

平成 23 年度 日本医科大学入学試験問題

[理 科]

受験番号	
------	--

注 意 事 項

1. 指示があるまで問題用紙は開かないこと。
2. 受験科目はあらかじめ受験票に記載された 2 科目とし、変更は認めない。
3. 問題用紙および解答用紙配布後、監督者の指示に従い、配布枚数の確認を行うこと。
(問題冊子 21 ページ、うち 2 ページは計算用紙、解答用紙 物理 1 枚、化学 1 枚、生物 1 枚)
落丁、乱丁、印刷の不鮮明の箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせること。
4. 解答時間は 14 時 10 分から 16 時 10 分までの 120 分。
解答が終わってもまたは試験を放棄する場合でも、試験終了までは退場できない。
5. 机には、受験票と筆記用具および時計（計時機能のみ）以外は置かないこと。
6. 筆記用具は鉛筆、シャープペンシル、消しゴムのみとする。
(コンパス、定規等は使用できない。)
7. 止むを得ず下敷を使用する場合は、監督者の許可を得ること。
8. 解答はすべて解答用紙の所定の解答欄に記入すること。欄外には何も書かないこと。
9. この問題用紙の余白および計算用紙は草稿や計算に自由に用いてよい。
10. 耳栓の使用はできない。
11. 携帯電話等の電源は必ず切り、鞆の中にしまうこと。
12. 質問、用便、中途退室など用件のある場合は、無言のまま手を挙げて監督者の指示に従うこと。
13. 受験中不正行為があった場合は、試験の一切を無効とし、試験終了時間まで別室で待機を命じる。
14. 退室時は、試験問題および解答用紙を裏返しにすること。

物 理

[I] 水平で滑らかな平面の床の上に、大きさの無視できる質量 $2M$ [kg] の2つの小球が、ばね定数 k [N/m] のばねで結ばれて静止している。ばねの質量は無視することができ、その自然長は d [m] である。また、この2つの小球の位置を結ぶ直線上に、大きさの無視できる質量 M [kg] の小球がある。いま、これら3つの小球に対し、質量 M [kg] の小球をA、ばねで結ばれた2つの小球のうちAに近い方をB、遠い方をCと名付けておく。下の文章の ~ に適した答えを書きなさい。なお、円周率が必要な場合は、 π を使用すること。

まず、ばねの一般的な性質に関して考えてみよう。ばねの伸びや縮みの長さとはばねの弾性力との間には、フックの法則と呼ばれる関係がある。この法則を踏まえれば、あるばねを半分に切ると、そのばね定数は元のばね定数の 倍となる。

次に、小球Aが速さ v [m/s] の等速直線運動で小球Bに近づき、Bに衝突する場合を考えてみよう。以下、この衝突はきわめて短時間に行われ、かつ弾性衝突であるとする。また、小球BおよびCは、これらを結んでいるばねも含め、つねに衝突前のBとCを結ぶ直線上を運動すると仮定する。

衝突直後のCの速さは [m/s] である。また、衝突後のBとCの重心の速さはつねに [m/s] である。

AがBに衝突した後、BとCが最も近づいたとき、BとCとの間の距離は [m] であり、BとCが最も近づいたときから、BとCが最も離れるまでの時間は、最短で [s] である。

[II] ピストン付きの容器に単原子分子からなる理想気体を入れ、図1のように変化する熱機関について考える。AからBへの変化は、体積を一定に保ったまま変化させる定積変化である。ただし、Bでの圧力を p とする。BからCへの変化は、熱を出し入れしないで変化させる断熱変化である。このとき体積は V から V/a ($0 < a < 1$) に変化する。なお、理想気体の断熱変化では、つねに $pV^\gamma = \text{一定}$ という関係式が成立することが知られている。CからAへの変化は、圧力を一定に保ったまま変化させる定圧変化である。 $\gamma = \frac{5}{3}$ として、下の文章の **ア** ~ **オ** に適した答えを書きなさい。

理想気体の状態方程式と上の断熱変化の式を用いると、(状態Aの温度)/(状態Bの温度) = **ア** となる。その結果を用いると、AからBへの定積変化において、気体が吸収する熱は **イ** となる。BからCへの断熱変化では、気体が外部にする仕事は **ウ** である。CからAへの定圧変化では、気体が外部からされる仕事は **エ** であり、同時に気体は外部に熱を放出する。以上より、この熱機関の効率は **オ** である。

