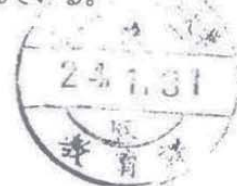


以下の各問題の解答はすべて解答欄に記入し、**1** 以外は解答の過程も示しなさい。

1 以下の文章の (①) から (⑳) に適切な語句または式を入れなさい。

- [1] 大きさをもち変形を無視できる物体を一般に (①) と言う。(①) のつりあいの条件は、作用する力のベクトルの和が $\vec{0}$ になることと、任意の点のまわりの (②) の和が 0 になることである。いま質量 m [kg] の (①) に、向きは反対だが大きさはともに F [N] で、作用線が一致しない 2 つの力がはたらいた場合を考える。作用線間の距離を a [m] とすると、この物体に作用する力のベクトルの和は $\vec{0}$ であるが、力の作用点のまわりの (②) の和は双方とも (③) [Nm] であり、重心のまわりの (②) の和は (④) [Nm] である。このような一組の力を (⑤) という。
- [2] 救急車が目の前を通過する前後ではサイレンの音に変化する。動いている音源からの音の (⑥) が変化して聞こえる現象を (⑦) 効果という。音源が移動しても、出された音が (⑧) を伝わる (⑨) に変化は生じない。移動する音源の前方では音の波形が圧縮され、波長が (⑩) なる。
- [3] 金属のような導体中で t 秒間に q [C] の電荷が運ばれたとすると、電流 I [A] は (⑪) と表される。このとき、運ばれる電荷は (⑫) 電子が担う。一方、導体内の金属イオンは移動する電子からエネルギーを受け取り熱運動する。この熱を (⑬) 熱と呼ぶ。抵抗に電圧 V [V] をかけて電流 I [A] を t 秒間流したとき、(⑫) 電子が失ったエネルギーがすべて (⑬) 熱に変わったとすると、その発熱量 Q [J] は (⑭) である。 $\frac{Q}{t}$ を一般に仕事率と呼ぶが、電気の場合は特に (⑮) という。
- [4] 赤色レーザー光を空気中や水中、ガラス中に通すとそれぞれの中で波長は変わるが (⑯) は変わらない。赤色レーザー光がどこを通過していても赤色に見えるのは (⑯) が光の色を決めているからである。太陽光をプリズムに入射させると (⑯) の違いによって曲がり方が異なるため光の帯(虹)が観察できる。この帯ができる現象を光の (⑰) という。プリズムを通過する紫色の光と赤色の光を比べると、(⑱) 色の光の方が曲がり方が小さい。紫色の光よりも (⑯) が大きな光は (⑲) と呼ばれており、化学作用が強く殺菌などに利用される。一方、赤色よりも (⑯) が小さい光は (⑳) といい、この光を吸収した物体は一般的に温度が上昇するので熱線とも呼ばれている。



◇M3(253—12)

2 長さが ℓ [m] の軽いひもの一端に質量 m [kg] の小さいおもりをつけ、他端を天井の一点につけて静かにつるした。重力加速度を g [m/s²] とし、空気抵抗は無視できるとして、以下の各問に答えなさい。

- 〔1〕 おもりがつりあって静止しているときの、ひもの張力の大きさを求めなさい。
- 〔2〕 〔1〕 の状態からおもりに水平方向に力を加えたところ、おもりは水平方向には $\frac{\ell}{2}$ [m] だけ移動し、つりあって静止した。加えた力の大きさと、ひもの張力の大きさを求めなさい。
- 〔3〕 〔2〕 の状態から水平方向の力を静かに取り去った。取り去った瞬間のひもの張力の大きさを求めなさい。
- 〔4〕 〔3〕 の状態の後、おもりは周期運動をはじめた。おもりが最初に最下点に到達したとき、〔3〕 の状態からひもの張力がおもりにした仕事を求め、このときのおもりの速さを求めなさい。
- 〔5〕 〔4〕 の状態において、最下点を通る瞬間のひもの張力の大きさを求めなさい。
- 〔6〕 おもりが〔5〕 の最下点に到達した瞬間にひものを切断したところ、おもりは放物運動を始めた。おもりの鉛直方向の速度の大きさが〔4〕 で求めた速さに等しくなったとき、おもりはひものを切断したときの位置からどれくらいの距離にあるかを求めなさい。

3 図1に示すように、3つの抵抗と電池、スイッチなどからなる回路を作成した。スイッチをONにすると、 $6.0\text{ k}\Omega$ には 0.80 mA の電流が流れた。以下の各問に答えなさい。

