

《驻波》

实验装置描写，实验现象及原理（用理论分析），思考题回答

1.演示实验课中哪些实验与驻波有关？简单论述

2.物理演示课有何收获？演示课有哪些不足以待改进？（不少于 500 字）

演示实验课中有许多实验与驻波有关，如昆特管，弹簧纵驻波演示，环形金属线上的驻波展示，带频闪的简易弦线驻波演示，鱼洗盆，克拉尼图形演示等。

液体驻波演示仪——昆特管

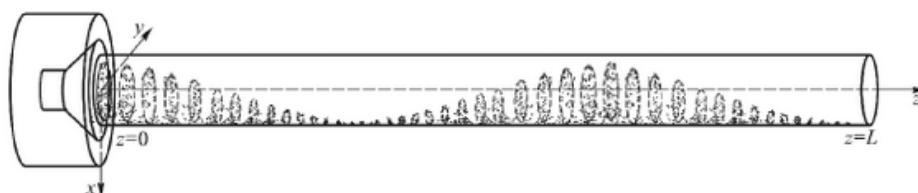


图1 昆特管实验装置主体及实验现象简图

昆特管，是指 1866 年德国科学家昆特(A.Kundt, 1839—1894)用有机玻璃管做实验的仪器。它采用有机玻璃管，坚固耐用。由功率信号发生器驱动[扬声器](#)，驱动信号频率和输出电压均由四位[数码管](#)显示，可多次重复实验，观察实验现象。

实验原理：在本实验中，有扬声器发出的入射声波在管内的另一端发生反射，于是入射波与反射波在管内干涉形成驻波。驻波的振动将激发液体的振动，实验中可观察到管内某些位置上出现环形飞溅的液体浪花。此处液体振动最激烈，这就是波腹；另一些位置上液体几乎不动，此处液体振幅为零，这就是波节。由驻波的特点可知，相邻两波腹(或两波节)间距离为 $1/2$ 波长。

弹簧纵驻波演示

将弹簧垂直悬挂，并放在有白墙作衬底的环境下；打开电源，适当增大电压（电压不宜太高）使弹簧发生振动；缓慢调节频率，就可以空间弹簧上呈现明显的波腹和波结，即形成纵驻波；此时再适当增大电压，现象更为显著；缓慢改变频率，直到再次出现明显的波腹和波结；如果频率增高波长将变短，频率降低则波长变长；

原理：弹簧上的纵波在对应的固定端被反射，如满足一定的频率条件，反射波与入射波叠加形成驻波。本实验观察到的是纵驻波，波节处弹簧保持不动，波腹处沿弹簧方向有最大的振幅。

环形金属线上的驻波展示

驻波是由振幅相同的相干波在同一线路上沿相反方向传播时叠加而成。实验装置如下：

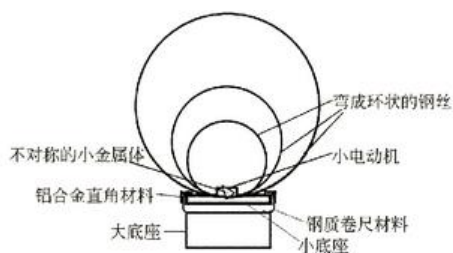


图1 实验装置

实验原理:利用固定在小底座上的电动机的偏心轮的转动,引起小底座振动,使得固定在小底座上的钢丝两端随之振动;当调节电压使电动机的偏心轮转动频率达到某一合适的值时,恰好与3根钢丝中的1条钢丝固有频率相接近,就会引起该钢丝两端的共振;由于对称性,钢丝两端的振动几乎相同,在发生共振时钢丝两端的明显振动分别朝着相对的方向沿着环状的钢丝传播,形成2列满足驻波条件的波,它们相遇时形成驻波。

