

一般入学試験

理 科 (100分)

I 注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子は80ページあります。各科目の出題ページは下記のとおりです。  
 物理 4～27ページ  
 化学 28～49ページ  
 生物 50～80ページ
- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督員に知らせなさい。
- 4 解答用紙は2枚配付されます。解答用紙には解答欄以外に次の記入欄があるので、その説明と解答用紙の「記入上の注意」を読み、それぞれ正しく記入し、マークしなさい。
  - ① 受験番号欄  
 受験番号を記入し、さらにその下のマーク欄にマークしなさい。正しくマークされていない場合は、採点できないことがあります。
  - ② 氏名欄  
 氏名・フリガナを記入しなさい。
  - ③ 解答科目欄  
 解答する科目を一つ選び、科目の下の○にマークしなさい。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、0点となります。
- 5 試験開始後30分間および試験終了前5分間は退出できません。
- 6 この表紙の受験番号欄に受験番号を記入しなさい。この問題冊子は試験終了後回収します。

II 解答上の注意

- 1 解答はすべて解答用紙の所定の欄へのマークによって行います。たとえば、大問①の③と表示のある問いに対して②と解答する場合は、次の〈例〉のように解答番号3の解答欄の②をマークします。

〈例〉

<b>1</b>	解 答 欄									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
3	①	●	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

受 験 番 号			

(問題は次ページから始まる)

# 物 理

1 次の問1～4に答えなさい。〔解答番号  ～  〕

問1 次の文章中の空欄 ,  に入る数値の組合せとして正しいものを、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

図1のように、なめらかな水平面上に直交する  $x$  軸と  $y$  軸をとり、質量  $2m$  の小球  $Q$  を原点  $O$  に静止させ、質量  $m$  の小球  $P$  に  $x$  軸上で座標が負の位置から  $x$  軸の正の向きに初速  $v_0$  を与えて、 $Q$  と衝突させた。衝突後、小球  $P$  は  $x$  軸と  $30^\circ$  をなす向きに運動し、小球  $Q$  は  $x$  軸と  $60^\circ$  をなす向きに運動した。運動はすべて水平面内で行われるものとする。衝突後の小球  $P$  と  $Q$  の速さをそれぞれ  $v$ ,  $V$  とすると、 $v = \text{ア} \times v_0$ ,  $V = \text{イ} \times v_0$  である。

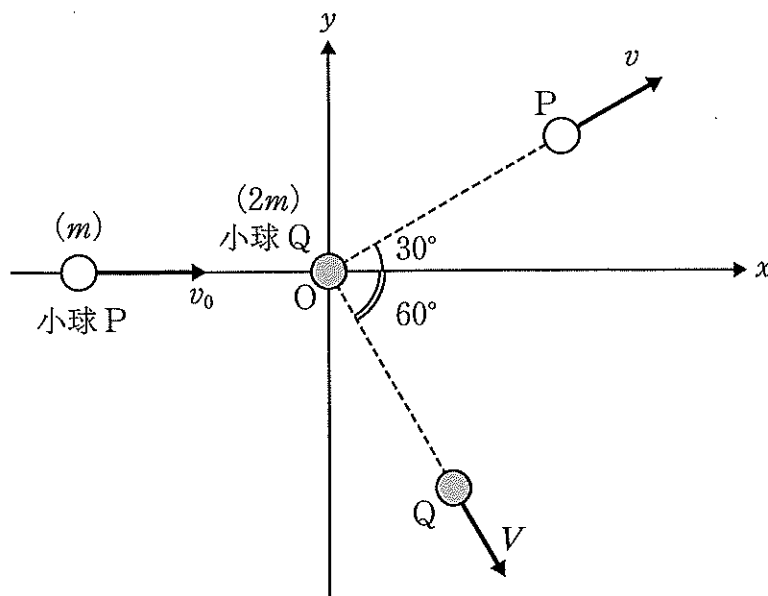


図1

	①	②	③	④	⑤	⑥
ア	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{\sqrt{2}}{3}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{4}$
イ	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$

(下書き用紙)

