

平成19年度 個別学力試験問題

理 科 (120分)

生命環境学群 (生物学類, 生物資源学類, 地球学類)
 (地球学類)※地理歴史を選択する者は, 理科1科目と合わせて
 120分

理工学群 (数学類, 物理学類, 化学類, 応用理工学類, 工学システム学類)
 情報学群 (情報科学類)
 (知識情報・図書館学類)※1科目選択で60分

医学群 (医学類, 医療科学類)
 (看護学類)※1科目選択で60分

目 次

物	理	1
化	学	9
生	物	15
地	学	27

注 意

1. 問題冊子は1ページから36ページまでである。
2. 受験者は下表の志望する学群の出題科目を解答すること。

学 類	出 題 科 目				備 考
	物理	化学	生物	地学	
生 物 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
生 物 資 源 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
地 球 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答 又は地理歴史を選択する者は○ 印の中から1科目選択
数 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
物 理 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
化 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
応 用 理 工 学 類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
工 学 シ ス テ ム 学 類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
情 報 科 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
知 識 情 報 ・ 図 書 館 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
医 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答
看 護 学 類	○	○	○		○印の中から1科目を選択解答
医 療 科 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答

物 理

問題Ⅰ～Ⅲについて解答せよ。ただし、Ⅲは選択問題である。

Ⅲ－AまたはⅢ－Bのいずれか一方を選択し解答せよ。

Ⅰ 水平に置かれた細い棒 OP に穴のあいた質量 m の小さなおもりを通し、点 O から距離 l の点 A で静かに手をはなした。棒とおもりの間の静止摩擦係数を μ 、動摩擦係数を μ' 、重力加速度を g として以下の問いに答えよ。ただし、 $\mu' < \mu < 1$ とする。解答は全て解答用紙の所定の欄に記入し、考え方や計算の要点も記入すること。

棒 OP を、図 1 のように、点 O を中心にしてゆっくりと傾けていったところ、OP と水平面とのなす角が θ となったとき、おもりは棒に沿って点 O の方向へすべり出した。

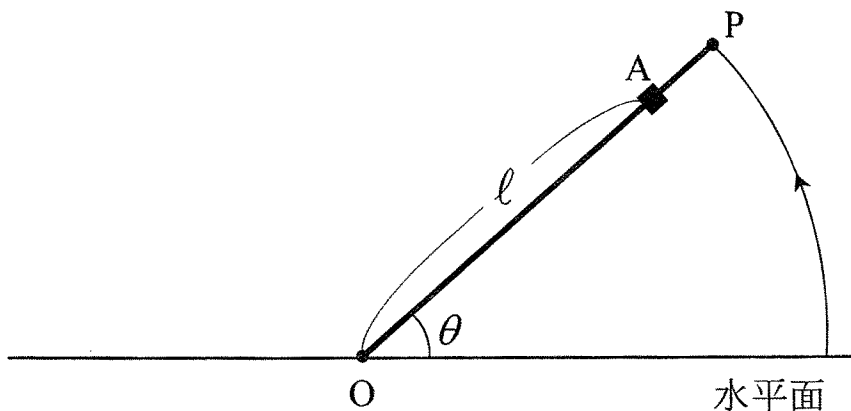


図 1

問 1 このとき、 θ と μ の間にはどのような関係が成り立つか。

問 2 おもりが棒に沿ってすべり下りて、点 O に達するまでに摩擦力がする仕事の大きさを、 θ 、 μ' 、 m 、 l 、 g のうち必要なものを用いて表せ。

問 3 おもりが点 O に達したときのおもりの速さを θ , μ' , m , l , g のうち必要なものを用いて表せ。

次に、棒 OP を角度 θ に傾けたまま、おもりを点 A の位置に戻し、図 2 のように、棒を点 O を通る鉛直な軸(図 2 の破線)のまわりに角速度 ω で回転させたところ、おもりは点 A の位置から動くことはなかった。

