

2020年度一般入学試験問題

理 科

(物理, 化学, 生物より選択)

【注意事項】

1. この問題冊子には答案用紙が挟み込まれています。試験開始の合図があるまで問題冊子を開いてはいけません。
2. 試験開始後, 問題冊子と答案用紙(物理, 化学, 生物の答案用紙すべて)の受験番号欄に受験番号を記入しなさい。
3. **選択する科目**の答案用紙の選択欄に○印を記入しなさい。
 - ・一般入学試験 A 専願または, 一般入学試験 A および B の併願受験者
物理, 化学, 生物より **2 科目**を選択
 - ・一般入学試験 B 専願受験者
物理, 化学, 生物より **1 科目**を選択
4. 問題冊子には, **物理計 5 問, 化学計 3 問, 生物計 5 問**の問題が, それぞれ**物 1~物 6 ページ, 化 1~化 6 ページ, 生 1~生 14 ページ**に記載されています。落丁, 乱丁および印刷不鮮明な箇所があれば, 手をあげて監督者に知らせなさい。
5. 答案には, 必ず鉛筆(黒, 「HB」「B」程度)またはシャープペンシル(黒, 「HB」「B」程度)を使用しなさい。
6. 選択した科目の解答はその答案用紙の指定された場所に記入しなさい。ただし, 解答に関係のないことが書かれた答案は無効にすることがあります。
7. 問題冊子の余白は下書きに利用しても構いません。
8. 問題冊子および答案用紙ほどのページも切り離してはいけません。
9. 問題冊子および答案用紙を持ち帰ってはいけません。

受験番号	
------	--

物 理

〔問1〕原子内の電子は、原子核のまわりの真空中を等速円運動していると仮定する。原子核の電荷を Q 、電子の質量を m 、電子の電荷を $-e$ とし、円運動の半径は、磁場の有無にかかわらず常に一定で r であるとする。真空の誘電率と透磁率をそれぞれ ϵ_0 と μ_0 とし、原子核が作る磁場は無視できるとして、次の各問いに答えよ。このとき、真空中でのクーロンの法則の比例定数は $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ と書ける。導出過程が必要な問題は導出過程も簡潔にまとめて記し、解答は解答欄に記すこと。

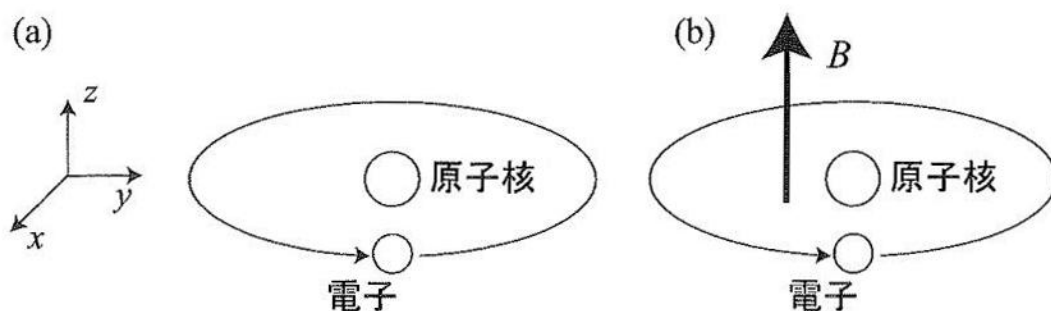


図 1

1. 最初に、図1(a)のように、1個の電子が等速円運動し、原子に外から磁場を加えない場合を考える。

- (1) 電子に作用するクーロン力の大きさを求めよ。
- (2) 電子の速さを求めよ。
- (3) 電子が、円軌道上のある1点を単位時間あたりに通過する回数を求めよ。
- (4) 電子が運動することで電流が生じると考えることができる。円軌道上に1個の電子があるとして、その電子による電流の大きさを求めよ。
- (5) この電流が、原子核の位置につくる磁束密度の大きさを求めよ。
- (6) (5)の磁束密度の方向として適切なものを、次から一つ選び、番号で答えよ。その理由も付して解答すること。ただし、座標軸を図1(a)のように取り、電子は xy 平面内で z 軸の正の方向から見て左回りに等速円運動しているとする。

① x 軸の正の方向	② x 軸の負の方向	③ y 軸の正の方向
④ y 軸の負の方向	⑤ z 軸の正の方向	⑥ z 軸の負の方向
⑦ 電子から原子核に向かう方向	⑧ 原子核から電子に向かう方向	

