

理科問題紙

平成 31 年 2 月 25 日

自 14 : 00

至 16 : 00

答案作成上の注意

1. 理科の問題紙は 1 から 29 までの 29 ページである。
2. 解答用紙は、生物 ⑦, ⑧, ⑨, 化学 ⑩, ⑪, ⑫, ⑬, 物理 ⑭, ⑮, ⑯ の 10 枚である。
3. 生物, 化学, 物理のうち 2 科目を選択すること。
4. 解答はすべて解答用紙の指定された箇所に書くこと。
5. 試験開始後 30 分以内に選択する科目を決定すること。
6. 問題紙と草案紙は持ち帰ること。

物 理

- 1 なめらかな表面を持つ半径 R の球を、直径 POA が鉛直線と一致するように水平面上の点 P に固定した。点 O は球の中心である。点 A に大きさが無視できる質量 m の小球を置いたところ、小球は球面上を初速 0 でゆっくりと落ち始め、球面上の点 B を通り点 C で球面を離れ、水平面上の点 D に落下した。これらの点はすべて一つの鉛直面上にあり、図 1 はこの様子を真横から見た状態を表している。小球と球面との摩擦や落下時の空気の抵抗は無視できるとして、以下の問いに答えなさい。重力加速度の大きさを g とし、数値計算では $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ を用いなさい。

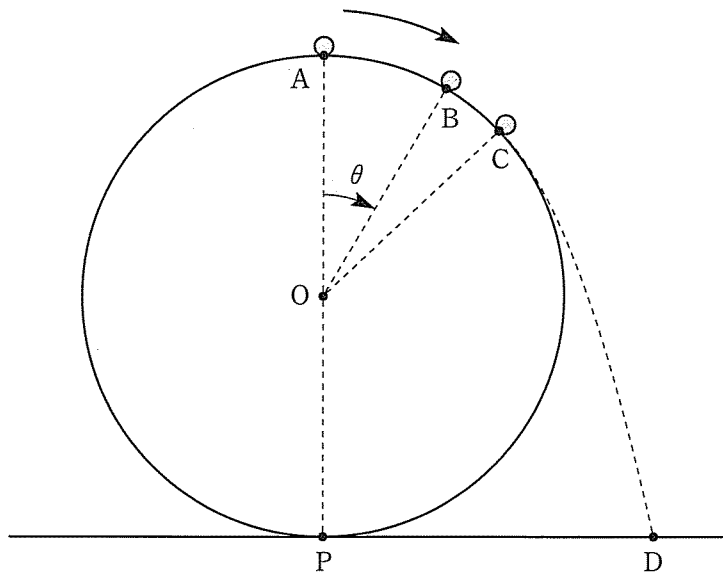


図 1 球面を経由して落下する小球の運動

問 1 点 P を高さの基準にとり、点 A での小球の位置エネルギーを R 、 m 、 g を用いて表しなさい。

問 2 $\angle AOB = \theta$ とするとき、点 B での小球の速さ v を R 、 g 、 θ を用いて表しなさい。

問 3 問 2 の点 B では、BO 方向に $m \frac{v^2}{R}$ の力が働く。小球が点 B で受ける垂直抗力の大きさ N を R 、 m 、 g 、 θ 、 v を用いて表しなさい。

問 4 $\angle AOC = \theta_0$ として $\cos \theta_0$ の数値を求めなさい。

問 5 小球が点 D に落下した時の小球の速さが 8.4 m/s であるとき、 R の値を有効数字 2 桁で求め、単位を付して答えなさい。

- 2 図2のように立方体 ABCDEFGH の形状の回路がある。各頂点間にはそれぞれ同じ大きさの抵抗 R の抵抗器がつけられており、AG 間に一定電圧 V をかけたとき、AG 間に電流 I が流れた。このとき、以下の問いに答えなさい。

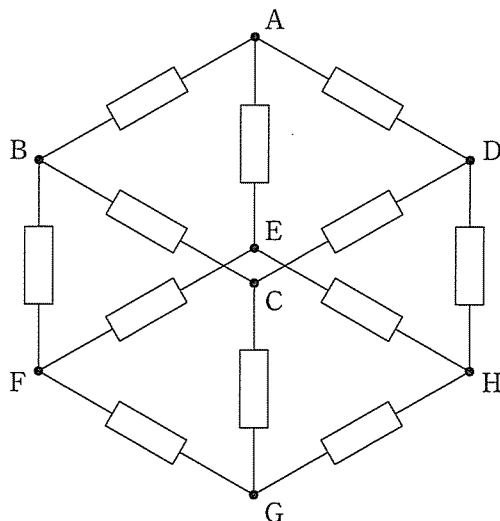


図2 12個の同じ大きさの抵抗器からなる回路

- 問1 AB間に流れる電流の大きさと同じになるのは、どの頂点間の電流か。以下から該当するものをすべて選びア～サの記号で答えなさい。なお電流の向きは考えずに、大きさが同じものを選ぶこと。