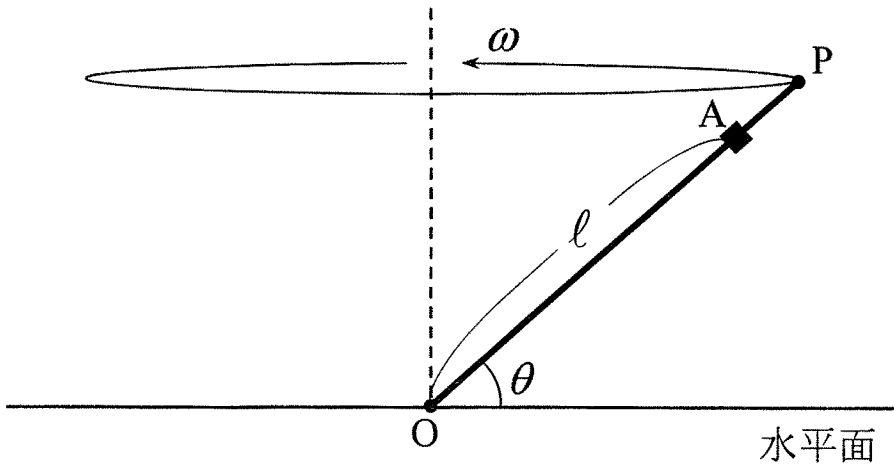


図 2

問 4 おもりに働く遠心力の大きさを ω , θ , m , l , g のうち必要なものを用いて表せ。

問 5 角速度が $\omega = \omega_0$ のとき、おもりに摩擦力が働かなくなる。 ω_0 を θ , m , l , g のうち必要なものを用いて表せ。

問 6 おもりが点 A の位置から動くことのないような最大の角速度 ω_m を、 θ , μ , m , l , g のうち必要なものを用いて表せ。

II 電荷が等しく質量の異なる荷電粒子が混在している。それぞれの質量を決定するために、図に示すような装置を考える。座標軸は図にあるように定義する。

Sは荷電粒子の源であり、粒子は同一の電荷 $q (> 0)$ 、既知とする)を持つが、その速度と質量は様々である。これらの荷電粒子が、小孔Pから領域Iに入る。領域Iには、たがいに垂直な電場と磁場が存在し、特定の速度を持つ粒子を選択する目的を持つ。電場の大きさは E 、磁束密度の大きさは B であり、電場の方向は x 軸の負の向き、磁場の方向は、紙面の裏から表である。荷電粒子の一部は、小孔Qを通過して、領域IIに到る。領域IIには、領域Iと同じ大きさ・向きの磁場が存在するが、電場は存在しない。

このとき、以下の問に答えよ。解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入し、考え方や計算の要点も記入せよ。

小孔Pを通過して領域Iに入る粒子は、速度 $\vec{v} = (0, v, 0)$ を持つ($v > 0$)。ただし、その y 方向の速さ v は様々であり、また質量 m も様々である。これらの粒子のうち、ある特定の速さ v_0 を持つものは、その質量にかかわらず、直進して小孔Qに到達した。小孔P, Q間の距離は ℓ であり、各小孔は充分小さいものとする。

問1 この速さ v_0 が $v_0 = \frac{E}{B}$ で与えられることを示せ。

小孔Qを速さ v_0 で通過した荷電粒子は、領域II($y > 0$)を運動した後、そのあるものは x 軸($y = 0$)に戻る。 x 軸上には、荷電粒子の検出器があり、到達した粒子の x 座標を測定することが可能である。

問2 荷電粒子が検出されたときの、粒子の x 方向の位置 x_0 を求め、 ℓ 、 m 、 q 、 E 、 B のうち必要なものを用いて表せ。ただし、 x 軸の原点は小孔Qにあるとする。

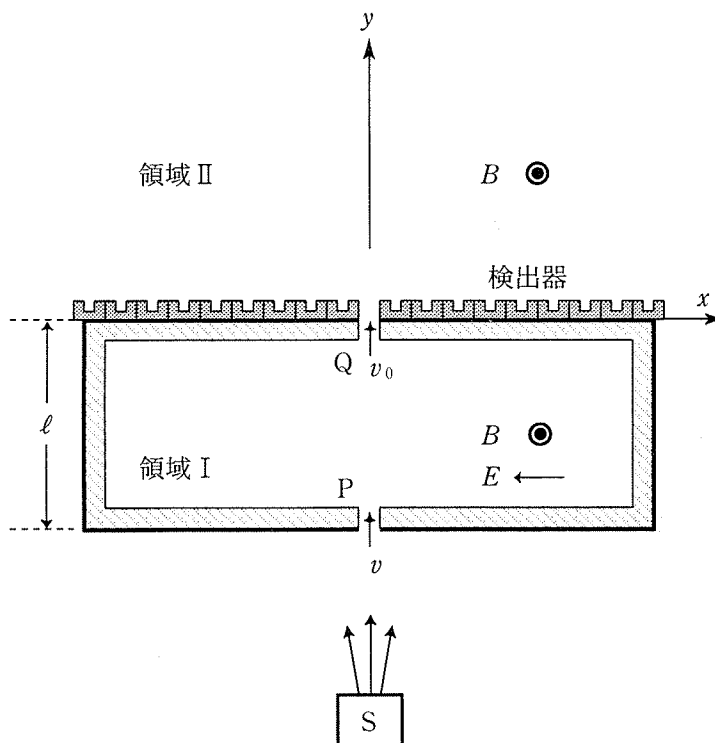
問3 位置 x_0 を測定することにより、粒子の質量を決定することができる。その理由を35字以内で述べよ。

