

I

■出題のねらい

移動する台車に取りつけられた振り子の運動を題材として、力学的エネルギー保存の法則などの力学の基礎に関する理解度を確認するとともに、台車が等加速度直線運動する場合の振り子の運動を、慣性力を含む力学的な釣り合いや、みかけの重力下における力学的エネルギー保存の法則を用いて解析する応用力を問いました。

■採点講評

(1) では単振子の振動に関する基礎的な知識を問いました。アは振り子の振動の周期を問う基礎的な問題、イは力学的エネルギー保存の法則を用いて物体の速さを求める問題、ウは遠心力を求める基礎的な問題でした。全体的によくできていました。

(2) では運動量保存の法則の理解を問いました。この問題もよくできていました。

(3) では慣性力の理解を問いました。一定の加速度で移動する台車とともに移動する観測者から見ると物体Bには台車の加速度と反対の方向に慣性力が働きます。オとカは慣性力を含めた力学的な釣り合いを求める問題でした。台車とともに移動する観測者から見ると、あたかもカで求めた大きさの重力が $\pi/3$ radだけ傾いて物体Bに働いているかのように見えます。これを見かけの重力とよびます。見かけの重力は一定ですので、紙面を $\pi/3$ radだけ反時計方向に回転させると、カの大きさの重力が加わる(普通の)単振子と等価になります。キはこの状態の振り子に対してアと同様に振動の周期を求める問題、ク～コはイ、ウと同様に力学的エネルギー保存の法則を用いて台車Aに対する物体Bの速度、棒から物体Bにはたらく力を求める問題でした。

(4) は(3)の議論を参考にして、物体を真上に振り上げるのに必要な条件を求める問題でした。問1の v' はイとほぼ同様に求めることができます。問2は(3)の議論と同様に $\theta=0$ のときと $\theta=-\pi/2$ radのときの間の力学的エネルギー保存の法則：

$$m\sqrt{a^2+g^2}(1-\cos\phi) = m\sqrt{a^2+g^2}(1-\sin\phi) + \frac{1}{2}mv^2$$

から、 $v \geq v'$ となるための α の条件を求めます(ここで ϕ は見かけの重力と鉛直方向が成す角度です)。一見すると複雑そうですが、 $\sqrt{a^2+g^2} \cos\phi = g$ 、 $\sqrt{a^2+g^2} \sin\phi = a$ に注意するときれいな形で条件が導かれます。(3)、(4)の正答率は高くありませんでした。

力学では観測者からみてどのように見えるか、頭の中で現象をイメージできることが重要になります。力学の基礎をしっかりと学ぶとともに、想像力を働かせていろいろな角度から現象を理解し、論理的に解析する力を身につけてください。

II

■出題のねらい

題材は電磁気学における交流電源の原理です。教科書の記述に沿った基本的な内容です。周期的に変化する磁束に対する電磁誘導の性質、および誘導起電力と抵抗、電流、電力の間の関係の理解が必要です。三角関数の性質を利用しながら、コイルの回転とともに様々な物理量が時間的に変化する様子を導出します。グラフの描画による理解も問いました。

■採点講評

誘導形式により交流電源の原理を順に考察していきますが、残念ながら正答率はよくありませんでした。前半では、問1の電磁誘導の式において符号やコイルの巻き数 n がない解答がありました。問いの文章が導出のヒントになっていますので、注意深く読んでください。問2の向きは基礎問題ですが、それほど正答率が上がりませんでした。問3の磁束の式の正答率はよくなく、 l^2 (コイルの断面積) が抜けていたり、 $\sin\omega t$ を使ったりする誤答が見受けられました。初期条件となる時刻 $t=0$ におけるコイルの位置を問題文から読み取る必要があります。グラフに関しては矩形波を描く解答もみられました。ア、イは正答率が低かったです。空所の解答ではコイルの断面積に未定義の S を用いるものや、時刻 t が含まれているもの、 ω が抜けているものがありました。この問題は三角関数の加法定理を利用することで時間に対する磁束の微小変化を求めますが、三角関数の微分公式を活用すると確認することができます。

後半では、問4、5の式は正答率が低かったです。グラフも周期関数にならないものが描かれていました。問6はよくできていました。問7は瞬時値と実効値の関係を問うものでしたが、正答率は低かったです。別解として $P_m/(\sqrt{2}nBl^2\omega)$ もあります。

全体を通して、問題の設定をよく理解せずに教科書に載っている公式をそのまま記す解答がみられました。また、時間的に変化する量の考察が苦手な解答が目立ちました。電磁気学では様々な物理量とそれらが関与する公式・現象を扱います。受験生の皆さんは公式の暗記に頼らずに、一つ一つの式が持つ意味と、それを適用する物理的な状況をしっかりと学んでください。

Ⅲ

■出題のねらい

回折格子や光電管の実験の題材を用い、波動や光電効果について問いました。指数を含んだ物理量の計算も出題しました。

■採点講評

受験生のみなさんは、今回の回折格子の問題設定にあまり馴染みがなかったかもしれませんが、回折格子の光路差の計算の原理については教科書にも書かれているので、この点を理解してうまく誘導にのれば、前半の回折格子の問題は高得点が狙えたと思います。光電効果の問題の前半は、教科書に載っている内容について出題していますので、教科書の内容をしっかりと理解していれば完答できたと思います。後半のグラフの問題は、光電効果の実験の測定データに関するものであったので、解くのに苦労したかもしれません。この大問Ⅲの得点率は33%でした。

アの「格子定数」を解答できた受験生は少なかったです。この用語を問われることに慣れていなかったのかもしれません。この大問の中で、イの正答率がもっとも高かったです。ウ、問1と進むにつれて、正答率が下がっていきました。問2については、問題文の中にヒントとなる三角関数の公式が書かれているので、この式を利用すれば、波長が短くなる理由がわかると思います。

問3の正答率は約3割でした。これも教科書に書かれている内容です。問4と問5の正答率は約5割でしたので、本学に合格する受験生は、この問題は確実に得点できる問題だと思います。問6と問7のグラフの問題ですが、教科書では、縦軸が光電子の運動エネルギーの最大値で表されていることが多いと思いますが、この問題では阻止電圧になっています。この電圧値と電気素量の積を計算すると、エネルギーとして数値を扱うことができるようになり、正答が導けると思います。