

平成26年度入学試験問題（前期日程）

理 科
（医学部医学科）

物 理	1 ページから	6 ページまで
化 学	7 ページから	9 ページまで
生 物	10 ページから	12 ページまで

注 意 事 項

1. 受験番号を解答用紙の所定の欄（1か所）に記入すること。
2. 解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入すること。

物 理

1 以下の文章中の ① ~ ⑩ に、最も適切な数式を記入せよ。(20点)

問 1 無重力で真空の宇宙空間を、質量 m_1 の機体に質量 m_2 の燃料を積んだロケットが速さ v_0 で進んでいる。

- (1) ロケットは質量 m_2 の全燃料を燃焼させて、燃料のガスを機体に対する速さ u で後方に一気に噴射させた。その結果、機体の速さが v_0 から v に加速された。ただし、 u は速さ v の機体に対する速さである。このとき、 v を v_0 , u , m_1 , m_2 を用いて表すと、① となる。
- (2) その後、ロケットは宇宙空間に静止した質量 M の小惑星に衝突した。ロケットは貫通することなく小惑星の内部にとどまり、小惑星は回転することなく速さ V で動き出した。その速さ V を M , m_1 , v を用いて表すと、② となる。
- (3) ロケットは、衝突の間に一定の力 F を受け、距離 L だけ小惑星にめり込んだ。力 F は m_1 , M , v , V , L を用いて表すと、③ となる。ただし、まさつによる熱の発生は無視する。

問 2 図 1-I の A, B, C は、 n [mol] の単原子分子からなる理想気体の 3 つの状態を示している。A は、絶対温度 T [K], 1 気圧 ($= 1.013 \times 10^5$ Pa) の状態である。気体定数を R [J/(mol·K)], 気体の定積モル比熱を $C_v = \frac{3}{2} R$ [J/(mol·K)] とする。解答は、 n , R , T を用いて表せ。

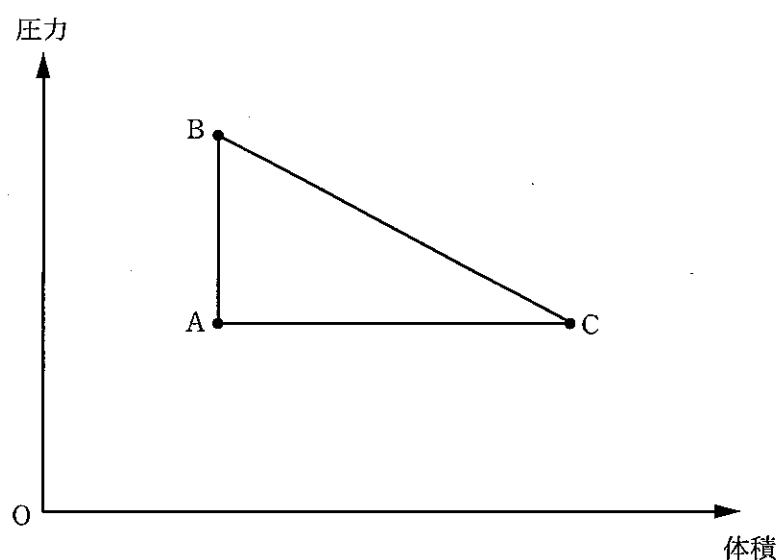


図 1-I

- (1) 状態 A から、体積を一定に保ったまま状態 B に変化させた。状態 B の圧力は状態 A の 2 倍である。このとき、加えた熱量は ④ [J] となる。
- (2) 状態 A から圧力を一定に保ち、状態 C に変化させた。状態 C の体積は状態 A の 3 倍である。このときの内部エネルギーの増加量は ⑤ [J] である。
- (3) 図 1-I の実線に沿って、 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ の順に静かに変化させたとき、気体のする仕事は ⑥ [J] となる。

問 3 真空中に、巻数 N 回、断面積 $S[\text{m}^2]$ 、長さ $l[\text{m}]$ の十分に長いコイルがある。コイルに電流が流れたとき、コイルの中の磁場(磁界)は一様であるとする。また、真空の透磁率を $\mu_0[\text{N/A}^2]$ とする。

