理　　科

物　理：　1～　9ページ
化　学：11～21ページ
生　物：22～32ページ

1．試験開始の合図があるまで，この問題冊子を開いてはいけません。
2．解答時間は**2科目で120分間**です。
3．解答は，物理，化学，生物のうちから**2科目を選び，選択した科目**の解答用紙を使用して解答しなさい。解答用紙は**物理（緑色），化学（茶色），生物（青色）**です。
4．解答用紙の記入にあたっては，**解答用紙の注意事項**を参照し，HBの鉛筆を使用して丁寧にマークしなさい。
5．受験番号，氏名，フリガナを**物理，化学，生物すべての解答用紙**に記入しなさい。受験番号は記入例を参照して，正しくマークしなさい。
6．**選択しない科目の解答用紙**には，記入例を参照して，**非選択科目マーク欄**にマークしなさい。
7．マークの訂正には，消しゴムを用い，消しくずは丁寧に取り除きなさい。
8．試験開始後，ただちにページ数を確認し，落丁や印刷の不鮮明なものがあれば申し出なさい。
9．試験終了後，**物理，化学，生物すべての解答用紙を提出しなさい。**問題冊子は**持ち帰りなさい。**
10．解答用紙は折り曲げないようにしなさい。

解答用紙の受験番号記入例と非選択科目記入例

数字の位置	受験番号				
	万	千	百	十	一
	1	*2*	*3*	*4*	*5*
0	⓪	⓪	⓪	⓪	⓪
1	●	①	①	①	①
2	②	●	②	②	②
3	③	③	●	③	③
4	④	④	④	●	④
5	⑤	⑤	⑤	⑤	●
6	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥
7	⑦	⑦	⑦	⑦	⑦
8	⑧	⑧	⑧	⑧	⑧
9	⑨	⑨	⑨	⑨	⑨

物理を選択しないで，解答する場合

非選択科目マーク欄
（物理を選択しない場合のみマークしてください。）➡ ●

物　　理

次の $\boxed{1}$ ～ $\boxed{54}$ の解答を解答欄にマークしなさい。ただし数値で解答する場合の最後の桁は四捨五入によって求めなさい。また，分数で解答する場合は，既約分数で答えなさい。＜解答群＞のあるものは最も適切なものを一つ選びその番号をマークしなさい。

1　静水面を x 軸方向に伝わる波について考える。時刻 t，位置 x での静水面からの高さのずれ Y が

$$Y = A\sin(at + bx + c)$$

と表せるものとする。ここで A，a，b，c は定数で，$A > 0$ である。

以下の問いに答えなさい。

問1　時刻 $t = 0$ でこの波が山となる位置をすべて求めなさい。

ただし $n = 0$，± 1，± 2，…とする。

$$x = \boxed{1}$$

＜ $\boxed{1}$ の解答群＞

① $\left(n + \frac{1}{2}\right)\frac{\pi}{b}$　② $\left(2n + \frac{1}{2}\right)\frac{\pi}{b}$　③ $\left(2n + 1\right)\frac{\pi}{b}$

④ $\left(n + \frac{1}{2}\right)\frac{\pi}{b} - \frac{c}{b}$　⑤ $\left(2n + \frac{1}{2}\right)\frac{\pi}{b} - \frac{c}{b}$　⑥ $\left(2n + 1\right)\frac{\pi}{b} - \frac{c}{b}$

問2　位置 $x = 0$ をこの波の山が通過する時刻をすべて求めなさい。

ただし $n = 0$，± 1，± 2，…とする。

$$t = \boxed{2}$$

＜ $\boxed{2}$ の解答群＞

① $\left(n + \frac{1}{2}\right)\frac{\pi}{a}$　② $\left(2n + \frac{1}{2}\right)\frac{\pi}{a}$　③ $\left(2n + 1\right)\frac{\pi}{a}$

