

令和4年度入学者選抜学力検査問題

理 科

物 理 1 ページ～21 ページ

化 学 22 ページ～33 ページ

生 物 34 ページ～48 ページ

注 意 事 項

1. この冊子は、監督者から解答を始めるよう合図があるまで開いてはいけません。
2. 監督者から指示があったら、解答用紙の上部の所定欄に受験番号、座席番号を、また、下部の所定欄には座席番号をそれぞれ記入しなさい。その他の欄に記入してはいけません。
3. 選択科目は、届け出た科目について解答しなさい。それ以外の科目について解答すると失格となります。
4. 解答すべき問題の番号は、学部・学科等で異なるので、各科目の最初に書いてある注意事項の表で確認しなさい。
5. この冊子の余白の部分を計算、下書きに使用してもかまいません。
6. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、持ち帰ってはいけません。
7. この冊子は、持ち帰りなさい。
8. 落丁、乱丁または印刷不備があったら申し出なさい。

物 理

- 注意**
1. 志望する学部・学科等により，表に示す番号の問題を解答すること。
 2. 解答は，問題文中に特に指示がない限り，**結果のみ**を解答用紙の所定の欄に記入すること。

志 望 す る 学 部 ・ 学 科 等		解 答 す る 問 題 番 号			
国際教養学部	志望者のうち物理を選択する者	1	3	5	6
教育学部	志望者のうち物理を選択する者	1	3	5	
理学部	数学・情報数理学科，化学科，生物学科，地球科学科志望者のうち物理を選択する者	1	3	5	
理学部	物理学科	2	4	5	6
工学部	総合工学科(建築学コース，機械工学コース，電気電子工学コース，情報工学コース)	2	4	6	
工学部	総合工学科(都市工学コース，デザインコース，医工学コース，物質科学コース，共生応用化学コース)	1	3	5	
園芸学部	志望者のうち物理を選択する者	1	3	5	
医学部	志望者のうち物理を選択する者	2	4	6	
薬学部	志望者のうち物理を選択する者	2	4	6	
看護学部	志望者のうち物理を選択する者	1	3	5	
先進科学プログラム (方式Ⅱ)	物理学関連分野	2	4	5	6
先進科学プログラム (方式Ⅱ)	工学関連分野(都市工学コース，医工学コース，物質科学コース，共生応用化学コース)志望者，および化学関連分野，生物学関連分野志望者のうち物理を選択する者	1	3	5	
先進科学プログラム (方式Ⅱ)	工学関連分野(建築学コース，機械工学コース，電気電子工学コース，情報工学コース)	2	4	6	
先進科学プログラム (総合型選抜)		1	3	5	

- 1 図1のように、なめらかで十分長い直線状の棒 OP を鉛直に立てて O 端を水平な床に固定した。この棒に、同じ質量 m の穴の開いた小さい物体 A, B を通した。物体 A には、ばね定数 k の軽いばねをつけ、ばねの他端は棒の O 端に固定した。ばねは OP 方向のみに伸縮し、棒と物体 A, B の間に摩擦はないものとする。さらに、物体 A のばねとは反対側に接着剤で物体 B を接着した。物体 A, B が押しあうときは物体 A と B は離れないが、引きあうときは引きあう力の大きさが接着剤の接着力以上になると物体 A と B は離れる。重力加速度の大きさを g として、以下の問いに答えなさい。ただし、物体 A, B は O 端に接触することがなく、物体 A, B の大きさ、接着剤の質量や厚さ、空気抵抗は無視できるものとする。

はじめに、ばねはその自然長から d_1 だけ縮んで、物体 A, B はつりあいの位置に静止していた。図1のように、このつりあいの位置を $x = 0$ とし、鉛直上向きを正とする x 軸をとり、物体の位置はその x 座標を用いて表すことにする。

問 1 ばねの縮み d_1 を、 m , k , g を用いて表しなさい。

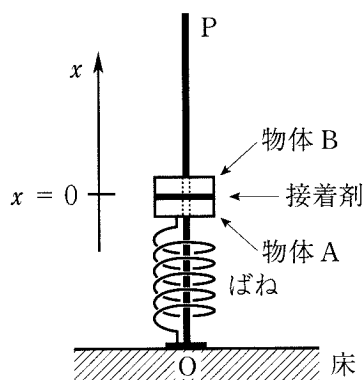


図 1

まず、接着剤の接着力が十分大きく、物体 A と B が離れない場合を考える。
物体 B をつりあいの位置から b だけ押し下げ、静かに手をはなすと、物体 A と B は一体のまま上下に振動した。

