1 なめらかな水平面上を速さ v_0 で運動している質量 m の小球Aが，図のように，軽いバネにつながれて静止している質量 m の小球Bに非弾性衝突した。小球Bの大きさは小球Aと同じであり，バネの一端は壁に固定されている。反発係数(はねかえり係数)を e として，次の問いに答えよ。なお，バネの質量は無視でき，バネの伸縮を含め，運動はすべて同一直線上で行われるものとする。

問 1. 衝突直後の小球A，Bの速さ v_A，v_B を求めよ。

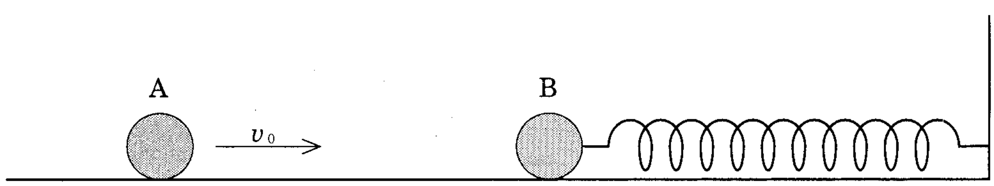
問 2. 衝突直後と衝突直前の運動エネルギーの差 ΔE を，e と m と v_0 を用いて求めよ。

衝突後，小球A，Bは離れて運動し，小球Aは等速直線運動を，小球Bは単振動の一部の運動を行っていたが，バネが最も縮んだ時に再衝突した。バネ定数を k，円周率を π として，以下の問いに答えよ。

問 3. 再衝突までにバネが縮んだ長さ x を，m と k と v_B を用いて求めよ。

問 4. 最初の衝突から再衝突までに要した時間 t を，π と m と k を用いて求めよ。

問 5. 反発係数 e を求めよ。



2 以下の文章を読み下記の問いに答えよ。数値については有効数字3桁とする。

断熱容器の中の質量 m_1〔**g**〕，温度 T_1〔**K**〕の水に，質量 m_2〔**g**〕，温度 T_2〔**K**〕の水を加えてかくはんし放置したところ，温度が T〔**K**〕となった。このとき水の比熱を 4.19 **J/g・K** とすると，（　1　）が不変ということから，（　a　）という関係が成立する。この関係は水について成立するが，水以外の物質との間では成立しない。そこで，水以外の物質については，以下の式で定義される量(換算水量と呼ぼう)を考える。

$$換算水量〔\mathbf{g}〕=\frac{物質の比熱〔\mathbf{J/g \cdot K}〕}{水の比熱〔\mathbf{J/g \cdot K}〕}\times物質の質量〔\mathbf{g}〕$$

例えば，比熱 0.390 **J/g・K** の銅 41.9 **g** の換算水量は 3.90 **g** である。この換算水量の考えを用いると，換算水量 M_1〔**g**〕，温度 T_1〔**K**〕の物質と，換算水量 M_2〔**g**〕，温度 T_2〔**K**〕の物質を接触させて放置し，平衡温度 T_0〔**K**〕に達したとすると，（　1　）が保存されていれば，（　b　）という関係が成立する。

換算水量の考えを用いて固体の比熱を測定する方法がある。図はその装置(熱量計)を示す。外部との熱の出入りを断ち切る断熱槽の内部に，水を入れた銅製容器が置かれている。容器中の水の温度を測るため，水銀温度計が図のように取り付けられている。まず，比熱 c〔**J/g・K**〕の試料(質量 m_3〔**g**〕)を，温度 T_3〔**K**〕に一様に加熱して，断熱槽中の温度 T_4 の水(質量 m_4〔**g**〕)を入れた銅製容器の中に投入する。その後ふたを閉じ，水をかくはんして放置した結果，平衡温度 t_0〔**K**〕になったとする。このとき試料の失った熱量は（　c　）〔**J**〕である。この失った熱量は，銅製容器中の水，銅製容器，銅製かくはん棒及び水銀温度計の水没部分の得た熱量に等しい。ここで，銅製容器，銅製かくはん棒，水銀温度計の水没部分を合わせた換算水量を w〔**g**〕と表すと，得た熱量の総計は（　d　）〔**J**〕である。そこで，失った熱量と得た熱量との関係から，比熱 c〔**J/g・K**〕は，$c=$（　e　）〔**J/g・K**〕として求まる。

