

平成 28 年度

前 期 日 程

理 科 (100 分)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題は、「物理」が 1 ページから 14 ページまで、「化学」が 15 ページから 24 ページまであります。解答用紙は、「物理」は

前 1

 ,

前 2

 ,

前 3

 の 3 枚、「化学」は

前 4

 ,

前 5

 ,

前 6

 ,

前 7

 の 4 枚からなっています。ページの脱落等に気付いたときは、手をあげて監督者に知らせなさい。
3. 解答は、以下の指示に従い解答用紙の指定された欄に記入しなさい。

第一部志願者

- (ア) 生命・応用化学科、物理工学科、社会工学科、創造工学教育課程を志望するものは、「物理」, 「化学」のうちから 1 科目を選択し、解答しなさい。
- (イ) 電気・機械工学科、情報工学科を志望するものは、「物理」を解答しなさい。

第二部志願者

- (ア) 物質工学科、電気情報工学科を志望するものは、「物理」, 「化学」のうちから 1 科目を選択し、解答しなさい。
- (イ) 機械工学科、社会開発工学科を志望するものは、「物理」を解答しなさい。
4. 監督者の指示に従って、選択した科目のすべての解答用紙の該当欄に志望学科名(社会工学科を志望するものは志望分野名、創造工学教育課程を志望するものは志望コース名)及び受験番号(2 か所)を左詰めで記入しなさい。
5. 解答用紙の※を付した欄には、何も記入してはいけません。
6. 問題冊子の白紙と余白は、下書きに適宜利用してもよいが、どのページも切り離してはいけません。
7. 試験終了後、この問題冊子及び下書き用紙は持ち帰りなさい。

物 理

注 意 問題は I, II, III の 3 題である。

I 図 1 のように地球を中心とする半径 r (m) の円軌道上を回る人工衛星と、同一平面上の、それより大きい半径 R (m) の円軌道上を同じ向きに回る宇宙ステーションの、ランデブー(出会い)について考えよう。万有引力定数を G ($\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$)、地球の質量を M (kg)、人工衛星の質量を m (kg) として、以下の問いに答えよ。ただし、地球のまわりを万有引力だけを受けて円運動や楕円運動する宇宙ステーションや人工衛星についても、惑星の運動に関するケプラーの法則と同じ法則が成り立つ。

- (1) 地球を中心とする半径 r の円軌道上を回る人工衛星の速さ V_0 (m/s) を求めよ。
- (2) この人工衛星の円運動の周期 T_0 (s) を求めよ。ただし解答に V_0 を用いてはならない。

図 1 に示すように、点 A で、人工衛星の速さを V_0 から、瞬時に加速して、 V_A (m/s) にしたところ、人工衛星は AB を長軸とする楕円軌道上を運動し、地球から最も遠ざかった点(点 B)における速さは V_B (m/s) で、地球からの距離は R であった。

- (3) 人工衛星の力学的エネルギーが、点 A と点 B で等しいことを表す式を示せ。
- (4) V_B を V_A , r , R を用いて表せ。
- (5) 問(3)と(4)の結果より、 V_B を消去して V_A を求め、 G , M , R , r を用いて表せ。
- (6) 比 $\frac{V_A}{V_0}$ を R と r だけを用いて表せ。
- (7) 一般に、地球のまわりを、地球からの万有引力だけを受けて回る人工衛星または宇宙ステーションの楕円または円運動の周期の 2 乗は、その軌道の半長軸または半径の何乗に比例するか。

図 1 の楕円軌道上を運動する人工衛星の周期を T (s)、半径 R の円軌道上を等速円運動する宇宙ステーションの周期を T_s (s) とする。

- (8) 比 $\frac{T}{T_s}$ を R と r だけを用いて表せ。

人工衛星が地球から最も遠ざかった点 B に到達したとき、宇宙ステーションの位置は、図 2 の点 C であった。一般に、点 B と点 C は離れている。 $R > r$ であるから、問(8)の結果より、人工衛星が図 2 のように、点 B から地球のまわりの楕円軌道上を一周して元の点 B に戻ってきたとき、宇宙ステーションはもとの点 C には戻らず、その位置は、図 2 の点 D であった。地球の中心を点 O とし、角 COD を θ [rad] とする。