問 2 この振動の周期を、 m 、 k を用いて表しなさい。

問 3 この振動をしているときの物体 A、B の速さの最大値を、 m 、 k 、 b を用いて表しなさい。

物体 A と B が一体のまま運動しているときの両物体の位置の座標を x とする。また、物体 A が物体 B から受ける力を T とし、 x 軸の正の向きを T の正の向きとする。つまり、 T が正のときは物体 A と B は引きあっているが、 T が負のときは押しあっていることになる。

問 4 このとき、物体 B にはたらく力を、 m 、 g 、 T を用いて表しなさい。 x 軸の正の向きを物体 B にはたらく力の正の向きとすること。

問 5 物体 A、B の運動方程式を考えることで、 T を、 m 、 k 、 g 、 x を用いて表しなさい。

問 6 T を x の関数として、 $-3d_1 \leq x \leq 3d_1$ の範囲でグラフに描きなさい。ただし、ここでは $b > 3d_1$ とする。 $x = -3d_1$ および $x = 3d_1$ のときの T の値、グラフが T 軸および x 軸と交わる点の値を、 m 、 k 、 g のうち必要な記号を用いてグラフ中に記入すること。

次に、接着剤の接着力が小さく、物体 A、B 間の引きあう力の大きさが mg 以上になると、物体 A と B は離れる場合を考える。ただし、離れる瞬間の前後で、物体 A と B の運動エネルギーや、ばねの弾性エネルギーは変化しないものとする。

物体 B をつりあいの位置から b だけ押し下げ、静かに手をはなすと、物体 B は運動の途中で物体 A から離れた。

問 7 運動の途中で物体 B が物体 A から離れるためには、 b はある値 b_1 以上でなければならない。 b_1 を、 m 、 k 、 g を用いて表しなさい。

問 8 物体 B が物体 A から離れた瞬間の物体 B の速さを、 m 、 k 、 g 、 b を用いて表しなさい。

- 2 図1のように、なめらかで十分長い直線状の棒OPを鉛直に立ててO端を水平な床に固定した。この棒に、同じ質量 m の穴の開いた小さい物体A, Bを通した。物体Aには、ばね定数 k の軽いばねをつけ、ばねの他端は棒のO端に固定した。ばねはOP方向のみに伸縮し、棒と物体A, Bの間に摩擦はないものとする。さらに、物体Aのばねとは反対側に接着剤で物体Bを接着した。物体A, Bが押しあうときは物体AとBは離れないが、引きあうときは引きあう力の大きさが接着剤の接着力以上になると物体AとBは離れる。重力加速度の大きさを g として、以下の問いに答えなさい。ただし、物体A, BはO端に接触することがなく、物体A, Bの大きさ、接着剤の質量や厚さ、空気抵抗は無視できるものとする。

はじめに、ばねはその自然長から d_1 だけ縮んで、物体A, Bはつりあいの位置に静止していた。図1のように、このつりあいの位置を $x = 0$ とし、鉛直上向きを正とする x 軸をとり、物体の位置はその x 座標を用いて表すことにする。

問1 ばねの縮み d_1 を、 m , k , g を用いて表しなさい。

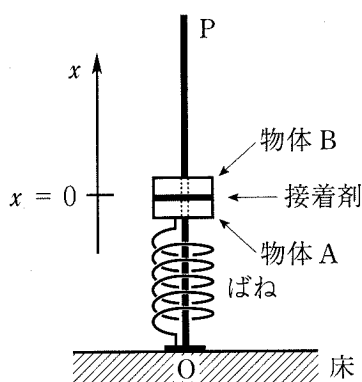


図1

まず、接着剤の接着力が十分大きく、物体 A と B が離れない場合を考える。物体 B をつりあいの位置から b だけ押し下げ、静かに手をはなすと、物体 A と B は一体のまま上下に振動した。

問 2 この振動の周期を、 m , k を用いて表しなさい。

問 3 この振動をしているときの物体 A, B の速さの最大値を、 m , k , b を用いて表しなさい。

物体 A と B が一体のまま運動しているときの両物体の位置の座標を x とする。また、物体 A が物体 B から受ける力を T とし、 x 軸の正の向きを T の正の向きとする。つまり、 T が正のときは物体 A と B は引きあっているが、 T が負のときは押しあっていることになる。

