

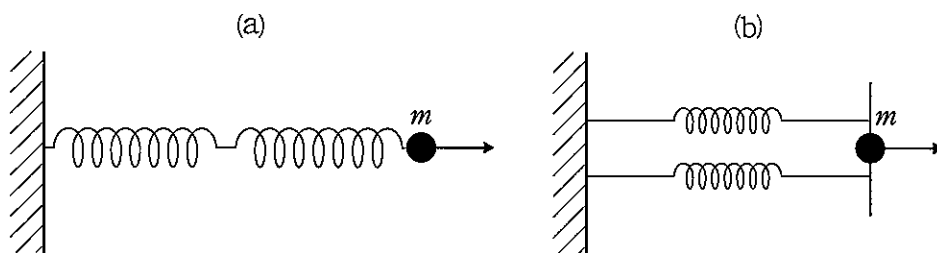
物 理

注 意 事 項

- 1 「解答始め」の合図があるまでこの冊子を開かないこと。
- 2 この冊子は6ページである。
- 3 学部名と受験番号は、必ず4枚の解答用紙のそれぞれに記入すること。
- 4 解答は、必ず解答用紙の指定されたところに記入すること。

1 質量が無視できる二つのばね(それぞれのばね定数を k_1, k_2 [N/m] とする)を図のように連結し, その先端に質量 m [kg] の球をつけた際に, 以下の問いに答えよ。なお, 図は床に置かれたばねを真上から見たものであり, ばねおよび球と床との摩擦はないものとする。

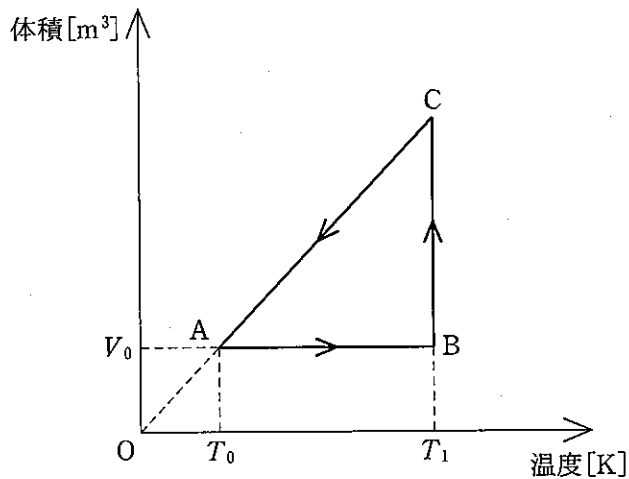
- (1) 二つのばねを直列でつないで, 一つのばねとみなしたとき(図(a))のばね定数を k_1, k_2 を使って求めよ。
- (2) 二つのばねを並列でつないで, 一つのばねとみなしたとき(図(b))のばね定数を k_1, k_2 を使って求めよ。
- (3) 図(a), (b)のそれぞれの場合について, ばねが自然長から全体で x [m] だけ伸ばされたときのばね全体の弾性エネルギー U [J] を求めよ。
- (4) 図(a), (b)のそれぞれの場合について, (3)の下線の状態から自然長に戻った瞬間の球の速さ v [m/s] を求めよ。



図

2 なめらかに動くピストンのついたシリンダーの中に単原子分子の理想気体を入れた。外部と熱および仕事のやり取りをすることにより、体積 V_0 [m³]、温度 T_0 [K]、圧力 P_0 [Pa] の状態 A から、図に示すような A→B→C→A の経路に沿って状態をゆっくり変化させる。B→C の過程では気体は Q [J] の熱量を吸収した。C→A の経路は原点 O を通る直線上にある。

- (1) 状態 B での圧力を求めよ。
- (2) A→B の過程における内部エネルギーの増加量を求めよ。
- (3) B→C の過程で、内部エネルギーの変化量と気体が外部にした仕事を求めよ。
- (4) C→A の過程で、気体が外部へ放出した熱量を求めよ。
- (5) A→B→C→A の 1 サイクルで気体が外部にした正味の仕事を求めよ。



