



第9章 中学物理实验教学



专题一、物理实验及物理实验教学

物理教学必须以实验为基础！

问题1 物理教学为什么必须以实验为基础？

一、实验是物理教学的重要内容

1. 物理实验本身就是物理学的不可分割的重要内容。

一、课程性质

物理学是自然科学领域研究物质的基本结构、相互作用和运动规律的一门基础学科。物理学通过科学观察、实验探究、推理计算等形式的研究方法和理论体系。从古代的自然哲学，到近代的相对论、量子论等，物理学引领着人类对自然奥秘的探索，深化着人类对自然界的认识。物理学对化学、生物学、天文学等自然科学产生了重要影响，推动了材料、能源、环境和信息等领域的科学技术进步，促进了人类生产生活方式的变革，对人类的思维方式、价值观等都产生了深远影响，为人类文明和社会进步作出了巨大贡献。

义务教育物理课程是一门以实验为基础的自然科学课程，与小学科学和高中物理课程相衔接，与化学、生物学等课程相关联，具有基础性、实践性等特点。义务教育物理课程旨在促进人类科学事业的传承与社会的发展，帮助学生从物理学视角认识自然、解决相关实际问题，初步形成科学的自然观；引导学生经历科学探究过程，学习科学的研究方法，养成科学思维习惯，进而学会学习；引领学生认识科学、技术、社会、环境之间的关系，形成科学态度和正确价值观，增强社会责任感、民族自豪感；激发学生热爱党、热爱祖国、热爱人民的情感，为培养德智体美劳全面发展的社会主义建设者和接班人奠定基础。

(一) 课程性质

物理学是自然科学领域的一门基础学科，研究自然界物质的基本结构、相互作用和运动规律。物理学基于观察与实验，建构物理模型，应用数学等工具，通过科学推理论证，形成系统的研究方法和理论体系。从古希腊时代的自然哲学，到17、18世纪的经典物理学，直至近代的相对论、量子论等，物理学始终引领着人类对自然奥秘的探索，深化着人类对自然界的认识。物理学对化学、生命科学、地球与宇宙科学等自然科学产生了重要影响，推动了材料、能源、环境、信息等科学技术的进步，促进了人类生产生活方式的变革，对人类的思维方式、价值观念等都产生了深远影响，对人类文明和社会进步作出了巨大贡献。

高中物理课程是普通高中自然科学领域的一门基础课程，旨在落实立德树人根本任务，进一步提升学生的物理学科核心素养，为学生的终身发展奠定基础，促进人类科学事业的传承与社会的发展。高中物理课程在义务教育的基础上，帮助学生从物理学的视角认识自然，理解自然，建构关于自然界的物理图景；引导学生经历科学探究过程，体会科学研究方法，养成科学思维习惯，增强创新意识和实践能

一、实验是物理教学的重要内容

1. 物理实验本身就是物理学的不可分割的重要内容。
2. 实验教学是物理教学的重要组成部分。

关于实验探究：共21项学生实验，测量类9项，探究类12项

测量类学生必做实验

1 用托盘天平测量物体的质量。**(表述变化)**

2 测量固体和液体的密度。

3 用常见温度计测量温度。

4 用刻度尺测量长度，用表测量时间。

5 测量物体运动的速度。

6 用弹簧测力计测量力。|

7 用电流表测量电流。

8 用电压表测量电压。

9 用电流表和电压表测量电阻。**(调整)**

探究类学生必做实验

1 探究水在沸腾前后温度变化的特点。**(表述变化)**

2 探究滑动摩擦力大小与哪些因素有关。**(调整)**

3 探究液体压强与哪些因素有关。**(新增)**

4 探究浮力大小与哪些因素有关。

5 探究杠杆的平衡条件。

6 探究光的反射**定律**。**(表述变化)**

7 探究平面镜成像**的特点**。**(表述变化)**

8 探究凸透镜成像的规律。

9 探究通电螺线管外部磁场的方向。

10 探究导体在磁场中运动时产生感应电流的条件。

11 探究串联电路和并联电路中电流、电压的特点。**(调整)**

12 探究电流与电压、电阻的关系。

必修课程的物理实验

必修1

1. 测量做直线运动物体的瞬时速度
2. 探究弹簧弹力与形变量的关系
3. 探究两个互成角度的力的合成规律
4. 探究加速度与物体受力、物体质量的关系

必修2

5. 验证机械能守恒定律
6. 探究平抛运动的特点
7. 探究向心力大小与半径、角速度、质量的关系

必修3

8. 观察电容器的充、放电现象
9. 长度的测量及其测量工具的选用
10. 测量金属丝的电阻率
11. 用多用电表测量电学中的物理量
12. 测量电源的电动势和内阻

