

平成 21 年度入学試験問題

医 学 科 (前 期)

理 科

科 目	ページ数
物 理	1 ページ～ 8 ページ
化 学	9 ページ～16 ページ
生 物	17 ページ～21 ページ

問題冊子には上記の 3 科目の問題が載っていますが、2 科目を選択して解答してください。

(注 意)

1. 問題冊子及び解答冊子は試験開始の合図があるまで開かないでください。
2. 監督者の指示に従い、すべての解答冊子の所定の欄に氏名をはっきり記入してください。ただし、表紙には必ず受験番号を記入してください。
3. 監督者の指示に従い、選択する科目の解答冊子の選択科目確認欄に○印を記入してください。
4. 選択した科目の解答冊子の選択科目確認欄に正しく○印が記入されていない解答は無効とすることがあります。
5. 試験開始の合図のあとで問題冊子のページ数を上記の表に基づいて確認してください。
6. 解答はすべて選択した科目の解答冊子の所定の欄に記入してください。
7. 解答冊子のどのページも切り離さないでください。
8. 下書きは問題冊子の余白部分を使用してください。
9. 試験時間は 120 分です。
10. 解答冊子はすべて持ち帰らないでください。
11. 問題冊子は持ち帰ってかまいません。

物 理

1. 物理は全部で3問題あり，合計8ページあります。
2. すべての問題に解答してください。
3. 解答冊子は1問に1ページずつ合計3ページあります。
4. 解答は解答冊子の所定の欄に記入してください。

1 以下の文章を読んで問1～問6に答えなさい。ただし、解答欄には最終結果だけでなく、解答にいたる過程の説明を必ず記入しなさい。

サッカーJ1の大分トリニータのゴールキーパー西川周作選手は、そのキック能力が世界に通用する選手として評価も高く、北京オリンピック代表選手や南アフリカワールドカップ候補選手にも選ばれている。彼が質量 m [kg] の地上に静止したサッカーボールを蹴ったところ、初速度 v_0 [m/s] で仰角 θ [°] の方向に飛んでいった。サッカーボールの大きさを無視し、風の影響や空気抵抗は無いと考える。またサッカーボールの運動軌跡に関しては高さ方向に y 軸、水平距離方向に x 軸をとり、重力の加速度は記号として g [m/s²] を用い、数値計算問題では g の値として 9.8 m/s^2 を用いなさい。数値計算においては有効数字2桁で答えなさい。

問1 蹴られたボールの運動を表す x 軸と y 軸方向の運動方程式をそれぞれ示しなさい。その際に x および y 軸の正の向きの加速度としてそれぞれ a_x , a_y [m/s²] を用いなさい。

問2 サッカーボールを仰角 θ の斜方に蹴り上げた時、ボールの運動軌跡が放物曲線を描くことを示し、また一定の初速度 v_0 で蹴った時にもっとも遠方に到達させる仰角 θ が 45° である事を導出しなさい。

問3 放物運動の最高到達点の高さ H [m] と落下地点までの水平距離 L [m] の比と仰角 θ との関係を求めなさい。

問4 サッカーボールを水平距離 $L = 40 \text{ m}$ の地点に到達させるために必要な初速度 v_0 と、到達するのに要する時間 t [s] について、仰角 $\theta = 45^\circ$ で蹴った場合と $\theta = 30^\circ$ で蹴った場合に分けてそれぞれの値を求めなさい。必要であれば $\sqrt{3} = 1.7$, $\sqrt{2} = 1.4$ を用いなさい。

問5 ここで西川選手の話に戻るとキック能力が高いという事は、一般にはボールを遠くに飛ばす事のように考えられるが、実はそれ以外に現在の世界サッカーで重視されているカウンターアタック(相手の攻撃からの迅速な反撃を意味する)においても重要な役割を果たしている。ゴールキーパーである西川選手が相手から奪ったボールを地上に静止させ蹴りだす事によって反撃を始める際に、西川選手のキック能力がどのように活かされるかについて問4の結果を利用して述べなさい。必要であればサッカー選手が 100 m を 11 秒 で走る事を用いなさい。

