平成24年度　　〔試験時間　80分〕

L3 物　理　　L4 化　学

この冊子は，物理 と 化学 の問題を1冊にまとめてあります。

情報科学科と土木工学科は，物理または化学のどちらかを選択

工業化学科は化学指定

機械工学科は物理指定

物理の問題は，1ページより20ページまであります。
化学の問題は，21ページより35ページまであります。

〔注　　意〕

(1) 試験開始の指示があるまで，この冊子を開いてはいけません。

(2) 監督者から受験番号等記入の指示があったら，解答用マークシートに受験番号及び氏名を記入し，さらに受験番号・志望学科をマークしてください。

(3) 解答は所定の解答用マークシートにマークしたものだけが採点されます。

(4) 解答用マークシートについて

① 解答用マークシートは絶対に折り曲げてはいけません。

② マークには黒鉛筆(HBまたはB)を使用してください。指定の黒鉛筆以外でマークした場合，採点できないことがあります。

③ 誤ってマークした場合は消しゴムで丁寧に消し，消しくずを完全に取り除いたうえ，新たにマークしてください。

④ 解答欄のマークは横1行について1箇所に限ります。2箇所以上マークすると採点されません。あいまいなマークは無効となるので，はっきりマークしてください。

(5) 試験開始の指示があったら，初めに問題冊子のページ数を確認してください。
ページの落丁・乱丁，印刷不鮮明等に気づいた場合は，手を挙げて監督者に知らせてください。

(6) 問題冊子は，試験終了後，持ち帰ってください。

物　　理

1　次の問題の［　　］の中に入れるべき最も適当なものをそれぞれの**解答群**の中から選び，その番号を**解答用マークシート**の指定された欄にマークしなさい。(同じ番号を何回用いてもよい。)　(35 点)

図 1-1 のように，表面のなめらかな十分に長い細い棒を水平に設置し，途中にストッパー S を取り付けて，その右側からリング A を棒に通した。リングの質量は m[kg] で，リングから長さ ℓ[m] の糸 a でおもり B をつるした。おもり B の質量を M[kg] とする。もう一本の細い糸 b をおもり B に結び付け，ストッパーの左方に引っ張って他端を細い棒に固定し，糸 a と鉛直方向とのなす角度を θ[rad] とした。細い棒に沿って右方向を x 軸の正方向にとり，ストッパーの位置を原点 ($x = 0$m) とする。重力加速度の大きさは g[m/s^2] である。

水平に設置した細い棒とリング A の間の摩擦は無視できるとし，リング A，おもり B の大きさは考えない。糸 a，b は伸縮せず，それぞれの質量は無視できるものとする。以下の設問では，おもり B は x 軸を含む鉛直面内で運動し，B の運動中，糸 a がたるまないように角度 θ を設定する。なお，糸は伸縮せず質量が無視できるので，リング A とおもり B が運動しているとき，A と B の運動エネルギーと位置エネルギーの和は保存するとしてよい。

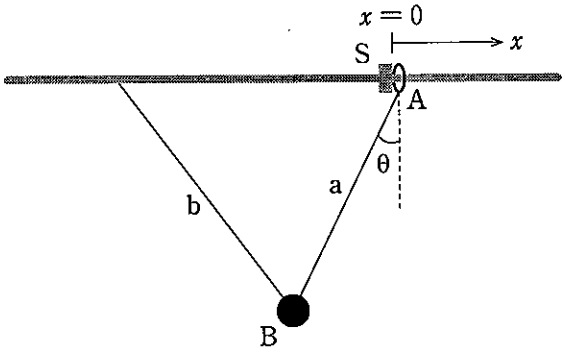

図 1-1

(1) 図 1-1 の状態で左の糸 b を静かに切った。おもり B は右下方向に運動し，最下点に達したときの速度の x 成分は v_0 [m/s] ($v_0 > 0$) であった。糸 b を切る前の θ は $\cos\theta = 1 - \boxed{\text{(ア)}} \times \dfrac{v_0^2}{g\ell}$ をみたす。おもり B が最下点を通過すると，リング A も右方向にすべり出す。おもり B が右側で最もふれたときのリング A とおもり B の速度の x 成分は等しくなり，その値は $\boxed{\text{(イ)}} \times v_0$ [m/s] である。このときの糸 a と鉛直方向とのなす角度 θ' [rad] は $\cos\theta' = 1 - \boxed{\text{(ウ)}} \times \dfrac{v_0^2}{g\ell}$ をみたす。おもり B が最上点から再び最下点にもどったとき，B の速度の x 成分は $\boxed{\text{(エ)}} \times v_0$ [m/s]，リング A の速度の x 成分は $\boxed{\text{(オ)}} \times v_0$ [m/s] となる。さらに，おもり B が最下点を通過して左側で最もふれたとき，リング A とおもり B の速度の x 成分は $\boxed{\text{(カ)}} \times v_0$ [m/s] である。

