

理 科

(1～44ページ)

注 意

1. 試験開始の合図があるまで、問題用紙を開いてはいけません。
2. この問題用紙には、次の3科目の問題が収められています。
 物 理 (1～11ページ)
 化 学 (12～24ページ)
 生 物 (26～44ページ)
3. 3科目の中から、医学部出願者は2科目、その他の出願者は1科目を選択し、解答は解答用紙にマークしなさい。解答用紙は3科目共通です。
4. 解答用紙に受験番号・氏名・選択科目を記入しなさい。
 受験番号と選択科目は、下記の「受験番号欄記入例」「選択科目欄記入例」に従って正確にマークしなさい。
5. 試験時間は **60分** (2科目受験者は1科目につき60分) です。
6. 試験開始後、問題用紙に不備(ページのふぞろい・印刷不鮮明など)があったら申し出なさい。
7. 中途退出は認めません。試験終了後、問題用紙は持ち帰りなさい。

受験番号欄記入例・選択科目欄記入例				
受 験 番 号 欄				
Y	8	1	5	0
●	○	○	○	●
	①	●	①	①
	②	②	②	②
	③	③	③	③
	④	④	④	④
	⑤	⑤	●	⑤
	⑥	⑥	⑥	⑥
	⑦	⑦	⑦	⑦
	●	⑧	⑧	⑧
	⑨	⑨	⑨	⑨

数字の位置に注意してマークしなさい

アルファベットを除く4ケタの数字を記入しマークしなさい

「物理」を選択した場合

選 択 科 目 欄		
●	物	理
○	化	学
○	生	物

↑
解答する1科目に必ずマークしなさい

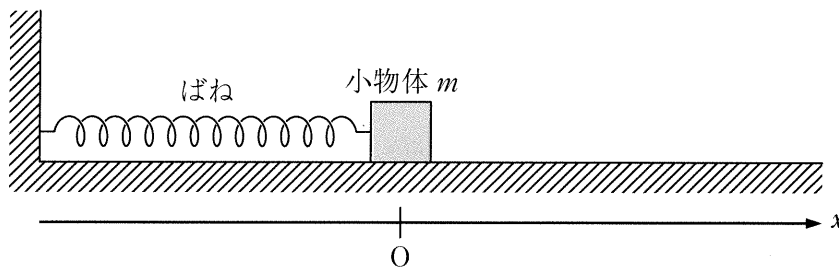
マーク式解答欄記入上の注意

1. 解答は、HBの黒鉛筆を使用して丁寧にマークしなさい。
 《マーク例》
 良い例 ●
 悪い例 ⊕ ⊙ ⊗ ⊖ ○
2. 訂正する場合は、プラスチック消しゴムで、きれいにマークを消し取りなさい。
3. 所定の記入欄以外には、何も記入してはいけません。
4. 解答用紙を汚したり、折り曲げたりしてはいけません。

物 理

この問題はIからVまであります。解答用紙には問題番号が から までですが、解答に使用する問題番号は から までです。

- I 図のように、水平面上で自然長 l 、ばね定数 k のばねの左端を鉛直な壁に固定し、右端に質量 m の小物体を取り付けた。ここで、ばねが自然長のときの小物体の位置を原点 O として、水平右向きに x 軸を定める。はじめ、小物体を位置 $x = -a$ ($0 < a < l$) まで移動させて、時刻 $t = 0$ に初速度 0 で静かにはなした。小物体にはたらく空気抵抗は無視できるものとし、重力加速度の大きさを g とする。



次の各問いについて、それぞれの**解答群**の中から最も適切なものを一つ選び、解答欄の数字にマークしなさい。

まず、小物体と水平面の間に摩擦がはたらかない場合について考える。

- (1) 小物体は水平面上で単振動を行う。この単振動の周期 T を求めよ。

の解答群

- | | | |
|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| ① $2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ | ② $2\pi \sqrt{\frac{k}{m}}$ | ③ $2\pi \sqrt{\frac{mg}{k}}$ |
| ④ $2\pi \sqrt{\frac{k}{mg}}$ | ⑤ $2\pi \sqrt{km}$ | ⑥ $2\pi \sqrt{kmg}$ |

