

物 理

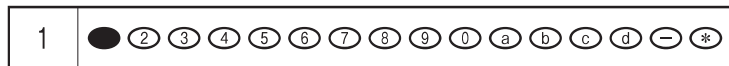
注 意

1. 問題は全部で18ページである。
2. 解答用紙に氏名を忘れずに記入すること。
3. 解答はすべて解答用紙に記入すること。
4. 問題冊子の余白は計算に利用してよい。
5. 解答用紙は必ず提出のこと。この問題冊子は提出する必要はない。

マーク・シート記入上の注意

1. HBの黒鉛筆またはシャープペンシルを用いて記入すること。
2. 解答用紙にあらかじめプリントされた受験番号を確認すること。
3. 解答する記号の○を塗りつぶさない。○で囲んだり×をつけたりしてはいけない。

解答記入例(解答が1のとき)



1. 一度記入したマークを消す場合は、消しゴムでよく消すこと。×をつけても消したことになる。
5. 解答用紙をよごしたり、折り曲げたりしないこと。

1 以下の文章の空欄(1)～(3)にあてはまるもっとも適切な式または語句をそれぞれの解答群から選び、**解答用紙(その1)**の該当する記号をマークせよ。

図1—1に示すように、傾きが θ の斜面と垂直な側面を持つ台を滑らかで水平な床に置き、止め具で固定する。台の斜面はあらく、垂直な側面は滑らかであるとする。物体1を台の斜面上に置き、伸び縮みしないひもを付ける。ひもが斜面および側面と平行になるよう調整された滑車にひもを通した後、ひもの端に物体2をつるす。ひもの質量は無視できる。台の質量を M_0 、物体と斜面の間の静止摩擦係数と動摩擦係数を各々、 μ と μ' とする。重力加速度の大きさを g として以下の問いに答えよ。

初め、物体1と物体2の質量は共に m であり、両者は静止していた。この時、物体1にはたらく摩擦力の大きさは(1)であり、その向きは(2)である。その後、物体1におもりを乗せて物体1の質量を少しずつ増やしていった。物体1とおもりの質量の和が m_1 になった時、物体1と物体2が動き出した。動き出す直前、最大摩擦力の向きは(3)であり、 $m_1 =$ (4)となる。

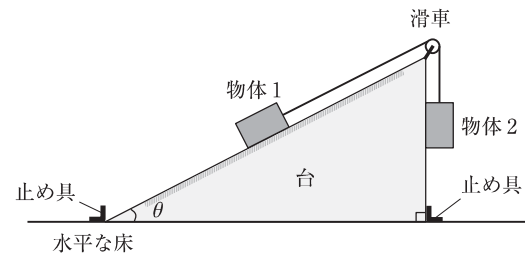


図1—1

(1)の解答群

- ① mg ② $mg \sin \theta$ ③ $mg \cos \theta$
④ $mg(1 + \cos \theta)$ ⑤ $mg(1 - \cos \theta)$ ⑥ $mg(1 + \sin \theta)$
⑦ $mg(1 - \sin \theta)$ ⑧ $mg \tan \theta$ ⑨ $mg(1 + \tan \theta)$
⑩ $mg(1 - \tan \theta)$

(2), (3)の解答群

- ① 斜面に平行で上向き ② 斜面に垂直で上向き
③ 斜面に平行で下向き ④ 斜面に垂直で下向き

(4)の解答群

- ① $\frac{m}{\sin \theta + \mu \cos \theta}$ ② $\frac{m}{\sin \theta - \mu \cos \theta}$ ③ $\frac{m}{\sin \theta}$
④ $\frac{m}{\mu \cos \theta}$ ⑤ $\frac{m}{\mu \cos \theta - \sin \theta}$ ⑥ $\frac{m}{\mu \sin \theta + \cos \theta}$
⑦ $\frac{m}{\mu \sin \theta - \cos \theta}$ ⑧ $\frac{m}{\mu \sin \theta}$ ⑨ $\frac{m}{\cos \theta}$
⑩ m

