物　理・化　学
問　題

2013年度

〈H25070017〉

注　意　事　項

1．この問題冊子には，物理および化学の問題が印刷されています。
　受験票に記載されている理科解答パターンの問題のみを解答してください。

解答パターン	物　理	化　学	生物（別冊配布）
A	○	○	×
B	○	×	○
C	×	○	○

2．この試験では，解答パターンがAの受験生には，この問題冊子，記述解答用紙およびマーク解答用紙を配付します。
　解答パターンがBおよびCの受験生には，これらに加え「生物」の問題冊子および記述解答用紙（生物その1，生物その2）を配付します。

3．問題冊子および解答用紙は，試験開始の合図があるまで開かないでください。

4．物理の問題は2～9ページ，化学の問題は12～19ページに記載されています。試験中に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に気付いた場合は，手を挙げて監督員にお知らせください。

5．**記述解答用紙**については，所定の欄（**各2か所**）に，**氏名**および受験票に記載されている**受験番号**を，**正確**に記入してください。受験番号は，右詰めで記入し，番号欄に余白が生じる場合でも，番号の前に「0」を記入しないでください。

（例）　3825番 ⇨

万	千	百	十	一
	3	8	2	5

※数字は**読みやすいように，はっきり記入**してください。

読みにくい数字は採点処理に支障をきたすことがあるので，注意してください。

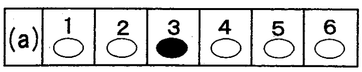
数字見本	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

6．マーク解答用紙については，受験番号を確認したうえ所定欄に氏名のみを記入してください。

7．解答は解答用紙の所定欄に，黒鉛筆（HB）またはシャープペンシル（HB）で記入し，所定欄外には何も記入しないでください。

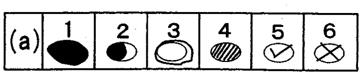
8．マーク解答用紙については，以下の点に注意してください。
　a）　マーク欄は，はっきりとマークしてください。また，訂正する場合は，消しゴムで消し残しがないようにきれいに消してください（砂消しゴムは使用不可）。
　b）　解答は指定された解答欄にマークし，解答用紙のその他の部分には何も記入しないでください。

良い例



○の中を正確にぬりつぶす

悪い例



1．はみ出してぬりつぶす
2．ぬり残す
3．○で囲む
4．薄い
5．✓点（ぬりつぶしていない）
6．×印（ぬりつぶしていない）

9．下書きは問題冊子の余白を使用してください。

10．問題冊子は持ち帰ってください。

11．**解答用紙は必ず提出してください。**

物理（マーク解答問題）

〔Ｉ〕 以下の問の答を各解答群から選び，マーク解答用紙の該当欄にマークせよ。

図1のように，２本の導線が距離Lへだてて平行に，水平面に対して角度θの傾斜で固定されている。導線どうしは電気抵抗rでつながれ，回路全体に磁束密度Bの鉛直上向きの一様な磁場がかけられている。この平行導線に質量m，長さL，電気抵抗Rの導体棒を乗せ，**図1**に示す向きに一定の速さVで，導線との接触を保ったまま滑らせる。重力加速度をgとし，導線の電気抵抗や導線と導体棒の間の摩擦，導線や導体棒に流れる電流によって生じる磁場の影響，および，空気抵抗は無視できるものとする。

問1　導体棒が磁場中を運動することで導体棒に生じる誘導起電力の大きさを答えよ。

問1の解答群

a．BLV　b．$\dfrac{BV}{L}$　c．$\dfrac{BLV}{R}$　d．$\dfrac{BLrV}{R+r}$

e．$BLV\cos\theta$　f．$\dfrac{BV}{L}\cos\theta$　g．$\dfrac{BLV}{R}\cos\theta$　h．$\dfrac{BLrV}{R+r}\cos\theta$

問2　導体棒に流れる電流の大きさを答えよ。

問2の解答群

a．$\dfrac{BLV}{r}$　b．$\dfrac{BLV}{R+r}$　c．$\dfrac{BLV}{r}\cos\theta$　d．$\dfrac{BLV}{R+r}\cos\theta$

e．$\dfrac{BLV}{R}$　f．$\dfrac{BLrV}{R(R+r)}$　g．$\dfrac{BLV}{R}\cos\theta$　h．$\dfrac{BLrV}{R(R+r)}\cos\theta$

i．$\dfrac{BV}{LR}$　j．$\dfrac{BLrV}{(R+r)^2}$　k．$\dfrac{BV}{LR}\cos\theta$　l．$\dfrac{BLrV}{(R+r)^2}\cos\theta$

