



用稳恒电流场模拟静电场

楚雄师范学院 物理与电子科学学院 向文丽



讲课内容

1

实验背景

2

实验目的

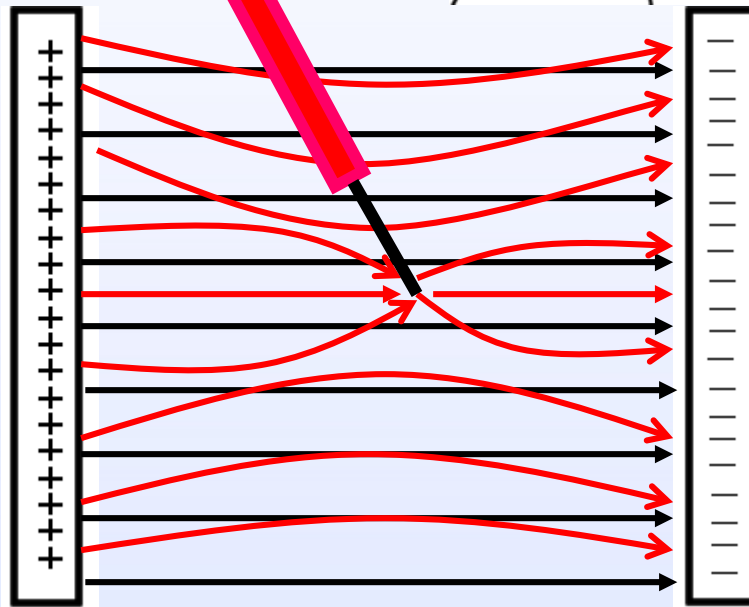
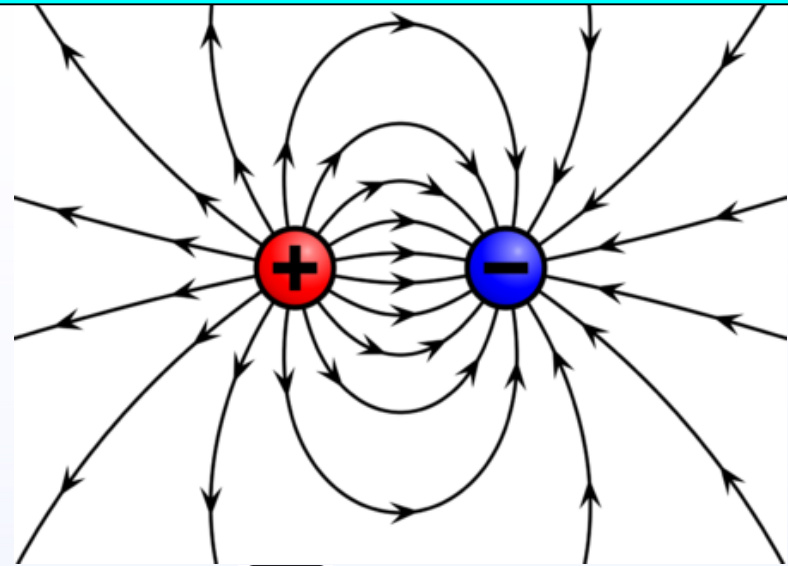
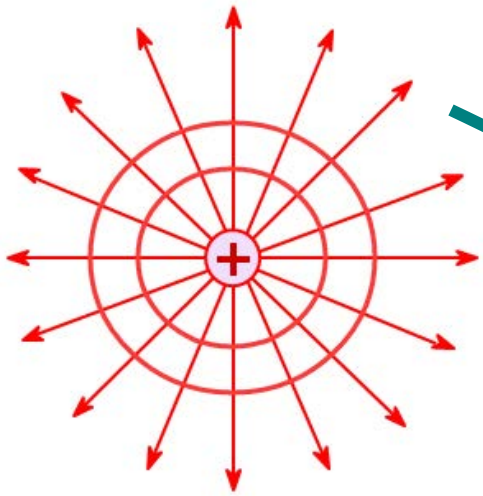
3

