



# 科技 回眸

# 物理源流

## 物理历史与物理科技

肖东发◎主编 李丹丹◎编著

共鸣效应——古代声学 光源研究——古代光学 电与磁石——古代电磁 动力发明——古代力学



古代声学从振动与波的概念形成，到实践中的“地听”、乐器制造、声学建筑等，都有许多突出成就；古代光学科技，体现在对大气光现象的观测、证明小孔成像、光学仪器的研制等方面，有多项成果具有世界先进水平；我国古代先民关注雷电现象，创建了避雷技术，研究电现象与磁现象等，留下了丰富而有价值的史料；古代力学对物体的动静状态、重心、平衡有着深刻认识，发明创造了斜面、杠杆、滑轮……

中国出版集团  
 现代出版社



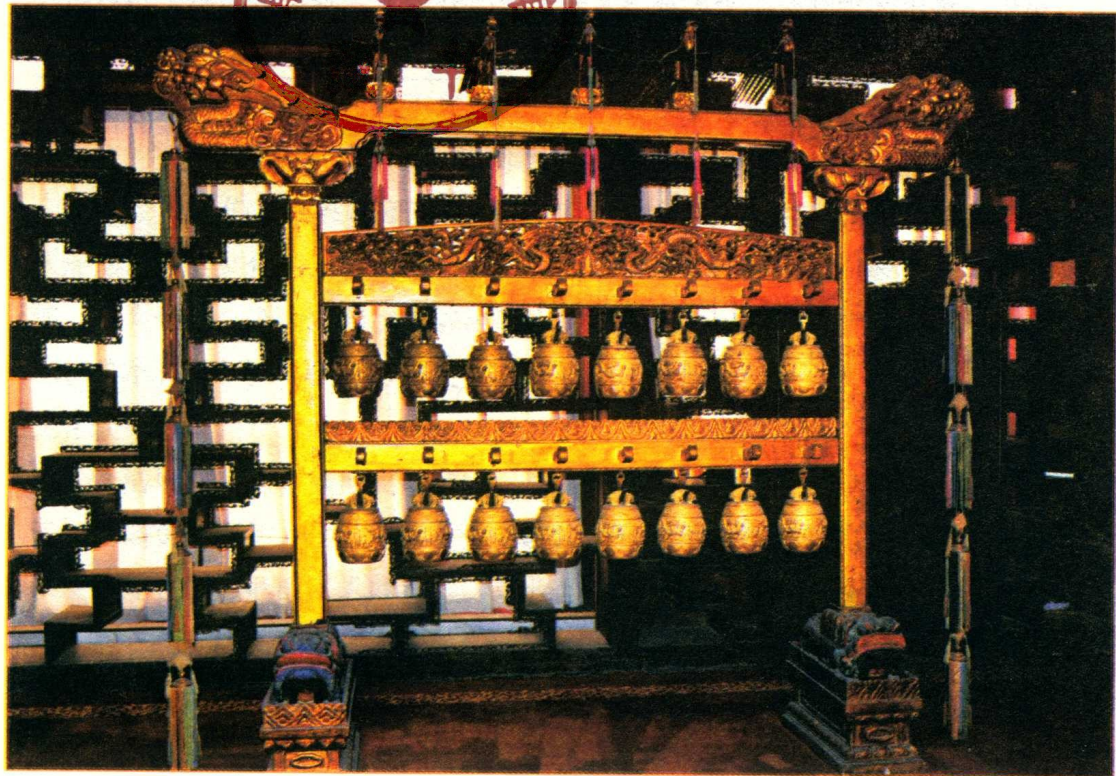
中华精神家园



科技回眸

# 物理源流

## 物理历史与物理科技

肖东发 主编 李丹丹 编著



 中国出版集团  
 现代出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

物理源流 / 李丹丹编著. — 北京: 现代出版社,  
2014. 10

(中华精神家园书系)