問3　導体棒に加える力の，導線に平行な成分の大きさを答えよ。

問3の解答群

a．$\dfrac{B^2L^2V}{r}+mg\sin\theta$　b．$\dfrac{B^2L^2V}{R+r}$　c．$\dfrac{B^2L^2V}{r}\cos^2\theta$

d．$\dfrac{B^2L^2V}{R+r}\cos^2\theta+mg\sin\theta$　e．$\dfrac{B^2L^2V}{R}+mg\sin\theta$　f．$\dfrac{B^2L^2rV}{R(R+r)}$

g．$\dfrac{B^2L^2V}{R}\cos^2\theta$　h．$\dfrac{B^2L^2rV}{R(R+r)}\cos^2\theta+mg\sin\theta$　i．$\dfrac{B^2L^2V}{R+r}+mg\sin\theta$

j．$\dfrac{B^2L^2rV}{(R+r)^2}$　k．$\dfrac{B^2L^2V}{R+r}\cos^2\theta$　l．$\dfrac{B^2L^2rV}{(R+r)^2}\cos^2\theta+mg\sin\theta$

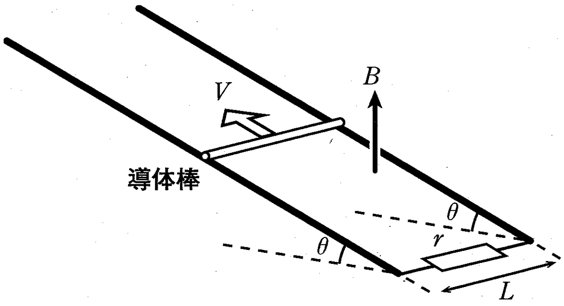


図 1

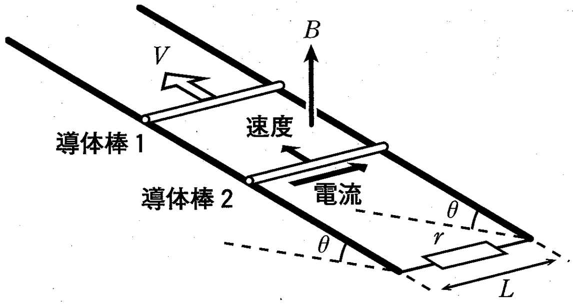


図 2

つぎに，**図 2** のように，先ほどと同じ導体棒 2 本を抵抗 r から十分距離をとって平行導線に乗せ，下方の導体棒 2 を静かに放すとともに，上方の導体棒 1 を**図 2** に示す向きに一定の速さ V で導線との接触を保ったまま滑らせる。導体棒 2 の速度や，導体棒 2 に流れる電流は，**図 2** に示す向きを正とする。

問 4　導体棒 2 の速度が v のときに，導体棒 2 に流れる電流を求めよ。

問 4 の解答群

a. $\dfrac{BL\cos\theta}{R(R+2r)}[(R+r)V-rv]$　　**b**. $\dfrac{BL\cos\theta}{R(R+2r)}[rv-(R+r)V]$

c. $\dfrac{BL\cos\theta}{R(R+2r)}[(R+r)v-rV]$　　**d**. $\dfrac{BL\cos\theta}{R(R+2r)}[rV-(R+r)v]$

e. $\dfrac{BL\cos\theta}{R(R+2r)}[(R+r)V-Rv]$　　**f**. $\dfrac{BL\cos\theta}{R(R+2r)}[Rv-(R+r)V]$

g. $\dfrac{BL\cos\theta}{R(R+2r)}[(R+r)v-RV]$　　**h**. $\dfrac{BL\cos\theta}{R(R+2r)}[RV-(R+r)v]$

i. 0

問 5　やがて導体棒 2 も一定の速度で運動する定常状態になる。その定常状態で導体棒 2 に流れる電流を求めよ。

問 5 の解答群

a. $\dfrac{BL(R+r)V}{R(R+2r)}\cos\theta$　　**b**. $-\dfrac{BL(R+r)V}{R(R+2r)}\cos\theta$　　**c**. $-\dfrac{BLrV}{R(R+2r)}\cos\theta$

d. $\dfrac{BLrV}{R(R+2r)}\cos\theta$　　**e**. $-\dfrac{BLV}{R+2r}\cos\theta$　　**f**. $\dfrac{BLV}{R+2r}\cos\theta$

g. $\dfrac{mg}{BL}\tan\theta$　　**h**. $-\dfrac{mg}{BL}\tan\theta$　　**i**. 0

問6　定常状態における導体棒2の速度は，導体棒1を滑らせる速さ V の大きさによって正にも負にもなる。定常状態における導体棒2の速度がちょうど0になるのは，導体棒1の速さ V がいくらのときか。

