

## 物 理

### I

#### ■出題のねらい

ばねにつながれた等しい質量の2個の質点が振動しながら進む様子を、運動量保存の法則、力学的エネルギー保存の法則を用いて解析しました。どのような運動になるかを、文中のヒントに基づいて直観的に理解できるかを確かめるといのが出題のねらいです。

#### ■採点講評

弾性力による位置エネルギーは  $\frac{1}{2}kx^2$  ですが、 $x$  はばねの変位（伸びまたは縮み）を表すという認識が欠落している受験生が少なからずいたように見受けられました。これはばねの長さから自然長を引いたものですから、ここでは  $(x_B - x_A) - l$  となります。

小球Aが衝突してばねは縮み始め、やがて最も短くなった後伸びていきます。問2から問4に解答するには、この間の過程をイメージすることがポイントになります。そのためのヒントが問2に先立つ3行です。この部分の内容がしっかり理解できていれば、以下各問いに解答することは難しくありません。

ばねの長さが最小になる直前・直後で小球A、Bの速度の大小が変わることから、ばねが最も縮んだときには両者の速度が等しくなり、運動量保存の法則により、その値は  $v_0/2$  となります。これが問2の答えです。同じように考えれば、ばねが最も伸びたとき（問5）にも両者の速度は  $v_0/2$  と分かるでしょう。

一方、ばねが最も縮んだときの小球の速度から、このとき弾性力による位置エネルギーは  $\frac{1}{2}mv_0^2 - \left( \frac{1}{2}m \left( \frac{v_0}{2} \right)^2 + \frac{1}{2}m \left( \frac{v_0}{2} \right)^2 \right) = \frac{1}{4}mv_0^2$  と求められ、これを  $\frac{k}{2}4x^2$  と置けば、 $4x$  が問4の答えとなります。この値は単振動する小球の振幅ですから、問6の答えも同じです。

問7はかなり手強い問題となってしまったようでした。重心と同じ速度の人から見れば、重心は動かないので、重心が壁に固定されているのと同じ状況です。つまり、小球は半分の長さのばねに繋がれていることになり、同じ力に対して変位が半分になるので、ばね定数=(力の大きさ)/(変位)が2倍になります。

このように、現象の物理的理解ができていれば、容易に答えが求められるよう工夫しました。但し、公式を覚えてその使い方を練習するような学習をしてきた受験生には難しかったようで、できる受験生とできない受験生の差が顕著に現れました。

ここまでの考察から、小球の運動の様子がわかり、図2のグラフが描けます。小球Aのグラフを示したこともあり、これまでの問に比べて正答率はかなり高くなりました。逆にこのグラフからここまでの問のいくつかはすぐ分かってしまいます。是非自分で研究してみてください。問8は小球が止まった瞬間につかめばよいということですが、答えが逆になった間違いが多くみられました。これでは最も衝撃が大きくなってしまいます。

普段から数式と物理現象を結び付けるよう意識をもって学習を進めてください。

## II

### ■出題のねらい

導体球殻を題材として、ガウスの法則、電場、電位、コンデンサーの電気容量、ローレンツ力、荷電粒子の磁場中での等速円運動について出題し、電磁気分野の基礎的な内容を問いました。

### ■採点講評

空所ア、イ、ウと問1から問4はできていました。本学に合格する受験生は少なくともこれらの問題は確実に正答しなければなりません。

(1)の空所ア、イは電荷が存在しているときの電気力線の本数、ガウスの法則と電場の強さの理解を問いました。この内容は教科書にも載っているので、物理をしっかりと理解できている受験生は正答を書けたと思います。空所ウも電位についての基本的な問題です。

(2)の問1では、導体内部には電場がないことと、導体球殻Hの外側にも電場ができないことがポイントになります。ガウスの法則にしたがえば、任意の閉曲面を貫く電気力線の本数は、閉曲面内部の電気量の和で決まります。導体球殻Hの外側の任意の閉曲面内では、電気量の和はゼロになりますので、導体球殻Hの外側では電場がないことになります。2つの球殻の間の領域の電場の強さ空所エは、ガウスの法則から求めることができます。空所オ、カはあまりできていませんでした。2つの導体球殻の電位差は、導体球殻Gの表面の電位と導体球殻Hの内面の電位の差を求めるだけです。コンデンサーの電気容量の定義は、 $(\text{電気量}) = (\text{電気容量}) \times (\text{電位差})$ で与えられることから、電気量  $Q$  を空所オで割れば空所カが求まります。

