

理 科

(1 ～45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 ～12ページ)
 化 学 (13～25ページ)
 生 物 (27～45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てください。解答用紙は3科目共通です。
4. 解答用紙に受験番号・氏名・選択科目を記入してください。
 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てください。
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)があったら申し出てください。
7. 中途退出は認めません。試験終了後、問題用紙は持ち帰ってください。

受験番号欄記入例・選択科目欄記入例

(アルファベットと数字の位置に注意してマークしてください)
(アルファベットのI・O・Qはありません)

受 験 番 号 欄				
H	5	7	0	9
(A) ①	①	①	●	①
(B) ②	②	②	②	②
(C) ③	③	③	③	③
(D) ④	④	④	④	④
(E) ⑤	●	⑤	⑤	⑤
(F) ⑥	⑥	⑥	⑥	⑥
(G) ⑦	⑦	●	⑦	⑦
(H) ⑧	⑧	⑧	⑧	⑧
(I) ⑨	⑨	⑨	⑨	●
(J)				
(K)				
(L)				
(M)				
(N)				
(O)				
(P)				
(Q)				
(R)				
(S)				
(T)				
(U)				
(V)				
(W)				

「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
必ずマークしてください

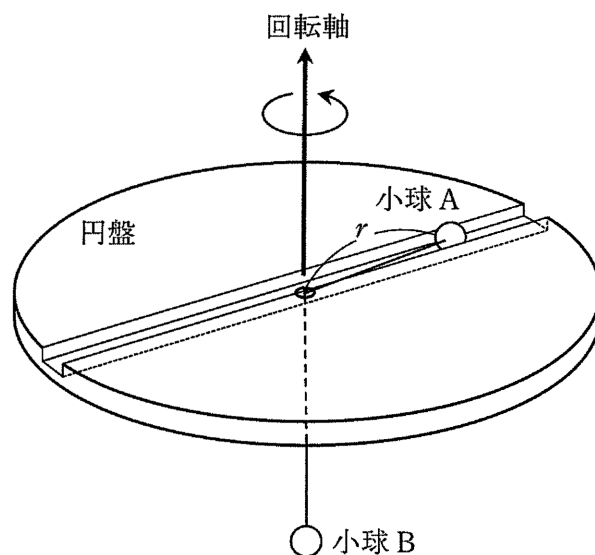
マーク式解答欄記入上の注意

1. 解答は、HBの黒鉛筆を使用して丁寧にマークしてください。
 《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ってください。
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 1 から 50 までですが、解答に使用する問題番号は 1 から 25 までです。

- Ⅰ 図のように、自由に回転させることのできる円盤の中央に小さな穴をあけ、十分に長く軽い糸を通し、その両端に質量 m の小球 A と、質量 M の小球 B をとりつける。円盤には直線状の溝が切り込まれていて、小球 A はこの溝に沿って運動する。はじめに、小球 A を中央の穴から距離 r の位置に固定し、小球 B は穴の鉛直下方向に吊るした。ただし、溝の底面および小球 A から穴までの糸は水平であるとみなせるものとし、糸と円盤の溝との接触および糸と穴との接触は糸の動きに影響を与えないものとする。また、溝の底面と小球 A との間の静止摩擦係数を μ 、動摩擦係数を $\frac{\mu}{2}$ とし、溝の側面はなめらかであり、小球 A との摩擦は無視できるものとする。小球 A が溝から飛び出すことはないものとし、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。

はじめの状態から円盤を回転しないように固定して、小球 A の固定を解除したところ小球 A は穴に向けて滑り出し、小球 B は鉛直下方向に落下していった。

- (1) 小球 A が滑り出したことから、静止摩擦係数はある値より小さいことがわかる。この値を求めよ。 1

1 の解答群

- | | | |
|------------------|-----------------|------------------|
| ① $\frac{m}{2M}$ | ② $\frac{m}{M}$ | ③ $\frac{2m}{M}$ |
| ④ $\frac{M}{2m}$ | ⑤ $\frac{M}{m}$ | ⑥ $\frac{2M}{m}$ |

