

平成 17 (2005) 年度

慶應義塾大学入学試験問題

医 学 部

理 科

- 注 意
1. 受験番号と氏名を解答用紙に必ず記入してください。
  2. 受験番号は、所定欄のわく内に一字一字記入してください。
  3. 解答は、必ず解答用紙の所定の欄に記入してください。
  4. 問題用紙の余白は計算および下書き用です。
  5. この冊子の総ページ数は 24 ページです。試験開始の合図とともにすべてのページが揃っているか確認してください。ページが抜けていたり重複していたら直ちに監督者に申し出てください。

— 下書き計算用 —

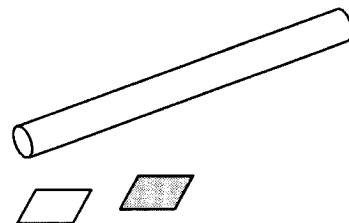
— 下書き計算用 —

# 物 理

解答は解答用紙の所定の欄に記入すること。

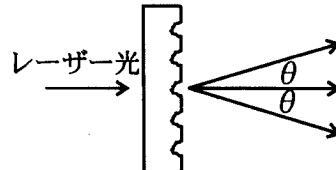
## I

問1 絶縁棒を帯電させ、紙片およびアルミホイル片に近づけた。このとき起こる現象として、適切なものを次の①～⑤のうちから選び番号で答えよ。紙片およびアルミホイル片ともに最初は電荷をもたず、質量は十分小さいものとする。



- ① 紙片およびアルミホイル片ともにはじかれる。
- ② 紙片は引き寄せられるがアルミホイル片ははじかれる。
- ③ アルミホイル片は引き寄せられるが紙片ははじかれる。
- ④ 紙片およびアルミホイル片ともに引き寄せられる。
- ⑤ 絶縁棒が正負いずれに帯電しているのか明らかでないので答えられない。

問2 屈折率 1.5 のガラス板にダイヤモンドカッターを用いて 1 mm あたり 100 本の溝を引き、回折格子を作った。図に示すように、空気中での波長 630 nm のレーザー光を空気中で垂直に裏面から照射した。この場合の最初の回折角  $\theta$  [rad] を求めよ。また、屈折率 1.5 の透明な油の中にこの回折格子を入れて同様に裏面から垂直にレーザー光を照射したらどのようなになるか述べよ。

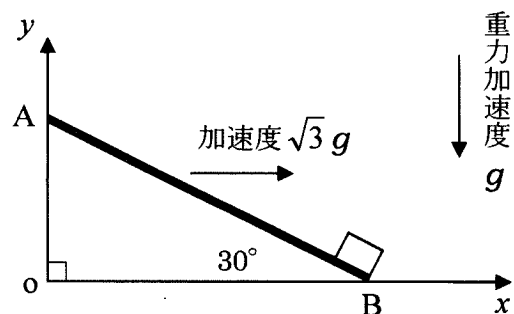


問3 カリウムの同位体存在比は、 $^{39}\text{K}$  が 93.26 %、 $^{40}\text{K}$  が 0.0117 %、 $^{41}\text{K}$  が 6.73 % である。 $^{39}\text{K}$  は安定であるが、 $^{40}\text{K}$  は不安定であり、半減期 12 億 7700 万年で他の元素に変化する。 $^{39}\text{K}$  と  $^{40}\text{K}$  が同量存在していたと推定されるのは、何億年前か。導き方を示し、最も近い値を次の①～⑤のうちから選び、番号で答えよ。

- ① 20億年
- ② 40億年
- ③ 80億年
- ④ 160億年
- ⑤ 320億年

II 以下の文章の①～⑤の空欄にはいる数式を答えよ。

水平な地面から  $30^\circ$  傾けた長さ  $L$  の板  $AB$  の下端に、大きさの無視できる質量  $M$  の物体が静止している。いま、傾きを保ったまま、重力加速度  $g$  の  $\sqrt{3}$  倍の一定加速度で板が水平右向きに動き始めた。静止状態のときに上端  $A$  から地面に降ろした垂線の足を原点  $o$  とし、水平右向きに  $x$  軸、垂直上向きに  $y$  軸をとる。板と物体との間に摩擦はないものとする。



板の上端  $A$  を飛び出した物体が地面に落下する位置を求めたい。板が動き始めてから物体が板の上端  $A$  に達するまでの時間は  であり、このときの上端  $A$  と原点  $o$  との水平距離は  である。物体が上端  $A$  を飛び出すときの速度ベクトルを  $x, y$  成分表示すると  となる。物体が、上端  $A$  を飛び出して地面に落下するまでの時間は  であるから、物体は原点  $o$  から  離れた地点に落下することがわかる。

Ⅲ 厚み  $d$ 、一辺の長さ  $L$  の正方形絶縁板の両面に厚みの無視できるアルミホイルを貼り付けて平行板コンデンサー（「コンデンサー A」とよぶ）を作り、図①～⑦のように種々に組み合わせ空気中で実験をおこなった。最初、各極板は電荷を持たないものとし、真空誘電率を  $\epsilon_0$ 、絶縁板の比誘電率を 2.0、空気の比誘電率を 1.0 とする。

