

CHUANGZAO JIFA YU WULI SHIYAN

创造技法与物理实验

朱肇瑞 编著
俞云中
刘艳春

• 西南交通大学出版社 •



本书由云南师范大学
自编教材出版基金资助

创造技法与物理实验

朱肇瑞 俞云中 刘艳春 编著

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 提 要

本书启迪思维,注重方法,图文并茂。通过 201 个示例(配有 286 幅插图)说明如何运用十一种创造技法指导物理实验方案的设计。这些示例涉及力学、热学、电磁学、光学、原子物理学等主要物理学分支。

介绍的创造技法有:组合法、比较法、问题转换法、逆向思考法、模拟法、强化法、相似联想法、列举法、整体法、突破定势法、挖掘潜力法。

本书对学习运用创造技法,开发新的物理实验及培养创新意识都有较大的参考价值。

可供中学、中专、中师物理教师、师范院校物理专业学生及对此内容感兴趣的读者学习。

创造技法与物理实验

朱肇瑞 俞云中 刘艳春 编著

*

出 版 人 宋绍南

责任编辑 钟 波

封面设计 唐利民

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031)

郫县犀浦印刷厂印刷

*

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 11.75

字数: 275 千字 印数: 1~1500 册

1999 年 6 月第 1 版 1999 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 7-81057-341-1/O · 104

定价: 16.80 元

前 言

谨以此书献给立志于创新教育的物理教师们。

科学成就是伟大的，它推动社会发展和进步。而指导人们取得科学成就的思想方法就更伟大、更值得学习。简言之：成果重要，获得成果的方法更重要。授人以鱼，不如授人以渔。这就是我们写此书的初衷。

人类的发展史，就是一部发现、发明和创造的历史，毛泽东指出：“人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进”。创新是人类发展的基本条件，只有不断地创造，人类社会才能不断进步。

创新是创造的核心。

从当今的国际社会经济形式看，知识已成为经济发展的主要动力，21 世纪已将是知识经济占国际经济主导地位的世纪。以知识为基础发展经济，就必须依靠知识创新，因此，创新是知识经济的内核。“创新”将成为 21 世纪国际经济竞技场的“入场券”，谁能抢先占领创新的制高点，谁就是 21 世纪的主角。江泽民总书记在全国科技大会上指出：“创新是一个民族进步的灵魂，是国家兴旺发达的不竭动力，一个民族缺乏独创能力，就难于屹立于世界民族之林”。

创新，这是一件多么富于神奇色彩的事情；创新，写就了人类整个的科学史；创新，给我们的生活带来了方便；创新，是育人的最高境界……

创新如此重要，是否有法可循？有。那就是创造技法。创造技法是在人们研究和总结创新活动规律的基础上提炼而成的“创造性地提出问题、分析问题、解决问题”的技巧和方法。它对取得创造成果有举足轻重的作用。

怎样授人以创造技法？突破口选在哪里？

我们以物理实验方案设计为载体，所载之“道”就是创造技法。本书以传“道”为主，以期普遍运用；同时，书中介绍的物理实验本身也有一定的教学价值。我们希望读者从示例中悟出创造技法，且有意识地运用它开发新的物理实验，在这种学习和运用的多次循环中掌握创造技法，同时繁荣物理实验教学。则本书可谓在物理实验教学中实验素质教育的一株小小报春花。

我们这种做法本身就是一种创新，一种尝试。

因水平所限，时间仓促，存在一些问题、甚至错误，敬请读者赐教。

作 者

一九九九年元月于昆明

目 录

第 一 章	组合法	1
第 二 章	比较法	23
第 三 章	问题转换法	44
第 四 章	逆向思考法	61
第 五 章	模拟法	74
第 六 章	强化法	92
第 七 章	相似联想法	103
第 八 章	列举法	118
第 九 章	整体法	130
第 十 章	突破定势法	140
第十一章	挖掘潜力法	153
第十二章	多种技法并用 在实践中学习	172
附 录 I	曲线化直	176
附 录 II	两种简易实验数据处理方法	179
主要参考资料		182

第一章 组 合 法

◎什么是组合法

所谓组合法,是指按照一定的技术原理或功能目的,将两个或两个以上分立的技术因素通过巧妙地结合或重组,去获得具有统一整体功能的新技术的创造发明方法。

组合不是凑合,不是研究对象各构成因素的简单相加。组合是在科学分析的基础上进行的,恰当的组合就是一种创造。一个瞎子,看不见;一个瘸子,走不动。一旦房子发生火灾,谁也跑不了。可是,如果瞎子背着瘸子,他们就都“活”起来了,不仅能跑,而且比普通人还要更加“站得高、看得远”。这种组合,使得 $1+1>2$,这就是“整体大于部分之和”的哲理,量的组合,导致了质的变化。

由组合而创造的事例,在高新技术领域中比比皆是。当今的一切重大尖端技术课题,无一不是一种复杂的组合。阿波罗登月工程的总设计师韦伯说过:“我们所用的技术,都是已有的、现成的,关键是组合”。组成飞船登月舱的所有部件都是原来已有的,但造出来的登月舱却是从来没有的。发明晶体管的肖克莱也认为,所谓创造,就是把以前的独立发明组合起来。畅销世界市场的“松下”彩色电视机,其中有 300 多项技术,都是世界各国已有的,但经过组合,造出的电视机却是其他各国所没有的。富有创造性的日本技术,是三分欧洲技术和七分美国技术的组合。“组合就是创造”这是日本人提出的口号。