- (2) 小球 A の固定を解除してから小球 A が穴に到達するまでにかかる時間を求めよ。 2

2 の解答群

- | | | |
|---------------------------------------|--|--|
| ① $\sqrt{\frac{(m+M)r}{(M-\mu m)g}}$ | ② $\sqrt{\frac{2(m+M)r}{(M-\mu m)g}}$ | ③ $\sqrt{\frac{4(m+M)r}{(M-\mu m)g}}$ |
| ④ $\sqrt{\frac{(m+M)r}{(2M-\mu m)g}}$ | ⑤ $\sqrt{\frac{2(m+M)r}{(2M-\mu m)g}}$ | ⑥ $\sqrt{\frac{4(m+M)r}{(2M-\mu m)g}}$ |

次に、はじめの状態から小球 A を円盤に固定したまま、円盤を角速度 ω で回転させ、その後、小球 A の固定を解除したところ小球 A は円盤に対し静止したまま円運動をし、小球 B も落下せずに静止したままであった。ただし、静止摩擦係数は問(1)で求めた値よりも小さいとする。

- (3) 小球 A は円盤に対し静止したままであったことから、円盤の角速度 ω はある値以上であるとわかる。この値を求めよ。 3

3 の解答群

- | | | |
|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| ① $\sqrt{\frac{M-m}{mr}g}$ | ② $\sqrt{\frac{M+m}{mr}g}$ | ③ $\sqrt{\frac{M-\mu m}{mr}g}$ |
| ④ $\sqrt{\frac{M+\mu m}{mr}g}$ | ⑤ $\sqrt{\frac{M-\mu m}{\mu mr}g}$ | ⑥ $\sqrt{\frac{M+\mu m}{\mu mr}g}$ |

- (4) 円盤の角速度がある値 ω_0 のとき、固定を解除した後の小球 A と円盤の間の摩擦力が 0 であった。この角速度 ω_0 を求めよ。 4

4 の解答群

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| ① $\sqrt{\frac{g}{r}}$ | ② $\sqrt{\frac{Mg}{mr}}$ | ③ $\sqrt{\frac{mg}{Mr}}$ |
| ④ $\sqrt{\frac{Mg}{\mu mr}}$ | ⑤ $\sqrt{\frac{\mu mg}{Mr}}$ | ⑥ $\sqrt{\frac{\mu g}{r}}$ |

- (5) 円盤の角速度を ω_0 に固定し、小球 B をゆっくりと引き下げて、小球 A と穴の距離を変化させた。小球 B から手をはなしても、小球 A が穴との距離を一定に保ちながら円運動をするためには、小球 B を引き下げる距離がある値以下でなければならない。この値を求めよ。

5

5

 の解答群

① $\frac{\mu m}{M} r$

② $\frac{\mu M}{m} r$

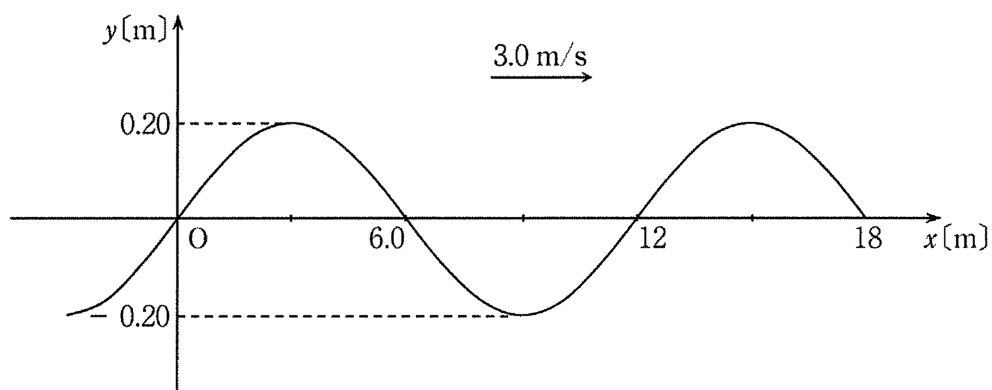
③ $\frac{m}{\mu M} r$

④ $\frac{M}{\mu m} r$

⑤ μr

⑥ $\frac{r}{\mu}$

Ⅱ 図は、 x 軸の正の向きに速さ 3.0 m/s で進む横波の時刻 $t = 0$ における波形を表している。



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。

(1) この波の波長 λ [m] を求めよ。 m

の解答群

- | | | |
|--------|--------|-------|
| ① 0.20 | ② 0.40 | ③ 2.0 |
| ④ 4.0 | ⑤ 6.0 | ⑥ 12 |

