理　科

（1～48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（1～10ページ）
　　化　　学（11～26ページ）
　　生　　物（27～48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

アルファベットと数字の位置に注意してマークしなさい
（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
Ⓐ	⓪	⓪	●	⓪
Ⓑ	①	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
Ⓙ	⑧	⑧	⑧	⑧
Ⓚ	⑨	⑨	⑨	●
Ⓛ				
Ⓜ				
Ⓝ				
Ⓟ				
Ⓡ				
Ⓢ				
Ⓣ				
Ⓤ				
Ⓥ				
Ⓦ				
Ⓧ				

「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

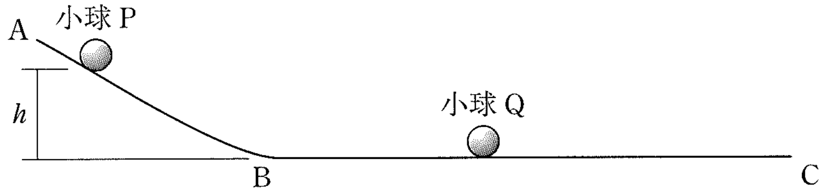
マーク式解答欄記入上の注意

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 $\boxed{1}$ から $\boxed{50}$ までですが，**解答に使用する問題番号は $\boxed{1}$ から $\boxed{25}$ までです。**

Ⅰ　図のように，斜面ABと水平面BCがなめらかにつながっている。水平面BC上に質量 $4m$ の小球Qを静止させておき，斜面AB上で水平面BCに対する高さ h の点から質量 m の小球Pを静かにはなしたところ，小球Pは速さ v_0 で小球Qと衝突した。小球Pと小球Qの間のはね返り係数を e とする。小球Pと小球Qは同一鉛直面内を運動し，斜面ABや水平面BCから小球P，Qに摩擦ははたらかないものとする。小球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。また，速度は水平右向きを正とする。



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）　小球Qと衝突する直前の小球Pの速さ v_0 を求めよ。$\boxed{1}$

$\boxed{1}$ **の解答群**

① $\dfrac{\sqrt{gh}}{2}$　　② $\sqrt{\dfrac{gh}{2}}$　　③ $\sqrt{gh}$

④ $\sqrt{2gh}$　　⑤ $\sqrt{3gh}$　　⑥ $2\sqrt{gh}$

（2） 衝突直後の小球Pの速度を v，小球Qの速度を V として，衝突前後の小球Pと小球Qについての運動量保存の法則を表した式，ならびに，はね返り係数を用いた式の組合せとして正しいものを選べ。 $\boxed{2}$

$\boxed{2}$ の解答群

	運動量保存の法則	はね返り係数を用いた式
①	$mv_0 = mv + 4mV$	$ev_0 = v - V$
②	$mv_0 = mv + 4mV$	$ev_0 = -v + V$
③	$mv_0 = mv + 4mV$	$ev_0 = v + V$
④	$mv_0 = -mv + 4mV$	$ev_0 = v - V$
⑤	$mv_0 = -mv + 4mV$	$ev_0 = -v + V$
⑥	$mv_0 = -mv + 4mV$	$ev_0 = v + V$

（3） （2）の結果を用いて，衝突後の小球Pの速度 v を求めよ。 $\boxed{3}$

$\boxed{3}$ の解答群

① $\dfrac{1-3e}{5}v_0$　② $\dfrac{1+3e}{5}v_0$　③ $\dfrac{1-4e}{5}v_0$

④ $\dfrac{1+4e}{5}v_0$　⑤ $\dfrac{4(1-e)}{5}v_0$　⑥ $\dfrac{4(1+e)}{5}v_0$

（4） 小球Pは小球Qとの衝突後，左向きにはね返されて斜面ABに沿って上向きに運動した後，斜面ABに沿って下向きに運動し，再び水平面BC上で小球Qと2回目の衝突をした。2回目の衝突が起こるためのはね返り係数 e の条件を求めよ。 $\boxed{4}$

$\boxed{4}$ の解答群

① $0 \leqq e < \dfrac{1}{3}$　② $\dfrac{1}{4} < e < \dfrac{2}{3}$　③ $\dfrac{1}{3} < e < \dfrac{2}{3}$

