

2.2 音调

与教材不同之处

更详细描述什么是音调，更详细探究音调的影响因素，更详细描述超声与次声，更详细描述弦乐器的音调。

什么是音调

当我们往水瓶中灌水时，在听到哇啦啦的水声的同时，还听到一种比较平缓低沉的“呜呜”声，随着水瓶中的水变多，这种声音变成了急促尖锐的“喔喔”声，如图 2-2-1 所示。



图 2-2-1

显然，这种“呜呜”声与“喔喔”声不是水的振动产生的，而是由水瓶中的空气柱振动产生的。

这说明，水瓶中的空气柱在前面阶段振动发出的声音与在后面阶段振动发出的声音是不

同的，这种不同，在物理学上称为音调不同。

平缓低沉的声音，我们称为音调低；急促尖锐的声音，我们称为音调高。

因此，我们把声音的高低称为音调。

一般音调高的声音，听起来类锐，清脆；音调低的声音，听起来低沉，沙哑。

比如，女生发出声音的音调普遍比男生高，因此，女高音和男低音中的“高”与“低”指的就是音调。

小鸟的“唧唧”的叫声属于音调高，牛的“哞哞”叫声属于音调低。

海豚发出的声音音调高，大象发出的声音音调低。

实验探究音调的不同

将一把刻度尺按在桌面上，一段伸出桌面，拨动钢尺，听钢尺振动发出声音的音调高低，同时注意钢尺振动的快慢。

改变钢尺伸出桌面的长度，再次拨动，再听钢尺振动发出声音的音调，同时注意钢尺振动的快慢变化（注意，两次实验钢尺振动的幅度要保持大致相同），如图 2-2-2 所示。

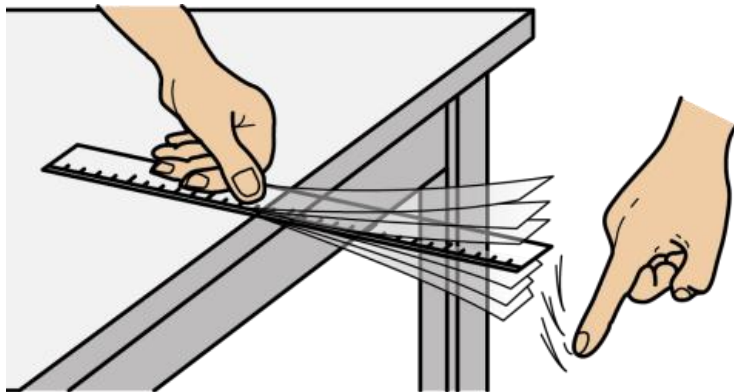


图 2-2-2

为了使实验结论更具有普遍性，我们需要进行多次实验，并将听到的声音音调高低和

观察到的尺子振动的快慢情况填入表格之中。

实验次数	尺子伸出桌面的长度	尺子振动的快慢	听到的音调高低
1	很长	慢	低
2	较长	较快	较高
3	短	很快	高

通过表格中的实验数据，我们可以得到这样的结论：声音的音调高低与声源振动的快慢有关，声源振动越慢，声音的音调越低；反之，音调越高。

需要强调的是，实验中控制尺的振动幅度相同，是运用了控制变量法。

牛的叫声之所以音调低，就是因为牛的声带振动慢造成的。

往水瓶中灌水时，空气柱的音调由低到高，这也因为空气柱的振动快慢由慢变快造成的。

根据水瓶中的水位升高时，空气柱的长度越来越短，音调却越来越高的实验事实，我们还可以得出这么一个结论：空气柱的长度越短，空气柱振动越快，则发出的声音音调越高。

如图 2-2-3 所示，我们对着不同水位的瓶口吹气，会引起瓶中不同长度的空气柱振动发声，根据“空气柱长度越短，音调越高”的结论，我们可以判断出水位最高的瓶子发出的声音的音调最高。



图 2-2-3

在图 2-2-3 中，如果不是用嘴吹，而是用小锤子轻敲瓶口，则此时振动的物体不再是瓶中的空气柱，而是瓶子本身，瓶中的水对瓶子的振动将起到阻碍作用，则水越多的瓶子在振动时受到的阻碍作用越大，则水越多的瓶子振动将越慢，瓶子振动发声的声音音调也会越低。