实验原理

4

实验内容

1. 实验背景



- 测量仪器的介入会改变原静电场场的分布

1. 实验背景

模拟法

利用相似性来间接研究被测对象

物理现象1

物理现象2

一定条件下，两者满足同一形式的数学规律时可采用模拟法。



在实验室中，常模仿实际情况，使现象重现并进行测量。如，利用风洞研究飞行器在大气中飞行时的动力学特性。

1. 实验背景

在一定条件下，稳恒电流场与静电场在无源区域满足相同的规律。

静电场：

$$\oint_s \vec{E} \cdot d\vec{S} = 0$$

$$\oint_l \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$$

稳恒电流场：

$$\oint_s \vec{j} \cdot d\vec{S} = 0$$

$$\oint_l \vec{j} \cdot d\vec{l} = 0$$

在相同边界条件下，具有相同的解析解。

因此可以用稳恒电流场来模拟静电场，这叫模拟法。

1. 实验背景

用用稳恒电流场来模拟静电场模拟条件:

(1) 在所考虑的区域內，两者遵从的物理规律有相似的数学形式。

(2) 几何形状相同，模拟所用电极系统与被模拟电极系统的边界条件相同。

(3) 稳恒电流场中的导电介质是不良导体且电导率分布均匀，且电极电导率远远大于介质的电导率；

。

2. 实验目的

1

了解模拟法适用条件；学习用稳恒电流场模拟静电场的原理和方法。

2

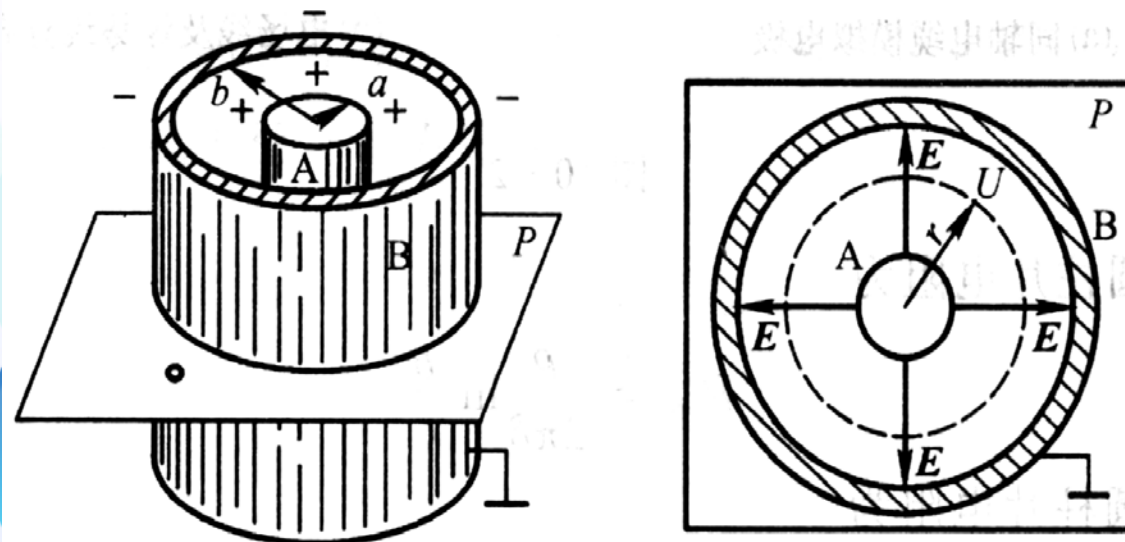
加深对静电场性质的认识。

3

掌握静电场的描绘方法。

3. 实验原理

无限长同轴电缆中的电场分布



同轴电缆：半径为 a 的长圆柱形导体和一内半径为 b 的长圆筒形导体 B ，它们同轴放置，分别带等量异号电荷。

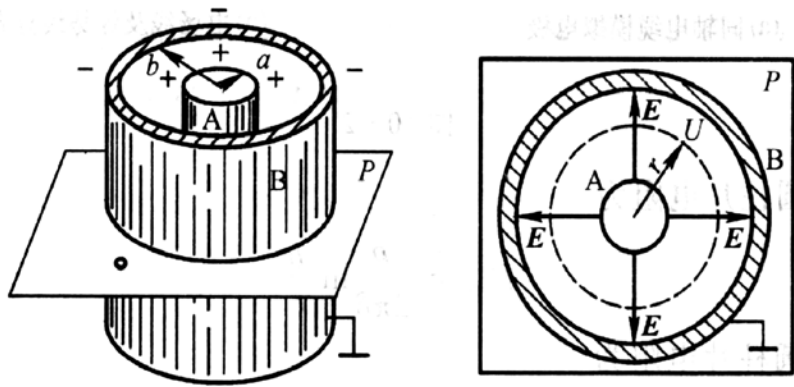
由高斯定理知：在垂直于轴线的任一截面 s 内，都有均匀分布的辐射状电场线，这是一个与坐标 Z 轴无关的二维场。在二维场中，电场强度 E 平行于 xy 平面，其等位面为一簇同轴圆柱面。因此只要研究 S 面上的电场分布即可。

