

## 物 理

### I

#### ■出題のねらい

力学の基本的事項について理解度を試すために、等加速度直線運動の公式、運動量保存の法則、力のモーメントや剛体のつり合いについて出題しました。単振動について直感的な洞察力が備わっているかにも注目しました。

#### ■採点講評

(1) の問1、問2は基本的な等加速度直線運動の問題です。ほとんどの受験生ができていました。留め具を外した問3以降の問題は少し難しかったようです。台が受ける力をきちんと読みとれば前問と同じように解くことができます。ただし、台が受ける力は負になることに注意しましょう。符号を間違えている解答が多かったです。問5はそれぞれの量を丁寧に計算すれば解けますが、時間がかかってしまいます。速さの比を用いると運動量や運動エネルギーの比も簡単に求まります。正答率はかなり低く1割程度でした。工夫して解くことも大切です。問7は運動量がどのような条件の下で保存するのか、「運動量保存の法則」を理解する必要があります。保存則を計算で使えるというだけでなく、本質をしっかりと学習しておいてください。またしっかりとした日本語でかけていない解答も多くありました。日ごろから人に伝わる文章を書けるよう心がけましょう。

(2) は剛体と単振動について問いました。問8～問10は力のモーメントの問題です。定義をしっかりと理解して計算できるようにしましょう。ポイントは回転軸から力の作用線までの距離です。それを押えれば容易に正答が得られますが、問8、問9で間違えている受験生も少なからずいました。正答率は6割程度でした。問11は単振動の公式を用いて周期を求める問題です。問題を解くことも大切ですが、ねずみがうまく単振動をすると、回し車が回転しないことにも注目してください。物理学の計算には常に現象が伴っていますので、それらを考察する姿勢も大切です。問12はよく出題されるものとは異なる形式なので、少し解きにくかったかもしれません。ねずみと猫それぞれに起因する力のモーメントのつり合いを考えれば正答が得られます。3問とも正答だった受験生はわずかでした。

いずれも、公式や法則を理解し、問題を注意深く読めば正答にたどり着くことができます。基本的なことを理解して自分で考えるようにしましょう。

## II

### ■出題のねらい

電磁誘導で発生する誘導起電力を、磁場中で運動する荷電粒子に働くローレンツ力から説明する議論を題材として、電磁気学の基本事項の理解度を確認しました。

### ■採点講評

(1) 電子は負の電荷をもちますから、電場から電子にはたらく力の向きは、電場と逆向きです。そのため電場の向きは、遠心力と同じ  $\mathbf{O}$  から  $\mathbf{P}$  へ向かう向きです。また、電場は単位電荷にはたらく力ですから、 $e\mathbf{E}(r) = m r \omega^2$  (遠心力) となります (左辺に  $e$  が必要)。

$\mathbf{E}(r)$  は  $r$  に比例し、グラフは原点を通る直線です。但し、 $r$  は金属棒の内部  $0 \leq r \leq \ell$  に限定されます。電場が  $r$  に比例して変化するので、平行板コンデンサーのように、(電場の強さ) (極板間の距離) のような計算はできません。

しかし、 $r$  から  $r + \Delta r$  の間は電場が一定の値  $\mathbf{E}(r)$  であると見なせば、この間の電位差は  $\mathbf{E}(r)\Delta r$  となります。OP 間を微小な部分に分割し、少しずつ電位を計算して足していくと、グラフ下の三角形の面積  $\frac{1}{2}\mathbf{E}(\ell) \times \ell$  が OP 間の電位差  となります。このようにして係数の  $\frac{1}{2}$  が出てきます。三角形の面積なので当前ですが、この係数がない解答が多くありました。

こういう計算には慣れていない受験生が多いかもしれませんが、コンデンサーに蓄えられた静電エネルギーを、電荷を少しずつ運んで充電する仕事と考えて  $U = \frac{1}{2}QV$  を導き出すときと全く同じ計算です。計算結果を公式として記憶するだけでなく、導出の仕方を学ぶことが大切です。

磁場が存在する場合は、ローレンツ力をとつり合う静電気力を生み出す誘導電場  $\mathbf{E}_i(r)$  が発生します。釣り合いの式は  $e\mathbf{E}_i(r) = e(r\omega)\mathbf{B}$  です。この時に OP 間に発生する誘導起電力  は前と同様の計算で  $\frac{1}{2}\mathbf{E}_i(\ell)\ell$  となります。

(2) 上で求めた OP 間の誘導起電力をファラデーの電磁誘導の法則から導きます。磁束密度が一様で回路面に垂直ですから、磁束は (磁束密度) (扇型の面積) です。ただし、角  $\theta$  はラジアンで計るため、一周は  $2\pi$  で  $360^\circ$  ではありません。  $\Delta t$  の間に金属棒は  $\omega\Delta t$  回転するので、 $\Delta\Phi = B$  (中心角  $\omega\Delta t$  の扇型の面積)。この結果、  =  となることがわかります。

(3) 円盤では中心から円周上に向け放射線状に電流が流れます。図4の金属棒 OP が無数にあると考えることができます。

正答率はあまり高くありませんでした。公式を覚えて使うという勉強方法では対処が難しかったのでしょう。同じ考え方が異なる場面で使えることがしばしばあります。何を計算しているのかを考えながら問題を解くという意識をもって学習することが大切です。

### III

#### ■出題のねらい

JAXAの実証機イカロスの成果をもとに単元「原子」の範疇を題材としましたが、極力この分野の知識を必要とせずに解答できるよう出題しました。量子化に関しては、素直に1光子のエネルギーと光子数の積で全エネルギーが与えられることが読み取れるようにし、問題を設定しました。その後は、物理の多くの問題で現れる線形性を意識すれば解けるようになっており、太陽定数から、太陽の放射強度、宇宙ヨットの帆に衝突する光子数などが比例計算から導出できるようにしました。その後は、運動量保存則、力積など力学の初歩的な知識で解答できるようにしています。数値計算も少し複雑な計算が正確にできるかを確認しました。これらの問題の最後で始めてエネルギーと波長の関係を問うています。

#### ■採点講評

この問題で、光子の運動量という微弱な量でさえ太陽の放出する莫大な光子数によって推進力として用いることができることに興味を持ってもらいたいと考えました。

答案を見ると、球の表面積と体積の計算で混乱している受験生が多く見受けられました。直前で学んだ知識だけではなく、高校までに学んだ知識がきちんと体系化され、いつでも引き出せるようにしてください。また、宇宙ヨットの帆が受ける力積の計算で、1光子で答えてしまう答案も多くみられました。期待に反して、宇宙ヨットの帆の面積を考える一連の問題の正答率は低く、最後の波長とエネルギーの問題の正答率は高いという結果でした。

採点をしていて気になったこととしては、添字や大文字・小文字の区別を明瞭にしていないものが多かったです。解答する際に、慎重に記入するよう心がけてください。問題をしっかり理解するための読解力を養い、考える習慣を身につけましょう。