

令和2年度前期日程 物理 出題の意図

募集要項に記載のように、物理学の基本概念・法則をしっかり理解した上での論理的思考力、応用力を問う問題を出題している。最終的な答えだけではなく導出過程を重視する。

第1問

- (a) 運動エネルギーと位置エネルギーの間に成り立つ力学的エネルギー保存則を用いる。
- (b) 力学的エネルギー保存則に基づき、点 F の面 CD からの高さを求める。
- (c) 速度の y 方向の成分が 0 となるまでの時間を求める。
- (d) 単振動と等速直線運動を組み合わせた運動となる。CD 間の速度は、例えば力学的エネルギー保存則を用いて求める。
- (e) 力学的エネルギー保存則と運動量保存の法則より得られる 2 式を連立させて求める。
- (f) h が h_1 よりも小さい場合、物体 Q は斜面 EF 上で折り返すが、運動量保存則より、折り返す瞬間、台 P、物体 Q とともに速度が 0 となることが分かる。
- (g) 台 P から見た物体 Q の速度を考える。
- (h) 台 P から見た場合、物体 Q には重力に加えて慣性力が働くと考えられる。その合力を求め、重力のみの場合と比較する。
- (i) 台 P と物体 Q との間に働く力（垂直抗力）を求めて台 P の運動方程式を立てることで T が得られる。 T と移動距離との積より仕事の大きさを得る。

第2問

- (a) ローレンツ力が等速円運動の向心力となり、これが遠心力と釣り合うことから解が得られる。
- (b) 速度ベクトルとローレンツ力ベクトルが垂直であることに着目する。
- (c) および (d) $y \geq 0$ と $y < 0$ ではそれぞれ半円軌道上を運動するが、 $y < 0$ では $y \geq 0$ の場合の半分の半径の半円軌道となること、速さは常に一定であること、電荷の符号に応じてローレンツ力の向きが異なることに留意する。
- (e) (b) で求めた F_x , F_y に電場による力が加わることに留意する。
- (f) 等速度運動する観測者から見た荷電粒子の速度の各成分を v_x' および v_y' として、(e) で求めた F_x' と F_y' を v_x' と v_y' を用いて表し、(b) の答と比較する。

- (g) 等速度運動する観測者から見た場合の円軌道が、 x 軸に接していることに留意する。
- (h) 等速度運動する観測者から見た荷電粒子のサイクロトロン運動の軌道半径と周期を求める。
- (i) 等速度運動する観測者から見たサイクロトロン運動の速さが v_2 であることに留意し、 $v_x'(t)$ および $v_y'(t)$ から $v_x(t)$ および $v_y(t)$ を求める。また、静止した観測者から見た場合に、力学的エネルギー保存則に基づき、荷電粒子の運動エネルギーと静電気力による位置エネルギーの和が一定であることに留意してもよい。

第3問

- (a) 与えられた熱量が 1 mol の水の温度を T_0 まで上昇させるに十分であり、さらに水の一部を水蒸気に変化させた状態が図 2 (ii) の状態である。
- (b) 熱力学の第 1 法則を用いる際、仕事の符号に留意する。
- (c) 図 3 (v) の状態が $1-x \text{ mol}$ の水と $x \text{ mol}$ の水蒸気からなることに留意する。
- (d) ピストンにはたらく力のつり合いを考える。
- (e) 図 4 (vii) の状態におけるシリンダー内部の体積について、(vi) の状態の体積からの増分を加えて表した式と、物質質量 x を用いて表した式を考える。
- (f) ピストンの外側の気体に対して行った仕事と、ばねに対して行った仕事の和となる。
- (g) 熱力学の第 1 法則を用いる。