

平成23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23年1月28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)を一番上へのせ、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))、試験問題(冊子)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 以下の問いに答えなさい。

- (1) 水に氷を浮かべた容器がある(図1)。氷が融けたら水の液面はどうか。結論として、上昇する、下降する、変わらないのいずれであるかを答えなさい。またその理由を、氷の空気中に出ている部分と水中にある部分の体積をそれぞれ V_1 , V_2 , 水と氷の密度をそれぞれ d_0 , d として明確に述べなさい。
- (2) ボートに大きな物体1と大きな物体2を載せて池に漕ぎ出した(図2)。以下では人のことを省略する。池の中央で物体1と物体2を静かに池に落とした。池に落とす前の状態Aと落とした後の状態Bでボートと物体1, および物体2によって排除された池の水量をそれぞれ V_A と V_B とするとき, それらの差 $V_A - V_B$ はいくらか。

ただしボートと物体1および2の質量をそれぞれ M , m_1 , m_2 とし, 水と物体1および2の密度をそれぞれ d_0 , d_1 , d_2 としたとき, これらの間には $d_2 < d_0 < d_1$ の関係があるものとする。すなわち状態Bで, 物体1は完全に水に沈み, 物体2は水面に浮くものとする。

B 以下の問いに答えなさい。

半径が $2r$ の円を内断面とする円筒状の容器が水平な台の上に置かれている(図3)。密度 d_0 の水を入れたその容器に, 半径 r の円を断面とする長さ(高さ) L で一様な密度 d の円柱物体を浮かべた。容器および円柱物体の中心軸は鉛直方向に一致する。円柱物体の運動は鉛直方向に限られる。円柱物体の上面中心には鉛直上方から伸び縮みしない軽いひもが取り付けられている。ひもに働く力が, ちょうど円柱物体の半分の重量(重さ)になるとひもは切れる。なお円柱物体が容器に挿入されていないとき, 容器の水深は L より大であった。重力加速度の大きさを g としたとき以下の問いに答えなさい。

- (1) 物体に働く浮力が物体の重量(重さ)と等しくなったとき, ひもの張力は0であった。このとき水面下の物体の長さ(高さ)はいくらか。この状態を最初の状態と呼ぶ。
- (2) 最初の状態から x だけ容器を鉛直下方に静かに移動させたが, ひもは切れなかった。このとき物体の水面下の長さ(高さ)はいくらか。
- (3) 鉛直下方に容器をどれだけの距離, 移動させたらひもは切れるか。その距離を求めなさい。

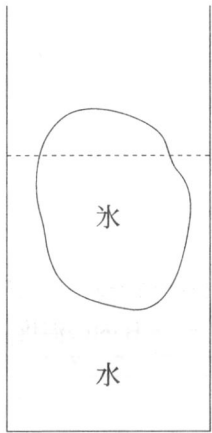


图 1

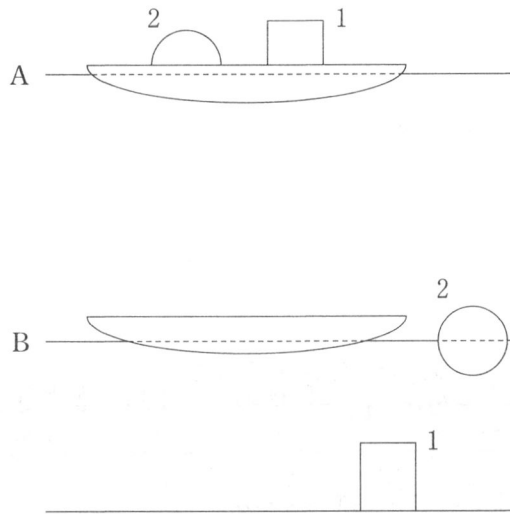


图 2

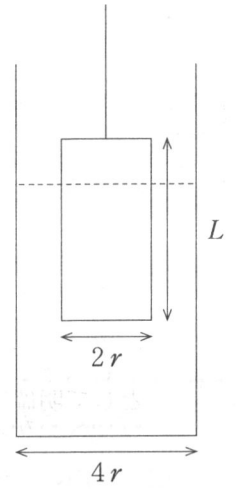
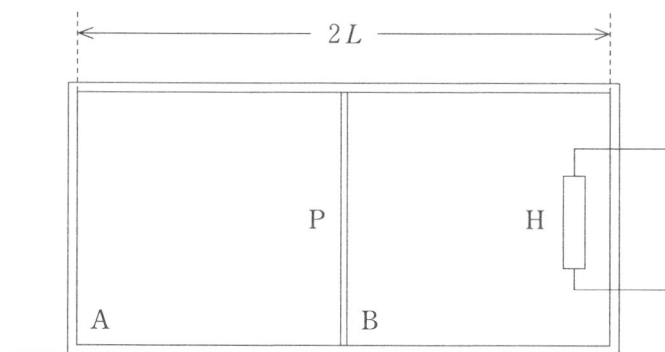