美国科学家雷·史密斯和佩里·基森荣获 1997 年度“世界粮食奖”,以此表彰他们在发明和推广“综合治虫法”方面取得的成就。这种方法是将生物、养殖、生态和化学等方面的治虫方法结合起来,使大范围的作物免受虫害,同时也使环境不受污染。美国采用此方法后,其粮食作物和棉花的农药用量分别减少了 50%和 7%,因少用农药可节约 10 亿美元的开支。

事实证明,组合法是最重要的创造技法之一。

有人在统计了 1900 年以来的 480 项重大成果后发现:30~40 年代是突破型成果为主,组合型成果为次;50~60 年代,两者大致相当;自 80 年代以来,则突破型成果趋于次要,而组合型成果变为主导。这说明组合已经成了主要的创造发明方式。

在具体运用时,组合法又分为成对组合、辐射组合、重组组合、内插组合、焦点组合和形态组合。在物理实验方案设计中,我们运用前三种比较多,下面分述之。

●成对组合

成对组合是将两种不同的技术因素组合在一起的发明创造方法。依组合的因素不同,可分为材料组合、技术原理组合等多种形式。

■材料组合

将两种不同性能的材料组合起来,从而获得新材料或达到某种功能目的。材料组合通常是从所需要的功能出发去考虑把哪几种不同的材料组合在一起,然后再考虑采取什么措施去克服组合中遇到的具体困难。例如,铁芯铜线就是铁和铜两种材料组成的导线,芯部为铁质,表面层为铜质。铁质机械强度高,成本低;铜质导电性能好,容易焊接,耐腐蚀,这就把二者的优点结合起来了。表面层用铜质,还基于电流的趋肤效应,即如果电流的频率很高,那么高频电流几乎只从导线的表层通过,因此,制作的导线只要表层具有良好的导电性就可以了。再如,软硬毛牙刷的发明也属于材料组合。为了使牙刷既不伤牙床又能洁齿,便将硬尼龙丝植于牙刷的中央区域,周边则植软尼龙丝。刷牙时软尼龙丝刷齿龈,硬尼龙丝把牙齿刷净。

★指导物理实验方案设计示例

例 1 双金属片

把长和宽都相同,但导热性能不同的金属片(如铜片和铁片)紧紧地铆在一起,就制成了双金属片。当其被加热时,它就向线膨胀系数较小的金属片那边弯曲。不同温度下,它弯曲的程度不同。将它作为一个温控元件接入电路中,可组成自动控制电路,广泛用于日光灯启辉器、恒温箱、电饭煲等电器中。

例 2 热辐射轮

取边长 1 厘米的正方形铝铂,其一面抛光,另一面贴上黑纸,组合成翼片,固定在细钢丝末端,构成的辐射轮顶在针尖上,如图 1.1 所示。为避免气流影响,可外加一钟罩。当光线照射时,翼片黑面吸收热辐射的本领大于光洁面,故而黑面附近空气分子的动量大于光洁面附近空气分子的动量,辐射轮向光洁面方向迅速转动。

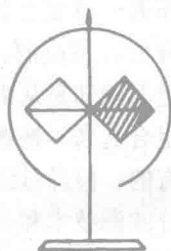


图 1.1

例 3 热电偶湿度计

用铜丝、铁丝各一根,这两种不同材料的接合端可作为热端,每根线的另一端接在灵敏电流计的两个接线柱上,作为冷端。热端与温度较室温高的待测物体接触,冷端就是室温温度,定标后,就制成了一个简单的热电偶温度计。

例 4 增透膜

把两种具有不同折射率的光学材料组合在一起,可以减少反射光,增强透射光。如在玻璃表面上镀上一层一定厚度的氟化镁薄膜,它的折射率比玻璃的折射率小,而比空气的折射率大,就可以起到这样的作用。这就是光学仪器(照相机、望远镜等)镜头表面常见的增透膜。

例 5 P-N 结

把 P 型半导体(空穴导电为主)和 N 型半导体(以电子导电为主)组合在一起,就构成了 P-N 结,由于 P-N 结的特殊性质,它成了半导体器件的基础、二极管、三极管直到大规模集成电路都是在这个基础上发展起来的。

上面这些例子是从成对组合材料的热学、电学、光学性质考虑的,这些不同性能材料

组合的结果,产生了新的功能和新的材料,达到了创新的目的。读者可否从力学性质或综合以上诸种性质的角度,运用成对组合材料的技法,提出几种实验设计方案。

这里谈材料组合,其实,我们不必把思路仅仅局限在材料中,也可以扩张到某种成品和某种物理现象的组合。譬如演示衍射图样,光盘(CD或VCD)无需做任何加工就具有反射光栅的功能。用激光束照射后,在屏上就可以观察到经光盘(反射光栅)反射后形成的衍射图样。这项演示功能是光盘和激光组合的结果。

