

◆物理◆ 科目別講評

(1) 出題方針

出題範囲は物理基礎および物理で学習するすべての範囲であり、全分野から幅広く題材をとっている。例年力学と電磁気から1題ずつとそれ以外の分野(波、熱、原子物理)から1題の計3題を各日程で出題している。日程毎に出題分野を固定することはしていない。今年度は、全学部日程で波動、力学と熱力学を組み合わせた複合問題、理工学部の個別日程で電磁気学と力学を組み合わせた複合問題を出題した。分野横断的な視点を持ち、各分野の学習内容を複合的に結びつけて物理現象を理解していることを期待している。試験時間の制約のためすべての分野から出題することはできないが、なるべく広い分野をカバーしてバランスのよい出題となるように心がけている。設問の多くは文中の空欄をうめる形式とし、必要に応じてグラフを描く問題を含めた。各問題は問題文と図からなる。問題を解くにあたっては、問題文を読むだけでなく、図をよく考慮して出題の意図を的確に把握してもらいたい。単に教科書に載っている式を記憶して文字や数値をあてはめれば正答を得られる問題は避け、物理現象そのものを理解しているかどうかを問うことを重視している。空欄をうめる形式としているが、記述式の問題と変わらないという認識で解答にのぞんでもらいたい。正答に至るには、問題文と図からどのような物理現象を背景にしているかを理解したうえで、どのように数式をたてて展開していけばよいかを考える必要がある。現象を数式にもとづいて法則として記述し、数式の展開から自然現象の理解を深めていくことは、物理という分野における最も基本的なアプローチである。ほとんどの問題では、前半に基本事項を確認する設問をもうけ、後半にいくつかの要素を総合する論理的な思考力をためすような設問を配置している。また、いくつかの設問では問題文中で考え方や数式をヒントとして与え、ていねいに問題文と図を読めば正答にたどりつけるような誘導をもうけた。

(2) 解答状況および解説

全学部日程(理系)

[I] 万有引力による3つの物体の運動を問う問題である。ただし、1つの物体の質量は他の2つの物体に比べて非常に小さいため、2体問題を基本として考えていけばよい。問題の前半は2体のみを扱っており、等速円運動における速さや周期、脱出速度などを問う基本的な設問からなっている。後半で、質量の小さい第3の物体が加わるが、問題文中に明記されているように質量の大きい2体の運動に与える影響は無視できる。(キ)~(ケ)の解答欄に空白が目立ったが、万有引力の合力が向心力となることを考慮して作図すれば、正答に至る道筋を見通すことは難しくなかったであろう。

[II] 抵抗とコンデンサーを含む直流回路の問題である。(ア)~(オ)は、キルヒホッフの第2法則、静電容量、電池がする仕事、静電エネルギーなどの基本的な事項を理解していればそれほど難しくはないであろう。(カ)と(キ)はさらに基本的な設問で問題の後半においた。(ク)は(オ)の結果を利用して解けるが、円板の面積を正しく考慮した解答が少なかった。

[III] 音波の共鳴現象について問う問題である。第一段落の(ア)~(ウ)は、閉管における気柱の固有振動状態を図に描いて考えると、容易に正答が得られたであろう。第二段落では、球状容器内部の空気がばねとしての役割を果たす場合を考えており、単振動の式から共鳴振動数を表す式が導き出せる。第三段落は、温度や球状容器内の空気の体積に応じて共鳴条件がどのように変化するかを考慮する問題であるが、直感的に正答を得た受験生もいたかもしれない。

学部個別日程:文化情報学部(理系型)、生命医科学部、スポーツ健康科学部(理系型)

[I] 斜面に沿ってすべり降りた物体が他の物体と衝突する状況を問う基本的な問題である。前半は運動量と力学的エネルギーの保存を考えれば良く正答率が高かった。ただし、計算間違いと思われる解答も散見した。(エ)・(オ)では問題文中で注意喚起したにもかかわらず速さ v を使った解答が見られた。(カ)～(ク)では誘導に従って素直に小球 P にかかる合力を鉛直成分と水平成分に分解した上で単振動を考えれば良い。近似解である(ク)を記憶にもとづいて記入して(カ)・(キ)に遡行しようとしても正答には至らない。

[II] 静止した電荷に関する問題である。第一段落は点電荷1つが存在する場合の基本的な設問である。第二段落では3つの点電荷が存在する場合の設問で、(ウ)は球面内の電荷量を考えれば容易に求められ、(エ)は試験電荷が各電荷から受けるクーロン力の合力を求めるものである。また、電気力線の分布を解答図に描かせる設問も課した。後半では、球の内部に一様に分布する電荷、および薄い球面上に一様に分布する電荷に関する設問とした。(ク)では、球面内部では電界が0となることに気づけば良い。