(ア)，(ウ) の解答群

0 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{2}$	2 1	3 2
4 4	5 $\frac{m}{4(M+m)}$	6 $\frac{M}{4(M+m)}$	7 $\frac{m}{2(M+m)}$
8 $\frac{M}{2(M+m)}$	9 $\frac{M-m}{M+m}$		

(イ)，(エ)，(オ)，(カ) の解答群

0 $\frac{m}{M+m}$	1 $\frac{M}{M+m}$	2 $-\frac{m}{M+m}$	3 $-\frac{M}{M+m}$
4 $\frac{2m}{M+m}$	5 $\frac{2M}{M+m}$	6 $-\frac{2m}{M+m}$	7 $-\frac{2M}{M+m}$
8 $\frac{M-m}{M+m}$	9 $-\frac{M-m}{M+m}$		

右のページは白紙です。

(2) 以下の問いでは，必要に応じて，角度 θ [rad] の絶対値が十分小さいときに成り立つ近似式 $\sin\theta \fallingdotseq \theta$，$\cos\theta \fallingdotseq 1$ を用いてもよい。

小問 (1) で，おもり B が最初に最下点を右方向に通過した瞬間を時間 t [s] の原点 ($t = 0$ s) とし，$t \geqq 0$ の運動をさらに詳しく考察する。簡単のため，糸 a の鉛直方向からの振れ (小問 (1) の) θ' は十分小さいと仮定しよう。

リング A とおもり B のそれぞれの位置の x 座標を x_A [m]，x_B [m] とすると，これらは時間とともに変化する。リング A の x 方向の運動方程式は，その加速度の x 方向成分を a_A [m/s^2] とすると $ma_A =$ [(キ)] $\times g(x_A - x_B)$ と書ける (図 1-2 参照)。おもり B の運動方程式も，加速度の x 方向成分を a_B [m/s^2] として同様に得ることができる。(糸の振れ幅が小さいので，A，B の鉛直方向の運動は無視する。) このとき，A と B の運動方程式の両辺をそれぞれ加えると $ma_A + Ma_B =$ [(ク)] となる。一方，A と B の重心 G の x 座標を x_G [m] とすると $x_G =$ [(ケ)] である。したがって，$ma_A + Ma_B =$ [(ク)] と $x_G =$ [(ケ)] から，重心の速度の x 成分 v_G [m/s] は $v_G =$ [(コ)] $\times v_0$ である。

そこで，重心 G と同じ速さで x 軸の正方向に動いている観測者がリング A とおもり B の運動を観察した場合を考えてみる。このとき，重心 G は静止して見え，リング A の運動方程式は，その加速度の x 方向成分を a'_A [m/s^2] とすると $ma'_A =$ [(サ)] $\times gx'$ と表わすことができる。ここで $x' = (x_A - x_G)$ [m] は座標 x_G から測ったリング A の座標の変位である。したがって，A の運動は，図 1-3 のように，重心 G を不動点とした単振り子の微小振動となり，単振動とみなすことができる。このときの A の単振動の角振動数 ω_A [rad/s] は $\omega_A = \sqrt{\boxed{(シ)} \times \frac{g}{\ell}}$ である。おもり B の運動方程式も同様に求めることができて，B の運動も単振動とみなすことができる。リング A の単振動の振幅を c_A [m] ($c_A > 0$) とすると，おもり B の振幅は c_A の [(ス)] 倍である。

観測者の立場を変えて再び静止している者からリング A の運動を見ると，A の x 座標は時間の関数として [(セ)] と表わされる。おもり B の座標変化も同様に求めることができる。