1の問は次に続く。

問2 次の文章中の空欄 **ア** ~ **ウ** に入る式の組合せとして正しいものを、  
 下の①~⑥のうちから一つ選びなさい。 **2**

図2のように、温度が  $T_0$ 、密度が  $\rho_0$  の大気中で、体積が  $V$  の熱気球が地上に  
 静止している。気球内の気体の質量を除くゴンドラや装置を含む熱気球全体の質  
 量は  $M$  である。気体は理想気体とし、大気圧は場所によらず一定とする。また、  
 重力加速度の大きさを  $g$  とし、 $\rho_0 V > M$  とする。

気球内の気体を加熱器によって暖める。暖められた気球内の気体の温度が  
 $T$  ( $T > T_0$ ) のとき、熱気球にはたらく浮力の大きさは **ア** であり、気球内  
 の気体にはたらく重力の大きさは **イ** である。気球内の気体の温度  $T$  が、  
 $T > \mathbf{ウ} \times T_0$  を満たすと、熱気球は浮上する。

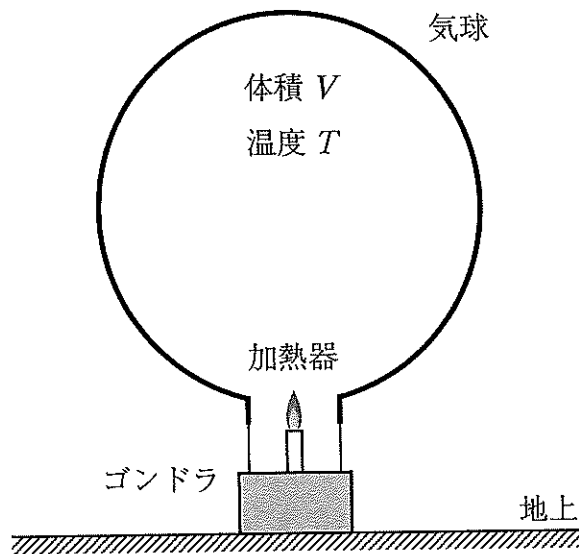


図2

	①	②	③	④	⑤	⑥
ア	$\rho_0 Vg$	$\frac{T_0}{T} \rho_0 Vg$	$\rho_0 Vg$	$\frac{T_0}{T} \rho_0 Vg$	$\rho_0 Vg$	$\frac{T_0}{T} \rho_0 Vg$
イ	$\frac{T_0}{T} \rho_0 Vg$	$\rho_0 Vg$	$\frac{T_0}{T} \rho_0 Vg$	$\rho_0 Vg$	$\frac{T_0}{T} \rho_0 Vg$	$\rho_0 Vg$
ウ	$\frac{\rho_0 V}{M}$	$\frac{\rho_0 V}{M}$	$\frac{\rho_0 V}{\rho_0 V - M}$	$\frac{\rho_0 V}{\rho_0 V - M}$	$\frac{\rho_0 V}{\rho_0 V + M}$	$\frac{\rho_0 V}{\rho_0 V + M}$

(下書き用紙)

①の問は次に続く。

問3 図3のように、鉛直面内において、一定の振動数をもつおんさの先端 A に伸び縮みしない弦を固定し、弦の他端 C を点 A と同じ高さの点 B に設置した定滑車に通す。さらに他端 C には質量が無視できるかごを取り付けてつるす。定滑車はなめらかに回転し、質量と大きさは無視できる。AB 間の距離はおんさを水平に移動させて変えることができる。弦が振動するとき点 A と点 B は定常波の節とみなすことができ、弦に作用する重力は無視できるものとする。また、弦を伝わる波の速さはかごにのせるおもりの質量の平方根に比例するものとする。

初めに、質量  $m$  のおもりをかごにのせ、AB 間の距離を  $l$  に固定しておんさを振動させたところ、弦には腹が 2 個の定常波が生じた。次に、AB 間の距離を  $2l$  に固定する。おもりの質量  $M$  を様々に変えて、弦に腹が  $2N$  ( $N$  は自然数) 個の定常波が生じるようにした。このときの質量  $M$  と  $m$  との比  $\frac{M}{m}$  を、 $N$  を用いて表す式はどれか。正しいものを、下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 3

