長崎大学 前期

平成25年度 入学試験問題

理 科

化学については，問題 1 から問題 5 までは必ず解答し，問題 6 と問題 7 については，どちらか一方を選択して解答すること。

注 意 事 項

試験開始後，選択した科目の問題冊子及び答案用紙のページを確かめ，落丁，乱丁あるいは印刷が不鮮明なものがあれば新しいものと交換するので挙手すること。

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開かないこと。
2. 解答は，必ず答案用紙の指定されたところに記入すること。
3. 解答する数字，文字，記号等は明瞭に書くこと。
4. 答案用紙は持ち出さないこと。

物　　　理

1　図1に示すように，ばね定数がk〔N/m〕で質量の無視できるばねの下端を水平な床に固定した。このとき，ばねは自然長となった。次に，ばねの上端に質量m〔kg〕の板を水平に固定し，つりあって静止した状態とした。板の厚さは無視する。また，x軸の正の向きを鉛直上向きにとり，重力は鉛直下向きに作用するとし，重力加速度の大きさをg〔$\mathrm{m/s^2}$〕とする。ばね，板および小球はx軸方向にのみ運動し，また，物体の運動に対する空気の抵抗は無視できるものとする。以下の各問に答えよ。

Ⅰ　図1のように，質量M〔kg〕で大きさの無視できる小球を，板の真上からh〔m〕だけ離した位置から自由落下させた。

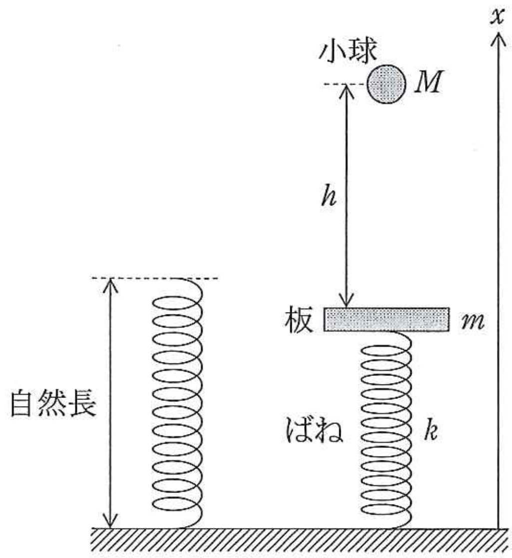

図1

(1)　小球を自由落下させてから板に衝突するまでの時間t〔s〕を，g，hを用いて表せ。

(2)　小球が板に衝突する直前の速さv_1〔m/s〕を，g，hを用いて表せ。

(3) 小球と板は完全非弾性衝突をして衝突後は一体となって運動した。衝突直後の小球と板の速さ v_2〔m/s〕を，g，h，m，M を用いて表せ。ただし，衝突中の外力による力積は無視できるとする。

(4) (3)のとき，衝突によって失われた小球と板の持つ力学的エネルギー ΔE〔J〕を，g，h，m，M を用いて表せ。

(5) (3)の後，一体となった小球と板は床に衝突することなく，ばねの自然長から x_1〔m〕(>0)縮んだ位置を中心として一体のまま単振動をした。このとき，x_1 を g，k，m，M を用いて表せ。

(6) (5)のとき，単振動の周期 T〔s〕を，k，m，M を用いて表せ。

Ⅱ　次に，単振動している小球と板を手で押さえて静止させた後，静かに手を離したところ，図 2 に示すように小球と板およびばねはつりあって静止した。このとき，ばねは自然長から X_0〔m〕（> 0）だけ縮んでいた。つりあって静止したときのばねの上端の位置を原点（$x = 0$）とする。

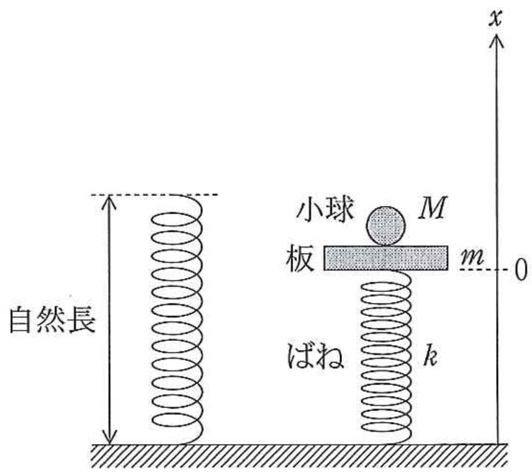

図 2

(7)　ばね定数 k〔N/m〕を，X_0，g，m，M を用いて表せ。

(8)　ばねをつりあいの位置から長さ A〔m〕（> 0）だけ押し縮め，静かに手を離したところ，小球と板は一体となって上昇を始めた。ばねの上端の座標が x〔m〕のときの，小球が板から受ける垂直抗力の大きさ N〔N〕を，g，k，m，M，x を用いて表せ。なお，A はばねの自然長より十分に小さいとする。