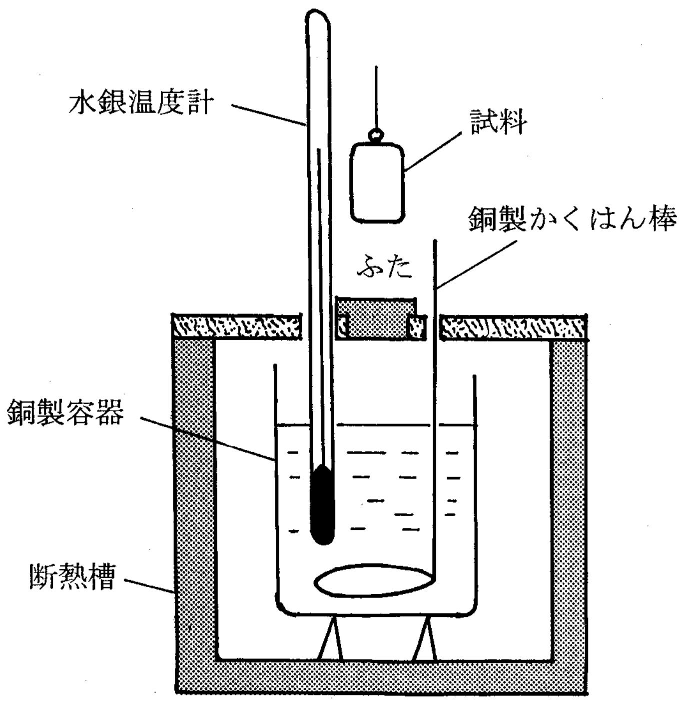
熱量計の換算水量 w〔**g**〕は，関与する物質の比熱と質量とから求められるが，次のように実験的に求めることもできる。熱量計の銅製容器に質量 m_5〔**g**〕，温度 T_5〔**K**〕の水を入れておく。この中に温度 T_6〔**K**〕($>T_5$〔**K**〕)，質量 m_6〔**g**〕の水を加えてかくはんし，全体が温度 t_1〔**K**〕となったとする。このとき，加えられた水によって熱量計に与えられた熱量は（　f　）〔**J**〕であり，銅製容器中にはじめにある水と熱量計とが受けた熱量は，換算水量 w〔**g**〕を使うと（　g　）〔**J**〕で表せる。両者は等しいので，$w=$（　h　）〔**g**〕として求まる。

具体的に鉄の試料の比熱を求めてみる。76.4 **g** の銅製容器の換算水量は（　2　）**g** であり，11.6 **g** の銅製かくはん棒の換算水量は（　3　）**g** である。一方，温度計の水没部分を水銀に置き換えて考える。水銀の密度を 13.6 **g/cm³**，比熱を 0.138 **J/g・K**，水没部分の体積を 1.80 **cm³** とすると，水没部分の換算水量は（　4　）**g** である。したがって，熱量計の換算水量は，（　5　）**g** となる。そこで，164 **g** の水を入れた熱量計(水温 15.7 **℃**)に 98.4 **℃**に加熱した試料(質量 41.7 **g**)を投入し，ふたを閉じてかくはんしたところ水の温度は 17.8 **℃**に上昇した。