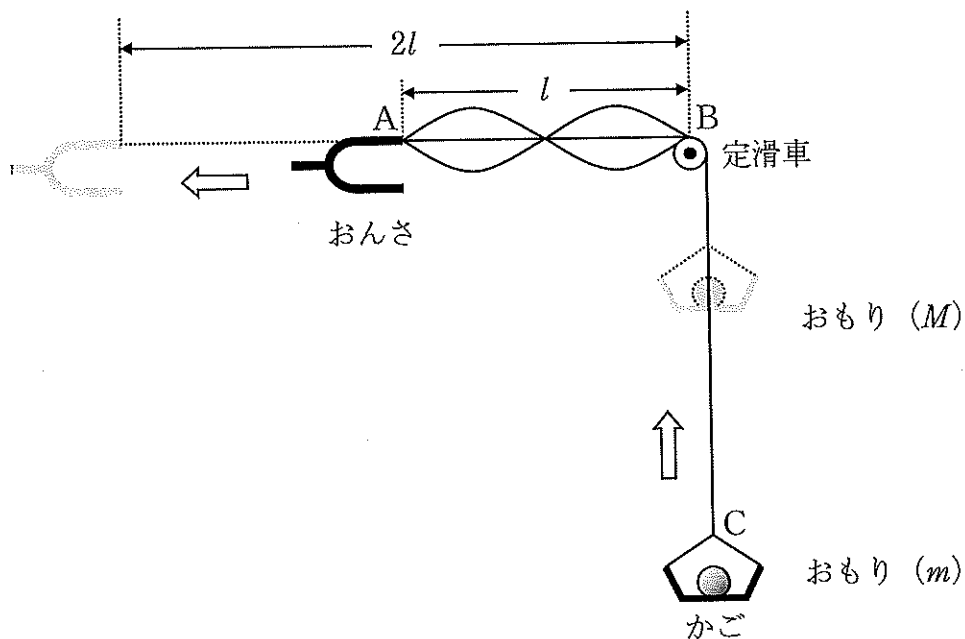


図3

- |                 |                 |                   |                   |
|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| ① $\frac{1}{N}$ | ② $\frac{2}{N}$ | ③ $\frac{2}{N^2}$ | ④ $\frac{4}{N^2}$ |
| ⑤ $N$           | ⑥ $2N$          | ⑦ $2N^2$          | ⑧ $4N^2$          |

(下書き用紙)

①の問は次に続く。



問4 内部抵抗の無視できる電池 E と抵抗値が  $10.5 \Omega$  の抵抗 R および内部抵抗が  $1.0 \Omega$  の電流計 A と内部抵抗が  $1.0 \text{ k}\Omega$  の電圧計 V を図 4-(a) のように接続した回路と、図 4-(b) のように接続した回路がある。電圧計 V で測定された値を電流計 A で測定された値で割って、抵抗 R の抵抗値とすると、図 4-(a), (b) のいずれの回路でも R の抵抗値は  $10.5 \Omega$  とは異なる値となる。図 4-(a) の回路で測定された値から求めた抵抗値と抵抗 R の真の抵抗値  $10.5 \Omega$  との差の絶対値を  $\Delta R_a$ 、図 4-(b) の回路で測定された値から求めた抵抗値と真の抵抗値  $10.5 \Omega$  との差の絶対値を  $\Delta R_b$  とする。このとき、 $\frac{\Delta R_a}{10.5}$ 、 $\frac{\Delta R_b}{10.5}$  のうち、小さい方の値（有効数字 2 桁）はいくらか。最も適したものを、下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 4

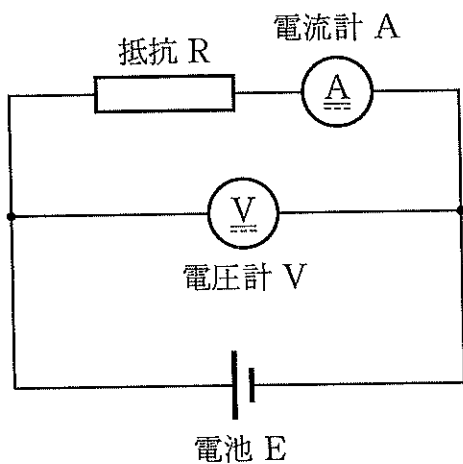


図 4-(a)

