

物 理

以下の各問題の解答はすべて解答欄に記入しなさい。

1 以下の文章の (①) から (⑳) に適切な数値または語句を入れなさい。

- [1] 滑らかな水平面上に静止していた質量 4 kg の質点に、時刻 $t=0$ 秒以降、北向きに 8 N の力を 3 秒間与えた。この間の加速度の大きさは (①) m/s^2 である。この質点の $t=3$ 秒における速さは (②) m/s 、 $t=0$ 秒からの移動距離は (③) m である。引き続き、 $t=3$ 秒以降は、南向きに 24 N の力に変えて与え続けた。これにより質点が最初の静止位置に戻ったときの時刻は $t=(④)$ 秒、 $t=0$ 秒からの総移動距離は (⑤) m である。
- [2] 導体に帯電体を近づけると、静電気力により導体内の電子が移動する。この現象を (⑥) という。導体に囲まれた中空部分は導体外部からの電場（電界）の影響を受けない。このはたらきを (⑦) という。また、不導体（絶縁体）に帯電体を近づけると、静電気力により不導体内の電子の位置がずれる。この現象を (⑧) という。(⑧) により、不導体（絶縁体）はまた (⑨) ともいわれる。物体が帯電しているかどうかを調べることができる、電源が不要で導体の (⑩) を利用した装置に (⑪) がある。
- [3] 現在使われている主なエネルギー資源のうち、石油や太陽光などの、自然界に存在しているままのエネルギーを (⑫) エネルギー、(⑬) エネルギーに手を加え、ガソリンなどの使いやすい形態にしたエネルギーを (⑭) エネルギーという。(⑫) エネルギーのうち、石油や天然ガスなどの、太古の生物の遺骸がその起源と考えられるものを (⑮) という。(⑮) が燃焼すると大量の (⑯) が生じ、地表から放出される赤外線を吸収して地球を温暖化させる。これは (⑰) 効果によるものである。
- [4] 半導体には、ケイ素にアルミニウムやインジウムなど 3 個の価電子をもつ原子を少量混ぜた (⑱) 半導体と、リンやアンチモンなど 5 個の価電子をもつ原子を少量混ぜた (⑲) 半導体などがある。電荷の運び手であるキャリアは、(⑱) 半導体では (⑳) であり、(⑲) 半導体では (㉑) である。これら 2 種類の半導体を接合したダイオードに順方向の電流を流すには、(㉒) 半導体側の電圧を他方よりも高くすればよい。



2

図1のように、薄い金属の球面があり、その中心に放射線 a、b、c を放出する放射能の強さ Q [Bq] の放射性物質の塊（線源）がある。放射線 a、b、c はそれぞれアルファ線、ベータ線、ガンマ線のいずれかの種類であることがわかっている。球面の内側は真空であり、線源は電氣的に接地され、球面には電圧 V [V] (≥ 0 V) を加えることができる。電圧 V を変化させながら、球面に到達したすべての放射線を測定した。この測定では、放射線を粒子として観測することができ、電圧 $V=0$ V のときに球面で計測された粒子 1 個あたりのエネルギーは、放射線 a、b、c でそれぞれ K_a [J]、 K_b [J]、 K_c [J] であった。電圧 V を徐々に増加させた時、球面で計測された粒子 1 個あたりのエネルギーはそれぞれ図2のように変化した。電圧が V_a [V] になったとき、放射線 a は球面で計測されなくなった。線源の大きさは点として扱い、電子質量を m [kg]、電気素量を e [C]、プランク定数を h [J·s]、光速を c [m/s] とする。以下の各問に答えなさい。

