

理 科(理工学部)

(2月3日)

開始時刻 午後2時45分  
終了時刻 午後3時45分

物 理 1～10ページ  
化 学 11～21ページ  
生 物 23～42ページ

I 注 意 事 項 (各科目共通)

- 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。
- 合図があったら、必ず裏面の「II 解答上の注意」の各科目の項をよく読んでから、解答してください。
- この冊子は42ページです。落丁、乱丁、印刷の不鮮明及び解答用紙の汚れなどがあった場合には申し出てください。
- 上記の3科目の中から1科目を選択し、該当する解答用紙を切り離して解答してください。2科目以上を解答した場合は、すべて無効となります。
- 解答用紙には解答欄以外に次の記入欄があるので、監督者の指示に従って、それぞれ正しく記入し、マークしてください。
  - 受験番号欄  
受験番号を記入し、さらにその下のマーク欄にマークしてください。正しくマークされていない場合は、採点できないことがあります。
  - 氏名欄  
氏名とフリガナを記入してください。
- 問題冊子の余白等は適宜利用してもかまいません。
- 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。

(裏面へ続く)

物 理

1 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。〔解答番号  ～  〕

図1のように、地球のまわりを半径  $3R$  の円軌道に沿って周回する人工衛星 S がある。地球は半径  $R$  の球であるとし、地表面における重力加速度の大きさを  $g$  とする。また、他の天体の影響および人工衛星の大きさは無視できる。

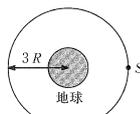


図1

問1 人工衛星 S が地球から受ける万有引力の大きさとして最も適当なものを1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。ただし、人工衛星 S の質量を  $m$  とする。

- ①  $mg$                       ②  $3mg$                       ③  $9mg$   
④  $\frac{1}{\sqrt{3}}mg$                   ⑤  $\frac{1}{3}mg$                       ⑥  $\frac{1}{9}mg$

問2 人工衛星 S の周期  $T_0$  を表す式として最も適当なものを1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。

- ①  $2\pi\sqrt{\frac{27R}{g}}$                   ②  $2\pi\sqrt{\frac{9R}{g}}$                       ③  $2\pi\sqrt{\frac{3R}{g}}$   
④  $2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$                       ⑤  $2\pi\sqrt{\frac{R}{3g}}$                       ⑥  $2\pi\sqrt{\frac{R}{9g}}$

II 解答上の注意

物理

解答は解答用紙の解答欄にマークしてください。例えば、  と表示のある問いに対して③と解答する場合は、次の(例)のように解答番号10の解答欄の③にマークしてください。

(例)



化学

解答は解答用紙の解答欄にマークしてください。例えば、  と表示のある問いに対して③と解答する場合は、次の(例)のように解答番号eの解答欄の③にマークしてください。

(例)



生物

解答は解答用紙の解答欄にマークしてください。例えば、  と表示のある問いに対して③と解答する場合は、次の(例)のように解答番号5の解答欄の③にマークしてください。

(例)



瞬間的に人工衛星 S の速さが変化して、図2のように、S は地球の中心から最も遠ざかるときの距離が  $3R$ 、地球の中心に最も近づくときの距離が  $R$  の楕円軌道に沿った運動に移行した。ただし、人工衛星 S が地表面と衝突することはない。また、大気の影響は無視できる。

円軌道上で人工衛星 S の速さが変化した直後の速さを  $v_1$ 、地球に最接近したときの速さを  $v_2$  とする。

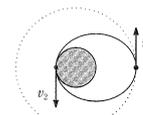


図2

問3  $v_1^2 - v_2^2$  を表す式として最も適当なものを1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。

- ①  $gR$                                   ②  $\frac{3}{2}gR$                                   ③  $\frac{4}{3}gR$   
④  $-gR$                                   ⑤  $-\frac{2}{3}gR$                                   ⑥  $-\frac{4}{3}gR$

地球の周りの人工衛星の運動も、太陽の周りの惑星と同様にケプラーの法則をみます。したがって、 $v_1$ 、 $v_2$ の間にはケプラーの第2法則より

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{1}{3}$$

の関係が成り立つ。また、楕円軌道に移行した後の周期を  $T$ 、軌道楕円の長半径を  $a$  とすれば、ケプラーの第3法則より

$$\frac{T^2}{(3R)^3} = \frac{T_0^2}{a^3}$$

の関係が成り立つ。

問4  $v_1$  を表す式として最も適当なものを1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。

- ①  $\sqrt{gR}$                                   ②  $\sqrt{\frac{1}{2}gR}$                                   ③  $\sqrt{\frac{1}{3}gR}$   
④  $\sqrt{\frac{1}{6}gR}$                                   ⑤  $\sqrt{\frac{2}{9}gR}$                                   ⑥  $\sqrt{\frac{4}{9}gR}$

