

選択問題 生物・化学・物理

(試験時間 10:00 ~ 11:00)

受験についての注意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはならない。
 2. この問題冊子は 40 ページある。
 3. 生物・化学・物理のうち1つを選んで解答すること。
 4. 試験中に問題冊子のページの脱落等に気付いた場合は、手をあげて監督者に知らせること。
 5. 解答用紙に受験番号を記入し、マーク欄にマークすること。また、氏名とふりがなを記入すること。
 6. 選択した科目名を解答用紙の選択科目名欄に記入し、記入した科目名を選択科目マーク欄にマークすること。(マークがない場合は採点されない)
 7. 解答用紙を折り曲げたり、破ったり、汚したりしないこと。
 8. 解答用紙への記入には必ず HB の黒鉛筆またはシャープペンシル (HB, 0.5 mm 芯以上) を用いること。他の筆記用具を用いると、正確に読み取れない場合がある。
 9. マーク式の解答にあたっては、解答用紙の該当する箇所を
右に示す例に従ってぬりつぶすこと。
例えば2にマークするときは、次のように
①●③とする。
- | | |
|---|-------|
| 例 | |
| 良 | 不良 |
| ● | ● ⊗ ● |
10. 一度記入したマークを消す場合には、消しゴムできれいに消すこと。
×をつけても消したことにはならない。また消しゴムのくずを完全にに取り除いておくこと。
 11. 解答がマーク式でないものについては、指定の箇所に解答を記入すること。
 12. 解答用紙の指定された場所以外には何も書いてはならない。
 13. 計算には問題冊子の余白を使用すること。
 14. 辞書機能、計算機能をもつものを使用してはならない。
 15. 携帯電話の電源は切っておくこと。身につけたり机の上に置いたりしてはならない。
 16. この問題冊子は試験終了後持ち帰ること。

物 理

1 図 1-1 の回路において、 l の間隔で水平に置かれた 2 本の平行で十分に長い導線レールの左端を電気容量 C のコンデンサーとスイッチ S でつないである。この回路を鉛直下向き（紙面の表から裏）の磁束密度の大きさ B ($B > 0$) の一様な磁場内に置き、さらに 2 本のレール上に抵抗率 ρ で断面積 A の导体棒をレールと直交するように置いた。はじめスイッチ S は開いた状態で、コンデンサー

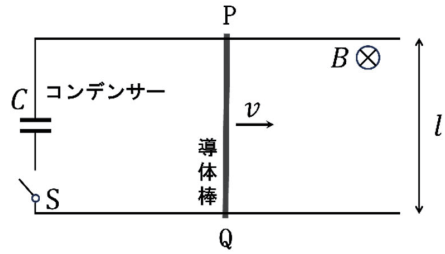


図 1-1

は帯電していない。電子の電気量の大きさを e とする。さらに导体棒とレール間の摩擦はなく、导体棒はレールと常に直交した状態を保つものとする。また、回路を流れる電流がつくる磁場や、レールおよびスイッチの電気抵抗は無視する。スイッチ S を閉じた後も、导体棒が一定の速さ v で矢印の方向に動くように、导体棒に外から加える力を調整する。この状態でスイッチ S を閉じた。

問 1 1 個の電子が矢印の方向に速さ v で動いているときに磁場から受ける力の大きさ (ア)、および导体棒に生じる誘導起電力の大きさ (イ) として最も適切なものを次の選択肢からそれぞれ 1 つ選び、解答欄にマークしなさい。

- ① $B l$ ② $v B$ ③ $e v$ ④ $e A$ ⑤ $e B$
 ⑥ $e v A$ ⑦ $e v B$ ⑧ $e v l$ ⑨ $v A l$ ⑩ $v B l$

問 2 スイッチ S を閉じた瞬間に导体棒に流れる電流の大きさ (ウ)、および导体棒に外から加えている力の大きさ (エ) として最も適切なものを次のそれぞれの選択肢から 1 つ選び、解答欄にマークしなさい。

ウの選択肢

- ① $\frac{2vBA}{\rho l}$ ② $\frac{4vBA}{\rho l}$ ③ $\frac{vBA}{\rho l}$ ④ $\frac{vBA}{\rho}$ ⑤ $\frac{vBA}{2\rho}$
 ⑥ $\frac{\rho}{2vBA}$ ⑦ $\frac{2\rho}{evA}$ ⑧ $\frac{BA}{2\rho l^2 v}$ ⑨ $\frac{BA}{\rho l^2 v}$ ⑩ $\frac{vA}{2\rho l}$

