

令和3年度 入学試験問題

医学部 (I期)

理科

注意事項

1. 試験時間 令和3年2月5日、午後1時30分から3時50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時間以降は退場を許可します。但し、試験終了10分前からの退場は許可しません。
 5. 受験中にやむなく途中退室(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. 休憩のための途中退室は認めません。
 7. 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、下書き用紙および所持品を携行の上、退場して下さい。
 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。
 10. 試験終了後の会場退出に当たっては、誘導の指示に従って下さい。

物 理 (その1)

1 以下の問いに答えなさい。なお地球と月以外の天体は考慮しないものとする。また万有引力定数を G とする。

A 以下の文章中にある空欄 の(a)~(c)に当てはまる適切な数式を解答欄に書き入れなさい。

地球が質量 E で一様な密度 d を持つ半径 R の球形と仮定する。月は質量が M で、地球の周りを速さ v 、周期 T で公転する。その公転軌道は半径 R_0 の円と仮定する。このとき周期 T を R_0 、 v を使って表しなさい。

$$T = \text{ (a) }$$

また公転運動する月の運動の式は以下のようなになる。

$$\frac{Mv^2}{R_0} = \text{ (b) }$$

上の二式を使って $\frac{R_0}{R}$ の3乗を万有引力定数 G と T および d を用いて表しなさい。

$$\left(\frac{R_0}{R}\right)^3 = \text{ (c) }$$

(c)を数値計算することにより

$$R_0 \gg R$$

であることがわかる。

B 地球の表面(地表)に置いてある物体の重さに月ほどのような影響を与えているのかを考えてみよう。以下の文章中にある空欄 のうち(d)~(i)には適切な数式を、(1)~(6)には適切な語句を解答欄に書きなさい。ただし語句は「軽く」、「重く」、「地球の中心向き」、「月の方向」、「月と逆方向」から選びなさい。同じ語句を何度使ってもよい。また $|a| \ll 1$ のとき、近似式 $\frac{1}{(1 \pm a)^2} \approx 1 \mp 2a$ (複号同順) が成立することを(f)と(h)を求める際に使いなさい。

問題を簡単にするために、ごく短い時間の地球と月を考えよう。このとき地球は自転も公転もせず、月も同様に公転していないと見なすことが出来る。なお **A** で述べたと同様に、地球は球形で、その質量と半径をそれぞれ E 、 R とする。月は質量が M で地球との距離は R_0 とする。

月に最も近い、図の A 点に置かれた物体に、月から働く引力によって生じる加速度の大きさは

(d)

である。同様に月の引力によって地球に生じる加速度の大きさは

(e)

である。よって月の存在のために A 点に置かれた物体には、月がなかった場合に比べて上の両者の差の加速度

$$(d) - (e) = (f)$$

が生じる。この加速度の向きは (1) である。この結果は物体の重さに影響する(そこでこの量を重さの補正項と呼ぶことにする)。すなわち A 点では月の無い場合に比べて物体は (2) なるのである。

月と逆側の点、B 点ではどうなるだろう。月が無かった場合に比べ、月があるために B 点に置かれた物体に生じた加速度の大きさ(重さの補正項)は上と同様のやり方で求めることができ

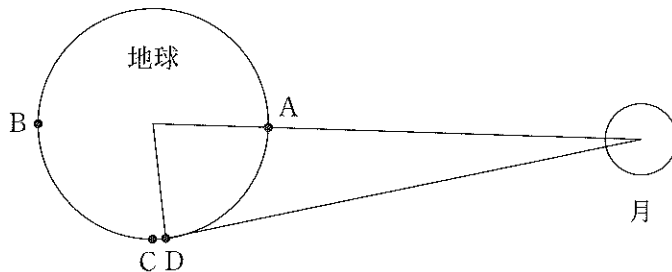
$$(g) - (e) = (h)$$

となる。この加速度の向きは (3) である。すなわち B 点で物体は、月の無い場合に比べて (4) なるのである。

それでは、A 点と B 点から等距離にある地表の C 点ではどうなるだろう。ここでは計算を簡単にするために、C 点に近い以下で述べる D 点で考えてみよう(図を参照)。すなわち地球の中心と月の中心、そして地上(図の地球円周上)の 3 点を結ぶ三角形が二等辺三角形となる D 点に物体を置いてみよう。加速度がベクトル量であることに注意しよう。すると D 点に置いた物体に、月が存在するために生じた重さの補正項は

