1 同時に動き出した2つの小球の衝突について考える。図のように，水平方向右向きにx軸，鉛直方向上向きにy軸をとる。時刻$t = 0$で，原点Oから小球Pをx軸正方向から角$\theta(0° < \theta < 90°)$の向きに，速さ$v_0(v_0 > 0)$で投げ出す。ここで，$\theta$は反時計回りを正とする。重力加速度の大きさを$g$として，次の問(1)～(4)に答えよ。ただし，小球はxy面内でのみ運動し，空気抵抗は無視できるものとする。

まず，図1のように，小球Pを投げ出すと同時に，小球Qを座標$(a,\ b)$から静かに落下させた。ただし，$a > 0$，$b > 0$とする。

(1) 投げ出した小球Pが小球Qと衝突するまでの，時刻tにおける小球Pの座標を求めよ。

(2) 投げ出した小球Pが，v_0によらず小球Qと衝突するための$\tan\theta$を求めよ。

次に，図2のように，原点Oを通りx軸正方向から角$\alpha(0° < \alpha < 90°)$傾けた，なめらかな斜面を設置した。ただし，$\alpha$は時計回りを正とする。小球Qを原点Oに置き，小球Pを投げ出すと同時に小球Qを静かに放すと，小球Qは斜面をすべり始めた。

(3) すべり始めた小球Qが小球Pと衝突するまでの，時刻tにおける小球Qの座標を求めよ。

(4) 投げ出した小球Pが，v_0によらず小球Qと衝突するための$\tan\theta$を求めよ。

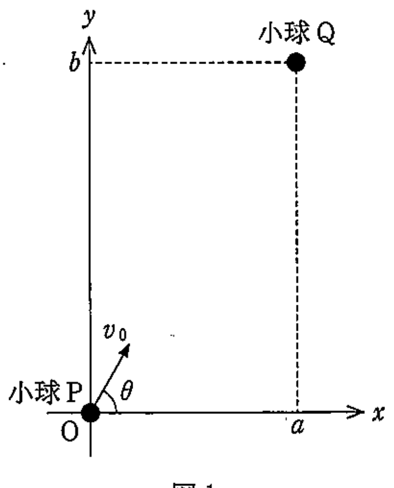


図1

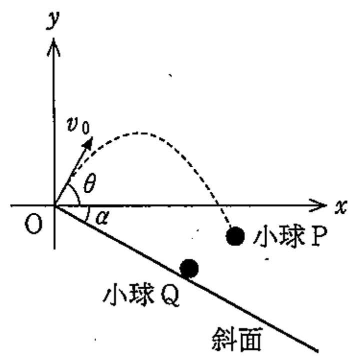


図2

2 次の文中の $\boxed{\ 1\ }$ ～ $\boxed{\ 10\ }$ 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，水平面となす角α($0°<\alpha<90°$)のなめらかな斜面上で，2本の軽いばねにつながれた質量mの小球の運動を考える。ばね1，ばね2のばね定数をそれぞれk_1，k_2，重力加速度の大きさをg，円周率をπとする。また，壁は斜面と垂直で，小球は紙面内を斜面から離れることなく運動するものとする。

まず，図1のように，2つの壁を，内側の間隔がばね1とばね2の自然の長さの和と等しくなるように固定する。ばね1の上端を壁1とつなぎ，ばね2の下端を壁2とつなぐ。ばね1の下端とばね2の上端の間に小球をつなぐ。小球がつり合いの位置にあるとき，ばね1の自然の長さからの伸びは $\boxed{\ 1\ }$ であり，ばね1とばね2を1本のばねとみなしたときのばね定数は $\boxed{\ 2\ }$ である。両方のばねが自然の長さとなる位置で小球を静かに放したところ，小球は振動した。この振動の角振動数は $\boxed{\ 3\ }$ ，周期は $\boxed{\ 4\ }$ ，小球の最大の速さは $\boxed{\ 5\ }$ である。

次に，図2のように，壁を1つ固定する。ばね1の上端を壁につなぎ，ばね1の下端をばね2の上端とつなぐ。ばね2の下端には小球をつなぐ。小球がつり合いの位置にあるとき，ばね1の自然の長さからの伸びは $\boxed{\ 6\ }$ である。このとき，ばね1とばね2の自然の長さからの伸びの和は $\boxed{\ 7\ }$ なので，ばね1とばね2を1本のばねとみなしたときのばね定数は $\boxed{\ 8\ }$ である。両方のばねが自然の長さとなる位置で小球を静かに放したところ，小球は振動した。この振動の周期は $\boxed{\ 9\ }$ ，小球の最大の速さは $\boxed{\ 10\ }$ である。

