

(前期日程)

令和3年度 理科 物理基礎・物理(物理) 化学基礎・化学(化学)

科目の選択方法

教育学部の受験者

届け出た1科目を解答すること。

理学部の受験者

物理受験の者は、物理基礎・物理(物理)を解答すること。

化学受験の者は、化学基礎・化学(化学)を解答すること。

医学部の受験者

物理基礎・物理(物理)と、化学基礎・化学(化学)を解答すること。

工学部の受験者

届け出た1科目を解答すること。

農学部の受験者

届け出た1科目を解答すること。

注意事項

- 1 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。
- 2 出題科目およびページは、下表のとおりです。

出題科目	ページ
物理基礎・物理(物理)	1～13
化学基礎・化学(化学)	14～23

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 すべての解答用紙に受験番号を記入しなさい。
- 5 解答は、すべて解答用紙の指定のところに記入しなさい。
- 6 解答用紙はすべて机の上に出しておくこと。机の中に入れてはいけません。

物理基礎・物理（物理）

教育学部，理学部，工学部および農学部の受験者は，1～4を解答すること。

医学部の受験者は，1，4を解答すること。

1 以下の設問に答えなさい。

問 1 図 1 のように、直線と点 O を中心とする半径 r の円弧 CE からなる軌道がある。円弧は点 C で直線部分と滑らかにつながっているものとする。点 B は水平線 l_1 上にあり、直線部分 AC と水平線 l_1 のなす角は 45° である。点 D は点 O の真下に位置する円弧上の点であり、かつ水平な床面 l_2 と同じ高さの点である。また、 DOE のなす角は 60° である。

水平線 l_1 から高さ h の直線部分上の点 A から質量 m の物体を斜面に沿ってそっと手放したところ、物体は静かに滑り落ちた。軌道上には摩擦はなく、空気抵抗の影響と物体の大きさは無視できるものとする。重力加速度の大きさを g として以下の設問に答えなさい。なお、解答に際して使ってよい記号は m, h, r, g とする。

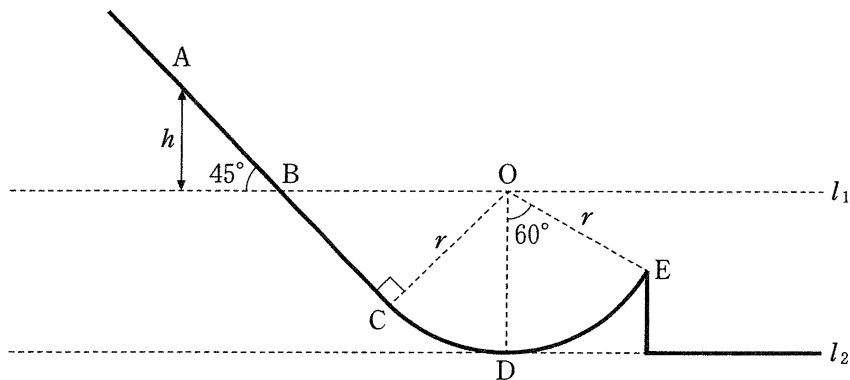


図 1

- (1) 物体が点 D, 点 E を通るときの速さをそれぞれ v_D , v_E として, v_D および v_E を求めなさい。
- (2) 物体が軌道から受ける抗力の大きさが最大となる点を A, B, C, D, E のうちから 1 つ選び \bigcirc をつけると共に, 最大抗力の大きさ N_{\max} を求めなさい。ただし, 点 C, D, E では, 物体は円運動しているものとする。
- (3) 点 E から飛び出した物体の最高到達点の高さを点 E からの高さ H_{\max} として求めなさい。
- (4) 点 E から飛び出した物体が床面 l_2 にあたるまでの時間 t_{l_2} を, 物体が点 E から飛び出した瞬間の時刻を基準として求めなさい。
- (5) 次に, 物体の質量を $2m$ に変更して軌道上でそっと手放したところ, 最高到達点が質量 m の物体のそれと一致した。物体の大きさは無視できるものとし, 質量 $2m$ の物体を手放した位置を, 水平線 l_1 を基準とした場合の鉛直方向の高さとして求めなさい。

