1 （ここには 1 の解答を記入すること。）

問(1) (a)　考え方や計算の過程：

斜面に垂直な方向の力のつり合いより，$N = mg\cos\theta$

結果：$N =$ $mg\cos\theta$

(b)　考え方や計算の過程：

箱について水平方向の力のつり合いより，$F = N\sin\theta$

これに問(1)(a)の結果を代入する。

結果：$F =$ $mg\sin\theta\cos\theta$

(c)　考え方や計算の過程：

水平面BCを重力による位置エネルギーの基準とする。

力学的エネルギー保存則 $mgL\tan\theta = \frac{1}{2}mv_0^2$ を v_0 について解く。

結果：$v_0 =$ $\sqrt{2gL\tan\theta}$

(d)　考え方や計算の過程：

運動量保存則 $mv_0 = mv_1 + MV_1$

反発係数の式 $v_0(-e) = v_1 - V_1$

2式を v_1, V_1 のそれぞれについて解く。

結果：$v_1 =$ $\dfrac{m-eM}{M+m}v_0$,　$V_1 =$ $\dfrac{(1+e)m}{M+m}v_0$

(e)　考え方や計算の過程：

小球が斜面AB上で箱に対して静止したとき，

小球と箱の床に対する速度を u とする。

運動量保存則 $mv_0 = (M+m)u$

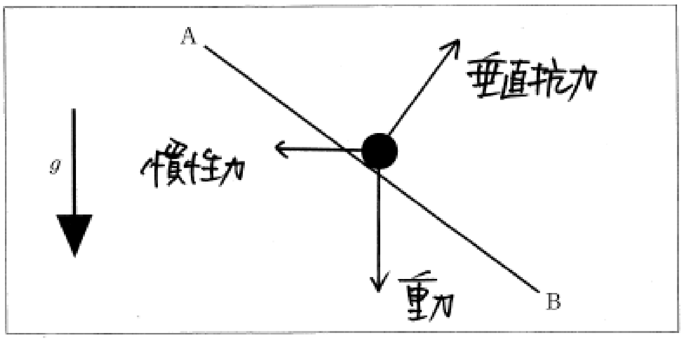
力学的エネルギー保存則 $\frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}MV_1^2 = \frac{1}{2}(M+m)u^2 + mgh$

問(1)(d)の結果を代入して2式を h について解く。

結果：$h =$ $\dfrac{e^2 M v_0^2}{2(M+m)g}$

1　(表より続く。)

問(2) (a)



黒い丸は小球を表す

(b)　考え方や計算の過程：

重力がした仕事は $mgL\tan\theta$

慣性力がした仕事は $-2maL$

垂直抗力がした仕事は 0

これらの総和が W である。

結果：$W=$ $mgL\tan\theta-2maL$

(c)　考え方や計算の過程：

運動エネルギーと仕事の関係 $W=\frac{1}{2}mv_0'^2$ に問(2)(b)の結果を代入して v_0' について解く。

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

(d)　考え方や計算の過程：

$v_0'=0$ となるとき，$a=a_0$ であるから，問(2)(c)の結果より，

$\sqrt{2L(g\tan\theta-2a_0)}=0$　これを a_0 について解く。

結果：$a_0=$ $\frac{1}{2}g\tan\theta$

(e)

記号：(う)

理由：$e<1$ より，内壁と十分に衝突をくり返すと，やがて点Cにおける小球の速度は0となる。小球には箱に対してCからBの向きに一定の大きさの慣性力が作用するので斜面上で箱に対して静止する点をDとすると，小球は点Cと点Dの間を往復運動する。点Cと点Dにおけるグラフの傾きは0である。

2　(ここには 2 の解答を記入すること。)

問(1) (a)

結果：$B=\mu_0 nI$　，向き：あ

(b) 考え方や計算の過程：

運動方程式　$m\dfrac{v_0^2}{r}=qv_0B$　より　$r=\dfrac{mv_0}{qB}$

周期　$T=\dfrac{2\pi r}{v_0}=\dfrac{2\pi m}{qB}$

$X=0$

$Y=-r=-\dfrac{mv_0}{qB}$

結果：$r=\dfrac{mv_0}{qB}$　，$T=\dfrac{2\pi m}{qB}$　，$X=0$　，$Y=-\dfrac{mv_0}{qB}$

(c) 考え方や計算の過程：

荷電粒子がソレノイドに衝突しない条件は，円軌道の直径がソレノイドの半径より小さいことであるから，

$2r<R$　より　$\dfrac{2mv_0}{qB}<R$

Bに(a)の結果を代入して，$I>\dfrac{2mv_0}{\mu_0 nqR}$

結果：$I_0=\dfrac{2mv_0}{\mu_0 nqR}$

(d)

理由：荷電粒子が磁束密度から受けるローレンツ力は磁束密度に垂直なので力のz成分は0である。2個の荷電粒子の初速度のz成分は等しいから，ともに速度のz成分は同じ値で一定に保たれる。

