物理基礎・物理　（その１）

第１問　以下の問い（問１～４）に答えよ。

図１のように，あらい斜面上に，質量 m，高さ $2a$，幅 a の一様な直方体が静止している。図１は，直方体の側面に平行で直方体の重心を通る断面を表す。斜面の水平となす角度は変化させることができる。重力加速度の大きさを g，斜面と直方体の間の静止摩擦係数を μ とする。

斜面の水平となす角が θ のとき，直方体は斜面上で静止していた。このときに，直方体の左下端の点 P_1 から斜面が直方体に及ぼす垂直抗力の作用点までの距離を x とする。

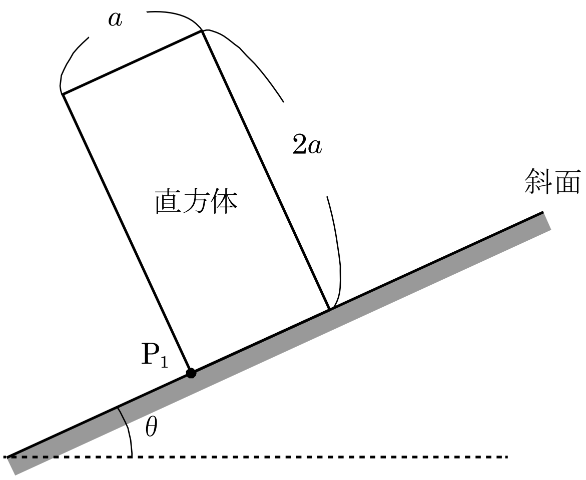

図１

問１　直方体にはたらく静止摩擦力の大きさを答えよ。

問２　点 P_1 まわりの力のモーメントのつり合いを表す式をつくれ。ただし，直方体が斜面から受ける垂直抗力の大きさを N とし，解答には N を用いて答えよ。

問３　x を a，θ を用いて答えよ。

物理基礎・物理　（その２）

問４　斜面の水平となす角を徐々に大きくしていくと，角度が θ_1 を超えた直後に，直方体は斜面上をすべることなく倒れた。このことから，静止摩擦係数 μ はある値 μ_0 以上であることがわかる。この μ_0 を既約分数で答えよ。答えを求める過程も記述すること。

物理基礎・物理　（その３）

第２問　以下の問い（問１～６）に答えよ。

図２のように，紙面内に x 軸をとり，$x \geqq 0$ の領域に磁束密度の大きさ B の一様な磁場を紙面に垂直で裏から表に向かう向きに加えた。辺 PS と辺 QR が平行で，PS＝a，QR＝$3a$，$\angle$PQR＝$\angle$QRS＝45° の台形状のコイル PQRS を，**図２**のように $x < 0$ の領域に置き，辺 PS が常に x 軸と磁場の両方に対して垂直となるようにして，x 軸正の向きに一定の速さ v で運動させた。辺 PS の位置が $x = 0$ となった時刻を $t = 0$ とし，時刻 t においてコイル PQRS を貫く磁束を Φ とする。ただし Φ は，磁束が紙面に垂直で裏から表に向かう向きに貫いている場合を正とする。コイル PQRS 全体の抵抗を R とし，重力や摩擦の影響，およびコイル PQRS を流れる電流がつくる磁場は無視できるものとする。