[III] 空気中を音波がどのように伝わるかについて考える問題である。まず音速、波長と周期の相互関係や、正弦波の式を用いた圧力変化など、音波に関する基本事項を確認した。この部分はその物理量の次元を考えれば容易に解答が得られたことであろう。後半は一方向に移動する音源から発生する音波の山の波面を考える問題であった。正確な解答図が描ければ、斜め方向のドップラー効果についてのヒントにもなったであろう。音波の山の波面の包絡線についても図を用いて考えれば、直ちに解答が得られたことと思う。

学部個別日程:理工学部

[I] 質点とばねに取り付けられた平板の、鉛直方向一次元での運動を考える問題である。質点とばねの間の衝突は、前半は完全弾性衝突で、後半の問題では完全非弾性衝突となる。運動量保存の法則やエネルギー保存の法則、ばね振り子の単振動や放物運動などの基本式を正確に理解していれば、比較的容易に解答を得ることができたであろう。一次元運動とはいえ、速度を答える際には向きに注意を払う必要がある。また、座標の原点がどこに設定されているかを確認しておかないと、正答に至らないこともあるので注意すること。

[II] 2つの点電荷が固定されている状態での荷電粒子の運動に関する問題である。(ア)(ウ)(エ)で、小球が点電荷 B から受ける力、および B が P につくる電場を考える際には、その大きさと方向に注意すれば良い。(カ)で、速度が最大となるのは加速度が0となる時、すなわち小球にかかる力が0となることから式を立てていけば比較的容易に解けたであろう。(キ)は、小球の速度が最大となる時の運動エネルギーは、小球が静止している時と速度が最大となる時の位置エネルギーの差と等しいということから解くことができるが、正答率は低かった。

[III] 弾性をもつ風船についての熱力学の問題である。前半で大気圧と風船内の圧力との差を求めたうえで、後半は水中に沈めた風船について考える問題であった。風船内の気体は単原子分子理想気体であり断熱変化するため、エネルギー保存則は単純な式で表すことができ、ポアソンの式も問題文中に与えられていた。しかし、大気圧と風船内の圧力差を導くことができた解答は少なく、さらに水圧と風船内の圧力差を考慮した解答はきわめてまれであった。熱力学といえばピストンとシリンダーからなる系を思い浮かべるかもしれないが、さまざまな系に適用することが可能である。

(3) 受験生へのメッセージ

物理の入学試験では、自然現象を物理法則にもとづいてどれだけ深く理解できているかを評価することを目標としています。暗記している「公式」をあてはめれば正答できるような設問を避け、物理のさまざまな分野の理解を複合させて解く問題をもうけています。現象を数式で表現することが必須ですが、問題で与えられる設定は必ずしも教科書にててくるような典型的なケースばかりではありません。数式で表された法則の背後にある現象や実験結果を、日頃からイメージとしてとらえておくことが、問題設定に応じて柔軟に立式できるか否かのポイントです。「公式」を天狗的に記憶したり、入試問題を手当たり次第に解いてすばやく反応する練習を重ねるのではなく、教科書に記述されている現象や実験結果をよく読んで、どうしてこんな風に式で表現できるのだろうと自問しながら学習してください。授業を集中して聞いて教科書をよく読んでもわからないなら、参考書を読んだり先生に質問してみましょう。そしてまた自分の頭で考えましょう。遠回りのようにみえて自然現象を物理法則にもとづいて理解するための近道となります。その上で入試問題を解いてみましょう。かならず自然現象を法則にもとづいて理解するための助けとなる問題に出会うはずです。

物理を暗記科目ととらえている受験生はほとんどいないと思います。物理では他の科目のように多くの細かな事項を記憶する必要はありません。一部には、一生懸命記憶して確実に効率よく点数をとって入試を突破したいと思う受験生がいるかもしれません。しかし、それでは自然現象を定量的に理解する機会を逃してしまいます。現実には複雑で何の解決の糸口もないようにみえる現象ばかりです。しかし、法則を見だし式を使って定量的に記述することで問題を解決していくことができます。物理にはその歴史がつまっています。それを具体的に学んでいくことが物理法則を理解することです。

