

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 (⑩) 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 (⑪) エネルギー、(⑪) 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 (⑫) エネルギーという。(⑪) 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 (⑬) という。(⑬) が燃焼すると大量の (⑭) 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 (⑮) 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 (⑯) 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 (⑰) 半導体などがある。電荷の運び手であるキャリアは、(⑯) 半導体では (⑱) であり、(⑰) 半導体では (⑲) 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、(⑳) 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。

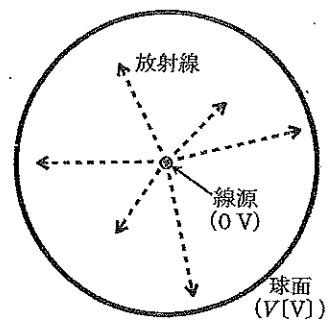


図1

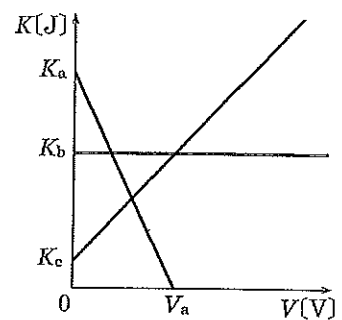


図2

- [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_e [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

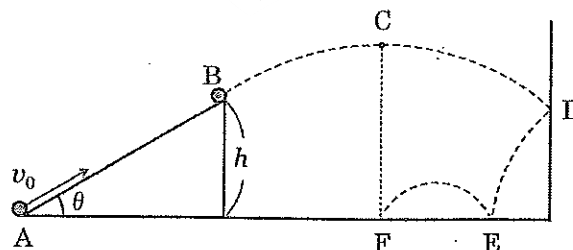


図3

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（はね返り係数）は小球と床との間の反発係数に等しい。重力加速度の大きさを g とする。以下の各問に答えなさい。

- [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 を用いて表しなさい。
- [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を求めなさい。
- [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 に達するまでの時間を求めなさい。
- [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 までの高さは $\frac{16}{25}H$ である。最高点 C から点 F までの運動を考えることにより、反発係数 e の数値を求めなさい。ただし、平方根は開かずに答えなさい。

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。

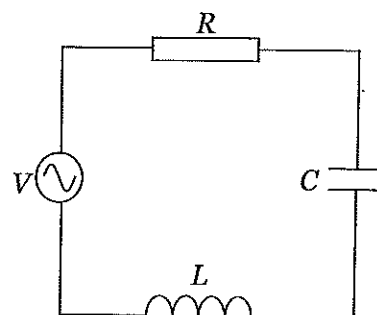


図4

《設定①》 図4において、 $R = 100 \Omega$ 、 $C = 5 \mu\text{F}$ 、 $L = 100 \text{mH}$ 、 $\omega = 1000 \text{rad/s}$ 、 $I_0 = 2 \text{A}$ とする。

- [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 [V] との関係を示す正しい図を【選択肢】の中から選び、その記号を答えなさい。ただし、【選択肢】の図の横軸は時刻、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。



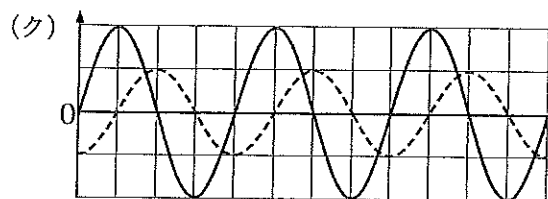
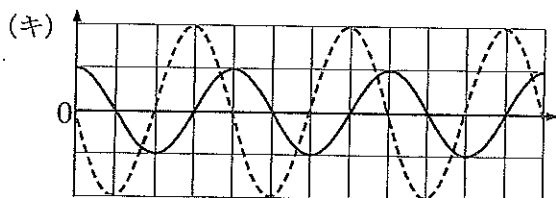
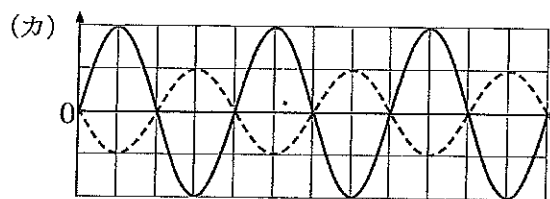
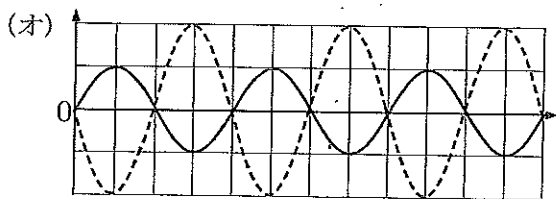
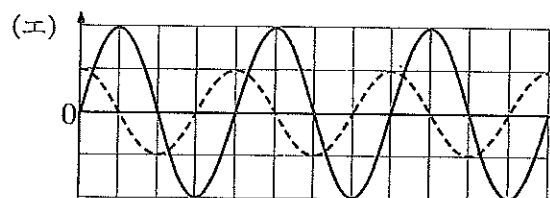
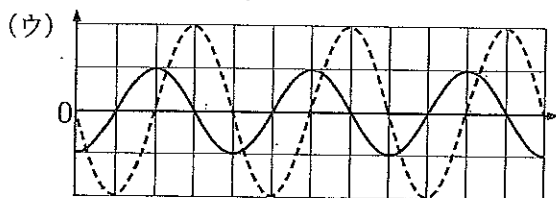
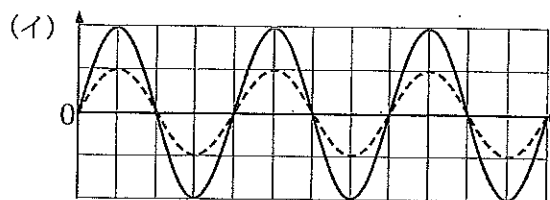
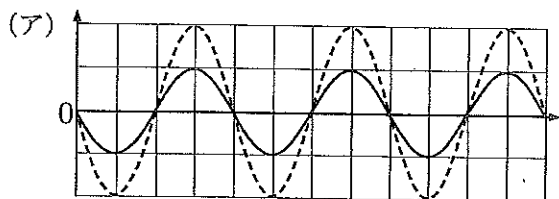
《設定②》 図4において、 $R = 100 \Omega$ 、 $C = 10 \mu\text{F}$ 、 $L = 100 \text{mH}$ 、電圧 V の最大値を 100V とする。

