琉球大学

2023 年度　前期日程　物理

（2 科目　100 分）

1 以下の文章中の［ ① ］～［ ⑩ ］に最も適切な数値，数式，または選択肢の記号を記入せよ。(20 点)

問 1　図 1 － I のように，ロープでつった板の上に人が乗り，ロープには 2 つの滑車が取り付けられている。人が板から離れないように定滑車にかけたロープの一端を人が引っ張って，板は地面から離れて水平に静止しているとする。動滑車と板の質量をどちらも M とし，人の質量を $7M$ とすると，人が板から受ける垂直抗力の大きさは $N =$［ ① ］となる。ただし，ロープの質量および 2 つの滑車とロープとの間の摩擦は無視でき，また，滑車にかかっているロープは滑車に接している部分を除きすべて鉛直になっているものとする。重力加速度の大きさを g とする。

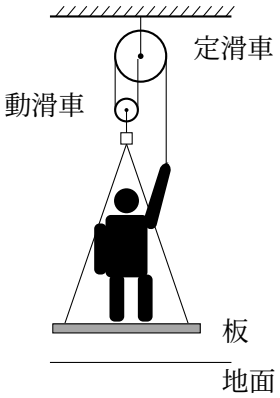

図 1 － I

問 2　1 mol の単原子分子理想気体をピストンのついたシリンダーに閉じ込めて，図 1 － Ⅱのように，気体の圧力や体積を A → B → C → D → A のサイクルでゆっくりと変化させた。状態 A の絶対温度と圧力をそれぞれ T_0，P_0 として，図 1 － Ⅱにこの 1 サイクルでのそれぞれの状態における気体の圧力 P と絶対温度 T を示す。ただし，A → B と C → D は定積変化，B → C と D → A は定圧変化であり，気体定数を R とする。

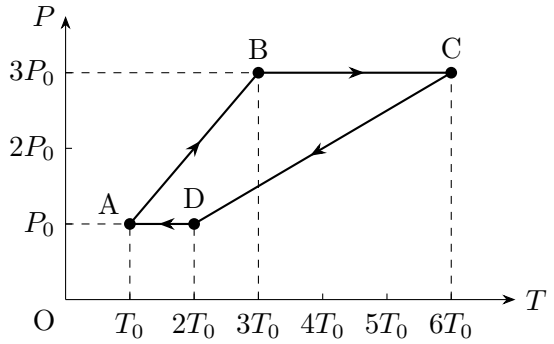

図 1 － Ⅱ

(1)　A → B → C の変化で気体が吸収した熱量は［　②　］である。

(2)　このサイクルの熱効率は［　③　］となる。

問 3　片側が閉じたシリンダーに単原子分子理想気体を入れ，なめらかに動くピストンで封じ込めた。最初，シリンダー内の体積は V_1，絶対温度は T_1 であった。その後，外部との熱の出入りがないようにしながらピストンをゆっくり押し込み，体積を V_2 にした。そのときの気体の絶対温度は V_1，V_2，T_1 を用いて $T_2 =$［　④　］と表せる。

問 4　図 1 －Ⅲのように，底にコックのついた筒状の容器が水で満たされていて，その上部は開いている。その容器の上に振動数 f のおんさを設置した。下のコックをわずかに開けると水面がゆっくり下がった。おんさを鳴らすと，容器の底からの水面の距離が L_0 のとき，1 度目の共鳴が起こった。2 度目の共鳴が起こるのは，容器の底から水面までの距離が $L_1 =$ ⑤ になったときである。ただし，このときの音速を v とする。

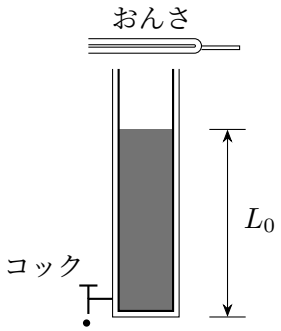

図 1 －Ⅲ

問 5　図 1 －Ⅳのように，空気中に置いた絶対屈折率 n の円柱状のガラス上面の中心にある点 A から単色光を入射した。点 A での入射角を α にしたところ，単色光はガラスの側面の点 B において屈折角が 90° で進んだ。このとき，入射角 α とガラスの絶対屈折率 n との間に成り立つ関係式は ⑥ である。ただし，空気の絶対屈折率を 1 とし，反射光は無視する。