(2) 時刻 t における小物体の位置 x を求めよ。 22 の解答群

① $x = a \sin \frac{2\pi}{T} t$

② $x = -a \sin \frac{2\pi}{T} t$

③ $x = a \cos \frac{2\pi}{T} t$

④ $x = -a \cos \frac{2\pi}{T} t$

⑤ $x = -a \left(1 - \sin \frac{2\pi}{T} t \right)$

⑥ $x = a \left(1 - \cos \frac{2\pi}{T} t \right)$

次に、小物体と水平面の間に静止摩擦係数 μ 、動摩擦係数 $\mu' (< \mu)$ の摩擦力がはたらく場合について考える。このとき、小物体は位置 $x = -a$ から動き出してから位置 x_1 で初めて速さが 0 となり、そのまま静止し続けた。

(3) 小物体が静止する位置 x_1 を求めよ。 33 の解答群

① a

② $2a$

③ $a + \frac{\mu' mg}{k}$

④ $a - \frac{\mu' mg}{k}$

⑤ $a + \frac{2\mu' mg}{k}$

⑥ $a - \frac{2\mu' mg}{k}$

(4) 小物体が位置 x_1 で静止するまでの間の、小物体の速さの最大値を求めよ。 44 の解答群

① $a \sqrt{\frac{k}{m}}$

② $2a \sqrt{\frac{k}{m}}$

③ $\left(a + \frac{\mu' mg}{k} \right) \sqrt{\frac{k}{m}}$

④ $\left(a - \frac{\mu' mg}{k} \right) \sqrt{\frac{k}{m}}$

⑤ $\left(a + \frac{2\mu' mg}{k} \right) \sqrt{\frac{k}{m}}$

⑥ $\left(a - \frac{2\mu' mg}{k} \right) \sqrt{\frac{k}{m}}$

(5) このような運動が起こるための、 a の条件として正しいものを選び。 55 の解答群

① $\frac{\mu mg}{k} < a \leq \frac{2(\mu + \mu') mg}{k}$

② $\frac{\mu mg}{k} < a \leq \frac{(\mu + 2\mu') mg}{k}$

③ $\frac{\mu' mg}{k} < a \leq \frac{\mu mg}{k}$

④ $\frac{\mu' mg}{k} < a \leq \frac{2\mu mg}{k}$

⑤ $\frac{(\mu - \mu') mg}{k} \leq a < \frac{\mu mg}{k}$

⑥ $\frac{(\mu - 2\mu') mg}{k} \leq a < \frac{\mu mg}{k}$

- II 図1のように、消費電力が600 Wのヒーターが取り付けられた容器内に0℃の水が100 g入っている。はじめ、ヒーターは作動していない。この容器内に80℃の水をゆっくりとかきまぜながら少量ずつ注ぎ入れたところ、水を100 g注いだところで、氷がすべて融けて0℃の水となった。水の比熱を $4.2\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ とし、ヒーターによって発生する熱量はすべて水と容器の温度上昇に使われるものとする。また、(1)～(4)の間いでは、容器の外部との熱のやり取りは考えないものとする。

