

PHYSICS



走进物理世界丛书



本书编写组◎编

ZOUJIN WULI SHIJIE CONGSHU

声音的传播

SHENGYIN DE CHUANBO



这是一本以物理知识为题材的科普读物，内容新颖独特、描述精彩，以图文并茂的形式展现给读者，以激发他们学习物理的兴趣和愿望。



中国出版集团
世界图书出版公司

PHYSICS



走进物理世界丛书

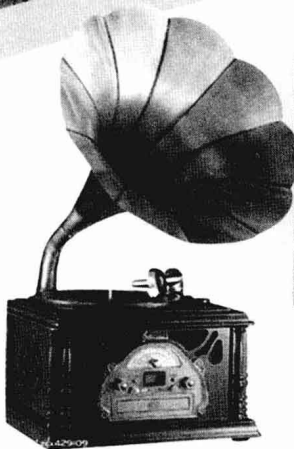


本书编写组◎编

ZOWIN WULI SHI JIE CONG SHU

声音的传播

SHENGYIN DE CHUANBO



>>> 这是一本以物理知识为形式展现给读者，以激发他们学
描述精彩，以图文并茂的
习物理的插图书，愿期



世界图书出版公司
广州·上海·西安·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

声音的传播 / 《声音的传播》编写组编著. —广州
: 广东世界图书出版公司, 2010. 2
ISBN 978 - 7 - 5100 - 1626 - 4

I. ①声… II. ①声… III. ①声学 - 青少年读物
IV. ①O42 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 024722 号

声音的传播

责任编辑: 王 琴

责任技编: 刘上锦 余坤泽

出版发行: 广东世界图书出版公司

(广州市新港西路大江冲 25 号 邮编: 510300)

电 话: (020) 84451969 84453623

http: //www. gdst. com. cn

E-mail: pub@ gdst. com. cn, edksy@ sina. com

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京燕旭开拓印务有限公司

(北京市昌平马池口镇 邮编: 102200)

版 次: 2010 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 13

书 号: ISBN 978 - 7 - 5100 - 1626 - 4/O · 0017

定 价: 25.80 元

若因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系退换。



前 言

当你随着琴声学唱歌的时候，当你坐在收音机前听广播的时候，你想过没有，有一位好朋友正在帮助你呢！这位好朋友就是声音，是优美动听的声音。

在我们的生活中，谁也离不开声音。老师用优美的语言给大家讲课，音乐家演奏出动人的乐曲陶冶人们的情操。当我们排着整齐的队伍行军的时候，军乐声能给我们增添勇气和力量。

风声、雨声、雷声、流水声向我们描绘出大自然的千变万化，机器的轰鸣声、车辆的奔驰声、歌声、笑声、音乐声告诉我们社会主义祖国在前进。

但是，噪声却是人类的大敌，它会使人烦躁不安，甚至影响人的健康。

那么，什么是声音呢？声音是怎么产生的呢？怎么传到耳朵里的呢？为什么交响乐使人心情愉快，嘈杂声令人烦恼呢？

我们的周围充满了声音，地球是个有声音的世界。当宇航员驾驶飞船呼啸地离开地面时，震耳欲聋的响声传到了四面八方。但是，飞船一旦离开了大气层，各种声响就一下子消失了——太空是个寂静的世界。在那里点燃火箭，离火箭不远的地方却听不到一点声响。月球也是默默无声的，那里听不见鸟语蝉鸣，也没有山呼海啸，即使发生月震，离开月面也很难听到声响！

这是为什么呢？



你在夜深人静的时候，听到过屋子里有的东西不敲自响吗？自古以来，这类事件就不断发生。

我国古书《刘宾客嘉话录》里记载了这样一段故事：唐朝的时候，洛阳某寺院里的一个磬常常不敲自鸣，到夜里更响，吓得寺里的和尚生了病。后来，一个叫曹绍夔[kuì]的人用一把锉刀在磬上锉了两下，说句“善哉、善哉”，那磬就不再自鸣了。和尚问其道理，曹绍夔笑道：“此磬与钟律合，故击彼应此也。”如果用现代物理学解释，这就是共鸣现象。共鸣里边可有不少学问呢！

