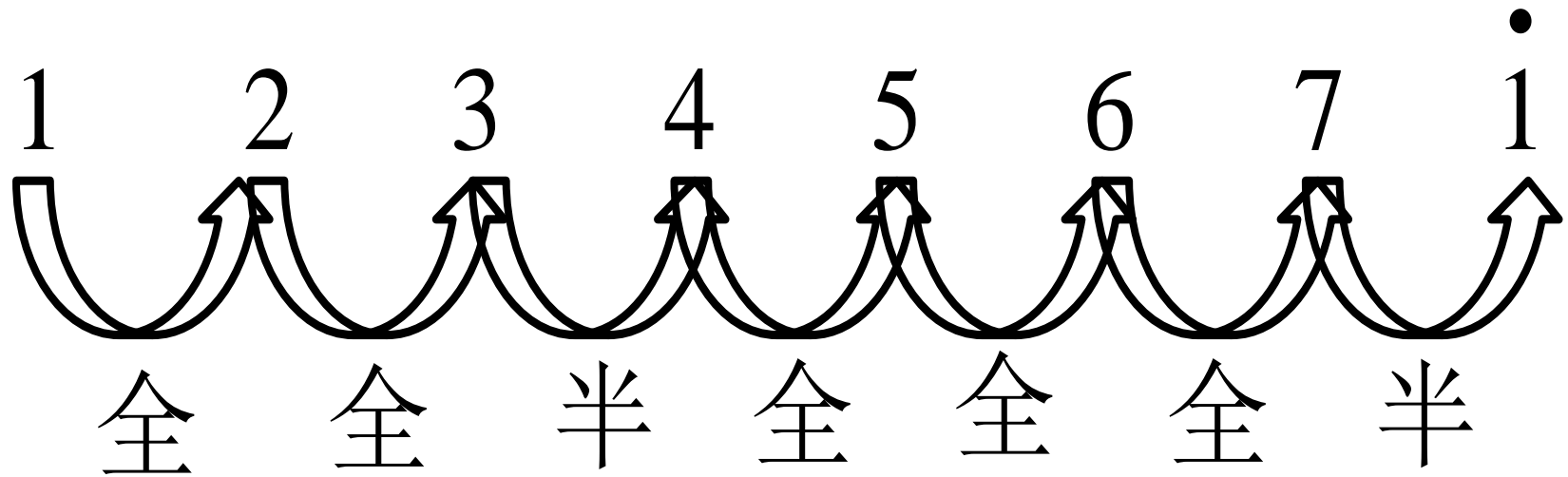


# 1.5 音高和频率

用简谱的音符**1,2,3,4,5,6,7**表示音高时，随着数字的增加代表的频率是越来越高的，称从**1**上升到**2**，**2**上升到**3**，还有**4**上升到**5**，**5**上升到**6**，**6**上升到**7**都是上升了一个全音，从**3**上升到**4**，及**7**上升到高音的 **$\dot{1}$** 都只上升了半个音，这也是我们每次练习时唱**4**和**7**两个音符时都有一些难唱准的原因。图**1-14**表示了这些音符的全音和半音的关系。

。

图1-14




这个半音全音的上升关系也可以记忆为“两全一半三全一半”。

这个半音全音的上升关系也可以记忆为“两全一半三全一半”。

此外，还有高音的

**1̇ 2̇ 3̇ 4̇ 5̇ 6̇ 7̇**

这七个音符中，音符 **1̇** 的振动频率是音符 **1** 的两倍，音符 **2̇** 的振动频率也是音符 **2** 的两倍，等等。

也就是说，当一个音符上面加了一点，它就是不加点的音符的频率的两倍，而在乐理知识的术语中，相差一倍的两个频率被称为一个八度。同理，如果在音符**2**上面加上两点的音符 ，它的频率就是音符**2**的四倍了，以此类推，就是说一个音符上面每加一点，频率都将升高一倍，或者说上升了八度。