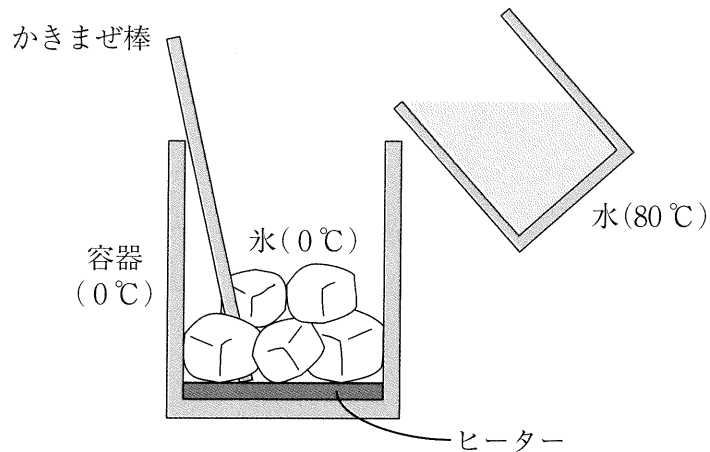


図1

次の各問いについて、それぞれの**解答群**の中から最も適切なものを一つ選び、解答欄の数字にマークしなさい。

- (1) この実験結果から氷の融解熱を求めよ。 J/g

の解答群

- | | | |
|-------|-------|-------|
| ① 34 | ② 67 | ③ 168 |
| ④ 336 | ⑤ 346 | ⑥ 672 |

続いて、水をゆっくりとかきまぜながらヒーターを50秒間起動させたところ、容器と水の温度が30℃に変化した。

- (2) 50秒間でヒーターから発生する熱量を求めよ。 J

の解答群

- | | | |
|--------|---------|---------|
| ① 600 | ② 1200 | ③ 3000 |
| ④ 6000 | ⑤ 12000 | ⑥ 30000 |

(3) この実験結果から容器の熱容量を求めよ。 J/K

の解答群

- | | | |
|-------|-------|-------|
| ① 160 | ② 260 | ③ 320 |
| ④ 380 | ⑤ 420 | ⑥ 580 |

続いて図2のように、 90°C に加熱された500gの金属球を容器に入れ、ゆっくりとかき混ぜたところ、全体の温度が 40°C となった。

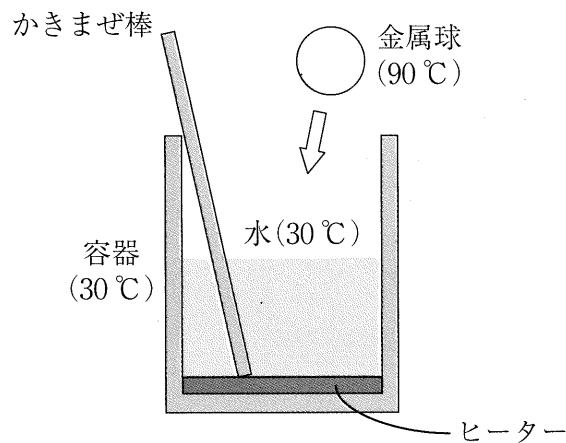


図2

(4) この実験結果から金属球の比熱を求めよ。 J/(g·K)

の解答群

- | | | |
|--------|--------|--------|
| ① 0.25 | ② 0.30 | ③ 0.35 |
| ④ 0.38 | ⑤ 0.40 | ⑥ 0.42 |

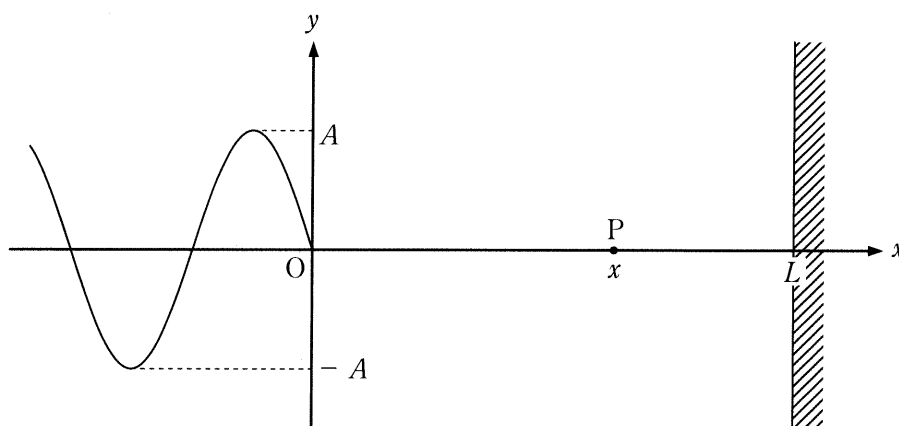
(5) (4)で求めた金属球の比熱は実際の値と比べて、 $0.02\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ だけ小さかった。ここではこの原因を容器と外部との間の熱のやりとりによるものとしてと考える。容器から外部へ放出された熱を正、外部から容器へ流入した熱量を負の値として、金属球を容器に入れてから全体の温度が 40°C となるまでの間に、容器と外部との間でやりとりされた熱量を求めよ。 J

