电动力学 作业

第一章　23 页 1.(a)　2.(b),(i)　4.(d)　5.(1)　7(1)

第二章　50 页

第一次 8　9　10　11

第二次 15　16　20　21

第三章　86 页

第一次 9　10　12　13

第二次 14　16　17

第三次 19　20　21　22

第四章　119 页 9　10　12　15

第五章　148 页 7　8　10　11

第六章　195 页 10　14　17　18

第七章　251 页 7　9　10　14

第八章

思考题与习题一

1. 设 $\boldsymbol{r}=(x-x')\boldsymbol{i}+(y-y')\boldsymbol{j}+(z-z')\boldsymbol{k}$，证明

(a) $\nabla r=\frac{\boldsymbol{r}}{r}$

(b) $\nabla\frac{1}{r}=-\nabla'\frac{1}{r}=-\frac{\boldsymbol{r}}{r^3}$

(c) $\nabla\cdot\boldsymbol{r}=3$

(d) $\nabla\times\boldsymbol{r}=0$

(e) $\nabla\cdot\frac{\boldsymbol{r}}{r}=\frac{2}{r}$

(f) $\nabla\times\frac{\boldsymbol{r}}{r^3}=0$

2. 设 $\boldsymbol{c}$ 为常矢量，计算

(a) $\nabla(\boldsymbol{c}\cdot\boldsymbol{r})$

(b) $\nabla\cdot(\boldsymbol{c}r)$

(c) $\nabla\times(r\boldsymbol{c})$

(d) $\nabla\cdot(\boldsymbol{c}\times\boldsymbol{r}/r^3)$

(e) $\nabla\times(\boldsymbol{r}\times\boldsymbol{c})$

(f) $\nabla\cdot[(\boldsymbol{c}\cdot\boldsymbol{r})\boldsymbol{r}]$

(g) $\nabla\times[(\boldsymbol{c}\cdot\boldsymbol{r})\boldsymbol{r}]$

(h) $\nabla\cdot[(\boldsymbol{c}\times\boldsymbol{r})\times\boldsymbol{r}]$

(i) $\nabla\times[(\boldsymbol{c}\times\boldsymbol{r})\times\boldsymbol{r}]$

(j) $\nabla[(\boldsymbol{c}\times\boldsymbol{r})\cdot(\boldsymbol{c}\times\boldsymbol{r})]$

(k) $\nabla\times\left(\frac{\boldsymbol{c}\times\boldsymbol{r}}{r^3}\right)$

(l) $\nabla\times\left(\nabla\times\frac{\boldsymbol{c}}{r}\right)$

3. 已知矢量 $\boldsymbol{A}=3x\boldsymbol{i}+y\boldsymbol{j}+2z\boldsymbol{k}$，$\phi=x^2+y^2+z^2$，计算$\nabla\cdot(\phi\boldsymbol{A})$和$\nabla\times(\phi\boldsymbol{A})$在点(2,2,2)的值.

4. 设 $\boldsymbol{A}=\boldsymbol{A}(r)$，$\phi=\phi(r)$，证明

(a) $\nabla\phi=\frac{\mathrm{d}\phi}{\mathrm{d}r}\frac{\boldsymbol{r}}{r}$

(b) $\nabla\cdot\boldsymbol{A}=\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{A}}{\mathrm{d}r}\cdot\frac{\boldsymbol{r}}{r}$

(c) $\nabla\times\boldsymbol{A}=\frac{\boldsymbol{r}}{r}\times\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{A}}{\mathrm{d}r}$

(d) $\nabla(\boldsymbol{A}\cdot\boldsymbol{r})=\boldsymbol{A}+\frac{\boldsymbol{r}}{r}\left(\boldsymbol{r}\cdot\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{A}}{\mathrm{d}r}\right)$