次に、静止していた物体1と物体2の質量を各々、 $2m$ 、 m (ただし、 $2m > m_1$)とした場合、物体1と物体2は動き出した。このとき、斜面の傾き θ は $\boxed{(5)}$ を満たす。ひもの張力の大きさを T とし、斜面に平行で下向きを正とする物体1の加速度の大きさを a とすると、斜面に平行な方向の物体1の運動方程式は、 $2ma = \boxed{(6)}$ と表される。一方、物体2は垂直な側面に沿って運動するが、伸び縮みしないひもで物体1とつながっている。したがって、物体1と物体2の運動方程式より、 $3ma = mg \times \boxed{(7)}$ と表され、 $a = \left(\frac{g}{3}\right) \times \boxed{(7)}$ から、 $T = mg \times \boxed{(8)}$ を得る。さらに、物体1と物体2の速さが v になった時、静止していた位置から物体1が移動した距離 L を求めると、次式を得る。

$$L = \frac{3v^2}{2g \times \boxed{(9)}}$$

(5)の解答群

- ① $\sin \theta - \mu \cos \theta < 2$ ② $\sin \theta - \mu \cos \theta > 2$
③ $\mu \cos \theta - \sin \theta < 2$ ④ $\mu \cos \theta - \sin \theta > 2$
⑤ $\mu \cos \theta - \sin \theta < \frac{1}{2}$ ⑥ $\mu \cos \theta - \sin \theta > \frac{1}{2}$
⑦ $\mu \sin \theta - \cos \theta < \frac{1}{2}$ ⑧ $\mu \sin \theta - \cos \theta > \frac{1}{2}$
⑨ $\sin \theta - \mu \cos \theta < \frac{1}{2}$ ⑩ $\sin \theta - \mu \cos \theta > \frac{1}{2}$

(6)の解答群

- ① $2mg \sin \theta - T$
- ② $2mg(-\sin \theta + \mu' \cos \theta) + T$
- ③ $2mg(-\sin \theta + \mu' \cos \theta) - T$
- ④ $2mg(\sin \theta - \mu' \cos \theta) + T$
- ⑤ $2mg(\sin \theta - \mu' \cos \theta) - T$
- ⑥ $2mg \cos \theta - T$
- ⑦ $2mg(\mu' \sin \theta + \cos \theta) - T$
- ⑧ $2mg(\mu' \sin \theta - \cos \theta) + T$
- ⑨ $2mg(\mu' \sin \theta - \cos \theta) - T$
- ⑩ $2mg(\mu' \sin \theta + \cos \theta) + T$

(7), (9)の解答群

- ① $2 \sin \theta + 2 \mu' \cos \theta - 1$
- ② $-2 \sin \theta + 2 \mu' \cos \theta + 1$
- ③ $2 \sin \theta - 2 \mu' \cos \theta - 1$
- ④ $2 \sin \theta - 2 \mu' \cos \theta + 1$
- ⑤ $-2 \sin \theta + 2 \mu' \cos \theta - 1$
- ⑥ $2 \mu' \sin \theta - 2 \cos \theta - 1$
- ⑦ $2 \mu' \sin \theta + 2 \cos \theta - 1$
- ⑧ $-2 \mu' \sin \theta - 2 \cos \theta + 1$
- ⑨ $2 \mu' \sin \theta - 2 \cos \theta + 1$
- ⑩ $-2 \mu' \sin \theta + 2 \cos \theta - 1$

(8)の解答群

- ① $\frac{1}{3}(2 \sin \theta - 2 \mu' \cos \theta - 1)$
- ② $\frac{1}{3}(2 \sin \theta - \mu' \cos \theta + 1)$
- ③ $\frac{1}{3}(\sin \theta - 2 \mu' \cos \theta - 1)$
- ④ $\frac{1}{3}(2 \sin \theta - 2 \mu' \cos \theta + 1)$
- ⑤ $\frac{1}{3}(2 \sin \theta + 2 \mu' \cos \theta - 1)$
- ⑥ $\frac{1}{3}(\sin \theta + 2 \mu' \cos \theta - 1)$
- ⑦ $\frac{2}{3}(\sin \theta - \mu' \cos \theta - 1)$
- ⑧ $\frac{2}{3}(-\sin \theta + \mu' \cos \theta + 1)$
- ⑨ $\frac{2}{3}(\sin \theta - \mu' \cos \theta + 1)$
- ⑩ $\frac{2}{3}(\sin \theta + \mu' \cos \theta - 1)$