鱼洗

【实验装置】

实验装置如图所示



向鱼洗内注入半盆水,操作者手掌蘸少许水,将两手掌放在鱼洗的两个提把上,轻柔均匀地用手掌在提把上来回搓动;当听到鱼洗盆嗡嗡振动起来时,便有水花从水面上喷射出来。

【实验原理】

古代脸盆称“洗”,盆的底部刻有鱼纹路的为“鱼洗”,龙纹的称“龙纹”。这种器物在先秦时期已被普遍使用,大约在唐代出现了能喷水的铜质鱼洗。

用手摩擦“洗耳”时,“鱼洗”会随着摩擦的频率产生振动。当摩擦力引起的振动频率和“鱼洗”壁振动的固有频率相等或接近时,“鱼洗”壁产生共振,振动幅度急剧增大。但由于“鱼洗”盆底的限制,使它所产生的波动不能向外传播,于是在“鱼洗”壁上入射波与反射波相互叠加而形成驻波。驻波中振幅最大的点称波腹,最小的点称波节。用手摩擦一个圆盆形的物体,最容易产生一个数值较低的共振频率,也就是由四个波腹和四个波节组成的振动形态,“鱼洗壁”上振幅最大处会立即激荡水面,将附近的水激出而形成水花。当四个波腹同时作用时,就会出现水花四溅。有意识地在“鱼洗壁”上的四个振幅最大处铸上四条鱼,水花就像从鱼口里喷出的一样。

喷水鱼洗是我国古代人民的智慧结晶之一。从振动与波的角度来分析是由于双手来回摩擦铜耳时,形成铜盆的自激振荡,这种振动在水面上传播,并与盆壁反射回来的反射波叠加形成二维驻波。理论分析和实验都表明这种二维驻波的波形与盆底大小、盆口的喇叭形状等边界条件有关。我国汉代已有鱼洗,并把鱼嘴设计在水柱喷涌处,说明我国古代对振动与波动的知识已有相当的掌握。

在实验室里看到有的同学能摩擦激起特别高的水花,铜盆的共振现象也特别明显,发出的声音特别大。当自己动手实际操作时,发现这并不是一个特别容易的事情,一开始不论怎么摩擦都无法激起水花,后来实验了好多次以后,才发现激起水花的小窍门,手与铜质提手的接触面积越大,压力越大,效果越好!当手感受到与提手的摩擦越大时能激起的水花最大!做本实验一定要有耐心,水花的喷射基本与人手摩擦提把的频率无关,故不能着急。

学校开设的大学物理演示实验,并没有采用从理论到理论、照本宣科、生搬硬套的方法进行,相反,李老师作为讲台老师在上课时,风趣幽默,巧妙设疑,提问时逐步深入、

因势利导，使得课堂丰富有趣，促使我们主动积极学习。

在本学期的物理演示实验课上，老师向我们展示了一系列新奇的仪器和实验现象，例如鱼洗盆，千里传音，干涉现象等，我认真观看了每一个演示实验，并亲自动手操作了部分实验。在每个实验演示完成后，老师细心负责、有启发性的为我们讲解每一个奇特的实验现象背后的实验原理，让我们了解了原来每一个看似不正常的现象都能用自然科学知识来解答，同时也让我们与课堂理论知识相结合，更加直观的看见了各个理论现象。

经过本学期两次的物理演示实验，让我收获了很多书本上学习不到的知识，也加深了我对一些物理现象的理解。另外，演示实验课也让我明白了物理并不是枯燥的公式和难解地计算，它就存在于我们生活中的点点滴滴。同时，通过这次物理演示实验，我更加深刻的认识到物理世界奇妙，并且，在实验中我看到很多在实际生活中被使用的原理性试验，这些实验或许耗费了历代科学家们无数的事件和精力，正是由于他们的努力才有了我们今天看到的精彩纷呈的一切和我们生活的这个绚丽多姿的世界。所以，作为大学生的我们也应该，珍惜时间，珍惜来之不易的学习机会，努力培养自己的素质和修养，认真学习自己专业的理论知识，掌握好过硬的专业知识和技能，用专业知识服务社会。

带频闪的简易弦线驻波演示

共振锯条

几根锯条，从长到短固定在一根横梁上，调节横梁振动频率，各锯条会随之振动。实验步骤：打开电源开关。慢慢调节输出频率，使电机转速逐渐增快

形成驻波时，钢片上端为驻波端头，是钢片振幅最大处，即波腹，本实验的钢片上端为自由端故振幅最大

原理及现象：该仪器利用长短不同的弹性钢片在周期性外力作用下作强迫振动，当弹性片的固有频率与强迫外力的频率相同时产生共振现象。调节频率，将在弹性片中可形成驻波。操作方法：