問 4 このとき、物体 B にはたらく力を、 m , g , T を用いて表しなさい。 x 軸の正の向きを物体 B にはたらく力の正の向きとすること。

問 5 物体 A, B の運動方程式を考えることで、 T を、 m , k , g , x を用いて表しなさい。

問 6 T を x の関数として、 $-3d_1 \leq x \leq 3d_1$ の範囲でグラフに描きなさい。ただし、ここでは $b > 3d_1$ とする。 $x = -3d_1$ および $x = 3d_1$ のときの T の値、グラフが T 軸および x 軸と交わる点の値を、 m , k , g のうち必要な記号を用いてグラフ中に記入すること。

次に、接着剤の接着力が小さく、物体 A, B 間の引きあう力の大きさが mg 以上になると、物体 A と B は離れる場合を考える。ただし、離れる瞬間の前後で、物体 A と B の運動エネルギーや、ばねの弾性エネルギーは変化しないものとする。

物体 B をつりあいの位置から b だけ押し下げ、静かに手をはなすと、物体 B は運動の途中で物体 A から離れた。

問 7 運動の途中で物体 B が物体 A から離れるためには、 b はある値 b_1 以上でなければならない。 b_1 を、 m , k , g を用いて表しなさい。

問 8 物体 B が物体 A から離れた瞬間の物体 B の速さを、 m , k , g , b を用いて表しなさい。

次に、棒 OP を床からはずし、図 2 のように、棒 OP を水平にし、O 端を通る鉛直線を軸として一定の角速度 ω ($\omega > 0$) で棒が回転している場合を考える。この場合も、接着剤の接着力は小さく、物体 A、B 間の引きあう力の大きさが mg 以上になると、物体 A と B は離れるものとする。

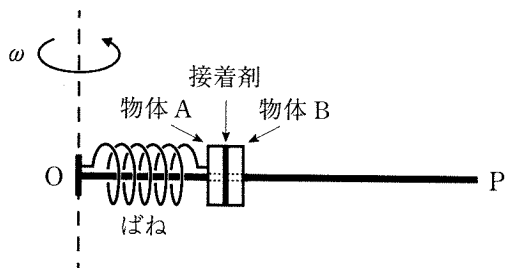


図 2

棒が回転している状態で、ばねはその自然長から d_2 だけ伸び、物体 A、B は接着したまま離れることなく OP 方向のつりあいの位置になった。ただし、ばねの自然長を ℓ とする。

問 9 ばねの伸び d_2 を、 m 、 ℓ 、 k 、 ω を用いて表しなさい。

問10 つりあいの位置で物体 B が物体 A から離れないためには、 ω はある値 ω_0 より小さくなければならない。 ω_0 を、 m 、 ℓ 、 k 、 g を用いて表しなさい。

次に、棒が回転している状態で、物体 B を上記のようにつりあっていた位置から O 端方向に s だけ押し、静かに手をはなすと、物体 B は物体 A と一体のまま OP 方向にも運動を始め、運動の途中で物体 A から離れた。ただし、ここでは $s < \frac{2mg}{k}$ とする。

問11 運動の途中で物体 B が物体 A から離れるためには、 ω はある値 ω_1 以上でなければならない。 ω_1 を、 m 、 ℓ 、 k 、 g 、 s を用いて表しなさい。

- 3** 真空中の荷電粒子の運動について、クーロンの法則の比例定数を k として、以下の問いに答えなさい。ただし、重力の影響は無視してよい。また、角度はラジアンを単位として表す。

A

図1のように、 xy 平面の原点 O に正の電気量 Q をもつ点電荷が固定されている。点 $(d, 0)$ に置かれている電気量 q 、質量 m の点電荷 P を、時刻 $t = 0$ に x 軸となす角度 θ ($0 \leq \theta \leq \pi$) の向きに速さ v で打ち出す。