ISBN 978-7-5143-2990-2

I. ①物… II. ①李… III. ①物理学史—中国—古代  
IV. ①04-092

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第236373号

---

## 物理源流：物理历史与物理科技

---

主 编：肖东发

作 者：李丹丹

责任编辑：王敬一

出版发行：现代出版社

通讯地址：北京市定安门外安华里504号

邮政编码：100011

电 话：010-64267325 64245264（传真）

网 址：[www.1980xd.com](http://www.1980xd.com)

电子邮箱：[xiandai@cnpitc.com.cn](mailto:xiandai@cnpitc.com.cn)

印 刷：北京兴星伟业印刷有限公司

开 本：710mm×1000mm 1/16

印 张：11

版 次：2015年4月第1版 2015年4月第1次印刷

书 号：ISBN 978-7-5143-2990-2

定 价：29.80元

---

版权所有，翻印必究；未经许可，不得转载



党的十八大报告指出：“文化是民族的血脉，是人民的精神家园。全面建成小康社会，实现中华民族伟大复兴，必须推动社会主义文化大发展大繁荣，兴起社会主义文化建设新高潮，提高国家文化软实力，发挥文化引领风尚、教育人民、服务社会、推动发展的作用。”

我国经过改革开放的历程，推进了民族振兴、国家富强、人民幸福的中国梦，推进了伟大复兴的历史进程。文化是立国之根，实现中国梦也是我国文化实现伟大复兴的过程，并最终体现在文化的发展繁荣。习近平指出，博大精深的中国优秀传统文化是我们在世界文化激荡中站稳脚跟的根基。中华文化源远流长，积淀着中华民族最深层的精神追求，代表着中华民族独特的精神标识，为中华民族生生不息、发展壮大提供了丰厚滋养。我们要认识中华文化的独特创造、价值理念、鲜明特色，增强文化自信和价值自信。

如今，我们正处在改革开放攻坚和经济发展的转型时期，面对世界各国形形色色的文化现象，面对各种眼花缭乱的现代传媒，我们要坚持文化自信，古为今用、洋为中用、推陈出新，有鉴别地加以对待，有扬弃地予以继承，传承和升华中华优秀传统文化，发展中国特色社会主义文化，增强国家文化软实力。

浩浩历史长河，熊熊文明薪火，中华文化源远流长，滚滚黄河、滔滔长江，是最直接源头，这两大文化浪涛经过千百年冲刷洗礼和不断交流、融合以及沉淀，最终形成了求同存异、兼收并蓄的辉煌灿烂的中华文明，也是世界上唯一绵延不绝而从没中断的古老文化，并始终充满了生机与活力。

中华文化曾是东方文化摇篮，也是推动世界文明不断前行的动力之一。早在500年前，中华文化的四大发明催生了欧洲文艺复兴运动和地理大发现。中国四大发明先后传到西方，对于促进西方工业社会发展和形成，曾起到了重要作用。




中华文化的力量，已经深深熔铸到我们的生命力、创造力和凝聚力中，是我们民族的基因。中华民族的精神，也已深深植根于绵延数千年的优秀传统文化传统之中，是我们的精神家园。

总之，中国文化博大精深，是中华各族人民五千年来创造、传承下来的物质文明和精神文明的总和，其内容包罗万象，浩若星汉，具有很强文化纵深，蕴含丰富宝藏。我们要实现中华文化伟大复兴，首先要站在传统文化前沿，薪火相传，一脉相承，弘扬和发展五千年来优秀的、光明的、先进的、科学的、文明的和自豪的文化现象，融合古今中外一切文化精华，构建具有中国特色的现代民族文化，向世界和未来展示中华民族的文化力量、文化价值、文化形态与文化风采。

为此，在有关专家指导下，我们收集整理了大量古今资料和最新研究成果，特别编撰了本套大型书系。主要包括独具特色的语言文字、浩如烟海的文化典籍、名扬世界的科技工艺、异彩纷呈的文学艺术、充满智慧的中国哲学、完备而深刻的伦理道德、古风古韵的建筑遗存、深具内涵的自然名胜、悠久传承的历史文明，还有各具特色又相互交融的地域文化和民族文化等，充分显示了中华民族厚重文化底蕴和强大民族凝聚力，具有极强系统性、广博性和规模性。