④ $\left(n + \frac{1}{2}\right)\frac{\pi}{a} - \frac{c}{a}$　⑤ $\left(2n + \frac{1}{2}\right)\frac{\pi}{a} - \frac{c}{a}$　⑥ $\left(2n + 1\right)\frac{\pi}{a} - \frac{c}{a}$

問3　この波の伝わる速さは $\boxed{3(a)}$ であり，$a>0$，$b>0$ とすると，この波は x 軸の $\boxed{3(b)}$ の向きに進む。

＜ $\boxed{3(a),\ (b)}$ の解答群＞

① (a) $\left|\dfrac{a}{b}\right|$, (b) 正　② (a) $\left|\dfrac{a}{b}\right|$, (b) 負　③ (a) $\left|\dfrac{b}{a}\right|$, (b) 正

④ (a) $\left|\dfrac{b}{a}\right|$, (b) 負　⑤ (a) $|a|$, (b) 正　⑥ (a) $|a|$, (b) 負

⑦ (a) $|b|$, (b) 正　⑧ (a) $|b|$, (b) 負

問4　静水面からの高さのずれが

$$Y_1 = A\sin(at+bx)$$
$$Y_2 = A\sin(at-bx+c)$$

と表される2つの波を重ね合わせると定在波ができる。この定在波の節の位置をすべて求めなさい。ただし $n=0$，± 1，± 2，…とする。

$$x = \boxed{4}$$

＜ $\boxed{4}$ の解答群＞

① $\left(n+\dfrac{1}{2}\right)\dfrac{\pi}{b}$　② $\left(2n+\dfrac{1}{2}\right)\dfrac{\pi}{b}$　③ $\left(2n+1\right)\dfrac{\pi}{b}$

④ $\left(n+\dfrac{1}{2}\right)\dfrac{\pi}{b}+\dfrac{c}{2b}$　⑤ $\left(2n+\dfrac{1}{2}\right)\dfrac{\pi}{b}+\dfrac{c}{2b}$　⑥ $\left(2n+1\right)\dfrac{\pi}{b}+\dfrac{c}{2b}$

2　$^{226}_{88}\mathrm{Ra}$は1回のα崩壊をして$^{A}_{B}\mathrm{Rn}$となるが，その半減期は1600年である。
α崩壊で出てくるα粒子の運動エネルギーは4.8MeVである。

問1　$^{A}_{B}\mathrm{Rn}$の原子番号は $\boxed{5}\boxed{6}$，質量数は $\boxed{7}\boxed{8}\boxed{9}$ である。

問2　$^{226}_{88}\mathrm{Ra}$がα崩壊をして，はじめにあった原子核の数が$\dfrac{1}{16}$に減少するには $\boxed{10}\boxed{11}\boxed{12}\boxed{13}$ 年を要する。

問3　はじめ$^{226}_{88}\mathrm{Ra}$は静止していた。この$^{226}_{88}\mathrm{Ra}$がα崩壊してできる$^{A}_{B}\mathrm{Rn}$の速さは

α粒子の速さの $\dfrac{\boxed{14}}{\boxed{15}\boxed{16}\boxed{17}}$ 倍である。

問4　$^{A}_{B}\mathrm{Rn}$の運動エネルギーは $\boxed{18}.\boxed{19} \times 10^{-2}$MeVである。

3　図のように，断熱材で作られた円筒容器を，断熱材で作られた滑らかに動く仕切りによって分割し，分けられた左右の領域に単原子分子の理想気体を封入した。以後，仕切りの左側の気体を気体A，右側の気体を気体Bと呼ぶ。仕切りの左側の領域にはヒーターがあり，気体Aに熱量を与えることができる。はじめの**状態 1** では，気体Aの圧力はp_0，体積は$4V_0$，一方，気体Bの圧力はp_0，体積はV_0であった。ヒーターで気体Aをゆっくり加熱したところ，仕切りが移動し，気体Bの体積が$\frac{V_0}{8}$になった。以後，この状態を**状態 2** と呼ぶ。

