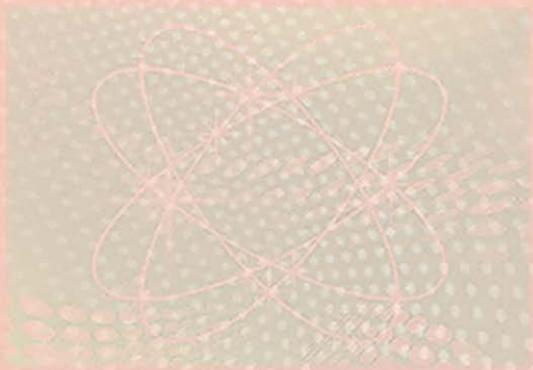


科学实验动手做·物理
实验方法及注意事项



目 录

1 物理实验教学中的实验演示

物理演示实验的基本要求	(1)
强化演示实验效果	(6)
自行设计物理演示实验的八条原则	(8)
物理演示实验的课堂操作与运用(一)	(13)
物理演示实验的课堂操作与运用(二)	(17)
物理演示实验的课堂操作与运用(三)	(22)
提高演示实验能见度、清晰度六法	(27)
物理演示实验中的对照比较	(30)
简易演示实验的课堂运用	(34)
演示实验的讲解	(37)
课堂演示实验的艺术处理	(42)
加强演示效果十法	(43)
初中物理的演示实验方法	(48)

2 物理实验操作过程中的方法及 注意事项

物理演示实验“七忌”	(54)
中学物理实验的有效数字分析	(58)

中学物理实验中的几种测量方法	(67)
物理实验中的精密度、准确度、精确度	(70)
误差理论在物理实验教学中的运用	(72)
中等物理实验误差的范围	(78)
物理实验有效数字的基本运算法则	(80)
实验结果误差的几何描述法——作图	(90)
中学物理实验的系统误差及其消除方法	(102)
减小实验误差的几种常用方法	(108)
用不确定度表示实验结果的合理性与优越性	(110)
自由落体闪光照片测定重力加速度的计算误差	(115)
电池电动势和内阻测量中的误差比较	(120)
中学物理学生实验的基本要求	(124)
物理实验中基本仪器的使用要求	(130)
初中物理学生实验操作“细节”	(135)
物理实验数据分析技能的训练	(139)
学生实验数据的图象处理方法	(148)

1

物理实验教学中的实验演示



❀ 物理演示实验的基本要求

演示实验是教师在课堂上为配合有关知识的教学而进行的教学实验,在中学物理教学中,演示实验的作用是:使学生通过观察和分析物理现象,获得生动的感性材料;检验学生运用所学知识作出的预言;培养学生的观察能力;激发学生的学习兴趣;集中学生的注意力,使学生对有关物理现象和过程获得深刻的印象;对学生分组实验起示范作用等等,为了使演示实验能起到上述作用,浙江省玉环县教委教研室郑青岳老师认为物理演示实验应当达到如下基本要求:

① 结构简单,主题突出

演示实验多数是定性实验,不必为了过分追求高精度,而把实验装置弄得很复杂,因为复杂的结构往往会干扰学生的视线,分散学生的注意,掩盖实验的主题。

演示实验应当尽可能直接地显示有关现象,使物理运动的信息以尽可能短的途径传递给学生,物理现象显示得越直接,越易为学生接受。过去曾有人设计了演示平抛运动中水平运动与竖直运动的独立性的实验装置,当两只小球落至底板上时,有两盏灯同时发亮。这种实验改进并不意味着一种进步,因为简单的物理现象经过了太多的转折,可信度较低,美国《The Physics Teacher》杂志上曾先后刊登了说明同样道理的三个结构十分简单的实验方案,其中一个实验的做法是:见图1,将两只玻璃球夹在左手的手指之间,用右手手指水平弹击其中一只玻璃球,使一只球水平抛出,另一只球竖直落下,可以从两只球落地声中确认两只球是同时落地的。

为了突出主题,演示实验的装置应当尽可能采用“开放式”,使学生能直接观察到其核心部分。例如演示变压器的工作原理,应当用可拆式变压器模型,在教学中让导线慢慢地绕在铁芯上,使学生观察到线圈的匝数比的变化与电流、电压变化的细节。

② 取材方便,操作简便

演示实验的器材学生越熟悉,越接近学生的生活,越能使学生对实验产生亲切感,消除神秘感,同时也便于学生模仿。例如在教学自由落体运动课题时,可以先让一张纸推开,与一

只铁球从同一高度同时落下,这时学生可看到两者下落快慢差距较大,再将纸揉成一团与铁球同时落下,这时可看到两者下落快慢仍有差距,但差距大大缩小,然后引导学生分析:两者落地快慢不同,是因为存在空气阻力,而不在于两者的轻重,空气阻力影响越



