

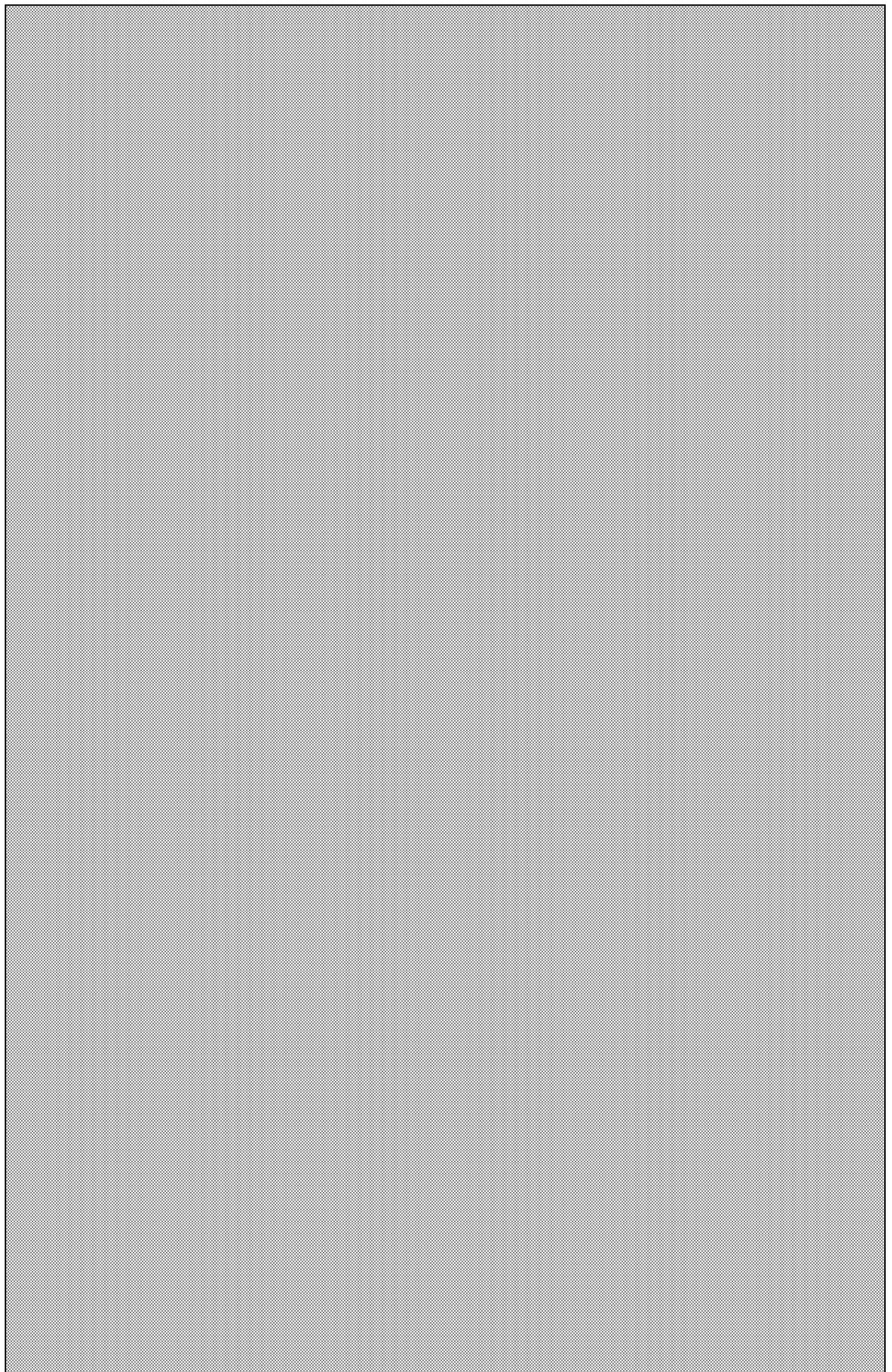
※ 指示があるまで問題を開かないでください。

令和4年度 専門系専門試験問題 (物理)

令和4年5月1日(日)実施

注意事項

- 1 問題は6分野あります。4つの分野を選択し、解答してください。
- 2 解答用紙は、必ず1問につき1枚を使用し、専門区分、受験番号及び氏名を記入してください。
- 3 解答用紙の選択問題欄は、選択した問題番号に○印をつけてください。
- 4 解答内容は、解答に至った経過についても残しておいてください。
- 5 試験時間は60分です。
- 6 この問題は持ち帰ることができます。ただし、解答用紙は白紙でも必ず提出してください。



