

2011 年度 入学 試験 問題

理 科 (問 題)

注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で 23 ページあり、問題数は、物理 5 問、化学 4 問、生物 5 問である。白紙・余白の部分は計算・下書きに使用してよい。
- 2) 別に解答用紙が 3 枚ある。解答はすべてこの解答用紙の指定欄に記入すること。指定欄以外への記入はすべて無効である。
- 3) 3 枚の解答用紙のすべての所定欄に、それぞれ受験番号を記入すること。氏名を記入してはならない。また、※印の欄には何も記入してはならない。
- 4) 理科は物理・化学・生物のうち 2 科目を選択して解答すること。選択しない科目の解答用紙には(受験番号は忘れず記入の上)用紙全体に大きく×印をつけて、選択しなかったことがはっきりと分かるようにすること。
- 5) 3 科目全部にわたって解答したもの、および解答用紙 3 枚のうち 1 枚に×印のないものは、理科の試験全部が無効となる。
- 6) 問題冊子、解答用紙はともに持ち出してはならない。
- 7) 途中退場または試験終了時には、解答が他の受験生の目に触れないように解答用紙を裏返して、下から順に物理、化学、生物の解答用紙を重ねて、監督者の許可を得た後に退出すること。

物理問題訂正

<1 ページ>

I. 主文の末尾に次の括弧内の文章を追加する。

「床はなめらかとする。」

I.(3) 3行目: (誤) ℓ, h を用いて表せ

(正) h を用いて表せ

I(4) 3行目: 「高さ h を用いて表せ。」を削除する。

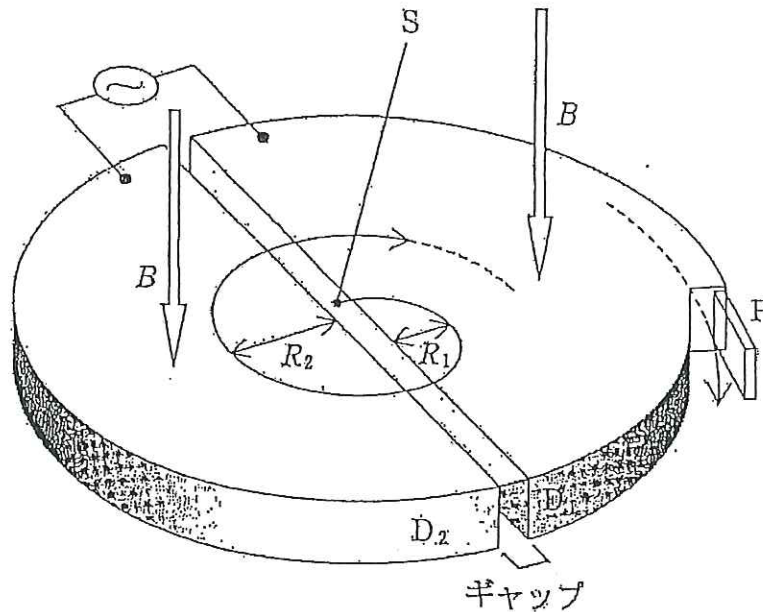
<3 ページ>

II. 下から1行目: (誤) 27°

(正) 24°

<6 ページ>

III. 図の中の B の矢印の向きを上下逆にする。正しくは下図参照。