領域 I における電場の大きさが $E = 100 \text{ V/cm}$ 、磁束密度の大きさが $B = 2.00 \times 10^{-1} \text{ T}$ 、距離 $\ell = 10.0 \text{ cm}$ であるとき、以下の問に答えよ。ただし、荷電粒子の電荷は $q = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ であるとする。

問 4 この荷電粒子に対して、速さ v_0 を m/s を単位として有効数字 2 桁で求めよ。

問 5 この粒子に対して、位置 x_0 を測定したところ、 $x_0 = 15.6 \text{ mm}$ を得た。粒子の質量 m を、 kg を単位として有効数字 2 桁で求めよ。

問 6 荷電粒子検出器の位置測定の精度が 1 mm である場合、問 5 で考えた粒子と、その $\frac{4}{3}$ 倍の質量を持つ荷電粒子を分離することが可能であるか否か、理由を付けて述べよ。



Ⅲ (選択問題)

Ⅲ—A〔物質と原子〕またはⅢ—B〔原子と原子核〕のいずれか一方を選択し、解答用紙の所定欄に○印を記入して解答せよ。

Ⅲ—A〔物質と原子〕

滑らかに動くピストンを持った容器に1モルの理想気体が入っており、その容器の体積または容器内の圧力は、必要に応じて一定に保つことができるようになっている。この容器中の気体には、ヒーターを使って熱を加えることができ、その熱量は正確に測定できるとする(図1を参照)。この理想気体の圧力、体積、温度(絶対温度)がそれぞれ P 、 V 、 T である状態を初期状態(図2中で O と示されている状態)として、以下の設問に答えよ。ここで、理想気体の定積モル比熱を C_V 、気体定数を R とする。解答は全て解答用紙の所定の欄に記入し、考え方や計算の要点も記入せよ。

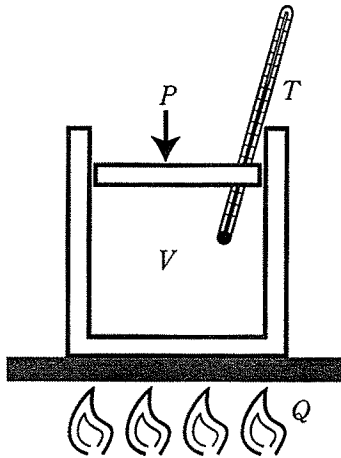


図1

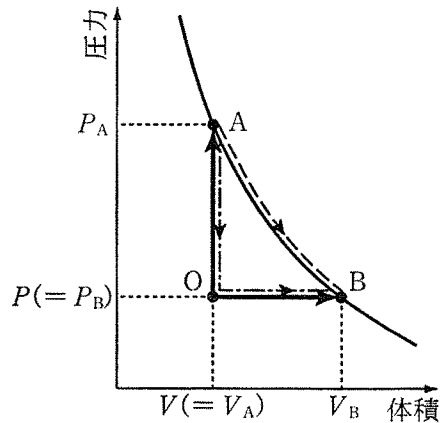


図2

- 問1 図2中の状態 O から体積 V を一定に保って Q だけの熱量を加えたところ、状態 A となった。圧力および温度の変化量を求めよ。
- 問2 図2中の状態 O から圧力 P を一定に保って Q だけの熱量を加えたところ、状態 B となった。体積および温度の変化量を求めよ。
- 問3 定積モル比熱 C_V と定圧モル比熱 C_P とはどのような関係があるか、問2の結果を用いて導け。

問 4 図 3 のように、ヒーターの上に状態 O にある容器を 2 個並べて置き、片方は V を一定、もう一方は P を一定に保って両方の容器に合計で Q だけの熱量を加えた。加熱後、2 つの容器の温度を測定してみると、同じ温度になっていた。加熱前に比べて温度はどれだけ上昇しているか、求めよ。