(e) $\nabla\cdot(\phi\boldsymbol{r})=3\phi+r\frac{\mathrm{d}\phi}{\mathrm{d}r}$

(f) $\nabla\times(\phi\boldsymbol{r})=0$

(g) $\nabla\times(\boldsymbol{A}\times\boldsymbol{r})=2\boldsymbol{A}-\frac{\boldsymbol{r}}{r}\times\left(\boldsymbol{r}\times\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{A}}{\mathrm{d}r}\right)$

5. 设 $\boldsymbol{E}=\boldsymbol{E}_0\exp(\mathrm{i}\boldsymbol{k}\cdot\boldsymbol{r})$，其中 $\boldsymbol{E}_0$，$\boldsymbol{k}$ 是常矢量，有

(1) $\nabla\cdot\boldsymbol{E}=\mathrm{i}\boldsymbol{k}\cdot\boldsymbol{E}$

(2) $\nabla\times\boldsymbol{E}=\mathrm{i}\boldsymbol{k}\times\boldsymbol{E}$

6. 设 $\boldsymbol{A}$ 是任意矢量函数，ϕ 是任意标量函数，证明

(1) $\int_V[\nabla\phi\cdot(\nabla\times\boldsymbol{A})]\mathrm{d}V=\oint_S\phi(\nabla\times\boldsymbol{A})\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{S}$

(2) $\oint_L\phi\mathrm{d}\boldsymbol{l}=\int_S\mathrm{d}\boldsymbol{S}\times\nabla\phi$

7. 利用 δ 函数表示下列带电系统的电荷密度分布：

(1) n 个点电荷 q_k，分别位于 $\boldsymbol{R}_k(k=1,2,\cdots,n)$；

(2) 一半径为 a 的导体球均匀带电，总电量为 Q，导体球位于坐标原点.

8. 利用 δ 函数表示下列线电流的电流密度分布：

(1) 一无限长直线电流，电流强度为 I，位于 Oz 轴；

(2) 一半径为 a 的圆电流圈，电流强度为 I，位于 xy 平面内，圆心在坐标原点.

思考题与习题二

1. 库仑定律的适用条件是什么？它能否作为描述静电场的基本规律？

2. 从库仑定律可以推出高斯定理，从高斯定理是否可以推出库仑定律？

3. 从毕奥-萨伐尔定律可以推出安培环路定理，安培环路定理是否能代替毕奥-萨伐尔定律？

4. 从实验定律到麦克斯韦方程组的建立过程中有哪些重要假定？

5. 介质的存在对电磁场方程有何影响？如何表现这些影响？

6. 麦克斯韦方程的积分形式和微分形式有何区别？在介质分界面上的边界条件的实质是什么？

7. 两个导体球带等量异号电荷，用导线连接使之放电，导线上将产生焦耳热．放电后，电场不再存在，试分析原来弥散于空间的静电能如何转为导线上的焦耳热．

8. 证明：在 $\boldsymbol{J}=0,\rho=0$ 的真空中，电场作如下代换

$$\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r},t) \rightarrow c\boldsymbol{B}(\boldsymbol{r},t)$$

$$\boldsymbol{B}(\boldsymbol{r},t) \rightarrow -\frac{1}{c}\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r},t)$$

后仍然满足麦克斯韦方程组．

9. 证明：在均匀介质内部，极化电荷体密度 ρ_{p} 与自由电荷密度 ρ 的关系为

$$\rho_{\mathrm{p}} = \left(\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon} - 1\right)\rho$$

10. 证明：在均匀磁介质内部，稳定情况下磁化电流 $\boldsymbol{J}_{\mathrm{m}}$ 与自由电流 $\boldsymbol{J}_{\mathrm{f}}$ 的关系为

$$\boldsymbol{J}_{\mathrm{m}} = \left(\frac{\mu}{\mu_0} - 1\right)\boldsymbol{J}_{\mathrm{f}}$$