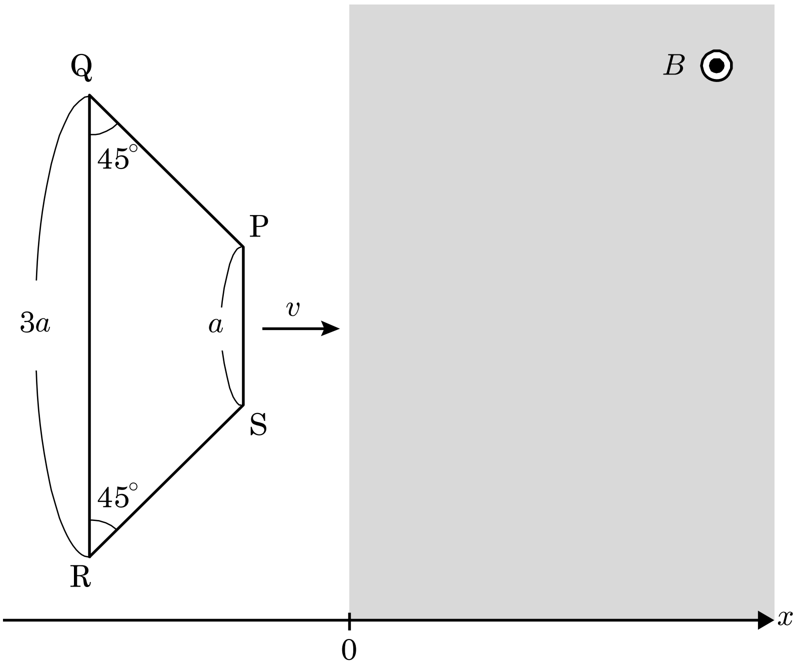

図２

問１　時刻 t に対する磁束 Φ の変化の様子を表すグラフの概形を描け。

ただし，縦軸は磁束 Φ，横軸は時刻 t とし，グラフは $0 \leqq t \leqq \dfrac{2a}{v}$ の範囲で描けばよい。

物理基礎・物理　（その４）

以下，時刻 t が $0 \leqq t \leqq \dfrac{a}{v}$ の場合を考える。

問２　微小な時間 $\varDelta t$ が経過する間の磁束 $\varPhi$ の変化量 $\varDelta\varPhi$ を，B，a，v，t，$\varDelta t$ を用いて答えよ。ただし，t および $\varDelta t$ は，$\varDelta t \ll t$ を満たすようにとるものとする。また，$|p| \ll 1$ の実数 p に対して，$(1+p)^2 \fallingdotseq 1+2p$ が成り立つものとする。