此外，我们往往只了解我们能够用耳朵听到的声音，却不知道还有许许多多的声音我们用耳朵是听不见的。例如，地震发生之前为什么许多其他的动物会发生异常的行为？

在这本书里，我们就一起来研究这些有趣的问题。我们将一边做些有趣的小实验，一边来研究其中的道理，再结合这些道理讲一些故事，介绍一下这些原理的用途。

让我们动手动脑学好声学吧！



目录

Contents

形形色色的声源		声的波动性	28
声音是什么	1	波的特性与各式各样的波	31
橡皮筋的“脾气”	2	声的功率	31
振动的特性	4	自制的“示波器”	33
锣鼓发声的秘密	5	走不整齐的步伐	34
敲瓷碗的启示	6	“闪光雷”的妙用	35
锯条琴	7	子弹和声音谁跑得快	36
自行车弹琴	9	出乎意料的答案	38
纸盒六弦琴	10	用声音来测定距离	39
暖水瓶唱歌	11	夜半钟声到客船	40
石头乐器	13	巨响近处有静区	43
音品或音色	14	带奥尼歇斯的耳朵	44
水的奇言妙语	17	声音的镜子	45
为什么自来水管有时会发出 隆隆响声	18	绕到“阴影”里去的声音	45
为什么小溪会潺潺地响	19	建筑和声音	47
危险的信号	20	剧场的声音	48
肌肉的秘密报告	22	为什么上海大剧院的音响 效果特别好	49
语音里的声学	23	为什么飞机超音速飞行时会 发出打雷一样的响声	50
声音在空气中的传播		为什么火车开近时汽笛声尖 锐, 开远后就变得低沉	51
葛利克的实验	26		
月宫静悄悄	27		



多普勒效应	52	耳朵与声的掩蔽	88
声音在水中的传播		双耳效应与立体声	90
“龙宫”之音	55	淘气的回声	
日内瓦湖上的实验	56	回音产生的条件	92
为什么声音在水中传播的		空谷传声	93
速度比在空气中快	57	为什么夜晚在小巷里走路时	
水上芭蕾的秘密	58	会发出回声	94
水下声道	59	“应声阿哥”	95
水 声	61	聚音伞	96
水声学原理	61	回音壁	97
换能器和声线	62	三音石和圆丘	98
鱼群探测器	64	寻求回声	100
电子扫描声呐	67	大自然的回声杰作	101
水底地形观察	68	余音绕梁与交混回响	102
水底地层内部构造的观察	69	应用回声测距离	104
远距离声呐	70	神奇的“千里眼”	105
水下通讯	72	妙趣横生的共鸣	
声音在固体物质中的传播		同情摆	108
声音的传播	74	奇 宝	109
固体传声的特点	75	断桥之谜	110
“土电报”的奥秘	76	为什么登山运动员攀登高山	
为什么耳朵贴在钢轨上可以		时不能高声喊叫	112
听见火车声	77	为什么耳朵凑近空热水瓶口	
听诊器的来历	78	能听到嗡嗡声	113
贝多芬耳聋以后	80	贝壳中的潮声	114
一敲三响	81	古老的实验室	114
声音与听觉的故事		“缸”琴	115
我们的耳朵	83	金奖小提琴	117
声波与听觉	85	助音箱	118
耳聪探微音	87	自制音箱	120



钟响磬鸣	121	可怕的噪声病	155
古琴上的实验	122	在强烈噪音作用下	156
奇妙的自鸣钟	123	杀人不见血的软刀子	158
会说话的石像	123	向噪声宣战	158
巨大的威力	124	罩住噪声	160
会“唱歌”的沙子	125	把噪声“吃掉”	161
2000 多年前的“窃听 器”	126	以声消声	162
音乐的故事		化害为利	163
声音的美和丑	128	治本的妙方	165
音乐和噪声的区别在哪里 ...	128	听不见的声音	
美妙的音乐之声	129	声波、次声波和超声波	166
音乐的构成	131	揭开蝙蝠的飞行之谜	167
音乐的魅力	132	寂静的夜晚不寂静	169
中国古老的编钟	133	海豚的超声导航	170
中国古代的乐器	135	奇妙的超声换能器	173
中国古代的乐律	136	盲人的“眼睛”	175
历史上有“焦尾琴”	138	水下侦察兵	176
他们为何长寿	139	“火眼金睛”巧破案	178
神奇的治疗	141	方兴未艾的超声成像	180
音乐胎教出颖童	142	特殊的治疗	182
科学家与音乐	143	谁说油水不相融	183
在音乐声中学习和工作	145	为什么超声波能清洗精密 零件	185
植物也“喜欢”音乐	147	海上风暴的先行兵	186
重唱的奥妙	148	大自然信息的使者	188
噪声的故事		动物异常与次声	192
令人讨厌的噪声	150	是谁泄露了核爆炸的机密 ...	194
人身边的“十面埋伏”	152	听不见的“噪声”	196
救救我们的耳朵	153	无声杀手	198