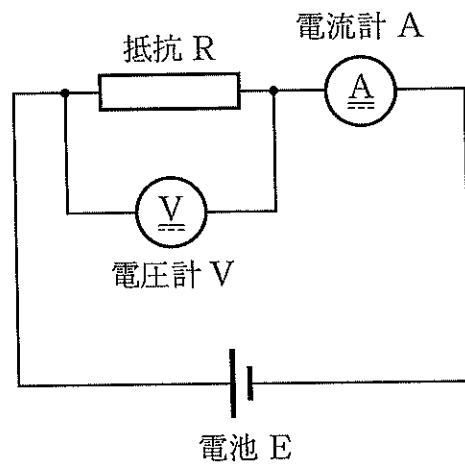


図 4-(b)

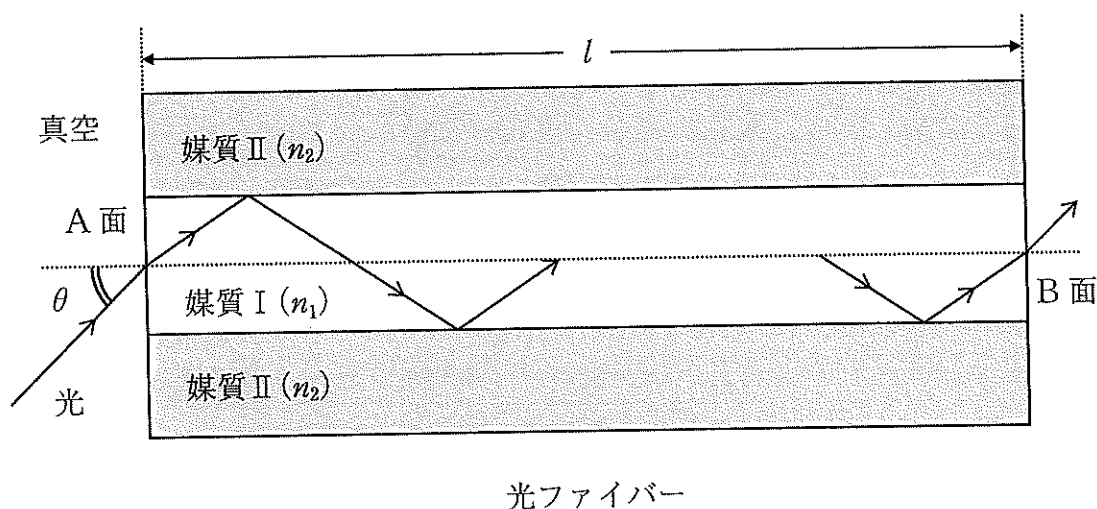
- ①  $1.5 \times 10^{-3}$     ②  $9.5 \times 10^{-3}$     ③  $1.0 \times 10^{-2}$     ④  $1.5 \times 10^{-2}$   
 ⑤  $9.5 \times 10^{-2}$     ⑥  $1.0 \times 10^{-1}$     ⑦  $1.5 \times 10^{-1}$     ⑧  $9.5 \times 10^{-1}$

(下書き用紙)

物理の試験問題は次に続く。

2 次の文章を読み、下の問1～4に答えなさい。〔解答番号  ～  〕

次の図は、屈折率  $n_1$  の媒質 I でできた中心部（コア）と、屈折率  $n_2$  ( $< n_1$ ) の媒質 II でできた周辺部（クラッド）とからなる構造をしている長さ  $l$  の光ファイバーの中心軸を含む断面図である。中心軸を含む平面内において、光を真空中から光ファイバーの左端 A 面より中心軸と  $\theta$  をなす角度で入射させると、媒質 I と媒質 II の境界面で全反射を繰り返して、右端 B 面から再び真空中へ抜け出した。真空中の光の速さを  $c$  とする。



問1 媒質 I と媒質 II の境界面で全反射が生じる臨界角を  $\theta_0$  とする。  $\sin \theta_0$  の値はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。  $\sin \theta_0 =$

- ①  $n_1$     ②  $n_2$     ③  $\frac{1}{n_1}$     ④  $\frac{1}{n_2}$     ⑤  $\frac{n_1}{n_2}$     ⑥  $\frac{n_2}{n_1}$

問2 A 面から入射角  $\theta$  で入射した光が媒質 I 内を全反射して進むとき、 $\theta$  と  $n_1$ 、 $n_2$  の関係を表す式はどれか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

- ①  $\sin \theta < n_1 - n_2$     ②  $\sin \theta > n_1 - n_2$     ③  $\sin \theta < \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$   
 ④  $\sin \theta > \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$     ⑤  $\sin \theta < \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$     ⑥  $\sin \theta > \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$