今度は、図1-2に示すように、先ほどと同じ台を滑らかで水平な床に置き、止め具で固定した後、質量 $m_1 (< M_0)$ の物体1を台の斜面に置いて止め具で固定した場合を考えよう。水平右向きを x 軸の正の向き、鉛直上向きを y 軸の正の向きに取る。

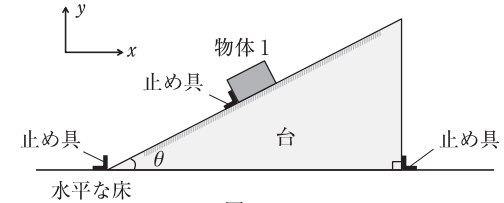


図1-2

時刻 $t = 0$ で台と物体1を固定していたすべての止め具を静かに取り外すと、台および物体1は共に動き出した。時刻 $t (> 0)$ において台の速度が V になった時、床から見た物体1の速度の x 成分は、運動量保存則より、 $v_x = \boxed{(10)}$ となる。床から見た台の加速度を A 、床から見た物体1の加速度の x 成分を a_x 、 y 成分を a_y とし、物体1が台の斜面から受ける垂直抗力の大きさを N とすると、床から見た物体1の x 方向と y 方向の運動方程式は、各々、 $m_1 a_x = \boxed{(11)}$ 、 $m_1 a_y = \boxed{(12)}$ となる。物体1が台から浮くことなく、台の斜面に沿って運動している時、 A 、 a_x 、 a_y の間に $\boxed{(13)}$ の関係が成り立つことを用いると垂直抗力の大きさ N が求められる。

(10)の解答群

- ① V
- ② $-V$
- ③ $-\frac{M_0 V}{m_1}$
- ④ $-\frac{m_1 V}{M_0}$
- ⑤ $\frac{M_0 V}{m_1}$
- ⑥ $\frac{m_1 V}{M_0}$
- ⑦ $\sqrt{\frac{m_1}{M_0}} V$
- ⑧ $\sqrt{\frac{M_0}{m_1}} V$
- ⑨ $-\sqrt{\frac{M_0}{m_1}} V$
- ⑩ 0

(11), (12)の解答群

- | | |
|---|---|
| ① $\mu'N \sin \theta - N \cos \theta$ | ② $\mu'N \cos \theta - N \sin \theta$ |
| ③ $N \sin \theta - \mu'N \cos \theta$ | ④ $\mu'N \sin \theta + N \cos \theta$ |
| ⑤ $N \cos \theta - \mu'N \sin \theta$ | ⑥ $m_1 g - N \sin \theta - \mu'N \cos \theta$ |
| ⑦ $N \cos \theta + \mu'N \sin \theta - m_1 g$ | ⑧ $N \sin \theta + \mu'N \cos \theta - m_1 g$ |
| ⑨ $N \cos \theta - \mu'N \sin \theta + m_1 g$ | ⑩ $N \sin \theta - \mu'N \cos \theta + m_1 g$ |

(13)の解答群

- | | |
|---|---|
| ① $a_x + a_y = A$ | ② $a_x + A = a_y$ |
| ③ $(a_x + A) \sin \theta = a_y \cos \theta$ | ④ $(a_x + A) \cos \theta = a_y \sin \theta$ |
| ⑤ $(a_x - A) \cos \theta = a_y \sin \theta$ | ⑥ $(a_x - A) \sin \theta = a_y \cos \theta$ |
| ⑦ $A^2 = a_x^2 + a_y^2$ | ⑧ $A = a_x = a_y$ |
| ⑨ $(a_x - A) \cos^2 \theta = a_y \sin^2 \theta$ | ⑩ $(a_x + A) \sin^2 \theta = a_y \cos^2 \theta$ |

2 以下の文章を読み、空欄(14)～(24)にあてはまる最も適切な数値や式をそれぞれ解答群から選び、**解答用紙(その1)**の該当する記号をマークせよ。

空間的に非一様な磁場が時間変化することにより、大きさ q の電荷、質量 m を持つ荷電粒子 P が加速されるベータトロンと呼ばれる装置の原理について考えよう。

図 2—1 に示すように、 x - y 平面を貫く磁場がある。磁場の向きはどの時刻、どの場所でも常に z 軸正の向きである。どの時刻でも、図 2—2 に示すように磁束密度の大きさ B は z 軸からの距離のみに依存する。

