

物 理

I

■出題のねらい

内容は力学です。前半は摩擦を含む力のつり合いの理解です。三角関数の性質を利用した解析も行います。後半は摩擦に加えて力学的エネルギーの保存則、運動量、衝突、作用反作用、等加速度直線運動等の様々な要素を使います。速度のグラフを用いた物体の運動の様子を理解も問いました。

■採点講評

(1) では等速直線運動をしている物体にはたらく力の関係を考察します。問1、2は高い正答率でしたが、垂直抗力 N を mg にする誤答がみられました。問3は問4のための準備です。その問4では T の最小値を求めますが、正答率は半分以下でした。 T が最小になるときは、その分母が最大になります。三角関数の合成がヒントになります。誤答では $\tan\theta = 1/\mu$ が多かったです。また、摩擦係数 μ が判別しにくい解答がありました。大学ではギリシャ文字を頻繁に使いますので、筆記に慣れてください。

(2) では前半が衝突の問題です。衝突後の速度を求める問6、7の正答率は低かったです。反発係数 e の扱いが正しくなく $1+e$ と $1-e$ が逆の解答がみられました。弾性衝突 ($e=1$) の場合などを当てはめると確認しやすいです。後半の問8以降では小物体2と台車の運動を考察します。各物体の運動をイメージすることが大事です。問8、9の正答率は高かったのですが、力を記す解答や符号の誤りがありました。問10では質量にルートを付ける誤答が多かったです。力学的エネルギー保存の法則を使ったものと思われませんが、この状況では摩擦があるため使えません。問11の速度のグラフの正答率は半分程度でした。小物体2と台車は等加速度直線運動から等速直線運動へ変化しますが、左半分を曲線とする誤答が多かったです。問12の出来はよくありませんでした。台車からみた小物体2の相対的な運動を考えます。最後の 、 はまとめで、速度のグラフがヒントです。黒丸の時刻において小物体2と台車の速度が一致する条件と、グラフ上で囲まれた面積=台車の長さ L を使います。残念ながら正答率が最も低かったです。

全体を通して、物体の運動の様子を把握できていない傾向がみられました。そのために使うべきでない法則・公式を使う解答がありました。問題設定から物体の運動をイメージし、そこからどの法則・公式を適用すべきなのか考えてください。

II

■出題のねらい

コンデンサーを題材とし、ガウスの法則、コンデンサーの電気容量や静電エネルギー、金属板をコンデンサーに挿入したときの電位の変化などの現象について問いました。

■採点講評

この問題の多くは、教科書に書かれている内容とその練習問題から出題しているため、教科書の内容を理解できていれば高得点も可能だと思います。しかしながら、全体の正答率は約4割でした。ガウスの法則の 、、 の正答率が低かったです。また、 の問題もできていませんでした。これは、スイッチを切り、金属板をコンデンサーから引き抜いた後の静電エネルギーを求める問題でした。、、 はよくできていました。合格する受験生は、 から までと問1のグラフの問題をきちんと解答できると思われる。

受験生にとっては、ガウスの法則の問題は苦手なのかもしれません。物理の電磁気学の分野では、電場を学習するときに教科書の最初に出てくる内容の1つがガウスの法則です。重要な項目なので、しっかり理解してほしいと思います。コンデンサーの電気容量、コンデンサーがたくわえる静電エネルギーについても基本的事項です。コンデンサーが電池につながっていて、スイッチを入れたり切ったりして、コンデンサーの極板間の電位差を求めたり、たくわえられる電気量を求めたり、その静電エネルギーを求める問題についても、これまで数多くの練習問題を解いてきたと思います。この問題に、金属板の挿入が加わると難しいのかもしれませんが、物理現象として何が起こっていて、どのような考え方で計算を進めていくのか、しっかり勉強しておいてほしいと思います。問2の記述問題も、あきらめず何か書いてみるのが重要です。

III

■出題のねらい

波の分野の出題として、太陽系外惑星探査法と重力波検出の原理を題材にしました。それぞれ2019年と2017年にノーベル物理学賞が授与された話ですので、新聞などを通じて見聞きしたことのある話題だったと思います。

■採点講評

(1) は、太陽系外惑星の発見法として実際に用いられているドップラー法を題材にしています。

図1のモデルは、図2のヒントとして設定したものです。空所 ~ は、多くの

受験者が正答していました。問1のグラフは、観測者が受け取る波形を問いました。音の伝播に0.5秒かかることから、振動数のピークとなる時刻が $t=0.5$ になります。この運動は $t=0$ 以前からも継続している設定ですので、周波数変化は1秒の周期で繰り返すような図になるはず。正確な式は、

$$f = \frac{V}{V - v_0 \cos\{2\pi(t - 0.5)/T\}} f_0$$

となりますが、おおよその形が問われているだけなので、最大値と最小値がそれぞれ

$$\frac{V}{V - v_0} f_0 = \frac{1}{1 - 0.1} 400 = 444.4 \text{ Hz} \quad \text{および} \quad \frac{V}{V + v_0} f_0 = \frac{1}{1 + 0.1} 400 = 363.6 \text{ Hz}$$

最大値を与える時刻が $t=0.5$ のようなグラフを描けばよいです。最大値・最小値・グラフの概形を採点に用いました。問2の恒星の運動を考える問題は、「重心」を用いて答えよ、という部分がヒントです。恒星と惑星の間に重心があり、重心は動きません。恒星がどちら向きに動いているのか、重心がどこにあるのか、そして惑星の運動はどちら向きかが述べてある答案を正答としました。主語が明確ではなかったり、論理的に書かれていない解答は不正解としました。

(2) は、干渉計と呼ばれる装置です。光の干渉を用いてわずかな長さを測定できる装置で、19世紀の終わり、宇宙空間を光が伝播してくるときの媒質は何か、という当時の大問題に答えるため、マイケルソンが考えだしたものです。現代では、アインシュタインの相対性理論が予言した重力波の検出に、腕の長さが3 km (日本の **KAGRA**、ヨーロッパの **Virgo**)、4 km (アメリカの **LIGO**) のレーザー干渉計が用いられていますが、基本的なしくみは同じです。2つの経路差が同じであれば、検出器で観測される光は強めあい、半波長ずれていれば弱めあうこととなります。その条件を本問のように波の式としてみると、位相が π ずれていたら強めあい、 $\pi/2$ ずれていたら弱めあうこととなります。これは、振幅の2乗が実際の明るさとして認識されることと関係しています。難易度はそれほど高くない問題だと思いますが、後半は時間切れとなっていた受験生が目立ちました。