の解答群

- | | | |
|---------|---------|---------|
| ① - 600 | ② - 500 | ③ - 400 |
| ④ 400 | ⑤ 500 | ⑥ 600 |

Ⅲ 図のように、 x 軸正の向きに速さ v で進む振幅 A 、周期 T の正弦波がある。正弦波の先頭は時刻 $t = 0$ に x 軸の原点 O に到達し、原点 O での時刻 t における媒質の変位 y_0 は、 $y_0 = A \sin \frac{2\pi}{T} t$ と表せる。 $x = L$ の位置には x 軸に対して垂直な壁があり、正弦波は壁で自由端反射するものとする。位置 x ($0 < x < L$) のある点を点 P とし、 x 軸正の向きに点 P に達する正弦波を波 I、壁で反射した後に点 P に達する正弦波を波 II とする。正弦波は $x < 0$ の領域において発生して減衰することはなく連続的に伝わり、壁での反射によって減衰することはないものとする。なお、必要ならば、以下の三角関数の公式を用いてもよい。

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2}$$



次の各問いについて、それぞれの**解答群**の中から最も適切なものを一つ選び、解答欄の数字にマークしなさい。

(1) 正弦波の波長 λ を求めよ。

の解答群

① $\frac{1}{T}$

② $\frac{1}{v}$

③ $\frac{T}{v}$

④ $\frac{v}{T}$

⑤ vT

⑥ vT^2

(2) 波 I が点 O から点 P まで達するのに要する時間は $\frac{x}{v}$ である。波 I について、点 P での時刻

$t \left(t > \frac{x}{v} \right)$ における媒質の変位 y_1 を求めよ。 12

12 の解答群

- ① $A \sin \frac{2\pi tx}{Tv}$ ② $A \sin \frac{2\pi vt}{Tx}$ ③ $-A \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{v} \right)$
- ④ $A \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{v} \right)$ ⑤ $-A \sin \frac{2\pi}{T} \left(t + \frac{x}{v} \right)$ ⑥ $A \sin \frac{2\pi}{T} \left(t + \frac{x}{v} \right)$

(3) 波 II がはじめて点 P に到達する時刻を t_2 とする。 t_2 を求めよ。 13

13 の解答群

- ① $\frac{2x}{v}$ ② $\frac{L-x}{v}$ ③ $\frac{2L-x}{v}$
- ④ $\frac{2L+x}{v}$ ⑤ $\frac{2(L-x)}{v}$ ⑥ $\frac{2(L+x)}{v}$

(4) 時刻 t_2 以降、点 P の媒質の変位は波 I による変位と波 II による変位の和となる。時刻 t_2 以降における点 P の媒質の振幅を求めよ。 14

14 の解答群

- ① $2A \left| \cos \frac{2\pi}{vT} (-x+L) \right|$ ② $2A \left| \cos \frac{2\pi}{vT} (-x+2L) \right|$
- ③ $2A \left| \cos \frac{2\pi}{vT} (x+L) \right|$ ④ $2A \left| \sin \frac{2\pi}{vT} (-x+L) \right|$
- ⑤ $2A \left| \sin \frac{2\pi}{vT} (-x+2L) \right|$ ⑥ $2A \left| \sin \frac{2\pi}{vT} (x+L) \right|$

(5) $\lambda = \frac{2}{5}L$ のとき、十分時間が経過した後に $0 \leq x \leq L$ に存在する定常波の腹の個数を求めよ。 15 個

