奈良県立医科大学 推薦

平成27年度

試験問題 ①

学科試験

（9時～12時）

【注　意】

1. 試験開始の合図があるまで，この問題冊子の中をみてはならない．
2. 試験教科，試験科目，ページ，解答用紙および選択方法は下表のとおりである．

教科	科目	ページ	解答用紙数	選択方法
数学	数学	1～12	1枚	数学，英語は必須解答とする． 理科は左の3科目のうちから1科目を選択せよ．
英語	英語	13～16	1枚	
理科	化学	17～28	2枚	
	生物	29～30	4枚	
	物理	31～40	1枚	

3. 監督者の指示に従って，選択しない理科科目を含む全解答用紙（9枚）に受験番号と選択科目（理科のみ）を記入せよ．
   ① 受験番号欄に受験番号を記入せよ．
   ② 理科は選択科目記入欄に選択する1科目を○印で示せ．
   上記①，②の記入がないもの，および理科2科目または理科3科目選択した場合は答案全部を無効とする．
4. 解答はすべて解答用紙の対応する場所に記入せよ．
5. 問題冊子の余白を使って，計算等を行ってもよい．
6. 試験開始後，問題冊子の印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気づいた場合は，手を挙げて監督者に知らせよ．
7. 解答用紙はいずれのページも切り離してはならない．
8. 解答用紙は持ち帰ってはならない．問題冊子は持ち帰ってよい．

物　理

【1】 以下の $\boxed{}$ の中に適当な式を記入せよ．

空気中の気球の運動を考える．重力加速度の大きさを g〔$\mathbf{m/s^2}$〕，気球の質量を M〔**kg**〕とする．高度による重力加速度の大きさの変化と空気の密度の変化はなく，無風状態とする．ただし，空気による抵抗は無視する．

Ⅰ）気球の浮力の大きさを f〔**N**〕とする．今，気球が大きさ a〔$\mathbf{m/s^2}$〕の加速度で下降している．このときの気球の運動方程式は

$$\boxed{\quad（1・1）\quad}$$

である．

Ⅱ）気球から質量 m〔**kg**〕の荷物を捨てたところ，気球は大きさ b〔$\mathbf{m/s^2}$〕の加速度で上昇した．このときの気球の運動方程式は

$$\boxed{\quad（1・2）\quad}$$

である．これらより，捨てた荷物の質量 m は，a, b を用いて表すと，

$$m = \boxed{\quad（1・3）\quad}$$

となる．

Ⅲ）気球にばね定数 k〔**N/m**〕のばねをもつばねはかりを設置した．地上において，ある物体をこのばねはかりで測定すると，ばねの自然長からの伸びは x〔**m**〕であった．気球が大きさ c〔$\mathbf{m/s^2}$〕の加速度で上昇しているとき，気球中のばねはかりで同じ物体を測定すると，ばねの自然長からの伸びが y〔**m**〕となった．これらより，気球の加速度 c は，x, y を用いて表すと，

$$c = \boxed{\quad（1・4）\quad}$$

となる．ただし，ばねはかりのばねの質量は無視できる．

IV) 体積 V〔$\mathbf{m^3}$〕が一定である気球が，密度 ρ〔$\mathbf{kg/m^3}$〕の空気中に，浮かんで静止している．今，気球内の空気を熱すると，気球内の空気の密度は ρ_1〔$\mathbf{kg/m^3}$〕から ρ_2〔$\mathbf{kg/m^3}$〕へと変化し，気球は上昇し始める．このとき，**図1**のように，気球がふたたび空気中に浮かんで静止するために必要なおもりの質量を W〔$\mathbf{kg}$〕とすると，

