

理 科

物 理： 1 ～ 7 ページ

化 学： 8 ～ 13 ページ

生 物： 15 ～ 20 ページ

注 意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. 試験開始後、ただちにページ数を確認し、落丁や印刷の不鮮明なものなどがあれば申し出なさい。
3. 解答は、物理、化学、生物のうちから**2科目を選び**、選択した科目の解答用紙の所定の場所に記入しなさい。解答用紙は**物理（白色）1枚、化学（黄色）1枚、生物（緑色）1枚**です。
4. 解答時間は**2科目で120分間**です。
5. 受験番号を、問題冊子と**すべての**解答用紙（物理、化学、生物）の所定欄に記入しなさい。
6. 選択しない科目の解答用紙には全面に大きく**×印**をつけなさい。
7. 試験終了後、**物理、化学、生物すべての**解答用紙を提出しなさい。問題冊子は持ち帰りなさい。

受験番号	
------	--

物 理

1 波について、以下の には最も適する語句を、 には式または数値を入れて文を完成させなさい。

媒質中に変位が生じたとき、波の伝播方向に対し変位が垂直の波を 波と呼び、その例としては弦を伝わる波などがある。これに対し、波の伝播方向と変位が平行の波を 波と呼び、その例としては空気中を伝わる音波などがある。音波は空気中で圧力の高いところと低いところできて、これが伝播するので 波とも呼ばれている。

いま、図 1 のように弦を張ってその両端を固定する。ある変位 y の波が右方向に伝わる時、その波の変位 y [m] と位置 x [m]、時間 t [s] の関係式は、 $y = 0.01 \sin\{\pi(200t - 2x)\}$ と表される。この式から、この波の振幅は [m] で、 $x = 0$ における時間変化より、この波の振動数は [Hz] であることがわかり、 $t = 0$ のときの x の変化から、波長は [m] となるので、弦を伝わる波の速さは [m/s] となる。さらに、この波と右の固定端で反射した波とが重なり合っている合成波の振幅は時間に無関係で位置だけに依存する。この波を 波と呼ぶ。ギターやバイオリンなどの弦楽器の場合、固定された長さ l_0 の弦を伝わる波の速さを v_0 とすると、基本振動の波の波長は となるので、その基本振動数は となる。また、これの整数倍の振動数は弦の 振動数と呼ばれる。

一方、図 2 のように、音源や観測者が運動しているときには、音源の振動数と異なる振動数の音波が観測される。この現象を という。音速を V 、音源の出す音波の振動数を f とする。いま、音源と観測者は一直線上を右向きに運動し、音源の速さを v 、観測者の速さを u とすると、観測者に達する音波の波長は 、観測者に達する音波の相対速度は になる。よって、観測者が聞く音波の振動数は となる。

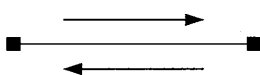
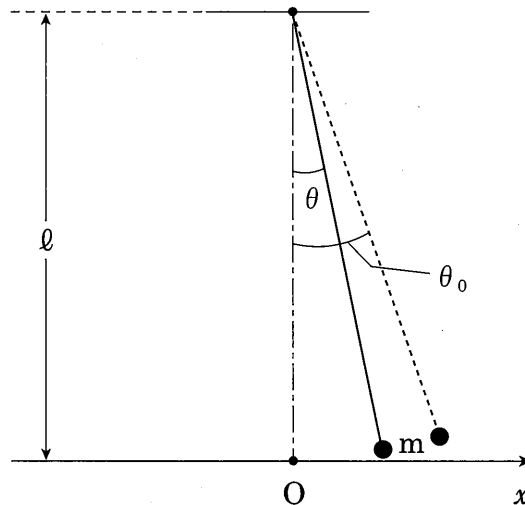


図 1



図 2

- 2 図のように x 軸の原点 O の真上, 距離 ℓ のところを支点として, 長さ ℓ の糸と質量 m の質点 m が鉛直線と最大振れ角 θ_0 で振れる単振り子がある。重力の加速度を g , x 軸は右向きを正とし, 振り子の振れは反時計回りを正の向きとする。糸の質量は無視し, θ_0 は十分小さいものとして以下の各問に答えなさい。



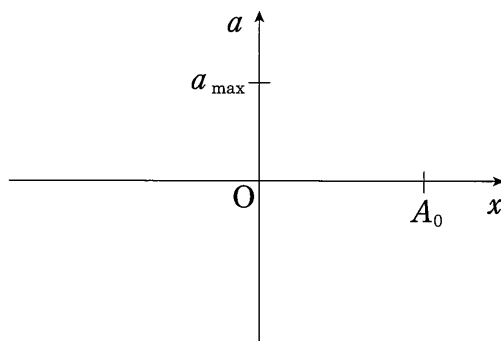
図

- 問1 単振り子について, 以下の に最も適する語句, 記号, 式などを入れて文を完成させなさい。

一般に, 振れ角が θ のとき, 質点 m の速さを変えるはたらきをする力の運動方向の成分 F は θ を用いて $F = \text{ア}$ と表せる。ここで, 最大振れ角 θ_0 が十分小さいので, m は水平運動をしていると見なせるから, F は O からの水平方向のずれ x を使って $F = \text{イ}$ x と書き直せる。したがって, このような m の運動は, F を復元力とし, 振幅 A_0 が $A_0 = \text{ウ}$ で, O を振動の中心とする単振動をしていると見なせる。このときの単振り子の周期 T は ℓ と g を用いて $T = \text{エ}$ となる。このように θ_0 が十分小さな単振り子の周期は質点の質量や振幅には無関係となる。特に, 周期が振幅に関係しないことを振り子の 性と呼んでいる。