図

- 3 波の実験に関する以下の問いに答えよ。ただし水槽の壁による波の反射、うきと音源の重さは無視し、うきはつねに水面にあるものとする。

<実験 1 >

水を入れた広い水槽を用意し、波源 S_1 で水面を振動させて波を発生させる。水面のある位置にうきを置いた。

- (1) 水面を伝わる波の波長は λ [m]、振動数は f [Hz]であった。波の速度 v [m/s]を求めよ。

<実験 2 >

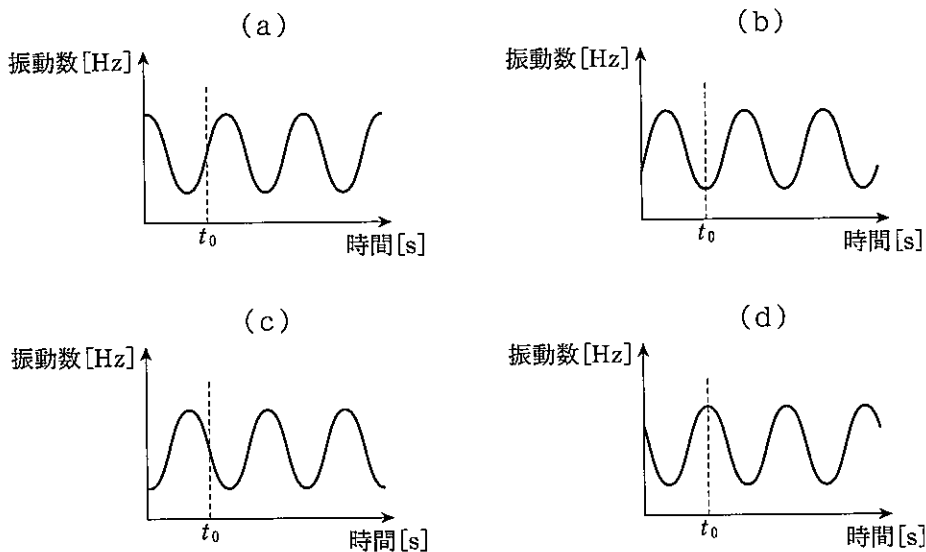
つぎに波源 S_1 と波源 S_2 の 2 か所で、水面を同位相で振動させて波を発生させた。ただし、横向きのうきの動きは無視する。

- (2) うきを A の位置に置くとうきは静止した。波源 S_1 と A の距離を L_1 [m]、波源 S_2 と A の距離を L_2 [m]とすると、 L_1 、 L_2 、 λ の関係を m ($m = 0, 1, 2, 3 \dots$) を使って表わせ。
- (3) うきの位置を A の周辺のいろいろな位置に変えてその動きを観察したところ、位置 B でのうきの動きが特に大きかった。波源 S_1 と B の距離を L'_1 [m]、波源 S_2 と B の距離を L'_2 [m]とすると、 L'_1 、 L'_2 、 λ の関係を m ($m = 0, 1, 2, 3 \dots$) を使って表わせ。

<実験 3 >

再び波源 S_1 のみで水面を振動させる。うきを B の位置に置くとうきは上下に運動した。うきに振動数 f_s [Hz]の音を出す音源を載せ、常にうきの鉛直上方にあるマイクで音源からの音を観測したところ、音の振動数が時間変化していた。うきが動く速さは音速 v_s [m/s]より小さいものとする。

- (4) 上下に運動するうきが静穏時（波がない状態）の水面の高さを上向きに通過する瞬間に音源を出た音がマイクに到達した時刻を t_0 [s] として、観測される音の振動数の時間変化を最もよく表わしたものを図の(a)から(d)より選び、記号で答えよ。ただし、横方向のうきの動きは無視する。またグラフの原点は振動数と時刻の 0 を表わすものではない。



図

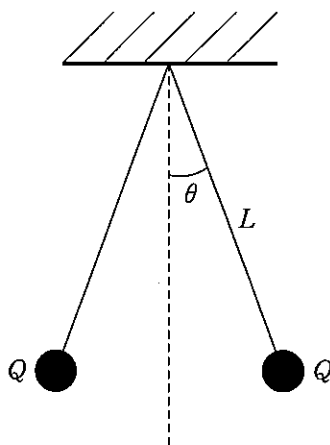
- (5) 次に S_1 と同位相の波源 S_2 を再び加え、2つの波源で水面を振動させた。波源 S_1 と S_2 の位置は実験 2 と同じであり、うきの位置は B である。この時に観測される音の振動数の時間変化を考える。上下に運動するうきが静穏時の水面の高さを上向きに通過する瞬間の速度は v_1 [m/s] であった。解答欄のグラフには波源が 1 つの場合に観測される振動数の時間変化が破線で描かれているので、波源が 2 つの場合の振動数の時間変化の概形を同じグラフ上に実線で描け。また、極大値、極小値、周期を明記せよ。ただし、横方向のうきの動きは無視する。またグラフの原点は振動数と時刻の 0 を表わすものではない。

4 以下の問いに答えよ。

4—1

(1) 図(a)に示されるように質量 m [kg], 電荷 Q [C] の小球 2 個をそれぞれ長さ L [m] の絶縁糸でつるしたところ, 絶縁糸はいずれも鉛直から θ [rad] だけ傾いた。 g , L , m , Q , θ を用いて, 小球に作用する力について糸に垂直な方向のつりあいの式を示せ。ただし, 絶縁糸の質量は無視できるものとし, g [m/s²] は重力加速度とする。またクーロンの法則の比例定数は k_0 とする。

(2) 上記の実験の結果, $\theta = \frac{\pi}{4}$ であった。 m を求めよ。



図(a)

4—2

- (3) 図(b)に示されるように静電容量 C_1 , C_2 , $2C_2$ [F]の三つのコンデンサーを直列に接続し、その直列回路に電荷 Q [C]を与えた。蓄積された静電エネルギーを求めよ。
- (4) 次に図(c)に示されるように、これら蓄電された三つのコンデンサーを電荷の極性が一致するように並列につなぎ換えた。このとき蓄積されている静電エネルギーを求めよ。
- (5) 直列接続から並列接続に変更したことで蓄積された静電エネルギーの増減量を求めよ。