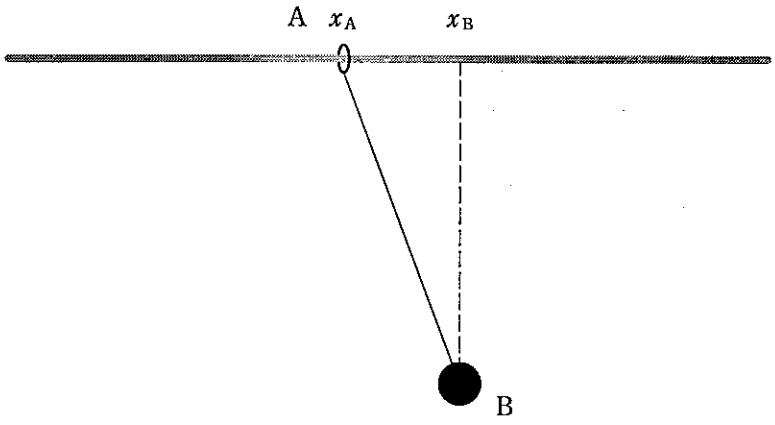

図 1-2

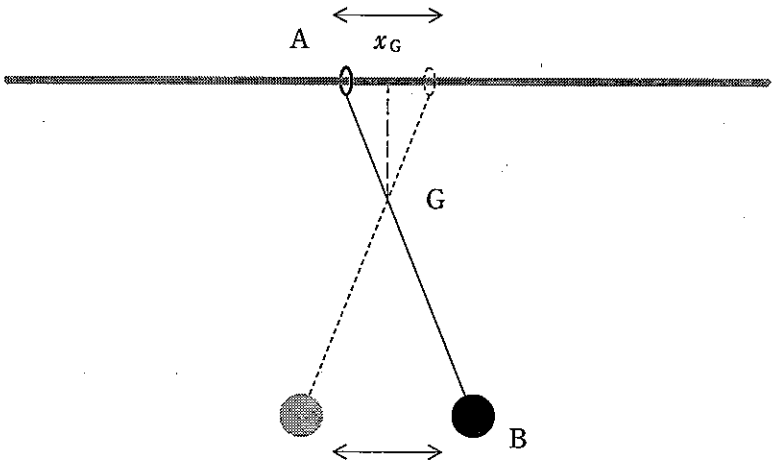

図 1-3

(キ), (サ) の解答群

0 $\dfrac{m}{\ell}$　1 $-\dfrac{m}{\ell}$　2 $\dfrac{\ell}{m}$　3 $-\dfrac{\ell}{m}$

4 $\dfrac{M}{\ell}$　5 $-\dfrac{M}{\ell}$　6 $\dfrac{\ell}{M}$　7 $-\dfrac{\ell}{M}$

8 $\dfrac{M+m}{\ell}$　9 $-\dfrac{M+m}{\ell}$

(ク) の解答群

0 Mg　1 $-Mg$　2 $(M+m)g$

3 $-(M+m)g$　4 0

(ケ) の解答群

0 $\dfrac{mx_A+Mx_B}{2(M+m)}$　1 $\dfrac{Mx_A+mx_B}{2(M+m)}$　2 $\dfrac{mx_A-Mx_B}{2(M+m)}$　3 $\dfrac{Mx_A-mx_B}{2(M+m)}$

4 $\dfrac{mx_A+Mx_B}{M+m}$　5 $\dfrac{Mx_A+mx_B}{M+m}$　6 $\dfrac{mx_A-Mx_B}{M+m}$　7 $\dfrac{Mx_A-mx_B}{M+m}$

(コ), (シ) の解答群

0 $\dfrac{m}{M+m}$　1 $\dfrac{M}{M+m}$　2 $\dfrac{2m}{M+m}$　3 $\dfrac{2M}{M+m}$

4 $\dfrac{M+m}{m}$　5 $\dfrac{M+m}{M}$　6 $\dfrac{M+m}{2m}$　7 $\dfrac{M+m}{2M}$

8 $\dfrac{M-m}{M+m}$　9 $\dfrac{M+m}{M-m}$

(ス) の解答群

0 1　1 $\dfrac{m}{M}$　2 $\dfrac{M}{m}$　3 $\dfrac{m}{M+m}$　4 $\dfrac{M}{M+m}$

(セ) の解答群

0 $c_A\cos\omega_A t$　1 $c_A\sin\omega_A t$　2 $\dfrac{v_G}{2}t+c_A\cos\omega_A t$

3 $\dfrac{v_G}{2}t+c_A\sin\omega_A t$　4 $\dfrac{v_G}{2}t-c_A\cos\omega_A t$　5 $\dfrac{v_G}{2}t-c_A\sin\omega_A t$

6 $v_G t+c_A\cos\omega_A t$　7 $v_G t+c_A\sin\omega_A t$　8 $v_G t-c_A\cos\omega_A t$

9 $v_G t-c_A\sin\omega_A t$

右のページは白紙です。

2 次の問題の［　　］の中に入れるべき最も適当なものをそれぞれの**解答群**の中から選び，その番号を**解答用マークシート**の指定された欄にマークしなさい。(同じ番号を何回用いてもよい。) (35 点)

以下の設問では，電子の質量を m[kg]，電気素量を e[C] ($e > 0$) とする。

(1) **図 2-1** のように，円筒軸方向の長さが L[m] で，半径の異なる二つの半円筒状の極板 A，B を，中心軸と端を一致させて真空中に配置した。A，B の中心軸を O とし，A の半径を a[m]，B の半径を b[m] とする ($a < b$)。極板 A には q[C] ($q > 0$)，極板 B には $-q$[C] の電荷が一様に分布してたくわえられており，AB 間の電位差は V_{AB}[V] ($V_{AB} > 0$) である。このとき，極板 AB 間に生じる電場を求めよう。電場は極板 AB 間にのみ生じ，極板の端の影響は無いものとする。電場の様子を表すために電気力線が用いられる。電気力線の接線はその点での電場の方向を示し，電場の強さが E[V/m] の点では電場に垂直な面積 1 m^2 を E 本の電気力線が貫くと定義する。極板 AB 間の電気力線は，極板 A から B へ，O を中心として放射状に均等に広がる。