問 6 世界の超一流選手は、静止している質量 $m = 0.45 \text{ kg}$ のサッカーボールを初速度 $v_0 = 40 \text{ m/s}$ (時速約 150 km に相当) で蹴り出す。このとき足とサッカーボールが接している時間 $\Delta t = 0.1 \text{ s}$ として、その間にボールに作用する一定の力 $F[\text{N}]$ の大きさを求めなさい。またその力の大きさが、何 kg の質量の物体を地球の重力下で持ったときに感じる重さに相当するか説明しなさい。

2 以下の文章を読んで問1～問8に答えなさい。ただし、解答欄には最終結果だけでなく、解答にいたる過程の説明を必ず記入しなさい。

図2-1のような高さ a [m]、幅 b [m]、長さ c [m]の直方体金属を、水平に置き、 V_1 [V]の電圧を金属の両端にかけると I [A]の電流が図の向きに流れた。このときの自由電子の運動を考えると、自由電子は外部電圧により生じる電界から力を受けて動き始めるが、陽イオンなどからの抵抗力を受け、やがて力がつりあって、一定の速さ v_1 [m/s]で移動するようになる。この抵抗力は自由電子の速さに比例し、比例定数を k とおくと、 kv_1 と表すことができる。

次に電流を I [A]流れるようにした状態のまま、図2-2のように鉛直上向きに磁束密度 B [Wb/m²]の一樣な磁場を加えたところ、金属体内に V_2 [V]の電圧を生じた。このとき金属中では負電荷 $-e$ [C]の自由電子のみが移動でき、すべての自由電子の移動速度は等速で一様であるものとする。また、金属内の単位体積中の自由電子の数を n [m⁻³]とする。