本套书系的特点是全景展现，纵横捭阖，内容采取讲故事的方式进行叙述，语言通俗，明白晓畅，图文并茂，形象直观，古风古韵，格调高雅，具有很强的可读性、欣赏性、知识性和延伸性，能够让广大读者全面触摸和感受中国文化的丰富内涵，增强中华儿女民族自尊心和文化自豪感，并能很好继承和弘扬中国文化，创造未来中国特色的先进民族文化。



2014年4月18日





## 共鸣效应——古代声学

- 对共振与声波的认识 002
- 对共鸣与隔音的利用 010
- 声学在乐器上的运用 016
- 奇妙的古代声学建筑 025

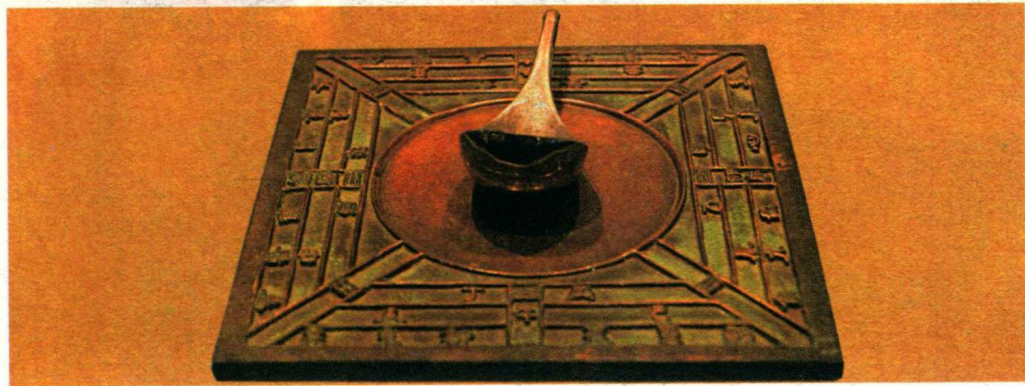
## 光源研究——古代光学

- 032 对光源的认识与利用
- 039 对大气光现象的观测
- 048 绝无仅有的成像实验
- 053 对光学仪器的研制

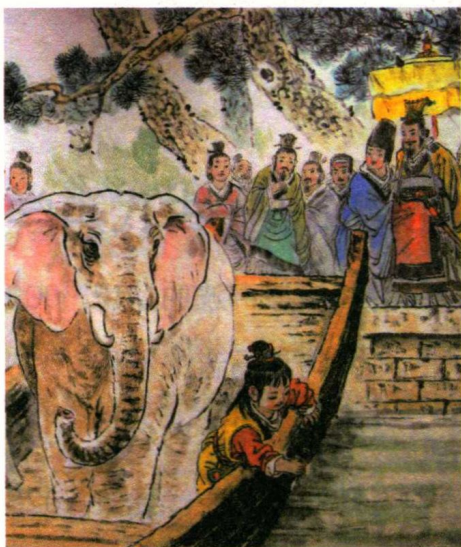


## 电与磁石——古代电磁

- 对雷电现象的认识 062
- 磁现象与电现象记载 070
- 人工磁化法的发明 079
- 指南针的发展与演变 085





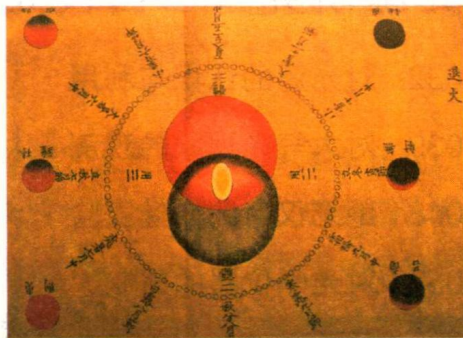


## 动力发明——古代力学

- 对力的认识与运用 092
- 认识力的运动与静止 100
- 重心和平衡技术成果 107
- 对斜面原理的运用 113
- 对杠杆原理的运用 118
- 对滑轮原理的运用 124
- 对材料和晶体的研究 128