$$W = \boxed{\quad (1 \cdot 5) \quad}$$

である．

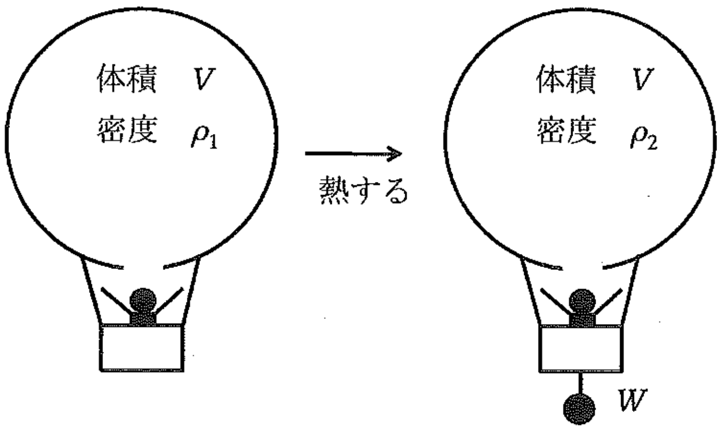

図1

【2】 以下の $\boxed{}$ の中に適当な式を記入せよ.

図2のように，半径 l〔m〕の半円ABCを断面とする内壁が水平な床面をはさんで斜面とつながっている．点Aと点Cは半円の中心Oを通る鉛直線上にあり，点Bは中心Oを含む水平面内にある．質量 m〔kg〕の小球Pを斜面上から静かに落下させると，小球Pは床面を通り内壁を上る．

内壁，斜面および床面はなめらかであり，小球Pは鉛直面内で運動し，空気による抵抗は無視できるとする．重力加速度の大きさを g〔$\mathrm{m/s^2}$〕とする．

I）小球Pが点Aで半径 l の円軌道に入った直後の速さを v_A〔m/s〕とする．点Aで小球Pにはたらく垂直抗力の大きさを N_A〔N〕とすると，

$$N_A = \boxed{\quad (2\cdot1) \quad}$$

である．

II）小球Pが点Bを越え面BCに沿って内壁から離れずに上るとき，中心Oを含む水平面から角 θ〔rad〕をなす内壁上の点Sでの小球Pにはたらく垂直抗力の大きさを $N(\theta)$〔N〕，点Sでの小球Pの速さを v〔m/s〕とすると，v_A と v の間には，

$$\boxed{\quad (2\cdot2) \quad}$$

の関係が成り立つ．この関係式より，$N(\theta)$ は，v_A を用いて表すと，

$$N(\theta) = \boxed{\quad (2\cdot3) \quad}$$

となる．

III）小球Pが内壁の上端の点Cで水平方向に飛び出す場合を考える．点Cでの小球Pの速さを v_C〔m/s〕とすると，この v_C が最小になるときの点Aでの小球Pの速さ v_A は，l を用いて表すと，

$$\boxed{\quad (2\cdot4) \quad}\ \text{〔m/s〕}$$

となる．これらより，小球Pを静かに落下させる斜面上の位置の床面からの高さを h〔m〕として，v_C が最小となるときの h は，l を用いて表すと，

(2・5)

〔m〕

となる.

