

## 《密立根油滴实验》 教学设计

### 一、教学任务分析

《密立根油滴实验》是美国物理学家密立根为精确测量电子电量进行的实验。实验方法构思巧妙，设备简单，结论精确可靠，被评为十大最美物理实验的第三名。密立根由于首先实现了对电子电量的精确测量获得了 1923 年的诺贝尔物理学奖。

实验方法---平衡油滴法基于累积思想和转换法，将对微小物理量的测量转化为对宏观物理量的测量，构思巧妙。平衡油滴法对夸克电量等分数电量的测量具有极大的启发性，至今仍焕发着活力。该方法中蕴含的物理实验思想和方法，具有普适性，在其它学科中经常出现，对培养学员的科学素养具有极大促进作用。

密立根油滴仪结构简单，操作方便。将本实验设置在第 2 学期开设，学员已具备一定的操作技巧和实践能力，能较快熟悉和掌握仪器的操作，可以将较多时间放于实验的难点--合适油滴的选择和带电量的测量上，能深刻体会密立根花费十年时间精确测量上千颗油滴电量的艰辛，有利于培养其严谨的治学态度和一丝不苟的科学作风。

本实验采取翻转课堂的教学模式。为能将学员的课前预习和课堂教学有机结合，提高学习效率和课堂效率，增强师生互动，增加学员的课堂参与度，教学中采取了基于问题教学法和同伴学习法的混合教学法。

#### 【教学内容的定位】

平衡油滴法、实验仪器和数据处理。

#### 【教学内容的特点】

1. 平衡油滴法原理简单易懂，构思巧妙，包含丰富的实验思想和方法。这些实验思想和方法在实践科学具有重要的地位和作用，利于培养学员的实验素养；
2. 实验仪器结构简单，操作方便，易于学员将理论应用于实践；
3. 数据处理有验证法、图示法和最大公约数法三种，本实验采用图示法。相比验证法，该方法增加了探究意义，更符合物理实验科学的发展规律；相比最大公约数法，该方法原理简单，操作方便，能增加学员学习的兴趣和热情。

#### 【教学重点】

1. 平衡油滴法：

解决策略：课堂上师生共同研讨文献资料，结合 ppt、板书使学生了解测量方法的发展历史，体会其中蕴含的物理思想和方法，以问题为牵引、引导学员思考、学习并掌握构思巧妙的平衡油滴法；

## 2. 图示法：

解决策略：利用 ppt 举例说明如何从几组测量数据中得到电子电量。

### 【教学难点】

如何选到合适的油滴：

解决策略：老师传授经验，学生在实验过程中通过自己总结并与同学的交流研讨中总结经验，掌握诀窍。

### 【学员学情分析】

1. 教学对象：综合性军事院校非物理专业类低年级的技术学员、指挥学员和战士学员。

2. 学习态度：技术学员和指挥学员学习态度积极主动，求知欲强，思维活跃；战士学员学习较被动，有等靠思想；

3. 起始能力：经过一学期的物理实验学习，这三类学员均已具备一定的实验能力。而技术学员和指挥学员理论基础较好，已具备基础的力学和电学知识，基本能通过自学掌握平衡油滴法，可以尝试进行实验；战士学员具备力学和电学部分的知识较少，需要教师进行针对性讲解；