問 1. 上記文中の（　1　）～（　5　）には適当な言葉または数値を，（　a　）～（　h　）には適当な式をあてはめよ。

問 2. 鉄の比熱 c を求めよ。

問 3. この実験で比熱をできるだけ精度よく求めるためには，実験操作の上で特に注意すべき点は何か。40 字以内で述べよ。



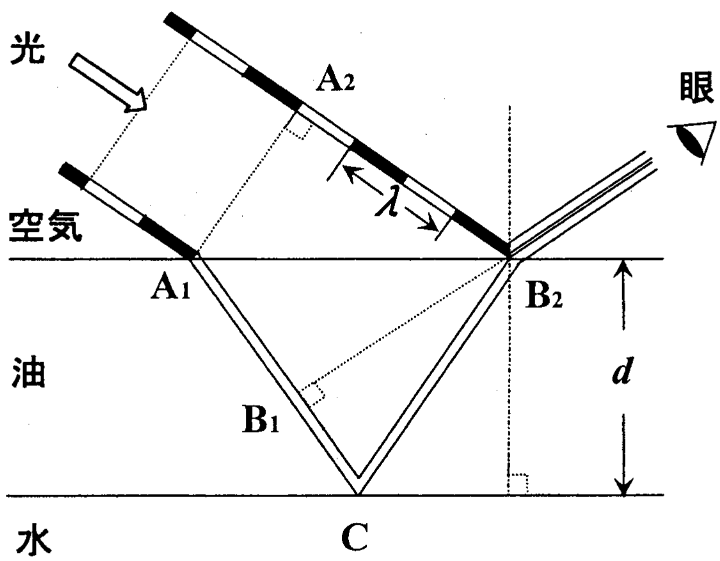
熱量計

3 水面上の油の薄膜は色づいて見える。この現象は油の表面での反射光と，油と水の境界面での反射光との $\boxed{\text{(イ)}}$ によって起きる。図のように，両面が平行な厚さ d，屈折率 n（>水の屈折率）の油の薄膜に波長 λ の単色光が入射角 i で入射し，油の表面で反射する光と，油と水の境界面で反射する光とが点 B_2 で重なるものとする。A_1A_2，B_1B_2 は $\boxed{\text{(ロ)}}$ で，この面上では同位相であるから，二つの光に位相差をもたらす道のりの差は屈折角 r を用いると $\boxed{\text{(a)}}$ と表される。油中の光の波長 λ' は $\boxed{\text{(b)}}$ であるので，$\boxed{\text{(a)}}$ は空気中の距離 $\boxed{\text{(c)}}$ に相当し，これを $\boxed{\text{(ハ)}}$ という。

油の表面では，屈折率の大きい媒質との境界での反射であるから，波の $\boxed{\text{(ニ)}}$ の反射と同様に位相が $\boxed{\text{(ホ)}}$ 変化する。一方，油と水の境界面では，屈折率の小さい媒質との境界での反射であるから，$\boxed{\text{(ヘ)}}$ での反射と同様に位相は $\boxed{\text{(ト)}}$ 。したがって，$\boxed{\text{(c)}}$ が $\boxed{\text{(チ)}}$ のときは強めあって明るく見え，$\boxed{\text{(リ)}}$ のときは打ち消しあって暗くなる。

白色光が入射する場合は，$\boxed{\text{(ヌ)}}$ によって強め合う角度 r が少しずつ異なるので，膜面にいろいろな色が見られる。また，膜が厚い場合は，ほぼ一定の方向に強めあう条件を満たす $\boxed{\text{(ル)}}$ ためそれらの光が同時に目に入って白色光と同じようになるので，色づいて見えない。

注）本文中の屈折率は，各媒質の空気に対する相対屈折率を表す。



問 1. 本文中の空欄 $\boxed{\text{(イ)}}$ から $\boxed{\text{(ル)}}$ に適切な言葉を， $\boxed{\text{(a)}}$ から $\boxed{\text{(c)}}$ に式を入れて文章を完成せよ。

問 2. $\boxed{\text{(a)}}$ の式を入射角 i を使って表せ。

問 3. 図の入射光に示すように，光の半波長分を白抜き，または黒塗りで表す。したがって，同種の部分は同位相を表す。明るく見える場合について，入射後の空白になっている図中の光の経路に同様な手法で位相を記入せよ。

問 4. 水面上に浮かんだ油の厚さが 3.0×10^{-7} **m**，油の屈折率が 1.5 であるとき，これに垂直に当てた白色光の反射光が強められる可視光線の波長は何 **m** か。計算式と波長を示せ。ただし，可視光線の波長は，およそ 0.4 ～ 0.7 **μm**（マイクロメートル）で，水の屈折率を 1.3 とする。

問 5. 油の薄膜がそれより大きい屈折率の媒質の上に置かれている場合，二つの反射光が強め合う条件式を示せ。

4 問 1. 以下の文中の(a)〜(n)内に最も適当な答えを選択肢から選び，ア〜ミで記述せよ。同じ答えを何度使っても良い。

正の電気に帯電している物体Aに導体Bを近づけると，導体BのAに近い側では(a)の電荷を持つ(b)が引きつけられるため(a)に帯電する。一方，遠い側では(b)が少なくなるため(c)に帯電する。この現象を(d)と言う。

