

理 科

物理基礎，物理

第1 高等学校教科担当教員の意見・評価

物 理 基 礎

1 前 文

「物理基礎」は、身の回りの事物・現象への関心を高め、日常生活や社会との関連を図りながら、科学的に探究するために必要な資質・能力を育成する科目である。

今回の受験者数は17,949人であり昨年度より29人減少した。全受験者に対する「物理基礎」選択者の割合は約3.9%で、昨年度とほぼ同じ割合であり、「物理基礎」選択者の傾向に大きな変化はないものと思われる。理科①受験者に対する「物理基礎」選択者数の割合は約6.7%で、他の基礎科目と比較すると最も少ない。また、「物理基礎」受験者全体の平均点は28.72点であった。

なお、評価に当たっては、14ページに記載の8つの観点により、総合的に検討を行った。

2 内 容・範 囲

内容については、基礎的な知識や法則の理解について問う基本的な設問を中心とし、法則に基づき日常生活における現象と関連させて考える設問や、グラフから情報を抽出する設問等、単なる知識ではなく思考力・判断力・表現力等を問う設問も多く、出題趣旨に則したものであった。また、日常の生活に関連する場面を取り上げ、様々な条件を組み合わせながら課題を設定し導いていく探究的な活動から、科学的な見方、考え方が身に付いているかどうかを問う設問が多く見られた。基礎的な知識を問う基本問題、文字式や数値により求める計算問題、グラフや現象を探究的に扱った思考問題等、全体的にバランス良く出題された。

また、出題範囲は学習内容の全分野から幅広く出題されていた。熱と電気分野は小問集合のみの出題であった。各分野から出題された内容には極端な偏りもなく、適切であったと考えられる。

小問集合では、力学、熱、電気の3分野からの出題であった。基礎的な現象を問う設問であるが、法則等の表面的な知識ではなく、現象をイメージする力や定義を理解していることを問う良問であった。

第1問

問1 低温の器に、高温のスープを注いだときの熱平衡温度を問う設問であった。

問2 鉛直上向きに大きさが一定の力を物体に加え続けて上昇させたときの、力学的エネルギーの変化と物体がされた仕事との関係を問う設問であった。問題文から物体をどのように移動させたかをイメージする必要があるが、エネルギー、力、仕事の関係を定性的に考察することが求められた。

問3 バッテリーへの充電を題材にして、電流計を通過した電気量、通過した電子の数、そして電流の定義に関する設問であった。

問4 発熱電球の効率を用いて消費電力量を求めることと、白熱電球とLED電球との比較からLED電球の効率を求める組合せの設問であった。

第2問 ジャガイモを用いた探究活動を通して、浮力や力のつり合いについて考察する問題であった。グラフの読み取りから実験過程の理解が必要だったり、そこから得られたグラフから更に物理量の新たな関係のグラフを見付けたりするなど探究的な要素を多く含み、深みのある内容となっている。

問1 水中にある物体にはたらく浮力の大きさを問う設問で、浮力がはたらく物体の体積を与えられた質量と密度から表すことが求められており、浮力に関する基本的な理解を問う内容であった。

問2 ジャガイモにはたらく力のつり合いと、グラフの読み取りの設問であった。ジャガイモが水中にある時にはたらく力の関係を導くことと、ばねはかりの値とジャガイモの水中の深さのグラフから浮力の大きさを求める組合せの設問であった。

問3 ばねはかりの値とキッチンばかりの値の関係を問う設問であった。2種類のグラフから張力の大きさと計量カップがはかりを押す力の関係を見いだす思考力を問う良問であった。

問4 水中に沈める物体をモデル化して、ばねはかりの値と物体の深さの関係を考える設問であった。

問5 計量カップの底にあるジャガイモにはたらく力を問う設問であった。垂直抗力以外にジャガイモにはたらく力と、実験中の垂直抗力の大きさの変化を推察できるかを問う組合せの設問であった。

第3問 空気中を伝わる音の速さを三つの異なる方法で測定する問題であった。得られた実験値と理論値の差の原因を考察したり、また精度を上げるための方法を考えたり、実験や観察の状況を把握して科学的に探究していく過程を問う良問だった。

