

理 科

科目：物理基礎・物理

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題用紙を開いてはいけません。
2. 問題用紙は表紙を含めて7枚、解答用紙は6枚、下書用紙は1枚です。
試験開始の合図があってから確かめなさい。
3. 解答用紙に受験番号を記入しなさい。ただし、氏名を書いてはいけません。
4. 文字などの印刷に不鮮明なところがあった場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
5. 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。ただし、「総得点欄」「採点欄」「得点欄」に記入してはいけません。また、裏面を使用してはいけません。
6. 問題用紙の余白は、下書きとして利用してかまいません。
7. 配付された問題用紙、下書用紙は持ち帰りなさい。
8. 特に指示のない限り、解答のみでなく途中の導出過程も示しなさい。

問題用紙

(物理基礎・物理)

問題 1 下の問い（問 1～3）に答えなさい。

問 1 図 1 に示すような、真空中での波長 $\lambda = 580 \text{ nm}$ の単色光源、二つの反射鏡、二つの半透鏡、二つの透明な容器（ともに内側の厚さ $d = 2.0 \text{ mm}$ ）と光検出器からなる実験装置を考える。反射鏡はすべての入射光を反射し、半透鏡は入射光を等しい割合で透過光と反射光に分岐する。単色光源から出た光は半透鏡 1 で図 1 のように分岐され、それぞれ容器 1、容器 2 を透過したのち、半透鏡 2 に入射する。半透鏡 2 において容器 1 からの入射光の半分は反射し、容器 2 からの入射光の半分は透過し、互いに干渉して検出器に到達する。両方の容器が 1 気圧の空気で満たされているとき、検出器で光は検出されなかった。この状態から、容器 1 中の空気を真空ポンプにより徐々に排気すると、検出される光の強さは増加した後に減少し、真空になると再び検出されなくなった。この波長 λ における 1 気圧の空気の絶対屈折率 n を有効数字 6 桁で求めなさい。ただし、二つの容器に対して光は垂直に入射し、反射の影響は無視できるとする。

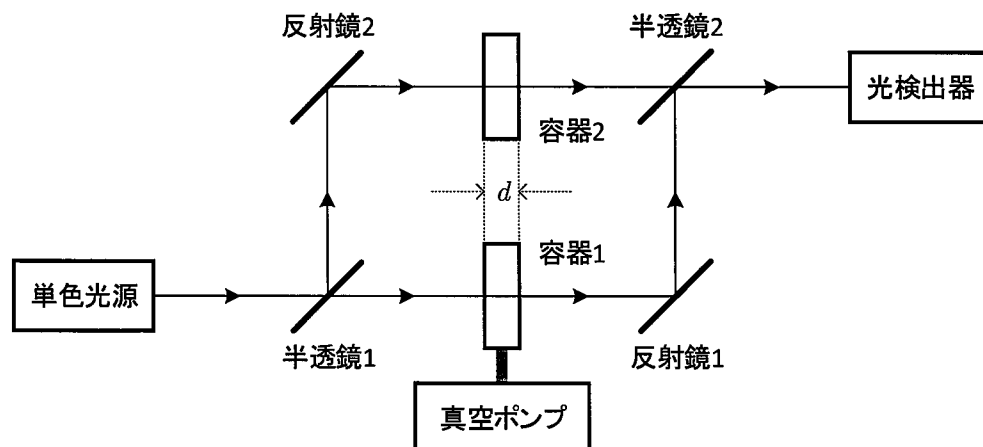


図 1

問題用紙
(物理基礎・物理)

問2 水平面上で、静止した音源から振動数 f_0 [Hz] の音が出ている。図2のように、音源の左側では板が速さ w [m/s] で音源に近づき、音源の右側では観測者が速さ v [m/s] で音源から遠ざかっている。このとき観測者は、音源から直接聞こえてくる音と、板で反射してから聞こえてくる音によるうなりを観測した。1秒あたりのうなりの回数を求めなさい。ただし、板と観測者は音源を通る一直線上を運動し、板の反射面はこの直線に対して垂直であるとする。また、音速 V [m/s] に比べて板と観測者の速さは十分に小さく、風は吹いていないとする。

