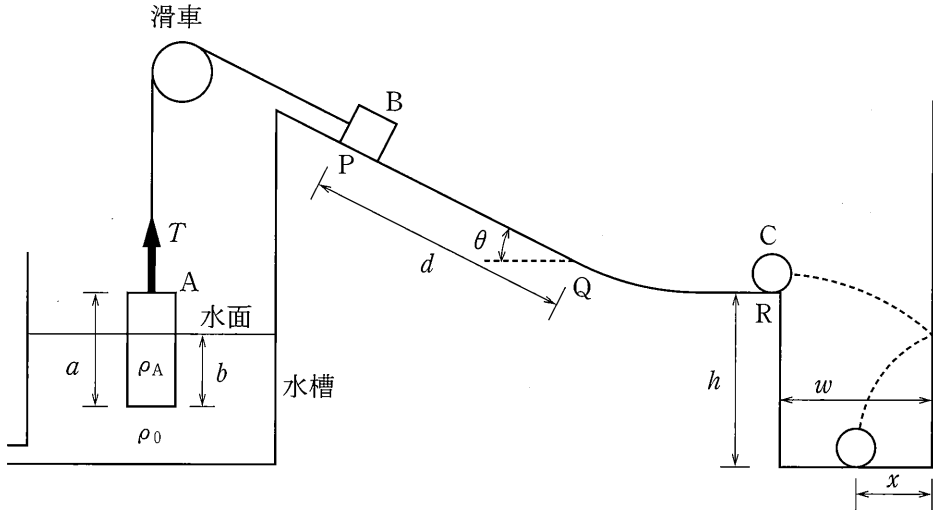


物 理

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7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 図のように、角柱 A が軽い糸で水槽につり下げられて静止している。糸はなめらかな滑車を介して、あらい斜面上の P 点に静止している物体 B に結ばれている。



- (1) 角柱 A は底面積が S 、高さが a で、密度が ρ_A の均質な材料でできている。角柱 A の底面から水面までの高さは b である。水槽の水の密度が ρ_0 であるとき、糸の張力 T の大きさを求めよ。ただし、 $\rho_A > \rho_0$ とし、重力加速度の大きさを g とする。
- (2) 水槽の底の小さな穴より水を静かに出したところ、ある水位になったときに糸が切れ、物体 B は P 点から斜面をすべり降りた。斜面の P 点から Q 点までの距離は d 、斜面と物体 B との間の動摩擦係数は μ' 、斜面と水平面のなす角度は θ である。物体 B の質量を m_B として、物体 B が Q 点を通過するときの速さ v_Q を求めよ。
- (3) 斜面は Q 点から曲面となって水平なテーブルになめらかに接続している。物体 B は水平なテーブルをすべって、テーブルの端 R に静止して置かれている質量 m_c の小球 C に衝突した。小球 C は速さ v_c で水平に飛び出した後、水平距離が w だけ離れたなめらかな鉛直壁に衝突してはねかえり、水平な床に落下した。 v_c は与えられているものとして、落下地点の鉛直壁からの距離 x を求めよ。なお、テーブルの高さは h で、小球 C と鉛直壁の反発係数(はねかえり係数)は e (ただし、 $e > 0$) である。また、鉛直壁からはねかえった小球 C と物体 B の衝突は考えなくてよい。

2 水面上に波の発生装置を設置して、水面を伝わる波を発生させ続ける。このときの水面の振動について、次の設問に従って考察してみよう。

(1) 次の文章[A][B]の空欄①～⑧に適する語句、数式などを解答欄に記せ。⑤については、解答欄のa～dのうちの適する記号を○で囲んで示せ。

[A]

図1の同心円は、点Aに設置した装置で生成された波の、ある時刻における「山」の位置をつらねた線(実線)、「谷」の位置をつらねた線(破線)を表している。また図2は、図1の点Pにおける水面の高さ z の時間変化を表している。簡単化のため、波は三角波状であり、水面上の各点は鉛直方向に振動するのみであるとし、その振動の幅 h (振幅)は、水面上のどの点についても等しいと仮定する。

図1の λ という量は(①), 図2の T という量は(②)と呼ばれ、波の速さ v と(③)という関係で結ばれている。

点Aで連続して生成される波の山のひとつが、時刻 $t=0$ のときAを出発して、時刻 $t=t_p$ のとき図1の点Pに到達した。AP間の距離を R とすれば t_p は(④)と表され、図2の中の(⑤)で示される時刻と等しい。

