

2020 年度 明治大学

【全学部統一】

解答時間 60分

配点 100点

れ

世界史B, 日本史B, 地理B, 政治・経済



物理, 化学, 生物 問題

はじめに, これを読みなさい。

1. この問題冊子は149ページある。ただし, ページ番号のない白紙はページ数に含まない。各科目のページ数は以下のとおりである。必要な科目を選択して解答すること。

世界史B	1ページから22ページ
日本史B	23ページから38ページ
地理B	39ページから69ページ
政治・経済	70ページから89ページ
物理	90ページから103ページ
化学	104ページから122ページ
生物	123ページから149ページ

2. 解答用紙に印刷されている受験番号が正しいかどうか, 受験票と照合して確認すること。
3. 監督者の指示にしたがい, 解答用紙の氏名欄に氏名を記入すること。
4. 解答用紙の「解答科目マーク欄」にマークし, 「解答科目名記入欄」に解答する科目名を記入すること。マークされていない場合, または複数の科目にマークされている場合は, この時限の科目は採点対象外となる。
5. 解答は, すべて解答用紙の所定欄にマークすること。
6. 1つの解答欄に2つ以上マークしないこと。
7. 解答は, 必ず鉛筆またはシャープペンシル(いずれもHB・黒)で記入のこと。
8. 訂正する場合は, 消しゴムできれいに消し, 消しくずを残さないこと。
9. 解答用紙は, 絶対に汚したり折り曲げたりしないこと。
10. 解答用紙はすべて回収するので, 持ち帰らず, 必ず提出すること。
11. 問題冊子は, 必ず持ち帰ること。
12. 試験時間は, 60分である。
13. 問題文の中で, 国名, 地域名, 企業名については略称, 通称も用いている。
14. マーク記入例

良い例	悪い例
	

物 理

(解答番号 1～19)

物理の問題は全部で3題あります。

すべての問題を解答しなさい。

[I] 次の文中の から に最も適するものをそれぞれの解答群から一つ選び、解答用紙の所定の欄にその記号をマークせよ。

地球(質量 M)のまわりを回る人工衛星(質量 m)の運動について考える。ただし、地球と人工衛星にはたらく力は、両者の間にはたらく万有引力のみとし、万有引力定数を G とする。また、地球と人工衛星の大きさは無視できるものとする。

はじめに、図1のように人工衛星が地球を中心とする半径 r の円軌道(軌道1)を一定の速さで回っている場合を考える。人工衛星にはたらく万有引力の大きさが円運動の向心力の大きさと等しいことから、人工衛星の速さは、 である。また、軌道1を回る人工衛星の周期 T は、 $\times r^{\frac{3}{2}}$ となる。

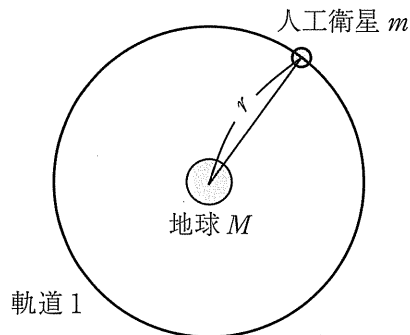


図1

次に、図2の点Aにおいて人工衛星にエネルギーを加えて瞬間的に加速した場合を考える。この加速により、人工衛星は地球をひとつの焦点とする長半径 a の楕円軌道(軌道2)に移った。太陽を周回する惑星に対して成り立つケプラーの法則は、ここで考えている地球を周回する人工衛星についても成り立つ。ケプラーの第3法則から、「地球を回る人工衛星の周期の2乗と楕円軌道の長半径(半長軸の長さ)の3乗の比は一定」である。また、円は長半径と短半径が等しい楕円であるから、軌道2における人工衛星の周期 T' と軌道1における周期 T の比 $\frac{T'}{T}$ は となる。また、ケプラーの第2法則から、「地球と人工衛星を結ぶ線分が単位時間に通過する面積は一定」である。人工衛星が地球に最も近くなる点Aおよび最も遠くなる点Bでの速さをそれぞれ v_A 、 v_B とすると、それらの比 $\frac{v_A}{v_B}$ は となる。さらに、点Aと点Bにおける人工衛星の力学的エネルギーが等しいことから、 v_A は となる。

軌道2を回る人工衛星が点Aに来たとき、人工衛星にエネルギーを加えて進行方向に瞬間的に加速し、人工衛星を地球から無限遠に飛ばすことを考える。このとき、人工衛星には、少なくとも 以上のエネルギーを加える必要がある。