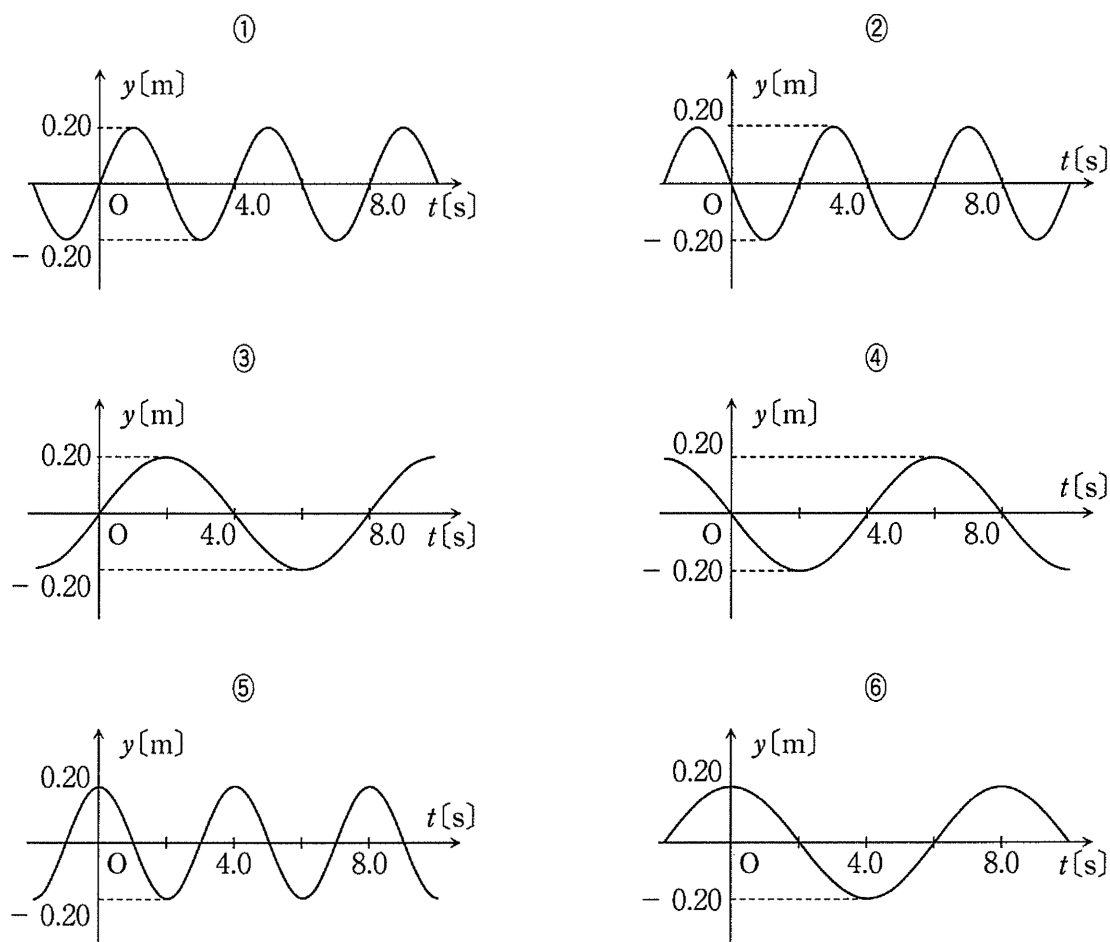
(2) この波の周期 T [s] を求めよ。 s

の解答群

- | | | |
|-------|-------|-------|
| ① 2.0 | ② 3.0 | ③ 4.0 |
| ④ 6.0 | ⑤ 12 | ⑥ 18 |