■技术原理组合

技术原理组合是将两种不同的技术原理组合起来,形成新的技术原理导致新的功能。法国科学家发明的一种清除肾结石的方法就是一个例子。一个技术原理是“电力液压效应”:水中两个电极高压放电时,产生巨大冲击力,能把坚硬的宝石击碎。另一技术原理是“椭球面反射机械波聚焦”:椭球面一个焦点上的波源发出的机械波,经反射后会在另一个焦点会聚。设计一个温水槽,让患者躺在水槽中,使肾结石位于椭球面的一个焦点上,电极置于另一个焦点上,约一分钟的持续放电,冲击波就把大部分结石粉碎了。这就是两种技术原理组合实现的新功能。再如,英国的豪斯菲尔德,尽管在学历上不是医学或其它自然科学的博士,却巧妙地把已有的X射线照相原理与计算机图像处理功能组合在一起,发明了“CT扫描仪”。这一仪器在诊断脑内疾病和体内癌变方面具有无可比拟的优越性,从而使医学界一向梦寐以求的理想成为现实,因而被誉为本世纪医学界最重大的发明之一,豪斯菲尔德本人也因此而获1979年诺贝尔生理学医学奖。

把这种技法运用于指导物理实验方案设计,我们是把两种不同的运动形式叠加起来,以获得新颖的、有一定教学价值的结果,可以称为“运动叠加法”或“运动合成法”。

★指导物理实验方案设计示例

例1 摆的振动图像

图1.2(a)中的砂迹是单摆的简谐振动和记录纸匀速运动的合运动的轨迹,把它置于振幅(x)—位移(s)坐标系中,情形如图1.2(b)所示。记录纸移动相邻“峰”间距离 OC 所花的时间就是单摆振动的周期 T ,而

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

所以记录纸匀速运动的速度

$$v = \frac{OC}{T} = \frac{OC}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$$

式中 l 是单摆的摆长, g 是重力加速度。

我们能求得这个速度,得益于两种不同运动的叠加(合成):一是具有等时性的单摆振动,二是被研究对象(记录纸)的匀速运动。

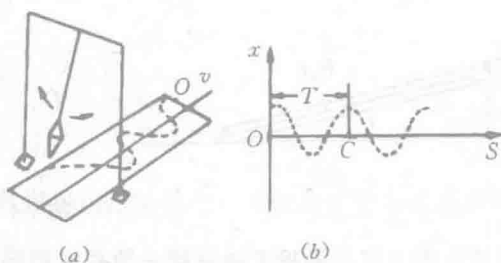


图 1.2

我们进一步实验：如果记录纸作匀加速运动，那么它与单摆的简谐振动合成后获得的曲线如图 1.3 所示。这时

$$OE = \frac{1}{2} a (3T)^2$$

式中 a 是记录纸运动的加速度，于是

$$a = \frac{2 \cdot OE}{9T^2}$$

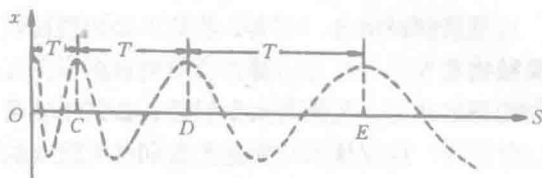


图 1.3

单摆的简谐振动与记录纸的匀加速运动叠加，使我们可求记录纸的加速度。

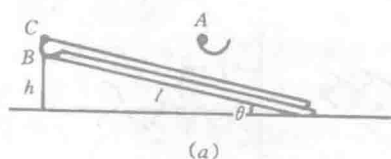
由上可见，合运动轨迹记录了物体运动的时、空信息。通过对这些信息的分析，便可求得物体运动的速度或加速度。能取得这种成功的关键是将具有等时性的运动与被研究的运动叠加，前者作为“时钟源”给后者打上了“时标”。图 1.3 中的点 O 、 C 、 D 、 E 、… 相当于作匀加速运动的小车的电磁打点记录纸带上的点子。沿着这条思路，我们不难设计一个极简单的装置验证牛顿第二定律。

例 2 用斜槽滚球验证牛顿第二定律

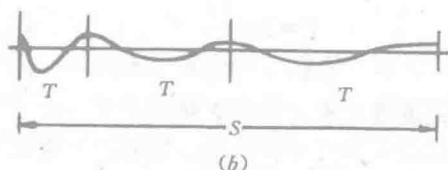
参看图 1.4 (a)。斜槽是一个截面为半圆的圆柱面，在其内壁贴一张记录纸，当涂有印色油的小钢球从斜槽顶端的 B 点（顶端半圆弧中最低的一点）滚下时，小球作匀加速直线运动，纸上留下的轨迹为一条直线，它反映了小球的位移（空间信息）。怎样给这条直线打上“时标”（时间信息）以求小球加速度呢？上例启发我们，应设法在匀加速运动上叠加一个等周期振动。

当此圆柱面水平放置时，沿边缘任一点（如图 1.4 (a) 中的 A 点）释放小球，那么它将在圆弧内往复振动，而且是等周期的。振动周期可用停表测出。

今把圆柱面槽倾斜放置，小球从图 1.4 (a) 中的 C 点释放，那么小球将同时参与匀加速直线运动和等周期振动，合运动轨迹如图 1.4 (b) 所示，它与图 1.3 雷同，可用上例的方法分析它，求出小球加速度 a ，再用天平测得小球的质量为 m ，由倾角 θ 算出重力沿斜面的分力 F 。这样就可以直接验证牛顿第二定律了。



(a)



(b)