(i)

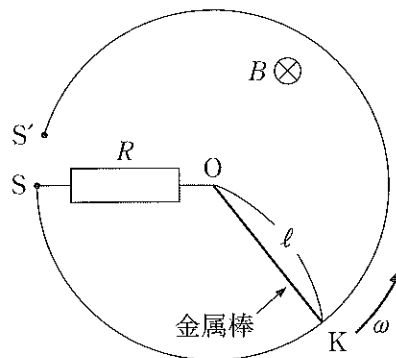
となる。またこのベクトルの向きは (5) である。すなわち月があるために D 点では物体は月が無い場合に比べて (6) なるのである。



2

図のように、水平面内に電気抵抗の無視できる導線で出来た半径 ℓ の円形レールが置かれている。ただしレールはその一部 SS' 間は切れている。円形レールの中心 O とレール上の点 S は導線を介して抵抗値 R の抵抗によって結ばれて固定されている。長さ ℓ の、電気抵抗の無視できる金属棒 OK をレールの中心 O とレールの上に渡し、 O を中心に反時計回りにレールに接しさせながら一定の角速度 ω の大きさを回転させた。以下では K が S から S' に進む間のみを考える。また鉛直下方(紙面の表から裏向き)に磁束密度 B の一様な磁界がかかっている。このとき以下の問いに答えなさい。

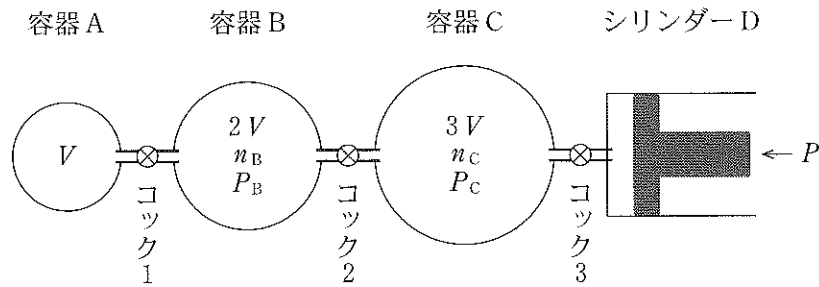
- (1) 時間 Δt 内に扇形回路 OSK を貫く磁束変化量はいくらか。
- (2) 抵抗の両端に発生する電位差の大きさ V を求めなさい。また金属棒 OK を流れる電流の向きは $O \rightarrow K$ かそれとも $K \rightarrow O$ か。
- (3) 抵抗で消費される電力はいくらか。
- (4) 金属棒 OK が磁場から受ける力の大きさはいくらか。その向きは回転と同方向か、逆方向か。



物 理 (その 2)

3 気体に関する以下の問いに答えなさい。

A 下図のように、容器 A, B, C とシリンダー D が、コック 1, 2, 3 のついた容積の無視できる細管で接続されている。シリンダー D 内部には、気密性を保ちながら滑らかに動くことができるピストンがある。ピストンの右側の圧力は大気圧 P になっている。容器 A, B, C の容積はそれぞれ V , $2V$, $3V$ で、最初はすべてのコックは閉じており、ピストンがシリンダー D の底まで押し込まれている状態である。容器 A は真空中で、容器 B には n_B モル、圧力 P_B の単原子分子理想気体 B が、容器 C には n_C モル、圧力 P_C の単原子分子理想気体 C が入っている。容器、細管、シリンダー D、ピストンはすべて断熱材で作られていて、これらの熱容量は無視できるものとする。気体定数を R とする。このとき以下の問いに答えなさい。ただし $2P_B + 3P_C > 6P$ とする。



