

## 令和2年度・入学試験問題

# 理 科 (前)

### 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34ページあります。
3. 試験開始後、落丁・乱丁・印刷不鮮明の箇所があったら申し出なさい。
4. 解答はすべて解答用紙に、それぞれの問題の指示にしたがって記入しなさい。
5. この冊子のどのページも切り離してはいけません。ただし、余白等は適宜利用してかまいません。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。
7. 受験科目選択上の注意(重要)

「物理」、 「化学」、 「生物」のうち2科目を選択して解答しなさい。

選択しなかった科目の解答用紙は試験開始後、90分で回収します。それ以後は選択の変更は認めません。

試験開始後、全科目の解答用紙8枚ともに氏名(カタカナ)及び受験番号を記入しなさい。受験番号が正しく記入されていない場合は、採点できないことがあります。また、氏名(カタカナ)及び受験番号以外の文字、数字などは、絶対に記入してはいけません。

1950年10月

1950年10月

1950年10月  
1950年10月

## 理 科 問 題

物 理	問題 1	3 ページ
	" 2	5 "
	" 3	7 "
	" 4	9 "

化 学	問題 1	11 ページ
	" 2	15 "
	" 3	17 "
	" 4	19 "

生 物	問題 1	21 ページ
	" 2	23 "
	" 3	26 "
	" 4	28 "

## 解 答 用 紙

理科	物理解答用紙	2 枚
理科	化学解答用紙	2 枚
理科	生物解答用紙	4 枚

# 物 理

## 物理問題 1

質量の無視できる自然長  $L$  のゴムひもの両端に、大きさの無視できる質量  $M$  の 2 つの小球 A および B が接続されている。ゴムひものは、引き伸ばされた状態では伸びに比例する復元力(比例定数  $k$ )が働くが、たるんだ状態では復元力は働くことはなく、また小球の運動を妨げないものとする。重力加速度を  $g$  とする。また空気抵抗は無視できる。

(1) 図 1 のように、天井のある点に小球 B が固定され、小球 A が静かに吊るされている。この時のゴムひもの自然長からの伸び  $X_0$  を求めよ。

次に、小球 A を小球 B と同じ位置まで持ち上げ、小球 A を自由落下させた。

(2) 小球 A が最速となる速度  $V_{\max}$  を求めよ。

(3) 小球 A が最下点に達した時刻  $t = 0$  のゴムひもの自然長からの伸び  $X_1$  を求めよ。

(4) 小球 A が最下点に達してから、次につりあいの位置に達するまでの時間  $T_1$  を求めよ。

(5) 小球 A が最初に最下点に達してから 2 回目に最下点に達するまでの変化について考える。つりあいの位置 ( $t = T_1$ ) から自然長に達するまでの時間を  $T_2$  とする。

このとき、最下点の時刻  $t = 0$  から  $t = T_1$  までの小球 A の動きと  $t = T_1 + T_2$  から再び自然長となる  $t = T_3$  までの小球 A の動きの相違点を文章で説明せよ。

小球 A が最下点に達した後、上昇運動する小球 A がゴムひもの自然長の位置に達した瞬間、固定されている小球 B を静かに解放した場合を考える。

(6) 小球 A と小球 B が衝突する位置の天井からの距離  $H$  を求めよ。

一方で、小球 A が最下点に達した瞬間( $t = 0$ )に、固定されている小球 B を静かに解放すると、小球 A および B はともに落下するが、伸ばされたゴムひもの復元力により、小球 A と小球 B はやがて衝突する。