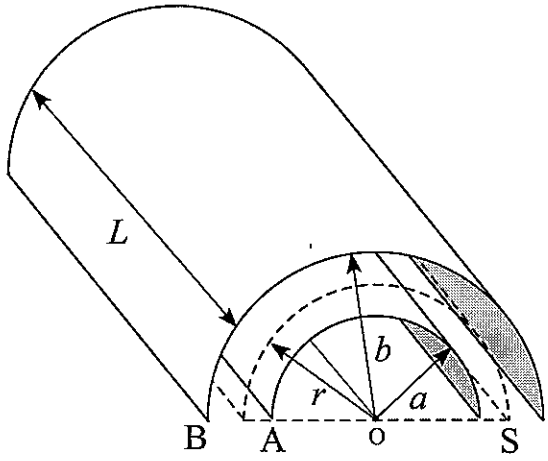

図 2-1

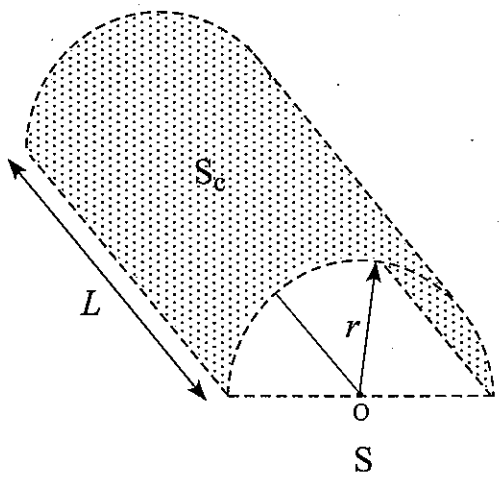

図 2-2

図 2-1 中で示したように，極板 A，B と中心軸と端が一致した半径 r[m]，長さ L[m] の半円柱状の閉じた曲面 (閉曲面)S を考える ($a \leqq r \leqq b$)。曲面 S の様子を図 2-2 に示した。電場は極板 AB 間にのみ存在するため，電気力線は，曲面 S のうち，図 2-2 中で網掛けで示した半円筒状の曲面 S_c のみを貫き，その他の面を貫くことはない。また，曲面 S_c 上では電場の強さは一定である。したがって，曲面 S_c 上での電場の強さを $E_c(r)$[V/m] とすると，閉曲面 S を貫く電気力線の本数は，曲面 S_c を貫く電気力線の本数に等しく，$N =$ [(ア)] 本である。一方で，任意の閉曲面を貫く電気力線の本数は，その内部に存在する電荷量 q[C] を用いて $N = 4\pi kq$ 本と表すことができる。ここで，k[N·m^2/C^2] は正の定数である。閉曲面 S 内には，極板 A 上に電荷 q[C] が存在するので，S を貫く電気力線の本数も q を用いて同様に表すことができる。したがって，極板 AB 間の曲面 S_c 上に生じる電場の強さは，$E_c(r) =$ [(イ)] [V/m] となる。さらに，極板 A，B からなるコンデンサーの電気容量を C[F] とすると，このコンデンサーにたくわえられている電荷は，$q =$ [(ウ)] [C] であるため，極板 AB 間の曲面 S_c 上に生じる電場の強さは C と V_{AB} を用いて，$E_c(r) =$ [(エ)] [V/m] と表すことができる。

(ア) の解答群

0 $2\pi rLE_c(r)$　1 $\pi rLE_c(r)$　2 $\pi r^2LE_c(r)$　3 $2\pi r^2LE_c(r)$

4 $rLE_c(r)$　5 $4\pi r^2LE_c(r)$　6 $4\pi rLE_c(r)$　7 $2rLE_c(r)$

(イ) の解答群

0 $\dfrac{4kq}{Lr}$　1 $\dfrac{2kq}{Lr}$　2 $\dfrac{4\pi kq}{Lr}$　3 $\dfrac{2\pi kq}{Lr}$

4 $\dfrac{2\pi q}{kLr}$　5 $\dfrac{q}{2kLr}$　6 $\dfrac{q}{4\pi kLr}$　7 $\dfrac{q}{2\pi kLr}$

(ウ) の解答群

0 $\dfrac{C}{V_{AB}}$　1 $\dfrac{V_{AB}}{C}$　2 $\dfrac{C}{2V_{AB}}$　3 $\dfrac{V_{AB}}{2C}$

4 CV_{AB}　5 $\dfrac{2C}{V_{AB}}$　6 $\dfrac{2V_{AB}}{C}$　7 $\dfrac{CV_{AB}}{2}$

(エ) の解答群

0 $\dfrac{4kCV_{AB}}{Lr}$　1 $\dfrac{2\pi kCV_{AB}}{Lr}$　2 $\dfrac{V_{AB}}{2kLrC}$

3 $\dfrac{2\pi V_{AB}}{kLrC}$　4 $\dfrac{C}{2kLrV_{AB}}$　5 $\dfrac{C}{2\pi kLrV_{AB}}$

右のページは白紙です。

(2) 小問 (1) で扱った同軸半円筒状の極板 A，B を利用した装置を用いて，特定の運動エネルギーを持った電子を選別することを考える。**図 2-3** は，極板 A，B の円筒軸方向から見た装置の断面図である。装置は真空中に置かれている。極板 A は正に，極板 B は負に帯電しており，極板 AB 間の電位差は V_{AB} [V] ($V_{AB} > 0$) である。このとき，図中で点線で示した，O を中心軸として，スリット S1 と S2 を通る半径 R [m] の半円筒状の曲面上に生じる電場の強さは，小問 (1) の結果 [(エ)] を用いて $E_c(R)$ と表され，電気力線は極板 A から B へ，O を中心として放射状に均等に広がる。