图 1

小,下落快慢差距越小,由此推知,当没有空气阻力时,两者运动快慢完全相同。

操作简便对于演示实验来说十分重要,复杂的操作往往使实验的成功率降低,而且,教师的操作过于繁杂,易使学生感到疲劳和厌倦,从而分散注意力。

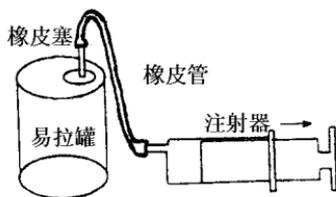


图 2

③ 效果明显,可见度高

演示实验应有明显的效果,否则,将无法发挥应有的作用,使整堂课的教学效果受到影响。例如,用图 2 的装置演示大气压强,当注射器的活塞抽出 $\frac{1}{3}$ 时,即可看到易拉罐“噗”的一声被压变形,最后将被压扁,并且不断发出“劈劈卜卜”的压裂声,这种视觉和听觉的双重刺激会给学生留下极深的印象。

演示实验还应有较高的可见度,因为它要求所有学生都参与观察活动,不能只让前面几个学生看到,而让其他学生坐听某学生的报告,因此,实验仪器、器材应有较大的线度,色彩要鲜明,不同颜色的对比要强烈。例如演示液体蒸发致冷实验,课本中用液体温度计演示,多数学生看不见,若用气体温度计演示(当在瓶壁上涂上乙醚或酒精,即可见管中的液面明显下降)效果则好得多。

为使所有学生都能看到实验现象,有时应当将实验器材放到较高的位置上,或将仪器固定在示教板上竖立起来。

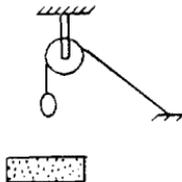


图 4

④ 现象奇异,趣味性强

演示实验应当尽可能显示一些奇异现象,以提高学生的兴趣。例如在教学动量定理之后,可以做一个高空掉球实验。如图 4,先将鸡蛋用一条细线通过定滑轮缓慢地升到空中,并将线端固定住,在鸡蛋的下方放一块厚海绵,用剪刀将悬线剪断,可见鸡蛋下落到海绵上,但却安然无恙,最后将鸡蛋敲开,让其中流质放在玻璃杯中,这样的演示实验可以极有效地集中学生的注意力,使他们终身难忘。

一些与学生原有观念相矛盾的演示实验,往往可以收到良好的教学效果。例如在教过浮力知识后,可用“雪碧”瓶和滴管做

一个浮沉子的演示实验,如图5,先让学生猜想,用手指捏压瓶的下部时,将可看到什么现象,不少学生会认为滴管将向上升起,然后教师演示,学生看到的却是滴管下沉的现象,这种与学生观念相悖的现象,能使学生产生极大的兴趣,他们急于寻找解释这些现象的答案。



图5

⑤ 蕴涵丰富,教育性强

演示实验并非只是“教师演戏,学生看戏”,不是简单地显示一下有关的物理现象,应使学生了解实验的设计思想,带着有准备的头脑进行观察,从而使思维能力与观察能力同步得到培养。例如演示自感现象,可以先用图6甲电路让学生

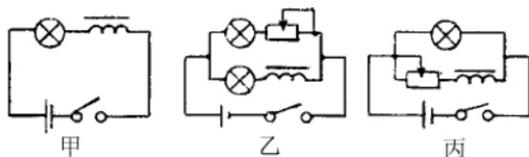


图6

猜想:当开关合下时,将会出现什么现象,学生会预言,电灯将晚一些亮,但教师进行实验时实际却根本看不到这一现象,然后引导学生分析原因,改进实验设计方案,用图6乙电路采用对比式实验,使学生在对比中发现差异,再用图6丙电路演示,问学生,当开关开启时,将会出现什么现象,学生会预言,电灯会骤然亮一下再暗,但教师进行实验时仍看不到这一现象,然后引导学生分析原因,调节变阻器的有效电阻值,使学生看到这一现象,这样安排演示实验,能使学生对电路为什么这样设计,为什么需要这些元件等等,能够充分领会,同时使学生学会如何运用已有知识进行预测,如何检验预测,如何解释实验中的意外现象以