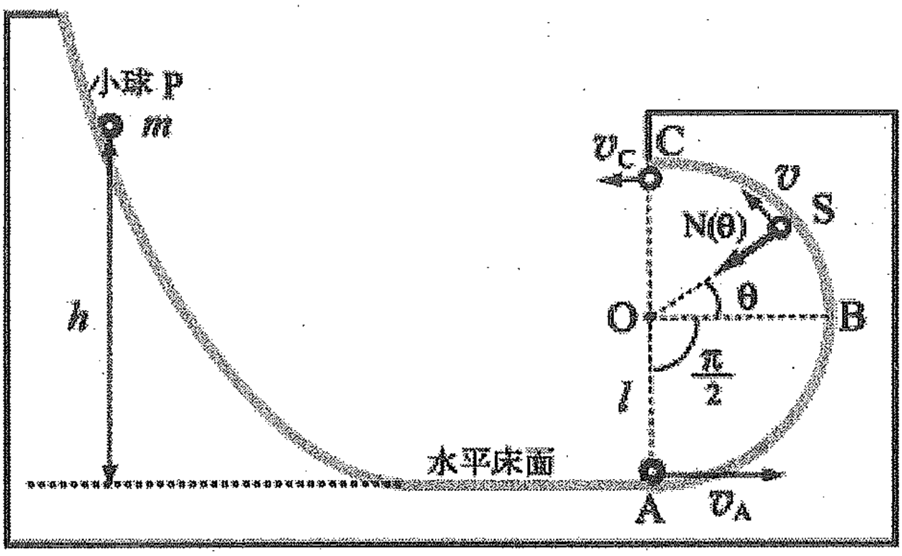

図 2

【3】 以下の $\boxed{\quad\quad}$ の中に適当な式または数値を記入せよ．

質量が m〔kg〕で，電荷 q〔C〕（$q > 0$）を持っている粒子がある．真空中における この粒子の運動を考えよう．

Ⅰ）図 3(a) に示すように，xy 平面の $-y$ の向きに強さ E〔V/m〕の一様な電場がある．原点 O にある粒子が，xy 平面内において，x 軸と角 θ〔rad〕（$0 < \theta < \frac{\pi}{2}$）をなす向きに初速度の大きさ v〔m/s〕で運動を始めると，電場による力を受けて曲線の軌道を描き x 軸上の点 P に到達する．粒子が点 O から点 P へ移動する時間を t_{E}〔s〕とすると，

$$t_{\mathrm{E}} = \boxed{\quad(3・1)\quad}$$

である．また，線分 OP の長さを $\overline{\mathrm{OP}}$〔m〕とすると，

$$\overline{\mathrm{OP}} = \boxed{\quad(3・2)\quad}$$

である．

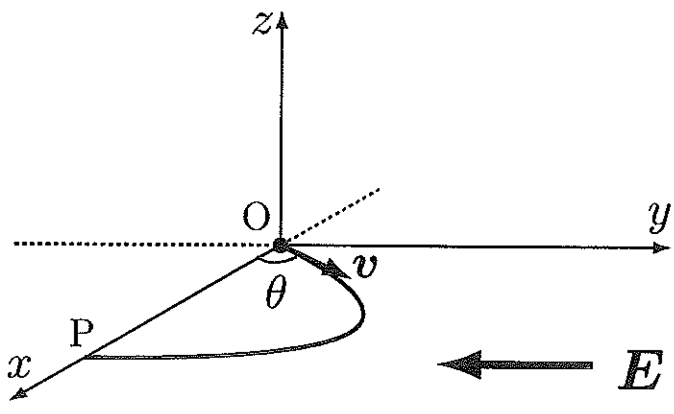

図 3(a)

II) **図 3(b)** に示すように，z 軸の向きに磁束密度の強さ B〔T〕の一様な磁場がある．原点 O にある粒子が，xy 平面内において，x 軸と角 θ〔rad〕$\left(0 < \theta < \frac{\pi}{2}\right)$をなす向きに初速度の大きさ v〔m/s〕で運動を始めると，磁場による力を受けて曲線の軌道を描き x 軸上の点 Q に到達する．粒子が点 O から点 Q へ移動する時間を t_B〔s〕とすると，

$$t_B = \boxed{\quad (3 \cdot 3) \quad}$$

である．また，線分 OQ の長さを $\overline{OQ}$〔m〕とすると，

$$\overline{OQ} = \boxed{\quad (3 \cdot 4) \quad}$$

である．

粒子は点 Q を通過後さらに運動を続けて出発点 O に戻り，その後は，点 O と点 Q を通る閉じた軌道を描いて周期運動をする．この運動の周期 T〔s〕を求めよう．$m = 9.1 \times 10^{-31}$ **kg**，$q = 1.6 \times 10^{-19}$ **C**，$v = 3.0 \times 10^{5}$ **m/s**，$\theta = \frac{\pi}{3}$ **rad**，$B = 1.0 \times 10^{-2}$ T の中の必要な数値を用いて，周期 T の値を，有効数字 2 桁まで求めると，