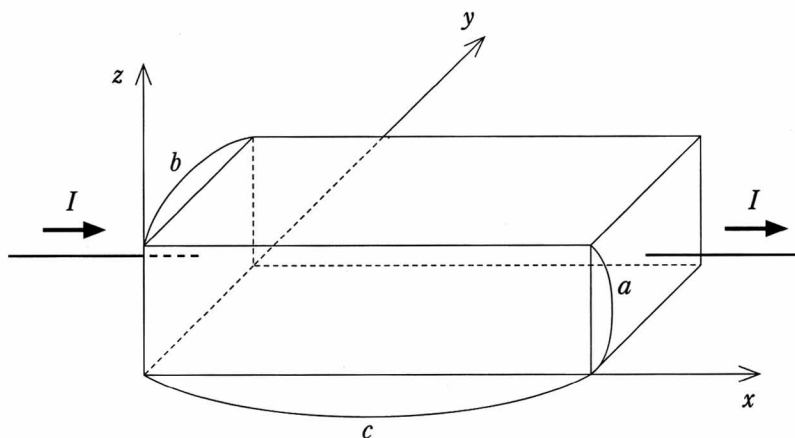


図2-1

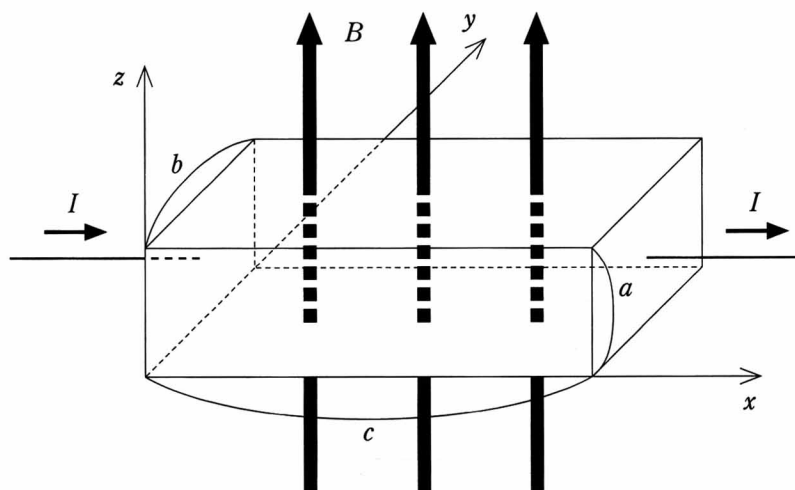


図2-2

- 問 1 はじめの図 2—1 のように磁場を加える前の状態で、自由電子の速さ v_1 を e, k, V_1 を含む式で表しなさい。
- 問 2 問 1 の状態で、金属を流れる電流 I を n, a, b, c, e, k, V_1 を用いて表しなさい。
- 問 3 問 1 の状態で、この金属の電気抵抗 $R[\Omega]$ を n, a, b, c, e, k を用いて表しなさい。
- 問 4 次に図 2—2 に示すような磁場を加えたとき、自由電子が受けるローレンツ力の大きさ $F[\text{N}]$ を e, k, B, V_1 を含む式で表しなさい。
- 問 5 磁場を加えた後、時間がたつと金属のある面に自由電子が蓄積され直方体金属に電場が生じ、この電場による力と外部磁場からのローレンツ力が釣り合い、電子は x 軸方向に速さ $v_2[\text{m/s}]$ で直進する。この電子の速さ v_2 を B, V_2 を含む式で表しなさい。また v_1 と v_2 の関係式を示しなさい。
- 問 6 問 5 の状態で自由電子が蓄積されることにより、直方体金属にどのような電圧 V_2 が生じるかを e, k, B, V_1 を含む式を用いて説明しなさい。
- 問 7 単位体積中の自由電子の数 n を e, a, I, B, V_2 を用いて表しなさい。
- 問 8 これまでは金属を流れる荷電粒子が負の電荷を持つ自由電子と考えてきたが、荷電粒子として正の電荷が自由に移動する場合もある。問 6、問 7 の結果を発展させると、測定可能な物理量を利用することによって、金属中の未知の荷電粒子の電荷 $q[\text{C}]$ の正・負の判別と、単位体積当たりの荷電粒子の数 $N[\text{m}^{-3}]$ の決定が出来ることがわかる。荷電粒子の電荷 q の正・負の判別と単位体積当たりの荷電粒子の数 N の決定の仕方を説明しなさい。その際に、測定可能な物理量を明記しなさい。ただし、荷電粒子の電荷の大きさはわかっているものとする。

3 以下の文章を読んで問1～問6に答えなさい。ただし、解答欄には最終結果だけでなく、解答にいたる過程の説明を必ず記入しなさい。

等間隔 d [m] で溝が切つてある透明ガラスでできた回折格子に、格子面に垂直に光を照射した。回折格子面から垂直距離 l [m] だけ離れた場所に格子面と平行にスクリーンを置き、明暗の干渉じまを観測した。スクリーン上には、干渉じまの位置を測定するための物差しを置いた。この物差しの原点 O を干渉じまの中央点に合わせた。 $l \gg d$ とする。

問1 波長 λ [m] の単色光を照射したとき、原点 O を中心に x 軸の正と負の両方向に対称に明線が現れる。原点から数えて x 軸の正の方向に n 番目の明線(以下、 n 次の明線という)の位置 x_n [m] を l , d , λ , n を用いて表しなさい。ただし、原点の明線は $n = 0$ として数えないとし、また回折光が入射光の方向となす角(回折角という) θ が小さい場合に成り立つ近似式 $\sin \theta \doteq \tan \theta$ を用いなさい。

問2 $l = 1.50$ m に設定し、波長 $\lambda = 5.50 \times 10^{-7}$ m の緑の単色光を照射したとき、2次の明線が $x_2 = 3.00 \times 10^{-2}$ m の位置に観測された。回折格子の間隔 d の値を単位をつけて有効数字3桁で求めなさい。

問3 問題2と同じ設定で、光源を波長 $\lambda = 7.00 \times 10^{-7}$ m の赤い単色光に替えたとき、3次の明線の位置 x_3 [m] はいくらになるか、単位をつけて有効数字3桁で答えなさい。

問4 次に光源を赤($\lambda = 7.00 \times 10^{-7}$ m)から紫($\lambda = 4.00 \times 10^{-7}$ m)までの連続光からなる白色光に替えると、回折像として赤から紫までの連続スペクトルが得られる。今、これを n 次のスペクトルとし、 $(n + 1)$ 次のスペクトルと色が重ならない次数 n の値を求めなさい。

問5 同様な光の連続スペクトルはプリズムによっても得ることが出来る。回折格子とプリズムによって得られる連続スペクトルの発生原理の違いを説明しなさい。

問6 回折格子やプリズムによって得られるスペクトルはいろいろな分野の科学実験に利用されている。その具体的な例を二つあげ、それぞれの原理を説明しなさい。