

平成22年度 入学試験問題

医学部 (I期)

理科

注意事項

1. 試験時間 平成22年1月29日, 午後1時45分から4時15分まで
 2. 配付した試験問題(冊子), 解答用紙の種類はつぎのとおりです。
 - (1) 試験問題(冊子, 左折り)(表紙・下書き用紙付)
 - 化学(その1), (その2)
 - 生物(その1), (その2)
 - 物理(その1), (その2)
 - (2) 解答用紙
 - 化学(その1) 1枚(上端赤色)(右肩落し)
 - ” (その2) 1枚(上端赤色)(左肩落し)
 - 生物(その1) 1枚(上端緑色)(右肩落し)
 - ” (その2) 1枚(上端緑色)(左肩落し)
 - 物理(その1) 1枚(上端青色)(右肩落し)
 - ” (その2) 1枚(上端青色)(左肩落し)
- 以上の中から選択した2分野(受験票に表示されている)が配付されています。
3. 下書きが下書き用紙で足りなかったときは, 試験問題(冊子)の余白を使用して下さい。
 4. 試験開始2時間以後からは退場を許可します。但し, 試験終了10分前以降の退場は許可しません。
 5. 受験中にやむなく外出(手洗い等)を望むものは挙手し, 監督者の指示に従って下さい。
 6. 退場の際は, この試験問題(冊子)を一番上にのせ, 挙手し監督者の許可を得てから, 試験問題(冊子), 受験票および所持品携行の上退場して下さい。
 7. 休憩のための退場は認めません。
 8. 試験終了のチャイムが鳴ったら, 直ちに筆記をやめ, おもてのまま上から試験問題(冊子), 解答用紙〔選択した2分野の解答用紙, 計4枚, 化学(その1), 化学(その2), 生物(その1), 生物(その2), 物理(その1), 物理(その2)〕の順にそろえて確認して下さい。

確認が終っても, 指示があるまでは席を立たないで下さい。
 9. 試験問題(冊子)はお持ち帰り下さい。

物 理 (その1)

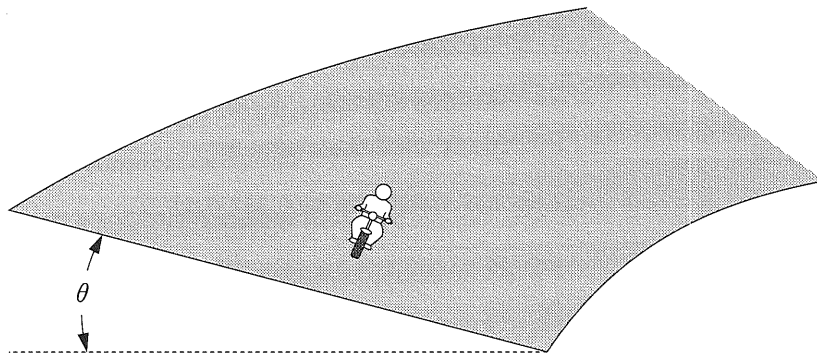
1

A 円運動について以下の問いに答えなさい。

- (1) 一定の速さで円運動している物体の加速度が円の中心を向いている事を示しなさい。
- (2) 速さが一定でない円運動のときも上で述べたことは正しいか。理由と結論を明確に述べなさい。

B オートバイに乗って半径 r の水平な円弧を等速度で走ろうと思う。ただし r は(オートバイ+乗員)の重心が描く円軌道の半径である。以下の問いに答えなさい。なお、重力加速度の大きさを g とする。

