

◆物理◆ 科目別講評

(1) 出題方針

出題範囲は、教科書「物理基礎」および「物理」で学習する内容のすべてを対象としている。例年、力学と電磁気学から一題ずつと、それ以外の分野(波、熱、原子物理)から一題の、計三問を各日程で出題している。日程に連動して出題分野が固定されることは無い。今年度は全学部日程(理系)で波動、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)で原子物理、学部個別日程:理工学部で熱の範囲から出題した。試験時間内に解答が可能な量とするため、全ての分野からの出題とはならないが、できるだけ広い分野からの出題となるように問題作成を心がけている。設問の多くは空欄に記入する形式としているが、式を正確に記述する問題として解答に臨んでもらいたい。正答を得るためには、問題文と図から、どのような物理現象を対象にしているかを理解した上で、いかに式を立てて解いていけば良いか、解答の方針を考える必要がある。物理現象を、式で表される法則として記述し、式を展開することによって本質部分の理解を深めていくことは、物理分野における最も基本的な問題解決アプローチである。ほとんどの問題で、前半の設問で基本事項を確認し、後半の設問でいくつかの要素を組み合わせて考え、解答を導くような構成としている。また、問題によっては考え方や式をヒントとして与えており、問題文をよく読み、図を注意深く見れば正答が導けるように記述している場合もある。

(2) 解答状況および解説

全学部日程(理系)

[I]ばねで繋がれた物体に対する衝突の問題である。前半の設問は衝突に関する問題で、反発係数(はねかえり係数)を理解していれば解ける。続く問題は、運動量保存則とエネルギー保存則を用いて解けるのだが、衝突直後からの運動がうまく捉えられていないのか、正答率は高くなかった。他方で運動方程式から考える問題については正答率が高かった。

[II]電場と磁場が存在する空間中での荷電粒子の運動に関する問題である。まず磁場中の荷電粒子の運動と電場中の荷電粒子の運動について基本事項を確認した後、原点に戻る条件の電場の大きさを求める問題とした。各領域で xy 平面内での荷電粒子の運動を丁寧に考えていけば、それほど難しい問題ではないであろう。後半は z 方向にも運動が生じるように電界を追加したが、方向成分に留意して考えれば良い。問題によっては、直感的に正答が得られる場合もあったであろうが、全体的に正答率は高くなかった。

[III]波の中から光学について、基礎知識を確認した。まず、屈折の法則から出発し、媒質中の光の光線の経路を考えることにより、球面ガラス内部から出た光が集束する地点を求めた。得られた答えの次元を調べることにより、計算間違いを未然に防ぐことができるものと考えられるが、誤答が散見された。後半では、ボールレンズを用いて光ファイバーに光線を導入する問題について考えた。最後の問題は全反射の条件が理解できていれば解答が得られる。正答率はあまり高くなかった。

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]台の上面を通じて相互作用をする2物体の問題である。(ア)~(ウ)は、図1では摩擦による運動の変化で、運動量は保存するが、摩擦による仕事のみだけ運動エネルギーが消費されることを理解していれば解ける。解答図(I-A)には、一体となる前と後とでの運動の違いを描けばよいのであるが、一部の受験生にとっては難しかったようである。(エ)~(キ)は、図2の問題では摩擦がないので運動量およびエネルギーが保存することを用いればよい。後半よりは前半の問題の方が、正答率が高かった。

〔Ⅱ〕複数の点電荷が配置された空間中で、荷電粒子が受ける力とそれにもとづく運動に関する問題である。前半で、静電気力の合力と方向成分、静電気力による荷電粒子の位置エネルギーについて基本事項を確認した後、エネルギー保存則から速度を求める問題とした。後半では、さらに点電荷の数を増やした問題を課した。

(キ)は長い式となるが、前半の問題が解けた受験生であれば、各点電荷の配置を丁寧に考えることにより解けるはずである。(ク)と(ケ)は(キ)の状態を正しく把握していることが必要であり、正答率は低かった。

〔Ⅲ〕重粒子線や γ 線を用いたガン治療に関連する物理プロセスについて、原子物理の分野から出題した。前半では、高速の重粒子線が近傍を通過する際に電子が得る力積にもとづいて、電子の運動エネルギーを計算する。また、光子のエネルギーと運動量、電子の物質波の波長を計算する関係式を答える問題では、正答が得られなかった受験生が多かった。最終段落ではボーアの原子模型を用いて、水素原子の電離エネルギーを計算した。基本に近い問題であったが、やはり一部の受験生にとっては見慣れない問題であったかも知れない。