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。

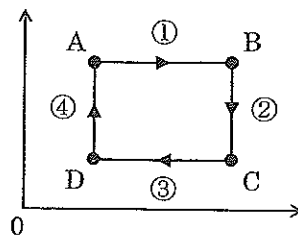


図5

《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。

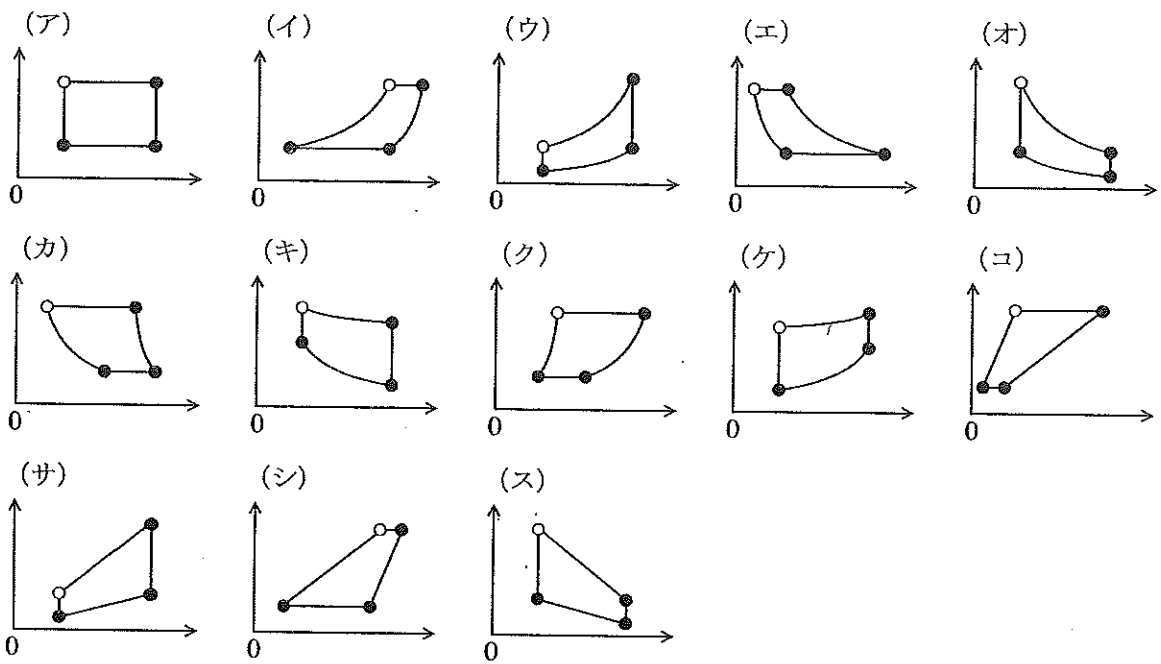
- [1] 状態Bの圧力と状態Dの圧力が等しい場合、 V_1 、 V_2 、 T_1 、 T_2 の間の関係式を求めなさい。
- [2] この変化に対応する pV 図（縦軸が圧力 p 、横軸が体積 V の図）、および pT 図（縦軸が圧力 p 、横軸が温度 T の図）を【選択肢 a】の中から選び、その記号をそれぞれ答えなさい。また、選択した図中の白丸は図5の状態A、B、C、Dのどれに対応するかを選び、解答欄中の適切な記号をそれぞれ丸で囲みなさい。さらに、 pV 図および pT 図の変化の方向は時計回りか反時計回りかを選び、解答欄中の適切な語句をそれぞれ丸で囲みなさい。

《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の過程のうちの一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】



【選択肢 b】

