

I

■出題のねらい

一様な重力場中の小球の運動という、力学の最も基本的な題材から、放物運動・衝突問題を出題しました。初期条件を測定量によって表すという逆問題を、論理的に考えられるかを問いました。

■採点講評

- (1) 問1～4は基本的な放物運動の問題で教科書にもでてきますので、多くの受験生ができていました。ただ中には \sin 、 \cos が逆になっていたり、 y 軸を下向きにとってしまっているなどの答案も散見されました。これらは以下の問題を解くうえでも落とせない問題ですから、落ち着いて正答を導きましょう。
- (2) 初期条件を測定量によって表すという逆問題であり、多くの受験生が初めて取り組む題材だったのではないのでしょうか。問3、4ができている受験生は を導くのは容易かつたはずですが、問5の②式の導出ですが、正答率は20%程度でした。模範解答以外にも多くの導出法がありますので、色々な計算チェックに使える式になっています。②式を「見たことがない難しい式」ではなく、「これまでの答案をチェックできるヒント」とみて、問1～4の自分の解答を見直すことを心がけてほしいです。問5でつまずいた受験生が多かったためか、, , の正答率は思ったより低かったです。飛距離を固定した時の v_0 の最小値を求める問題ですが、これは v_0 を固定して飛距離の最大値を求める問題と捉え直すこともできます。そうすれば $\theta_m = 45^\circ$ を導くのはそれほど難しくはありませんので、しっかりと運動をイメージできるようにしましょう。問6のグラフの作成はほとんどの受験生ができていませんでした。(i) 文章から v_m がグラフの最小値となる、(ii) 問4から同じ飛距離を与える θ が (45° 以外では) 2つ存在する、(iii) T_1 が大きくなれば直線のグラフに近づく、という点を押さえればグラフの概形が描けます。運動の様子を思い描けるかがポイントになります。
- (3) , , の地面との衝突問題は比較的よくできていました。問7の非弾性衝突でエネルギー散逸が生じる原因については、教科書にも書いてある内容ですので確実に正答してほしかったです。問8は無限大を扱う問題ですが、 が答えられていた受験生の多くが正答できていました。

全体を通して、物理量の次元の異なるものの足し引きや、明らかな符号誤りなど、普段からしっかりと数式の意味することを意識すれば減らせるであろう計算ミスが多かったです。また②式の導出ができなくても , , は解答できる流れになっていますので、他の問題や文章がヒントになっていることを念頭において、最後まで諦めずに問題に取り組んでほしいと思います。

II

■出題のねらい

平行板コンデンサーの極板間にはたらく力をコンデンサーに蓄えられるエネルギーの変化から計算する問題を通して、電場と電位やコンデンサーの電気容量に関する理解度を確認しました。更に、エネルギーと力の関係を一般化し、誘電体を引き込む力が生じることを理解できるかという応用力を確認しました。

■採点講評

問1は公式として覚えている受験生が多いと思います。しかし、なぜそうなるのかを常に考えることが物理の力を伸ばすコツです。例えば $Q = CV$ を単に公式として覚えておくのではなく、この式で電気容量 C が定義されるという式の意味を理解しておくことが大切です。そうすれば「同じ V に対して C が大きい方が蓄えられる電気量 Q が多くなる」ので C は電気量をためる容器の大きさに相当し、電気容量と呼ばれると自然に理解できるでしょう。

問4で極板間にはたらく引力を求めています。下の極板が作る電場が上の極板にある電荷にはたらくと考えれば、両極板が作る電場を重ね合わせて E となっているので、

$F = \frac{E}{2} \times Q = \frac{Q^2}{2\epsilon_0 S}$ と計算できます。ここでは、外力のする仕事によりコンデンサーに蓄えられたエネルギーが増加することから力を求めました。