11. 设均匀导体内部 $t=0$ 时有自由电荷密度 $\rho_0(\boldsymbol{r})$，从场方程与电荷守恒定律、欧姆定律导出导体内电荷密度随时间 t 的变化规律为

$$\rho(\boldsymbol{r},t) = \rho_0 \mathrm{e}^{-\frac{\sigma}{\varepsilon}t}$$

12. 一个球形电容器，内径为 R_1，外径为 R_2，电容器中充满电导率为 σ，介电常数为 ε 的介质．设开始时内导体电势为 V_1，外导体接地．

(1)计算电容器内任意时刻的电场与磁场；

(2)计算介质上极化电荷的分布．

13. 证明：当两种绝缘介质的分界面上不带自由电荷时，电场线与界面法线的夹角 θ_1 和 θ_2 满足条件

$$\frac{\tan\theta_2}{\tan\theta_1} = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}$$

14. 证明：当两种导电介质内有稳定电流时，分界面上电场线与界面法线的夹角 θ_1,θ_2 满足条件

$$\frac{\tan\theta_2}{\tan\theta_1} = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$$

15. 一均匀磁化的介质圆柱，磁化强度为 $\boldsymbol{M}$，求柱体各部分上的磁化电流分布．

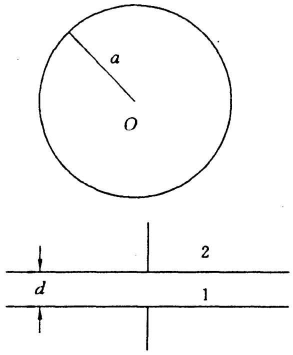
16. 内外半径分别为 r_1 和 r_2 的无穷长中空导体圆柱，沿轴向流有稳定的自由电流 J_f，导体的磁导率为 μ，求柱体上的磁化电流分布情况.

17. 如右图示，两圆板组成平行板电容器，用直长无电阻的导线将交变电压 $V=V_0\cos\omega t$ 接于两平板间. 设 $d\ll a\ll c/\omega$，可略去场的边缘效应，并可看成似稳电磁场. 设两板间为真空.

(1)用麦克斯韦方程求区域 1 中的电场和磁场；

(2)求导线上的电流强度与平板上的面电流密度；

(3)求区域 2 中的磁场，若将电容器极板看成一平面，验证磁场的边界条件.



(习题 2.17)

18. 在上述电容器中，若 d 并不很小，证明在一般情况下电容器内的电场不可能是均匀的轴向电场.

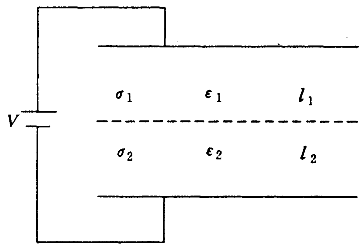
19. 一圆柱形电容器，内导体半径为 a，外导体半径为 b，长为 l，外加电压 $V=V_0\cos\omega t$，设 ω 不大，电场可看成似稳场，计算电容器中位移电流密度及穿过半径 $r(a<r<b)$ 的圆柱形表面的总位移电流，并证明后者等于电容器引线中的传导电流.

20. 同轴传输线内导线半径为 a，外导线半径为 b，两导线间是真空. 导线间电压为 V，导线上电流强度为 I.

(1)忽略导线电阻，计算同轴线空间中的能流和传输功率.

(2)设内导体的电导率为 σ，计算通过内导线表面进入导线内的能流，证明它等于导线的损耗功率.

21. 平行板电容器内是两层均匀介质，厚度分别为 l_1, l_2，介电常数分别为 $\varepsilon_1, \varepsilon_2$，介质还有一定的导电能力，电导率分别为 σ_1, σ_2，在两板上接电动势为 V 的电池，当电流达到稳定时，求各处自由电荷与束缚电荷的分布.



(习题 2.21)

思考题与习题三

1. 静电场有哪些基本性质？导体和介质在静电场中的性质有些什么不同？

2. 静电场中的基本问题是什么？如何由电势 ϕ 求 $\boldsymbol{E},\boldsymbol{D},\boldsymbol{P},\rho,\rho_p,\sigma,\sigma_p$？

3. 当区域内有导体存在时，唯一确定静电场的条件是什么？并证明之.