No. 1 相対論

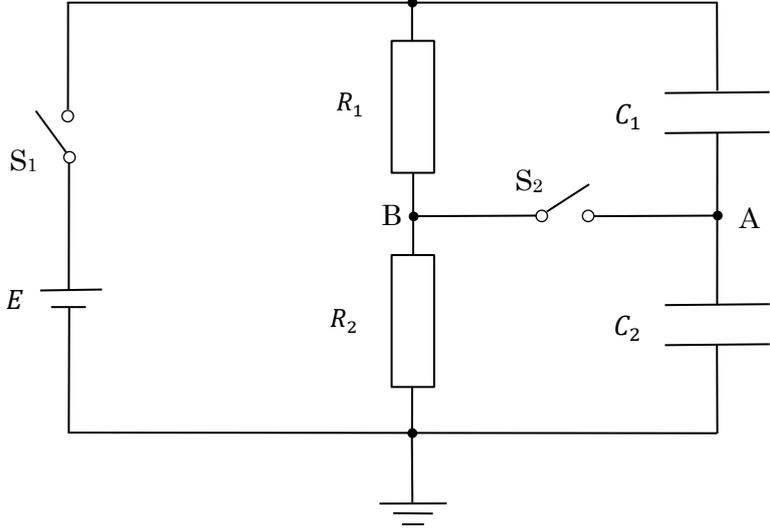
相対性理論に関する以下の問に答えよ。

- (1) 電子の静止質量を $m_0 = 9.0 \times 10^{-31}[\text{kg}]$ とすると、これをエネルギー $E[\text{J}]$ に換算した値を答えよ。ただし、光速 $c = 3 \times 10^8[\text{m/s}]$ とする。
- (2) 相対論では運動している物体の質量はその速度によって変化する。電子の静止質量を $m_0 = 9.0 \times 10^{-31}[\text{kg}]$ とすると、この電子が速度 $v = 1.8 \times 10^8[\text{m/s}]$ で動くときの質量 $m[\text{kg}]$ を答えよ。ただし、光速 $c = 3 \times 10^8[\text{m/s}]$ とする。

No. 2 電磁気学

下の図のように内部抵抗が無視できる直流電源 E 、電気抵抗 R_1 、 R_2 、コンデンサー C_1 、 C_2 およびスイッチ S_1 、 S_2 からなる回路がある。 E の起電力は 120 V 、 R_1 、 R_2 の抵抗値はそれぞれ $30\ \Omega$ 、 $20\ \Omega$ であり、 C_1 、 C_2 の容量はそれぞれ $20\ \mu\text{F}$ 、 $60\ \mu\text{F}$ である。はじめ S_1 、 S_2 は共に開いていて、 C_1 、 C_2 には電荷は蓄えられていないものとする。これについて以下の間に答えよ。

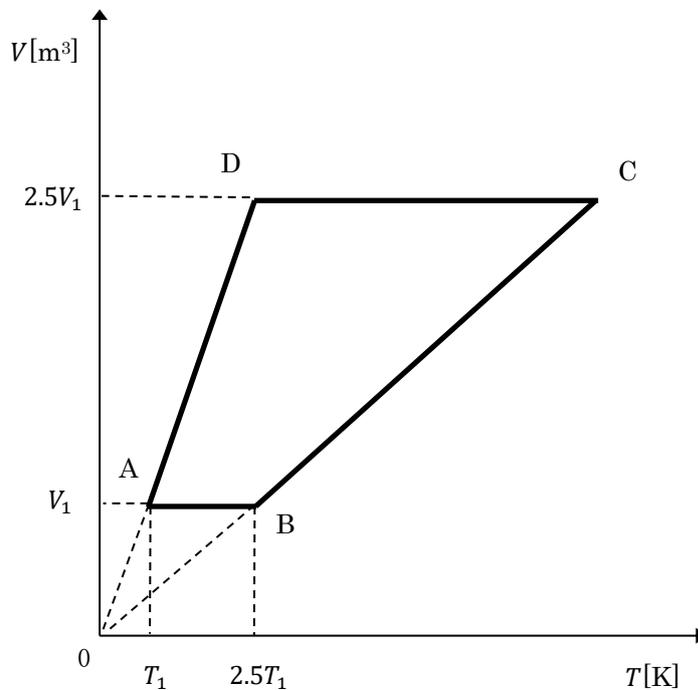
- (1) S_1 を閉じて十分長い時間が経過した後に E を流れる電流値[A]を答えよ。
- (2) S_1 を閉じたまま S_2 を閉じる。 S_2 を閉じて十分長い時間が経過するまでに、 S_2 を通過する正電荷[μC]を答えよ。
- (3) S_2 を開き、つづいて S_1 を開いてから十分長い時間が経過した後に点 A の電位[V]を答えよ。ただし、アース点の電位を 0V とする。
- (4) S_1 を開いた後、抵抗で生じたジュール熱の値[J]を答えよ。



No. 3 熱力学

なめらかに動くピストンを持つシリンダーに、1 mol の単原子分子理想気体が入っている。この気体を図のように、温度 T_1 [K]、体積 V_1 [m³]の状態 A から、状態 B、状態 C、状態 D を経て、再び状態 A にもどす過程を考える。A→B および C→D の過程では、気体の体積は一定であり、B→C および D→A の過程では、気体の体積は温度に比例して変化した。状態 B における気体の温度を $2.5T_1$ [K]、状態 C における気体の体積を $2.5V_1$ [m³]、気体定数を R [J/(mol・K)]として、以下の間に答えよ。

