

2021年度

# 理 科 問 題

(物理・化学・生物・地学)

## 注 意 事 項

- 1 問題冊子は、監督者が「解答始め」の指示をするまで開かないこと。
  - 2 問題冊子は「物理」2～9ページ、「化学」10～21ページ、「生物」22～29ページ、「地学」30～37ページである。解答用紙は、「物理」3枚、「化学」4枚、「生物」4枚、「地学」3枚である。脱落のあった場合には申し出ること。なお、解答用紙は上部で接着してあるので、はがさずに解答すること。
  - 3 解答用紙の各ページ所定欄に、それぞれ氏名、受験学部、受験番号（最後のページは、左右2か所）を忘れずに記入すること。
  - 4 解答は、すべて解答用紙の所定欄に記入すること。
  - 5 解答以外のことを書いたときは、該当箇所の解答を無効とすることがある。
  - 6 解答用紙の裏面は計算等に使用してもよいが、採点はしない。
  - 7 理学部の受験者は、次により解答すること。なお、第2・3志望がある場合、志望する学科についても確認すること。
    - (1) 数学科・生物学科・地球学科・理科選択を志望する者は、「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうちから2科目を選択し、解答すること。
    - (2) 物理学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」と、その他に「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
    - (3) 化学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「化学」と、その他に「物理」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
  - 8 工学部の受験者は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
  - 9 医学部医学科の受験者は、「物理」・「化学」・「生物」のうちから2科目を選択し、解答すること。
  - 10 生活科学部食品栄養科学科の受験者は、「化学」・「生物」のうちから1科目を選択し、解答すること。
  - 11 机上に各自の「受験票」と「大学入学共通テスト受験票」を出しておくこと。
  - 12 問題冊子および選択しない科目の解答用紙は持ち帰ること。
- ※ 本冊子の理科学科目は以下を表す。
- |            |            |
|------------|------------|
| 物理：物理基礎・物理 | 化学：化学基礎・化学 |
| 生物：生物基礎・生物 | 地学：地学基礎・地学 |

# 物 理

## 第 1 問 (35点)

図のように、水平な床と角度  $45^\circ$  をなすなめらかな斜面がある。斜面の最下点を  $O$  で表し、斜面に沿って上向きに  $x$  軸，斜面に垂直に  $y$  軸をとる。 $O$  から小球を  $xy$  平面内で斜面に対して角度  $\alpha$  の向きに速さ  $v_0$  で投げ上げたところ、小球は点  $P$  で斜面に衝突し、その後点  $Q$  で 2 度目の衝突をした。ここで  $\alpha$  は  $45^\circ$  よりも小さいとする。重力加速度の大きさを  $g$  として、以下の問いに答えよ。

問 1 時刻  $t = 0$  に小球を投げ上げてから斜面に最初に衝突するまでの、任意の時刻  $t$  における小球の速度の  $x$  成分  $v_x$ ，および  $y$  成分  $v_y$  を求めよ。

問 2 小球を投げ上げてから  $P$  で斜面に衝突するまでの時間  $t_1$  を求めよ。また  $O$  から  $P$  までの距離  $L$  を求めよ。

