C

平成25年度個別学力検査問題(工学資源学部)

物　理

前期日程

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8ページあります。解答用紙は1枚あります。

問題はⅠからⅣまで4題あります。ただし，Ⅳは問題AまたはBのいずれかを選択して解答しなさい。

試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの乱丁・落丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせなさい。

3　監督者の指示に従って，解答用紙に受験番号を記入しなさい。

4　解答は，解答用紙の該当欄に記入しなさい。

5　配付された解答用紙は，持ち帰ってはいけません。

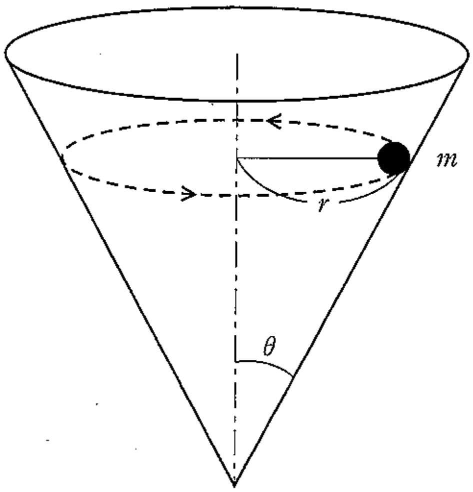
6　試験終了後，問題冊子は持ち帰りなさい。

I　次の文章中の空欄①，③～⑧，⑩を数式で，②，⑨を語句で埋め，解答欄に記入しなさい。

図のように頂角 2θ を持つ円すいが頂点を下に軸を鉛直方向に向けて固定されている。この円すいの内面に沿って質量 m の小球を速さ v で水平方向に打ち出したところ，小球が水平面内で等速円運動をした。円すいの軸から小球までの距離を r，重力加速度の大きさを g とする。また，小球と円すい内面との摩擦と空気抵抗は無視できるものとする。

(i)　ここで静止している観測者から見ると小球にかかる力は2つあり，鉛直下方向に大きさ(　①　)ではたらく(　②　)と円すい内面に対し垂直方向に大きさ N ではたらく垂直抗力がある。まず，鉛直方向の力のつり合いを考えると等式(　③　)が成立する。今度は円運動の円の中心方向について考えると，垂直抗力 N の水平方向成分が向心力としてはたらく。この向心力が質量 m と加速度の大きさ(　④　)の積に等しくなることから，等式(　⑤　)が成立する。したがって，等式(　③　)と(　⑤　)より，円運動の半径 r は，v，g，θ を用いて，$r=$(　⑥　)となる。このときの周期 T は，v，g，θ を用いて，$T=$(　⑦　)となる。

(ii)　次に同じ状態を，小球と一緒に回転している観測者から見ると小球にはたらく力は3つあり，(i)に述べた2つの力の他に，円すいの軸から遠ざかる向きに慣性力として(　⑧　)の大きさではたらく(　⑨　)がある。この場合，円すいの斜面に沿う方向の力のつり合いより，等式(　⑩　)が成立する。これより半径 r は，v，g，θ を用いて $r=$(　⑥　)となることが確認できる。


m
r
θ

Ⅱ　次の文章中の空欄①，②は(ア)〜(ウ)のうちから正しいものを１つ選び，③〜⑥は数式で，⑦は整数で埋め，解答欄に記入しなさい。

(i)　図１のように，スピーカーの振動部分に糸の一点Ａを接触させ，他端は滑車を通しておもりをつるす。AB間の糸の長さは$3L$〔m〕，糸の部分は水平で，張力を一定に保っている。スピーカーにより生じた波は糸を伝わり，滑車で(①　(ア)回折，(イ)反射，(ウ)屈折)する。その糸を伝わる波は，AB間で逆向きに進む波と重なり合って(②　(ア)干渉，(イ)分散，(ウ)静止)し，ABの両端を節とする定常波ができる。糸ABが基本振動をしたときの定常波の波長λは，Lを用いて表すと，