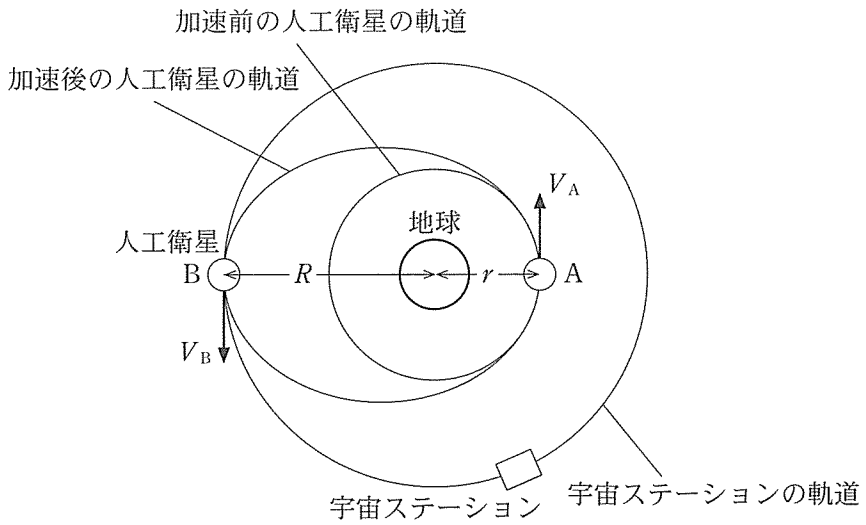


図 1

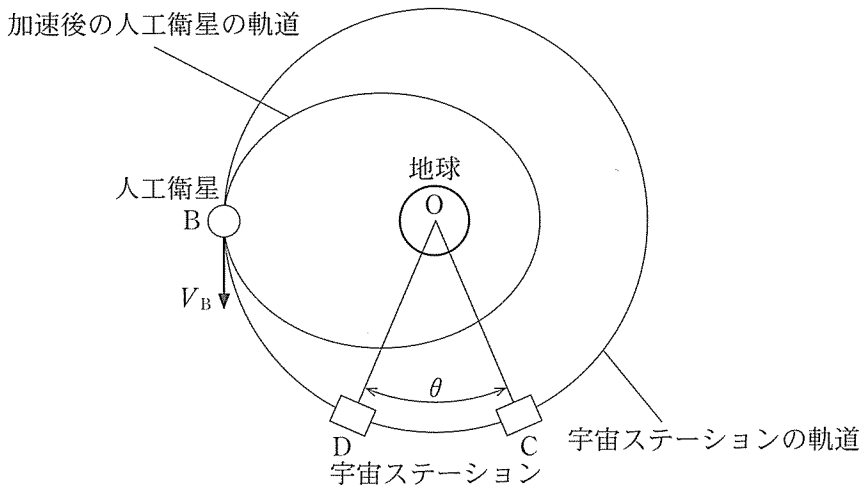


図 2

(9) θ を T , T_s だけを用いて表せ。

点 D と点 C を比べると、点 D のほうが点 B に近いので、人工衛星が、さらに地球のまわりを何回か回って点 B に戻って来たとき、宇宙ステーションは人工衛星にさらに接近し、その位置が図 3 の点 E であった。この時点で人工衛星を宇宙ステーションと同じ円軌道に乗せよう。そのためには、人工衛星の速さを V_B から、宇宙ステーションと同じ速さ V_s (m/s) まで、瞬時に加速すればよい。

(10) 比 $\frac{V_s}{V_B}$ を R と r を用いて表せ。

こうして図 3 のように、人工衛星は、宇宙ステーションと同じ円軌道上を、同じ速さで回るようになった。しかし、まだ両者は離れている。これを近づけるには、人工衛星を加速すればよいように思えるが、加速したとたん人工衛星の軌道は外側にずれてしまい、宇宙ステーションと出会うことができなくなる。そこで図 4 のように人工衛星の速さを、向きを変えずに V_s から $V_s + u$ (m/s) に瞬時に加速した直後から、人工衛星に、地球の中心方向を向いた大きさ F (N) の力を加え続け、人工衛星が速さ $V_s + u$ で、半径 R の円軌道上を運動するようにする。

(11) 人工衛星に加え続けなければならない力の大きさ F を m , u , R , V_s を用いて表せ。

人工衛星の速さは宇宙ステーションの速さより大きいので、ついには、両者は出会う。その瞬間に人工衛星の速さを $V_s + u$ から V_s に戻し、同時に大きさ F の力を加えることをやめればよい。こうして、ランデヴー(出会い)は完了する。

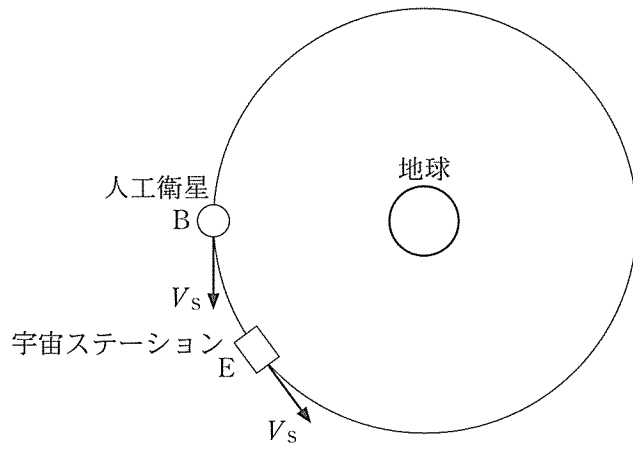


図 3

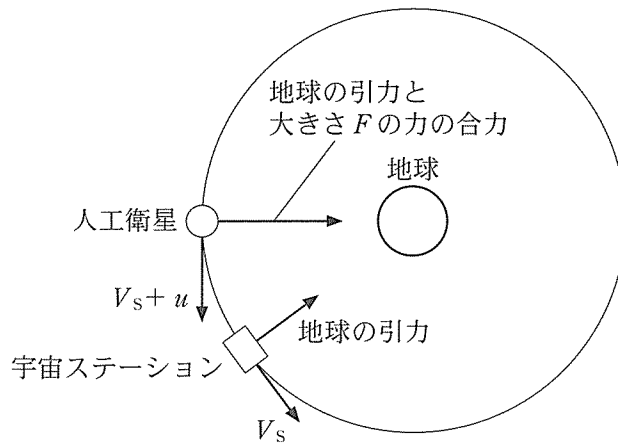


図 4

II 電荷と電場に関する以下の問いに答えよ。

問 1 点電荷を x - y 平面に配置する。図 1 に示したように、 x - y 平面上の点 $(0, 0)$, $(1, 0)$, $(0, 1)$, および $(-1, 0)$ を、点 O , P , Q , および R と名付ける。ここで、 (x, y) は、 x 座標および y 座標が、 x [m] および y [m] の点を表す。

