

平成 16 (2004) 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。

物理

解答は解答用紙の所定の欄に記入すること。

I 以下の(1)～(5)の間に答えよ。

(1) 点 A, B は同じ高さの 2 点である。

点 A に置いた小物体に水平に初速 v を与えたところ途中の丘を越えた後, B

地点で静止した。A, B 間の距離を L ,

地面との動摩擦係数を μ , 丘の高さを h , 重力加速度を g とするとき, 重力が小物体にした仕事 W はいくらか。

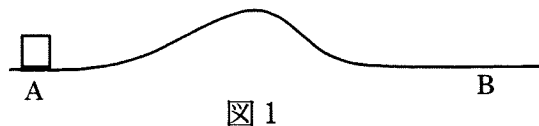


図 1

(2) 3 種類の誘電体

フィルム 1, 2,

3 を面積 S の電

極板に挟み平行平

板コンデンサーを

作った。フィルム

1, 2, 3 の比誘

電率はそれぞれ

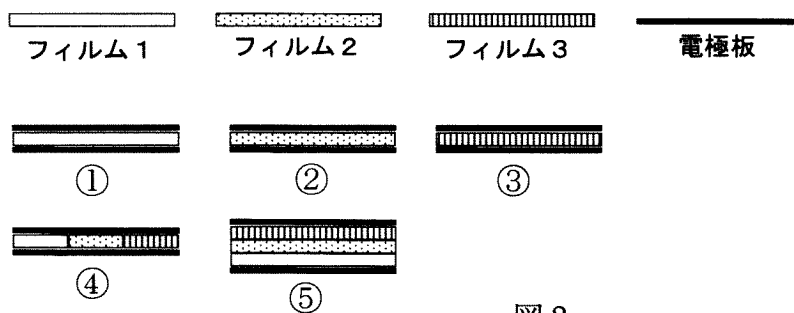


図 2

$\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ ($\epsilon_1 < \epsilon_2 < \epsilon_3$) であり, 厚みは等しい。図 2 ①～⑤ に示した 5 種類のコンデンサーの中で電気容量がもっとも大きいものはどれか。番号で答えよ。

ただし, ①, ②, ③ は面積 S のフィルムをそのまま電極に挟み, ④ は面積を 3 分の 1 にした 3 種類のフィルムを並べて挟み, ⑤ は面積 S のフィルムを重ねて電極に挟んだ。

(3) 以下の①～⑤の記述のうち正しいものを選び, 番号で答えよ。

- ① 定圧において膨張した理想気体の内部エネルギーは増加する。
- ② 内部を真空にしたガラス容器の外表面での音波の反射は起こらない。
- ③ 半減期 T の放射性同位体原子が 10 個あると, $2T$ 以内にすべて崩壊する。
- ④ 平面鏡の表面に白色光線が入射した場合, 波長によって反射の角度が異なる。
- ⑤ 加速電圧が高いほど電子の速さは大きくなり, 電子のド・ブROI波長も長くなる。

- (4) 図3に示すように、正方形領域内に限られた一様な磁界 H が紙面に垂直に手前から裏に向かっている。糸につらした正方形金属コイルが時刻 $t=0$ において、図の位置から静かに運動を始めた。図4①～⑥のうち、コイルを流れる電流の様子を適切に描いているのはどれか。番号で答えよ。

ただし、図3の矢印のように A から B に向かう電流 I を正にとる。コイルの自己インダクタンスは無視でき、コイルはねじれることなく周期 T の単振り子運動をおこなう。コイルと磁界領域の辺の長さの比は $1:2$ とし、糸は十分長いから、辺 AB と辺 $A'B'$ は常に平行とみなしてよい。