コンデンサー A



一般に、極板間に比誘電率  $\epsilon_r$  の誘電体を挟んだ平行板コンデンサーの電気容量は、極板間隔を  $D$ 、極板面積を  $S$  とすると、 $\frac{\epsilon_r \epsilon_0 S}{D}$  で与えられる。平行板コンデンサーの電気力線は内部では極板に垂直で、端の効果は無視できるものとする。また、複数個のコンデンサー A を組み合わせた場合、もっとも上の極板を P、もっとも下の極板を N とよぶことにする。

以下の問に答えよ。

問1 コンデンサー A の電気容量  $C_A$  はどのように表されるか。

問2 図①～⑤について、極板 P、N に導線を接続して使用するコンデンサーの合成容量を  $C_A$  を使って表せ。

問3 図②、③、④について、極板 P を極板 N に対し  $V$  だけ高い電位に保つとき、それぞれの間隙  $G$  における電界の強さと向きを求めよ。

問4 図⑥、⑦について、極板 P に蓄積される電荷量を求めよ。ただし、コンデンサー A に電位差  $V$  を与えたときに正極板に蓄積される電荷量  $Q$  を使って答えよ。

問5 コンデンサー A に起電力 1.5V の乾電池を接続するとき、負極板に移動する電子の個数は何個か。ただし、 $d = 1.0\text{mm}$ 、 $L = 10.0\text{cm}$ 、真空誘電率  $\epsilon_0 = 8.9 \times 10^{-12} [\text{C}^2/\text{Nm}^2]$ 、電気素量  $e = 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$  とする。

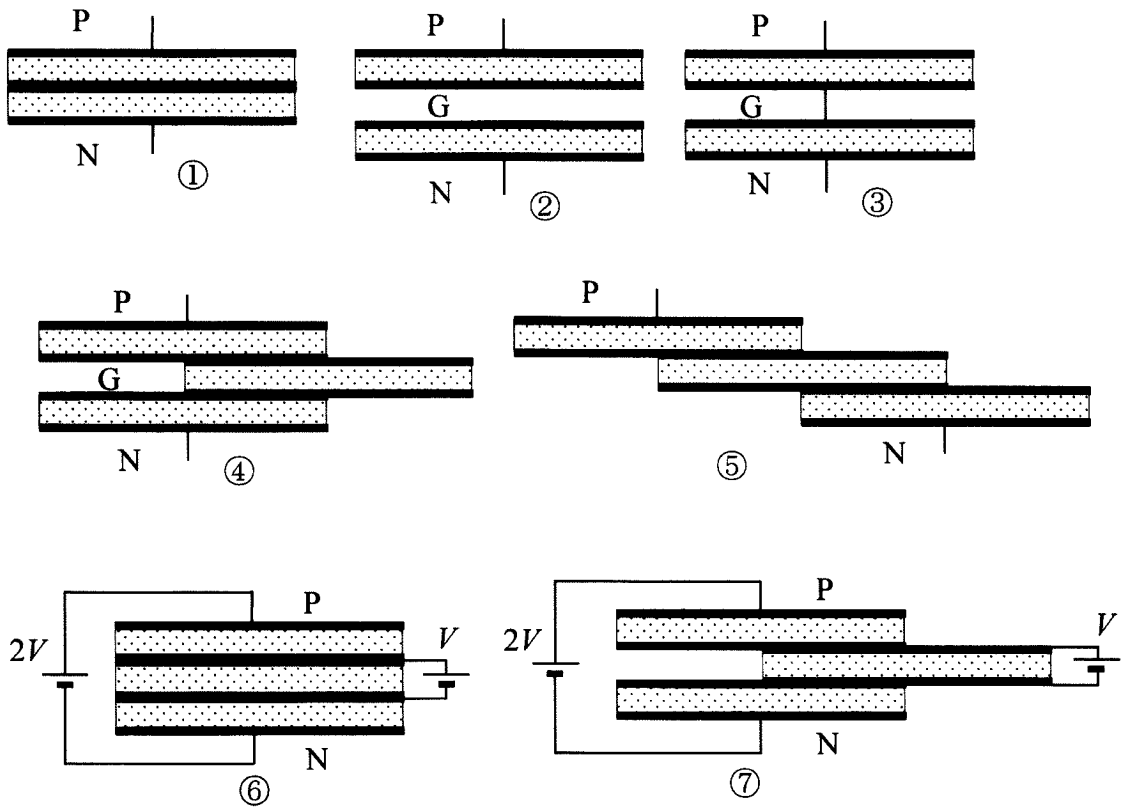


図 ①～⑦ についての説明

- ① 2個のコンデンサーAの極板を重ね合わせた。
- ② 2個のコンデンサーAを距離  $d$  だけ離して平行に向かい合わせた。
- ③ 上記②のコンデンサーの向かい合う内側の極板同士を導線で接続した。
- ④ 上記②の2枚のコンデンサーAの間にもう1枚のコンデンサーAを極板の半分が重なるようにして挟んだ。
- ⑤ 3個のコンデンサーAを極板の半分の面積だけずらしながら重ねた。
- ⑥ 3個のコンデンサーAを極板のずれがないように重ね、外側の2枚の極板には  $2V$ 、内側の2枚の極板には  $V$  の電位差を与えた。
- ⑦ 上記④のコンデンサーの外側の2枚の極板に  $2V$ 、内側の2枚の極板に  $V$  の電位差を与えた。