同轴电缆中的静电场分布

设内外筒间单位长度上带电量分别为 $+\lambda$ 和 $-\lambda$ ，电位分别为 U_a 和 U_b ，则两筒间 r 处电场强度可由高斯定理及对称性求出：

$$E_r = -\frac{dU_r}{dr} = \frac{U_a}{\ln b/a} \cdot \frac{1}{r}$$

$$U_r = U_a \frac{\ln b/r}{\ln b/a}$$

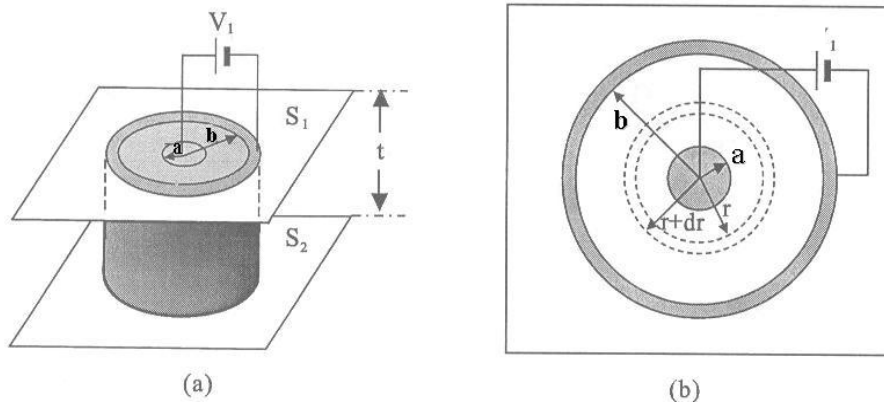


同轴圆柱电极间的电流分布

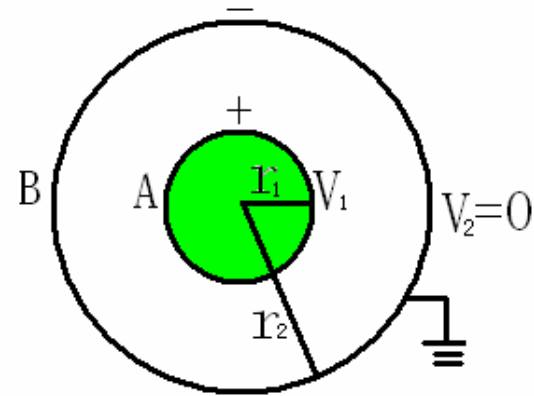
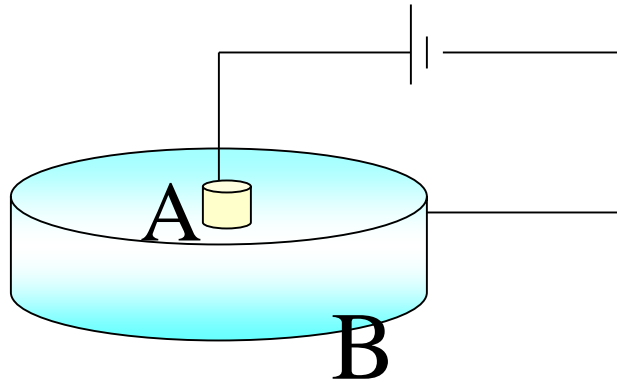
圆柱形导体**A**与圆筒形导体**B**之间不是真空，而是均匀地充满了一种电导率为 σ 的不良导体，且**A**和**B**分别与直流电源的正极和负极连接，形成一个稳恒电流场。