電子源から放出された電子の一部はスリット S1 を通り，極板 AB 間に入る。その後，電子が極板 AB 間で，O を中心として図の点線にそった半径 R [m] の円運動をし，スリット S2 を通過するためには，電子の運動エネルギーは [(オ)] [J] でなければならない。ただし，スリットの幅は十分に小さいものとする。また，スリット S1 を通る電子は，スリット S1 のあいた板に垂直な方向の速度成分のみを持つものとする。小問 (1) の結果から，$E_c(R)$ は極板 AB 間の電位差 V_{AB} の関数として表されるため，V_{AB} を調整することによって，特定の運動エネルギーを持った電子のみをスリット S2 を通過させて選別することができる。

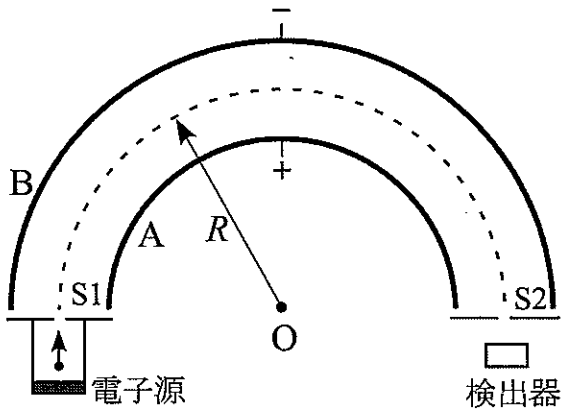

図 2-3

(オ) の解答群

0 $eRE_c(R)$　　1 $\dfrac{eRE_c(R)}{m}$　　2 $\dfrac{eRE_c(R)}{2m}$

3 $\dfrac{eRE_c(R)}{2}$　　4 $\dfrac{eE_c(R)}{2R}$　　5 $\dfrac{eE_c(R)}{R}$

(3) 特定の運動エネルギーを持った電子を選別することは，電子を一様な磁場中で運動させることによっても可能である。**図 2-4** のように平板状の極板 C，D，P，Q からなる装置が真空中に置かれている。極板 C，D は y 軸に垂直に，極板 P，Q は x 軸に垂直に配置されている。極板 C，D の間隔は d [m]，極板 P，Q の間隔は ℓ [m] である。

極板 CD 間には，極板 C が正に，極板 D が負に帯電するように電位差 V [V] が与えられている。電子源から放出された電子の一部は，下部の極板 C に開いたスリット S1 を通り，極板 C と上部の極板 D の間の一様な電場によって減速されて極板 D に開いたスリット S2 を通過する。スリット S1 を通過した電子の運動エネルギーを K [J] とすると，スリット S2 を通過する電子の運動エネルギーは，［ (カ) ］[J] と表すことができる。

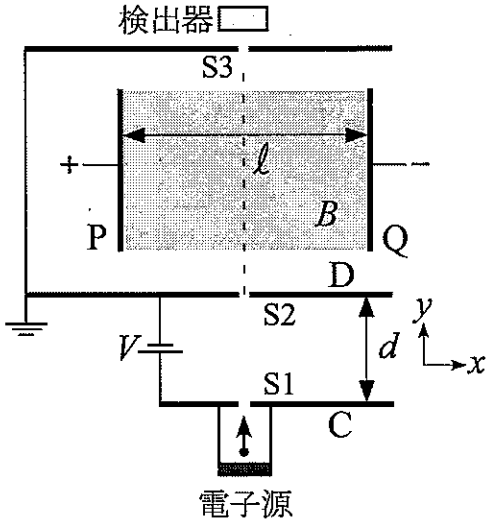

図 2-4

その後，電子は極板 PQ 間に入る。極板 PQ 間には，極板 P が正に，極板 Q が負に帯電するように電位差 V_{PQ} [V] ($V_{PQ} > 0$) が与えられており，一様な電場が生じている。また，極板 PQ 間には，電場と直交する方向に磁束密度の大きさ B [T] の一様な磁場がかけられている。極板の端の影響は無いものとする。

極板 PQ 間を運動する電子が一様な電場から受ける力の強さは [(キ)] [N] であり，力の向きは [(ク)] である。一方で，電子を y 軸の方向に直進させるためには，一様な磁場の向きは [(ケ)] とする必要があり，電子の速さを v [m/s] とすると，電子が磁場から受ける力の強さは [(コ)] [N] となる。以上から，S2 を通過した後，y 軸の方向に直進してスリット S3 を通過することができる電子の運動エネルギーは [(サ)] [J] となる。ただし，スリットの幅は十分に小さいものとする。したがって，運動エネルギー K [J] を持ってスリット S1 を通過した電子をスリット S3 を通過させて検出するためには，極板 CD 間の電位差 V を [(シ)] [V] とすればよい。これより，電圧 V_{PQ}，磁束密度 B を固定し，電圧 V を調整することによって，特定の運動エネルギーを持った電子を選別することができる。

