

物 理

I

■出題のねらい

小球の衝突問題、束縛円運動、放物運動をテーマに、運動方程式および力学的エネルギー保存則の理解、式の展開力、ならびに運動の直感的把握力を問いました。

■採点講評

(1) 直線的に運動する物体に対して、力学の基礎事項を問いました。本学を目指すのであれば、受験生には(1)の問題は確実に正答してもらいたいと思います。問1はよくできていましたが、問2では等速直線運動と勘違いした d/v_0 という誤答が多く見られました。単振動の周期の $1/4$ であることを理解し、かつ問題文に与えられている量のみを用いて答えられた受験生は残念ながら少数でした。等速直線運動の要因は物体の慣性ですが、問3では選択肢(d)という誤答が目立ちました。作用・反作用の法則は、決して1つの物体に対する力のつり合いを表す関係式ではないことを、適切に理解してください。問4、5は全体としてよくできていました。

(2) 円運動に関する基本問題である空所 、 については、概ねよくできていましたが、問6は各項の符号や係数のミスが多く見られました。問題文の誘導に従い、落ちていて式変形を行いましょ。問7の記述では、垂直抗力のような外力がはたらいっている状況で、なぜ力学的エネルギー保存の法則が成立するのかを問いました。垂直抗力が仕事をしないことを採点基準としましたが、「中心方向の重力と垂直抗力がつり合っているため」という誤答が目立ち、円運動では常に中心へ向けて加速しているという認識が十分に身につけていない印象を受けました。問8、9では次元や符号のミスが多く見られました。これらの問題を正答するには、直前の設問を確実に正答していることが前提となりますので、適切に検算することを心がけましょ。

次に物体の放物運動に関する問題ですが、空所 ではマイナス符号がついていない誤答が約8割を占めてしまいました。符号の意味と運動の向きをしっかりと意識してください。これが影響してしまったのか、問10の記述と問11のグラフ作成の正答率はかなり低いものとなりました。グラフ作成では(i)点 $(\frac{1}{2}R, \frac{\sqrt{3}}{2}R)$ を離れ、(ii)点 $(\frac{5}{4}R, 0)$ に落下し、(iii)単調減少で四半円筒と交わらない放物線が描けるか、という3点をポイントに採点しました。運動の様子を、図やグラフとして具体的にイメージできる力を普段から養ってほしいと思います。

いずれの問題も、教科書の内容をしっかりと理解していれば高得点を狙える問題でした。しかし、空所 の四半円筒面から離れた放物運動のように、教科書にある典型的な斜方投射とは異なる状況設定に対応できていた受験生は少なかったようです。教科書の式を丸暗記し、深く考え

ずに解答してしまうと、条件や状況が少し変わっただけで対応できなくなります。受験生には日頃から、物理法則や公式がどのような条件のもとで成り立っているのかを意識しながら学習してほしいと思います。また例年同様、 k 、 r 、 ω などの問題文に与えられていない量を使って解答した答案も多かったです。使用可能な物理量を取捨選択する訓練を、日常の演習の中で徹底する必要があるでしょう。

II

■出題のねらい

点電荷がつくる電場や電位、点電荷間にはたらく静電気力を中心に出題しました。また、静電気力と重力、万有引力との関係も取り上げて、公式の暗記・適用だけではなく正しく考察できるかを問いました。

■採点講評

問1と問2は静電気力と重力とのつり合いの問題です。基本問題なので取りこぼさないください。問2では指数を1とする答案が多く見られました。 $10^0=1$ ですので、正答は $n=0$ になります。間違えないようにしましょう。問1は多くの受験生が正答できていましたが、問2の正答率は約2割でした。

問3からは重力による位置エネルギーと電位の問題です。近似の公式を用いる問題では与えられた公式を正しく使ってください。問5でわかるように、点電荷1は高さが h より大きくなっても小さくなくても位置エネルギーは h からのずれの2乗に比例して大きくなります。そのため点電荷1は単振動することがわかります。問4の正答率が、1割でした。

問7からは静電気力と万有引力の問題です。突然スケールが大きくなったので驚いたかもしれませんが、学習した公式を用いれば同じように解くことができます。問7は電場の向きと電荷の電気量の関係を扱った基本的な問題です。2択の問題でしたが正答率は6割程度でした。