問6の解答群

a．$\dfrac{mgR(R+r)\sin\theta}{B^2L^2(R+2r)\cos^2\theta}$　　**b**．$\dfrac{mgRr\sin\theta}{B^2L^2(R+2r)\cos^2\theta}$　　**c**．$\dfrac{mgR^2\sin\theta}{B^2L^2(R+2r)\cos^2\theta}$

d．$\dfrac{mgR(R+2r)\sin\theta}{B^2L^2(R+r)\cos^2\theta}$　　**e**．$\dfrac{mgR(R+2r)\sin\theta}{B^2L^2r\cos^2\theta}$　　**f**．$\dfrac{mg(R+2r)\sin\theta}{B^2L^2\cos^2\theta}$

g．0

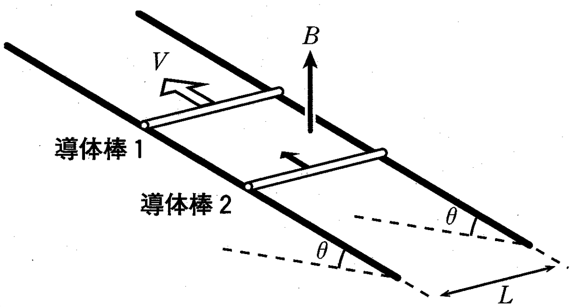


図3

続いて，同じ実験を，**図3**のように電気抵抗 r を外して行うことを考えよう。先ほどと同じ導体棒1と2を平行導線に乗せ，下方の導体棒2を静かに放すとともに，上方の導体棒1を**図3**に示す向きに一定の速さ V で導線との接触を保ったまま滑らせる。

問7　この場合も，やがて導体棒2が一定の速度で運動する定常状態になる。その定常状態において，導体棒1で単位時間あたりに発生する熱量を求めよ。

問7の解答群

a．0　　**b**．$\dfrac{B^2L^2V^2}{R}\cos^2\theta$　　**c**．$\dfrac{B^2L^2V^2}{4R}\cos^2\theta$　　**d**．$\dfrac{m^2g^2R}{B^2L^2}\tan^2\theta$

e．$mgV\sin\theta$　　**f**．$mgV\sin\theta+\dfrac{2B^2L^2V^2}{R}\cos^2\theta$

g．$mgV\sin\theta+\dfrac{B^2L^2V^2}{2R}\cos^2\theta$　　**h**．$mgV\sin\theta+\dfrac{m^2g^2R}{B^2L^2}\tan^2\theta$

i．$mgV\sin\theta+\dfrac{2m^2g^2R}{B^2L^2}\tan^2\theta$

問 8　定常状態で導体棒 1 に加える力の，導線に平行な成分の大きさを答えよ。

問 8 の解答群

a．0　　**b**．$\dfrac{B^2L^2V}{R}\cos^2\theta$　　**c**．$\dfrac{B^2L^2V}{2R}\cos^2\theta$

d．$mg\sin\theta$　　**e**．$\dfrac{B^2L^2V}{R}\cos^2\theta + mg\sin\theta$　　**f**．$\dfrac{B^2L^2V}{2R}\cos^2\theta + mg\sin\theta$

g．$2mg\sin\theta$

問 9　定常状態における導体棒 2 の力学的エネルギー（運動エネルギーと位置エネルギーの和）の単位時間あたりの増加量を求めよ。

問 9 の解答群

a．0　　**b**．$\dfrac{B^2L^2V^2}{R}\cos^2\theta$　　**c**．$\dfrac{B^2L^2V^2}{4R}\cos^2\theta$　　**d**．$\dfrac{m^2g^2R}{B^2L^2}\tan^2\theta$

e．$mgV\sin\theta$　　**f**．$mgV\sin\theta - \dfrac{2B^2L^2V^2}{R}\cos^2\theta$

g．$mgV\sin\theta - \dfrac{B^2L^2V^2}{2R}\cos^2\theta$　　**h**．$mgV\sin\theta - \dfrac{m^2g^2R}{B^2L^2}\tan^2\theta$