問 2 図 2 のように、図 1 の軌道 BA の延長上にある点 A' を考える。点 A' は水平線 l_1 よりも $2h$ だけ高い斜面上の点である。軌道 AE 間には摩擦はなく、問 1 と異なり、斜面 A'A 間は表面が粗くなっているものとする。

質量 m をもつ物体を、点 A' を始点としてそっと手放したところ、物体は静かに滑り落ちた。物体と斜面 A'A 間の動摩擦係数は μ' である。空気抵抗の影響と物体の大きさは無視できるものとする。重力加速度の大きさを g として以下の設問に答えなさい。なお、解答に際して使ってよい記号は m, h, r, g, μ' とする。

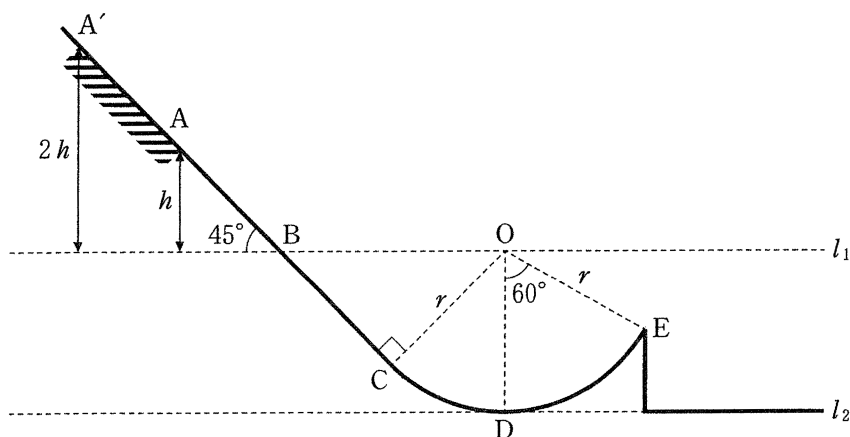


図 2

- (6) A'A 間で動摩擦力がする仕事の大きさ $W_{A'A}$ を求めなさい。
- (7) 動摩擦力が作用する A'A 間での物体の加速度の大きさ $a_{A'A}$ を求めなさい。
- (8) 点 A での物体の速さ v_A を求めなさい。
- (9) 点 E から飛び出した物体の最高到達点の高さを点 E からの高さ H_{\max} として求めなさい。

物理の試験問題は次ページに続く。

2 以下の設問に答えなさい。

問 1 以下の文章中の (a) と (b) に入る英文字一字をそれぞれ答えなさい。また、(c) と (d) に入る数字を答えなさい。これら以外の (ア) から (オ) には文章にふさわしい最も適切な語句を下の語群から選んで答えなさい。

ダイオードとは (a) 型半導体と (b) 型半導体を接合し、両端に電極を取り付けたものであり、電流を一方向のみに流す (ア) をもつ半導体素子である。

(a) 型半導体は純粋なケイ素やゲルマニウムなどの単体からなる半導体に、アルミニウムやホウ素などの (c) 個の価電子をもつ元素を不純物として微量に混合したものであり、ホールがキャリアとなる。一方、(b) 型半導体は純粋なケイ素やゲルマニウムなどの単体からなる半導体に、リンやアンチモンなどの (d) 個の価電子をもつ元素を不純物として微量に混合したものであり、(イ) がキャリアとなる。

ダイオードの (a) 型半導体側の電極を電池の (ウ) に接続し、(b) 型半導体側の電極を電池の (エ) に接続すると、(a) 型と (b) 型の半導体内のそれぞれのキャリアは接合面に向かって移動し、接合面で (オ) することで電流が流れる。