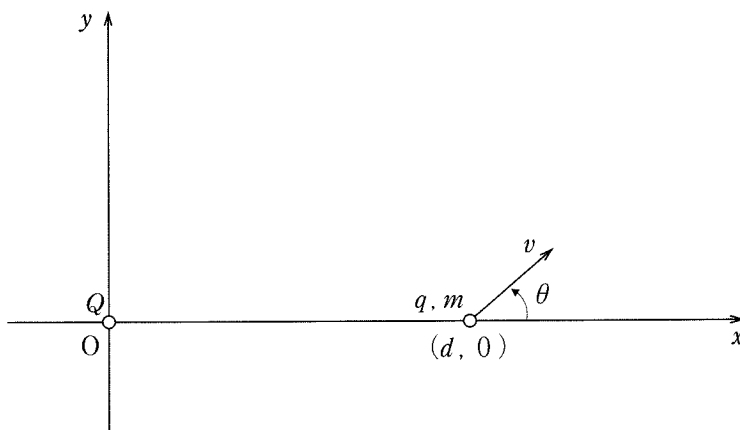


図1

問1 時刻 $t = 0$ において、点電荷間にはたらく力の大きさ F を k, m, d, v, q, Q のうち必要な記号を用いて表しなさい。

問2 静電気力による位置エネルギーの基準を無限遠とする。時刻 $t = 0$ に小球を打ち出した直後における、点電荷 P の運動エネルギーと静電気力による位置エネルギーの和 E_0 を k, m, d, v, q, Q のうち必要な記号を用いて表しなさい。

まず、電気量 q の符号が正である場合を考える。

問 3 点電荷 P を打ち出した後、点電荷 P の速さが 0 になるときがあった。この場合の θ の値を答えなさい。また、点電荷 P の速さが 0 になったときの点電荷間の距離 r を k, m, d, v, q, Q のうち必要な記号を用いて表しなさい。

問 4 前問とは異なる θ の条件で点電荷 P を打ち出したところ、点電荷 P の速さは v より小さくなることはなかった。このとき、角度 θ はある範囲になければならない。 θ の範囲を求めなさい。

次に、電気量 q の符号が負である場合を考える。

問 5 点電荷 P を打ち出した後、点電荷 P の速さは v のままであった。この場合、 θ と v はある条件を満たさなければならない。 θ の値を求めなさい。また、 v を k, m, d, q, Q のうち必要な記号を用いて表しなさい。

問 6 電位の基準を無限遠とし、 $q = -3Q$ とする。時刻 $t = 0$ における x 軸に沿った電位を $V(x)$ とする。 $V(x) = 0$ となるすべての x の値を d を用いて表しなさい。ただし、無限遠は解答に含めないものとする。

B

図2のように、 xy 平面に垂直に z 軸をとる。 y 軸の正の向きに強さ E の一様な電場が加わっている。また、 z 軸の正の向きに磁束密度 B の一様な磁場が加わっている。原点 O に置かれている正の電気量 q 、質量 m の点電荷 P を、時刻 $t = 0$ に x 軸の正の向きに速さ v で打ち出した。点電荷 P はその後、初速度と同じ速度で点 $(d, 0, 0)$ を通過した。 B を m, d, v, E, q のうち必要な記号を用いて表しなさい。

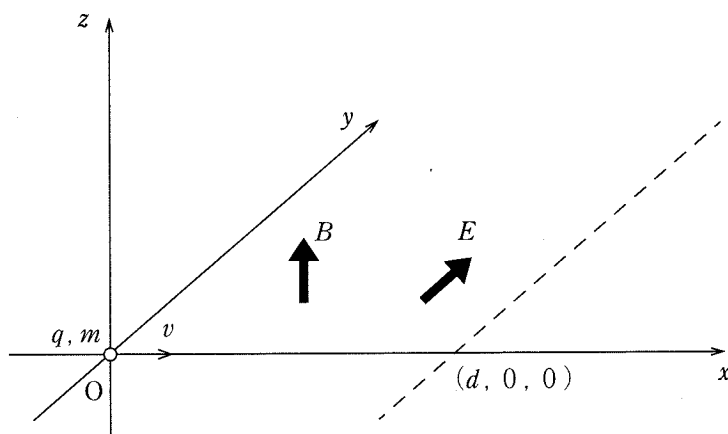


図 2

- 4 真空中の荷電粒子の運動について、クーロンの法則の比例定数を k として、以下の問いに答えなさい。ただし、重力の影響は無視してよい。また、角度はラジアンを単位として表す。

A

図1のように、 xy 平面の原点 O に正の電気量 Q をもつ点電荷が固定されている。点 $(d, 0)$ に置かれている電気量 q 、質量 m の点電荷 P を、時刻 $t = 0$ に x 軸となす角度 θ ($0 \leq \theta \leq \pi$) の向きに速さ v で打ち出す。

