

第1回 物理学検定(3級)

2006年4月3日

注意事項

- 1 試験時間は2時間です。□1～□6すべてを解答して下さい。
- 2 解答は解答用紙の該当する箇所に丁寧にはっきりと記入して下さい。
- 3 電卓は使用して構いません。
- 4 物理定数の数値が必要な場合は表紙裏の物理定数表を利用して下さい。

物理定数表

重力加速度	$g = 9.8\text{m/s}^2$
万有引力定数	$G = 6.673 \times 10^{-11}\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$
理想気体 1mol の体積	$V_0 = 2.2413996 \times 10^{-2}\text{m}^3/\text{mol}$
気体定数	$R = 8.314472\text{J/K}\cdot\text{mol}$
アボガドロ定数	$N_A = 6.02214199 \times 10^{23}/\text{mol}$
ボルツマン定数	$k_B = 1.3806503 \times 10^{-23}\text{J/K}$
真空中の光速	$c = 2.99792458 \times 10^8\text{m/s}$
真空中の透磁率	$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$
真空中の誘電率	$\epsilon_0 = 1/c^2\mu_0 = 8.8541878 \times 10^{-12}\text{F/m}$
プランク定数	$h = 6.6261 \times 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s}$ $\hbar = h/2\pi = 1.0546 \times 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s}$
電気素量	$e = 1.602 \times 10^{-19}\text{C}$
電子の比電荷	$e/m_e = 1.7588 \times 10^{11}\text{C/kg}$
ボーア半径	$a_B = 5.2918 \times 10^{-11}\text{m}$
ボーア磁子	$\mu_B = 9.2740 \times 10^{-24}\text{J/T}$
電子の静止質量	$m_e = 0.511\text{MeV}/c^2 = 9.1094 \times 10^{-31}\text{kg}$
陽子の静止質量	$m_p = 938.272\text{MeV}/c^2 = 1.67262 \times 10^{-27}\text{kg}$
中性子の静止質量	$m_n = 939.565\text{MeV}/c^2 = 1.6749 \times 10^{-27}\text{kg}$

その他

1 気圧	$= 1.01325 \times 10^5\text{Pa}$
1cal	$= 4.18605\text{J}$
1eV	$= 1.602 \times 10^{-19}\text{J}$

1

以下の各問に答えなさい。

1. 10ノットの速度で航海する船のマストの上からおもり A を静かに離し落下させた。甲板の上にいる人が観測するおもりの運動の軌跡の概形を描け。ただし、海は穏やかで船に乗っている人にとって風はないとする。(1 ノット=0.5144m/s)

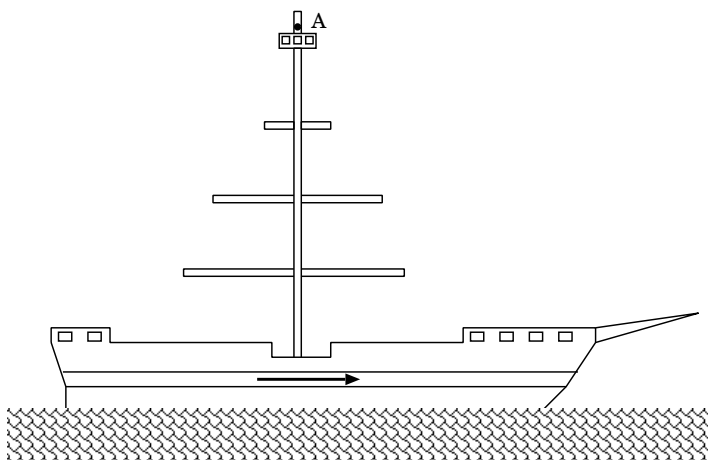


図 1

2. 重力とクーロン力の類似点と相違点について述べよ。
3. 室温での空気中の窒素分子の平均速度を見積もりなさい。

2

流体には粘性があり, 流体の中をゆっくり運動する物体には粘性による抵抗がおもに働くことが知られている. 半径 a の球が速さ v で流体中を運動するとき球に働く粘性抵抗 F は速度と半径の積に比例することが知られている. すなわち

$$F = 6\pi a\eta v$$

で与えられる. これをストークスの法則という. 比例定数 η は粘性率と呼ばれる. いま, 質量 m , 半径 a の球をこの流体の中で静かに離れたところゆっくり落下を始めた. 流体の密度を ρ , 重力加速度の大きさを g として, この球の行う運動について調べよ.

3

マクスセルは自由に運動する気体の速度分布について研究し、彼の名でしられる有名な公式を得た。それによると、1個の気体分子の速度の成分が v_x, v_y, v_z を中心とした速度空間中の微小な体積要素 $dv_x dv_y dv_z$ の中に見出される確率 $\phi(\mathbf{v}) dv_x dv_y dv_z$ は

$$\phi(\mathbf{v}) dv_x dv_y dv_z = C e^{-\alpha v^2} dv_x dv_y dv_z$$

により与えられる。ここで、 C, α は絶対温度 T と気体分子の質量 m に依存する定数である。エネルギー等分配の法則などを持ちいて C, α を決定せよ。ただし、ボルツマン定数を k とする。必要であれば、次のガウス積分の公式を持ちいてもよい。

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x^2} dx = \sqrt{\pi}$$

4

高校生の太郎君たちは、落下の法則を授業で学んで、実際に実験で重力加速度の測定をしようと考えた。太郎君たちが考えた実験は、図のように緩やかな傾斜 θ のレールの上で鉄の球を転がして、球の転がり落ちる運動の加速度 α を測定すれば、重力加速度 g が

$$g = \frac{\alpha}{\sin \theta}$$

により定まると考えた。加速度は、速度を計測する装置 2 個をレールに沿って 1m 離して配置し、それぞれの点で測定することで求める。以下の問に答えなさい。実験にもちいられている速度を計測する装置は球の速度を測定するだけでその運動には影響を与えることはないとせよ。

