

平成 23 年度 入学 試験 問題 (後期)

理 科

注 意

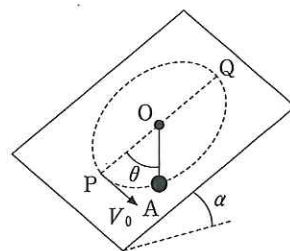
1. 合図があるまで表紙をあけないこと。
2. 物理、化学、生物のうちから 2 科目を選択し、別紙解答用紙に受験番号、氏名を記入すること。
(ただし受験票、入学願書に記入した 2 科目に限る。)
3. 選択した科目以外の科目(例えば物理、化学を選択した場合は生物)の解答用紙にも受験番号、氏名を記入し、全体に大きく×印をすること。
4. 解答は解答用紙の枠内に記入すること。
5. 選択した科目以外の解答用紙に解答を記入した場合、及び解答用紙に解答以外のことを書いた場合、その答案は無効とする。
6. 出題数は物理、化学、生物おのおの 4 題、別紙解答用紙は各科目それぞれ 1 枚である。
7. 受験票は机に出しておくこと。

I 下記の間に答えよ。なお、おもりの大きさ及び糸の質量は無視できるものとし、重力加速度は $g(\text{m/s}^2)$ とする。

(1) 質量 $m(\text{kg})$ のおもり A を板の上におき、板と水平面との角度を徐々に大きくしていくと、角度が $\alpha(\text{rad})$ になったところでおもりが滑り出した。おもりと板との間の静止摩擦係数は (①) である。

(2) 長さ $L(\text{m})$ の糸の先端におもり A をつけ、他端を板上の固定点 O に結びつけ、板と水平面との間の角度が α となるようにした。おもりが最も低い位置 P にくるようにし、水平方向に初速度 $V_0(\text{m/s})$ で動かすと、おもりは半径 L の円運動を始めた。このときのおもりの運動エネルギーは $\frac{1}{2} m V_0^2(\text{J})$ 、位置エネルギーは (②) (J) である(おもりが点 O と同じ高さにあるときの位置エネルギーを 0 とする)。おもりの位置を OP からの角度 $\theta(\text{rad})$ であらわすと、おもりの位置が θ のときのおもりの位置エネルギーは (③) (J) 、また、この位置でのおもりの速さを $v(\text{m/s})$ とすると、運動エネルギーは $\frac{1}{2} m v^2(\text{J})$ である。このとき、おもりが板から受ける垂直抗力は (④) (N) だから、摩擦力は (⑤) (N) である(動摩擦係数は、①で求めた静止摩擦係数と等しいとする)。この摩擦力によって、おもりが点 P から位置 θ まで移動した間に失ったエネルギーは (⑥) (J) である。おもりの点 P におけるエネルギーと、位置 θ でのエネルギーを考えると、(⑦) という等式が成り立つ。等式 (⑦) から位置 θ でのおもりの速さ v は (⑧) (m/s) となる。このとき、糸の張力は (⑨) (N) である。

(3) おもりが最高点 $Q(\theta = \pi)$ に達したとき糸の張力がちょうど 0 になるためには、初速度 V_0 は (⑩) (m/s) でなければならない。このときのおもりの点 Q での速さは (⑪) (m/s) である。



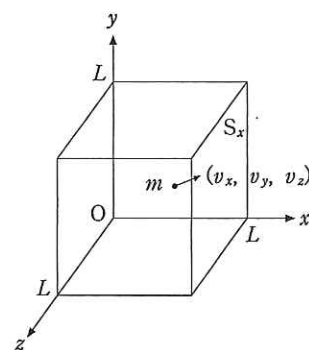
II 次の文中の () の中に適当と思われる式または数値を記入せよ。①~⑩には式を、⑪、⑫には有効数字二桁の数値を単位とともに記入せよ。

図のように、一つの稜の長さが $L(\text{m})$ の立方体の容器があり、隣り合う三つの稜が座標軸 xyz に沿って置かれている。容器の中には、単原子分子の気体が入っており、定常状態にある。気体分子は N 個あり、分子 1 個の質量は $m(\text{kg})$ である。