図 2—1 に示すように、 x - y 平面内で原点 O を中心とする半径 R の円を C とする。円 C を貫く磁束 Φ は、円 C 内部の磁束密度の大きさ B_1 の平均値 \bar{B}_1 を用いて $\Phi = \pi R^2 \bar{B}_1$ と与えられる。図 2—2 に示すように、円 C 上の任意の点での磁束密度の大きさを B_c とする。以下では重力の影響は無視できる。

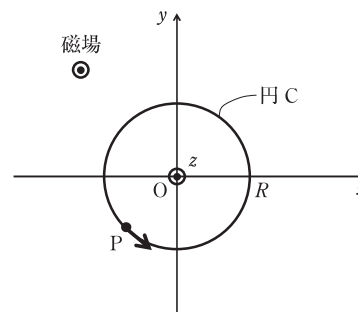


図 2—1

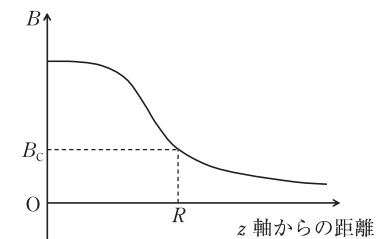


図 2—2

[2-1]

まずは、磁場が時間変化せずに磁束密度の大きさが図2-2で与えられる場合を考えよう。円C上の点での磁束密度の大きさ B_c は B_0 (一定)とする。荷電粒子Pが図2-1に示される向きに円C上を等速円運動している。このとき、荷電粒子Pの運動量の大きさ p は

$$p = \boxed{(14)} \dots\dots (2-1)$$

であり、また、図2-1より $\boxed{(15)}$ ことがわかる。

空欄(14)に対する解答群

- ① mqB_0R ② $mq\bar{B}_1R$ ③ qB_0R ④ $q\bar{B}_1R$ ⑤ qR
 ⑥ mqR ⑦ $qB_0\bar{B}_1R$ ⑧ $\frac{q\bar{B}_1B_0}{R}$ ⑨ mB_0R ⑩ $m\bar{B}_1R$

空欄(15)に対する解答群

- ① 荷電粒子Pは正に帯電した電荷を持つ
 ② 荷電粒子Pは負に帯電した電荷を持つ

[2-II]

次に磁場が時間変化する場合(ベータトロン)を考えよう。

一般に、閉じた1巻きの円形コイル(半径 R)を貫く磁束 Φ が変化すると、電磁誘導の法則によりコイルに $\boxed{(16)}$ が生じる。 $\boxed{(16)}$ をコイルの円周の長さ $2\pi R$ で割ると、コイルの導線内の電場(誘導電場)の大きさが得られる。実は、円形コイルがない場合でも、同じように磁束が時間変化すれば、コイルがある場合と同じ電場が発生する。ベータトロンでは、この電場により荷電粒子が加速される。それと同時に、軌道上の磁束密度の大きさ B_c を時間変化させれば、荷電粒子の軌道半径 R を一定に保つことができる。まとめると、ベータトロンでは以下の操作(i)、(ii)を同時に行う。

- (i) 軌道内部の磁束密度の大きさの平均値 \bar{B}_1 を時間変化させることで荷電粒子を加速する。
 (ii) 軌道上の磁束密度の大きさ B_c を時間変化させることで軌道半径 R を一定に保つ。

これを実現するために必要な条件を考えよう。

まずは(i)の過程について考えよう。微小な時間 Δt の間に、円C内部の磁束密度の大きさの平均値 \bar{B}_1 を $\Delta\bar{B}_1$ ($\Delta\bar{B}_1 > 0$)だけ増加させ、荷電粒子Pを加速させる。 \bar{B}_1 の増加により、この円運動を行っている荷電粒子Pには $\boxed{(17)}$ に大きさ F の力が働く。時間 Δt の間での磁束の変化分を $\Delta\Phi = \pi R^2 \Delta\bar{B}_1$ とすると、 $\boxed{(16)}$ の大きさ V は電磁誘導の公式 $V = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$ で与えられる。従って、誘導電場の大きさが求まり、 F は V 、 R 、 q を用いて、 $F = \boxed{(18)}$ と与えられる。荷電粒子Pの運動量の変化の大きさ Δp は、微小な時間 Δt の間に荷電粒子Pの受ける $\boxed{(19)}$ の大きさに等しいので、