i．$mgV\sin\theta - \dfrac{2m^2g^2R}{B^2L^2}\tan^2\theta$

物理（記述解答問題）

〔Ⅱ〕 以下の問の答を解答用紙の該当欄に記入せよ。

図 1 のように，小さな半球形の脚がついた直角三角台が水平な床の上に置かれている。台の斜面の長さは L で，斜面上の左上端から斜面に沿って $\dfrac{L}{3}$ の位置に，先端に小球のついた軽いばねが取り付けられている。台は均一な素材でできており，斜面の傾きは θ $\left(<\dfrac{\pi}{4}\right)$，質量は M である。ばねのばね定数は k で，その先端につけられた小球の質量は m である。小球の径もばねの太さも台の大きさに比べて十分小さい。**図 1** のように，床に沿って x 軸，鉛直方向に y 軸をとると，全ての運動は xy 面内で起きると考えることができる。床も斜面も滑らかで，どの面でも摩擦は働かない。また重力加速度は g とする。

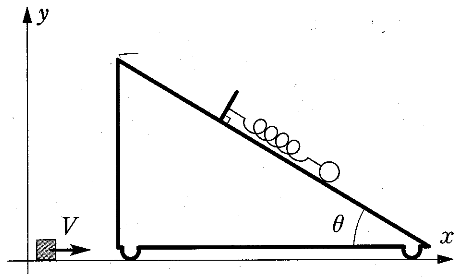


図 1

最初，台は床に固定され，ばねにつけられた小球は静止していた。このとき，ばねの長さは $\dfrac{L}{3}$ であった。

問 1　ばねの自然長を求めよ。

問 2　このつりあいの状態から，小球を斜面に沿ってわずかに引っ張り，静かに手を離したところ，小球は単振動を始めた。振動の周期を答えよ。

小球をつりあいの位置に戻し，固定していた台の支えを外したところ，小球も台も静止したままだった。ここに，別の小物体が x 軸上を左から速度 V で滑ってきて台に衝突し，衝突後に静止した。この衝突は完全弾性衝突で，衝突前後で全体の力学的エネルギーは変化しなかった。衝突後の台と小球の運動を考えよう。ただし，衝突時・衝突後ともに，台が床を離れることはなく，小球が斜面を離れることもなかった。

問 3　まず，床から見た小球の速度と，台の上から見た小球の速度の関係を確認しよう。台の上から見た斜面に平行な小球の速度（斜面上向きを正とする）を v_s，床から見た台の x 方向の速度を v_x とすると，床から見た小球の速度はどのように表されるか。x 成分と y 成分を，v_s と v_x を使って表せ。

問 4　衝突は極めて短い時間内に起き，台はこの短時間に非常に大きな力（撃力と呼ばれる）を受ける。台が受けた撃力による力積のベクトルを，台に撃力を及ぼした相手ごとに，解答欄の図に矢印で示せ。矢印は，解答欄の図を参考に，台が受けた撃力の作用点を始点として撃力の働いた向きに描くこと。ただし矢印の長さは問わない。

問 5　衝突後，小球は動き始める。床から見た小球の初速度の x 成分と y 成分の比を答えよ。

問 6　左から滑ってきた小物体の質量と，衝突直後の台の x 方向の速度を求めよ。

問 7　衝突後，台の上から見ると，小球は斜面に沿って単振動をした。単振動の振幅と周期を求めよ。

問 8　衝突後，台が x 軸上の左方向に動く瞬間が生じるのは，M がどのような条件を満たすときか。式で示せ。

物理（記述解答問題）

〔Ⅲ〕 以下の問の答を解答用紙の該当欄に記入せよ。

はじめに，水面上を広がる波について考えよう。静水面を xy 平面とする。

問 1 水面上の波源Sが一定の振動数 f で振動し，水面に波が広がっている。**図 1** のように，xy 平面上でのSの位置は原点に固定されているものとする。時刻 $t = 0$ にSを出た波の山は時刻 $t = T$ においてSを中心とした半径 $3L$ の円であり，その内側にはSを中心としてそれぞれ半径 $2L$，L の山が観測された。波源の振動数 f を求めよ。