15 の解答群

- ① 2 ② 3 ③ 4
- ④ 5 ⑤ 6 ⑥ 7

IV 図1のように、面積 S の薄い金属板を距離 d だけ離して平行に設置しコンデンサーを作成する。このコンデンサーに電池を接続して充電をすると、コンデンサーには Q_0 の電荷が蓄えられた。ただし、金属板間の誘電率を ϵ_0 とし、金属板の端の電場の乱れは無視できるものとする。

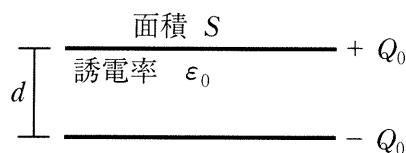


図1

次の各問いについて、それぞれの**解答群**の中から最も適切なものを一つ選び、解答欄の数字にマークしなさい。

(1) 極板間に生じている電場の強さ E_0 を求めよ。 16

16 の解答群

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| ① $\frac{Q_0}{\epsilon_0 d}$ | ② $\frac{\epsilon_0 d}{Q_0}$ | ③ $\frac{\epsilon_0 Q_0}{d}$ |
| ④ $\frac{Q_0}{\epsilon_0 S}$ | ⑤ $\frac{\epsilon_0 S}{Q_0}$ | ⑥ $\frac{\epsilon_0 Q_0}{S}$ |

次に、図2のように、面積 S の金属板を4枚準備し、それぞれを距離 $3d$ だけ離して平行に設置し、それぞれの金属板を上から A, B, C, D とする。ここで、金属板 D の位置を原点として上向きに x 軸を定める。金属板 A と金属板 D を、スイッチと抵抗値 R の抵抗を介して接続し、スイッチを開いた状態で、金属板 A に $+2Q_0$ 、金属板 B に $-4Q_0$ 、金属板 C に $+4Q_0$ 、金属板 D に $-2Q_0$ の電荷を帯電させた。ただし、金属板間の誘電率を ϵ_0 とし、金属板の端の電場の乱れは無視できるものとする。