$$\Delta p = \boxed{(20)} \dots\dots (2-2)$$

と与えられる。

空欄(16)に対する解答群

- ① 遠心力 ② ローレンツ力 ③ 誘導起電力
 ④ 核力 ⑤ クーロン力 ⑥ 渦電流
 ⑦ 慣性力 ⑧ ジュール熱

空欄(17)に対する解答群

- ① z 軸正の向き
 ② z 軸負の向き
 ③ 円軌道の接線方向で荷電粒子 P の速度と同じ向き
 ④ 円軌道の接線方向で荷電粒子 P の速度と逆向き
 ⑤ 原点 O に向かう向き
 ⑥ 原点 O に向かう向きと反対の向き

空欄(18)に対する解答群

- ① qVR ② $2\pi qVR$ ③ qV^2R ④ q^2VR
 ⑤ qVR^2 ⑥ $\frac{qV}{R}$ ⑦ $\frac{qV}{2\pi R}$ ⑧ $\frac{qV^2}{2\pi R}$
 ⑨ $\frac{q^2V}{2\pi R}$ ⑩ $\frac{qV}{(2\pi R)^2}$

空欄(19)に対する解答群

- ① 遠心力 ② 加速度 ③ 力のモーメント
 ④ 核力 ⑤ 運動エネルギー ⑥ 圧力
 ⑦ 慣性力 ⑧ 力積

空欄(20)に対する解答群

- ① $\frac{qVR}{\Delta t}$ ② $\frac{2\pi qVR}{\Delta t}$ ③ $\frac{qV^2R}{\Delta t}$ ④ $\frac{q^2VR}{\Delta t}$
 ⑤ $\frac{qVR^2}{\Delta t}$ ⑥ $\frac{qV\Delta t}{R}$ ⑦ $\frac{qV\Delta t}{2\pi R}$ ⑧ $\frac{qV^2\Delta t}{2\pi R}$
 ⑨ $\frac{q^2V\Delta t}{2\pi R}$ ⑩ $\frac{qV\Delta t}{(2\pi R)^2}$

次に(ii)の過程について考えよう。はじめに大きさ p の運動量を持っていた荷電粒子 P は、微小な時間 Δt の間に、過程(i)によって大きさ $p + \Delta p$ の運動量を持つようになった。この時間 Δt の間で、円 C 上の磁束密度の大きさ B_c を、 B_0 から $\Delta B_c (\Delta B_c > 0)$ だけ増加させる。荷電粒子 P が円 C 上にとどまるための条件は、

$$\boxed{(21)} \quad \dots\dots (2-3)$$

となる。(2-1)式、(2-2)式、(2-3)式、および電磁誘導の公式などより、 $\Delta B_c = \boxed{(22)}$ を得る。この条件を満たしながら円 C 内部の磁束密度の大きさの平均値 \bar{B}_1 と円 C 上の磁束密度の大きさ B_c を増大させていくと、荷電粒子 P の軌道半径 R を変えずに運動エネルギーを増大させることができる。

もし仮に磁場が一様であるとする、(i)の過程で加速された荷電粒子 P は円軌道を保つことができず、円 C からそれてしまう。従って、荷電粒子の軌道を円軌道に保つためには磁場が非一様であることが重要である。

空欄(21)に対する解答群

- ① $p + \Delta p = mq(B_0 + \Delta B_c)R$ ② $p - \Delta p = mq(B_0 + \Delta B_c)R$
 ③ $p + \Delta p = q(B_0 + \Delta B_c)R$ ④ $p - \Delta p = q(B_0 + \Delta B_c)R$
 ⑤ $p + \Delta p = m(B_0 + \Delta B_c)R$ ⑥ $p - \Delta p = m(B_0 + \Delta B_c)R$
 ⑦ $p + \Delta p = q(B_0 + \Delta B_c)^2R$ ⑧ $p - \Delta p = q(B_0 + \Delta B_c)^2R$
 ⑨ $p + \Delta p = mq(B_0 + \Delta B_c)^2R$ ⑩ $p - \Delta p = mq(B_0 + \Delta B_c)^2R$