問1 音の速さと温度との関係と、同じ振動数で温度が異なるときの波長を問う組合せの設問であった。

問2 太鼓の音が伝わる時間をストップウォッチで測定し、そこから音の速さを求める設問であった。計算や有効数字の表現を含めて基本を問う内容であった。

問3 問2で求めた実験値と理論値の違いについて、その差が生じた原因を考察する組合せの設問であった。

問4 1分間に300回音を出す装置（電子式メトロノーム）を用いた測定から音の速さを求める設問であった。メトロノームの音のずれと音の速さとの関係を的確に把握する力を問う内容であった。

問5 気柱の共鳴実験から、波長と音の速さを求める基本的な組合せの設問であった。

問6 超音波の特徴と波長を求める組合せの設問であり、波の基本公式を用いておよその波長の大きさを求める基本的な問いであった。

3 分量・程度

大問は3題で、第1問は4問の小問集合であった。今年度は、第2問5問、第3問6問、昨年度は、第2問5問、第3問4問と、第3問において2問増加した。解答番号は17までであり、昨年度の16と比べそれほど大きな変化はなかった。今年度も文字式による計算は多くないが、関係式を定性的に捉える設問が増えたため、全体の出題の分量は昨年度までと同程度と言える。組合せによる問題数は、昨年度は4問であったが今年度は7問と増加した。今年度の組合せ問題は、計算による正解の選択ではなく、探究活動や実験の結果から必要な情報を抽出することが求められており、「思考力・判断力・表現力等」を問う設定であった。難易度としては、平均点が28.72点であり、昨年度28.19点に比べ0.53点高くなったものの、共通テストの趣旨に則した適切なもの

であったと考えられる。

第1問の小問集合は、2問が電気、1問が熱、1問が力学からの出題となった。問2は、仕事と力学的エネルギーの関係を問う設問であった。小物体に一定の力を加え続けて鉛直上方に運動させたという表現を、物体が投げ上げられたと捉えた受験者がいたと思われ、正答率は47.98%とそれほど高くなかった。設定状況の把握は難しくないが、図があれば更に正答率が上がったものと考えられる。問3は、問1の熱量保存則の問と同様に数値計算の基本的な設問であった。電流と通過した電子の個数の関係から容易に立式できたと思われるが、正答率はそれほど高くなかった。

第2問は、ジャガイモを用いた探究活動を二人の会話を通して、浮力について考察していく問題であった。問1は、一般的な浮力に関する設問である。浮力がはたらく物体の体積が与えられていないので、戸惑う受験者も少なからずいたと思われる。単純な計算問題であるが、識別力の高い問題だった。正答率は50.28%とそれほど高くなかった。問2の **イ** は、浮力をグラフから読み取る設問で差がつき、正答率は43.40%と高くなかった。ジャガイモが沈むにつれて浮力が大きくなり、一方張力であるばねばかりの値が小さくなっていくことを定性的に読み取る必要があった。問3は、力のつり合いを式で表し、更に考察が必要な問題であり、目新しい問題であった。二つのグラフから**④⑤⑥**を選択できたと思われるが、そこからどのように一つに絞るかを考えさせる良問であった。正答率は45.50%と高くなかった。「物理基礎」履修者のみならず、「物理」履修者にも取り組ませたい設問であった。

第3問は、音の速さを探究的に幾つかの測定方法で求める思考問題であった。一つ一つの測定方法が探究的で思考力・判断力・表現力等を重視した設問で、測定方法も分かりやすく説明しており、受験者にとっては取り組みやすかったと思われる。問3は、前問の計測値と理論値の違いの原因を具体的に考える設問で、計測値が小さい理由を考察することが求められた。ストップウォッチの計測時間を長くすれば良いか、短くすれば良いかを状況から正しく判断する必要があった。また、問題文に「音の速さが小さくなった原因」と明確に表記しておけば、受験者もより解答しやすかったのではないと思われるが、探究活動の中で実験値と理論値の違いを問う思考力が問われた良問であった。問5は、気柱が初めて共鳴したときの水面の位置と2回目に共鳴したときの水面の位置が明示され、どの教科書でも掲載されている実験内容であるので、全ての受験者に解いて欲しい問題であった。日頃から授業や実験・観察で現象を作図したり、実験結果から測定誤差を求めたりする活動が必要だと実感させられる。問6は、超音波の波長が短いことは知識として持っているのに、超音波のおよその波長を求めることは難しくないと思われる。しかし、問2と同様に、計算ミスや単位換算ミスをした受験者が一定数と考えられる。正答率は48.57%と高くなかった。