IV 次の問1～5に答えよ。

19世紀後半にエジソンが考案した音を録音・再生する装置は、図1に示すように、ロウを塗った円筒（円筒レコード）、針、および針に連結した振動板（ホーン）からなる。ホーンは半球状の薄い板であり、周辺が固定枠で支持され、中心が振動できるようになっている。

録音は、音によるホーンの振動を針に伝え、針によりロウの表面を削ることで行う。具体的には、回転しながらゆっくりと移動する円筒上にらせん状の溝として音を記録する。音の再生は、回転しながらゆっくりと移動する円筒上の溝に再生用の針を入れ、針の振動をホーンに伝え、空気を振動させることで行う。この装置により 500 Hz ～ 3.5 kHz の音声の記録と再生が可能である。

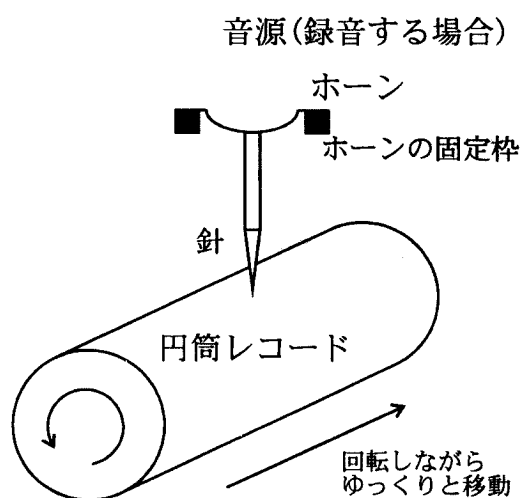


図1

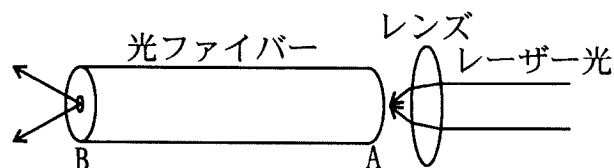


図2

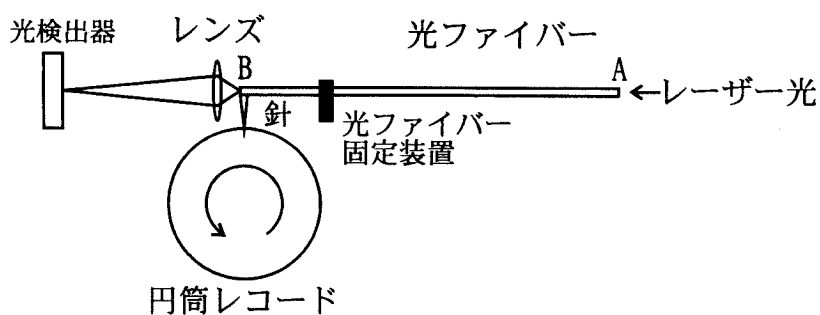


図3



図4

問1 円筒に塗る物質として、ロウ（セッケンに近いともいわれている）よりも十分に硬い物質（鉄など）や柔らかい物質（ゼリーなど）を用いると録音および再生ができない。理由を述べよ。

問2 録音時には、音により空気および針が振動運動する。これらの振動方向を、解答用紙の解答欄ア、イに矢印で記入せよ。

円筒レコードには過去の音声が多く録音されており、貴重な文化財である。慎重に再生を行う必要がある。ここでは、光ファイバーを用いた再生方法について考えてみよう。

図2に示すように、用いた光ファイバーは直径 $125\ \mu\text{m}$ のガラスからできており、端面Aから入射した光は、光ファイバー内のコアと呼ばれる直径 $5\ \mu\text{m}$ の領域を伝搬し、端面Bから出る。端面Bから出る光は、回折効果により広がって空中を伝搬する。

光ファイバーを用いた再生装置を図3に示す。光ファイバーの端面Bのすぐ近くに再生用の針を取り付け、針の変位を光ファイバーの端面Bへ伝える。端面Bから放射された光は、レンズにより光検出器上の一点に集束する。光検出器で検出されたレーザー光の位置から針の変位を求め、音を再生する。

問3 レンズの焦点距離を $a$ 、レンズと端面Bとの距離を $b$ としたとき、レンズと光検出器間の距離を求めよ。

問4 円筒レコードに刻まれた溝により針が $x\ [\text{m}]$ 変位した。このときの光検出器上でのレーザー光の変位を求めよ。

問5 図4に示すように針を光ファイバー端面Bから離れた位置に取り付けて再生を行った。針と端面Bとの距離が短い間は、距離の増加とともにより大きな音で再生がなされるようになった。しかし、この距離をさらに大きくしたところ特定の周波数の音のみ強調され、音質が著しく低下した。理由を推測せよ。