图 1.4

读者可想一想在斜槽末端再接一段截面相同的水平槽，是否可验证能量守恒定律和动能定理？

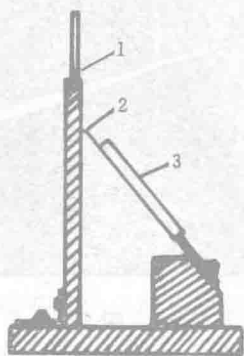
有人用滑块驮着一个会甩墨线的微型电机（转速恒定），当其从倾斜放置的气轨上滑下时，记录纸带上留下一系列间隙越来越大的平行线段（它们与运动方向垂直）。相邻平行线间对应的时间间隔就等于微型电机转动周期。由此可求滑块加速度，进而验证牛顿第

二定律。其设计思想同此例是一样的，只是实施手段不同而已。

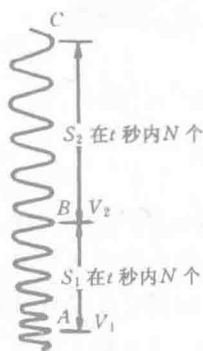
在这个例子中，是通过分析记录纸上等周期振动及运动物体的位移，来求加速度。但在某种场合是通过位移和加速度来求周期（频率），然而匀加速运动和等周期振动叠加的思想不变。请看下例。

例3 用落板法测定音叉的频率

图 1.5 (a) 中，1——烟熏黑的玻璃板，可在竖直槽内自由下落；2——固定在音叉末端的钢丝针，与玻璃板表面接触；3——音叉，最好是电振的。音叉振动后，释放玻璃板，钢丝针在玻璃上画出的轨迹如图 1.5 (b) 所示，它是音叉的等周期振动与玻璃板的匀加速运动（其加速度即为重力加速度 g ）合成的结果，其图形与图 1.3 雷同，分析方法也类似。



(a)



(b)

图 1.5

在图 1.5 (b) 中，适当选定三个波峰的位置 A 、 B 、 C ，使它们之间的波数 N 相同。设 $AB=S_1$ ， $BC=S_2$ ，玻璃板过 A 、 B 点的速度分别为 v_1 和 v_2 ，玻璃板自由下落时，形成 N 个波形所用的时间为 t ，则

$$S_1 = v_1 t + \frac{1}{2} g t^2 \quad (1)$$

$$S_2 = v_2 t + \frac{1}{2} g t^2 = (v_1 + g t) \cdot t + \frac{1}{2} g t^2 \quad (2)$$

(2) 式减去 (1) 式，有

$$t = \sqrt{\frac{S_2 - S_1}{g}}$$

可得振动的频率

$$f = \frac{N}{t} = N \cdot \sqrt{\frac{g}{S_2 - S_1}}$$

式中 S_1 、 S_2 可由读数显微镜测出。

将等周期运动作为“时标”打在物体直线运动的轨迹上，不仅用于教学实验的设计，也可用在科学研究上。下面就是这样一个例子。

例4 流星持续发光时间的测量

1998 年 11 月，爆发狮子座流星雨。观测流星雨时，怎样测定某一流星在大气层中持续发光的时间呢？用转速均匀的马达带动一块螺旋桨一样的遮光板，周期性地遮挡照相机镜头，使拍摄得的流星亮轨迹不连续（见图 1.6），相邻间断点的时间间隔为 $1/f$ （ f 是遮光

板每秒内遮挡镜头的次数), 设摄得某一流星发光径迹中间断点数为 N , 则 N/f 就是这颗流星发光的持续时间。图 1.6 是利用每秒 50 次的旋转快门拍摄的狮子座流星雨。

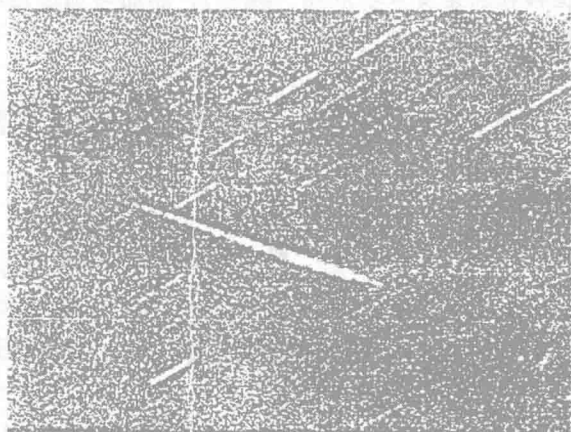


图 1.6

移植这一思想, 把等周期 (频率已知) 的脉动直流电作为时标 “注入” 运动小车的轨迹中——热敏纸或淀粉显影法——轨迹在相等时间间隔 $1/f$ (秒) 中断一次, 由此可测得小车的速度 v 、加速度 a ; 或反过来, 测出 v 、 a , 确定 f 。参看本书 “挖掘潜力法” 一章中的示例 “高压感应圈功能扩张与放电火花记录”。

如果只是为了研究两种不同形式的运动合成后产生的新运动的轨迹, 而不涉及时间因素, 那么分运动中就无需有等周期运动。紧密结合运动合成的教学内容, 下面有一个很好的例子。