(物 理)

エの選択肢

- ① $\frac{vBA}{\rho l}$ ② $\frac{2vBA}{\rho l}$ ③ $\frac{BA}{\rho}$ ④ $\frac{vBA}{\rho}$ ⑤ $\frac{v^2 B^2 A}{2\rho}$
⑥ $\frac{vB^2 Al}{\rho}$ ⑦ $\frac{vB^2 l}{2\rho}$ ⑧ $\frac{BA}{2\rho l^2 v}$ ⑨ $\frac{BA}{\rho l^2 v}$ ⑩ $\frac{\rho}{2vB^2}$

問3 スイッチ S を閉じて十分な時間が経過した後の導体棒に流れる電流の大きさ (オ), コンデンサーに蓄えられた電気量の大きさ (カ) および静電エネルギーの大きさ (キ) として最も適切なものを次のそれぞれの選択肢から1つ選び, 解答欄にマークしなさい.

オの選択肢

- ① 0 ② $\frac{vA}{\rho l}$ ③ $\frac{2vA}{\rho l}$ ④ $\frac{vA}{2\rho l}$ ⑤ $\frac{3vA}{\rho l}$
⑥ $\frac{vBA}{\rho l}$ ⑦ $\frac{vBA}{2\rho l}$ ⑧ $\frac{vBA}{\rho}$ ⑨ $\frac{vBA}{2\rho}$ ⑩ $\frac{vBA}{4\rho}$

カの選択肢

- ① Cv ② $2Cv$ ③ CvB ④ $2CvB$ ⑤ Cvl
⑥ CBl ⑦ $CvBl$ ⑧ $\frac{CBA}{\rho}$ ⑨ $\frac{CvBA}{\rho}$ ⑩ $\frac{CvBA}{2\rho}$

キの選択肢

- ① $\frac{1}{2}CBl$ ② CBl ③ $2CBl$ ④ $\frac{1}{2}CB^2 l^2$ ⑤ $CB^2 l^2$
⑥ $2CB^2 l^2$ ⑦ $\frac{1}{2}Cv^2 B^2 l^2$ ⑧ $Cv^2 B^2 l^2$ ⑨ $2Cv^2 B^2 l^2$ ⑩ $C^2 B^2 l^2$

問4 図1-2を解答欄Aに書き写し, スイッチ S を閉じた直後 ($t=0$) から十分な時間が経過した状態までのコンデンサーの充電過程を表すグラフの概形を書きなさい. 補足的な説明があれば, 解答欄Bに書きなさい. ただし, 横軸を時間 t , 縦軸をコンデンサーにかかる電圧 V_c ($V_c \geq 0$) とする.

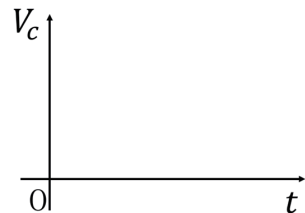


図1-2

〔2〕 図 2-1 に示すように、ピストンによって隔てられた断面積 S のシリンダーがあり、上部は真空であるが、下部に単原子分子の理想気体 1 mol を封入し、ヒーターでふたをしている。シリンダーの側面とピストンは断熱材でできており、熱の交換はないが、ヒーターによって気体に熱を与えることが可能である。ピストンの質量は M であり、シリンダー内部をなめらかに動くことができる。気体分子全体の質量はピストンの質量に比べて無視できるほど小さい。ヒーターは外部との熱の出入りはないとする。ピストンやシリンダーは、熱により変形や膨張はしないとする。気体定数を R 、単原子分子の理想気体の定積モル比熱を $\frac{3}{2}R$ 、重力加速度の大きさを g とする。

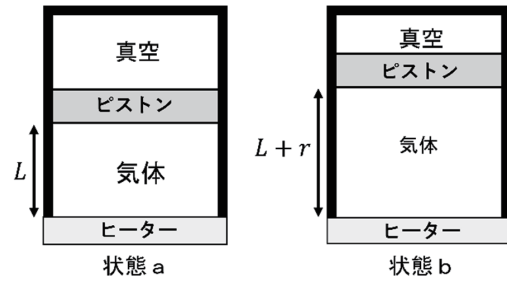


図 2-1

実験 I

ヒーターを稼働せず、気体へ熱を与えていない状態で、ピストン下部はシリンダー底面から L の高さ ($L > 0$) で静止していた (状態 a)。

状態 a からヒーターを稼働させ、十分に時間をかけて気体に熱を与えたところ、気体の体積が膨張し、ピストン下部がヒーター上部から $L+r$ ($r > 0$) の高さでピストンは静止した。このときの状態を状態 b とする。

