

2026年度 東北大学 前期 物理

1

問(1) (a) 考え方や計算の過程:

小球の運動方程式の AB に垂直方向

$$0 = N - mg \cos \theta$$

$$\text{結果: } N = mg \cos \theta$$

(b) 考え方や計算の過程:

箱の運動方程式の水平方向

$$M \cdot 0 = F - N \sin \theta$$

$$\text{結果: } F = mg \sin \theta \cos \theta$$

(c) 考え方や計算の過程:

エネルギー保存則: $\frac{1}{2} m v_0^2 = mgL \tan \theta$

$$\text{結果: } v_0 = \sqrt{2gL \tan \theta}$$

(d) 考え方や計算の過程:

運動量保存

$$m v_0 + M v_1 = m v_0$$

はねかえり係数の式

$$v_1 - v_1 = -e(v_0 - 0)$$

$$\text{結果: } v_1 = \frac{m - eM}{m + M} v_0, \quad v_1 = \frac{(1+e)m}{m + M} v_0$$

(e) 考え方や計算の過程:

小球が最高点を とるとき, 小球と箱の速度は, 等しくなり

これを u とする.

水平方向の運動量保存

$$(m + M)u = m v_0$$

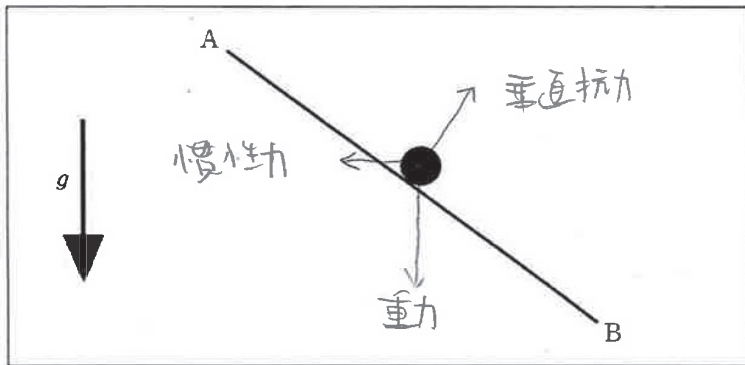
エネルギー保存則

$$\frac{1}{2} (m + M) u^2 + mgh = \frac{1}{2} m v_0^2 + \frac{1}{2} M v_1^2$$

$$\text{結果: } h = \frac{e^2 M}{m + M} \frac{v_0^2}{2g}$$

1

問(2) (a)



黒い丸は小球を表す

(b) 考え方や計算の過程:

重力方向の変位は $L \tan \theta$
 慣性力方向の変位は $-2L$

$$\therefore W = mgL \tan \theta - ma \cdot 2L$$

$$\text{結果: } W = m(g \tan \theta - 2a)L$$

(c) 考え方や計算の過程:

$$\frac{1}{2} m v_s^2 - 0 = W$$

$$\text{結果: } v_0' = \sqrt{2(g \tan \theta - 2a)L}$$

(d) 考え方や計算の過程:

$$v_0' \text{ が存在する条件は } g \tan \theta - 2a > 0$$

$$\therefore a \leq \frac{g \tan \theta}{2}$$

$$\text{結果: } a_0 = \frac{1}{2} g \tan \theta$$

(e)

記号:

う

理由: 重力と慣性力の合力をみかけの重力と呼ぶとある。その向きと鉛直下向きの両方と一致すると、 $\tan \phi = \frac{a}{g}$ 。
 また $\tan \theta > \frac{2a}{g}$ より、 $\theta > \phi$ 。よって +1/2 に傾向か
 けると、点Cで小球は、速さを0にするため。

2

問(1) (a)

$$\text{結果: } B = \mu_0 n I$$

, 向き:

(あ)

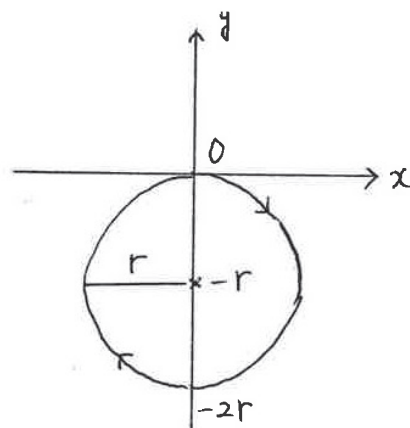
(b) 考え方や計算の過程:

運動方程式

$$m \frac{v_0^2}{r} = q v_0 B \quad \therefore r = \frac{m v_0}{q B}$$

$$\therefore T = \frac{2\pi r}{v_0} = \frac{2\pi m}{q B}$$

図のように円運動する。



$$\text{結果: } r = \frac{m v_0}{q B}, \quad T = \frac{2\pi m}{q B}, \quad X = 0, \quad Y = -\frac{m v_0}{q B}$$

(c) 考え方や計算の過程:

$$2r < R$$

$$\therefore 2 \times \frac{m v_0}{q \cdot \mu_0 n I} < R$$

$$\therefore I > \frac{2m v_0}{\mu_0 n q R}$$

$$\text{結果: } I_0 = \frac{2m v_0}{\mu_0 n q R}$$

(d)

理由: 磁場から受けるローレンツ力は、常に磁場に垂直である。磁場が z 方向だから、粒子に作用する外力は z 成分を持たず、加速度の z 成分はゼロとなる。

2

問(1) (e) 考え方や計算の過程:

