

大学物理演示实验

人工智能启明实验班 闫吕志、黄城楷

整理：导学部 李明皓

课堂演示实验

期末卷面占6分，2个小题。



一. 力学
锥体上滚
直升机模型
离心节速器
对比式转动定律演示仪
进动仪（车轮）
伯努利原理（电吹风+乒乓球）
二. 热学
伽尔顿板
麦克斯韦速率分布
三. 电磁学
电荷曲率分布
静电滚筒
避雷针尖端放电
富兰克林轮
静电植绒

1. 锥体上滚

1. 装置与初始状态：轨道由间距逐渐变小的两平行木条组成，倾斜放置。圆锥体底面与轨道接触，静止于轨道间距大的一端。
2. 滚动过程：圆锥体被释放后，沿着轨道**向上**滚动，滚动速度逐渐减慢，最终停在轨道间距最小处。
3. 原因：圆锥体的重心在滚动过程中逐渐降低，当到达轨道间距最小处时，重心最低，系统处于平衡状态。

2. 直升机模型

1. 启动前：直升机模型静止在地面，螺旋桨叶片水平放置。
2. 启动后：
 - 电机驱动螺旋桨快速旋转，产生**向下的气流**。

- 随着螺旋桨转速增加，直升机模型逐渐离开地面，垂直上升。
 - 机身会与螺旋桨保持相反方向的转动。
3. 悬停状态：当升力与重力平衡时，直升机模型在空中保持静止悬停。
 4. 停止后：关闭电机，螺旋桨停止旋转，直升机模型逐渐下落，最终平稳落地。

3. 离心节速器

1. 初始状态：离心节速器静止，摆锤位于最低位置，弹簧处于压缩状态。
2. 启动后：
 - 当旋转轴开始转动，摆锤因离心力作用逐渐向外展开。
 - 随着转速增加，离心力增大，摆锤展开角度变大，推动弹簧进一步压缩。
3. 调节过程：
 - 当转速达到设定值，摆锤与弹簧达到平衡，摆锤角度保持稳定。
 - 如果转速继续增加，摆锤展开角度进一步增大，通过杠杆或机械装置调节发动机节气门，使转速降低。
4. 停止后：当旋转停止，摆锤失去离心力，弹簧恢复原状，摆锤回到初始位置。

4. 对比式转动定律演示仪

1. 初始状态：
 - 两组装置（轨道和配重）初始时均静止。
 - 一组装置的配重靠近旋转轴（转动惯量较小），另一组装置的配重远离旋转轴（转动惯量较大）。
2. 启动旋转：
 - 同时施加相同的力矩（如通过相同的拉力或电机驱动）使两组装置开始旋转。
 - 配重靠近旋转轴的装置（转动惯量小）的旋转速度更快，角加速度更大。
 - 配重远离旋转轴的装置（转动惯量大）的旋转速度更慢，角加速度更小。

5. 进动仪（车轮）

1. 初始状态：
 - 车轮静止，竖直放置在支架上，车轮的轴水平。
 - 车轮通过一根绳子或细杆与支架连接，绳子另一端施加外力。
2. 启动旋转：
 - 用手快速旋转车轮，使其绕自身轴高速旋转。
 - 当车轮高速旋转时，施加一个垂直于车轮轴的外力（如向下拉绳子）。
3. 进动现象：
 - 车轮不会直接倒下，而是开始绕一个垂直于外力方向的轴旋转，即发生进动。
 - 进动的方向与外力方向和车轮自转方向有关，遵循右手定则。
 - 车轮的自转轴会绕一个圆周运动，形成一种“进动圆锥”。

6. 伯努利原理（电吹风+乒乓球）

1. 初始状态：
 - 电吹风倒置，出风口朝下。
 - 乒乓球静止地放在电吹风出风口的正下方。
2. 启动电吹风：
 - 打开电吹风，调整为冷风模式，风速调至较大。
 - 将电吹风出风口对准乒乓球，保持一定距离（约 10 厘米）。
3. 实验现象：
 - 乒乓球被吹起后，并没有直接被吹飞，而是贴紧出风口。
4. 停止电吹风：
 - 关闭电吹风，气流停止，乒乓球失去支撑，自由下落。