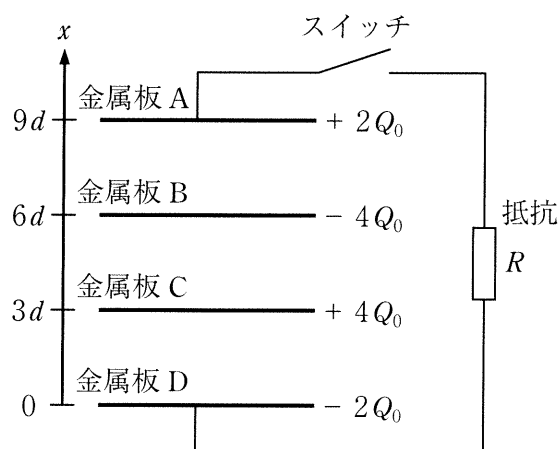
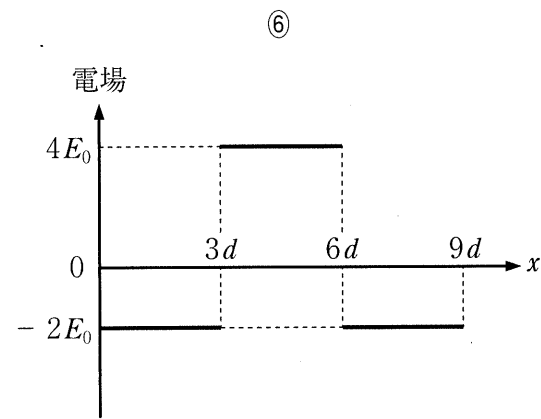
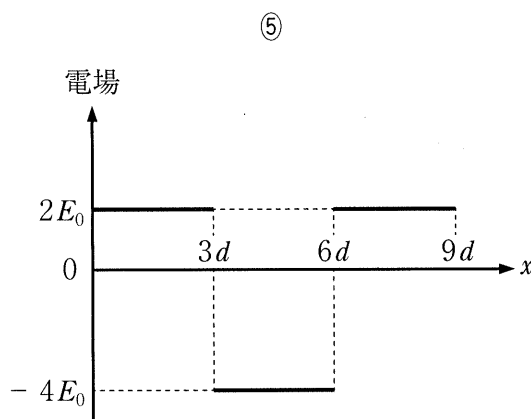
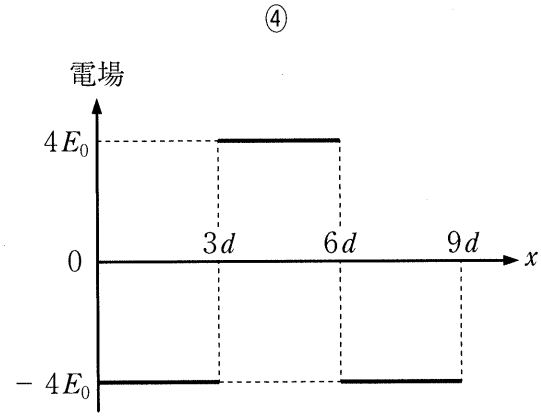
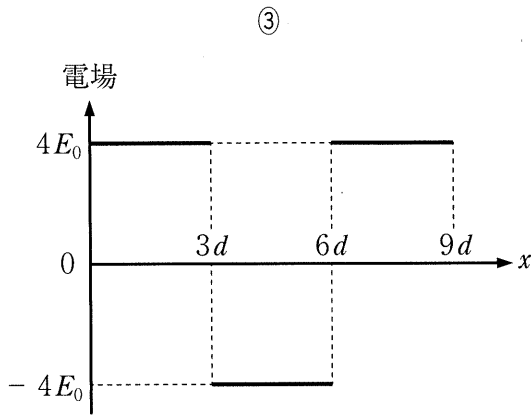
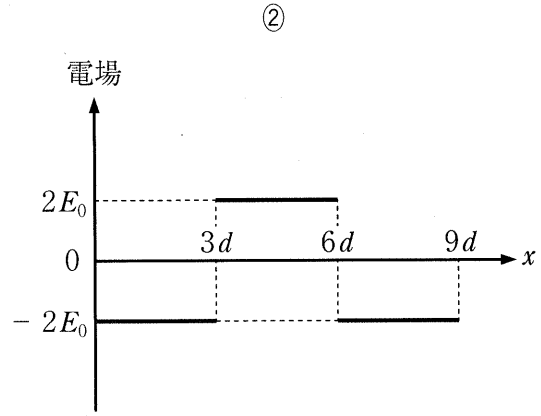
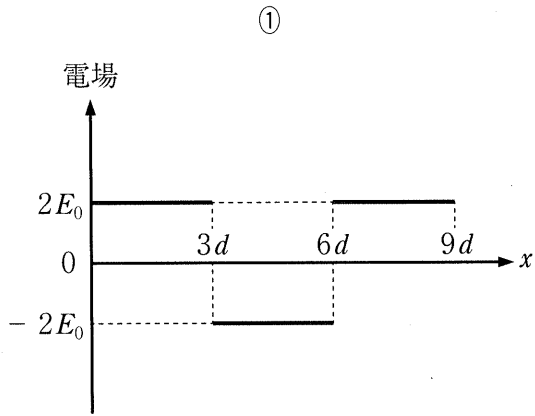


図2

(2) 電場と位置 x の関係を表すグラフとして正しいものを選び。ただし、 E_0 は(1)で求めた電場の強さであり、向きについては x 軸正の向きの電場を正とする。 17

17 の解答群



次に、図2の状態からスイッチを閉じると回路に電流が流れ、しばらくすると、電流が流れなくなった。

(3) スイッチを閉じた直後に抵抗を流れる電流の大きさを求めよ。 18

18 の解答群

- | | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| ① $\frac{E_0 d}{R}$ | ② $\frac{2E_0 d}{R}$ | ③ $\frac{3E_0 d}{R}$ |
| ④ $\frac{4E_0 d}{R}$ | ⑤ $\frac{6E_0 d}{R}$ | ⑥ $\frac{9E_0 d}{R}$ |