$\lambda =$ (　③　)〔m〕

となる。このとき，糸ABに伝わる波の速さをV〔m/s〕とすると，基本振動の周期Tは，LとVを用いて，

$T =$ (　④　)〔s〕

である。

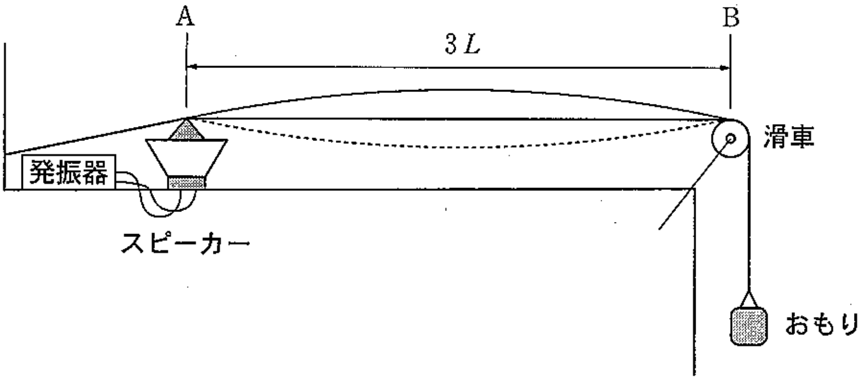


図１

◇M8(668—46)

(ii) 次に，図2のように，異なる太さをもつ糸をつなぎ，AB間に固定したコマの点Pと糸のつなぎ目を接触させる。糸の長さはAP間がL〔m〕，PB間が$2L$〔m〕で，糸を伝わる波の速さはAP間でV〔m/s〕，PB間では$\dfrac{V}{2}$〔m/s〕である。発振器の振動数を適当に設定したら，AP間に2つの腹のある定常波ができた。