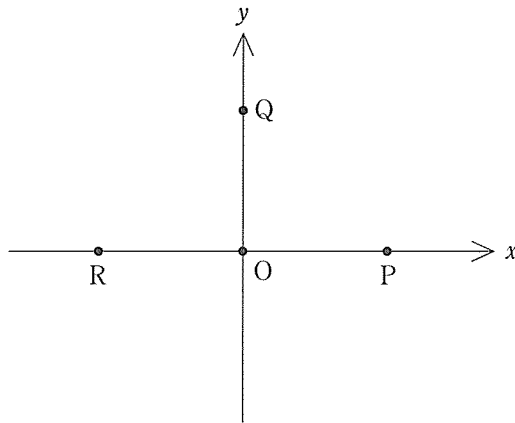


図 1

図 2 のように、電荷 q [C] ($q > 0$) の点電荷を点 P 、電荷 $-q$ の点電荷を点 R に置いた場合を考える。

- (1) 点 Q における電場の向きが、図 3 に記号 a, b, \dots, h で示した矢印のうち、どの向きになるかを、記号で答えよ。
- (2) x - y 平面上で点 Q を含む等電位線を解答欄に描き入れよ。またこの等電位線での電位を求めよ。電位の基準は無限遠にとる (無限遠での電位をゼロとする) こととする。
- (3) 図 2 に示したふたつの点電荷に加え、もうひとつの点電荷 $-4q$ をある点に置いたところ、点 O での電場がゼロとなった。このときの点電荷 $-4q$ の位置 (X, Y) を求めよ。

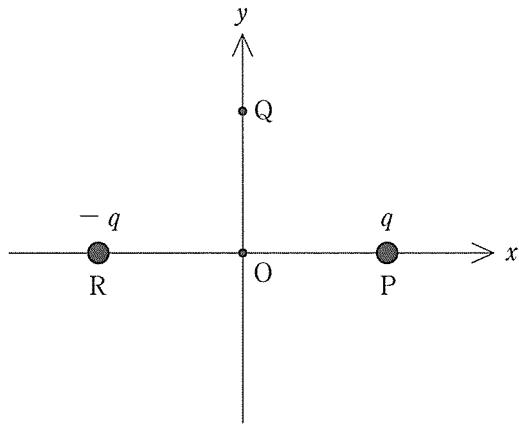


图 2

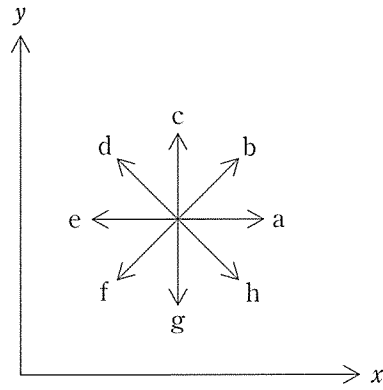


图 3

問 2 自然の長さ L [m]，ばね定数 k [N/m] の絶縁体のばねの一端を天井に固定し，他端に質量 m [kg] の小物体をつけ，この小物体に電荷 q [C] ($q > 0$) を与えた。電場を与えずに，この小物体を力が釣り合う位置に静止させた。この状態を状態 A と名付ける。天井とばねの接合部分は自由に回転することができ，小物体の大きさ，ばねの質量，接合部分の摩擦，および空気抵抗は無視できるものとする。重力加速度を g [m/s²] とする。

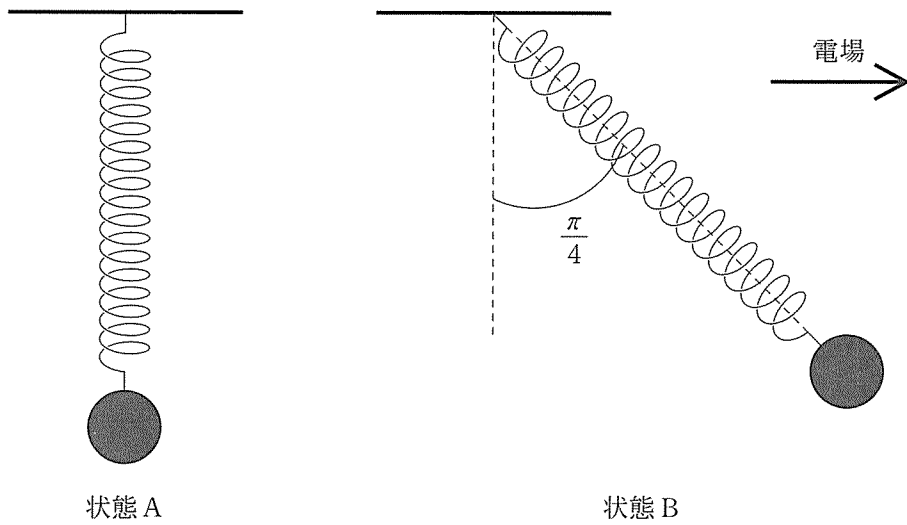


図 4

状態 A から、水平方向に一様な電場を与え、電場の強さをゼロからゆっくりと強くしていったところ、図 4 のように、鉛直線から $\frac{\pi}{4}$ rad の角度をなして小物体は静止した。この状態を状態 B と名付ける。

- (4) このときの電場の強さを求めよ。
- (5) このときの、ばねの自然の長さからの伸びを求めよ。

状態 A における、小物体のばねの弾性力による位置エネルギーを U_A [J]、小物体の重力による位置エネルギーを V_A [J]、状態 B における、小物体のばねの弾性力による位置エネルギーを U_B [J]、小物体の重力による位置エネルギーを V_B [J] と表す。