〔問1 続き〕

II. 次に、図1(b)のように、原子の外から、円軌道面に垂直 (z 軸の正の方向) に、時間によらない大きさが B である一様な磁束密度を持つ外部磁場を加えた場合を考える。このときも、電子は一定の半径 r で等速円運動しているとする。

(7) 電子の速さを v としたとき、外部磁場によって電子に作用するローレンツ力の大きさを、 v を用いて表せ。また、ローレンツ力の方向として適切なものを、次から一つ選び、番号で答えよ。座標軸は図1(a)と同様にとる。

- ① x 軸の正の方向 ② x 軸の負の方向 ③ y 軸の正の方向
④ y 軸の負の方向 ⑤ z 軸の正の方向 ⑥ z 軸の負の方向
⑦ 電子から原子核に向かう方向 ⑧ 原子核から電子に向かう方向

以下の問いでは、解答の文字式に v の文字を用いてはならない。

(8) 電子に作用する力のつり合いの式を書くことにより、電子の速さを求めよ。

(9) 磁束密度の大きさ B は十分に小さく、 B^2 の項は無視できるものとして、(8)で求めた電子の速さの近似式を求めよ。

(10) 外部磁場がないときに比べて外部磁場を加えた場合、電流の大きさはどれだけ変化するか。増加する場合を正、減少する場合を負として解答せよ。

(11) 外部磁場がないときに比べて外部磁場を加えた場合、原子核の位置での磁束密度の大きさはどれだけ変化するか。磁束密度の変化量の大きさは、増加する場合を正、減少する場合を負として解答せよ。ただし、変化量には外部磁場も含めて考え、外部磁場による磁束密度の大きさ B は、電流が作る磁束密度の変化量の大きさに比べても十分小さいとする。

〔問 2〕 傾いた粗い平面上の物体について、次の各問いに答えよ。重力加速度の大きさを g とし、物体が運動中の空気抵抗の影響は無視できるものとする。導出過程も簡潔にまとめて記し、解答は解答欄に記すこと。

I. 最初、質量 m_1 の直方体状の物体 1 をあらい平面上にのせた。平面板を傾けていき、傾斜角が θ_0

$\left(0 < \theta_0 < \frac{\pi}{2}\right)$ になったところで物体 1 は静かにすべり出した。

り出した。

(1) 物体 1 と平面板との間の静止摩擦係数を求めよ。

II. 図 2 (a) のように、平面板をさらに傾けて、傾斜

角を $\theta \left(\theta_0 < \theta < \frac{\pi}{2}\right)$ に固定した。物体 1 を平面上

で支えて静止した状態から静かにはなしたら、物体 1 は平面上をすべり落ち、時間 t の間に斜面に沿って距離 l 進んだ。

(2) 物体 1 と平面板との間の動摩擦係数を求めよ。

(3) 物体 1 が斜面に沿って距離 l すべり落ちる間に、物体 1 に対して摩擦力がした仕事を求めよ。

III. 次に、図 2 (b) のように、傾斜角を θ に固定したまま、質量 m_2 の直方体状の物体 2 を物体 1 の上にのせた。物体 1 および物体 2 がともに静止した状態から、物体 1 につけられた軽いひもを斜面に沿って上向きに大きさ F の一定の力で引いた。このとき、 F を適当な大きさにすると、物体 2 がすべらずに物体 1 と一体となって運動した。以降、(2) で求めた物体 1 と平面板との間の動摩擦係数を μ_1' とし、これを用いて解答せよ。

(4) 物体 1 と物体 2 との間にはたらく静止摩擦力の大きさを求めよ。

(5) 物体 1 と物体 2 との間の静止摩擦係数を μ_2 としたとき、 F の最大値を求めよ。

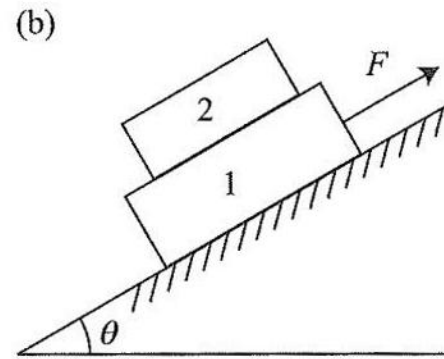
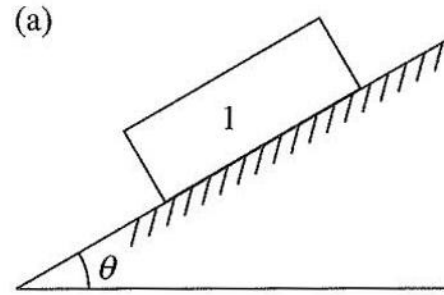


