

令和 7 年度入学者選抜学力検査問題
〈前期日程〉

理 科

(医学部 医学科)

科 目	頁 数
物 理 基 礎 ・ 物 理	2 頁 ～ 9 頁
化 学 基 礎 ・ 化 学	10 頁 ～ 17 頁
生 物 基 礎 ・ 生 物	18 頁 ～ 25 頁

注 意 事 項 I

この冊子には物理，化学，生物の問題がのっている。そこから 2 科目を選択し，解答すること。

注 意 事 項 II

- 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ない。
- 2 試験開始の合図のあとで問題冊子の頁数を確認すること。
- 3 解答にかかる前に必ず受験番号を解答用紙に記入すること。
- 4 解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入すること。
所定の欄以外に記入したものは無効である。
- 5 問題冊子は持ち帰ってよい。

(このページは空白)

物理基礎・物理

1 滑らかな水平面上で運動している質量 M [kg] の小物体 A と質量 m [kg] ($M \geq m$) の小物体 B を上から観察する。小物体自体の回転の影響や、小物体と水平面の摩擦、空気抵抗、重力の影響は無視できるものとする。また、小物体 A と小物体 B には衝突の瞬間だけ力が働くものとする。

図1に示すように直交する x 軸と y 軸をとる。小物体 A は x 軸の正方向に速さ V_0 [m/s] で運動している。静止している小物体 B に小物体 A が 完全非弾性衝突 したときの運動を考える。衝突後、小物体 A と小物体 B は一体となって質量が $M + m$ の小物体 C となり、速さ V_1 [m/s] で x 軸の正方向に運動する。衝突前の小物体 A と小物体 B がもつ運動エネルギーの合計と、衝突後の小物体 C の運動エネルギーの差を Q [J] ($Q > 0$) とする。このとき、以下の問1～問3に答えよ。

問1 衝突前後の x 軸方向の運動量保存則を表す式を、 M, m, V_0, V_1 の中から必要な記号を用いて表せ。さらに、衝突後の速さ V_1 を、 M, m, V_0 の中から必要な記号を用いて表せ。

問2 問1の結果を用いて、エネルギー Q を、 M, m, V_0 の中から必要な記号を用いて表せ。

問3 エネルギー Q は、どのような種類のエネルギーになっていると考えられるか。具体例を1つ挙げよ。

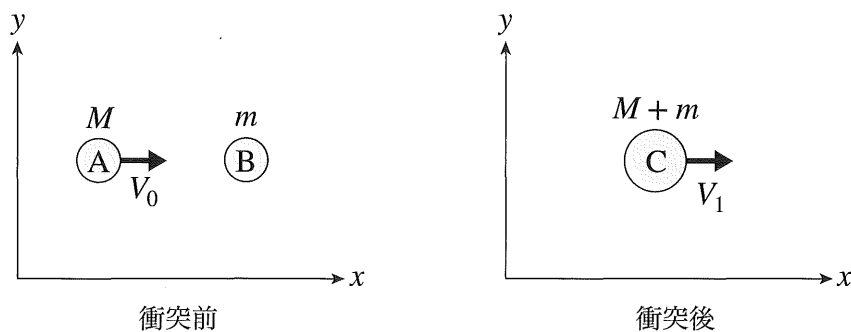


図1

図2に示すように直交する x 軸と y 軸をとる。 x 軸の正方向に速さ V_0 で運動している質量 M の小物体 A が、静止している質量 m の小物体 B に弾性衝突（運動エネルギーと運動量が保存する衝突）をしたときの運動を考える。衝突後、小物体 A は速さ V_2 [m/s]、小物体 B は速さ U_2 [m/s] ($U_2 \neq 0$) で x 軸の正方向に運動する。このとき、以下の問4と問5に答えよ。

問4 衝突前後のエネルギー保存則と x 軸方向の運動量保存則を表す式を、 M, m, V_0, V_2, U_2 の中から必要な記号を用いて表せ。

問5 問4の結果を用いて、衝突後の小物体 A の速さ V_2 と小物体 B の速さ U_2 を、 M, m, V_0 の中から必要な記号を用いて表せ。必要であれば次の公式を用いてよい。

$$ax^2 + bx + c = 0 \text{ かつ } a \neq 0 \text{ のとき, } x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

