

库仑散射的实验模拟

13307110219 陈翊民

13307110233 余亚仑

最初目标

- 通过带等量同种电和金属球的运动来定性验证库仑散射公式
- 通过改变实验条件，即改变出射方向延长线到固定球的距离，来改变小球运动轨迹
- 通过实验器材的设计与实验条件的探索来制成效果好、可重复性高的实验演示仪器，供教学使用

意义

- 将抽象的库仑定律转化为形象的运动，又可以通过宏观世界的运动来展示微观粒子的运动以及库仑散射定律，可谓一举两得。实验的难点在于设计合适的参数，选用合适的器材，采用合适的带电方式以及小球的发射装置，来达到实验目的。

实验原理

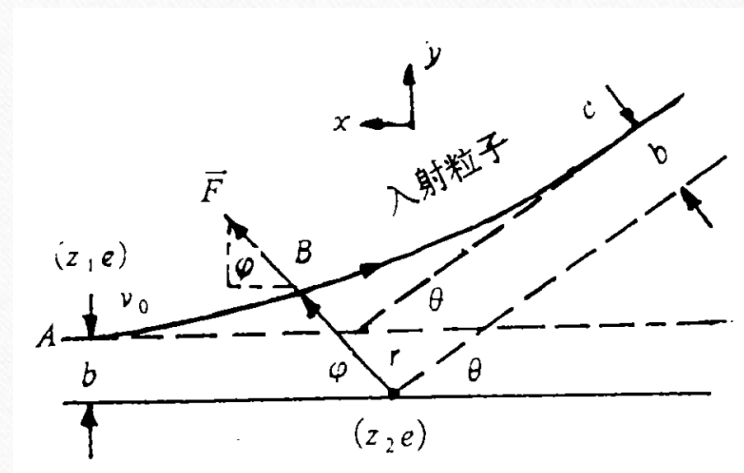
$$\dot{\theta} = \frac{l}{\mu r^2}$$

$$\frac{1}{2} \mu \dot{r}^2 + \frac{l^2}{2\mu r^2} + V(r) = E$$

$$\frac{1}{2} \mu \dot{r}^2 + U(r) = E$$

轨道方程:
$$\frac{dr}{d\theta} = \pm \frac{\mu r^2}{l} \sqrt{\frac{2}{\mu} [E - U(r)]}$$

其解的具体形式依赖于 $V(r)$ 的形式



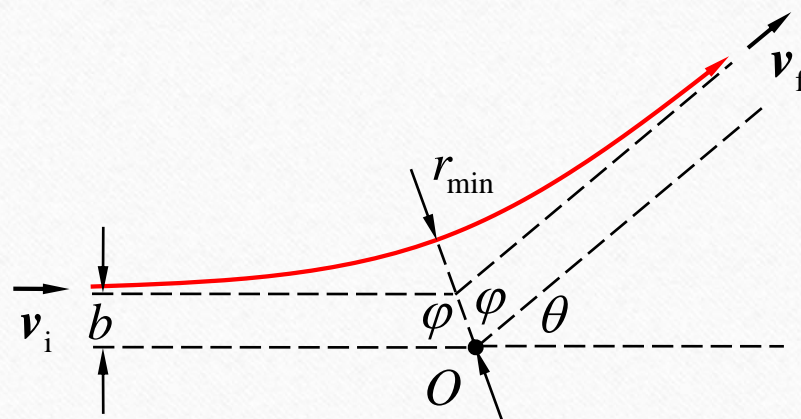
些许改变及其合理性

- 由于没有两个满足实验条件的高压电源，将原来的散射改为吸引

$$\varphi = \int_{r_{\min}}^{\infty} \frac{bdr}{r^2 \sqrt{1 - V(r)/E - b^2/r^2}} \quad \theta = \pi - 2\varphi$$

对于形如 $V = \frac{\alpha}{r}$ 的势场，可得通解：

$$\varphi = \arccos \frac{\frac{\alpha}{2E}}{\sqrt{\left(\frac{\alpha}{2E}\right)^2 + b^2}}$$