ア BC間 イ CD間 ウ AD間 エ AE間 オ BF間
 カ CG間 キ DH間 ク EF間 ケ FG間 コ GH間
 サ EH間

- 問2 BC間に流れる電流の大きさは、AG間に流れる電流 I の何倍か。分数で答えなさい。

問 3 BC 間の電圧の大きさは, AG 間の電圧 V の何倍か。分数で答えなさい。

問 4 この回路の AG 間の合成抵抗を, R を用いて表しなさい。

問 5 各抵抗器をすべて電気容量 C のコンデンサーに置き換えた。この回路の AG 間の合成容量を, C を用いて表しなさい。

3 X線撮影は、目的の物質に照射し透過したX線を、写真フィルムや電子的パネル検出器などで可視化することで、内部の様子を知る画像検査法の一つである。W.レントゲンは、真空管内の陰極から発生した電子が電界で加速され陽極の金属板に衝突する際に、目には見えない光の一種のX線が発生することを、1895年に発見した。X線による手の平の骨格撮影写真など医学界で大きな反響をよび、1901年レントゲンは第1回ノーベル物理学賞を受賞した。

1912年にM.ラウエはX線が結晶格子で回折を示す現象を発見し、X線の正体が波長の短い電磁波であることを明らかにした。その後、X線回折は人の遺伝を担うDNA分子の構造解明に利用された。

以下、X線の発生と回折に関する実験を考察する。ここで、電子の質量を m 、電気素量を e 、真空中の光速を c 、プランク定数を h とする。数値計算では、必要に応じてそれらの値、 $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ 、 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、 $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ 、 $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ を用いなさい。

図3に示す陰極と陽極との間の距離が L の真空管で、両極間に電圧 V が加えられている。陰極で発生する電子が初速0で一様な電界で加速され、陽極金属に衝突している。X線の発生に関する以下の問いに、これまでに与えられた物理量の文字記号を必要に応じて用い、文字式で答えなさい。

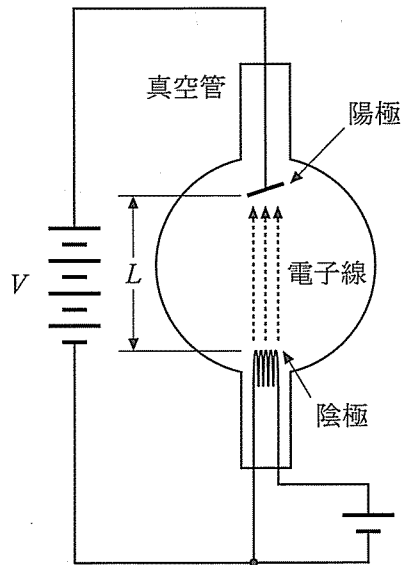


図3 X線を発生する装置の概観図

- 問1 電子の加速度の大きさ a と、陽極に衝突するときの電子の運動エネルギー K を答えなさい。
- 問2 陽極から発生するX線は、その金属原子の種類で決まる特性X線と、連続的なエネルギーとなるX線とからなる。問1の陰極から飛び出した電子が陽極に衝突する。そのとき陽極で発生するX線エネルギーの最大値 E と、最大エネルギーのX線の波長 λ を答えなさい。

次に以下の問いに、適切な単位を付して、数値で答えなさい。なお、数値は有効数字2桁とする。

問 3 10 kV の電圧を図 3 の真空管の両極間に加えた場合に、陰極からの電子が陽極に衝突するとき発生する最大エネルギーの X 線の波長の値を求めなさい。

問 4 波長が 0.15 nm の X 線の平行束が、図 4 のように面間隔が d の結晶に、角 θ で照射されている。角 θ を 0° から徐々に増していくと、角 θ の反射 X 線の強度は増減を繰り返した。反射 X 線強度が 4 度目に極大となる角 θ は 30° であった。この結晶の面間隔 d の値を求めなさい。

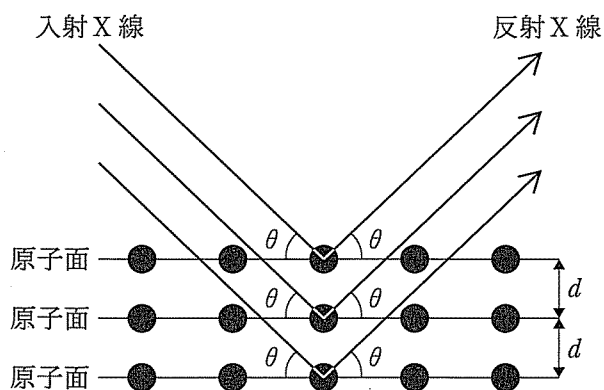


図 4 結晶による X 線の反射