問8は数値に関する問題で、問2と同様に指数を問いました。このような場合は細かい正確な計算は不要で、概算で十分です。それに気づけばそれほど時間をかけることなく解くことができます。しかし、なかなか難しかったようで、正答率は1割以下でした。

問9は問6と似た問題です。ただし今回は地表付近ではなく、地球の形が影響するほどの上空に点電荷があります。この場合は点電荷と地球の間には万有引力がはたらき、その大きさは地球の中心からの距離の2乗に反比例します。これは静電気力と同じ依存性なので、点電荷の位置をずらしても万有引力と静電気力は打ち消し合います。それに気づけば、計算しなくても正答にたどり着けます。正答率は2割程度でした。

いずれも、基本的な問題で、教科書を理解していれば正答できます。公式を正しく理解して自分で考える学習をしてください。

III

■出題のねらい

気体の分野から、気体の状態変化、熱機関としての熱の収支、熱力学第二法則などを問いました。

■採点講評

題材に馴染みのないかもしれませんが、基本的な考えは難しいものではないことが理解できてもらえたかと思います。

- (1) ペットボトル内で雲をつくる実験の理由説明が主題です。ペットボトル内の空気を湿らせ、雲の種となるような煙を入れます。そして、炭酸の抜けを防ぐフィズキーパーと呼ばれる蓋を使って内部に空気を送り込み、蓋を開けると一気に空気が抜けて、ペットボトル内には雲が発生します。簡単な実験ですので、試みるとよいでしょう。本問では、ペットボトル内の空気の圧力・温度の変化を追いました。ペットボトルに空気を加えていく過程では、ボイル・シャルルの法則ではなく、気体の状態方程式を考える必要があります。空気が抜けていく過程では、ペットボトルにあった気体全体（一定量）を対象にしますので、ボイル・シャルルの法則が使えます。いずれも計算は難しくなく、論理的に考えれば半分以上の得点が得られる構成でした。

対象となる気体を説明する時に、問題文では「系（英語ではシステム）」という言葉を使用しました。物体系という言葉は力学で出てきますが、物理学ではよく登場する言葉です。

問1は、グラフの読み取り問題ですが、使うグラフが、 $y=x^{-0.26}$ であることがわかれば、 $x=1.0$ と $x=1.2$ の比較をすればよいことがすぐにわかるはずですが、問2は、中学理科で登場する飽和水蒸気量の問題です。グラフから、結露するための条件を考えてもらうことを目的としました。実際の実験では、はじめに霧吹きで空気を湿らせておいたり、圧力差を大きくすることで、雲が発生しやすくなります。

- (2) 冷蔵庫が冷える仕組みを問題にしました。教科書で取り上げられる熱機関は、シリンダーに閉じ込められた空気を $p-V$ グラフ上で時計回りに動かすものです。蒸気機関などはこの仕組みで、熱サイクルを行うことで、仕事をします。しかし、熱効率は100%にはできません。これは熱力学第二法則（エントロピー増大の法則）として習っていることだと思います。冷蔵庫は、冷却することが目的ですから、庫内の空気にとっては「仕事をされる」ことに相当します。これは冷蔵庫自体が外部に熱を吐き出すことによって成立するはずですが、ですから、問4は、部屋の温度は上昇することになります。これは、実際に実験するよりも、「思考実験」で十分でしょう。ある程度予想していましたが、「エネルギー保存の法則から部屋の温度は変化しない」という誤答が散見しました。

冷蔵庫が冷えるしくみは、問題文で詳しく説明しました。問3の理由説明では、熱の出入りに言及することをチェックポイントとしました。冷蔵庫内では、冷媒に接した庫内の空気が温度を下げます。空気は庫内の物から熱を奪います。空気は温度が上昇し、飽和水蒸気量が増えるため、庫内の物から水分も奪われます。このため、冷蔵庫内のもものは乾燥して干からびることになります。

(1)(2)とも独立した問題で、途中からでも解ける問題でした。全体的によくできていました。身の回りで見聞きする現象から物理法則への考察へと発展させるような問題意識を持った学生に入学してもらいたいと考えています。