- (6) $U_B - U_A$ を求めよ。
- (7) $V_B - V_A$ を求めよ。
- (8) 状態 A から状態 B まで変化する間に、電場が小物体にした仕事を m 、 L 、 g 、 k を用いて表せ。
- (9) 電場を状態 B での電場に保ったまま、力を加えて、小物体を状態 B での位置から状態 A の位置まで、ゆっくりと移動させた。加えた力のした仕事を m 、 L 、 g 、 k を用いて表せ。
- (10) 状態 B において、ばねと小物体の接合部分を瞬間的に切断したところ、初速度ゼロで小物体が運動を始めた。小物体の描く軌道はどのようになるか。以下の中で正しいものの記号を解答欄に記せ。{ a. 円, b. らせん, c. 放物線, d. 直線, e. 静止したまま, f. a から e のいずれでもない }

問 3 問 2 と同じばね定数 k (N/m) の絶縁体のばねの一端を天井に固定し、他端に問 2 の小物体と同じ質量 m (kg) の小物体 P をつけ、長さ S (m) の絶縁体の糸で小物体 P と質量 m の小物体 Q をつないだ。状態 B と同じ強さの一様な電場を水平方向にかけ、小物体 P に問 2 の小物体に与えた電荷と同じ電荷 q (C) ($q > 0$)、小物体 Q に電荷 $-q$ を与えたところ、糸がたるまずにふたつの小物体は静止した。天井とばねの接合部分、およびばねと小物体 P の接合部分は自由に回転することができる。小物体 P と Q の大きさ、ばねの質量、接合部分の摩擦、および空気抵抗は無視できるものとする。図 5 のように、糸と鉛直線のなす角度を θ_1 [rad] ($0 \leq \theta_1 \leq \frac{\pi}{2}$)、ばねを固定した点と小物体 P を結ぶ線と鉛直線のなす角度を θ_2 [rad] ($0 \leq \theta_2 \leq \frac{\pi}{2}$) と表す。重力加速度を g (m/s²) とする。

- (1) θ_1 および θ_2 を求めよ。
- (2) このときのばねの自然の長さからの伸びを求めよ。
- (3) 糸がたるまないために、糸の長さ S の満たさなければならない条件式を求めよ。空気中でのクーロンの法則の比例定数は真空中でのクーロンの法則の比例定数 k_0 (N・m²/C²) と等しいものとする。

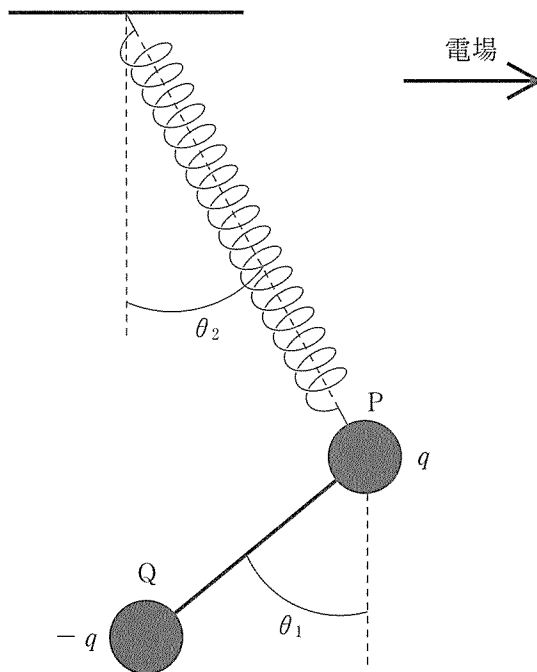


图 5

Ⅲ 一様な媒質中を伝わる波の性質，および波の反射と合成に関する以下の問いに答えよ。なお波が媒質中を伝わる際や壁面で反射する際には，波の振幅は減衰しないものとする。

問 1 ある媒質中を伝わるパルス波が壁で反射するときの波形の変化を，運動する観測者 P が観測する場合について考える。図 1 は，最大高さ 1 m の台形状のパルス波が，その波形を保ち一定の速さ 1.5 m/s で x 軸の負の向きに媒質中を伝わる様子を示している。原点 O ($x = 0$ m) に到達したパルス波はそこで自由端反射し，反射したパルス波は入射したパルス波と同じ速さで x 軸の正の向きに進む。一方，このパルス波による媒質の変位 y (m) の時間変化を， x 軸上を一定の速さ 0.5 m/s で x 軸の正の向きに運動する観測者 P が観測した。図 1 は時刻 $t = 0$ s におけるパルス波の波形，及び観測者 P の位置を表す。このとき，パルス波の先端は $x = 3$ m に位置し，観測者 P は $x = 1$ m に位置している。図 1 からある時間が経過すると，観測者 P は原点 O に向かって入射するパルス波の先端と出会った。さらに時間が経過すると，反射したパルス波の先端が観測者 P に到達した。観測者 P の存在は媒質の変位の時間変化に影響しないとする。以下の問いに答えよ。

- (1) 時刻 $t = 4$ s におけるパルス波の波形を解答欄に描き入れよ。
- (2) 時刻 $t = 0$ s から $t = 8$ s の間に x 軸を移動する観測者 P が観測する媒質の変位 y の時間変化を解答欄に描き入れよ。

