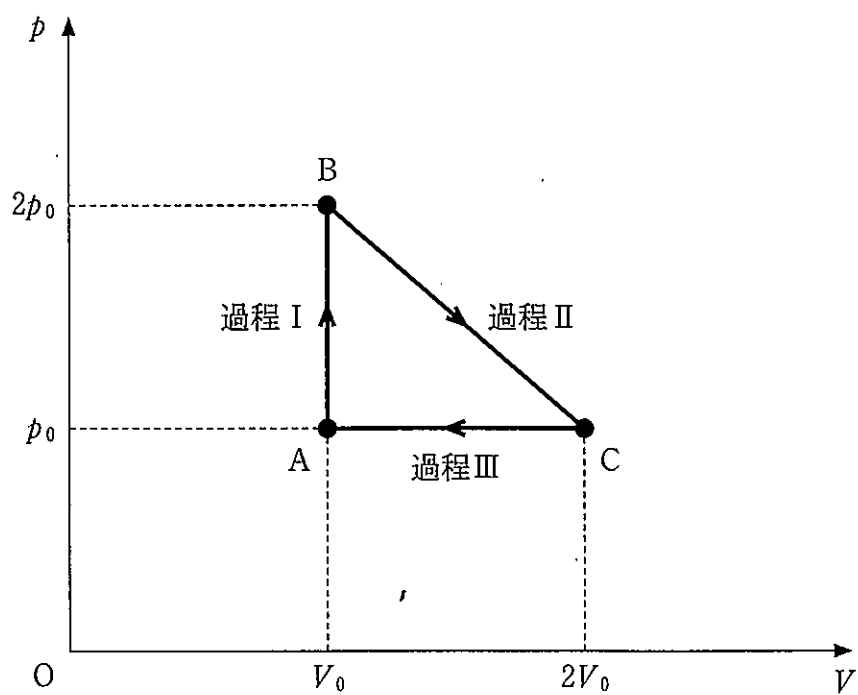
問 2 図の単スリットに波長 λ の光の代わりに白色光を入射した。そのとき、点 P 近傍において様々な色が観察された。

- (1) 様々な色が現れる理由を述べよ。
- (2) 点 O に近い側に現れる色を答えよ。またその理由も記述せよ。

【共通問題】 この問題はすべての受験生が解答すること。

3 なめらかに動くピストンを持つ容器に n [mol] の理想気体を圧力 p_0 [Pa]、体積 V_0 [m³]、温度 T_0 [K] で封入した(状態 A)。その後、次ページの p - V 図で示すように過程 I (A→B)、過程 II (B→C)、過程 III (C→A) と気体の状態を変化させた。この理想気体の定積モル比熱は C_V [J/(mol·K)]、定圧モル比熱は C_p [J/(mol·K)] でいずれも温度によらず一定である。気体定数を R [J/(mol·K)] とし以下問いに答えよ。答えだけでなく、式または言葉を用いて求め方も説明すること。

- (1) 状態 B の温度 T_B [K]、および、状態 C の温度 T_C [K] を求めよ。
- (2) 過程 I、過程 II、過程 III での内部エネルギーの増加量 ΔU_I [J]、 ΔU_{II} [J]、 ΔU_{III} [J] を求めよ。答えは n 、 C_V 、 C_p 、 T_0 のうち必要な量を用いて示せ。
- (3) 過程 I、過程 II、過程 III で気体がされた仕事 W_I [J]、 W_{II} [J]、 W_{III} [J] を求めよ。答えは p_0 と V_0 のうち必要な量を用いて示せ。
- (4) 過程 I、過程 II、過程 III で気体に加えられた熱量 Q_I [J]、 Q_{II} [J]、 Q_{III} [J] を求めよ。
- (5) このサイクルの熱効率 η を求め、 C_V と R を用いて示せ。
- (6) 過程 III の逆の過程 (A→C) で必要な熱量を考察することで、マイヤーの関係式 $C_p = C_V + R$ が成り立つことを示せ。



4 真空中で以下の実験を行う。真空の誘電率を ϵ_0 [F/m]、透磁率を μ_0 [N/A²] と表す。重力の影響は無視できるとする。

【共通問題】 問1はすべての受験生が解答すること。

問1 次の文章の⑦～⑭に適する数式を記入せよ。また、①～⑤には、下欄の選択肢(a)～(f)から、いずれかを一つ選び記入せよ。さらに、⑭にはグラフの概形を描き入れよ。