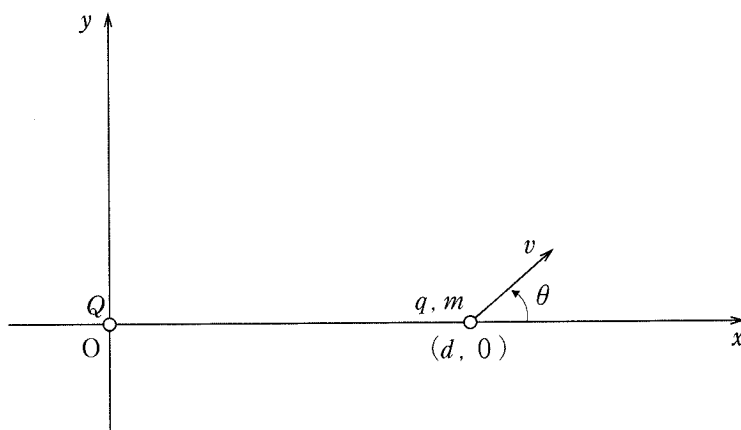


図1

- 問1 時刻 $t = 0$ において、点電荷間にはたらく力の大きさ F を k, m, d, v, q, Q のうち必要な記号を用いて表しなさい。
- 問2 静電気力による位置エネルギーの基準を無限遠とする。時刻 $t = 0$ に小球を打ち出した直後における、点電荷 P の運動エネルギーと静電気力による位置エネルギーの和 E_0 を k, m, d, v, q, Q のうち必要な記号を用いて表しなさい。

まず、電気量 q の符号が正である場合を考える。

問 3 点電荷 P を打ち出した後、点電荷 P の速さが 0 になるときがあった。この場合の θ の値を答えなさい。また、点電荷 P の速さが 0 になったときの点電荷間の距離 r を k, m, d, v, q, Q のうち必要な記号を用いて表しなさい。

問 4 前問とは異なる θ の条件で点電荷 P を打ち出したところ、点電荷 P の速さは v より小さくなることはなかった。このとき、角度 θ はある範囲になければならない。 θ の範囲を求めなさい。

次に、電気量 q の符号が負である場合を考える。

問 5 点電荷 P を打ち出した後、点電荷 P の速さは v のままであった。この場合、 θ と v はある条件を満たさなければならない。 θ の値を求めなさい。また、 v を k, m, d, q, Q のうち必要な記号を用いて表しなさい。

問 6 電位の基準を無限遠とし、 $q = -3Q$ とする。時刻 $t = 0$ における x 軸に沿った電位を $V(x)$ とする。 $-3d \leq x \leq 3d$ の範囲における $V(x)$ のグラフのおおまかな様子を描きなさい。ただし、 $V(x) = 0$ となる x の値を記入しなさい。なお、極値を与える x の値や極値をグラフ中に記入する必要はない。

B

図2のように、 xy 平面に垂直に z 軸をとる。 y 軸の正の向きに強さ E の様な電場が加わっている。図2(a)では z 軸の正の向きに、図2(b)では y 軸の正の向きに、磁束密度 B の様な磁場が加わっている。原点 O に置かれている正の電気量 q 、質量 m の点電荷 P を、時刻 $t = 0$ に x 軸の正の向きに速さ v で打ち出す。

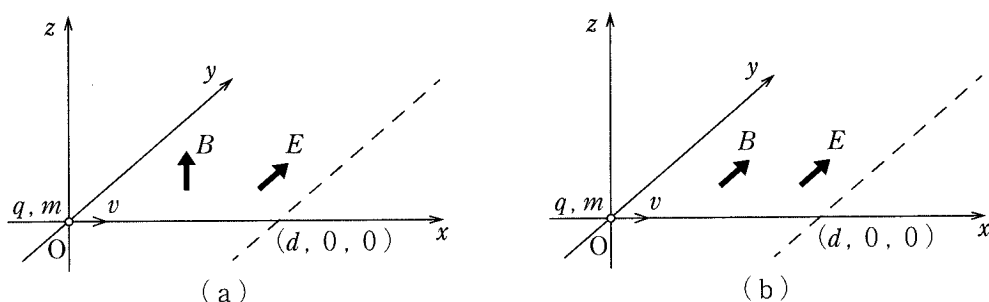


図2

まず、図2(a)のように、磁場の向きが z 軸の正の向きの場合を考える。

問1 点電荷 P はその後、初速度と同じ速度で点 $(d, 0, 0)$ を通過した。 B を m, d, v, E, q のうち必要な記号を用いて表しなさい。

次に、図2(b)のように、磁場の向きが y 軸の正の向きの場合を考える。打ち出された点電荷 P は時刻 $t = T$ に、はじめて x 座標の値が d になった。

