

物理基礎・物理（後期日程）

（ 注 意 事 項 ）

- 1. 試験開始までに表紙の注意事項をよく読んでください。
- 2. 試験開始の合図があるまで、この冊子を開いてはいけません。
- 3. 試験開始の合図があったら、すぐに用紙の種類と枚数を確かめ、受験番号をすべてに記入してください。
 - 表紙（この用紙） 1 枚
 - 物理基礎・物理その 1 1 枚
 - 物理基礎・物理その 2 1 枚
 - 物理基礎・物理その 3 1 枚
- 4. 配付された用紙の種類や枚数が異なる場合や印刷が不鮮明な場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- 5. 問題の中で、（計算など）とあるところは計算、式、考え方など答えを導く上で必要なことを必ず書いてください。
- 6. 答えは、特に指定がなければ、解答欄に記入してください。
- 7. 試験終了後、すべての用紙を回収します。上から（表紙）、（物理基礎・物理その 1）、（物理基礎・物理その 2）、（物理基礎・物理その 3）の順に、おもて面を上にしてひろげた状態で用紙の上下をそろえて 4 枚重ねてください。異なる科目の答案用紙が混入しないように注意してください。
- 8. 問題用紙の余白や裏面を草案に使用しても構いませんが、採点の対象にはなりません。

受 験 番 号



問題1 地球を密度が一様な球体とする。地球の中心 O から距離 r の位置にある物体が地球から受ける万有引力は、中心 O から半径が r の球内に含まれる部分の質量が中心 O に集まったとして、それから物体が受ける万有引力に等しい。地球の全質量を M 、半径を R 、万有引力定数を G とする。地球以外の天体、地球の公転や自転、空気の影響は無視できる。また、地球の質量は物体の質量より十分大きいので、地球は静止していると考えてよい。このとき、以下の間に答えよ。

A) 地球のまわりを運動する物体について考える。

(1) 地表から高さ $2R$ で等速円運動している物体の速さを M 、 R 、 G を用いて表せ。

(計算など)

(2) 地表の点 A において、図1のように線分 OA から角度 θ の方向に速さ v_A で物体を打ち上げたところ、中心 O を1つの焦点とする楕円軌道を運動して地表から高さ $2R$ の点 B で最も高くなった。なお、図2のように中心 O から距離 r ($r > R$) の点 C を線分 OC から角度 ϕ の方向に速さ v で運動する物体の面積速度は $\frac{1}{2}rv\sin\phi$ で与えられ、それが一定であるという法則が成り立つ。点 B での物体の速さと $\sin\theta$ を M 、 R 、 G 、 v_A を用いて表せ。

(計算など)

答

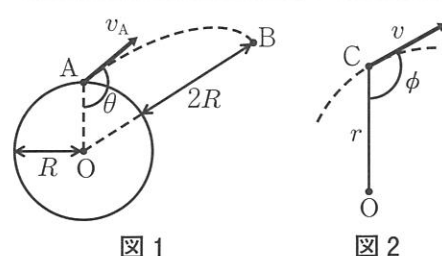


図1

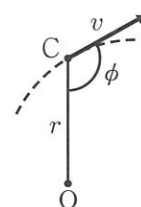


図2

答 点 B での速さ：

$\sin\theta$ ：

B) 図3のような地球の中心 O を通り地表の点 P と点 Q を結ぶ真つすぐなトンネル内を運動する質量 m の物体を考える。中心 O を原点として点 Q から点 P の向きを正としてトンネルと平行に x 軸をとる。トンネルは十分細いので地球は一様な密度を持つ球体としてよい。また、トンネルの壁と物体の間の摩擦は無視できる。

(3) トンネル内の位置 x の物体にはたらく万有引力は $-kx$ で表される。定数 k を M 、 R 、 G 、 m を用いて表せ。

(計算など)

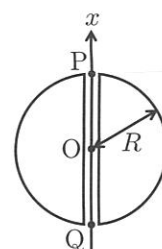


図3

(4) 点 P において物体を静かにはなすと、物体は単振動をする。物体が点 P を出発してから初めて中心 O に到達するまでの時間 T と中心 O に到達したときの速さ V を、 R 、 m 、 k の中から必要なものを用いて表せ。

(計算など)

答 T ：

V ：

(5) 点 P において物体に中心 O へ向かう初速度を与えたところ、中心 O に到達したときの速さは静かにはなしたときの速さ V の2倍になった。初速度を与えた物体が点 P を出発してから初めて点 Q に到達するまでの時間を T を用いて表せ。

(計算など)

答

受験番号	小計

問題2 図1のように、抵抗値 $4.0\ \Omega$ の4つの抵抗と $8.0\ \Omega$ の1つの抵抗が起電力 $16.0\ \text{V}$ の電池と接続された回路を考える。未接続の端子CとDの間に、図2の(a)の抵抗、または(b)の電池を接続する場合の回路について、以下の問に有効数字2桁で答えよ。なお、電池の内部抵抗や導線の抵抗は無視できるものとする。

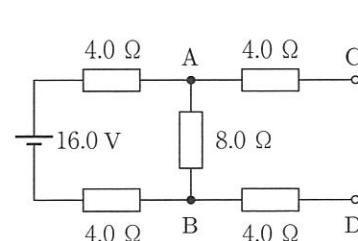


図1

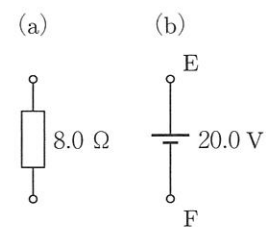


図2

- (1) 端子CとDの間に(a)の抵抗を接続した場合、AB間の電位差 $[\text{V}]$ を求めよ。
(計算など)