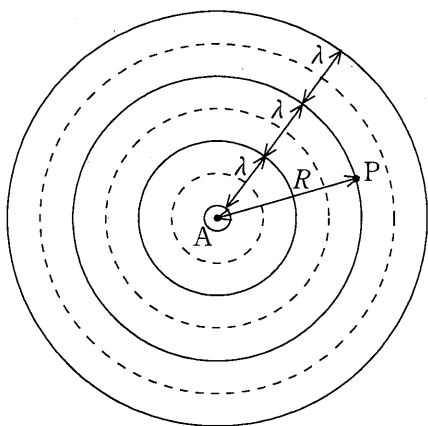


図1

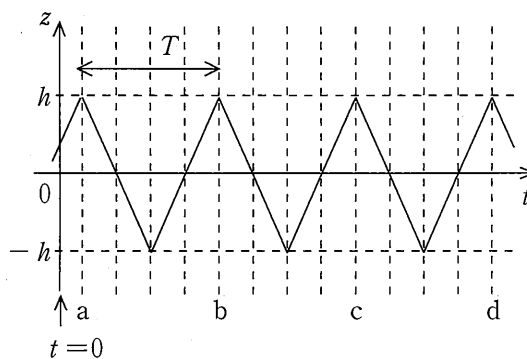


図2

[B]

同様の装置を、図3に示すように水面上の別の点Bにも置いて、波を発生させ続ける。点Bで生成される波の出発時刻は、点Aで生成される波に対して τ_B だけ遅らせることができるとする。

[A]の場合と同様に、点Aで生成される波の山のひとつが時刻 $t=0$ にAを出発するとすれば、図3は、 τ_B がたとえば(⑥)の場合の、時刻 $t=0$ における山(実線)・谷(破線)の位置を表している。

τ_B が⑥のように選ばれている場合、図3の点P、P'、P''のように、2つの波源A、Bからの距離の差が(⑦)であるような点では、2つの波の山と谷が重なって波は弱めあう。しかし、もし τ_B がたとえば(⑧)である場合は、これらの点において逆に2つの波の山どうし谷どうしが重なり、波は強めあう。