(カ) の解答群

0 $\frac{1}{2}eKV$　1 eV　2 $K+eV$　3 $\frac{1}{2}(K+eV)$

4 $\frac{1}{2}(K-eV)$　5 $2K+eV$　6 $\frac{1}{2}(2K+eV)$　7 $K-eV$

(キ) の解答群

0 $\frac{2meV_{PQ}}{\ell}$　1 $\frac{meV_{PQ}}{\ell}$　2 $\frac{2eV_{PQ}}{\ell}$　3 $\frac{eV_{PQ}}{\ell}$

4 $\frac{2eV_{PQ}}{m\ell}$　5 $\frac{eV_{PQ}}{m\ell}$　6 $\frac{2V_{PQ}}{\ell}$　7 $\frac{V_{PQ}}{\ell}$

(ク), (ケ) の解答群

0 QからPへ向かう向き　1 PからQへ向かう向き

2 紙面の表から裏へ向かう向き　3 紙面の裏から表へ向かう向き

(コ) の解答群

0 $\frac{m}{eB}$　1 $\frac{v}{eB}$　2 eB　3 meB

4 $\frac{eB}{m}$　5 $\frac{1}{2}eBv$　6 eBv　7 $meBv$

(サ) の解答群

0 $\frac{1}{2m}\left(\frac{V_{PQ}}{B\ell}\right)^2$　1 $\frac{m}{2}\left(\frac{V_{PQ}}{B\ell}\right)^2$　2 $\frac{1}{2m}\sqrt{\frac{V_{PQ}}{B\ell}}$

3 $\frac{m}{2}\sqrt{\frac{V_{PQ}}{B\ell}}$　4 $\frac{e}{2m}\left(\frac{V_{PQ}}{B\ell}\right)^2$　5 $\frac{m}{2e}\left(\frac{V_{PQ}}{B\ell}\right)^2$

6 $\frac{e}{2m}\sqrt{\frac{V_{PQ}}{B\ell}}$　7 $\frac{m}{2e}\sqrt{\frac{V_{PQ}}{B\ell}}$

(シ) の解答群

0 $\frac{1}{eB}\left\{K-\frac{m}{2}\left(\frac{V_{PQ}}{B\ell}\right)^2\right\}$　1 $\frac{1}{eB}\left\{K+\frac{m}{2}\left(\frac{V_{PQ}}{B\ell}\right)^2\right\}$

2 $\frac{1}{B}\left\{K-\frac{1}{2m}\left(\frac{V_{PQ}}{B\ell}\right)^2\right\}$　3 $\frac{1}{e}\left\{K-\frac{1}{2m}\left(\frac{V_{PQ}}{B\ell}\right)^2\right\}$

4 $\frac{1}{e}\left\{K-\frac{m}{2}\left(\frac{V_{PQ}}{B\ell}\right)^2\right\}$　5 $\frac{m}{eB}\left\{K-\frac{m}{2}\left(\frac{V_{PQ}}{B\ell}\right)^2\right\}$

右のページは白紙です。

3 次の問題の [　　] の中に入れるべき最も適当なものをそれぞれの**解答群**の中から選び，その番号を**解答用マークシート**の指定された欄にマークしなさい。(同じ番号を何回用いてもよい。答えが数値となる場合は最も近い数値を選ぶこと。)　(30点)

光の屈折，干渉について考えよう。空気の(真空に対する)屈折率を1.00，水の屈折率を $n_1 = 1.33$ とする。小問(1)では，必要に応じて，角度 θ[rad] の絶対値が十分小さいときに成り立つ近似式 $\sin\theta \fallingdotseq \theta$，$\tan\theta \fallingdotseq \theta$，$\cos\theta \fallingdotseq 1$ を用いよ。

(1) 静かな水面を通して水中をのぞくと，魚などの大きさが実物とは違って見えたり，位置が浅くなって見えたりする。ここでは大きさが違って見える現象を考察しよう。**図3-1**に示すように，水中の深さ d[m] の場所に水平におかれた長さ ℓ[m] の矢印ABがある。その矢印を矢印の始点Bの真上，水面からの高さ t[m] の位置Eからのぞく。角度∠AEBを θ[rad]，矢印の終点Aから出て観察者の眼の位置Eに達する光の水面での入射角を α[rad]，屈折角を β[rad] とすると，ℓ はこれらの量を使って2通りで表わすことができる:

1；　d，t，θ を使うと $\ell =$ [(ア)]，

2；　d，t，α，β を使うと $\ell =$ [(イ)] である。

入射角，屈折角と屈折率の関係は $n_1 =$ [(ウ)] なので，角度 α，β，θ が十分小さい場合を仮定すると，以上の関係式から $\dfrac{\beta}{\theta} \fallingdotseq$ [(エ) γ] を得る。したがって，空気中から見た矢印(A′B)は，実物の大きさ(AB)より $\dfrac{\beta}{\theta}$ 倍大きく見える。実際，$t = 0.4\,\mathrm{m}$，$d = 1.0\,\mathrm{m}$ とすると $\dfrac{\beta}{\theta} \fallingdotseq$ [(オ)] となる。