- (1) 容器 B, C 内の気体 B と C の内部エネルギー U_B , U_C はそれぞれいくらか。
- (2) まず、コック 2, 3 は閉じたまま、コック 1 を開けてしばらく時間をおき、容器 A, B 内の気体を平衡状態にした。このとき、気体の温度 T_{AB} および圧力 P_{AB} を求めよ。
- (3) さらに、コック 3 は閉じたまま、コック 2 を開けてしばらく時間をおき、容器 A, B, C 内の気体を平衡状態にした。気体 B と気体 C は化学反応を起こさないものとする。このとき、気体の温度 T_{A-C} および圧力 P_{A-C} を求めよ。
- (4) 最後に、コック 3 をゆっくり開いて気体をシリンダー D 内に膨張させた。このとき、シリンダー内の圧力は常に P を保ったままピストンを移動させるものとする。全体が平衡状態に達したとき、シリンダー D 内にある混合気体の体積 V_D および混合気体の温度 T_{A-D} を求めよ。

B 空気の入ったヨーヨー風船(水風船)を冷蔵庫に入れておいたところ、室温の部屋に置いておいた時よりも、長時間しぼまなかった。その理由を 70 字以内で説明しなさい。なお、風船がしぼむのは、空気分子がゴム膜をすり抜けるためである。

- 4 振動数 f_s の音源 S と観測者 A と B が図 1 のような位置関係にある。音源 S は、静止している観測者 A に SA を結ぶ直線上を一定の速さ v_s で近づいている。一方観測者 B は SA と $\angle ASB = \theta$ の方向のある位置に静止している。空気中の音速を V とし、 $v_s < V$ である。このとき以下の問いに答えなさい。

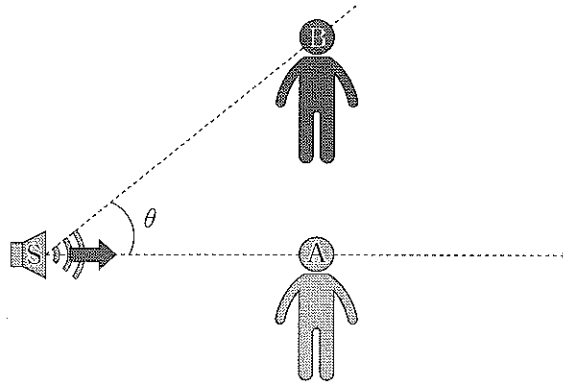


図 1

- (1) 音源 S が出す音波の速さはいくらか。また、観測者 A に聞こえる音源 S の音波の波長ならびに振動数はいくらか。
- (2) 観測者 B に聞こえる音源 S の音波の振動数はいくらか。

次に図 2 のように左から音源 S、観測者 A および音を反射することができる反射板 R を一直線上に配置した。

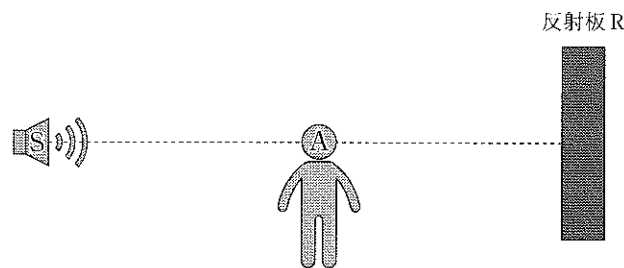


図 2

- (3) このとき音源 S と観測者 A が静止して、反射板 R が直線上を一定の速さ v_R で左側に動いた。ただし $v_R < V$ である。観測者 A に聞こえる反射板 R で反射した音波の振動数はいくらか。また、このときに観測者 A に聞こえるうなりは 1 秒間に何回か。
- (4) 次に、図 2 の配置で、S、A、R の 3 者はそれぞれ一定の速さで右方向に動いた。音源 S の速さは v_s 、観測者 A の速さは v_A 、反射板 R の速さは v_R である。いずれの速さも音速より小さい。このとき観測者 A に聞こえるうなりは 1 秒間に何回か。ただし 3 者が衝突しない範囲で考える。