将仪器放置水平桌面上，接通电源，仔细调节电源电压，使电机转速逐渐增快，可观察到弹性钢片从长到短逐个振动，当调节到一定频率时，在较长的钢片中可形成驻波。

弦驻波

【实验目的】

演示典型的横波驻波。

【实验装置】

实验装置如图所示

【注意事项】

【演示与现象】

先将信号源控制振幅电压输出调至最低，打开电源；适当增大电压至弦平稳振动，然后调节频率旋钮，直到出现弦驻波；改变频率，观察不同的弦驻波（注意波腹与波节数目）。

【实验原理】

由电振荡器产生振动信号，输出到振荡源，振荡源由喇叭改制而成，并连接一振动杆，振动源带动振动杆做上下振动，振动杆的振动频率和幅度可由相关旋钮进行调节。振动杆带动固定在杆上的弦线振动，以横波的形式传播，横波传到弦线的另一端时，遇到固定点反射，反射波与入射波相遇叠加，调节弦线振动频率，改变波长，当弦线长度等于半波长整数倍时，形成稳定驻波。

振幅为零的点称为波节，振幅最大处称为波腹。波节两侧的振动相位相反。相邻两波节或波腹间的距离都是半个波长。在行波中能量随波的传播而不断向前传递，其平均能流密度不为零；但驻波的平均能流密度等于零，能量只能在波节与波腹间来回运行。由于节点静止不动，所以波形没有传播。能量以动能和势能的形式交换储存，故称为驻波。

【思考题】

附录：横波驻波

设沿 X 方向的入射波方程为

$$y_1 = A \cos(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} \cdot x)$$

反射波方程为

$$y_2 = A \cos(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda} \cdot x)$$

入射波与反射波叠加，在空间某点的方程为

$$y = y_1 + y_2 = (2A \cos \frac{2\pi}{\lambda} x) \cos \omega t$$

(1)

式(1)为驻波方程。

当 $\left| \cos \frac{2\pi}{\lambda} x \right| = 1$ 即: $\frac{2\pi}{\lambda} x = n\pi$ 时, 在 $x = n \frac{\lambda}{2}$, ($n=0, 1, 2, \dots$) 位置上, 振动的振幅最大, 称为波腹。

当 $\left| \cos \frac{2\pi}{\lambda} x \right| = 0$ 即: $\frac{2\pi}{\lambda} x = (2n-1) \frac{\pi}{2}$ 时, 在 $x = (2n-1) \frac{\lambda}{4}$, ($n=1, 2, \dots$) 位置上, 振动的振幅最小, 称为波节。其余各点的振幅在零和最大值之间。如图 1 所示。

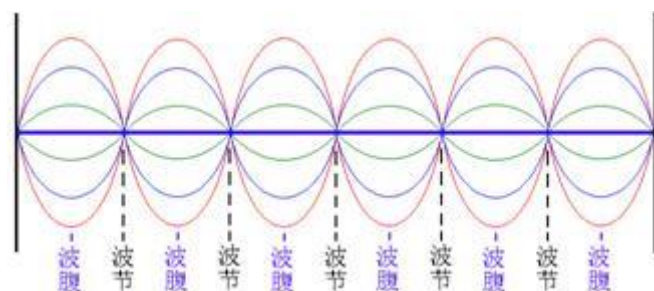


图 1. 驻波图像

由上述讨论可知: 相邻两波腹(或波节)之间的距离为 $\frac{\lambda}{2}$, 由于反射端为固定点, 波节位置, 故要形成稳定驻波, 要求弦长 L 应满足:
 $L = n\lambda/2$ ($n=1, 2, 3, \dots$) 式中 n 为半波数。

弦线中横波的传播速度为: $v = \sqrt{T/\rho}$ (2) 式中 T 为弦线中的张力, ρ 为弦线的线密度。根据 $v = f\lambda$ 得: $v = f2L/n$ (3)

由 (2) (3) 两式可得: $f = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\rho}}$ ($n=1, 2, 3, \dots$) (4)

由 (4) 式可知, 当给定 T 、 ρ 、 L , 频率 f 只有满足该式关系才能在弦线上形成驻波。当外力去驱动弦振动时, 外力的频率必须与这些频率一致, 才能促使弦振动的传播形成驻波。实验中就是通过调节驱动力的频率来观察到不同个数的驻波。

此外还可通过改变弦线拉力来改变波节波腹个数。