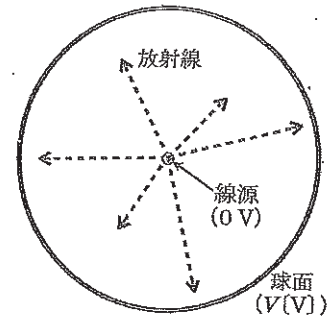


図1

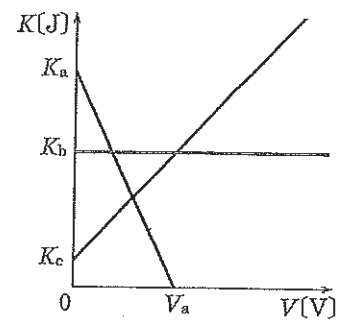


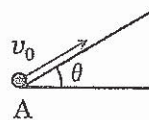
図2

- [1] この線源は毎分何個の原子核が崩壊（壊変）しているか求めなさい。
- [2] 放射線 a、b、c のそれぞれの種類を選び、解答欄中のあてはまるものを丸で囲みなさい。また、それぞれの実体（正体）を答えなさい。
- [3] 電圧 V_a を求めなさい。
- [4] 放射線 b が球面に衝突した時、衝突位置の球面のすぐ外側でエネルギー E [J] の光子 1 個と運動エネルギー K_b [J] の電子 1 個がほぼ同時に観測された。これら 3 つの粒子の間でエネルギー保存の法則が成り立つものとして、衝突直前の放射線 b の波長を K_b を用いずに求めなさい。
- [5] 放射線 c が球面に衝突した時、球面の内側で様々な波長の X 線が観測された。電圧 V を一定に保ちながら十分長い時間観測したとき、X 線の最大振動数は f [Hz] であった。衝突直前の放射線 c の最も長い波長を、 K_c を用いずに求めなさい。
- [6] 100 日間で、線源の放射能の強さが 1024 分の 1 になった。この線源の半減期は何日かを求めなさい。



3

図 3 のように、水平面に対して傾斜角 θ のなめらかな斜面 AB に沿って下端 A から小球を初速 v_0 で打ち出したところ、小球は高さ h の上端 B から飛び出し、最高点 C を通過して鉛直な壁面上の点 D ではね返った。その後、小球は床上の点 E に落下して再びはね返り、点 F に落下した。点 F は最高点 C の鉛直真下に位置して



いる。壁と床は共になめらかであり、小球と壁との間の反発係数の反発係数に等しい。重力加速度の大きさを g とする。以下の各問

- [1] 小球が上端 B から飛び出すときの小球の速さを求めなさい。
- [2] 床から最高点 C までの高さを、 v_0 、 h 、 g 、 θ を用いて表
- [3] 小球が上端 B を飛び出してから点 E に達するまでの時間
- [4] 反発係数を e とするとき、小球が点 E ではね返ってから点 F
- [5] 床から最高点 C までの高さを H とするとき、床から点 D ま

から点 F までの運動を考えることにより、反発係数 e の数値
かずに答えなさい。

4

図 4 のように、抵抗値 R [Ω] の抵抗、電気容量 C [F] のコンデンサー、自己インダクタンス L [H] のコイルを電圧 V [V] の電源に接続した。この回路を流れる全電流 I [A] は角周波数 ω [rad/s] を用いて、時刻 t [s] において $I = I_0 \cos \omega t$ で表される。以下の各問に答えなさい。〔2〕～〔8〕は、数値と単位を答えなさい。ただし、円周率は π を用いて表し、平方根は開かずに答えなさい。

《設定①》図 4 において、 $R = 100 \Omega$ 、 $C = 5 \mu\text{F}$ 、 $L = 100 \text{ mH}$ 、 ω

- [1] コイル両端の電圧 V_L [V] とコンデンサー両端の電圧 V_C 【選択肢】の中から選び、その記号を答えなさい。ただし縦軸は電圧とし、実線は V_L 、破線は V_C を示す。
- [2] この回路のインピーダンスの大きさを求めなさい。
- [3] 電圧 V の最大値を求めなさい。
- [4] 電圧 V と電流 I との位相差を絶対値で求めなさい。
- [5] 電圧 V と電流 I の実効値をそれぞれ求めなさい。
- [6] この回路の 1 周期についての平均の消費電力を求めなさい。