选择性必修课程的物理实验

选择性必修1

1. 验证动量守恒定律
2. 用单摆测量重力加速度的大小
3. 测量玻璃的折射率
4. 用双缝干涉实验测量光的波长

选择性必修2

5. 探究影响感应电流方向的因素
6. 探究变压器原、副线圈电压与匝数的关系
7. 利用传感器制作简单的自动控制装置

选择性必修3

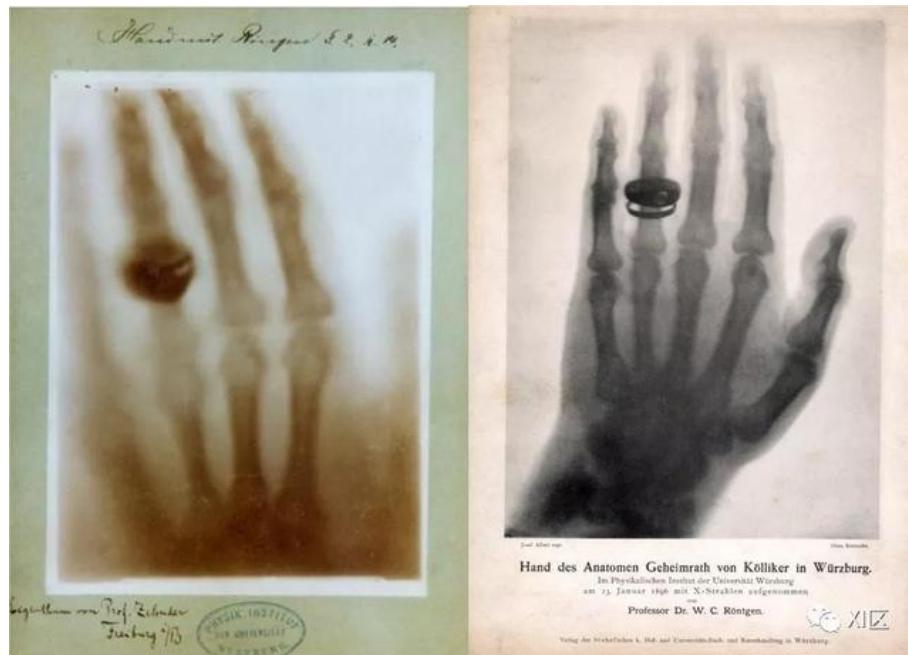
8. 用油膜法估测油酸分子的大小
9. 探究等温情况下一定质量气体压强与体积的关系

一、实验是物理教学的重要内容

1. 物理实验本身就是物理学的不可分割的重要内容。
2. 实验教学是物理教学的重要组成部分。
3. 实验是培养学生实验能力(特别是操作能力)的保证。

二、实验是物理教学的重要方法

1. 实验是物理学研究的重要方法。



(1) 发现新事物和新规律

X射线，伦琴；

放射性元素钋（Polonium）和镭（Radium），
居里夫人等

(2) 验证理论

牛顿第一定律（斜面理想实验）：任何物体都保持静止状态或匀速直线运动状态，直到外力迫使它改变这种状态为止。

密立根实验：验证电荷的量子化，即所有带电体所携带的电量都是基本电荷的整数倍。

3. 测定常数

表 1-1 引力常数的测定

年 代	人 名	方 法	引 力 常 数 ($\times 10^{-11} \text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$)	不 确 定 度 ($\times 10^{-6}$)
1798	卡文迪许	静态扭秤	6. 75(4)	6×10^3
1891	波印廷	化学天平	6. 6984	-
1895	波依斯	静态扭秤	6. 6576	-
1930	赫尔(Heyl)	动态扭秤	6. 670(5)	7.5×10^2
1942	赫尔	动态扭秤	6. 673(5)	7.5×10^2
1969	罗斯(Roge)	加速转动 参照系	6. 674(3)	4.5×10^2
1972	庞蒂基斯 (Pontikis)	动态扭秤	6. 67145(10)	15
1981	卢 瑟 (Luther)	静态扭秤	6. 6726(5)	75

4.推广应用

- 蒸汽技术
- 电子技术
- 激光技术

二、实验是物理教学的重要方法

- 1. 实验是物理学研究的重要方法。**
- 2. 实验是教师教物理、学生学物理的重要方法。**

三、中学物理实验教学对于培养学生学科核心素养具有特殊作用

1. 激发学生学习物理的兴趣和求知欲。
2. 创设生动的物理学习情境。
3. 训练学生的科学方法。
4. 培养学生的科学态度。

问题2 科学实验与教学实验的差异？

问题2 科学实验与教学实验的差异在哪里？

	科学实验	教学实验
目的		
内容		
过程		

问题2 科学实验与教学实验的差异在哪里？

	科学实验	教学实验
目的	发现新现象，探索新规律等	帮助学生掌握知识和学习方法，培养能力，提高品质。
内容		
过程		

问题2 科学实验与教学实验的差异在哪里？

	科学实验	教学实验
目的	发现新现象，探索新规律等	帮助学生掌握知识和学习方法，培养能力，提高品质。
内容	由需要探索的新问题而定，内容是新的，一般是未知的。	按一定的教学目的设计，根据教学实际的需要安排。比较成熟的。
过程		

问题2 科学实验与教学实验的差异在哪里？

	科学实验	教学实验
目的	发现新现象，探索新规律等	帮助学生掌握知识和学习方法，培养能力，提高品质。
内容	由需要探索的新问题而定，内容是新的，一般是未知的。	按一定的教学目的设计，根据教学实际的需要安排。比较成熟的。
过程	自主在科学实验室，通过实验观察、测量、记录、计算和分析，总结出规律。	在教师指导下在学校环境下，学生通过实验观察、测量、记录、计算和分析，总结出规律。

专题二 中学物理实验的分类

- 演示实验
- 学生分组实验
- 随堂实验（边学边实验）
- 课外实验与制作

一、 演示实验

- **特点：**以教师为主要操作者的**示范表演实验**
- **目的：**主要是把要研究的物理现象展现在学生的眼前，引导学生观察思考，配合讲授或穿插学生讨论等方式**使学生认识物理概念和规律**，或者通过演示的引导和示范作用，**为学生独立训练操作创造条件**。

二、学生分组实验

学生分组实验是指学生在教师的指导下，利用整节课的时间在实验室分组进行实验的教学形式。

(一) 分组实验类型

- **基本仪器使用训练性实验：**

天平、温度计、游标卡尺、电流表、示波器

- **测定性实验**

运用一定的仪器来**测定某个物理量或物理常量**

利用自由落体的规律 “**测重力加速度**”

利用欧姆定律 用 “**伏安法测电阻**”

- 验证性实验

让学生通过实验，验证由已知物理理论推导出的新结论的正确性，从而加深对物理知识的理解，培养学生的推理和分析能力，并训练实验技能。

（验证动量守恒定律、机械能守恒定律）

- 探究性实验

“提出问题——提出猜想和假设——设计实验——实施实验——分析评估——交流”的探究过程，运用归纳概括的思维方法来建立物理概念和认识物理规律，同时训练一定的实验探究技能。