此外，对于低音的简谱记号

**1̣ 2̣ 3̣ 4̣ 5̣ 6̣ 7̣**

它们的每一个的频率也都是不加下点的音符**1 2 3 4 5 6 7**的二分之一，或者说低八度。

同理，如果一个用数字表示的音符下面加两个点，例如**2̣̣** 就比**2**低两个八度，频率是音符**2**的四分之一。

现在来讲音符**1 2 3 4 5 6 7**之间的频率关系，在这里有一个数很重要，就是数字**2**(不是音符**2**)的开**12**次方，约等于数**1.0595**，这个数连续乘**12**次就约等于**2**，就是

$$\begin{aligned} &1.0595 \times 1.0595 \times 1.0595 \times 1.0595 \times 1.0595 \\ &\times 1.0595 \times 1.0595 \times 1.0595 \times 1.0595 \times 1.0595 \\ &\times 1.0595 \times 1.0595 = 2 \end{aligned}$$

如果一个乐音的频率是另一个乐音的频率的**1.0595**倍，那就是比另一个乐音高“半音”。一个乐音比另一个乐音高两个“半音”或者说是一个乐音的频率比另一个乐音的频率高 **$1.0595 \times 1.0595 = 1.12254$** 倍，就是高一个“全音”。音符**1**到音符**2**是一个“全音”，因此**2**的频率是**1**的频率的**1.12254**倍。



现在讨论音符**5**和音符**1**的频率关系，从**1**到**5**经过了三个“全音”一个“半音”共七个“半音”，因此**5**的频率是**1**的频率的 $1.0595$ 的7次方等于**1.499**倍，或者近似等于**1.5**倍，或者说二分之三倍，也就是说，当**1**这个音每振动**2**次，音**5**就正好振动**3**次。而音符**3**比音符**1**高了四个“半音”，因此是4个**1.0595**相乘等于**1.26**，也可以认为约等于**1.25**或者四分之五倍，或者说，音符**1**每振动四次时，音符**3**就约振动了五次。

在乐理学中如果音符**1,3,5**一起奏响，这被称做一个和声，名称叫大三和弦。关于和声的知识我们后面还会讲到。

上面讲了音符**1**上升一个全音就是音符**2**，但是如果只升高半个音呢？就记作 $\sharp$ **1**，而如果是音符**3**降半个音呢？就记作 $b$ **3**，因此知道音符 $\sharp$ **1**和音符 $b$ **2**表示的是一个音，而音符**3**升半个音就是音符**4**，因此 $\sharp$ **3**没有意义。

从上面的讨论可以知道，从音符**1**上升到**i**是倍频，它也恰好是上升了**12**个“半音”，有人要问那干吗不弄一个简谱或者五线谱干脆用十一个数字啊？原因在于，如果一个人半个音半个音地往高唱是很难听的声音，很不自然。而按照两全一半三全一半这样地上升唱出**do, re, mi, fa, sol, la, si, do**，这样唱下来顺口，自然，因此将之称为自然音程。所有的乐曲基本上都以自然音程为主，只是在少量的地方用到了半音来加强音乐的表现力。但是练习唱歌也是先将自然音程唱好。

而中国的古代音乐，甚至连4和7音都是不喜欢的，只喜欢**1,2,3,5**加上 **1̣** 这五个音，所以一个人如果唱歌跑调叫五音不全。

到这里可以知道，简谱的音符记号和频率之间的关系是相对的，就是说，任何频率都可以规定为音符**1**，则据此可以推算出其它音符对应的频率。

而乐理学也有绝对地规定频率的记号，就是用字母C,D,E,F,G,A,B这七个字母，其中C代表频率 $261.6/4=65.4$ 赫芝，这个频率也称为C调，因此还有D调E调F调，等等。如果拿C调规定为简谱中的音符1，记作1=C，则简谱中的音符2,3,4,5,6,7对应的频率就恰好等于D,E,F,G,A,B的频率，因此也就可以推算出这些频率的多少。例如，G调的频率就是65.4乘以1.0595的7次方等于98赫芝。