- (1) コイルを貫く磁束 Φ が、時間 $\Delta t[\text{s}]$ の間に $\Delta\Phi[\text{Wb}]$ だけ変化した。コイル 1 巻きあたりに発生する誘導起電力の大きさ V_1 は [V] である。
- (2) コイルに電流 I を流すと、コイル内部の磁場の大きさ H は $H = \frac{N}{l}I[\text{A/m}]$ である。このとき、コイルを貫く磁束 Φ は [Wb] である。
- (3) コイルに流れる電流 I を図 1—II に示したように変化させた。このとき、コイルに発生する誘導起電力の大きさ V_N は [V] である。
- (4) このコイルの自己インダクタンス L は [H] である。

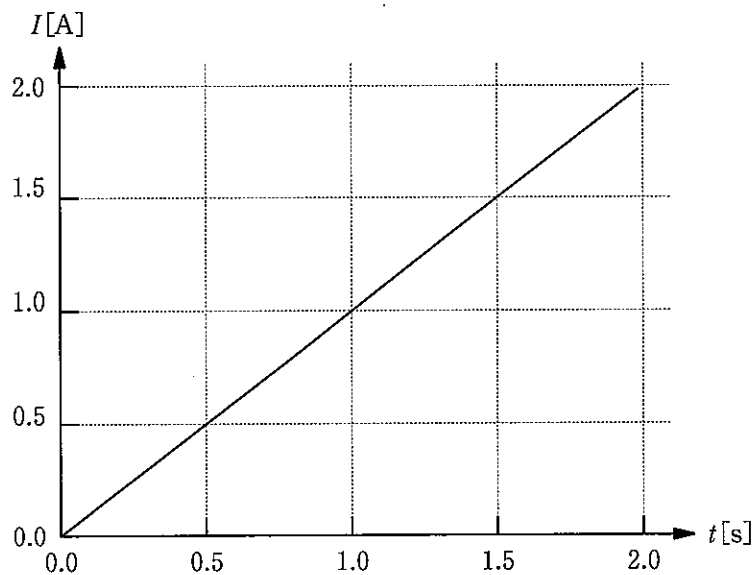


図 1—II

- 2 なめらかで水平な床の上におかれた質量 m の板の上に、同じ質量 m の物体を乗せた。時刻 $t = 0$ で板は静止し、その上に乗っている物体は図 2—I のように速度 v_0 で右に移動していた。この後の運動を考える。ただし、空気抵抗は無視でき、物体が板の右端から落ちてしまうことはなかったとする。重力加速度を g として、以下の各問に答えよ。(15 点)

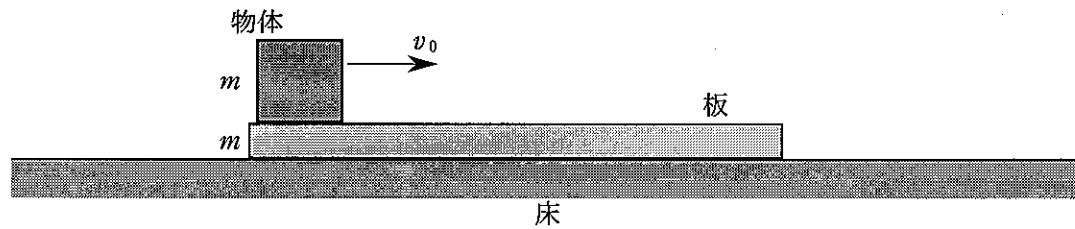


図 2—I

問 1 時刻 t における板と物体の速度をそれぞれ v_1 , v_2 とするとき、

- (1) 板と物体の間にまさつがなかった場合の $v-t$ グラフ
- (2) 板と物体の間にまさつがある場合の $v-t$ グラフ

として最も適切なグラフを図 2—II の(ア)~(ク)の中からそれぞれ一つ選べ。ただし、グラフの点線と破線のうち、どちらか一方が v_1 , 他方が v_2 を表すものとする。