因此，敲击瓶子时，音调最高的是装水最少的瓶子；吹气时，音调最高的是装水最多的

瓶子。

什么是频率

我们将声源每秒振动的次数称为振动频率。

声源振动越快，则每秒振动的次数越多，我们就说声源的振动频率高。

声源振动越慢，则每秒振动的次数越少，我们就说声源的振动频率低。

因此，声源的振动频率是反映声源振动快慢的一个物理量。

频率单位是赫兹，简称为赫，单位符号为 Hz。

若某声源的振动频率为 10 赫兹，则表示声源 1s 内振动的次数为 10 次。

所以，关于影响声音的音调高低，我们用频率的角度来描述，结论是：

声源振动频率越高，声音的音调越高；声源振动频率越低，声音的音调越低。

一般地，正常男性的声带振动频率在 130Hz 左右，正常女性的声带振动频率在 250Hz 左右，正常儿童的声带振动频率在 340Hz 左右。这说明，儿童发出声音的音调是最高的，女性较高，男性最低。

小鸟清脆的歌唱时，声带振动频率可以达到 11000Hz，牛的声带振动频率只有几十 Hz，所以，小鸟发出声音的音调比牛发出声音的音调高很多。

一个有趣的事实是，乐音中，不同的音阶，其实是指不同的音调，如下表。

音名	中央C	D	E	F	G	A	B	高音C
唱名	Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do
赫	262	294	330	349	392	440	494	524

原来，不同的音符其实指的是音调不同。

音调与波形图

为了直观地看出声源振动频率的高低，我们可以借助一种实验器材：示波器，如图 2-2-4 所示。



图 2-2-4

假如我们将音叉与示波器相连，当击打音叉后，示波器上显示的波形图如图 2-2-5 所示，你是否可以判断出哪个音叉振动的频率更高，产生的音调更高？

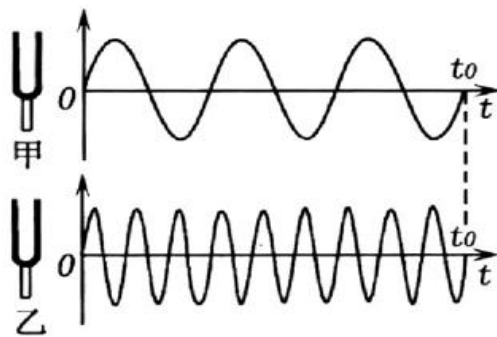


图 2-2-5

由波形图我们发现，在相同时间内，甲的波峰数只有 3 个，甲的波形稀疏，这说明甲音叉的振动频率低，甲音叉振动发声的音调低。而乙的波峰数有 9 个，乙的波形密集，这说明乙音叉的振动频率高，乙音叉振动发声的音调高。

也就是说，我们通过波形图判断哪个音调更高，只需数出在相同时间内的波峰数就行了。

超声与次声

需要强调的是，人并不能听到各种频率的声音。正常人耳只能听到频率在 20Hz 到 20000Hz 范围以内的声音。

声源振动频率低于 20Hz 的声音，称为次声（也称为次声波）；声源振动频率高于 20000Hz 的声音，称为超声（也称为超声波），如图 2-2-6 所示。



图 2-2-4

蝴蝶的翅膀在 1 秒内振动的次数小于 20 次，所以，蝴蝶翅膀振动发声的音调属于次声，人耳并不能听见。而蝙蝠和海豚能发出频率高于 20000Hz 的声音，这种声音属于超声，人耳也不能听见。

我之所以可以听见蚊子发出的声音，是因为蚊子的翅膀振动频率在 20 至 20000Hz 之间，所以发出的声音是可听见的。

在自然界中，海上风暴、火山爆发、海啸、地震等都可能伴有次声波的发生。在人类活动中，诸如核爆炸也都能产生次声波。次声波的特点是能够绕过障碍物传得很远。

弦乐器与音调

乐器主要分为三大类型：弦乐器，管乐器和打击乐器，如图 2-2-4 所示是弦乐器：吉他。



图 2-2-4

从图片中，我们可以发现，吉他共有 6 根弦，但粗细不同。这是为什么呢？

现在我们来探究一下弦乐器的弦振动发声的音调与弦的哪些特征有关？

取两根粗细不同的橡皮筋来代替弦，一端用钉子固定在桌面上，用三角形柱状小木条将弦支起，另一端挂上钩码（当吊挂的钩码数量不同，意味着橡皮筋的松紧程度不同，图中没画出），其中 a 和 b 是长度相同，粗细不同；b 和 c 是粗细不同，长度不同。