図 2

〔問3〕図3(a)のような水平面上に置かれた高さ L 、半径 R の円筒容器の中に、1個の分子の質量が m である単原子分子 N 個からなる理想気体が入っている。気体分子同士の衝突は無視でき、分子は容器の壁面と弾性衝突を行うものとして、次の各問いに答えよ。図3(a)のように、円筒容器の底面に垂直で鉛直上向きを z 軸とするような座標軸を導入する。重力の影響は無視でき、多数の分子の運動は運動方向の偏りがなく等方的であるものとする。導出過程も簡潔にまとめて記し、解答は解答欄に記すこと。

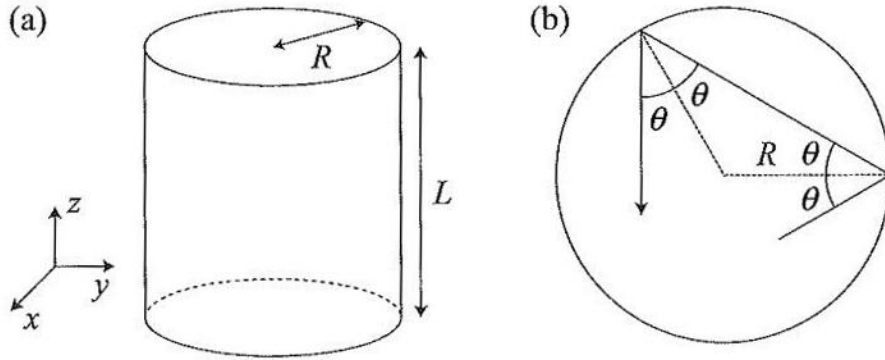


図3

I. はじめに、衝突前の速度が (v_x, v_y, v_z) である1個の気体分子と円筒容器の上面との衝突を考える。 $v_z > 0$ であることに注意せよ。

- (1) 分子の衝突によって分子が受ける力積(運動量の変化)の大きさを求めよ。
- (2) 単位時間あたりの上面との衝突回数を求めよ。
- (3) N 個の分子についての v_z^2 の平均値を $\overline{v_z^2}$ とすると、上面が気体から受ける圧力を求めよ。

II. 次に、衝突前の速度が (v_x, v_y, v_z) である1個の気体分子と円筒容器の側面との衝突を考える。図3(b)は、この分子の運動を水平面(xy 平面)に投影したものである。 θ は投影面上での入射角と反射角であり、常に一定である。速度の水平成分の大きさ $\sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ を $v_{||}$ とする。

- (4) 分子の衝突によって分子が受ける力積(運動量の変化)の大きさを $v_{||}$ を用いて表わせ。
- (5) 単位時間あたりの側面との衝突回数を $v_{||}$ を用いて表わせ。
- (6) N 個の分子についての $v_{||}^2$ の平均値を $\overline{v_{||}^2}$ とすると、側面が気体から受ける圧力を求めよ。

III. N 個の気体分子について、その速さの2乗の平均を $\overline{v^2}$ とする。

- (7) $\overline{v_z^2}$ および $\overline{v_{||}^2}$ を、それぞれ $\overline{v^2}$ を用いて表わせ。
- (8) 分子1個の運動エネルギーの平均値を \overline{E} 、容器の体積を V とする。上面が受ける圧力を p_u 、側面が受ける圧力を p_s とすると、 p_u および p_s を、 \overline{E} 、 V 、および N を用いて求めることにより、 p_u と p_s が等しいことを示せ。

〔問4〕 十分遠方にある音源から出た振動数 f_0 の音が、媒質1を伝わり、媒質2との境界面Aに垂直に入射する場合を考える。媒質1の中での音速を v_1 、媒質2の中での音速を v_2 とし、次の各問いに答えよ。導出過程も簡潔にまとめて記し、解答は解答欄に記すこと。