逆に，空気中で水面から d の高さの水平におかれた矢印を，矢印の始点の真下，水中の深さ t の位置から見ると，矢印の大きさは実際の大きさの約 [(カ)] 倍となって見える。

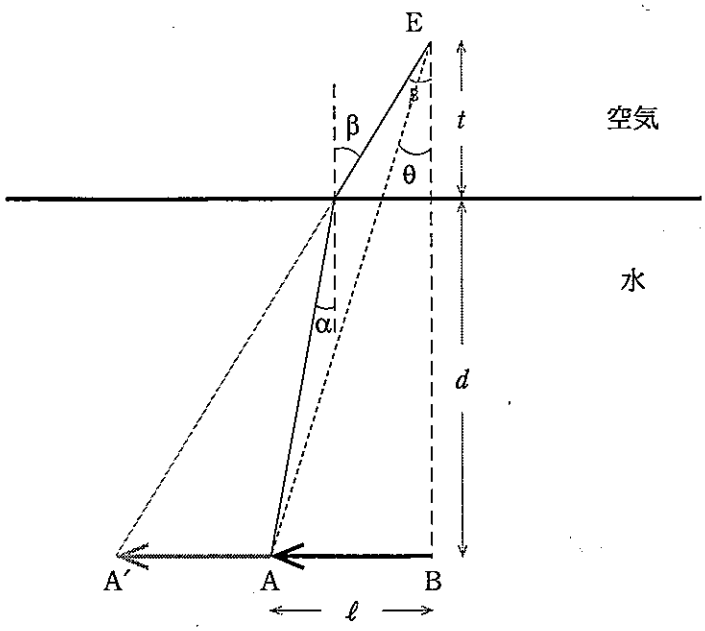

図 3-1　図は誇張して描いてある。

(ア) の解答群

0 $(t+d)\cos\theta$　　1 $(t-d)\cos\theta$　　2 $(t+d)\sin\theta$

3 $(t-d)\sin\theta$　　4 $(t+d)\tan\theta$　　5 $(t-d)\tan\theta$

(イ) の解答群

0 $d\sin\alpha+t\cos\beta$　　1 $d\sin\alpha-t\cos\beta$　　2 $d\cos\alpha+t\sin\beta$

3 $d\cos\alpha-t\sin\beta$　　4 $d\tan\alpha+t\tan\beta$　　5 $d\tan\alpha-t\tan\beta$

(ウ) の解答群

0 $\dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta}$　　1 $\dfrac{\sin\beta}{\sin\alpha}$　　2 $\dfrac{\cos\alpha}{\cos\beta}$　　3 $\dfrac{\cos\beta}{\cos\alpha}$

4 $\dfrac{\tan\alpha}{\tan\beta}$　　5 $\dfrac{\tan\beta}{\tan\alpha}$

(エ), (カ) の解答群

0 $\dfrac{t}{n_1(t+d)}$　　1 $\dfrac{d}{n_1(t+d)}$　　2 $\dfrac{n_1t+d}{n_1(t+d)}$　　3 $\dfrac{n_1t+d}{t+n_1d}$

4 $\dfrac{t+d}{t+n_1d}$　　5 $\dfrac{n_1(t+d)}{t}$　　6 $\dfrac{n_1(t+d)}{d}$　　7 $\dfrac{n_1(t+d)}{n_1t+d}$

8 $\dfrac{t+n_1d}{n_1t+d}$　　9 $\dfrac{t+n_1d}{t+d}$

(オ) の解答群

0 1.0　　1 1.1　　2 1.2　　3 1.3　　4 1.4

右のページは白紙です。

(2) 水面に透明な液体油脂をたらしたら，一様な厚さ b[m] の薄膜となって広がった。この油脂の屈折率は $n_2 = 1.50$ である。この油膜の上部 (空気中) から入射角 α[rad] で波長 λ[m] の平行光線をあてると，油膜からの反射光や透過光は干渉する (図 **3-2**，図 **3-3**)。

(a) 一般に，屈折率 $n\,(n > 1)$ の媒質中を光が進むときには真空中より速さが遅くなり，媒質中を光が距離 L[m] だけ進むのと同じ時間に，真空中の光は距離 nL[m] だけ進む。つまり，屈折率 n の媒質の長さ L は，光にとって真空中の長さ nL に相当する。この長さ nL を光路長という。図 **3-2** のように，1 つの光源から出た光が油膜の上下で反射して 2 つの異なる経路を通って出会うとき，この 2 つの光路長の差を光路差という。したがって，図の反射光の場合の光路差は $2b\sqrt{\boxed{(キ)}}$ [m] である。光が屈折率の小さな媒質から大きな媒質に入射する境界面で反射するときは光の位相が逆転する (半波長ずれる) ので，図の反射光が干渉で強め合う条件は，m を正の整数 $(m = 1, 2, \cdots)$ とすると $2b\sqrt{\boxed{(キ)}} = \boxed{(ク)}\times\lambda$ で与えられる。