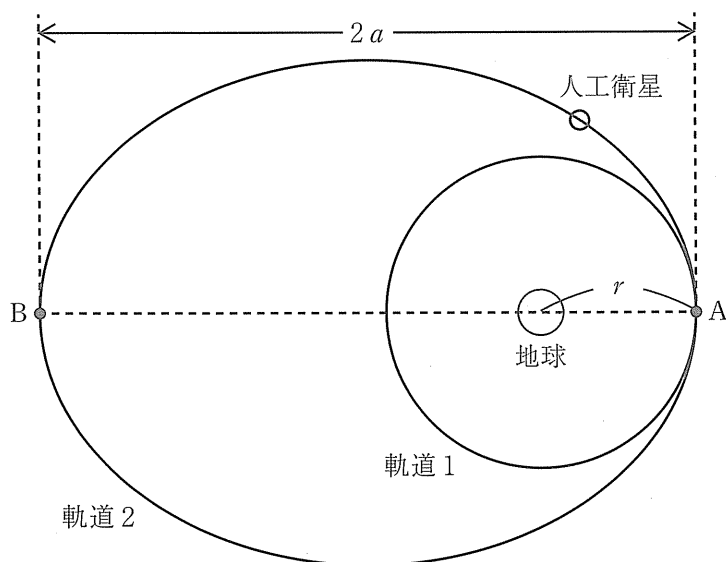


図2

1 の解答群

- | | | | |
|--|--------------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| (A) GM | (B) \sqrt{GM} | (C) \sqrt{GMr} | (D) $\sqrt{2GMr}$ |
| (E) $\frac{1}{2r}\sqrt{\frac{GM}{2r}}$ | (F) $\frac{1}{r}\sqrt{\frac{GM}{r}}$ | (G) $\sqrt{\frac{GM}{2r}}$ | (H) $\sqrt{\frac{GM}{r}}$ |
| (I) $\frac{\sqrt{GM}}{2r}$ | (J) $\frac{\sqrt{GM}}{r}$ | (K) $\frac{GM}{2r}$ | (L) $\frac{GM}{r}$ |

2 の解答群

- | | | | |
|---|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| (A) $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{GM}{2}}$ | (B) $2\pi\sqrt{\frac{2}{GM}}$ | (C) $\frac{\sqrt{GM}}{2\pi}$ | (D) $\frac{2\pi}{\sqrt{GM}}$ |
| (E) $\frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{GM}{2}}$ | (F) $\pi\sqrt{\frac{2}{GM}}$ | (G) $\frac{\sqrt{GM}}{\pi}$ | (H) $\frac{\pi}{\sqrt{GM}}$ |
| (I) \sqrt{GM} | (J) $\frac{1}{\sqrt{GM}}$ | (K) \sqrt{G} | (L) $\frac{1}{\sqrt{G}}$ |

3 の解答群

- | | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|--|--|
| (A) $\sqrt{\frac{a}{r}}$ | (B) $\sqrt{\frac{r}{a}}$ | (C) $\left(\frac{a}{r}\right)^{\frac{2}{3}}$ | (D) $\left(\frac{r}{a}\right)^{\frac{2}{3}}$ |
| (E) $\frac{a}{r}$ | (F) $\frac{r}{a}$ | (G) $\left(\frac{a}{r}\right)^{\frac{3}{2}}$ | (H) $\left(\frac{r}{a}\right)^{\frac{3}{2}}$ |
| (I) $\left(\frac{a}{r}\right)^2$ | (J) $\left(\frac{r}{a}\right)^2$ | (K) $\left(\frac{a}{r}\right)^3$ | (L) $\left(\frac{r}{a}\right)^3$ |

4 の解答群

- (A) $\frac{r}{a}$ (B) $\frac{a}{r}$ (C) $\frac{r}{2a-r}$ (D) $\frac{2a-r}{r}$
(E) $\frac{r}{a-r}$ (F) $\frac{a-r}{r}$ (G) $\left(\frac{r}{a}\right)^2$ (H) $\left(\frac{a}{r}\right)^2$
(I) $\left(\frac{r}{2a-r}\right)^2$ (J) $\left(\frac{2a-r}{r}\right)^2$ (K) $\left(\frac{r}{a-r}\right)^2$ (L) $\left(\frac{a-r}{r}\right)^2$

