

2024年度一般選抜試験問題

理 科

(物理, 化学, 生物より選択)

【注意事項】

1. この問題冊子には答案用紙が挟み込まれています。試験開始の合図があるまで問題冊子を開いてはいけません。
2. 試験開始後、答案用紙（物理, 化学, 生物の答案用紙すべて）の受験番号欄に受験番号を記入しなさい。
3. **選択する科目**の答案用紙の選択欄に○印を記入しなさい。
 - ・一般選抜 A 専願または、一般選抜 A および B の併願受験者
物理, 化学, 生物より **2 科目**を選択
 - ・一般選抜 B 専願受験者
物理, 化学, 生物より **1 科目**を選択
4. 問題冊子には、**物理計 5 問, 化学計 3 問, 生物計 5 問**の問題が、それぞれ**物 1～物 6 ページ, 化 1～化 4 ページ, 生 1～生 13 ページ**に記載されています。落丁, 乱丁および印刷不鮮明な箇所があれば, 手をあげて監督者に知らせなさい。
5. 答案には, 必ず鉛筆（黒, 「HB」「B」程度）またはシャープペンシル（黒, 「HB」「B」程度）を使用しなさい。
6. 選択した科目の解答はその答案用紙の指定された場所に記入しなさい。ただし, 解答に関係のないことが書かれた答案は無効にすることがあります。
7. 問題冊子の余白は下書きに利用しても構いません。
8. 答案用紙はどのページも切り離してはいけません。
9. 答案用紙を持ち帰ってはいけません。

物 理

〔問 1〕 小球の斜方投射について、次の各問いに答えよ。重力加速度の大きさを g とする。導出過程も簡潔にまとめて記し、解答は解答欄に記すこと。

1. 図 1a のように、水平右向きに x 軸、鉛直上向きに y 軸を取り、水平な床上にある原点 O の直上の高さ h の点 P から、速さ v で小球 A を水平から角度 θ ($0 < \theta < 90^\circ$) 上方に投げた。同時に、小物体 B が、ある点 Q を速さ αv (α は正の定数) で鉛直下向きに通過した。その後、点 Q より鉛直下向きにある点 R において、小球 A の速度の鉛直成分が 0 となる放物運動の最高点に到達し、そこで小物体 B と衝突し、小球 A と小物体 B は一体化した。小球 A と小物体 B はともに同じ質量 m を持つとする。小球 A と小物体 B の大きさおよび空気抵抗は無視できるものとする。

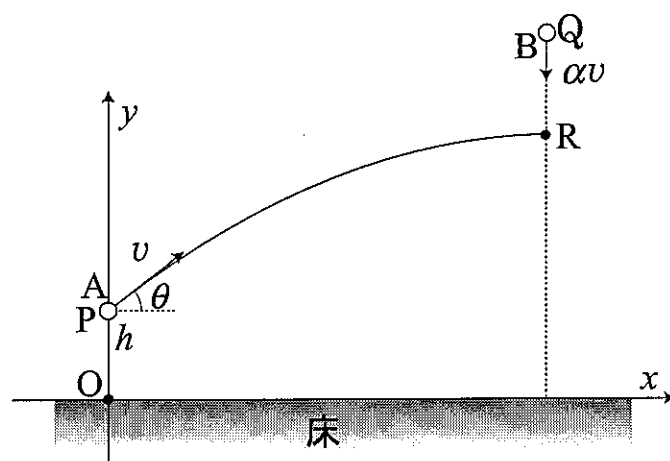


図 1a

- (1) 小球 A を投げてから、点 R において小物体 B と衝突するまでの時間を求めよ。
- (2) 点 R の床からの高さを求めよ。
- (3) 点 R で衝突直後に、一体化した物体の速度の x 成分を求めよ。
- (4) 点 R で衝突直後に、一体化した物体の速度の y 成分を求めよ。
- (5) 衝突によって失われた小球 A および小物体 B の力学的エネルギーの総和を求めよ。