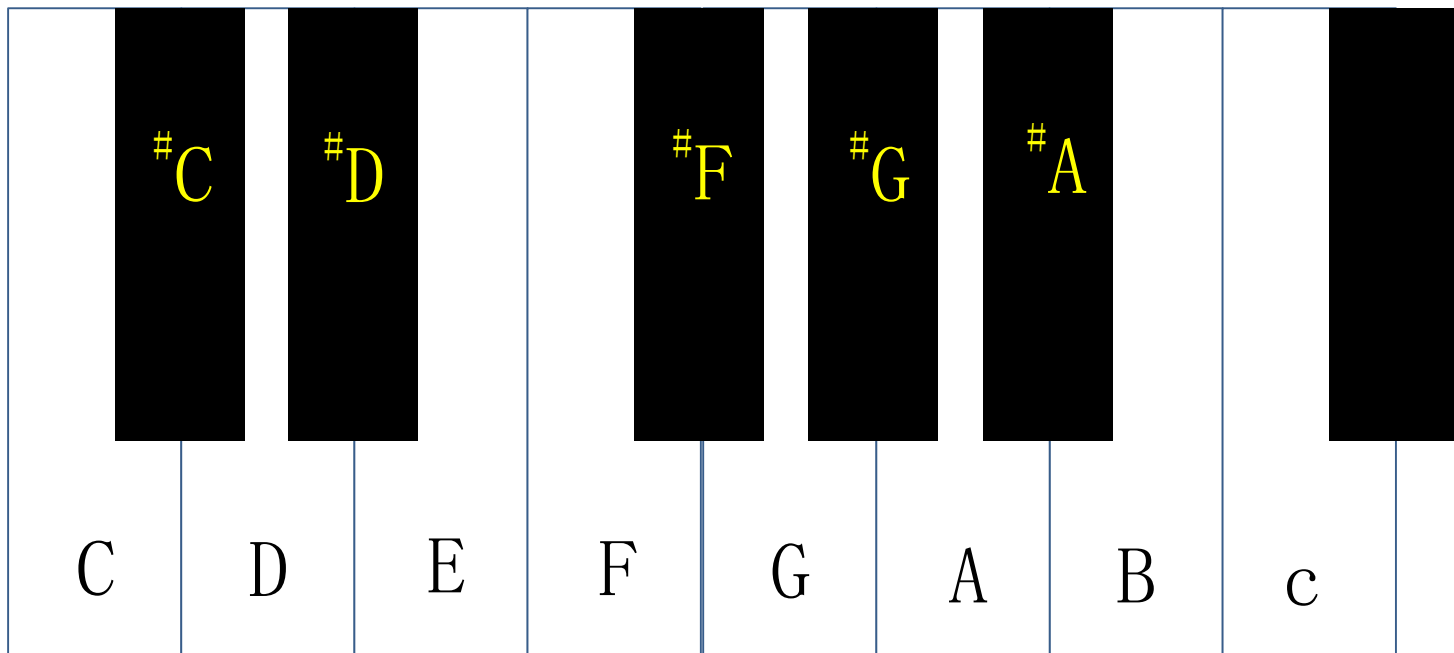
C调升半音记作 $\sharp C$ ，这个音也可以记为D调降半音，记作 $bD$ ，其它情况依此类推。E调升半音就是F调，因此 $\sharp E$ 这个记号无意义，其它情况也依此类推。



比C,D,E,F,G,A,B这七个音高八度的音记作c,d,e,f,g,a,b, 再高八度, 记作 $c^1,d^1,e^1,f^1,g^1,a^1,b^1$ , 再高八度, 记作 $c^2,d^2,e^2,f^2,g^2,a^2,b^2$ , 依此类推。  
比C,D,E,F,G,A,B低八度的音记作 $C_1,D_1,E_1,F_1,G_1,A_1,B_1$ , 依此类推。