三、随堂实验

- 是穿插在课堂教学中的学生小实验，也可称作边教边实验或边学边实验。
- 与演示实验的不同之处主要在于：其操作者不是教师或者是协助教师的学生，而是全体学生。
- 它不像学生分组实验那样，用整节课比较规范地完成教师在实验室中准备好的实验。

专题三：实验教学的基本要求

演示实验的基本要求

29

- 验证动量守恒定律

https://mskzkt.jse.edu.cn/cloudCourse/seyk/detail.php?resource_id=18382

方案一：研究气垫导轨上滑块碰撞时的动量守恒

实验原理：利用气垫导轨来减小摩擦力，用天平测出两滑块的质量，用数字计时器测出滑块经过光电门的时间 Δt ，求出滑块碰撞前后的速度 $v = \frac{L}{\Delta t}$ (L 为挡光片宽度)，计算碰撞前后的总动量，看其是否守恒。



实验设计

问题1：动量守恒定律的适用条件是什么？

当系统不受外力或所受外力的矢量和为零，则系统的总动量守恒。

问题2：有哪些物理过程满足上述条件？

物体碰撞内力远远大于外力时

问题3：实验需要测量哪些物理量？怎样测量？

物体的质量和两个物体碰撞前后的速度

质量——天平测量

速度——可以利用运动学知识，如匀速运动，借助于气垫导轨来达到实验目的和控制实验条件。

介绍装置、原理、目的、步骤



**指导观察、记录数据
(步骤和分析交互)**



分析结果、明确结论



注意事项

演示实验的基本要求

1. 针对性和目的性（有明确的目的）

选择的演示实验要有利于突出教学内容的重点或讲清难点；有利于培养学生的观察、分析和综合等能力；有利于学生物理概念或规律的形成。

2. 适用性和鲜明性（明显和直观）

仪器简单、现象清晰、操作方便。

选用仪器要大小恰当，实验装置和操作简便易行，装置要高低适宜、美观，展示的现象清晰，易于观察，自制教具。

3. 可靠性和示范性

规范、正确的实验操作，实验数据的读取，
实验误差的解释

4. 启发性

启发学生的思维。感性认识上升为理性认识；从现象观察到现象分析、概括和判断。

POE演示实验策略

DOE

- **demonstrate**演示—**observe**观察—**explain**解释, 缩写为**DOE**。
- 理论基础: 建立在**实证主义**基础上的教学策略。
- 教学程序:
 - 首先由教师做演示实验。
 - 学生观察实验现象;
 - 然后教师解释现象, 得出实验结论。

呈现教学案例

教师演示：首先教师将木桌倒置，将一张白纸固定在木桌的两腿之间（可以使用胶带），现拿出一块长方体实心砖，进行如下两次实验：第一次将砖块平放，纸片没有被压破；第二次将砖块竖直放置，纸片被压破。

学生观察：学生对两次实验过程及结果进行观察。

教师解释：这是因为压力作用效果与受力面积大小有关。

教师：首先将木桌倒置，将一张白纸固定在木桌的两腿之间（可以使用胶带），现拿出一块长方体实心砖，请学生预测，当老师将砖放置纸片中心处，纸片是否会破？你的猜测的理由和根据是什么？

学生预测：根据自己已有的知识“预测”：白纸很薄，砖很重，会把纸片压破。

教师演示：教师进行如下两次实验，第一次将砖块平放，纸片没有被压破；第二次将砖块竖直放置，纸片被压破。

师生解释：为什么跟之前的预测结果不一样？（与受力面积大小有关）

POE

predict预测—observe观察—explain解释,缩写为POE

- 理论基础：建立在建构主义、前概念、概念转变等教育理论基础上提出的一种新型演示策略。

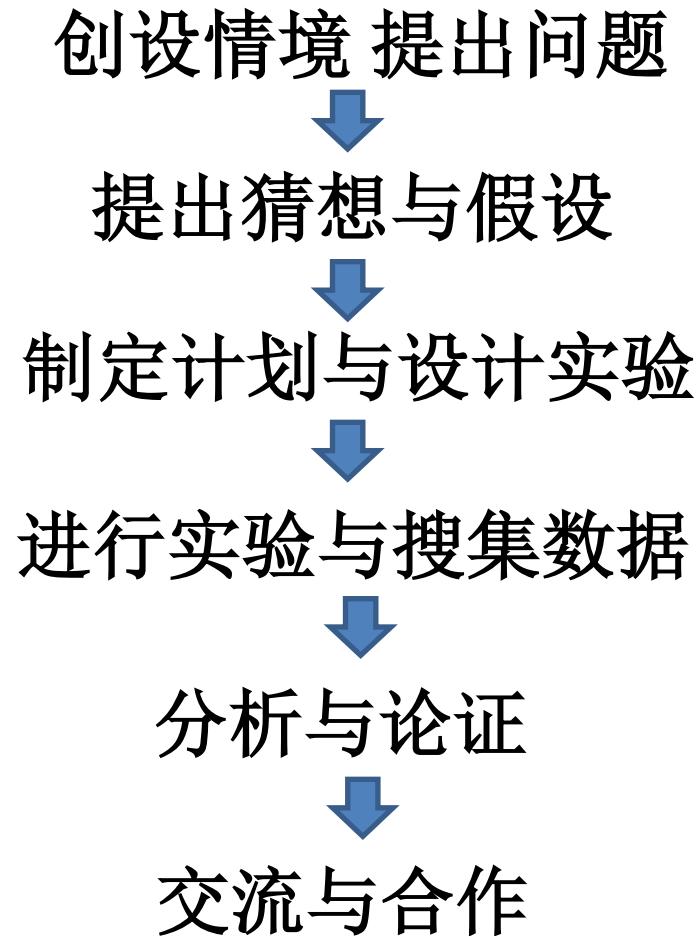
教学程序：

1. 在每个学生了解针对概念学习活动的情境或实验的基础上, 对实验或事件中某些现象或结果做出**预测**, 并阐述他们预测的理由;
2. 让学生**观察**实验或事件发生后的结果, 并独立记录下他们所看到的现象;
3. 每个学生须**对预测和观察之间的任何冲突作出解释**, 思考并调和自己的观察与预测的不一致性。

