1 図のように，長さ L の伸び縮みしない軽い糸の端に質量 m の小球を取り付け，他端を点 A に固定する。点 A から距離 $\frac{L}{2}$ だけ真下にある点 O には細い釘があり，糸は釘にかかる。小球は鉛直面内のみを運動し，空気抵抗は無視できるものとする。重力加速度の大きさを g として，次の問(1)～(5)に答えよ。

はじめに，糸がたるまず水平になる位置 B から小球を静かにはなした。

(1) 小球が最下点 C を通過するときの速さを求めよ。

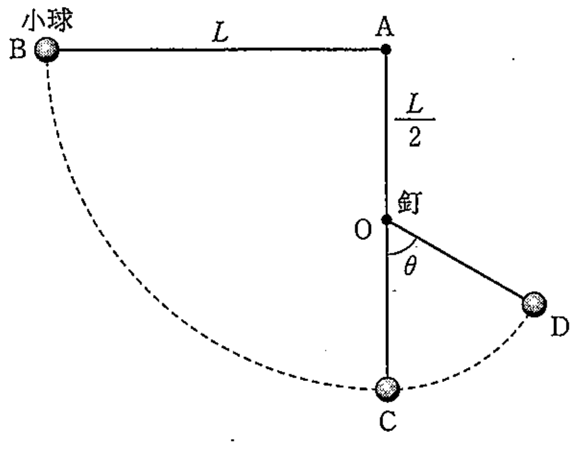
(2) 糸が釘にかかる直前の，糸の張力の大きさを求めよ。

(3) 糸が釘にかかった直後の，糸の張力の大きさを求めよ。

(4) 糸が釘にかかった後，小球が鉛直方向から角度 θ $(0 < \theta < \frac{\pi}{2})$ の位置 D に達したときの，糸の張力の大きさを求めよ。

次に，小球を位置 B に戻し，小球に下向きの速さを与えた。

(5) 小球を点 A に到達させるために必要な，小球に与える下向きの最小の速さを求めよ。



2 図1のように，垂直な壁を取り付けた直方体の台が，滑らかな水平面上に置かれている。壁を含めた台の質量はMである。台の上面ABは粗く，その上には質量mの小物体が置かれている。小物体は鉛直面内のみを運動し，小物体の大きさと壁の厚さ，および空気抵抗は無視できるものとする。重力加速度の大きさをgとして，次の問(1)~(5)に答えよ。

はじめ，壁は点Bから距離$2L$の位置に固定され，小物体は壁と接触している。静止している台に一定の大きさFの力を水平右向きに加えると，台は動きはじめた。

(1) 台の加速度の大きさを求めよ。

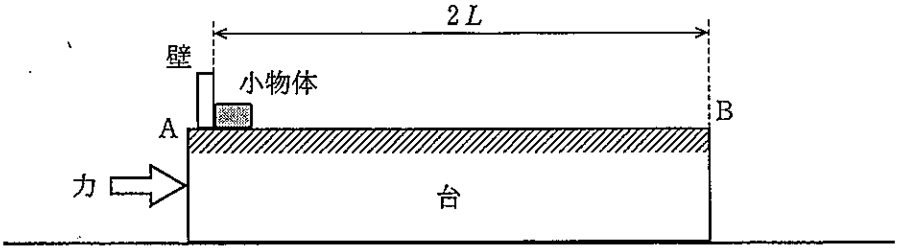
(2) 台が動きはじめてから時間t_0の間に，力がした仕事を求めよ。

(3) 台が動きはじめてから時間t_0後，台を急停止させると，小物体は面AB上を右向きに移動し，点Bで静止した。小物体と面ABとの間の動摩擦係数を求めよ。

次に，図2のように，壁を点Bから距離Lの位置に固定し，小物体を壁に接触させた。静止している台に，一定の大きさFの力を水平右向きに加えた。台が動きはじめてから時間t_0後，台を急停止させると，小物体は面AB上を右向きに移動し，点Bから水平方向に飛び出した。台の右下の角を点Cとし，台の高さをhとする。

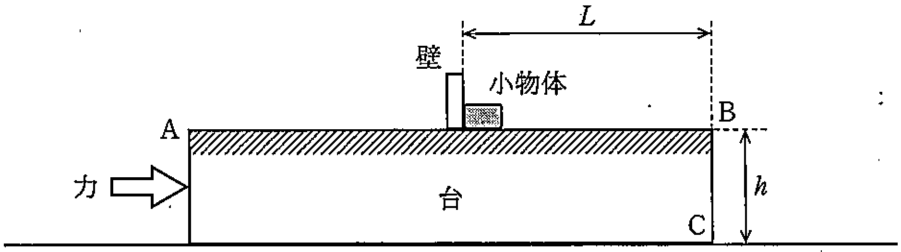
(4) 小物体が点Bを通過するときの速さを求めよ。

(5) 小物体が初めて水平面に落下する位置と点Cとの間の距離を求めよ。



水平面

図 1



水平面

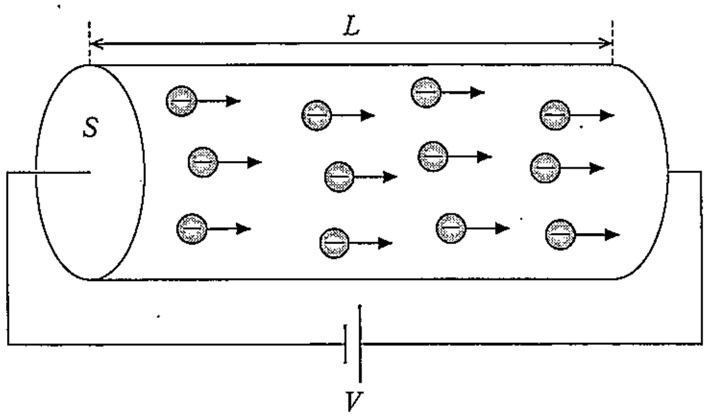
図 2

$\boxed{3}$ 次の文中の $\boxed{\quad ア \quad}$ ～ $\boxed{\quad サ \quad}$ に入る適切な式を，解答用紙の解答欄に記入せよ。

