



2023年度

公立千歳科学技術大学 理工学部

一般選抜 前期日程 問題

物理基礎・物理

物理基礎・物理

1. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

質量 M [kg] の物体 A と質量 m [kg] の物体 B を軽くて伸びない長さ L [m] の糸でつないで水平な床においた。図 1 のように物体 B を水平方向右向きに一定の大きさ F [N] の力で引いたところ、糸は水平でたるみなく、物体 A と物体 B は同じ加速度で運動した。物体 A と床の間の摩擦は無視できるが、物体 B と床の間には摩擦があり、その動摩擦係数を μ' とする。以下の (1) と (2) の問いに答えなさい。

- (1) 物体 A にかかる糸の張力の大きさ、および物体 A の加速度の大きさをそれぞれ M , m , g , μ' , F , L のうち必要な記号を用いて答えなさい。
- (2) ある時点で力 F を加えるのをやめたところ、物体 B が静止すると同時に物体 A は物体 B に衝突した。力 F を加えるのをやめた時点の物体 A の速さ、および力 F を加えるのをやめた時点から衝突までにかかる時間をそれぞれ M , m , g , μ' , L のうち必要な記号を用いて答えなさい。

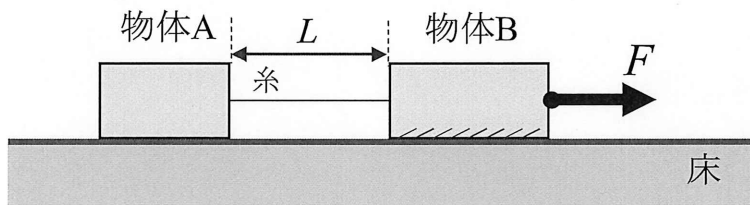


図 1

つづいて、質量 m [kg] の小球に長さ L [m] の軽くて伸びない糸をつけ、糸の他端を点 O に固定する。点 O から鉛直下方の距離 $\frac{L}{3}$ はなれた点 P に細いなめらかな釘がある。図 2 のように糸が水平になる点 Q から小球を静かにはなした。以下の (3) ~ (5) の問いについて、 m , g , L , θ のうち必要な記号を用いて答えなさい。