(7)  $t = 0$  から小球 A と小球 B が衝突するまでの時間  $T_4$  を求めよ。

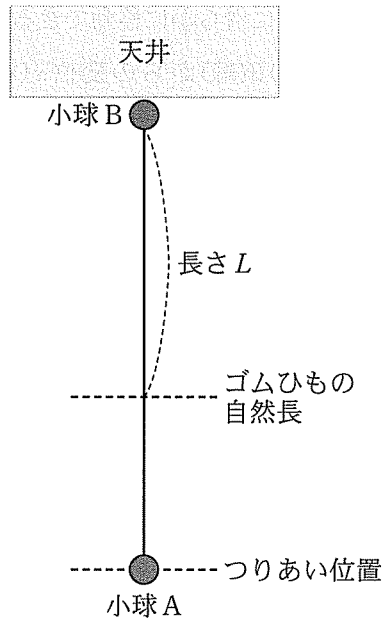


図 1

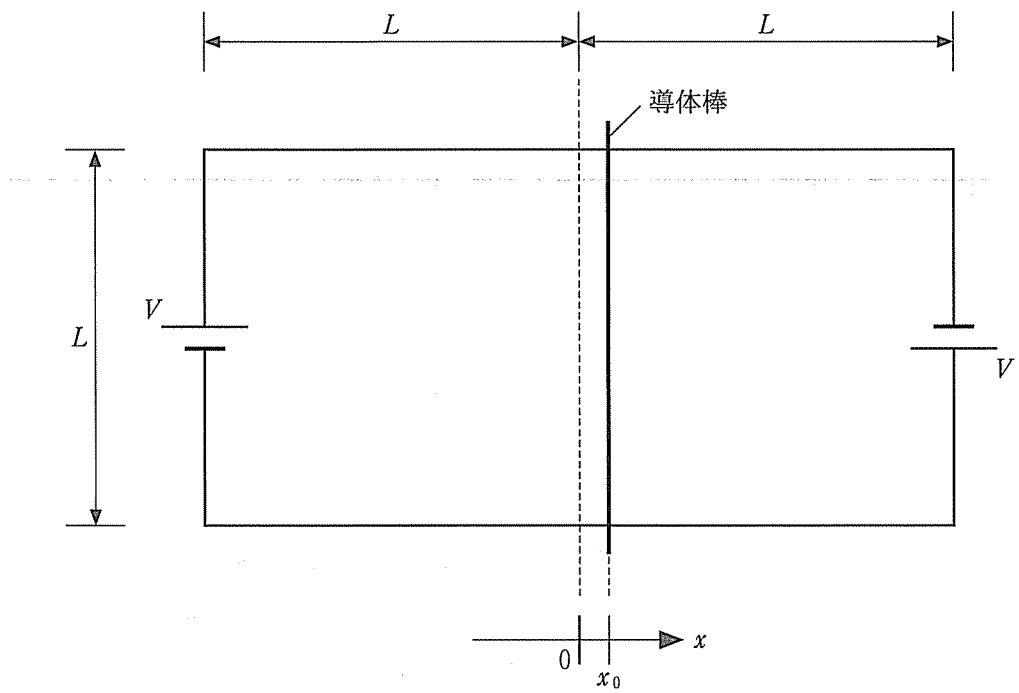
## 物理問題 2

図のように、長方形の回路上に導体棒が置かれている。回路の長辺と短辺の導線の長さはそれぞれ  $2L$  と  $L$  であり、短辺の導線には、大きさと内部抵抗とを無視できる起電力  $V$  の直流電源が 2 個つながれている。導体棒は、接する導線とつねに垂直な姿勢を保ちながら左右に滑らかに移動できるものとする。また、導体棒の位置は、回路の中心線(図中の破線)からの変位  $x$  (右向き正)で示され、最初は  $x = x_0$  ( $0 < x_0 \ll L$ ) に固定されている。導線および導体棒の抵抗率は  $\rho$ 、断面積は  $S$  である。

- (1) 導体棒の抵抗を、回路との接点の間の部分についてあらわせ。
- (2) 導体棒によって分割された回路の左側経路を流れる電流を  $I_1$  (時計回りの方向を正)、右側経路を流れる電流を  $I_2$  (時計回りの方向を正)、導体棒に流れる電流を  $I_3$  (上から下の向きを正) とするとき、左側と右側の閉回路における、起電力と電圧降下との関係を式にあらわせ。
- (3) 導体棒に流れる電流  $I_3$  の向き(正または負)と大きさをそれぞれ示せ。導出過程も記述せよ。