(下書き用紙)

2の問は次に続く。

問3 入射角  $\theta$  によらず、光が媒質 I 内を全反射して進むための条件を表す関係式はどれか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 3

- ①  $n_1 - n_2 < \frac{1}{\sqrt{2}}$       ②  $n_1 - n_2 > \frac{1}{\sqrt{2}}$       ③  $n_1^2 - n_2^2 < \frac{1}{2}$   
 ④  $n_1^2 - n_2^2 > \frac{1}{2}$       ⑤  $n_1^2 - n_2^2 < 1$       ⑥  $n_1^2 - n_2^2 > 1$

問4 光が A 面に入射角  $\theta$  で入射してから、媒質 I 内を全反射を繰り返して B 面に達するまでに要する時間  $t$  はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。  $t =$  4

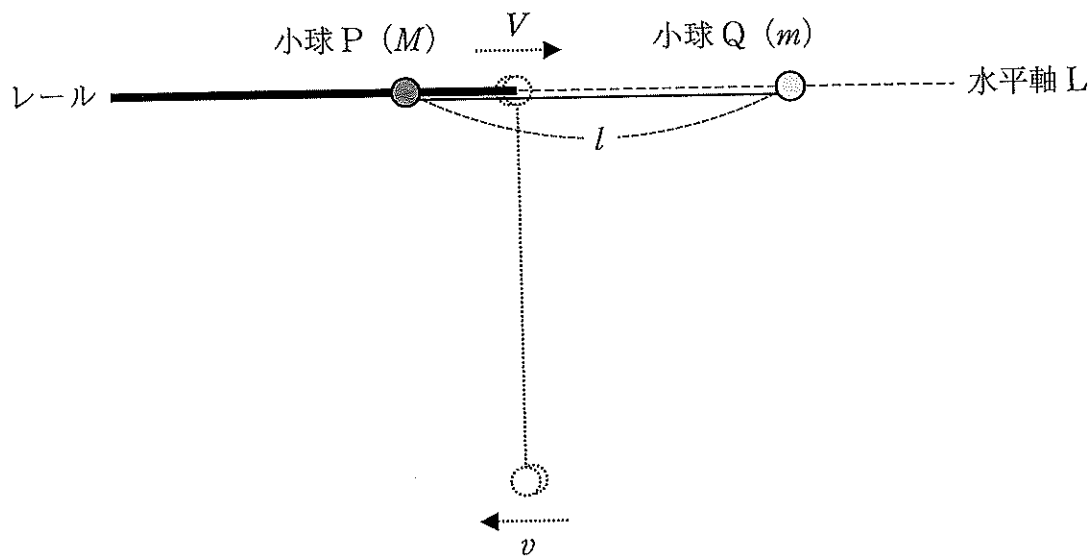
- ①  $\frac{n_1 l \sin \theta}{c}$       ②  $\frac{l \sin \theta}{n_1 c}$       ③  $\frac{n_1 l}{c \sin \theta}$   
 ④  $\frac{l}{n_1 c \sin \theta}$       ⑤  $\frac{n_1 l}{c \sqrt{n_1^2 - \sin^2 \theta}}$       ⑥  $\frac{n_1^2 l}{c \sqrt{n_1^2 - \sin^2 \theta}}$

(下書き用紙)

物理の試験問題は次に続く。

3 次の文章を読み、下の問1～4に答えなさい。〔解答番号  ～  〕

大きさの無視できる質量  $M$  の小球 P と質量  $m$  の小球 Q は、長さ  $l$  の軽くて伸びない糸で結ばれており、P は水平な座標軸（水平軸）L に一致させて固定したレールに沿ってなめらかに移動できるとする。図のように、小球 Q を水平軸 L の高さ一致するまで持ち上げ、糸が張った状態から、小球 P、Q とともに初速 0 で運動を開始させると、初めて糸が鉛直になった瞬間に P はレールの右端に達した。小球 P、Q の運動は水平軸 L を含む同一鉛直面内で生じるものとし、レールは糸の動きを妨げることはなく、また P とレールとの間の摩擦や空気抵抗の影響も考えない。重力加速度の大きさを  $g$  とする。