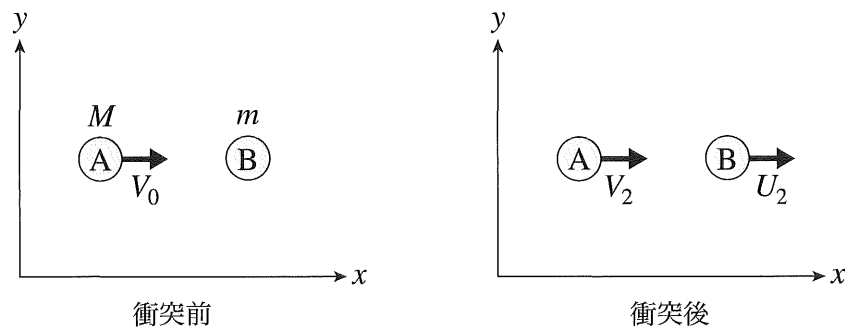


図2

図3に示すように直交する x 軸と y 軸をとる。 x 軸の正方向に速さ V_0 で運動している質量 M の小物体 A が、静止している質量 m の小物体 B に弾性衝突（運動エネルギーと運動量が保存する衝突）をし、小物体 A は x 軸の正方向から反時計回りで角度 θ $^{\circ}$ ($0 < \theta < 90^{\circ}$) 方向に速さ V_3 [m/s] で運動し、小物体 B は x 軸の正方向から時計回りで角度 ϕ $^{\circ}$ ($0 < \phi < 90^{\circ}$) 方向に速さ U_3 [m/s] で運動する場合を考える。衝突前から衝突の瞬間までの小物体を破線の円、衝突後の小物体を実線の円で示す。衝突の際、小物体間に生じる摩擦は無視できるものとする。このとき、以下の問6と問7に答えよ。

問6 衝突前後のエネルギー保存則、 x 軸方向の運動量保存則、 y 軸方向の運動量保存則を表す式を、 $M, m, V_0, V_3, U_3, \theta, \phi$ の中から必要な記号を用いて表せ。

問7 衝突後の小物体 A と小物体 B の速度ベクトルのなす角は直角だった ($\theta + \phi = 90^{\circ}$)。このとき、小物体 B の質量 m を、 M を用いて表せ。必要であれば次の公式を用いてよい。

$$\sin(90^{\circ} - \phi) = \cos \phi, \quad \cos(90^{\circ} - \phi) = \sin \phi, \quad \sin(\theta + \phi) = \sin \theta \cos \phi + \cos \theta \sin \phi$$

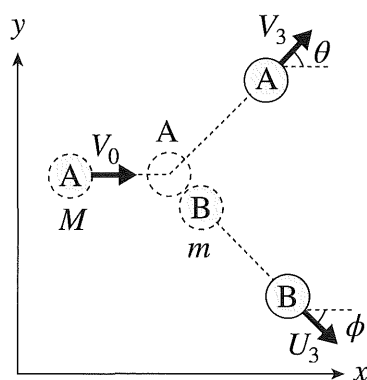


図3

(このページは空白)

2 人類の「光」への興味は、人類の知的探求の歴史とともにある。科学者は、光の正体を探索する苦闘を続け、新たな現象を発見し、新たな法則を解明してきた。その歴史を概観しよう。

「光」の正体解明について、17世紀末のホイヘンスによる研究が特筆される。ホイヘンスは「光は波である」という考えに基づいて、光に関わる現象を説明した。18世紀初頭、ニュートンは「光は粒子である」という議論を展開した。その後、「光は波か粒子か」という問題について論争が展開された。

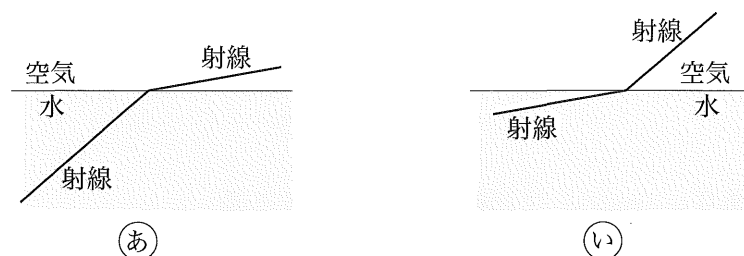
a) 光が空気と水の境界を通過すると屈折する。ホイヘンスは、空気中での光の波の速さが水中より速いとして、この現象を説明し、ニュートンは、水中での光の粒子の速さが空気中より速いとして説明を試みた。 b) ヤングは、太陽光を小さな穴に通し、その光を2つのスリットに照射し、スリットを通過した光が (ア) を作ることを示し、「光は波である」ことを検証した。しかし、「空気中の光の速さと水中の光の速さの関係」については決着していなかった。