糸APと糸PBは発振器の振動数と同じ振動数で振動するため，その振動数fは，VとLを用いて，

$f = ($ ⑤ $)$〔Hz〕

となる。また，糸PBにできる定常波の波長λ'は，Lを用いて，

$\lambda' = ($ ⑥ $)$〔m〕

と表せるので，糸PBにできる定常波の腹の数は（ ⑦ ）個である。

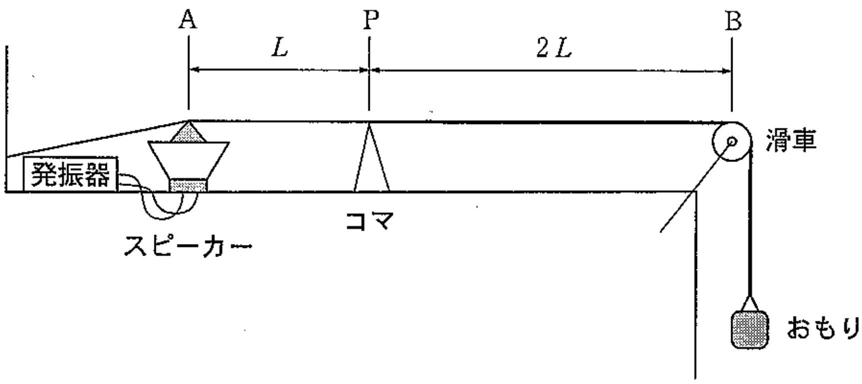


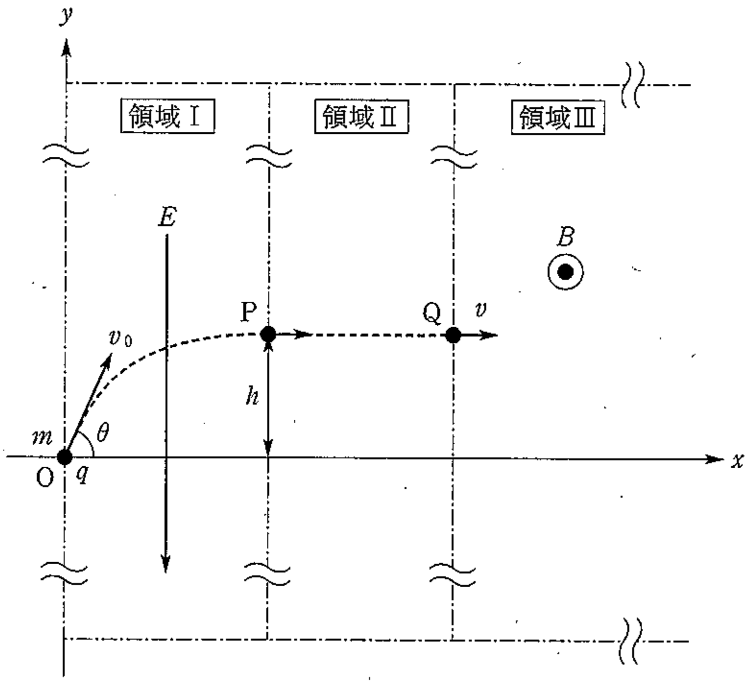
図2

Ⅲ 次の文章中の空欄①～⑥，⑧～⑩を数式で埋め，空欄⑦については(ア)～(エ)のうち正しいものを1つ選び，解答欄に記入しなさい。

図のように，質量 m，正電荷 q を持つ荷電粒子を xy 平面上に定めた領域Ⅰ～Ⅲで運動させる。なお，荷電粒子の大きさと重力は無視するものとする。

(i) 荷電粒子を x 軸に対して角度 $\theta(0° < \theta < 90°)$，速さ v_0 で原点Oから領域Ⅰに入射させる。領域Ⅰには，y 軸の負方向に強さ E の一様な電場のみが存在し，磁場は存在しない。荷電粒子は領域Ⅰを通過して点Pにおいて領域Ⅱに入射する。このとき，荷電粒子は領域Ⅱに x 軸と平行に入射した。x 軸から点Pまでの距離を h とすると，原点Oと点Pの間の電位差は(　①　)となる。荷電粒子が原点Oから点Pに移動したとき，電場から受ける仕事は負であり，その大きさは(　②　)となる。原点Oにおける荷電粒子の運動エネルギーは(　③　)であり，点Pにおける荷電粒子の運動エネルギーは(　④　)である。荷電粒子が原点Oから点Pに移動することで失われる運動エネルギーは，荷電粒子が電場から受ける仕事の大きさに等しいので，h は(　⑤　)となる。

(ii) 領域Ⅱでは荷電粒子の速さが変化し，点Qにおいて x 軸と平行に速さ v で領域Ⅲに入射した。領域Ⅲには電場は存在せず，紙面の裏から表に向かう方向に磁束密度 B の一様な磁場のみが存在する。領域Ⅲに入射した荷電粒子にはローレンツ力がはたらく。点Qにおいて荷電粒子にはたらくローレンツ力の大きさは(　⑥　)であり，その向きは(⑦　(ア)x 軸の正方向，(イ)x 軸の負方向，(ウ)y 軸の正方向，(エ)y 軸の負方向)である。領域Ⅲではローレンツ力は向心力としてはたらくので，荷電粒子は等速円運動を行う。その等速円運動の半径を r とすると，向心力の大きさは(　⑧　)となる。ローレンツ力と向心力は等しいことを利用すると，r は(　⑨　)と表される。また，荷電粒子が領域Ⅲに入射してから領域Ⅲを出るまでに要する時間は(　⑩　)となる。


y
領域Ⅰ
領域Ⅱ
領域Ⅲ
E
B
P
Q
v
v_0
h
m
θ
O
q
x

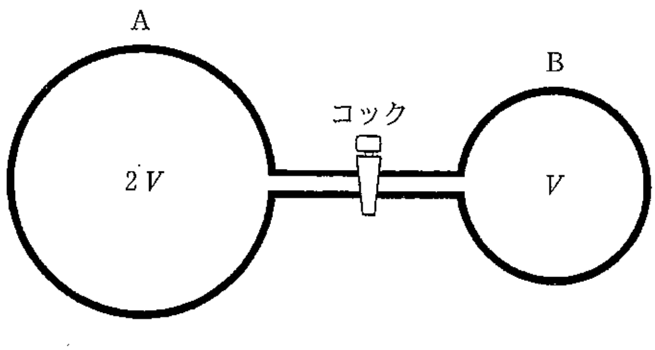
Ⅳ　問題Ａと問題Ｂのいずれかを選択して解答しなさい。なお，解答欄にある，選択した問題の記号ＡまたはＢを○で囲みなさい。