4. 学习风格：技术学员和指挥学员较习惯于独立思考和学习，受环境影响小；战士学员较有依赖思想，喜欢在集体氛围中合作学习。

## 二、教学目标设置

### 【知识目标】

1. 了解平衡油滴法形成历史，清楚蕴含的物理思想和方法，理解并掌握平衡油滴法；

2. 认识密立根油滴仪设计的精妙，能熟练利用仪器测量油滴电量；

3. 能正确进行数据分析得到电子电量，加深对电量量子化的认识；

4. 了解 CCD 图像传感器的原理与应用，学习电视显微镜测量方法。

### 【能力目标】

1. 通过观察和实验，提高学员观察能力、分析能力和动手实践能力；

2. 通过史料研究，帮助学员树立起理论与试验间互为验证、互为促进的辩证关系，培养其思辨能力；

3. 通过试验操作，培养学员勤于思考理论与实践相结合的能力和意识，提升其创新性思维；

4. 借助课前预习和预实验，培养学员自主学习的能力与意识。

#### 【情感目标】

1. 体会科学的艰辛和成功的喜悦，激发对科学的热情和信心；

2. 体会科学家进行科学试验时的坚韧精神和严谨的科学态度，提升科学素养；

3. 感受同伴学习的优势，培养学员的沟通能力和协作意识。

#### 【素质目标】

1. 通过观察和实验，培养学员应用归纳、类比、比较等研究方法的能力，提升学员的科学素养；

2. 通过拓展思维练习，培养学员发散性思维和知识迁移的意识和能力，提高学员的综合素质；

3. 培养学员的好奇心，提高其环境适应能力。

### 三、教学策略选择

#### 【教学内容优化】

1. 课前利用网络资源，了解背景知识，解决为何测量电子电量的问题及精确测量电子电量的重要意义；

2. 课堂研讨测量方法发展历史，了解创新途径，理解并掌握测量方法；

3. 预习时借助网络资源、仿真实验、实验仪器与教材结合，熟悉实验仪器，了解如何操作实验仪器；

4. 讲解数据处理方法，解决如何得到电子电量的问题；

5. 进行拓展练习，延伸学习内容，使知识结构现代化、前沿化。

#### 【教学模式】

采用翻转课堂的教学模式。物理实验课程采取全开放式管理模式，学生可用校内联网的 1000 多台电脑登录物理实验信息化平台，观看教学视频，利用网上课件预习，仿真操作，也可以通过预约到实验室进行现场操作预习，实现线上和

线下的课前学习。

【教学方法】

基于问题教学法和同伴学习法的混合教学法。讲授知识时，采用问题教学法；学员试验时，采用同伴学习法，如果学员自己无法解决问题，老师引导学员解决问题。该教学法有利于培养学员发现问题、分析问题和解决问题的能力、沟通能力和协同合作的意识和能力。