图 3

2 断熱性の壁で作られた円筒状の容器が、なめらかに動く断熱材でできたピストンPで仕切られている(図)。容器は内側の長さが $2L$ で、水平な台の上に設置されている。ピストンの厚さは L に比べて無視できるほど薄いものとする。ピストンPの左側と右側の空間をそれぞれA, Bと呼ぶ。最初A, Bどちらにも温度 T_0 の同じ単原子分子の理想気体が1 mol ずつ入っていた。

その後、B内に設置されたヒーターHでB内の気体を加熱した。このとき与えた熱量が Q であった。ヒーターの大きさと熱容量は無視して良いものとする。気体定数を R とした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) ピストンPが容器の中心から $\frac{L}{4}$ だけ移動して平衡状態となった。このとき $\frac{\text{A内の温度}}{\text{B内の温度}}$ はいくらか。
- (2) B内の気体が行った仕事の大きさはいくらか。
- (3) B内の温度はいくらか。



3 以下の文章中の空欄のうち ア ~ ウ には適切な語句を、 1 ~ 7 には適切な数式を解答欄に記しなさい。ただし 4 以外の数式は、以下で定義される V , a , f , Δf 等を用いて表しなさい。

音源と観測者がお互いに近づいたり遠ざかったりすると、観測者の聞く音(音波)の振動数が音源の振動数と異なる現象を ア という。

さて イ は振動数が可聴音より高くて人の耳に聞こえない音波である。イ には X 線のような害がないので、医学の世界では胎児の大きさや位置を調べることなどに使われる。また イ を用いて ア の方法を使うと血流の速さなどを求めることができる。以下でこの原理を調べることにする。音波の速さを V とする。なお 1 波長の波を 1 個の波とよぶことにする。

ここに振動数 f の音を発する測定器がある。この測定器は音源であると同時に反射音をとらえることのできる装置である。いま、静止しているこの測定器に対して一定の速度 a で遠ざかっている物体がある。ただし $a < V$ である。測定器の設置された地点を x 軸の原点にとり、物体は x 軸の正の方向に移動している。

測定器から発せられて物体に到達した音波は 1 秒間に距離 V だけ測定器から遠ざかり、一方物体も距離 a だけ測定器から遠ざかる。これらの距離の差 1 の中に入っている波の個数は 2 個である。これが物体に到達した音波の振動数 f' である。

物体は音波を反射するので、こんどは物体がこの振動数 f' の音波を発する音源となる。物体から x 軸の負の方向に反射された音波は 1 秒間に距離 V だけ進み、物体はこの間に x 軸の正の方向に a だけ進むから、測定器方向に進む音波の、長さ 3 の中に f' 個の波が含まれている。よって測定器に届く音波の波長は V , a , f' を使うと 4 と表すことが出来、この値に f' を与える 2 を入れると 5 が得られる。よって物体から反射されて、測定器に達した音波の振動数は 6 となる。

この結果、測定器のある場所で、測定器が発する音波と反射されてきた音波が ウ してうなりの現象が起こる。1 秒間に起こるうなりの値を Δf と置くと、物体の速さ a が 7 であることが分かる。

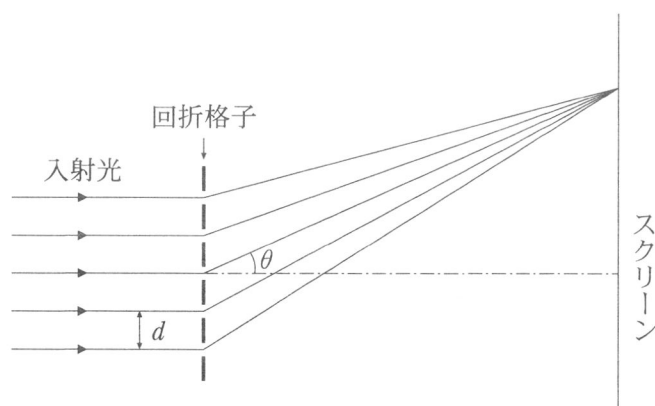
物 理 (その2)