4. 用唯一性定理解释一下为什么金属壳可以屏蔽壳外静电场对壳内的影响？能否屏蔽球内电荷对壳外电场的影响？

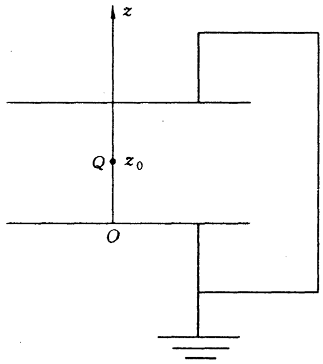
5. 证明静电场中不在电荷处的电势没有极值，而且其电势等于以该点为中心，r 为半径的球面上电势的平均值.

6. 电偶极矩和电四极矩的定义是什么？它们是否与坐标原点的选择有关？分析一下电多极展开各项的物理意义.

7. 静电场能量有几种表达形式？它们所表示的意义有何差别？

8. 计算静电作用力有几种方法？

9. 两块平行的无限大导体平板，相距为 l，在 $(0,0,z_0)$ 处有一点电荷 Q，两导体板接地，求电势分布.

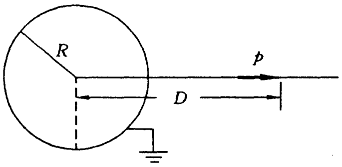


（习题 3.9）

10. 导体半球壳接地，壳内距球心为 ρ 处有一点电荷 Q，球的半径为 R_0，求空间电势分布.

11. 两无限大的接地导体平板，互成直角围成一个空间，在这空间内有一点电荷 Q，距两平面为 a,b，求空间电势.

12. 有一个电矩为 $\boldsymbol{p}$ 的电偶极子，与接地导体球的球心相距为 D，偶矩方向沿着半径的方向，如图示，求空间电势.

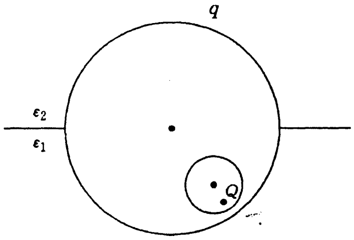


（习题 3.12）

13. 一导体球半径为 a，球内有一不同心球洞，洞的半径为 b，整个球的球心位于两介质的交界上，在球洞内距洞心为 c 处有一点电荷 Q，导体球带电 q.

(1)求洞中点电荷 Q 受的力 F；

(2)求空间的自由电荷与束缚电荷的分布情况.



（习题 3.13）

14. 一半径为 a 的介质球的介电常数为 ε，在球外包一层导体，导体层的外半径为 b，介质球均匀带电，其密度为 ρ，导体上带电量 Q，求整个空间的电势分布和导体上的电荷密度以及介质球的总偶极矩.

15. 均匀介质球介电常数为 ε_1，半径为 a，放在一无限大、介电常数为 ε_2 的均匀介质中，在球内离球心为 $b(b<a)$ 处有一电量为 Q 的点电荷，求空间的电场强度和球面上的束缚电荷面密度.

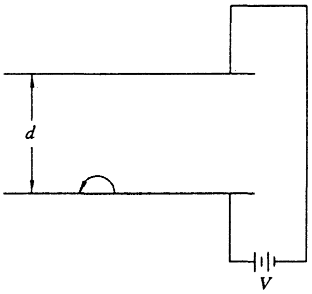
16. 均匀介质球的介电常数为 ε_1，在球中心放一自由电偶极子 p_f，球外充满介电常数为 ε_2 的介质，求空间的电势和极化电荷分布.

17. 平行板电容器的平板间相距为 d，两极间加直流电压 V，下板电势高. 在下板内侧面上有一很小的半球突起，球半径为 a，求电容器内的电场和半球上的电荷密度.

18. 一无限长的均匀导体圆柱，半径为 a，处在真空中，在柱外平行柱轴有一无限长的直导线，距柱轴为 b，导线均匀带电，其线电荷密度为 η，求空间电势分布.