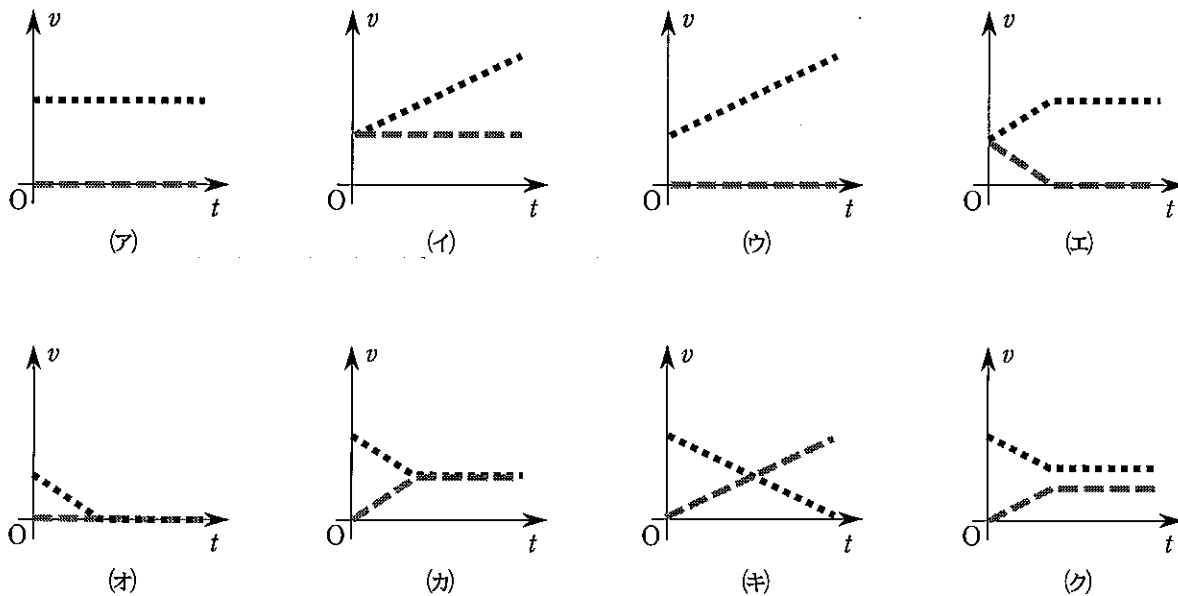


図 2—II

問 2 板と物体の間にまさつがある場合の運動において、板と物体の運動エネルギーの和が保存しない理由として以下の(ア)~(ク)の中で適切なものを○で囲め(複数個を○で囲んでもよい)。

- (ア) 重力が外力としてはたらいっているから。
- (イ) 重力が外力として仕事をするから。
- (ロ) 物体と板にはたらくまさつ力が作用・反作用の法則を満たしていないから。
- (ハ) 物体と板にはたらくまさつ力が保存力ではないから。
- (ニ) 物体と板にはたらく重力が物体にする仕事と板にする仕事の大きさが違うから。
- (ホ) 物体と板にはたらくまさつ力が物体にする仕事と板にする仕事の大きさが違うから。
- (ヘ) まさつにより熱という別の形態のエネルギーが発生するから。

以下では、物体と板の間にまさつがある場合を考える。

物体と板を元の位置に戻し、図2—IIIのように物体の右端に軽い糸をつけて、その糸をなめらかに回る軽い定滑車にかけ、その先に質量 m のおもりをつけた。すべてが静止した状態でそっと手を離れたところ、おもりが下向きに運動を始め、やがて物体と板の速度が等しくなった。ただし、物体が板の右端から落ちたり、板が滑車にぶつかったりすることはないものとする。

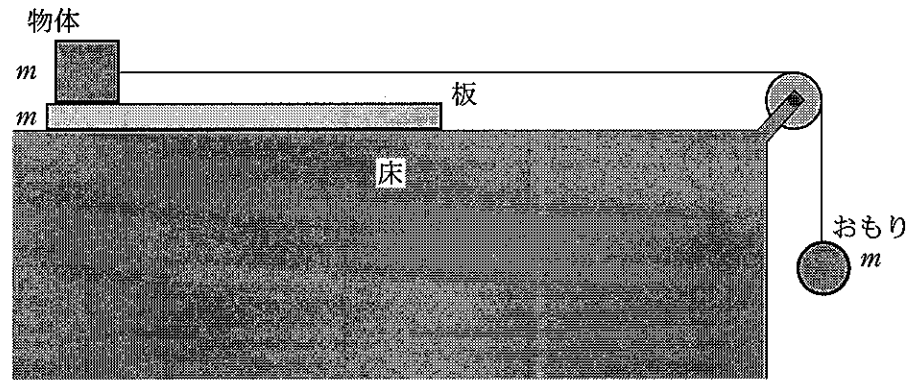


図2—III

問3 物体と板の速度が等しくなった後の、おもりの加速度の大きさを重力加速度の大きさ g を用いて求めよ。

問4 物体と板の速度が等しくなった後の、物体と板とおもりの力学的エネルギーの和に関する記述として最も適切なものを以下の選択肢(ア)~(エ)から選んで答えよ。

- (ア) 保存する。
- (イ) 保存しない。動まさつ力がはたらいているから。
- (ウ) 保存しない。静止まさつ力がはたらいているから。
- (エ) 保存しない。重力がはたらいているから。