例 5 用 “跳环” 发射车演示斜抛运动的合成

参看图 1.7, 小车于斜面顶端的 C 点释放后, 在板 AB 上做匀速直线运动。如果当小车经过 A 点时, 利用电磁作用原理竖直向上发射一铝环, 那么它同时参与了水平方向的匀速直线运动和竖直方向的匀变速直线运动。由于这两个运动的合成, 地面观察者将看到铝环的运动轨迹是一条抛物线。铝环水平运动的速度等于小车水平运动的速度, 所以在 A 点发射的铝环, 在 B 点又降落到小车上。这一方面演示了抛体运动是由哪两个分运动合成的, 另一方面演示了各分运动是彼此独立的——运动独立性原理。

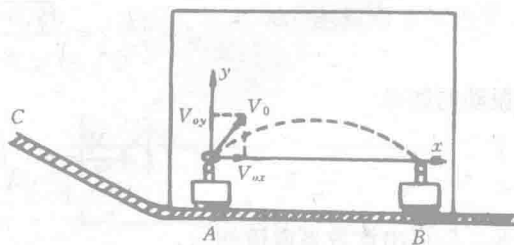


图 1.7

所谓的 “跳环” 发射车就是力学小车上安装一具 “跳环” 演示器, 如图 1.8 (a) 所示。这种装置的线圈是 “J2425 型变压器原理说明器” 的初级线圈 (1600 匝), 铁芯是该说明器的 “一” 形铁芯, 将它直插入线圈中, 顶端放置 “极掌” (该说明器的一个配件)。铝环

套在铁芯上。为了使竖直发射到空中的铝环始终保持环面水平，可将铝环套在带有翼片的圆纸筒下边缘，见图 1.8 (b)。当小车越过 A 点时，与安装在该点的电刷一擦而过，线圈瞬间通电，由于电磁感应，铝环将保持环面水平，竖直向上飞出，实现电磁发射。

电磁发射小车的总质量远大于铝环，故铝环脱离小车后，小车在 A、B 间的速度没有明显变化。另外，铝环的内径略大于车上铁芯正方形截面的对角线，极掌顶端又呈尖状，实验表明，在正常情况下，落下的铝环都会重新套住极掌的。

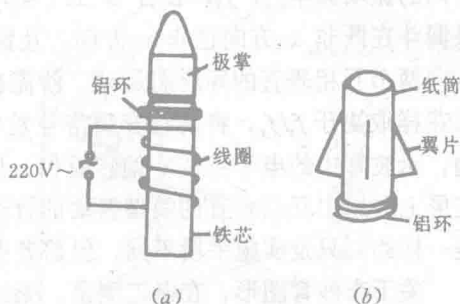


图 1.8

如果我们把等周期运动记为 A，一般运动（匀速直线运动和匀加速直线运动）记为 B，那么例 1、例 2、例 3 和例 4 属于 A+B 类型，例 5 则属于 B+B 类型。A 和 B 应有三种可能的组合。我们容易想到，A+A 是否能开发出一些有教学价值的实验呢？这里又分两种情况： $A \parallel A$ ，即两个等周期运动在同一方向上，参看下面的例 6； $A \perp A$ ，即两个等周期运动互相垂直，参看下面例 7。

例 6 用“双摆”观察“拍”现象

参看图 1.9，取大球的质量比砂摆质量大得多，大球在摆线上连结点的位置可以调节。当 l_1 和 l_2 差异不大时，使大球偏离平衡位置（小于 5° ）。释放后，大球对地面参考系（大球的悬点）做等周期运动，砂摆对大球（砂摆的悬点）也做等周期运动，于是砂摆对地面参考系的运动轨迹是这两个同方向周期运动的合运动的轨迹，它显示了“拍”现象，拍频为 $|f_1 - f_2|$ 。 f_1 、 f_2 分别表示大球和砂摆的振动频率，它们分别取决于 l_1 和 l_2 。

轨迹记录手段可用黑迹法，也可用驻极体潜像法。此时，砂摆作相应更换。

例 7 用沙摆绘出李沙育曲线

如图 1.10 所示，y 轴垂直于纸面向内，x 轴向右。沙摆在 x 方向作等周期运动时，摆

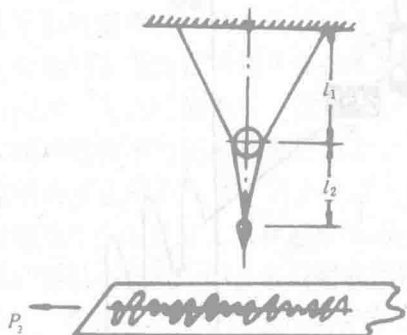


图 1.9

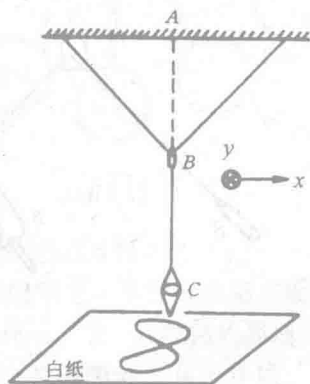


图 1.10

长为 BC ；沙摆在 y 方向作等周期运动时，摆长为 AC 。它们分别决定着沙摆在 x 方向和 y 方向的振动频率 f_x 、 f_y 。套管 B 上下移动，可改变比值 AC/BC ，从而改变频率比 f_y/f_x 。如果漏斗在既非 x 方向也非 y 方向、且偏离平衡位置不大处释放，那么它将同时参与 x 、 y 方向两个互相垂直的等周期运动，沙流在纸板 M 上绘出合运动的轨迹——李沙育曲线，其花样取决于 f_y/f_x 。将两台音频信号发生器输出的正弦电压信号分别输入示波器的 y 、 x 端，示波管中的电子束在 y 偏转板和 x 偏转板正弦电压（代替简谐振动）的共同作用下，在屏上显示出互相垂直的简谐振动的合运动的轨迹——李沙育曲线。这同沙摆的设计思想是一样的，只是实施手段不同，但前者更直观，教学效果更好。