19. 求点电荷 q 与半径为 a 的接地导体球间的相互作用能 u 和相互作用力 F，电荷与球心的距离为 d，整个系统位于介电常数为 ε 的均匀电介质内.

20. 有一平板电容器，浸在不可压缩的液体中，并使平板竖直放置，液体的介电常数为 ε，密度为 τ，两板间距离为 d，电势差为 V，求电容器内液体上升的高度.



（习题 3.17）

21. 有一个半径为 R 的未带电导体球浮在液体上，球的质量为 m，液体的介电常数为 ε. 开始导体球有四分之一体积浸在液体内，如果要导体球有一半浸在液体内，必须使导体球带多少电量？

22. 设有两个电偶极子，它们的偶极矩大小相等，并都指向 z 轴方向，其一位置在原点，另一位置在

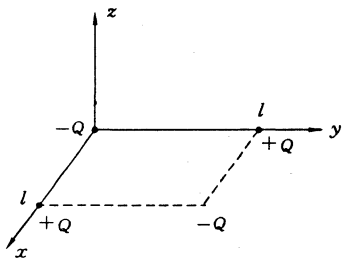
(1) $\theta=\dfrac{\pi}{2}$，距原点为 R；

(2) $\theta=0$，距原点为 R.

求两种情况下的相互作用能和相互作用力.

23. 有一个电矩为 $\boldsymbol{p}$ 的偶极子，位于距无限大导体平面为 a 处，求偶极子所受的力.

24. 如图示的平面四极子位于 xy 平面内，每个点电荷的电量的数值为 Q，相距为 l，求四极矩和电势.



（习题 3.24）

思考题与习题四

1. 试比较稳定电场和静电场，它们有何异同？

2. 在有稳定电流的导体中，导体内部电势是否是常数？导体内有无电荷？电荷分布在什么地方？

3. 磁场不是势场，为什么还能引入磁标势？什么情况下用磁标势？什么情况下用矢势计算磁场比较方便？

4. 比较磁多极展开与电多极展开的异同. 磁偶极矩的定义是什么？为什么说一个线电流圈与一个磁偶层等效？

5. 稳定磁场的能量有几种表达式？它们所表示的意义有何差别？

6. 如何由磁场能量计算作用力？电流固定不变和磁通量固定不变有什么不同？

7. 磁偶极子和外磁场的相互作用能与电偶极子和外电场的相互作用能相比差一符号，如何理解？

8. 在什么条件下可以用电路方程来代替场方程？

9. 设有两平面围成的直角形无穷容器，其内充满电导率为 σ 的液体，取该两平面为 xz 面和 yz 面，在 (x_0,y_0,z_0) 和 $(x_0,y_0,-z_0)$ 两点分别置正负极并通以电流 I. 求导电液体中的电势.

10. 在一很大的电解槽中充满电导率为 σ_2 的液体，使其中流着均匀的电流 J_{f0}，今在液体中置入一个电导率为 σ_1 的小球，求稳恒时电流分布和面电荷分布.

11. 半径为 a 的均匀带电球所带电量为 Q，球的质量也均匀分布，总质量为 M，以角速度 ω 绕其直径转动. 求磁矩与机械动量矩以及两者之比.

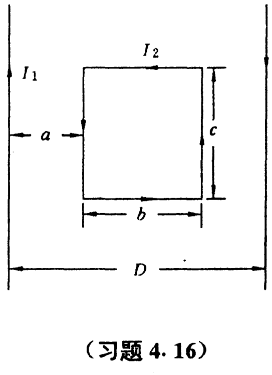
12. 有一个均匀带电的薄导体壳，其半径为 a，总电荷为 Q，球绕直径以角速度 ω 转动，用磁标势法求球内外的磁场.

13. 设理想铁磁材料的磁化规律为 $\boldsymbol{B}=\mu\boldsymbol{H}+\mu_0\boldsymbol{M}_0$，是与 $\boldsymbol{H}$ 无关的常数. 用这种材料做成永磁球，半径为 a，将球放在真空中，外加均匀磁场 $\boldsymbol{H}_0$. 求球内外的磁场.