問5 円軌道上で速さが変化してから初めて地球に最接近するまでの時間を表す式として最も適当なものを1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。 5

- ①  $\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$       ②  $\pi\sqrt{\frac{2R}{g}}$       ③  $\pi\sqrt{\frac{3R}{g}}$   
 ④  $\pi\sqrt{\frac{4R}{g}}$       ⑤  $\pi\sqrt{\frac{8R}{g}}$       ⑥  $\pi\sqrt{\frac{9R}{g}}$

2 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(解答番号 6 ~ 10)

真空中に1辺の長さが $a$ の正方形コイルABCDがある。このコイルと同一平面上に十分に長い直線状の導線Pがあり、一定の大きさ $I$ の電流が流れている。Pはコイルの辺AB、CDと平行で、ABとの距離が $a$ 、CDとの距離が $2a$ である。Pに流れる電流の向きは図1のように、図の右向きである。真空の透磁率を $\mu_0$ とする。

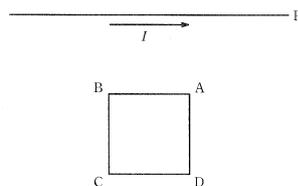


図1

問1 図1のAB上におけるPに流れる電流が誘導する磁場の向きとして最も適当なものを1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。 6

- ① 紙面と平行で図の上向き      ② 紙面と平行で図の下向き  
 ③ 紙面と平行で図の左向き      ④ 紙面と平行で図の右向き  
 ⑤ 紙面と垂直で表から裏の向き      ⑥ 紙面と垂直で裏から表の向き

問2 図1のAB上におけるPに流れる電流が誘導する磁場の大きさを表す式として最も適当なものを1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。 7

- ①  $\frac{I}{\pi a}$       ②  $\frac{I}{2\pi a}$       ③  $\frac{I}{4\pi a}$   
 ④  $\frac{I}{\pi a^2}$       ⑤  $\frac{I}{2\pi a^2}$       ⑥  $\frac{I}{4\pi a^2}$

- 3 -

コイルABCDにA→B→C→D→Aの向きに一定の大きさ $i$ の電流を流す。

問3 図1において、コイルABCD全体が受ける力の向きとして最も適当なものを1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。 8

- ① 紙面と平行で図の上向き      ② 紙面と平行で図の下向き  
 ③ 紙面と平行で図の左向き      ④ 紙面と平行で図の右向き

問4 コイルABCD全体が受ける力の大きさを表す式として最も適当なものを1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。 9

- ①  $\frac{Ii}{2\pi}$       ②  $\frac{Ii}{4\pi}$       ③  $\frac{Ii}{2\pi a}$   
 ④  $\frac{Ii}{4\pi a}$       ⑤  $\frac{\mu_0 Ii}{2\pi}$       ⑥  $\frac{\mu_0 Ii}{4\pi}$

- 4 -

コイルABCDを含む平面内に、図2のようにコイルの辺AB、CDと平行で、ABとの距離が $3a$ 、CDとの距離が $2a$ となるように十分に長い直線状の導線Qを設置して電流を流すことにより、コイルABCD全体が受ける力をゼロとしたい。

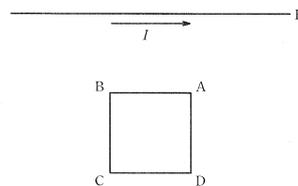


図2

問5 Qに流す電流の向きと大きさの組み合わせとして最も適当なものを1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。 10

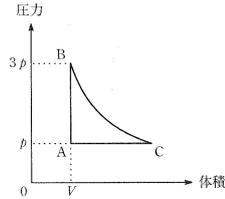
- ① 図の左向きに $I$       ② 図の左向きに $2I$   
 ③ 図の左向きに $3I$       ④ 図の右向きに $I$   
 ⑤ 図の右向きに $2I$       ⑥ 図の右向きに $3I$

- 5 -

- 6 -

3 次の文章を読んで、問1～3に答えなさい。(解答番号  ～ )

一定の物質量の単原子分子理想気体を密封容器に封入して、図に示すような経路A→B→C→Aに沿って熱サイクルを運転する。B→Cは気体の温度を一定に保った経路であり、この経路で気体が外界にした仕事をWとする。



問1 状態Cの気体の体積として最も適当なものを1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。

- ①  $\frac{3}{2}V$                       ②  $2V$                               ③  $\frac{5}{2}V$   
 ④  $3V$                               ⑤  $\frac{7}{2}V$                               ⑥  $4V$

問2 このサイクルで気体がした正味の仕事を表す式として最も適当なものを1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。ただし、正味の仕事とは、気体がした仕事からされた仕事を引いた値である。