ただし，理想気体の断熱変化においては，圧力をp，体積をV，比熱比をγとすると，pV^{γ}が一定に保たれ，単原子分子の理想気体では$\gamma = \frac{5}{3}$である。

問 1　**状態 2** における気体Bの圧力は，**状態 1** における気体Bの圧力の $\boxed{20}\boxed{21}$ 倍である。

問 2　**状態 2** における気体Aの温度は，**状態 1** における気体Aの温度の $\boxed{22}\boxed{23}$ 倍である。

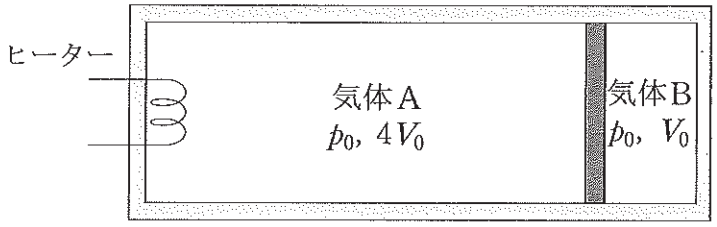
問 3　**状態 2** における気体Bの温度は，**状態 1** における気体Bの温度の $\boxed{24}$ 倍である。

問 4　**状態 1** から**状態 2** への変化において，気体Aの内部エネルギーの増加は $\boxed{25}\boxed{26}\boxed{27}p_0V_0$ である。

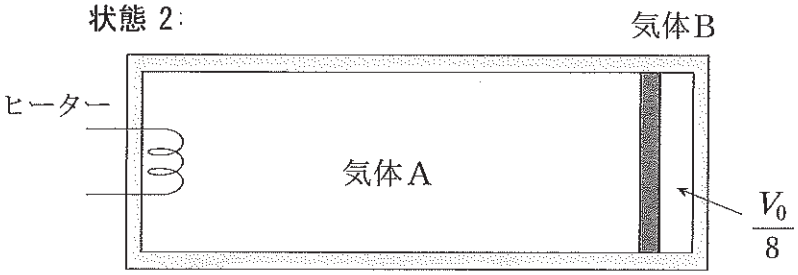
問 5　**状態 1** から**状態 2** への変化において，気体Bの内部エネルギーの増加は $\frac{\boxed{28}}{\boxed{29}}p_0V_0$ である。

問 6　**状態 1** から**状態 2** への変化において，ヒーターが気体Aに与えた熱量は $\frac{\boxed{30}\boxed{31}\boxed{32}}{\boxed{33}}p_0V_0$ である。

状態 1



状態 2



4　質量の無視できる絶縁体の円板を水平に置く。円板はその中心Oを通る鉛直軸のまわりを回転する。円板の側面に電気抵抗が無視できる導電性テープを一周巻きつけ，側面上の一点Pと中心Oを直線状の導体でつなぐ。導体は一様でその抵抗値をRとする。磁束密度B_0の一様な磁場を鉛直上向きに加える。円板を回転させても導電性テープと電気的な接触が取れるように接点Aを固定する。