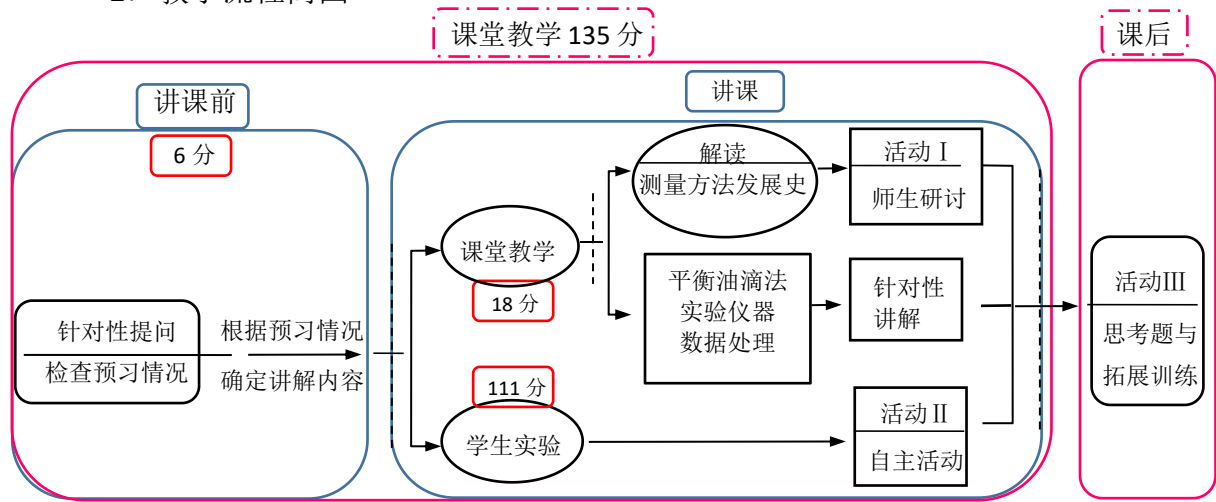
【教学资源】

- 1. 基本教材  
《大学物理实验》,王素红等主编,国防工业出版社,2011 年 1 月。
- 2. 辅助教材  
《大学物理实验学习指导书》,王素红等主编,信息工程大学,2016 年 1 月。
- 3. 其它教学资源  
《密立根油滴实验》幻灯片、教学视频、仿真实验、预习题库、自测题库、实验仪器、黑板。

【教学流程】

- 1. 整个教学过程共分四个阶段  
第一阶段：针对性提问，检查预习情况，确定详讲略讲内容及详略程度；  
第二阶段：根据第一阶段确定的讲课内容，采用问题教学法讲解；  
第三阶段：学员课堂实验，同伴学习法；  
第四阶段：课后拓展训练，自主学习。  
第一阶段至第三阶段在课堂上完成，第四个阶段在课下完成，不占课堂时间。

2. 教学流程简图



### 3. 教学过程

教学内容	教员活动	学员活动	设计意图
<p>一</p> <p>学员提问、教员提问、检查预习情况、确定讲课内容（6分钟）</p>	<p>一、询问并回答学员预习中疑问；</p> <p>二、针对性提问；</p> <p>1.这次实验课的目的是什么？</p> <p>2.为何测电子电量呢？</p> <p>3.怎么测电子电量呢？</p> <p>4.该方法包含的物理思想是什么？</p> <p>5.如何使油滴带电呢？</p> <p>6.用什么方法测油滴电量呢？</p> <p>7.什么是平衡油滴法呢？</p> <p>8.平衡油滴法的巧妙之处体现在哪里？</p> <p>9.如何转换呢？以测量油滴质量为例。</p> <p>10.要测油滴电量，需要测量什么？</p> <p>11.这是什么测量方法？</p> <p>12.密立根是利用什么方法从上千颗油滴的电量中得到电子电量的呢？</p> <p>13.如何体会该方法的巧妙之处呢？</p> <p>14.密立根油滴仪结构简单、构思巧妙，其巧妙之处体现在哪里？</p> <p>15.测量仪器的主要操作键有哪些？</p>	<p>一、提出预习中疑问；</p> <p>二、回答针对性提问；</p> <p>1.（1）测量电子电量；（2）认识电量的量子性；（3）掌握构思巧妙的平衡油滴法；（4）体会科学家工作的艰辛和严谨的作风等。</p> <p>2.（1）基本物理量；（2）它的精确测量是一些重要物理量精确测量的基础；（3）探究原子核内部奥秘的前提等。</p> <p>3.先测量油滴电量；再数据处理得到电子电量。</p> <p>4.累积法。</p> <p>5.利用喷雾器将油滴喷出时，油滴由于摩擦而带电。</p> <p>6.平衡油滴法。</p> <p>7.根据油滴在静电场中的受力平衡，测量油滴电量的方法。</p> <p>8.将对微小量的测量转化为对宏观量的测量。</p> <p>9.去掉电场力，让静止的油滴运动起来，根据受力平衡条件和运动学知识联立求解。</p> <p>10.平衡电压和下落时间。</p> <p>11.转换法。</p> <p>12.最大公约数法</p>	<p>1.十五个问题层层递进，基本涵盖该实验的基本知识和关键内容，使学员的学习有的放矢；</p> <p>2.揭示物理实验思想和方法，使学员对其有个清晰认识，在以后学习和工作中能合理使用这些物理实验思想和方法分析问题；</p> <p>3.使学员能深刻认识到平衡油滴法的巧妙构思和油滴仪的精巧设计；</p> <p>4.使教员对学生的预习情况和知识储备情况有深刻认识，以便详略得当的安排讲课内容，或对个别学员进行针对</p>

