

I

■出題のねらい

あらい斜面上における小物体の運動を題材とした力学の問題です。斜面上での力の成分分解、動摩擦力がはたらくことで力学的エネルギーが保存されない場合の考え方、運動方程式などに関する基本的な知識を問いました。数式を導き出す問題のほか、グラフ作成の問題もありました。

■採点講評

(1) の問 2 では、動摩擦係数 μ' を用いるところを静摩擦係数 μ としていた解答もありました。問 3 は、物体は垂直抗力の力の向きに対して垂直な方向に動くので、垂直抗力が物体にした仕事は 0 になります。問 4 では、動摩擦力がした仕事だけ力学的エネルギーが減少することになります。なお、解答には動摩擦力のした仕事や距離 L を考慮しないものもありました。問 5 は、物体の位置 x と運動エネルギーとの関係のグラフを作成する問題ですが、グラフが問題文の $0 \leq x \leq L$ の範囲を超えた解答もありました。

(2) では、問題文から物体に作用する力や、その向きを正しく理解する必要があります。基本的な問題と考えていましたが、などを除いて、期待したよりも正答率は高くありませんでした。1) では、長さ L のばねは伸び縮みしていないことを問題文から理解できれば解答できたと思います。2) の は、物体の運動方程式を考えるものですが、物体を静かに離すと、物体はあらい斜面上をすべり出したという点から、物体に作用する力の向きを正しく理解する必要がありますが、符号間違いの解答もありました。問 6 では、重力による位置エネルギーやばねに蓄えられたエネルギーのほか、問 4 と同様に、動摩擦力がした仕事を考慮する必要があります。問 6 では計算ミスと推察される解答もいくつかありました。やは問題にしたがって計算を進めると解答できると考えていましたが、正答率はよくありませんでした。

大問 I の全体的な正答率は約 5 割程度であった印象を受けました。試験という場面は限られた時間の中で解答することになりますが、問題文をよく読み、問題文の意図や解答で使用できる文字を理解すること、丁寧に解答を記述することを心がけてください。

II

■出題のねらい

サイクロトロン運動を題材に取り上げて、力学的エネルギー保存則を運用できるかを問うています。磁場の強さが一定ならば円運動の周期は粒子の速さによらないことと、円運動の半径が速さに比例することを理解しており、かつローレンツ力の向きを正しく判断できる必要があります。次に、電位の変化が荷電粒子の運動エネルギーにどのような作用を及ぼすかを正しく予想できることが求められます。

■採点講評

空所 、、 は、高等学校の物理学の教科書に掲載されていることを受験生に思い出してもらう目的で出題しました。サイクロトロン運動の半径が荷電粒子の速さに比例すること、および円運動の周期が運動の半径によらないことをしっかり認識できれば、以後の問題にスムーズに解答することができます。また、以後の問題で用いる文字 τ (円運動の半周期) を定義しています。

(1) の問題：空間的に電位が変化する際の力学的エネルギー保存則の運用能力を見ます。ここでは最も単純なケースとして、電位が時間的に一定の場合について考えます。

- ・電位が一定の空間ではサイクロトロンをする粒子の運動エネルギーは変化しないこと
- ・静電エネルギーと運動エネルギーの和が一定であること
- ・ローレンツ力の向き

の3点がポイントとなります。応用力よりは基礎的事項の理解を問うています。

(2) の問題：応用問題として、電位が時間的に一定の速さで上昇するケースを扱います。問題文中で与えられる記号 K (初期の運動エネルギー) と τ (円運動の半周期) を用いて解答すればよく、前問までにケアレスミスがあっても正答できるようになっています。時間ごとに領域IIでの電位障壁がどのように変化するかを丁寧に追いかける必要があり、難易度は(1)よりも高いです。

問題の後半になるにしたがい、正答率が下がる傾向がありました。冒頭～(1)では、過程の後半に出てくる電磁気学にまで学習の範囲が十分に及んでいるかどうか、が正答できるかどうかの分かれ目になります。最後の問題を正答できた受験生はごくわずかでしたので、あまり受験生間の差がつかえません。したがって、基礎的事項の理解にこだわった学習が重要です。

III

■出題のねらい

波動の問題です。前半は波の基本的な性質を問いました。後半は斜め方向のドップラー効果の公式の導出と具体例の計算です。特に後半は、式の展開力やグラフの描画による現象の理解も問いました。

■採点講評

(1) は波の時間的な推移の様子を問うものです。残念ながら問2と問3の正答率はよくありませんでした。この波は x 軸の負の向きに進みます。問2では、図1の波を x 軸後方にずらしたときに変位が下向きに最も大きく変化する時刻を選択します。問3は位置と時間を指定したときの変位を求めます。問1で求めた波長と周期を利用します。誤答では $-a$ が多かったです。

(2) は斜め方向のドップラー効果を誘導形式で考察していきます。各設問で式を展開していき、結論として角度 θ に対する音の振動数の変化の式を導きます。全体的な正答率は高くありませんでした。その中でも [ア] から問6までは比較的できていました。[ア] は L, L', θ を用いても答えられますが問題の意図ではありません。時間差 Δt の扱いを間違う解答例もありました。[イ] では符号がプラスの間違いがよくみられました。[ウ] と [エ] ではドップラー効果の式を用いて (f_L, f_R) から (u, f) に変換します。[ウ] は求められても [エ] の間違いが頻繁にみられました。最後は [エ] の結果を利用してグラフを描きます。グラフでは両端の値などの大まかな特徴は合っているのですが、 $\theta = 90^\circ$ のときの振動数 = 車から発せられる音の振動数、の間違いが散見されました。振動数が単調減少でない誤答もありました。車と観測者の位置関係に基づくドップラー効果を直観的に理解できるかどうかで差が出た部分です。

ドップラー効果は波が示す性質の典型例であり、日常的にも体感しやすい現象です。入試ではドップラー効果の公式を使って問題を解く形式が頻出されますが、是非、原理的な側面も理解しておきましょう。また、公式が持つ意味とその式の導出過程にも目を向けてください。