

物 理 (120 分)

(令和 7 年度 後期日程)

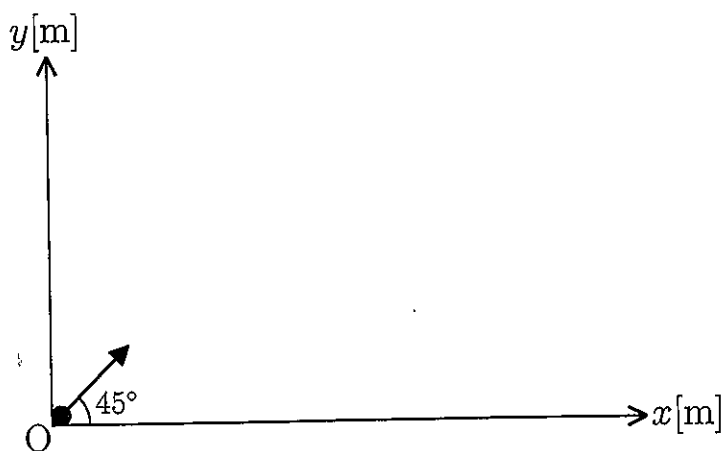
注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は全部で 8 ページから成っています。表紙を開くと白紙があります。さらに、その白紙を開いた左のページから 1 ページ目の問題がはじまります。印刷が不鮮明な場合、又はページの脱落に気付いたときは、申し出てください。
3. 解答用紙は 2 枚です。
4. 解答は必ず解答用紙の指定された欄に記入してください。
5. 解答用紙には必ず受験番号、氏名を記入してください。記入を忘れたとき、あるいは誤った番号を記入したときは失格となることがあります。
6. 解答用紙の解答欄に、関係のない文字、記号、符号などを記入してはいけません。
7. 解答は 200 点満点で採点され、海事システム工学科は採点結果の 1.5 倍が得点になります。
8. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。

- [1] (配点 50 点) 次の文章の中の にあてはまる式または数値を解答用紙の該当する欄に記入しなさい。ただし、 (解答欄(h)) については、適切な数値を軸上に記入した上で、実線でグラフを描きなさい。計算の途中や解答欄でルート (根号) が出てきた場合、ルートを開くことはせずそのままにしない。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とし、空気抵抗は無視できるものとする。

図のように、大きさを無視できる小球を、水平な地面に対して 45° 斜め上方に、速さ 7 m/s で地面から投げる。投げられた瞬間 (時刻 $t = 0$ とする) の小球の位置を原点とし、水平方向に x 軸、鉛直上向きに y 軸をとる。投げられた瞬間から地面 ($y = 0$) に落ちるまでの小球の運動について考える。小球の加速度の x 成分は (解答欄(a)) $[\text{m/s}^2]$ 、 y 成分は (解答欄(b)) $[\text{m/s}^2]$ と表される。また、時刻 $t [\text{s}]$ での小球の速度の x 成分は (解答欄(c)) $[\text{m/s}]$ 、 y 成分は (解答欄(d)) $[\text{m/s}]$ と表される。さらに、時刻 $t [\text{s}]$ での小球の x 座標は $x =$ (解答欄(e)) $[\text{m}]$ 、 y 座標は $y =$ (解答欄(f)) $[\text{m}]$ となる。これより、小球の軌跡 (軌道) を表す式は (解答欄(g)) となることがわかる。投げられた瞬間から地面に落ちるまでの小球の軌跡をグラフにすると (解答欄(h)) のようになる。

上と同じ条件で小球を斜め上方に投げ、高さ 0.8 m の垂直の薄い壁の向こうに落とすことを考える。原点から壁までの距離を $\ell [\text{m}]$ とすると、小球が $x = \ell [\text{m}]$ まで運動したとき、 $y > 0.8 [\text{m}]$ であれば、小球は壁を越えることができる。このことから ℓ は不等式 (解答欄(i)) $> 0.8 [\text{m}]$ を満たす必要がある。よって、小球が壁を越えるためには、 ℓ は (解答欄(j)) $[\text{m}] < \ell <$ (解答欄(k)) $[\text{m}]$ の条件を満たす必要がある。