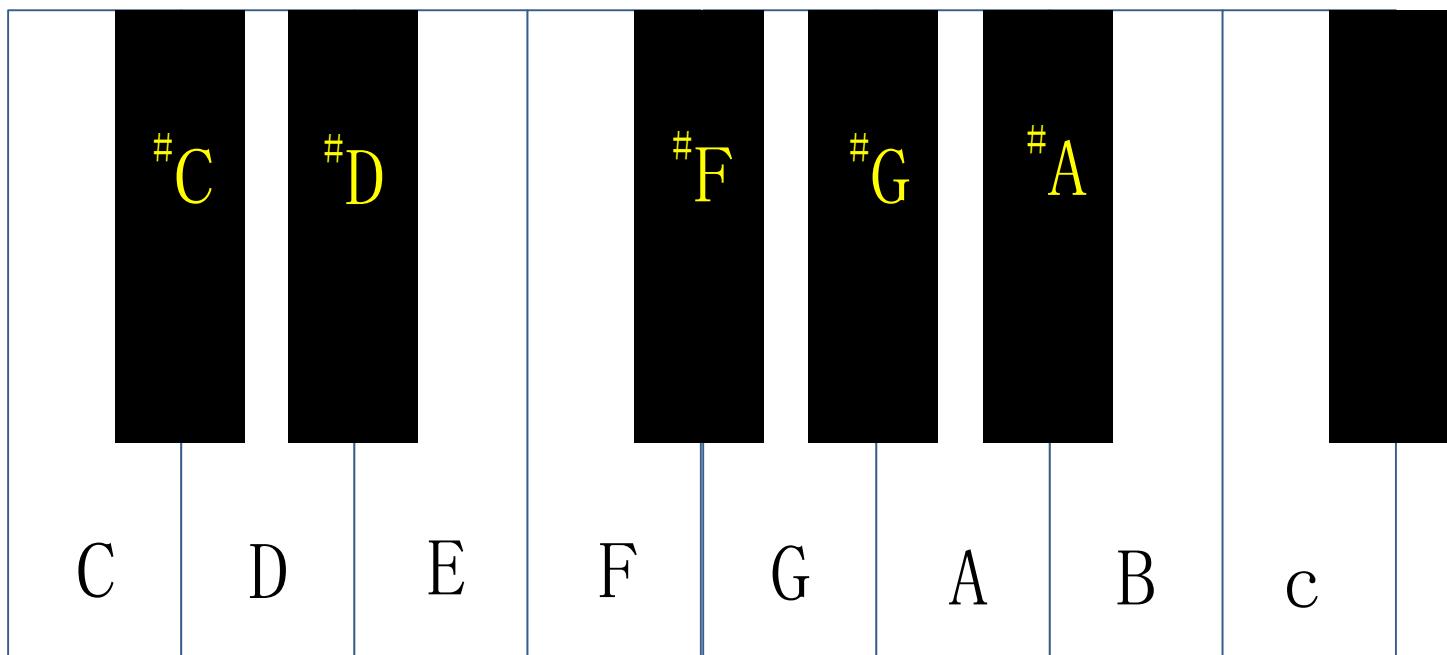
钢琴的键盘中，C,D,E,F,G,A,B一部分的键盘如图 1-15所示。

图1-15



可以看出黑键都是一些半音键。

图1-15



我们将一个用简谱表示的歌曲，其中没有用到#1,#2这样的半音符号的，称之为正常的歌曲，否则称作有半音的歌曲。对于正常的歌曲，如果用**1=C**调来唱，则在钢琴上将用不着黑键，全部都用白键即可。

而练习唱歌的时候经常要遇到正常的歌曲需要变调，例如用**1=G**来歌唱，这时按“两全一半三全一半”的规则，**1,2,3,4,5,6,7**这几个音符就对应于**G,A,B,C,D,E,#F**这几个键，而**F**键通常就用不到了。如果变成其它的一些调，如**1=A**或者**1=B**等等，则利用到的黑键又有不同。

但是练习唱歌时，经常需要用各种不同的调来弹奏钢琴曲并跟着钢琴唱，长期的训练，才能够唱准各个音高，但是在教唱歌软件出现之前，练习者就必须有一架钢琴或者电子琴一边弹奏一边跟着唱，而同一练习曲用不同的调来弹奏，则需要经过艰苦的弹奏练习，指法的训练占了很大一部分。

此外，如果是音乐家庭教师，想要带一架钢琴上门也不容易，因此通常是家长带着学童来到有钢琴的老师家里来学习。而如果是边远山区，甚至找不到合格的音乐教师，在山区有钢琴的家庭也很少。而有了教唱歌软件，这些问题都得到解决，音乐教师只需要带着一个手提电脑就可以翻山越岭地去教学生了。甚至教师自己的音唱不准也没有关系，反正都是跟着电脑里的音乐练习，也无须练习指法。