- 探究性实验的基本要求

“楞次定律”案例

• 探究性实验的一般过程



一、创设情境 提出问题

楞次定律教学中创设了什么情境，
提出了什么问题？

一、创设情境 提出问题

- 1.情境要贴近学生实际。
- 2.情境具有可探究性，努力为学生提供发现问题和提出质疑的机会。
- 3.引导学生根据情境提出与要学习的课题相关的问题，并从物理学的角度较明确的予以表述。

二、提出猜想与假设

楞次定律教学中提出什么猜想？

二、提出猜想与假设

对问题中事物的因果性、规律性作出的假定性解释。

引导学生尝试用已有科学知识和经验与探究的问题相联系，对探究方向和可能出现的实验结果进行推测与假设。

三、制定计划与设计实验

1. 根据猜想和假设来确定实验目的, 根据实验的目的来思考实验的原理, 按照实验的原理, 来设计实验的程序和步骤, 从而形成最终的**实验方案**。
2. 根据**实验方案**选择合适的**实验器材**。
3. 认真分析实验中的**常量**和**变量**, 要有**控制变量**的意识。

四、实验操作、分析与交流合作

- 1. 操作的规范性**
- 2. 引导分析（从结果到结论）**
- 3. 注重合作交流**

专题五：我院师范生物理实验创新展示



自制涡流演示仪：杨培银

无法显示该图片。

课本中的问题

涡流 当线圈中的电流随时间变化时，由于电磁感应，附近的另一个线圈中会产生感应电流。实际上，这个线圈附近的任何导体中都会产生感应电流(图4.7-1)。如果用图表示这样的感应电流，看起来就像水中的旋涡，所以把它叫做涡电流，简称涡流(eddy current)。

像其他电流一样，金属块中的涡流也要产生热量。如果金属的电阻率小，则涡流很强，产生的热量很多。

用来冶炼合金钢的真空冶炼炉，炉外有线圈，线圈中通入反复变化的电流，炉内的金属中产生涡流。涡流产生的热量使金属熔化。利用涡流冶炼金属的优点是整个过程能在真空中进行，这样就能防止空气中的杂质进入金属，可以冶炼高质量的合金。

电动机、变压器的线圈都绕在铁芯上。线圈中流过变化的电流，在铁芯中产生的涡流使铁芯发热，浪费了能量，还可能损坏电器。因此，我们要想办法减小涡流。途径之一是增大铁芯材料的电阻率，常用的铁芯材料是硅钢，它的电阻率比较大。另一个途径就是用互相绝缘的硅钢片叠成的铁芯来代替整块硅钢铁芯。



1. 课本来仅仅只给出涡流的概念，学生缺少对涡流的直观感受。



2.大都采用电磁炉进行
涡流热效应的演示。电
磁炉**结构复杂**，无法**直**
观判断是涡流热效应的
作用。



自制涡流演示仪



自制螺线管(废弃纸盒、漆包线)