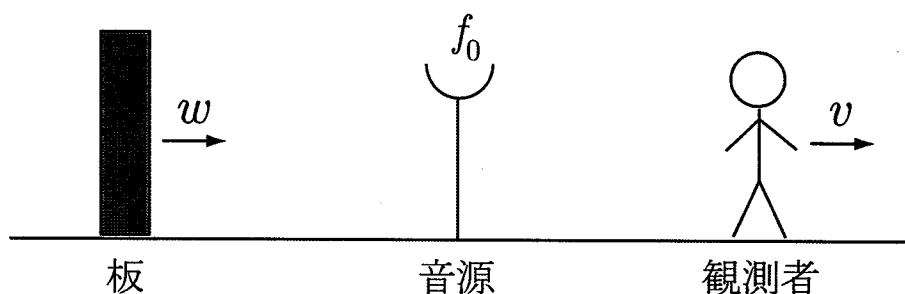


図2

問題用紙

(物理基礎・物理)

問 3 図 3 のように、物質量 n [mol] の理想気体の体積と圧力を過程 $A \rightarrow B \rightarrow C$ と過程 $A \rightarrow D \rightarrow C$ の 2 通りで変化させた。過程 $A \rightarrow B$ と過程 $D \rightarrow C$ は体積をそれぞれ V [m³], $3V$ [m³] に保つ定積変化であり、過程 $A \rightarrow D$ と過程 $B \rightarrow C$ は圧力をそれぞれ P [Pa], $3P$ [Pa] に保つ定圧変化である。過程 $A \rightarrow B \rightarrow C$ で気体が吸収した熱量を Q_1 [J], 過程 $A \rightarrow D \rightarrow C$ で気体が吸収した熱量を Q_2 [J], 状態 A から状態 C までの温度変化を ΔT [K] として、 $\frac{Q_1 - Q_2}{n\Delta T}$ は気体定数 R [J/(mol·K)] の何倍になるか答えなさい。

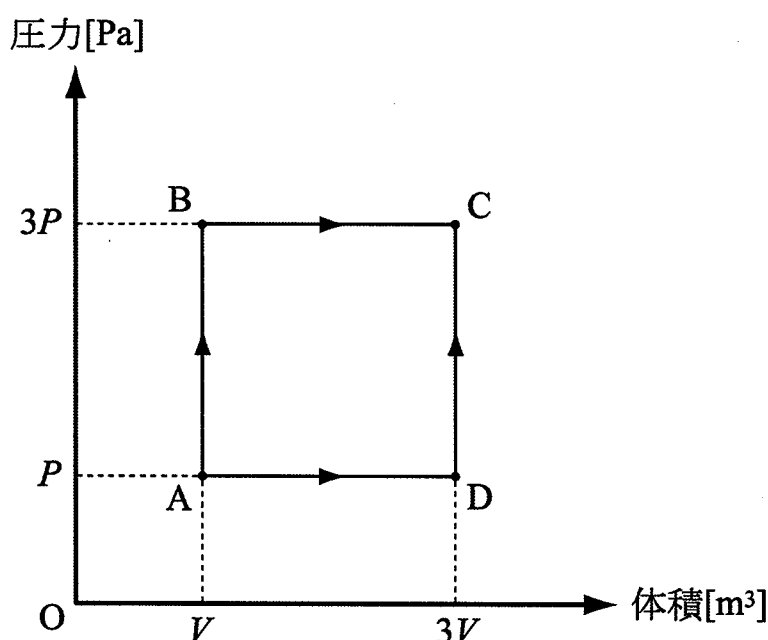


図 3

問題用紙

(物理基礎・物理)

問題2 図のように、水平面上でばね定数 k のばねの一端が壁に固定されており、他端には質量 m の板が取り付けられている。板は、ばねが自然の長さになる位置で静止している。さらに、質量 $2m$ の物体 A および質量 $6m$ の物体 B が置いてあり、いずれも静止している。物体 B が置いてある位置から右側の床はあらく、左側の床はなめらかであるとする。物体 B とあらい床との間の静止摩擦係数を μ 、動摩擦係数を μ' とする。物体 A に初速 v を左向きに与えたところ、物体 A は板に衝突し、物体 A と板は一体となってばねが縮んだ。その後、ばねが伸び始め、自然の長さになった直後に物体 A は板から離れて運動し、物体 B に弾性衝突した。物体 B は物体 A に衝突されて動き始めたのち、再び静止した。重力加速度の大きさを g とし、下の問い（問1～7）に答えなさい。ただし、空気抵抗、ばねの質量、および物体 A と物体 B の大きさは無視できるとする。また、物体 A が板および物体 B に再び衝突することはないとする。