いま、 $x = L$ にある x 軸に垂直な容器の壁 S_x に衝突する容器内の気体分子を考える。気体分子と壁との衝突は弾性的であると考えられるので、 i 番目の分子が壁 S_x と衝突する直前の速度 $\vec{v}_i(\text{m/s})$ が (v_{ix}, v_{iy}, v_{iz}) であるとき、壁 S_x と衝突した直後の分子 i の速度は (①) となり、1 回の衝突で分子 i が壁 S_x に与える力積は (②) である。分子 i が壁 S_x と衝突してから、次に同じ壁 S_x に衝突するまでの間に、他の気体分子とは衝突しないと考えるとよいものとする。壁 S_x とのはじめの衝突から次の衝突までの間に経過する時間 $\Delta t(\text{s})$ は、分子の速度成分を用いて (③) と表される。 Δt にくらべて十分に長い時間を考えると、この間に分子 i は壁 S_x と衝突を繰り返すから、分子 i が壁 S_x に与える平均の力 $\overline{F_{ix}}(\text{N})$ は (④) と表すことができる。容器中の気体分子全体が壁 S_x に与える平均の力 $\overline{F_x}(\text{N})$ は、式④を分子全体について加えあわせたものであるから、分子の座標軸方向の速度成分やその 2 乗の平均、 $\overline{v_x}, \overline{v_y}, \overline{v_z}, \overline{v_x^2}, \overline{v_y^2}, \overline{v_z^2}$ などを用いれば、(⑤) となる。したがって、壁 S_x が気体から受ける圧力 $p_x(\text{N/m}^2)$ は (⑥) となる。 y 軸、 z 軸に対して垂直な壁が気体から受ける圧力 $p_y(\text{N/m}^2)$ 、 $p_z(\text{N/m}^2)$ も同じように求めることができる。さらに、気体分子の熱運動はどの方向にも均等で偏りが無いので、 $p_x = p_y = p_z$ となるから、この値を $p(\text{N/m}^2)$ とおけば、 p は気体の体積 $V(\text{m}^3)$ や、気体全体についての分子の速さの平均 $\overline{v}(\text{m/s})$ あるいは速さの 2 乗の平均 $\overline{v^2}(\text{m}^2/\text{s}^2)$ などを用いて、(⑦) と表すことができる。

考えている気体を理想気体と考えてよいときには、温度 $T(\text{K})$ における気体分子 1 個の平均の運動エネルギー $\overline{K}(\text{J})$ は (⑧) $\times T$ と表すことができ、 n モルの(単原子分子)理想気体の内部エネルギー $U(\text{J})$ は (⑨) と表される。式⑨から、理想気体の定積モル比熱は、(⑩) と表されることがわかる。なお、気体定数を $R(\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K}))$ 、アボガドロ定数を $N_A(1/\text{mol})$ で表す。

ヘリウムモルの質量は 4.00 g/mol であるから、 322 K におけるヘリウムガス中の原子 1 個の平均の運動エネルギーは、(⑪) となり、この温度における 2 乗平均速度は (⑫) となる。ただし、2 乗平均速度は $\sqrt{\overline{v^2}}$ で定義される。 R と N_A の値は、それぞれ $8.31 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ および $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$ である。



Ⅲ 図1のように、磁束密度 B (T) の鉛直上向きの一様な磁場の中に、半径 l (m) の円形導線が水平に置かれている。以下の問に答えよ。ただし、摩擦や、導線および導体棒の抵抗は無視できるとし、回路や装置によって磁場は変化しないものとする。また、重力加速度は g (m/s²) とする。

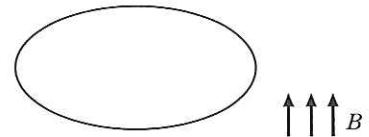


図 1

(1) この円形導線に誘導電流を流すためには、円形導線をどう動かせばよいか、磁束という言葉を用いて簡潔に記せ。

(2) 図2のように、水平に置かれた円形導線の上に、長さ $2l$ の導体棒 PQ を、点 P が円形導線の中心にくるように置いた。この導体棒 PQ が点 P を中心にして上から見て反時計回りに一定の角速度 ω (rad/s) で回転している。この時、導体棒 PQ には、誘導起電力が働く。その大きさと、P、Q どちら側の電位が高いかを示せ。また、一定速度の回転を維持するには、導体棒 PQ の中点をどれだけの力で押せばよいか。

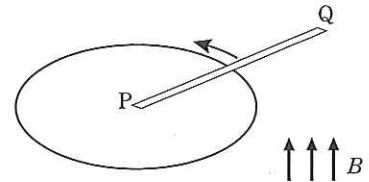


図 2

(3) 図3のように、点 P と円形導線を抵抗 R (Ω) でつないだとき、(2)と同様、一定の角速度 ω で導体棒を回転させるには、導体棒 PQ の中点をどれだけの力で押せばよいか。また、そのとき抵抗 R で単位時間当たり発生する熱量 Q (W) はいくらか。ただし、点 P での接続は、導体棒 PQ の回転を妨げることはないものとする。