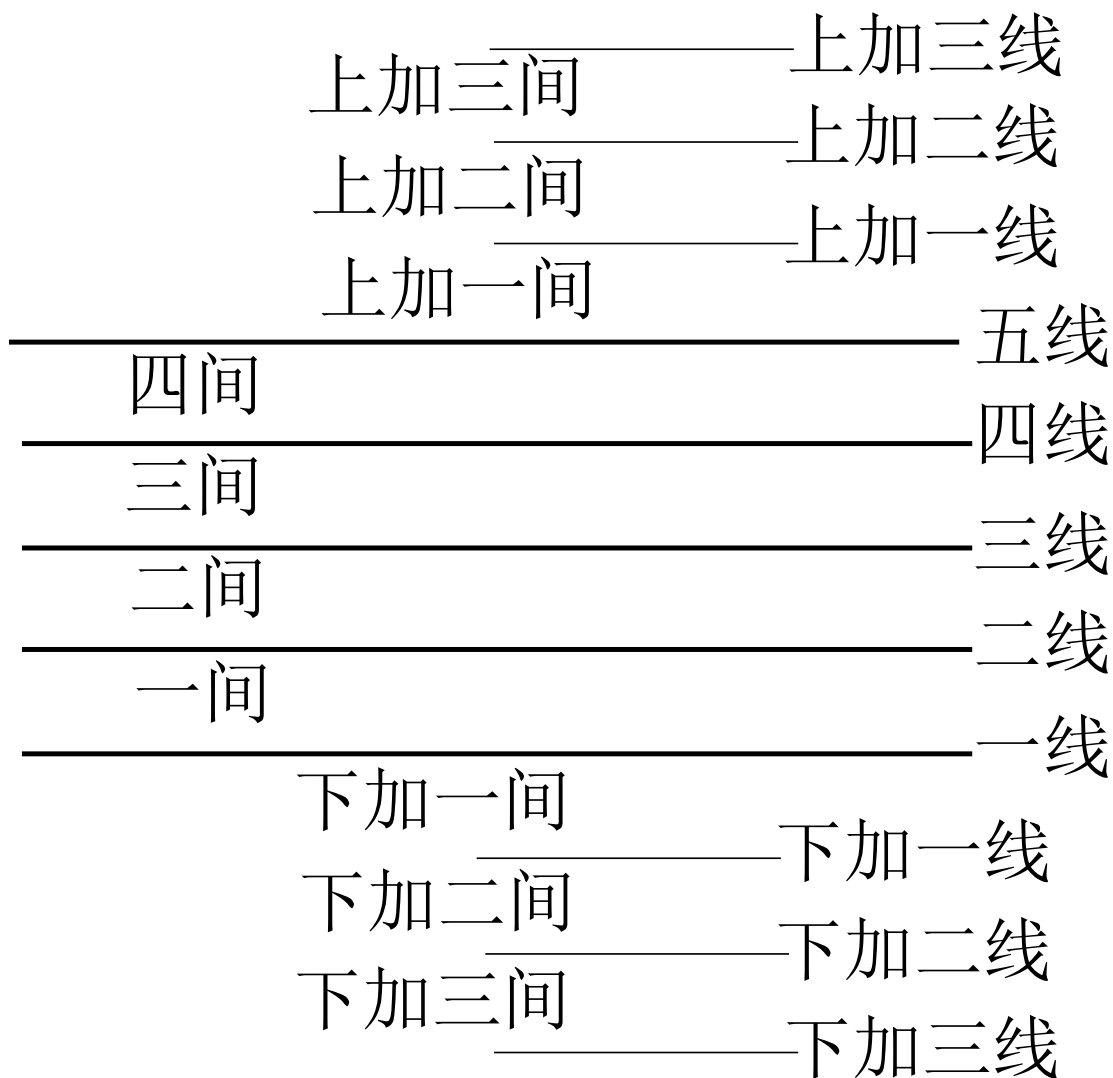
例 1-1 试计算F调的do音的频率，及sol音的频率。

解 从C,D,E,F看，F调的do音对应于C调的fa音，fa音比do音高了5个“半音”，由C调的do音的频率65.4乘1.0595的5次方得数87.3赫芝，这就是F调的振动频率，或者F调的do音的振动频率，而sol音比do音高七个半音，因此F调的sol音等于87.3乘1.0595的7次方得131赫芝。