14. 一均匀磁化的圆柱形永磁体，其磁化强度 $\boldsymbol{M}_0$ 沿柱轴方向，试用标势和矢势分别计算柱内外的 $\boldsymbol{B}$，$\boldsymbol{H}$，证明两种方法得的结果相同（设柱外为真空）.（提示：用 $\boldsymbol{A}$，ϕ 的积分表达式证明.）

15. 两个相同的磁偶极子磁矩为 $\boldsymbol{m}$，互相反平行，相距为 $\boldsymbol{r}$，计算它们之间的相互作用力.

16. 两无限长直线电流所在平面内有一矩形线圈，电流分布与几何位形如图示，求线圈所受磁场力.



（习题 4.16）

思考题与习题五

1. 在求解电磁场方程时，为什么要引入矢势和标势？

2. 什么是规范变换和规范不变性规范变换有什么意义？

3. 一个天线在什么条件下可以看成是电偶极子？用什么方法计算辐射场最简单？

4. 以电偶极矩辐射场为例，说明辐射场的特性.

5. 一般的广播天线是垂直立在地面上的，大地是具有一定电导率的非理想导体，分析一下地面附近的电场方向.

6. 一只密封的塑料盒子里有一个天线在辐射 电磁波，你如何辨认这个天线是电偶极子还是磁偶极子？

7. 两个电偶极矩相互成直角，以同一频率做简谐变化，偶极矩强度为 p，两者相位差为 $\frac{\pi}{2}$，计算辐射场辐射能流.

8. 一个线性四极子由 $-e$，$+2e$，$-e$ 三个电荷组成，正电荷和在原点，负电荷位于 z_1，z_2，并且有

$$z_1 = - z_2 = a\cos \frac{1}{2}\omega_l t$$

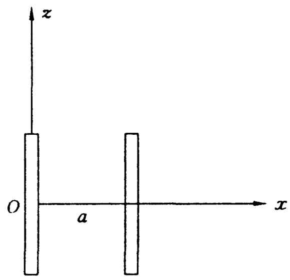
计算辐射场和辐射能流.

9. 在上题中若两负电荷的距离保持为 a，两负电荷绕原点以角速度 ω 旋转，旋转时三个电荷保持在一条直线上，计算辐射场与辐射角分布.

10. 如图所示，两根完全相同的直天线，长度为 $l \ll \lambda$，在天线中点外接交变电动势，天线上电流为

$$I(z) = I_0\left(1 - \left(\frac{2}{l}|z|\right)\right)$$

天线平行排列，相距为 $a \ll \lambda$，计算辐射场、辐射角分布和辐射功率.



（习题 5.10）

11. 一点电荷 e 绕原点以角速度 ω 旋转，轨道半径 $a \ll \lambda$，设轨道位于 $x-y$ 平面，计算辐射场与辐射功率.

12. 一半波天线，辐射 10^3W 的功率，计算它在赤道平面上 10km 远处的电场强度.

13. 有一磁化强度为 $\boldsymbol{M}$，半径为 a 的均匀磁化球，以恒定的频率 ω 绕通过球心并与 $\boldsymbol{M}$ 方向成 φ 角的轴旋转，求辐射场与辐射角分布.

思考题与习题六

1. 在自由空间中电磁波有何特性？为什么说光就是电磁波？

2. 导体中的电磁波与介质中的电磁波相比有何特点？

3. 推导非涅尔公式的基本思想是什么？从菲涅尔公式能说明什么物理效应？

4. 对电磁波来说，能否认为大地总是不良导体，金属总是良导体？

5. 电磁波在等离子体中传播有些什么特性？什么是法拉第效应？

6. 在传输线上传播的电磁波有什么特性？对电磁波在什么情况下可引入电势概念？

7. 电磁波在波导中传播有些什么特点？什么是相速和群速？群速是否总是小于相速？

8. 如何由标量衍射理论解释单缝衍射和双缝衍射？

9. 从什么事实说明电磁场有动量？如何用应力张量计算电磁场的作用力？

10. 太阳光垂直入射到地球表面上平均能量是 $8.4\mathrm{J/(cm^2\cdot d)}$，计算太阳光中电场强度的振幅. 太阳与地球间的平均距离是 $1.5\times10^{11}\mathrm{m}$，太阳的半径是 $7.0\times10^{8}\mathrm{m}$，计算太阳辐射的功率、太阳光在太阳表面上的电场强度.