空欄(22)に対する解答群

- ① $\frac{1}{8} \Delta \bar{B}_1$ ② $\frac{1}{4} \Delta \bar{B}_1$ ③ $\frac{1}{3} \Delta \bar{B}_1$ ④ $\frac{1}{2} \Delta \bar{B}_1$ ⑤ $\Delta \bar{B}_1$
 ⑥ $2 \Delta \bar{B}_1$ ⑦ $3 \Delta \bar{B}_1$ ⑧ $4 \Delta \bar{B}_1$ ⑨ $6 \Delta \bar{B}_1$ ⑩ $8 \Delta \bar{B}_1$

荷電粒子 P の速さの増大分 Δv は、 q 、 m 、 R 、 $\Delta \bar{B}_1$ を用いて、 $\Delta v =$ 23

と表される。 $q = 1.6 \times 10^{-19}$ C、 $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg、 $R = 0.70$ m、

$\Delta \bar{B}_1 = 1.3 \times 10^{-3}$ T のとき、 $\Delta v =$ 24 m/s となる。

空欄23に対する解答群

- ① $\frac{mR\Delta\bar{B}_1}{q}$ ② $\frac{mR\Delta\bar{B}_1}{2q}$ ③ $\frac{2mR\Delta\bar{B}_1}{q}$ ④ $\frac{qR\Delta\bar{B}_1}{m}$
 ⑤ $\frac{qR\Delta\bar{B}_1}{2m}$ ⑥ $\frac{2qR\Delta\bar{B}_1}{m}$ ⑦ $\frac{mqR}{\Delta\bar{B}_1}$ ⑧ $\frac{mqR}{2\Delta\bar{B}_1}$
 ⑨ $\frac{2mqR}{\Delta\bar{B}_1}$ ⑩ $\frac{2mqR^2}{\Delta\bar{B}_1}$

空欄24に対する解答群

- ① 1.0×10^6 ② 2.0×10^6 ③ 4.0×10^6 ④ 8.0×10^6
 ⑤ 2.0×10^7 ⑥ 4.0×10^7 ⑦ 8.0×10^7 ⑧ 2.0×10^8
 ⑨ 4.0×10^8 ⑩ 8.0×10^8

3 以下の文章を読み、空欄25～38にあてはまる最も適切な解答をそれぞれの解答群より選び、**解答用紙(その3)**の該当する記号をマークせよ。ただし、プランク定数を $h = 6.6 \times 10^{-34}$ J・s、真空中の光の速さを $c = 3.0 \times 10^8$ m/s、電子の質量を $m = 9.1 \times 10^{-31}$ kg とする。

図3—1のように、 x 軸と y 軸を定め、原点 O に静止している質量 m の電子に X 線光子を衝突させた。そのとき、X 線光子が散乱される現象について考える。ここで、X 線は xy 平面内の x 軸の正の向きへ入射し、散乱 X 線とはね飛ばされた電子も同じ xy 平面内にあるように y 軸を設定する。また、 x 軸と散乱 X 線のなす角を散乱角 θ ($\theta > 0$)、そして、 x 軸とはね飛ばされた電子の向きとのなす角を α ($\alpha > 0$) とする。

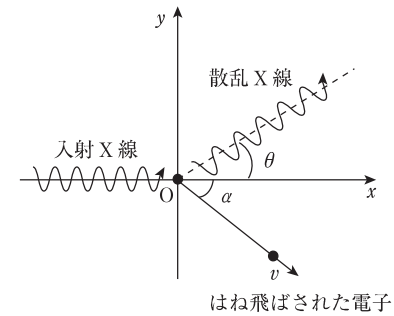


図3—1

入射 X 線の波長を λ とすると、この X 線光子 1 個がもつエネルギーは $E = \frac{hc}{\lambda}$ 、また、X 線光子の運動量の大きさは $p = \frac{h}{\lambda}$ である。入射 X 線のエネルギーを E_1 、散乱された X 線のエネルギーを E_2 、そして、はね飛ばされた電子の速さを v とすると、散乱の前後でのエネルギー保存則の式は 25 となる。このエネルギー保存則の式を入射 X 線の波長 λ_1 と散乱された X 線の波長 λ_2 を用いて書き直すと、

$$\text{26} = \text{27} \dots\dots (3-1)$$

となる。散乱の前後における x 軸方向の運動量の保存則から

$$\boxed{28} = \boxed{29} \quad \cdots \cdots (3-2)$$

が得られ、一方、散乱の前後における y 軸方向の運動量の保存則から

$$\boxed{30} = \boxed{31} \quad \cdots \cdots (3-3)$$

が得られる。(3-2)式と(3-3)式から、 $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$ の関係を利用して α を消去すると、

$$\boxed{32} \quad \cdots \cdots (3-4)$$

となる。(3-1)式を用いて、(3-4)式から v を消去すると

$$\lambda_2 - \lambda_1 = \frac{h}{2mc} \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1} + \frac{\lambda_1}{\lambda_2} - \boxed{33} \right) \quad \cdots \cdots (3-5)$$