5 の解答群

- (A) $\sqrt{\frac{2GM}{r(a-r)}}$ (B) $\sqrt{\frac{2GM}{r(a+r)}}$ (C) $\sqrt{\frac{2GMr}{a(a-r)}}$
(D) $\sqrt{\frac{2GMr}{a(a+r)}}$ (E) $\sqrt{\frac{2GM(a-r)}{ar}}$ (F) $\sqrt{\frac{2GM(a+r)}{ar}}$
(G) $\sqrt{\frac{GMr}{a(2a-r)}}$ (H) $\sqrt{\frac{GMr}{a(2a+r)}}$ (I) $\sqrt{\frac{GM(2a-r)}{ar}}$
(J) $\sqrt{\frac{GM(2a+r)}{ar}}$

6 の解答群

- (A) $\frac{GMm}{a}$ (B) $\frac{GMm}{r}$ (C) $\frac{GMm}{a-r}$ (D) $\frac{GMm}{2a}$
(E) $\frac{GMm}{2r}$ (F) $\frac{GMm}{2a-r}$ (G) $\frac{GMm}{a^2}$ (H) $\frac{GMm}{r^2}$
(I) $\frac{GMm}{(a-r)^2}$ (J) $\frac{GMm}{4a^2}$ (K) $\frac{GMm}{4r^2}$ (L) $\frac{GMm}{(2a-r)^2}$

〔Ⅱ〕 次の文中の から に最も適するものをそれぞれの解答群から一つ選び、解答用紙の所定の欄にその記号をマークせよ。

図1のように、紙面の裏から表へ向かう磁束密度の大きさ B [T] の一様な磁場 (磁界) 中に、じゅうぶん長い3本の細い導体レールが水平面内に間隔 L [m] だけ離して平行に固定してある。また、導体レールには、抵抗値 $3R$ [Ω]、 R [Ω]、 R [Ω] の3つの抵抗、電気容量 C [F] のコンデンサーとスイッチ S がつながれている。導体レール上に2本のまっすぐな導体棒1と導体棒2を図1のように置いた。導体棒は、2本のレールとのなす角を直角に保ちながら、レールに平行な方向のみになめらかに移動でき、空気抵抗の影響も無視できる。導体棒と導体レールを含む回路において、上記で与えた3つの抵抗以外の電気抵抗は無視できる。また、回路を流れる電流により生じる磁場は無視できる。図1の矢印の方向を「右向き」とする。

1. 図1のように、スイッチ S を抵抗側に接続し、導体棒2を固定して、導体棒1を右向きに一定の速さ v_1 [m/s] で動かした。導体棒1の両端に生じる誘導起電力の大きさは、 [V] である。このとき、導体棒1を流れる電流の大きさは、(\times) [A] である。また、導体棒1が磁場から受ける力の大きさと向きは、 である。

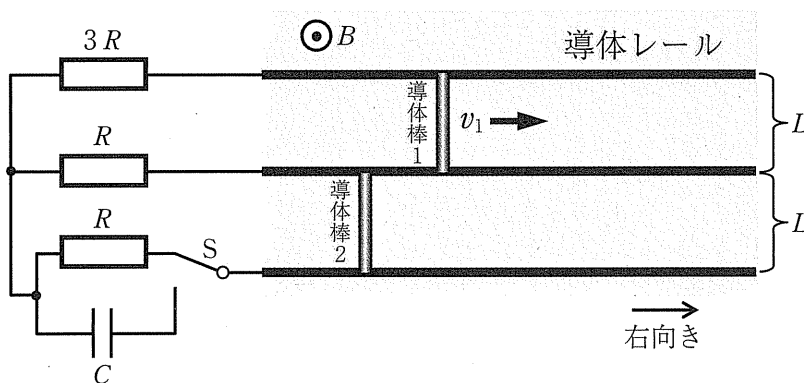


図1

2. 図2のように、スイッチSを抵抗側に接続して、導体棒1と導体棒2をそれぞれ右向きに一定の速さ v_1 [m/s] と v_2 [m/s] で動かし続けた。導体棒1と導体棒2は互いにはぶつかることはない。このとき、回路に流れる電流を図2のように I_1 [A], I_2 [A], I_3 [A] とし、回路を矢印の向きに流れる場合を正とする。導体棒1と2の両端に生じる誘導起電力の大きさを、それぞれ V_1 [V] と V_2 [V] とする。電流 I_1 は、 V_1 と V_2 を用いて表すと、10 [A] である。また、 I_2 の正負と $\frac{V_1}{V_2}$ の範囲の関係は、11 である。