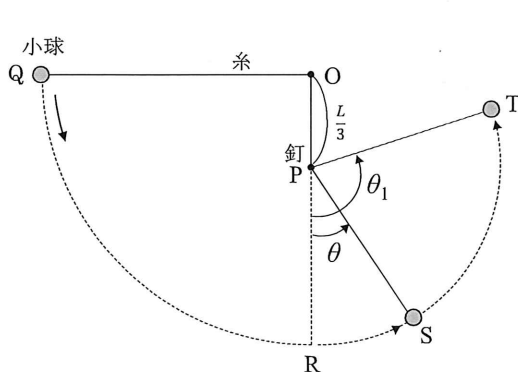


図 2

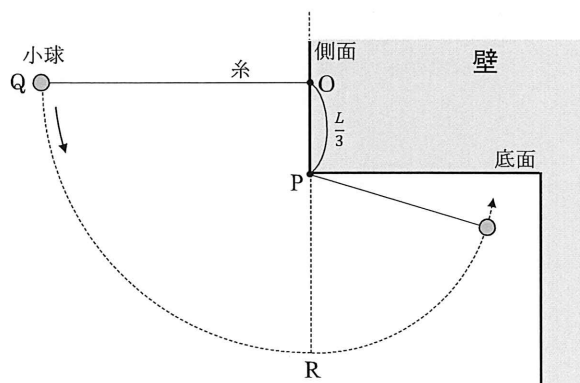


図 3

- (3) 小球を静かにはなしたあと、最下点 R を通過するときの小球の速さを求めなさい。また、通過直前の糸の張力の大きさを答えなさい。
- (4) 糸が点 P の釘にかかり、図 2 のように鉛直から角 θ の点 S を通過した。そのときの糸の張力の大きさを答えなさい。また、図 2 のように θ が θ_1 となった点 T で糸がたるみはじめた。そのときの $\cos \theta_1$ を答えなさい。
- (5) 図 3 のように動かない壁をおき、点 Q から下向きに初速を与えて同様の実験を行ったところ、糸が点 P の壁の角にかかり、図 2 の釘のときと同じ運動をして、小球は壁の水平な底面に垂直に衝突した。その後、小球は点 Q の位置に戻ってきて、そのときの速さがちょうど 0 となった。小球と壁の底面との反発係数 e を 0.5 としたとき、壁の底面へ衝突した直後の小球の速さ、および点 Q から下向きに与えた初速を答えなさい。

物理基礎・物理

2. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

(1) 電熱線 A, B があり、それらの電圧と電流の関係を図 1 に示す。(ア) ～ (ウ) の問いに答えなさい。結果は有効数字 3 桁で表しなさい。

(ア) 電圧が 6.00 V のときの電熱線 A の抵抗 R_A [Ω] と電熱線 B の抵抗 R_B [Ω] を求めなさい。

(イ) これらの電熱線を並列に接続し、12.0 V の電圧を印加した。このとき電熱線 A を流れる電流 I_{A1} [A] と、両方の電熱線で 1 分間に発生するジュール熱 Q_1 [J] を求めなさい。

(ウ) これらの電熱線を直列に接続し、12.0 V の電圧を印加した。このとき電熱線 A を流れる電流 I_{A2} [A] と、両方の電熱線で 1 分間に発生するジュール熱 Q_2 [J] を求めなさい。

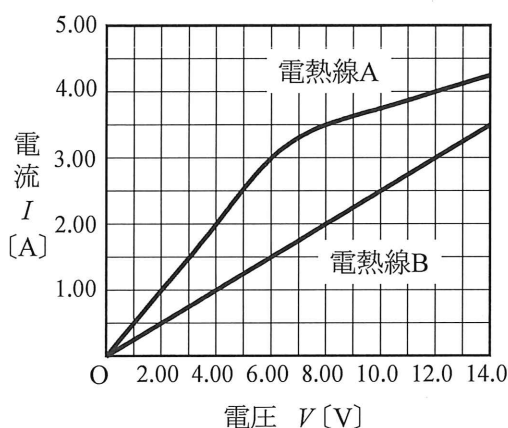


図 1

(2) 以下の文章を読み、(ア) ～ (オ) の問いに答えなさい。

n [mol] の単原子分子理想気体を図 2 に示すようなサイクルで状態変化させた。ここで p [Pa] は圧力、 V [m^3] は体積を示し、 $C \rightarrow A$ の過程は断熱変化である。状態 A, B, C の絶対温度をそれぞれ T_A [K], T_B [K], T_C [K] とし、定積モル比熱を C_V [J/(mol·K)], 定圧モル比熱を C_p [J/(mol·K)] とする。また気体定数を R [J/(mol·K)] とする。

