

2012 年度 入学 試験 問題

理 科 (問 題)

注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で 26 ページあり，問題数は，物理 5 問，化学 4 問，生物 5 問である。白紙・余白の部分は計算・下書きに使用してよい。
- 2) 別に解答用紙が 3 枚ある。解答はすべてこの解答用紙の指定欄に記入すること。指定欄以外への記入はすべて無効である。
- 3) 3 枚の解答用紙のすべての所定欄に，それぞれ受験番号を記入すること。氏名を記入してはならない。また，※印の欄には何も記入してはならない。
- 4) 理科は物理・化学・生物のうち 2 科目を選択して解答すること。選択しない科目の解答用紙には(受験番号は忘れず記入の上)用紙全体に大きく×印をつけて，選択しなかったことがはっきりと分かるようにすること。
- 5) 3 科目全部にわたって解答したもの，および解答用紙 3 枚のうち 1 枚に×印のないものは，理科の試験全部が無効となる。
- 6) 問題冊子，解答用紙はともに持ち出してはならない。
- 7) 途中退場または試験終了時には，解答が他の受験生の目に触れないように解答用紙を裏返して，下から順に物理，化学，生物の解答用紙を重ねて，監督者の許可を得た後に退出すること。

物 理

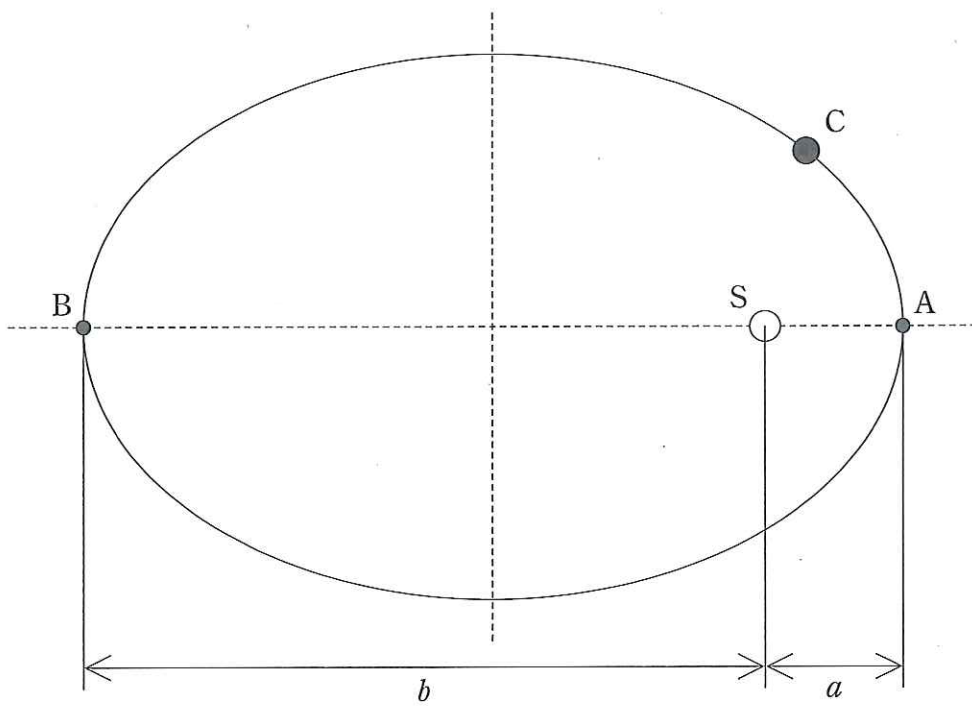
〔注意〕 次のⅠ～Ⅴの5問のうち、Ⅰ～Ⅲの3問については、全員が解答すること。Ⅳ、Ⅴの2問については、どちらかを選択し、解答せよ。選択しなかった問題の解答欄には、大きく×印をつけよ。