- (1) 最初オートバイに乗って水平な路面のカーブを、半径 r の水平な円弧を描いて等速度で走ろうと考えた。タイヤと路面の間の静止摩擦係数は μ であった。オートバイが路面を横滑りせずに走ることのできる最大の速さはいくらか。なお横滑りせずに走るのでタイヤは進行方向に対して真横方向から静止摩擦力を受けるものとする。
- (2) 高速道路のカーブなどは、路面が図のように少し傾けてある。その理由はなにか。
- (3) 図のように路面が水平に対して角度 θ だけ傾いたカーブを、路面の最大傾斜線に直交して、半径 r の水平な円弧を描きながら一定の速さ v_0 で走った。その際進行方向に対して横方向からの静止摩擦力を受けなかった。 v_0 はいくらか。
- (4) 次に、この同じ路面を、路面の最大傾斜線に直交して、半径 r の水平な円弧を描いて横滑りすることなく等速度で走るときの最大の速さ v_m はいくらか。なお $\mu < \tan\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right)$ である。



2 ニュートンの冷却の法則によれば、物体とその周囲との温度差があまり大きくないとき、物体表面の状態や面積が一定であれば、その物体が単位時間に失う熱エネルギーは温度差に比例する。この法則を使って液体の比熱を求めることを行う。

いま金属製の小さな容器(液体の温度を測る温度計付き)に液体を入れ、液体入り容器全体の温度よりも低温である温度 T_e に保った空气中に熱を伝えないひもを使ってつるした。以下では(温度計付き容器+液体)を系と呼ぶことにする。冷却の法則に従うと、系の温度 T は温度 T_e の環境におかれた瞬間からの経過時間 t と共に以下に示した式に従って変わる。

$$T(t) = Se^{-\frac{k}{Q}t} + T_e$$

ただし Q は系の熱容量、 k は容器の形と大きさに関係した物理量で正の一定値を持つ。この式が表す曲線を冷却曲線という。なお環境の温度 T_e は系が持ち込まれても変化しないものとする。このとき以下の問いに答えなさい。

(1) $t = 0$ で系の温度は T_0 であった。このとき冷却曲線を表す上式に現れる S は温度を使ってどう表すことができるか。また冷却曲線の時間変化のおおよそを解答欄のグラフに、誤解のないように描きなさい。

(2) 物理量 Q 並び k の単位を国際単位系の kg, m, s, K 等を使って表しなさい。

最初に比熱がわかっている液体 A の冷却曲線を測定し、次に同じ容器を使って比熱が未知の液体 B の冷却曲線を測定、両方の冷却曲線を比較して B の比熱を求める。なお A, B 共に比熱は温度に依らないものとし、どちらも T_0 から冷却させる。

A の比熱と測定に使った質量はそれぞれ c_A, m_A である。B の場合 A と同体積の試料を使い、質量は m_B であった。A, B 共に温度 T_0 から T_1 (ただし $T_e < T_1 < T_0$) に冷えるまでに要した時間がそれぞれ t_A, t_B であった。

(3) このとき以下の文章の に入る適切な文字あるいは式を記しなさい。

実験の状況を冷却曲線の式に当てはめると、A を入れた系および B を入れた系の熱容量をそれぞれ Q_A, Q_B としたとき、これらと t_A, t_B の間には関係式 a が成立することがわかる。また温度計付き容器の熱容量を q とすると、 Q_A は b と表すことができ、 Q_B も同様である。以上から B の比熱は c と求めることができる。

(4) A と B の冷却曲線を測定する際、容器に入れる A と B の体積を同じにする。その理由を簡単に記しなさい。

物 理 (その 2)