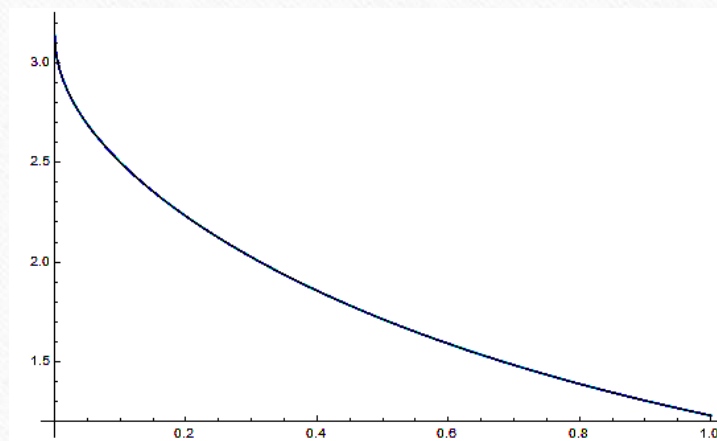


合理性

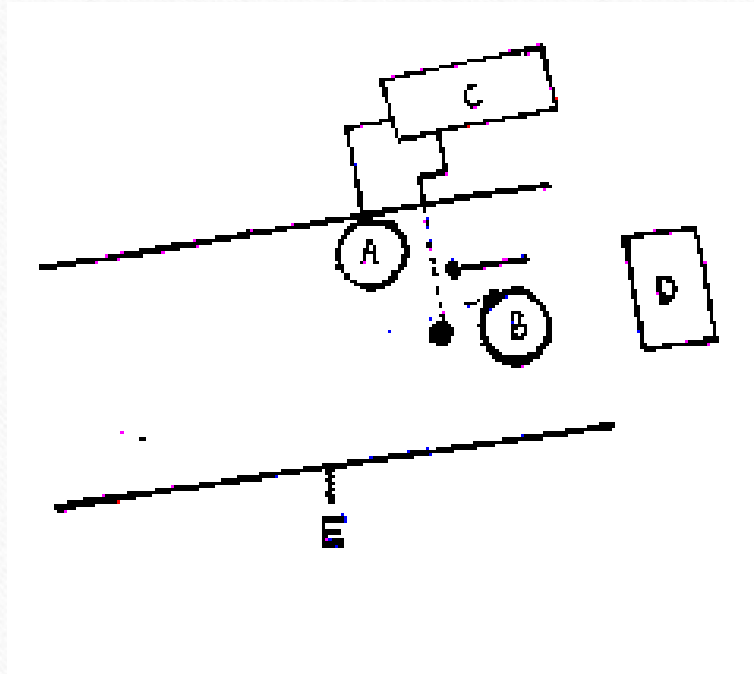
$$\sqrt{r_{\min}^2 - \frac{\alpha r_{\min}}{E}} = \frac{\alpha}{2E} \cot \frac{\theta}{2}$$

以出射方向延长线到固定球的距离为 d ，
近似看作 r_{\min} ，则有

$$\theta = 2 \operatorname{arccot} \frac{2E}{\alpha} \sqrt{d^2 - \frac{\alpha d}{E}}$$



实验仪器



A、B: 分别为固定球和运动球. 经各方面综合考量选取直径为10cm

C: 直流高压电源

D: 发射装置

E: 轨道及绝缘装置

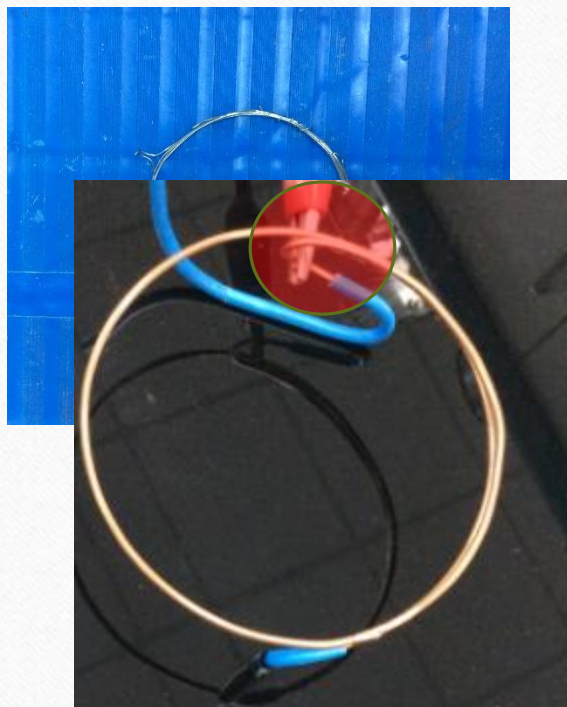
实验器材——高压电源



曾经被怀疑，实际上清白

输入电压	220VAC ± 10% 50HZ
输出电压	0 ~ 50KV 最高输出电压和正负极性均可供用户选择
输出电流	0 ~ 20mA 供用户选择
最大输出功率	≤ 1200W
输出控制	0 ~ 最大输出电压 由360° 多圈可锁定记数电位器连续线性设定,非线性 < 1% 启停开关: 将设定的电压输出或关闭 启动时间: 3 ~ 8 S 或由用户约定
状态显示	4 1/2或3 1/2 LED数字表和LED发光管显示
电压调整率	≤ 0.02 % 输入电压 ± 10 %变化时测
负载调整率	≤ 0.05 % 负载电流5 % ~ 100 %变化时测
纹波系数	≤ 0.01 ~ 0.1 % 供用户选择
温度系数	≤ 0.01 ~ 0.05 %/°C 供用户选择
时漂	≤ 0.05%/H 预热 > 0.5H 后测
工作温度	- 10 ~ 50°C 民品, - 25 ~ 65°C 工业品 供用户选择
工作相对湿度	20 ~ 80%RH
转换效率	80%
过流及短路保护	限流式 关闭自恢复式 关闭锁定式 供用户选择
外型尺寸	120 × 360 × 320~480
重量	10Kg