涂抹温变粉末的圆形铜片



学生电源



自制涡流演示仪

优点：



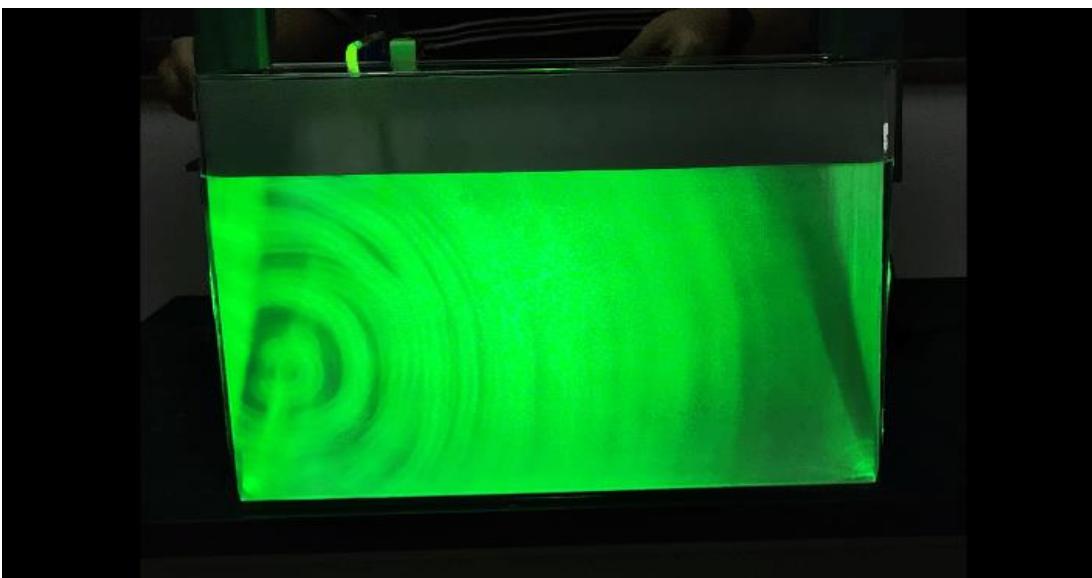
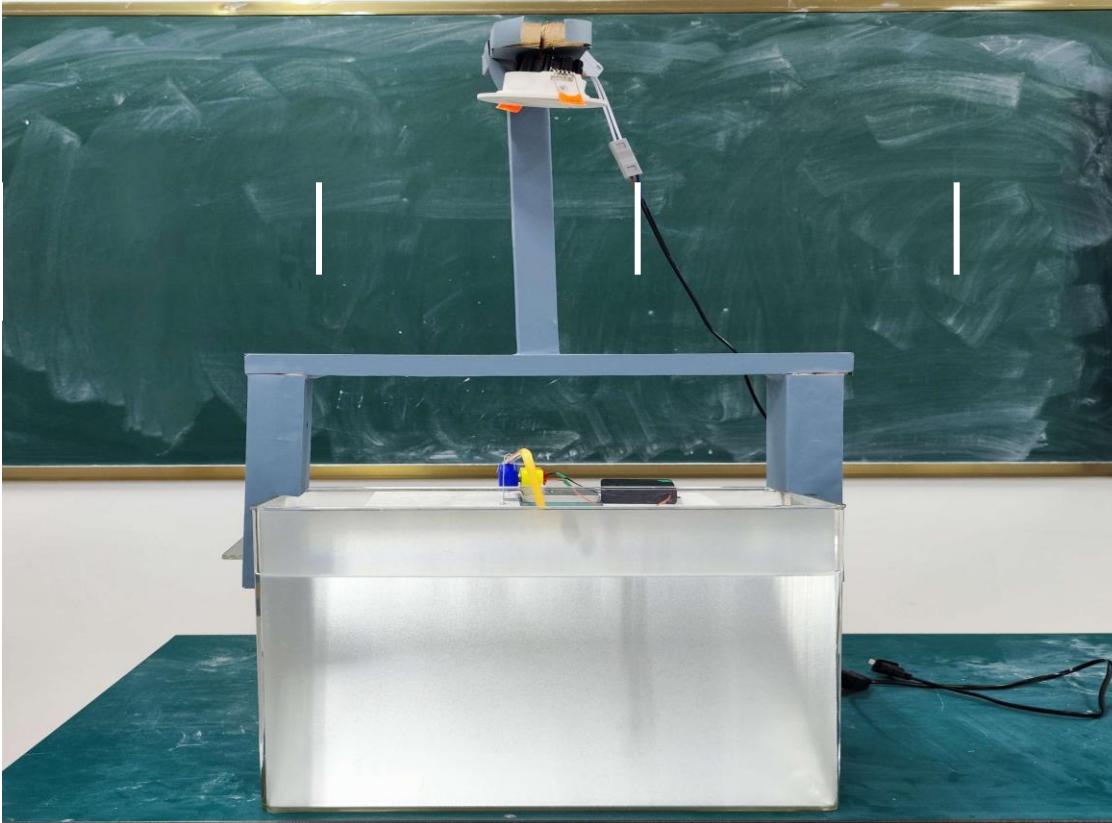
- 1、不仅可以说明涡流的**热效应**性
质还可以让学生直观的感受到涡流。
- 2、综合性**强**。
- 3、实验现象**直观**，
符合实际教学。

多普勒效应

杜雪萌



1842年，奥地利物理学家多普勒发现：当波源与观察者相互靠近或者相互远离的时候，接收到的波的频率都会发生变化。人们把这种现象叫多普勒效应。



教材分析

学情分析

教学目标

教学方法

教学过
程

特色创
新

科普介绍 引入新课

分析推理 构建新知

定量实验 探究本质

类比实验 探究规律

知识迁移 科技应用

反思学习 课堂小结

5 多普勒效应

问题 ?

仔细听急救车的鸣笛声，你会发现一个现象：当车从你身边疾驰而过的时候，鸣笛的音调会由高变低。这到底是怎么回事？



引入新课，教材采用“救护车驶过”的生活实例，通过听鸣笛声，体会音调变化。

为了更好地激发学生学习兴趣，拓展学生科学视野，进行优化。

01 科普介绍 引入新课

- 利用美丽星空吸引学生兴趣；再介绍“宇宙膨胀”，引导学生思考如何辨认天体的远离，引发学生思考，导入新课。



ASTRONOMY: E. HUBBLE Proc. N. A. S.

apparently the spectrum is very much like spectra of the Milky Way clouds in Sagittarius, Cygnus, and also many other species of binary stars of the W Ursae Majoris type, where the widening and depth of the lines are affected by the rapid rotation of the stars involved.
The wide absorption absorption lines observed in the spectrum of N. G. C. 2310 have been noted in the spectra of several other nebulae, which may be due to a dispersion in velocity and a blending of the spectral types of the many stars which presumably exist in the central parts of these nebulae. The lack of depth in the absorption lines seems to be more pronounced in the nearer and fainter nebulae, and in N. G. C. 7319 the absorption is very weak.
It is hoped that velocities of more of these interesting objects will soon be available.

A RELATION BETWEEN DISTANCE AND RADIAL VELOCITY AMONG EXTRA-GALACTIC NEBULAE

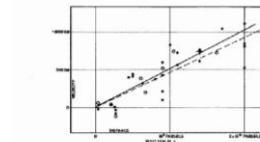
BY EDWIN HUBBLE
MOUNT WILSON OBSERVATORY, CARNegie INSTITUTION OF WASHINGTON
Commissioned January 17, 1929

DISTANCES of nebulae in the same relation to the extra-galactic nebulae as are involved in the case of normal stars, which appear to be variable. A question of considerable interest has been sought in a correlation between apparent radial velocities and distances, but so far the results have not been convincing. The present paper is a re-statement of the author's work on only those nebular distances which are believed to be fairly reliable.