この現象を電場(電界)を使って説明しよう。物体Aの周りには，外向きの電場ができる。ここに導体Bを近づけると，電場によって導体B内の(b)は電場の方向と反対向きに(e)を受けて移動し，物体Aに近い側に集まる。導体B内には十分多くの(b)があるため，導体B内の電場がある限りこの移動は起きる。実際には極めて短い時間でこの移動は終了する。導体B内では物体Aによる電場と導体Bの(f)に集まった電荷による電場は，大きさが等しく向きは(g)になるため，導体内の電場は(h)になる。次に電位について考える。導体内では電場は(h)であるため，電位差は(i)となる。従って導体内の電位は(j)である。

電気力線は，電場の様子を理解するための仮想的な線である。半径 a の球に電荷 Q が球対称に分布している場合，球の中心から半径 $r(>a)$ の球面をつらぬいて出る電気力線の総本数は(k)本で，電気力線は放射状にひろがり，球面を(l)につらぬく。この球面の単位面積をつらぬく電気力線の(m)が電場の強さ E であるから，$E=$(n)と，点電荷が作る電場の場合と同じになる。同様に，電位 V も距離 $r(>a)$ の場所では点電荷の場合と同じになる。

選択肢

ア. 無限大	イ. 0	ウ. 10	エ. 100
オ. 一 定	カ. 内 部	キ. 表 面	ク. 電磁誘導
ケ. 静電誘導	コ. 誘電分極	サ. 静電しゃへい	シ. 正
ス. 負	セ. 自由電子	ソ. 正 孔	タ. 原子核
チ. 太 さ	ツ. 本 数	テ. 長 さ	ト. 起電力
ナ. 反 対	ニ. 平 行	ヌ. 磁気力	ネ. クーロン力
ノ. 垂 直	ハ. k_0Q	ヒ. $4\pi k_0Q$	フ. k_0Q^2
ヘ. $\dfrac{k_0Q}{r}$	ホ. $\dfrac{k_0Q}{r^2}$	マ. $\dfrac{k_0Q^2}{4\pi r^2}$	ミ. $\dfrac{k_0Q^2}{4\pi r}$

(k_0 は静電気のクーロンの法則の定数)

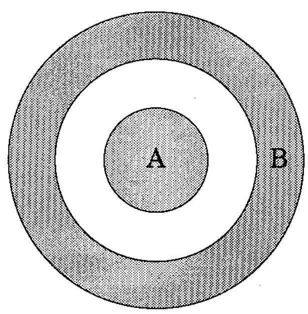
問 2. 半径 a〔m〕の導体球A, 及びAを同心で取り囲む内半径 $2a$〔m〕と外半径 $3a$〔m〕の導体殻Bがある。導体球Aには $-Q$〔C〕の電荷があり, 導体殻Bの電荷の合計は0〔C〕である。

a）A, B上の電荷の分布を⊕と⊖で示し，また電気力線を図示しなさい。

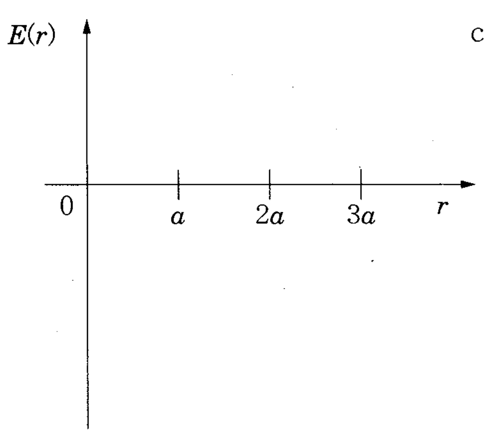
b）導体球Aの中心を原点とし，電場の強さ E を，Aの中心からの距離 r の関数として図示しなさい。

c）上のb）と同様に，電位 V をAの中心からの距離 r の関数として図示しなさい。ただし，無限遠の電位を0とする。

a）



b）



c）