問1 初めて糸が鉛直になった瞬間の小球 P の速さを  $V$ 、小球 Q の速さを  $v$  とする。運動量保存則と力学的エネルギー保存則を表す式の組合せとして正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

$$\textcircled{1} \begin{cases} mv + MV = m\sqrt{2gl} \\ \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}MV^2 = mgl \end{cases}$$

$$\textcircled{2} \begin{cases} mv + MV = m\sqrt{2gl} \\ \frac{1}{2}(m+M)(v-V)^2 = mgl \end{cases}$$

$$\textcircled{3} \begin{cases} -mv + MV = 0 \\ \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}MV^2 = mgl \end{cases}$$

$$\textcircled{4} \begin{cases} -mv + MV = 0 \\ \frac{1}{2}(m+M)(v-V)^2 = mgl \end{cases}$$

$$\textcircled{5} \begin{cases} mv + MV = 0 \\ \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}MV^2 = mgl \end{cases}$$

$$\textcircled{6} \begin{cases} mv + MV = 0 \\ \frac{1}{2}(m+M)(v-V)^2 = mgl \end{cases}$$

(下書き用紙)

3の問は次に続く。



問2 初めに糸が鉛直になる直前の糸の張力の大きさ  $T_1$  はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。  $T_1 = \boxed{2}$

- ①  $\frac{m^2}{M}g$                       ②  $\frac{M^2}{m}g$                       ③  $\frac{m(m+M)}{M}g$   
 ④  $\frac{m(m+2M)}{M}g$                       ⑤  $\frac{m(2m+3M)}{M}g$                       ⑥  $\frac{m(3m+4M)}{M}g$

初めに糸が鉛直になった直後に小球Pはレールから離れ、その後、小球Pと小球Qは糸で結ばれたまま回転しながら落下した。糸はたるむことはなかった。小球Pと小球Qの重心の運動に着目して、以下の問いを考察せよ。

問3 小球Pがレールから離れる直前と直後で糸の張力の大きさは不連続に変化する。小球Pがレールから離れた直後の糸の張力の大きさ  $T_2$  は  $T_1$  の何倍となるか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。  $\frac{T_2}{T_1} = \boxed{3}$

- ①  $\frac{2m}{3M}$                       ②  $\frac{2M}{2m+3M}$                       ③  $\frac{m(m+M)}{M^2}$   
 ④  $\frac{m+2M}{m+M}$                       ⑤  $\frac{2m+3M}{M}$                       ⑥  $\frac{3m+4M}{M}$

問4 小球Pがレールから離れた後、初めに糸が水平になったとき、水平軸Lと糸の距離  $d$  はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。  
 $d = \boxed{4}$

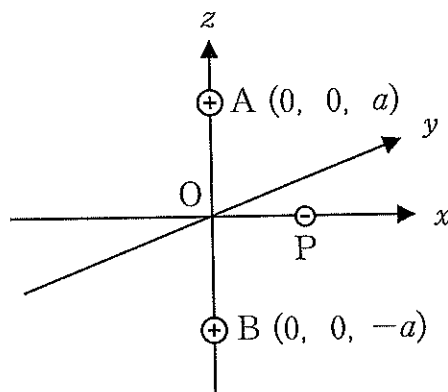
- ①  $l$                       ②  $\frac{m+\pi M}{m+M}l$                       ③  $\frac{m+\pi^2 M}{m+M}l$   
 ④  $\frac{5m+3\pi M}{5(m+M)}l$                       ⑤  $\frac{4m+\pi^2 M}{4(m+M)}l$                       ⑥  $\frac{16m+\pi^2 M}{16(m+M)}l$

(下書き用紙)

物理の試験問題は次に続く。

4 次の文章を読み、下の問1～4に答えなさい。〔解答番号  ～  〕

図のように真空中に直交する  $x$  軸、 $y$  軸、 $z$  軸をとり、原点を  $O$  とする。 $z$  軸上の点  $A(0, 0, a)$ 、点  $B(0, 0, -a)$  ( $a > 0$ ) のそれぞれに正電荷  $Q$  ( $Q > 0$ ) をもつ点電荷を固定し、 $x$  軸上の任意の点に置いた質量  $m$  の負電荷  $-q$  ( $q > 0$ ) をもつ点電荷  $P$  の運動を考える。電位の基準は無遠とし、クーロンの法則の比例定数を  $k_0$  とする。また、重力の影響は考えなくてもよい。最初、点電荷  $P$  を  $x$  軸上で運動させる。