- (3) この波の原点 $x = 0$ の時刻 $t[s]$ における媒質の変位 $y[m]$ を表したグラフとして最も適当なものはどれか。 8

8 の解答群



この波が $x = 18\text{ m}$ において、自由端反射を行う場合を考える。ただし、自由端において反射波の位相は入射波の位相に等しいものとし、時刻 $t = 0$ において、反射波は $x < 0$ まで到達しているものとする。

- (4) $t = 5.0\text{ s}$ において、合成波の変位が y 軸の正の向きに最も大きくなっている位置を $0 \leq x \leq 18\text{ m}$ の範囲ですべて求めよ。また、すべての位置の変位が 0 である場合は、⑥を解答とせよ。 9 m

9 の解答群

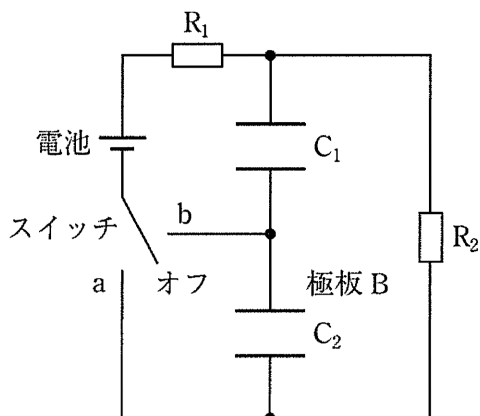
- | | | |
|------------------|----------------|-------------|
| ① 3.0, 15 | ② 3.0, 9.0, 15 | ③ 0, 12 |
| ④ 0, 6.0, 12, 18 | ⑤ 6.0, 18 | ⑥ すべての変位が 0 |

- (5) $t > 5.0 \text{ s}$ において、原点 $x = 0$ における媒質の速さが最初に y 軸の正の向きに最大となる時刻 $t[\text{s}]$ を求めよ。 10 s

10 の解答群

- | | | |
|-------|-------|-------|
| ① 5.5 | ② 6.0 | ③ 6.5 |
| ④ 7.0 | ⑤ 8.0 | ⑥ 9.0 |

- Ⅲ 図のように、抵抗値がそれぞれ R と $2R$ の抵抗 R_1 と R_2 、電気容量がそれぞれ C と $2C$ のコンデンサー C_1 と C_2 、起電力の大きさが V の電池、およびスイッチからなる回路がある。スイッチは端子 a 側または端子 b 側に接続することができる。また、端子 a と端子 b のどちらにも接続しない状態にすることもでき、この状態をスイッチはオフであると呼ぶことにする。はじめ、スイッチはオフであり、コンデンサー C_1 と C_2 はいずれも帯電していない。なお、コンデンサー C_2 の端子 b 側の極板を極板 B とする。電池の内部抵抗や導線の電気抵抗は無視できるものとする。



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。

- (1) スイッチを端子 a 側に接続した。端子 a 側に接続した直後、抵抗 R_1 に流れる電流の大きさを求めよ。 11

11 の解答群

- | | | |
|-------------------|------------------|------------------|
| ① 0 | ② $\frac{V}{3R}$ | ③ $\frac{V}{2R}$ |
| ④ $\frac{2V}{3R}$ | ⑤ $\frac{V}{R}$ | ⑥ $\frac{2V}{R}$ |

- (2) スイッチを端子 a 側に接続して十分に時間が経過したとき、コンデンサー C_2 の電気量を求めよ。 12

12 の解答群

- | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| ① $\frac{1}{3} CV$ | ② $\frac{4}{9} CV$ | ③ $\frac{1}{2} CV$ |
| ④ CV | ⑤ $\frac{3}{2} CV$ | ⑥ $2CV$ |

- (3) 続いて、スイッチをオフにした。スイッチをオフにしてから十分に時間が経過するまでの間に、抵抗 R_2 で発生するジュール熱を求めよ。 13

13 の解答群

- | | | |
|----------------------|-----------------------|----------------------|
| ① $\frac{1}{9} CV^2$ | ② $\frac{4}{27} CV^2$ | ③ $\frac{2}{9} CV^2$ |
| ④ $\frac{1}{3} CV^2$ | ⑤ $\frac{2}{3} CV^2$ | ⑥ $\frac{1}{2} CV^2$ |