(9)　(8)の後，ある位置で小球は板から離れた。小球が板から離れるために A が満たすべき条件を，g，k，m，M を用いて不等式で表せ。

2 図1のように，真空中にある直交座標系の xy 平面内の，一辺が d〔m〕の正三角形△PQR の各頂点を通り，z 軸に平行におかれた3本の十分に長い直線状導線A，BおよびCがある。導線A，BおよびCには大きさ I〔A〕の電流が図に示された向きに流れている。各導線の太さは導線間の間隔 d に比べて十分に小さく，地磁気の影響は無視できるものとする。以下の各問に答えよ。ただし，円周率を π とし，真空の透磁率を μ_0〔N/A^2〕とする。

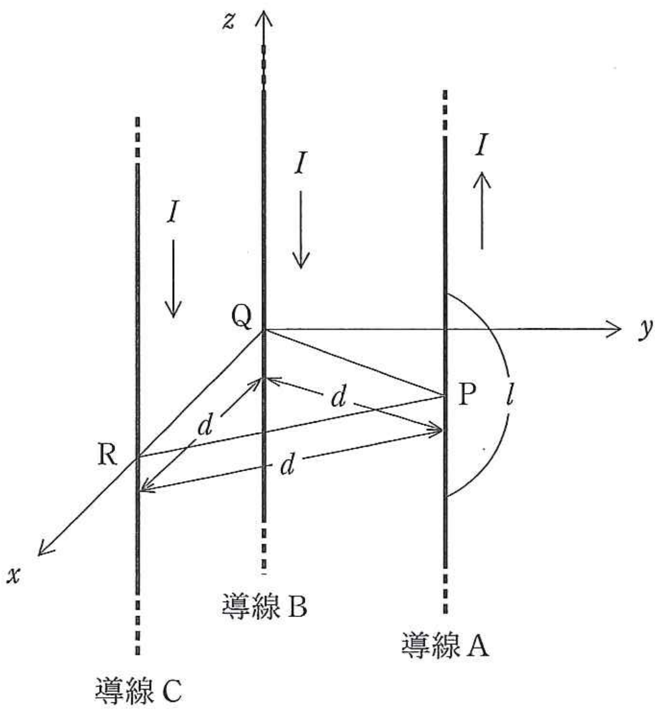

図1

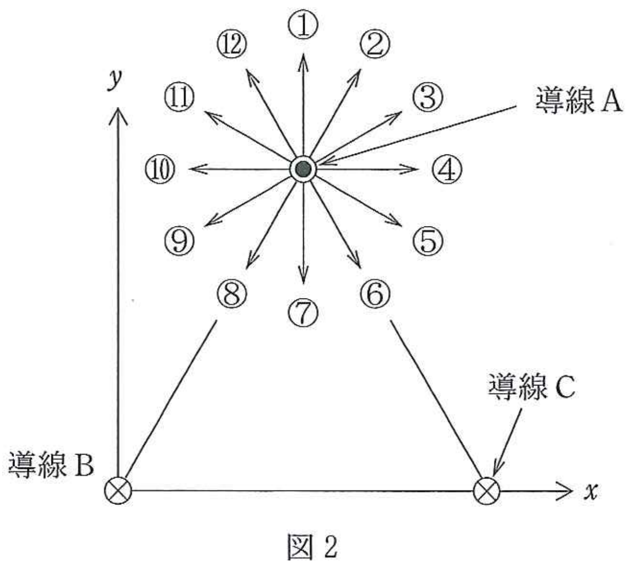

図2

◇M2(721—20)

(ア) 導線Bに流れる電流が導線Aの位置につくる磁界(磁場)の向きを，図2の矢印①～⑫から1つ選べ。ただし，図2の導線Aの電流は紙面に垂直で上向き(記号◉)に，導線BとCの電流は紙面に垂直で下向き(記号⊗)に流れている。