問 2 **問 1** と同じ波源Sが，xy 平面上を x 軸正の方向に一定の速度 $V = \dfrac{3L}{2T}$ で動いている。時刻 $t = 0$ においてSは原点にあり，波の山を発した。時刻 $t = T$ におけるSの位置を黒丸（•）で示すとともに，その時刻における波の山のうち $t \geqq 0$ にSを出たものを**図 1** にならって図示せよ。ただし，解答欄に点線で描かれた格子の間隔は L である。

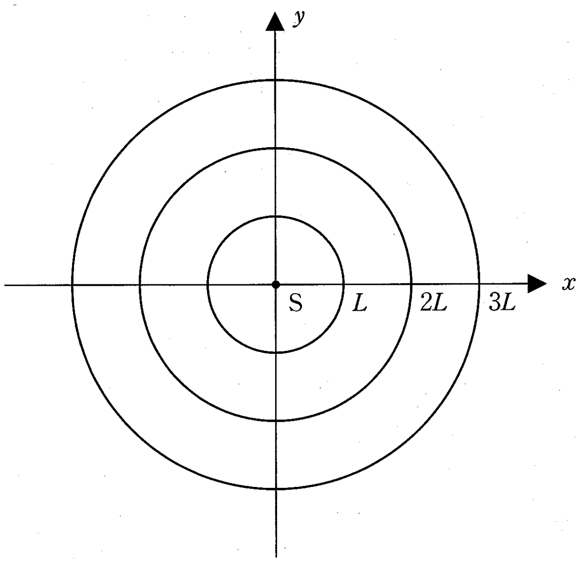


図 1

つぎに，スリットによる光の回折について考えよう。

図 2 に示すように，スリットの面に垂直に，波長 λ の平面波の光を入射する。スリットは紙面に垂直な方向に十分長く，またその幅は十分狭いため，スリットを通過した光は回折によって広がり，紙面上で円形波とみなせる。

問 3　**図 3** に示すように，スリットの数を 2 本に増やし，その間隔を w とする。スリットの面に垂直な方向から角度 θ の方向に距離 R だけ離れた観測点 P における明るさ（光の強度）を θ を変えながら測定したところ，$\theta = 0$ の付近では**図 4** のようになった。図中に示した θ_1，θ_2 について $\sin\theta_1$，$\sin\theta_2$ を求めよ。ただし，R は w に比べて十分大きく，それぞれのスリットと P を結ぶ直線は平行とみなせるものとする。

問 4　**図 5** に示すように，スリットの数を 5 本に増やし，隣り合うスリットの間隔を左から順に $60d$，$30d$，$45d$，$45d$ とする。**問 3** と同様の測定をしたところ，P における明るさは $\theta = 0$ の付近では**図 6** のようになった。図中に示した θ_3 について $\sin\theta_3$ を求めよ。ただし，R は d に比べて十分大きいものとする。