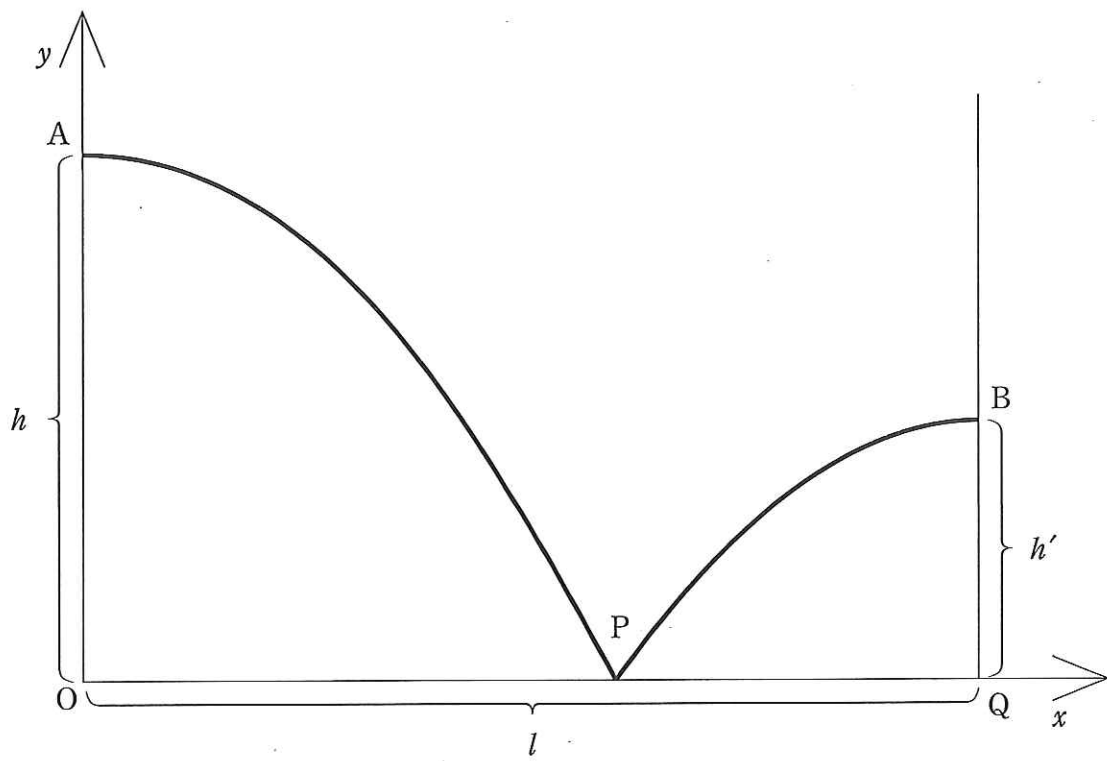


物 理

〔注意〕 次のⅠ～Ⅴの5問のうち、Ⅰ～Ⅲの3問については、全員が解答すること。Ⅳ、Ⅴの2問については、どちらかを選択し、解答せよ。選択しなかった問題の解答欄には、大きく×印をつけよ。

Ⅰ 図のように高さ h にある A 点から水平方向に初速度 v_0 でボールを投射し、地面で一度バウンドさせた後に右の壁にあてるとする。ボールがあたった壁の点を B 点とする。ボールが地面でバウンドする点を P としたとき、以下の問いに答えよ。ただし床のはね返り係数を e 、A 点、B 点から地面に下ろした垂線の足をそれぞれ O、Q とするとき、 $OQ = l$ とする。重力加速度は g とする。また O を原点として、水平方向に x 座標、垂直方向に y 座標を取れ。

- (1) P 点の x 座標を x_P としたとき、 x_P を h 、 v_0 を用いて表せ。ただし g 、 e は必要なら使ってもよい。
- (2) B 点の床からの高さを h' としたとき h' を v_0 、 h 、 l を用いて表せ。ただし g 、 e は必要なら使ってもよい。
- (3) v_0 をいろいろ変えてボールを投射したところ、ある v_0 のとき、ボールが壁に垂直にあたった。このとき、 v_0 はいくらか。 l 、 h を用いて表せ。またそのときの B 点の高さ h' はいくらか。 l 、 h を用いて表せ。ただし g 、 e は必要なら用いてもよい。
- (4) 床の材質をいろいろ変えて、ボールを投射したとき、ある条件のときに、B 点の高さが $h/2$ で、かつボールは壁に垂直にあたった。このとき、床の跳ね返り係数 e はどのような値になるか。高さ h を用いて表せ。ただし必要なら g を用いてもよい。

