理　　　科

9：00〜11：00

解　答　上　の　注　意

1. 試験開始の合図があるまで，この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は，34 ページある。このうち，「物理」は 2 〜 7 ページ，「化学」は 8 〜18 ページ,「生物」は 19〜27 ページ,「地学」は 28〜34 ページである。
3. 「物理」，「化学」，「生物」，「地学」のうちから，あらかじめ届け出た 2 科目について解答せよ。各学部・系の必須科目(◎印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

学部・系・専攻 ＼ 科目	理学部				医学部						歯学部	薬学部	工学部				農学部			獣医学部	水産学部
	数理系	物理系	化学系	生物系	医学系	保健学系 看護学専攻	保健学系 放射線技術科学専攻	保健学系 検査技術科学専攻	保健学系 理学療法学専攻	保健学系 作業療法学専攻			応用理工系	情報エレクトロニクス系	機械知能工学系	環境社会工学系	農・総合系	農・化学系	農・生物系		
物理	◎	◎	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	◎	◎	○	○	○	○	○	○
化学	○	○	◎	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○	◎	○	○	○
生物	○	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	◎	○	○
地学	○	○	○	○									○		○	○	○	○	○		○

注：工学部(応用理工系，環境社会工学系)は，物理又は化学を含む 2 科目選択

4. **受験する科目の解答用紙には，受験番号および座席番号(上下 2 箇所)を，監督員の指示に従って，指定された箇所に必ず記入せよ。**
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

◇M10(497—100)

物　　　理

1　次の文章の $\boxed{}$ の中に適切な数式，または数値を入れよ。

図1に示すような重力を利用して小球を水平に投げ出す投てき装置を考える。半径 r〔m〕の円板を，その中心軸が地面(図の x 軸)から高さ r〔m〕になるように設置する。円板の外周には伸び縮みしない糸が巻かれており，その糸の端には質量 M〔kg〕のおもりが取り付けられて十分深い溝につり下げられている。また，円板の中心から距離 r〔m〕の位置に質量 m〔kg〕の小球が取り付けられている。

円板と糸の質量は無視できるものとし，円板は中心軸まわりに摩擦なく回転できるものとする。また，おもりと小球には鉛直下向きに重力がはたらいており，重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕($g > 0$)とする。

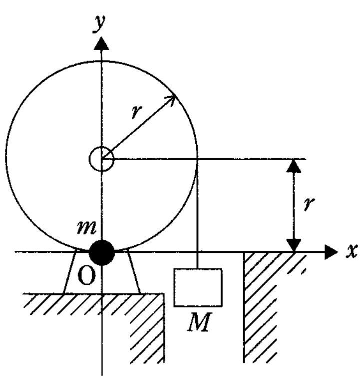

図1

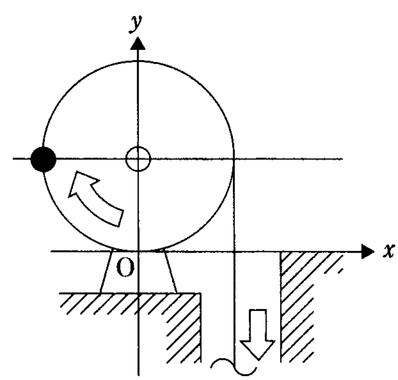

図2

問 1　小球が最下点で静止しているときの位置を初期位置とし，おもりを落下させて円板を時計回りに回転させる。図2のように円板が $\frac{1}{4}$ 回転して小球が最左点に達するとき，おもりは初期位置から $\boxed{(1)}$〔m〕だけ下がり，おもりの位置エネルギーは $\boxed{(2)}$〔J〕だけ減少する。これが，小球の位置エネルギーの増加分 $\boxed{(3)}$〔J〕と，おもりの運動エネルギー，小球の運動

エネルギーに変わる。このときの円板の角速度の大きさを力学的エネルギー保存の法則により求めると $\boxed{\quad(4)\quad}$〔rad/s〕となる。また，小球が最左点より高い位置に達するためには，おもりと小球の質量の間に $\dfrac{m}{M} < \boxed{\quad(5)\quad}$ が成り立つことが必要である。

以下，おもりの質量が小球の質量の 2 倍 $(M = 2m)$ の場合を考える。

問 2 小球が最下点から回転を始め，図 3 で示すように最上点に達したとき，小球にはたらく遠心力の大きさは $\boxed{\quad(6)\quad}$〔N〕となる。最上点で小球を円板から離すと，点線で示すように，小球は水平方向に速さ $\boxed{\quad(7)\quad}$〔m/s〕で飛び出し，飛び出しから時間 $\boxed{\quad(8)\quad}$〔s〕後に $x = \boxed{\quad(9)\quad}$〔m〕の点 P で地面に落下する。