Ⅰ 下の文を読んで、下記の(1)から(5)の問いに答えよ。ただし万有引力定数を G とする。また太陽の公転、自転の影響は無視してよいとする。

- (1) 太陽 S (質量 M) のまわりを半径 a で円運動をする物体 C (質量 m) がある。この物体 C にある速度を与えて太陽の引力圏を脱出させようとしたとき、脱出に必要な最小速度 V_0 を求めよ。ただし簡単のために太陽の半径は a に比べて十分小さく、無視してよいとする。

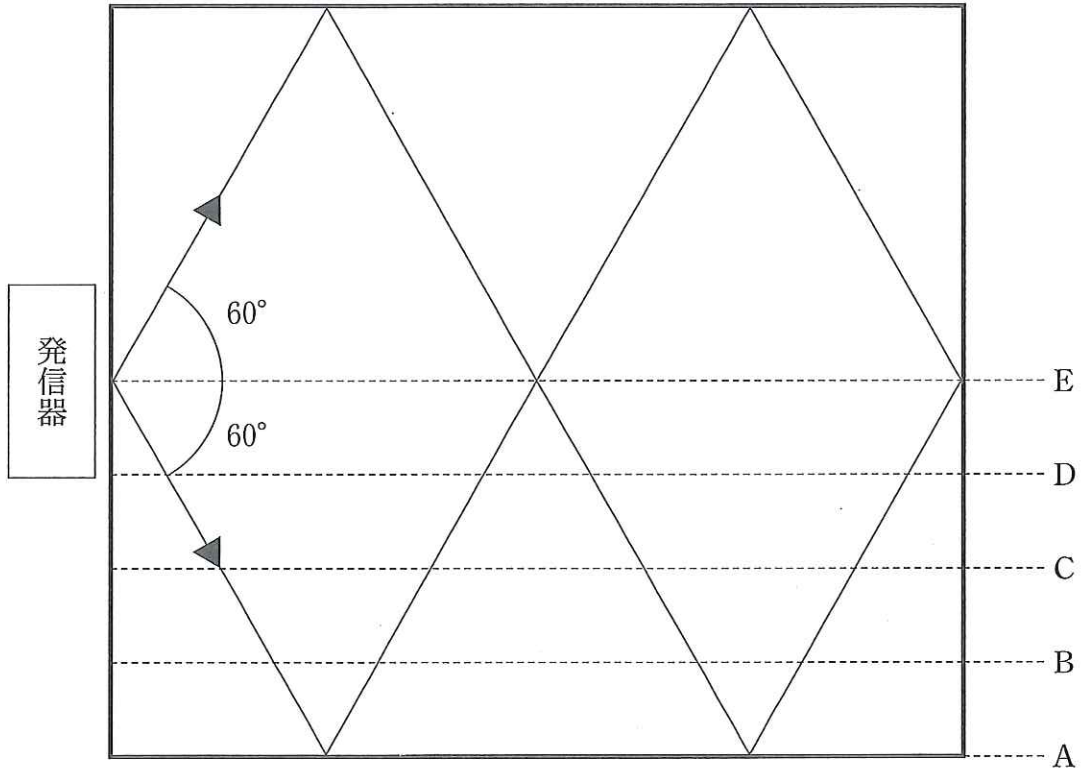
次に、もっと一般的に太陽 S (質量 M) のまわりを物体 C (質量 m) がまわるための条件を考えてみよう。ケプラーの第一法則によれば、物体が太陽の引力圏から脱出しないときには図のような楕円軌道を描く。近日点(太陽に最も近い点) A の太陽 S からの距離 a 、 A における速度 V_a が与えられているとき、遠日点(太陽に最も遠い点) B の太陽 S からの距離 b を求めてみよう。簡単のために a に比べて太陽の半径は無視できるとする。

- (2) 遠日点 B での物体 C の速度を V_b とするとき、エネルギー保存則により a 、 b 、 V_a 、 V_b の間に成り立つ関係を求めよ。
- (3) ケプラーの第二法則によれば、短い時間 Δt の間に物体 C と太陽 S とを結ぶ線分(動径)が描く面積は一定である。この法則を用いて a 、 b 、 V_a 、 V_b の間に成り立つ関係を求めよ。
- (4) (2)、(3)の関係をを用いて b を求めよ。
- (5) 物体 C が太陽 S の周りを楕円運動をするためには、 V_a は(1)で求めた V_0 とどのような関係になければならないか。