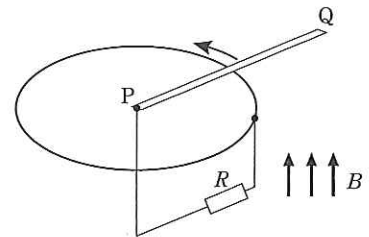


図 3

(4) 図4のように、直流電源と抵抗 R を、点 P と円形導線の間に直列に接続し、絶縁体でできた半径 $l/2$ の円柱を、その中心が点 P と同じ位置になるように導体棒 PQ に固定した。その円柱の側面に、軽い糸の一端を固定し、もう一端には質量 m (kg) の物体を、滑車を介してぶら下げた。導体棒を上から見て時計回りに回転させて糸を半回転程度巻き取り、物体が落ちないように導体棒を支えた。この状態で、直流電源の起電力を V_0 (V) にすると支える力が 0 になった。このときの起電力 V_0 の大きさはいくらか。また、そのとき回路を流れる電流の向きは図中の a または b のどちらか、記号で示せ。

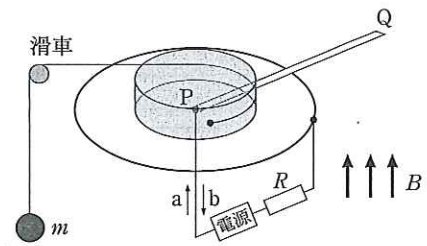


図 4

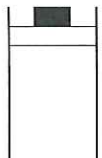
(5) 直流電源の起電力を V_p (V) にすると、導体棒 PQ は上から見て時計回りに回転をはじめ、しばらくすると物体は一定速度 v (m/s) で上昇した。 V_p はいくらか。また、そのとき導体棒が物体を引き上げる仕事率 p (W) と、抵抗 R で単位時間当たり発生する熱量 q (W) との比 p/q を求めよ。

Ⅳ 以下の問に答えよ。

(1) 原点 $O(0, 0)$ に Q (C) の正電荷があると、 O から a (m) 離れた点 $P(a, 0)$ における電場の強さは E (V/m) であった。さらに点 $A(0, a)$ と点 $B(0, -a)$ に正電荷 Q をおくと、点 P における電場の強さはいくらになるか。

(2) 密度 ρ (kg/m³) の物質と、密度 2ρ の物質を用いて、底面の直径 a (m)、高さ a (m) の円柱をそれぞれ1つつ作り、それらの2つの底面を貼り合わせて高さ $2a$ の円柱を作った。密度が ρ の円柱を下にして、円柱を鉛直方向から θ (rad) よりも大きく傾けて手を離すと、円柱は倒れた。 $\tan \theta$ はいくらか。

(3) 断面積 0.49 m² の円筒容器に、大気と同じ圧力の空気を詰めてピストンで封をした。このとき、大気の大気圧は 1.00×10^5 Pa、温度は 300 K であった。図のように容器を立てて、ピストンの上に 1.00×10^2 kg の重りをのせても、ピストンが下に移動しないためには、容器中の気体の温度を何度上昇させればよいか。なお、ピストンと容器の間の摩擦はなく、ピストンの重さはないものとする。重力加速度は 9.80 m/s² とする。



(4) 電子を真空中で 5000 V の電位差で加速し、その電子を 25 °C、 2000 g の水に当てた。この加速された電子の単位時間当たりの量は 40 mA であった。7分間電子を照射すると、水の温度は何°Cになるか。なお、電子の運動エネルギーはすべて水の温度上昇に使われ、熱は外に逃げることはないものとする。電気素量は 1.6×10^{-19} C、水の比熱は 4.2 J/(g·K) である。

物 理 (後 期)

受験 番号		氏 名	
----------	--	--------	--

受 験 番 号

物 理
(後 期)

I	
II	
III	
IV	
計	

I	(1)	①		
	(2)	②	③	④
		⑤		⑥
		⑦		⑧
		⑨		
	(3)	⑩		⑪
II	①	(, ,)	②	(, ,)
	③		④	
	⑤		⑥	
	⑦		⑧	
	⑨		⑩	
	⑪	[]	⑫	[]
III	(1)			
	(2)	起電力： [V]	電位の高い方：	力： [N]
	(3)	力： [N]	単位時間当たりの熱量： [W]	
	(4)	$V_s =$ [V]	向き：	
	(5)	$V_p =$ [V]	$p/q =$	
IV	(1)		(2)	
	(3)		(4)	