問1 点  $A$ 、 $B$  の2つの正電荷による  $x$  軸上の点  $(x, 0, 0)$  の電位  $V$  はいくらか。正しいものを、次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。  $V =$

- ①  $\frac{k_0 Q}{\sqrt{x^2 + a^2}}$       ②  $\frac{2k_0 Q}{\sqrt{x^2 + a^2}}$       ③  $\frac{k_0 Q}{x^2 + a^2}$       ④  $\frac{2k_0 Q}{x^2 + a^2}$   
 ⑤  $\frac{k_0 Q}{\sqrt{x^2 + 4a^2}}$       ⑥  $\frac{2k_0 Q}{\sqrt{x^2 + 4a^2}}$       ⑦  $\frac{k_0 Q}{x^2 + 4a^2}$       ⑧  $\frac{2k_0 Q}{x^2 + 4a^2}$

問2 原点  $O$  に点電荷  $P$  を置いて  $x$  軸の正の向きに初速を与え、 $P$  を無限遠に到達させたい。与える初速の最小値  $v_{\min}$  はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。  $v_{\min} =$

- ①  $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{k_0 q Q}{ma}}$       ②  $\sqrt{\frac{k_0 q Q}{2ma}}$       ③  $\sqrt{\frac{k_0 q Q}{ma}}$   
 ④  $\sqrt{\frac{2k_0 q Q}{ma}}$       ⑤  $2\sqrt{\frac{k_0 q Q}{ma}}$       ⑥  $2\sqrt{\frac{2k_0 q Q}{ma}}$

(下書き用紙)

4の問は次に続く。

点電荷 P を原点 O に非常に近い点 C ( $x_0, 0, 0$ ) ( $x_0 > 0$  で、 $a$  に対して十分に小さい) に置いて静かに放すと、P は O を中心に振動する。この運動は単振動とみなすことができる。

なお、 $|\varepsilon|$  が 1 に対して十分小さいとき、 $\varepsilon$  の 2 次以上の項を無視する以下の近似式を用いてよい。

$$(1 + \varepsilon)^n \approx 1 + n\varepsilon \quad (n \text{ は実数})$$

問 3 この単振動の周期  $T$  はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。  $T = \boxed{3}$

- ①  $\frac{\pi a}{2} \sqrt{\frac{ma}{2k_0 q Q}}$       ②  $\frac{\pi a}{2} \sqrt{\frac{ma}{k_0 q Q}}$       ③  $\pi a \sqrt{\frac{ma}{2k_0 q Q}}$
- ④  $\pi a \sqrt{\frac{ma}{k_0 q Q}}$       ⑤  $2\pi a \sqrt{\frac{ma}{2k_0 q Q}}$       ⑥  $2\pi a \sqrt{\frac{ma}{k_0 q Q}}$

次に、点電荷 P の  $xy$  平面内での運動を考える。点電荷 P を問 3 と同じ点 C に置いて、今度は  $y$  軸正の向きに初速を与えると、P は原点 O を中心とした等速円運動を行った。

問 4 このとき与えた初速の大きさ  $v_0$  はいくらか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。  $v_0 = \boxed{4}$

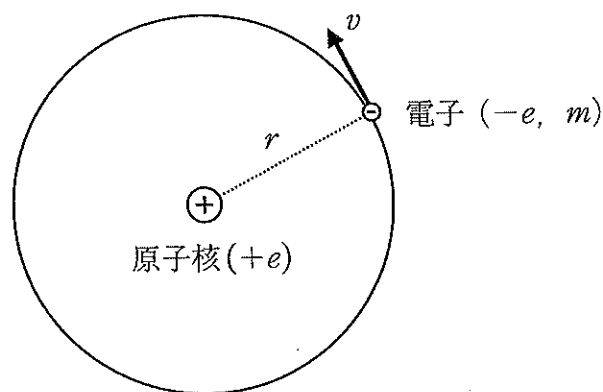
- ①  $\frac{x_0}{2a} \sqrt{\frac{k_0 q Q}{ma}}$       ②  $\frac{x_0}{2a} \sqrt{\frac{2k_0 q Q}{ma}}$       ③  $\frac{x_0}{a} \sqrt{\frac{k_0 q Q}{ma}}$
- ④  $\frac{x_0}{a} \sqrt{\frac{2k_0 q Q}{ma}}$       ⑤  $\frac{2x_0}{a} \sqrt{\frac{k_0 q Q}{ma}}$       ⑥  $\frac{2x_0}{a} \sqrt{\frac{2k_0 q Q}{ma}}$