学部個別日程：理工学部

〔Ⅰ〕水平方向と鉛直方向に単振動する運動の合成(リサージュ)に関する問題である。単振動と等速円運動の関係を理解していれば解けるが、(ア)～(カ)に進むに連れて、受験生にとって解くのが難しかったようである。ばねBをばねCに取り替えた問題では解答図(I-A)を描くのも(キ)を求めるのも難しかったようである。(ク)は n 周期の時間での自由落下で、解きやすかったものと思われる。

〔Ⅱ〕一様な磁場中におかれたコイルに関する問題である。まずコイルに直流電源を接続したときに加わる力と力のモーメントについて基本事項を確認した。次に直流電源を外して抵抗を接続し、コイルを回転させた時の問題を問うたが、(オ)と(カ)の正答率は低かった。(キ)と(ク)は回転させたコイルにコンデンサを接続した時の問題であり、(エ)が解けている必要があるが、比較的容易に解けたであろう。

〔Ⅲ〕断熱圧縮と定圧変化、断熱膨張と定積変化を組み合わせた熱サイクルについて問う問題である。各過程で温度、圧力、体積がどのように変化するかに注意を払えば正答が得られる。受験生にとって解きやすい問題であったようで、比較的正確率は高かった。(ア)以外は各状態の体積比を用いて答える問題となっているので、解答すべき物理量の次元を確認することにより、誤答を避けることができたものと思われる。

(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。暗記した「公式」をあてはめれば答えられ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ような問題の出題を目指しています。現象を式で記述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出てくるような、典型的なケースばかりではありません。式で表された法則のもととなった物理現象や観測結果を、日頃からイメージとして捉えておくことが、出題された問題に応じて柔軟に解くことができるかのポイントです。公式を天下りの記憶し、入試問題を手当たり次第に解いて素早く答える練習を重ねるのではなく、教科書に説明されている現象や実験・観測結果の記述をよく読んで、どうしてこのように式で表現できるのだろうと自問自答しながら学習を進めてください。授業をよく聞いて、教科書をよく読んでも分からないときは、参考書を調べ、先生に質問してみましょう。その上で、自分でさらに考えましょう。遠回りのように見えても、逆に自然現象を物理法則にもとづいて理解する上での近道となるはずですよ。こうして入試問題にあたってみると、一部の問題が自然現象を物理法則にもとづいて理解する上でのヒントを与えている場合があると気付くと思います。

物理を暗記科目と捉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い事項を記憶する必要はありません。受験生の中には一生懸命に問題の解答を丸覚えして、確実に点数をとって入学試験に合格したいと思う人もいるかも知れませんが、その人は自然現象の本質を理解する機会を逃がしています。現実の物理現象は複雑で、解決の糸口さえ見えないように思える場合もあるかも知れません。しかし、物理

学には法則を見だし、式を用いて定量的に現象を記述することで問題を解決してきた歴史があります。入試問題の一部には、そんな物理の歴史に触れられるような出題もあります。その問題を解いているとき、受験生のみなさんは、その時代の物理学者と一緒に、自然現象を理解しようとしているのです。