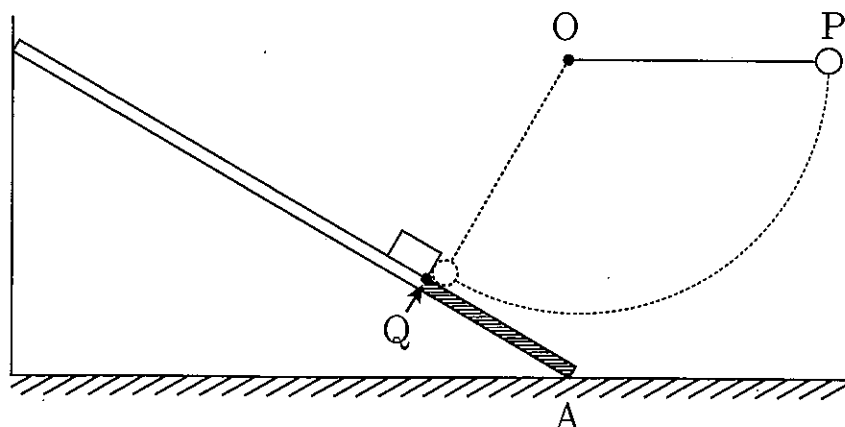


- [2] (配点 50 点) 次の文章の中の にあてはまる式を解答用紙の該当する欄に記入しなさい。
重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗は無視できるものとする。また、運動はすべて同一鉛直面内で起こるものとする。

図のように、質量 M 、長さ $4L$ の一様な板を、水平な床からの高さが $2L$ のなめらかな壁上の点に静かに立てかけたところ、板はすべらず静止した。床と板との間の静止摩擦係数を μ_1 とすると、板がすべらないための μ_1 の条件は と表される。板が床に接している点 A の真上の点 O に、長さ $\sqrt{3}L$ の軽くて伸びない糸の一端が固定されていて、他端に質量 m の大きさを無視できる小球がとりつけられている。小球を糸を張った状態で点 O と同じ高さの点 P に持ち上げ静かに放したところ、小球は板と衝突することなく板上の点 Q を通る軌道に沿って運動した。点 Q の床からの高さは である。

板の点 Q より左上側の表面には摩擦がなく、右下側の表面には摩擦があるとする。小球を点 P に保持し、点 Q に質量 $2m$ の大きさを無視できる物体を静かに置いたところ、板はすべらず、物体は静止したままであった。板が静止するための μ_1 の条件は であり、板と物体との間の静止摩擦係数を μ_2 とすると、物体が板の上で静止するための μ_2 の条件は と表される。

点 P にある小球を静かに放したところ、小球と物体は点 Q で弾性衝突した。衝突直前の小球の速さは 、衝突直後の小球の速さは 、衝突直後の物体の速さは である。衝突後、小球ははね返り、床からの高さ の点で一瞬静止した。物体はなめらかな板上を運動し、床からの高さ の点で一瞬静止した。物体が小球と衝突してから一瞬静止するまでの間に、板がすべらないための μ_1 の条件は である。



- [3] (配点 50 点) 以下の各問いに対する解答を、解答用紙の該当する欄に記入しなさい。なお、解答欄 (iii), (viii), (ix), (x) はそれぞれの解答欄に示された単位に適した値を整数で記入しなさい。導線の抵抗はすべて無視できるものとする。

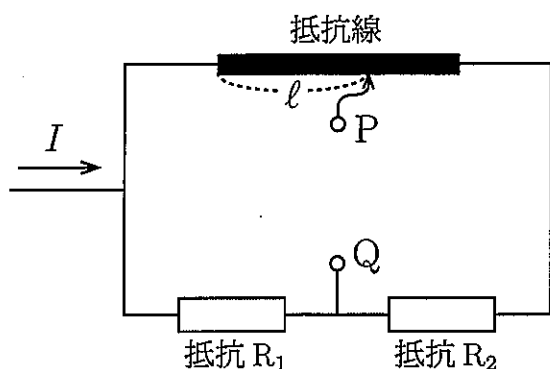


図 1

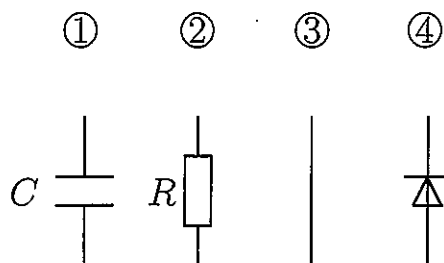


図 2

抵抗値がそれぞれ R , $3R$ の抵抗 R_1 , R_2 , 長さが 60 cm で全体の抵抗値が $2R$ の一様な抵抗線, 抵抗線上の任意の点に接触できる可動接点を使って図 1 の回路を作製した。この回路の PQ 間には図 2 に示す容量 C のコンデンサー①, 抵抗値 R の抵抗②, 導線③, ダイオード④の 1 つを接続できる。抵抗線の左端から可動接点までの長さを ℓ とする。以下では、この回路の左端から右方向へ大きさ I の一定の電流が常に流れているものとする。