7. 伽尔顿板

1. 初始状态：

- 伽尔顿板是一个竖直放置的装置，上面有交错排列的钉子（或小柱子）。
- 在装置的顶部有一个入口，用于放入小球（如钢珠或塑料球）。
- 底部有多个槽或格子，用于收集小球。

2. 实验过程：

- 将小球从顶部入口释放，小球沿着钉子阵列向下滚动。
- 每次小球碰到钉子时，会随机向左或向右弹开。

3. 实验现象：

- 小球在通过钉子阵列时，不断发生左右弹跳，**路径呈现随机性**。
- 最终，小球会落入底部的某个槽中。
- 当多次释放小球后，底部槽中的小球分布逐渐**呈现出中间多、两边少的形状，形成钟形曲线（正态分布）**。

8. 麦克斯韦速率分布

1. 实验设备：翻转式速率分布演示板、调温杆、活动漏斗、钢珠、隔槽、玻璃封闭结构。

2. 实验现象：

钢珠从高处滑下水平速率大，落在远处隔槽；低处滑下的钢珠水平速率小，落在近处隔槽，形成对应温度 T_1 的速率分布曲线。

调整活动漏斗漏口对正高温位置 T_2 ，钢珠重新落下形成对应 T_2 的分布，**高温时曲线更平坦，最概然速率更大**。

比较 T_1 和 T_2 的分布曲线，**两条曲线所围面积相等**。

3. 实验解释：

钢珠模拟气体分子，其分布和运动速率类似于气体分子速率分布。演示板通过控制钢珠的滑落路径和速率，形象地展示了不同温度下的速率分布。

高温时（ T_2 ），钢珠的平均速率和最概然速率增大，曲线变得平坦，说明分子速率分布更分散，符合麦克斯韦速率分布规律。

两条分布曲线所围面积相等，说明速率分布的概率归一化，即所有分子速率的总概率为 1。

9. 电荷曲率分布

1. 实验设备：静电发生器、绝缘支架、金属箔。
2. 实验现象：金属箔通电后带电，突起处曲率大，排斥力大；凹陷处曲率小，排斥力小。
3. 实验解释：带电后，电荷间相互排斥。根据电场强度的公式，对于导体表面，电场强度 E 与表面电荷密度 σ 和曲率有关， $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ (ϵ_0 为真空介电常数)， σ 与曲率有关，曲率大的地方 σ 大，所以 E 也大。突起处曲率大，电荷密度高，电场强度强，排斥力更大。凹陷处曲率小，电荷密度低，电场强度弱，排斥力较小。

10. 静电滚筒

实验装置

- 静电滚筒：一个绝缘滚筒，表面可以带有静电荷。
- 尖端电极：在滚筒的两端分别放置两个尖端电极（如金属针），尖端靠近滚筒表面但不接触。

实验现象

1. 滚筒带有正电荷：
 - 当滚筒表面带有正电荷时，尖端电极处发生尖端放电，正电荷从滚筒表面通过尖端向周围空气释放。
 - 放电过程中，电荷的流动产生一个反作用力，推动滚筒逆时针旋转（从上方俯视）。
 - 这是因为正电荷从滚筒流向尖端，根据牛顿第三定律，滚筒受到一个方向相反的力，使其逆时针旋转。

