

福島県立医科大学

平成 24 年 度
医学部前期入学試験問題

理 科

〔「物理Ⅰ・物理Ⅱ」「化学Ⅰ・化学Ⅱ」「生物Ⅰ・生物Ⅱ」〕

(時間：2 出題科目で 120 分)

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 出題科目、ページ及び選択方法は、下表のとおりです。

出 題 科 目	ペ ー ジ	選 択 方 法
「物理Ⅰ・物理Ⅱ」	1～2	左の 3 出題科目のうちから、あらかじめ届け出た 2 出題科目について解答しなさい。
「化学Ⅰ・化学Ⅱ」	3～4	
「生物Ⅰ・生物Ⅱ」	5～7	

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 解答は、すべて解答用紙の所定の欄に記入しなさい。
- 5 問題冊子の余白および下書き用紙は計算等に用いて構いません。
- 6 試験終了後、解答用紙のみを回収します。

物理Ⅰ・物理Ⅱ

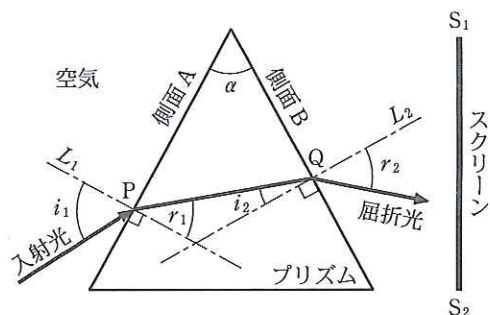
- [1] 万有引力の法則とケプラーの第3法則「惑星の公転周期の2乗は、楕円軌道の半長軸(太陽からの平均距離)の3乗に比例する(比例定数を $k[s^2/m^3]$ とする)」の間には密接な関係がある。この関係を調べるため、万有引力の法則を次のように一般化して考えよう。

「全ての物体間には引力がはたらいており、その大きさは2物体の質量の積に比例し物体間の距離の x 乗に反比例する(ここでの万有引力定数を G とする)。」

太陽の質量を $M[\text{kg}]$ 、惑星の質量を $m[\text{kg}]$ とし(M は m に比べ充分大きい)、惑星は太陽を中心とした半径 $a[\text{m}]$ の円周上で公転周期 $T[\text{s}]$ で等速円運動しているものとして、次の問い(問1~6)に答えよ。

- 問1 ケプラーの第3法則を a, k, T を用いて表せ。
 問2 一般化した万有引力の法則に基づいて、太陽と惑星の間にはたらく引力の大きさを a, m, x, G, M を用いて表せ。
 問3 惑星の公転速度の大きさを $v[\text{m/s}]$ として、惑星の運動方程式を a, m, v, x, G, M を用いて表せ。
 問4 v を a, T および円周率 π を用いて表せ。
 問5 ケプラーの第3法則と一般化した万有引力の法則が両立するためには、 k と G の間にはどのような関係式が成り立つ必要があるか、さらに、 x はいくらかでなければならないか、簡潔に説明せよ。
 問6 地球は太陽を中心とした半径 $1.50 \times 10^{11} \text{ m}$ の円周上を速さ $3.0 \times 10^4 \text{ m/s}$ で等速円運動しているものとし、太陽の質量 M を有効数字に注意して簡潔な説明をつけて求めよ。ただし、 G を $6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg}\cdot\text{s}^2)$ とせよ。

- [2] プリズムによる光の屈折を考えよう。図は2つの側面A, Bのなす角が $\alpha[\text{rad}]$ である三角柱の形をしたプリズムの断面を表している。図には、振動数 $f[\text{Hz}]$ の単色光が、A上の点Pに入射し、B上の点Qを通ってスクリーンに到達する光路が描かれている(ただし、実際にはスクリーンはプリズムに比べて充分大きく、プリズムから充分離れている)。Pでの入射角、屈折角をそれぞれ $i_1[\text{rad}]$ 、 $r_1[\text{rad}]$ とし、Qでの入射角、屈折角をそれぞれ $i_2[\text{rad}]$ 、 $r_2[\text{rad}]$ とする。また、直線 L_1, L_2 はそれぞれ、P, QでのA, Bに対する法線である。さらに、この振動数での、空気に対するプリズムの屈折率を n とし、次の問い(問1~3)に答えよ。



- 問1 次の文章の空欄 ~ にあてはまる式を $\alpha, i_1, i_2, r_1, r_2$ の中から適切なものを用いて表せ。ただし、 には i_2 と r_1 は用いてはならない。

入射した光はPで屈折して [rad] だけ向きを変え、さらに、Qで屈折して [rad] だけ向きを変える。 $r_1 + i_2 =$ [rad] であることから、プリズムを通過した光は合計で [rad] だけ向きを変えることがわかる。一般に光の振動数が異なれば屈折率も異なるので、同じ入射角でプリズムに入射した光でも、振動数が異なればスクリーン上の異なる場所に到達する。