Distances of extra-galactic nebulae depend upon the method of application of absolute-luminosity criteria to nebular stars whose types can be recognized. The author has used a scheme. Cepheid variables, novae, and blue stars involved in emission nebulae. Numerical values depend upon the point of view adopted. He has used only the distance modulus, the other ratios must be checked in order of confidence. The method is restricted to the few nebulae which are well resolved by existing instruments. A study of these nebulae, together with those in which any stars at all can be recognized, indicates the probability of an approximately uniform distribution of luminosities among the irregular, spiral, and irregular nebulae at least, of the order of M (photographic) = -6.3. The apparent luminosity of the brightest stars in such nebulae are thus criteria which, although rough and to be applied with caution,

178 ASTRONOMY: E. HUBBLE Proc. N. A. S.
corrected for solar motion. The result, 750 km/sec., for a distance of 1.4×10^6 parsecs, falls between the two previous solutions and indicates a value for K of 530 as against the proposed value, 500 km/sec.

Secondly, the scatter of the individual nebulae can be examined by assuming the relation between distance and velocity as previously determined, and then it can be calculated from the same solution corrected for solar motion, and absolute magnitudes can be derived from the apparent magnitudes. The results are given in table 2 and may be compared with the distribution of absolute magnitudes among the nebulae in table 1, whose distances are derived from other criteria. N. G. C. 404

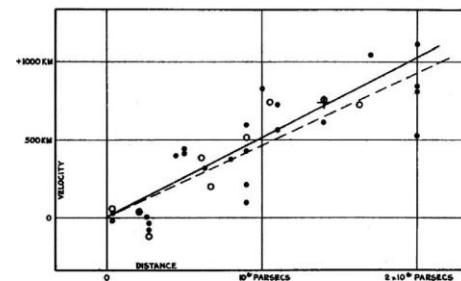


Velocity-Distance Relation among Extra-Galactic Nebulae.
Radial velocities, corrected for solar motion, are plotted against angular distances from literature sources and the heliocentric distances of nebulae in a cluster. The black dots and full line represent the solution obtained by the author, while the open circles and broken line represent the solution combining the nebulae into groups; the open circles represent the mean velocity corresponding to the group, and the 22 nebulae whose distances can not be estimated individually.

can be excluded, since the observed velocity is so small that the peculiar motion must be large in comparison with the distance effect. The object is not necessarily an exception, however, since a distance can be assigned to which the peculiar motion and the absolute magnitude both within the range previously determined. The two mean magnitudes, 15.3 and -15.5, the ranges, 4.9 and 5.0 mag., and the frequency distributions are closely similar for these two entirely independent sets of data, and even the distribution in absolute magnitude is similar. This tends to support the selected, very bright, nebulae in the Virgo Cluster. This entirely unforced agreement supports the validity of the velocity-distance relation in a very

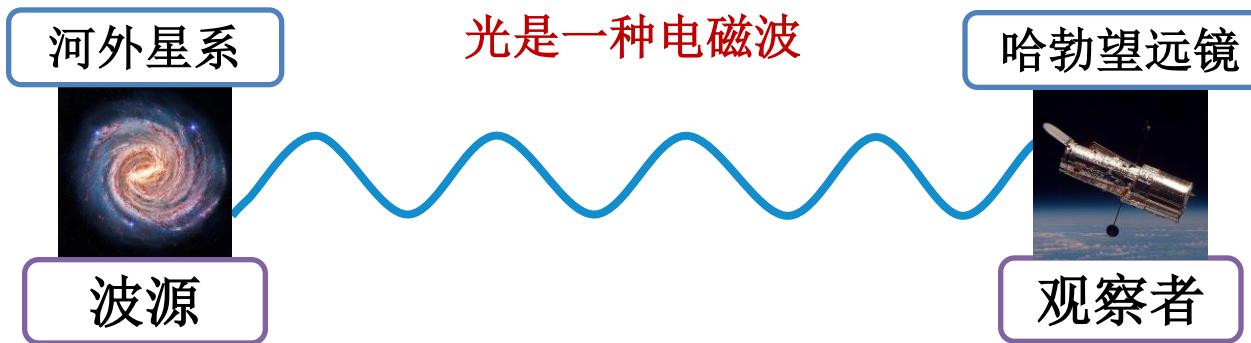
“宇宙中的大多数星系都在加速远离我们”

Velocity-Distance Relation among Extra-Galactic Nebulae.