II 分子にマイクロ波を吸収させると分子の温度を上げることができる。それを利用したものが電子レンジである。水はマイクロ波をよく吸収し、マイクロ波加熱に理想的な物質である。マイクロ波領域の電磁波が水を含んだ食品に加わると、マイクロ波の電気エネルギーは熱エネルギーに変換される。電子レンジは熱エネルギーによって食品を温める。マイクロ波の電気エネルギーはマイクロ波の振幅が大きいほど大きくなる。電子レンジの模式図を図に示す。電子レンジの中では、金属製の一方の壁に取り付けられた発信器からマイクロ波が水平方向から上下 $\pm 60^\circ$ の方向に発信され、金属製の壁で反射して、それらが干渉し、定常波を作っている。マイクロ波の空気中での屈折率を1、マイクロ波の周波数を2,450メガヘルツ(MHz)として以下の間に答えよ。なおマイクロ波の金属壁での反射は、固定端とみなしてよい。また光速は 3.0×10^8 m/sである。

- (1) マイクロ波の波長 λ は何mか。
- (2) 金属の壁の高さ a 、横幅 b を求めよ。ただし a 、 b とも15 cmより大きく、30 cmより小さい。
- (3) 電子レンジのなかに台を置き、その上にステーキ肉を置いて温めたところ、全く温まらなかった高さがあった。それは図のA~Eのどの位置においたときか。考えられる場所をすべて答えよ。ただし台の影響は無視できるとする。またA~Eは高さ方向に等間隔に取られている。
- (4) 一方、ステーキ肉が温まったところ(ホットスポット)がところどころできた場所は、図のA~Eのどの位置か。考えられる場所をすべて答えよ。
- (5) マイクロ波は、電子レンジの他にも様々なところで利用されている。そのうち主なものを二つあげよ。



Ⅲ 次の文を読み、以下の(1)から(2)の問いに答えよ。

円運動する荷電粒子を、軌道半径を変えないで加速する方法として、与える磁場の変化による誘導電場を用いるベータトロンと呼ばれる装置がある。この原理について考えてみよう。

まず図のように、真空中において、半径 R_a の円柱形の鉄心を持つ電磁石の磁極のすき間に、磁束密度 B_0 の一様な磁場を下向きに与えた場合を考える。重力の影響は無視できるとする。この磁場の中を図のように電荷 $-e$ ($e > 0$)、質量 m の電子が半径 r で等速円運動しているとき、電子の速度を v とすれば、 v は m , r , e , B_0 を用いて $v =$ (①) と表すことができる。また電子が軌道を1周回するのにかかる時間は m , e , B_0 を用いて (②) なので、電子の軌道断面を単位時間当たりを通過する電気量、すなわち電流は m , e , B_0 を用いて (③) と書ける。これは半径 r の抵抗のない円環に電流が流れているものと見なすことができる。

この円環に磁場変化を与えてみよう。磁極間の磁束密度を一様に保ちながら、時間 Δt の間に ΔB だけ均一に増加させると、円環に誘起される起電力は円環を貫く磁束の単位時間あたりの変化で与えられ、その大きさは (④) である。そのとき円環上の電場の大きさは (⑤) となり、これによって円環には電流が誘導される。円環に電流が誘導されるということは、電子が誘導電場 (⑤) により、大きさ (⑥) の力を受けて加速されることと等価である。このとき、電子が受けた力積は電子の運動量の変化に等しいので、時間 Δt 後の速さが $\Delta v =$ (⑦) だけ増えたことになり、電子に働く中心方向の合力は v , Δv , B_0 , ΔB , m , e , r を用いて表すと (⑧) となる。 Δv , ΔB は微小量として $(\Delta v)^2$, $(\Delta B)(\Delta v)$ を無視する近似を行えば、中心方向の合力 (⑧) は ΔB に比例して (⑨) と書き表すことができる。このように磁極間に一様で、均一な磁場変化を与えて電子を加速した場合には、軌道半径が (A) ことがわかる。実際のベータトロンでは、この影響を消して、電子が軌道半径を変えないで加速されるために、磁極間の磁場分布は一様ではなく、与える磁場変化も均一にならない工夫がなされている。