問 1 状態 a での気体の圧力として最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選び、解答欄 (ア) にマークしなさい。

- ① 0 ② $\frac{ML}{S}$ ③ $\frac{MgL}{S}$ ④ $\frac{Mg}{SL}$
 ⑤ $\frac{S}{Mg}$ ⑥ $\frac{S}{M}$ ⑦ $\frac{S}{g}$ ⑧ $Mg - S$ ⑨ $\frac{Mg}{L}$

問 2 状態 a での気体の内部エネルギーとして最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選び、解答欄 (イ) にマークしなさい。

- ① $\frac{MgLR}{3}$ ② $\frac{MgLR}{2}$ ③ $\frac{2MgLR}{3}$ ④ $MgLR$ ⑤ $\frac{3MgLR}{2}$
 ⑥ $\frac{MgL}{3}$ ⑦ $\frac{MgL}{2}$ ⑧ $\frac{2MgL}{3}$ ⑨ MgL ⑩ $\frac{3MgL}{2}$

(物 理)

問3 状態bでの気体の絶対温度として最も適切なものを次の選択肢から1つ選び、解答欄(ウ)にマークしなさい。

- ① 0 ② $\frac{Mgr}{2S}$ ③ $\frac{Mg(L+r)}{S}$ ④ $\frac{Mgr}{S}$ ⑤ $\frac{Mg}{S}$
- ⑥ $\frac{S^2Mg(L+r)}{R}$ ⑦ $\frac{Mgr}{R}$ ⑧ $\frac{Mg(L+r)}{R}$ ⑨ $\frac{2Mg(L+r)}{R}$ ⑩ $\frac{3Mgr}{2R}$

問4 状態aから状態bに移るときの気体の内部エネルギーの増加(エ)、および気体がピストンにした仕事(オ)として最も適切なものを次の選択肢からそれぞれ1つ選び、マークしなさい。

- ① 0 ② $\frac{2Mgr}{5}$ ③ $\frac{2Mgr}{3}$ ④ Mgr ⑤ $\frac{3Mgr}{2}$
- ⑥ $\frac{2MgL}{5}$ ⑦ $\frac{2MgL}{3}$ ⑧ MgL ⑨ $\frac{3MgL}{2}$ ⑩ $\frac{5MgL}{2}$

実験II

図2-2のように、状態aと同様の状態でピストン下部とヒーター上部をばね(ばね定数 k 、自然長 L)で結合したところ、そのままつりあった(状態c)。ヒーター上部からピストン下面の高さは、ばねの長さと同じであるとする。ばねの質量と体積は無視できるとする。

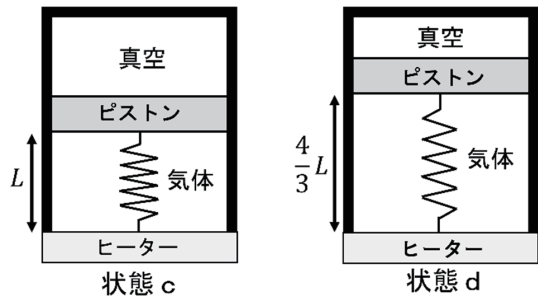


図2-2

状態cからヒーターを稼働させ、十分に時間をかけて気体に熱を与

えたところ、気体の体積が膨張し、ピストン下部がヒーター上部から $\frac{4}{3}L$ の高さでピストンは静止した。このときの状態を状態dとする。

問5 状態dでの気体の圧力として最も適切なものを次の選択肢から1つ選び、解答欄(カ)にマークしなさい。

- ① 0 ② $\frac{Mg+3kL}{S}$ ③ $\frac{3MgL}{4S}$ ④ $\frac{4Mg}{3S}$ ⑤ $\frac{3Mg+kL}{3S}$
- ⑥ $\frac{Mg+kL}{S}$ ⑦ $\frac{Mg+2kL}{2S}$ ⑧ $\frac{Mg+kL}{2S}$ ⑨ $\frac{3Mg+kL}{4S}$ ⑩ $\frac{Mg}{S}$

(物 理)