《問題Ａ》

次の文章中の空欄①～⑦を数式で埋め，解答欄に記入しなさい。

図のように，容積 $2V$〔m^3〕の容器 A と容積 V〔m^3〕の容器 B がコックを持つ細い管でつながれている。はじめコックを閉じた状態で，容器 A には圧力 P〔Pa〕，温度 T〔K〕の単原子分子の理想気体を入れ，容器 B には圧力 $3P$〔Pa〕，温度 T〔K〕の単原子分子の理想気体を入れる。気体定数を R〔J/(mol·K)〕とすると，このときの容器 A および容器 B の気体の物質量は，それぞれ（　①　）〔mol〕，（　②　）〔mol〕となる。コックを開き，温度を T〔K〕に保持したままで十分時間が経過すると気体の圧力は（　③　）〔Pa〕となるので，容器 B の気体の内部エネルギーは（　④　）〔J〕となる。また，このときコックを開くことによって，容器 B から容器 A に移動した気体の物質量は（　⑤　）〔mol〕である。

次に，コックを開いた状態で容器 A の温度を T〔K〕に保ちながら容器 B の温度を $2T$〔K〕に上昇させた。このとき，両容器内の物質量の合計は，温度上昇前後で変化しないので，温度上昇後の気体の圧力は（　⑥　）〔Pa〕，容器 B の気体の内部エネルギーは（　⑦　）〔J〕となる。ただし，容器の熱膨張および細い管の容積は無視できるものとする。



《問題B》

次の文章中の空欄①，③，⑤，⑥を語句で，②，④，⑦は数式で埋め，解答欄に記入しなさい。

(i) 金属の表面に紫外線のような波長の短い光(振動数 $\overset{ニュー}{\nu}$)を当てると，その金属から電子が外に飛び出してくる。この現象は(　①　)とよばれていて，電磁波である光が粒子(光量子)的にふるまうことで知られている。プランク定数を h とするとき，光量子のエネルギー E は $E =$ (　②　)であり，そのエネルギーを電子に与えると考えられている。

(ii) 電子のような物質粒子も，光のように波動性を示すことが知られている。物質粒子が波動としてふるまうときの波を(　③　)とよぶ。電子が運動量 p を持つとき，(　③　)の波長 λ は，$\lambda =$ (　④　)であることがわかっている。

(iii) 原子核は陽子と中性子からできている。陽子の数 Z を原子番号といい，中性子数 N を加えた核子の総数 $A = Z + N$ を質量数という。同じ元素(原子番号が同じもの)でも中性子の数が異なる原子が存在し，それらを(　⑤　)という。

陽子 2 個，中性子 2 個からできているヘリウム $^4_2\mathrm{He}$ の原子核の質量は，ばらばらの状態にある陽子 2 個，中性子 2 個の質量の和より小さいことがわかっている。一般に，原子核の質量 M は構成する核子の質量の総和より小さい。陽子の質量を m_p，中性子の質量を m_n とするとき，質量の差 $\Delta m = Zm_\mathrm{p} + Nm_\mathrm{n} - M$ を(　⑥　)という。アインシュタインの特殊相対性理論(真空中の光の速さ c を最大速度とする理論)によれば，質量はエネルギーの形態のひとつである。したがって，これは「原子核のエネルギーは，核子がばらばらのときに比べて，$\Delta E =$ (　⑦　)だけ小さくなっている」ことを示している。この(　⑥　)に相当するエネルギーを原子核の結合エネルギーという。