(イ) 導線Bに流れる電流が導線Aの位置につくる磁界の磁束密度の大きさB_{B}〔T〕を，π，μ_0，I，dを用いて表せ。

(ウ) 導線Bに流れる電流が導線Aを流れる電流の長さl〔m〕の部分におよぼす力の大きさF_{B}〔N〕を，π，μ_0，I，d，lを用いて表せ。

(エ) 導線BとCに流れる電流が導線Aの位置につくる合成磁界の向きを，図2の矢印①～⑫から1つ選べ。

(オ) 導線BとCに流れる電流が導線Aの位置につくる合成磁界$\overrightarrow{H_{\mathrm{BC}}}$〔A/m〕の$x$成分$H_{\mathrm{BC}x}$および$y$成分$H_{\mathrm{BC}y}$を，$\pi$，$I$，$d$を用いて表せ。

(カ) 導線BとCに流れる電流がつくる合成磁界により導線Aの長さl〔m〕の部分を流れる電流が受ける力の向きを，図2の矢印①～⑫から1つ選べ。また，求めた力の向きになる理由を書け。

(キ) 導線BとCに流れる電流がつくる合成磁界により導線Aの長さl〔m〕の部分を流れる電流が受ける力の大きさF〔N〕は，(ウ)の場合の力の大きさF_{B}〔N〕の何倍になるか。

3

Ⅰ　図1のように，空気中に2つの十分に狭いスリットS_1およびS_2をあけた薄板とスクリーンとを平行に設置する。このとき，スリットS_1とS_2の間隔をd〔m〕，スリットをあけた薄板とスクリーンの距離をl〔m〕とし，dはlに比べて十分に小さい。図1の左側より，位相がそろった波長λ〔m〕の単色光の平行光線を薄板に垂直にあてると，スクリーン上に明暗のしま模様が現れた。スリットS_1とS_2の中点を通りスクリーンに垂直な直線とスクリーンとの交点である点Oでは明線が観察された。この点Oからx〔m〕だけ離れた点Pに2番目の明線が観察され，以降同じ間隔xごとに明線が観察された。また，このxはlに比べて十分に小さかった。以下の各問に答えよ。ただし，空気の屈折率は1とする。

(a)　スリットS_1と点Pとの距離をL_1〔m〕，スリットS_2と点Pとの距離をL_2〔m〕とする。点Pに明線ができるときλを，L_1，L_2を用いて表せ。

(b)　L_1を，三平方の定理を利用してx，d，lを用いて表せ。

(c)　L_2を，x，d，lを用いて表せ。ただし，$|a|$が1より十分に小さいとき，$(1+a)^{\frac{1}{2}} \fallingdotseq 1+\frac{1}{2}a$と近似できることを用いよ。

(d)　L_1とL_2が，(c)のように近似できることを利用して，間隔xを，λ，d，lを用いて表せ。

(e)　図1の左側より，青色の単色光の平行光線のみを薄板に垂直にあててから，スクリーン上に生じるしま模様を観察した。次に，同様に左側より赤色の単色光の平行光線のみを薄板にあてて，スクリーン上に生じるしま模様を観察した。このとき，どちらの色の光をあてたときに，より大きな明線の間隔が観察されるかを答えよ。また，その理由を説明せよ。