$$E'_r = -\frac{dU_R}{dr} = \frac{U_a}{\ln b/a} \cdot \frac{1}{r}$$

$$U'_r = U_a - IR_{ar} = U_a \frac{\ln b/r}{\ln b/a}$$



用同轴圆筒电极间的稳流场模拟同轴电缆静电场：

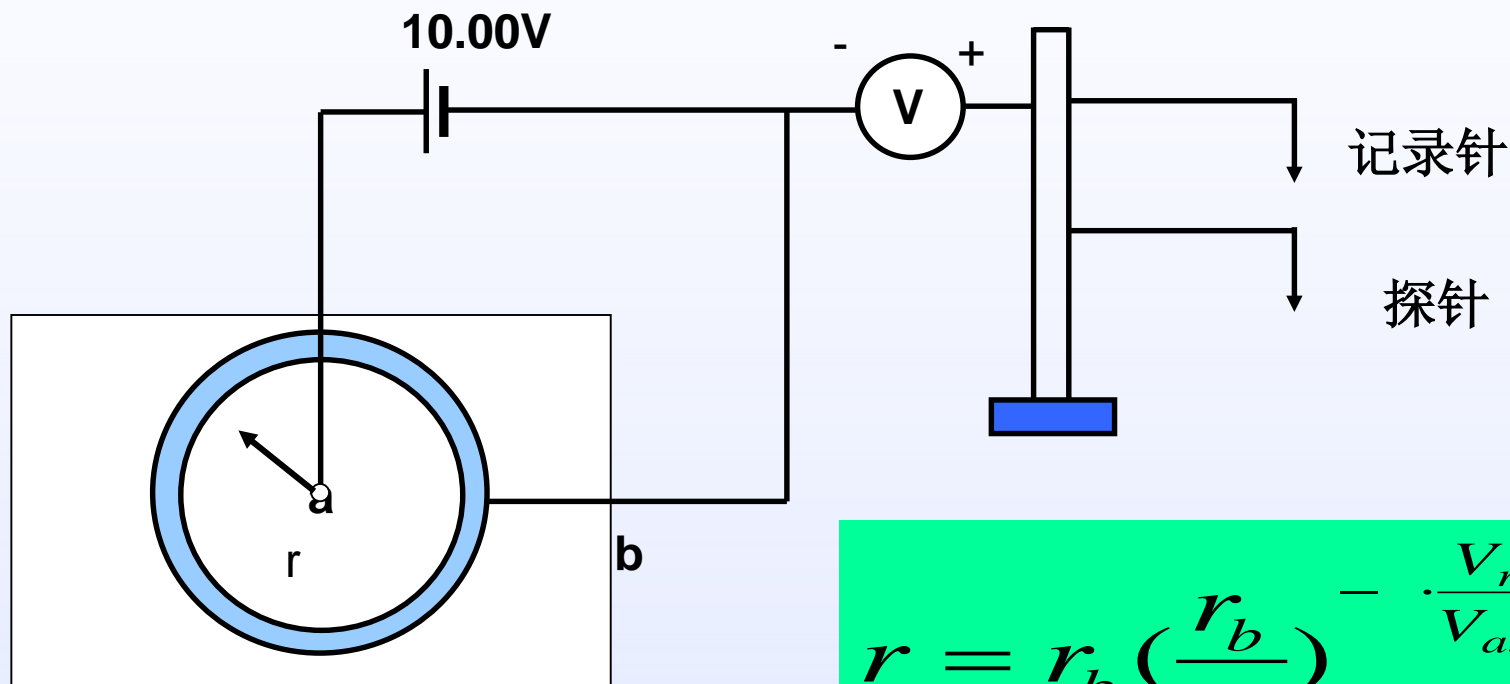


$$V_r = \frac{\ln \frac{r_b}{r}}{\ln \frac{r_b}{r_a}} V_a \quad (r_1 \leq r \leq r_2)$$