◆物理◆ 出題の意図

201	出題の意図
[I]	<p>万有引力による3つの物体の運動を問う問題である。ただし、1つの物体の質量は他の2つの物体に比べて非常に小さいため、2体問題を基本として考えていけばよい。問題の前半は2体のみを扱っており、等速円運動における速さや周期、脱出速度などを問う基本的な設問からなっている。後半で、質量の小さい第3の物体が加わるが、問題文中に明記されているように質量の大きい2体の運動に与える影響は無視できる。(キ)～(ケ)については、万有引力の合力が向心力となることを考慮して作図すれば、正答に至る道筋を見通すことができるであろう。</p>
[II]	<p>抵抗とコンデンサーを含む直流回路の問題である。(ア)～(オ)は、キルヒホッフの第2法則、静電容量、電池がする仕事、静電エネルギーなどの基本的な事項を理解していればそれほど難しくはないであろう。(カ)と(キ)はさらに基本的な設問で問題の後半においた。(ク)は(オ)の結果を利用して解けるが、円板の面積を正しく考慮する必要がある。</p>
[III]	<p>音波の共鳴現象について問う問題である。第一段落の(ア)～(ウ)は、閉管における気柱の固有振動状態を図に描いて考えると、容易に正答が得られたであろう。第二段落では、球状容器内部の空気がばねとしての役割を果たす場合を考えており、単振動の式から共鳴振動数を表す式が導き出せる。第三段落は、温度や球状容器内の空気の体積に応じて共鳴条件がどのように変化するかを考慮する問題である。</p>
204	出題の意図
[I]	<p>斜面に沿ってすべり降りた物体が他の物体と衝突する状況を問う基本的な問題である。前半は運動量と力学的エネルギーの保存を考えれば良い。(カ)～(ク)では誘導に従って素直に小球Pにかかる合力を鉛直成分と水平成分に分解した上で単振動を考えれば良い。近似解である(ク)を記憶にもとづいて記入して(カ)・(キ)に遡行しようとしても正答には至らない。</p>
[II]	<p>静止した電荷に関する問題である。第一段落は点電荷1つが存在する場合の基本的な設問である。第二段落では3つの点電荷が存在する場合の設問で、(ウ)は球面内の電荷量を考えれば容易に求められ、(エ)は試験電荷が各電荷から受けるクーロン力の合力を求めるものである。また、電気力線の分布を解答図に描かせる設問も課した。後半では、球の内部に一様に分布する電荷、および薄い球面上に一様に分布する電荷に関する設問とした。(ク)では、球面内部では電界が0となることに気づけば良い。</p>
[III]	<p>空気中を音波がどのように伝わるかについて考える問題である。まず音速、波長と周期の相互関係や、正弦波の式を用いた圧力変化など、音波に関する基本事項を確認した。この部分はその物理量の次元を考えれば容易に解答が得られたことであろう。後半は一方向に移動する音源から発生する音波の山の波面を考える問題であった。正確な解答図が描ければ、斜め方向のドップラー効果についてのヒントにもなったであろう。音波の山の波面の包絡線についても図を用いて考えれば、直ちに解答が得られたことと思う。</p>

207	出題の意図
【Ⅰ】	<p>質点とばねに取り付けられた平板の、鉛直方向一次元での運動を考える問題である。質点とばねの間の衝突は、前半は完全弾性衝突で、後半の問題では完全非弾性衝突となる。運動量保存の法則やエネルギー保存の法則、ばね振り子の単振動や放物運動などの基本式を正確に理解していれば、比較的容易に解答を得ることができたであろう。一次元運動とはいえ、速度を答える際には向きに注意を払う必要がある。また、座標の原点がどこに設定されているかを確認しておかないと、正答に至らないこともあるので注意すること。</p>
【Ⅱ】	<p>2つの点電荷が固定されている状態での荷電粒子の運動に関する問題である。(ア)(ウ)(エ)で、小球が点電荷Bから受ける力、およびBがPにつくる電場を考える際には、その大きさと方向に注意すれば良い。(カ)で、速度が最大となるのは加速度が0となる時、すなわち小球にかかる力が0となることから式を立てていけば比較的容易に解けたであろう。(キ)は、小球の速度が最大となる時の運動エネルギーは、小球が静止している時と速度が最大となる時の位置エネルギーの差と等しいということから解くことができる。</p>
【Ⅲ】	<p>弾性をもつ風船についての熱力学の問題である。前半で大気圧と風船内の圧力との差を求めたうえで、後半は水中に沈めた風船について考える問題であった。風船内の気体は単原子分子理想気体であり断熱変化するため、エネルギー保存則は単純な式で表すことができ、ポアソンの式も問題文中に与えている。熱力学といえばピストンとシリンダーからなる系を思い浮かべるかもしれないが、さまざまな系に適用することが可能である。</p>