4

A 1.00 cm の間に 2000 本のスリットがある回折格子面にレーザー光を垂直に当てたところ、この回折格子から 2.00 m 離れた、回折格子面と平行に設置されたスクリーン上に干渉縞が観察できた(図)。中央の明線と隣の明線の間隔が 25.0 cm であった。このとき以下の問いに答えなさい。

- (1) 図に示すようにスリットの間隔(格子定数)と回折角をそれぞれ d 、 θ としたとき、隣り合うスリットを経てスクリーン上の同じ点に達する光の光路差はどう表すことができるか。
- (2) 明線が出来るのは(1)で求めた光路差が波長とどのような関係になった場合か。
- (3) このレーザー光の波長はいくらか。またこの光は何色か。
- (4) 回折格子とスクリーンとの距離を短くすると干渉縞の間隔はどうか。
- (5) 1.00 cm 当たりのスリットの数を増やすと干渉縞の間隔はどうか。
- (6) 青色の単色光と赤色の単色光では、干渉縞の間隔はどちらが大きいか。
- (7) レーザー光の代わりに白熱電球の光を回折格子にあてると、どのような縞模様が見えるか。

B 油膜やしゃぼん玉が様々に色づいて見えるのはなぜか。明確に説明しなさい。



5 次の文章の空欄に当てはまる適切な数式を解答欄に記しなさい。

- (1) 真空中に置かれた平行板コンデンサーに電池をつないだときコンデンサー内に蓄えられる静電エネルギーについて考える。

極板間距離と極板の面積がそれぞれ d , S_0 である平行板コンデンサーに起電力 V の電池を接続した。極板の広がり大きさに比べ極板間距離は十分にせまい。このとき極板に現れた電荷(電気量)は Q で、電界は極板間にのみ存在した。また電気力線の方向は極板に垂直であった。なお、クーロンの法則の比例定数を k とする。

極板間の電気力線の本数を Q を用いて表すと [1] である。また、電場の大きさ E を用いて表すと、 [2] である。したがって、 Q と E の関係は $Q =$ [3] となる。一方、 E と V の関係は $E =$ [4] なので、 Q を V を用いて表せば、 $Q =$ [5] となる。真空の誘電率 ϵ_0 と k の間に $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}$ という関係があるので、平行板コンデンサーの静電容量 C は ϵ_0 を用いて [6] と表されることがわかる。

さて、静電容量 C のコンデンサーに電圧 V が加わっているとき、コンデンサーに蓄えられる静電エネルギーは C と V を使って [7] と表すことができる。この値を [4] と [6] を用いて変形すると [7] の静電エネルギーは E を使って [8] と書き換えることができる。したがって、コンデンサーの静電エネルギーは電場の存在する空間に、単位体積 (1 m^3) あたり [9] 蓄えられていると考えることができる。

- (2) 次に、真空中におかれたコイルに電流を流したときに蓄えられるエネルギーについて考える。なお真空の透磁率を μ_0 とする。

断面積が S_1 , 長さ l , 巻き数が N のソレノイドコイルがある。コイルの直径がコイルの長さ比べて十分小さいとしたとき、コイルに電流 I を流すとコイル内には軸に平行な、大きさが [10] の磁束密度が生じ、磁束は [11] となる。一方、コイルの外で磁束密度はゼロである。電流が Δt の時間に ΔI だけ変化したとき、コイル内の磁束が時間変化する割合は [12] となる。この値に負号をつけた量がコイル一巻きに生じる起電力である。よってコイル全体で生じる起電力は [13] となる。一方、コイルの自己インダクタンスを L と置くと、自己誘導によってコイルに生じる起電力は $-L \times$ [14] と書くことができる。この式と [13] を比較すると、このコイルの自己インダクタンス L は N^2 等を使って [15] と表すことができる。

さて、自己インダクタンス L のコイルに電流 I が流れているとき、コイルに蓄えられたエネルギーは L と I を使って [16] と表すことができる。 [10] を B と置き、 [15] を使うとエネルギー [16] は B^2 等を使って [17] と書き換えることができる。したがって、コイルに蓄えられたエネルギーは磁束密度の存在する空間に、単位体積 (1 m^3) あたり [18] 蓄えられていると考えることができる。