次に、磁束密度の大きさが  $B$  の一様な磁場を回路の面に対して垂直に加えた。しばらくして導体棒の固定を外したところ、導体棒は左方向に動き出した。

- (4) 導体棒が動きだした瞬間の時刻を  $t = 0$  とする。磁場の向き(手前向きまたは奥向き)を答えよ。また  $t = 0$  のとき導体棒に生じていた力の大きさを求めよ。
- (5) 変位  $x(t)$  における導体棒の運動方程式を記述せよ。導体棒の質量を  $m$ 、加速度を  $a$  とせよ。ただし、運動はゆるやかであり、磁束の時間変化による導体棒への誘導起電力の影響は無視できるものとする。
- (6) 導体棒の変位が十分に小さいとき、 $(x/L)^2$  の大きさを無視できることから、導体棒に生じる力の式を簡単にせよ。その結果から、導体棒がどのように運動するかを具体的に説明せよ。



### 物理問題 3

図1のように、水平な台の上に載せられた容器の底面に小さくて平らな光源Pを固定した。次に、Pの9.0 cm 鉛直上方に、焦点距離6.0 cm の凸レンズ $L_1$ を水平に設置した。容器、P及び $L_1$ は十分に薄く、その厚さは無視できる。また、容器およびその外側は屈折率1の空气中で満たされている。以下の問いに答えよ。

- (1) Pの像は $L_1$ の何 cm 上方にできるか。また、像の大きさはPの大きさの何倍か。
- (2) 焦点距離2.0 cm の凹レンズ $L_2$ を $L_1$ の26 cm 上方に光軸を合わせて設置した。 $L_1$ と $L_2$ によってできる像は $L_2$ の何 cm 上方または下方に位置するか。像の大きさはPの大きさの何倍か。また、その像は実像か虚像か。 $L_2$ は十分に薄く、その厚さは無視できるものとする。

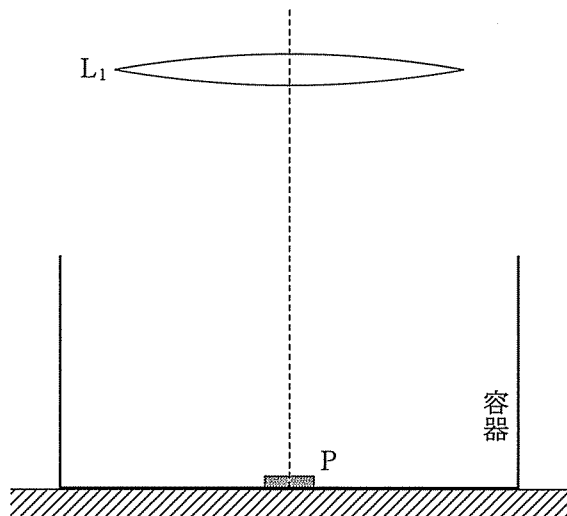


図1

$L_2$ を取り除き、容器の中へ屈折率1.4の透明な液体を注入したところ、Pの像は $L_1$ の26 cm 上方に現れた。



(3) 液体を注入すると、注入前と比べ、Pは何cm浮き上がったとみなすことができるか。また、像の大きさはPの大きさの何倍か(小数第二位を四捨五入せよ)。

(4) 液面の高さは底面から何cmか。光が液体中から空气中へ進むときの入射角を $i$ 、屈折角を $r$ とすると、 $i$ と $r$ は十分に小さく、 $\tan i \cong \sin i$ 、 $\tan r \cong \sin r$ としてよい。

容器の中の液体を取り除いた。次に、凸レンズ $L_1$ の上方にスクリーンSを水平に設置したところ、S上の広い範囲が明るく照らされた。さらに、図2のように、 $L_1$ の15cm上方に、円形の穴を開けた光を通さない薄い板Qを $L_1$ の光軸が穴の中心を通るように水平に設置したところ、S上の明るい範囲は縮小し、直径30cmの丸い領域のみになった。

(5) Pを容器の底面から6.0cm真上にずらしたところ、S上の明るい範囲は、直径6.0cmの丸い領域のみになった。穴の直径は何cmか。また、QS間の距離は何cmか。ここでは、Pを点光源とみなし、回折は考えなくてよい。