④ $\dfrac{1}{4} < e \leqq 1$　⑤ $\dfrac{1}{3} < e \leqq 1$　⑥ $\dfrac{2}{3} < e \leqq 1$

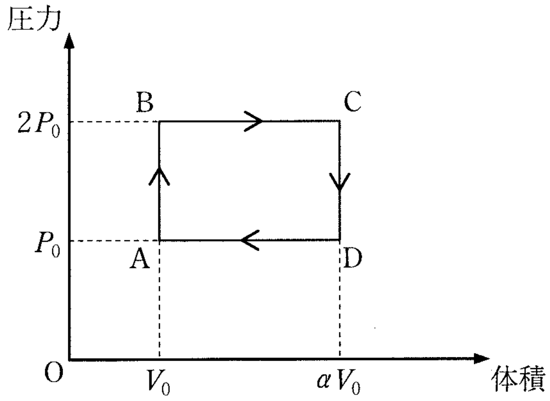
（5） 最初の衝突から2回目の衝突までに，小球Pが斜面AB上で達する最高点は，水平面BCから $\dfrac{4}{25}h$ の高さであった。この場合の，はね返り係数 e を求めよ。 $\boxed{5}$

$\boxed{5}$ の解答群

① $\dfrac{1}{3}$　② $\dfrac{2}{5}$　③ $\dfrac{1}{2}$

④ $\dfrac{2}{3}$　⑤ $\dfrac{3}{4}$　⑥ $\dfrac{4}{5}$

Ⅱ　一定量の単原子分子理想気体の状態を，図の圧力－体積グラフに示すように状態A→状態B→状態C→状態D→状態Aの順に変化させた。状態Aにおける気体の絶対温度は T_0 であり，図中の係数 α は，$\alpha > 1$ 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）状態Bにおける気体の温度を求めよ。$\boxed{\ 6\ }$

$\boxed{\ 6\ }$ の解答群

① T_0　② $\frac{3}{2}T_0$　③ $2T_0$

④ $3T_0$　⑤ $6T_0$　⑥ $12T_0$

（2）気体が状態Aから状態Bへと変化する間に，気体が外部にした仕事，ならびに外部から気体に与えた熱量の組合せとして正しいものを選べ。$\boxed{\ 7\ }$

$\boxed{\ 7\ }$ の解答群

	気体がした仕事	気体に与えた熱量
①	0	P_0V_0
②	0	$\frac{3}{2}P_0V_0$
③	0	$3P_0V_0$
④	$2P_0V_0$	P_0V_0
⑤	$2P_0V_0$	$\frac{3}{2}P_0V_0$
⑥	$2P_0V_0$	$3P_0V_0$

(3) 気体が状態Bから状態Cへと変化する間に，気体が外部にした仕事，ならびに外部から気体に与えた熱量の組合せとして正しいものを選べ。$\boxed{8}$

$\boxed{8}$ の解答群

	気体がした仕事	気体に与えた熱量
①	$(\alpha-1)P_0V_0$	$\dfrac{3}{2}(\alpha-1)P_0V_0$
②	$(\alpha-1)P_0V_0$	$\dfrac{5}{2}(\alpha-1)P_0V_0$
③	$(\alpha-1)P_0V_0$	$3(\alpha-1)P_0V_0$
④	$2(\alpha-1)P_0V_0$	$3(\alpha-1)P_0V_0$
⑤	$2(\alpha-1)P_0V_0$	$5(\alpha-1)P_0V_0$
⑥	$2(\alpha-1)P_0V_0$	$6(\alpha-1)P_0V_0$

(4) 「状態A→状態B→状態C→状態D→状態A」の1サイクルにおける気体の熱効率を求めよ。$\boxed{9}$

$\boxed{9}$ の解答群

① $\dfrac{\alpha-1}{10\alpha-7}$　② $\dfrac{2(\alpha-1)}{10\alpha-7}$　③ $\dfrac{\alpha-1}{2(10\alpha-7)}$

