

2021 年度 豊田工業大学
学部 推薦選抜（公募型）筆記試験問題

物 理

（注 意 事 項）

- (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、受験番号と氏名を解答用紙の所定欄に記入してください。
記入がない場合、0点になることがあります。
- (3) 解答はすべて解答用紙の所定欄に記入してください。
- (4) 試験時間は70分です。
- (5) 試験終了時刻まで退場することはできません。
- (6) 問題用紙は試験終了後に回収します。

【1】 高さ h [m] を上昇する超高層ビルのエレベーターを考える。エレベーターは途中止まることなく上昇するものとし、加速および減速するときの加速度の大きさは等しく、加速および減速する時間も等しいとする。ただし、安全のため加速度の最大値は a_0 [m/s²] とする。また、エレベーターに働く外力は、重力およびエレベーターを鉛直上向きに引くロープの張力のみとし、エレベーターの質量を M [kg]、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

図は高さ h [m] を上昇するとき、エレベーターが上昇しはじめてからの時間 t [s] とエレベーターの速度 v [m/s] との関係を表した一例である。すなわち、時間 t_A [s] の間、加速度の大きさが a ($\leq a_0$) [m/s²] で加速および減速した場合を表している。

問1 図において、エレベーターが等速直線運動しているときの速度 v_A を、 a 、 t_A を用いて表せ。

問2 図において、エレベーターが加速する間（すなわち、はじめの t_A [s] 間）の上昇距離を y_A [m] とする。

(1) y_A を a 、 t_A を用いて表せ。

(2) エレベーターを引くロープの張力の大きさを求めよ。

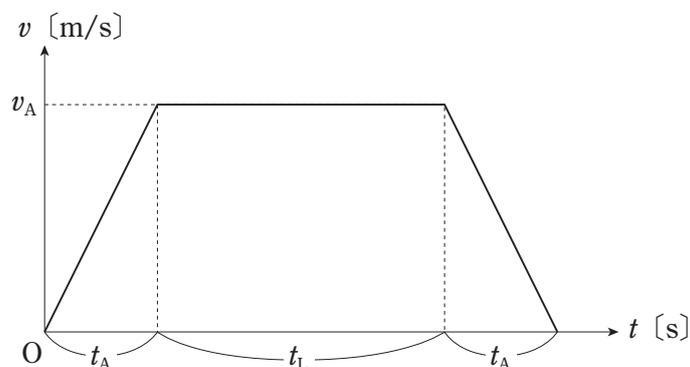
(3) この間にエレベーターに対してロープの張力がした仕事はいくらか。 v_A 、 y_A 、 M 、 g を用いて表せ。

問3 図において、エレベーターが等速直線運動している間の時間を t_L [s] とする。

(1) t_L を a 、 t_A 、 h を用いて表せ。

(2) この間にエレベーターに対してロープの張力がした仕事はいくらか。 h 、 y_A 、 M 、 g を用いて表せ。

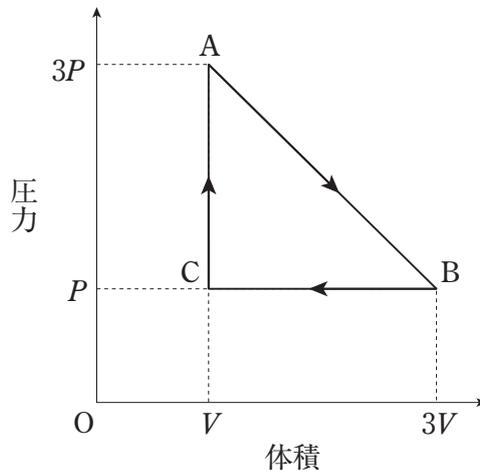
問4 エレベーターが高さ h [m] を上昇する最短時間 T_0 [s] を求めたい。図において、エレベーターが高さ h [m] を上昇する時間 T [s] は、 $T = t_L + 2t_A$ [s] である。この時間 T の最小値を考えることによって、 T_0 を a_0 、 h を用いて表せ。



図

【2】 熱に関する次の文中の空欄に当てはまる数値を答えよ。

- ・一定容器に閉じこめた気体を加熱し、気体の温度（絶対温度）を2倍にすると、圧力は 倍になる。
- ・大気圧を1気圧とすると、水深10mごとに水圧は1気圧増える。水深20mの湖底で生じた気泡がゆっくりと湖面に浮上したときの気泡の体積は、湖底で生じた気泡の体積のおおよそ 倍になる。ただし、水の温度は水深によらず一定であるとする。
- ・27℃のヘリウム気体を満たした容器がある。これを熱してヘリウム原子のもつ平均の運動エネルギーを2倍にするには、気体の温度を °Cにすればよい。
- ・一定量の単原子分子理想気体に同じ熱を加えて、定積変化させた場合と定圧変化させた場合の温度上昇をそれぞれ、 ΔT_V 、 ΔT_P とすると、 $\frac{\Delta T_P}{\Delta T_V} =$ である。
- ・一定量の単原子分子の理想気体を等温圧縮して圧力を2倍にすると、その気体の内部エネルギーはもとの 倍になる。
- ・図のように理想気体をA→B→C→Aと熱平衡状態を保ちながらゆっくりと変化させた（各点を結ぶ線はいずれも直線である）。この過程で気体の温度が最も高いときの絶対温度は、最も低いときの絶対温度の 倍である。