$P$  における衝突では、小球の速度は斜面に垂直であった。

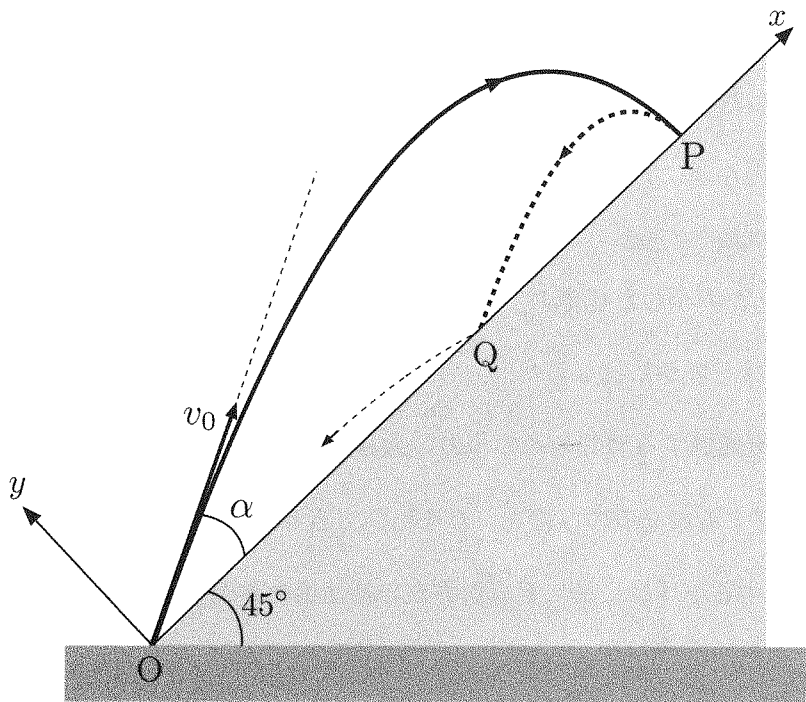
問 3  $\sin \alpha$  を求めよ。

斜面と小球との間の反発係数を  $e$  とする。

問 4 最初の衝突が起こってから 2 度目に衝突するまでの時間  $t_2$  を  $t_1$  と  $e$  で表せ。

3 度目の衝突が  $O$  で起こった。

問 5 反発係数  $e$  を求めよ。



# 物 理

## 第 2 問 (35点)

図1のように、水平右向きに  $x$  軸，鉛直上向きに  $y$  軸をとり，大きさ  $E$  の一様な電場を  $x$  軸の正の向きにかける．長さ  $L$  の軽い糸の一端を原点  $O$  に固定し，他端に質量  $m$ ，正の電気量  $Q$  の小球をつけた．重力加速度の大きさを  $g$  とし，以下の問いに答えよ．

初めに，小球は，鉛直方向と  $OA$  がなす角度  $60^\circ$  の位置  $A$  で静止していた．

問 1  $E$  を， $m$ ， $g$ ， $Q$  を用いて表せ．また，小球にはたらく重力と静電気力の合力の大きさを  $mg'$  としたとき， $g'$  を求めよ．

$A$  で静止していた小球に力を加え，糸がたるまないように  $O$  の鉛直方向の位置  $P$  までゆっくり移動させた．

問 2 小球に加えた力がした仕事  $W$  を， $m$ ， $g$ ， $L$  を用いて表せ．

その後， $P$  で小球を静かにはなした．

問 3 小球が  $A$  を通過する瞬間の糸の張力の大きさ  $T$  を， $m$ ， $g$  を用いて表せ．

問 4 小球が到達する最高点の座標を， $L$  を用いて表せ．

次に， $A$  で静止する小球に，糸に垂直な方向の初速度を与えると，小球は  $O$  を中心に  $xy$  平面内で反時計回りに回転した．

問 5 糸がたるむことなく，小球が1回転するために必要な初速度の大きさの最小値  $v_0$  を， $g$ ， $L$  を用いて表せ．

次に，電場をかけるのをやめて，図2のように磁束密度の大きさ  $B$  の一様な磁場を  $x < 0$  の領域に  $y$  軸の負の向きにかける．糸がたるまないように小球を  $A$  に静止させておき，静かにはなした．小球が  $P$  をはじめて通過した瞬間に糸を切ったところ，小球はある軌跡を描き，再び  $yz$  平面を横切った．ただし， $z$  軸は紙面裏から表の向きにとる．