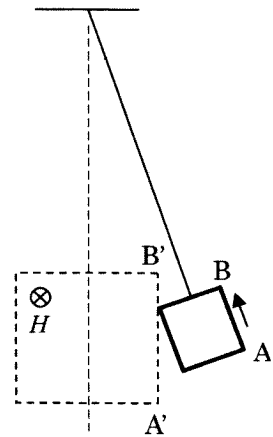


図3

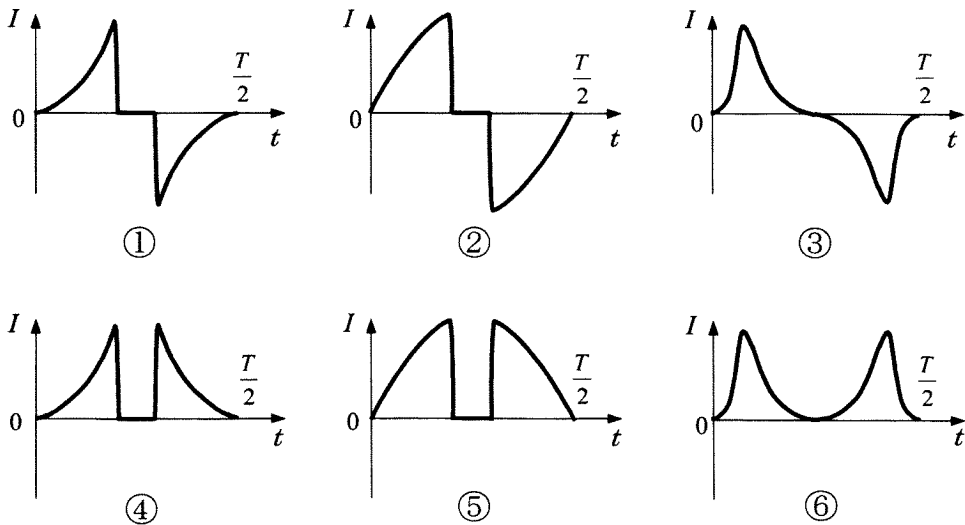


図4

- (5) 図5のように、電磁石に電流が流れている状態で、急激に電流を遮断すると、スイッチのすきまに火花が飛び、スイッチの接点を破壊することがある。電磁石の電流を遮断する回路として、図6①～④の中で最も適切な回路を選び、番号で答えよ。

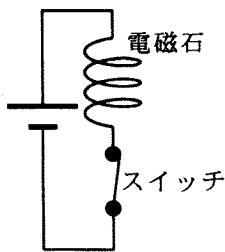


図5

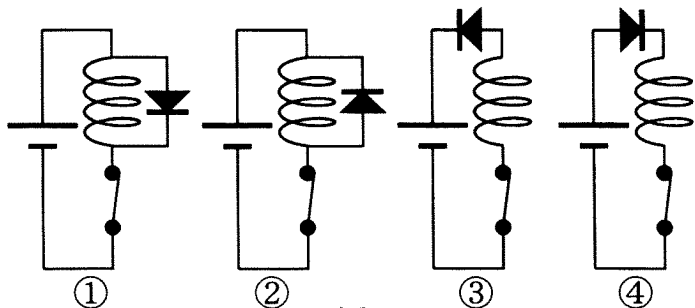


図6

II 以下の文章を読み、の中に適切な数式を記入しなさい。

図1に示すように、質量 M の物体 1, 2, 3 の中心にまっすぐな棒 R を通し、物体 1 と物体 2 を自然長 L 、ばね定数 k のばね S_1 で連結し静止させた。物体 1, 2, 3 の大きさおよび棒の太さは無視できるほど小さく、これら物体と棒の間に摩擦はない。ばねおよび棒の質量は無視でき、重力も無視できるものとする。

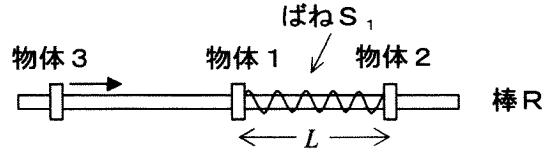


図 1

(1) 物体 1 から物体 2 への向きを正にとることにする。物体 3 を速度 v で物体 1 に衝突させたところ、2 つの物体は完全弾性衝突をした。このとき物体 1 は初速度 ① で動き始める。衝突後、物体 1, 物体 2, ばね S_1 からなる系には外部からの力が作用しないので、運動量保存の法則により、この系の重心は一定速度 ② で運動する。この重心と同じ速度で移動する人から見ると、衝突直後の物体 1 の速度は $\frac{v}{2}$ 、物体 2 の速度は ③ である。この観測者から見ると、両物体はばねの復元力により単振動をしている。振動の周期は ④ であり、ばねの最短の長さは ⑤ である。

いっぽう、物体 3 が物体 1 に速度 v で衝突した瞬間に結合し、そのまま運動を始めたとしてよう。このとき、物体 1, 2, 3 およびばね S_1 からなる系の重心の速度は ⑥、振動の周期は ⑦、ばねの最大の長さは ⑧ である。

(2) 図2に示すように、長さ $\sqrt{2}L$ の棒 (アームと呼ぶ) の一端を摩擦の無いちょうつがい直角な L 型金具に取り付け、アームの中央と L 型金具の底辺とをばね S_2 で連結した。図1の道具から物体 3 を取り除き、物体 1 と棒 R を糸で結びアーム先端に挟んだ。棒 R および糸は L 型金具の底辺と平行である。アームや金具の太さおよび質量は無視できるほど小さく、糸は張力 T_0 を越えると切れる。また、アームの先端と棒 R との間には摩擦はないが、L 型金具と棒 R との間には静止摩擦係数 μ の摩擦がある。

アームに取り付けたばねの復元力が F であるとする。棒 R は、L 型金具に対して ⑨ より大きな力で引っ張られたときにアームの先端から抜ける。次に、図2の静止状態からゆっくりと回転数を上げていくとき、棒 R が抜ける前に糸が切れるための条件は $F > \text{⑩}$ で表される。ばね S_1 と同じばねを使い、長さだけを短くしてこの条件を満たすには、ばね S_2 の自然長は ⑪ よりも短くなくてはならない。また、糸が切れるときの回転の角振動数は ⑫ である。