关于李沙育图形，在电工测量、无线电技术和光学中都有广泛的应用。

在这个传统的简单实验启发下，我们设计了下面的实验。

例 8 观察音叉的振动

在图 1.11 中， A 是固定反射镜； B 是音叉； C 是粘在叉股上的反射镜； D 是固定悬丝的塑料小瓶，它是一个双线摆的“摆锤”； E 是粘在悬丝上的反射镜，启动后，可以悬丝为轴往复转动； F 是限幅器，一块中央有矩形孔的纸板，光束振幅过大时将被挡住。 G 为教室墙壁。将一束平行光（太阳光、激光或平行光管射出的一般白炽灯光）投射在 A 上，音叉振动时， C 在竖直方向上俯仰振动，于是反射光束在 E 的表面上下移动，即在竖直方向作周期振动。若使 C 、 E 的距离足够远，那么这种振动就被放大到需要的程度。为了使这种纵向振动在横向展布开来，只要使 E 在水平方向作简谐振动（ D 不摆动），它反射的光束就横向扫描，而且由于 E 离 G 足够远，横向扫描的幅度就很大。这样 G 上就出现反映音叉振动的稳定曲线。 E 的作用就如同示波器的水平扫描， C 反射的光束作为被检信号在纵向振动。实际上，图 1.11 所示的装置就是一台“超级示波器”——目前的示波器屏幕哪有教室墙壁那么大呢！由于横向展布开来的振动曲线左右边缘部分有畸变，需要 F “截除”。

实验表明， G 上显示的曲线是正弦曲线，所以音叉的振动是简谐振动。

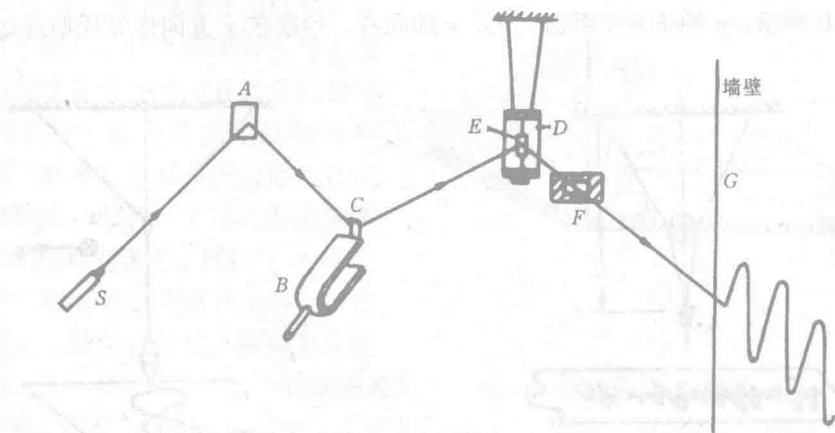


图 1.11

为了使波形稳定,必须调节 E 的振动周期(改变悬丝的张紧程度),使它为音叉振动周期的整数倍。 E 的振动是通过吹气来实现的。

这个设计方案的实质是使光束同时参与竖直方向和水平方向的等周期运动。 G 上曲线是这两个分运动合成的结果。

沿着这条思路,读者可进一步设想:只留图 1.11 中的 E 、 D 和 G ,让一束光线斜射在 E 上,同时让 D 摆动,那么 G 应出现李沙育曲线,情况如图 1.12。

实验证明,确实如此。

●辐射组合

辐射组合是以一种令人感兴趣的技术为中心,同多方面的传统技术结合起来,形成技术辐射,从而实现多种技术创新的发明创造方法。

一项新技术或某种机(仪)器诞生后,人们总是千方百计地把它迅速应用到各个传统领域,去推动传统技术的创新。电力技术、激光技术、蒸汽机、内燃机、电动机、计算机等都出现过这种情况。这是新技术推广的一种普遍规律。我们以超声波技术为例,具体说明辐射组合的形式。如图 1.13 所示,首先在中心圈内填上超声波技术,然后在四周的小圈里填写各种各样的传统技术,接着就可以逐一分析超声波技术能与哪些传统技术组合成新技术。当然,在分析中我们会发现许多组合已经被实现了,我们的目标只是在未曾组合的领域探讨开发新技术的可能性和途径。最近有人关于防盗报警器的发明就是将超声波技术做辐射组合的又一个成功的例子。超声波报警器是将超声波技术与防盗报警器组合,在一定范围内形成超声波场,当小偷进入警戒区域移动什么东西时,原有超声波场受到干扰破坏,就会引起报警。

我们再以小电机为例,来说明应用辐射组合开发创新的情况。早在法拉第发现电磁感应现象时,英国女王曾经在法拉第作实验表演时问他这有什么用途,法拉第风趣地回答说:“一个初生的婴儿会有什么用处呢!”可是,人们当时完全没有想到,几十年后,正是由这一发现促发的电力工业革命却铺天盖地而来,席卷了全世界。不过,电机的应用当时还