- ①  $W$                               ②  $W - pV$                               ③  $W + pV$   
 ④  $W - 2pV$                       ⑤  $W + 2pV$                               ⑥  $W - 3pV$   
 ⑦  $W + 3pV$                       ⑧  $W - 4pV$                               ⑨  $W + 4pV$

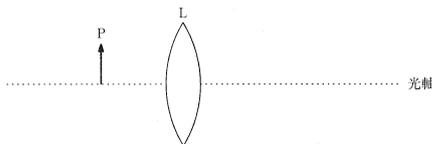
問3 この熱サイクルの熱効率を表す式として最も適当なものを1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。

- ①  $\frac{W - 2pV}{W}$                       ②  $\frac{W - 3pV}{W}$                               ③  $\frac{W - 2pV}{W + 3pV}$   
 ④  $\frac{W - 3pV}{W + 3pV}$                       ⑤  $\frac{W - 2pV}{W + 5pV}$                               ⑥  $\frac{W - 3pV}{W + 5pV}$

- 7 -

5 次の文章を読んで、問1～2に答えなさい。(解答番号  ～ )

図のように、焦点距離60cmの薄い凸レンズLの前方20cmの位置に物体PをLの光軸に対して垂直に置く。



問1 レンズLによる物体Pの像として最も適当なものを1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。

- ① 正立実像である                      ② 正立虚像である  
 ③ 倒立実像である                      ④ 倒立虚像である

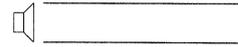
問2 レンズLによる物体Pの像の位置と倍率の組み合わせとして最も適当なものを1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。

- ① Lの前方15cmの位置で2倍                      ② Lの後方15cmの位置で2倍  
 ③ Lの前方15cmの位置で1.5倍                      ④ Lの後方15cmの位置で1.5倍  
 ⑤ Lの前方30cmの位置で2倍                      ⑥ Lの後方30cmの位置で2倍  
 ⑦ Lの前方30cmの位置で1.5倍                      ⑧ Lの後方30cmの位置で1.5倍

- 9 -

4 次の文章を読んで、問1～2に答えなさい。(解答番号  ～ )

図のように、細い閉管の外側にスピーカーを置き音波を送り込む。音波の振動数を0から徐々に高くしていくと振動数がfのときに初めて音が大きく鳴り響く現象が観測された。開口端補正は無視できるものとする。



問1 音波の振動数をfからさらに高くしていくときに、次に音が大きく鳴り響く現象が観測されるときの振動数として最も適当なものを1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。

- ①  $\frac{3}{2}f$                               ②  $2f$                                       ③  $\frac{5}{2}f$   
 ④  $3f$                                       ⑤  $\frac{7}{2}f$                                       ⑥  $4f$

問2 管の右端を閉じて同様の実験を行うときに、初めて音が大きく鳴り響く現象が観測されるときの振動数として最も適当なものを1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。

- ①  $\frac{1}{2}f$                                       ②  $f$     ③  $\frac{3}{2}f$   
 ④  $2f$     ⑤  $\frac{5}{2}f$     ⑥  $3f$

- 8 -

6 次の文章を読んで、問1～3に答えなさい。(解答番号  ～ )

${}^{226}\text{Ra}$ は $\alpha$ 崩壊によって半減期 $1.6 \times 10^3$ 年で ${}^{222}\text{Rn}$ になり、さらに $\alpha$ 崩壊と $\beta$ 崩壊を何回かずつ繰り返して、最終的に安定な ${}^{206}\text{Pb}$ になる。

問1  $\alpha$ 崩壊で放出される粒子の正体は何か。最も適当なものを1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。

- ① 電子                                      ② 中性子  
 ③ 陽子                                      ④ 質量数4のヘリウム原子核  
 ⑤ 光子                                      ⑥ ニュートリノ

問2  ${}^{226}\text{Ra}$ が ${}^{206}\text{Pb}$ になるまでに、はじめの $\alpha$ 崩壊も含めて $\alpha$ 崩壊と $\beta$ 崩壊を何回ずつ経るか。最も適当なものを1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。

$\alpha$ 崩壊:  ,  $\beta$ 崩壊:

- ① 1回                                      ② 2回    ③ 3回  
 ④ 4回    ⑤ 5回    ⑥ 6回

問3  ${}^{226}\text{Ra}$ が3.2gある。4.8  $\times 10^3$ 年後には ${}^{226}\text{Ra}$ はどれだけ残っているか。最も適当なものを1つ選び、解答欄の記号をマークしなさい。

- ① 1.6g                                      ② 1.1g    ③ 0.80g  
 ④ 0.64g                                      ⑤ 0.53g    ⑥ 0.40g

- 10 -