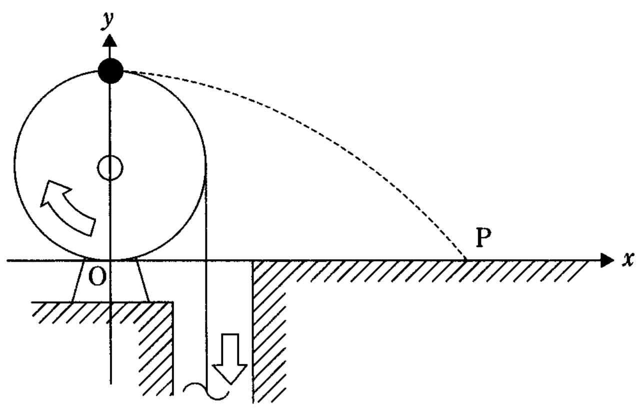

図 3

問 3 この投てき装置においては，糸の張力は小球に対して常に円板外周の接線方向に作用し，その大きさは一定ではない。最下点で小球が回転を始めた直後の糸の張力は $\boxed{\quad(10)\quad}$〔N〕，小球が最左点に達する瞬間の糸の張力は $\boxed{\quad(11)\quad}$〔N〕である。小球が運動を始めて最上点で小球を離すまでの間に，糸の張力が円板の運動を介して小球に対して行った仕事は $\boxed{\quad(12)\quad}$〔J〕となる。

2 次の文章の $\boxed{}$ に適切な数式を入れよ。

図1のように断面積 S〔$\mathrm{m^2}$〕，質量 $2M$〔kg〕のなめらかに動くピストンを備えたシリンダーに，1〔mol〕の単原子理想気体を入れ，水平な床に鉛直に置く。ピストンとシリンダーは断熱材でできており，その内部はヒーターで加熱することができる。一方，なめらかに回る2つの滑車を天井に固定し，これに糸をかける。糸の一端はピストンに，もう一端は質量 M〔kg〕のおもりに結びつける。滑車とピストンの間で糸は鉛直，また糸は伸縮せず切れないものとする。

最初，ピストンとおもりの底面がともに床から h〔m〕の高さでつり合っている。外気の圧力は一定で P_0〔$\mathrm{N/m^2}$〕である。重力加速度の大きさを g〔$\mathrm{m/s^2}$〕，気体定数を R〔J/mol·K〕とする。

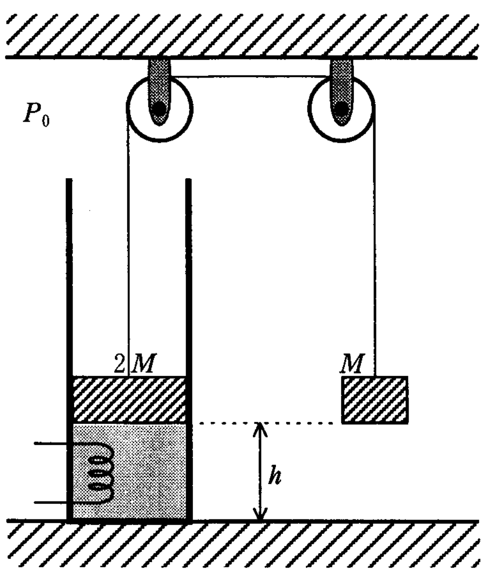

図1

問 1　最初の状態では，シリンダー内の気体の圧力は $\boxed{\quad(1)\quad}$ 〔N/m^2〕，絶対温度は $\boxed{\quad(2)\quad}$ 〔K〕である。

問 2　シリンダー内の気体をゆっくり加熱すると，ピストン底面が床から $\frac{3}{2}h$〔m〕になった。このときシリンダー内の気体の絶対温度は $\boxed{\quad(3)\quad}$ 〔K〕である。この間にシリンダー内の気体が外部にした仕事は $\boxed{\quad(4)\quad}$ 〔J〕，内部エネルギーの増加は $\boxed{\quad(5)\quad}$ 〔J〕，受け取った熱量は $\boxed{\quad(6)\quad}$ 〔J〕である。

問 3　引き続きシリンダー内の気体をゆっくり加熱する。糸がたるみ始める瞬間，シリンダー内の気体の圧力は $\boxed{\quad(7)\quad}$ 〔N/m^2〕，絶対温度は $\boxed{\quad(8)\quad}$ 〔K〕である。ピストン底面が床から $\frac{3}{2}h$〔m〕のときから糸がたるみ始める瞬間までに，シリンダー内の気体が外部にした仕事は $\boxed{\quad(9)\quad}$ 〔J〕，受け取った熱量は $\boxed{\quad(10)\quad}$ 〔J〕である。