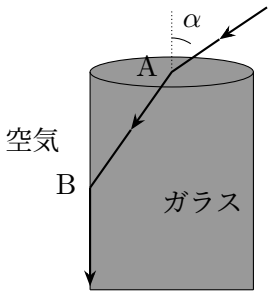

図 1 －Ⅳ

問 6　図 1 － V のように，座標 $(0,\ a)$ に電気量 $+q$，座標 $(0,\ -a)$ に電気量 $-q$ の点電荷をそれぞれ置いた。ただし，$a > 0$，$q > 0$ とし，クーロンの法則の比例定数を k とする。

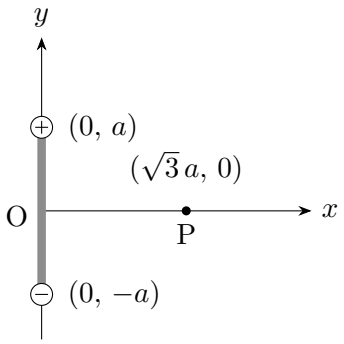

図 1 － V

(1)　座標 $(\sqrt{3}\,a,\ 0)$ の点 P での電場（電界）の強さは［ ⑦ ］である。

(2)　点電荷の間の距離を変えないように，2 つの点電荷を軽く細い絶縁体棒で連結する。この絶縁体棒は，自由に動けるものとする。x 軸の正の向きに強さ E の一様な電場を加えたとき，この絶縁体棒にはたらく偶力のモーメントの大きさは［ ⑧ ］である。

問 7　図 1 －VI (a) のように，陰極から初速度 0 で放出された電子が加速電圧 V で加速され，ある物質でできた陽極に衝突して，X 線が発生した。そのときの X 線の強度と波長の関係を模式的に表したグラフを図 1 －VI (b) に示す。ここで，真空中の光速を c，プランク定数を h，電気素量を e とする。

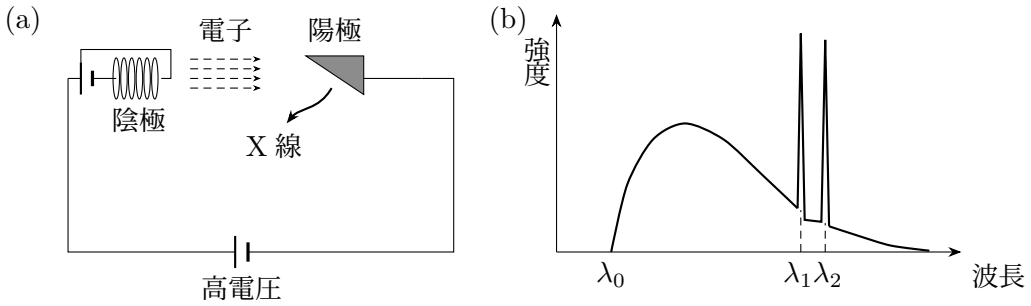

図 1 －VI

(1)　電子が陽極に衝突して発生する X 線の最短波長を，加速電圧 V を用いて表すと $\lambda_0 =$ ⑨ である。

(2)　図 1 －VI (b) より，λ_1，λ_2 の波長を持つ強い強度の X 線が放出されることが分かる。これらの X 線について，加速電圧を増加させると，

	(ア)　λ_1 と λ_2 はともに変化しない
	(イ)　λ_1 と λ_2 はともに短くなる
⑩	(ウ)　λ_1 と λ_2 はともに長くなる
	(エ)　λ_1 は短くなり，λ_2 は長くなる
	(オ)　λ_1 は長くなり，λ_2 は短くなる

。

2 以下の各問に答えよ。(15 点)

図 2 － I のように，ばね定数 k の軽いばねが固定された台と，質量 M の台車が，なめらかな水平面上に置かれている。台は水平面上にブロックで固定されており，その上面は水平でなめらかである。台の上面には，ばねと質量 m の小物体 A と質量 $2m$ の小物体 B が一直線上に配置されており，これらの運動はこの直線上に限られ，台車はこの直線と平行に運動するものとする。なお，速度は図の右向きを正とする。

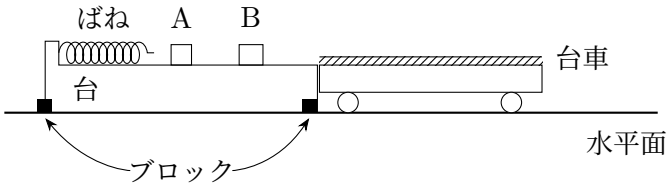

図 2 － I

A をばねに押しつけ，ばねを自然の長さから x だけ縮めて静かに手を放したところ，A は右向きに運動をはじめ，ばねが自然の長さに戻ったところでばねから離れた。A は速度 v で B に向かって進み，A と B は衝突した。A と B の間の反発係数を $\dfrac{1}{2}$ とする。その後，B は台車に向かって進んだ。台と台車の上面は同じ高さで，B は台から台車になめらかに乗り移る。台車の上面は粗く常に水平であり，B との間の動摩擦係数は μ' とする。