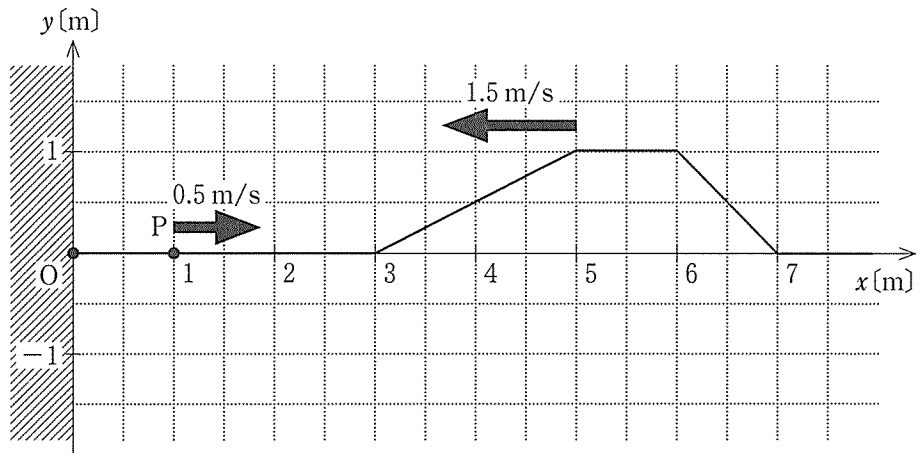


图 1

問 2 水面を伝わる波(水面波)の壁面での反射と、波の干渉について考える。いま静止した水面上に x 軸をとり、鉛直上向きに y 軸をとる。 $x = 0$ m の位置に鉛直方向に単振動する波源を置く。時刻 $t = 0$ s で波源は振動しはじめ、そこで発生した振幅 A [m] の波は、 $x = 12$ m に位置する x 軸に垂直な壁面 W に向かって一定の速さ v [m/s] で進む。図 2 は壁に向かって進む水面波(入射波)を示しており、水面の静止位置からの変位は正弦波として表される。このとき、波源と壁面 W の間にある位置 $Q(x_Q$ [m]) においては、時刻 $t = 1$ s に水面が振動しはじめた。図 3 は点 Q において、時刻 $t = 7$ s までに観測した水面の変位の時間変化を示している。入射波が単独で伝わる時の水面の変位を y_i [m] とし、円周率を π とする。以下の問いに答えよ。

- (3) 図 3 より入射波の振動数を求めよ。また、 x_Q を波の速さ v を用いて表せ。
- (4) 位置 x_Q 、時刻 t での変位 y_i を表す式を求めよ。ただし $t \geq 1$ s とする。
- (5) 波源と壁面 W の間にある位置 x 、時刻 t での入射波の式を $y_i = A \sin \theta_i$ と書くとき、 θ_i [rad] を x 、 v 、 t を用いて表せ。

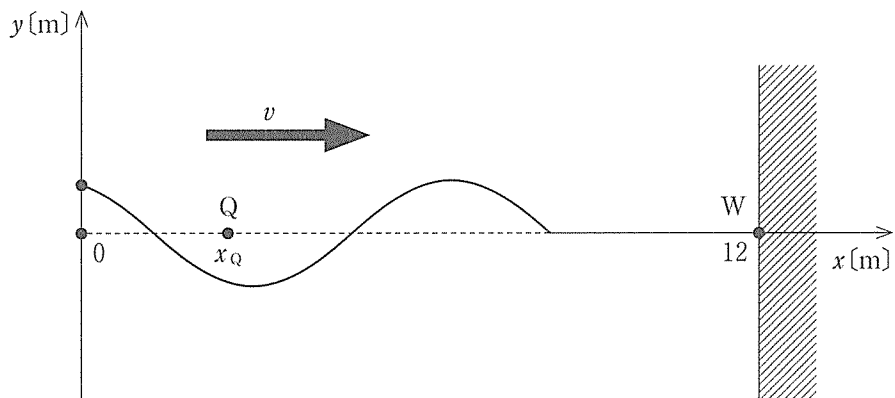


図 2

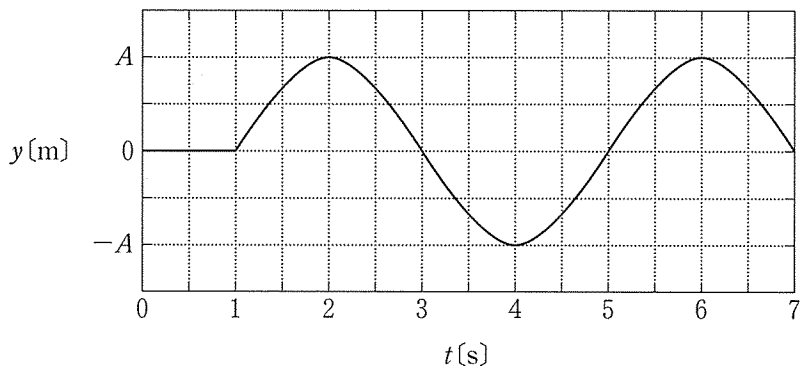


図 3

壁面 W に到達した入射波はそこで自由端反射し、反射した波(反射波)は x 軸の負の向きに一定の速さ v で進む。この反射波を表す式を以下の手順に従って求めてみよう。

- (6) 壁面に到達した波が反射してから、位置 x ($x < 12$ m) に伝わるまでに要する時間 Δt [s] を x , v を用いて表せ。
- (7) 反射波が単独で伝わる時の水面の変位を y_r とする。位置 x , 時刻 t での変位 y_r は、壁面位置 $x = 12$ m, 時刻 $t - \Delta t$ での変位 y_i を用いて表される。反射波の式を $y_r = A \sin \theta_r$ と書くとき、 θ_r [rad] を x , v , t を用いて表せ。

