

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8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 以下の()内を適切な数式で埋めよ。

非常に粗い水平面上の1点に原点Oを取り，水平方向にx軸，鉛直上向きにy軸をとる。

いま，長さL[m]の細い剛体の棒をx軸上におき，一端を原点O(0, 0)，他端を点A(L, 0)とする。以下の事象はすべてxy平面内でおこるものとする。

図1(a)のように，棒のA点を棒と角 θ_1 [rad] ($0 < \theta_1 < \pi/2$)をなす向きに，大きさ F_1 [N]の力で引いたら，O点が動かずに，A点がわずかに浮き上がってつりあった。この時，力 F_1 [N]のx成分は(1) [N]，y成分は(2) [N]，O点のまわりの力のモーメントは反時計まわりを正として，(3) [N·m]である。

次にA点にかけていた力 F_1 [N]をかけるのをやめ，図1(b)のように，棒のO点を棒と角 θ_2 [rad] ($0 < \theta_2 < \pi/2$)をなす向きに，大きさ F_2 [N]の力で引いたら，A点が動かずに，O点がわずかに浮き上がってつりあった。この時，力 F_2 [N]のx成分は(4) [N]，y成分は(5) [N]，A点のまわりの力のモーメントは反時計まわりを正として，(6) [N·m]である。

なお，A点とO点を引いた時の浮き上がりは，ごくわずかで水平面とのなす角度は0 radとしてよいものとする。

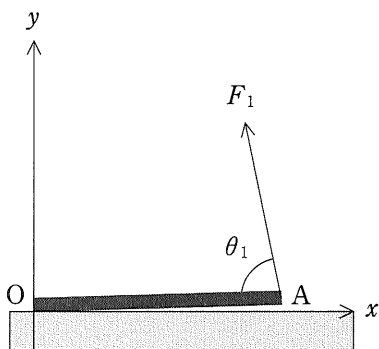


図1(a)

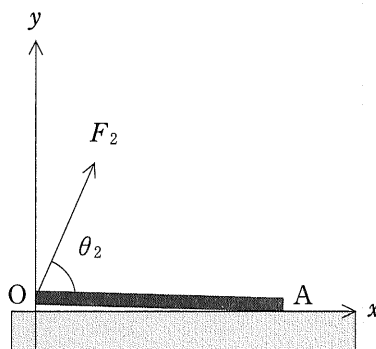


図1(b)

以上のことから、重力加速度を g [m/s^2] とすると、棒の質量は、 F_1 , F_2 , θ_1 , θ_2 , g を使って (7) [kg] であることがわかる。また、棒の重心の x 座標は、 F_1 , F_2 , θ_1 , θ_2 , L を使って (8) [m] であることがわかる。

2

(1) 以下の(a), (b)の()内を適切な語句, 記号, または, 数値で埋めよ。なお, 計算結果の数値は, 整数もしくは四捨五入した整数とし, 焦点距離には符号を含めて答えよ。

(a) 図2に示すように, 厚さを無視できる凸レンズ L_1 に対して左 5 cm のところに点光源 P を置いたところ, レンズ L_1 の右 20 cm に実像 Q が現れた。この結果から, レンズ L_1 の焦点距離 f_1 は(あ)cm であることがわかる。続いて, レンズ L_1 の右側に密着して厚さを無視できる(い)レンズ L_2 を置いたところ, 図2の破線で示すように平行光線となった。この結果から, レンズ L_2 の焦点距離 f_2 は(う)cm であることがわかる。さらに, 光線の状態を等しく保つように, 2 枚のレンズを 1 枚の厚さを無視できる(え)レンズ L に置き換える。このときレンズ L の焦点距離 f は, (お)cm である。これらの関係から, 式(2. 1)が導かれる。

$$f = \frac{f_1 f_2}{f_1 \text{ (か) } f_2} \dots\dots\dots (2. 1)$$

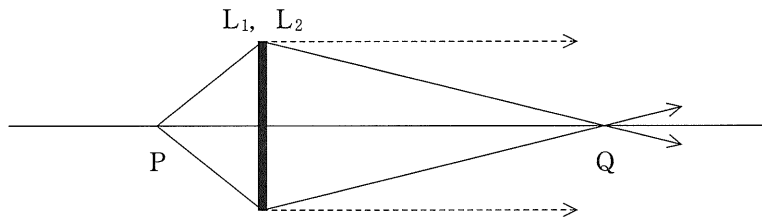


図 2

(b) 救急車のサイレンなど、動いている物体から発せられる音は、物体の進行方向によって聞こえる音の高さが異なる。これを(き)とよぶ。救急車が遠ざかる際に聞こえる音の高さは、停止している際に聞こえる高さと比較すると(く)聞こえる。つぎに、この効果を数値で確認する。観測者が静止し、救急車が 36 km/h の速度で観測者からまっすぐに遠ざかる際に、サイレンの音の振動数を 1000 Hz、音速を 340 m/s とすると、観測者が受け取る音波の振動数は(け) Hz となる。なお、Hz とは 1 (こ) 間に含まれる振動の回数を表す単位である。

(2) 下に示す選択肢の中から、適切な語句もしくは数値を選んで、以下の(a), (b), (c)の()内を埋めよ。なお、選択肢の中には、使用されないものがあることに注意すること。

(a) (さ)は、真空中では伝わらない(し)である。一方、(す)は、真空中でも伝わる(せ)である。

(b) 波が伝わる速度は媒質によって異なる。光が空気中を進行する速度 V_a は約 3.0×10^8 m/s である。水の屈折率を 1.33 とすると、水中での速度 V_w は約(そ) $\times 10^8$ m/s となり、空気中よりも(た)なる。水中での音速は、常温で $1.5 \times$ (ち) m/s であり、空気中での音速 3.4×10^2 m と比較して(つ)なる。