现在介绍五线谱对音符的表示。如图 1-16 所示，五线谱一般有五根线，从下到上叫一线、二线、三线、四线、五线，这五根线之间也叫“间”，从下到上叫一间、二间、三间、四间。此外，可以在下面加线，叫下加一线，下加二线，等等，加了线之后下面也有下加一间，下加二间，等等。而如果上面的线不够用，也可以有上加一线，上加二线，等等。相应的也会有上加一间，上加二间，等等。


# 图1-16



每一个线或者间都代表一个音符或者音高，正常情况下也代表着钢琴键盘上的一个白键。例如，假设一线是某一个白键，则一间就是此白键右边的白键，二线是一间右边的白键，依此类推。

五线谱是将各个音符标在五线的各个位置上，每一个音符形状都象豆芽，但是因时长的不同，豆芽的形状不一样，有的甚至光有一根豆瓣，这在后面要讲。这里我们关心的是那个豆瓣也叫符头所处的线或间，决定了音高。

而哪一根线代表哪一个音，又有两种流行的谱表，一个叫高音谱表，也叫**G**谱表，在每一行的五线谱的最左边有一个花写的

**G**，图案是，还有一个叫低音谱表，在

每一行的五线谱的最左边有一个花写的**F**，图案是。

记住高音谱表的下加一线是音调**c<sup>1</sup>**，而低音谱表的上加一线才是**c<sup>1</sup>**。

图 1-17给出了高音谱表中的音符与简谱的音符

图1-17

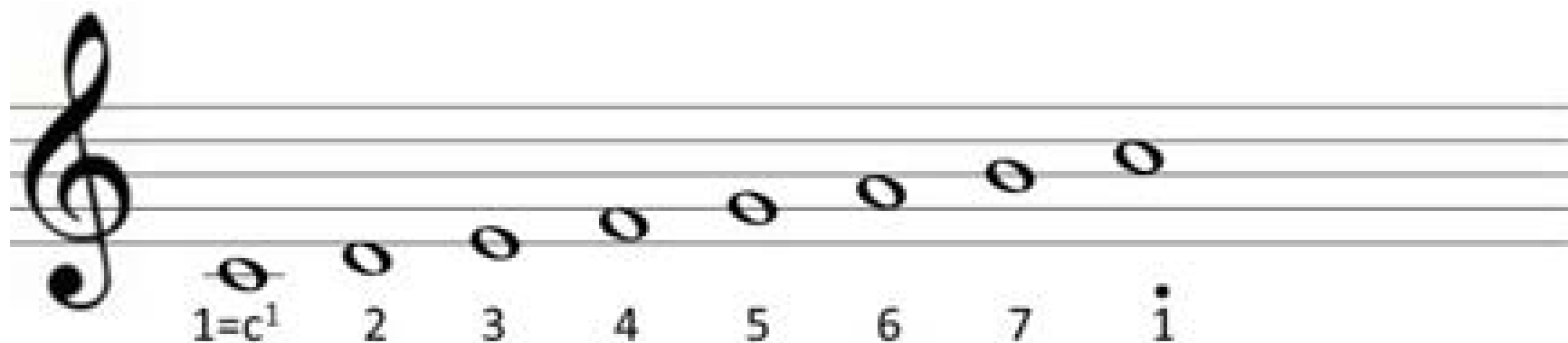


图 1-18给出了低音谱表中的音符与简谱的音符的对照。

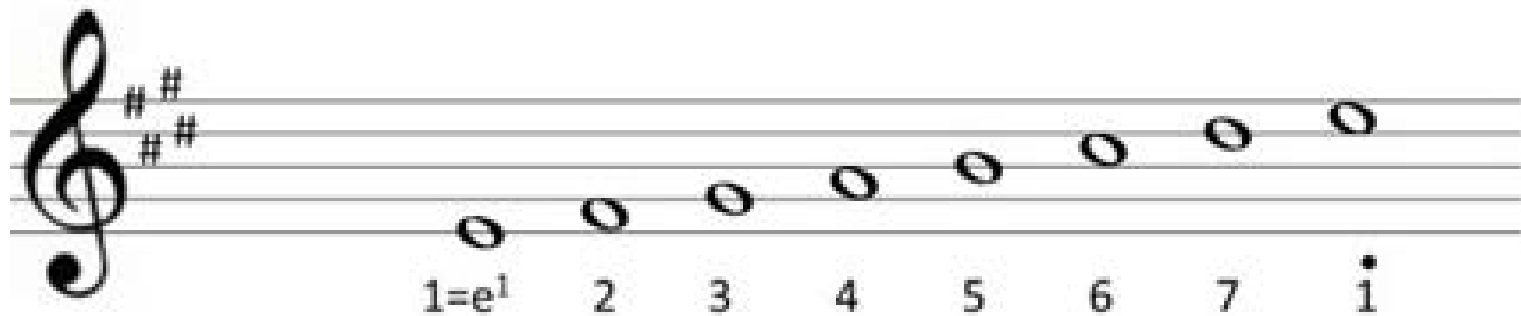
图1-18

The image displays a musical staff with a bass clef. Seven notes are written on the staff, descending from the top line to the bottom line. Below each note is a corresponding numbered notation: 