11. 证明两个线偏振波

$$E_x = E_{x_0}e^{-i(\omega t-kz)}$$

$$E_y = E_{y_0}e^{-i(\omega t-kz+\varphi}$$

合成的波是椭圆偏振波. 当 $\varphi=90°$，$E_{x_0}=E_{y_0}$时，合成波是圆偏振波.

12. 证明线偏振波在介质分界上全反射后，一般情况下要变成椭圆偏振波. 在什么情况下变成圆偏振波？

13. 一个 60W 灯泡悬挂在离水面 1.5m 的上空，水的折射率是 1.33，计算正在灯泡下面的水面处的入射光、反射光和折射光的电场和磁场的振幅. 设灯泡消耗的全部能量都变为电磁辐射.

14. 已知海水的 $\mu_r=1$，$\sigma=4.5/(\Omega\cdot\mathrm{m})$，$\varepsilon_r=80$. 计算频率为 $f=50,10^6,10^9\mathrm{Hz}$ 的三种波的透入深度.

15. 一平面波由真空垂直入射到介质板上，介质的介电常数等于 $4\varepsilon_0$，厚度为 1/4 波长，电磁波频率为 $f=1\mathrm{MHz}$，波中的电场振幅为 100V/m，沿 x 方向极化，求透过介质板的电磁波中的电场强度.

16. 计算同轴线中传播 TEM 波时的面电流密度和传输功率. 设同轴线内外半径为 a,b，横向电压振幅为 V.

17. 求矩形波导内的 TM 波的电磁场分布. 设波导截面的边长为 a,b.

18. 导体的表面阻抗定义为表面上 $\boldsymbol{E},\boldsymbol{H}$ 的切线分量之比 E_t/H_t. 证明良导体的表面阻抗是$(1-i)/\sigma d$，d 是透人深度. 其中的量 $1/\sigma d$ 叫表面电阻，它表示在表面上单位面积的正方形两个对边之间的电阻. 进一步证明导体中每平方米的能量损耗是 $H_{t_0}^2/2\sigma d$，其中 H_{t_0}是表面上 $\boldsymbol{H}$ 切线分量的振幅.

19. 有一半径为 r，比重为 5 的球形物体. 计算太阳作用在它上面的引力和辐射压力. 设球全部反射太阳辐射，在离太阳多远时两种力相等？太阳质量是 $2.0\times10^{30}\mathrm{kg}$，太阳辐射的电磁波功率是 $3.8\times10^{26}\mathrm{W}$，引力常数是 $6.7\times10^{-11}\mathrm{N\cdot m^2/kg^2}$.

思考题与习题七

1. 相对论产生的历史背景是什么？你从这一段历史发展受到了什么启发？

2. 不利用洛伦兹变换，直接利用相对论的基本原理能否得出同时的相对性、运动物体长度缩短、运动时钟变慢？

3. 在推导洛伦兹变换时，当两坐标原点重合时是否一定要选 $t=t'=0$ 或 $t'=t$？

4. 为什么在相对论中一定要每一点放一个钟？为什么要用光信号来校准钟.

5. 根据相对论，是否一切事物都是相对的？相对论中是否存在绝对的东西，即存在对一切惯性系都就不变的东西？

6. 一具强大的激光器绕着一根垂直的轴高速旋转，光速在方位角上的速度(切向速度)能不能超过光速？这个光速能否用来在两点之间以超过光速的速度传送信号？某些示波器的制造厂声称它的扫描速度超过光速，你相信吗？

7. 两固有长度均为 l_0 的尺，在 S 系中一沿负 x 方向运动，一沿正 x 方向运动，速度均为 v，试求从一尺上所观察到的另一尺的长度.