答 _____

- (2) (1)のとき、(a)の抵抗に流れる電流 $[\text{A}]$ を求めよ。
(計算など)

答 _____

- (3) (1)のとき、回路全体で消費される電力 $[\text{W}]$ を求めよ。
(計算など)

答 _____

- (4) 端子Cに端子Eを、端子Dに端子Fを接続した場合、AB間の $8.0\ \Omega$ の抵抗に流れる電流の向き（ $\text{A} \rightarrow \text{B}$ または $\text{B} \rightarrow \text{A}$ ）と大きさ $[\text{A}]$ を求めよ。
(計算など)

答 向き： _____ 大きさ： _____

- (5) 前問とは逆に、端子Cに端子Fを、端子Dに端子Eを接続した場合、AB間の $8.0\ \Omega$ の抵抗に流れる電流の向き（ $\text{A} \rightarrow \text{B}$ または $\text{B} \rightarrow \text{A}$ ）と大きさ $[\text{A}]$ を求めよ。
(計算など)

答 向き： _____ 大きさ： _____

- (6) (4)および(5)のとき、回路全体で消費される電力（それぞれ P_4 、 P_5 とする） $[\text{W}]$ を求めよ。
(計算など)

答 P_4 ： _____ P_5 ： _____

受 験 番 号	小 計

問題3 図1のように、シリンダーと、シリンダー内をなめらかに動くピストンで仕切られた空間 A, B に、単原子分子理想気体が入っている。初期状態で、A, B 内の気体はともに圧力 P_0 、体積 V_0 、絶対温度 T_0 である。シリンダー、ピストン、ピストンについた棒は断熱材でできており、棒と A 内のヒーターの体積と熱容量は無視できるものとする。断熱変化における気体の圧力 P と体積 V には、定数 γ を用いて $PV^\gamma = \text{一定}$ の関係がある。以下の問に答えよ。

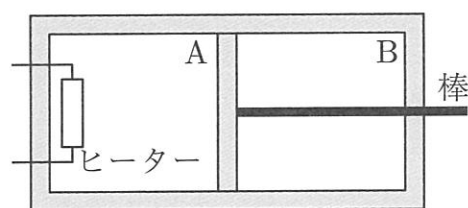


図1

- (1) ピストンが自由に動く状態で、A 内をヒーターでゆっくり温めたところ、B の体積が $\frac{1}{2}V_0$ となった。そのときの A 内の温度と、そのときまでにヒーターが A 内の気体に与えた熱量を求めよ。

(計算など)

答 温度：

熱量：

- (2) 初期状態で、ピストンを固定し、A 内をヒーターで一定時間温めた。その後、固定を解除し、ゆっくりピストンが動くように棒に力を加えていると、B の体積が $\frac{1}{2}V_0$ となったところで、力を加えなくてもピストンが動かなくなった。ヒーターが A 内の気体に与えた熱量を求めよ。

(計算など)

答

問題4 真空中で、図2のように、 x 軸の正の方向に同位相で進行してきた波長 λ の光が、 y 軸方向に距離 d だけ離れた2本のスリット A, B に入射する。スリット B には屈折率 n 、厚さ a のガラス板が設置しており、スリット A, B の位置は x 軸方向には a だけずれている。以下の問に答えよ。なお、ガラス表面による光の反射はないものとする。

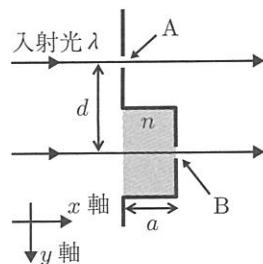


図2

- (1) 光を入射すると、それぞれのスリットから出た光は互いに干渉し、 x 軸と平行に進んだ光は十分遠方で弱めあった。最小の a を、 λ と n を用いて表せ。

(計算など)

答

- (2) $a = \frac{\sqrt{3}}{2}\lambda$, $n = \sqrt{2}$ のとき、それぞれのスリットを通り、 x 軸と平行に進む光の光路差を、 λ を用いて表せ。

(計算など)

答

- (3) $a = \frac{\sqrt{3}}{2}\lambda$, $n = \sqrt{2}$, $d = \frac{3}{2}\lambda$ のとき、2本のスリットによる明線のうち x 軸方向とのなす角が最も小さいものが、図3のように角 θ の方向に現れた。この θ を求めたい。スリット A を通り明線方向へ伸びる直線に、スリット B から垂線を引いたときの交点を C とすると、線分 AC の長さはガラス板を通った光の光路長から求められる。また、線分 AC と AB の長さから $\phi = \angle BAC$ が決まる。一方、 a と d から AB と y 軸方向とのなす角 δ が決まる。線分 AC の長さ、 ϕ 、 δ 、 θ を求めよ。

(計算など)

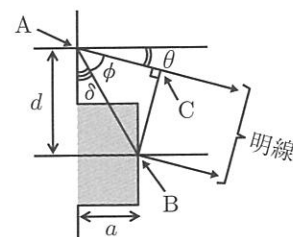


図3

答 AC: ϕ [度]: δ [度]: θ [度]:

受験番号

小計