- 〔1〕 3つの抵抗の合成抵抗を求めなさい。
- 〔2〕 並列接続の抵抗にかかる電圧を求めなさい。
- 〔3〕 $3.0\text{ k}\Omega$ に流れる電流を求めなさい。
- 〔4〕 電池の端子電圧を求めなさい。
- 〔5〕 電池の内部抵抗を電流計で求めるためには、どのように回路を変更し、どのような計算で求めるかを示しなさい。

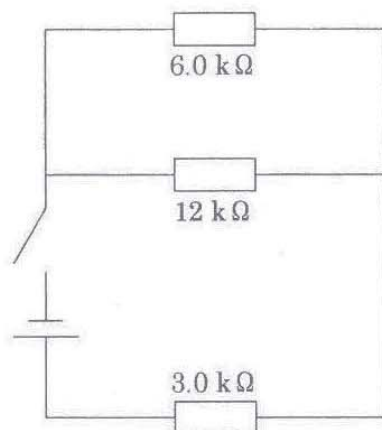


図1

4 なめらかに動くピストンで仕切られているシリンダーがあり、ヘリウムが閉じこめられている。このシリンダーと、バルブを閉じた酸素ポンペを図2のように丈夫なパイプでつないだ。すべての機器と内部の気体の温度は気温と同じであり、シリンダー内の圧力は大気圧である。ヘリウムは大気と自由に熱のやりとりができるものとする。ヘリウムが単原子分子理想気体とし

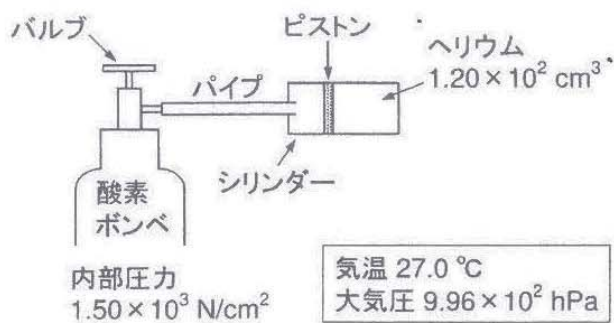


図2



てふるまうと仮定して、このポンペのバルブを開いたとき、図2のピストン右側で生じる現象について以下の各問に答えなさい。バルブの開閉でのポンペ内の温度・圧力変化は無視でき、圧力変化による変形や破損は機器のどこにも生じないものとする。気体定数 $R = 8.3 \text{ [J/mol} \cdot \text{K]}$ とする。なお、 $1 \text{ hPa} = 100 \text{ Pa}$ である。

- [1] シリンダー内のヘリウムは何 mol かを数値で求めなさい。
- [2] バルブをきわめてゆっくりと開いて全開にした。このときシリンダー内のヘリウムは何という状態変化をしたかを気体の状態変化の名称で答えなさい。また、この状態変化でヘリウムの体積は何 m^3 になったかを数値で求めなさい。
- [3] [2] を行った後で元の状態に組み直してから、バルブを一気に全開にした。このときのヘリウムの温度を知るために、理想気体の断熱変化で知られている関係式

$$(\text{圧力}) \times (\text{体積})^\gamma = \text{一定}$$

を利用したい。ここで

$$\gamma = 1 + \frac{R}{C_v}$$

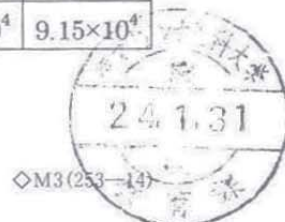
R : 気体定数

C_v : 定積モル比熱

である。単原子分子理想気体の γ を数値で求めなさい。

- [4] [3] のときのヘリウムの温度が何 K になるかを、ヘリウムの元の温度とバルブを開ける前後の圧力だけから知りたい。ヘリウムの温度に $T[\text{K}]$ 、圧力に $P[\text{Pa}]$ の記号を用い、この記号にバルブ閉鎖時を 0、バルブ全開時を 1 とした添字を使うこととして、バルブ全開時のヘリウムの温度 T_1 を求める式を [3] の式を利用して T_0 、 P_0 、 P_1 、 γ を用いて書きなさい。
- [5] 以下の表の適切な値を用い、[4] の T_1 が何 K になるかを数値で求めなさい。