【語 群】

光電効果 結合 正極 負極 電子 陽子 光子 中性子
内部抵抗 可変抵抗 起電力 誘導起電力 電離作用 整流作用
増幅作用

問 2 図 1 のような電流—電圧特性を持つダイオードがある。図に示されるようにダイオード両端の電圧 V_D が 2.00 V から 2.40 V の範囲では、ダイオードに流れる電流 I_D [mA] と V_D [V] の関係が直線 A で表されるものとする。このダイオードを用いて図 2 のような回路をつくった。図中の D がダイオードである。導線やコイルの抵抗、電池の内部抵抗は無視できるものとする。

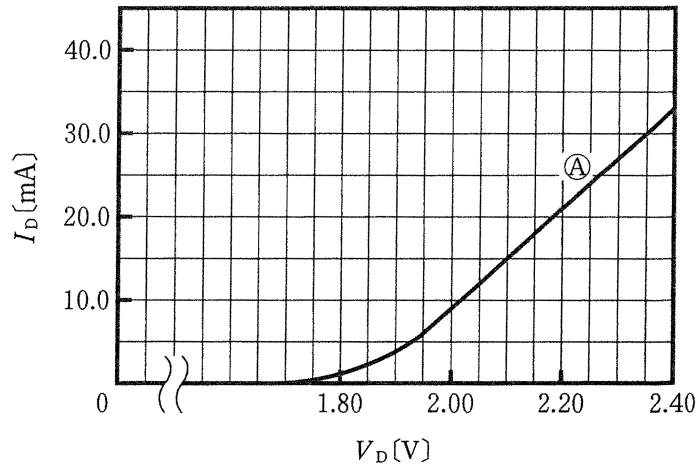


図 1

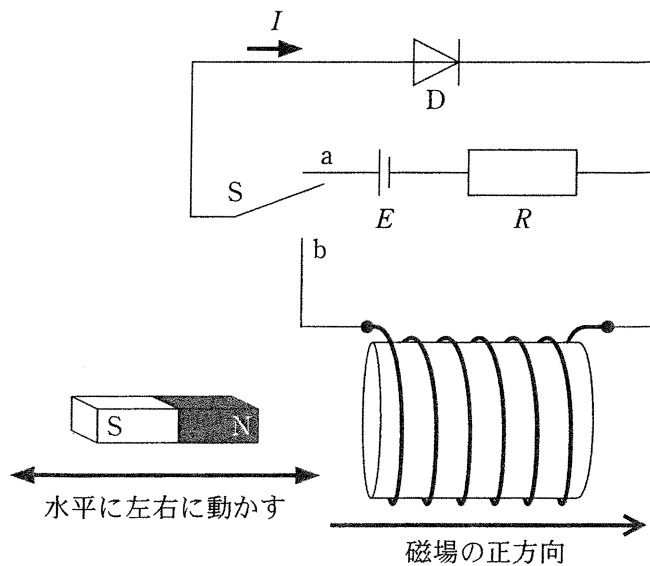


図 2

- (1) 図2中のスイッチSをa側に入れ、起電力 E [V]の電池と R [Ω]の抵抗をつないだところ、回路に電流が流れた。以下の設問に答えなさい。
- (i) 図1中の直線④を表す式を答えなさい。また、この式を使ってダイオードDの両端の電圧 V_D が2.25Vのときに回路に流れる電流を求めなさい。
- (ii) ダイオードDの両端の電圧 V_D [V]と回路に流れる電流 I [A]との関係をあらわす式を E , R , V_D を用いて表しなさい。
- (iii) $E = 4.50$ V, $R = 1.60 \times 10^2 \Omega$ とした場合に回路に流れる電流を求めなさい。
- (2) 図2中のスイッチSをb側に入れ、巻数が300回の円形コイルの断面に垂直な方向に、強力な棒磁石を用いて磁場を加え、磁石の断面とコイルの断面を平行に保ったまま磁石を水平に動かしてコイルに近づけ、その後、遠ざけたところ、コイルを貫く磁束は図3のように変化した。このとき回路に流れる電流 I の時間変化をあらわすグラフを書きなさい。ただし、電流 I の向きは図中の矢印の向きを正とする。またコイルの自己インダクタンスを無視するものとし、コイル内の磁束は一様であり、図中のコイル下の矢印が示す右向きの磁場を正とする。