## 热源利用——古代热学

- 136 获得热源的妙法
- 143 热学理论与实践
- 150 对温度与湿度的测量
- 159 对物质三态变化的研究



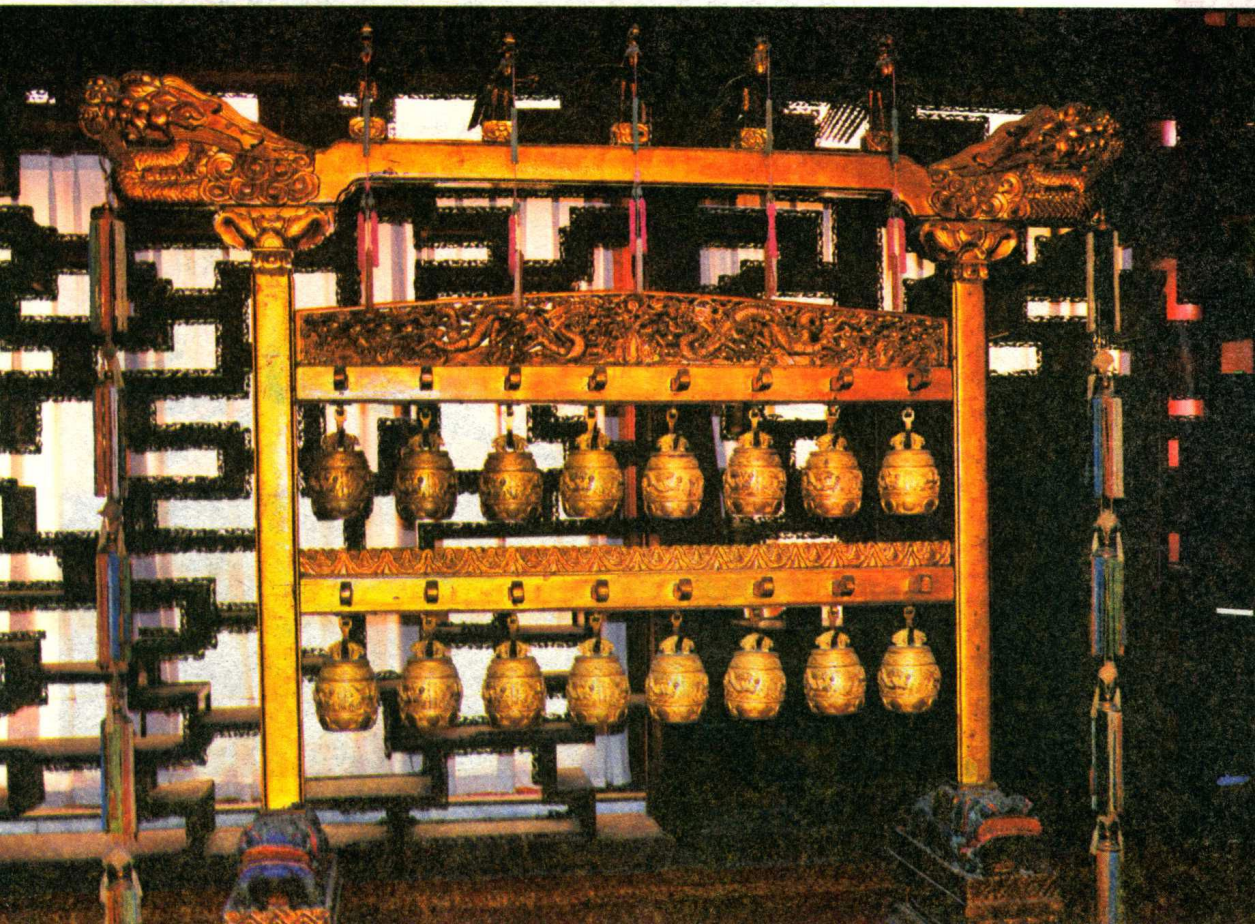


# 古代声学

声学是研究一切声音现象、利用声音或消除声音的科学。自然界中时刻都发生各种各样的声音，可谓无所不有，五花八门。

声学是我国历史上最悠久的学科之一。宋代沈括在《梦溪笔谈》中叙述共振现象和音调的无穷变化时说“此声学要妙处也”。可见“声学”在我国历史上是最早定名的科学名词之一。

在我国古代，声学效应早就在实际中加以应用了。从振动与波的概念的形成，到实践中的“地听”、乐器制造、声学建筑等，都有许多突出的成就。





# 对共振与声波的认识

002

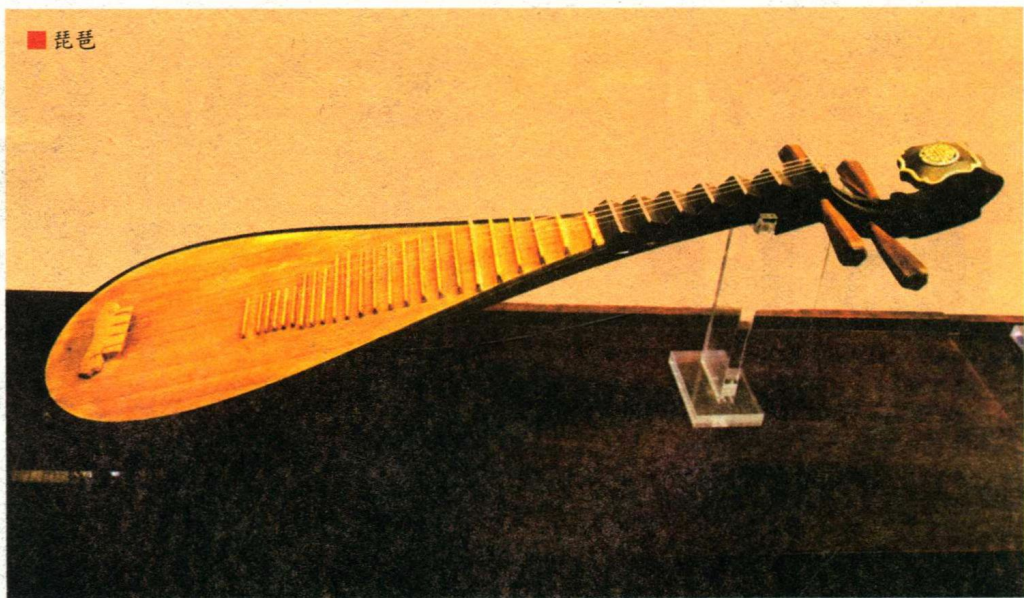
物理源流

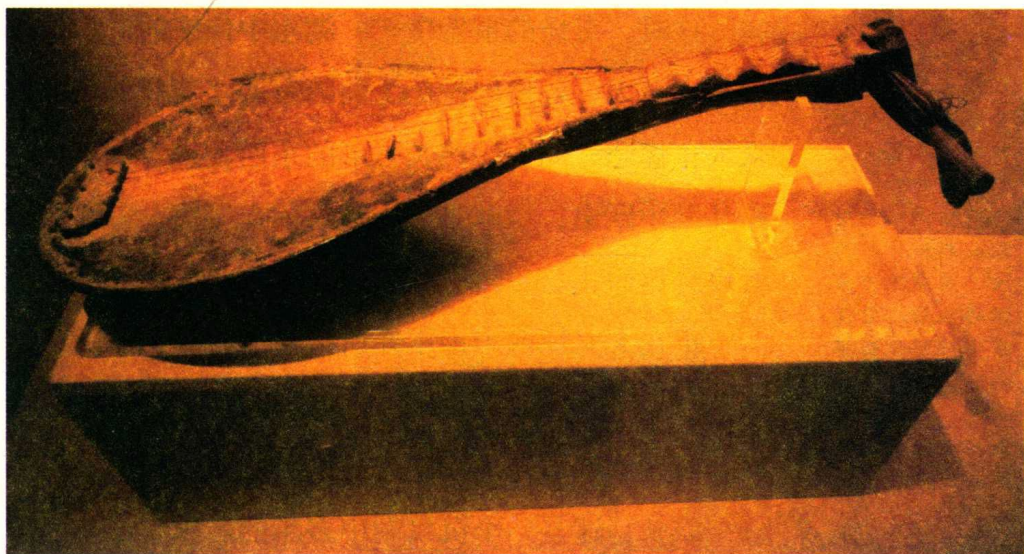
物理历史与物理科技

对于振动和波的概念，是人们在长期实践中建立和发展起来的。

各种各样的声波都是由发声体振动引起的，这种振动通过空气或其他媒介传播到人的耳朵，人就听到了声音。并在人的头脑中逐渐加深了对它们的认识。