PQ 間に何も接続していないとする。(i)–(iii) の問いに答えなさい。

- (i) 抵抗 R_1 を流れる電流の大きさを文字式で表しなさい。
- (ii) この回路全体の合成抵抗を文字式で表しなさい。
- (iii) 抵抗線上の可動接点を移動していくと、PQ 間の電位差がゼロとなる位置があった。このときの ℓ の値を求めなさい。

$\ell = 30$ cm とし、PQ 間にコンデンサー①を接続した。次の問いに答えなさい。

- (iv) 十分に時間が経過した後にコンデンサーの P 側の極板に帯電する電気量を文字式で表しなさい。

$\ell = 30$ cm とし、PQ 間に抵抗②を接続した。(v)–(vii) の問いに答えなさい。

- (v) 抵抗 R_1 を流れる電流の大きさを文字式で表しなさい。
- (vi) この回路全体の合成抵抗を文字式で表しなさい。
- (vii) 最も消費電力の大きい抵抗または抵抗線部分を次の選択肢から選び番号で答えなさい。
 (1) 可動接点より左側の抵抗線部分, (2) 可動接点より右側の抵抗線部分, (3) 抵抗 R_1 ,
 (4) 抵抗 R_2 , (5) 抵抗②

PQ 間に導線③を接続し、一定電流 I を 200 mA とした。可動接点の位置を変え、抵抗 R_2 を流れる電流が 20 mA となる位置で固定した。(viii)–(x) の問いに答えなさい。

(viii) ℓ の値を求めなさい。

(ix) 導線③を流れる電流の大きさを求めなさい。

接続していた導線③を取り外したところ、抵抗線の両端にかかる電圧は 3.6 V であった。次にダイオード④を PQ 間に接続すると、ダイオード④に電流が流れた。ダイオード④の順方向における電流－電圧特性は図 3 の通りである (0.5 V 以下の電圧で電流はゼロとなり、それ以上の電圧で電流は直線的に増加する)。

(x) ダイオード④を流れる電流の大きさを求めなさい。

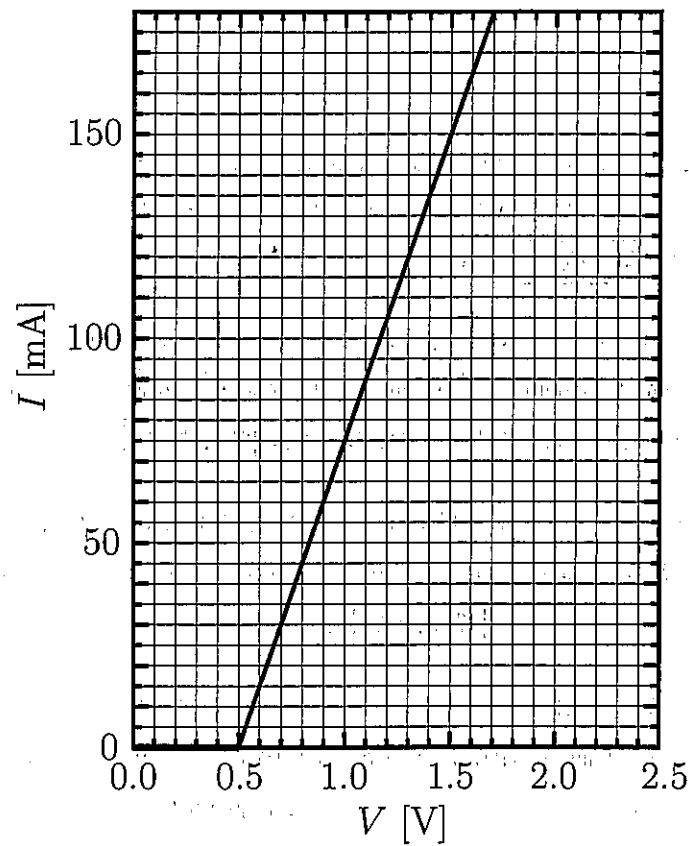


図 3

- [4] (配点 50 点) 次の文章の中の にあてはまる式または数値を解答用紙の該当する欄に記入しなさい。ただし、解答欄(ア)、解答欄(エ) は選択肢から最も適切なものを選び記入しなさい。解答欄(キ) については、答えに至るまでの説明も書きなさい。空気の屈折率は 1.0 とする。また、必要であれば、角度 θ が十分小さい場合に成り立つ近似式 $\tan\theta \simeq \sin\theta \simeq \theta$ を用いなさい。

I.