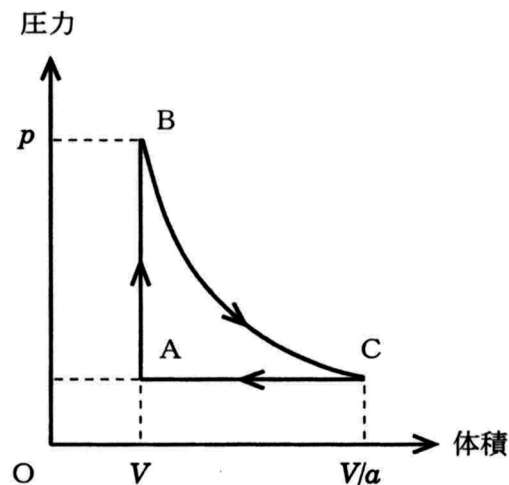


図1

[III] 図2, 3, 4のように長さ l [m]の細い金属棒OPを、一様な磁場に垂直な平面内で運動させることを考える。磁場は、鉛直上向きで、図2, 4では紙面に垂直で裏面から表面に向かい、別の方向から見た図3では紙面に平行に下から上に向かい、その磁束密度の大きさはつねに一定で B [T]である。また、電子の電荷は $-e$ [C] (e は電気素量)として、下の文章の ア ~ カ に適した答えを書きなさい。

(1) 図2のように、OPを一定の速さ v [m/s]で磁場とOPに垂直な方向に動かす。OP内の電子は磁場から力を受けて移動を始める。その結果、OP内に電場が生じ、電場による力と磁場による力とがつり合って、電子の移動が終わる。そのとき、Oの電位はPよりア [V]だけ低い。

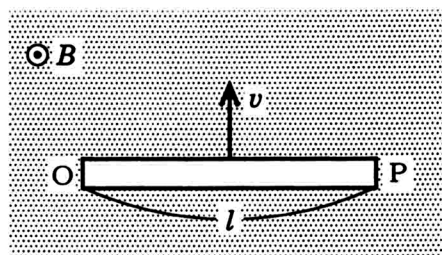


図2

(2) 次に、図3のように、OとPに導線を付けて、抵抗 R [Ω]を含む閉じた回路OSTPOを作り、OPの速さを(1)と同じ方向で v [m/s]に保ち続けることを考える。このとき、OPに対して単位時間当たりイ [J]の仕事をする必要があり、抵抗 R でウ [W]の電力が消費される。ただし、OSとPTは磁場に平行で、STは抵抗 R を含めて磁場の外にあり、金属棒および導線の抵抗は無視できるものとする。

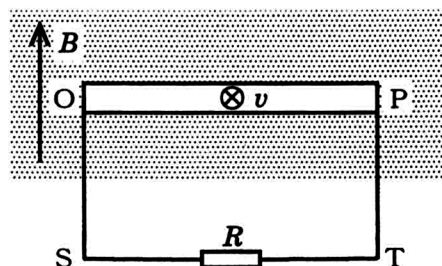


図3

(3) 最後に、図4のように、OPをOを中心として紙面内で、一定の角速度 ω [rad/s]で反時計回りに回転させる。OからPに向かって x [m]の距離にあるQ点での電子は、磁場によりOからPに向かうエ [N]の力を受ける。十分に時間が経った後、Q点での電場の大きさはオ [V/m]であり、Oを基準としてPの電位はカ [V]である。ただし、このとき(2)の抵抗 R や導線は付いていない。

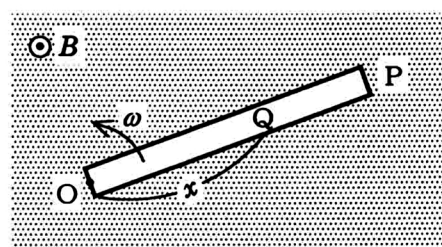


図4

[IV] パトカーAが東西に走る一直線の高速道路を西から東へ一定の速さ 108 km/h で走っている。その道路にある標識Bから真南に 0.51 km 離れた場所で、Cさんがその様子を見ている。空気中の音速を 340 m/s とし、無風であり、Aが遠くに走り去ってもCさんはサイレンの音が聞こえるものとして、下の文章の ~ に適した答えを有効数字2桁で書きなさい。

Cさんから見て、パトカーAが標識Bから 60 度左（西）方向の地点に見えたとき、Aは警告灯を点灯し同時に振動数 1.0 kHz のサイレンを鳴らし始めた。Cさんには警告灯の点灯が見えてから 秒経って kHz のサイレンが聞こえ始めた。AがBを通過したときに、Cさんに聞こえるサイレンの音は kHz である。その後、Aが遠く走り去ったときに、Cさんに聞こえるサイレンの音は kHz である。