(下書き用紙)

物理の試験問題は次に続く。

5 次の文章を読み、下の問1～4に答えなさい。〔解答番号  ～  〕

ボーアが提唱した水素原子モデルについて考察してみよう。図のように、静止した電気量  $+e$  ( $e > 0$ ) の原子核のまわりを、電気量  $-e$ 、質量  $m$  の電子が静電気力を受けて速さ  $v$  で半径  $r$  の等速円運動をしている。クーロンの法則の比例定数を  $k_0$ 、プランク定数を  $h$ 、真空中の光の速さを  $c$ 、リュドベリ定数を  $R$  とする。



量子条件を満たす軌道にある電子は安定で電磁波を放出しない。この状態を定常状態という。定常状態にある電子は、ある決まったとびとびのエネルギーの値しかもたず、このとびとびのエネルギーの値をエネルギー準位という。 $n = 1, 2, 3, \dots$  とし、エネルギー準位  $E_n$  は、

$$E_n = -\frac{Rch}{n^2}$$

と表される。この  $n$  は量子数と呼ばれる。

問1 量子条件を表す関係式はどれか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

①  $mvr = \frac{nh}{\pi}$

②  $mvr = \frac{nh}{2\pi}$

③  $mvr = \frac{2nh}{\pi}$

④  $mvr = \frac{\pi n}{h}$

⑤  $mvr = \frac{\pi n}{2h}$

⑥  $mvr = \frac{2\pi n}{h}$

(下書き用紙)

5の問は次に続く。



問2 円軌道をまわる電子に対する運動方程式と量子条件より、定常状態における軌道半径は定数  $a$  (ボーア半径) を用いて  $r = an^2$  と表される。 $a$  を表す式はどれか。正しいものを、次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 $a = \boxed{2}$

- ①  $\frac{h^2}{8\pi^2 k_0 m e^2}$     ②  $\frac{h^2}{4\pi^2 k_0 m e^2}$     ③  $\frac{h}{4\pi k_0 m e^2}$     ④  $\frac{h}{2\pi k_0 m e^2}$   
 ⑤  $\frac{2\pi^2}{k_0 m e^2 h^2}$     ⑥  $\frac{4\pi^2}{k_0 m e^2 h^2}$     ⑦  $\frac{\pi}{k_0 m e^2 h}$     ⑧  $\frac{2\pi}{k_0 m e^2 h}$

問3 リュードベリ定数  $R$  を表す式はどれか。正しいものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $R = \boxed{3}$

- ①  $\frac{k_0 e^2}{2ach}$     ②  $\frac{k_0 e^2}{ach}$     ③  $\frac{k_0 e^2}{2\pi ach}$   
 ④  $\frac{k_0 e^2}{\pi ach}$     ⑤  $\frac{\pi k_0 e^2}{ach}$     ⑥  $\frac{2\pi k_0 e^2}{ach}$

振動数条件より、電子がエネルギー準位  $E_l$  ( $l = n + 1, n + 2, \dots$ ) からそれよりも低いエネルギー準位  $E_n$  に移るとき、この差のエネルギーの光子を放出し、逆に低いエネルギー準位  $E_n$  の電子はこの差のエネルギーをもつ光子を吸収して高いエネルギー準位  $E_l$  に移る。

問4 水素原子内の電子が励起状態から  $n = 1$  の基底状態に移るときに放出される光の線スペクトルの系列をライマン系列、励起状態から  $n = 2$  の状態に移るときに放出される光の線スペクトルの系列をバルマー系列という。ライマン系列の最短波長が  $91.1 \text{ nm}$  であるとき、バルマー系列の最長波長  $\lambda_{\max}$  [nm] はいくらか。最も適したものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 $\lambda_{\max} = \boxed{4}$  [nm]

- ① 365    ② 438    ③ 487    ④ 546    ⑤ 656    ⑥ 730

(下書き用紙)