2022年度

公立千歳科学技術大学　理工学部

一般選抜　前期日程　問題

物理基礎・物理

物理基礎・物理

1．　次の文章を読み，以下の問いに答えなさい。重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とする。

時刻 $t=0$ s において，角 θ の斜面上端の点Aから，質量 m〔kg〕の物体を図1に示すように斜面に沿って速さ v_0〔m/s〕ですべらせた。斜面に沿った距離 d〔m〕の地点を点Bとする。以下の（1）～（2）の問いについて，m，v_0，g，d，θ のうち必要な記号を用いて答えなさい。

（1）図1の斜面がなめらかな斜面のとき，点Bにおける物体の速さ，および点Bに達する時刻 t_1 をそれぞれ求めなさい。

（2）図1の斜面をあらい斜面に変更して同様に点Aからすべらせたところ，物体は点Bでちょうど静止した。点Bに達する時刻 t_2，斜面の動摩擦係数，および物体に対して摩擦力がした仕事をそれぞれ求めなさい。

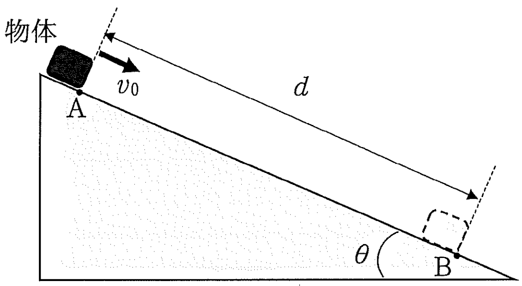

図1

つづいて，質量 m〔kg〕で長さ L〔m〕の一様な棒の端に軽くてのびない糸をつけ，あらい床面上において図2のように糸を水平方向から力の大きさ F〔N〕で引いたとき，棒が鉛直方向から角 θ 傾いた状態で釣り合って静止している。棒と床との接点を点Aとし，棒の重心は棒の中点にある。以下の（3）～（5）の問いに答えなさい。

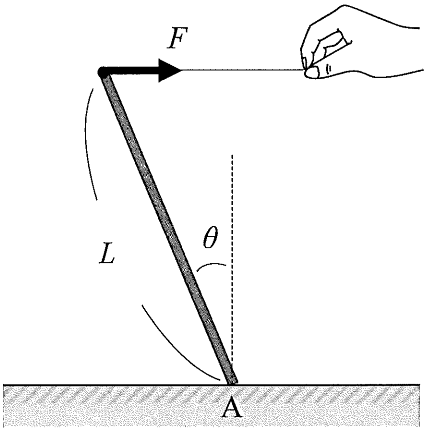

図2

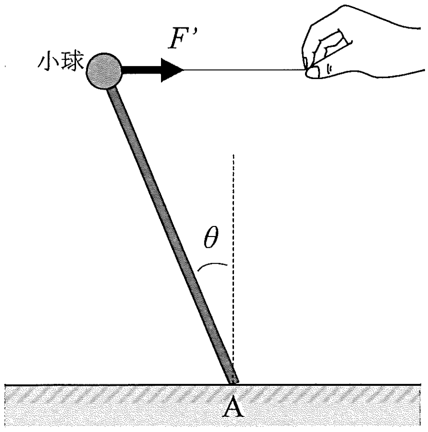

図3

（3）点Aまわりの力のモーメントの釣り合い式の以下の空欄（ア）と（イ）について，力のモーメントの大きさを表す項を入れて式を完成させなさい。なお，式中の符号は反時計まわりの力のモーメントを正としている。また，各空欄はm，g，F，L，θのうち必要な記号を用いて答えなさい。

$$-\boxed{\text{（ア）}}+\boxed{\text{（イ）}}=0$$

（4）糸が棒を引く力Fの大きさをm，g，L，θのうち必要な記号を用いて表しなさい。

（5）図3のように同じ棒の上端に質量M〔kg〕の小球を取り付け，図2のときと同様に水平方向に糸を引いて釣り合いの状態で静止させた。糸が棒を引く力F'〔N〕の大きさを求めなさい。また，このときに接点Aで棒がすべらないためには静止摩擦係数はいくら以上であればよいか，それぞれm，M，g，L，θのうち必要な記号を用いて答えなさい。