図

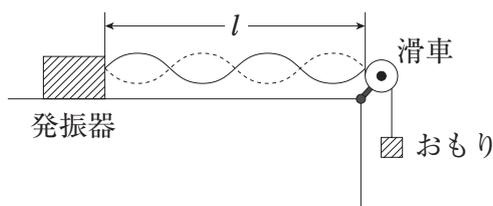
【3】 材質と太さが一様な弦の一端を、振動数を自由に変えることができる発振器に接続し、他端は滑車を通しておもりをつるし、発振器から滑車までの距離を l [m] で固定する。おもりは、1個の質量が m [kg] であり、同じ質量のおもりを数個つるすことができる。また、弦の質量はおもりの質量に比べて十分小さいものとし、つるすおもりの個数を変えても弦の太さや長さは変わらないものとする。はじめ、おもりを1個つるした状態で、発振器の振動数 F [Hz] を $F=f$ [Hz] にしたところ、図のように、弦と発振器をつないだ位置と滑車の位置が節となる腹4個の定常波が観察された。重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

問1 図の状態のとき、弦にできる定常波の波長 λ_1 [m] はいくらか。また、弦を伝わる波の速さ v_1 [m/s] はいくらか。

問2 おもりの個数を変えて弦にできる腹の数が n 個となるとき、弦にできる定常波の波長 λ [m] はいくらか。また、弦を伝わる波の速さ v [m/s] はいくらか。

問3 図の状態からつるすおもりの個数を増やしていったとき、弦に定常波が生じるときのおもりの個数 X と腹の数 n の関係は表1のようになった。弦を伝わる波の速さの2乗 v^2 [m²/s²] と弦の張力 T [N] との比 $\frac{T}{v^2}$ を f, l, m, g を用いて表せ。

問4 発振器の振動数 F [Hz] とおもりの個数 X を変化させて弦に腹1個の定常波ができるようにしたとき、おもりの個数 X と振動数 F [Hz] の関係は表2のようになった。表中の(1), (2)を、 f を用いて表せ。



図

表1

おもりの個数 X	定常波の腹の数 n
1	4
4	2
16	1

表2

おもりの個数 X	振動数 F [Hz]
1	(1)
4	(2)
16	f

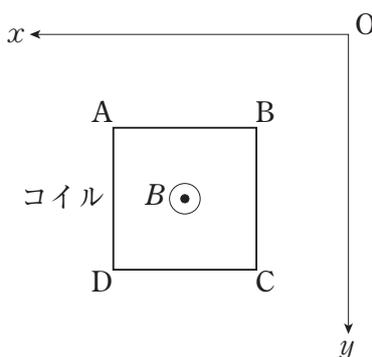
【4】 図のように、鉛直面 (xy 平面：原点 O から水平左方を x 軸の正、鉛直下方を y 軸の正の向きとする) に対して垂直に裏から表に向かって (z 軸の正の向きとする)、磁束密度が $B=Ky$ [T] (K は正の定数) で表される静磁場がかかっている。この鉛直面内で、一辺の長さが a [m] の正方形の一巻きコイル ABCD の辺 AB を x 軸に一致させて $y=0$ から落下させた。コイルの質量を m [kg]、コイルの抵抗値を R [Ω]、重力加速度を g [m/s^2] とし、空気の抵抗やコイルを流れる電流が静磁場に与える影響は無視できるものとする。以下の文章の ~ には適切な数式を答え、 ~ には下の解答群の選択肢から適切な番号を選んで、解答欄に記入せよ。

コイルが鉛直下向きに落下するとコイルを貫く磁束は増加する。したがって、レンツの法則よりコイルには の向きに誘導電流が流れる。コイルの辺 AB が位置 y [m] を通過したときにコイルを流れる電流の大きさを I [A] とする。コイルの辺 AB は磁場から の向きに大きさ $\times I$ [N] の力を受ける。このときにコイルの辺 CD について同様に考えると、コイル全体が磁場から受ける力は の向きに大きさ $\times I$ [N] となる。以上から、コイルの辺 AB が位置 y [m] を通過したときのコイルの加速度は [m/s^2] となる。

一方、コイルの辺 AB が位置 y [m] を通過したときのコイルの速度を v [m/s] とすると、コイルに生じる誘導起電力の大きさは、 $\times v$ [V] であるから、コイルを流れる電流の大きさは、 $I =$ $\times v$ [A] となる。この式を(3)式に代入すると、コイルはやがて等速度運動することがわかる。その速さ v_f [m/s] は、 $v_f =$ [m/s] である。コイルが一定の速度になった後コイルから単位時間あたりに発生するジュール熱は、 v_f を用いずに表すと、 [W] になる。

~ の解答群

- | | | |
|---|---|-------------|
| ① x 軸方向の正 | ② x 軸方向の負 | ③ y 軸方向の正 |
| ④ y 軸方向の負 | ⑤ z 軸方向の正 | ⑥ z 軸方向の負 |
| ⑦ $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ | ⑧ $A \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$ | |



図