	<p>三、根据学员回答情况，明确回答的正确与错误，并进行必要的补充说明；</p> <p>四、根据学员预习情况和知识储备情况确定讲课内容的详略情况。</p> <p>注意：除非强调，教员针对性提问的问题不要与学员提问的问题重复</p>	<p>13.（1）避免了从油滴电量 <math>q_i = n_i e</math> 中求解油滴带电子个数的操作，直接用最大公约数法求解得到电子电量；（2）同时证实了电量的量子性。</p> <p>14.（1）利用喷雾器使钟油成为带电油滴；（2）利用圆形平行板电容器提供静电场；（3）将平行板电容器密封，避免空气扰动干扰油滴运动；（4）改变施加到平行板上的电压，控制油滴运动，可以对单个油滴进行多次重复测量。</p> <p>15.施加电压的操作键、测量时间的操作键，调节 CCD 的旋钮。</p> <p>三、深层次思考，理解并掌握物理实验思想和方法；</p>	<p>性的指导，提高课堂效率。</p>
<p>二 研读文献资料、 体验创新之乐 （7 分钟）</p>	<p>一、教员设问：</p> <p>1.道孙德用什么方法测量电子电量？</p> <p>2.这个方法的缺点是什么？</p> <p>3.威尔逊对测量方法有什么改进？</p> <p>4.测量误差大的原因是什么？</p> <p>5.密立根是如何使电子电量的测量发生质的飞跃呢？</p> <p>6.密立根为什么用最大公约数法求电子电量？</p>	<p>一、在教员引导下，以问题为导向，深入思考，了解电子电量测量方法的发展历史；</p> <p>二、通过学习，掌握物理实验创新的一个途径：提高测量精度；</p> <p>三、通过三种测量方法的比较学习，了解并掌握物理实验方法创新的一个途径：减少实验条件；</p>	<p>1.教师设问层层递进，迫使学员深入思考，重走密立根创新之路，体会如何创新和创新的艰辛，分享创新喜悦，激发其对科学的热爱；</p> <p>2.使学员掌握归</p>

	<p>二、以以上问题为牵引，板书与 ppt 结合带领学员研读文献资料。</p>	<p>四、了解平衡油滴法的由来，减弱或消除学习新知识的畏难情绪；</p> <p>五、了解密立根发现制造带电油滴的方法的过程，认识到扩充知识面、综合利用所学知识的重要性。</p>	<p>纳、分析和比较等研究方法；</p> <p>3.使学员了解不同学科间的相互促进作用；</p> <p>4.培养学员的思辨能力；</p> <p>5.激发学员好奇心，提升其环境适应力。</p>
<p>三</p> <p>获取新知识、理解平衡油滴法的巧妙构思</p> <p>（4 分钟）</p>	<p>一、教员设问；</p> <p>1.平衡油滴法包含的物理思想是什么？</p> <p>2.油滴在哪些力的作用下处于平衡状态？</p> <p>3.如何将不易测量的 <math>m</math> 转化为容易测量的量？</p> <p>4.如何将对微观量 <math>r</math> 的测量转化为对宏观量的测量？</p> <p>二、以以上问题为牵引，利用 ppt 带领学员体会平衡油滴法的巧妙之处；</p>	<p>一、在教员引导下，以问题为导向，深入思考，体会平衡油滴法的巧妙之处；</p> <p>二、通过学习，掌握物理实验思想：累积法；</p> <p>三、通过学习，掌握物理实验方法：转换法，了解转换思路；</p> <p>四、通过三种测量方法的比较学习，了解并掌握物理实验方法创新的一个途径：减少实验条件。</p>	<p>1.使学员了解平衡油滴法的巧妙，激发学员对密立根的钦佩之情，树立榜样作用；</p> <p>2.对学员进行物理实验思想和方法教育，提升其实验素养；</p> <p>3.揭示物理实验的创新途径，培养学员的创新意识和能力。</p>
			<p>1.使学员认识到物理本质隐藏在数据之后，只有恰当的数据处</p>