形形色色的声源

声音是什么

1

声音看不见，摸不着，是个十分奇妙的东西。正如俄国诗人涅克拉索夫所描述的那样：

谁都没有看到过它，
听呢，——每个人都听到过。
没有形体，可是它活着，
没有舌头——却会喊叫……

声音既然如此地微妙，自然引起古人对它的种种神秘的猜测。例如，古希腊学者恩培多克勒就提出过一种看法，他认为声音是一种“微妙物质”，这种物质潜藏在各种物体之中，因此平日不易发现它。可是当物体受到冲激或打击时，它就像受到惊吓一样跑了出来。它一旦跑进人的耳朵里，就会被听到，而成为我们平日所说的“声音”。恩培多克勒的这种说法，听起来似乎有些道理，然而事实却不是这样。有人曾对着一端开口的竹筒大声喊叫，然后把竹筒密封好。按照恩培多克勒的说法，这样做的结果，这个人发出来的声音“物质”就都被保存下来了。可是，当他打开密封的竹筒时，却什么也听不到。可见，恩培多克勒的说法是站不住脚的。



后来，随着人们观察的不断深入和科学实验的开展，声音的奥秘才逐渐被揭开。为了说明声音究竟是什么，让我们仔细观察和分析一下发生在我们身边的一些声音现象。

用力敲一下鼓面，它就会发出咚咚的声响。这时如果我们用手去抚摸一下鼓面，就会感觉它在上下起伏振动。等到鼓面不振动了，鼓声也就消失了。用琴弓摩擦一下琴弦，它就会发出悠扬的琴声。当我们拿一纸条跟琴弦接触时，就会发现纸条来回振动起来。等纸条不再振动了，琴声也就中止了。由此可见，声音是由物体振动产生的。

拿一根振动着的竹片不间断地敲打水面，水面就会出现一环环的波纹，不断扩大向外传播出去，这就是我们通常所说的水波。同样道理，当发声物体振动时，在它周围也会形成一层层不断向外扩展的波纹，这就是声波。如果传播中的声波进入人的耳朵里，它还会引起人耳内鼓膜的振动，于是人们就听到了声音。

原来，声音并不是什么神秘莫测的微妙物质，它只不过是振动物体发出的一种波纹——声波。

橡皮筋的“脾气”

磬发出了响声，说明它在振动，所以，要揭开声音的传播之谜，还要从振动研究起。

找一个皮筋和一把锁，把锁拴在皮筋上吊起来（比如，挂在门框上），不要让锁头和其他物体相碰。用手拉一下锁头，看！它上下振动起来了。如果你有秒表，可以测出它的频率。你会发现，不管你测多少次，它的频率总是那么多，原来每秒钟振几次，后来还是每秒钟振几次。

换上另一把锁或者改用另一根皮筋，它的振动频率就会发生变化。

如果使物体振动起来以后，不再对它施加外力，任其自然，这种振动就叫自由振动，也叫固有振动。皮筋拉着锁上下的振动就是一种自由振动；对皮筋锁振动频率的测定说明，物体在自由振动时，它的频率是一定的，这个频率就叫这个物体的固有频率。声源的振动也是如此。用



筷子敲一下玻璃杯，玻璃杯发生了自由振动，我们听到了响声，敲一下钟，打一下磬，都会引起它们的自由振动，钟声和磬声都是由自由振动发出来的。

找一个玻璃杯，用筷子敲几下。听！它每次的声调都是一样的。给玻璃杯里装上水，再敲的时候，声调变了。

这说明，物体自由振动时的固有频率是由它本身的各种条件决定的。皮筋的弹性、小锁的质量决定了皮筋锁的固有频率。玻璃杯，里边有没有水，决定着玻璃杯的固有频率。固有频率不受外力影响，不管作用于它的外力是小是大，它的振动频率总是一定的。

还有一种跟自由振动不同的振动。

用脚踏动缝纫机的踏板，使缝纫机转动。看！上边的缝针上下振动了，与此同时发出了咯嗒咯嗒的声响。慢些蹬，缝针振动得就慢；快些蹬，缝针振动得就快。它的振动频率完全由你脚的动作来决定。