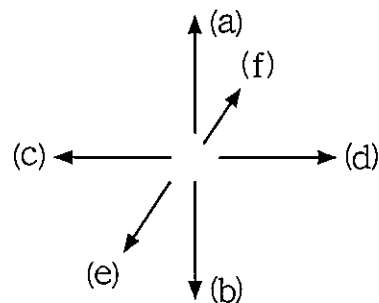
長さ l [m] の細い円柱状の導体棒 A を鉛直におき、その表面に負電荷 $-Q$ [C] を一様に帯電させる。この棒の周囲を、長さ l [m]、内側の半径 R [m]、外側の半径 $R+a$ [m] をもつ、帯電していない導体円筒で同軸になるように取り囲む(図1)。ただし l は R 、 a に比べて十分大きく、上下端の影響は無視できるとする。このとき円筒の内側には総量 $+Q$ [C] の電荷が一様に誘導され、外側には電気的中性の条件により総量 ⑦ [C] の電荷が一様に誘導される。円筒の内壁の側面積は ⑧ [m²] であるから、内壁の電荷密度は ⑨ [C/m²] である。したがって内壁のすぐ内側の点 P における電場(電界)の強さは ⑩ [V/m] であり、向きは ① である。同様に考えて、外壁のすぐ外側の点 S における電場の強さは ⑪ [V/m] であり、向きは ② である。導体内部には誘導される電荷が存在しないことを考慮すると、円筒壁面の近傍における電場の強さ E [V/m] と導体棒 A からの距離 r [m] の関係を表すグラフは ⑭ のようになる。

次に、導体円筒を取り去る。この状況は、図1で導体円筒の厚さ a が0になる極限と等価であるため、点 P における電場の強さと向きは ⑩ と ① のままである。

導体棒 A と同じ形状の導体棒 B を、点 P について導体棒 A と対称の位置に置く(図2)。導体棒 B には上向きに電流 I [A] が流れているが、正味の帯電はない。この電流が点 P につくる磁場(磁界)の強さは ⑫ [A/m] であり、向きは ③ である。

負電荷 $-q$ [C] をもつ荷電粒子を、図2の点 P から、速さ v [m/s] で上方に射出した(図3)。このとき粒子が受ける静電気力の大きさ F_E は ⑬ [N]、向きは ④、ローレンツ力の大きさ F_M は ⑭ [N]、向きは ⑤ である。この粒子は射出後、等速直線運動をすることが観測された。したがってこの実験より、 v は ⑦ [m/s] と決定される。