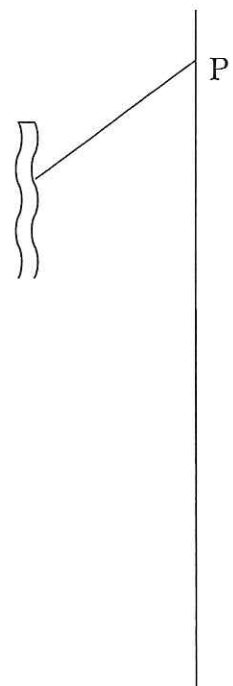
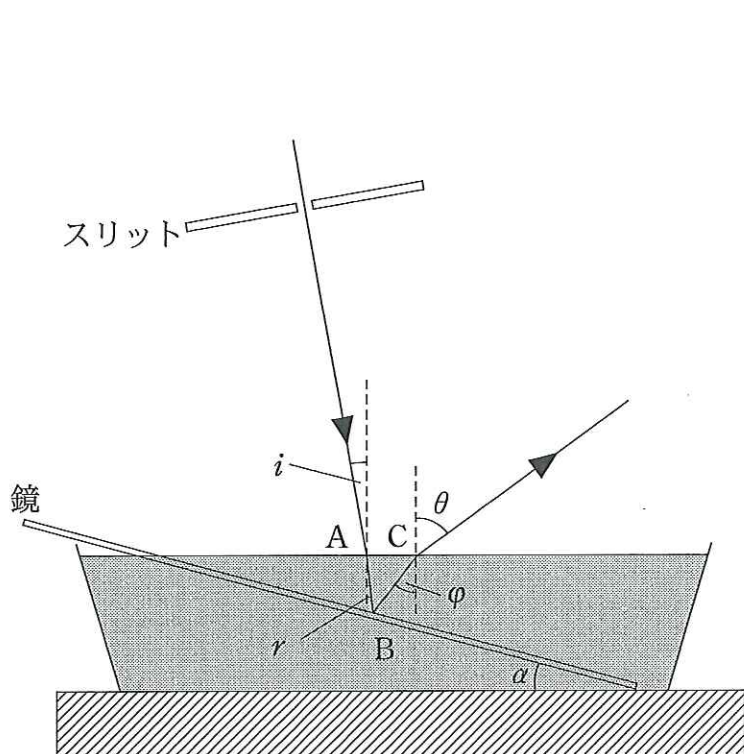


II 図のように水を入れた容器を底が水平になるように置き、その中に鏡を入れた。また容器から充分離れた場所にスクリーンを立てておいた。いまある波長の光がスリットを通過して入射され、図のように A 点で水中に入り、鏡の B 点で一度反射した後、C 点で再び空気中に出て、スクリーンの P 点にあたった。このとき以下の文章の括弧に入る適切な式または言葉を解答欄に書け。ただし鏡は水底と傾角(鏡と水底とのなす角) α をなして置かれているとする。また A 点からスクリーンまでの水平距離は水の深さに比べて充分長いとする。水の屈折率を n とする。

図のように、最初に光が A 点で入射するときの入射角を i 、水の中に入ったときの屈折角を r としたとき、入射角 i と屈折角 r の間には (①) の関係がある。次に一度鏡で反射して C 点で水中から空気中に出る光が鉛直軸との間でなす角を φ 、空気中に出た光が鉛直軸となす角を θ とすると、 φ は、 r と α を用いて、 $\varphi =$ (②) と表すことができる。また θ と φ の間には、(③) の関係があるので、①—③から、 θ は i と n の関数として、 $\sin \theta =$ (④) と表すことができる。この式から、 θ は屈折率 n が大きいほど (⑤) なることが分かる。

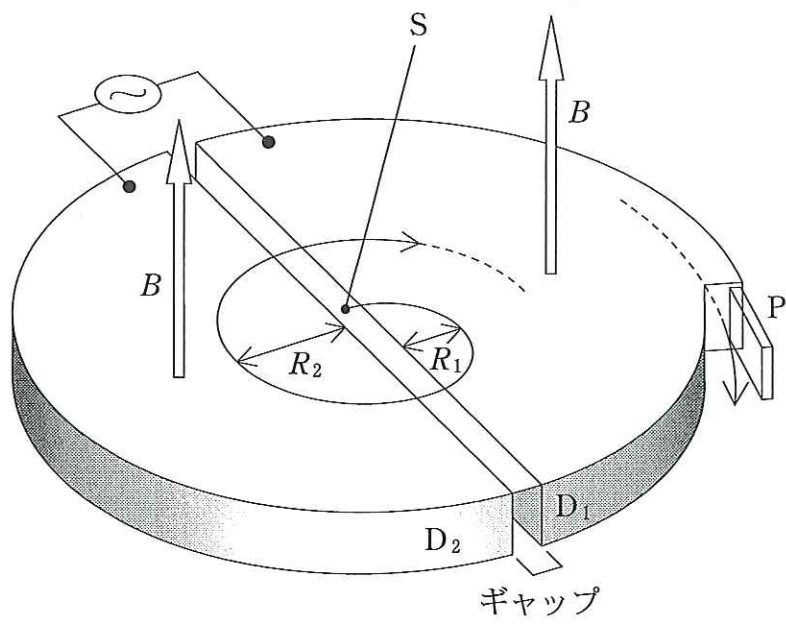
屈折率は、波長が短いほど (⑥) のので、光源を白色光に置き換えると、スクリーン上には、短い波長の光が (⑦) になるようにスペクトルを観測することができる。