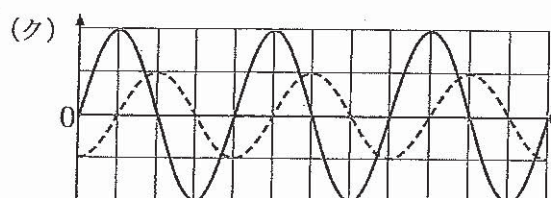
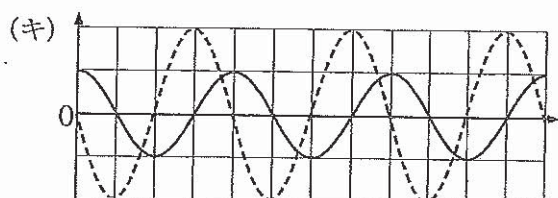
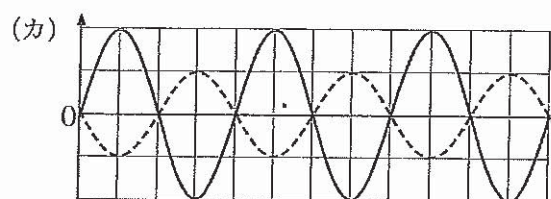
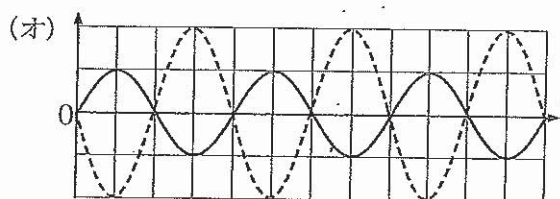
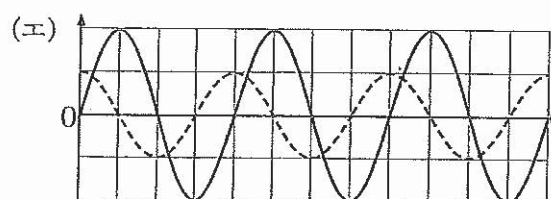
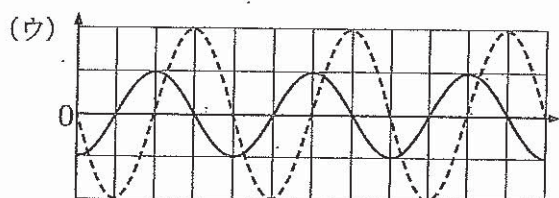
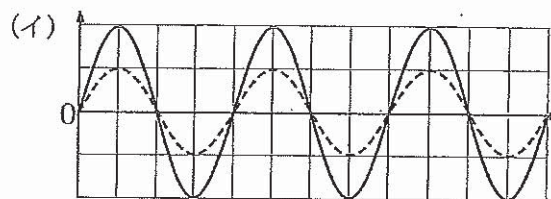
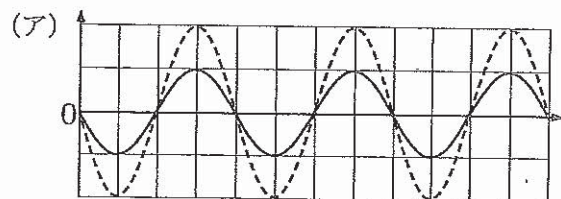
《設定②》図4において、 $R = 100 \Omega$ 、 $C = 10 \mu F$ 、 $L = 100 \text{ mH}$ 、電圧 V の最大値を 100 V とする。

角周波数 ω を変化させたところ、電流の振幅 I_0 が変化し、角周波数 ω_0 [rad/s] の時に I_0 は最大となった。

〔7〕 角周波数 ω_0 を求めなさい。

〔8〕 角周波数 ω_0 の時、この回路の1周期についての平均の消費電力を求めなさい。

【選択肢】



5 1モルの理想気体を4つの過程①、②、③、④によって状態Aから状態B、C、Dを経て状態Aに戻した。このとき、圧力 p [Pa]、体積 V [m³]、温度 T [K] のうち、2つの変数の関係は図5のようになり、時計回りの変化となった。過程①と③は横軸に平行であり、過程②と④は縦軸に平行であった。図5、および【選択肢 a】、【選択肢 b】の黒丸または白丸は状態を表し、線は過程を表す。

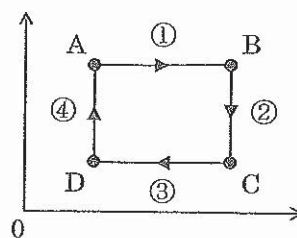


図5

《状況：甲》図5が VT 図（縦軸が体積 V 、横軸が温度 T の図）であったとする。状態Dの体積、温度をそれぞれ V_1 、 T_1 、状態Bの体積、温度をそれぞれ V_2 、 T_2 とする。以下の各問に答えなさい。

- [1] 状態Bの圧力と状態Dの圧力が等しい場合、 V_1 、 V_2 、 T_1 、 T_2 の間の関係式を求めなさい。
- [2] この変化に対応する pV 図（縦軸が圧力 p 、横軸が体積 V の図）、および pT 図（縦軸が圧力 p 、横軸が温度 T の図）を【選択肢 a】の中から選び、その記号をそれぞれ答えなさい。
また、選択した図中の白丸は図5の状態A、B、C、Dのどれに対応するかを選び、解答欄中の適切な記号をそれぞれ丸で囲みなさい。さらに、 pV 図および pT 図の変化の方向は時計回りか反時計回りかを選び、解答欄中の適切な語句をそれぞれ丸で囲みなさい。