1=c<sup>1</sup>, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1. The notes are: C<sup>1</sup> (top line), B<sup>7</sup> (top space), A<sup>6</sup> (top line), G<sup>5</sup> (top space), F<sup>4</sup> (top line), E<sup>3</sup> (top space), D<sup>2</sup> (top line), and C<sup>1</sup> (top space).

可以看出一首C调的正常的歌曲，全部都只使用白键，不用黑键。就是说正常情况下五线谱的所有线和间都对应于钢琴的白键。



但是如果是其它的调呢？例如，对于**1=E**的正常歌曲，这时候五线谱的高音谱表中的一线对应于简谱的**1**，这时对应于简谱的按“两全一半三全一半”的规则，就是**e<sup>1</sup>, #f<sup>1</sup>, #g<sup>1</sup>, a<sup>1</sup>, b<sup>1</sup>, #c<sup>2</sup>, #d<sup>2</sup>, e<sup>2</sup>**，就是说正常的歌曲不用白键**f<sup>1</sup>, g<sup>1</sup>, c<sup>2</sup>, d<sup>2</sup>**而是改用这四个键右边的黑键，则五线谱对应于这四个白键的位置上都要在每一行的开头上注上**#**号。



而有的调却是要将不用的白键降上半个音，用白键左边的黑键。

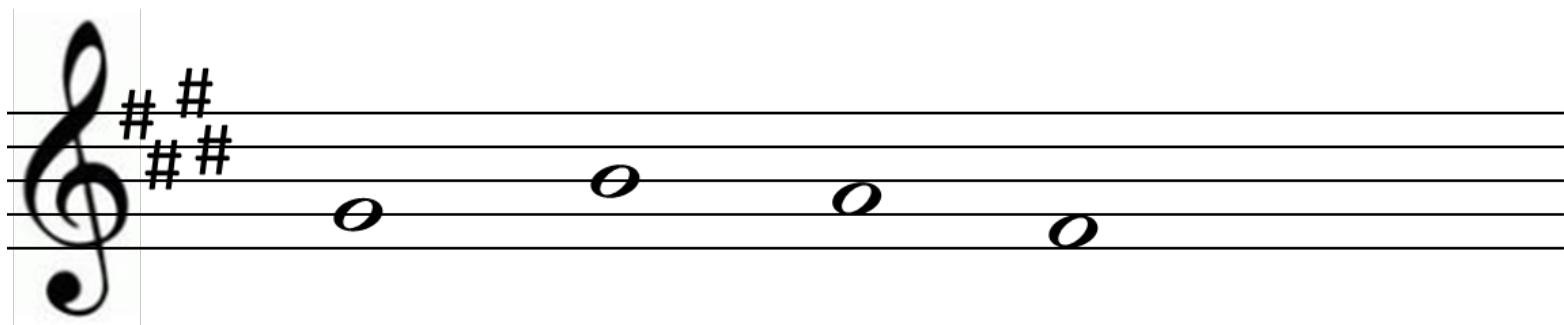
因此，五线谱倒是用谱表中有几个升号#或几个降号b来决定简谱中的**1**和 **1̣** 是哪个调的，这相当麻烦，需要有一定的记忆力。不过本门课程只需要学生掌握将五线谱转为简谱的能力。这里的关键，其实是要知道一个调的简谱音符的**1**和 **1̣** 应于哪一线或者间，则其它的音符就以此推算出来。现在也有五线谱印刷的时候方便读者而在上方加上**1=E**等字样。

