

1 長さ5 mの細い棒PQがある。図1のように棒PQを床に置き、P端を地面につけたままQ端に鉛直上向きの力を加えて少し持ち上げるのに36 Nの力が必要であり、逆にQ端を地面につけたままP端を持ち上げるのに24 Nの力が必要であった。次の各問いに答えなさい。ただし、解答に無理数が出る場合は近似値に直さずにそのまま使うこと。



図1

(1) 棒の重心はP端から何mのところであり、棒全体の重さは何Nであるか。

次に、図2のように、この棒を床と 30° の角をなすように鉛直な壁に立てかけたところ棒は静止した。このとき、床面と棒の間には摩擦があり、壁はなめらかで摩擦がないとする。

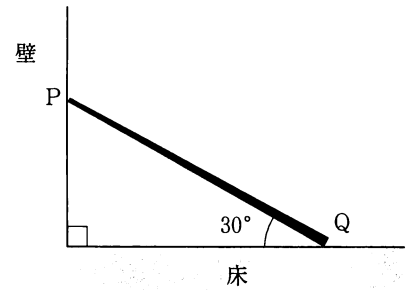


図2

(2) 棒がQ端のところで地面から受ける垂直抗力は何Nであるか。

(3) 棒が床から受ける摩擦力は何Nであるか。

さらに、図3のような支柱にこの棒の midpoint をなめらかに回転できるように設置し、棒の両端に重さの無視できる空の水受けを棒にじゅうぶん近い位置でとりつけた。はじめP端側の水受けに毎秒0.1 Nの重さの水を静かに注ぐとしばらくして棒はゆっくりと傾き始めた。

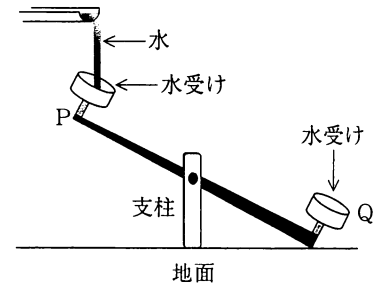


図3

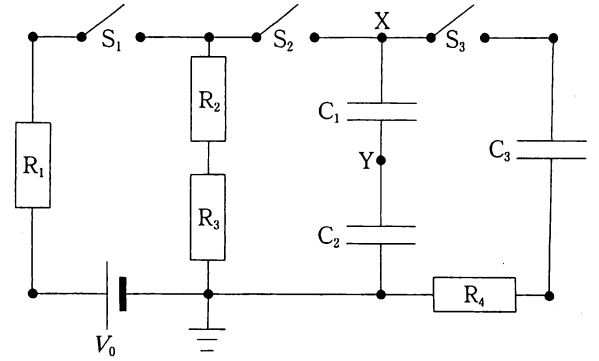
(4) P端に水を注ぎ始めてから何秒後に棒は傾き始めたか。

棒が傾き始めP端が地面に接触したが、P端側の水受けに水を注ぎ始めてから150秒間水を注ぎ続けた。その後、Q端側の水受けのみに毎秒0.1 Nの重さの水を静かに注ぎ始めた。途中、水が水受けからこぼれることはなかった。

(5) 棒が再びQ端側に傾き始めるのはQ端側の水受けに水を注ぎ始めてから何秒後であるか。

2

図のような電池，抵抗，コンデンサーからなる回路がある。電池の起電力を V_0 [V]，抵抗器 R_1, R_2, R_3, R_4 の抵抗値をすべて r [Ω] とし，コンデンサー C_1, C_2, C_3 の電気容量をそれぞれ C [F]， $2C$ [F]， $3C$ [F] とする。はじめスイッチ S_1, S_2, S_3 は全て開いており，コンデンサーにたくわえられている電気量は 0 であった。また電池の内部抵抗は無視できるものとする。次の各問いに答えなさい。答えは各問いの解答群の中から最も適切なものを一つ選び，解答欄の記号にマークしなさい。



まず，スイッチ S_1 を閉じた後，スイッチ S_2 を閉じ，じゅうぶん時間が経過した。

- (1) X 点の電位は何 [V] か。
- (2) コンデンサー C_1 に蓄えられた電気量は何 [C] か。
- (3) Y 点の電位は何 [V] か。

次に，スイッチ S_2 を開いた後，スイッチ S_3 を閉じ，じゅうぶん時間が経過した。

- (4) X 点の電位は何 [V] か。
- (5) C_3 に蓄えられる電気量は何 [C] か。
- (6) 抵抗 R_4 で発生したジュール熱は何 [J] か。

[解答群]

