

音乐与物理

叶云秀

(续前)

十把小提琴与一把小提琴

虽然弦乐器通过阻抗匹配装置加大了声音的传递,但一把小提琴还是敌不过一个管乐器,更敌不过一个合适大小的鼓。因此在交响乐演奏或其他演奏时,往往小提琴的数量远超过其他乐器的数量。不用说,这当然是为了使小提琴的声音能与其他乐器的声音相平衡。那么应该多少把小提琴能做到这一点呢?

如果有十把小提琴演奏同样的曲调,即齐奏(同频率),那么它产生的总强度与同样演奏的一把小提琴相比是多少呢?我们知道,声强 I 正比于幅度 a 的平方,即 $I = ka^2$ 。如果十把小提琴同相位演奏,声波振幅都为 a ,则合成波的振幅 A 应为 $10a$,总强度 $I = kA^2 = k(10a)^2 = 100 \cdot ka^2$ 。即得到的合强度是一把小提琴时的 100 倍。而事实上,并非如此。这是因为:十个小提琴手演奏同一曲调时,他们演奏的初相角不可能完全相同,而纯粹是随机的,因而振幅相加时就不是简单的数值和(同方向矢量),而是随机初相角的矢量和。图 4 表示了典型的随机相位的幅度相加,合成后的振幅为 A ,对这些随机相位的等幅度作数学处理后得 $I = na^2$,这里 $n = 17$ (即可以设有 17 把小提琴齐奏)。

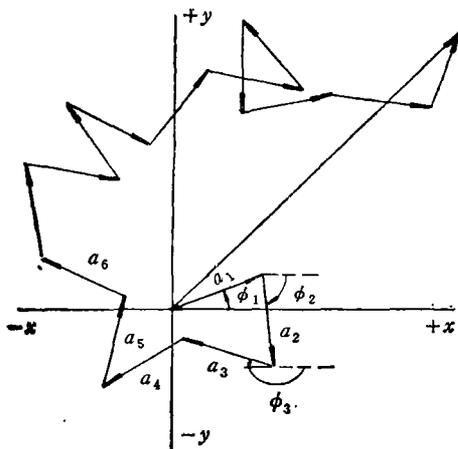


图 4 具有随机初相角的幅度相加

大家知道,几个音乐家以同样类型的乐器齐奏时合成的声音音质与从单个乐器出来而放大若干倍的声音音质是不同的。例如,两个小提琴手演奏同样乐调时产生的谐音结构是不会完全相同的,因为两个乐器的结构不可能完全相同;两个演奏者拉弓的方式也不可能完全一样。所有的音乐家在齐奏时,除了他们演奏的基音的初相角是随机的以外,产生的频率也会稍有不同。这样,在基音之间,在第二谐音之间,第三谐音之间……,将产生不同频率的“拍音”,这使得小提琴组演奏出来的波形更为复杂。一些同类乐器演奏同样的乐调时产生的合成频率所构成的音乐叫做齐声效应。所以,多个小提琴合奏除了平衡其他管弦乐器的声音外,它所产生的齐声效应使音乐的音质更丰富。

在剧场或音乐厅中,我们常常会看到在舞台两旁适当的高度上有如图五所示的扬声器的安排——黑盒子。它们可不是随便安排的。它们的安排必须使声音主要集中于坐着观众的这部分空间,而不是均匀地分布在大厅中,更不能集中到别的地方去。怎样安排才能做到这一点?这还得从音乐声波在适当条件下会产生衍射说起。当声波到达有一小孔或小缝的屏上时,如小孔或小缝的线度小于该声波的波长,则经过孔或缝的波就会发散开去,似乎这孔或缝成了新的波源,这就叫做衍射,如我们通常的门,其宽 b 大约 88cm 宽,对于 $\lambda \gg b$ 的声波将被强烈地衍射。对应于 $\lambda = 88\text{cm}$ 的声波,其频率为 392HZ,它对应于音乐音阶的中度 G 调,因此我们预料,低于中度 G 的声调将被衍射到门后旁边很宽的地方,即你坐在门旁墙壁后,你也能清楚地听到门外低于这个频率的声音。而较高频率的声调将直接通过门,只有很小的一部分弯到墙后阴影里。

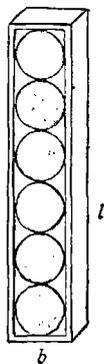
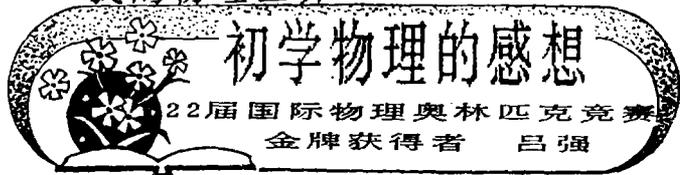


图 5 通常的扬声器安排

黑盒子

大部分扬声器是圆形的,它的线度通常小于大部分音频的波长,所以从扬声器传出的声波与从一圆孔衍射的声波非常相似。由于衍射,声强在有的角度上有极大,有的角度上有极小(零),它们的强度分布可以用图六表示出来,称为耳垂图。 S_1 、 S_2 为小孔(扬声器),以 SC 为轴,则在 θ_1 范围内有极大分布,在等于 θ_1 处有零强度;过 θ_1 后又有一些小的极大(附加耳垂)。衍射角 θ_1 也即第一极大后的零强度处的角取决于波长和孔直径, $\theta_1 = 1.22 \frac{\lambda}{b}$,波长 λ 越短,孔径