④ $\dfrac{\alpha-1}{5\alpha-2}$　⑤ $\dfrac{2(\alpha-1)}{5\alpha-2}$　⑥ $\dfrac{\alpha-1}{2(5\alpha-2)}$

(5) この1サイクルにおける気体の熱効率が12.5 %となる場合のαを求めよ。$\boxed{10}$

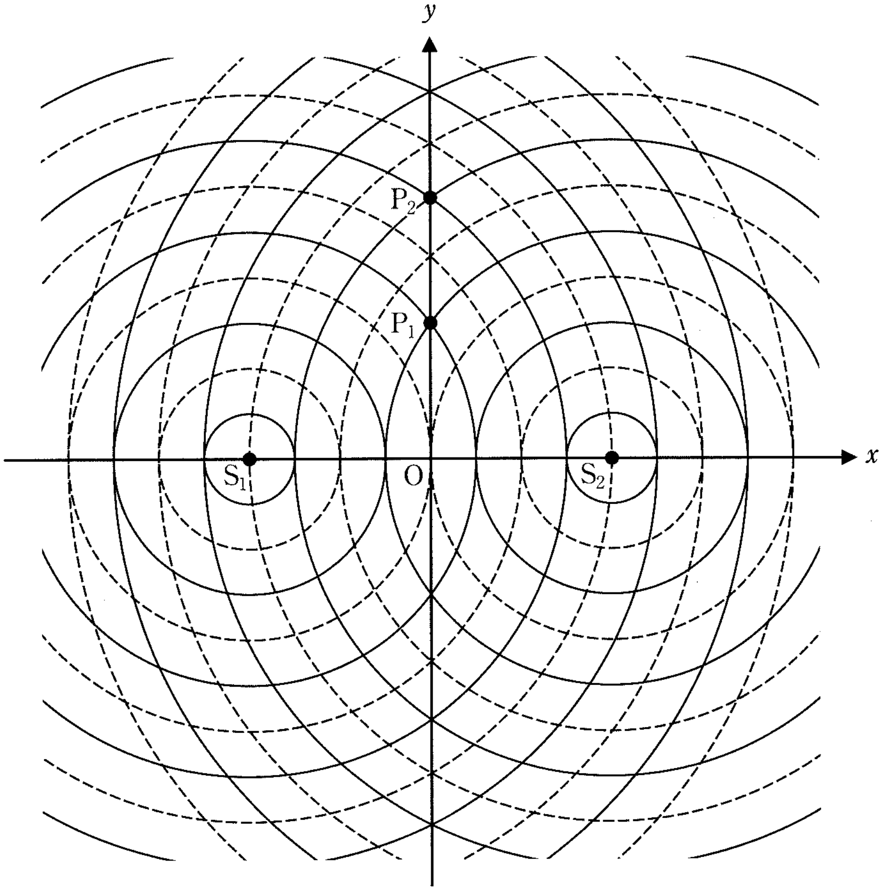
$\boxed{10}$ の解答群

① 1.5　② 1.8　③ 2.0

④ 2.4　⑤ 2.5　⑥ 3.0

Ⅲ 水面上に直交する xy 座標をとり，水面の２点 $S_1(-d,\ 0)$，$S_2(d,\ 0)$ $(d>0)$ に周期 T で振幅が等しい同位相の波が発生する波源を配置する。図は時刻 $t=0$ の水面の状況を表しており，実線は２つの波源から発生した波の山を連ねた円であり，破線は波の谷を連ねた円である。

y 軸上にある P_1 および P_2 は２つの波源から発生した波がともに山で重なる点である。この点のように重なる波の位相が等しい点を腹といい，腹を連ねた線を腹線という。水面に存在する腹は時間の経過とともに腹線に沿って移動していく。この腹の動きについて考える。波が水面を広がる速さは一定であるとする。また，水面に生じる波は正弦波であり，振幅の減衰は考えないものとする。



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） 2つの波源 S_1 および S_2 から広がる波の波長を求めよ。 $\boxed{11}$