B が台車に速度 v_{B} でなめらかに乗り移ると，台車は水平面の上をなめらかに右向きに動き出した。B は台車の上面をすべりながら徐々に速度を失い，最終的に台車と B は一体となって水平面を右向きに速度 V で運動した。重力加速度の大きさを g とし，A，B の大きさ，ならびに，空気抵抗は無視できるものとする。また，台車の空気抵抗も無視できるものとする。

問 1　A が B と衝突する直前の A の速度 v を k，m，x を用いて表せ。

問 2　A と B の衝突直後における B の速度 v_{B} を v を用いて表せ。

問 3　速度 V を v_{B}，m，M を用いて表せ。

問 4　台車が動き出してから B が台車に対してすべった距離を v_{B}，m，M，μ'，g のうちから必要なものを用いて表せ。

問 5　台車が動き出してから速度 V になるまでの時間を V，m，M，μ'，g のうちから必要なものを用いて表せ。

3 以下の **A**，**B** の各問に答えよ。(15 点)

A　図 3 － I のように，12 V の電池，2.0 Ω，3.0 Ω，4.0 Ω，6.0 Ω の抵抗，抵抗値を自由に変えられる可変抵抗 R_C で構成された回路がある。配線の抵抗および電池の内部抵抗は無視できるものとする。はじめに，R_C の抵抗値を 0 Ω にした。

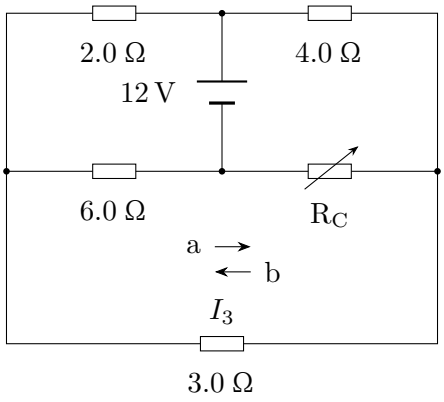

図 3 － I

問 1　3.0 Ω の抵抗に流れる電流 I_3 の向きを図 3 － I の中の a または b から選び，その記号で答えよ。また，電流 I_3 の大きさを求めよ。

問 2　次に R_C の抵抗値を大きくしていくと，ある抵抗値 R で 3.0 Ω の抵抗に電流が流れなくなった。この抵抗値 R を求めよ。

B　図 3 － Ⅱ のように 2 本の十分に長いレールを間隔 l あけて，鉛直に固定する。この 2 本のレールに対し垂直に長さ l，質量 m の導体棒をとり付ける。導体棒の両端はレールから離れることはなく，レールに接したまま上下になめらかに動くことができる。2 本のレールの端には，抵抗値 R の抵抗，起電力 V の電池，スイッチ S が接続されている。磁束密度の大きさが B の一様な磁場（磁界）が，2 本のレールを含む平面と垂直に，平面の裏から表の向きにレールの間を貫いている。装置は周囲の物質の影響を受けないものとし，レール，導線，導体棒の電気抵抗，レールと導体棒の接触抵抗，および電池の内部抵抗は無視できるものとする。また，重力加速度の大きさを g とし，空気抵抗は無視できるものとする。

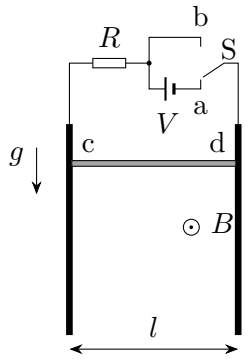

図 3 － Ⅱ

導体棒の位置を固定し，スイッチ S を端子 a に接続する。

問 3　導体棒に流れる電流が磁場から受ける力の大きさ F を求めよ。また，この力のはたらく向きを以下の (ア)〜(カ) の選択肢の中から 1 つ選び，その記号で答えよ。

(ア)　鉛直上向き　　(イ)　鉛直下向き　　(ウ)　右向き　　(エ)　左向き

(オ)　平面（紙面）の裏から表の向き

(カ)　平面（紙面）の表から裏の向き

次に，スイッチ S を端子 b に接続し，導体棒を自由に落下させたところ，最終的に一定の速さ v で落下した。

問 4　導体棒の速さ v を求めよ。

問 5　導体棒と抵抗からなる回路には一定の電流が流れる。この電流により単位時間当たりに発生するジュール熱を g を用いて表せ。