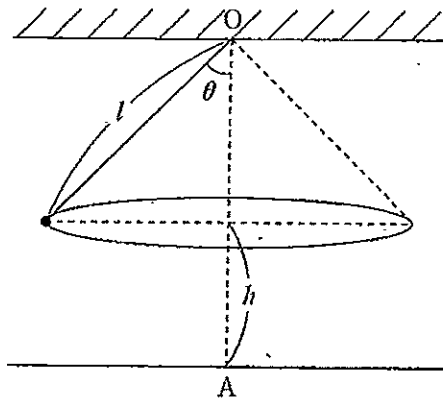


[1] 図のように、長さ l の軽い糸の一端を点 O に固定し、糸の他端に質量 m の小球を取り付けて、水平面内で等速円運動をさせる。 O からおろした鉛直線と水平な床との交点を A とする。小球が等速円運動をする水平面は床からの高さが h 、糸は鉛直下方と θ ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) の角をなしているとする。重力加速度の大きさを g とする。空欄 (1) ~ (5) を埋めて文章を完結せよ。答えは【選択肢】の中から最も適切なものを選び、その記号で答えよ。

糸の張力は (1) であるから、円運動の周期は (2)、小球の速さは (3) である。小球の円運動中に突然糸が切れ、小球は床の上の点 B に落ちた。糸が切れてから小球が床に落ちるまでの時間は (4)、 AB 間の距離は (5) である。



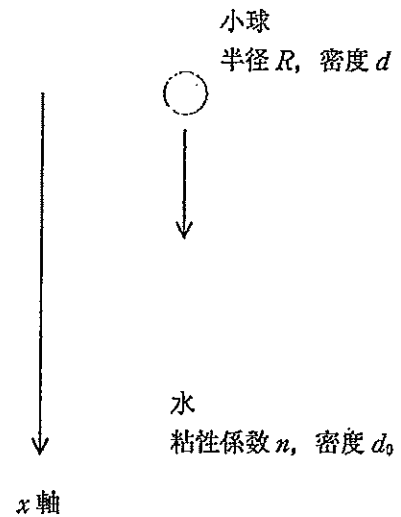
【選択肢】

- | | | | |
|---|---|---|---|
| (a) $\sqrt{\frac{h}{g}}$ | (b) $\sqrt{\frac{g}{h}}$ | (c) $\sqrt{\frac{2h}{g}}$ | (d) $\sqrt{\frac{g}{2h}}$ |
| (e) $mg \sin \theta$ | (f) $mg \cos \theta$ | (g) $\frac{mg}{\sin \theta}$ | (h) $\frac{mg}{\cos \theta}$ |
| (i) $\sin \theta \sqrt{\frac{gl}{\cos \theta}}$ | (j) $\cos \theta \sqrt{\frac{gl}{\sin \theta}}$ | (k) $2\pi \sqrt{\frac{l \sin \theta}{g}}$ | (l) $2\pi \sqrt{\frac{l \cos \theta}{g}}$ |
| (m) $2\pi \sqrt{\frac{g}{l \cos \theta}}$ | (n) $l \sin \theta \sqrt{1 + \frac{2h}{l \cos \theta}}$ | (o) $l \cos \theta \sqrt{1 + \frac{2h}{l \sin \theta}}$ | |

[2] 水中での小球の落下運動を考える。

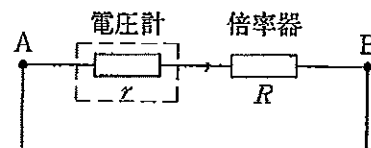
水中で小球を初速度0で離した。小球の半径を R 、密度を d 、水の密度を d_0 として、以下の設問に答えよ。重力加速度の大きさは g とする。

- (1) 小球にはたらく力は、重力、浮力と水による抵抗力 f である。 f は、小球の沈降速度 v と小球の半径に比例し、 $f = -6\pi n R v$ で与えられるものとする。ここで、 n は水の粘性係数である。 x 軸を鉛直に取り、下向きと正とする。加速度を a として小球の運動方程式を書け。
- (2) 粘性係数 n の単位を、 kg 、 m 、 s で表せ。
- (3) 小球を離した直後には、小球の沈降速度は小さく、小球の運動は等加速度運動に近い。一方、時間が十分に経過した後では、重力、浮力と水による抵抗力がつりあい、等速度運動となる。十分に時間が経過した後の小球の終端沈降速度を、 d 、 d_0 、 n 、 R 、 g を用いて表せ。
- (4) d 、 n 、 R を組み合わせて時間の単位をもつ量をつくれ。この量は、(3)で述べた運動状態の変化が起こる時間の目安となる。