$\boxed{11}$ **の解答群**

① $\frac{1}{8}d$　② $\frac{1}{4}d$　③ $\frac{1}{2}d$

④ d　⑤ $2d$　⑥ $4d$

（2） 2つの波源 S_1 および S_2 から広がる波の速さを求めよ。 $\boxed{12}$

$\boxed{12}$ **の解答群**

① $\frac{d}{4T}$　② $\frac{d}{2T}$　③ $\frac{d}{T}$

④ $\frac{2d}{T}$　⑤ $\frac{4d}{T}$　⑥ $\frac{8d}{T}$

（3） 2つの波源 S_1 と S_2 の間（$-d < x < d$）を通る腹線の本数を求めよ。 $\boxed{13}$ 本

$\boxed{13}$ **の解答群**

① 4　② 7　③ 8

④ 14　⑤ 15　⑥ 16

（4） y 軸上を移動する腹が点 P_1 から点 P_2 まで移動するのにかかる時間を求めよ。 $\boxed{14}$

$\boxed{14}$ **の解答群**

① $\frac{1}{4}T$　② $\frac{1}{2}T$　③ $\frac{2}{3}T$

④ T　⑤ $\frac{3}{2}T$　⑥ $2T$

（5） 原点Oから十分はなれた位置において，y 軸上を移動する腹の速さを求めよ。 $\boxed{15}$

$\boxed{15}$ **の解答群**

① $\frac{d}{2T}$　② $\frac{\sqrt{3}\,d}{2T}$　③ $\frac{d}{T}$

④ $\frac{2\sqrt{3}\,d}{3T}$　⑤ $\frac{\sqrt{2}\,d}{T}$　⑥ $\frac{2d}{T}$

Ⅳ　図1のように，2つの起電力 V の電池と抵抗値 R_1，R_2，R_3 の3つの電気抵抗を用いて回路を作成した。それぞれの電気抵抗を流れる電流を I_1，I_2，I_3 とし，図の矢印の向きを正とする。また，電池の内部抵抗および導線の抵抗は無視できるものとする。

電流 I_1，I_2，I_3 は重ね合わせの原理を利用して求めることができる。重ね合わせの原理とは，『複数の起電力がある場合，各起電力がそれぞれ単独にあるときに流れる電流を求め，その電流を合計したものが回路を流れる電流と等しくなる。』というものである。この場合，図1の回路は図2の回路(a)と回路(b)の重ね合わせと考えられる。したがって，図2の回路(a)で電流 I_1'，I_2'，I_3' を，回路(b)で電流 I_1''，I_2''，I_3'' を求め，$I_1 = I_1' + I_1''$，$I_2 = I_2' + I_2''$，$I_3 = I_3' + I_3''$ と計算すればよい。回路(a)については，図3のように書き換えると抵抗の直列つなぎと並列つなぎを組み合わせた回路とわかるので，合成抵抗の知識を用いて解くことができる。また，回路(b)についても同様に考えることができる。

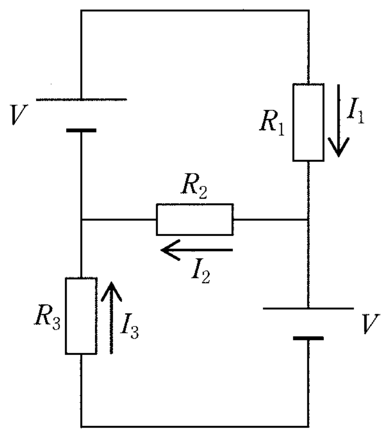
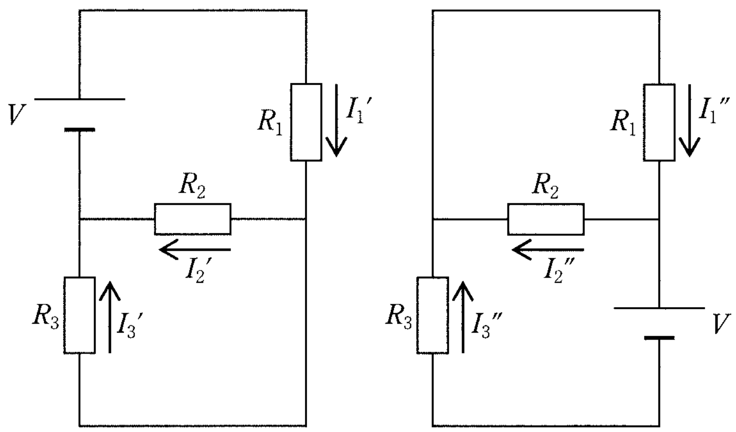