- (4) 続いて、スイッチを端子 b 側に接続した。端子 b 側に接続した直後、抵抗 R_2 を流れる電流の大きさを求めよ。 14

14 の解答群

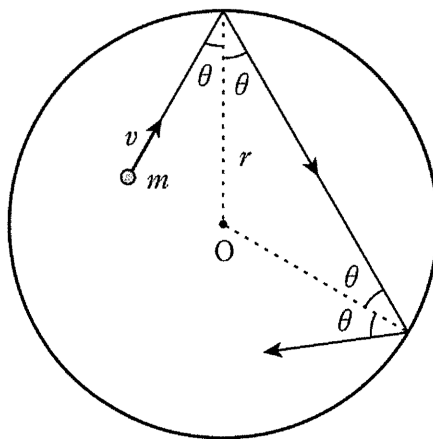
- | | | |
|-------------------|------------------|------------------|
| ① 0 | ② $\frac{V}{3R}$ | ③ $\frac{V}{2R}$ |
| ④ $\frac{2V}{3R}$ | ⑤ $\frac{V}{R}$ | ⑥ $\frac{2V}{R}$ |

- (5) 問(4)においてスイッチを端子 b 側に接続してから十分に時間が経過したあと、スイッチをオフにし、コンデンサー C_2 に比誘電率が 3 の誘電体をゆっくりと隙間なく挿入した。誘電体を挿入した後の極板 B の電荷を求めよ。 15

15 の解答群

- | | | |
|----------------------|--------------------|----------------------|
| ① $-\frac{10}{3} CV$ | ② $-3 CV$ | ③ $-\frac{18}{7} CV$ |
| ④ $\frac{2}{5} CV$ | ⑤ $\frac{5}{4} CV$ | ⑥ $2 CV$ |

- Ⅳ 図のように、内側の半径が r の球形容器に単原子分子の理想気体を封入する。この気体について、分子の個数を N 、分子1個の質量を m とし、すべての分子の速さは v であると仮定する。また、分子は互いに衝突せず、容器のなめらかな壁面と弾性衝突すると仮定する。図はある分子が入射角 θ で壁面に入射する様子を示している。



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。

- (1) ある分子が入射角 θ で容器の壁面に衝突するとき、この分子が壁面から受ける力積の大きさを求めよ。 16

16 の解答群

- | | | |
|---------|---------------------|---------------------|
| ① mv | ② $mv \sin \theta$ | ③ $mv \cos \theta$ |
| ④ $2mv$ | ⑤ $2mv \sin \theta$ | ⑥ $2mv \cos \theta$ |

- (2) 入射角 θ で容器の壁面に衝突した分子が、次に壁面に衝突するまでの間に運動する距離を求めよ。 17

17 の解答群

- | | | |
|--------|--------------------|--------------------|
| ① r | ② $r \sin \theta$ | ③ $r \cos \theta$ |
| ④ $2r$ | ⑤ $2r \sin \theta$ | ⑥ $2r \cos \theta$ |

(3) 入射角 θ で容器の壁面に衝突する分子が、単位時間に壁面と衝突する回数を求めよ。

18

18 の解答群

① $\frac{v}{2r}$

② $\frac{v}{2r \sin \theta}$

③ $\frac{v}{2r \cos \theta}$

④ $\frac{2r}{v}$

⑤ $\frac{2r \sin \theta}{v}$

⑥ $\frac{2r \cos \theta}{v}$

(4) 単位時間あたりの力積は、時間平均の力に等しい。これより、壁面が N 個の分子から受ける時間平均の力を求めよ。 19

19 の解答群

① $\frac{mNv^2}{r}$

② $\frac{mNv^2}{2r}$

③ $\frac{2mNv^2}{r}$

④ $\frac{mNv^2}{r \sin \theta}$

⑤ $\frac{mNv^2}{r \cos \theta}$

⑥ $\frac{mNv^2}{r \tan \theta}$

(5) 理想気体の状態方程式と比較することで、分子 1 個の運動エネルギーを求めよ。ただし、気体の温度を T 、気体定数を R 、アボガドロ定数を N_A とする。 20

