

## 物理「解答例」

## 第1問 解答の導出過程

(1b), (3)

(1b) 加速度の大きさを  $a$  とすると,  $ma = I_0BL$  より  $a = \frac{I_0BL}{m}$  となるので, 時刻  $t$  における角棒の速さは  $v = at = \frac{I_0BL}{m}t$  となる.

(3)  $V'_{cd} = -I_0R$  であり,  $b$  につないだ後の抵抗値が2倍になることに注意すると  $V''_{cd} = -\frac{(BL)^2}{2m}I_0t_1$ .  
よって,  $\frac{V''_{cd}}{V'_{cd}} = \frac{(BL)^2}{2mR}t_1$  となる.

(6), (7), (9b)

(6) 角棒が動くことによる誘導起電力を合わせると, 回路全体の起電力は  $V_0 - vBL$  であり, 角棒に流れる電流は  $\frac{V_0 - vBL}{R}$  となる.

(7) 十分時間が経つと  $\alpha = 0$  になるので, 一定になった電流の大きさを  $I_c$  とすると, (5) の運動方程式より  $I_cBL - \mu'mg = 0$ . よって  $I_c = \frac{\mu'mg}{BL}$  となる.

(9b) 一定となった角棒の速さを  $v_c$  とすると, (6), (7) を用いて  $I_c = \frac{\mu'mg}{BL} = \frac{V_0 - v_cBL}{R}$  と表されることから,  $v_c = \frac{V_0}{BL} - \frac{\mu'mgR}{B^2L^2}$  となる. よって, 摩擦による熱は, 摩擦力の大きさ  $\mu'mg$  と  $v_c$  を用いて  $\mu'mgv_c = \frac{\mu'mg}{BL} \left( V_0 - \frac{\mu'mgR}{BL} \right)$  となる.

(11), (12)

(11) ローレンツ力が水平方向にはたらくことに注意すると, 斜面に沿った力のつり合いは  $\frac{V_1BL}{R} \cos \theta_1 = mg \sin \theta_1 + \mu \left( mg \cos \theta_1 + \frac{V_1BL}{R} \sin \theta_1 \right)$  となる.

(12) (10), (11) より  $V_1 = \frac{mgR(\tan \theta_0 + \tan \theta_1)}{BL(1 - \tan \theta_0 \tan \theta_1)}$  となり, 正接の加法定理を用いると  $V_1 = \frac{mgR}{BL} \times \tan(\theta_0 + \theta_1)$  となる.

答 (1)	<sup>a</sup> $I_0BL$	<sup>b</sup> $\frac{I_0BL}{m}t$
----------	----------------------	---------------------------------

答 (2)	$-\frac{I_0(BL)^2}{m}t$
----------	-------------------------

答 (3)	$\frac{(BL)^2}{2mR}t_1$
----------	-------------------------

答 (4)	(か)
----------	-----

答 (5)	$IBL - \mu'mg$
----------	----------------

答 (6)	$\frac{V_0 - vBL}{R}$
----------	-----------------------

答 (7)	$\frac{\mu'mg}{BL}$
----------	---------------------

答 (8)	$\left( \frac{\mu'mg}{BL} \right)^2 R$
----------	----------------------------------------

答 (9)	<sup>a</sup> 摩擦
	<sup>b</sup> $\frac{\mu'mg}{BL} \left( V_0 - \frac{\mu'mgR}{BL} \right)$

答 (10)	$\tan \theta_0$
-----------	-----------------

答 (11)	$\mu \left( mg \cos \theta_1 + \frac{V_1BL}{R} \sin \theta_1 \right)$
-----------	-----------------------------------------------------------------------

答 (12)	$\tan(\theta_0 + \theta_1)$
-----------	-----------------------------

第2問 解答の導出過程

(2), (4a), (4b)

$$(2) \frac{ph}{T} = \frac{(p + \Delta p)(h + \Delta h)}{T + \Delta T} \text{ より, } \frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta h}{h} + \frac{\Delta p}{p} + \frac{\Delta h \Delta p}{h p} \text{ となる.}$$

$$(4) (a) \text{ まず, } \frac{\Delta T}{T} = -\frac{R \Delta h}{C_V h} \text{ となり, (2) で } \frac{\Delta h \Delta p}{h p} \doteq 0 \text{ とすると, } \frac{\Delta p}{p} = -\frac{C_V + R \Delta h}{C_V h} \text{ となる.}$$

(b) 2つの壁の間にはたらく力は互いに遠ざかる向きを正として  $S\Delta p$  であり, これを  $-k\Delta h$  とおいて, (4b) =  $-\frac{Sp}{h}$  となる.

(10)

$$\text{公式より } \cos\left(2\pi \frac{x_n + h}{\lambda}\right) + \cos\left(2\pi \frac{x_n - h}{\lambda}\right) = 2 \cos\left(2\pi \frac{h}{\lambda}\right) \cos\left(2\pi \frac{x_n}{\lambda}\right) \text{ なので } u_{n+1} + u_{n-1} = 2 \cos\left(2\pi \frac{h}{\lambda}\right) u_n \text{ となる.}$$

$$\text{したがって, (5) = } 2k \left( \cos\left(2\pi \frac{h}{\lambda}\right) - 1 \right) u_n \text{ となる.}$$

(11a), (11b)

(a) 近似式を用いて (10)  $\doteq -k \left(\frac{2\pi h}{\lambda}\right)^2$  となる. これ  
が  $M \times (9)$  と一致することから,  $v = \frac{\lambda}{\tau} = \sqrt{\frac{kh^2}{M}}$  となる.

(b) (a) に  $M = \rho Sh$ ,  $k = (4a) \times (4b)$  を代入して  $\sqrt{\frac{(C_V + R)p}{C_V \rho}}$  となる.

(12a), (12b)

(a)  $\rho$  は単位体積あたりの物質質量に比例することから, 状態方程式より  $\frac{p}{\rho T}$  は定数となり,  $v$  は  $\sqrt{T}$  に比例する.

$$(b) 340 \sqrt{\frac{303}{288}} = 340 \sqrt{1 + \frac{15}{288}} \doteq 340(1 + 15/576) \doteq 340 + 8.8 \doteq 349$$

解答欄

答 (1)	a $\frac{2L}{m}$	b $\frac{\lambda}{\tau}$
答 (2)	$\frac{\Delta p}{p} + \frac{\Delta h \Delta p}{h p}$	
答 (3)	a $\frac{C_V p S}{R}$	b $-pS$
答 (4)	a $-\frac{C_V + R}{C_V}$	b $-\frac{Sp}{h}$
答 (5)	$k(u_{n-1} - 2u_n + u_{n+1})$	
答 (6)	a $k(u_2 - u_1)$	
	b $k(u_1 - 2u_2 + u_3)$	
	c $k(u_2 - u_3)$	
答 (7)	a $-kU_1$	b $\sqrt{\frac{k}{M}}$
答 (8)	a $-3kU_2$	b $\sqrt{\frac{3k}{M}}$
答 (9)	$-\left(\frac{2\pi}{\tau}\right)^2$	
答 (10)	$2k \left( \cos 2\pi \frac{h}{\lambda} - 1 \right)$	
答 (11)	a $\sqrt{\frac{kh^2}{M}}$	
	b $\sqrt{\frac{C_V + R p}{C_V \rho}}$	
答 (12)	a $\sqrt{T}$	b 349