物理基礎・物理

2． 次の文章を読み，以下の問いに答えなさい。

（1）以下の（ア）～（ウ）の問いに答えなさい。ただし，水の比熱を 4.20 J/(g・K) とし，容器の熱容量は無視できるとする。

（ア）容器の中に -10.0 ℃に冷やした 250 g の金属を置いた。この容器に温度 50.0 ℃の水 60.0 g を注いだところ，全体の温度が 30.0 ℃で一定となった。熱は金属と水の間だけで移動するとしてこの金属の熱容量〔J/K〕と比熱〔J/(g・K)〕を求めなさい。

（イ）容器の中に 0 ℃の氷 20.0 gを置き，この容器に温度 55.0 ℃の水 60.0 g を注いだところ，氷は融解し全体の温度が20.0 ℃で一定となった。熱は氷と水の間だけで移動するとして氷の融解熱〔J/g〕を求めなさい。

（ウ）容器の中に -16.0 ℃ の氷 20.0 g を置き，温度 55.0 ℃ の水 60.0 g を注いだところ，氷は融解し全体の温度が 18.0 ℃ で一定となった。氷の融解熱は（イ）で求めた結果を用いて，氷の比熱〔J/(g・K)〕を求めなさい。ただし，熱は氷と水の間だけで移動するとし，氷は 0 ℃ になるまでどの部分も融解しなかったとする。

（2）以下の文章を読み，（ア）～（エ）の問いに答えなさい。なお，円周率を π とする。

図 1 に示すように上下の面が半径 r〔m〕の円で，高さが L〔m〕の内壁がなめらかな円筒形の容器に，分子の質量が m〔kg〕の単原子分子理想気体が n〔mol〕あり，その絶対温度は T〔K〕とする。ここで分子同士の衝突および重力は無視し，分子と面との衝突は弾性衝突とする。分子の速度の z 軸方向成分を v_z〔m/s〕とし，z 軸と垂直方向成分の速度の大きさを v_r〔m/s〕とする。すなわち，図 2 のように円筒を真上から見たとき，分子は速さ v_r で直進し，円柱の側面 S に衝突する。このとき，衝突点と円の中心 O を結んだ半径方向と，粒子の進行方向のなす角度を θ とする。

（ア）分子が円柱の側面 S と 1 回衝突したときに側面 S が受ける力積の大きさ，分子が 1 s あたりに側面 S に衝突する回数，さらにこの分子が 1 s あたりに側面 S に与える力積の大きさの和を m，v_r，r，θ のうち必要な記号を用いてそれぞれ表しなさい。

（イ）気体分子の個数を N，v_r^2 の平均値を $\overline{v_r^2}$ とするとき，全分子が 1 s あたりに側面 S に与えている力積の大きさの総和，および気体の圧力を π，m，r，L，θ，N，$\overline{v_r^2}$ のうち必要な記号を用いてそれぞれ表しなさい。

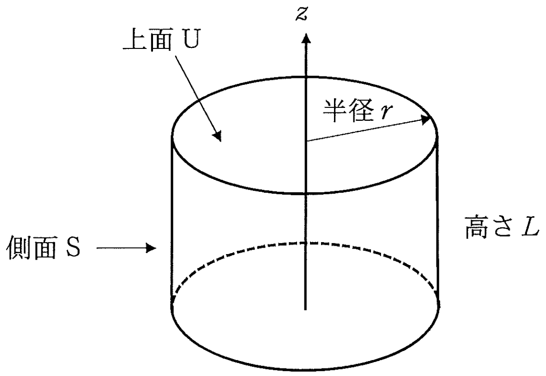

図 1

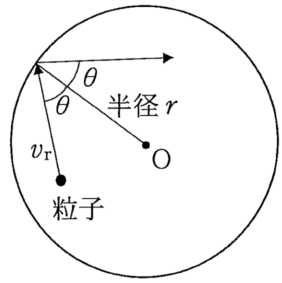

図 2

（ウ） 円柱の上面 U について同様に考察して，気体分子の個数を N, v_z^2 の平均値を $\overline{v_z^2}$ とするとき，気体の圧力を π, m, r, L, θ, N, $\overline{v_z^2}$ のうち必要な記号を用いて表しなさい。また（イ）の結果を用いて $\overline{v_z^2}$ と $\overline{v_r^2}$ の関係を数式で表しなさい。

（エ） 理想気体の状態方程式と（ウ）の圧力の結果を用いると $m\overline{v_z^2}/T$ は定数となることがわかる。この定数の名称を答えなさい。

物理基礎・物理

3． 次の文章を読み，以下の問いに答えなさい。円周率をπとする。

（1）x軸上負の位置にある音源から発生している波長0.400 mの正弦波の音波が，空気中を350 m/sの速さで伝わっている。時刻$t=0$ sにおいてx軸上の空気の変位y〔m〕は図1のように変化した。ここで空気の変位は音波の進行方向への変位を正にとっている。音波の減衰は無視できるとして以下の（ア）～（ウ）の問いに答えなさい。