- (1) 1 mol の単原子分子理想気体において、絶対温度を T_1 [K]としたとき内部エネルギー U_A [J](状態 A での内部エネルギー)を R 、 T_1 や数値を用いて表せ。
- (2) 一般的に気体が吸収した熱量 Q は気体の内部エネルギーの変化 ΔU と気体が外部にした仕事 W の和で表される。ここでA→Bの過程で気体が吸収した熱量 $Q_{A\rightarrow B}$ を R 、 T_1 、 V_1 のうち必要な文字や数値を用いて表せ。
- (3) B→Cの過程で気体が吸収した熱量 $Q_{B\rightarrow C}$ を R 、 T_1 、 V_1 のうち必要な文字や数値を用いて表せ。



(1) 次の1階線形微分方程式の一般解を任意定数を C として答えよ。

$$\frac{dy}{dx} = x^3 - 9x^2 + 6x - 5$$

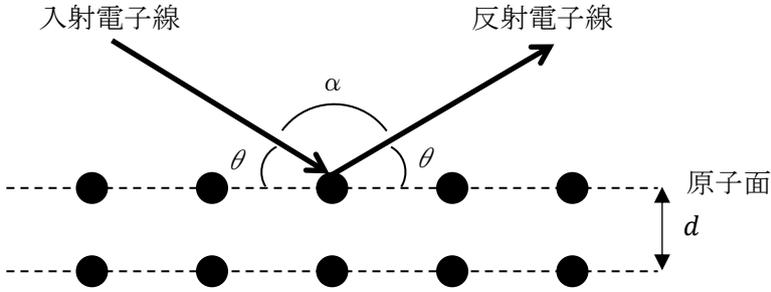
(2) 次の初期条件付き線形微分方程式を解け。

$$\frac{d^2y}{dx^2} - 5\frac{dy}{dx} + 6y = 0 \quad (y(0) = 0, \quad y'(0) = 1)$$

No. 5 量子力学

下の図で示す真空中で金属単結晶試料に電子線を照射して、試料から反射される電子線を測定する様子を表す概念図について、以下の間に答えよ。ただし、プランク定数を h 、真空中の光の速さを c 、電子の質量を m 、電気素量を $e (> 0)$ とする。また、金属単結晶では原子は規則正しく配列し、その原子面間隔を d とする。

- (1) 入射した電子線を波と考え、その波長を λ とする。エネルギーの損失がないとして下の図のように反射した電子線が干渉して強め合う条件 n を整数($n = 1, 2, 3, \dots$)として $n, \lambda, h, c, m, e, \theta, d$ の中から必要なものを用いて表せ。ただし、電子線が金属単結晶中に入るときに受ける屈折の効果は無視するものとする。
- (2) (1) において波長 $3.4 \times 10^{-10} \text{m}$ の電子線を結晶面に平行に照射し、次第に傾けていくと、 $\theta = \pi/9$ のときに最初の強い反射が起こった。試料の格子面間隔[m]を答えよ。ただし、 $\sin(\pi/9) = 0.34$ とする。
- (3) 電子の運動エネルギーを E とした場合、電子の波長 λ を E, h, c, m, e の中から必要なものを用いて表せ。
- (4) 初速度 0 の電子を電圧 V で加速して試料に照射したところ、入射電子線と反射電子線のなす角度が $\alpha (= \pi - 2\theta)$ のとき、強い電子線の反射が観測された。このとき試料の回折に関与している最も小さな原子面間隔を d とすると、 d を V, h, c, m, e, α の中から必要なものを用いて表せ。



なめらかな水平面上に、同質量 $m[\text{kg}]$ の 2 個の小物体 A と B がある。下の図に示すように、静止している B に A を左側から速度 $V[\text{m/s}]$ で衝突させたところ、衝突後の A の速度ベクトルは、大きさ $V_A[\text{m/s}]$ で、衝突前の A の速度ベクトルとのなす角は $\alpha[\text{rad}]$ であり、B の速度ベクトルは、大きさ $V_B[\text{m/s}]$ で、衝突前の A の速度ベクトルとのなす角は $\beta[\text{rad}]$ であった。このとき、以下の問に答えよ。

- (1) 衝突前の小物体 A が持つ運動量を小物体 A の質量 m と速度 V を用いて表せ。
- (2) 衝突前後において、衝突前の小物体 A の運動方向と平行な運動量成分について運動量保存則の式を、小物体 A、B の質量 m 、速度 V_A 、速度 V_B 、角度 α 、 β を用いて表せ。
- (3) 小物体 A と B の衝突が完全弾性衝突であった場合、衝突前後の力学的エネルギー保存則を小物体 A、B の質量 m 、速度 V_A 、速度 V_B を用いて表せ。（両辺の整理は行わず、エネルギー保存則の式として表すこと）
- (4) 小物体 A と B の衝突が完全弾性衝突、かつ角度 $\alpha = \pi/3$ [rad] だった場合、衝突後の物体 B の速度 V_B を小物体の速度 V を用いて表せ。