問2 点電荷 P の x 座標の値がはじめて d になるまでの、ある時刻 t における点電荷 P の加速度の x 成分、 y 成分、 z 成分をそれぞれ a_x, a_y, a_z とする。また速度の x 成分、 y 成分、 z 成分をそれぞれ v_x, v_y, v_z とする。運動方程式の x 成分、 y 成分、 z 成分を、 $d, v_x, v_y, v_z, E, B, q$ のうち必要な記号を用いて表しなさい。

問 3 点電荷 P の、磁場に垂直な平面内での運動は等速円運動となる。この円運動の半径を R 、角速度を ω (ただし、 $\omega > 0$) とすると、時刻 t における点電荷 P の x 座標、 z 座標はそれぞれ $x = R \sin \omega t$ 、 $z = R(1 - \cos \omega t)$ と表すことができる。 R 、 ω を m 、 d 、 v 、 E 、 B 、 q のうち必要な記号を用いてそれぞれ表しなさい。

以下では、 ωT の絶対値は十分小さいものとしてよい ($|\omega T| \ll 1$)。

問 4 T を m 、 d 、 v 、 E 、 q のうち必要な記号を用いて表しなさい。ただし、次の近似式を用いなさい。

$|\theta| \ll 1$ のとき、

$$\sin \theta \doteq \theta$$

問 5 時刻 $t = T$ における点電荷 P の座標を (d, Y, Z) とする。比電荷 $\frac{q}{m}$ を d 、 Y 、 Z 、 E 、 B のうち必要な記号を用いて表しなさい。ただし、解答には v 、 ω が含まれないことに注意しなさい。また、次の近似式を用いなさい。

$|\theta| \ll 1$ のとき、

$$\sin \theta \doteq \theta$$

$$\cos \theta \doteq 1 - \frac{1}{2} \theta^2$$

- 5 空気中を伝わる音のドップラー効果に関する以下の問いに答えなさい。ただし、風がないときの空気中の音速を V として、解答に用いる物理量を表す記号は、問題文中に与えられているもののみを用いること。また、問1から問8は風が吹いていない場合を考える。

図1のように音源が振動数 f の音を出しながら、音速より十分遅い一定の速さ u で、静止している観測者に近づいている。ここでは、音源が観測者を通り過ぎることはないものとする。



図1

問1 観測者が聞く音の振動数を求めなさい。

問2 観測者が観測する音の波長を求めなさい。

問3 音源から時間 t の間、音を出す場合、観測者にはある時間の間、音が聞こえる。観測者に音が聞こえる時間を求めなさい。

次に、図2のように、静止している観測者に音源が近づく方向の先に、反射板を置いた。音源、観測者、反射板は一直線上に並んでいる。はじめ、反射板は静止していた。

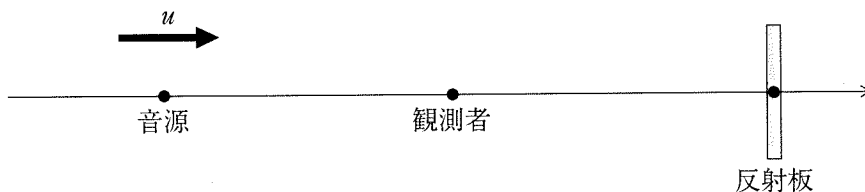


図2

問 4 観測者が聞く反射板で反射した音の振動数を求めなさい。

問 5 音源が観測者を通り過ぎると、観測者はうなりを聞いた。このうなりの周期を求めなさい。

次に、図 3 のように、静止している観測者を音源が通り過ぎた後、反射板が音速より十分遅い一定の速さ w で観測者から遠ざかる向きに動き出した。ただし、 $w > u$ とする。

