9. 在SI制下，根据CGS下类似的推导过程：

由电磁场对体积微元$\mathrm{d}^3\,\mathbf{r}$内的电荷做的功如下，磁场力不对带电粒子做功：

$\mathrm{d}\,W = \mathbf{F}\cdot\mathrm{d}\,\mathbf{r} = (\rho\,\mathrm{d}^3\,\mathbf{r})(\mathbf{E}+\mathbf{v}\times\mathbf{B})\cdot\mathbf{v}\,\mathrm{d}\,t = \mathbf{E}\cdot\mathbf{j}\,\mathrm{d}^3\,\mathbf{r}\,\mathrm{d}\,t$

则电磁场对带电粒子做功的功率为：

$P_{\mathrm{tot}} = \iiint \mathrm{d}^3\,\mathbf{r}\mathbf{E}\cdot\mathbf{j}$

由SI制下Maxwell方程的材料形式，$\nabla\times\mathbf{H} = \mathbf{j}+\dfrac{\partial\mathbf{D}}{\partial t}$：

$P_{\mathrm{tot}} = \iiint \mathrm{d}^3\,\mathbf{r}\mathbf{E}\cdot(\nabla\times\mathbf{H}-\dfrac{\partial\mathbf{D}}{\partial t}).$

利用恒等式$\nabla\cdot(\mathbf{E}\times\mathbf{H}) = \mathbf{H}\cdot(\nabla\times\mathbf{E})-\mathbf{E}\cdot(\nabla\times\mathbf{H})$，以及Maxwell方程中的$\nabla\times\mathbf{E} = -\dfrac{\partial\mathbf{B}}{\partial t}$,

$P_{\mathrm{tot}} = -\iiint \mathrm{d}^3\,\mathbf{r}\left(\nabla\cdot(\mathbf{E}\times\mathbf{H})+\mathbf{E}\cdot\dfrac{\partial\mathbf{D}}{\partial t}+\mathbf{H}\cdot\dfrac{\partial\mathbf{B}}{\partial t}\right)$

利用线性电磁材料中的关系，$\mathbf{D}=\tilde{\epsilon}\mathbf{E},\mathbf{B}=\tilde{\mu}\mathbf{H}$，将此式进一步化简：

$P_{\mathrm{tot}} = -\iiint \mathrm{d}^3\,\mathbf{r}\left(\nabla\cdot(\mathbf{E}\times\mathbf{H})+\dfrac{1}{2}\dfrac{\partial}{\partial t}(\mathbf{E}\cdot\mathbf{D}+\mathbf{H}\cdot\mathbf{B})\right).$

由上式即可得出SI制下电磁场能量密度和能流密度的表达式：

$P_{\mathrm{tot}} = \iiint \mathrm{d}^3\,\mathbf{r}\mathbf{j}\cdot\mathbf{E} = -\iiint \mathrm{d}^3\,\mathbf{r}(\dfrac{\partial u}{\partial t}+\nabla\cdot\mathbf{S}),$

$u = \dfrac{1}{2}(\mathbf{E}\cdot\mathbf{D}+\mathbf{B}\cdot\mathbf{H}),\quad \mathbf{S} = (\mathbf{E}\times\mathbf{H}).\square$

若形成“涡旋”电磁波，假设在一个圆柱体积元中存在，则在这个体积元的外表面上，$\mathbf{S}$的方向处处沿切线向外，没有流入的电磁能量，由能量守恒关系可知是无法持续存在的。

11. 由电磁波在真空中的波动方程进行推导：

$\nabla^2\mathbf{E}-\dfrac{1}{c^2}\dfrac{\partial^2\mathbf{E}}{\partial t^2} = 0,\nabla^2\mathbf{B}-\dfrac{1}{c^2}\dfrac{\partial^2\mathbf{B}}{\partial t^2} = 0$

是典型的平面波方程，其通解可以写为：

$\mathbf{E} = E_0 e^{i(\mathbf{k}\cdot\mathbf{r}-\omega t)}.$

由$\nabla\cdot\mathbf{E} = \mathbf{j} = 0$,

$\nabla\cdot\left(E_0 e^{i(\mathbf{k}\cdot\mathbf{r}-\omega t)}\right) = i\mathbf{k}\cdot E_0 e^{i(\mathbf{k}\cdot\mathbf{r}-\omega t)} = i\mathbf{k}\cdot\mathbf{E} = 0,$

可知$\mathbf{k},\mathbf{E}$互相垂直。同理易得：

$\mathbf{B} = B_0 e^{i(\mathbf{k}\cdot\mathbf{r}-\omega t)},$

$\mathbf{k},\mathbf{B}$也是互相垂直的。将$\mathbf{E},\mathbf{B}$解的形式代入SI制真空Maxwell方程$\nabla\times\mathbf{E} = -\dfrac{\partial\mathbf{B}}{\partial t}$整理后可得:

$\mathbf{B} = \dfrac{1}{i\omega}\nabla\times\mathbf{E}.$

必有$\mathbf{B}\cdot\mathbf{E} = 0$，即$\mathbf{B},\mathbf{E}$同样互相垂直。即$\mathbf{k},\mathbf{B},\mathbf{E}$两两互相垂直。$\square$

1. 在微波通迅领域，静电静磁学适用的条件：

在固定频率的电磁场中，绝缘的电磁材料中可写出如下形式的Maxwell方程(CGS制)

$$\nabla\times\mathbf{E} = i\frac{2\pi\nu}{c}B,\quad \nabla\times\mathbf{H} = -i\frac{2\pi\nu}{c}\mathbf{D}$$

(a)当波长$\lambda = c/\nu$远大于电磁场的特征变化长度(材料的尺度等量级)时，方程两个等式右边均可以忽略，即可回归静电静磁问题。

(b)同时，如果不考虑电磁波与材料相互作用的量子效应(如核磁共振效应对射频电磁波的特征吸收、气体分子振动及转动能级对红外电磁波的特征吸收)时，可以按准静态过程处理。

2. (?)

3. MOS电容器的优点是其电容值和介电常数几乎与偏压无关，损耗小，击穿电压较高，MOS电容有很大的实用价值。理想的MOS结构应该具有无回滞和偏移的C-V曲线。(?)