表格 1-1列出了升降号个数与调的关系及**1**和**1̣**在五线谱的位置。为什么有十五个调？因为**#F**调与**bG**调一样，**bC**调与**B**调一样，**#C**调与**bD**调一样。

# 表格 1-1

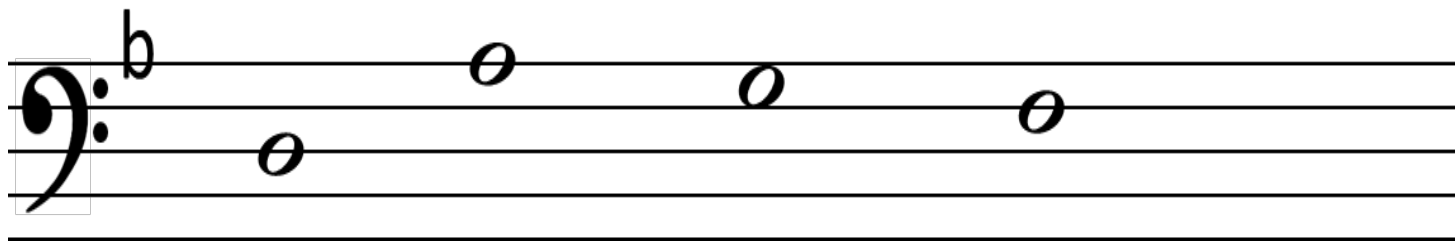
调	#或 b 的数目	高音谱表	低音谱表
		音符 1 的位置	音符 1 的位置
do=C	无	下加一线	二间
do=G	一个#	二线	四间
do=D	二个#	下加一间	三线
do=A	三个#	二间	五线
do=E	四个#	一线	三间
do=B	五个#	三线	上加一间
do= <sup>#</sup> F	六个#	一间	四线
do=F	一个 b	一间	四线
do= <sup>b</sup> B	二个 b	三线	上加一间
do= <sup>b</sup> E	三个 b	一线	三间
do= <sup>b</sup> A	四个 b	二间	五线
do= <sup>b</sup> D	五个 b	下加一间	三线
do= <sup>b</sup> G	六个 b	二线	四间
do= <sup>b</sup> C	七个 b	下加一线	二间

例 1-2 下面的五线谱中表示的四个音符对应于简谱的哪四个音符？



解 因为是高音谱表，且有四个#号，从表格 1-1 查得是E调，简谱1的位置是一线，因此二线是**3**，三线是**5**，二间是**4**，一间是**2**，四个音符就是简谱的**3,5,4,2**。

例 1-3 下面的五线谱中表示的四个音符对应于简谱中的哪四个音符？



解 因为是低音谱表，且只有一个**b**，根据查得是**F**调，**do**音是在四线，因此三线是简谱的**6**，不难得到四个音的简谱分别为**6, 3, 2, 1**。

作业  
习题一  
第3,4,5,6题

3. 假设某一乐调以213赫芝的频率作为简谱的音符**3**，试计算简谱音符**3̇**的频率。
4. 试计算D调和F调的do音的振动频率。
5. 试计算D调的do, re, mi, fa, sol, la, si音对应的振动频率。
6. 在下面表示的五线谱中标示的四个音符分别代表简谱中的哪四个音符？