- | | | | | |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| (1) ア. V_0 | イ. $\frac{1}{2} V_0$ | ウ. $\frac{1}{3} V_0$ | エ. $\frac{2}{3} V_0$ | オ. $\frac{1}{4} V_0$ |
| (2) ア. CV_0 | イ. $\frac{1}{2} CV_0$ | ウ. $\frac{1}{3} CV_0$ | エ. $\frac{1}{9} CV_0$ | オ. $\frac{4}{9} CV_0$ |
| (3) ア. V_0 | イ. $\frac{1}{3} V_0$ | ウ. $\frac{2}{3} V_0$ | エ. $\frac{2}{9} V_0$ | オ. $\frac{4}{9} V_0$ |
| (4) ア. $\frac{2}{3} V_0$ | イ. $\frac{1}{27} V_0$ | ウ. $\frac{4}{33} V_0$ | エ. $\frac{8}{99} V_0$ | オ. $\frac{1}{11} V_0$ |
| (5) ア. $\frac{8}{99} CV_0$ | イ. $\frac{4}{11} CV_0$ | ウ. $\frac{4}{9} CV_0$ | エ. $\frac{4}{3} CV_0$ | オ. $2 CV_0$ |
| (6) ア. $\frac{8}{27} CV_0^2$ | イ. $\frac{4}{27} CV_0^2$ | ウ. $\frac{4}{33} CV_0^2$ | エ. $\frac{8}{99} CV_0^2$ | オ. $\frac{8}{297} CV_0^2$ |

3

底が平らで水平に置かれた水槽内の1点において上下に振動する波源Sを置いて水面波を立てる。波は減衰せずに広がるものとする。水槽は広く、水槽の側壁からの反射はないものとする。図1は振動開始後のある瞬間の上から見た波の様子を示したものである。実線で描かれた円は波の山を示している。格子状の点線は距離を読み取るための間隔0.2 mの方眼である。なお、図1の右下に方眼のスケールが示してある。波源Sでは図1において山の状態である。図1の点Aは波源Sから2.4 m離れた点であり、波の山の状態である。図2は波源Sから1.2 m離れた点Bで観測された水位の時間変化の様子である。ただし、図1に示した瞬間を時刻0 ($t = 0$)としている。以下の各問いに答えなさい。

- (1) この水面波の速さは何 m/s か。
- (2) 波源Sから4.8 mの距離にある点において、図1に示した瞬間から3.6 s後の水位は何 m か。ただし、図1の瞬間において波は4.8 mよりも遠方まで広がっている。

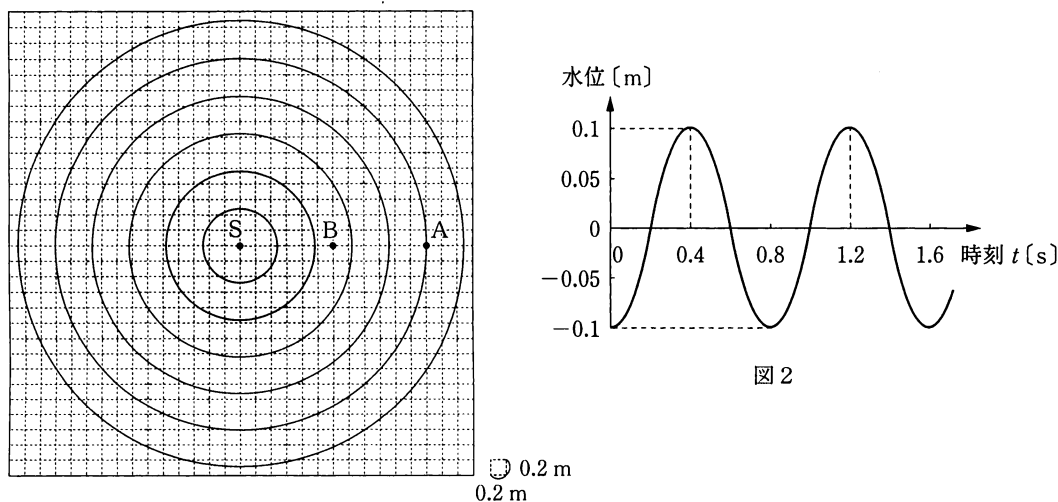


図1

図2

次に、振動を止めて波が無くなった後に、波源Sの振動数を変えて再び波を立てた。波を立てながら波源Sを一定の速さ V_s で動かしたとき、ある瞬間における上から見た波の様子は図3であった。波源Sは図中に示したx軸上を正方向に動かしている。図3において実線で描かれた円は波の山を示しており、波源Sでは山の状態である。格子状の点線は距離を読み取るための間隔0.2 mの方眼である。図3の右下に方眼のスケールが示してある。なお、波の速さは波源の振動数及び波の波長によらず一定とする。