〔問 1 続き〕

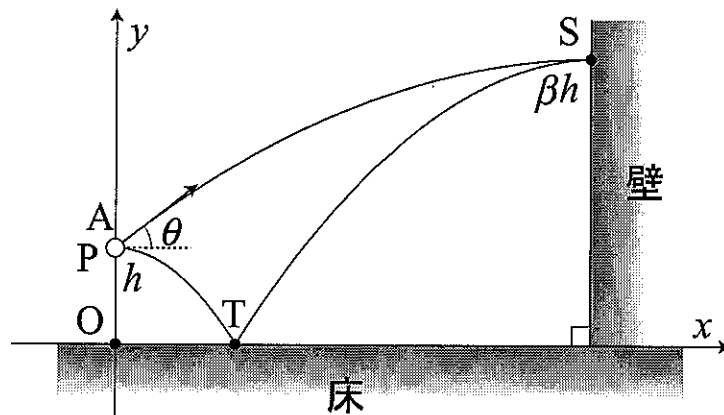


図 1b

II. 図 1b のように、水平右向きに x 軸、鉛直上向きに y 軸を取り、原点 O の直上で床からの高さ h の点 P から、ある初速度で、質量 m の小球 A を水平から角度 θ ($0 < \theta < 90^\circ$) 上方に投げたところ、高さ βh (β は $\beta > 1$ である正の定数) の壁面上の点 S で小球 A の速度の鉛直成分が 0 となる放物運動の最高点に到達した。壁は、床に垂直に立っている。その後、小球 A は点 S で壁面に衝突してはね返り、さらに点 T で床と衝突してはね返った。小球 A が点 T ではね返った後、小球 A の速度の鉛直成分が 0 となる放物運動の最高点は点 P に一致した。床は $y = 0$ にあって水平でなめらかであり、衝突した小球 A との間に、摩擦力ははたらかない。また、小球 A の大きさおよび空気抵抗は無視できるものとする。

- (6) 小球 A の初速度の大きさを求めよ。
- (7) 原点 O と壁面との水平距離を求めよ。
- (8) 小球 A が壁面に衝突してから床に衝突するまでの時間を求めよ。
- (9) 小球 A と床の反発係数を求めよ。
- (10) 小球 A と壁面の反発係数を求めよ。
- (11) (10)の小球 A と壁面の反発係数を e とするとき、 $1 < \beta < 5$ の範囲で、 e を β の関数としてグラフを描け。 $\beta = 2, 3, 4$ のときの e の値を有効数字 2 桁で計算してグラフに記入することにより、グラフを描く上でのヒントとせよ。必要であれば、 $\sqrt{2} = 1.41$ 、 $\sqrt{3} = 1.73$ 、 $\sqrt{5} = 2.24$ を用いてよい。

〔問2〕図2のように、起電力 V の電池、インダクタンス L のコイル、電気容量 C のコンデンサー、抵抗値 R の抵抗を、スイッチ S_1 および S_2 を介して接続した。最初、スイッチ S_1 および S_2 は開かれており、コンデンサーに蓄えられている電気量は0であった。電池の内部抵抗や導線の抵抗は無視できるものとして、次の各問いに答えよ。導出過程も簡潔にまとめて記し、解答は解答欄に記すこと。