<p>四</p> <p>数据处理、 探索实验本质 (2 分钟)</p>	<p>一、教员设问</p> <p>1.密立根进行数据处理的方法是什么？</p> <p>2.验证法处理实验数据的依据是什么？</p> <p>3.如何用图示法处理实验数据？</p> <p>二、以以上问题为牵引，结合实例利用 ppt 使学员掌握图示法。</p>	<p>一、在教员引导下，以问题为导向，了解数据处理的三种方法及其特点；</p> <p>二、通过学习，掌握用图示法处理实验数据，得到电子电量；</p> <p>三、通过学习，理解并掌握电量的量子性。</p>	<p>理，才能揭示物理本质；</p> <p>2.使学员认识到数据处理的重要性，并在自己的学习中重视数据处理；</p> <p>3.使学员了解电量的量子性，使其建立起量子化的概念，减弱量子化计算机和量子通信等带来的认识冲击。</p>
<p>五</p> <p>解析实验仪器、 体会巧妙设计 (2 分)</p>	<p>一、教员设问；</p> <p>1 密立根油滴仪的核心部件是什么？</p> <p>2.油滴盒的本质是什么？</p> <p>3.为何要设计平衡、提升和下降三个电压控制旋钮？</p> <p>4.CCD 的作用是什么？</p> <p>二、以以上问题为牵引，引导学员了解实验仪器的构造，揭示油滴仪设计的巧妙之处；</p> <p>三、引导学员分析、比较密立根制造的油滴仪和实验所用油滴仪的区别，揭示先进技术对物理实验的影响和促进；</p>	<p>一、在教员引导下，以问题为导向，了解密立根油滴仪的构造；</p> <p>二、通过两种仪器的比较学习，了解先进技术对物理实验的影响和促进作用，激发学习新技术手段的兴趣和爱好；</p> <p>三、结合教师实验仪器操作演示，掌握密立根油滴仪的操作方法。</p>	<p>1.使学员了解实验仪器的巧妙设计，激发其对密立根的钦佩之情，树立榜样作用；</p> <p>2.使学员认识到先进技术对物理实验的促进作用，激发其学习和应用新技术的兴趣爱好；</p> <p>3.使学员能熟练使用密立根油滴</p>



	四、课堂演示实验仪器的操作。		仪测油滴电量。
六 实验内容与步骤 (2 分)	<p>一、教员设问；</p> <p>1 为何要调节水泡居中？</p> <p>2.如何选取合适的油滴？</p> <p>3.为何要多次重复测量同一个油滴的电量？</p> <p>二、以以上问题为牵引，引导学员了解操作的关键点和实验技巧。</p>	<p>一、在教员引导下，以问题为导向，了解并掌握仪器操作的关键点和实验操作技巧；</p> <p>二、理解为何要对同一个油滴进行多次重复测量。</p>	<p>1.使学员了解实验仪器的操作技巧，提高实验操作的成功率，培养其自信心，激发学习热情；</p> <p>2.使学员了解并掌握提高测量精度的一个方法：多次测量求平均。</p>
七 注意事项 (30 秒)	<p>一、指出实验过程中几个注意事项；</p> <p>二、教员提问。</p> <p>1.为何要注意这几点？</p>	<p>一、了解并牢记注意事项；</p> <p>二、从教员设问出发，深入思考注意事项提出的原因与背景。</p>	<p>1.使学员实验中注意并执行注意事项，提高实验成功率，培养其自信心，激发学习热情；</p> <p>2.通过设问，引起学员探索兴趣，培养其处处留心皆学问的意识。</p>