2. 滚筒带有负电荷：

- 当滚筒表面带有负电荷时，尖端电极处同样发生尖端放电，负电荷从滚筒表面通过尖端向周围空气释放。

- 放电过程中，电荷的流动产生一个反作用力，推动滚筒顺时针旋转（从上方俯视）。

- 这是因为负电荷从滚筒流向尖端，方向与正电荷相反，因此滚筒受到的反作用力方向也相反，使其顺时针旋转。

11. 避雷针尖端放电

1. 实验装置：

两个导电物体：一个尖端（避雷针形状）和一个球端，分别放置在静电球下方。

2. 实验现象：

- 尖端放电：

- 当靠近尖端时，尖端附近的电场强度显著增强。

- 尖端开始发生尖端放电，可以看到尖端周围出现微弱的电晕放电现象（蓝紫色光晕）。

- 放电过程中，电荷从尖端向静电球或周围空气释放，形成明显的电火花。

- 球端对比：

- 当靠近球端时，球端周围的电场强度相对均匀，电场强度较尖端弱。

- 球端不会像尖端那样发生明显的尖端放电现象。

- 电晕放电和电火花现象不如尖端明显，甚至可能完全不发生。

12. 富兰克林轮

实验装置

- 富兰克林轮：一个水平放置的绝缘轮，轮上均匀分布着多个金属叶片（或金属片），每个叶片的尖端都指向轮的中心。
- 电源：通过导线连接到轮的底部，使轮带电。

实验现象

1. 初始状态：

- 富兰克林轮静止，金属叶片不带电。
- 电源未开启，轮的底部和叶片均无电荷。

2. 通电后：

- 当电源开启后，电流通过导线流经轮的底部，使轮的底部带电。
- 由于静电感应，金属叶片的尖端感应出与底部相反的电荷。
- 例如，如果轮的底部带正电荷，叶片尖端会感应出负电荷；如果轮的底部带负电荷，叶片尖端会感应出正电荷。

3. 旋转现象：

- 由于叶片尖端感应出的电荷，叶片尖端附近的电场强度显著增强，产生尖端放电现象。
- 尖端放电产生的电荷流动产生一个反作用力，推动叶片和轮旋转。
- 旋转方向：富兰克林轮的旋转方向总是与叶片尖端所指的方向相反。这是因为尖端放电产生的反作用力推动叶片向远离尖端的方向运动。

13. 静电植绒

静电植绒实验是一种利用静电原理将纤维绒毛垂直附着在物体表面的实验，以下是实验现象的简述：

实验装置

- 被植绒物体：通常是一块导电的金属板或其他导电材料。

- 纤维绒毛：细小的纤维材料（如尼龙或聚酯纤维）。
- 高压电源：用于给被植绒物体充电，产生静电场。

实验现象

1. 初始状态：

- 被植绒物体放置在实验台上，表面清洁且平整。
- 纤维绒毛散落在物体表面或周围，处于静止状态。

2. 通电后：

- 当高压电源开启，被植绒物体带电，产生强静电场。
- 纤维绒毛受到静电场的作用，开始向带电物体移动。
- 纤维绒毛在静电场的作用下，逐渐竖立起来，并垂直附着在被植绒物体的表面。

3. 附着现象：

- 纤维绒毛紧密地附着在被植绒物体的表面，形成一层均匀的绒毛层。
- 绒毛层的厚度和密度取决于纤维绒毛的数量和静电场的强度。
- 纤维绒毛的附着方向与被植绒物体表面垂直，呈现出整齐的“绒毛森林”状。

4. 停止状态：

- 当高压电源关闭后，静电场消失，纤维绒毛的附着力减弱。
- 但已经附着的纤维绒毛仍然保持在被植绒物体的表面，不会轻易脱落。

总结

- 静电作用：高压电源产生的静电场使纤维绒毛竖立并附着在被植绒物体表面。
- 附着方向：纤维绒毛垂直于被植绒物体表面附着，形成整齐的绒毛层。
- 稳定性：即使静电场消失，纤维绒毛仍能保持附着状态。

这种实验现象直观地展示了静电场对纤维绒毛的定向排列和附着作用，是静电植绒工艺的基础原理。

具体实验操作视频：

<https://2d.hep.com.cn/mobile/book/show/java1844>