図1



回路(a)　回路(b)

図2

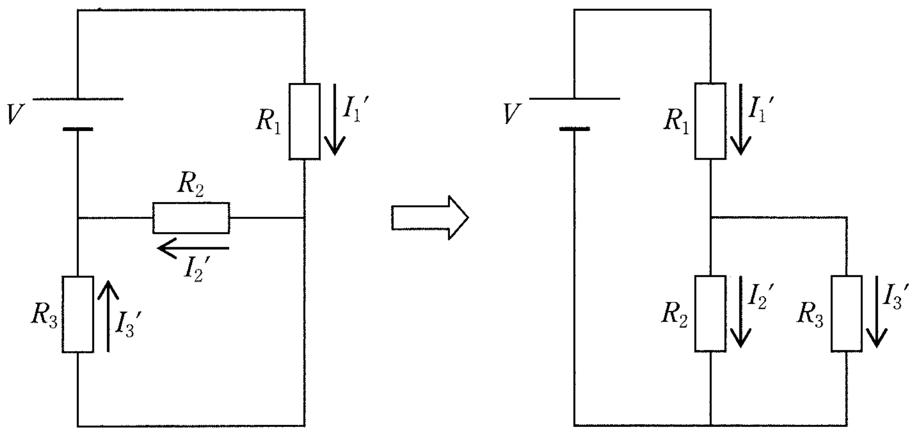


図3

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）　図２の回路(a)全体の合成抵抗の値を求めよ。 16

16 の解答群

① $R_1 + R_2 + R_3$　② $\dfrac{R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3}{R_1}$　③ $\dfrac{R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3}{R_1 + R_2}$

④ $\dfrac{R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3}{R_1 + R_3}$　⑤ $\dfrac{R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3}{R_2 + R_3}$　⑥ $\dfrac{R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$

（2）　図２の回路(a)において，R_2 の抵抗に流れる電流 I_2' を求めよ。 17

17 の解答群

① $\dfrac{R_1V}{R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3}$　② $\dfrac{R_2V}{R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3}$　③ $\dfrac{R_3V}{R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3}$

④ $\dfrac{(R_1 + R_2)V}{R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3}$　⑤ $\dfrac{(R_1 + R_3)V}{R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3}$　⑥ $\dfrac{(R_2 + R_3)V}{R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3}$

（3）　図１の回路において，R_2 の抵抗に流れる電流 I_2 を求めよ。 18

18 の解答群

① $\dfrac{(R_1 - R_2)V}{R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3}$　② $\dfrac{(R_1 - R_3)V}{R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3}$　③ $\dfrac{(R_2 - R_3)V}{R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3}$

④ $\dfrac{(R_1 + R_2)V}{R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3}$　⑤ $\dfrac{(R_1 + R_3)V}{R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3}$　⑥ $\dfrac{(R_2 + R_3)V}{R_1R_2 + R_1R_3 + R_2R_3}$

（4）　電流 I_1，I_2，I_3 のうち，負の電流を全て選べ。 19

19 の解答群

① I_1 のみ　② I_2 のみ　③ I_3 のみ

④ I_1 と I_2　⑤ I_1 と I_3　⑥ I_2 と I_3

（5）　図１の回路において，R_1 の抵抗で消費される電力は R_3 の抵抗で消費される電力の何倍か求めよ。 20 倍

20 の解答群

① $\sqrt{\dfrac{R_1}{R_3}}$　② $\sqrt{\dfrac{R_3}{R_1}}$　③ $\dfrac{R_1}{R_3}$

④ $\dfrac{R_3}{R_1}$　⑤ $\left(\dfrac{R_1}{R_3}\right)^2$　⑥ $\left(\dfrac{R_3}{R_1}\right)^2$