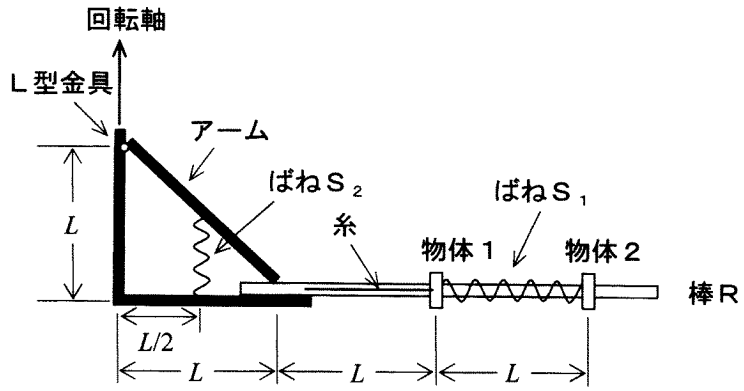


図 2

Ⅲ 次の文章の には式を, には数値を入れ, 問1に答えよ。

身のまわりの物質中の原子核は, 物質から勝手に飛び出すことなく原子内に安定に収まっている。これは, 原子核をとりまく電子による電場が復元力として作用するからである。このことについて簡単な原子モデルで検討しよう。

電子は原子核の周囲をすばやく運動する。このため, 電子の電荷は原子核の周囲に分散してなめらかに分布しているように見え, これを電子雲という。電子雲を半径 R の球内に一様に分布した総量 $-q$ の負の電荷と仮定し, 電子雲は固定され動かないとする。また, 原子核は電子雲が生成する電場による力を受けながら運動し, 原子核の位置を電子雲の中心からの距離 r で表す。

数値計算を行う際, 電気素量および原子核や電子雲の電荷 $|q| = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$, 原子核の質量 $m = 2.0 \times 10^{-25} \text{kg}$, 電子雲の半径 $R = 1.0 \times 10^{-10} \text{m}$, プランク定数 $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}$, 誘電率 $\epsilon = 8.85 \times 10^{-12} \text{F/m}$, 光速 $c = 3.0 \times 10^8 \text{m/s}$ とし, 有効数字1けたで答えよ。また, この問の最後にある「参考」と書いた記述を参考にせよ。

電子雲が電子雲の外の場所 r に作る電場の強さは ① であり, 電子雲の中の場所 r における電場の強さは ② である。電子雲の中の場所 r に電荷 q の原子核を置くと, 原子核には電場による力が作用する。この力の向きは電子雲の中心へ向かう向きであり, 大きさは ③ である。この力が復元力となり, 原子核は電子雲の中心を原点とした単振動を行う。質量 m の原子核の単振動の振動数は $f =$ ④ であり, 数値を代入すると $f =$ ⑤ Hz となる。

原子核が電子雲の中心から表面まで移動するときの位置エネルギーの変化量は ⑥ であり, 数値を代入すると ⑦ J となる。

さて, 原子核は様々な形で崩壊するが, γ 崩壊では γ 線と呼ばれる電磁波が放射される。上述の電子雲の中心にある原子核から振動数 ν の γ 線が放射された。 γ 線の運動量は ⑧ なので, γ 線放出の反作用を受け, 静止していた原子核は初速 ⑨ で電子雲の中心から運動を開始し, 電子雲の外に出ない場合には振幅 ⑩ の単振動を行う。

$h\nu = 1.0 \text{MeV}$ として以下の間に答えよ。

問1 原子核が γ 崩壊するときに出されるエネルギー U は, γ 線のエネルギーと原子核の運動エネルギーの和である。仮に, 原子核の質量が無限大で γ 崩壊の際にまったく動かないと仮定した場合には, 放出される γ 線のエネルギーは U となる。このときの γ 線の振動数を ν_0 としたとき, $\nu_0 - \nu$ を有効数字1けたで求めよ。

参考： 半径 R の球の表面上に電荷が一様に分布している場合、球の中心から r (ただし、 $r > R$) 離れた場所における電場の強さ E_1 は、電荷の総量を Q_1 、誘電率を ε とすれば、

$$E_1 = \frac{Q_1}{4\pi\varepsilon r^2} \quad (1)$$

である。この電場の向きは、 Q_1 が負のとき、球の中心を向いている。いっぽう、球内 ($r < R$) の電場はゼロである。

したがって、半径 R の球内に電荷が均一に分布している場合の球内における電場 E_2 は、電場の観測点 r よりも内側の電荷により作られ、

$$E_2 = \frac{Q_2 r}{4\pi\varepsilon R^3} \quad (2)$$

となる。ここで、 Q_2 は半径 R の球に含まれる全電荷量である。