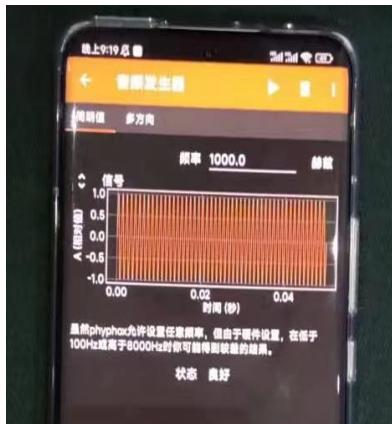
02 分析推理 构建新知

- 通过分析推理抽象出物理模型，解释现象背后的物理本质；介绍物理学史，定义多普勒效应。



03 定量实验 探究本质

- 利用手机、平板，通过软件**PHYPHOX**完成声波多普勒效应的频率变化测定，通过频率变化规律的定量探究，提升学生**证据意识**，认识本质。



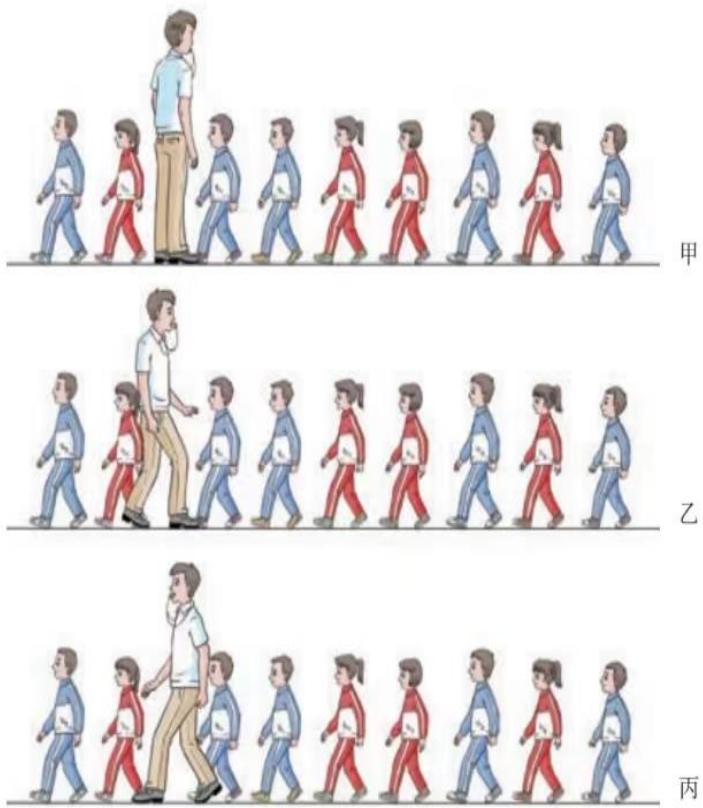


图 3.5-2 多普勒效应的模拟实验

► 在这个模拟实验中，人不表示介质中的质点，只代表传播中的波峰或波谷，于是“过人频率”就代表波的频率。

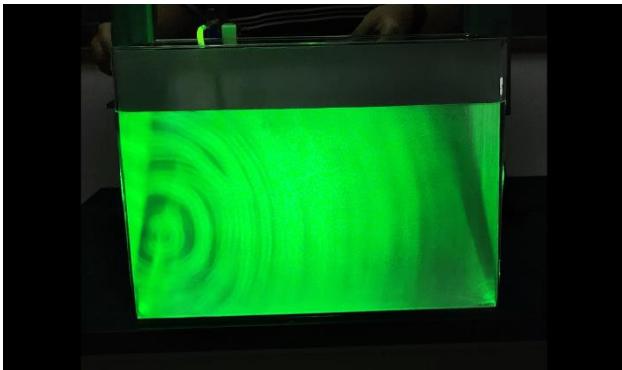
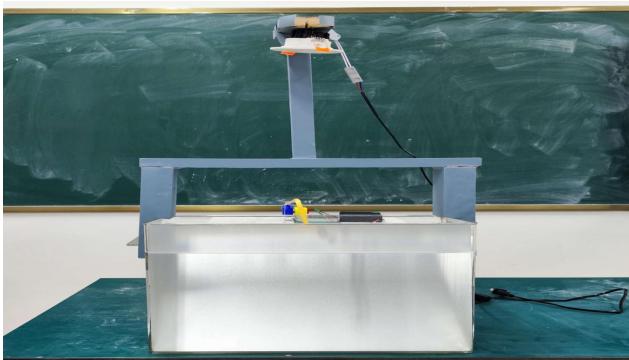
教材选用“过人”的实验活动，解释多普勒效应产生原因。



► 观察者顺着队伍的方向行走时，假设他的速度小于队伍行进的速度。

“人流”和“机械波”存在本质区别，容易产生认知负荷。

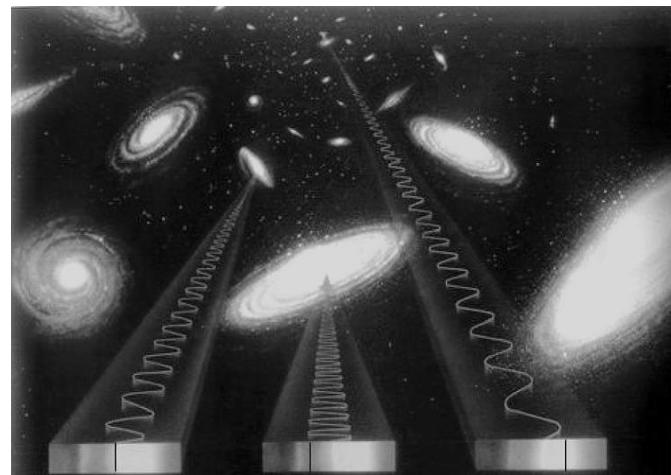
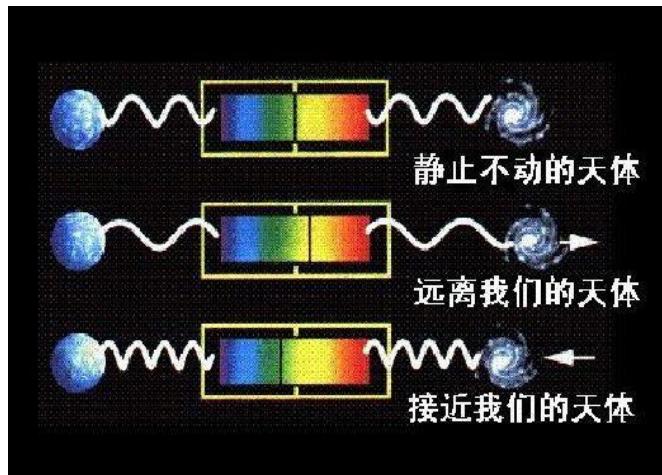
04 类比实验 探究规律