■ 琵琶





■ 古代琵琶

唐武宗时，当朝太尉李德裕手下有一个乐官名叫廉郊，师从当时的琵琶大师曹钢，是曹钢的得意弟子，技艺精湛，听他的演奏如闻仙乐。

在一个月白风清的夜晚，李太尉带着廉郊及随从们，邀约曹钢带着琵琶，来到李德裕的平泉别墅湖边，大家欢聚，赏月弹琴。

廉郊主奏蕤宾调《芰荷》大曲，曹钢用和声陪衬。乐曲起伏错落，高低昂扬。弹奏几曲以后，音乐会渐进高潮。

太尉与众人正神往于乐曲勾画出的音乐意境之中时，湖中传来阵阵像是鱼儿跳出水面又落下时溅水的声音。演奏者一听，就停奏了《芰荷》，改奏其他曲调的作品，而湖中声音消失了，也没什么动静了。

太尉安慰众位宾客，让接着弹。于是师徒两人转轴拨弦，再次演奏。《芰荷》大曲再起，湖水中又有声音传出。师徒两人想到太尉兴致这样高，便交换一下脸色，没有停止演奏。

**蕤宾** 我国古代乐律十二律中的一律。十二律的具体名称如下：黄钟、大吕、太簇、夹钟、姑洗、仲吕、蕤宾、林钟、南吕、夷则、无射、应钟。如果假设黄钟是现代钢琴上的“C”音，其他各律的音则依次向上升半音。蕤宾位居第七。十二律产生在我国春秋战国时期。



**方响** 是我国古代很有艺术特色并具有固定音高的敲击乐器。它出自距今1400多年前的南北朝时期的北周，后为隋、唐燕乐中常用的乐器。