◆物理◆ 出題の意図

201	出題の意図
〔Ⅰ〕	ばねで繋がれた物体に対する衝突の問題である。前半の設問では、反発係数(はねかえり係数)の概念や、位置エネルギーと運動エネルギーに対する理解を確認した。続く問題は、力学の問題で頻出する運動量保存則とエネルギー保存則を用いれば解けるが、途中の式を上手く整理すると、短時間に正解が得られる。相対運動を考える場合、それぞれの質点の運動方程式を書いてみて、それらの間の関係を考えることは基本に立ち戻ることにつながる。最後の部分の問題では基本に立ち戻って問題を考える姿勢を評価している。
〔Ⅱ〕	電場と磁場中で運動する荷電粒子が、どのような軌跡を描くかを問う問題とした。磁場中では荷電粒子がどのような運動を行うか、同様に電場中ではどのような運動を行うか基本事項を確認した。力はベクトルで、どちらの向きに力が作用し、その力により荷電粒子がどのような軌跡を描くか考えた上で、教科書で学んだどの式を使うべきか考えた受験生が、速く正答を得られる形の問題とした。後半は z 方向にも運動が生じるように電界を追加し、きちんと方向成分に分解して、正確に計算する能力を確認した。
〔Ⅲ〕	教科書の屈折の法則の式を確認してもらったが、説明のための図がヒントとなり、「真空・大気中の光速が媒質中の光速より速い」ことから正解が得られる問題となっている。物理学では電気力線のように、実際には見えない線を描いて問題を考える場合も多い。この問題では、媒質中の光線の経路を考えることにより、球面ガラス内部から出た光が集束する地点が求められる。ボールレンズを用いて光ファイバーに光線を導入する問題についても、光線を描いて考えれば正答が得られたことだろう。最後の問題は全反射の条件に対する理解を聞いた。
204	出題の意図
〔Ⅰ〕	台の上面と質点が摩擦力を及ぼし合って運動する問題である。摩擦力が作用する場合、作用・反作用の法則によって、運動量がどのように変化するか、摩擦による仕事によって、運動エネルギーがどのように変化するかを考え、基本となる式が立てられるかを問うた。台の進んだ距離を時間の関数としてグラフを描く問題では、グラフの横軸の変数の関数として、縦軸の変数を計算する式に変形できるかがポイントになる。後半では摩擦が無く、エネルギーが保存する。ただし、重力方向にも質点が運動する点を考慮する必要がある。
〔Ⅱ〕	点電荷による静電気力と、ポテンシャルエネルギーの理解度を問う問題である。点電荷が複数個配置されているため、静電気力の合力とその方向成分、位置エネルギーの重ね合わせについて注意が必要となる。電荷をもつ質点の運動については、エネルギー保存則から速度を求めることができるかを聞いている。後半では、周期的に配置された二つの点電荷群の中央に電荷を置いたとき、この電荷がどのような力を受けるか考える問題とした。複数の電荷からの力を方向成分に分けて考える問題では、式をうまく整理しないと複雑な問題と感じられたことだろう。
〔Ⅲ〕	原子・原子核の部分の教科書記載内容の理解度を確認した。高速の重粒子線が近傍を通過する際に、電子が得る力積を計算するのに必要な式は問題文中に与える形とした。電子の得る運動エネルギーを、力積から計算できるか確認する問題となっている。がん治療に用いられる、もう一つのタイプの放射線である光子(γ 線)については、エネルギーや運動量などの関係式について、基本式の理解を確認した。続くボーアの原子模型の問題では、水素原子の電離エネルギーを計算するために、問題文にしたがって式を整理していけば解答が得られたはずである。

207	出題の意図
【Ⅰ】	<p>質点が水平方向と鉛直方向に単振動する運動について、質点が二次元平面にどのような軌跡を描くか考える問題である。高校の教科書にも単振動と等速円運動の関係が説明されており、この対応関係が理解できていれば比較的簡単に解ける問題である。二次元の運動としてイメージすることが難しい場合、どのような図形が描かれるか、得られた式に値を入れてみて考えることも有効である。柔軟な思考により解答を確認することができたはずである。最後の問題では、落下問題と振動問題の特徴が整理して理解されているかを問うた。</p>
【Ⅱ】	<p>磁界中に長方形の回路を挿入し、前半ではモーターの、後半では交流電源の基本原理について考える問題とした。最初の部分では、磁界中に置かれた電流路に加わる力を考えた。次に電流の流れる回路に働く力のモーメントについて問うた。さらに磁界中に置かれた回路を一定の角速度で回転させたときに、回路に生じる電圧を考え、抵抗で消費する電力とその平均値を計算する問題について考えた。最後の部分では、磁界中を回転する回路にコンデンサを接続した場合の動作について、交流回路の理解を確認した。</p>
【Ⅲ】	<p>断熱圧縮と定圧変化、断熱膨張と定積変化を組み合わせた熱サイクルについての問題であり、体積—圧力線図が解答を得るヒントになっている。各過程での温度、圧力、体積の変化に注意を払っているかが正答を得る上でのポイントとなる。状態変数がどの式にしたがって変化するかを考えれば正答が得られるよう出題した。ほぼすべての問題で、体積比を用いて解答する問題となっている。誤答を避けるためには、計算で得られた物理量の次元を確認することも有効であることが多い。体積比が無次元量であるため、この問題では次元の確認が容易だったはずである。</p>