問 6 小球が再び  $yz$  平面を横切ったときの  $y$  座標を求めよ．

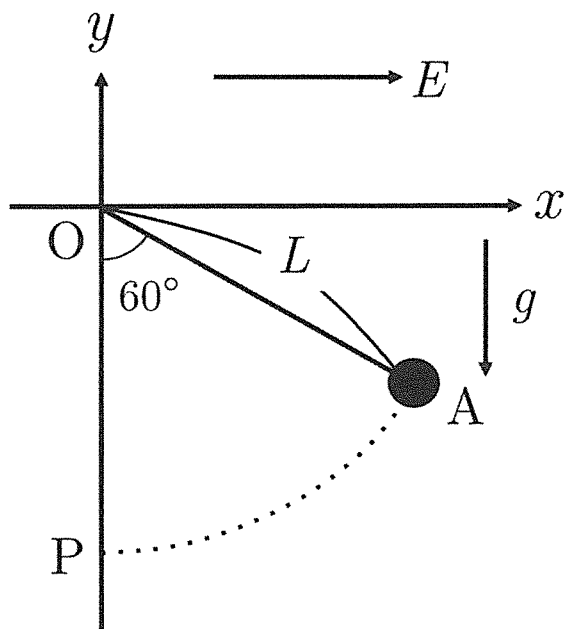


图 1

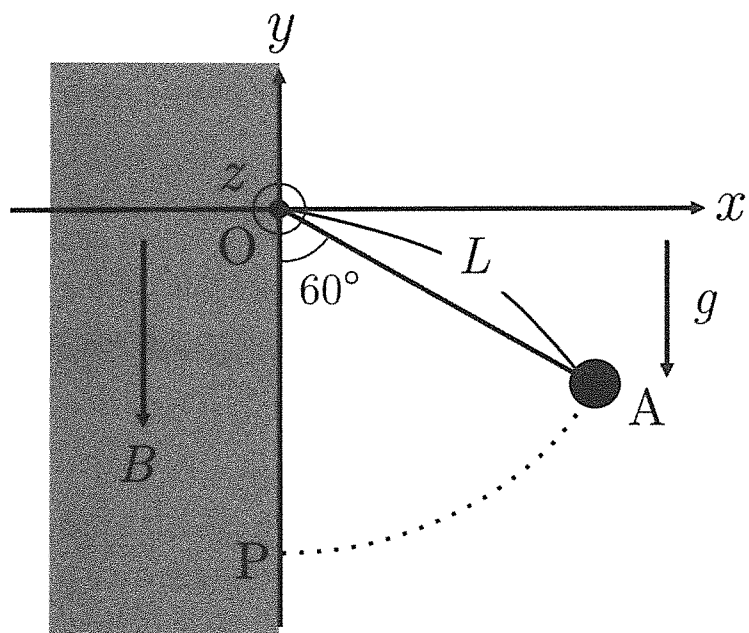


图 2

# 物 理

## 第 3 問 (30点)

図1のように、光源から出た波長  $\lambda = 5.0 \times 10^2 \text{ nm}$  ( $1 \text{ nm}$  は  $10^{-9} \text{ m}$ ) の単色の光線が原点  $O$  に入射している。光線に沿って  $x$  軸をとり、光線に垂直に  $y$  軸をとる。座標が  $(X, Y)$  で与えられる点  $P$  に光の検出器を置いた。ここで  $X = 1.00 \text{ m}$ ,  $Y = 10 \text{ mm}$  である。 $x$  軸に沿って進む光線から検出器が離れていたため、検出器では光は検出されなかった。そこで「原点  $O$  に何かを置くことで光の向きを変え、 $P$  にある検出器に光を入射させなさい」という課題を4名の生徒に与えたところ、それぞれ別の方法で課題を達成した。以下の問いに有効数字を2桁で答えよ。空気の屈折率を1とする。必要に応じて、 $\delta$  [rad]の絶対値が1より十分小さいときに成り立つ関係式  $\sin \delta \doteq \delta$ ,  $\tan \delta \doteq \delta$  を用いよ。

Aさんは鏡を用いた。まず鏡を  $x$  軸に平行に置いた後、図2のように角度  $\theta$  だけ回転させることで  $P$  に光を入射させた。

問1 鏡を回転させた角度  $\theta$  を求めよ。

Bさんは等間隔にスリットが並んだ回折格子を用いた。スリットの間隔を適切に選ぶと複数のスリットを通過した光が強め合い、図3のように1次の回折光が  $P$  に入射した。1次の回折光とは、隣り合うスリットを通過した光の光路差が波長の1倍となる方向に回折する光のことである。

問2 Bさんが用いた回折格子のスリットの間隔  $d$  を求めよ。

Cさんは薄い凸レンズを用いた。まずレンズの光軸を  $x$  軸に一致させた後、図4のようにレンズを  $y$  方向に平行移動することで光の向きを変え、 $P$  に光を入射させた。

問3 用いた凸レンズの焦点距離は  $f = 4.0 \times 10^2 \text{ mm}$  であった。レンズを  $y$  方向に移動した距離  $q$  を求めよ。