初めに，$\alpha = \dfrac{\pi}{4}$ rad で $\lambda = 5.9\times10^{-7}$ m の光を入射したら反射光は強めあった。次に，α を $\dfrac{\pi}{4}$ rad に固定したまま光の波長を少しずつ増加させていくと，$\lambda = 6.1\times10^{-7}$ m で再び反射光は強めあった。入射光の波長が $\lambda = 5.9\times10^{-7}$ m のとき $m = \boxed{(ケ)}$ で，油膜の厚さは $b \fallingdotseq \boxed{(コ)}\times10^{-6}$ m である。(必要に応じて $\sqrt{2} \fallingdotseq 1.41$，$\sqrt{3} \fallingdotseq 1.73$，$\sqrt{5} \fallingdotseq 2.24$，$\sqrt{7} \fallingdotseq 2.65$ を用いよ。)

(b) 油膜を透過した光は図 **3-3** のような 2 つの経路を通って干渉する。この場合の光路差は $2b\sqrt{\boxed{(サ)}}$ [m] で，透過光が干渉で強め合う条件は $2b\sqrt{\boxed{(サ)}} = \boxed{(シ)}\times\lambda$ である。(ここでも前問 (a) と同じ文字 m を正の整数として使うことにする。)

(c) したがって，実際には反射と透過による 2 つの干渉現象が同時に起こるが，反射光が干渉によって強め合う場合，透過光は干渉によって $\boxed{(ス)}$。

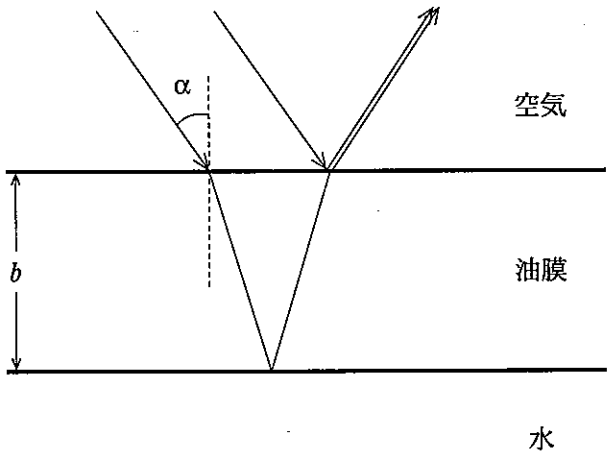

図 3-2　反射光のみ示した。

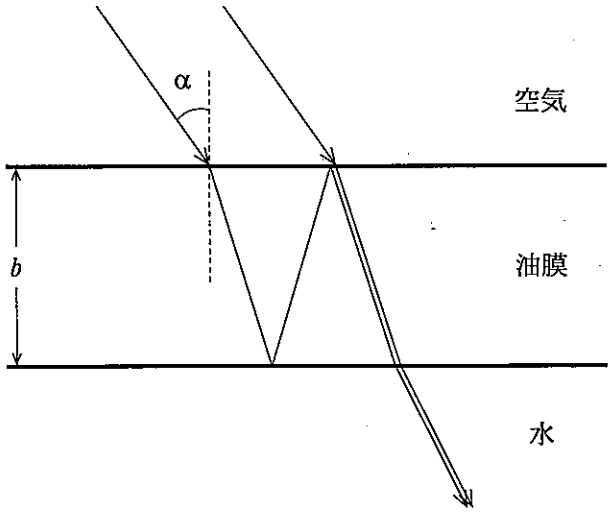

図 3-3　透過光のみ示した。

(キ), (サ) の解答群

0 $n_1^2-\sin^2\alpha$　　1 $n_1^2-\cos^2\alpha$　　2 $n_2^2-\sin^2\alpha$

3 $n_2^2-\cos^2\alpha$　　4 $n_1^2-n_2^2\sin^2\alpha$　　5 $n_1^2-n_2^2\cos^2\alpha$

6 $n_2^2-n_1^2\sin^2\alpha$　　7 $n_2^2-n_1^2\cos^2\alpha$　　8 $n_1n_2-\sin^2\alpha$

9 $n_1n_2-\cos^2\alpha$

(ク), (シ) の解答群

0 $\left(m-\frac{1}{4}\right)$　　1 $\left(m-\frac{1}{3}\right)$　　2 $\left(m-\frac{1}{2}\right)$　　3 $\left(m-\frac{2}{3}\right)$

4 $\left(m-\frac{3}{4}\right)$　　5 m

(ケ) の解答群

0 11　　1 16　　2 21　　3 26　　4 31

(コ) の解答群

0 0.50　　1 1.2　　2 3.4　　3 5.6　　4 6.8

(ス) の解答群

0 弱めあう　　1 強め合う　　2 変化しない

右のページは白紙です。