4 表現・形式

全体的には、受験者が問題文を読み場面設定が容易に把握できるように工夫され、分かりやすい丁寧な表現が多かった。探究活動の会話文形式の問題や、複数の測定方法で実験を行う設問など、「どのように学ぶかを踏まえた問題の場面設定」が重視された構成となっていた。

配点については、文字計算の問いが1.5問6点、数値計算の問いが7.5問24.5点、語句・文章の問いが3.5問9.5点、図・グラフの問いが2.5問10点であった（第2問の問2は、文字計算と図・グラフの組合せによる出題のため、0.5問2点ずつと計算した。また、第3問の問6は、語句・文章と数値計算の組合せによる出題のため、0.5問1.5点ずつと計算した）。物理の特徴である文字式の計算が少なく、数値計算の問題が多かったが、探究活動や身の回りの生活の中にある物理量を数値として捉える場面が多いので、このようなバランスでも適切であると考えられる。今後の問題作成におい

でも、場面に応じて文字計算や数値計算の問題をバランス良く出題されることを期待したい。

選択肢については、4択が1問、6択が7問、8択が3問、9択が2問、10択が1問、数値計算1問であった。昨年は4択が7問、5択が1問と選択肢数が少ない問題が多かったが、今年度は組合せ問題が7問と昨年度の4問より多かった点や数値計算の問いが多かった点が選択肢を多くした要因になったと思われる。選択肢の内容が受験者を惑わせるようなものではなく、作問者の配慮がうかがえる。

5 ま と め（総括的な評価）

学習指導要領「物理基礎」の目標に則した内容の設問であり、特に「日常生活や社会との関連」や「目的意識を持って観察、実験などを行い、物理学的に探究する能力と態度を育てる」といったねらいを重視した設問が多い内容であった。基本的でありながら思考力・判断力・表現力等を要する問題、探究的な活動を通して多角的に考察し課題を解決していくような問題が出題された。また、学習した知識や概念を新たな場面でも発揮できるかを問う内容もあり、学習の在り方や授業改善へのメッセージ性もあった。そして、探究的な活動を重視し、主体的に考え、考察を丁寧に行うことで、科学的に探究する力を身に付けていくことが重要であることも改めて確認できたと思われる。最後に、共通テストにおいて測りたい能力を的確に捉えることができる出題として、よく練られた良問を作成された作問委員の先生方に深い敬意を表したい。

物 理

1 前 文

「物理」は、身の回りの物理現象への関心を高め、科学的に探究するために必要な資質・能力を育成する科目である。具体的には、科学の基本的な概念や原理・法則に関する深い理解を基に、基礎を付した科目との関連を考慮しながら、自然の事物・現象の中から本質的な情報を見いだしたり、課題の解決に向けて主体的に考察・推論したりするなど、科学的に探究する過程を重視している。

今年度の共通テストの受験者数は142,525人であり、昨年度より2,389人減少したが、全受験者数に占める割合は31.2%であり、昨年度の30.7%と比較するとほぼ横ばいであった。平均点は62.97点であった。

なお、評価に当たっては、14ページに記載の8つの観点により、総合的に検討を行った。

2 内 容・範 囲

内容については、「共通テスト問題作成方針」に基づき、「共通テストで問いたい力を明確にした問題」「高等学校教育の成果として身に付けた、大学教育の基礎力となる知識・技能や思考力、判断力、表現力等を問う問題」「どのように学ぶかを踏まえた問題の場面設定」が重視されていた。ペットボトルロケットを圧縮空気がした仕事や運動量保存から考えることで大学教育の入口段階で身に付けておきたい知識の理解の質を問うものに加え、そうした基本的知識を幾つか組み合わせて考え、判断する力を問う良問が多く出題されていた。また、金属線を用いた弦に交流電流を流したときに生じる固有振動についての探究的な題材も設定され、高校での「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けたメッセージとも感じられる。