[3] 内部抵抗 r 、最大電圧 v まで測定できる直流電圧計がある。この電圧計を用いて最大電圧 V ($V > v$) まで測定範囲を拡大するため、抵抗 R の倍率器を図のように接続した。電圧計の両端にかかる電圧が v 、図の AB 間にかかる電圧が V である場合について、以下の設問に答えよ。

- (1) AB 間に流れる電流はいくらか。 v および r を用いて表せ。
- (2) 倍率器の両端にかかる電圧はいくらか。 R および r を含む式で表せ。
- (3) V および v を含む式で R を表せ。
- (4) $V/v = n$ として、 n を含む式で R を表せ。
- (5) $V = 100 \text{ V}$ 、 $v = 10 \text{ V}$ 、 $r = 10 \text{ k}\Omega$ の場合、 R はいくらか。



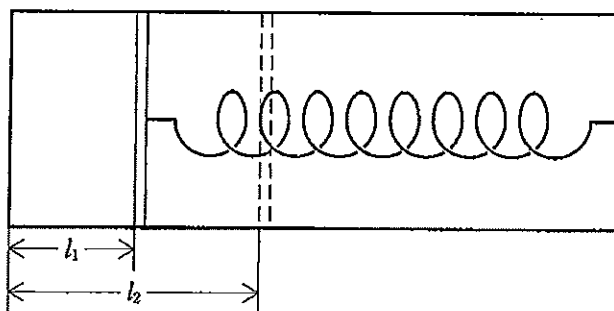
- [4] 図のように、滑らかに動くピストンが付いた断熱材でつくられた円筒容器を水平面上に置く。ピストンの断面積は S [m²] である。自然の長さがこの容器の長さと同じばねの一端をピストンに固定し、他端を容器の右端に固定した。このばねは、フックの法則に従い、ばね定数は k [N/m] である。容器の左側は密封されている一方、右側は大気圧 p_0 [Pa = N/m²] の大気に解放されている。気体定数を R [J/(mol·K)], 絶対温度が T [K] のときの理想気体 1 mol の内部エネルギーを $\frac{3}{2}RT$ [J] とし、またピストンの厚みは無視できるものとして、以下の設問に答えよ。

ピストン左側の密封された部分に 1 mol の理想気体を入れた。ピストンは右側に l_1 [m] 移動した。

- (1) 理想気体の圧力は何 Pa か。力のつりあいから求めよ。
- (2) 理想気体の絶対温度は何 K か。

次に、理想気体に熱を加えると、ピストンの移動距離は l_2 [m] となった。

- (3) 理想気体がばねと大気に対してした仕事は何 J か。
- (4) 理想気体の内部エネルギーの増加は何 J か。
- (5) 理想気体に加えられた熱量は何 J か。



- [5] 口径（直径）が 3 cm，焦点距離が 30 cm および 20 cm のレンズの式にしたがう薄肉の凸レンズ A，B に関して，適切な数字で空欄 (1) ~ (6) を埋めて，文章を完結せよ。

まず，焦点距離 20 cm のレンズ B 単独で考える。レンズの光軸上右側 10 cm の距離に物体を置くと，その虚像は，レンズの右側 (1) cm の位置にでき，このときの倍率は (2) 倍である。

次に，図のように，レンズ A，B を光軸を同じにして一直線上に 10 cm 離して配置する。レンズ A の左側 30 cm の位置に置いた点光源から出た光はレンズ A を通過後，光軸に平行に進む。さらに，レンズ B を通過した後，レンズ B の右側 (3) cm の位置で集光される。

今度は，レンズ A の左側からレンズ全面に平行光を入射させると，レンズ B に入射直前の明るい部分の直径は (4) cm となる。さらに，レンズ B の右側にスクリーンを置く。スクリーンにうつる明るい部分の直径が 1 cm 以下になるレンズ B とスクリーンの間の距離 x の範囲は (5) cm $\leq x \leq$ (6) cm である。