这跟自由振动不一样，它的振动是被迫的，因此叫受迫振动。你蹬缝纫机时用的力叫周期性外力，也叫策动力——一会儿向下，一会儿向上，有规律地变化着。这个策动力也有个频率，受迫振动的频率是和策动力的频率一致的，所以你蹬得快，针头上下穿梭得也就快了。



缝纫机缝针的上下振动

机器开动时引起的机座振动，小同学在架空的木板上跳动时引起的振动，都是受迫振动。你还能举出一些受迫振动的例子吗？

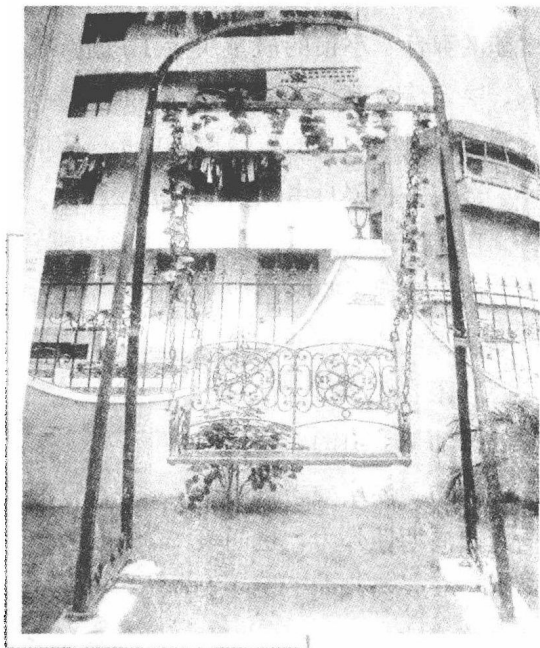


振动的特性

风吹树枝的摇动、秋千的荡动、钟摆的摆动、汽缸中活塞的运动等等都具有一个共同特点：物体或物体一部分在一定位置附近做来回往复的运动，这种运动称为振动。物体往复运动一次就是振动一次。如荡秋千，从左边出发，又回到左边就是震动一次。振动一次所用的时间称为振动周期，单位时间内振动的次数称为振动的频率。频率的单位是赫兹。例如荡秋千每 5 秒钟荡动一次（即周期为 5 秒钟），它的频率是 0.2 赫兹。

在自然界中，机械振动各式各样，非常复杂。但是一种振动的最基本、最典型、最简单的振动，叫简谐振动。其特征是：受到一个大小与离开平衡位置距离成正比且方向始终

指向平衡位置的力。如荡秋千时，秋千在悬点正下方某点（平衡位置）左边时受绳子有向右的张力，在右边时有向左的张力且张力的大小随秋千离开平衡位置的距离而增加。同一振动系统振动的周期总是相等的，振动的频率总是相等的，这叫振动的等时性。除机械振动外，人们目前用到的还有电磁振动和原子的振动。如摆钟是用机械振动的等时性制成的，电子表是用电磁振动的等时性制成的，原子钟是用原子振动的等时性制成的。