第1問 小問集合形式であり、力学、熱力学、波、電磁気、原子と幅広い分野から出題された。

力のモーメントのつり合いや全反射の条件、磁場中の荷電粒子の運動といった古典物理学の基本的な設問だけでなく、太陽中心部のプラズマに関する設問や原子核崩壊など、日常生活や現代物理学に関する設問も見られた。いずれも物理学の基本となる物理現象に基づく設問であり、基本的知識の理解の質と、知識を活用して合理的に解決できる力を問うていた。

問1 直角二等辺三角形の板について、力のモーメントのつり合いに関する設問であった。

板の一点に加える力を大きくしていくと、板がどこを支点として回転し始めるかに着目することが必要であったが、力のモーメントのつり合いを式で表現すれば解くことのできる基本的な設問であった。

問2 単原子分子理想気体とみなせる原子核1個あたりの運動エネルギーの平均値を問う設問で、原子核の種類によらず、原子核1個あたりの運動エネルギーの平均値は絶対温度に比例することを理解しているかを問うている。特に、**3**について正答率が22.43%と低いのは、運動エネルギーの平均値が問われていることを読み飛ばしたり、安易に陽子数の比のみで現象を捉えようとしたりする受験者が多かったことが背景にあると考えられる。

問3 光が水、ガラス、空気へと進むときの全反射の条件についての設問で、水とガラス及び空気の屈折率の大小関係を理解した上で解くことが必要である。図の中にも光路は示されているが、水とガラスの間で全反射すると誤認した受験者も多かったことだろう。

問4 一様な磁場中における荷電粒子の運動から、磁場の方向を問う設問であった。直交する三つの軸について図が描かれておらず、イメージしにくいことから正答できなかった受

験者もいたかもしれない。また、荷電粒子が直線運動しているときの磁場の向きを問うという点も目新しかった。

問5 静止質量の減少による原子核反応におけるエネルギー収支に関する問いと、半減期の定義に関する問いの組合せであった。厳密な数値計算をしなくても解ける設問ではあるが、表に原子核の質量が示されているため、計算して求めた受験者も多かっただろう。

第2問 ペットボトルロケットの推進に関して探究的な要素を含む問題であり、題材自体はやや難しいが、物理量や物理法則に関する基本的な理解があれば解答できるように工夫されていた。物理量の微小変化の取り扱いについては物理を学ぶ上で大切な考え方ではあるが、教科書や標準的な問題集には余り掲載されていないので、戸惑った受験者も多かったと推測する。

問1 ペットボトルロケットの水の流量に関する設問であった。時間や体積の微小変化が取り扱われ、そうした微小量の取り扱いが苦手な受験者にとっては状況把握が難しいが、それができればほぼ問題文で与えられた状況を式で表現することにより正答を導けるので、物理の得意な受験者にとっては差がつかない設問だったと考える。

問2 噴出した水の質量と圧縮空気がした仕事についての設問で、密度の定義と仕事の定義を理解しているかが問われていた。次元解析により選択肢を絞り込むことも容易であるため、本問も物理の得意な受験者にとっては差がつかない構成であった。

問3 圧縮した空気がした仕事が水の運動エネルギーになっていることから、噴出する水の速さを求める設問であった。問題文では、「運動エネルギーが、この間に圧縮空気がした仕事 W' に等しい」という表現だったが、これは受験者の思考とは逆であるため、「この間に圧縮空気がした仕事 W が、運動エネルギーに等しい」といった表現にすれば、より正答率は上がったのではないかと考えられる。

問4 ペットボトルロケットと噴出した水について、運動量が保存することを表す式を選択する設問であった。部分点は与えられているが、運動量の正負の符号について注意する必要があった。

問5 運動量の変化と力積の関係を、ペットボトルロケットに適用する設問であった。この文脈では運動量と力積の関係に着目することができないことが予想されるため、特に物理の得意な受験者における点数差につながった可能性が高い。また、問4までは計算上、重力の影響は無視して取り組ませた一方で、本問ではロケットの重力と比較するという点で文脈を整理するのが難しい設問であった。