Dさんは薄いくさび型のガラスを用いた。図5のように光をくさび型のガラスの左側の面に垂直に入射させると、右側の面で屈折により光の向きが変わり、 $P$  に入射した。

問4 用いたガラスの屈折率は  $n = 1.50$  であった。くさび型のガラスの頂角  $\alpha$  を求めよ。

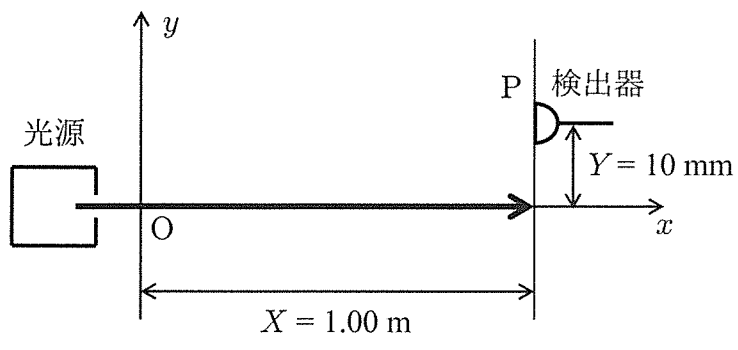


図 1

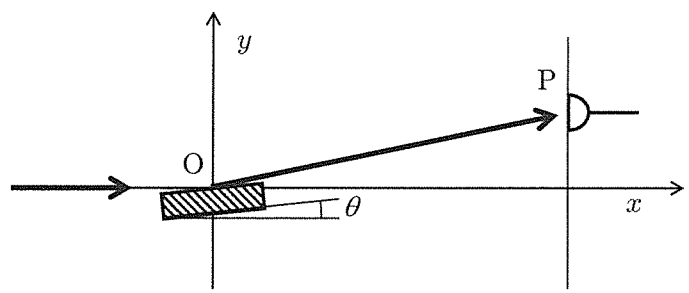


図 2

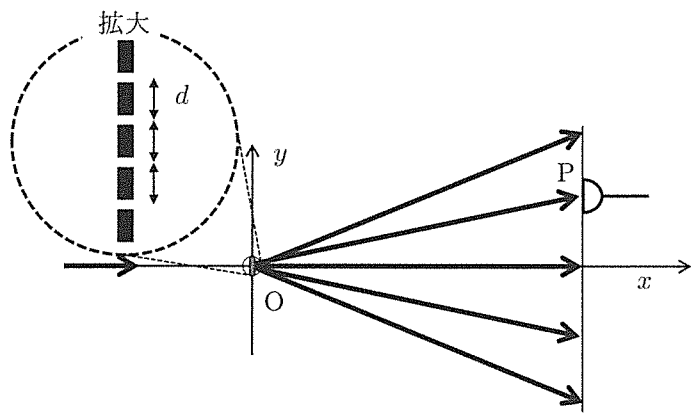


図 3

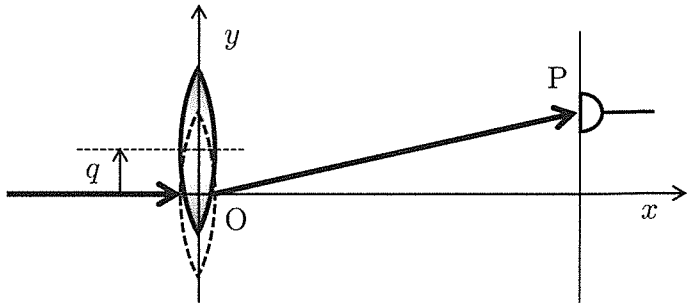


图 4

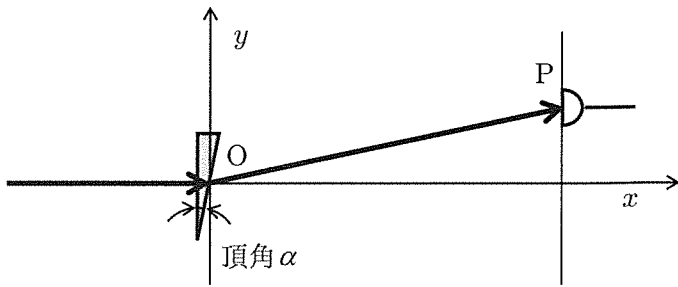


图 5