它通常由16块铁板根据音高顺序排列而成，挂在木架上用小铁锤或木槌敲击发音。

这时，奇怪的事发生了：湖水中传来的奇特的音响越来越大，好像同琵琶大曲蕤宾调《菱荷》相和。众人正惶恐之间，一块长方形的东西夹带着水声、风声从湖中跃出，“哐当”一声跌落在岸边。奇怪的声音也戛然而止。

正在大家惊魂未定不知所措时，有胆大的随从已把这件东西送到太尉面前。太尉一看，“呵呵”一笑，对曹钢、廉郊说：“这是你们的知音啊！”

原来，这是一个沉没湖中多年的名叫“方响”的打击乐器中的一块，刚好是专奏蕤宾调的那块。

曹钢说：“太尉高见，这就是声律相应啊！”

在这个有点诡异的故事中，廉郊竟能以美妙的音乐引起湖底沉铁共鸣，受振出水，而琵琶大师曹钢将其解释为“声律相应”，恰恰验证了声音共振这个科学道理。

其实，古人获得这些共振知识，是经历了一个长期的实践过程。

当一个物体发声振动时另一个物体也随着振动，这种现象叫作共振。在古代典籍中有大量的关于共振现象的记述。

■董仲舒（前179年~前104年），西汉时期思想家，儒家，著名的唯心主义哲学家和经学大师。他把儒家的伦理思想概括为“三纲五常”，汉武帝采纳了董仲舒的建议，从此儒学成为官方哲学，并延续至今。他的著作汇集于《春秋繁露》一书。





