

(前期日程)

令和 7 年度 理 科 物理基礎・物理(物理) 化学基礎・化学(化学)

科目の選択方法

教育学部の受験者

届け出た 1 科目を解答すること。

理学部の受験者

物理受験の者は、物理基礎・物理(物理)を解答すること。

化学受験の者は、化学基礎・化学(化学)を解答すること。

医学部の受験者

物理基礎・物理 (物理)と、化学基礎・化学 (化学)を解答すること。

工学部の受験者

届け出た 1 科目を解答すること。

農学部の受験者

届け出た 1 科目を解答すること。

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 出題科目およびページは、下表のとおりです。

出 題 科 目	ページ
物理基礎・物理 (物理)	1 ～ 9
化学基礎・化学 (化学)	10～24

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 すべての解答用紙に受験番号を記入しなさい。
- 5 解答は、すべて解答用紙の指定のところに記入しなさい。
- 6 解答用紙はすべて机の上に出しておくこと。机の中に入れてはいけません。

物理基礎・物理（物理）

教育学部，理学部，工学部および農学部受験者は，☐1☐～☐4を解答すること。

医学部の受験者は，☐1，☐3を解答すること。

1 以下の設問に答えなさい。

問 1 図 1(a)のように、摩擦のない滑らかな水平面 OC がある。O を原点として右向きを正の向きとして x 軸をとり、 x 軸の正の向きを速度の正の向きと定義する。水平面上にばね S を置き、左端を点 O ($x = 0$) で壁に固定し、右端に質量 m の物体 P をとり付けた。ばね S が自然の長さであるとき、物体 P は点 A にあった (図 1(a)の状態)。次に、物体 P に力を加えることにより、ばねを押し縮めて物体 P を点 A から点 B まで移動させてから静止させた (図 1(b)の状態)。この状態から時刻 0 において物体 P を静かにはなしたところ、物体 P は単振動を開始し、時刻 t_0 において、初めて点 A を通過した。次に、図 1(b)の状態において点 A に質量 M ($M > m$) の物体 Q を置いた (図 1(c)の状態)。この状態から物体 P を静かにはなしたところ、物体 P は速度 v_0 で物体 Q と衝突した。物体 P, Q は x 軸上を直線運動するものとする。物体 P, Q の衝突時の反発係数 (はねかえり係数) を e ($0 < e < 1$) とする。物体 P, Q の大きさ、ばね S の質量、空気抵抗は無視できるものとする。また、円周率を π とする。

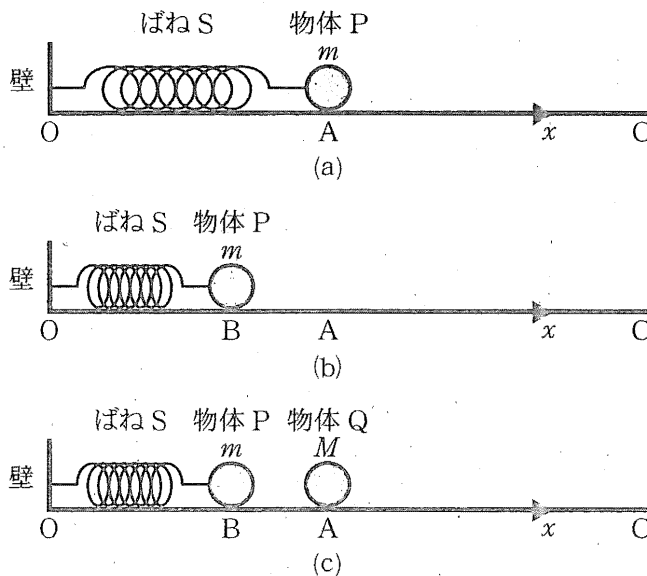


図 1

- (1) 図 1(b)の状態から物体 P を単振動させるとき、その周期を答えなさい。
- (2) ばね S のばね定数を答えなさい。
- (3) AB 間の距離を答えなさい。

- (4) 衝突直後の物体 P, Q の速度をそれぞれ v , V とするとき, 反発係数 e を表す式, および衝突前後の運動量保存の法則を表す式を記しなさい。ただし, 解答に使用できる記号は m , M , v_0 , v , V とする。
- (5) 衝突直後に物体 P が正の向き(右向き)に運動するための e の条件を不等式で記しなさい。