3 図のような断面積 S 、長さ L の導体棒に電位差 V を与えたとき、この導体棒の電気抵抗を、導体内の自由電子の運動をもとにして記述してみよう。

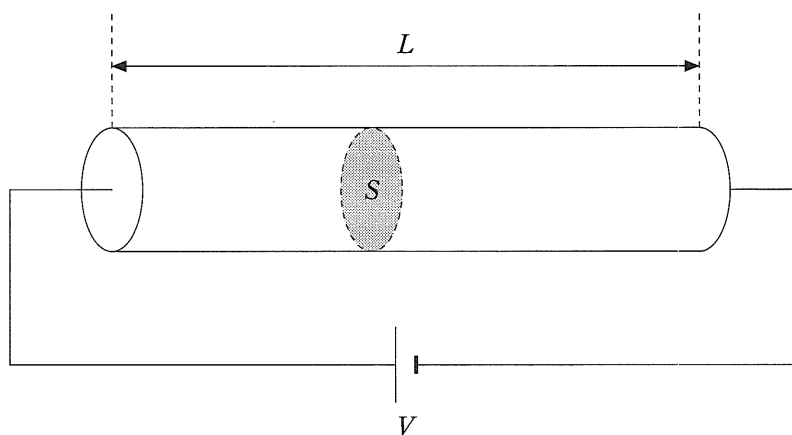
導体内には電界が生じるので自由電子は加速度運動を行うが、導体中で熱振動している正イオンと衝突して、その速度は複雑に変化している。そこで自由電子の運動について以下のように仮定する。すなわち導体棒の中には一様な電界ができていて、自由電子はこの電界から力を受けて等加速度運動を始めるが、一定時間 T ごとに正イオンと衝突する。その結果衝突直後自由電子の速さは 0 になる。しかし再び電場によって加速される。電子の電荷を $-e$ 、質量を m とするとき以下の問いに答えなさい。「計算」欄に計算も記しなさい。

- (1) 1 個の自由電子が電場から受ける力の大きさはいくらか。
- (2) 1 個の自由電子に生じる加速度の大きさ及び最大速度の大きさを求めよ。
- (3) 1 個の自由電子の速度の大きさ v と時間 t の関係を $0 \leq t \leq 4T$ の範囲で解答用紙のグラフ上に書き込みなさい。ただし、 $t = 0$ のとき $v = 0$ とし、また(2)で求めた最大速度の大きさを v_M とすること。
- (4) 1 個の自由電子が衝突によって単位時間(1 秒)あたりに失う運動エネルギーを求めよ。

実際に多数の自由電子が存在するときには、1 個 1 個の運動はならされてすべての自由電子は(1)から(4)で扱った 1 個の自由電子が持つ速さを平均した速さで、電界と逆方向に一様に流れていると考えることができる。ただし導体棒に含まれる単位体積あたりの電子の個数を n とする。

このとき

- (5) 電流を表す式を求めよ
- (6) この導体棒の抵抗を求めよ



4

下に顕微鏡の模式図を示す。顕微鏡は対物レンズ L_1 (焦点距離が f_1) と接眼レンズ L_2 (焦点距離が f_2) から成る。図に示すように、対物レンズを使って物体 AB からそれより大きな実像 $A'B'$ を作らせ、さらにこの実像を接眼レンズを使って虫眼鏡の原理と同じようにして、目が最も見やすい距離 (これを明視の距離という) に拡大された虚像 $A''B''$ を見るようにするのである。

物体 AB と対物レンズの距離を p 、対物レンズによってできた実像 $A'B'$ と接眼レンズとの距離を q とする。また両レンズ間の距離を l 、明視の距離を d とし、目の位置を接眼レンズの焦点に置く。なおレンズの厚みは物体とレンズの距離や像とレンズの距離に比べて無視してよい。このとき以下の問いに答えなさい。「計算」欄に計算も記しなさい。

- (1) 対物レンズで物体 AB の実像 $A'B'$ を得るためには p と f_1 の大小関係はどうか。
- (2) 対物レンズが満たすレンズの式を p 、 f_1 、 l 、 q を用いて表せ。
- (3) 接眼レンズで実像 $A'B'$ の虚像 $A''B''$ を得るためには q と f_2 の大小関係はどうか。
- (4) 接眼レンズが満たすレンズの式を q 、 f_2 、 d を用いて表せ。
- (5) いま対物レンズと接眼レンズの焦点距離 f_1 、 f_2 がそれぞれ 20 mm と 50 mm、物体 AB と対物レンズとの距離 p が 24 mm、明視の距離 d が 250 mm であった。このとき対物レンズによってできた実像 $A'B'$ と接眼レンズの距離 q はいくらか。また両レンズ間の距離 l はいくらか。
- (6) さらに(5)の場合の顕微鏡の倍率を求めよ。