A球的固定



优点：十分稳定，且连接高压电源方便

缺点：尖端太多，易积聚电荷形成放电；
与高压电源的接口不易绝缘。

优点：稳定，且连接高压电源方便；
几乎没有尖端。

缺点：接口处放电严重。

A球的固定



主要模块：

底面绝缘胶

直径3.5cm圆铜片

为解决稳定性问题，将A球球面上一
小区域弄（砸）平

B球带电方式的选取



大小：为了让电荷更多得被小球分得，在不影响接触的前提下减小其面积

避免放电：双金属片，将一段裸露的导线夹在中间，同时提高了稳定性



B球初速度的获得

- 方案一：弹簧发射（方向不易控制）
- 方案二：斜坡法

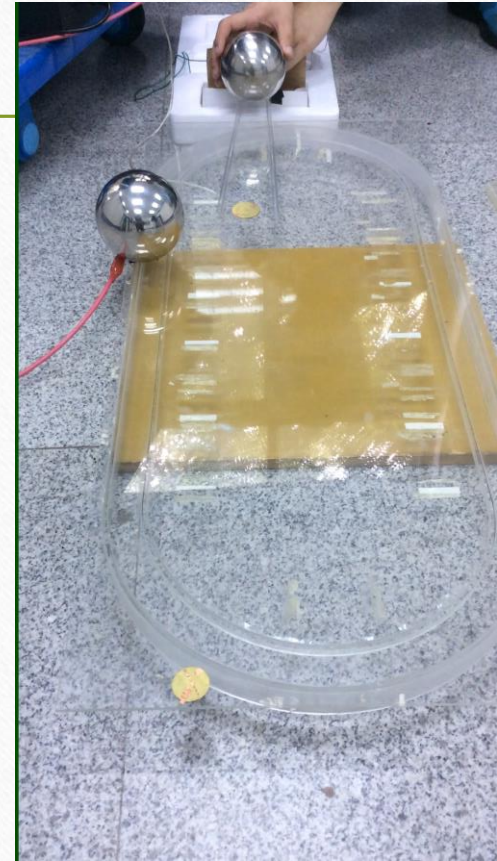
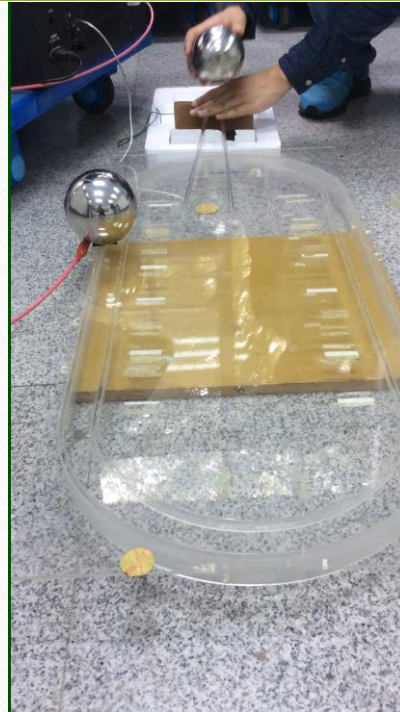
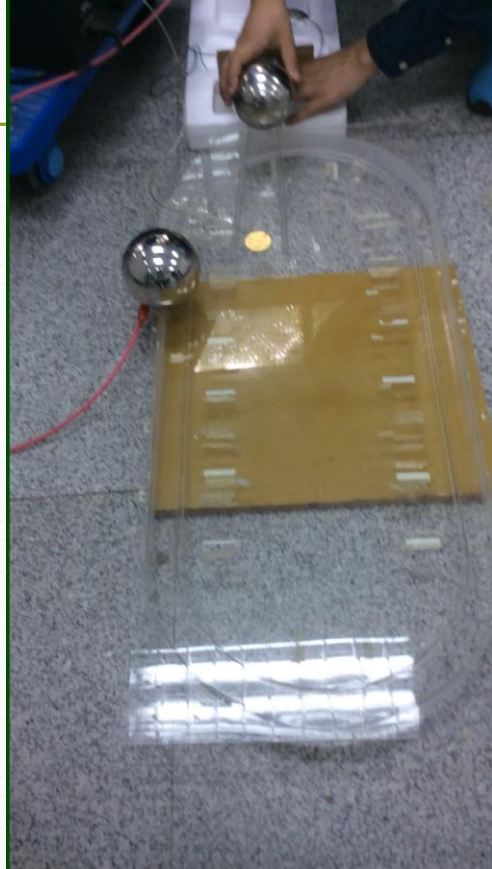
轨道的绝缘



参数对照

	预设	最终
两小球直径	10cm	A球10cm, B球9cm
小球B质量	约60g	55g
高压	20kV	42kV(示数)
发生偏转距离阈值	>20cm	15cm
B球初速度	0.1m/s	约0.3m/s

成果展示



如何改进？

- 选取更好的接口
- 为轨道平面钻孔，让导线从其下部穿过并固定导线
- 添加小球的接收装置

感谢老师对我们的支持与指导!