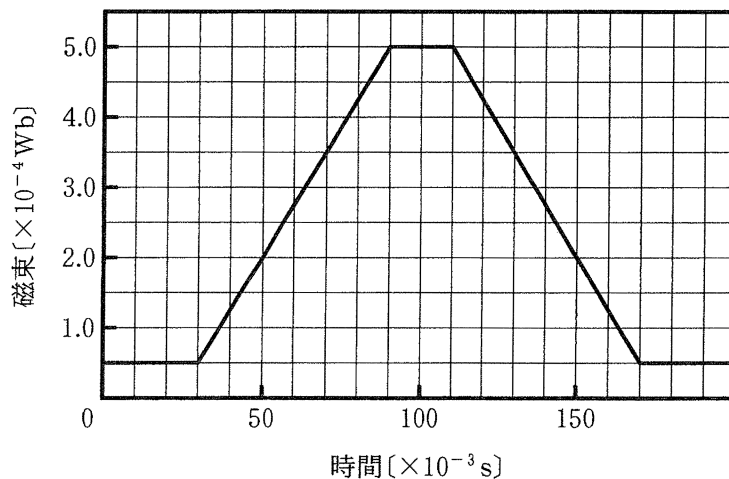


図3

物理の試験問題は次ページに続く。

3 以下の設問に答えなさい。

問 1 図1のように間隔 d で並んだ2つの十分に細いスリット S_1, S_2 に対して、光源から出た波長 λ の単色光(平面波)を垂直に入射させ、スクリーン上に生じる光の強度を調べる。この実験は空気中で行われ、空気の屈折率を1とする。もし、光が粒子のように直進するだけであれば、スリットの正面のスクリーン上の位置のところだけに明るい線が見えるはずである。しかし、実際にはスクリーン上に明暗の縞模様ができる。

スリット S_1, S_2 から等距離にあるスクリーン上の点 O を原点として、スクリーン上に x 軸をとり、点 P の座標を x とする。スリット S_1, S_2 と点 P 間の距離をそれぞれ L_1, L_2 とすると、 $L_1^2 - L_2^2 =$ (ア) である。スリットとスクリーン間の距離 L や L_1, L_2 は OP の長さ $|x|$ やスリット間隔 d に比べて十分に大きく、 $L_1 + L_2 \approx 2L$ と近似できる。それゆえ、 $L_1 - L_2 \approx$ (イ) となる。これがある条件を満たすとき、スリット S_1, S_2 を通った2つの光が強めあひ、また別の条件では弱めあう。それにより、スクリーン上に明暗の縞模様が現れる。

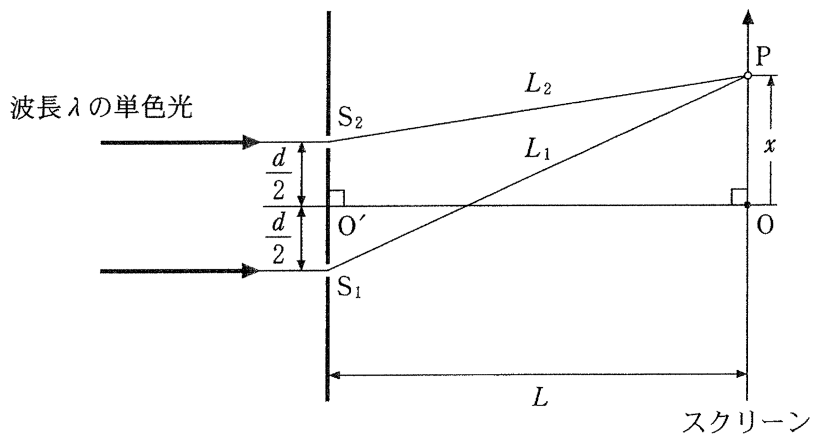


図 1

- (1) 文章中の波線に関連する次の現象を何というか答えなさい。
- (a) 光がスリットの間隙の正面部分だけでなく、スリットの影になる部分まで回り込むこと
 - (b) 複数の光が重ね合わさり、強めあったり弱めあったりすること
- (2) 文章中の空欄 (ア) , (イ) にあてはまる式を答えなさい。なお、解答に際して使ってよい記号は x, d, L とする。