$$r = r_b \left(\frac{r_b}{r_a} \right)^{-\frac{V_r}{V_a}}$$

4. 实验内容

接线：描绘同轴电缆的静电场分布的接线图：

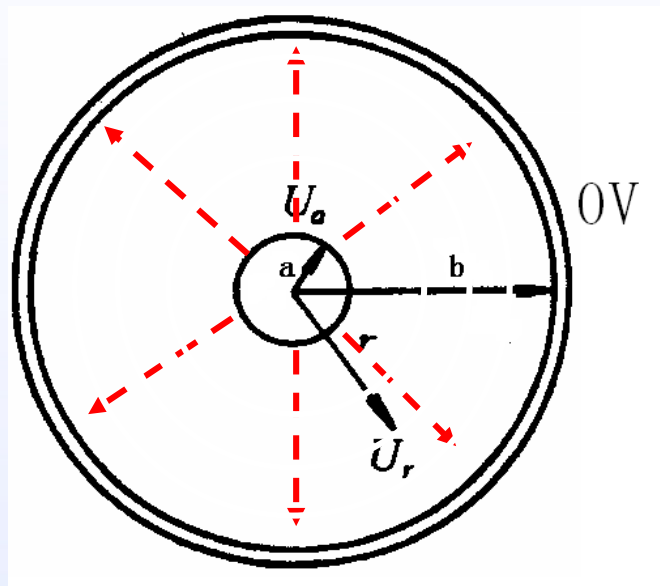
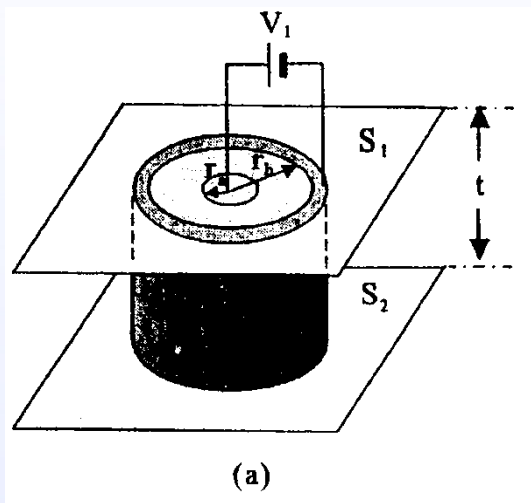