8. 光在介质中的速度是 $v=\dfrac{c}{n}$，n 是介质的折射系数，若介质以速度 $u\ll c$ 相对于实验室运动，证明光相对于实验室的速度近似地等于

$$\frac{c}{n}+u\left(1-\frac{1}{n^2}\right)$$

9. 中午，一艘火箭以速度 $0.8c$ 飞经地球. 飞船上和地球上的观测者一致同意这个事件发生在中午.

(1)按飞船上时钟读数，该飞船于午后 12∶30 飞经一个行星际宇航站，该站相对于地球固定，其时钟指示地球时间. 试问它在该站什么时间发生？

(2)在地球坐标系上该站离地球多远？

(3)在飞船时间午后 12∶30，该飞船用无线电向地球发回报告，试问地球何时接到信号？

(4)如果地面站立即回答，试问飞船按自己的时间何时接到回答？

10. 有一光源 S 与接收器 R 相对静止，距离为 l_0，S-R 装置浸在均匀无限的液体介质(静止折射率 n)中，试对下列两种情况计算光源发出讯号到接收讯号所经历的时间.

(1)液体沿着 S-R 连线方向以速度 v 流动.

(2)液体垂直于 S-R 连线方向以速度 v 流动.

11. 证明：自由电子不吸收或发射光子，否则将破坏能量与动量守恒定律.

12. 用以下办法可把可见光转变成高能 γ 射线. 用一束激光正面朝一束高能电子束射去，形成电子光子对撞，使光束反射回去. 设光子能量 $h\nu=2\text{eV}$，电子动能是 $6\times10^9\text{eV}$.

(1)计算在电子参考系中，入射光子的能量 $h\nu'$；

(2)光子以上述的相对于电子的能量反射回去，从实验室看，光子又发生多普勒频移，从而获得最高的能量，证明最后能量大约是 10^9eV.

13. 动量为 $\hbar\kappa$，能量为 $\hbar\varphi$ 的光子撞在静止的电子上，散射到与入射方向夹角为 θ 的方向上. 证明散射光子的频率变化量为

思考题与习题八

1. 导出李纳-维希势.

2. 等速运动带电粒子的电磁场的特征是什么?

3. 任意速度运动的带电粒子的电磁场有何特点?

4. 为什么运动电荷在单位时间内辐射出的能量不等于能流在球面上的积分? 两者关系如何?

5. 什么是韧致辐射? 有何特点? 什么是同步辐射? 有何特点?

6. 带电粒子的场,对粒子自身的作用力产生什么效果?

7. 散射过程的物理实质是什么,计算散射截面的方法如何?

8. 电荷为 e 的粒子在 xy 平面内绕 z 轴做匀速圆周运动,角速度为 ω,圆周半径为 a,设 $\omega a \ll c$,求辐射角分布.

9. 在氢原子中,设电子处于第一玻尔轨道($a=0.5\times10^{-10}$m). 按照经典理论计算,电子由于辐射,在单位时间内所损失的能量是多少? 经过多长时间电子就会与质子相碰?

10. 设电子在均匀外磁场 $\boldsymbol{B}_0$ 中运动,$v\ll c$,$\boldsymbol{B}_0$ 沿 z 轴方向. $t=0$,$\boldsymbol{x}=a\boldsymbol{i}$,$\boldsymbol{v}=v_0\boldsymbol{j}$. 求:

(1)考虑辐射阻尼力的电子运动轨道;

(2)辐射功率.

11. 一各向同性的带电谐振子处于均匀外磁场中,设粒子速度 $v\ll c$,并可忽略辐射阻尼力. 试确定振子的振动频率,并导出振子运动的通解. ($\omega_L=\dfrac{eB}{2m}\ll\omega_0$)