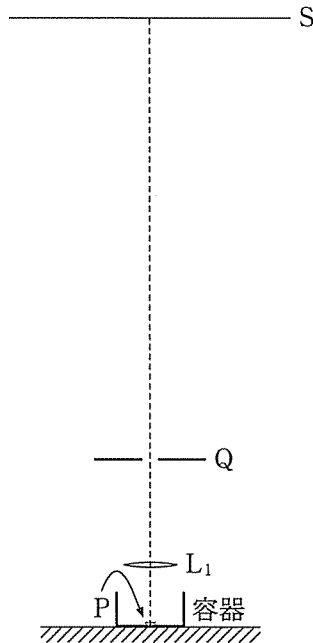


図 2

## 物理問題 4

水素原子は、陽子 1 個と電子 1 個で構成される。陽子と電子はそれぞれの持つ電荷によって互いに静電的な引力を及ぼし合うが、陽子の質量は電子の質量に比べて非常に大きいため、陽子は静止しているとみなすことができる。静止した陽子(原子核)を中心として、1 個の電子が半径  $r$  の円軌道上を、角速度  $\omega$  で等速円運動していると仮定して、以下の問いに答えよ。

ただし、陽子 1 個の持つ電荷を  $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$  とする。電子 1 個の質量を  $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$  とする。また、クローンの法則の比例定数を  $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N}$  とする。

- (1) 電子の速度の大きさ  $v$  および加速度の大きさ  $a$  を  $r$ ,  $\omega$  を用いた数式で示せ。  
また電子の加速度の向きを示せ。
- (2) 陽子と電子の間に働く静電的な力の大きさ  $F$  を  $r$ ,  $e$ ,  $k$  を用いた数式で示せ。
- (3) 電子の運動量  $p$  を  $r$ ,  $e$ ,  $m$ ,  $k$  を用いた数式で示せ。
- (4) 電子の運動エネルギー  $K$  および位置エネルギー  $U$  を  $r$ ,  $e$ ,  $k$  を用いた数式で示せ。ただし、 $r = \infty$ (無限遠)で  $U = 0$  とする。
- (5) 電子は粒子であるが波動性も示す。電子が波動(物質波)であるとする、その波長  $\lambda$  は  $\lambda = \frac{h}{p}$  で与えられる。ここで  $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$  はプランク定数である。1 個の電子が半径  $r$  の円軌道上に波長  $\lambda$  の波動として定常的に存在するとき、 $r$  は離散的(とびとび)な値となる。 $r$  を  $\lambda$ , 円周率  $\pi$ , 自然数  $n$  を用いた数式で示せ。

- (6)  $r$  の最小値  $r_0$  (ボーア半径) を, pm (ピコメートル,  $1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$ ) の単位を用いて, 有効数字 2 桁で示せ。必要に応じて,  $\frac{h^2}{e^2 m k} = 2.1 \times 10^{-9} \text{ m}$  を用いて計算せよ。
- (7)  $r = r_0$  の円軌道上にある電子を  $r = \infty$  まで移動するのに必要なエネルギー (イオン化エネルギー)  $E_0$  を, eV の単位を用いて, 有効数字 2 桁で示せ。必要に応じて,  $\frac{e^4 m k^2}{h^2} = 0.69 \text{ eV}$  を用いて計算せよ。
- (8) ヘリウム原子の原子核は, 陽子 2 個と中性子 2 個で構成される。この原子核を中心として, 1 個の電子が半径  $r$  の円軌道上を, 角速度  $\omega$  で等速円運動しているとすると, その最小半径は  $r_0$  の何倍になるか, その理由とともに答えよ。また, 最小半径の円軌道上にある 1 個の電子を  $r = \infty$  まで移動するのに必要なエネルギーは  $E_0$  の何倍になるか, その理由とともに答えよ。
- (9) 原子番号  $Z$  の原子中の  $n = 2$  の軌道上にある 1 個の電子が, 電子がない  $n = 1$  の軌道上に移動 (遷移) するとき, そのエネルギー差に応じたエネルギーを持つ 1 個の光子が放出される。この光子 (固有 X 線) の振動数は  $Z$  の何乗に比例するか, その理由とともに答えよ。