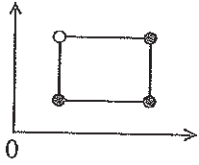
《状況：乙》図5が pV 図（縦軸が圧力 p 、横軸が体積 V の図）であったとする。また、理想気体の断熱変化では圧力 p 、体積 V の間に「 $pV^\gamma = \text{一定}$ 」（ただし γ は1より大きな定数）の関係が成り立つ。以下の各問に答えなさい。

- [3] この変化に対応する pT 図（縦軸が圧力 p 、横軸が温度 T の図）、および VT 図（縦軸が体積 V 、横軸が温度 T の図）を【選択肢 a】の中から選び、その記号をそれぞれ答えなさい。また、選択した図中の白丸は図5の状態A、B、C、Dのどれに対応するかを選び、解答欄中の適切な記号をそれぞれ丸で囲みなさい。さらに、 pT 図および VT 図の変化の方向は時計回りか反時計回りかを選び、解答欄中の適切な語句をそれぞれ丸で囲みなさい。
- [4] ①～④の過程のうちの1つを選んで断熱変化に変えた。このとき、残りの3つの過程は定圧変化または定積変化のままとした。図5をこのように変えた後の pV 図を【選択肢 b】の中からすべて選び、その記号を五十音順に並べて答えなさい。

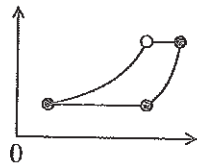


【選択肢 a】

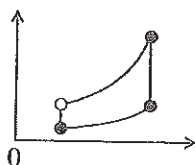
(ア)



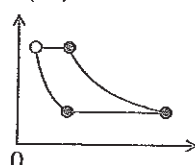
(イ)



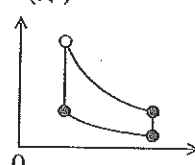
(ウ)



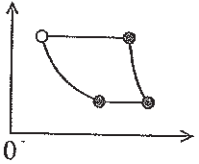
(エ)



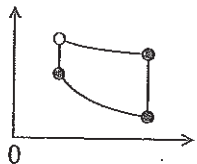
(オ)



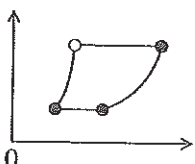
(カ)



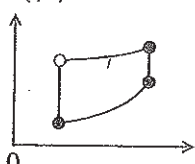
(キ)



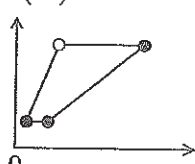
(ク)



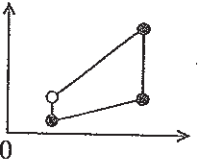
(ケ)



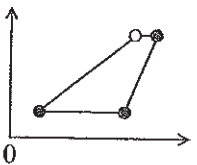
(コ)



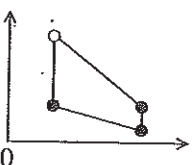
(サ)



(シ)

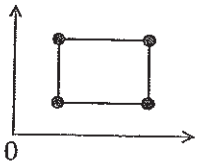


(ス)

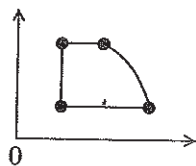


【選択肢 b】

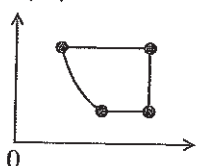
(タ)



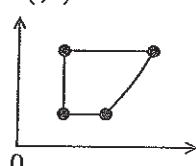
(チ)



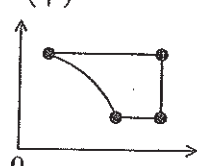
(ツ)



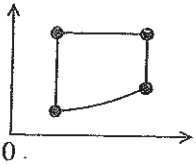
(テ)



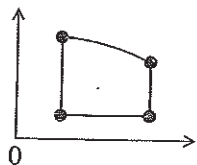
(ト)



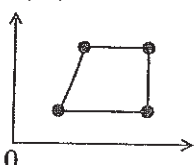
(ナ)



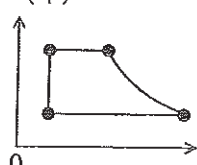
(ニ)



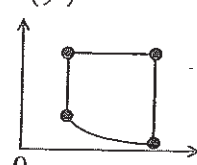
(ヌ)



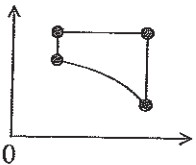
(ネ)



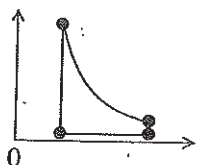
(ノ)



(ハ)



(ヒ)



(フ)