選択肢 : (a) 上方向 (b) 下方向 (c) 左方向
(d) 右方向 (e) 紙面に垂直(裏から表)方向
(f) 紙面に垂直(表から裏)方向



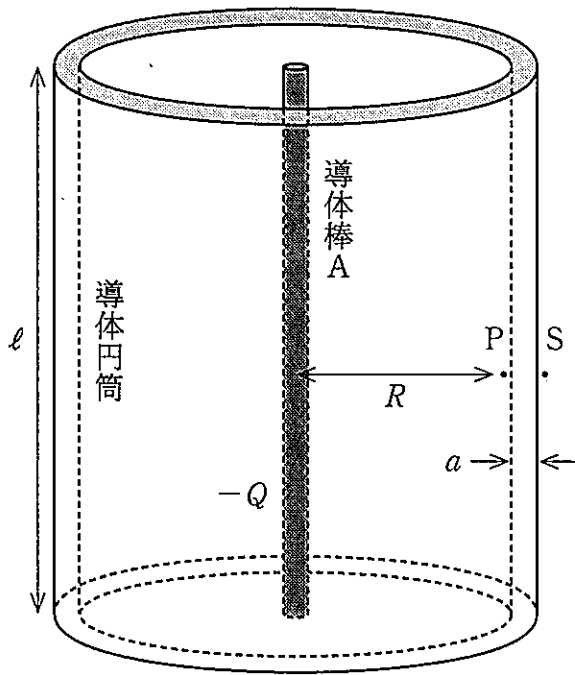


图 1

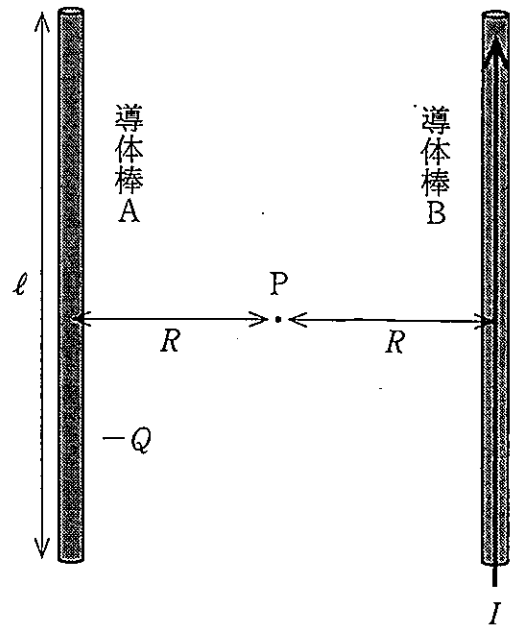


图 2

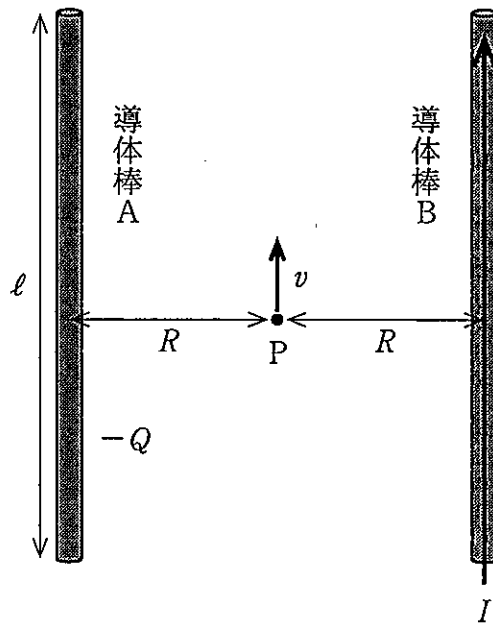


图 3

【総合理工学部物質科学科用問題】

問 2 次の文章の㊸に適する数式を記入せよ。また、㊹には、下欄の選択肢(a)~(f)から、いずれかを一つ選び記入せよ。

図 3 と同じ環境において、粒子の射出位置のみを、点 P から微小な距離 b [m] だけ導体棒 B 寄りの点 T に変更して実験を行った(図 4)。このとき粒子が受ける合力の大きさは F_M の ㊸ 倍であり、その向きは ㊹ である。ただし、絶対値が 1 より十分小さい数 x に対して成り立つ近似式 $\frac{1}{1+x} \doteq 1-x$ を用いた。

選択肢 : (a) 上方向 (b) 下方向 (c) 左方向 (d) 右方向
(e) 紙面に垂直(裏から表)方向 (f) 紙面に垂直(表から裏)方向

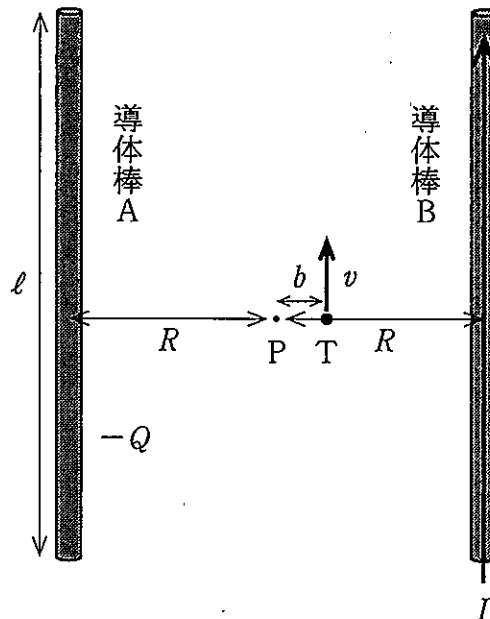
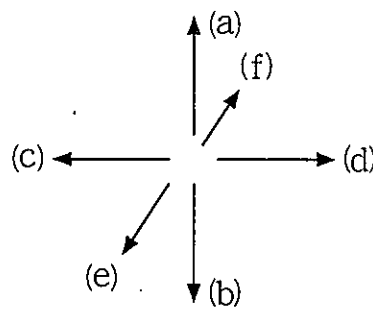


図 4