x^y の表		x							
		1.51×10^1	1.80×10^1	3.32×10^1	7.97×10^1	1.51×10^2	1.80×10^2	3.32×10^2	7.97×10^2
y	0.286	2.17×10^0	2.29×10^0	2.72×10^0	3.50×10^0	4.20×10^0	4.42×10^0	5.26×10^0	6.76×10^0
	0.400	2.96×10^0	3.18×10^0	4.06×10^0	5.76×10^0	7.44×10^0	7.98×10^0	1.02×10^1	1.45×10^1
	0.600	5.10×10^0	5.66×10^0	8.18×10^0	1.38×10^1	2.03×10^1	2.26×10^1	3.26×10^1	5.51×10^1
	0.667	6.11×10^0	6.87×10^0	1.03×10^1	1.85×10^1	2.84×10^1	3.19×10^1	4.80×10^1	8.62×10^1
	0.714	6.95×10^0	7.88×10^0	1.22×10^1	2.28×10^1	3.60×10^1	4.08×10^1	6.31×10^1	1.18×10^2
	1.29	3.31×10^1	4.16×10^1	9.17×10^1	2.84×10^2	6.47×10^2	8.12×10^2	1.79×10^3	5.53×10^3
	1.40	4.47×10^1	5.72×10^1	1.35×10^2	4.59×10^2	1.12×10^3	1.44×10^3	3.39×10^3	1.15×10^4
	1.60	7.70×10^1	1.02×10^2	2.72×10^2	1.10×10^3	3.06×10^3	4.06×10^3	1.08×10^4	4.39×10^4
	1.67	9.31×10^1	1.25×10^2	3.47×10^2	1.50×10^3	4.35×10^3	5.84×10^3	1.62×10^4	7.01×10^4
	1.71	1.04×10^2	1.40×10^2	3.99×10^2	1.78×10^3	5.32×10^3	7.19×10^3	2.05×10^4	9.15×10^4



5 図3(a)のように屈折率1の空气中から屈折率1.3の薄い石けんの膜に入射角30度で白色光を入射し、その反射光をプリズムに通したら虹が観察された。その虹を肉眼で観察したところ暗線が1本確認でき、その暗線の波長は $0.66\mu\text{m}$ (ただし $\mu = 10^{-6}$)であった。これらの観測から以下の考察によって薄い膜の厚さ d を求めよう。以下の考察において、[]に当てはまる記号、または数値を答えなさい。数値は分数を使っても良い。必要なら図3(b)を用いなさい。

図3(a)中の(ア)の経路の光と(イ)の経路の光が干渉したとする。また、(イ)の経路において入射角を i 、屈折角を j とする。暗線が生じる条件は

「光路長の差 $=m\lambda$ ($m=1, 2, 3, \dots$)、ただし λ は干渉現象により生じた暗線の波長」

である。まずは光路長の差を求めよう。ここで、光路長とは、光の進む距離を真空中で進む距離に換算した量のことである。たとえば光が屈折率 n の媒質中を L だけ進んだとすると、真空中では同じ時間内で[①]だけ進む。このとき L を幾何学的距離、[①]を光路長という。図3(a)中の(ア)の経路と(イ)の経路との幾何学的距離の差は図3(a)中の太線で示されている。したがって、膜の屈折率を n とすると、光路長の差は d, n, j を用いて[②]と表せる。屈折の法則より i, j, n の関係は $n=[③]$ であり、 $n=1.3, i=30$ 度を代入すると $\cos j$ は[④]と書ける。以上より、膜の厚さ d は、暗線の波長 λ 、および m ($m=1, 2, 3, \dots$)を用いて[⑤]と書ける。

観察された暗線が $m=1$ に対応すると仮定すると、肉眼で確認できる暗線の波長は $0.66\mu\text{m}$ の1本のみである。観察された暗線が $m=2$ に対応すると仮定すると、肉眼で確認できる暗線の波長は $0.66\mu\text{m}$ および[⑥] μm の2本であり、観察結果と異なることになる。観察された暗線が $m=3$ に対応すると仮定すると肉眼で確認できる暗線の本数は[⑦]本となる。 $m=1, 2, 3$ を計算してみると $m=3$ 以降の考察は必要ないことがわかる。以上の考察より、膜の厚さは[⑧] μm である。

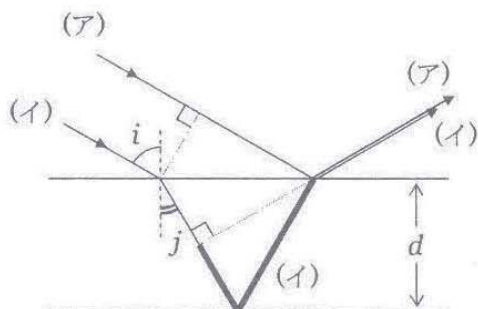


図3(a)

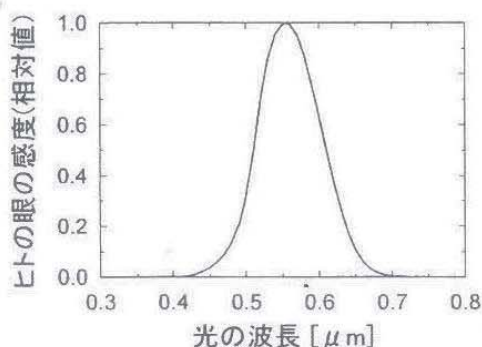


図3(b)

以上

241.31

◇M3(253-13)