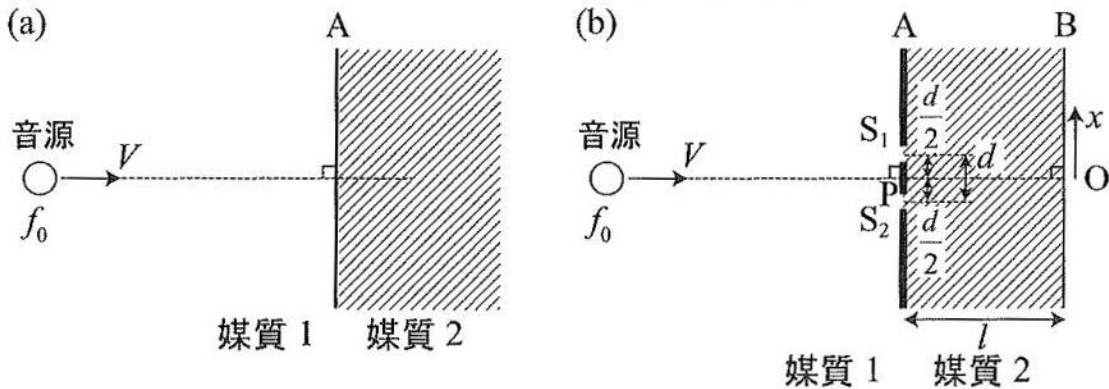


図4

I. 最初、音源は静止していた。

(1) 音源が静止しているときの媒質2内での音の波長を求めよ。

II. 次に、図4(a)のように、音源が面Aに向かって、面Aと垂直な方向に、一定の速さ V ($0 < V < v_1$) で移動した。

(2) 音が媒質2に入射する直前での音の振動数を求めよ。

(3) 音が媒質2に入射したあとの音の波長を求めよ。

III. さらに、音源が一定の速さ V で移動している間に、図4(b)のように、音源が進む方向を延長した直線と面Aとの交点Pを中心として、音の波長と比べて十分に幅の狭い2つの平行なスリット S_1 と S_2 とを面A内で間隔 d 離しておき、音は S_1 と S_2 だけを通して媒質2に伝わるようにした。点Pから距離 l だけ離れた面Aと平行な直線B上で音の大きさを測定したら、一定の間隔で音の極大が観測された。直線Bは各スリットの方向と垂直である。ただし、音の大きさを測定したのは、音源が進む方向を延長した直線と直線Bとの交点Oから距離 x までの直線B上の範囲とし、 l は d や x に比べて十分大きいものとする。

(4) 直線B上で、音の極大が観測される位置の間隔を求めよ。

IV. 最後に、移動していた音源が静止し、直線B上で音が極大となる位置の間隔が変化した。

(5) 音源が静止しているときに音の極大が観測される位置の間隔は、(4)に比べて大きい小さいかを答えよ。また、その間隔の変化量の大きさを求めよ。

〔問 5〕 次の各問いに答えよ。必要なものについては導出過程も簡潔にまとめて記し、解答は解答欄に記すこと。単位が必要なものは単位も記入すること。

(1) 次の文章の () に入る適切な語句または数字を答えよ。単位については、国際単位系 (SI) で答えること。

1 秒あたりに崩壊する原子核の数を放射能の強さといい、単位は (①) である。放射線は原子をイオンにする電離作用を持っているため、放射線は物質にエネルギーを与える。単位質量あたりの物質に吸収される放射線のエネルギーを (②) といい、単位は (③) である。人体が放射線を浴びることを (④) という。

(④) による放射線の (②) が同じでも、人体への影響は放射線の種類やエネルギーなどによって異なる。それらの違いを考慮した係数を (②) にかけた量を (⑤) といい、単位は (⑥) である。放射線の人体への影響は、(④) する組織や器官によっても異なる。それらの影響を考慮した係数を (⑤) につけて、すべての組織や器官で足し合わせたものを、実効線量という。実効線量の単位にも (⑥) が用いられる。

(2) 人はくらしや医療の中でさまざまな形で放射線を浴びている。(a) 1 年間にうける自然放射線量の世界平均、(b) 胸部 X 線集団検診 1 回、(c) 胸部 X 線 CT (コンピュータ断層撮影) 検査 1 回、の 3 つについて、人体が受ける放射線の実効線量の大きい順に正しく並べたものはどれか、番号で答えよ。導出過程欄には、(a)、(b)、(c) それぞれの実効線量についてのおおよその大きさも記入し、大きさを比較してから解答すること。

- ① (a) > (b) > (c) ② (a) > (c) > (b) ③ (b) > (a) > (c)
④ (b) > (c) > (a) ⑤ (c) > (a) > (b) ⑥ (c) > (b) > (a)

(3) カリウムの中には放射性同位体の $^{40}_{19}\text{K}$ が含まれているため、人体は放射線を出している。ある人の中にカリウムが 156.4 g 存在するとし、 $^{40}_{19}\text{K}$ の存在比が 0.012 % であるとして、この人の中の $^{40}_{19}\text{K}$ の個数を求めよ。カリウムの原子量を 39.1、アボガドロ定数を $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ とする。

(4) $^{40}_{19}\text{K}$ の半減期は 12.8 億年である。カリウム 156.4 g の放射能の強さを求めよ。12.8 億

年はおおよそ 4.0×10^{16} 秒であり、半減期 T が十分に長いときは、 $\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{T}} \doteq 1 - \frac{0.69}{T}$ と近似で

きることを用いよ。

(5) 人体が放射線を多く受けると、細胞に影響を及ぼし、将来がんの発症の原因になったり、急性の障害を引き起こしたりすることもある。このような影響を最小限にするために、放射線を取り扱う人が取るべき対策として考えられることを、3 つ以上含めて論述せよ。