

第1問 解答の導出過程

(4), (5), (6)

(4) ばねによる力の大きさは kx なので加速度の大きさは $\frac{kx}{M + M_D}$ となる。

(5) 運動エネルギーは $\frac{1}{2}kx^2$ だけ減少するので速さは $\sqrt{v_0^2 - \frac{kx^2}{M + M_D}}$ となる。

(6) 板の重心にはたらく重力と慣性力について、点 A のまわりの力のモーメントがつり合うので、 $\frac{kx_0}{M + M_D} \cos \theta = g \sin \theta$ となり $x_0 = \frac{M + M_D}{k} g \tan \theta$ となる。

(8), (9), (10)

(8) 床に対する台車の速さを V とすると、運動量保存則により $-M_D V + m(v \sin \theta - V) = 0$ となり $V = \frac{m \sin \theta}{M_D + m} v$ となる。

(9) 運動エネルギー $= \frac{1}{2} M_D V^2 + \frac{1}{2} m (v \sin \theta - V)^2 + \frac{1}{2} m (v \cos \theta)^2$ の V に (8) を代入して整理すると、 $M_e = \frac{M_D + m \cos^2 \theta}{M_D + m} m$ となる。

(10) 式 (a) に $v = at$, $l = \frac{1}{2} at^2$ を代入して $\alpha = \frac{mg \cos \theta}{M_e}$ となる。

(11a), (11b), (12)

(11) (a) 求める力を f とすると、点 A のまわりの力のモーメントのつり合いより $fL \cos \theta = F(L - l)$ となり $f = \frac{L - l}{L \cos \theta} F$ となる。

(b) 水平方向の力のつり合いにより、摩擦力は $F \cos \theta - f = \frac{F}{\cos \theta} \left(\frac{l}{L} - \sin^2 \theta \right)$ となる。

(12) $l = l_0$ のとき (11b) $= \mu F \sin \theta$ なので、 $l_0 = \sin \theta (\sin \theta + \mu \cos \theta) L$ となる。

解答欄

| | |
|-----------|---|
| 答 (1) | $\frac{MgL \sin \theta}{2}$ |
| 答 (2) | $\frac{Mg}{2} \tan \theta$ |
| 答 (3) | $\frac{1}{2} \tan \theta$ |
| 答 (4) | $\frac{kx}{M + M_D}$ |
| 答 (5) | $\sqrt{v_0^2 - \frac{kx^2}{M + M_D}}$ |
| 答 (6) | $\frac{M + M_D}{k} g \tan \theta$ |
| 答 (7) | $\tan \theta$ |
| 答 (8) | $\frac{m \sin \theta}{M_D + m} v$ |
| 答 (9) | $\frac{M_D + m \cos^2 \theta}{M_D + m} m$ |
| 答 (10) | $\frac{mg \cos \theta}{M_e}$ |
| 答 (11) | a $\frac{L - l}{L \cos \theta} F$ |
| | b $\frac{F}{\cos \theta} \left(\frac{l}{L} - \sin^2 \theta \right)$ |
| 答 (12) | $\sin \theta (\sin \theta + \mu \cos \theta) L$ |

第2問 解答の導出過程

(4), (5)

(4) キャリア1個の電気量を q [C], またキャリアの速さを v [m/s] とおくと, ローレンツ力は qvB_z [N] となる.

一方, 電流は $I_y = qn(ac)v$ [A] なので,

$$qv \times B_z = \frac{I_y}{nac} \times B_z \text{ [N]}$$

(5) キャリアがホール電圧 V_x による電場から受ける力は,

$\frac{qV_x}{a}$ [N] で, これが ローレンツ力に等しいことから,

$$\frac{qV_x}{a} = \frac{I_y B_z}{nac}. \text{ これを } n \text{ について解けば, } n = \frac{I_y B_z}{qV_x c}.$$

(7) $E_2 = V_D$ は, 表1より $I_D = 0.060$ A となる $V_D = 0.60$ V よりも低くなる. 抵抗を流れる電流を I_R [A] とおくと,

$V_D = 0.58$ V のとき, $I_D = 0.036$ A で, $I_R = 0.58 \div 12 \doteq 0.048$ A となり, $J \doteq 0.036 + 0.048 = 0.084$ A で不適合.

$V_D = 0.56$ V のとき, $I_D = 0.022$ A で, $I_R = 0.56 \div 12 \doteq 0.047$ A となり, $J \doteq 0.022 + 0.047 = 0.069$ A で不適合.

$V_D = 0.54$ V のとき, $I_D = 0.013$ A で, $I_R = 0.54 \div 12 = 0.045$ A となり, ちょうど $J = 0.013 + 0.045 = 0.058$ A.

V_D が下がれば, I_D, I_R ともに減少するので,

$V_D = 0.54$ V 未満なら $J < 0.058$ A となる.

(9), (10)

(9) L の電圧が 1.6 V のとき, D の電圧は $2.1 - 1.6 = 0.5$ V で, D を流れる電流は表1より $I_D = 0.005$ A となる.

一方, 25Ω の抵抗の電圧は L と同じ 1.6 V で, 電流は $1.6 \div 25 = 0.064$ A 流れる. キルヒホッフの法則から電流計を流れる電流は, $0.064 - 0.005 = 0.059$ A となる.

(10) 電流計を流れる電流が 0 A のとき, D と 25Ω の抵抗を流れる電流

I_D は, 問い(1)と同様に, $I_D = \frac{2.1 - V_D}{25}$ A. 図4でこの $I_D - V_D$ の

直線と曲線との交点は, $V_D = 0.6$ V, $I_D = 0.06$ A と読み取れる.

実際, これらの値は表1に示された値となっている.

このとき, L の電圧は $2.1 - 0.6 = 1.5$ V となり, L を流れる電流は図1から 0.12 A と読み取れる. よって R_X の抵抗は, $0.6 \div 0.12 = 5 \Omega$.

解答欄

| | |
|----------|-----------------------|
| 答 (1) | $\frac{E - V}{R}$ [A] |
|----------|-----------------------|

| | |
|----------|--------|
| 答 (2) | 0.09 A |
|----------|--------|

| | |
|----------|------------------|
| 答 (3) | (あ) 正 (い) 正 |
|----------|------------------|

| | |
|----------|---------------------------|
| 答 (4) | $\frac{I_y B_z}{nac}$ [N] |
|----------|---------------------------|

| | |
|----------|---|
| 答 (5) | $\frac{I_y B_z}{qcV_x}$ [個/m ³] |
|----------|---|

| | |
|----------|---------------------------|
| 答 (6) | $J - \frac{E_2}{R_2}$ [A] |
|----------|---------------------------|

| | |
|----------|--------|
| 答 (7) | 0.54 V |
|----------|--------|

| | |
|----------|-------|
| 答 (8) | 1.1 V |
|----------|-------|

| | |
|----------|---------|
| 答 (9) | 0.059 A |
|----------|---------|

| | |
|-----------|-----------------------------------|
| 答 (10) | L の電流 0.12 A R_X の抵抗 5 Ω |
|-----------|-----------------------------------|

| | |
|-----------|---|
| 答 (11) | 図8の装置 (a) (b) (c) ----- 図9の装置 (a) |
|-----------|---|