問5 物体と板の速度が等しくなった後の、物体と板の運動量の和(おもりの運動量は含めない)に関する記述として最も適切なものを以下の選択肢(ア)~(エ)から選んで答えよ。

- (ア) 保存する。
- (イ) 保存しない。物体と板の間に静止まさつ力がはたらいているから。
- (ウ) 保存しない。物体が糸に引っ張られているから。
- (エ) 保存しない。物体と板に重力がはたらいているから。

3 以下のA, Bの各問に答えよ。(15点)

A 図3-Iのように, 抵抗値 $R_1, R_2, R_3[\Omega]$ の抵抗, 電気容量 $C[F]$ のコンデンサー C_1, C_2, C_3 , 起電力 $E_1, E_2[V]$ の内部抵抗のない電池, スイッチ S_1, S_2 , 内部抵抗のない検流計 G からなる回路がある。はじめにスイッチ S_1, S_2 は開いている。また, すべてのコンデンサーには電荷はたくわえられていないものとする。

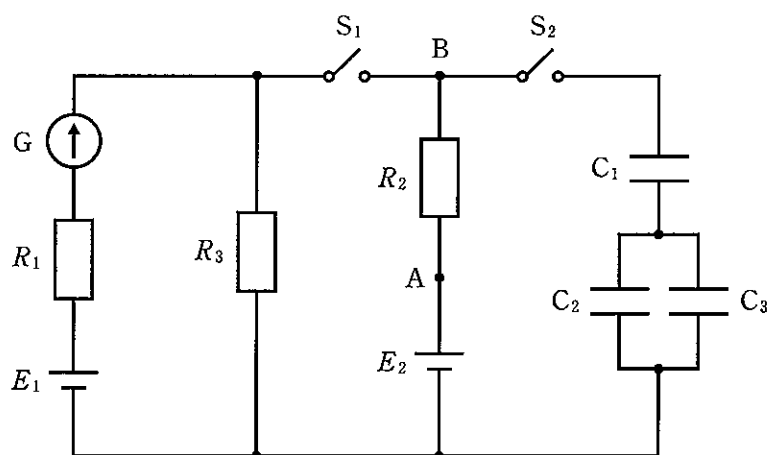


図3-I

問1 スイッチ S_1 を閉じたところ, 検流計 G の針はゼロを示した。起電力 E_2 を R_1, R_2, R_3, E_1 を用いて表せ。

問2 スイッチ S_1 を開いてはじめの状態に戻した後, 時刻 $t = t_0$ でスイッチ S_2 を閉じた。AB間の電位差 $V_{AB}[V]$ はどのような時間変化をするか。最も適切なグラフを次の図3-IIの(ア)~(カ)の中から選べ。