図のように，断面積 S〔$\mathrm{m^2}$〕，長さ L〔m〕の導体中に，1 $\mathrm{m^3}$ 当たり n 個の自由電子が一様に分布している。ここで，1個の自由電子の質量を m〔kg〕，電気量を $-e$〔C〕$(e > 0)$ とする。導体の両端に V〔V〕の電圧をかけると，導体内部には強さ $\boxed{\quad ア \quad}$〔V/m〕の電場ができる。1個の自由電子には大きさ $\boxed{\quad イ \quad}$〔N〕の静電気力がはたらくので，電場と逆向きに大きさ $\boxed{\quad ウ \quad}$〔$\mathrm{m/s^2}$〕の加速度が生じる。

ところが，動き出した自由電子は導体中の陽イオンなどから抵抗力を受ける。この抵抗力は自由電子の速さに比例し，ここでは比例係数を k〔N･s/m〕とする。やがて静電気力と抵抗力がつり合うので，自由電子の平均の速さは $\boxed{\quad エ \quad}$〔m/s〕で一定になる。ここで，導体中の電流 I〔A〕は「導体の断面を単位時間に通過する電気量の大きさ」で定義されるので，$I =$ $\boxed{\quad オ \quad}$ となる。これはオームの法則を表しており，電気抵抗は $\boxed{\quad カ \quad}$〔Ω〕となる。さらに抵抗率は $\boxed{\quad キ \quad}$〔Ω･m〕となる。

自由電子の平均の速さが一定のとき，時間 t〔s〕の間に静電気力が1個の自由電子にする仕事は $\boxed{\quad ク \quad}$〔J〕となる。この導体中には $\boxed{\quad ケ \quad}$ 個の自由電子があるので，静電気力が導体中のすべての自由電子に対してする仕事の総和は $\boxed{\quad コ \quad}$〔J〕となる。これがジュール熱である。導体の電気抵抗 $\boxed{\quad カ \quad}$ を R とし，ジュール熱を R, I, t を用いて表せば $\boxed{\quad サ \quad}$〔J〕となる。



4 次の文中の $\boxed{(ア)}$ ～ $\boxed{(エ)}$ には適切な語句，または式を解答群から選び，$\boxed{(a)}$ ～ $\boxed{(g)}$ には適切な数値を有効数字2桁で，それぞれ解答用紙の解答欄に記入せよ。ただし，気体定数は8.3 J/(mol·K)とする。

物体を構成する分子の熱による $\boxed{(ア)}$ エネルギーと，分子間にはたらく力による $\boxed{(イ)}$ エネルギーの総和は，内部エネルギーと呼ばれる。理想気体では $\boxed{(イ)}$ エネルギーを無視できるため，内部エネルギーは分子の $\boxed{(ア)}$ エネルギーの総和と等しい。理想気体の内部エネルギーの変化を ΔU，理想気体が外部から受け取った熱量を Q，理想気体が外部からされた仕事を W とすると，$\Delta U=$ $\boxed{(ウ)}$ という関係が成り立つ。これは熱力学第1法則と呼ばれる。一方，理想気体を $\boxed{(エ)}$ 変化させるとき，理想気体の圧力を P，理想気体の体積を V とすると，$PV^{\gamma}=$ 一定という関係が成り立つ。γ は定圧モル比熱と定積モル比熱の比で与えられる定数で，単原子分子理想気体では $\gamma=\dfrac{5}{3}$ である。

熱伝導性のよい容器内に，0.60 mol の単原子分子理想気体がなめらかに動く軽いピストンで密閉されている。まず，気体の密閉された容器を27 ℃で 1.0×10^{5} Pa の空気中におき，十分に時間が経過した。この状態を状態1とする。状態1での容器内の圧力は $\boxed{(a)}$ Pa である。

次に，外部から力を加えてピストンを急激に動かし，容器内の体積を状態1のときの $\dfrac{1}{8}$ 倍まで断熱圧縮した。この状態を状態2とする。状態2のときの容器内の圧力は，状態1のときの容器内の圧力の $\boxed{(b)}$ 倍になり，状態2のときの容器内の温度は $\boxed{(c)}$ ℃になった。また，状態1→状態2の過程で気体が外部からされた仕事は $\boxed{(d)}$ J であり，気体が外部から受け取った熱量は $\boxed{(e)}$ J である。

さらに，状態2のときの位置でピストンを固定して，気体の密閉された容器を27 ℃で 1.0×10^{5} Pa の空気中におき，十分に時間が経過した。この状態を状態3とする。状態2→状態3の過程で気体が外部からされた仕事は $\boxed{(f)}$ J であり，気体が外部から受け取った熱量は $\boxed{(g)}$ J である。

解答群

$Q+W$	$Q-W$	$-Q+W$	$-Q-W$
定積	定圧	位置	運動
等温	断熱	化学	原子力