焦点距離 20 cm の厚さを無視できる凸レンズ A に対し、図 1 のようにレンズの前方 60 cm の位置に、高さ 10 cm の物体をレンズの光軸に垂直に置いた。このとき、凸レンズ A によってつくられる物体の像はレンズの 解答欄(ア) { 前方, 後方 } 解答欄(イ) cm の位置にあり、その大きさは 解答欄(ウ) cm である。また、この像は 解答欄(エ) { 正立実像, 正立虚像, 倒立実像, 倒立虚像 } である。

II.

壁面で光が反射せず、また光がもれない容器に、屈折率 n の液体を入れ、液面からの深さが L である容器の底に小さな光源 O を置く。真空中を進むときの光の速さを c とすると、この液中を進む光の速さは 解答欄(オ) である。

(a) 光源 O からの光を、光源 O の真上からわずかにずれた空気中から観察する。このとき、光源 O からの光は、液面での光の屈折により、光源 O の鉛直上方の点 O_1 から発せられているように見えた。液面から点 O_1 までの深さは 解答欄(カ) である。

(b) 図 2 のように、半径 R の不透明な円板をその中心が光源 O の真上にくるように液面に浮かべた。このとき、液面の上方のどこからも光が見えないようにするための半径 R の条件は、 n, L を用いて表すと $R \geq$ 解答欄(キ) となる。

(c) 図 3 のように、焦点距離 L の厚さを無視できる凸レンズ B を、レンズの光軸が光源 O の真上を通るように液面から距離 $L/2$ の空気中に固定した。凸レンズ B の上方 $5L$ の位置にスクリーンを設置したところ、スクリーン上に光源の鮮明な像ができた。このとき、光源 O の真上からわずかにずれたレンズの下方の空気中より、光源 O からの光を観察すると、光源 O の鉛直上方の点 O_2 から発せられているように見えた。凸レンズ B のレンズの中心から点 O_2 までの長さは 解答欄(ク) である。したがって、液面から点 O_2 までの長さを L を用いて表すと 解答欄(ケ) となり、この液体の屈折率を有効数字 2 桁で表すと 解答欄(コ) となる。

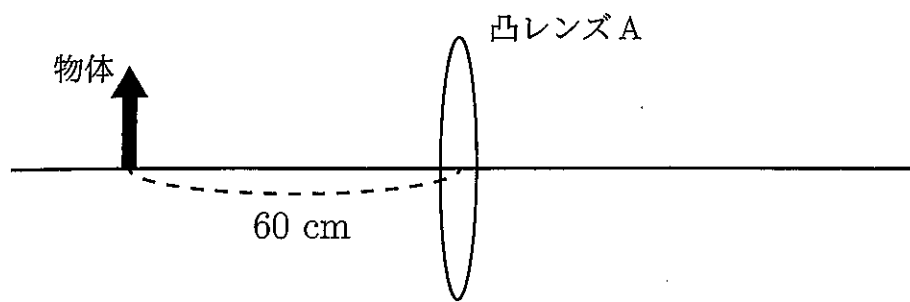


図 1

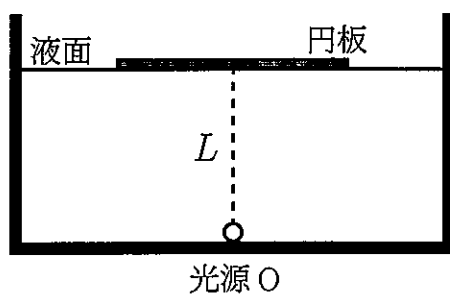


図 2

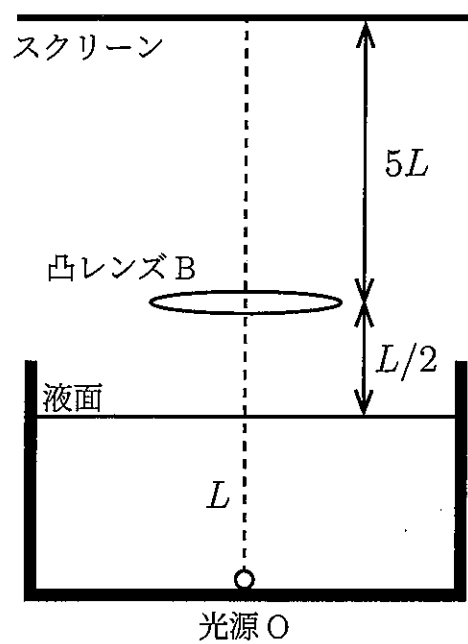


図 3