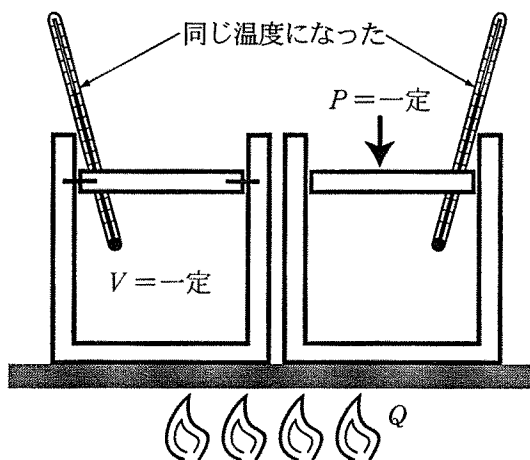


図 3

問 5 図 2 中の状態 A と状態 B とは、問 1 および問 2 で与えた Q が微小で同じ大きさであるとするならば、一本の断熱変化を表す曲線上にあるとみなすことができる。このことを使って、1 モルの理想気体の断熱変化(図 2 中で $A \rightarrow B$ の破線で示される過程)における圧力および体積の微小な変化量(それぞれ $\Delta P = P_B - P_A$ および $\Delta V = V_B - V_A$ とせよ。)の間の関係を求めよ。(図 2 中で、 $A \rightarrow B$ の断熱変化過程(破線)を折れ線 $A \rightarrow O \rightarrow B$ に沿う過程(一点鎖線)で近似したことになる。)

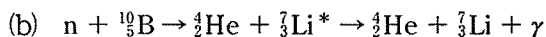
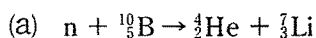
Ⅲ (選択問題)

Ⅲ—A〔物質と原子〕またはⅢ—B〔原子と原子核〕のいずれか一方を選択し、解答用紙の所定欄に○印を記入して解答せよ。

Ⅲ—B〔原子と原子核〕

悪性の脳腫瘍は最も治癒が困難ながんの1つである。その理由は、がん病巣がコア(大きながん細胞の塊)の周辺に細胞レベルで浸潤していることによる。それを細胞レベルで治療する手段として、ホウ素中性子捕捉療法という治療法が開発された。本問は、これに使われる原子核反応に関するものである。

質量数10のホウ素(^{10}B)は熱中性子(運動エネルギーの低い中性子 n)を捕捉する確率が他の元素に比べてケタ違いに高いことが知られている。静止しているホウ素が熱中性子を捕捉すると、



${}^7_3\text{Li}^*$: ${}^7_3\text{Li}$ の静止エネルギーが大きい状態, γ : ガンマ線

のいずれかの過程を経て、アルファ粒子(${}^4_2\text{He}$)と質量数7のリチウム原子核(${}^7_3\text{Li}$)を放出し大きな核エネルギーが開放される。このとき以下の間に答えよ。ここで、各粒子の静止質量は、原子質量単位で表1に示されている。なお1原子質量単位は、エネルギーに換算して $9.3 \times 10^2 \text{ MeV}$ である。また、熱中性子の運動エネルギーは、核反応のエネルギーに比べて非常に小さいので、それを0として計算せよ。問1、問4の答えはMeV単位で有効数字2桁まで求めよ。解答は全て解答用紙の所定の欄に記入し、考え方や計算の要点も記入せよ。

問1 (a)の反応は、発熱反応である。その反応熱 Q (反応の結果できた粒子の運動エネルギーの総和)を求めよ。

問2 (a)の反応で、出射するアルファ粒子とリチウム原子核が放出される方向にはどのような関係があるかを述べよ。

- 問 3 (a)の反応で、アルファ粒子(${}^4_2\text{He}$)とリチウム原子核(${}^7_3\text{Li}$)の運動エネルギーの表式を求め、反応熱 Q 、アルファ粒子の質量 m 、リチウム原子核の質量 M を用いて記せ。このとき各粒子の運動エネルギーは、(運動量の2乗) \div (2 \times 質量)と書けるとして計算せよ。
- 問 4 (b)の第2ステップから第3ステップへの過程では、 ${}^7_3\text{Li}^*$ がガンマ線を放出して ${}^7_3\text{Li}$ に崩壊する。このガンマ線のエネルギーを求めよ(その導出過程も明示せよ)。ただし、 ${}^7_3\text{Li}^*$ と ${}^7_3\text{Li}$ の静止エネルギーの差は、0.48 MeV であるとする。ここでは ${}^7_3\text{Li}^*$ は止まっているとして計算せよ。このとき、ガンマ線の光子を除く各粒子の運動エネルギーは、(運動量の2乗) \div (2 \times 質量)と書けるとして計算せよ。また、 ϵ が1に比べて十分小さいとき、 $\sqrt{1+2\epsilon} \doteq 1+\epsilon$ という近似が使えることを利用せよ。

表1：各粒子の質量(原子質量単位で表示)

粒 子	質 量
中性子	1.00866
質量数 10 のホウ素原子核	10.01020
アルファ粒子	4.00151
質量数 7 のリチウム原子核	7.01436