(c) 速さ V [m/s], 等しい振幅 1 mm で同一方向に進む 2 つの正弦波を考える。それぞれの波長をそれぞれ λ_1 [m], λ_2 [m] ($\lambda_1 \geq \lambda_2$) とする。 λ_1 が λ_2 よりもわずかに大きい場合には、重ね合わせの原理によりうなりを生じる。このとき、うなりは毎秒(て)回発生する。一方で、 $\lambda_1 = \lambda_2$ である場合には干渉を利用して合成波の振幅を(と) mm にまで小さくできる。

【選択肢】

| | | | | | | | |
|--|-----|-----|---|-----|-----|---|--------|
| 遅く | 速く | 音 | 光 | 横波 | 縦波 | | |
| 0 | 0.5 | 1.0 | 2.0 | 2.3 | 4.0 | 10^2 | 10^3 |
| $\frac{V(\lambda_1 - \lambda_2)}{\lambda_1 \lambda_2}$ | | | $\frac{V \lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2}$ | | | $\frac{\lambda_1 - \lambda_2}{V \lambda_1 \lambda_2}$ | |

- 3 図3のように単原子分子の理想気体の入った2つの円筒形の容器AとBが壁に固定されている。どちらの容器にも質量の無視できるピストンがついており、それぞれの断面積は S_A [m²] と S_B [m²] ($S_A < S_B$) である。これらのピストンは質量の無視できる棒でつながれており、静止した状態にある。このとき両気体の物質量と温度は等しくそれぞれ n [mol], T_0 [K] であった。また容器Aの気体の体積は V_0 であった。ここでは外部からの圧力は無視できるものとする。ピストンはなめらかに自由に動き、ピストンの位置が端まで到達することのないよう容器は十分大きいとする。気体定数を R [J/(mol·K)] として、以下の問いに答えよ。

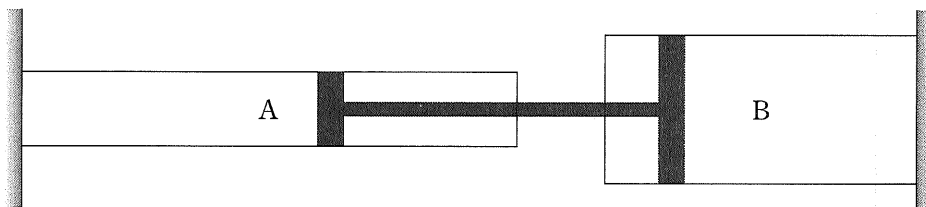


図3

- (1) 容器Aの気体の圧力を求めよ。
- (2) 容器Aの気体がピストンを押す力の大きさを求めよ。
- (3) 容器Bの気体の圧力と体積を求めよ。

次に容器Aの気体に熱を加え温度を T まで上昇させると、ゆっくりとピストンが移動し容器AとBの気体の体積が等しくなった。このとき容器Bでは熱の出入りはないとする。

- (4) このときの容器Bの気体の温度を求めよ。また、この値は容器Aの気体と比べて高いか低いかのどちらかを答えよ。
- (5) 容器Bの気体がされた仕事を求めよ。

試験問題は次に続く。

4 次の実験について下の問いに答えよ。

図4のように、 $x > 0$ の領域には、磁束密度 B [Wb/m²] の一様な磁場が xy 平面に垂直に上向き(記号 \odot)に存在している。 $x < 0$ の領域の磁場は無視できる。1辺の長さが l [m] の1巻きの正方形コイル $abcd$ を xy 平面上に置き、 x 軸の正の向きに一定の速さ v [m/s] で動かす。ただし、辺 ab は x 軸に常に平行で、辺 bc が y 軸と重なった時刻を $t = 0$ とする。また、コイルの抵抗を R [Ω] とし、質量は無視できるものとする。

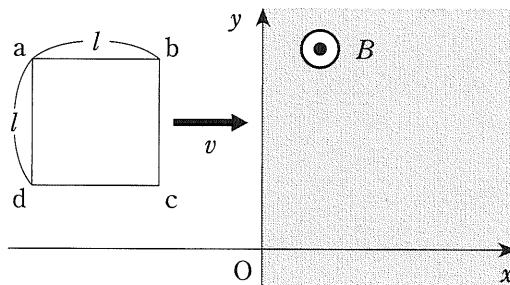


図4

- (1) 時刻 $0 < t < \frac{l}{v}$ において、コイル $abcd$ を貫く磁束 Φ [Wb] は時間 Δt [s] の間に $\Delta\Phi$ [Wb] だけ変化する。 $\Delta\Phi$ [Wb] を求めよ。
- (2) 時刻 $0 < t < \frac{l}{v}$ において、誘導起電力によりコイル $abcd$ を流れる電流 I [A] を v を用いた式で表せ。ただし、電流 I の向きは、 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d$ の方向に流れるものを正とする。
- (3) 時刻 $0 < t < \frac{l}{v}$ において、コイルが磁場から受ける力の大きさ F [N] を v を用いた式で表せ。また、その力の向きを次の(ア)~(カ)から1つ選んで答えよ。

| | |
|--------------------|--------------------|
| (ア) x 軸の正の向き | (イ) y 軸の正の向き |
| (ウ) xy 平面に垂直に上向き | (エ) x 軸の負の向き |
| (オ) y 軸の負の向き | (カ) xy 平面に垂直に下向き |

- (4) 時刻 $0 < t < \frac{l}{v}$ において、コイルが消費する電力 P [W] を v を用いた式で表せ。
- (5) 時刻 $t = 0$ から $t = \frac{l}{v}$ までにコイルを速度 v で動かすために外力がする仕事 W [J] を v を用いた式で表せ。