比如《庄子》一书最早记下了瑟的各弦间发生的共振现象：

一种情况是，在弹宫、角等基音时，置于一室的诸瑟相应的弦也发生振动；另一种情况是，如果调一弦，使它和宫、商、角、徵、羽“五声”中任何一声都不相当，弹动它时，另一个瑟上25根弦都动了起来。



唐代乐器表演

后一种现象一般情况下较难以察觉到，古人能发现这一点，说明他们的观察是很细致的。

古人不但观察到了共振现象，还试图对之加以解释，这方面最具代表性的是西汉时期思想家董仲舒。

他在其《春秋繁露·同类相动篇》写道：

具有相同性质的物体可以相互感应，之所以会鼓官官动，鼓商商应，就是由于它们声调一样，这是必然现象，没有任何神奇之处。

董仲舒能正确认识到这是一种自然现象，打破了笼罩在其上的神秘气氛，是有贡献的。

**五声** 在乐律学中，五声又叫“五音”，即我国古代五声音阶中的宫、商、角、徵、羽5个音阶。五声与古代的阴阳五行、五味、五色、五官、五谷等朴素的理论形式一样，是我国早期整体化的美学观，被西方人看作是整个东方音乐的基本形态。



**张华**（232年~300年），西晋时期政治人物、文学家，官至司空。晋惠帝执政时期，八王之乱爆发，张华被害。张华爱好奖掖人才，博学多能，博物洽闻，世无与比。代表作品有《博物志》、《鹤鹤赋》和《情诗》五首。

两汉时期，人们对共鸣现象有了进一步的认识，其中值得一提的是西晋时期文学家张华，他把共鸣现象范围推广至乐器之外。

据传当时殿前有一大钟，有一天钟忽然无故作响，人们十分惊异，去问张华。

张华回答说这是蜀郡有铜山崩塌，所以钟会响。不久，蜀郡上报，果然如此。

张华把铜山崩与钟响应联系起来，这未必意味着他从共振的角度出发考虑这件事。不过用董仲舒的观点也能解释：钟是铜铸的，铜山崩，钟即应，是由于“同类相动”的缘故。

南北朝时期的志怪小说集《异苑》中提及张华的另一件事，却明明白白是从共鸣角度作解的。

洛阳附近的某人有一个铜洗盆，晨夕自鸣，就问张华。张华说此盆与钟相应，洛阳朝暮撞钟，故铜盆作声响应。张华建议他以铁铍打磨铜盆至稍轻，其鸣

■ 能够产生共鸣的铜盆





■ 沈括（1031年~1095年），北宋时期著名科学家。著有《梦溪笔谈》等自然科学著作。不仅是我国古代的学术宝库，而且在世界文化史上也有重要的地位。沈括也因而被称为“中国科学史上最卓越的人物”之一。

自止。此人如法磨盆，果不复鸣。

这里，张华不仅认定这是共鸣现象，找到了共鸣源，而且提出了消除共鸣的方法，制止了共鸣的发生。

至宋代，科学家沈括把古人对共振现象的研究进一步向前做了推进。他用实验手段探讨乐器的共鸣。

他剪了一个小纸人，放在基音弦线上，拨动相应的泛音弦线，纸人就跳动，弹别的弦线，纸人则不动。

这样，他就用实验方法，把音高相差八度时二弦的谐振现象直观形象地表现了出来。

沈括这个实验，比起欧洲类似的纸游码实验，要早好几个世纪。

沈括的实验对后人颇有影响。明代晚期学者方以智就曾在其《物理小识》中明确概括道：声音之和，足感异类。只要声音特性一致，即频率相同或成简单整数比，在不同器物上也能发生共鸣。