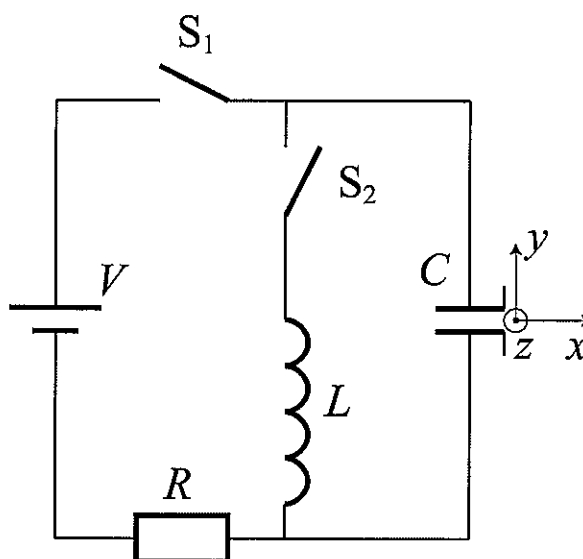


図2

I. スイッチ S_1 を閉じた。

(1) スイッチ S_1 を閉じた直後に抵抗に流れる電流の大きさを求めよ。

(2) 十分長い時間が経過した後、コンデンサーに蓄えられている①電気量と②静電エネルギーを求めよ。

II. スイッチ S_1 を閉じて十分長い時間が経過した後、スイッチ S_1 を開き、スイッチ S_2 を閉じたところ、コンデンサーとコイルを含む回路で交互に方向が変わる振動電流が流れた。振動電流が減衰しない場合を考える。

(3) 振動電流の振動の周期を求めよ。

(4) コイルを流れる電流の最大値を求めよ。

III. II.のとき、コンデンサーから空間に電磁波が放射される場合を考える。ただし、放射される電磁波のエネルギーは非常に小さく、振動電流には影響を及ぼさないものとする。

(5) 図2のように、 x 軸の正の向きに電磁波が平面波として減衰せずに伝わる時、 x 軸に沿って、 y 方向の電場 $E_y(x)$ および z 方向の磁場 $H_z(x)$ があることが分かった。紙面に垂直で紙面の裏から表に向かう向きを z 軸の正の向きとする。 $E_y(0) = 0$ で、波長と比べて十分小さな正の値 δ について $E_y(\delta) > 0$ のとき、 x 軸に沿って電磁波がどのように空間変化しているかを、横軸に x 、縦軸に $E_y(x)$ および $H_z(x)$ をとり、 $E_y(x)$ を実線で、 $H_z(x)$ を破線で、同じグラフ上に図示せよ。 $E_y(x)$ と $H_z(x)$ の振幅と波長は任意にとって良いが、グラフには1波長分以上を描くこと。

(6) $L = 2.0 \text{ mH}$ 、 $C = 8.0 \text{ nF}$ のとき、真空中に放射される電磁波の波長を有効数字2桁で単位を付して答えよ。光速を $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ とする。

〔問3〕図3のように、ピストンが
付いた内側の断面積が S である円筒
型容器が大気中に置かれている。容
器の内部には、 n モルの単原子分子
理想気体（以下、理想気体と呼ぶ）
が閉じ込められている。ピストンは
なめらかに動くことができ、外部か
らは一定の大気圧 p_0 が加わってい
る。さらに、このピストンには、ば
ね定数 k のばねが取り付けられてお
り、鉛直方向に力を加えることがで
き、ばねのもう一端は天井に固定さ
れている。容器内にはストッパーが
取り付けられており、ピストンは容
器の底面から高さ h_0 よりも下がら
ないようにになっている。ピストンが
ストッパーの位置にあるとき、ばね
は自然長である。容器内部にはヒー

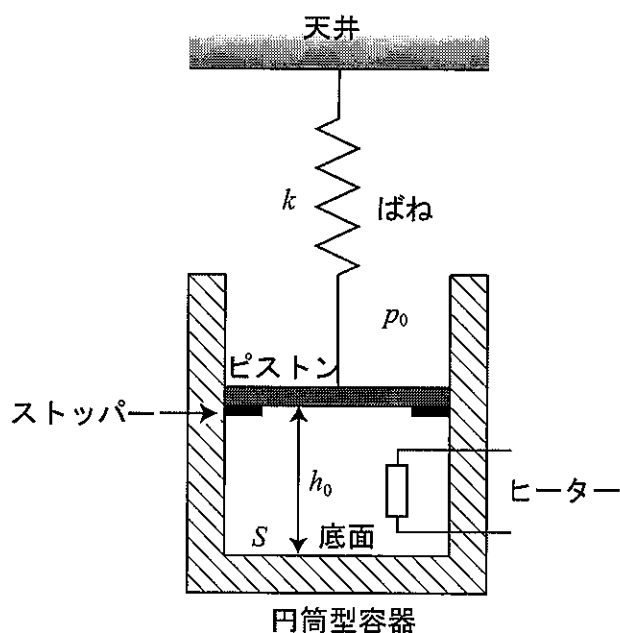


図3

ターが取り付けられており、理想気体を加熱できる。また、容器とピストンは断熱材でつくられており、ヒーターから熱を受け取る以外は、理想気体と外部との熱の出入りはない。ヒーターおよびストッパーの体積と熱容量、ピストンの質量、ばねの質量は無視できるものとして、次の各問いに答えよ。ただし、気体定数を R とする。導出過程も簡潔にまとめて記し、解答は解答欄に記すこと。