2 （表より続く。）

問(1) (e) 考え方や計算の過程：xy 面内の運動は荷電粒子1が $y \leqq 0$ の領域で周期 $T_1 = \frac{2\pi m}{qB}$ の円運動，荷電粒子2が $y \geqq 0$ の領域で周期 $T_2 = \frac{2\pi 3m}{2qB} = \frac{3}{2}T_1$ の円運動であるから衝突するのは $x = y = 0$ となる点である。よって，$T' = aT_1 = bT_2$（a, b は $a : b = 3 : 2$ より 初めて衝突するのは $a = 3$，$b = 2$ である。
z 方向は等速度であるから，$Z' = v_0 \cos\theta \cdot T'$

結果：$T' = \frac{6\pi m}{qB}$，P′の座標$(X', Y', Z') = \left(0, 0, \frac{6\pi m v_0 \cos\theta}{qB}\right)$

問(2) (a) 考え方や計算の過程：速度の大きさを v，x 軸となす角を θ とすると，

$$F_x = qvB\sin\theta = qBv_y$$
$$F_y = qE - qvB\cos\theta = qE - qBv_x$$

結果：$F_x = qBv_y$，$F_y = qE - qBv_x$

(b) 考え方や計算の過程：

x 方向の運動方程式 $m\frac{\Delta v_x}{\Delta t} = qBv_y = qB\frac{\Delta y}{\Delta t}$ より

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

結果：$c = \frac{qB}{m}$

(c) 考え方や計算の過程：

y 座標が最大のときは $v_y = 0$ であるから エネルギー保存則より

$$qEy_1 = \frac{1}{2}mv_x^2$$

問(2)(b)の結果より $v_x = \frac{qB}{m}y_1$

2式より v_x を消去する。

結果：$y_1 = \frac{2mE}{qB^2}$

3 (ここには3の解答を記入すること。)

問(1) (a) 考え方や計算の過程：

図より 経路差が $d\sin\theta$
空気の屈折率は 1なので 光路差も同じ

結果：$\Delta\ell =$ $d\sin\theta$

(b) 考え方や計算の過程：

明線の条件は $d\sin\theta_m = m\lambda$

θが小さいとき $\sin\theta_m \fallingdotseq \theta_m$ なので $d\theta_m = m\lambda$ $\theta_m = \frac{m\lambda}{d}$

結果：$\alpha =$ $\frac{\lambda}{d}$

問(2) (a) 考え方や計算の過程：

格子定数を 2d と考えて 明線の条件が $2d\sin\theta_m' = m\lambda$

よって $\theta_m' = \frac{m\lambda}{2d}$

結果：$\alpha' =$ $\frac{\lambda}{2d}$

(b) 考え方や計算の過程：

$$\Delta l' = na - \{n(a-l) + l\} + d\sin\theta_m'$$
$$= (n-1)l + d\sin\theta_m'$$
$$= (n-1)l + \frac{m\lambda}{2}$$

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

(c) 考え方や計算の過程：

$\theta = 0$ で強め合うことより $(n-1)l = k\lambda$ $(k = 1, 2, 3, \ldots)$

このとき $\Delta l' = k\lambda + \frac{m\lambda}{2}$ となり 明線の条件は $k\lambda + \frac{m\lambda}{2} = m'\lambda$

すなわち $k + \frac{m}{2}$ が整数 よって $m = 2, 4, 6, \ldots$

結果：$m =$ 2, 4, 6

(裏面に続く。)

3　(表より続く。)

問(2) (d)

$\theta=0$ で弱め合うとき　$(n-1)l=(k-\frac{1}{2})\lambda$　$(k=1,2,3\ldots)$

このとき　$\Delta l'=(k-\frac{1}{2})\lambda+\frac{m\lambda}{2}$　となり　明線の条件は　$(k-\frac{1}{2})\lambda+\frac{m\lambda}{2}=m'\lambda$

すなわち　$k-\frac{1}{2}+\frac{m}{2}$ が整数　よって　$m=1,3,5\ldots$

結果：$m=$ 1, 3, 5

(e)　考え方や計算の過程：

位相差 ϕ は　$\phi=\frac{(\text{光路差})}{\lambda}\times 2\pi$　より

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

(f)　考え方や計算の過程：

$E'=E_1+E_2=A\sin(\omega t+\phi)+A\sin\omega t$

$=2A\cos\frac{\phi}{2}\sin(\omega t+\frac{\phi}{2})$

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

(g)

記号：(ウ)

理由：

$n=1.5$，$l=\frac{1}{2}\lambda$ のとき　ϕ は

$\phi=\frac{2\pi\Delta l'}{\lambda}=\frac{2\pi}{\lambda}\left(\frac{\lambda}{4}+\frac{m\lambda}{2}\right)=\frac{\pi}{2}+m\pi$

これより　$\left|2A\cos\frac{\phi}{2}\right|$ は　m の値にかかわらず $\sqrt{2}A$ となる

また回折格子1と2の重ね合わせであるから　格子定数

が $2d$ の2組の格子と考えると　間隔は図2の半分.