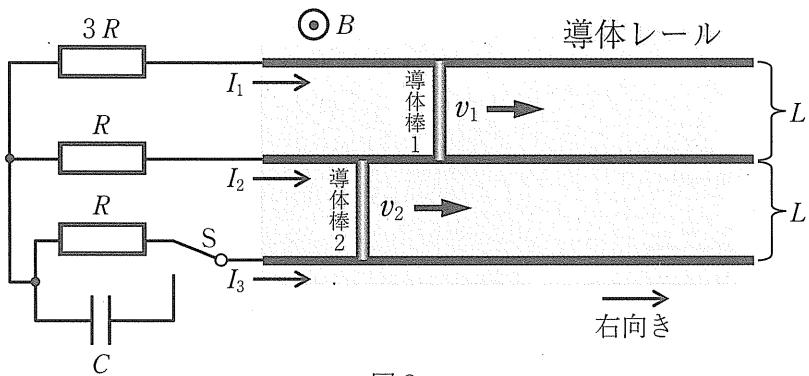


図2

3. 図3のように、導体棒1を取り除き、スイッチSをコンデンサー側に接続した場合を考える。はじめは、コンデンサーに電荷は蓄えられていない。導体棒2に右向きに速さ v_0 [m/s] を時刻 $t = 0$ に与えて、その後の運動を観察した。じゅうぶん時間が経つと、導体棒2は、右向きに一定の速さ v_3 [m/s] で運動した。このとき、コンデンサーに蓄えられている電気量は 12 [C] である。また、 $t = 0$ からこのときまでに抵抗で発生した全ジュール熱は 13 [J] である。ただし、 $t = 0$ の導体棒2の運動エネルギーを K_0 [J]、じゅうぶん時間が経ったときの導体棒2の運動エネルギーとコンデンサーに蓄えられている静電エネルギーをそれぞれ K_3 [J] と U [J] とする。

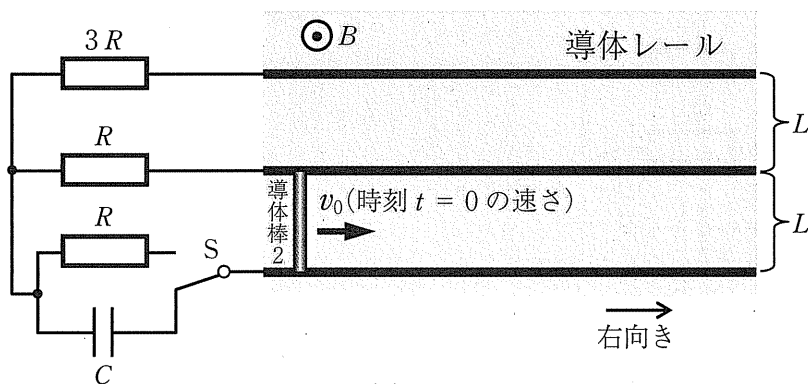


図3

7 の解答群

- (A) BL (B) $2BL$ (C) v_1B (D) $2v_1B$
(E) BL^2 (F) $2BL^2$ (G) v_1BL (H) $2v_1BL$
(I) v_1BL^2 (J) $2v_1BL^2$

8 の解答群

- (A) $\frac{1}{5R}$ (B) $\frac{1}{4R}$ (C) $\frac{1}{3R}$ (D) $\frac{2}{7R}$
(E) $\frac{3}{7R}$ (F) $\frac{7}{4R}$ (G) $\frac{4}{7}R$ (H) $\frac{7}{3}R$
(I) $\frac{7}{2}R$ (J) $3R$ (K) $4R$ (L) $5R$

9 の解答群

- (A) 大きさは v_1 に反比例し、向きは左向き
(B) 大きさは v_1 に反比例し、向きは右向き
(C) 大きさは $\sqrt{v_1}$ に比例し、向きは左向き
(D) 大きさは $\sqrt{v_1}$ に比例し、向きは右向き
(E) 大きさは v_1 に比例し、向きは左向き
(F) 大きさは v_1 に比例し、向きは右向き
(G) 大きさは v_1^2 に比例し、向きは左向き
(H) 大きさは v_1^2 に比例し、向きは右向き