- (3) 縞模様の明線と暗線の位置 x を、整数 m ($m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$) と d, L, λ を用いてそれぞれ表しなさい。

問 2 屈折率 n の物質中を光が通過するとき、その速さは空气中(屈折率 1)での光の速さの 倍である。光がその物質中を距離 ℓ だけ通過するとき、それと同じ時間に光が空气中を進む距離(光路長)は である。したがって、長さ ℓ の物質を光が通過したとき、それと平行に空气中を進んだ光との光路差は となる。

図 2 のように、図 1 の光源とスリット S_1 の間に、屈折率 n ($n > 1$)、長さ ℓ の物質 A をおき、スクリーン上の縞模様の位置の移動を調べる。なお、物質 A は透明で、物質 A と空気との境界面での反射は無視でき、スリットに入る光の強度は変化しないものとする。スリット S_1 と物質 A は十分に近く、光は図 1 のときと同様に物質内を直進してスリットに入る。

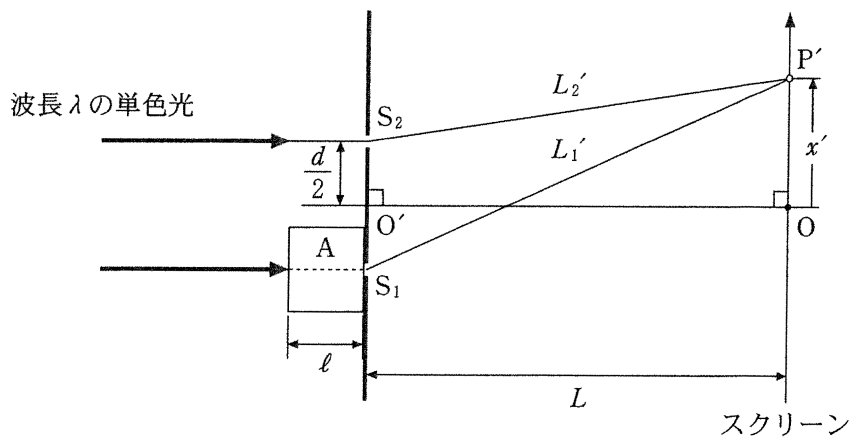


図 2

- (4) 文章中の空欄 ~ にあてはまる式を答えなさい。
- (5) 図 1 のスクリーン上で整数 m で指定されるひとつの明線(位置 x_m)に着目する。物質を置いたときのこの明線の位置を x'_m として(図 2)、明線の移動距離 $|x'_m - x_m|$ と移動の向きを答えなさい。移動の向きは、図の「上」方向または「下」方向、あるいは移動量が 0 の場合は「なし」と解答しなさい。ただし、着目する明線の移動量が明線の間隔より小さい場合について考えるものとする。

4 以下の設問に答えなさい。

問 1 図 1 は単原子分子の理想気体の熱サイクルである。以下の文章中の空欄 (ア) から (オ) に適切な記号, 数式, または数字を入れなさい。なお, 解答に際して使ってよい記号は, 文章中の記号と図 1 に示す P と V とする。

図 1 において, $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ の順に I \rightarrow II \rightarrow III \rightarrow IV の 4 つの過程を経て 1 サイクル変化させた。一定の体積で気体が熱を吸収するのは過程 (ア) で, 吸収される熱量は (イ) である。一方, 一定の圧力で気体が熱を吸収するのは過程 (ウ) で, 吸収される熱量は (エ) である。この 1 サイクルの熱効率は (オ) である。