- 問2 振動数 $f'[\text{Hz}]$ ($f' \neq f$) での、空気に対するプリズムの屈折率を n' ($n' > n$) とする。また、この振動数の単色光が入射角 i_1 でプリズムに入射したときのAにおける屈折角を r'_1 [rad]、Bにおける入射角、屈折角をそれぞれ i'_2 [rad]、 r'_2 [rad] とする。このとき、 r_1 と r'_1 、 i_2 と i'_2 、 r_2 と r'_2 の大小関係とその理由を簡潔に述べよ。
 問3 ある光源からの光が入射角 i_1 でプリズムに入射したところ、スクリーン上に S_1 から S_2 に向かって赤、橙、青の順に光が並んだ。このことから、このプリズムにおいて、振動数と屈折率の間にどのような関係があると推察できるか、理由をつけて簡潔に述べよ。

[3] 容器に閉じこめられた理想気体 n [mol] を加熱することを考える。この気体の定積モル比熱は C_v [J/(mol·K)]、定圧モル比熱は C_p [J/(mol·K)] である。加えた熱量を Q [J]、外部にした仕事を W [J]、内部エネルギーの変化を ΔU [J] とし、また、加えた熱量が外部へ熱の形で逃げることはないものとして、次の問い(問 1～3)に簡潔な説明をつけて答えよ。

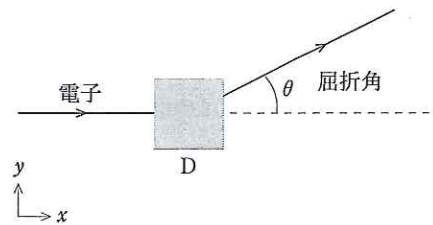
問 1 この気体を温度一定で加熱するとき、 Q を 100 パーセント W に変えることができる。それはなぜか。

問 2 前問の下線部(a)と、「高温の熱源から受けとる熱量を 100 パーセント仕事に変える熱機関は存在しない」ということ(熱力学の第二法則)とは矛盾しない。それはなぜか。

問 3 この気体を圧力一定で加熱すると、気体の温度は ΔT [K] 上昇した。このとき、 $\frac{W}{Q}$ を C_v と C_p を用いて表せ。

[4] オシロスコープや電子顕微鏡などで使われている電子の屈折について述べた次の文章の空欄 [ア] ～ [シ] を埋め、下の問い(問 1～3)に簡潔な説明をつけて答えよ。なお、電子の質量は m [kg]、電荷は $-e$ [C] とする。

真っ直ぐ進む電子の軌道を曲げる、すなわち屈折させるには、電場を使う方法と磁場を使う方法がある。図は電子の屈折を利用する装置の断面を表し、領域 D には電場か磁場がかけられるようになっている。電子は図の紙面上のみを運動し、図のように紙面上に x 方向、 y 方向を定める。



電子は x 方向に一定の速さ v [m/s] で D に入射し、D を出た電子は屈折角 θ [rad] の軌道を進む。電子にはたらく力は D における電場または磁場による力以外には無く、電子が D を通過する時間は T [s] である。

まず、D に紙面と平行で y 方向に大きさ E [N/C] の一様な電場があるとき、D で電子が電場から受ける力の大きさは e と E を用いて [ア] [N] と表され、図のように上向きに電子を曲げるためには電場の向きは [イ] (上向きか、下向きかで答えよ) でなければならない。この場合、電子の x 方向の速度 v_x の大きさは v のままである。一方、D での電子の y 方向の加速度の大きさは e 、 m 、 E を用いて [ウ] [m/s²] と表されるので、D を出るときの電子の y 方向の速度の大きさ v_y は e 、 m 、 E 、 T を用いて [エ] [m/s] と表される。したがって、D に電場があるときの屈折角 θ の正接 $\tan \theta \left(= \frac{v_y}{v_x} \right)$ は e 、 m 、 v 、 E 、 T を用いて [オ] と表される。

次に、D に紙面と垂直で磁束密度の大きさが B [T] の一様な磁場があるとき、D で電子は磁場から [カ] 力を受ける。この力の大きさは e 、 v 、 B を用いて [キ] [N] と表され、図のように上向きに電子を曲げるためには磁場の向きは紙面に垂直に [ク] (表から裏か、裏から表かで答えよ) でなければならない。この場合、D で電子は等速円運動をするが、あまり回転しないうちに D を出ることになる。円運動の半径を r [m] とすると電子の受ける向心力の大きさは m 、 r 、 v を用いて [ケ] [N] と表され、[ケ] = [キ] が成り立つ。また、円運動の角速度を ω [rad/s] とすると、電子の速さ v は r と ω を用いて [コ] [m/s] と表され、 ω は e 、 m 、 B を用いて [サ] [rad/s] と表される。また、D で電子が円運動により回転した角度と電子の屈折角 θ は等しいので、D に磁場があるときの屈折角 θ は e 、 m 、 B 、 T を用いて [シ] [rad] と表される。

問 1 領域 D に電場があるとき、屈折により電子が電場から受けとるエネルギーはいくらか。

問 2 領域 D に磁場があるとき、屈折により電子が磁場から受けとるエネルギーはいくらか。

問 3 電場の単位は [N/C] の他に [V/m] でも表される。それはなぜか。