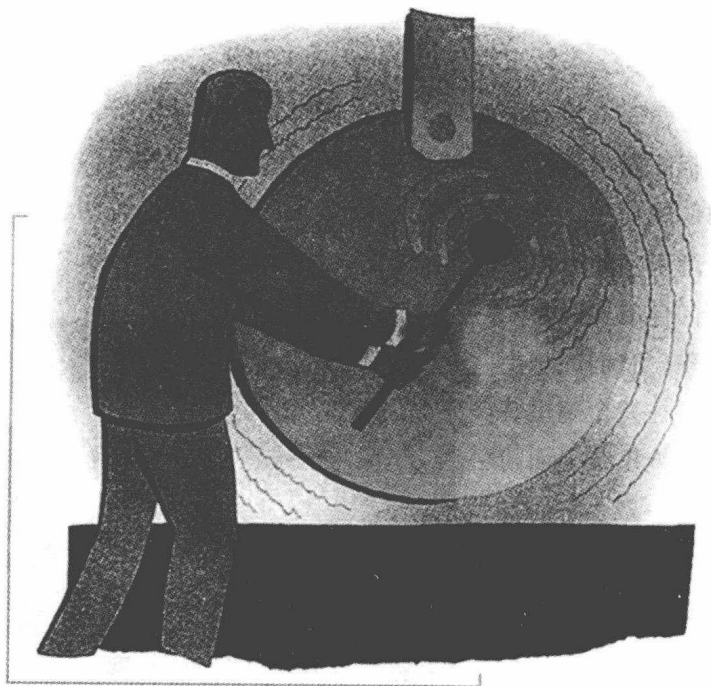


秋 千



锣鼓发声的秘密

拿一个锣来，把它敲响，再用手去摸锣面，就会感觉到锣在振动。用力按住锣，锣不振动了，锣声也消失了。



5

锣靠振动产生声音

拿一个鼓来，在鼓皮上放些砂子，鼓被敲响时你会发现，那砂粒由于鼓面的振动跳起来了。

原来，锣鼓发声的秘密就在于振动，锣鼓振动了，就发出了声音。振动发声的那个物体就叫声源。

听！那滴嗒声是钟摆振动产生的，那叩门声是门扇振动产生的，敲击各种固体，几乎都会发出声音。

向盛着半盆水的脸盆里倒水，听！水发出了哗哗的响声。

找一个空玻璃瓶，把它放在嘴边，对着瓶口用力吹气。听！玻璃瓶发



出了声音。用笔帽也可以做这个实验。

振动的液体能发声，振动的气体也能发声。流水哗哗，北风呼啸，就是水和空气振动时发出来的声音。

这些实验说明，振动着的固体、液体、气体都是声源。

敲瓷碗的启示

你能查出瓷碗有没有裂纹吗？这并不难。敲一下瓷碗，就能听出它的好坏。好瓷碗能发出清脆响亮的声音，坏瓷碗却只能发出浑浊声。声音传出了瓷碗内部的信息，使我们找出了看不见的裂纹。这说明，我们可以根据听到的声音来判断声源的情况。不信，你再试一试。

找三个同样的瓷碗，先用筷子敲一敲，它们的响声是差不多的。往一个碗里装上水，另一个碗里装上面粉或砂土，再敲一敲，它们发出的声音完全不同了。

前面讲过，物体振动会发出声音。被敲的物体发出什么样的声音，这和振动物体本身的情况有关。敲锣是锣音，打鼓是鼓声，再使劲敲锣也敲不出鼓声来，因为锣与鼓的构造不同。



瓷碗是否有裂纹可以通过声音来检测

完好的瓷器和有损伤的瓷器被敲击后振动情况不同，完好的瓷器各部分能一起振动，有了裂纹，各部分就振不到一起了，这样它们发出的声音就不同了。碗中装有空气、水和固体，也是由于内部情况不同，才发出了不同的声音。

摸清了这个规律，我们就能用敲击听声的办法探测物体内部的情况了。人们在这方面积累了丰富的经验。



工人检查机车的时候，常常用锤子敲敲要检查的部位，凭声音来判断机器有没有损伤，连接处有没有松脱，这就是简单的敲击探伤法。

有经验的人挑西瓜的时候，常常拿起西瓜，用手指弹几下或用手拍一拍，根据声音来判断瓜的生熟——生西瓜敲起来声音清脆，这是因为瓜瓤里的组织紧密造成的；熟西瓜敲起来声音发闷，这是因为里边的组织已经软化了，变松了；烂西瓜里边是一包水，它的声音是“噗噗”的，自然是与众不同了。

医生在诊断人体内的一些疾病的时候，也应用这种办法。常见的叩诊办法是把左手放在病人的胸、背部，用右手手指叩击左手中指，仔细听那响声，就能诊断一些疾病。因为人体的肌肉、肝、心和含有气体的肺、装有水和食物的胃肠，被叩击后会发出不同的声音。生病以后，不该含气的部位含了气，不该存水的地方有了水，或者该含气的组织里少了气……这就会使叩诊音发生变化，根据变化听出病变的信息，弄清病情。

撞击探测法在工业生产和现代技术上都有广泛的应用。例如，用现代地震探测技术可以探听地球内部的情况；用现代声音撞击探测技术可以探知工件内部的详细情况。

锯条琴

各种声音有什么不同呢？首先是声音的强弱不同，这叫声强。

找一根废钢锯条，把它夹紧在抽屉缝里，伸出来的部分要长一些。用手指拨动锯条，让锯条弯得厉害些，一松手，听！发出了较强的声响。如果你只是轻轻地拨动一下，锯条来回振动得不很大，声音就小多了。