次に再び光源をある波長の光に変え、鏡が水平となす角 α を大きくしていくと、あるところで、スクリーン上には、光が見えなくなる。これは、(⑧) が起こるため、その角度 α は $\cos(2\alpha) =$ (⑨) で与えられる。入射角がゼロで、水の屈折率を $\frac{4}{3}$ とするとき、 $\cos(2\alpha) =$ (⑩) となる。この値から計算した α は、大体 27° となる。



Ⅲ サイクロトロンとは、図のように D 字型の中空の加速電極 D_1 , D_2 を対向させて真空中におき、この面に垂直に磁場(磁束密度 B)を与えたものである。 D_1 と D_2 とは短い距離(ギャップ)離れて置かれており、その間には加速電圧 V が D_1 側が高くなるようにかけられている。ギャップの真ん中に置かれた電子銃 S から電子が打ち出されると、 D_1 , D_2 間かけられた電圧によって加速され、 D_1 に入り、半円軌道を描いたのち、 D_1 を出てギャップに出る。このときに D_1 , D_2 の間にさっきと逆に D_2 側が高くなるように電圧 V を加えてやると電子は加速される。速度の増した電子が D_2 に入ると、さらに大きな半円を描いて、ギャップに出る。このとき前とは逆向きに電圧 V を加えると電子は再び加速される。この繰り返しで、ギャップを通過するたびに電子は速くなる。最後に大きなエネルギーをもった電子は、電極 P で向きを変えて外に取りだされる。以上の現象について以下の問いに答えよ。ただし電子の電荷は e 、質量は m とする。

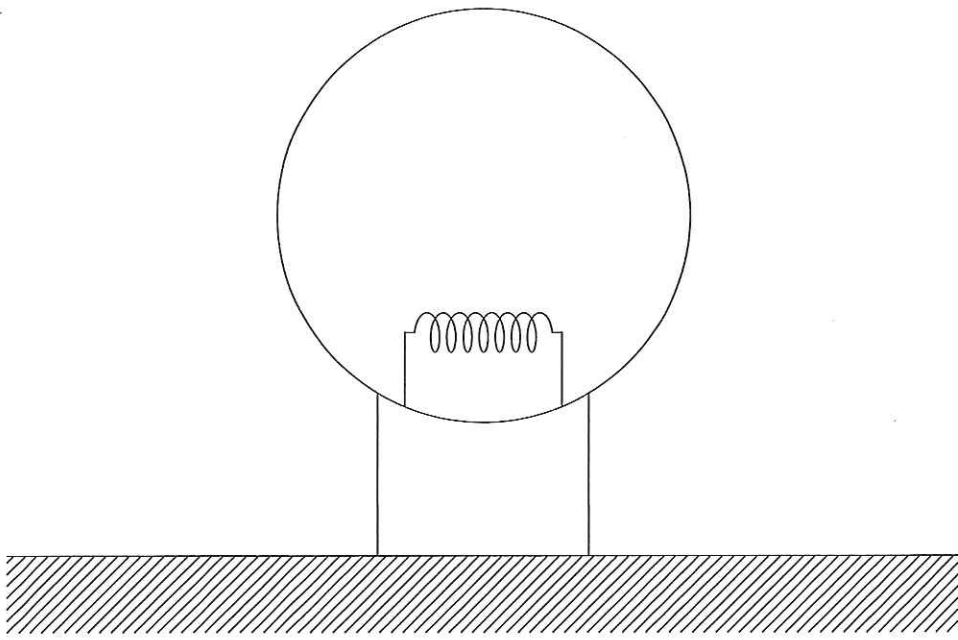
- (1) ギャップの両端に与える電圧を V とするとき、最初に D_1 に入るときの電子の速度 v_1 を求めよ。ただし電子銃 S はちょうどギャップの真ん中の位置にあり、 S から飛び出したときの電子の初速度はゼロとする。
- (2) 電子は、 D_1 に入った後、半円運動をする。この円の半径 R_1 と、 D_1 内を半周するのにかかる時間 t_1 とをそれぞれ求めよ。ただし B , e , m , V 以外の文字は用いないこと。
- (3) 電子が D_1 を出て、その後ギャップで加速されて D_2 に入るときの電子の速度 v_2 を求めよ。ただし B , e , m , V 以外の文字は用いないこと。
- (4) その後電子が D_2 に入った後に行う半円運動をするときの半径 R_2 と、 D_2 内を半周するのにかかる時間 t_2 とをそれぞれ求めよ。ただし B , e , m , V 以外の文字は用いないこと。
- (5) D_1 , D_2 をそれぞれ n 回ずつまわったところで、外に取り出した。このときの半径を R とするとき、 R を求めよ。ただし n は充分大きいとしてよい。