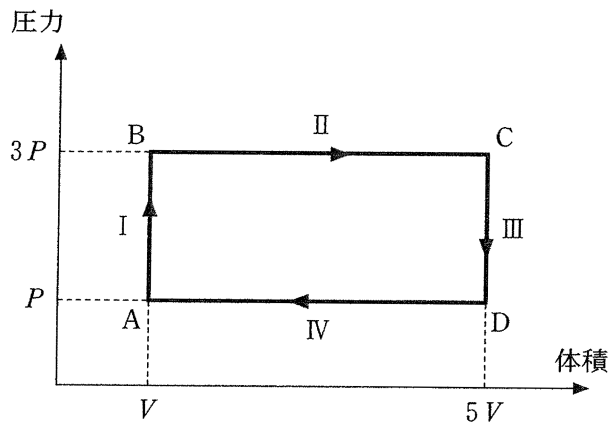


図 1

問 2 図 2 のように単原子分子の理想気体 n [mol] が鉛直に立つ底面積 S [m²] の円筒シリンダー内に入っており、滑らかに動くピストンによって封じられている。ピストンとシリンダーの底は、重さを無視できるバネで連結されている。また、図のようにシリンダー内にはヒーターが設置されており内部を均一に温めることができるものとする。気体は周囲と断熱されており、ヒーターの体積は無視できるものとする。ピストンの質量を M [kg]、重力加速度の大きさを g [m/s²]、バネの自然長を L_0 [m]、気体定数を R [J/(mol·K)]、大気圧を P_0 [Pa] とする。

以下の文章中の空欄 (カ) から (シ) に適切な数式を入れなさい。なお、解答に際して使ってよい記号は、 n , S , M , g , L_0 , R , P_0 とする。

図 2 のように気体と外部の圧力がともに P_0 のとき、バネの長さが $\frac{3}{4}L_0$ であった。この時の気体の温度は (カ) である。ヒーターによって気体の温度をゆっくりと上げたところ、図 3 に示すようにバネの長さが L_0 となった。この時の気体の温度は (キ) である。図 2 の状態から、図 3 の状態への変化に伴う内部エネルギーの変化は (ク) である。この間に気体がした仕事は (ケ) である。ここでヒーターのスイッチを切り、ピストンに外力を加えて図 4 のようにバネの長さが $\frac{1}{2}L_0$ になるまで押し込んだ。断熱変化では圧力 P と体積 V の間に $PV^{\frac{5}{3}} = \text{一定}$ の関係があることから、気体の圧力は (コ) となり、温度は (サ) となる。また、この過程で気体がされた仕事は (シ) である。

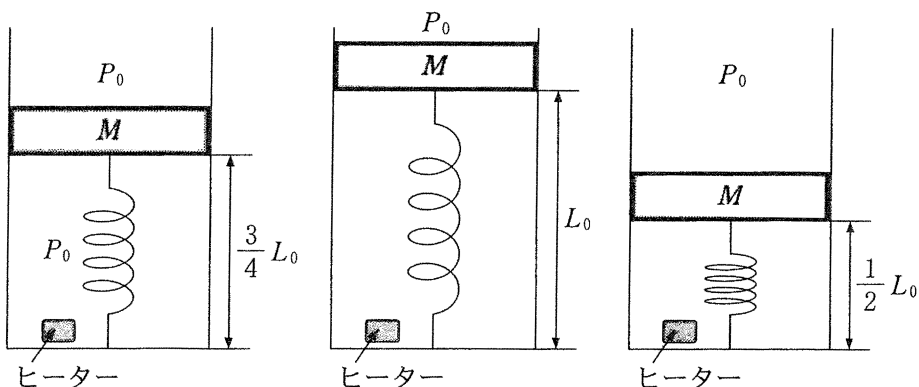


図 2

図 3

図 4