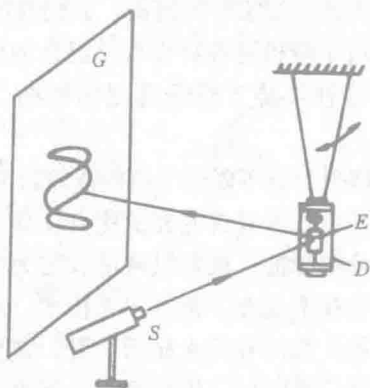


图 1.12

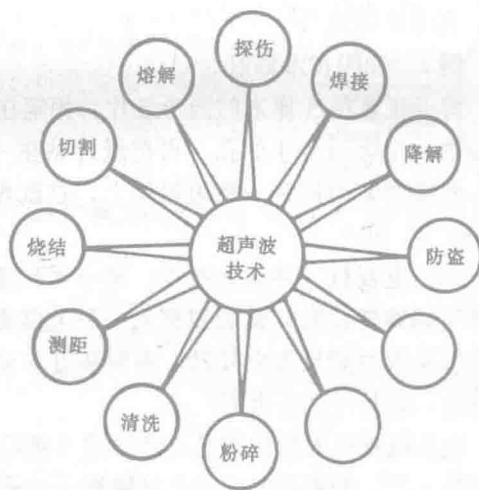


图 1.13

主要是为大工业提供动力，人们很少想到把它应用到日用品上。今天，随着科学技术的进步，人民生活水平的提高，人们的消费心理也在发生变化，使用高档消费品的趋势有增无减。由小电机同各种日用品组合的创新正是在这种形势下纷纷涌现出来的，见图 1.14。

辐射组合不限于全新的或较新的技术，只要某项技术具有明显的优点，具有人们所喜爱的特征，就可以考虑以它为中心去同其它技术组合。例如闪光技术，现代电子仪器大都伴有闪光显示装置，常见的如录音机、复印机、仪表等。闪光给人一种时代感，因此人们纷纷努力把闪光装置用于各种用品中，如玩具枪、玩具飞机、汽车牌照等，甚至童鞋上都有闪光灯！

辐射组合主要运用的是发散思维，是在解决问题的过程中，从已有的信息出发，不受限制地向四周扩展，如同车轮的辐条一样，以轴为中心辐射开去。

★指导物理实验方案设计示例

例 1 频闪技术辐射

剪一张直径 5 厘米的圆形纸片，用笔在纸片上沿径向画线，将圆分为十六等分，在圆心处挖一个适当大小的孔，再把纸片贴在一个铜钱（或铁片）上，然后紧紧地嵌在一截短铅笔上，这就做成了一个陀螺（图 1.15）。

打开电视机，并调大亮度，调小对比度，在屏幕前的桌面上将陀螺旋转起来，就能观察到一种非常奇怪的现象：纸片上所画辐条有时朝反方向转动，有时停止不动，有时又缓慢地向前转动。这是什么原因呢？

原来电视机发出的光是不连续的（频闪光），每隔一定的时间闪亮一次，如果这时陀螺正好转过十六分之一圆周或者它的整数倍，陀螺上辐条的位置几乎没有改变，于是看起来陀螺就象静止的一样；如果此时陀螺所转过的角度比十六分之一圆周或其整数倍略多，则见陀螺缓慢地向前转动；如果是略少，则见陀螺向相反方向转动。利用这一原理，只要闪光频率调节得合适，那么尽管陀螺在快速旋转，我们却看到它仿佛静止一般，或者只以极缓慢的速度转动着。

明白了上述道理，我们不难理解，因为电视机闪光频率为 50 次/秒，如果陀螺上只画一条直线（半径），它在亮着的电视机屏幕前旋转，若观察到一条不动的半径时，陀螺的转动频率至少是 50 转/秒，若是出现两条半径、四条半径时，陀螺的转动频率最低是 100



图 1.14

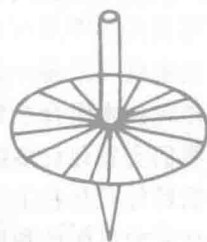


图 1.15

转/秒、200 转/秒。

由上述频闪观察可见，频闪可以使某些周期性变化的现象稳定下来或慢下来，也就是“化动为静”或“变快动为慢动”。我们能不能把它作为一种技术来考虑，进行辐射组合呢？

作为频闪技术辐射应用，首先要有各种频闪光源。日光灯、电视机、电影机都可作为频闪光源，但是它们的闪光频率都是确定不变的，观察起来有时尚感不便。为此，我们可自制一个频率可调的频闪光源。找一个小的直流电动机（玩具商店可以买到），设法在它的转轴上固定硬纸圆盘，盘的直径约为 20 厘米～30 厘米。在盘面上沿不同的半径方向对称地挖出 2～3 个窗口（图 1.16），窗口宽度约为 1 厘米。电动机经一个 10 欧姆的可变电阻连接至电池上，改变电阻可以调节电动机的转速。将普通白炽灯发出的光会聚以后（如幻灯机射出的光）射向圆盘的一个窗口，或者将灯光经光阑遮光后投射至窗口，开动电动机使圆盘旋转，则透过窗口射出的就是一种频闪光，如果用它来进行前述频闪观察时，从观察效果来看，影像清晰得多。