下記のⅣ、Ⅴ問の中から、どちらかを選び、解答せよ。選択しなかった問題の解答欄には、大きく×印をつけよ。

Ⅳ 熱気球の問題を考えてみよう。この気球は、熱を通さない断熱膜でできており、その内部には n モルの空気が密閉されていて、気体の出入りはないものとする。気球部の体積は変化でき、内部の空気と外部の大気の圧力は常に等しいとする。気球内にはヒーターがあり、気球内の空気を暖めることができるものとする。大気の圧力は地上では p_0 で、高くなるにしたがって減少する。一方大気の温度は地上では T_0 、高さ h では、 ch (c は比例定数) 低くなるものとする。空気は理想気体とみなしてよい。空気 1 モルあたりの質量を m 、重力加速度を g として、以下の問いに答えよ。ただし気体定数を R とする。また温度 T の空気 1 モルの内部エネルギー U は、 $U = 5RT/2$ で表わされるものとする。気球は最初、飛んでいかないようにロープで地表に固定されているものとする。

- (1) 圧力 p 、温度が T_0 の大気の密度 (単位体積当たりの質量) ρ を p 、 T_0 、 R 、 m を用いて表せ。
- (2) ヒーターを加熱して、気球内の温度を上げたところ、温度が T_1 になったときに、気球に働く浮力と重力が釣り合った。このとき、気球内の空気を除く部分の気球の質量 (ヒーター等を含む) を M とするとき、 M を T_0 、 T_1 、 n 、 m を用いて表せ。ただし、ヒーターによる加熱は充分ゆっくりで、気球の中は熱平衡状態であると仮定してよいとする。
- (3) さらに加熱して、気球内の温度を T_2 にしたところで、ヒーターによる加熱を止め、気球を固定していたロープを外したところ、気球はゆっくり上昇して、ある高さ h で止まった。このときの気球内の温度を T_h としたとき、 T_h を他の物理量を用いて表せ。
- (4) (3) で、気球に加えられた熱量 Q はいくらか。 Q を R 、 n 、 T_1 、 T_2 を用いて表せ。
- (5) (3) の上昇過程で、気球内の空気が外の大気に対して与えた仕事 W を求めよ。



V 陰極線の実験から、すべての原子は、電子を持つと考えられるようになった。

一方原子は電氣的に中性だから、原子には正電荷をもった部分がある筈である。

長岡は、正電荷をもった球のまわりを電子がまわっているという土星型のモデルを提唱した。ラザフォードは、実験により、原子の正電荷はその中心に集中して存在することを唱え、この中心部分は原子核と名付けられた。この結果、原子は正電荷をもつ原子核と、その周りをまわる電子とからなるとしたラザフォードの原子模型が誕生した。

ラザフォードの原子模型は、従来の古典物理学では説明できない重大な難点をかかえていた。ボーアは、それに対し(B)の観測結果をうまく説明できる次のような二つの仮定に立脚したモデルを提唱した。

仮定 1. 原子には定常状態がある。定常状態の条件は、電子波が軌道上で定常波をつくることである。その結果、定常状態で許される電子の持つエネルギーは不連続になる。

仮定 2. 二つの定常状態の間を原子が遷移するとき、電磁波を放出する。

(1) ラザフォードの実験は、ある粒子を金箔にあてて行われたものである。その粒子とは次のどれか。下記の中から最も適切と思われる粒子を選び、その前につけられた記号を解答欄に記せ。

(a) α 線 (b) β 線 (c) γ 線 (d) 中性子線 (e) 宇宙線

(2) 下線Aで述べている重大な難点とは何か。簡単に説明せよ。

(3) 括弧Bにあてはまる観測結果は通常何と呼ばれているか。

(4) 下線Cで述べている電子の定常波とはどのような条件をみたすことを意味するか。ただし電子の軌道半径を r とする。

(5) 下線Dで述べている事柄を実証する実験がある。これを何の実験というか。