- (1) この実験で加速度 α が測定される仕組みを述べよ。
- (2) 太郎君たちはこの実験で g として 9.8m/s^2 に近い値が得られると期待したが、実際に得られた値は 7m/s^2 程度であった。太郎君たちの考え方の問題点について述べよ。

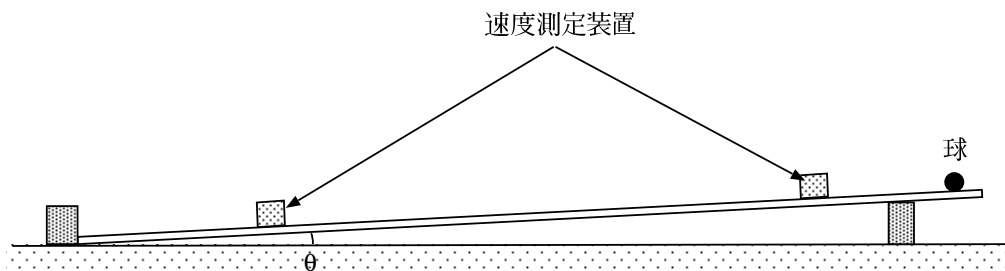


図 2

5

図のように多孔質の壁 C で仕切られた断熱性のある円筒の両端に断熱性のあるピストンが A, B が挿入されている。最初, ピストン A 側と壁 C の間には体積 V_A , 圧力 p_A の気体が 1 モルが入っており, ピストン B は壁 C と密着しているとする。AC 間の気体の圧力を p_A に保ったままピストン A をゆっくりと C に向けて挿入したところ, 気体が壁 C を透過して右側に移動し始めた。壁 C とピストン B の間の気体の圧力を一定の値 p_B に保ちながら, 左側の気体がすべて右側に移るまでピストンを動かした。すべての気体が壁の右側に移動した後での気体の体積は V_B であった。以下の問に答えよ。

(1) 最初の状態と最後の状態での気体の内部エネルギーの変化を求めよ。

(2) この実験で一般に気体の小さな温度変化がみられるが, 気体の密度を小さくしていくと温度変化は小さくなり, 理想気体とみなすことができる極限で温度変化は起らないと考えられる。このことから希薄な気体の内部エネルギーについてどのようなことが言えるか述べよ。

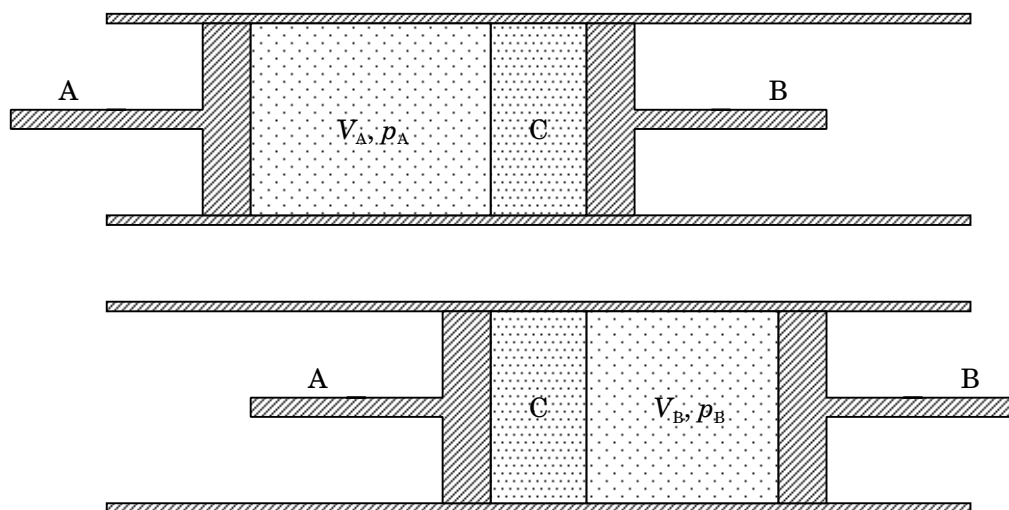


図 2

6

図のように質量 m のおもりがバネ定数 K のバネ 2 本とバネ定数 k のバネに取りつけられて滑らかな床の上に置かれている。初期時刻で片方のおもりだけに衝撃を与え速度 V で運動をさせた。おもりは直線上を運動するとして、以下の問に答えよ。

(1) おもりは x -軸に沿って運動をするとして、右と左のおもりの平衡の位置からの変位をそれぞれ x_1, x_2 とする。それぞれのおもりの運動方程式を書き下せ。

(2) $X = x_1 + x_2, x = x_1 - x_2$ とおく。 X, x が満たす運動方程式に着目し、初期条件を満足する解 x_1, x_2 を求めよ。

(3) 二つのおもりをつなぐバネは両端のバネよりもかなり弱いとする。このとき、二つのおもりが行なう運動の概略を述べよ。

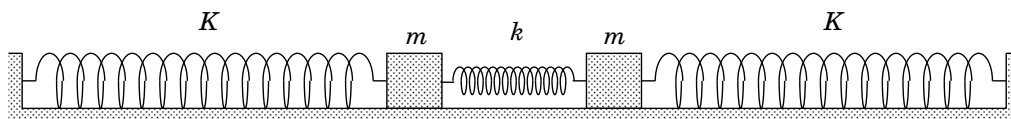


図 3