(1) 上の文中の括弧の①から⑨までに入る適切な数式または言葉を解答欄の該当箇所に記入せよ。

(2) 上の文中の括弧のAに入る適切な文を下記の選択肢の中から選び、解答欄に文の前に付けられた記号を記入せよ。

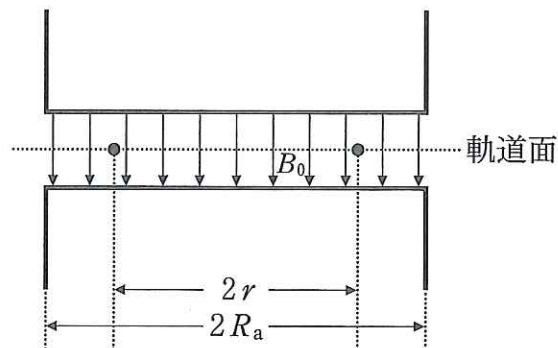
選択肢：

ア：大きくなる

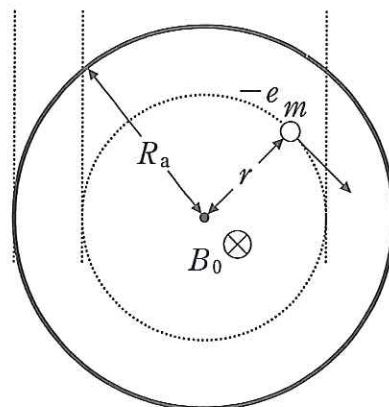
イ：変わらない

ウ：小さくなる

横から見た図



上から見た図



(注) 図で⊗は、紙面に垂直に表から裏に向かう向きを表す

下記のⅣ、Ⅴ問の中から、どちらかを選び、解答せよ。選択しなかった問題の解答欄には、大きく×印をつけよ。

Ⅳ 下記の文を読み、(1)から(5)の問いに答えよ。ただしプランク定数を h 、光速を c とする。

太陽光発電は図1のような原理に基づいて行われる。太陽光が半導体にあたると、電子と正孔の対が生まれ、電子は n 型半導体へ、正孔は p 型半導体へ引き寄せられる。その結果 n 型半導体と p 型半導体との間に起電力が発生する仕組みとなっている。

いま太陽光をフィルターを通して単色化し、波長 λ の光で半導体を照射したとしよう。これを等価回路で書くと図2のようになる。すなわち、図2で下から上向きに一定の電流が流れる定電流源とダイオードの組み合わせとして書きあらわせる。電流—電圧特性は、図3のようになる。ここで点線で表したのは、光があたらないときの特性(暗電流)で、これはダイオードの特性に等しい。それに対し、光があたったときには、光量に比例した定電流が流れるために、電流—電圧特性は図3の実線のようになる。

(1) 図1で回路を流れる電流は、左から右向き(図の電流①)か、右から左向き(図の電流②)か。理由を添えて答えよ。

(2) 図4の等価回路Aの V_0 は図3のどの値にあたるか。下記の中から最も適切と思われる値を選び、その選択肢の前に付けられた記号を解答欄に記せ。ただし図4のAで、 V_0 は上方を正として定義されている。

(ア) $-V_2$ (イ) $-V_1$ (ウ) 0 (エ) V_1 (オ) V_2

(3) 図4の等価回路Bの電流 I_0 は図3のどの値にあたるか。下記の中から最も適切と思われる値を選び、その選択肢の前に付けられた記号を解答欄に記せ。ただし図4のBで、 I_0 は左から右に流れるときを正として定義されている。

(カ) $-I_2$ (キ) $-I_1$ (ク) 0 (ケ) I_1 (コ) I_2

- (4) 図4の等価回路Cのように、負荷抵抗 R をつけたとき、図3の電流—電圧特性曲線上では、動作点は、P点の値になることが分かった。このとき、この太陽電池の単位時間あたりの出力エネルギーはいくらになるか。
- (5) いま単位時間に太陽光の光量子が n 個あたっている。このとき太陽電池の効率はいくらか。ただし太陽電池の効率とは、太陽から与えられた光のエネルギーのうち、どれだけのエネルギーが出力として取り出せるかを示すものである。