(4) 電流が流れなくなった後に、金属板Aに蓄えられている電荷を求めよ。 19

19 の解答群

- | | | |
|---------------------|---------------------|-----------|
| ① $+\frac{2}{3}Q_0$ | ② $+\frac{4}{3}Q_0$ | ③ $+2Q_0$ |
| ④ $+\frac{8}{3}Q_0$ | ⑤ $+3Q_0$ | ⑥ $+4Q_0$ |

次に、スイッチを閉じた状態で金属板Bを他の金属板との平行を保ったままゆっくりとある位置まで移動させると、金属板Aに蓄えられている電荷が $+2Q_0$ に戻った。

(5) 移動させた後の金属板Bの位置(x 座標)を求めよ。 20

20 の解答群

- | | | |
|-------------------|--------|-------------------|
| ① $\frac{9}{2}d$ | ② $5d$ | ③ $\frac{11}{2}d$ |
| ④ $\frac{13}{2}d$ | ⑤ $7d$ | ⑥ $\frac{15}{2}d$ |

V 図1は、X線の発生装置であるX線管の模式図である。陰極であるフィラメントを熱すると電子が初速度0で放出され、その電子を加速電圧 V で加速させて陽極であるターゲットに衝突させるとX線が発生する。図2は横軸にX線の波長を、縦軸に強度を表したスペクトルである。図2のスペクトルは、連続的に分布する連続X線と、特定の波長において鋭いピークをもつ固有X線(特性X線)からなる。連続X線の最短波長は λ_0 であり、2つの固有X線のうち最も強度が強い波長 λ_1 の固有X線を α とする。図3のように、格子面が間隔 d で並ぶ結晶に固有X線 α を角度 θ ($0^\circ < \theta < 90^\circ$) で入射させ、格子面の間隔 d を測定する実験を行った。角度 θ を $\theta = 0^\circ$ から徐々に大きくしていくと、特定の角度において反射したX線が強め合うことが観測された。強め合いが観測された角度 θ を表1に示す。電子の質量を m 、電子の電気量を $-e$ ($e > 0$)、プランク定数を h 、真空中の光の速さを c とする。