（ア）音波の周波数f〔Hz〕を求めなさい。

（イ）時刻$t=0$ sにおいて，空気の密度が最小の位置，空気の右向き（x軸の正方向）の速度が最大の位置，および空気の左向き（x軸の負方向）の加速度の大きさが最大の位置をそれぞれxが0 mから0.600 mの範囲ですべて書きなさい。

（ウ）任意の時刻t〔s〕，および位置x〔m〕における空気の変位y〔m〕を表す波の式を書きなさい。

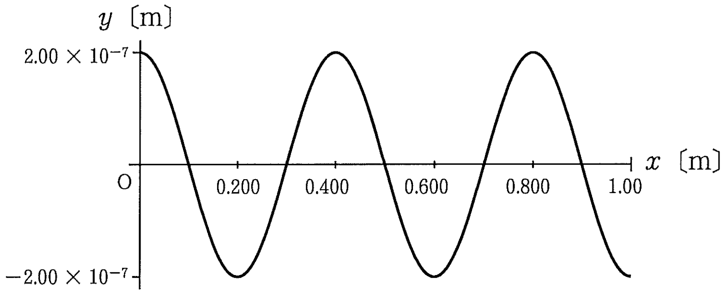

図1

（2）厚さが均一で片側の面に多数の溝が等間隔d〔m〕で作成されたガラス板に，波長がλ〔m〕の単色光を入射した。図2に溝の方向に垂直な断面を示す。このとき溝の無い部分は光を透過させる狭い隙間の役割をはたし，溝の間隔dは10^{-4} mより小さいとする。ガラスの絶対屈折率をn，角度の単位はラジアンとして以下の（ア）～（オ）の問いに答えなさい。空気の絶対屈折率は1とする。なお，ガラス板からの出射光は十分に離れたスクリーン上で観測することとする。

（ア）このような周期的な構造を持つガラス板の名称を答えなさい。

（イ）図2（a）に示すように光をガラス板の面に垂直に入射した。狭い隙間を透過する光の重ね合わせを考慮すると，それらが強め合ういくつかの角度の方向に強い光が観測される。このとき強め合う光の角度θ_1とd，λ，および整数mの関係を表す数式を答えなさい。なお，図2では強め合う光の方向のうち，1つの角度のみを示している。

（ウ）図2（b）に示すように光をガラス板の面に角度αで入射した。このときガラス内側の光の角度βとα，およびnの関係を表す数式を答えなさい。

（エ）（ウ）の場合も狭い隙間を透過する光の重ね合わせにより，それらが強め合う角度の方向に強い光が観測される。このとき強め合う光の角度 θ_2 と d，λ，α，および整数 m の関係を表す数式を答えなさい。なお，図２では強め合う光の方向のうち，１つの角度のみを示している。

（オ）溝の間隔 d〔m〕が光の波長 λ〔m〕と等しいガラス板を用いて，図２（c）のように光をガラス板の面に角度 α で上向きに入射したところ，ガラス板に垂直な軸に対して下向きに，入射角と同じ角度 α の方向に強め合う光が観測された。このときの角度 α を求めなさい。ただし，$0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$ とする。

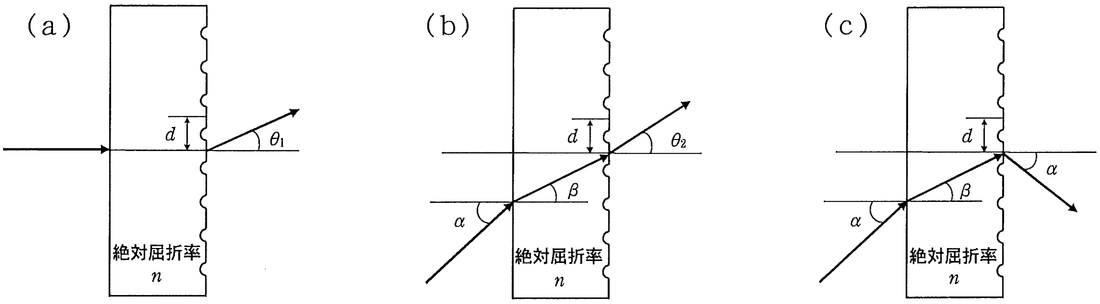

図２

物理基礎・物理

4. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。円周率をπとする。

抵抗値R_1と抵抗値R_2の2種類の抵抗があり，これらの抵抗値の間には $R_1 = r$〔Ω〕, $R_2 = 2r$〔Ω〕の関係がある。図1はこの2種類の抵抗，および起電力V〔V〕の電池を用いた回路である。なお，電池の内部抵抗は無視できるとする。以下の（1）と（2）の問いに答えなさい。