及根据意外现象修改实验方案等等,所有这些,对于学生物理思想的培养是至关重要的。

⑥ 操作规范,成功率高

演示实验是配合教学而进行的,因此,应当保证有较高的成功率,失败的演示实验往往使学生感到很失望,使教师十分尴尬,这要求教师在课前就应当做好充分的准备。

演示实验在某种意义上是教师的示范实验,学生学习物理实验是从观察、模仿教师的演示实验开始的,这就要求教师进行实验时既要熟练利索,又要符合操作规范。

✿ 强化演示实验效果

在初中物理演示实验教学中,有的实验很难达到预期的效果,影响着初中物理教学的质量。例如,讲“比热”的概念,按照书上已有的设计进行实验:将初温和质量相等的水和煤油分别装在两个容量形状相同的烧杯中。用两个同样的酒精灯在相等的时间里对它们加热,保证烧杯里的水和煤油吸收相等的热量。然后让学生观察插在两液体中温度计读数的变化。可以观察到质量相等的水和煤油吸收相等的热量后,升高的温度不相等的现象。如果要让二者升高相同的温度,必须使它们吸收不相等的热量。这一结论又可推广为所有的物质当升高相同的温度时,吸收的热量各不相等这一物质特性。这样一节,通过演示实验向学生讲授比热的概念及其物理意义。结果是,只有

坐在前排的学生能隐隐约约看见温度计里液柱高低的变化,绝大多数学生则看不到,只能听少数学生和老师来证明这一变化。这样,多数学生是间接地接受温度计读数变化这一事实,被动地理解比热这一重要而又较为抽象的物理概念,使得这个演示实验达不到预期的效果。

物理教学中的演示实验是教师面临的十分重要的问题,因为教学对象是年龄小,知识面窄的学生,如果演示实验效果不好,学生理解抽象概念难,教师也就难教。为了达到课程标准中规定的教学要求,实实在在地提高教学质量,更好地完成普及教育的任务,我们反复思考,多年探索,感觉到要保证初中物理教学的质量,首先从改进已有的课堂演示实验入手,离开了明显直观的实验教学,就是离开了物理教学的固有轨道。如何做好“比热”的演示实验,我们认为关键是要想方设法将温度讲的读数放大,放大到让全班学生都能看得清楚。于是,我们利于投影仪,采取投影的办法放大整个实验过程。经过反复试验,成功地将完整的实验,从器材组装到实验现象演变的全过程都清晰地呈现在 1m^2 的屏幕上,尤其是温度计里的鲜红液柱上升的动态,鲜明地映现于屏幕上,全班同学都能看得清清楚楚,大大提高了演示实验的效果。

这一实验教学的改进简便易行,所需器材少,组装方便,操作方法简单,只要备好适量的水、煤油、两支同样的温度计、烧杯、酒精灯、一台投影仪和事先做好的一个用来垫高投影仪的木架(木架的高度要以能把整个实验装置都能进入投影屏上为标准)就可以了。所有的学校都可以备齐这些器材。按照实验要求将器材组装好,将投影仪的投影面从原来的水平位置翻转 90° ,放在实验装置的后面,投影面垂直于实验台,立放面对实验装置,投影仪上装有平面镜和凸透镜的金属杆就由原来的竖直方向变为水平方向,再适当调整凸透镜的位置(物距)和转动

平面镜的方向,就可以在远离投影仪的屏幕上得到清晰的实像。这样做的可行性还在于,整套实验,除铁架台外,水是透明物质,煤油是棕黄色透明液体,温度计及它的液柱分别是透明的玻璃和鲜红的透明物质。因此屏幕上显出各自不同的颜色,易于学生辨认,可准确跟踪实验现象变化的全过程。

利用投影仪,将实验现象放大的方法虽然简单,但取得的效果却是显著的。第一,可将温度计液柱缓慢而微小的变化,转化在图象上更加直观。第二,学生通过屏幕观察放大后的现象,比只有几个学生和老师证明式的口授有更强的说服力,更能引起学生的学习兴趣,印象深刻。第三,教师在改进后的演示实验教学中感到轻松,省时省力,学生通过直观的感性认识,可自然顺利地引入“比热”的概念,学生学得轻松活泼,有利于培养学生的理解能力。

我们还进行了类似的一些改进措施。例如讲“汽化”一节沸点与压强的关系,可以在继续加热密闭烧瓶中沸水的同时,用冷毛巾覆盖沸水烧瓶上部的方法,来设法增大和减少压强,以观察沸点与压强的关系等等。这样一些改进,都增强了演示实验的显示效果,课堂教学质量也逐年上升。

✿ 自行设计物理演示实验的八条原则

自行设计演示实践,这是物理教师要教好物理课应有的素质,也是当前物理教学改革的重要课题。潘隆昌、郭跃屏老

师根据多年的教学实践,总结了自行设计演示实验应遵循的8条原则:

① 科学性要强

演示实验复现的物理现象要力求真实、正确、符合科学,例如,用大型示教用电流计演示 LC 振荡电路产生振荡电流时,看到电流计指针来回摆动,于是就解释说振荡回路产生了振荡电流,这是不科学的。因为一般情况下 LC 回路振荡频率很高,电流计指针根本来不及摆动。指针的摆动实际上是瞬间电流作用的结果,如果用示波器来观察振荡电波形,既形象又科学。

物理实验的误差是难免的,但不能为了避免误差而拼凑数据,欺骗学生,也不能把任何不正确的实验结果都归结于误差而了结,要很好地分析误差产生的原因,要尽量减少误差。例如在演示萘的溶解和凝固时,实验测得萘的熔点常常不是 80°C 或不是保持 80°C 不变。原因是什么呢?反复实验后发现有以下四个原因:(1)煤油温度计不够准确,用水银温度计较为准确;(2)萘粉要纯,如化学纯萘粉;(3)酒精灯加热要缓慢均匀,使杯中水温与试管中萘粉温度差不超过 3°C ;(4)搅烂器搅烂萘粉要认真、细致,使萘粉受热均匀。

② 结构、操作要简单

结构复杂、操作繁琐的演示实验,很容易分散学生的注意力。所以演示仪器只要效果明显,不失科学性,那么越简单越好。例如比热的演示实验,课本中介绍的方法,结构复杂、实验时间长,另外用两盏酒精灯分别加热使两烧瓶受热相同难以控制。可改用两个 250 毫升盐水瓶,分别注入质量相同的煤油和水,塞紧皮塞,再将注有一

段红色水的一次性透明输液管两端穿过皮塞插入瓶内,使红色水柱在透明输液管的中央。演示时,只要将热水瓶里的开水倒入脸盆里,再将两盐水瓶同时放入脸盆中,即刻看到红色水柱向注有水一侧的瓶子移动,说明煤油受热后温度上升得快。

③ 可见度要高

演示实验一定要使班上每一位学生都能清楚地看到所演示的现象,如灵敏验电器,演示时“灵”而不“显”。如果把金属箔做得太大,则会“显”而不“灵”。因此,采用灯光反射原理,在验电器后方装上两只灯泡,达到了演示现象明显清楚可见度大的效果。又如,演示液体的热胀冷缩时,水中滴几滴红墨水,烧瓶上方的玻璃管中插入一根铁丝,就可以大大增加可见度。

④ 目的性要明确

教师应根据教学目的策划设计演示实验。有些现象学生比较陌生,抱有怀疑态度。如电磁波的传播是不需要媒质的,对此,学生不是坚信不移的,我们便通过实验证实。在一只玻璃钟罩内放一只小型讯号发生器,在外面用一架收音机来接收,可以听到讯号声。把钟罩内的空气抽去不影响收音机的正常接收,但是如果换了一台闹钟,当钟罩内的空气抽去后就听不到声音了。这说明了声音的传播需要媒质,而电磁波的传播不需要媒质。

有时还要通过演示实验来帮助学生建立新的概念。如在讲到电磁波接收中的电谐振这个概念时,教师仅用“电学中的共振现象叫电谐振”一句话来说明,学生仍无法理解,因为缺乏感性认识。我们便用甲乙两个大小相同的莱顿瓶分别和矩形线圈组成 LC 振荡电路,

甲莱顿瓶两极跟起电机或高压感应圈相接作为发射电路,乙莱顿瓶线圈两端跟氖管相接作为接收电路,当乙莱顿瓶线圈跟甲莱顿线圈平行且大小差不多时氖管发光最高。这个现象说明接收电路的固有频率与外界电磁波频率相同时,接收电路中振荡电流最强,这就是电谐振现象。

⑤ 成功率更高

只有成功的演示实验才能帮助教师顺利完成教学任务。例如演示静电实验一般比较困难,其原因是静电“压高量少”,由于静电压高,使通常用的绝缘体在高压下成了导体;因静电量少,电荷很快会“漏掉”,特别是天气潮湿就更容易“漏掉”。分析了上述原因,我们制作了一个全天候静电实验箱,形状像演示用示教电流表,前面板用玻璃,以观察实验现象,其他面板用木板做。实验箱分三层,底层装有两个涂黑的串联的 100W 灯泡作为烘干用的热源,中间层贮放静电实验器材,如玻璃棒、橡胶棒、毛皮、丝绸等。顶层安装验电器,固定验电器金属杆的面板要用绝缘性能好的材料,如有机玻璃,其它隔层板用铁丝网,便于从下到上烘干箱内的“湿气”。此实验箱经多年使用,在任何恶劣天气下,都能一用就“灵”。