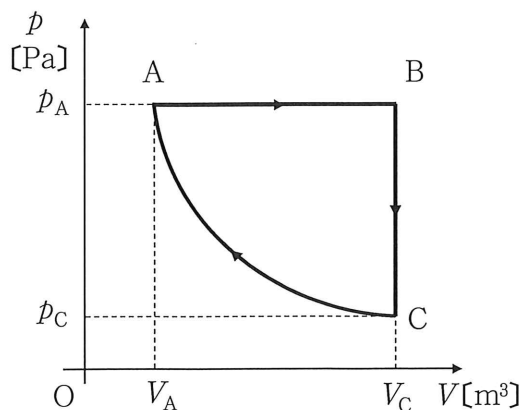


図 2

- (ア) 定圧モル比熱 C_p [J/(mol·K)] を気体定数 R で表しなさい。また C_V と C_p の比 C_V/C_p の数値を分数で答えなさい。
- (イ) $A \rightarrow B$ の過程における気体が外部にした仕事 W_{AB} [J] と気体が吸収した熱量 Q_{AB} [J] を n , T_A , T_B , C_p のうち必要な記号を用いてそれぞれ表しなさい。
- (ウ) $B \rightarrow C$ の過程における気体が吸収した熱量 Q_{BC} [J] を n , T_B , T_C , C_V のうち必要な記号を用いて表しなさい。
- (エ) $C \rightarrow A$ の過程における気体が外部にした仕事 W_{CA} [J] を n , T_A , T_C , C_V のうち必要な記号を用いて表しなさい。
- (オ) 断熱変化の場合, $p_A V_A^{5/3} = p_C V_C^{5/3}$ であることが知られている。このとき $T_A V_A^x = T_C V_C^x$ の関係がなりたつ。この数式の x の値を分数で答えなさい。 $V_C = 8V_A$ であるとき, T_B と T_C のそれぞれを, T_A を用いて表しなさい。またこのサイクルの熱効率 e を分数で答えなさい。

物理基礎・物理

3. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

- (1) 図1に示すように波形が等しい波 A と B が x 軸の正の方向に同じ速さ 0.1 m/s で進んでいる。
 $x = 0.8 \text{ m}$ の位置には反射端がある。(ア) と (イ) の問いに答えなさい。

(ア) 反射端が自由端のとき、図1から4秒後の合成波の波形を図の x の範囲でかきなさい。

(イ) 反射端が固定端のとき、図1から4秒後の合成波の波形を図の x の範囲でかきなさい。

次に図2に示すように、 x 軸上の原点に波源1、 $x = 7.00 \text{ m}$ の位置に波源2があり、それぞれの波源から振幅と波長が等しい正弦波が x 軸に沿って正と負の両方向に送り出されている。波の波長は 3.00 m として (ウ) と (エ) の問いに答えなさい。なお、位置は有効数字3桁で表しなさい。

(ウ) 波源1と波源2が同位相の波を送り出すとき、 x が 0 m 以上 7.00 m 以下の範囲にある定常波の節の個数と、その範囲で波源1に最も近い節の位置を答えなさい。

(エ) 波源1と波源2が逆位相の波を送り出すとき、 x が 0 m 以上 7.00 m 以下の範囲にある定常波の節の個数と、その範囲で波源1に最も近い節の位置を答えなさい。

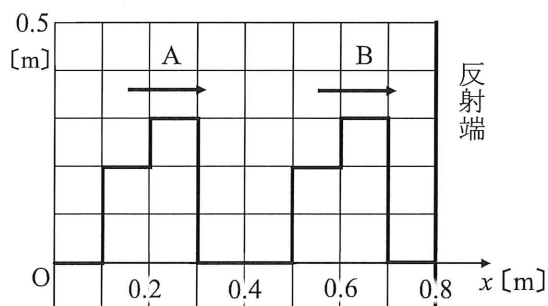


図1

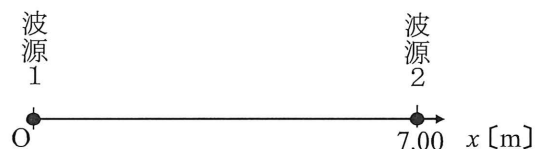


図2

- (2) 以下の文章を読み、(ア) ～ (オ) の問いに答えなさい。プランク定数を $h \text{ [J} \cdot \text{s]}$ 、電子の質量を $m \text{ [kg]}$ 、電気素量を $e \text{ [C]}$ 、真空中の光の速さを $c \text{ [m/s]}$ とし、重力の影響は無視できるとする。