第3問 磁石がつくる磁場中において、金属線を用いた弦に交流電流を流したときに生じる弦の固有振動に関する探究的な問題であった。各設問を通して、実験の結果がグラフや表に示されており、それらで与えられた変数を制御しながら正しく読み取って、弦に伝わる波の速さや引く力及び線密度の間の関係を推定することが必要である。

問1 弦を流れる電流が磁場から受ける力の向きと生じた定在波の様子を問う設問であった。電流が磁場から受ける力に関する基本的知識と、弦の中央に磁石が配置されていることにより中央が腹になると判断できれば容易に正答できる。

問2 3個の腹を持つ横波の定在波の波長を算出する設問であった。定在波の様子を描き、弦の長さと比較することで正答でき、正答率も86.05%と高かった。

問3 固有振動数と腹の数が比例することから、この傾きの比例定数を問う設問であった。正答率は70.45%と比較的高かったが、受験者にとって「傾きに比例する物理量」を問われる経験がこれまでほとんどないことが推察されるため、波の基本式及び波長と腹の数の関係から求めた受験者よりも、消去法で正答を得た受験者が多かっただろう。

問4 固有振動の振動数と弦の張力の関係を，グラフから読み取る設問であった。与えられたグラフから原点を通る直線になるものを選択すれば良いのだが，弦を伝わる波の速さが弦の張力の平方根に比例することを知っていれば，グラフの読み取りをすることなく解答できた。

問5 固有振動の振動数と弦の直径の関係を表から読み取る設問であった。与えられた表から，弦の固有振動数と金属線の直径の積がほぼ一定になることに気が付ければ，解答は容易であったであろう。本問についても，弦を伝わる波の速さが弦の線密度の平方根に反比例することを知っていれば，表の読み取りをすることなく解答できた。

第4問 等電位線と電場，電流に関する探究活動についての問題であった。受験者が教科書等でも必ず目にする等電位線と電場についての理論だけでなく，実験に関する設問も取り入れられており，授業での実験の大切さを表している。また，導体紙の抵抗率を求める設問は目新しく，学んだ物理概念を活用する力が問われた。

問1 電荷の大きさが同じで逆符号の二つの点電荷の周りの等電位線について，正しいものを選択する設問であった。正電荷と負電荷の間を電位0の等電位線が横切ること以外に，電荷の近くなるほど等電位線が密になることを確認しながら適当なものを選ぶ必要がある。

問2 電気力線と等電位線に関する正誤を問う設問であった。非常に基本的な物理概念を確認するための設問であるが，正しいものを全て選んだ組合せを選ぶため，文章中の全てについて正誤判断が必要となる。このような設問になることで，受験者の持っている概念が本当に正しいのか測ることができると思われる。

問3 導体紙上の等電位線から，電場と電流の向きを定性的に考察する設問であった。電場の向きに電流が流れることは理解していても，高校の授業等で導体紙の縁の部分を目と表現することはないため，平行や垂直といった表現とあいまって，戸惑った受験者も多かったと思われる。

問4 位置と電位の関係を表したグラフの傾きから電場の大きさを求める設問であった。グラフの解釈と計算を伴うにもかかわらず，正答率は56.98%と比較的高いことから，このグラフの傾きが電場を表すことは理解していると思われる。計算ミスによる桁の誤りも一定数いたと思われる。

問5 問4で求めた電場の大きさをを用いて導体紙の抵抗率を求める設問であったが，多くの受験者にとって初めて目にする問われ方であったと思われる。オームの法則と電場と電位の関係式，抵抗と抵抗率の関係式の三つを想起しなければならず，それらを組み合わせることで与えられた物理量を用いて抵抗率を求める必要がある。