3 次の文章の $\boxed{}$ の中に適切な式，または数値を入れよ。

図1のように2個の点電荷 Q〔C〕($Q>0$)を y 軸上の点A($0, L$)とB($0, -L$)に固定した。ただし，長さの単位は〔m〕とする。クーロンの法則の比例定数を k_0〔$\mathrm{Nm^2/C^2}$〕として，電位の基準を無限遠に選び重力の影響は無視する。

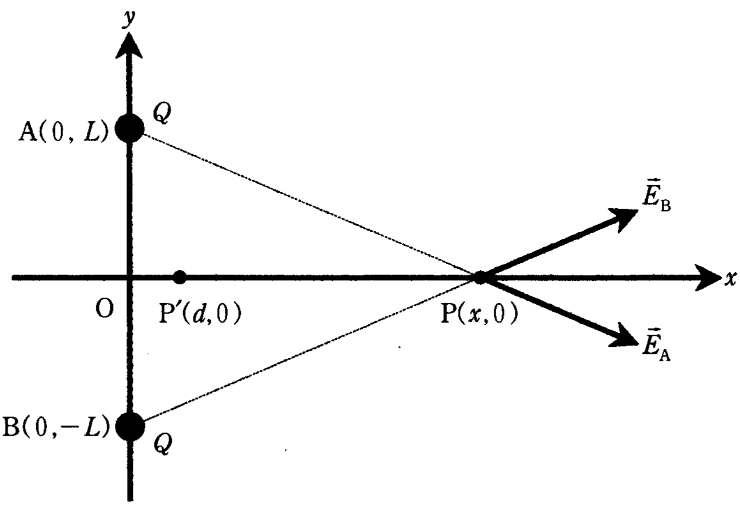

図1

問 1 点Aの電荷 Q が，x 軸上の点P(x, 0)に作る電位および電界をそれぞれ V_A〔V〕および $\vec{E}_A$〔V/m〕とする。同様に，点Bの電荷 Q が点Pに作る電位および電界を V_B〔V〕および $\vec{E}_B$〔V/m〕とする。点P(x, 0)は，両電荷からの距離が等しいので，$V_A = V_B =$ $\boxed{(1)}$〔V〕であり，$|\vec{E}_A| = |\vec{E}_B| =$ $\boxed{(2)}$〔V/m〕である。したがって，点Pの電位は $V = V_A + V_B =$ $\boxed{(3)}$〔V〕であり，電界は $\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B$ で表される。電界 $\vec{E}$ の x 成分を E_x，y 成分を E_y とすると，$E_x =$ $\boxed{(4)}$〔V/m〕，$E_y =$ $\boxed{(5)}$〔V/m〕である。

問 2　点Pに質量 m〔kg〕，電荷 $-q$〔C〕($q>0$)をもつ荷電粒子がある場合を考える。ただし，この荷電粒子は x 軸上をなめらかに動くものとする。この荷電粒子は，静電気力による位置エネルギー $\boxed{\quad(6)\quad}$〔J〕を持つ。いま，点Pが$(\sqrt{3}L,\ 0)$のとき，この荷電粒子は速度 v_0〔m/s〕で x 軸の正方向に運動しているとする。このときの，運動エネルギーと位置エネルギーの和は，$\boxed{\quad(7)\quad}$〔J〕で与えられる。荷電粒子の位置および速度をそれぞれ x〔m〕，および v〔m/s〕としたとき，エネルギー保存の法則を式で表すと $\boxed{\quad(8)\quad}$ となる。この荷電粒子が再び点Pへ戻って来ないためには，$v_0 \geqq \boxed{\quad(9)\quad}$ でなければならない。

問 3　次に，この荷電粒子を位置P′$(d,\ 0)$で静かにはなした場合を考える。前問と同様に荷電粒子は x 軸上をなめらかに動くものとする。速度 v および位置 x を用いてエネルギー保存の法則を表すと $\boxed{\quad(10)\quad}$ となる。ここで，荷電粒子をはなした点P′が原点Oに十分に近く $|d| \ll L$ が成立する場合には，荷電粒子は単振動を行う。これを示すために，エネルギー保存の法則(10)に，近似式

$$\frac{1}{\sqrt{a^2+b^2}} \fallingdotseq \frac{1}{a}\left(1-\frac{1}{2}\left(\frac{b}{a}\right)^2\right) \qquad \text{ただし } a^2 \gg b^2,\ a>0$$

を適用する。その結果を，ばね定数 K〔N/m〕のばねに接続された質量 m〔kg〕の質点のエネルギー保存の法則とみなすと，つりあいの位置は $x = \boxed{\quad(11)\quad}$〔m〕，ばね定数は $K = \boxed{\quad(12)\quad}$〔N/m〕と求められる。これより，この荷電粒子の運動の周期は $\boxed{\quad(13)\quad}$〔s〕であることがわかる。