十分な時間が経過すると、波源と壁面 W の間には入射波と反射波の合成による定常波が観測された。波源で波は反射しないものとして、以下の問いに答えよ。

- (8) 波源と壁面 W の間において、入射波と反射波が逆位相で振動している位置の x 座標を、壁面に近い順に x_1 [m], x_2 [m], x_3 [m], \dots とする。この位置座標を、自然数 n を用いて一般に x_n ($n = 1, 2, 3, \dots$) と書くとき、 x_n を v , n を用いて表せ。
- (9) 波源と壁面 W の間に水面が全く振動しない位置が 3 か所観測され、このうち波源に最も近い位置座標は x_0 と一致した。このとき、波の速さ v を求めよ。

化 学

注 意 問題は I, II, III の 3 題である。解答に単位が必要なものには単位をつけて記すこと。問題文中の体積の単位記号 L は、リットルを表す。

I 次の文章を読み、以下の問 1～問 5 に答えよ。必要であれば、下の値を用いよ。

原子量 N : 14.0 S : 32.1 Zn : 65.4 Ga : 69.7

アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

$\sqrt{3} = 1.73$

高校生の玲央名が、家の電球を換えるためにホームセンターに行き、多くの LED 電球が売られていることに気づいた。そこで偶然近くにいた大学生の亜香里にきいてみた。

「亜香里先輩、LED で使われている窒化ガリウム GaN は高校で習っていないと思うんですけど、どのような物質でしょうか？」

「ああ、窒化ガリウムはガリウム Ga と窒素 N の化合物だね。ガリウムの窒化物とも呼ばれるよ。Ga は第 4 周期の 13 族元素だけど高校では習わないかな。第 3 周期の 13 族元素が だということは知ってるよね。」

「はい。N は第 2 周期の 族元素ですね。」

「化学式 と表されるサファイア基板の上に GaN の良質な結晶を成長させるのが難しかったのだけれど、サファイアの上に と N の化合物である の薄い膜をつけると、その上に質の良い GaN の結晶を成長させられることが見つかったんだ。 と GaN はどちらもウルツ鉱構造と呼ばれる結晶構造をとりやすくて、窒化ガリウムの場合、Ga と N が図 1 のような並び方をしているよ。」

「この構造では Ga も N も配位数が だから、ダイヤモンドの構造と似てますね。でも GaN では単位格子が立方体ではなく断面がひし形の四角柱の形をしているんですね。」

「玲央名はダイヤモンドの結晶構造は知っているんだね？ GaN は、ダイヤモンド

と同じ原子の並び方をした閃亜鉛鉱(せんあえんこう)構造と呼ばれる構造をとる場合もあるよ。閃亜鉛鉱の主成分は硫化亜鉛 ZnS で、図 2 のような構造だ。」

「どうして ZnS の構造と呼ばずに鉱物の名前で呼ぶんですか？」

「ウルツ鉱の主成分も硫化亜鉛 ZnS なんだ。同じ化学組成でも、結晶を成長させる条件によって、閃亜鉛鉱構造もウルツ鉱構造もとりうる化合物は多いよ。」

「なるほど、それなら ZnS 構造と呼ぶとまぎらわしいですね。」

「閃亜鉛鉱構造は、図 2 に描かれているように、立方体を単位格子とみなすことができ、面心立方の構造とも言える。でも多くの金属がとる立方最密充填構造と違って、頂点と面心の位置以外にも 個の原子がある。図 2 の単位格子の中に Zn 原子と S 原子がいくつずつ入っているかわかるかな？」

「図 2 の構造では Zn 原子が立方最密充填構造と同じ配置をしていますね。単位格子の中には立方体の頂点の 8 箇所にも 個ずつの原子が含まれて、面心の 6 箇所にも 個ずつの原子が含まれているから、Zn 原子の数は合わせて 個です。S 原子の数も 個ですね。」

「そうだね。この立方体の一辺の長さは 0.541 nm だと言われている。閃亜鉛鉱構造 ZnS の密度がどうなるかわかる？」

「ZnS の式量は ですね。この式量を M と表すことにします。立方体の一辺の長さを a (nm)、アボガドロ定数を N_A とすれば、密度 d を計算する式を記号 (M, a, N_A) を用いて書けば、 g/cm^3 と表されます。」

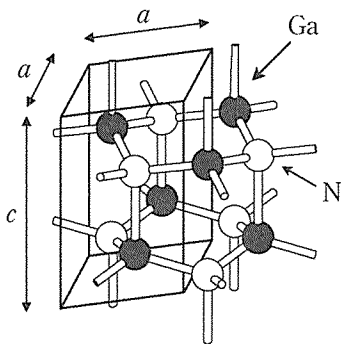


図 1 ウルツ鉱構造 (GaN)

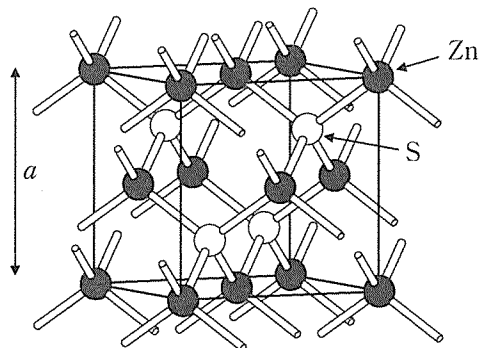


図 2 閃亜鉛鉱構造 (ZnS)