問6 ピストンが容器の底面より高さ $L+x$

($0 \leq x \leq \frac{1}{3}L$) にあるときの力のつり合いの式を立て、

解答欄 E に書きなさい。ただし気体の圧力 p を用いてよい。図 2-3 を解答欄 C に書き写し、状態 c から状態 d への変化を図に示しなさい。 V は気体の体積である。状態 c と状態 d の圧力と体積の値を明確に記載すること。

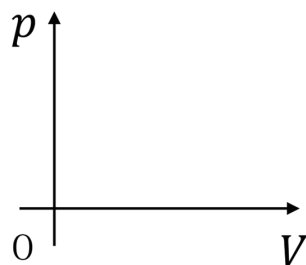


図 2-3

問7 状態 c から状態 d の間に気体が吸収した熱量として最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選び、解答欄 (キ) にマークしなさい。

⑩ $\frac{5MgL}{6} + \frac{2kL}{9}$

⑪ $\frac{2MgL}{3} + \frac{5kL}{6}$

⑫ $\frac{2MgL}{3} + \frac{kL}{2}$

⑬ $\frac{MgL}{2} + \frac{5kL}{6}$

⑭ $\frac{2MgL}{3} + \frac{11kL}{18}$

⑮ $\frac{5MgL}{6} + \frac{2kL^2}{9}$

⑯ $\frac{2MgL}{3} + \frac{5kL^2}{6}$

⑰ $\frac{MgL}{2} + \frac{2kL^2}{3}$

⑱ $\frac{5MgL}{6} + \frac{13kL^2}{18}$

⑲ $\frac{MgL}{2} + \frac{kL^2}{3}$

(物 理)

〔3〕 地球を質量 M 、半径 R の均一な球とみなし、その自転の周期を T_E とする。万有引力定数を G とし、空気抵抗、大気の影響、および他の天体の影響は無視する。また人工衛星は質点（大きさを考えない物体）として扱う。

I. 質量 m の人工衛星が赤道上の地表に固定されている。

問1 人工衛星にはたらく万有引力の大きさとして最も適切なものを次の選択肢から1つ選び、解答欄（ア）にマークしなさい。

- ① 0 ② MRm ③ $\frac{Mm}{R}$ ④ $\frac{Mm}{R^2}$ ⑤ $\frac{Mm}{R^3}$
⑥ $GMRm$ ⑦ $\frac{GMm}{R}$ ⑧ $\frac{GMm}{R^2}$ ⑨ $\frac{GMm}{R^3}$ ⑩ GMm

問2 地球とともに運動している観測者から見た人工衛星にはたらく遠心力の大きさとして最も適切なものを次の選択肢から1つ選び、解答欄（イ）にマークしなさい。

- ① 0 ② mRT_E ③ mRT_E^2 ④ $\frac{2\pi mR}{T_E}$ ⑤ $\frac{2\pi mR}{T_E^2}$
⑥ $\frac{4\pi^2 mR}{T_E}$ ⑦ $\frac{4\pi^2 mR}{T_E^2}$ ⑧ $\frac{mR}{T_E}$ ⑨ $\frac{mR}{T_E^2}$ ⑩ $mMRT_E^3$

問3 地表すれすれに円軌道を描いてまわる人工衛星の速さを第一宇宙速度という。第一宇宙速度として最も適切なものを次の選択肢から1つ選び、解答欄（ウ）にマークしなさい。

- ① 0 ② $\sqrt{\frac{GM}{2R}}$ ③ $\sqrt{\frac{GM}{R}}$ ④ $\sqrt{\frac{3GM}{2R}}$ ⑤ $\sqrt{\frac{2GM}{R}}$
⑥ $\sqrt{\frac{R}{2GM}}$ ⑦ $\sqrt{\frac{R}{GM}}$ ⑧ $\sqrt{\frac{3R}{2GM}}$ ⑨ $\sqrt{\frac{2R}{GM}}$ ⑩ $\sqrt{\frac{5R}{2GM}}$

II. 人工衛星が赤道上の地表からロケットで打ち上げられた。人工衛星はロケットから分離した後、地球の重心を中心として地表から $2R$ の高さを保ちつつ、円軌道を描いて周回している。このときの人工衛星の速さを v_c とする。

問4 v_c として最も適切なものを次の選択肢からそれぞれ1つ選び、解答欄（エ）にマークしなさい。

(物理)