問 2 図 2 のように, 頂点 A から底面への垂線 AB と母線 AC が角 θ ($0^\circ < \theta < 90^\circ$) をなす円錐がある。その底面が水平面に固定されている。長さ l の糸 S の一端が頂点 A で固定され, 糸 S の他端に取り付けられた質量 m の物体 P が一定の角速度(大きさ ω) で等速円運動している。重力加速度の大きさを g とする。物体 P の大きさ, 糸 S の質量, 物体 P と円錐の間の摩擦, 空気抵抗は無視できるものとする。

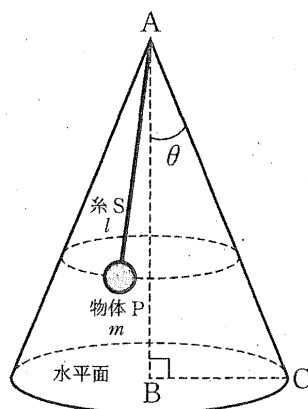


図 2

- (6) 物体 P が円錐の側面から離れずに運動しているとき, 糸 S の張力の大きさ, および物体 P が円錐の側面から受ける垂直抗力の大きさを答えなさい。
- (7) 物体 P が円錐の側面から離れることなく, 等速円運動をするための ω の最大値を記しなさい。

2 以下の設問に答えなさい。

問 1 図 1 のように、面積 S の 2 枚の極板を間隔 d だけ離しておいた平行板コンデンサーが真空中にあり、極板にはそれぞれ $+Q$, $-Q$ の電荷が蓄えられている。真空中におけるクーロンの法則の比例定数を k_0 とし、 $Q > 0$ とする。極板は十分に広く、極板の端の部分の影響は無視でき、極板間にのみ一様な電場ができるとする。また、円周率を π とする。

- (1) 極板間の電気力線の本数と電場の強さを求めなさい。
- (2) 極板間の電位差を求めなさい。
- (3) コンデンサーの電気容量を求めなさい。
- (4) このコンデンサーの極板に蓄えられている電荷を $+Q$, $-Q$ に保ったまま、極板間を比誘電率 2 の誘電体で満たした。極板間が真空のときと比べて、コンデンサーの電気容量と静電エネルギーがそれぞれ何倍になるかを答えなさい。

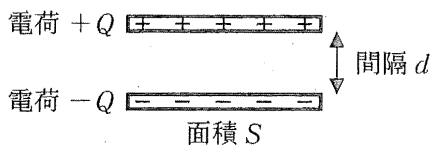


図 1

問 2 図 2 のように、短い間隙 ab を有する半径 r の円形導線と十分長い直線導線が真空中 xy 平面上に配置されている。円形導線の中心 C と直線導線とは d だけ離れており、 $d > r$ である。直線導線には y 軸の正の向きに電流 I が流れており、 $I > 0$ である。図 2 には x , y , z 軸の向きが記されており、 z 軸は紙面奥から手前に向いている。また、円周率を π とする。

(5) 電流 I により点 C にできる磁場の大きさを答えなさい。また、この磁場の向きとして最も適当なものを以下の選択肢から記号で選びなさい。

- (ア) x 軸の正の向き (イ) x 軸の負の向き (ウ) y 軸の正の向き
(エ) y 軸の負の向き (オ) z 軸の正の向き (カ) z 軸の負の向き

(6) 端子 ab 間に直流電源を接続して円形導線に電流を流したところ点 C の磁場の強さが 0 になった。円形導線に流した電流の向きは時計回りか反時計回りかを答えなさい。また、その電流の大きさを求めなさい。

(7) 直線導線に流す電流 I を図 3 のように時刻 t とともに変化させた。2 つの導線の間の相互インダクタンスが M のとき、(a) $0 < t < T$, (b) $T < t < 3T$, (c) $3T < t < 5T$ のそれぞれの時間帯で、端子 ab 間に発生する誘導起電力を求めなさい。ただし、端子 b よりも端子 a の電位が高いときを正とする。解答に使用できる記号は M , I_0 , T とする。

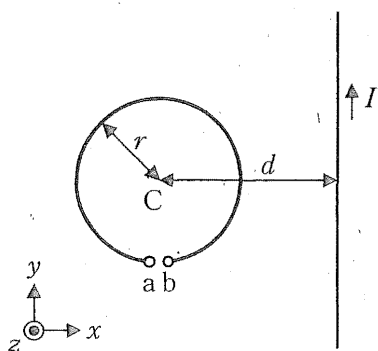


図 2

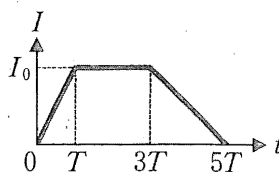


図 3

3 以下の設問に答えなさい。

問 1 図 1 のように、電車が周波数 f_0 [Hz] の警笛を鳴らしながら直線の線路上を一定の速さ V [m/s] で走行し、駅を通過しようとしている。この警笛の音を、駅のホームに静止している人が聴いている。音速は V_0 [m/s] (V_0 は V と比べて十分大きい) とし、人は線路のすぐそばに立っており、人と線路の距離は無視できるものとする。