「その式に、数値をあてはめて閃亜鉛鉱構造の ZnS の密度の値を計算しよう。有効数字 2 桁で答えを求めるとして、計算の途中では 3 桁の数字をとり、密度の単位は g/cm^3 としてね。」

「はい。閃亜鉛鉱構造の ZnS の密度は $4.1 \text{ g}/\text{cm}^3$ と計算できます。」

「それでは次に、ウルツ鉱構造の GaN の密度を計算するための式を考えよう。図 1 の四角柱形状の単位格子の中には Ga 原子と N 原子が 2 個ずつ含まれている。単位格子の四角柱の断面は内角が 60° と 120° のひし形で、ひし形の一辺の長さは $a = 0.318 \text{ nm}$ 、四角柱の高さは $c = 0.517 \text{ nm}$ と言われているよ。」

「GaN の式量は です。四角柱の断面の面積 S はひし形の辺の長さ a を用いて cm^2 と表されます。高さ c を用いると単位格子の体積 V は cm^3 となります。GaN の式量を M とすれば、密度は g/cm^3 と表されることとなります。ウルツ鉱構造の GaN の密度の値は g/cm^3 となりますね。」

「ダイヤモンドの粉末は半導体基板作製のため結晶を薄く切断する用途でも使われるし、金属の精密研磨にも使われている。同じ 族元素の Si と C の化合物である炭化ケイ素 SiC は、ウルツ鉱構造も閃亜鉛鉱構造もとりやすく、2 つの構造を部分的に含んだ複合的な構造もとる。SiC の粉末は研磨材としても使われるけど、複合的な構造を組み合わせて、亀裂が生じても破壊しにくい耐熱材料として利用する応用研究も進んでいる。逆に特定の構造のみを含む大きな SiC の結晶を成長させて、大電力を制御する電子回路のための半導体基板として用いる研究も進んでいるよ。」

問 1 以下の(1)~(3)に答えよ。

- (1) 空欄 に当てはまる元素記号を記せ。
- (2) 空欄 , に当てはまる化学式を記せ。
- (3) GaN はガリウムの酸化物とアンモニアを反応させて合成することができる。この反応の化学反応式を記せ。

問 2 空欄 ~ , に当てはまる数値を記せ。

問 3 空欄 ~ に当てはまる数式を記号 M , N_A , a , c を用いて表せ。ただし, M は式量, N_A はアボガドロ定数, a (nm) と c (nm) は単位格子の寸法を表す長さとする。

問 4 空欄 に当てはまる数値を, 3 桁目を四捨五入して有効数字 2 桁で求めよ。ただし, 計算の途中で用いる数値は 3 桁までとること。計算式も記すこと。

問 5 ダイヤモンドや炭化ケイ素の粉末が研磨材に適していることは, これらの物質がどのような特徴をもっていることによるか, 化学結合の性格と物質の性質の観点から述べよ。

II 以下の問1～問6に答えよ。温度はすべて25℃とする。問2，問3および問5は解答に至る導出過程も記すこと。

問1 以下の文中の [ア] ～ [ウ] に当てはまる語を記せ。また [A] には化学反応式を， [a] ～ [c] には当てはまる化合物名を記せ。

アンモニアは，工業的には400～500℃の高温， 10^7 Paの高圧下で合成を行う [ア] 法によって製造される。この反応は [A] と表され， [a] を主成分とする触媒が使われる。アンモニアを塩化ナトリウムの飽和水溶液に吸収させてから二酸化炭素と反応させると，水への溶解度が低い [b] が沈殿する。この沈殿を270℃の高温で分解すると [c] が得られる。この [c] の製法を [イ] 法という。 [c] は白色の固体であり，水への溶解度が高く，その水溶液は [ウ] 性を示す。

問2 0.203 mol/Lのアンモニア水溶液中におけるアンモニアの電離度 α は 1.4×10^{-2} であった。このときの水素イオン濃度 $[H^+]$ (mol/L)を，3桁目を四捨五入して有効数字2桁で記せ。なお，解答に至る導出過程も記すこと。

問3 問2におけるアンモニアの電離定数 K_b を，3桁目を四捨五入して有効数字2桁で記せ。ただし，解答には単位をつけなくてよい。なお，解答に至る導出過程も記すこと。

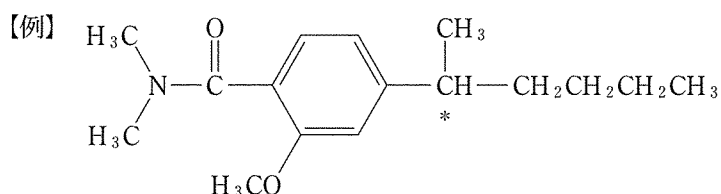
問4 弱酸や弱塩基とそれらの塩の混合水溶液は，酸や塩基が添加されてもpHが変化しにくい緩衝作用をもつ。アンモニアとその塩の混合水溶液が緩衝溶液となることを，イオン反応式を用いて説明せよ。

問 5 アンモニアとその塩化物からなる緩衝溶液の pH は 10 であった。このときのアンモニアのモル濃度 x とその共役酸のモル濃度 y の比 $x:y$ はいくつになるか記せ。ただし、 x と y は当てはまる最も小さな整数とする。アンモニアの電離定数 K_b は問 3 で求めたものを用いよ。なお、解答に至る導出過程も記すこと。