(3)はローレンツ力、荷電粒子の磁場中での等速円運動の基本的な問題で、どの教科書にも必ず掲載されている内容です。問5は電場と磁場が共存している問題設定なので、とまどった受験生も多いかもしれませんが、導体球殻Gの内側と導体球殻Hの内部およびHの外側では電場がなく、これらの領域にはたらく力がローレンツ力だけであることを理解していれば、正答を導けたと思います。この問題設定は、同年の入試A1日程のⅡと類似していますので、合わせて勉強してしっかり理解しておくといと思います。

### III

#### ■出題のねらい

コンプトン効果とボーアの原子模型について取り上げ、粒子と波動の二重性についての理解を問いました。また、物理量の次元や単位について正しい取り扱いができるかどうか、きちんと数式を展開できるかどうかを問いました。物理量の次元の異なるものは足し引きできないなどの、基本的でありながらも重要な事項をしっかりと理解してほしいという受験生へのメッセージです。

#### ■採点講評

- (1) 空所ア～ウは光量子仮説とコンプトン効果の基本的な内容の確認です。中には光子のエネルギーと運動量の表式が逆になってしまった解答もみられました。これも次元に着目すれば誤りを防ぐことができますので、普段から数式のもつ物理的な意味合いを意識してください。
- (2) 空所エ～カは力学と電磁気分野で基礎となる円運動の問題です。オでの符号間違いとカでの文字指定を無視した解答もみられました。円運動するには向心力が必要であり、静電気力が引力となるにはその位置エネルギーが（無限遠を基準にしたとき）負になる、ということを抑えられているかがポイントとなります。

原子分野では多くの物理定数が登場し、いろいろな物理量の表式も複雑になります。しかし式⑤で登場する次元をもたない定数 $\alpha$ を導入すれば、基準となる他の物理量との比で簡単に表すことができます。この定数 $\alpha$ は微細構造定数と呼ばれ、その値はおよそ $1/137$ で与えられます。微細構造定数は電磁気力の相互作用の強さを表す量として、ミクロな世界の物理学を探究する際に中心的な役割を果たす重要な物理量ですが、問題を解く上でその詳細は必要ありません。

問1はこの定数 $\alpha$ が次元をもたないことを示す問題です。多くの受験生が $\alpha$ の単位を $\text{N}\cdot\text{m}/\text{J}$ となるまで式を簡略化できていましたが、これからただちに $\alpha$ が無次元であると結論づけるのは説得力に欠けますので、記述問題ではきちんと理由も示すようにしてください。問1の正答率は予想よりも低かったです。空所キ、クの問題ではあらかじめ次元をもつ量でくくっているのに、次元をもたない量で答えることが求められます。落ち着いて問題文を読むようにしましょう。空所ケの問題では原子のサイズのオーダーを正しく評価できるかを問いました。桁があっていればよいので、有効数字3桁で詳細な計算をする必要はありません。量や数値の大まかな評価を行うことは、理論・実験を問わず物理において非常に重要ですが、空所ケの答えが正になってしまうなど、日常的な感覚に照らし合わせれば防げるような誤答も散見されました。また式⑧は、コンプトン効果とボーアの原子模型を結びつける関係式であり、これまでの解答の整合性をチェックできるヒントとなっていますので、受験生は問題文を注意深く読むことを意識

しましょう。問2の作図問題では、リュードベリ定数の逆数を単位として線スペクトルが正しく描けるかを問いました。線スペクトルは教科書の図やイラストなどで必ず載っていますし、原子分野を代表する特徴の一つですから、しっかりと現象をイメージできるようにしましょう。

物理量のもつ次元（および単位）に重きをおいた出題は見慣れないものだったかもしれませんが、内容としては教科書に書いてあるいたって標準的なもので、満点の解答も多くみられました。また、求める量と次元が異なるものが生じれば、どこかに計算ミスがあるはずだという直観もはたりますので、普段から数式の意味する次元や単位をしっかりと意識してほしいと思います。原子分野は多くの受験生がたくさんの時間を割いて勉強をする範囲ではないかとは思いますが、現代技術に深くかかわる基本原理の理解は、工学部の学生にとってかせません。また天文学では銀河までの距離測定に問2のH $\alpha$ 線（ $n=3$ のバルマー系列）が利用されるなど、さまざまな分野への応用も考えられます。決して不要な単元だと思わずに満遍なく教科書を勉強してほしいと思います。