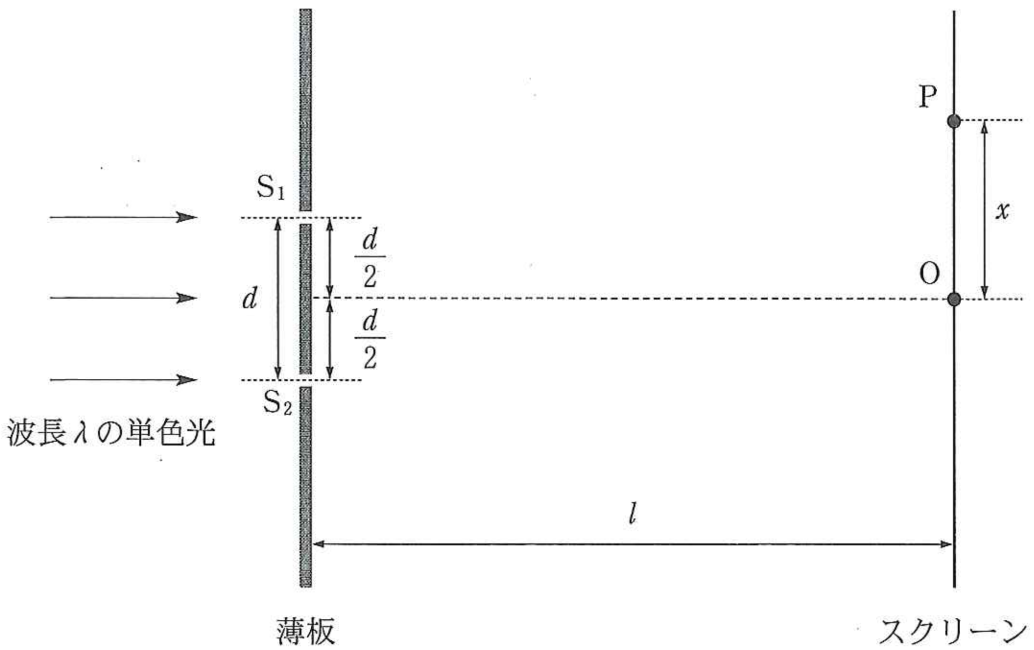

図1

Ⅱ　空気中に置かれた均一な厚さD〔m〕の薄膜に対し，位相がそろった波長λ〔m〕の単色光を図2のように入射角i〔rad〕であてたところ，光の一部は屈折角r〔rad〕で薄膜中に進んだ。このとき，薄膜の上面である境界面Ⅰで反射した光と，薄膜の下面である境界面Ⅱで反射した光とが干渉を起こした。以下の各問に答えよ。ただし，空気中での光の速さをc〔m/s〕とする。また，空気の屈折率を1，空気に対する薄膜の屈折率は1より大きいとする。

(f)　薄膜中での光の振動数f'〔Hz〕および波長λ'〔m〕を，i，r，λ，cのうち必要なものを用いてそれぞれ表せ。

(g)　境界面Ⅰ上の点aで屈折した入射光の一部は境界面Ⅱ上の点bで反射し，境界面Ⅰ上の点cで再び空気中へと進む。この光と，境界面Ⅰ上の点cで反射した光との経路差L〔m〕を，D，i，rのうち必要なものを用いて表せ。

(h)　境界面Ⅰで反射した光と，境界面Ⅱで反射した光とが干渉して強め合うとき，経路差Lと波長λとの間に成立する関係式を，以下の(ア)～(カ)から1つ選び，その記号を解答欄に記せ。

(ア)　$L=(m+\frac{1}{2})\lambda \quad (m=0,1,2,\cdots)$

(イ)　$L=m\lambda \quad (m=0,1,2,\cdots)$

(ウ)　$L=(m+\frac{1}{2})\frac{\lambda\sin i}{\sin r} \quad (m=0,1,2,\cdots)$

(エ)　$L=m\frac{\lambda\sin i}{\sin r} \quad (m=0,1,2,\cdots)$

(オ)　$L=(m+\frac{1}{2})\frac{\lambda\sin r}{\sin i} \quad (m=0,1,2,\cdots)$

(カ)　$L=m\frac{\lambda\sin r}{\sin i} \quad (m=0,1,2,\cdots)$

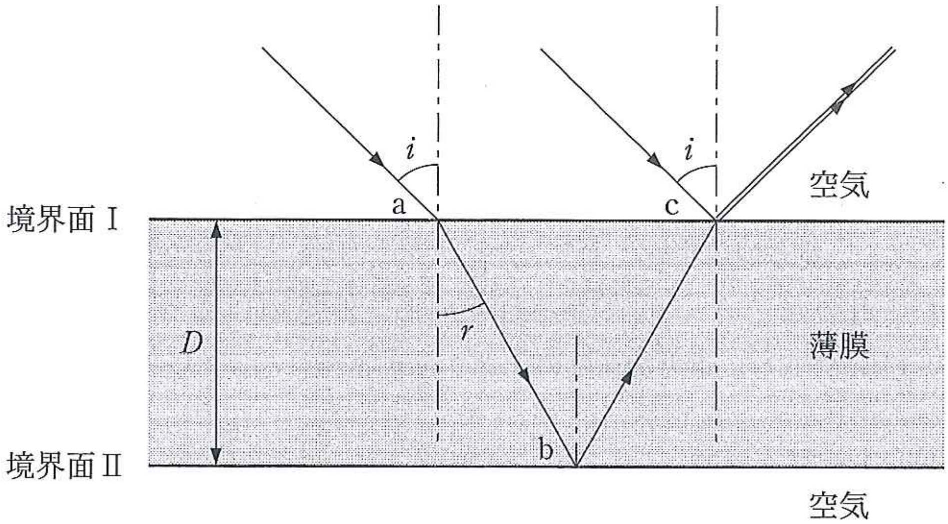

図 2

4 図1のように，水平な姿勢を保ったまま鉛直方向になめらかに動くピストンを備えたシリンダーがあり，内部に単原子分子の理想気体が n〔mol〕封入されている。ピストンの質量は M〔kg〕，ピストンの底面積は S〔m^2〕で，シリンダーとピストンはいずれも断熱材でできていて，気体に出入りする熱は完全に遮断されているものとする。また，シリンダー内部には体積が無視できるほど小さい加熱用のヒーターが設置されている。外気の圧力を p_0〔Pa〕，気体定数を R〔J/(mol・K)〕，重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕として以下の各問に答えよ。