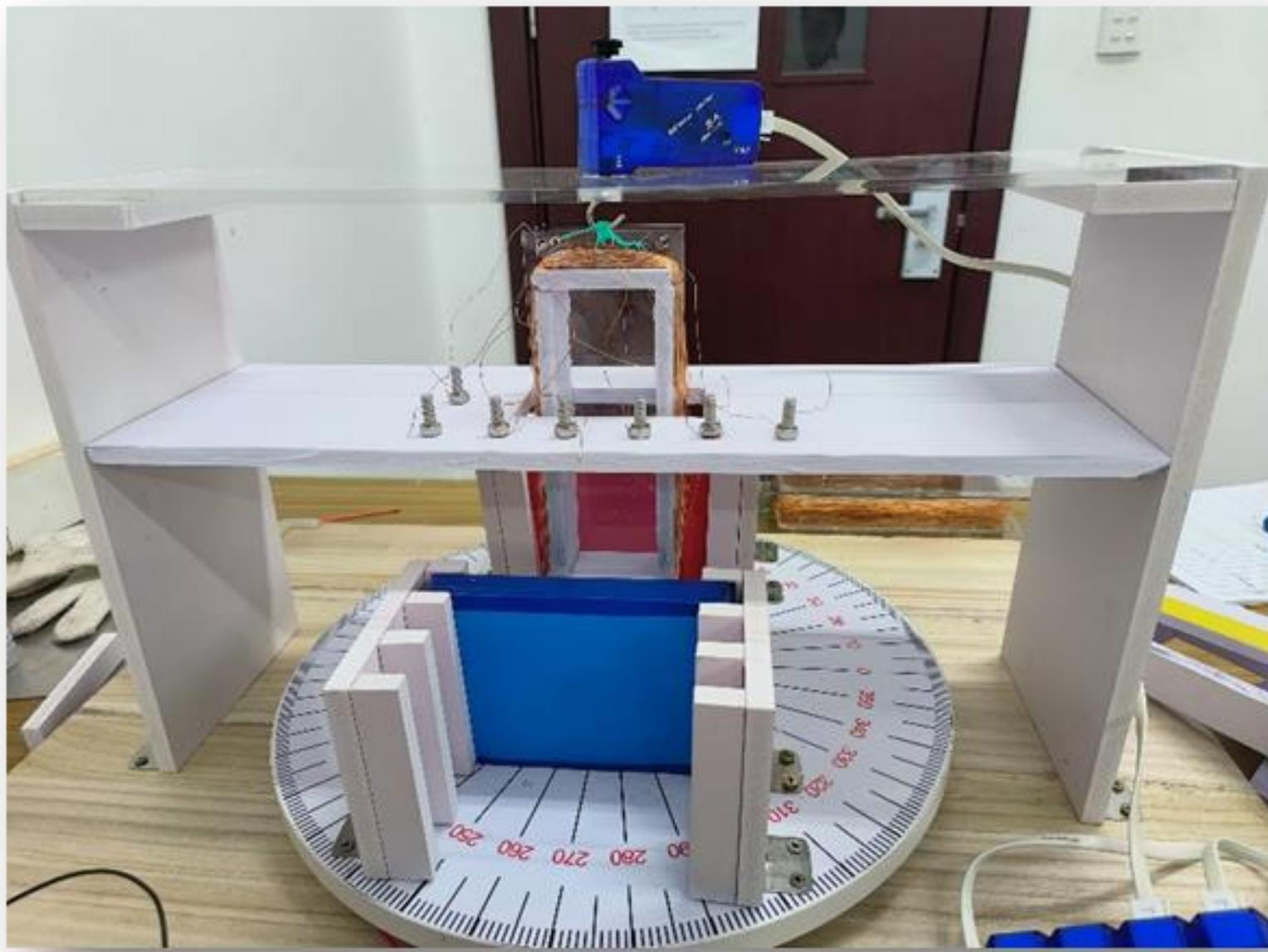


- 利用**自制多普勒效应演示仪**，通过实验直观展现水波的传播过程，将抽象的“**多普勒效应**”现象**可视化**，减轻认知负荷。
- 认识到多普勒效应和波的传播有关，说明多普勒效应在水波中也存在。通过类比推理，形成对“**波**”都存在**多普勒效应**的规律性认识。

05 知识迁移 科技应用

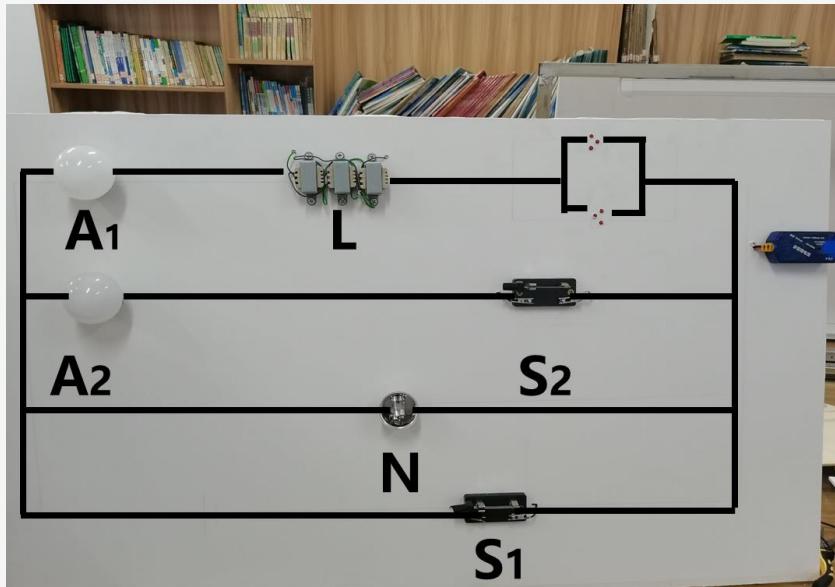
- 由波特有的多普勒效应现象及其规律解释红移问题，巩固新知，拓展学生科学视野。
- 使学生认识到高深的宇宙问题，其解决基石建立在日常小事上。科学并不遥远，攀登真理高山，阶梯就在脚下。







二、自制探究自感现象装置



优点:可以通过对比观察灯泡的亮度变化,用二极管直观表示电流的方向,并使用dislab电流传感器准确测出I-t曲线。避免了只定性不定量这一难题。