範囲については，学習指導要領に示された範囲から出題されていた。出題分野は特定の分野に偏ることなく幅広く出題されたが，熱力学分野は原子核を題材とした第1問の小問1問，原子物理分野も小問1問のみであった。力学分野については，第1問における力のモーメントに関する設問，第2問におけるペットボトルロケットの運動量と力積の関係や，圧縮空気がする仕事をテーマとした探究的な問題など，幅広く出題されていた。電磁気学分野においては，第1問における一様な磁場中での荷電粒子の運動に関する設問，第3問の小問の中で電流が磁場から受ける力の向きを求める設問，第4問では等電位線と電場をテーマとした探究的な問題が出題された。波動分野においては，第1問における光の全反射に関する設問，第3問における弦の振動に関する探究的な問題が出題された。第3問においては，弦を伝わる横波の速さと張力の大きさ及び線密度の関係を実験的に探る場面が設定されており，多くの教科書等で発展的内容としてそれらの関係式のみ与えられることが多い中で，その関係式の背景を知ることができる，受験者にとって

も学びのある設問であった。

3 分量・程度

解答する大問数は昨年と同じで4題であった。また、解答番号は22まであり、昨年度の26と比較するとやや減少したように見えるが、問いの数には変化がないため、分量としては例年どおりと言える。センター試験と比較すると、文字式による計算が減少し定性的に考察する問いが増えたため、計算にかかる時間が減少したと思われる。しかし、問題設定の把握に時間がかかるようになったことや、表やグラフから数値を読み取るだけでなく、物理量の関係性やグラフの傾きといった情報を読み取って活用するなど、受験者が思考する量が増えたと思われる。

難易度に関しては、大学で学ぶ上で理解しておくべき物理の基本を問うものから、物理現象を科学的に考察する力を問うもの、設定された探究活動の過程から幾つかの情報を読み取り、組み合わせる結論を導くような、思考力・判断力・表現力等を問うものまで、バランス良く出題されていたと思われる。しかし、選択肢の中には次元解析から明らかに誤りと分かるものや、受験者にとって物理概念でなく文脈によって消去法的に選択できる設問も含まれていた。一方で、二つ以上の解答を組み合わせたり、正しいものを全て選択する設問が設定されていたりすることで、受験者の物理概念の理解の程度をより正確に測ることができているように思われる。それらの結果として、平均点は昨年度の63.39点から62.97点となり、ほぼ横ばいの結果となった。

4 表現・形式

全体的には平易で分かりやすい表現で示され、細かい部分まで丁寧に説明されており、受験者には理解しやすかったと思われる。探究活動に沿った問題が昨年よりも多く設定されている印象を受けたが、受験者が設定を把握しやすいように、例年に比べれば文章量が抑えられていると同時に、表やグラフで情報をまとめるなど、工夫が見られた。しかし、第2問においては、文章を読んで状況が把握できれば比較的平易な設問構成ではあったが、その表現においては教科書等では余り見慣れない微小変化量を扱っていたり、重力の影響が無視できる一方で小問によっては重力と比較して解釈させたりするなど、受験者にとって文脈を捉えにくい設問も含まれていた。

また、出題形式については、物理法則を用いて正しい結論を導く形式や文章の穴埋め形式、数値計算など多岐にわたっており、バランスの取れた配分であったと考えられる。昨年度は数値計算の結果の値をマークする形式があった一方で、今年度は数値計算をして正しいものを選択する形式となったが、今年度は厳密な数値の四則演算というよりは概数処理程度のものであったため、この形式が適していると思われる。また、昨年度のように正解を二つ組み合わせるような出題において、今年度も部分点が導入されていれば、受験者の学力をより正確に反映することができたのではないかと思われる。

5 まとめ（総括的な評価）

共通テストに移行して4回目を迎え、共通テストで問いたい力を明確に発信していることが、受験者に求められる力を育成するための授業改善の促進に貢献していると思われる。特に今年度の問題において多くの問題に見られた、探究活動を通じて課題を見付け、科学的な考察によって解決していくような場面設定からの出題は、高校の授業における探究への取組の増加や、主体的・対話的で深い学びの実現へ大きな影響を与えられていると思われる。一方で、センター試験から続く、基本的な物理法則を正しく理解し正しく活用することで正解を導いていく良問も多く出題されており、今後もこの傾向を続けていただきたい。最後に、共通テスト問題作成方針に則し、難易度や出題範囲等のバランスを保ちつつ、探究の過程を重視し、高等学校の授業改善につながるような良問を作問された作問委員会の先生方に、評価分析委員会より深い敬意を表したい。