仔细观察一下那根锯条的运动情况。当你没有拨动锯条时，锯条的位置叫平衡位置，当你拨动锯条，例如把锯条先向下弯，弯到一定的位置，然后拿开手，锯条就开始返回平衡位置，过了平衡位置继续向上弯，一直到某一位置，锯条又返回平衡位置，到了平衡位置，就完成了—次振动。

在物理学里，把振动物体离开平衡位置的最大距离叫做振幅。用力拨



动它，它的振幅就大；轻轻拨动它，它的振幅就小。

锯条琴的实验告诉我们，声强和声源的振幅有关系。声源振幅越大，声音越强；声源振幅越小，声音越弱。

声音的强弱用声级表示，它的单位叫分贝。小电钟的声级是 40 分贝，普通谈话的声级是 70 分贝，气锤噪声的声级是 120 分贝，喷气式飞机噪声的声级是 160 分贝，巨大的火箭噪声的声级是 195 分贝。

在空气中，人类刚刚可以听到的最弱的声音的声级是零分贝，它的能量很小，这种声音造成的压力变化只有蚊子落到人手上时所感受的压力变化的 $1/1000$ 。目前还没有任何仪器能达到人耳这样高的灵敏度。人听得见的这种最弱的声音极限，在声学中就叫“听阈”（阈，yù，范围的意思）。

当人站在飞机发动机旁或者凿岩机旁，隆隆的噪声会使人耳产生疼痛的感觉，这种声音的能量很大，在声学中叫做“痛阈”。这时的声级大约是 120 分贝，它的压强变化是 0 分贝时的 100 万倍呢！

各种声源的声级

声级（分贝）	声源（距测点 1~1.5 米）
10~20	静夜
20~30	轻声耳语、很安静的房间
40~60	普通室内谈话声
60~70	普通谈话声、较安静的街道
80	城市街道、收音机、公共汽车内
90	重型汽车、泵房、很吵的街道
100~110	织布机、电锯
110~120	柴油发动机、球磨机
120~130	高射机枪、风铲
130~140	大炮、喷气式飞机
160 以上	火箭、导弹、飞船



自行车弹琴

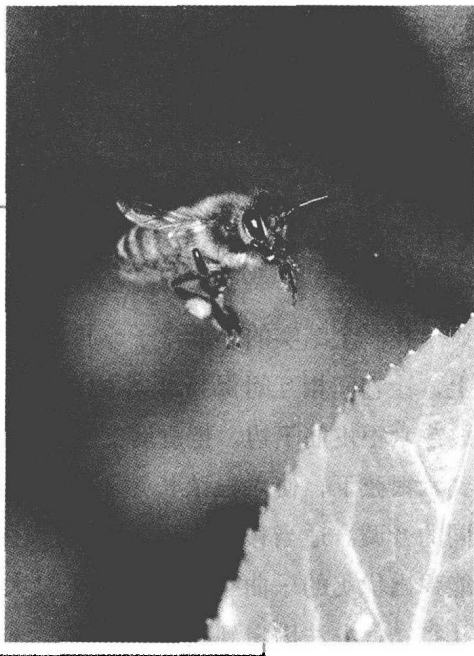
声音不但有强弱，而且有高低。声音的高低程度叫做音调。不同的音调是怎样产生的呢？让我们先做个小实验。

找一张旧年历卡片（或者有弹性的硬纸板）、一辆自行车。把自行车支起来，一只手转动自行车的脚踏板，另一只手拿着硬纸片，让纸片的一头伸到自行车后轮的辐条中。先慢慢转，这时可以听到纸片的“轧轧”声；再加快转速，纸片发出的声调就会变高；当转速达到一定程度时，纸片就会“尖叫”起来了。

很明显，纸片音调的变化是和纸片每秒钟振动的次数有关系：车轮旋转比较慢的时候，同一时间内纸片跟车条的接触次数比较少，也就是说，每秒钟纸片振动的次数比较少。反过来，车轮转得快时，纸片每秒钟振动的次数就多了。

振动着的物体在1秒钟里完成全振动的次数叫做频率。频率的单位叫赫兹（简称赫），也叫周/秒（读做“周每秒”）。大钢琴最低音的频率是27赫，最高音的频率是4000赫，它包含了这么广的频率范围，当然能演奏丰富多彩的乐曲了。

人讲话的音调也有高低。成年男子的声带长而厚，基本振动频率低，只有100~300赫，女子的声带短而薄，基本振动频率比较高，一般是160~400赫，所以女子说话的音调都比男子高一些。儿童的声带比较短薄，童音音调比较高。



蜜蜂飞行时翅膀的振动