19世紀半ば、c) フーコーは、図4(9ページ)のような高速回転する鏡を使った実験装置を用いて、水と空気を伝わる光の速さの違いを測定した。フーコーの結果は、屈折現象から予想されていた光の速さと一致するもので、光は波であることを数値的に明らかにした。

19世紀末、レントゲンが極めて透過性の高いX線を発見し、放射線および素粒子の発見へと門戸を開いた。20世紀になり、アインシュタインは、光電効果を理解するためには、光は「粒子の性質」をもつことが必要であると指摘した。その後、X線はエネルギーの大きな電磁波であることが判明し、d) X線が波の性質とともに、粒子の性質をもつことが明らかになった。

空気中の光の速さを c [m/s] , 水中の光の速さを c' [m/s] として、以下の問いに答えよ。

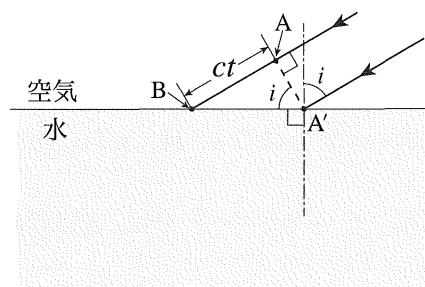
問1 下線部 a) について、「光が空気中から水中へ進行する場合」と「光が水中から空気中へ進行する場合」について、光が進む向き（射線）はどのようなになるか、下図から、それぞれの場合について、㉔か㉕を選択せよ。



空気中と水中を進む光の射線の選択肢
射線に矢印は付けていない。

問2 下線部 a) についての問いである。「光が空気中から水中へ進む場合」について、ホイヘンスの考えに基づいて屈折現象を説明し、 $c > c'$ であるとして入射角 i [rad] と屈折角 r [rad] の大小関係を示せ。

解答欄には、空気中を進む光が入射角 i で、水面に向かっていている場合について、説明の前半が書かれている。解答欄には下図と同じ図が描かれているので、必要な線や記号などを書き入れ、屈折角を r として説明の後半を完成させよ。



解答欄に描かれている図

問3 下線部 b) について、(ア) に入る適切な語句を答えよ。

問4 下線部 d) について、X 線が「波の性質」をもつことは X 線回折の観測によって確認された。「粒子の性質」を表す用語について、適切なものを以下の選択肢からひとつ選び、㉖～㉙で答えよ。

- ㉖ コンプトン効果 ㉗ フランク・ヘルツの実験 ㉘ リュドベリ定数

下線部 c) について考える。以下は、フーコーの実験の説明とフーコーが用いた装置の概念図 (図 4) である。なお、簡単のために、光は図 4 の紙面内だけを進むものとし、すべての反射は光の射線と鏡の角度によって決まり (反射の法則)、反射の前後で光の速さは変わらないものとする。

- C を通り紙面に垂直な直線を回転軸として、平面鏡が時計まわりに、図 4(a) と (b) の

$$\cdots \rightarrow \textcircled{1} \rightarrow \textcircled{2} \rightarrow \textcircled{3} \rightarrow \textcircled{4} \rightarrow \textcircled{1} \rightarrow \textcircled{2} \rightarrow \cdots$$

のように角速度 ω [rad/s] で回転する (「回転する鏡」)。

- M_1, M'_1, M_2 は「球面鏡」で、C を中心とする半径 R [m] の球面の一部を凹面鏡としたものである。紙面上で球面は図 4 の円で示されている。

- 直線 CM_2 上 (図 4(b)) を進む光が、一部、水中を通過するように、長さ L [m] ($L < R$) の水槽が設置されて、静止している。水槽以外、光は空气中を通過する。水槽の容器の影響や物質の境界での屈折などは考えなくてよい。

- 図 4(a) の場合、光は光源 S から入射し、「回転する鏡」上の C と「球面鏡」 M_1 で反射し

$$S \rightarrow \textcircled{1} \text{ 上の } C \rightarrow M_1 \rightarrow \textcircled{2} \text{ 上の } C \rightarrow A$$