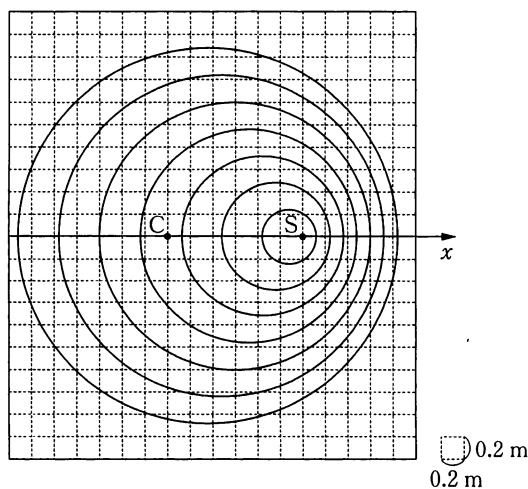


図3

物 理

- (3) 図3の x 軸上の点 C において観測される水面の高さの振動周期は何 s か。
- (4) 波源 S の振動数は何 Hz か。
- (5) 波源 S を動かした速さ V_s は何 m/s か。

4

図のように一方の端が閉じたガラス管に水銀を満ちし、水銀を満ちた容器にこれを立てると、ガラス管内の水銀はある高さより上には上らず、それより上の部分が真空になる。このようにして出来た真空は発見者の名前から、“トリチェリの真空”と呼ばれる。また、このような装置はマンオメータともいわれ、大気圧の測定や、血圧を測定するのに用いられてきた。

今、内径 $2.0 \times 10^{-2} \text{ m}$ の 1 端を閉じた十分に長いガラス管を使って水銀マンオメータを作った。水銀の密度を $1.36 \times 10^4 \text{ kg/m}^3$ 、重力加速度の大きさは 9.8 m/s^2 であり、温度は常に一定とする。また、円周率を 3.14 とし、水銀とガラスの間の表面張力は無視でき、水銀は蒸発しないとす。次の各問いに答えなさい。答えは各問いの解答群の中から最も適切なもの一つを選び、解答欄の記号にマークしなさい。

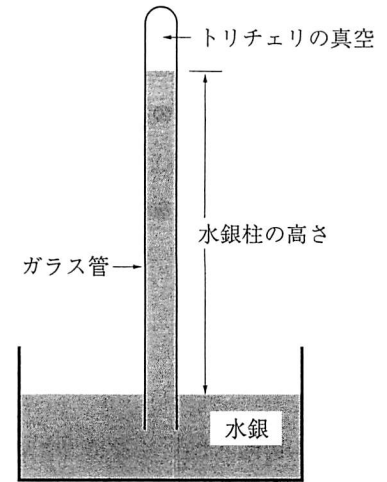


図 水銀マンオメータ

この水銀マンオメータを使ってある地点の大気圧を観測したところ、ガラス管中の水銀柱の高さは水銀面より $7.5 \times 10^{-1} \text{ m}$ の高さであり、その高さより上の部分ではトリチェリの真空が観察された。

- (1) 水銀面より水銀柱の上端までにある水銀の質量は何 kg か。
- (2) このときの大気圧は何 Pa か。

次に水銀のかわりに密度が不明な液体を使ってマンオメータを作ってみた。この密度が不明な液体を使ったマンオメータで大気圧を測定したところ、ガラス管中の液柱の高さが液面より 6.1 m を示していた。同時に水銀マンオメータを使ってこの時の大気圧を測定したところ、水銀柱の高さは水銀面より $7.6 \times 10^{-1} \text{ m}$ を示していた。

- (3) この液体とガラスの間の表面張力は無視でき、この液体は蒸発しないとすとき、この液体の密度は何 kg/m^3 か。

今度は、最初の水銀マンオメータをある圧力にした密閉容器に入れてロケットに搭載した。密閉容器内のマンオメータは、ロケットの打ち上げ前には水銀柱の高さが $3.80 \times 10^{-1} \text{ m}$ を示していた。

- (4) ロケットの打ち上げ前の密閉容器内の圧力は何 Pa か。
- (5) そのロケットを地面に対して鉛直に打ち上げた。ロケットは 4.90 m/s^2 の等加速度運動で上昇を開始した。ロケットが上昇中にマンオメータの水銀柱の高さは何 m を示すか。ただし、重力加速度の大きさは地面からの高さに関係なく 9.8 m/s^2 で一定であるとする。

物	理
---	---

[解答欄]

(1) ア. 1.4 イ. 3.2 ウ. 4.2 エ. 6.4 オ. 13

(2) ア. 1.0×10^2 イ. 1.0×10^3 ウ. 1.0×10^4 エ. 1.0×10^5 オ. 1.0×10^6

(3) ア. 1.0×10^3 イ. 1.4×10^3 ウ. 1.7×10^3 エ. 1.4×10^4 オ. 1.1×10^5

(4) ア. 6.2×10^4 イ. 8.1×10^4 ウ. 1.0×10^4 エ. 2.5×10^4 オ. 5.1×10^4

(5) ア. 1.0×10^{-1} イ. 1.9×10^{-1} ウ. 2.5×10^{-1} エ. 3.7×10^{-1} オ. 7.6×10^{-1}