（1）図1の回路図中の点AB間の合成抵抗，および点AC間の電圧をr, Vのうち必要な記号を用いて答えなさい。

（2）図1の回路図中の点Cを流れる電流の大きさ，および図1の回路全体の消費電力をrとVを用いて表しなさい。

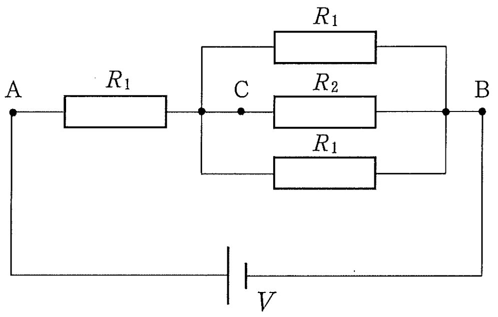

図1

次に，1辺の長さd〔m〕の正方形ABCDの領域Pがあり，図2のように原点O，およびx軸，y軸をとる。領域Pにはy軸に平行に上向きの強さE〔N/C〕の一様な電場が加えられ，正の電気量q〔C〕，質量m〔kg〕の荷電粒子が，x軸に沿って電場に垂直に原点Oから速さv〔m/s〕で領域Pに入射し，x軸とのなす角θの方向に辺CDを横切って通過した。なお，θはx軸の向きに対して反時計まわりの角を正とする。また，荷電粒子が原点Oを通過した時刻を$t = 0$ sとし，重力の影響は無視できるとする。以下の（3）～（8）の問いに答えなさい。

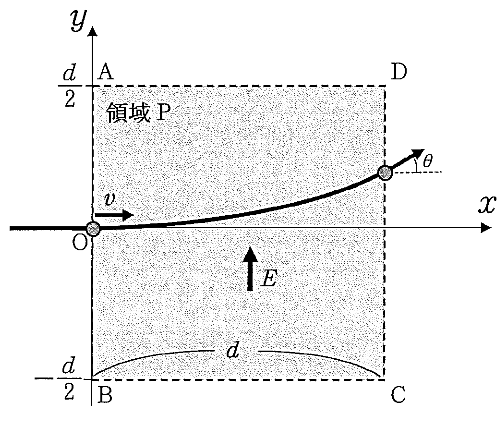

図2

（3）入射後の領域P内における荷電粒子のx座標およびy座標をそれぞれ時刻tの関数として式で表すと,

$x =$ ＿＿（a）＿＿ 〔m〕

$y =$ ＿＿（b）＿＿ 〔m〕

となる。空欄（a），（b）に入る式をm, q, v, d, E, tのうち必要な記号を用いて答えなさい。

（4）荷電粒子が領域Pを通過する間に電場から与えられるエネルギーを m, q, v, d, E のうち必要な記号を用いて答えなさい。

（5）$\tan\theta$ を m, q, v, d, E のうち必要な記号を用いて表しなさい。また，荷電粒子が頂点Dを通って領域Pを通過したとき，角度 θ〔°〕はいくらか数値で答えなさい。

（6）電場 E はそのままに，さらに領域Pに磁束密度の大きさ B〔T〕の一様な磁場を加えて同様に入射したところ，荷電粒子は x 軸上を直進して領域Pを通過した。加えた磁場の向きを（ア）～（カ）の中から一つ選びなさい。

（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

（オ）紙面に垂直で表から裏の向き

（カ）紙面に垂直で裏から表の向き

（7）（6）において，荷電粒子が直進するための磁束密度の大きさ B を m, q, v, d, E のうち必要な記号を用いて答えなさい。

（8）（6）において加えた一様な磁場の向きはそのままに，電場の強さを $E = 0$ として，磁束密度の大きさ B〔T〕の一様な磁場のみにした領域Pに同様に荷電粒子を入射したところ，荷電粒子は $\theta = -30°$ で辺CDを横切って通過した。通過した時刻 t'〔s〕を π, m, q, d, B のうち必要な記号を用いて答えなさい。