$$\boxed{\quad (3 \cdot 5) \quad} \ \mathrm{s}$$

となる．

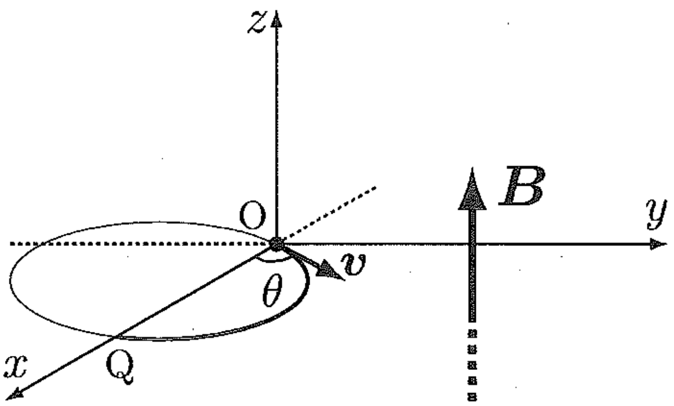

図 3(b)

【4】 以下の $\boxed{}$ の中に適当な式を記入せよ.

図4のような，断熱材でできた，なめらかに動くピストンをもつシリンダーがある．このピストンとシリンダーからなる容器の中に n〔$\mathbf{mol}$〕の単原子分子の理想気体が閉じ込められている．分子1個の質量は m〔$\mathbf{kg}$〕とする．この分子は容器の壁とは弾性衝突するものとし，分子同士の衝突は考えなくてもよいものとする．ピストンの断面積は S〔$\mathbf{m^2}$〕とする.

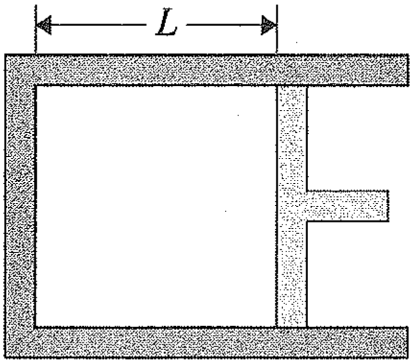

図4

I）最初，ピストンはシリンダーに固定されており，シリンダーの底からピストンまでの距離は L〔$\mathbf{m}$〕とする．ピストンの断面に垂直な方向を x 軸にとり，着目する分子の x 方向の速度成分を v_x〔$\mathbf{m/s}$〕とする．運動量の変化と力積の関係から，ピストンがこの分子1個から時間 t〔$\mathbf{s}$〕の間に受ける力積の大きさは

$$\boxed{\quad (4 \cdot 1) \quad} \ \text{〔N·s〕}$$

である.

容器内の全分子の速度の2乗の平均を $\overline{v^2}$〔$\mathbf{m^2/s^2}$〕，x 方向の速度の2乗の平均を $\overline{v_x^2}$〔$\mathbf{m^2/s^2}$〕とする．どの方向も同等であるので，$\overline{v_x^2} = \dfrac{1}{3}\overline{v^2}$ の関係が成立することから，ピストンが全分子から受ける圧力を p〔$\mathbf{Pa}$〕とすると，

$$p = \boxed{\quad (4 \cdot 2) \quad}$$

となる．ただし，アボガドロ定数を N_A〔**1/mol**〕とする．

また，理想気体の内部エネルギー E〔**J**〕は全分子の運動エネルギーの合計であるから，圧力 p と内部エネルギー E の間には

$$\boxed{\quad (4 \cdot 3) \quad}$$

の関係が成り立つ．

II ）次に，ピストンを v_x よりも十分小さな速さ u〔**m/s**〕で，容器内の理想気体を圧縮する方向に微小時間 Δt〔**s**〕の間，移動させる．このとき，ピストンの移動距離は L に比べて十分小さく，圧力 p は一定であると考えてよい．したがって，容器内の理想気体がピストンから受ける仕事を W〔**J**〕とすると，