問３　コイル PQRS を流れる電流 I を，B，a，v，R，t を用いて答えよ。ただし，I は P→Q→R→S→P の向きに流れる場合を正とする。

問４　コイルの辺 PS が磁場から受ける力の大きさを，B，a，v，R，t を用いて答えよ。

問５　コイル PQRS が磁場から受ける力の合力 F を，B，a，v，R，t を用いて答えよ。ただし，F は x 軸正の向きに働く場合を正とする。

問６　コイル PQRS で消費される電力 P を，v，F を用いて答えよ。

物理基礎・物理　（その５）

第３問　波の伝わる速さが異なる２つの媒質の境界面に平面波が到達すると，波の一部は屈折して進んでいく。この現象をホイヘンスの原理に基づいて考えよ。

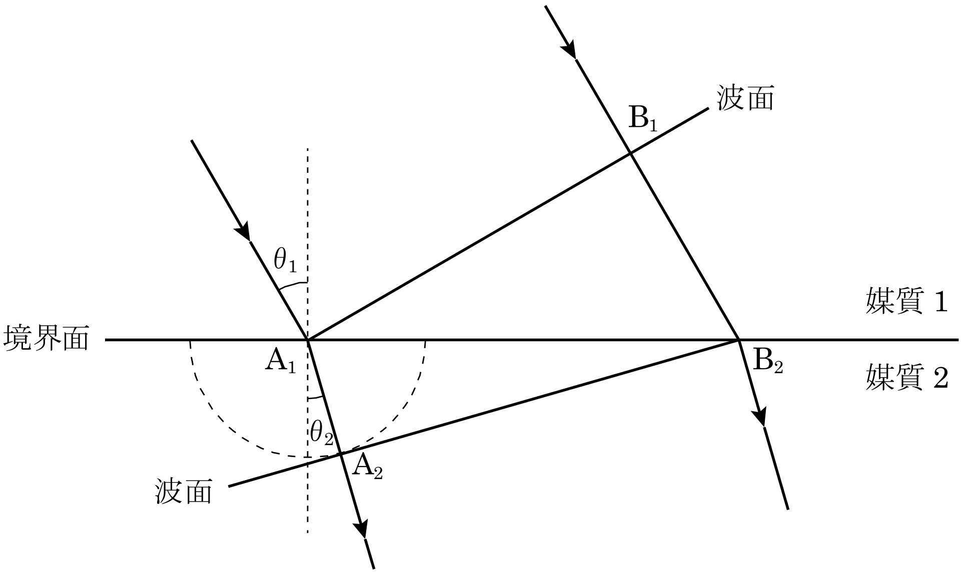

図３

以下の空欄（　**ア**　）～（　**カ**　）に入る適切な数式を答えよ。

図３のように，媒質 1，2 の境界面に媒質 1 から平面波が入射したとする。媒質 1，2 での波の速さをそれぞれ v_1，v_2 とする。入射波の波面 A_1B_1 上の A_1 が境界面に到達した時刻を $t=0$ とし，B_1 が境界面上の B_2 に到達する時刻を $t=t_0$ とすると，v_1，t_0 を用いて $B_1B_2=$（　**ア**　）である。この間に媒質 2 では A_1 を中心とした素元波が広がり，その半径は，v_2，t_0 を用いて（　**イ**　）である。ホイヘンスの原理によると，時刻 $t=t_0$ における屈折波の波面は，この素元波に B_2 から引いた接線 A_2B_2 となる。入射角を θ_1，屈折角を θ_2 とすると，θ_1 または θ_2 を用いて，$A_1A_2=A_1B_2\times$（　**ウ**　），$B_1B_2=A_1B_2\times$（　**エ**　）であるから，v_1，v_2，θ_1，θ_2 の間には，$\dfrac{v_1}{v_2}=$（　**オ**　）の関係が成り立つ。また，媒質 1，2 の屈折率（絶対屈折率）をそれぞれ n_1，n_2 とすると，屈折率の定義より，媒質 1 に対する媒質 2 の屈折率 $\dfrac{n_2}{n_1}$ は θ_1，θ_2 を用いて，$\dfrac{n_2}{n_1}=$（　**カ**　）と表すことができる。

物理基礎・物理　（その６）

第４問　以下の問い（問１～５）に答えよ。

図４のように，容積 $2V_0$ の容器 A，容積 $3V_0$ の容器 B があり，どちらにも単原子分子理想気体（以降，単に気体と呼ぶ）が入っている。容器 A と容器 B はコックがついている細管で連結されている。はじめコックは閉じられており，容器 A 中の気体は圧力 P_0，絶対温度（以降，単に温度と呼ぶ）T_0 で，容器 B 中の気体は圧力 $\frac{3}{2}P_0$，温度 $2T_0$ である。容器 A，B と細管，およびコックは断熱材でできており，細管の体積は無視できるものとする。また，容器の熱膨張は考えないものとする。なお，気体定数を R とする。

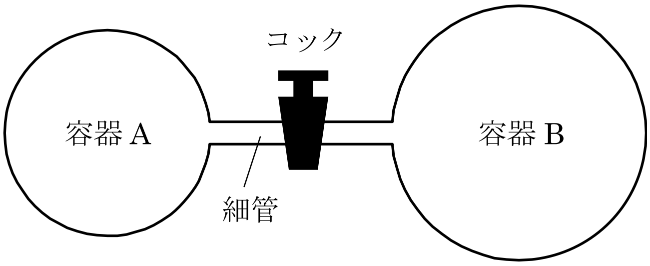

図４

問１　容器 A，B に入っている気体の物質量の和を答えよ。

問２　容器 A，B に入っている気体の内部エネルギーの和を答えよ。

コックを開いて容器 A，B 内の気体を混合させると，混合後の気体の圧力は P，温度は T となった。

問３　混合後の容器 A，B に入っている気体の内部エネルギーの和を P，V_0 を用いて答えよ。

問４　気体の内部エネルギーの和が混合の前後で変化しないことを用いて，混合後の気体の圧力 P を P_0 を用いて答えよ。

問５　混合後の気体の温度 T を T_0 を用いて答えよ。