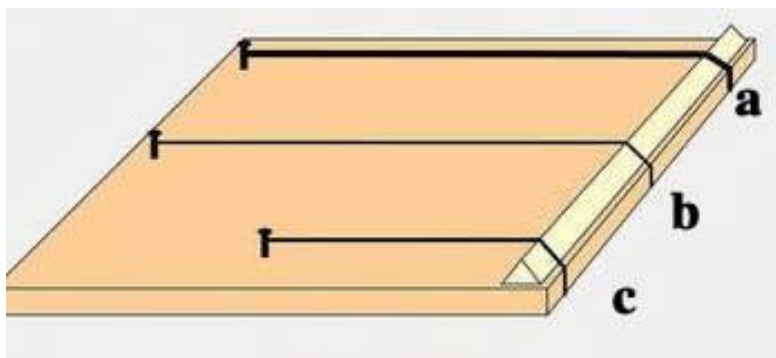


图 2-2-5

我们使用 a 和 b 两根橡皮筋来做实验，用相同的力度拨动吊挂着相同数量钩码的橡皮筋，

我们发现细的橡皮筋振动发声的音调更高。

于是，我们可得到的结论是：**当弦的长度、松紧程度相同时，弦越细，弦振动发声的音调越高。**

需要强调的是，弦的粗细其实是指弦的横截面积，弦越粗即弦的横截面积越大。

当我们使用 b 和 c 两根橡皮筋来做实验，我们发现短的橡皮筋振动发声的音调更高。

于是，我们可得到的结论是：**当弦的粗细、松紧程度相同时，弦越短，弦振动发声的音调越高。**

有一个现象需要注意的是，当我们弹吉他时，手指常会左右移动，如图 2-2-6 所示，这是为什么？



图 2-2-5

移动手指并没有改变整个琴弦的长度，但改变了琴弦**振动部分的长度**，因此，琴弦振动发声的音调也随之发生改变。

当按住琴弦的位置离拨动琴弦的位置靠近，则琴弦振动发声的音调变高，反之，音调变低。

我们中国乐器的二胡在演奏时，手指也在琴弦上上下下移动，这也是在改变琴弦振动部分的长度，从而改变琴弦振动发声的音调。

当我们改变图 2-2-5 中某根橡皮筋吊挂的钩码的数量时（也就是改变橡皮筋的松紧程度），我们发现，橡皮筋被拉得越紧，发出声音的音调越高。

于是，我们可得到的结论是：**当弦的粗细、振动部分的长度相同时，弦越紧，弦振动发声的音调越高。**

其实，弦的材料也会影响音调。

综上所述，弦乐器的音调的改变与**弦的粗细、松紧、振动部分的长度与材料**有关。

管乐器与音调

管乐器如笛子（如图 2-2-6 所示），他是如何改变音调的呢？



图 2-2-5

通过前面的实验已经知道，管乐器发声的声源是空气柱。

空气柱越长，则空气柱振动发声的音调越低；反之，则音调越高。

我们如何改变笛子内的空气柱的长度呢？

笛子上有很多孔，当吹奏者用手按不同的笛孔时，实际上是在改变空气柱的长度。空气柱的长度不同，则空气柱振动频率也会发生改变，从而改变了声音的音调高低，使得吹奏者能够吹出不同的乐曲。



本节我们学习的物理规律

1、什么是音调

音调是指声音的高低。

2、音调与什么因素有关

音调与声源振动频率有关，振动频率越高，音调越高。

3、音调与波形图

音调越高，它的波形图中波峰数越多，越密集。

4、弦乐器的音调与什么因素有关？

弦乐器的音调与弦的粗细、松紧、振动部分的长度以信弦的材料种类有关。

5、管乐器的音调与什么因素有关？

与空气柱的长度有关。

6、超声与次声

声源振动频率低于 20Hz 的声音，称为次声；声源振动频率高于 20000Hz 的声音，称为超声。



自我检测与巩固

1、女高音与男低音中的“高”和“低”是指声音的_____不同，主要是由声源振动的_____决定的。

2、弦乐器的音调高低跟弦的_____、_____和_____有关系。拉二胡时，手指在琴弦上上下下移动，是通过_____来改变音调的高低。

3、人们听不到蝴蝶飞的声音，却可以听到蚊子飞来飞去的嗡嗡声。这是因为()

- A. 蚊子飞行时用力大、声音响
- B. 蝴蝶飞行时翅膀振动太慢，频率低于人的听觉范围
- C. 蝴蝶飞行时，根本就不发声

D. 蚊子数量多，蝴蝶数量少

4. 某种昆虫靠翅膀的振动发声。如果这种昆虫的翅膀在 3s 内振动 1200 次，频率是多少？人类能听到吗？

5. 试分析，吹笛子时，若吹最低音和最高音，手指应分别如何按孔？为什么？