となる。(3-5)式において、 λ_1 と λ_2 の差は小さいので $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} + \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \cong 2$ となることを用いると、 $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 \cong \boxed{34}$ が得られる。散乱 X 線の散乱角 $\theta = 60^\circ$ の時、 $\Delta\lambda \cong \boxed{35}$ m となる。また、散乱角 θ と $\Delta\lambda$ の関係をグラフにすると $\boxed{36}$ となる。つまり、散乱 X 線の散乱角 θ が 0° より大きくなると、散乱 X 線の波長は、 $\boxed{37}$ 。 $\Delta\lambda$ が最大となるのは、X 線の散乱角 θ が $\boxed{38}$ のときで、このとき、はね飛ばされた電子のエネルギーが最大となる。

25)の解答群

- ① $E_1 = E_2$ ② $E_1 = \frac{1}{2} mv^2$ ③ $E_2 = \frac{1}{2} mv^2$
 ④ $E_1 = E_2 + \frac{1}{2} mv^2$ ⑤ $E_2 = E_1 + \frac{1}{2} mv^2$ ⑥ $E_1 = E_2 + mv$
 ⑦ $E_2 = E_1 + mv$ ⑧ $E_1 = E_2 + mv^2$ ⑨ $E_2 = E_1 + mv^2$

26)の解答群

- ① λ_1 ② λ_2 ③ $\frac{h\lambda_1}{c}$ ④ $\frac{h\lambda_2}{c}$
 ⑤ $\frac{\lambda_1}{hc}$ ⑥ $\frac{\lambda_2}{hc}$ ⑦ $\frac{hc}{\lambda_1}$ ⑧ $\frac{hc}{\lambda_2}$

27)の解答群

- ① $\frac{h\lambda_1}{c} + mv^2$ ② $\frac{hc}{\lambda_1} + \frac{1}{2} mv^2$ ③ $\frac{hc}{\lambda_2} + \frac{1}{2} mv^2$
 ④ $\frac{hc}{\lambda_2} + mv^2$ ⑤ $\frac{h\lambda_2}{c} + mv$ ⑥ $\frac{\lambda_1}{hc} + \frac{1}{2} mv^2$
 ⑦ $\frac{\lambda_2}{hc} + \frac{1}{2} mv^2$ ⑧ $\frac{hc}{\lambda_1} + mv$

28)と30)の解答群

- ① $\frac{h}{\lambda_1}$ ② $\frac{h}{\lambda_2}$ ③ λ_1 ④ λ_2 ⑤ $\frac{\lambda_1}{hc}$
 ⑥ $\frac{\lambda_2}{hc}$ ⑦ $\frac{hc}{\lambda_1}$ ⑧ $\frac{hc}{\lambda_2}$ ⑨ 0 ⑩ 1

29)と31)の解答群

- ① $\frac{h}{\lambda_2} \cos \theta - mv \sin \alpha$ ② $\frac{h}{\lambda_2} \sin \theta - mv \cos \alpha$
 ③ $\frac{h}{\lambda_2} \cos \theta - mv \cos \alpha$ ④ $\frac{h}{\lambda_2} \cos \theta + mv \sin \alpha$
 ⑤ $\frac{h}{\lambda_2} \sin \theta + mv \cos \alpha$ ⑥ $\frac{h}{\lambda_2} \cos \theta + mv \cos \alpha$
 ⑦ $\frac{h}{\lambda_2} \sin \theta + mv \sin \alpha$ ⑧ $\frac{h}{\lambda_2} \sin \theta - mv \sin \alpha$