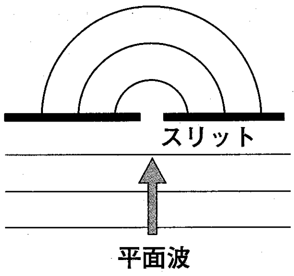


図 2

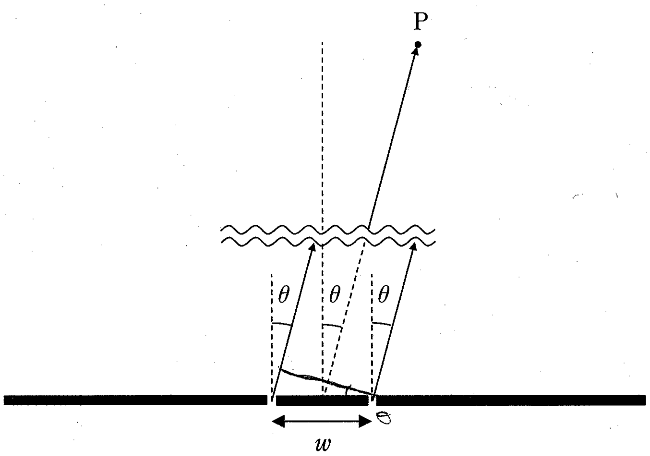


図 3

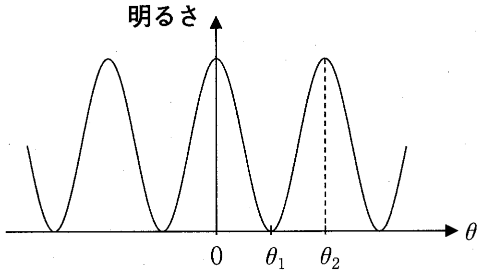


図 4

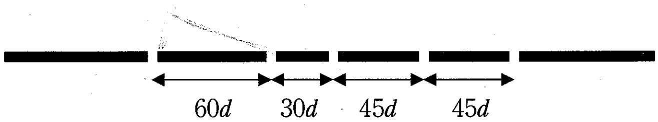


図 5

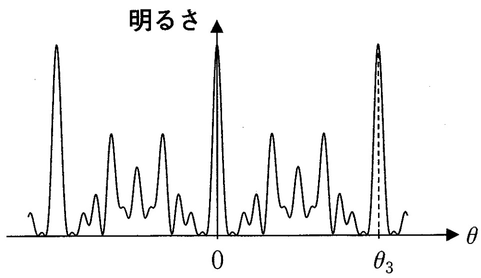


図 6

さらに，スリットの幅が無視できない場合について考える。

図7に示すように，幅 D の単スリットに対して**問3**と同様の測定をしたところ，Pにおける明るさは $\theta=0$ の付近では**図8**のようになった。この理由について考えよう。ただし，R は D に比べて十分大きいものとする。

Pにおける光の波は，スリットに入射した光の波面上の各点を波源とする円形波（素元波）がPにおいて重なり合ってつくられると考えることができる。そこで，**図9**に示すように，スリットの内側を $2N$ 等分した小さな線分に分け，それぞれの線分の中点 $Q_1 \sim Q_{2N}$ から円形波が発生し，それらがPにおいて重なり合うと考えよう。

まず，$N=1$ の場合（**図10**）は**問3**で考えた2重スリットと等価である。

問5　つぎに，$N=2$ の場合（**図11**）について，θ を0から少しずつ大きくしていったとき，Pにおける明るさが最初に0となる θ を θ_4'，2回目に0となる θ を θ_5' としよう。4つの波源を2つずつ対にして考えれば，Pにおける明るさが0になるとき，それぞれの波源の対に関してPにおける波の打ち消し合いの条件が成り立っている。波源の対の選び方に複数の組み合わせがあることに注意して，$\sin\theta_4'$，$\sin\theta_5'$ を求めよ。

問6　同様にして N を大きくしていくことで，**図8**における θ_4，θ_5 を求めることができる。$\sin\theta_4$，$\sin\theta_5$ を求めよ。

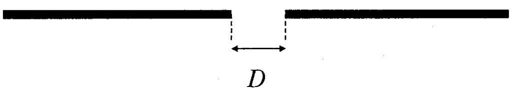


図7

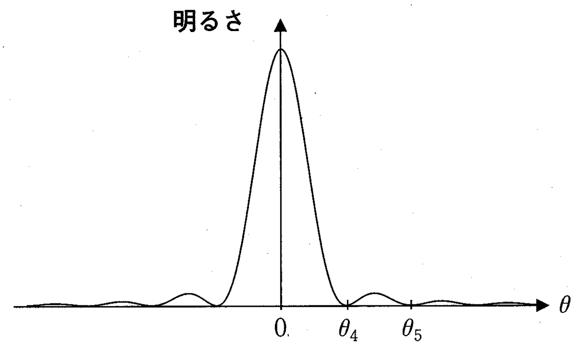


図8

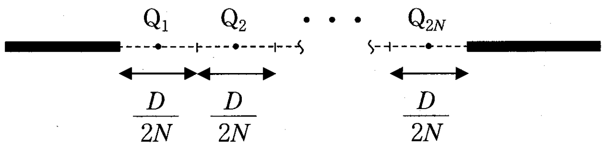


図9

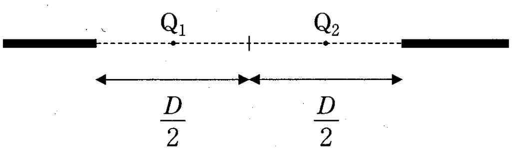


図10

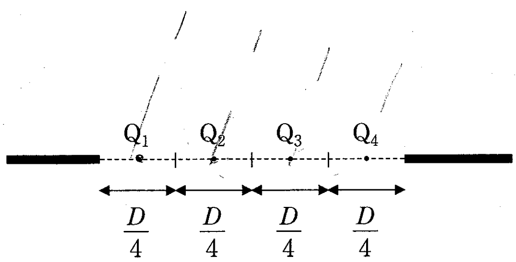


図11

化学の問題は12〜19ページに記載されている

このページは下書きに使用してよい。