問３　真空中でかつ電荷も電荷による電流もない場合の Maxwell の方程式（微分形）を書け。さらに，Maxwell の方程式から磁場を消去し，真空中を伝わる電磁波の電場が満たすべき方程式を求めよ。ただし，結果だけでなく，どのような式変形をしたのかがわかるように記すこと。物理量の記号として，電場には $\mathbf{E}$ を，磁場（磁束密度）には $\mathbf{B}$ を，真空中の誘電率には ε_0 を，真空中の透磁率には μ_0 を用いよ。それ以外の記号を用いる場合はきちんと定義すること。また，必要に応じて以下の公式を用いてよい。

（参考）$\mathbf{C}, \mathbf{D}$ を任意のベクトル関数，ϕ, ψ を任意のスカラー関数とするとき，以下の関係が成り立つ。

$$\nabla(\phi\psi) = \phi(\nabla\psi) + \psi(\nabla\phi)$$
$$\nabla\cdot(\phi\mathbf{C}) = \phi(\nabla\cdot\mathbf{C}) + \mathbf{C}\cdot(\nabla\phi)$$
$$\nabla\times(\phi\mathbf{C}) = \phi(\nabla\times\mathbf{C}) + (\nabla\phi)\times\mathbf{C}$$
$$\nabla\cdot(\mathbf{C}\times\mathbf{D}) = \mathbf{D}\cdot(\nabla\times\mathbf{C}) - \mathbf{C}\cdot(\nabla\times\mathbf{D})$$
$$\nabla(\mathbf{C}\cdot\mathbf{D}) = (\mathbf{C}\cdot\nabla)\mathbf{D} + (\mathbf{D}\cdot\nabla)\mathbf{C} + \mathbf{C}\times(\nabla\times\mathbf{D}) + \mathbf{D}\times(\nabla\times\mathbf{C})$$
$$\nabla\times(\mathbf{C}\times\mathbf{D}) = \mathbf{C}(\nabla\cdot\mathbf{D}) + (\mathbf{D}\cdot\nabla)\mathbf{C} - \mathbf{D}(\nabla\cdot\mathbf{C}) - (\mathbf{C}\cdot\nabla)\mathbf{D}$$
$$\nabla\times(\nabla\times\mathbf{C}) = \nabla(\nabla\cdot\mathbf{C}) - \nabla^2\mathbf{C}$$

問４　3 次元空間に直交座標系(x, y, z)を導入する。$x \geq 0$ において z 軸方向に向く磁束密度 $\mathbf{B}$ の一様磁場がある。また，$x < 0$ では磁場はない。いま，質量が m で負の電荷 $-q$ $(q > 0)$ をもつ粒子を，x-y 面内において原点に向けて速さ v で磁場に入射させる（下図参照）。図のように，入射粒子の速度と$-y$ 方向の角度が 30° をなすとき，x-y 面内において粒子はどのような運動をするか，その軌跡を描け（途中の計算などは示さなくてよい）。解答の図には，軌跡が一意に定まるように，特徴となる点の座標値を示しかつ簡単な説明をつけること。