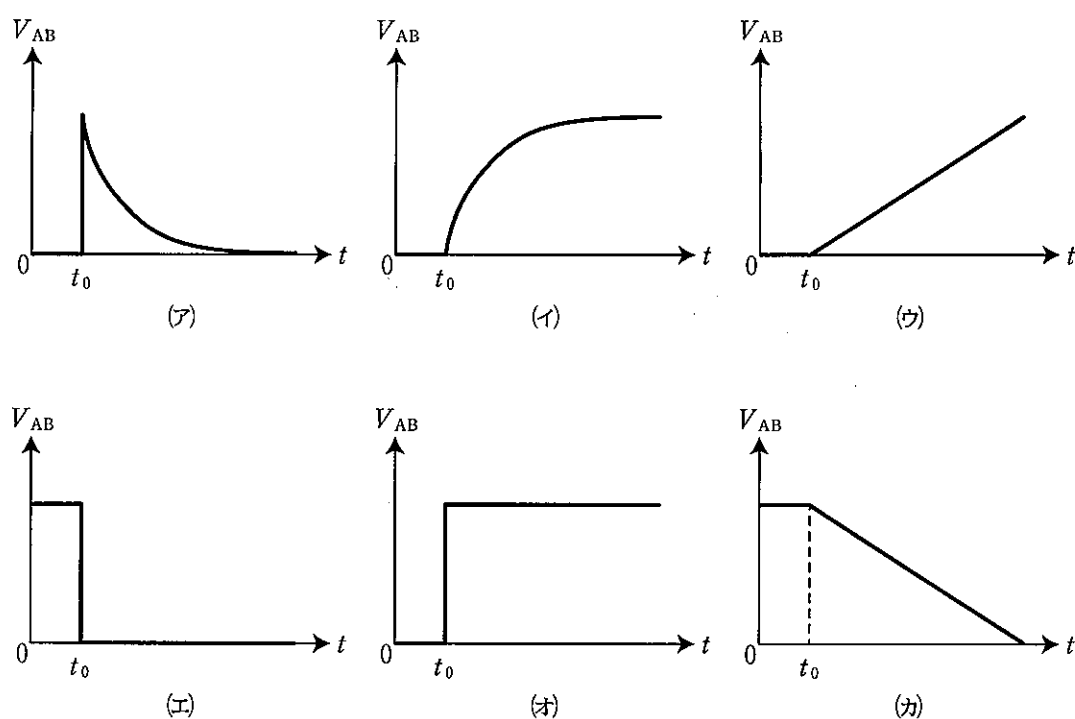


図3-II

問3 スイッチ S_2 を閉じた後, 十分な時間が経過した。その後, スイッチ S_2 を開いてコンデンサー C_1 の極板間の距離を2倍に広げた。コンデンサー C_1 に加えられた仕事 $W[J]$ を求めよ。

B 図3—Ⅲのように、真空中に十分長い2本の細い直線状の導線を z 軸に平行に張る。導線の直径は導線間の距離に比べて十分小さいものとする。導線1は xy 平面上の座標 $(-1, 0)$ を、導線2は座標 $(1, 0)$ を通り、2本の導線は距離 2 m だけ離れて固定されている。導線1には上向き(z 軸の正の向き)に $I(> 0)$ [A]の電流、導線2には下向き(z 軸の負の向き)に $2I$ [A]の電流を流す。ただし、電子の電荷は $-e(< 0)$ [C]、真空の透磁率は μ_0 [N/A²]とする。また、 I [A]の電流が流れている十分長い直線状の導線から r [m]の距離の点における磁束密度の大きさは $\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ [T]である。

問4 図3—Ⅲの導線2の断面積を S [m²]とし、導線内の自由電子の平均の移動速度を v [m/s]とする。このとき、導線2の単位体積あたりの自由電子の数を求めよ。

問5 導線2の長さ l [m]の部分を考える。その部分の導線内の全自由電子が導線1によってつくられる磁場から受けるローレンツ力の総和 F [N]を求めよ。

問6 図3—Ⅲの x 軸上には、2本の導線を流れる電流がつくる合成磁束密度の大きさが0になる点がある。その点の x 座標を求めよ。ただし、無限遠は除く。

次に、2本の導線に上記と同じ電流を流したまま、さらに磁束密度の大きさ B [T]の一様な水平磁場を図3—Ⅲの y 軸の正の向きに加えた。ここで、 B は導線2の電流が導線1の位置につくる磁束密度の大きさと同じとする。

問7 y 軸の正の向きに加えた水平磁場による磁束密度と電流による磁束密度が合成された結果、導線1の単位長さあたりにはたらく力の大きさは導線2の単位長さあたりにはたらく力の大きさの何倍になるか求めよ。

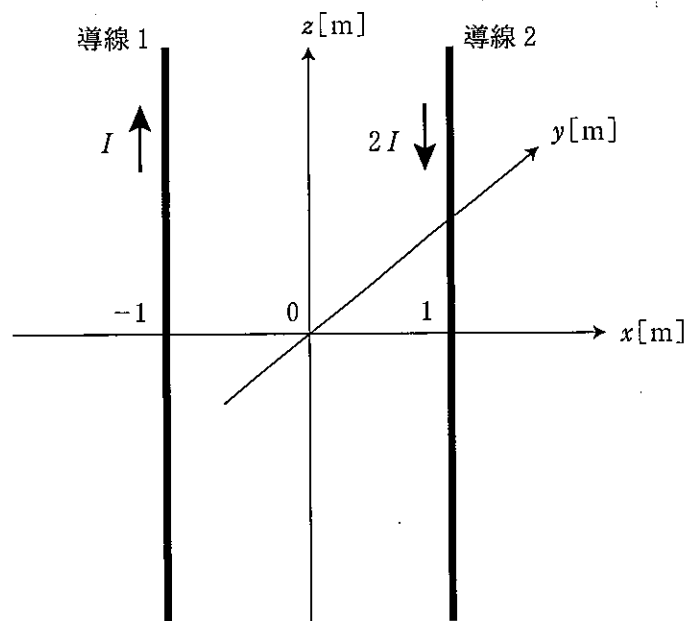


図3—Ⅲ