回想起来,我对物理发生兴趣,实在是件偶然的事。从上小学开始,我并没有显示出在某一方面的特殊兴趣,只是养成了爱看书的习惯。我看书的内容很杂:文学艺术、科普读物、历史地理都愿意看。由于完全是出于乐趣,所以读的时候并不求甚解,而且对书的深浅也不大挑剔,当时看起来比较深的书也看了些,现在觉得这对我很有益处。此外,也爱参加一些课外的科技活动。

初二时,开始上物理课。最初一段时间只是按课本的进度学,成绩一般,也不太感兴趣。大约是寒假过后,读了一本探讨爱因斯坦学术思想的书籍,引起我很大的兴趣。实际上那本书我只读懂了一小部分,很多内容似懂非懂。但是爱因斯坦的物理学理论如此深刻地改变了人类的思想给我留下了很深的印象。此外,物理学那种把事实经验与数学描述完美结合的方法,以及科学家在构造理论时,深入挖掘的一些哲学和认识论问题也使我好奇。从这以后,我就常常找一些物理书来看。

上了高中,我开始拿出较多的精力自学物理。我所在的天津耀华中学课外活动十分丰富,学科小组活

·越大,耳垂图就越窄,声波越趋近于直线传播,如图6(a);反之,耳垂图就越宽,如图6(b)。对于圆孔,衍射图是三维的。

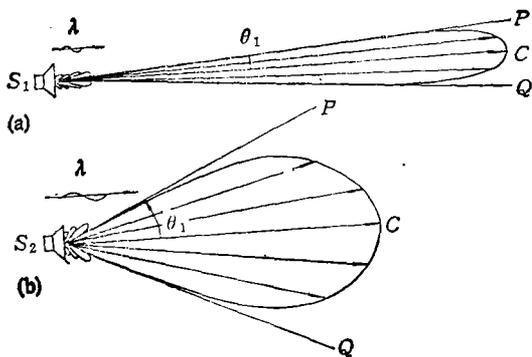


图6 声波衍射耳垂图

六个或八个扬声器如图5所示,在适当的高度上,相对于垂直方向有一倾斜角,电联接要使它们同相位振动。这样,黑盒子的整个长度 l 及宽 b 成为一个衍射缝。由此产生的衍射图在水平方向是宽的(因水平方向有较短的线度 b),而在垂直方向上是相对窄的(因 l 较长)。这样,最大量的声能集中于观众,大大减少从房子的墙壁和天花板反射来的不必要的波。

“小夜曲”

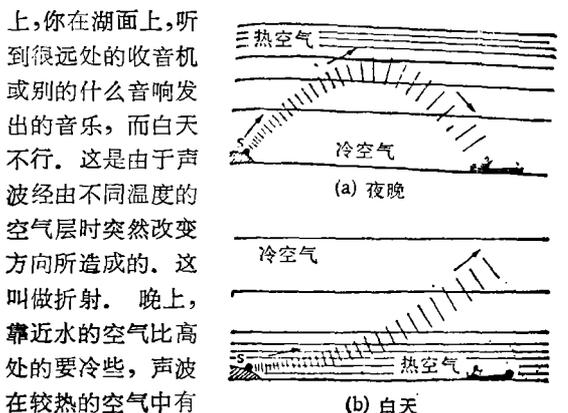
我有这样的经历,曾在一个远郊的研究所工作,住

动内容很充实,我一面参加物理小组,一面借一些书自学,提前学完了高中课程,又看了些普通物理的内容。物理组的老师们也比较关心我,经常借给我资料并指导我的自学。寒暑假时,学校还举办提高性质的专题讲座。这期间的学习对我打基础十分有益。

高三时,参加了第七届全国中学生物理竞赛,我获得了较好的名次并获参加奥林匹克竞赛选拔的资格。在集训期间,我开始学习大学物理的内容。随着眼界的扩大,对于物理学的理解也在不断加深。

物理学的研究范围不断扩大,不断与其它学科融合、渗透。它不仅推动了人类的物质文明,而且也不断更新、推动着人类的思想和对世界的理解。这一切都吸引着我们专注于这项事业。我希望今后能通过辛勤劳动,在这片广阔的天地中做出自己的微薄贡献。

在四边旷野,且有水田、池塘、河流的多水的乡村型招待所。当夜晚静悄悄,躺在床上正要入睡时,经常可隐隐约约听到不知从哪儿飘来的“交响曲”,有时婉转动听,有时似诉似泣,……。你也可能有另一番经历,晚上,你在湖面上,听到很远处的收音机或别的什么音响发出的音乐,而白天不行。这是由于声波经由不同温度的空气层时突然改变方向所造成的。这叫做折射。晚上,靠近水的空气比高处的要冷些,声波在较热的空气中有较高的速率,因而



被折射返回下来。在白天,靠近水的空气较高处的空气为热,声波从水折射向上面。如图7所示。实际上,确实在40—64km的高处存在着热空气层。波在通常的旷野情况下直线进行,向上或向下;但当它们进入一个热空气层时,或多或少地改变方向,因而使我们有幸听到远处的经折射而到达的声音。