I. 最初、容器内の理想気体の温度は T_0 であり、ピストンは容器の底面から高さ h_0 の位置にあった。

(1) T_0 と p_0 との間に成り立つ条件式を求めよ。

II. 次に、ヒーターでゆっくりと理想気体を加熱したとき、ピストンは容器の底面から高さ h_0 の位置のまま、ストッパーに力を及ぼさない状態になった。

(2) 最後の状態での理想気体の温度を求めよ。

(3) この過程で、ヒーターによって、理想気体に加えられた熱量を求めよ。

III. さらに、ヒーターでゆっくりと理想気体を加熱したとき、ピストンは容器の底面から高さ h_0+h_1 ($h_1 > 0$)の位置まで上昇した。

(4) 最後の状態での理想気体の圧力を求めよ。

(5) この過程で、理想気体がした仕事を求めよ。

(6) この過程で、理想気体に加えられた熱量を求めよ。

〔問4〕図4のように、単スリット S_0 のある薄い板 A、複スリット S_1 および S_2 のある薄い板 B、スクリーン C を平行に置いた。板 A の左側にある単色光源から出た波長 λ の光は、 S_0 と、 S_1 または S_2 を通ってスクリーン C に到達し、干渉縞をつくる。スリット S_1 と S_2 の中点を通ってスクリーン C に垂直な線（破線）と板 A およびスクリーン C との

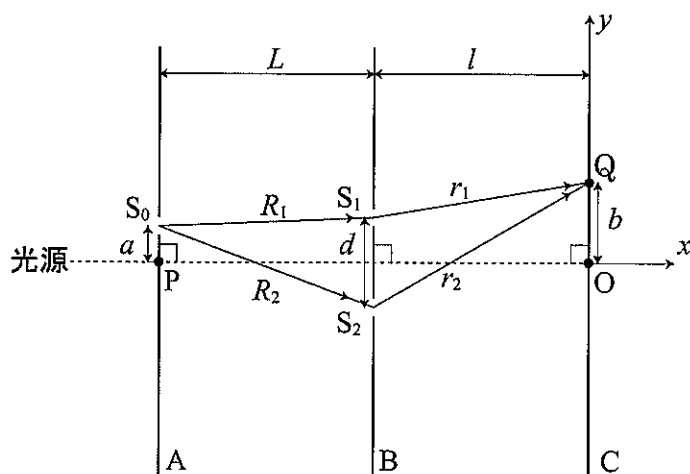


図 4

交点を P および O とする。図4のように、O を原点とした x 軸および y 軸をとり、原点から距離 b で $y > 0$ の側にあるスクリーン C 上の点を Q とする。板 A と板 B との間隔を L 、板 B とスクリーン C との間隔を l とする。 S_0P 、 S_0S_1 、 S_0S_2 、 S_1S_2 、 S_1Q 、 S_2Q の距離をそれぞれ a 、 R_1 、 R_2 、 d 、 r_1 、 r_2 とする。 a 、 b および d は、 l や L に比べて十分小さいものとし、光は xy 平面内で進むものとする。次の各問いに答えよ。導出過程も簡潔にまとめて記し、解答は解答欄に記すこと。

- (1) $a = 0$ のとき、点 Q で明線ができる条件を、 r_1 、 r_2 、 λ と整数 m を用いて表せ。
- (2) (1) のとき、 b を、 d 、 l 、 λ 、 m を用いて表せ。解答の導出には、 z を実数とし $|\delta| \ll 1$ で成り立つ近似式 $(1 + \delta)^2 \doteq 1 + 2\delta$ を用いよ。
- (3) $a > 0$ のとき、点 Q で明線ができる条件を、 r_1 、 r_2 、 R_1 、 R_2 、 λ と整数 m' を用いて表せ。
- (4) (3) のとき、 b を、 a 、 d 、 L 、 l 、 λ 、 m' を用いて表せ。解答の導出には、 z を実数とし $|\delta| \ll 1$ で成り立つ近似式 $(1 + \delta)^2 \doteq 1 + 2\delta$ を用いよ。
- (5) 単スリット S_0 を一定の速さ v で図4の y が正の向きに移動させるとき、明線の移動する速度を、符号も含めて、 L 、 l 、 v を用いて表せ。
- (6) 板 A と板 B の間に、透明で屈折率 n を持つ物質を満たした。(5)と同様に単スリット S_0 を一定の速さ v で y が正の向きに移動させるとき、明線の移動する速度を、符号も含めて、 L 、 l 、 n 、 v を用いて表せ。