(1) では電池を切り離し、(2) では電池をつないだままです。何がかわるのかを押さえておくことが重要です。(1) では蓄えられる電気量 Q が一定です。したがって極板間の電場 E が一定となり、電位差 V が極板間隔 d に比例します。(2) では極板間の電位差 V が一定です。したがって極板間の電場 E と蓄えられる電気量 Q がどちらも極板間隔 d に反比例します。このことから極板間にはたらく引力 F が d^2 に反比例することがわかり、問8のグラフが描けます。 d に反比例するグラフを描いている受験生がかなり多かったです。

(3) の各問いの正答率は、残念ながらかなり低くなってしまいました。□ア□、□イ□はどう計算するのかがわかりにくかったようです。導体の電位はどこでも同じですから、スイッチを開いた状態では極板間の電位差 V は一定です。図3のように2個のコンデンサーの並列と見なせば、 $Q = CV$ ですから電気容量 C に比例して電荷 Q がそれぞれのコンデンサー配分されます。問9は直前に与えたエネルギーの式が x の変化に対してどう振る舞うかでわかります。「エネルギーが減少する向きに力がはたらく」ことが理解できていない受験生が多かったです。例えば、物体を持ち上げると位置エネルギーが増加しますが、重力の向きは位置エネルギーが減少する「下向き」です。

この問題を見たとき、難しそうだと感じたかもしれません。しかし、特殊な知識や計算手法は必要ありません。対処方法としては、平日頃からよく考え、理解を深める勉強を続けることです。

III

■出題のねらい

理想気体の分子運動論と光子の運動量に関する理解を問いました。前半の理想気体の問題は球形容器の場合の教科書にもある標準的な内容の問題です。後半は理想気体の場合の計算結果を利用して光子の運動量を導出する形で応用力を問う問題としました。最後に X 線の散乱現象との関係の理解を確認しました。

■採点講評

大問Ⅲの(1)は球形容器内に閉じ込められた理想気体の内部エネルギーを分子運動から導出する問題です。(2)は気体分子を光子に置き換えて(1)の導出を繰り返すことにより、原子の単元で学ぶ光子の運動量と振動数の関係を導出する問題です。(1)と(2)は共に問題文の導出方法に従って計算すれば、最終的によく知っている結果にたどり着けるようになっています。(3)は X 線が波と光子の性質の両方を持つといった現象についてその理解を問いました。教科書の章末問題ぐらいのレベルで、問題文の導出に従えば確実に得点できる問題です。

- (1) を埋める問題は、図 1 に描かれた球形容器内の分子の運動の軌道を基に幾何学的考察を行うことで導出でき、正答率は比較的高くなっていました。続く ・ を埋める問題は気体分子が球形容器ではね返ったときの力積の変化を求めてもらいましたが、 \cos と \sin を逆にした答案や、答えに 2 倍が抜けている答案が散見されました。 ・ は理想気体分子の圧力と内部エネルギーを求め、それらを用いて問 1 は、理想気体の内部エネルギーを圧力と体積のマクロな変数で表した関係式へと書き換える問題です。問 1 の答えは理想気体の内部エネルギーの基本的な関係式ですので熱と気体の単元が理解できていれば、 ・ の計算結果の正しさを確認できます。
- (2) を埋める問題は、光子のエネルギーと振動数の関係を問うもので、正答率は比較的高くなっていました。一方、 を埋める問題と問 2 の光子の運動量を導出する問題の正答率は低く、特に問 2 の論述問題は白紙の答案が目立ちました。問 2 の解答は光子の運動量を表す基本的な関係式ですので、答えだけなら知っていると思います。本問題では導出に使う式や計算の方針も示していますので、論述問題は白紙とせず是非ともトライしてもらいたいと思います。
- (3) を埋める問題は、波の波長と振動数と速度の関係式を問いました。逆数になっている解答や間違った関係式を記述した答案が散見されましたが概ねできていました。一方、 は基本的な知識を問うことで原子の単元の理解度を確認しました。

大問Ⅲは教科書後半の原子の単元を含む内容のため、白紙が多い答案も散見されました。受験生の皆さんには後期日程までの間に、苦手とする単元を克服するようにしましょう。