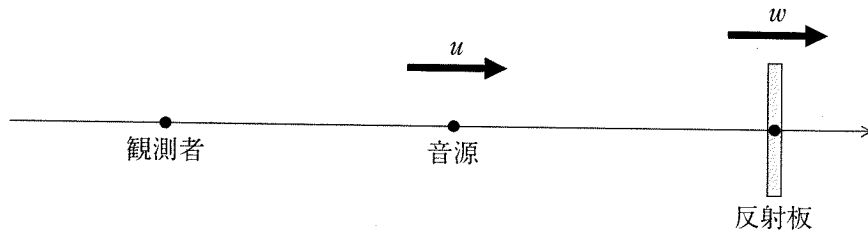


図 3

問 6 反射板に音の観測装置を取りつけた。この装置により検出される音の振動数を求めなさい。

問 7 観測者が聞く反射板で反射した音の振動数を求めなさい。

問 8 観測者が聞くうなりの周期を求めなさい。

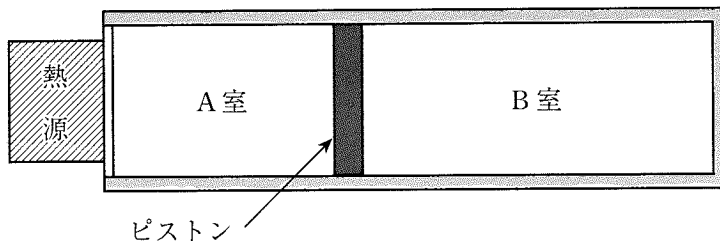
問 9 観測者から反射板に向かう向きに、音速より十分遅い一定の速さ α で一様な風が吹いている場合を考える。このとき観測者が聞く反射板で反射した音の振動数を求めなさい。ただし、風は反射板の影響を受けないものとする。

6

図のように、ピストンのついた円筒容器に単原子分子理想気体を閉じ込める。ピストンは摩擦なくなめらかに動き、容器の外から力を加えてその動きを制御することもできる。容器のA室は壁に熱源を接触させて内部の気体の温度を調整することができるが、それ以外の容器の壁やピストンを通した熱の出入りはないものとする。以下の問いに答えなさい。必要ならば、以下の理想気体の性質を用いて良い。

- ・十分にゆっくり行う断熱変化では、 $(\text{圧力}) \times (\text{体積})^\gamma$ が一定になるように変化する。 γ は比熱比である。
- ・物質質量 n 、温度 T の理想気体に十分にゆっくり等温変化を行ってその体積を V_1 から V_2 に変えるとき、気体が外部に行う仕事は体積 V のある関数 $f(V)$ を用いて $nRT \{f(V_1) - f(V_2)\}$ と表せる。 R は気体定数である。

解答には、上の文章中の関数 $f(V)$ を用いて良い。また、物理量を表す記号は、気体定数 R 、比熱比 γ と、以下の問題文中に与えられているもののみを用いること。



図

ピストンが自由に動けるようにして温度 T_L の低温熱源をA室に接触させ、十分時間が経ってピストンが静止した後、低温熱源を容器から離れた。このときのA室の気体の体積と圧力をそれぞれ V_0 、 P_0 とし、この状態を初期状態とする。

問 1 A室の気体の物質量を求めなさい。

つづいて、ピストンを固定して温度 T_H の高温熱源を A 室に接触させた。

問 2 十分時間が経った後の A 室の気体の圧力を求めなさい。また、A 室の気体が高温熱源から受け取った熱量を求めなさい。

つづいて、ピストンが動かないように外力を加えながらその固定を外し、高温熱源を接触させたまま、外力を調整してピストンをゆっくり動かし、A 室の気体を膨張させた。B 室の気体の体積が初期状態の a 倍になったところで、ピストンに加えた外力が 0 になり、そのまま外力なしでピストンはその位置に静止した。ただし、 $a < 1$ とする。

問 3 このときの B 室の気体の圧力と A 室の気体の体積を求めなさい。

問 4 この体積変化の間に A 室の気体が高温熱源から受け取った熱量を求めなさい。

つづいて、ピストンを固定して高温熱源を容器から離した。その後、温度 T_L の低温熱源を A 室に接触させ、十分時間が経った後、低温熱源を接触させたままピストンに外力を加えてゆっくりと動かし、A 室の気体の体積を V_0 に戻した。これで A 室の気体は初期状態に戻ったことになる。

問 5 低温熱源を接触させてから A 室の気体が初期状態に戻るまでの間に、A 室の気体が低温熱源から受け取った熱量を求めなさい。

初期状態から始めた一連の A 室の気体の状態変化は、高温熱源から熱を受け取って B 室の気体を含む外部に仕事をする熱機関のサイクルとみることができる。

問 6 この熱機関の効率を求めなさい。