$$W = \boxed{\quad (4 \cdot 4) \quad}$$

である．

断熱材でできているので熱の出入りはなく，理想気体がピストンから受ける仕事 W はすべて内部エネルギー（分子の運動エネルギー）に変わる．理想気体の内部エネルギー E と温度 T〔**K**〕は比例関係にあることを用いると，温度 T の微小変化 ΔT〔**K**〕と容器内の体積の微小変化 ΔV〔$\mathbf{m^3}$〕の間には

$$\boxed{\quad (4 \cdot 5) \quad}$$

の関係が成り立つ．

【5】 以下の $\boxed{}$ の中に適当な式を記入せよ．ただし，音の速さを V〔m/s〕とし，風はないとする．

I ）音源が T〔s〕間に N 回振動する音を発生する．この音の振動数 f〔Hz〕は

$\boxed{\quad (5・1) \quad}$ 〔Hz〕

である．

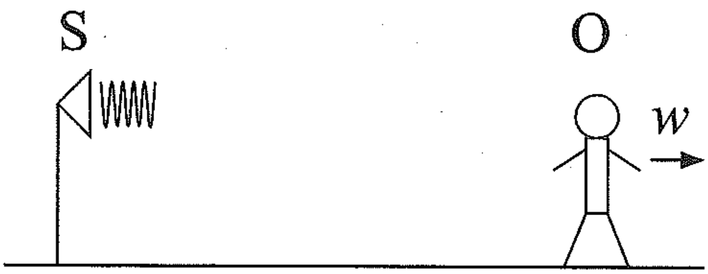

図 5(a)

II ）図 5(a) のように，時刻を t〔s〕とし，$t=0$ から $t=T$ の間に N 回振動する音を音源 S が発生する．その音を観測者 O が観測する．ただし，観測者 O は音源 S から離れる向きに速さ w〔m/s〕($w<V$) で進んでいる．また，$t=0$ のときの音源 S と観測者 O との間の距離を L〔m〕とする．観測者 O が音の振動を N 回観測する時間は

$\boxed{\quad (5・2) \quad}$ 〔s〕

である．

観測者 O が観測する音の振動数は

$\boxed{\quad (5・3) \quad}$ 〔Hz〕

である．

III) **図 5(b)** のように，時刻 $t = 0$ から $t = T$ の間に N 回振動する音を音源 S が発生する．その音が音源 S から離れる向きに速さ W〔**m/s**〕($W < V$) で進んでいる壁に垂直に入射し反射される．ただし，$t = 0$ のときの音源 S と壁の間の距離は L である．音は壁に反射され，音源 S と同じ位置にいる観測者 O' が音の振動を N 回観測する時間は

(5・4)	〔**s**〕

である．

観測者 O' が観測する壁に反射された音の振動数は

(5・5)	〔**Hz**〕

である．

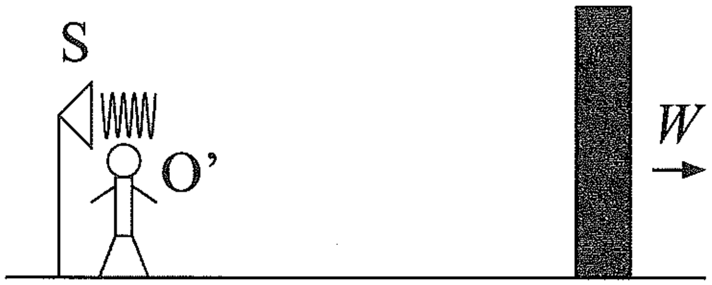

図 5(b)