

I

■出題のねらい

レールの上を運動する小球の問題を通じて、運動方程式や力学的エネルギー保存則に関する力学の基本事項を問いました。また、数式の意味や物理現象とのかかわりについての理解を問うために(1)、(2)では1条件で小球が円形部を回転する条件、(3)では複合条件において円運動する条件について問いました。

■採点講評

(1)は斜面を転がる小球について、水平部に到達したときの速さや、運動方程式、力学的エネルギー保存則に関する基本的な問題です。全体的によくできていました。(1)の後半では、小球が円形部を回転する条件について段階的に解いていく問題を出題しました。最高点で小球が落下しないための垂直抗力の条件(ウ)がわからないため、以降の正答が導き出せない人がいました。

(2)では、ばねによる力を用いて、小球が円運動する条件を問いました。2)の位置エネルギーに関する問題はよくできていました。(1)同様に円運動するため、ばねを縮める最小の長さを問う問題の正答率が低かったです。

(3)では、(1)の斜面を転がる状態と(2)のばねの弾性力が蓄えられる状態を組み合わせた複合条件で、小球が円運動するために必要な条件を問いました。ここでは、これまでの問題と同様に力学的エネルギーについて問う4)の正答率が高かったです。しかしながら、斜面の高さを固定した状態で小球が円運動するためのばねの条件を問う5)では、多くの誤答が見受けられました。今回の(1)～(3)で出題した小球が円運動をするための条件は、すべて最高点($\theta = \pi$)での垂直抗力が0以上になる、という条件から導き出すことができます。力学的エネルギー保存則の式は記述できるものの、物理現象と式とのつながりを正しく理解できていない人には、難しい問題であったようです。最後の小球が円運動するための条件をグラフで図示する6)は、最も正答率が低かったです。5)の正答から、 h は d の2次関数で表わされ、 h が h_1 よりも大きい場合、そして d が d_1 よりも大きい場合に小球に蓄えられる力学的エネルギーは大きくなります。その結果、小球が円運動を行います。このようなそれぞれの値の物理的意味を考えると、グラフ上で小球が回転する範囲を導き出せます。

日常の学習でも、数式を暗記し機械的に解くだけでなく、その物理的な意味や現象をよく考えたうえで、数式を理解するように心掛けてください。

II

■出題のねらい

点電荷がつくる電場や電位、点電荷間にはたらくクーロン力（静電気力）を中心に出了しました。基本的な問題からはじめ、公式の暗記・適用だけではなくしっかりと考察できるかを問いました。また、電位などの物理的なイメージを持っているかを応用問題として出題しました。

■採点講評

1)～4)は、電磁気学の最初に出てくる基本的な内容です。正答率は高かったです。誤答としては2)で逆向きの⑤、4)で「ローレンツ力」としているものが多かったです。電場やクーロン力を向きも含めてしっかり理解しておきましょう。

5)は、電位に関する作図です。電荷が2個以上ある場合に電位のイメージが掴めていないようです。電気力線を書いたものや不可解な解答も少なからず見受けられました。重ね合わせの原理をしっかりと理解しておきましょう。

6)以降の問題は、電気双極子の周りに置いた輪を小さなリングがすべるという、一見複雑な設定ですが、基本的なものばかりです。6)は、5)の作図を実際に点 P_3 で計算します。電位の式は与えられているので重ね合わせをするだけです。7)は、力学的エネルギー保存則を用いて速さを求めます。力学の分野ですが、分野が混ざった問題でもしっかりと理解して解いてもらいたいものです。正答率は約20%でした。

8)では、問題文で「示せ」とあるにもかかわらず、言葉だけで説明している解答が多く見受けられました。この場合はしっかりと式で計算することが求められます。問題に対する基本的な考え方を間違えないようにしてください。9)は、電場中に置かれた電荷の位置エネルギーの概念を電位から読み取る問題です。位置エネルギーは、 P_1 から P_2 に向けて輪にそって減少していき、 P_3 で最小、それから P_4 へ増加していき、 P_5 で P_1 と同じ値になります。したがって、リングは $P_1 \rightarrow P_3 \rightarrow P_5 \rightarrow P_3 \rightarrow P_1$ を往復運動します。それがわかれば正答が得られます。残念ながら正答率は5%以下でした。

全体として基本的な問題ですが、予想していたよりも点数がよくありませんでした。電磁気学は、苦手な人も多いと思います。基本事項からしっかりと理解するように学習してください。

III

■出題のねらい

ドップラー効果を主題に、波に関する基本的な知識、物理的な考え方ができるかを問いました。全問正答の人が多く見受けられたので、比較的易しい問題だったと考えています。

■採点講評

問題毎に結果を見てみると、最初の3問は速さと振動数、波長の関係といった波の基本を問う問題なので、多くの人が正答していました。しかし、音源の移動に伴う波長の変化というドップラー効果の特徴を順を追って考える問題では、正答率がかなり下がり、約50%の人が間違えていました。気になったのは、ドップラー効果の式を導く問題は不正解にもかかわらず、最後のドップラー効果により変化した振動数 f' を求める問題は正答というものがかなり見受けられたことです。このような解答をした人は、公式は暗記しているが、なぜそのような式となるかを十分理解できていないのではないかと気になりました。斜め方向のドップラー効果の問題の正答率はさらに下がりましたが、ここでも途中の解答は不正答ながら、最後の問題は正答というものが見受けられました。暗記ではなく、順を追って考える力を身に付けるように学習してください。

数値計算の問題では、ここまでの斜め方向のドップラー効果の問題で正しく解答した人は概ね正答に到達していました。ただ、 $\cos \theta$ の数値の求め方でつまずく人が見受けられました。誤答の中には、変化した振動数 f の式や数値計算が正しいにもかかわらず、定性的なグラフすら書くことができていない解答がありました。このことは、波動や物体の式を実際の運動と結びつけて考えることができていないことを示しています。学んだ物理の知識は、必ず実際の物体の運動や波動現象に結びつきます。問題を解いたとき、その解答がどのような運動や現象に対応しているか、少し立ち止まって考えるだけでも物理の理解は深まります。是非、式から現実の物理現象を想像して欲しいです。