〔問 5〕窒素に中性子が衝突し、炭素と陽子ができるときの原子核反応は、 ${}^{14}_7\text{N} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{14}_6\text{C} + {}^1_1\text{H}$ と書ける。ここで、統一原子質量単位 (u) を用いると、 ${}^{14}_7\text{N}$ 、 ${}^1_0\text{n}$ 、 ${}^{14}_6\text{C}$ 、 ${}^1_1\text{H}$ の質量は、それぞれ、14.00307、1.00867、14.00324、1.00783 である。光速を $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ 、電気素量を $1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、アボガドロ定数を $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$ として、次の各問いに答えよ。導出過程が必要な問題は導出過程も簡潔にまとめて記し、解答は解答欄に記すこと。

- (1) 1u の質量は何 kg か。有効数字 2 桁で求めよ。
- (2) 1u の質量に相当するエネルギーは何 MeV か。有効数字 2 桁で求めよ。
- (3) この原子核反応で放出されるエネルギーは何 MeV か。有効数字 2 桁で求めよ。
- (4) ${}^{14}_6\text{C}$ は β 崩壊する。この崩壊でできる元素は何か。質量数と原子番号が分かるように、元素記号に質量数と原子番号を付して示せ。
- (5) ${}^{14}_6\text{C}$ の半減期は 5730 年である。 ${}^{14}_6\text{C}$ がもとの $\frac{1}{10}$ の量になるまで何年かかるか。有効数字 2 桁で求めよ。 $\log_{10} 2 \doteq 0.301$ とせよ。
- (6) この崩壊によって放出されるエネルギーがすべて β 線を構成する粒子である β 粒子の運動エネルギーになるとすると、 β 粒子の運動エネルギーは何 MeV か。有効数字 2 桁で求めよ。 β 粒子の質量は原子核の質量と比べて無視できるものとする。

受 験 番 号	
一般A	
一般B	

2 0 2 4 年 度 一 般 選 抜

物 理 答 案 用 紙 (1)

- 【注意】
1. 受験番号を受験番号欄に記入し、物理を選択する場合に○印を選択欄に記入しなさい。
 2. 答案用紙を切り離してはいけません。
 3. 解答は指定された場所に記入しなさい。
 4. 得点欄には何も記入してはいけません。

選 択

〔問 1〕 (1)〔導出過程〕

〔答〕

(2)〔導出過程〕

〔答〕

(3)(4)〔導出過程〕

(3)〔答〕

(4)〔答〕

(5)〔導出過程〕

〔答〕

(6)〔導出過程〕

〔答〕

得点 1-1

O

O

〔問 1〕 (7)〔導出過程〕

〔答〕

(8)〔導出過程〕

〔答〕

(9)〔導出過程〕

〔答〕

(10)〔導出過程〕

〔答〕

(11)〔導出過程〕

〔答〕

得点 1-2

2024年度一般選抜
物理答案用紙(2)

〔問2〕(1)〔導出過程〕

〔答〕

(2)〔導出過程〕

〔答〕①

〔答〕②

(3)〔導出過程〕

〔答〕

(4)〔導出過程〕

〔答〕

(5)〔導出過程〕

〔答〕

(6)〔導出過程〕

〔答〕

得点 2

O

O

〔問 3〕 (1)〔導出過程〕

〔答〕

(2)〔導出過程〕

〔答〕

(3)〔導出過程〕

〔答〕

(4)〔導出過程〕

〔答〕

(5)〔導出過程〕

〔答〕

(6)〔導出過程〕

〔答〕

得点 3

2 0 2 4 年 度 一 般 選 拔
物 理 答 案 用 紙 (3)

〔問 4〕 (1) 〔導出過程〕

〔答〕

(2) 〔導出過程〕

〔答〕

(3) 〔導出過程〕

〔答〕

(4) 〔導出過程〕

〔答〕

(5) 〔導出過程〕

〔答〕

(6) 〔導出過程〕

〔答〕

得点 4

○

○

〔問 5〕 (1)〔導出過程〕

〔答〕

(2)〔導出過程〕

〔答〕

(3)〔導出過程〕

〔答〕

(4)〔導出過程〕

〔答〕

(5)〔導出過程〕

〔答〕

(6)〔導出過程〕

〔答〕

(この線から下には、何も記入してはいけません)

1-1	1-2	2	3	4	5	計

得点 5