図3に示す装置を用いて光電効果の実験を行った。ここで真空管中に金属板を電極 a, b として用い、振動数 $\nu \text{ [Hz]}$ の単色光を電極 a に照射した。内部抵抗の無視できる起電力 $E \text{ [V]}$ の電池を一樣な抵抗率を持つすべり抵抗器に接続し、接点 P の位置を変化させて電極間の電位差を変化させた。電極 a はすべり抵抗器に位置 C で接続されており、すべり抵抗器の AC 間および BC 間の長さをそれぞれ L_{AC} 、 L_{BC} とすると $L_{AC} = 2L_{BC}$ であった。電極 a に対する電極 b の電位 $V \text{ [V]}$ と、その時の電流 $I \text{ [A]}$ をそれぞれ電圧計と電流計で測定したところ図4の結果を得た。電流は電位が $-V_0 \text{ [V]}$ 以上のときだけ流れ、電位が $V_1 \text{ [V]}$ 以上のとき一定値 $I_0 \text{ [A]}$ であった。

- (ア) 接点 P の位置をすべり抵抗器上で A から B まで動かしたとき、電極 a に対する電極 b の電位の最小値 $V_{\min}$ [V] と最大値 $V_{\max}$ [V] を、 E を用いて表しなさい。
- (イ) 電極 a から飛び出す電子の速さの最大値 $v_{\max}$ [m/s] を m , e , V_0 , V_1 , c , ν , h のうち、必要な記号を用いて表しなさい。
- (ウ) 電極 a の金属の仕事関数 W [J] を m , e , V_0 , V_1 , c , ν , h のうち、必要な記号を用いて表しなさい。
- (エ) 電極 a に対する電極 b の電位が V_1 [V] のとき、電極 a から飛び出した電子が電極 b に達する直前の運動エネルギーの最大値 $K_{\max}$ [J] を m , e , V_0 , V_1 , c , ν , h のうち、必要な記号を用いて表しなさい。
- (オ) 電極 a の金属に光電効果を起こすために必要な単色光の最小周波数 $\nu_{\min}$ [Hz] を m , e , V_0 , V_1 , c , ν , h のうち、必要な記号を用いて表しなさい。

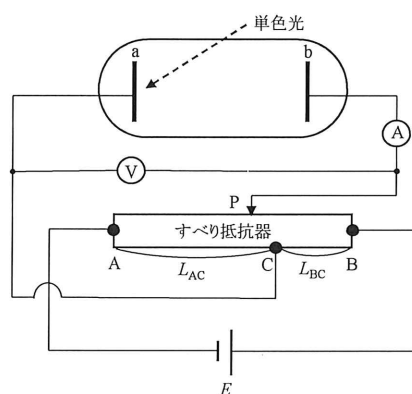


図 3

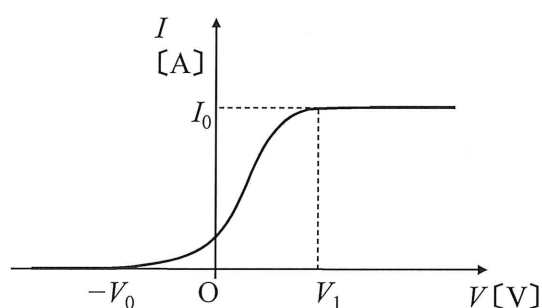


図 4

物理基礎・物理

4. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

図1のように導線をらせん状に密に巻き、半径に対して十分に長い円筒状のコイルを ア という。図1に示す方向に一定の電流 I [A] を流したとき、両端付近を除いてコイル内側には、磁場の向きがコイルの中心軸に平行な [A : ① 右向き, ② 左向き] に、ほぼ一

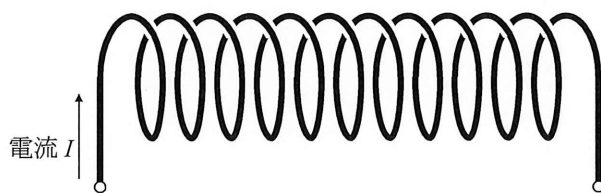


図1

様な磁場が生じる。コイルの形は同じで抵抗率が2倍の別の導線に変えて同じ大きさの電流 I を流したとき、導線を変える前の場合と比べてコイル内部の磁場は [B : ① 強くなる, ② 弱くなる, ③ 変わらない]。なお、温度の影響は無視できるとする。