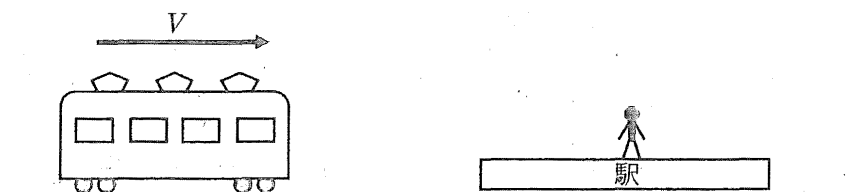


図 1

- (i) 風が吹いていない場合について、以下の問いに答えなさい。
- (1) 電車が近づいてくるときに、駅のホーム上の人聴く警笛の音の波長を V_0 , V , f_0 を用いて表しなさい。
 - (2) この電車が駅を通過し遠ざかっているとき、次の電車が周波数 f_0 [Hz] の警笛を鳴らしながら同じ速度で近づいてきた。駅のホーム上の人聴く遠ざかる電車と近づく電車の警笛の音を同時に聴いた場合、毎秒何回のうなりが聞こえるか。 V_0 , V , f_0 を用いて表しなさい。
- (ii) 電車の進行方向と同じ向きに風速 w [m/s] の風が吹いているとする。このとき、風速の分だけ音速が変化する。次の問いに答えなさい。
- (3) 電車が近づいてくるときに、駅のホーム上の人聴く警笛の音の周波数を V_0 , V , f_0 , w を用いて表しなさい。
 - (4) (2) と同様に、同じ速度で近づく電車と遠ざかる電車からの警笛を同時に聴く場合に、うなりは毎秒何回となるか。 V_0 , V , f_0 , w を用いて表しなさい。
 - (5) (4) において電車と風の速度が同じ場合、1 秒あたりのうなりの回数は風がない場合と比べてどうなるか。最も適当なものを以下の選択肢から記号で選びなさい。
- (ア) 多くなる (イ) 同じ回数となる (ウ) 少なくなる

問 2 図2のように、レーザー光源 S、鏡 A、鏡 B、ハーフミラー C、検出部 D からなる装置が真空中に置かれている。光源 S から出たレーザー光(位相の揃った単色光)は中央のハーフミラー C で半分に分けられ、鏡 A および鏡 B に向かう。鏡 A で反射したレーザー光のうち、ハーフミラー C を透過した成分は、検出部 D に向かう。また、鏡 B で反射しハーフミラー C で反射した成分も、検出部 D で検出される。これらの 2 成分が検出部 D で干渉を起こす。鏡 B の位置は矢印の方向に動かすことができる。最初に 2 成分のレーザー光が最も強め合う状態になるよう鏡 B の位置を調整した。レーザー光の真空中での波長を λ とし、鏡での反射は固定端反射とみなせるとする。

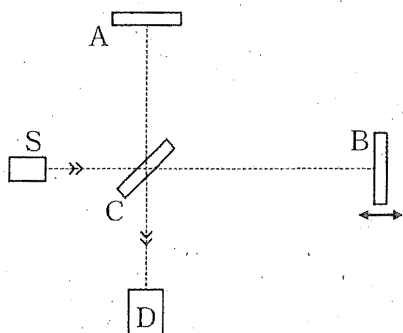


図 2

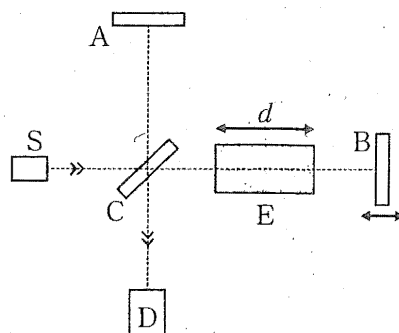


図 3

(i) 図 2 の装置に関して、次の問いに答えなさい。

- (6) 鏡 B での反射により、レーザー光の位相はどれだけ変化するか。大きさを答えなさい。
- (7) 鏡 B を動かし、BC 間の距離を少しずつ広げたところ、検出部 D で観測されるレーザー光はだんだん弱まった後、再び初めと同様に最も強め合う状態になった。このときの鏡 B の移動距離を ΔL としたとき、 ΔL を用いて λ を表しなさい。