問2 m の x 方向の加速度を a とする。 a の最大値 a_{\max} を θ_0 を用いて求めなさい。
また、 a の x に対する変化を図に描きなさい。

問2の草稿図（これは解答図ではない）



問3 m の運動中における水平方向の速さの最大値 V_{\max} を、 θ_0 を用いて求めなさい。

問4 m の運動中における糸の張力の大きさの最大値 S_{\max} を、 θ_0 を用いて求めなさい。

問5 m に正電荷 q を与え、単振り子全体に鉛直下向きの一様な電界 E をかけた。
この状態における単振り子の周期 T_1 を、 q 、 E を用いて求めなさい。

3 図のように質量を無視できる摩擦のないピストンがある容器に、1 mol の単原子分子の理想気体 A と 1 mol の液体 B を封入したところ、温度が T_0 [K] となった。ここで、液体 B は沸点 T_1 [K] 未満では蒸発することなく液体の状態を保ち、このときの体積は無視できる。また、液体 B の比熱を c [J/mol·K]、蒸発熱（この容器内において、圧力 P_0 [Pa]、温度 T_1 [K] で 1 mol の液体 B をすべて気体にするために必要な熱量）を D [J/mol] とする。そして、液体 B が気体に変化したとき、その気体は単原子分子の理想気体として扱う。容器とピストンの熱容量は無視し、大気の圧力を P_0 [Pa]、気体定数を R [J/mol·K] とする。以下の各問に答えなさい。

問1 温度が T_1 [K] 未満で、容器内の温度を ΔT [K] 上昇させるために必要な熱量 ΔQ [J] を求めなさい。

容器内に熱量 Q_1 [J] を与えたところ温度は T_1 [K] になり、液体 B はすべて気体になった。

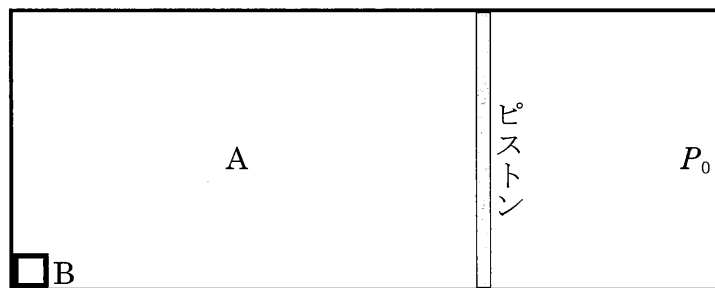
問2 容器内の気体の体積 V_1 [m³] を求めなさい。

問3 この過程で気体がした仕事 W [J] を求めなさい。

問4 熱量 Q_1 [J] を求めなさい。

ここで、ピストンを固定し、容器内にさらに熱量 Q_1 [J] を与えた。

問5 熱平衡時の容器内の圧力 P_2 [Pa] を、 Q_1 を用いて求めなさい。



☒

- 4 図のように抵抗の無視できる平行な2本のレールが水平面と θ の角度で置かれ、鉛直上向きに磁束密度 B の一様な磁界がかかっている。レールの間隔は l で、それに直角に質量 m の抵抗の無視できる導体棒 m が渡してある。レールと導体棒 m の間の摩擦は無視する。重力の加速度を g とする。 m の運動はレールに沿う運動で、下向きを正とする。以下の各問に答えなさい。

A スイッチを抵抗 R (抵抗値は R) 側にたおし、 m を静かに放した。

問1 回路に流れる電流を I 、 m の加速度を a として、 m の運動方程式を求めなさい。

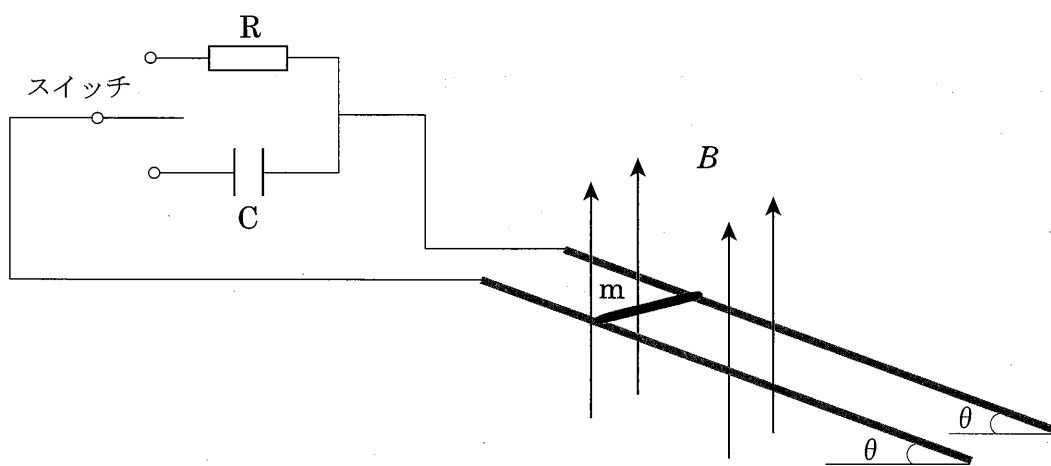
問2 m の速さの最大値 v_{\max} を求めなさい。

問3 v_{\max} になった後、 m がレールに沿って d_1 だけ滑り降りた。この d_1 だけ滑り降りる間に回路で消費されたエネルギー W を求めなさい。

B スイッチをコンデンサー C (電気容量は C) 側にたおし、 m を静かに放した。(初め、コンデンサー C には電荷は蓄えられていない。)

問4 m の速さが v のときの C に蓄えられた電気量 Q を求めなさい。

問5 m の速さが 0 から v になるまでに、 m がレールに沿って滑り降りた距離 d_2 を求めなさい。



☒