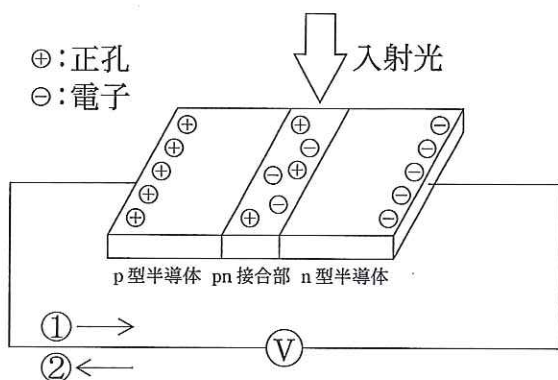


図1

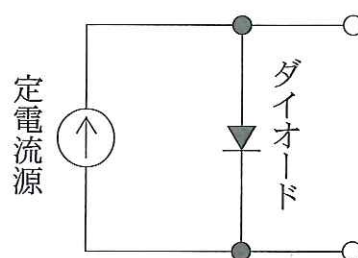


図2

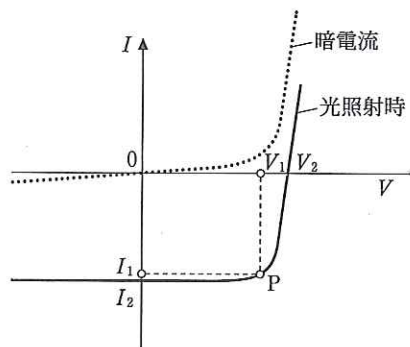


図3

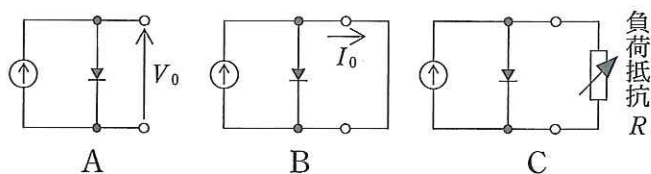


図4

V 次の文を読み、以下の(1)から(3)の問いに答えよ。

PET(positron emission tomography)とは(①)検出を利用したコンピューター断層撮影技術である。PET では、 ^{18}F などの放射性同位元素を含む物質を人体に投与し、それから出る(①)を診断に利用する。PET で利用する放射性同位元素の(②)は一般に短い。

人体に投与された ^{18}F などの放射性同位元素は、体内で崩壊して1個の(①)を放出する。放出された(①)は近傍の原子の(③)と対消滅し、(③)の(④)に等しいエネルギーの光子(ガンマ線)が、2個放出される。このとき、おのおのの光子(ガンマ線)は(⑤)により、反対方向へ対で放出される。

PET 装置は、人体の周囲を取り巻くように配列された多数の光子(ガンマ線)検出器と、2個の光子(ガンマ線)の信号を組み合わせる同時計数回路からなる。検出器のうちいずれか2つが同時に光子(ガンマ線)を検出したとき、その2つの検出器を結ぶ直線上のどこかで対消滅が起きたと考えられる。そこで、この情報を集めてCTと同様のコンピューター画像処理を施すことにより、放射性同位元素の分布を示す三次元画像を作成する。

(1) 上の文中の括弧①～⑤に入れるのに最もふさわしい言葉を下記の選択肢Aの中から選び、その言葉の前に付けられた記号を解答欄に記せ。

選択肢A：

- | | |
|----------------|---------------|
| ア) 電子 | イ) 陽子 |
| ウ) 陽電子 | エ) 反陽子 |
| オ) 運動量保存の法則 | カ) エネルギー保存の法則 |
| キ) 質量保存の法則 | ク) 半減期 |
| ケ) 質量エネルギー | コ) 運動エネルギー |
| サ) γ 崩壊 | |