他指出，乐器上的共鸣具有同样的本质，都是由“声音相和”引起的。

方以智的这些话，标志着人们对共鸣现象本质的



**基音** 一般的声音都是由发音体发出的一系列频率、振幅各不相同的振动复合而成的。发音体整体振动产生的音叫作基音，决定音高；发音体部分振动产生的音，叫作泛音，决定音色；基音和泛音结合在一起而形成的音，叫作复合音，日常我们所听到的声音多为复合音。





■王充(27年~约97年),东汉时期杰出的思想家,唯物主义哲学家。所著《论衡》是我国古代的一部“百科全书”。就物理学来说,王充把人的发声,比喻为鱼引起水的波动;把声的传播,比喻为水波的传播。

认识又深入了一步。

事实上,古人对共鸣现象的最初认识及其逐步加深,伴随着对自然界中波的理解。也就是说,在自然界中共振与波密切相关。

上古时候,人们在渔猎生产中常见到这样的现象:湖泊池沼的涟涟水波,水面上的浮

萍、木条却并不随波前进,而是在做上下振动;在纺绳织网中,弹动绳子,“波浪”从一头传至另一头,但绳子上的线头也不随“波”逐流。

对于类似现象,人们经过了长久的思索才有了答案。比如《管子·君臣下》写道:浪头涌起,到了顶头又会落下来,乃是必然的趋势。这是春秋时期人们的回答。

至东汉时期,人们对此有了进一步的认识。东汉时期思想家王充终于发现,声音在空气中的传播形式是和水波相同的。

王充在《论衡·变虚篇》写道:鱼身长一尺,在水中动,震动旁边的水不会超过数尺,大的不过与人一样,所震荡的远近不过百步,而一里之外仍然安然清澈平静,因为离得太远了。

宋应星(1587年~约1666年),明末清初的科学家。他的代表著作《天工开物》,是世界上第一部关于农业和手工业生产的综合性科学技术著作,也有人称它是一部百科全书式的著作。外国学者称它为“中国17世纪的工艺百科全书”。

如果说人操行的善恶能使气变动，那么其远近应该跟鱼震荡水的远近相等，气受人操行善恶感应变化的范围，也应该跟水一样。

王充在这里表达了一个科学思想：波的强度随传播距离的增大而衰减，如鱼激起的水波不过百步，在500米之外消失殆尽；人的言行激起的气波和鱼激起的水波一样，也是随距离而衰减的。

可以认为，王充是世界上最早向人们展示不可见的声波图景的，也是他最早指出了声强和传播距离的关系。

至明代，借水波比喻空气中声波的思想更加明确、清楚。明代科学家宋应星在《论气·气声篇》中的结论是：敲击物体使空气产生的波动如同石击水面产生的波。

声波是纵波，其传播能量的方向和振动方向相平行；水波是横波，其传播能量的方向和振动方向相垂直。尽管古代人由于受到时代的局限性，对纵波和横波分不清，但上述认识已经是古人在声学方面的一个巨大进步。

## 阅读链接

唐代洛阳某寺一僧人房中挂着磬这种乐器，经常自鸣作响。僧人惊恐成疾。

僧人的朋友曹绍夔是朝中管音乐的官员，闻讯特去看望。这时正好听见寺里敲钟声，磬也作响。于是便说：“你明天设盛宴招待，我将为你除去心疾。”

第二天宴罢，曹绍夔掏出怀中铁铤，在磬上铤磨几处，磬再也不作响了。僧人觉得很奇怪，问他所以然。

曹绍夔说：“此磬与钟律合，故击彼应此。”僧大喜，病也随着痊愈了。

这个故事表明我国古人已具有较丰富的声学知识。



## 对共鸣与隔音的利用

010

物理源流

物理历史与物理科技

共鸣器是将声音放大，以便听到远处的声音。值得注意的是，那种以竹筒听地声的方法正是后来医用听诊器的始祖。在战争环境下，古代人发明了各种各样的共鸣器，用来侦探敌情。



早在战国初期，勇敢善战的墨家就发明了侦探敌情的方法。《墨子·备穴》就记载了其中的几种。

古代的中国人还发明了隔声的方法，是把声音约束在一定范围内，不让它传播出去。

■ 墨子画像