V　ボーアは，水素原子から放射される光のスペクトル系列を説明するために，量子条件および振動数条件という2つの仮説を立てた。それらは次のように解釈される。

1．量子条件は，電子の軌道の1周の長さが電子の物質波の波長の自然数倍になるときに，電子が定常状態になることを表す(ここでの自然数を n で表わし量子数とよぶ)。
2．振動数条件は，電子がエネルギー準位 E_n からそれよりも低いエネルギー準位 $E_{n'}$ へ遷移する際に放出する光子のエネルギーが，$E_n - E_{n'}$ に一致することを表す。

これら2つの仮説を用いることにより，ボーアは水素原子について，$+e(e>0)$に帯電した原子核のまわりを電子が等速円運動するという模型を提唱した。電子の質量を m，電気量を $-e$，電子の速さを v，円運動の半径を r，クーロンの法則の比例定数を k とすると，円運動の運動方程式は，

$$m\frac{v^2}{r} = k\frac{e^2}{r^2}$$

と表すことができる。また，電気量 $+e$ の原子核を中心とする半径 r の円軌道上において，電子の静電気力による位置エネルギーは，無限遠を基準にとると，

$$-k\frac{e^2}{r}$$

と表すことができる。プランク定数を h，真空中の光の速さを c 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)　半径 r の円軌道上において，速さ v で運動する電子がもつ運動エネルギーと静電気力による位置エネルギーの和 E を求めよ。$\boxed{21}$

$\boxed{21}$ の解答群

① $-\dfrac{2ke^2}{r}$　② $-\dfrac{ke^2}{r}$　③ $-\dfrac{ke^2}{2r}$

④ $\dfrac{ke^2}{2r}$　⑤ $\dfrac{ke^2}{r}$　⑥ $\dfrac{2ke^2}{r}$

（2） 量子条件を用いて，電子が原子核のまわりを半径 r で等速円運動するときの速さ v を求めよ。 22

22 の解答群

① $\dfrac{2\pi rm}{h}n$　② $\dfrac{2\pi rh}{m}n$　③ $\dfrac{2\pi r}{hm}n$

④ $\dfrac{h}{2\pi rm}n$　⑤ $\dfrac{m}{2\pi rh}n$　⑥ $\dfrac{hm}{2\pi r}n$

（3） 量子数 n を用いて，等速円運動の半径 r を求めよ。 23

23 の解答群

① $\dfrac{h^2}{4\pi^2 kem}n^2$　② $\dfrac{h^2}{4\pi^2 ke^2 m}n^2$　③ $\dfrac{h^2}{4\pi^2 kem^2}n^2$

④ $\dfrac{4\pi^2 kem}{h^2}n^2$　⑤ $\dfrac{4\pi^2 ke^2 m}{h^2}n^2$　⑥ $\dfrac{4\pi^2 kem^2}{h^2}n^2$

（4） 量子数 n を用いて，半径 r の円軌道上における電子のエネルギー E_n を求めよ。 24

24 の解答群

① $-\dfrac{2\pi^2 k^2 e^4 m}{h^2}\cdot\dfrac{1}{n^2}$　② $-\dfrac{\pi^2 k^2 e^4 m}{h^2}\cdot\dfrac{1}{n^2}$　③ $-\dfrac{\pi^2 k^2 e^4 m}{2h^2}\cdot\dfrac{1}{n^2}$

④ $\dfrac{\pi^2 k^2 e^4 m}{2h^2}\cdot\dfrac{1}{n^2}$　⑤ $\dfrac{\pi^2 k^2 e^4 m}{h^2}\cdot\dfrac{1}{n^2}$　⑥ $\dfrac{2\pi^2 k^2 e^4 m}{h^2}\cdot\dfrac{1}{n^2}$

（5） 振動数条件を用いて，電子が量子数 $n=2$ のエネルギー準位から $n=1$ のエネルギー準位へ遷移する際に放出する光子の波長 λ を E_1 を用いて求めよ。 25

25 の解答群

① $-\dfrac{4ch}{3E_1}$　② $-\dfrac{ch}{3E_1}$　③ $-\dfrac{ch}{4E_1}$

④ $\dfrac{ch}{4E_1}$　⑤ $\dfrac{ch}{3E_1}$　⑥ $\dfrac{4ch}{3E_1}$

物理の問題はここまでです。