

I

■出題のねらい

斜方投射の基本的な知識に加えて、小球の運動とエネルギーに関する基本的な知識を問う問題です。(1)は斜方投射の基本的な公式を問う問題です。特に、式②はその後の問3や問5において使用するため、その導出方法も問いました。(2)は小球の軌跡をグラフとして描く問題で、小球の放物運動を適切にイメージができるかを問いました。(3)の問題では、小球の衝突に伴う運動量および運動エネルギーの変化を問いました。いずれの問題も物体の運動について基本的な考え方を理解していれば解ける問題です。特に、小球の速度と反発係数の関係を正しく理解していることが求められます。

■採点講評

投射した小球の放物運動を適切にイメージしながら、関連する物理式をうまく使って解答を導けるかを問いました。

(1)は基本的な斜方投射における小球の放物運動を問う問題にしました。空所アからウの穴埋めは小球の速度成分を問い、空所エやオは文章をよく読むと解ける問題でしたので正答率は高めでした。問1は導出の問題ですが、多くの受験者が丁寧な式展開まで記述している一方で、導出過程を十分に示せていない解答も散見されました。問2は、 $\sin 2\theta$ の値の範囲を考えると右辺は1以下であることがわかりますので、そこに気づけるかがポイントでした。

(2)は斜方投射時の小球の放物運動に加えて、反発係数、運動量、運動エネルギーの概念を理解しているかを問う問題で、小球の軌道や速度成分と関連する物理式の間関係をうまくイメージできるかが重要でした。問3は式②を使えば答えられる問題ですので、式②が軌道を示す方程式であることに気づけているかがポイントでした。問4は反発係数の概念を理解しているかを問う問題で、正答率は高めでした。問5も式②の軌道を示す方程式を使い、小球が地面に落ちるとき(すなわち $y=0$)に、 x 軸方向にどれだけ移動したかを、問4の解答からイメージできれば解ける問題です。

(3)は板と小球の反発係数が変化することで、小球の速度の x 成分が変化することに気づけるかがポイントでした。問6は反発係数と速度の x 成分の間関係を理解していれば解ける問題です。問7は正答率がやや高めだったものの、「大きさ」を問うていることに気づいていない解答が散見されました。問8は、反発係数の意味を理解できていれば、前後の問題に関係なく解答できたため、正答率はかなり高かった印象です。最後の空所カやキの穴埋めについては正答率が低かったものの、2行目までの文章から運動エネルギーの考え方を理解したうえで、小球がなめらかな板に跳ね返ったときの速度の y 成分の考え方、また速度の x 成分と y 成分の合成ができるかどうか、正答に至るためのポイントでした。

小球の放物運動の問題は、ただ公式を覚えるのではなく、頭の中で小球の動きを物理式と関連

づけて理解することが重要です。問題で問われている物理現象を正しくイメージして、正答を導けるようにしましょう。

II

■出題のねらい

点電荷を電子銃で撃ち出したのち磁界内でサイクロトロン運動させ、ターゲットに衝突させるための電子銃の電圧を求める問題構成としました。(1)(2)は教科書の例題レベルですが、(3)はこれら二つの結果を統合するため、正確な計算と適切な式の代入が求められます。

■採点講評

正答率は3割5分程度でした。(1)は空所イ、ウを用いて空所エを導出することになりますが、(ウ)を求めるための運動方程式の立式を誤ったと思われる答案が多く、そのあとの空所エも不正解になる答案が多かったです。なお空所エはエネルギー保存則を用いて求める方法もありました。(2)と問1、2はローレンツ力による点電荷の円運動を問う問題ですが、点電荷の運動を正しくイメージすることが求められます。問2は磁界が発生したエリアを半周する際の時間を計算することになりますが、一周分の経路で計算したと思われる答案が一定数ありました。

(3)は(1)(2)を総合した問題となります。点電荷の運動をイメージすることに加え、得られた関係を元に、どこに何の式を代入するのかを正確に把握しながら計算することが求められます。空所エと問1の結果を用いて点電荷が任意の電圧 V により円運動する際の半径を求めれば空所キと問3、4は解けますが、この方針が浮かばず手当たり次第計算すると時間切れになります。問4の比電荷まで計算できた答案は少なかったです。また全体的に、分母と分子が逆になるなど計算ミスと思われる不正解の解答が見受けられました。

III

■出題のねらい

スターリングエンジンを題材として、定積変化と等温変化について基本的な事項を問いました。理想気体の状態方程式や熱力学第一法則の理解を確認しています。また一般に熱力学のサイクルにおける熱効率の考え方がわかっているかを問いました。

■採点講評

熱力学の状態とその変化に関する問題です。前半（1）では定積変化と等温変化からなるサイクルを扱いました。これはスターリングサイクルとよばれるものです。問1および問4は各状態の温度や圧力を理想気体の状態方程式から導出する基本的な問題で、正答率は比較的高めでした。問2は導出した温度を用いて内部エネルギーとの関係式から求めることができます。問3は熱力学第1法則を用いて状態変化を考える問題で、等温変化では温度が変化しないため内部エネルギーも変化しない、ということがわかれば解ける問題となっています。また問5ではサイクルを T - V 図上のグラフとして表すことで、それぞれの状態変化の意味が直観的に理解できているかを確認しました。前半（1）の正答率は5割程度でした。

後半（2）では熱効率について扱いました。熱機関が外部から吸収した熱をどれだけ正味の仕事に変えられるかを表す量ですが、現実に存在する熱機関では理想的な状況が実現しておらず、想定よりも熱効率が低くなることがあります。その一例を示したものが熱機関2です。これはグラフ上は少し変わった形をしたサイクルですが、状態AからCの変化における具体的な圧力や体積が与えられていなくても、熱効率の定義から2つの熱機関の熱効率の大小関係を議論することができます。また空所ウについては、空所ア、イがわからなくても、問題文中で与えられた式のみから導出できるようになっています。後半（2）の実際の計算量はあまり多くありませんが、前半（1）と比較するとやや苦戦のあとが見受けられました。

熱や温度は直接見ることはできないものですが、工学の様々な分野に関わる重要なものです。物理を数式だけではなく現象として理解することを意識しつつ、学習に励んでもらえればと思います。