導電性テープと導体OPの質量は無視でき，導電性テープと接点Aの間の摩擦は無視できるとして以下の問いに答えなさい。

まず図1で示したように円板を一定の角速度ω_1で上から見て時計まわりに回転させる。

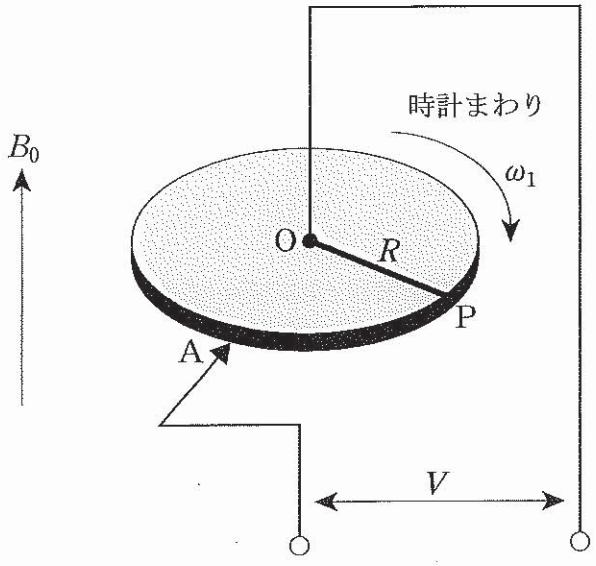


図1

問1　Oを基準としてAの電位は $\boxed{34(a)}$ なり，OA間の電位差Vの大きさはSをOPを半径とする円の面積として $\boxed{34(b)}$ となる。

＜ $\boxed{34(a),\ (b)}$ の解答群＞

① (a)高く，(b) $\dfrac{\omega_1 B_0 S}{\pi}$　② (a)高く，(b) $\dfrac{\omega_1 B_0 S}{2\pi}$　③ (a)高く，(b) $\dfrac{\omega_1 B_0 S}{3\pi}$

④ (a)高く，(b) $\dfrac{\omega_1 B_0 S}{6\pi}$　⑤ (a)低く，(b) $\dfrac{\omega_1 B_0 S}{\pi}$　⑥ (a)低く，(b) $\dfrac{\omega_1 B_0 S}{2\pi}$

⑦ (a)低く，(b) $\dfrac{\omega_1 B_0 S}{3\pi}$　⑧ (a)低く，(b) $\dfrac{\omega_1 B_0 S}{6\pi}$　⑨ (a)同じに，(b) 0

つぎに，図2のようにOとAの間にスイッチと抵抗値$2R$の抵抗および起電力V_0の定電圧電源を直列に挿入する。

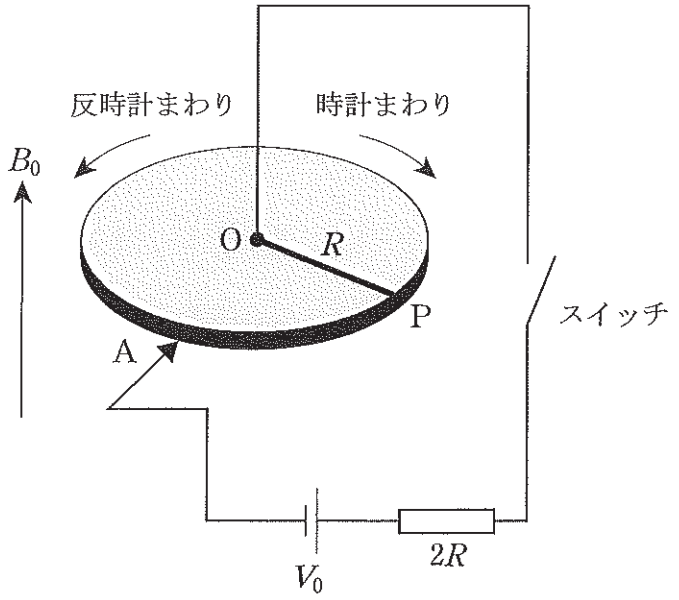


図 2

問 2　回路のスイッチを閉じると，円板は上から見て $\boxed{35(a)}$ まわりに回転する。動点Pに糸を結びつけてそれを引っ張り，動点Pが接点Aに重なる位置で円板を止めたとすると，円板を固定するために必要な点Oのまわりの力のモーメントは $\boxed{35(b)}$ となる。