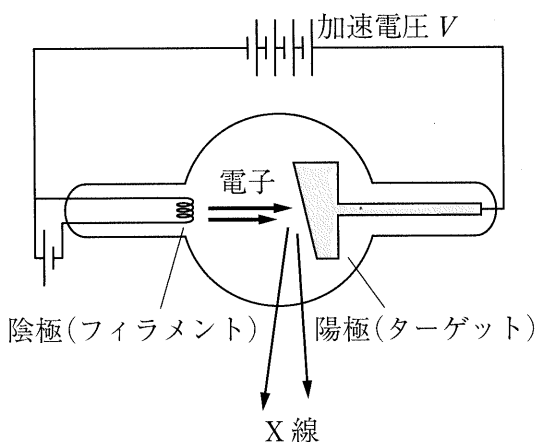


図1

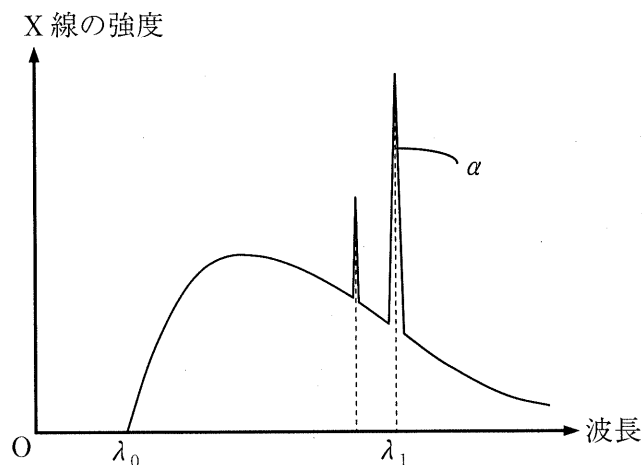


図2

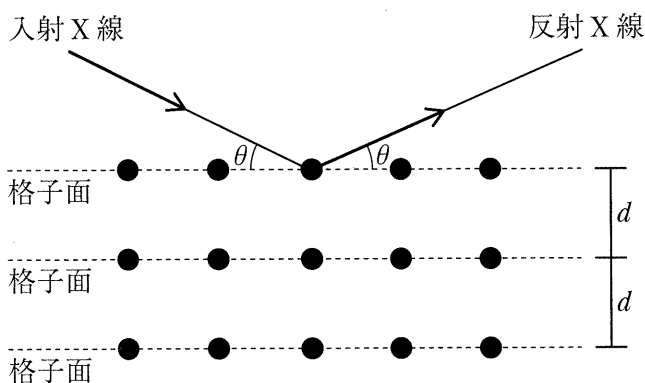


図3

表1

θ	9.6°	19.5°	30.0°	41.8°
----------	-------------	--------------	--------------	--------------

次の各問いについて、それぞれの解答群の中から最も適切なものを一つ選び、解答欄の数字にマークしなさい。

- (1) X線管内において、陽極に衝突する直前の電子の速さを求めよ。 21

21 の解答群

- ① $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{eV}{m}}$ ② $\sqrt{\frac{eV}{2m}}$ ③ $\sqrt{\frac{eV}{m}}$
 ④ $\sqrt{\frac{2eV}{m}}$ ⑤ $2\sqrt{\frac{eV}{m}}$ ⑥ $2\sqrt{\frac{2eV}{m}}$

- (2) 物質粒子である電子が物質波としてふるまうときの波長をド・ブロイ波長という。陽極に衝突する直前の電子のド・ブロイ波長を求めよ。 22

22 の解答群

- ① $\frac{h}{2\sqrt{meV}}$ ② $\frac{h}{\sqrt{2meV}}$ ③ $\frac{h}{\sqrt{meV}}$
 ④ $\frac{\sqrt{meV}}{h}$ ⑤ $\frac{\sqrt{2meV}}{h}$ ⑥ $\frac{2\sqrt{meV}}{h}$

- (3) 陽極に衝突した電子の運動エネルギーがすべて1個のX線光子のエネルギーに変わるとき、X線光子のエネルギーは最大になり、X線は最短波長 λ_0 となる。 λ_0 を求めよ。 23

23 の解答群

- ① $\frac{ceV}{h}$ ② $\frac{eV}{hc}$ ③ $\frac{heV}{c}$
 ④ $\frac{h}{ceV}$ ⑤ $\frac{hc}{eV}$ ⑥ $\frac{c}{heV}$

- (4) 図3のように、角度 θ で結晶に入射した固有X線 α が隣り合う格子面で反射し、反射したX線が強め合うとき、自然数を n として、X線が強め合う条件を表した式として正しいものを選べ。ただし、X線は結晶に入射しても、屈折しないものとする。 24

24 の解答群

- ① $d \sin \theta = n\lambda_1$ ② $2d \sin \theta = n\lambda_1$ ③ $d \cos \theta = n\lambda_1$
 ④ $2d \cos \theta = n\lambda_1$ ⑤ $d \tan \theta = n\lambda_1$ ⑥ $2d \tan \theta = n\lambda_1$

- (5) 固有X線 α の波長は $\lambda_1 = 7.1 \times 10^{-11}$ mである。この波長および表1の値を用いて、格子面の間隔 d を求めよ。 25 m

25 の解答群

- ① 3.5×10^{-11} ② 5.2×10^{-11} ③ 8.7×10^{-11}
 ④ 2.1×10^{-10} ⑤ 4.9×10^{-10} ⑥ 7.1×10^{-10}

物理の問題はここまでです。