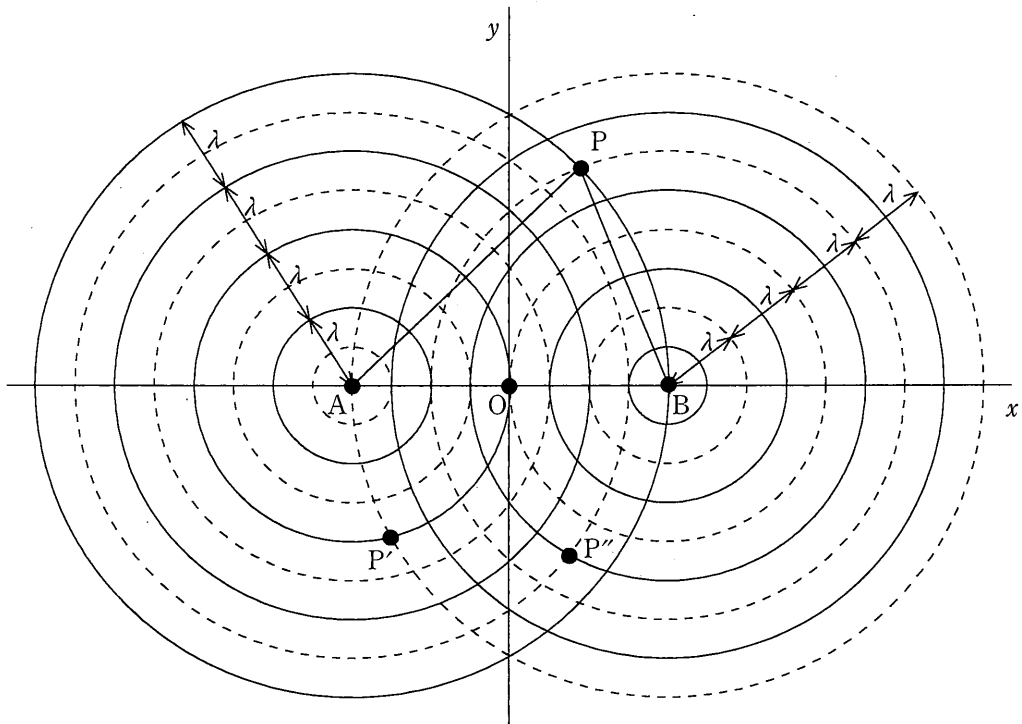


図3

(2) さらに点Bで生成される波の振幅 h_B は、点Aで生成される波の振幅 h とは異なる値に設定できるとする。

図4に示すようにAB間の距離を 4λ にとり、点Bから発生する波が $\tau_B = 0$ 、 $h_B = 2h$ となるようにするとき、以下の(a)、(b)の各点における水面の高さの時間変化を、解答用紙の注意に従ってグラフで表せ。ただし、(1)の場合と同様に、点Aで生成される波の山のひとつがAを出発する時刻を $t = 0$ とする。

(a) 原点O

(b) x 軸上 $x = \frac{\lambda}{4}$ の点Q

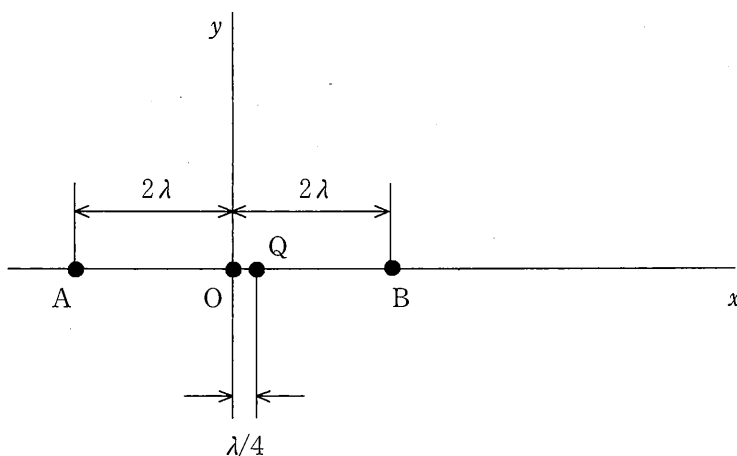


図4

3

図1のように、面積 S の2枚の平板電極が真空中に間隔 d で置かれている。2枚の電極に電圧 V の電源を導線でつなぎ、正電極側の表面に置いた正電荷を負電極側に加速する装置を考える。負電極側は細かい穴があいていて、加速された正電荷の一部は電極をすり抜け、その先にある一様な磁場中に入射するものとする。

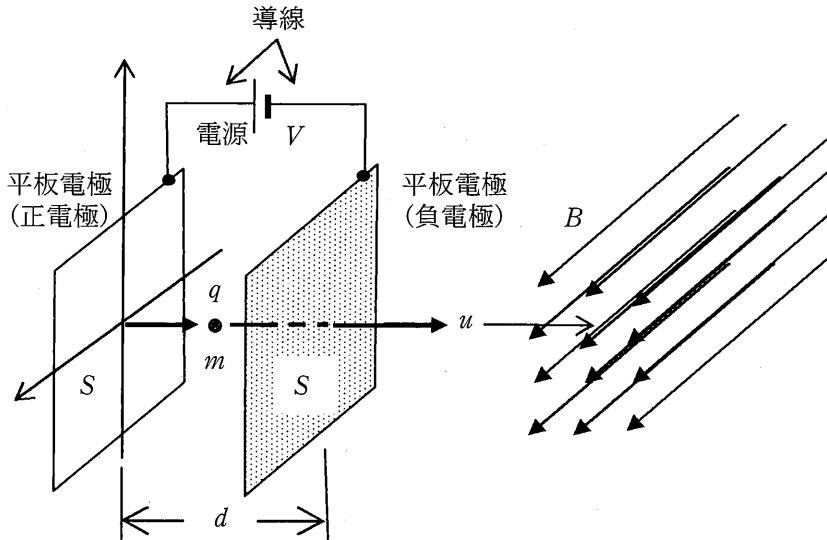


図1

- (1) 正電極の表面に置かれる正電荷の電荷量を q 、質量を m とする。正電荷の初速度が0であったとし、負電極の位置に達したときの正電荷の速度 u を、ここまでに使った記号を用いて表現する式を求めよ。
- (2) 正電極にたくわえられている正電荷の量と負電極にたくわえられている負電荷の量の総和は常に0、すなわち電気的中性が常に成り立っているとすると、電荷量 q の正電荷が真空中を正電極の表面から負電極の位置に移動するのに伴って、それに対応する現象が両電極間をつなぐ導線で起こる。正電荷が真空中を正電極の表面から負電極の位置に移動するまでの間に、両電極をつなぐ導線を通して起こる現象について、30字程度で説明せよ。