と進み、点 A で観測される。光は空气中のみを進む。

- 図 4(b) の場合、光は光源 S から入射し、「回転する鏡」上の C と「球面鏡」 M_2 で反射し

$$S \rightarrow \textcircled{3} \text{ 上の } C \rightarrow M_2 \rightarrow \textcircled{4} \text{ 上の } C \rightarrow W$$

と進み、点 W で観測される。C $\rightarrow M_2 \rightarrow C$ では、光は距離 $2L$ の水中と距離 $2(R - L)$ の空气中を進む。

- 入射した光が、C で反射して再び C に戻る間に、「回転する鏡」の角度が変化する。図 4(a) で①から②の角度の変化を θ [rad] とし、図 4(b) で③から④の角度の変化を $\theta \times (1 + \delta)$ [rad] とする。

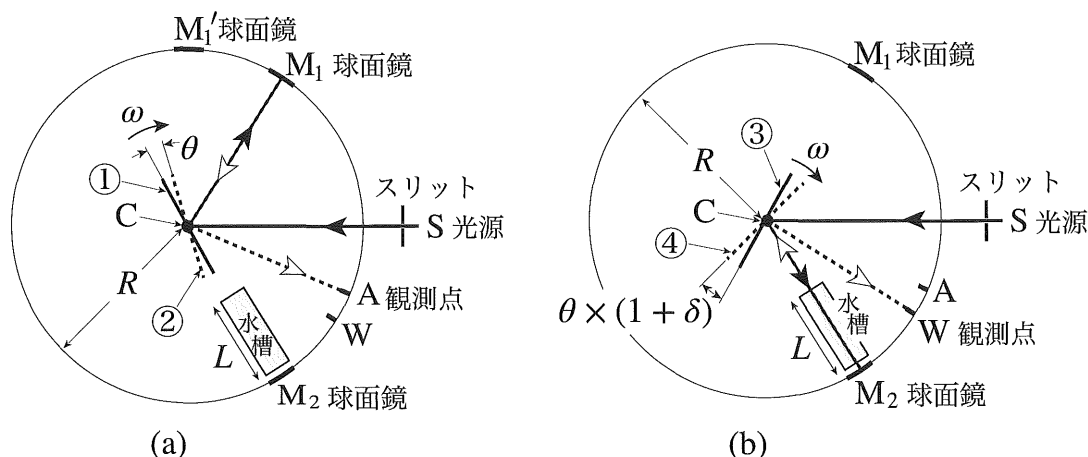
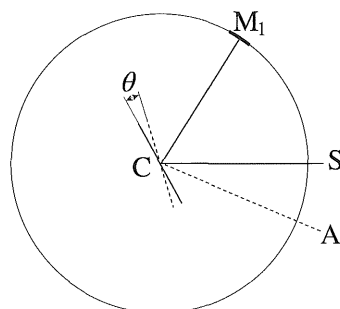


図 4: フーコーが用いた装置の概念図

①～④は平面鏡(「回転する鏡」)を表す。

フーコーの実験について、以下の問 5～問 9 に答えよ。

問 5 図 4(a) の M_1 で反射する光について考えて、 $\angle SCA$ の大きさを θ で表せ。解答欄には下図と同じ図が描かれているので、記号や補助線を書き足して説明に用いてもよい。



解答欄に描かれている図

問 6 図 4(a) における $C \rightarrow M_1' \rightarrow C$ を光が進む場合も、光が観測される位置は点 A であることを、問 5 の $\angle SCA$ の結果を用いて説明せよ。

問 7 光が $C \rightarrow M_1 \rightarrow C$ を進む時間 T [s] と $C \rightarrow M_2 \rightarrow C$ を進む時間 T' [s] を、 R, L, c, c' の中から必要なものを用いて表せ。

問 8 「回転する鏡」が一定の角速度 ω で回転しているものとして、空気中と水中の光の速さの比 $\frac{c}{c'}$ を、問 7 の結果を用いて、 R, L, δ の中から必要なものを用いて表せ。

問 9 $R = 4$ m, $L = 2$ m で測定すると $\delta = \frac{1}{6}$ となったとする。問 8 の結果を用いて、水の真空に対する屈折率として最も適切な値を下の選択肢から選び、㉞～㉟で答えよ。なお、空気の水に対する屈折率を 1 とし、計算過程を明記すること。

㉞ 0.8

㉟ 1.0

㊱ 1.3