$$r = r_b \left(\frac{r_b}{r_a} \right)^{\frac{V_r}{V_{ab}}}$$

4.实验内容

☆ 2 打点

设内圆柱半径为 $r_a=1.0\text{cm}$, 电势为 U_a ; 外环内半径为 $r_b=6.5\text{cm}$, 电势为 0V ,



同轴电缆内部静电场

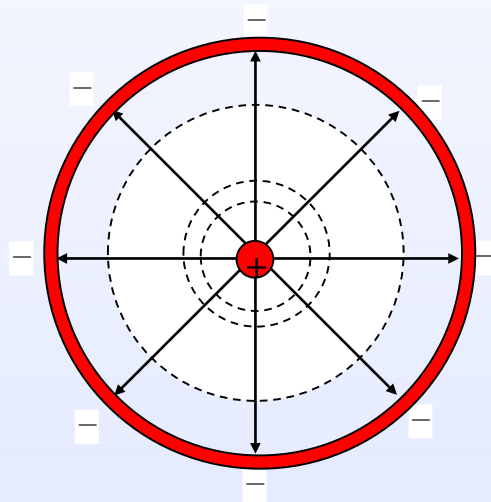
4.实验内容

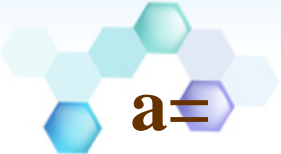
3、作图：静电场描绘

E 是矢量，而电位 U 是标量，从实验测量来讲，可先测绘等位线。

根据电力线与等位线正交的原理，画出电场线。

由等位线的间距确定电力线的疏密，将抽象的电场形象地反映出来。

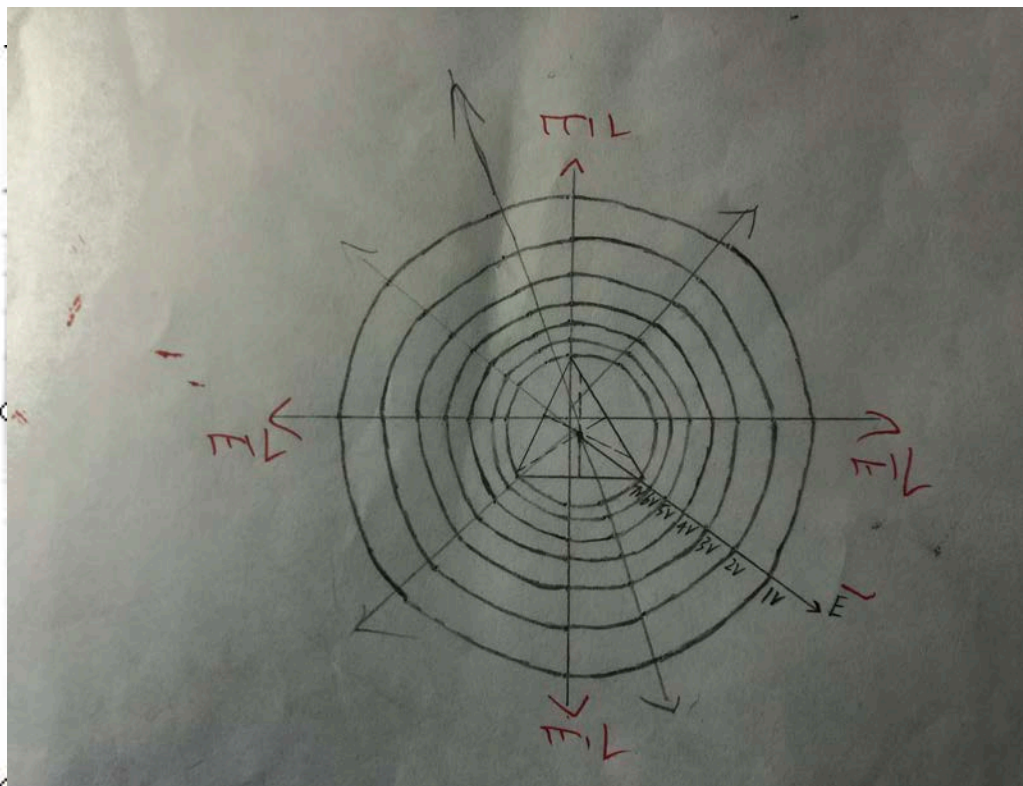
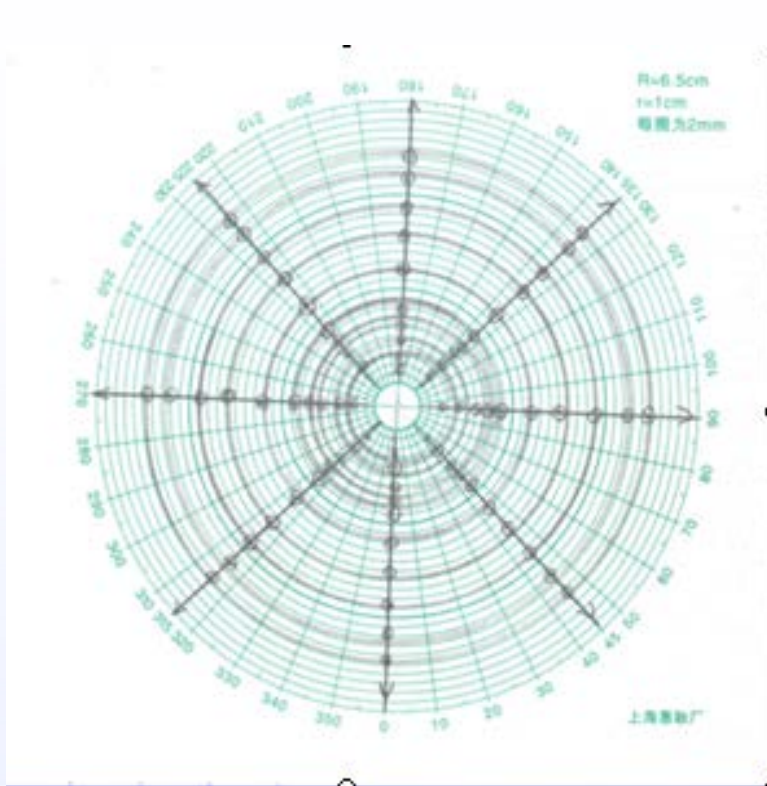




$a =$ cm, $b =$ cm, $U_a = 10V$; 半径 r 的单位: cm

电势 (V)	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
平均值 $r_{实}$							
理论值 $r_{理}$							
相对误差							

同轴电缆静电场模拟描绘图范例：



谢谢!



Thanks For Your Attention!!!