八 思考题 (20 秒)	一、布置思考题、提出要求； 二、如有必要、对学员进行指导。	一、课后思考、查找资料、制定实现方案； 二、实验验证设计方案，根据实验结果进行优化。	1.使学员了解测量新技术并利用新技术，培养实践能力和创新能力； 2.促使学员将多学科知识进行融合，培养其对知识的再加工和综合应用能力； 3.培养学员利用网络、期刊等资源自主获取知识的能力和意识。
九 拓展练习 (10 秒)	一、列举几个拓展练习 二、如有必要、对学员进行指导	一、了解平衡油滴法对测量分数电量的启发作用，认识该方法的巧妙； 二、了解密立根油滴仪的其它用途，认识仪器设计的精巧； 三、对量子性前沿知识和应用有个初步认识，认识到物理实验对科学和科技的促进作用； 四、选择有兴趣的内容进行深入探索，树立自主学习的观念。	1.使学员的知识结构现代化和前沿化，培养其学习兴趣和探索欲望； 2.使学员了解到我国量子计算机、量子卫星和量子通信等技术居于世界前列，培养其民族自信心和自豪感，激发其使用意识。

十 学员实验 ( 111 分)	一、教师引导、针对性指导	一、自主实验。遇到问题时，先与同伴互相交流解决问题；无法解决时，向教员寻求帮助； 二、完成实验内容。	1.培养学员独立思考习惯和解决问题的能力； 2.培养学员协同合作意识和能力； 3.促使学员从教中学，加深对知识的理解和认识。
-----------------------	--------------	---	--

#### 四、 教学反思

##### 【教学效果评价】

1. 在开放式管理模式和翻转课堂教学模式双重保障下，学员自己安排预习时间和预习方式，使教学资源得到有效、合理应用，提高了学习效率；
2. 采用问题教学法讲授理论部分，促进了学员深入思考，不仅提高了学员课堂参与度，也有助于培养学员的问题意识和创新能力；
3. 将学员的课前预习与理论部分讲授相结合，详略得当的安排授课内容，提高了课堂效率，将更多的时间留给学员实验操作，使学员的学习从容不迫，增强了其自信心和学习兴趣；
4. 加强了史料的学习研究，使学员的知识结构更加系统完整，有助于培养学员的实验素养、全局观和思辨能力；
5. 学生实验过程中，采用同伴学习法，促使学员进行深层次思考，使其从教中学，加深了对所学内容的理解，树立了合作意识，增强了沟通能力；
6. 课后思考题和拓展练习（1、2），有助于促进学员进行多学科知识的融合、提升实践能力，使学员的知识结构现代化、前沿化；
7. 拓展练习（3、4、5），有助于加强学员的民族自信心和自豪感，强化军人的使命意识。

##### 【存在的问题与改进意见】

存在的问题：

1. 部分学员因任务重，不能充分进行线上和线下的课前预习，影响课堂参与度；

2. 有一些仪器操作技巧、方法、经验，学生很少能仅通过预习获得；

3. 课后思考题和拓展练习，教员无法监测学员是否完成及完成情况。

针对性改进意见：

1. 将原来完整的教学视频拆分为科学背景、实验原理、数据处理、实验仪器、实验内容与步骤、注意事项六个部分的微视频，方便学员进行针对性的学习，缩短预习时间，提高学习效率；

2. 教员在课堂教学中，针对实验仪器的操作技巧或经验，进行课堂演示操作；还可以录制演示实验操作的微视频放于预习大厅供学员学习；

3. 允许学员在课后思考题和拓展练习题中任选一个项目（如选择拓展练习题中的 4）进行研究，将研究结果以小论文或小制作的形式上交，并计入最终成绩。

板书设计：

### 密立根油滴实验

J.S.E

$$e = \frac{Q}{N}$$

$$N = \frac{M_{\text{云雾}}}{m_{\text{水滴}}}$$

$$6\pi\eta rv = F_{\eta} = m_{\text{水滴}}g = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g$$

$$v = \frac{L}{t}$$