

2014年度 神戸大学 (物理学)

概要

(試験概要)

解答方式	大問数	難易度	点数	時間
記述式	3問	易しい	75点	

(設問別分析)

問題番号	領域	難易度	内容
1	力学	易しい	運動する台の斜面を滑る物体
2	電磁気学	易しい	誘導起電力
3	波動	易しい	ドップラー効果

物理 問題 1

問 1 物体 B に働く力のうち、斜面に沿った方向に働く力 F_h は、

$$F_h = mg \sin \theta - R_s$$

である。ただし、 R_s は静止摩擦力を表す。 $F_h = 0$ であれば物体 B は静止しているので、

$$R_s = mg \sin \theta \leq \mu mg \cos \theta$$

$$\therefore \tan \theta \leq \mu$$

問 2 台 A と物体 B を 1 つの系と見なす。この系には、力 F と重力の他に、抗力と静止摩擦力が働いているが、これらは相互作用（内力）なので作用・反作用の法則により打ち消される。よって、系の運動方程式は、

$$(m + M)\alpha = F$$

$$\therefore \alpha = \frac{F}{m + M}$$

問 3 斜面と平行に x 軸を、 x 軸に垂直に y 軸をそれぞれとり、この座標系から物体 B の運動を観察する。このとき、物体 B には重力・静止摩擦力・台から受ける抗力の他に、慣性力が働いているように見える。このときの台の加速度を α_1 とすると、物体 B に働く力のつり合いは次のようになる。

$$x \text{ 軸成分： } mg \sin \theta + m\alpha \cos \theta - R_s = 0$$

$$y \text{ 軸成分： } N = mg \cos \theta - m\alpha \sin \theta$$

$$\therefore F_1 = \frac{\mu - \tan \theta}{1 + \mu \tan \theta} (m + M)$$

問 4 F が十分大きければ、分子間力の変化が台の動きに追従できず、物体 B は台の斜面から離れ、床に落下する。

問題2

問1 このとき、回路に流れる電流 I_1 は、オームの法則より

$$I_1 = \frac{E}{R}$$

よって、棒に働く力の大きさ F_1 は、

$$F_1 = I_1 B d = \frac{E B d}{R}$$

問2 回路に発生する誘導起電力の大きさ E_i は、

$$E_i = v B d$$

よって、この回路に流れる電流を I_2 とおくと、

$$\begin{aligned} R I_2 + v B d &= E \\ \therefore I_2 &= \frac{E - v B d}{R} \end{aligned}$$

問3 このとき、棒の運動により回路には誘導起電力 $v_a B d$, $v_b B d$ が発生する。よって、回路に流れる電流を I_3 とおくと、

$$\begin{aligned} v_a B d &= 2 R I_3 + v_b B d \\ \therefore I_3 &= \frac{B d (v_a - v_b)}{2 R} \end{aligned}$$

ゆえに、棒が受ける力の大きさ F_3 は、

$$F_3 = \frac{(B d)^2 (v_a - v_b)}{2 R}$$

問4 運動量保存則より、

$$\begin{aligned} m v + m v &= m v_0 \\ \therefore v &= \frac{v_0}{2} \end{aligned}$$

系の運動エネルギーの変化が、回路で消費されたエネルギーに等しいので、

$$\Delta E = \frac{m}{4} v_0^2$$

問5 同時に止まる。

問題3

問1 音源が発生する音の振動数を f_s 、音速を V 、台車の移動速度を v とする。また、観測者が聞く音のうち、音源から直接届くものの振動数を f_1 、壁に反射されてから届くものを f_2 とする。

音源から直接届く音の振動数 f_1 は、ドップラー効果より、

$$f_1 = \frac{V}{V+v} f_s$$

また、壁が受信する音の振動数 f_w は、

$$f_w = \frac{V}{V-v} f_s$$

この音を観測者は聞くので、

$$f_2 = \frac{V}{V-v} f_s$$

$f_2 > f_1$ なので、観測者が聞くうなりの振動数 f_b は、

$$f_b = \frac{2vV}{V^2 - v^2} f_s$$

問2 (a) 観測者が聞く音のうち、音源から直接届くものの振動数を f'_1 、壁に反射された後に届くものの振動数を f'_2 とする。題意より、

$$f'_1 = f_s$$

また、問1の記号を用いると、反射音の振動数 f'_2 は、

$$f'_2 = \frac{V+v}{V} f_2 = \frac{V+v}{V-v} f_s$$

$f'_2 > f'_1$ より、

$$f_b = f'_2 - f'_1 = \frac{2v}{V-v} f_s$$

(b) 上記の結果に数値を代入すると、 $V = 3.40 \times 10^2$ [m/s]、 $f_s = 3.38 \times 10^4$ [Hz] となる。

問3 音源が発生する音のうち、壁に反射されて観測者まで届く音の振動数は、

$$\begin{aligned} f_3 &= \frac{V}{V - v \cos \theta} f_s \\ &= \frac{V}{V + \frac{vx}{\sqrt{x^2 + 4w^2}}} f_s \end{aligned}$$