1と2が円運動する周期は $T_1 = \frac{2\pi m}{qB}$, $T_2 = \frac{2\pi(3m)}{(2q)B} = \frac{3}{2} \frac{2\pi m}{qB}$ $3T_1 = 2T_2 (= 3 \cdot \frac{2\pi m}{qB})$ ゆえ、この時間が経過したときにZ軸上で衝突する。Z方向の変位は $v_0 \cos \theta \times 3 \cdot \frac{2\pi m}{qB}$ 結果: $T' = \frac{6\pi m}{qB}$, P'の座標(X' , Y' , Z') = (0 , 0 , $\frac{6\pi m v_0 \cos \theta}{qB}$)

問(2) (a) 考え方や計算の過程:

電場から受ける力は+y方向に qE 磁場から受ける力は $(qv_y B, -qv_x B)$ 結果: $F_x = qv_y B$, $F_y = q(E - vx B)$

(b) 考え方や計算の過程:

運動方程式 (x成分)

$$m \cdot a_x = qv_y B$$

$$\therefore m \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = q \frac{\Delta y}{\Delta t} B$$

$$\therefore \Delta v_x = \frac{qB}{m} \Delta y$$

$$\text{結果: } c = \frac{qB}{m}$$

(c) 考え方や計算の過程:

$$(b) \text{の結果から } v_x = \frac{qB}{m} y \quad \dots \textcircled{1}$$

$$\text{力学的エネルギー保存 } \frac{1}{2} m (v_x^2 + v_y^2) - qEy = 0 \quad \dots \textcircled{2}$$

$$\textcircled{1} \text{を}\textcircled{2} \text{に代入して } \frac{m}{2} \left\{ \left(\frac{qB}{m} y \right)^2 + v_y^2 \right\} - qEy = 0$$

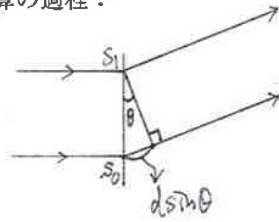
y最大るとき $v_y = 0$ だから

$$\frac{m}{2} \left(\frac{qB}{m} y_1 \right)^2 - qEy_1 = 0$$

$$\text{結果: } y_1 = \frac{2mE}{qB^2}$$

3

問(1) (a) 考え方や計算の過程:



$$\Delta l = 1 \cdot d \sin \theta$$

$$\text{結果: } \Delta l = d \sin \theta$$

(b) 考え方や計算の過程:

$$\begin{aligned} \Delta l &\div d \sin \theta_m = m \lambda \\ \therefore \theta_m &= m \frac{\lambda}{d} \end{aligned}$$

$$\text{結果: } \alpha = \frac{\lambda}{d}$$

問(2) (a) 考え方や計算の過程:

$$\begin{aligned} \Delta l' &= 2d \sin \theta'_m \div 2d \cdot \theta'_m = m \lambda \\ \therefore \theta'_m &= m \frac{\lambda}{2d} \end{aligned}$$

$$\text{結果: } \alpha' = \frac{\lambda}{2d}$$

(b) 考え方や計算の過程:

$$\Delta l' = (n-1)b + d \cdot \theta'_m$$

$$\text{結果: } \Delta l' = (n-1)b + \frac{1}{2}m\lambda$$

(c) 考え方や計算の過程:

$$\begin{aligned} m=0 \text{ (} \theta=\theta'_0=0 \text{) のとき } \Delta l' &= (n-1)b = k\lambda \quad (k=1, 2, 3, \dots) \\ \text{このとき } \Delta l' &= (n-1)b + \frac{1}{2}m\lambda = (k + \frac{1}{2}m)\lambda \text{ が } \lambda \text{ の 整数倍となる } m \text{ は} \\ m &= 0, 2, 4, 6, \dots \end{aligned}$$

$$\text{結果: } m = 2, 4, 6$$

3

- 問(2) (d) $m=0$ ($\theta=\theta_0=0$) のとき $\Delta l' = (n-1)b = (k-\frac{1}{2})\lambda$ ($k=1, 2, 3, \dots$)
 したがって $\Delta l' = (n-1)b + \frac{1}{2}m\lambda = (k-\frac{1}{2} + \frac{1}{2}m)\lambda$ において λ の整数倍となる m は
 $m=1, 3, 5, \dots$

結果: $m = 1, 3, 5$

- (e) 考え方や計算の過程:

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta l'$$

結果: ϕ の大きさ = $\frac{2\pi}{\lambda} \Delta l'$

- (f) 考え方や計算の過程:

$$\begin{aligned} E' &= E_2 + E_1 \\ &= A \sin(\omega t) + A \sin(\omega t + \phi) \\ &= 2A \cos \frac{\phi}{2} \sin(\omega t + \frac{\phi}{2}) \end{aligned}$$

結果: $A' = 2A \cos \frac{\phi}{2}$, $\phi' = \frac{\phi}{2}$

- (g)

記号:

47

理由: $n=1.5$, $b=\frac{1}{2}\lambda$ のとき $\Delta l' = \frac{1}{4}\lambda + \frac{1}{2}m\lambda \therefore \phi = \frac{\pi}{2} + m\pi$
 A^2 に比例する強さを I_0 とし、減衰は
 $I = 4I_0^2 \cos^2 \frac{\phi}{2} = 2I_0 + 2I_0 \cos \phi = 2I_0 - 2I_0 \sin(m\pi) = 2I_0$
 $\theta_m = \frac{1}{2}\theta_m$