コイルに流れる電流が変化すると、コイル自身を貫く磁束が変化し、コイルには電流の変化を妨げる向きに誘導起電力が生じて、コイルの電流が変化しにくくなる。コイルに実効値 I_e [A]、角周波数 ω [rad/s] の交流電流が流れたとき、コイルの端子間の電圧の実効値は V_e [V] であった。コイルの自己インダクタンスを L [H] としたとき、交流に対する抵抗に相当する量である誘導リアクタンスは、 L と ω を用いて a [Ω] と表される。コイルの導線の抵抗が無視できるとき、コイルの端子間の電圧の位相は、電流の位相より [C : ① $\frac{\pi}{2}$ 進む, ② $\frac{\pi}{2}$ 遅れる]。このとき、コイルの自己インダクタンス L は I_e , V_e , ω を用いて b [H] と表される。

- (1) 空欄 ア に入る最も適切な語句を答えなさい。
- (2) 括弧 A, B, C に入る語句を選択肢の中から一つ選び、それぞれ番号で答えなさい。
- (3) 空欄 a と b に当てはまる式を答えなさい。

次に、図2のように、真空中に直交する x 軸, y 軸, z 軸をとり、原点を O とする。 x 軸上の $x = -d$ [m] の点 A および $x = d$ [m] の点 B に z 軸に平行に十分に長い導線 X および導線 Y をそれぞれ置き、導線 X には z 軸の正の方向に一定の大きさの電流 I [A] が流れている。原点 O から y 軸の正の方向に L [m] はなれた点を点 C とする。真空の透磁率を μ_0 , クーロンの法則の比例定数を k_0 とする。円周率を π とする。以下の (4) ~ (7) の問いに答えなさい。

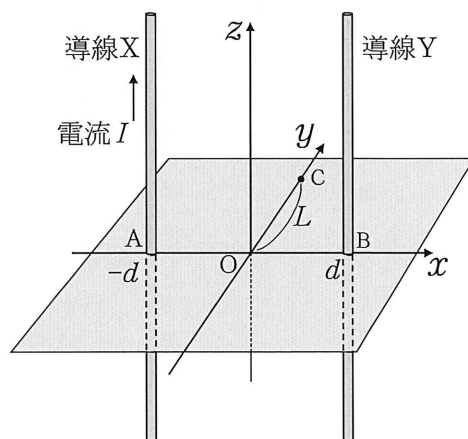


図2

- (4) 導線 X の $z = 0$ の断面を時間 t [s] の間に通過する電気量 [C] を I と t を用いて表しなさい。
また、導線 Y に z 軸の負の方向に電流 I を流したとき、点 C における磁束密度の大きさを、 I , d , L , μ_0 のうち必要な記号を用いて表しなさい。さらに、その単位を一文字で答えなさい。
- (5) 導線 Y の電流を z 軸の正の方向に $3I$ としたとき、 x 軸上の点 A と点 B の間の点で磁場が 0 になる点の x 座標、および導線 Y の長さ l の部分が導線 X から受ける力の大きさを、 I , d , L , μ_0 , l のうち必要な記号を用いて表しなさい。
- (6) 図 2 において、導線 X と導線 Y を取り除き、点 A に $+4Q$ [C]、点 B に $-Q$ [C] の点電荷を固定した。点 C における電位を Q , d , L , k_0 のうち必要な記号を用いて表しなさい。なお、電位の基準は無限遠点とする。
- (7) (6) において、無限遠点を除いて、 x 軸上で電場が 0 になる点の x 座標を Q , d , L , k_0 のうち必要な記号を用いて答えなさい。