20 の解答群

① $\frac{RT}{2N_A}$

② $\frac{RT}{N_A}$

③ $\frac{3RT}{2N_A}$

④ $\frac{N_A}{2RT}$

⑤ $\frac{N_A}{RT}$

⑥ $\frac{3N_A}{2RT}$

V 図1は、X線管の模式図である。X線管は、真空中でフィラメント(陰極)を加熱して得られる初速度0の電子を高電圧で加速して、金属(陽極)に衝突させることによってX線を発生させる装置である。図2は、X線管の高電圧装置の電圧を一定値 V に固定して発生させたX線の強度と波長との関係(X線スペクトル)を表したものである。このX線スペクトルには、波長の最小値(最短波長)を λ_0 として連続的に変化する部分と2つの鋭いピークの部分が観測された。電子の電荷を $-e$ ($e > 0$)、電子の質量を m 、真空中の光速を c 、プランク定数を h とする。

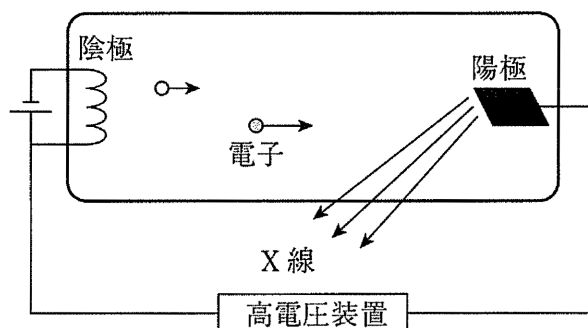


図1

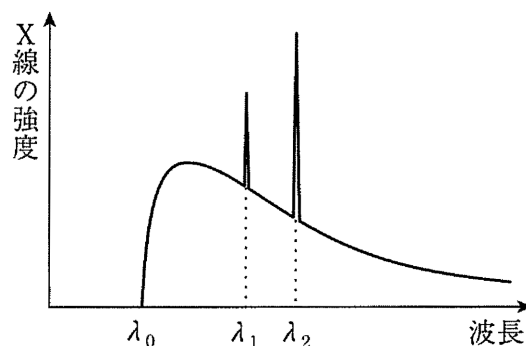


図2

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) X線に関する記述として正しいものを一つ選べ。 21

21 の解答群

- ① X線は高速の電子の流れである。
- ② X線はマリイ・キュリーによって発見された。
- ③ X線は物質中の原子を電離してイオンにする電離作用をもたない。
- ④ X線には直進性があり、電場や磁場によって曲げられない。
- ⑤ X線を薄い単結晶にあてても回折や散乱は生じない。
- ⑥ X線は波長が短くなるほど透過力が小さくなり、1枚の紙も透過することができなくなる。

(2) 陽極に衝突する直前の電子の運動エネルギーを求めよ。 22

22 の解答群

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

(3) 振動数 ν の光子のエネルギーを求めよ。 23

23 の解答群

- | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| ① $\frac{h\nu}{c}$ | ② $\frac{c}{h\nu}$ | ③ hc |
| ④ $h\nu$ | ⑤ $\frac{hc}{\nu}$ | ⑥ $\frac{\nu}{hc}$ |

(4) 最短波長 λ_0 を求めよ。 24

24 の解答群

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

(5) 他の条件は変えずに高電圧装置の電圧 V を大きくした場合の、図2の λ_0 、 λ_1 および λ_2 の変化に関する記述として正しいものを一つ選べ。 25

25 の解答群

- ① λ_0 、 λ_1 、 λ_2 はすべて短くなる。
- ② λ_0 は短くなり、 λ_1 と λ_2 は変わらない。
- ③ λ_0 は短くなり、 λ_1 と λ_2 は長くなる。
- ④ λ_0 は長くなり、 λ_1 と λ_2 は短くなる。
- ⑤ λ_0 は長くなり、 λ_1 と λ_2 は変わらない。
- ⑥ λ_0 、 λ_1 、 λ_2 はすべて長くなる。

物理の問題はここまでです