10 の解答群

(A) $\frac{2V_1 + V_2}{7R}$

(B) $-\frac{2V_1 + V_2}{7R}$

(C) $\frac{2V_1 - V_2}{7R}$

(D) $-\frac{2V_1 - V_2}{7R}$

(E) $\frac{2V_1 + V_2}{5R}$

(F) $-\frac{2V_1 + V_2}{5R}$

(G) $\frac{2V_1 - V_2}{5R}$

(H) $-\frac{2V_1 - V_2}{5R}$

(I) $\frac{2V_1 + V_2}{3R}$

(J) $-\frac{2V_1 + V_2}{3R}$

(K) $\frac{2V_1 - V_2}{3R}$

(L) $-\frac{2V_1 - V_2}{3R}$

11 の解答群

大学の指示により削除

12 の解答群

- | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| (A) 0 | (B) $\frac{v_0 BL}{C}$ | (C) $\frac{v_3 BL}{C}$ |
| (D) $v_0 CBL$ | (E) $v_3 CBL$ | (F) $(v_0 + v_3) \frac{BL}{C}$ |
| (G) $(v_0 - v_3) \frac{BL}{C}$ | (H) $(v_3 - v_0) \frac{BL}{C}$ | (I) $(v_0 + v_3) CBL$ |
| (J) $(v_0 - v_3) CBL$ | (K) $(v_3 - v_0) CBL$ | |

13 の解答群

- | | | |
|---------------------|----------------------|----------------------|
| (A) $K_0 + K_3$ | (B) $K_0 - K_3$ | (C) $K_0 + U$ |
| (D) $K_0 - U$ | (E) $K_3 + U$ | (F) $K_3 - U$ |
| (G) $K_0 + K_3 + U$ | (H) $K_0 - K_3 + U$ | (I) $K_0 + K_3 - U$ |
| (J) $K_0 - K_3 - U$ | (K) $-K_0 + K_3 + U$ | (L) $-K_0 + K_3 - U$ |

〔Ⅲ〕 次の文中の 14 から 19 に最も適するものをそれぞれの解答群から一つ選び、解答用紙の所定の欄にその記号をマークせよ。

結晶中の原子の配列を調べる方法としてX線回折の実験があるが、ここではX線の代わりに電子線を用いた同様の実験を考える。図1のように、電子銃で発生させた電子線を、結晶表面と角度 θ をなす方向から入射し、結晶表面と角度 θ をなす方向に反射する電子線の強度を検出器で測定する。図2は結晶内の原子配列および電子線が入射や反射をする様子を示した拡大図である。結晶表面に平行な間隔 d の格子面(結晶中に原子を連ねた平面)により反射する電子線はブラッグの条件を満たすときに強め合い、ブラッグ反射と呼ばれる強い反射が起こる。入射する電子線と反射する電子線の結晶表面に対する角度 θ はいずれも紙面内にある。装置全体は真空容器におさめられている。

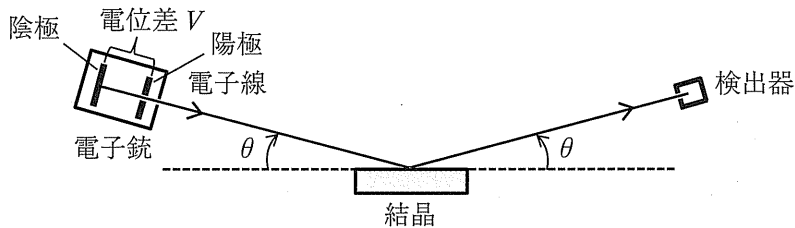


図1

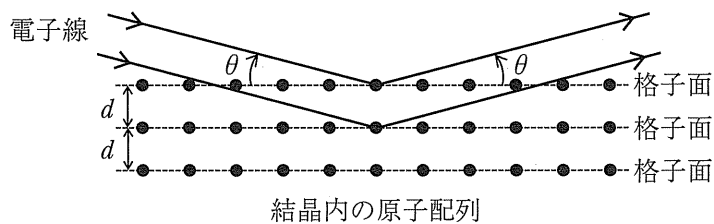


図2

電子銃の陽極と陰極の電極間に電位差 V を与えて、質量 m 、電気量の大きさ e の電子を加速したところ、電子は速さ $v = \boxed{14}$ で結晶に向かっていった。電子は粒子性だけでなく波動性を合わせもち、電子波の波長 λ は電子の運動量 p とプランク定数 h を用いて、 $\lambda = \frac{h}{p}$ と表すことができる。この関係から、速さ v で結晶に向かっていく電子波の波長 λ は $\boxed{15}$ である。電子線を用いて結晶によるブラッグ反射を観測するためには、通常、波長 λ を格子面の間隔 d と同程度にする。例えば、 λ をある物質の格子面の間隔 $d = 3.3 \times 10^{-10} \text{ m}$ と同じ値にするには、有効数字 2 桁で考えると、電位差 V を $\boxed{16}$ [V] にすれば良い。なお、 $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ 、 $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ 、 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ とする。