＜ $\boxed{35(a),\ (b)}$ の解答群＞

① (a)時計，(b) $\dfrac{V_0B_0S}{\pi R}$　　② (a)時計，(b) $\dfrac{V_0B_0S}{2\pi R}$

③ (a)時計，(b) $\dfrac{V_0B_0S}{3\pi R}$　　④ (a)時計，(b) $\dfrac{V_0B_0S}{4\pi R}$

⑤ (a)時計，(b) $\dfrac{V_0B_0S}{6\pi R}$　　⑥ (a)反時計，(b) $\dfrac{V_0B_0S}{\pi R}$

⑦ (a)反時計，(b) $\dfrac{V_0B_0S}{2\pi R}$　　⑧ (a)反時計，(b) $\dfrac{V_0B_0S}{3\pi R}$

⑨ (a)反時計，(b) $\dfrac{V_0B_0S}{4\pi R}$　　⓪ (a)反時計，(b) $\dfrac{V_0B_0S}{6\pi R}$

円板を固定していた糸を切り，回路のスイッチを閉じたまま放置した。十分時間がたつと，円板の角速度は一定値ω_2になった。

問3　このときOを基準としてAの電位は $\boxed{36(a)}$ なる。また一定の角速度ω_2の大きさは $\boxed{36(b)}$ となる。

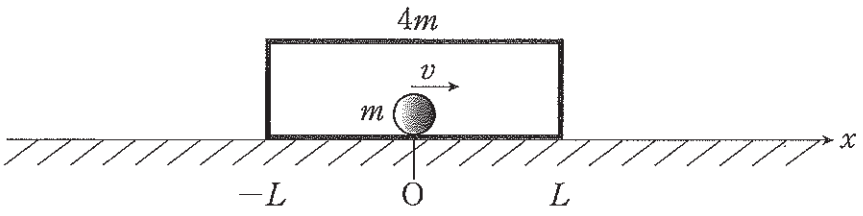
＜ $\boxed{36(a),(b)}$ の解答群＞

① (a)高く，(b) $\dfrac{2\pi V_0}{3B_0S}$　② (a)高く，(b) $\dfrac{2\pi V_0}{B_0S}$　③ (a)高く，(b) $\dfrac{6\pi V_0}{B_0S}$

④ (a)低く，(b) $\dfrac{2\pi V_0}{3B_0S}$　⑤ (a)低く，(b) $\dfrac{2\pi V_0}{B_0S}$　⑥ (a)低く，(b) $\dfrac{6\pi V_0}{B_0S}$

⑦ (a)同じに，(b) $\dfrac{2\pi V_0}{3B_0S}$　⑧ (a)同じに，(b) $\dfrac{2\pi V_0}{B_0S}$　⑨ (a)同じに，(b) $\dfrac{6\pi V_0}{B_0S}$

5　図のように滑らかな水平の床に，質量$4m$，長さ$2L$の直方体の箱を置き，その箱の中に質量mの小球を入れた。はじめ小球を箱の中心に置く。ここで小球にx軸の正の向きに速度vを与えたところ，箱の壁に垂直に衝突した。その後小球は跳ね返り，壁との衝突を繰り返す。小球と箱との間に摩擦はなく，箱と小球との間のはね返り係数を$e=\dfrac{3}{4}$とする。小球と箱はx軸に沿って運動するとし，以下の問いに答えなさい。



問1　小球が箱と2回衝突した直後の箱の速度V_2と小球の速度v_2は

$$V_2=\frac{\boxed{37}}{\boxed{38}\boxed{39}}v$$

$$v_2=\frac{\boxed{40}\boxed{41}}{\boxed{42}\boxed{43}}v$$

問2　小球が動き出してから箱の壁と4回衝突するまでにかかる時間T_4は，

$$T_4=\frac{\boxed{44}\boxed{45}\boxed{46}}{\boxed{47}\boxed{48}}\frac{L}{v}$$

問3　小球が動き出してから時間T_4の間に箱が進んだ距離l_4は，

$$l_4=\frac{\boxed{49}\boxed{50}}{\boxed{51}\boxed{52}}L$$

問4　n回衝突した直後の箱の速度をV_nとする。$n\to\infty$のときV_nは

$$V_\infty=\frac{\boxed{53}}{\boxed{54}}v$$

に近づく。