問 6 ある金属イオン A を含む水溶液に、希塩酸を加えると白色沈殿 B を生じた。この溶液をろ過し、アンモニア水を十分に加えたところ、沈殿は溶解し、無色の C イオンの溶液となった。また金属イオン A の水溶液にアンモニア水を少量加えると、褐色の沈殿 D が生成した。A および C のイオン式、B および D の化学式をそれぞれ記せ。

Ⅲ A, Bともに全員が解答すること。

A 次の文章を読み、以下の問1～問7に答えよ。構造式は例にならって記すこと。
ただし、A～Jはすべて異なる化合物である。



分子式 $C_9H_{10}O_2$ で表される芳香族エステルA, B, C, Dがある。Aを加水分解した後、中和すると、酸性を示す化合物EとアルコールFが得られた。二クロム酸カリウムと反応させて、Fを十分に酸化すると、酸性を示す化合物Gが得られた。触媒として濃硫酸を加えて、Gのエタノール溶液を加熱したところ、エステルBが得られた。エステルCを加水分解した後、中和すると、酸性を示す化合物HとアルコールIが得られた。Hはホルムアルデヒドを酸化して得られる化合物であり、Iは不斉炭素原子をもつ。エステルDを加水分解した後、中和すると、Hと化合物Jが得られた。Jに塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると、呈色した。

問1 A, B, Cの構造式を記せ。不斉炭素原子が存在する場合は、例にならって*をつけて記すこと。

問2 Jのベンゼン環の水素原子1つを臭素原子に置き換えた化合物には、2種類の異性体が存在した。Dとして考えられる構造式をすべて記せ。

問3 Eに炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると、気体が発生した。また、Fに単体のナトリウムを反応させると、気体が発生した。下線部(a)と下線部(b)で発生した気体の分子式をそれぞれ記せ。

問 4 F, G, Hの名称を記せ。

問 5 2分子のGを脱水縮合すると、1分子の化合物Kが得られる。Kをアニリンと反応させたところ、Gと化合物Lが生成した。KとLの構造式を記せ。

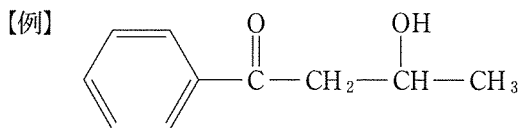
問 6 アルコールIの構造異性体の中で、ベンゼン環とエーテル結合をもつ化合物の構造式をすべて記せ。

問 7 次の記述のなかで正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- (a) Bはアミド結合をもつ。
- (b) Hは還元性を示す。
- (c) Eよりも化合物Aの方が水に対する溶解度が高い。
- (d) Fはクレゾールの構造異性体である。
- (e) Jはアルデヒド基をもつ。
- (f) Iはヨードホルム反応が起こる。

B 次の文章を読み、以下の問1～問5に答えよ。問3は解答に至る導出過程も記すこと。なお、各元素の原子量は下の値を用いよ。ただし、高分子化合物の末端に関しては考慮する必要は無い。また、構造式は下の例にならって記すこと。

原子量 H : 1.0 C : 12 O : 16 Cu : 63.5



身の回りには、石油を原料として得られるポリエチレンに代表される **ア** 高分子化合物と、多糖類やタンパク質などの **イ** 高分子化合物が存在し、どちらにおいても構造の違いが性質を決定している。

金属触媒を用いて低圧、60℃前後で生成する直鎖状ポリエチレンは、枝分かれが少ないため密度と融点が **ウ**，ポリ容器などに利用される。また、フェノールとホルムアルデヒドを酸触媒で反応させると中間生成物Aが得られ、これに硬化剤を加えて加熱することで三次元網目構造が発達して固くなることから、熱 **エ** 性樹脂と呼ばれる。

セルロースは、 β -グルコース分子が直鎖状に縮合した構造をしており、隣りあう⁽²⁾分子間には **オ** 結合が形成されている。 α -グルコース分子が縮合してできるデンプンは、お湯に可溶な **カ** と不溶な **キ** に分けられる。どちらもらせん構造をとっており、ヨウ素溶液により、**カ** は濃青色、**キ** は赤紫色を呈する。⁽³⁾ また、デンプンにアミラーゼを加えて加水分解するとマルトースになり、ヨウ素による呈色反応を示さなくなる。

タンパク質に含まれるポリペプチド鎖は、 $>N-H$ と $>C=O$ の間で分子内 **オ** 結合を形成して **ク** と呼ばれるらせん構造をとることが多い。タンパク質に熱や酸、塩基、重金属イオンなどを作用させると、立体構造を保っている **オ** 結合などが切断され、分子の形状が変化し性質が変わる。これをタンパク質の **ケ** という。タンパク質に濃水酸化ナトリウム溶液を加えて加熱し、酢酸で中和後、酢酸鉛(II)水溶液を加えて沈殿Bを析出させる⁽⁴⁾ことで、システインなどの含有について調べることができる。

問 1 文中の空欄 ~ に当てはまる適当な語句を記せ。

問 2 下線(1)について、2分子のフェノールと1分子のホルムアルデヒドが付加縮合して得られる分子量 200 である中間生成物 A の構造式を記せ。

問 3 下線(2)について、81 g のセルロースにセルラーゼを作用させて加水分解した。これに十分な量のフェーリング液を加えて加熱したところ、酸化銅(I)の沈殿が得られた。沈殿の質量(g)を求め、3桁目を四捨五入して有効数字 2 桁で記せ。なお、解答に至る導出過程も記すこと。

問 4 下線(3)について、観察される色が異なるのは と の構造が異なるからである。その構造の違いを 1 行で記せ。

問 5 下線(4)について、沈殿 B の化学式と色を記せ。