次に、電位差 V_1 で加速した電子線を結晶表面に入射しながら、角度 θ を 0 から徐々に大きくしていくと、 $\theta = \theta_1$ のときに検出器で測定された反射強度が初めて極大値となった。図 2 において $\theta = \theta_1$ として考えると、2 つの電子線が電子銃から出て検出器に到達するまでの道のりの差は $\boxed{17}$ である。このとき、電位差 V_1 を、 θ_1 、 h 、 d 、 m 、 e を用いて表すと、 $\boxed{18}$ である。角度を θ_1 に固定したまま電位差を V_1 から大きくしていくと、反射強度は徐々に減少した後、再び増加した。2 度目に反射強度が極大値となった電位差を V_2 として、さらに電位差を大きくすることを考える。 n 度目 ($n = 1, 2, 3 \dots$) に反射強度が極大値となる電位差 V_n は、 n 、 V_1 を用いて、 $\boxed{19}$ である。

14 の解答群

- (A) $\frac{eV^2}{2m}$ (B) $\frac{2m}{eV^2}$ (C) $\frac{eV}{m}$ (D) $\frac{m}{eV}$
(E) $\sqrt{\frac{2eV}{m}}$ (F) $\sqrt{\frac{m}{2eV}}$ (G) $\sqrt{\frac{eV}{m}}$ (H) $\sqrt{\frac{m}{eV}}$

15 の解答群

- (A) $\frac{heV^2}{2m^2}$ (B) $\frac{2h}{eV^2}$ (C) $\frac{heV}{m^2}$ (D) $\frac{h}{eV}$
(E) $\frac{h}{m} \sqrt{\frac{2eV}{m}}$ (F) $\frac{h}{\sqrt{2meV}}$ (G) $\frac{h}{m} \sqrt{\frac{eV}{m}}$ (H) $\frac{h}{\sqrt{meV}}$

16 の解答群

- (A) 7.0×10^{-1} (B) 1.4 (C) 7.0 (D) 1.4×10
(E) 7.0×10 (F) 1.4×10^2 (G) 7.0×10^2 (H) 1.4×10^3

17 の解答群

- (A) $\frac{2d}{\sin \theta_1}$ (B) $\frac{2d}{\cos \theta_1}$ (C) $\frac{2d}{\tan \theta_1}$
(D) $\frac{d}{\sin \theta_1}$ (E) $\frac{d}{\cos \theta_1}$ (F) $\frac{d}{\tan \theta_1}$
(G) $2d \sin \theta_1$ (H) $2d \cos \theta_1$ (I) $2d \tan \theta_1$
(J) $d \sin \theta_1$ (K) $d \cos \theta_1$ (L) $d \tan \theta_1$

18 の解答群

(A) $\frac{h}{2ed \sin \theta_1}$

(B) $\frac{h}{2ed \cos \theta_1}$

(C) $\frac{h}{2ed \tan \theta_1}$

(D) $\frac{h \sin \theta_1}{2ed}$

(E) $\frac{h \cos \theta_1}{2ed}$

(F) $\frac{h \tan \theta_1}{2ed}$

(G) $\frac{h^2}{8med^2 \sin^2 \theta_1}$

(H) $\frac{h^2}{8med^2 \cos^2 \theta_1}$

(I) $\frac{h^2}{8med^2 \tan^2 \theta_1}$

(J) $\frac{h^2 \sin^2 \theta_1}{8med^2}$

(K) $\frac{h^2 \cos^2 \theta_1}{8med^2}$

(L) $\frac{h^2 \tan^2 \theta_1}{8med^2}$

19 の解答群

(A) $(2n - 1)V_1$

(B) $(n - 1)V_1$

(C) nV_1

(D) $(n + 1)V_1$

(E) $(2n + 1)V_1$

(F) $(2n - 1)^2 V_1$

(G) $(n - 1)^2 V_1$

(H) $n^2 V_1$

(I) $(n + 1)^2 V_1$

(J) $(2n + 1)^2 V_1$

(K) $(2n^2 - 1)V_1$

(L) $(2n^2 + 1)V_1$