- ① 0 ② $\sqrt{\frac{GM}{3R}}$ ③ $\sqrt{\frac{2GM}{3R}}$ ④ $\sqrt{\frac{GM}{R}}$ ⑤ $\sqrt{\frac{4GM}{3R}}$
- ⑥ $\sqrt{\frac{R}{3GM}}$ ⑦ $\sqrt{\frac{2R}{3GM}}$ ⑧ $\sqrt{\frac{R}{GM}}$ ⑨ $\sqrt{\frac{4R}{3GM}}$ ⑩ $\sqrt{\frac{3R}{2GM}}$

問5 ロケットが人工衛星にした仕事として最も適切なものを次の選択肢から1つ選び、解答欄(オ)にマークしなさい。

- ① 0 ② $-\frac{GMm}{3R}$ ③ $\frac{GMm}{6R} - \frac{2\pi^2 mR^2}{T_E^2}$ ④ $\frac{GMm}{6R} - \frac{4\pi^2 mR^2}{T_E^2}$
- ⑤ $\frac{GMm}{6R}$ ⑥ $\frac{2GMm}{3R}$ ⑦ $\frac{5GMm}{6R} - \frac{2\pi^2 mR^2}{T_E^2}$ ⑧ $\frac{5GMm}{6R} - \frac{4\pi^2 mR^2}{T_E^2}$
- ⑨ $-\frac{2\pi^2 mR^2}{T_E^2}$ ⑩ $-\frac{4\pi^2 mR^2}{T_E^2}$

問6 地表から $2R$ の高さを保ちながら円軌道を描いて周回している人工衛星が、地球からの万有引力を振り切って、無限の遠方に飛び去る最小の速さは v_c の何倍か。最も適切な数値を次の選択肢から1つ選び、解答欄(カ)にマークしなさい。

- ① $\frac{1}{2}$ ② 1 ③ $\sqrt{\frac{6}{5}}$ ④ $\sqrt{\frac{5}{4}}$ ⑤ $\sqrt{\frac{4}{3}}$
- ⑥ $\sqrt{\frac{3}{2}}$ ⑦ $\sqrt{2}$ ⑧ $\sqrt{\frac{5}{2}}$ ⑨ $\sqrt{\frac{7}{3}}$ ⑩ $\sqrt{\frac{13}{6}}$

Ⅲ. 図3のように、Ⅱの円軌道を周回している人工衛星が点Aにおいて瞬間的に減速し、その速さが v_c から v_A に変化した。その結果、人工衛星は地球の重心を焦点の1つとする楕円軌道に移った。この時、新しい楕円軌道上で地球に最も近い点Bは、地表からの高さが R であった。

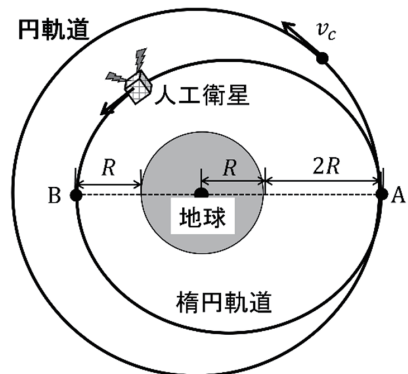


図3

問7 楕円軌道を周回する人工衛星の周期は、Ⅱの円軌道のときの周期 T_c の何倍か。ケプラーの第三法則を使って計算し、最も適切な数値を次の選択肢から1つ選び、解答欄(キ)にマークしなさい。

(物 理)

- ① $\frac{1}{2}$ ② 1 ③ $\frac{25}{36}$ ④ $\frac{\sqrt{2}}{2}$ ⑤ $\frac{5\sqrt{30}}{36}$
⑥ $\frac{5}{6}$ ⑦ $\frac{6}{7}$ ⑧ $\frac{6}{5}$ ⑨ $\frac{6\sqrt{30}}{25}$ ⑩ $\frac{36}{25}$

問 8 点 A における人工衛星の速さ v_A は v_c の何倍か. ケプラーの第二法則と点 A と点 B における人工衛星の力学的エネルギー保存則を用いて計算し, その途中経過と解答を, 解答欄 D に記入しなさい. 解答欄が足りない場合は横の解答欄 G, H を使用してよい. なおケプラーの第二法則によれば, 地球の重心と人工衛星を結ぶ線分が単位時間に描く面積は一定である. 単位時間に描く面積は面積速度と呼ばれ, 点 A と点 B では $\frac{1}{2}rv$ である (r は地球の重心から人工衛星までの距離, v は人工衛星の速さ).