图 1.16

1. 频闪技术与“横波演示”的组合

如图 1.17 所示，用电磁打点计时器（虚线框）策动竖直悬挂的橡皮绳产生横波。绳上等间隔分布的玻璃珠（或螺丝帽）是为了增大线密度以减小波速的。绳子尽可能长一些，下端垂下正好与地面接触。把音频信号电流放大后驱动打点计时器，用频率可调频闪光源观察。适当调节音频信号频率或闪光频率，可观察到横波波形静止，或缓缓上移，或缓缓下移。



图 1.17

2. 频闪技术与“波的干涉演示”的组合

用闪光频率可调的频闪光源，可观察到两个振子激发的水面波干涉的静止图样。

3. 频闪技术与“向心力演示”的组合

演示圆周运动中的向心力，可用电动转盘带动图 1.18 的装置。但在转动过程中，不易看清不同半径处的小球偏离平衡位置的幅度。若闪光频率调整适当，小球“静止”，偏离幅度就看得很清楚了。

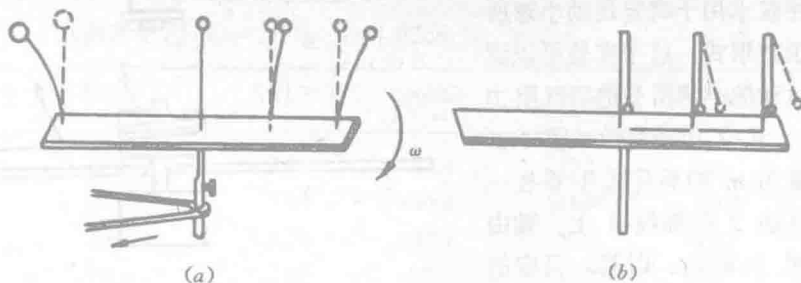


图 1.18

4. 频闪技术与“自由落体演示”的组合

在书写投影仪上加一旋转光阑，即形成频闪光源。若把依次均匀下落的液滴投影到银幕上，只要调整到闪光频率与滴水频率相同或成倍数关系时，在银幕上就可以看到稳定的若干水滴的影子，由此可以说明自由落体运动是初速度为零的匀加速运动。实验装置如图 1.19 所示，其中旋转光阑是由 500 转/分的微型电动机带动的，滴水装置为一简易的恒压源，内装粘度较大的墨汁或机油，由两个阀门控制液滴流出的时间间隔，一是粗调，一是微调，当液滴频率与闪光频率不同步时，投影的影像将不稳定或者上移或者下移，直至达到同步时影像才能稳定下来成为“定像”。

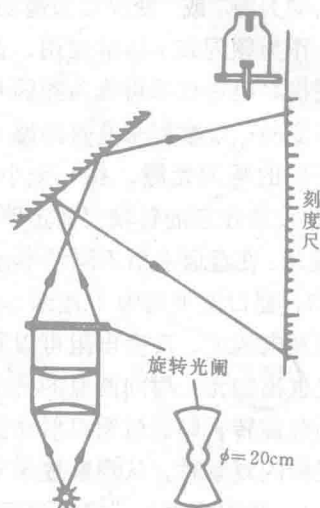


图 1.19

一般说来，只要是周期性变化的物理现象，都可以考虑一下，是否可用频闪技术使它静止或变慢，以便于教学或研究。除上面谈到的，还可以使（横、纵）驻波“静止”。在图 1.17 所示的装置中，用细线悬挂一个 50 克~100 克重的小球代替橡皮绳，由于小球的反射作用，细线上会形成横驻波。读者可用频闪技术使它“静止”。

上述用频闪技术观察的实验都要在光线较暗的地方进行。

以上几个例子的思路是把周期性变化的现象“冻结”。那么，反过来，如果读者已经看到了频闪光下某种现象是“静止”的，当然这种现象就应该是周期性变化的，你能否由此想出一种判定物体作匀速直线运动的办法吗？

另外，了解频闪技术后，你能否想出一个测定转速的办法？

5. 频闪技术与照相技术的组合

这两种技术组合起来，成为频闪照相技术，再辐射到某些实验中，那么就不限于演示实验的设计了，通过对照片的分析，还可以定量测定某个物理量。对实验设计者来说，这也是一个可以大有作为的广阔领域，下面的例子或许会启发读者这方面的思路。

频闪照相技术用于确定运动小球所受空气阻力函数形式。这个实验可以证明在空气中运动的小球所受的空气阻力 $R(v) \approx Bv^2$ ，其中 B 是常数。图 1.20 中，一个质量为 m 的乒乓球 1 系在一根绕于一圆柱轴 2 的细线 4 上，轴由一可变速电机 3 驱动，以某一恒定的角速度 (ω) 转动。当小球达到一稳

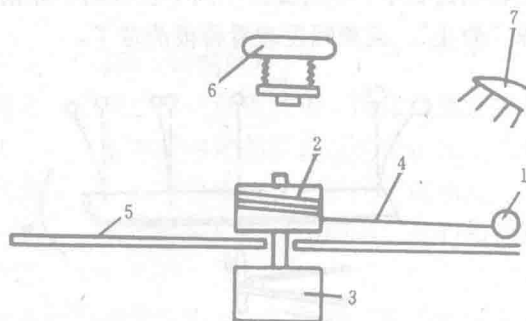


图 1.20