(ii) 図 3 のように、鏡 B とハーフミラー C の間に、水を満たした透明容器 E を置いた。この状態で、検出部 D においてレーザー光が最も強め合う状態になるよう鏡 B の位置を調整した。BC と平行な方向の容器の長さは d である。水の屈折率を n_0 とし、容器 E 自体の屈折率や容器の厚みは無視できるとして、次の問いに答えなさい。

- (8) 容器 E の内部を通過するレーザー光の波長 λ' を n_0 、 λ を用いて表しなさい。
- (9) 容器 E の水に物質を少しずつ加えて溶かしたところ、検出部 D で観測されるレーザー光の強度は減少、増加を繰り返した。この水溶液の濃度 ρ と屈折率 n の間には、 $n = n_0 + k\rho$ (k は定数) という関係が成り立つとする。物質を加え始めた後、レーザー光の強度が m 回目に最大になったときの水溶液の濃度 ρ を求めなさい。ただし、解答に使用できる記号は n_0 、 λ 、 m 、 k 、 d とする。

- 4 図1(a)のように、一定体積(V_1)の容器1と、ピストンで体積を調節できる容器2が、コックのついた細管でつながれ水平に設置してある。ピストンは容器2の中を滑らかに動くことができ、ピストンと内壁との間の摩擦は無視できる。また、全ての構成部分は断熱材でできており、細管およびコックの容積は無視できるものとする。気体定数を R 、アボガドロ定数を N として、以下の設問に答えなさい。

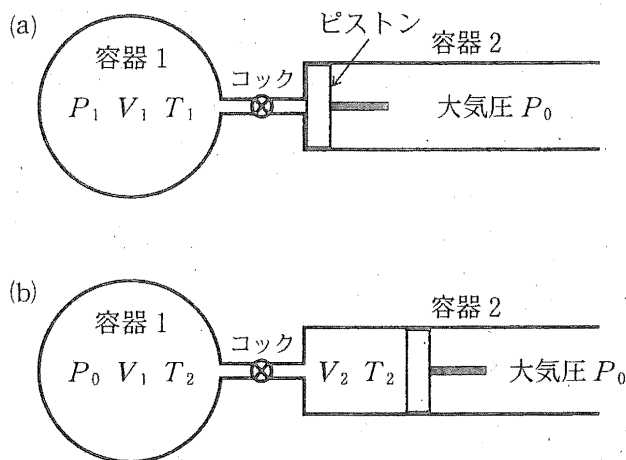


図 1

問 1 初めに、コックを閉じた状態で、単原子分子からなる圧力 P_1 、温度 T_1 の理想気体を容器1に満たした(以後、この状態を「初期状態」と呼ぶ)。容器1に満たした初期状態の気体について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 気体の物質量(モル数)を求めなさい。
- (2) 気体の内部エネルギーを求めなさい。
- (3) 気体1分子あたりの運動エネルギーを求めなさい。

- (4) 容器1の気体が質量数4のヘリウムとした場合、気体分子の二乗平均速度として最も近い値を以下の選択肢から選びなさい。ただし、ヘリウムの温度を27℃とし、必要に応じて下記の値を用いること。

$$\text{気体定数 } R = 8.3 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$$

$$\text{アボガドロ定数 } N = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$$

- (ア) $5.5 \times 10^{-10} \text{ m/s}$ (イ) 45 m/s (ウ) 340 m/s
(エ) 800 m/s (オ) 1400 m/s (カ) $5.5 \times 10^{-12} \text{ m/s}$

問2 次に、問1の初期状態から、図1(a)のようにピストンを容器2の奥にしっかりとつけた状態でコックをゆっくり開けると、容器1の気体が容器2に流入し、ピストンがゆっくりと右側に移動した。そして、十分な時間が経過すると容器1と容器2の圧力と温度は平衡状態に達し、容器2の体積が V_2 の状態(図1(b))でピストンが停止した。このように、外部との熱のやり取りがない系における気体の状態変化は断熱変化と呼ばれる。その際、圧力 P と体積 V の間には、気体の種類に依存する指数 γ ($\gamma > 1$)を用いて、下式の関係が成り立つことが知られている。

$$PV^\gamma = \text{一定}$$

容器の外側は大気圧 P_0 とし、 $P_1 > P_0$ とする。以下の問いに答えなさい。ただし、解答に使用できる記号は P_0 、 P_1 、 V_1 、 T_1 、 γ とする。

- (5) 平衡状態に達した時の容器2の体積 V_2 を求めなさい。
(6) 容器2内の気体の温度 T_2 を求めなさい。
(7) 容器1の気体が容器2に流入する過程で、気体が外部にした仕事を求めなさい。