

物 理

I

■出題のねらい

力学に関する基礎概念についての設問です。エネルギー保存則，運動量保存則から現象を理解することができるかを，振り子の運動を題材に問いました。基本的な概念から論理的に組み立てて現象を理解できるかどうかを問いました。

■採点講評

- (1) エネルギー保存則についての基礎知識を問いました。
公式的な部分はよくできていました。位置と速度の関係は正確に示されてきました。
- (2) 2物体の衝突に関する基本問題です。解くべき連立方程式，その解も与えられていますので，計算過程を正確に示す必要があります。正答率は高かったですが， $V_{A'}$ と $V_{B'}$ の関係を示しただけの解答がかなりありました。それだけでは不正解としました。
- (3) 2つの振り子の運動を，最下点での速度と位置の関係，衝突による速度の変化とからめて理解できるかを問いました。問題文をよく読めば理解できるはずですが，振れ幅も正確に示す必要があります。Aはよくできていましたが，Bはあまりできていなかったです。
- (4) 衝突によるエネルギーのやりとりと，エネルギー保存則を用いて，現象を理解できるかを問いました。衝突直前・直後のそれぞれの速度を具体的に求める必要はありません。問題文にあるように，衝突直後では，Aの速度は0ですから，位置エネルギーを考えるだけでよいです。 $\cos\theta$ の近似式を用いない解答も正答としました。

物理学では，保存則というものは，大変有用な概念です。運動の法則から導かれるもので，その成り立ちを把握することは重要ですが，保存則を使って物理現象を理解することも大切です。数式を用いることが多いので，計算を正確に行う必要がありますが，どのような概念を用いているのかを考えてから，問題に取り組むような習慣をつけてください。

II

■出題のねらい

電荷間にはたらく力を電場（電界）から受けると考えることの理解度を確かめました。そして、場の考え方にに基づき、接地された金属球面上に静電誘導で生じた電荷分布から正の電荷 Q にはたらく力を、2つの点電荷間の力に置き換えて計算できるかを問いました。

■採点講評

ここで考える問題は、接地された金属球に正の電荷 Q （電気量 Q ）を近付けたときに受ける力（引力）の大きさを計算することです。金属球の表面には、静電誘導により電荷が表れます。その分布の様子を直接計算することは難しく、またもしそれが分かったとしても、金属球面上の全ての電荷と正の電荷 Q とにはたらく力を計算して合成することは容易ではありません。しかし、金属球表面に電荷が誘起された結果、何が起こるかは簡単に説明することができます。金属球の電位が 0V となるのです。

(3) は、金属球面上の電荷を負の電荷 q （電気量 $-q$ ）に置き換える事を考えます。このとき、金属球の表面に当たる部分の電位が 0V になっていなければなりません。このことが可能であることを、ここでは順を追って計算してみました。この計算の中心は、余弦定理を用いて半径 a の円周上で 0V になることを示すことですが、この部分はよくできていました。

しかし、問2の電位の概形のグラフがきちんと書けた人は、半数以下でした。無限遠方 ($x \rightarrow -\infty$) では 0V となり、負の電荷 q に近づくと電位が $-\infty$ となることは、絶対値が等しい正と負の電荷の場合と同じです。異なる点は、 $x = -a$ のところで x 軸と交わり (0V)、電位が正の方から 0V に近づくとということです。

ここでの計算の結果、金属球を負の電荷 q に置き換えても、金属球の表面があったところの電位は変わらないことが分かりました。ここで詳しい計算を示すことはできませんが、半径 a の 0V の等電位面（球面）があり、この球の中心から距離 R の点に正の電荷 Q がある時、この球の外の等電位面は、一意的に決まってしまう。このことは、接地された金属球を負の電荷 q に置き換えても、正の電荷 Q のある地点の電場は同じであることを意味します。そして、電場が同じなら、はたらく力も同じですから、金属球から受ける力は、負の電荷 q から受ける力と同じなのです。残念ながら、このことが理解できていると考えられる人は、ごく少数に留まりました。このことが分かっているならば、問4は、2つの電荷間に働くクーロン力 $k \frac{qQ}{(R-r)^2} = k \frac{aRQ^2}{(R^2-a^2)^2}$ として、簡単に求めることができますし、問5は、 $q = \frac{a}{R}Q$ となります（金属球を取り囲む平曲面についてガウスの法則を適用すれば、電場が同じなので、その中にある電気量も同じになる）。

全体の正答率は4割に届きませんでした。計算に惑わされて、何を計算しているのかという物理の本質が見えなくなってしまうように学習することが大切です。

Ⅲ

■出題のねらい

波と原子の2分野から独立に構成された問題です。前半は波の基本的な性質の理解を問いました。後半は光を波ではなく粒子として扱うことで説明されるコンプトン効果を題材にしました。式の展開に加えて、作図や数値計算、記述式の問題も含まれています。

■採点講評

全体の正答率はおおよそ5割でした。(1)は一般的な波のグラフを読み取る能力を問いました。波に関する様々な性質・物理量の算出を行っています。基本問題であるため、どの問いも正答率は高かったです。

(2)は光の粒子性の問題です。X線や光子の性質の理解を問いました。選択肢である **ア** と **イ** は基本的な問いなので良くできていましたが、(1)より正答率が低かったです。それ以後の問題では正答率は下がり、受験者の出来に差がみられました。式①、②、③の各空所の正答率は半分程度でした。光子のエネルギーと運動量は本文中に与えてあるので、それらと力学で成り立つ保存則の知識を活用することで答えられます。式の展開力を問う **カ** の正答率はよくありませんでした。波長の2乗の次元になることが類推できるのですが、それに合わない解答も多く見受けられました。問4、5、6の正答率も低かったです。記述式の問4は、 $\cos\theta$ の振る舞いに気付くことが重要です。問5は思考力を問う問題であり、出来が最もよくありませんでした。コンプトン効果はエネルギーが保存する現象ですので、光子のエネルギーが最も減少する(波長が伸びる)散乱角を考えると良いです。ここでは問4もヒントになります。問6では、入射X線の波長 λ を足し忘れる解答があり、もったいなかったです。光子は電子との散乱でエネルギーが減ります。したがって **イ** をヒントに散乱X線の波長は λ より必ず伸びることがわかります。しかし、逆に波長が縮む解答が見受けられました。

原子分野は、入試問題で扱う内容としては主要ではありませんが、現代の物理学や工学の基礎となる内容が多く含まれています。受験者の皆さんはぜひ勉強をしておいてください。