(あ) 最初，ピストン底面がシリンダー内底面より高さ x_1〔m〕の位置で静止してつりあっている。このときの状態を“状態1”とする。状態1におけるシリンダー内の気体の圧力 p_1〔Pa〕を，p_0，S，g，M を用いて表せ。

(い) 状態1におけるシリンダー内の気体の温度 T_1〔K〕を，n，R，p_0，S，g，M，x_1 を用いて表せ。

(う) 状態1より，ヒーターを用いてシリンダー内の気体に対して Q〔J〕の熱量をゆっくりと与えたところ，ピストンは徐々に上昇して，図2に示すように高さ x_2〔m〕の位置で静止した。このときの状態を“状態2”とする。状態1から状態2へ変化する過程で，シリンダー内の気体がピストンに対してした仕事 W〔J〕を，p_1，S，x_1，x_2 を用いて表せ。

(え) 状態1から状態2へ変化する過程におけるシリンダー内の気体の内部エネルギーの変化量 $\varDelta U$〔J〕と，ヒーターによって与えられた熱量 Q を，いずれも，p_1，S，x_1，x_2 を用いて表せ。

(お) その後，ピストンを動かないように固定した状態でシリンダー内の気体をゆっくりと加熱したところ，十分に時間が経過した後に，気体の温度は状態2より $\varDelta T$〔K〕上昇して一定温度となった。このときの状態を“状態3”とする。状態2から状態3へ変化した過程で加えた熱量が，状態1から状態2へ変化した過程で加えた熱量と等しいとき，$\varDelta T$ を，n，R，p_1，S，x_1，x_2 を用いて表せ。

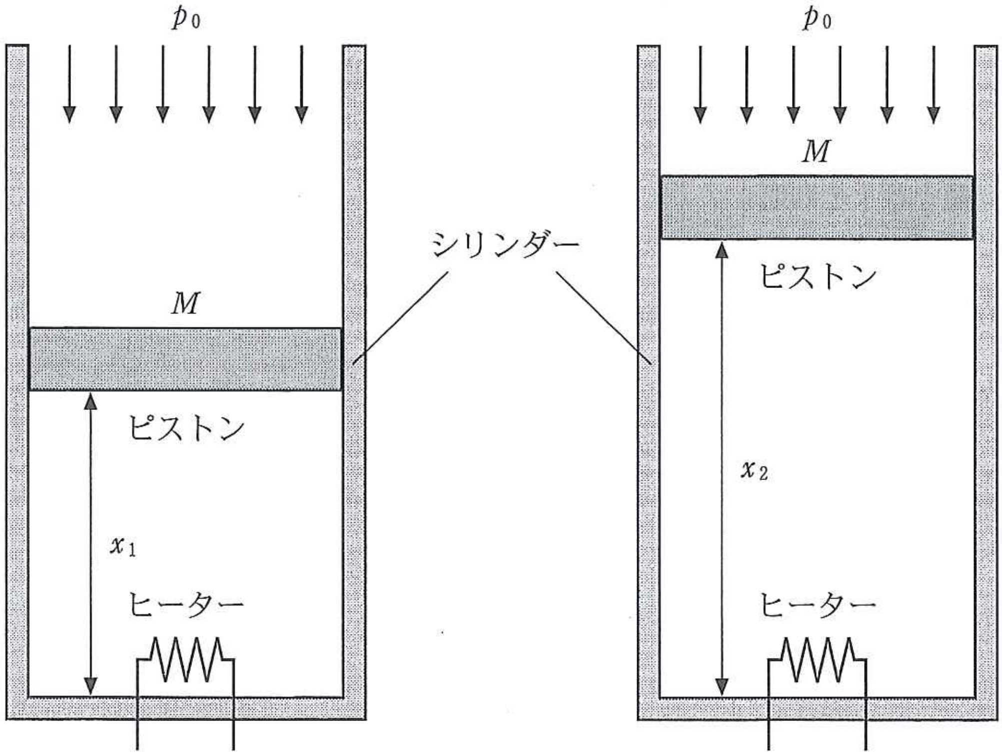

図1　図2