- (3) 電極の間隔 d が $5.0 \times 10^{-2}[\text{m}]$ ，電極の面積 S が $2.5 \times 10^{-3}[\text{m}^2]$ ，電圧 V が $10^4[\text{V}]$ のとき，電極間にたくわえられているエネルギー U を有効数字 2 桁の数値として求めよ。ただし，真空の誘電率 ϵ_0 は $8.9 \times 10^{-12}[\text{F/m}]$ であるとし，電極間の電場は一律，すなわち電極間は平行板コンデンサーとみなしてよいとする。
- (4) 正電荷は負電極に衝突せずに通り抜け，通過時点の速度 u を維持したまま運動を続けて，磁束密度 B の一様な磁場中に入射したとする。磁場の向きが正電荷の運動方向に対して垂直であるとする，正電荷は図 2 のようにローレンツ力を受けて半円をえがき，再び電極方向に戻ってくる。正電荷が磁場に入射したときの位置と磁場から出たときの位置は，距離 D だけずれている。 D を，ここまでに使った記号を用いて表現する式を求めよ。
- (5) 正電荷の質量が $2m$ であるとき，ローレンツ力を受けてずれる距離を D' とすると， D' は正電荷の質量が m のときの距離 D に対して何倍になるか。

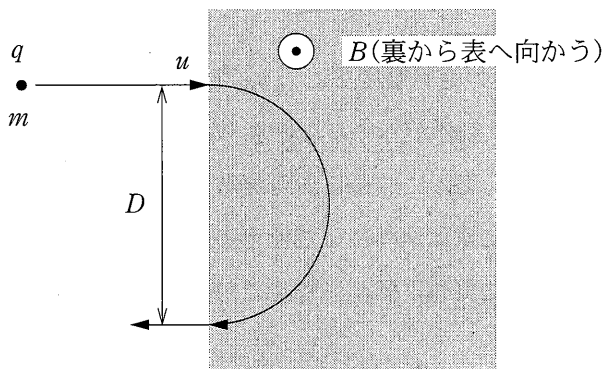
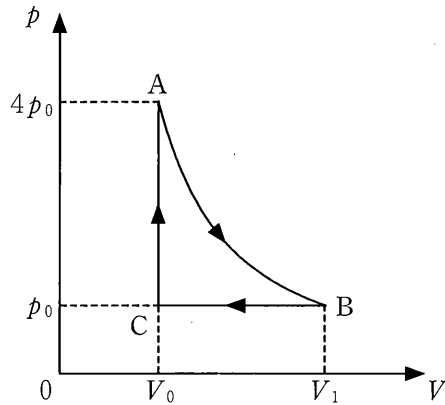


図 2

- 4 ピストンのついたシリンダーの中に閉じ込められている n_0 モルの単原子分子の気体が、図に示すような状態変化のサイクル(A→B→C→A)を行っている。状態 A の圧力は $4p_0$ 、体積は V_0 、状態 B の圧力は p_0 、体積は V_1 、状態 C の圧力は p_0 、体積は V_0 である。また、過程 A→B は断熱変化である。この気体を理想気体と仮定し、気体定数を R として、下の(1)から(5)の量を n_0 、 p_0 、 V_0 、 V_1 、 R を用いて表せ。ただし、この気体の定積モル比熱は $C_v = \frac{3}{2}R$ とする。



- (1) 状態 A, B, C の絶対温度 T_A , T_B , T_C
- (2) 過程 B→C で、気体が外にした仕事 W_{BC}
- (3) 過程 C→A で、気体に外から加えた熱量 Q_{CA}
- (4) 1 サイクル中に気体が外にした仕事の総和 W_N
- (5) 1 サイクル中に気体に外から加えた熱量の総和 Q_N