問1 板に衝突した直後の物体 A の速さを求めなさい。

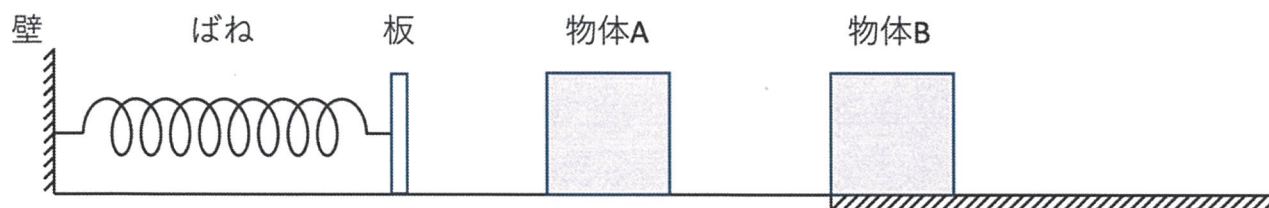
問2 ばねが最も縮んだときの自然の長さからの縮みを求めなさい。

問3 物体 A が物体 B に衝突した直後の物体 B の速さを求めなさい。

問4 物体 B が動き始めてから静止するまでにかかった時間を求めなさい。

問5 物体 B が動き始めてから静止するまでに移動した距離を求めなさい。

問6 物体 B が動き始めてから静止するまでに摩擦力がした仕事を求めなさい。



問 題 用 紙

(物理基礎・物理)

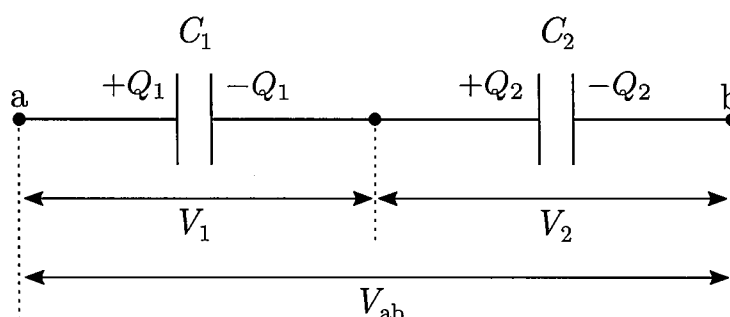
次に，物体 B を質量 $8m$ の物体 C に置きかえて同様の実験を行ったところ，物体 A が物体 C に弾性衝突しても物体 C は移動せず，物体 A がはねかえった。物体 C とあらい床との間の静止摩擦係数を μ とする。また，物体 C の大きさは無視でき，物体 A が物体 C に再び衝突することはないとする。

問 7 物体 A が物体 C に衝突したときの接触時間 Δt の間に物体 C が物体 A から受けた力の大きさを F として，物体 C が受けた力積の大きさ $F\Delta t$ を求めなさい。また，このときの物体 A と物体 C の接触時間 Δt がとりうる最小値を v, μ, g を用いて表しなさい。ただし，接触している間に物体 C が物体 A から受けた力は一定であるとする。

問 題 用 紙

(物理基礎・物理)

問題3 図のように、電気容量 C_1 [F] のコンデンサー C_1 と電気容量 C_2 [F] のコンデンサー C_2 を直列に接続した。ここで、 $C_1 \leq C_2$ であり、二つのコンデンサーの耐電圧はともに V_B [V] であった。コンデンサー C_1 , C_2 に電荷が蓄えられていない状態で、端子 b に対する端子 a の電位が V_{ab} [V] になるように電圧を加えたところ、コンデンサー C_1 , C_2 にそれぞれ加わる電圧 V_1 [V], V_2 [V] はともに耐電圧以下となり、蓄えられる電気量はそれぞれ Q_1 [C], Q_2 [C] となった。下の問い（問1～6）に答えなさい。



問1 Q_1 と V_1 との関係および Q_2 と V_2 との関係を答えなさい。

問2 Q_1 と Q_2 との関係を答えなさい。

問3 V_1 と V_2 との関係を V_{ab} を用いずに答えなさい。

問4 V_1 および V_2 をそれぞれ C_1 , C_2 , V_{ab} を用いて表しなさい。

問5 次の（ア）,（イ）の不等式のうち、適切なものを選びなさい。

（ア） $V_1 \leq V_2$ （イ） $V_1 \geq V_2$

問6 V_1 および V_2 がともに耐電圧以下となる V_{ab} の上限を求めなさい。さらに、求めた V_{ab} の上限を最も大きくするための、 C_1 と C_2 との関係を答えなさい。