⑥ 现象要明显

课本中有许多演示实验,现象不明显,例如,演示伏打电池的实验,其电珠经常不亮或亮不到几秒钟就熄灭,犹如昙花一现。若实验前将铜片用酒精灯烧 1 分钟左右,用发光二极管代替电珠,发光二极管就能持续发光几十分钟不熄灭。又如演示自感现象时,电感 L 线圈用日光灯镇流器代替,断开

电路电键时,只能看到灯泡亮一下就熄灭,若改用电阻小电感大的 800W 的自耦变压器,此时,电路电键断开瞬间灯泡不仅不熄灭,反而发出耀眼的强光。

⑦ 现象直观、形象

直观形象的演示实验真可谓“千言万语说不清,一看实验就分明”。例如,悬挂在支架上的重物,其重力对杆的作用,单凭老师讲解,学生都感到难懂。我们便将斜杆上端系上一根橡皮绳,用图钉钉在黑板上,横杆的左端顶住一气球,挂上重物,就可看到橡皮绳被拉长气球被压扁,学生看了这种直观形象的实验后,就立刻明白力 F 对斜杆的拉伸作用,对横杆的压缩作用,便能很快将 F 按图中所示进行分解。

⑧ 演示时间要适度

演示实验应在几分钟内完成,时间过长会分散学生注意力,影响课堂教学。如演示液体热胀冷缩,按课本上的设计,用酒精灯将一满烧瓶的冷水烧热看到瓶塞上方玻璃管内液面上升的情况,需要 10 多分钟。用小试管代替烧瓶,水里滴入几滴红墨水,在试管塞上插入细玻璃管,管内插入铁丝,管内空气柱就变的更细,液面上升情况就更明显,用酒精灯加热小试管,一分钟内就可明显看到液面上升。又如演示萘的溶解与凝固,用 78°C 左右的热热水就可以加速实验过程,大大缩短实验时间。

❀ 物理演示实验的课堂操作与运用

(一)

演示实验对建立、验证物理概念和规律,帮助学生掌握物理知识、激发学生学习兴趣有着重要意义。

教师在演示物理实验时,除按教材要求做到熟练、成功、注意使实验现象明显,可见度大、引人入胜外,武汉市 34 中学梅长钊老师总结提出注重以下几点,将会使演示实验发挥更大的作用。

① 在演示实验的讲、演中,启发学生思考,培养学生思维能力

有许多实验,仔细研究一下,都可找出启发、培养学生思维能力之处,这里举一个例子,做初中研究平面镜成像性质的演示实验时,当玻璃板前的蜡烛点燃,学生都观看到玻璃板后的蜡烛虚像时,教师不要像课本上那样,马上用另一支蜡烛去玻璃板后测试虚像的位置,而可暂停一下,先向学生提一个问题:怎样来测定这个虚像到平面镜的距离?这个有趣的问题,马上吸引了全班学生的注意力,调动学生紧张思维,然后,教师再用那支蜡烛来测定虚像的位置,测出与玻璃板的距离,从而使学生恍然大悟,赞叹方法之巧妙,其思想集中,兴趣盎然,印象深刻自不言而喻,教材里的演示实验中像这样发掘一下,能给学生思维带来很多启迪。

② 介绍演示实验的由来背景,扩大学生视野,增强学习兴趣

不少实验,若在演示前简单介绍一下所做实验的由来背景材料,将会引起学生的重视与兴趣,也能使学生获得更多的知识。

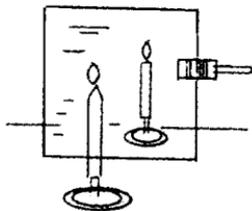


图 1

奥斯特实验,是一个看起来较为平淡的实验,并且为教学中的一个难点,如果在演示前说明一下这个实验的重要意义:开辟了电磁学研究的新领域;介绍一下实验现象的发现经过——1820年4月,奥斯特在一次讲座中,将铂丝接通电流时,偶然发现靠近铂丝的小磁针动了,这一不明显的现象,没有引起听众的注意,而他却非常兴奋,抓住这一现象不放,连续进行了3个月的深入研究,到7月21日宣布了实验的情况,使他的十年努力终于获得成功,学生听后,在观看这一实验时必将更为认真,聚精会神,为安培定则的学习打下良好的基础。

同样,伏打电池的演示实验,今日看来当然十分简单,但如果先向学生说明一下伏打电池诞生的意义:标志着静电时代的结束,动电时代的开始;讲述一下当时的情形——伏打经过多年的努力,在1800年终