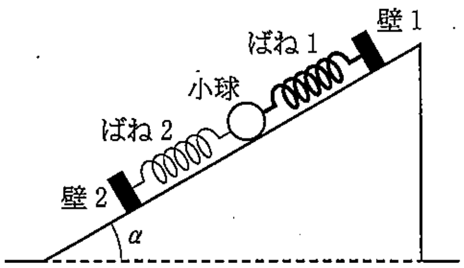


図1

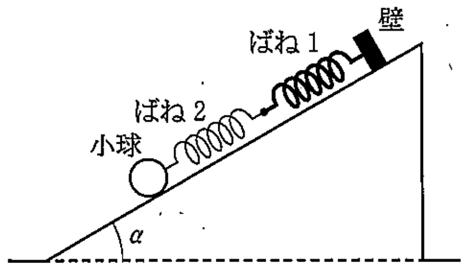
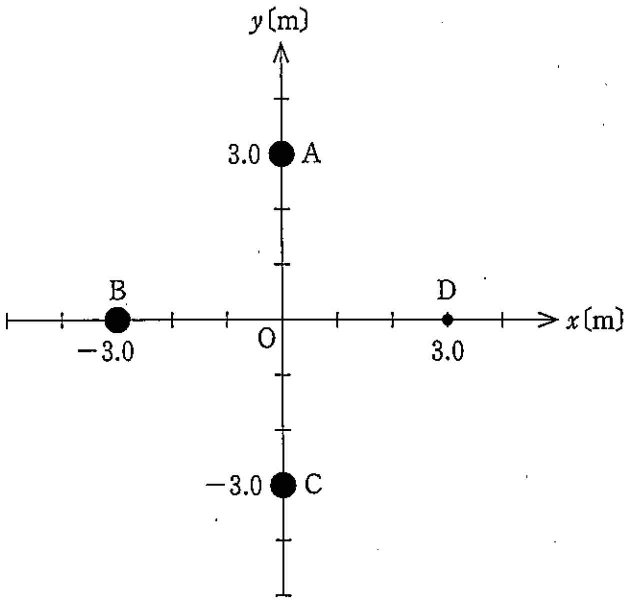


図2

3 次の文中の $\boxed{(ア)}$ ～ $\boxed{(カ)}$ には最も適切な語句または式を解答群から選び，$\boxed{(1)}$ ～ $\boxed{(4)}$ 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。

静止した2つの帯電体は互いに力を及ぼし合う。このような力を $\boxed{(ア)}$ とよび，両者の電荷が同符号の場合には $\boxed{(イ)}$ ，異符号の場合には $\boxed{(ウ)}$ がはたらく。帯電体の大きさが無視できるほど小さく，点とみなせるとき，この帯電体を点電荷とよぶ。2つの点電荷の間にはたらく $\boxed{(ア)}$ の大きさ F〔N〕は，それぞれの電気量の大きさ Q_1〔C〕，Q_2〔C〕の積に比例し，点電荷の間の距離 r〔m〕の2乗に反比例する。これを $\boxed{(エ)}$ の法則といい，比例定数を k〔N･m^2/C^2〕とおいて，この法則を式で表すと，$\boxed{(オ)}$ となる。

次に，図のように，xy 面上の点A(0，3.0)，点B(−3.0, 0)，点C(0，−3.0)に，それぞれ電気量 2.4×10^{-5} C，1.2×10^{-4} C，2.4×10^{-5} Cの点電荷を固定する。座標の単位はmである。k の値を 9.0×10^{9} N･m^2/C^2 とすると，点A，B，Cにある3個の点電荷が点D(3.0, 0)につくる電場の強さは $\boxed{(1)}$ N/C，向きは $\boxed{(カ)}$ の向きとなる。ここで，点Dに電気量 1.0×10^{-5} Cの点電荷Pを置き，外力を加えて点Dから原点Oまでゆっくりと移動させる。電位の基準を無限遠とすると，点電荷Pを置く前の点Dでの電位は $\boxed{(2)}$ V，原点Oでの電位は $\boxed{(3)}$ Vであるため，点電荷Pを点Dから原点Oまで移動させる間に外力のする仕事は $\boxed{(4)}$ Jとなる。



解答群

重力	引力	摩擦力	斥力
誘導起電力	静電気力	電気量保存	エネルギー保存
ガウス	クーロン	ファラデー	オーム
x 軸の正	x 軸の負	y 軸の正	y 軸の負
$F=\dfrac{Q_1Q_2}{kr^2}$	$F=k\dfrac{r}{Q_1Q_2}$	$F=k\dfrac{Q_1Q_2}{r}$	$F=\dfrac{Q_1Q_2}{r^2}$
$F=k\dfrac{Q_1Q_2}{r^2}$	$F=kr\dfrac{Q_1}{Q_2}$	$F=kr\dfrac{Q_2}{Q_1}$	$F=k^2\dfrac{Q_1Q_2}{r^2}$

4 図のように，容積が $5.0\times10^{-2}\,m^3$ に等しい容器Lと容器Rが，コックのついた細管でつながれている。容器Lの内壁は27℃に，容器Rの内壁は3.0Kに保たれている。大気圧を 1.0×10^5 Pa，気体定数を8.3 J/(mol·K)として，次の問(1)~(5)に有効数字2桁で答えよ。ただし，コックと細管は断熱材でできており，いずれの体積も無視してよいものとする。なお，ここで用いる理想気体は，3.0Kでも理想気体のままである。

はじめに，容器Lと容器Rの内部を真空にしてコックを閉じ，27℃で大気圧のときに体積が $7.0\,m^3$ あった単原子分子理想気体を，容器L内に封入して十分に時間をおいた。この状態を状態1とする。

(1) 容器L内の気体の物質量を求めよ。

(2) 容器L内の気体の圧力を求めよ。

次に，コックを開けて十分に時間をおいた。この状態を状態2とする。

(3) 状態2のとき，容器L内の気体の物質量は容器R内の気体の物質量の何倍か求めよ。

(4) 状態2での容器L内の気体の圧力を求めよ。

(5) 状態2での気体全体の内部エネルギーは，状態1での気体の内部エネルギーの何倍か求めよ。