32)の解答群

- ① $\frac{m^2 v^2}{h^2} = \frac{1}{\lambda_1^2} - \frac{2}{\lambda_1 \lambda_2} \sin \theta + \frac{1}{\lambda_2^2}$
 ② $\frac{m^2 v^2}{h^2} = \frac{1}{\lambda_1^2} - \frac{2}{\lambda_1 \lambda_2} \cos \theta + \frac{1}{\lambda_2^2}$
 ③ $\frac{m^2 v^2}{h^2} = \lambda_1^2 - \frac{\lambda_1 \lambda_2}{2} \sin \theta + \lambda_2^2$
 ④ $\frac{m^2 v^2}{h^2} = \lambda_1^2 - \frac{\lambda_1 \lambda_2}{2} \cos \theta + \lambda_2^2$
 ⑤ $\frac{m^2 v^2}{h^2} = \lambda_1^2 + \lambda_2^2$
 ⑥ $\frac{m^2 v^2}{h^2} = \lambda_1^2 - \lambda_2^2$

33の解答群

- ① 2 ② $2 \tan \theta$ ③ $2 \sin \theta$ ④ $2 \cos \theta$
 ⑤ 1 ⑥ $\tan \theta$ ⑦ $\sin \theta$ ⑧ $\cos \theta$

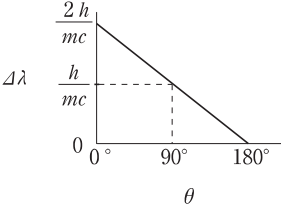
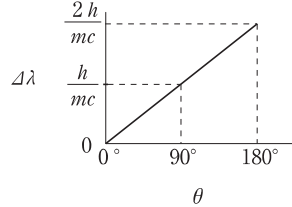
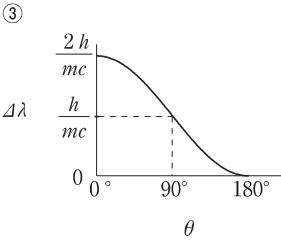
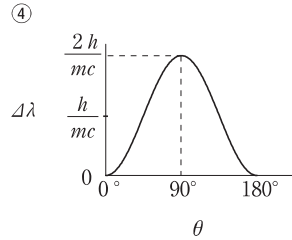
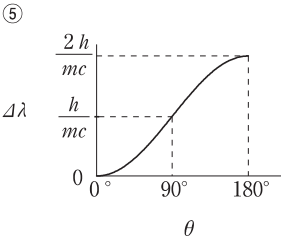
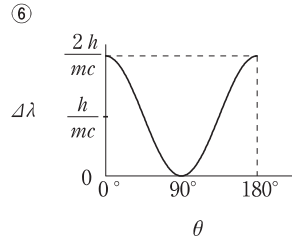
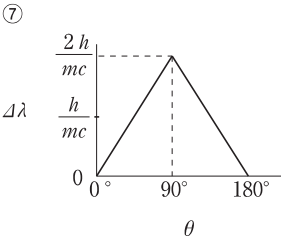
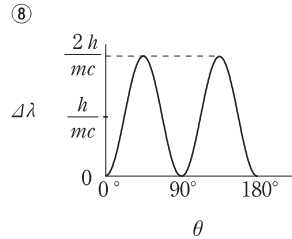
34の解答群

- ① $\frac{h}{mc}$ ② $\frac{h}{mc} (1 - \cos \theta)$ ③ $\frac{h}{mc} (1 - \sin \theta)$
 ④ $\frac{h}{mc} \cos \theta$ ⑤ $\frac{h}{mc} (1 + \cos \theta)$ ⑥ $\frac{h}{mc} (1 + \sin \theta)$

35の解答群

- ① 4.2×10^{-5} ② 6.8×10^{-6} ③ 8.8×10^{-7}
 ④ 9.3×10^{-8} ⑤ 7.4×10^{-9} ⑥ 2.6×10^{-10}
 ⑦ 3.8×10^{-11} ⑧ 1.2×10^{-12} ⑨ 5.4×10^{-13}

36の解答群

- ① 
- ② 
- ③ 
- ④ 
- ⑤ 
- ⑥ 
- ⑦ 
- ⑧ 

37)の解答群

- ① 入射 X 線の波長と比べて長くなる
- ② 入射 X 線の波長と比べて短くなる
- ③ 入射 X 線の波長と変わらない

38)の解答群

- ① 0°
- ② 30°
- ③ 60°
- ④ 90°
- ⑤ 120°
- ⑥ 150°
- ⑦ 180°