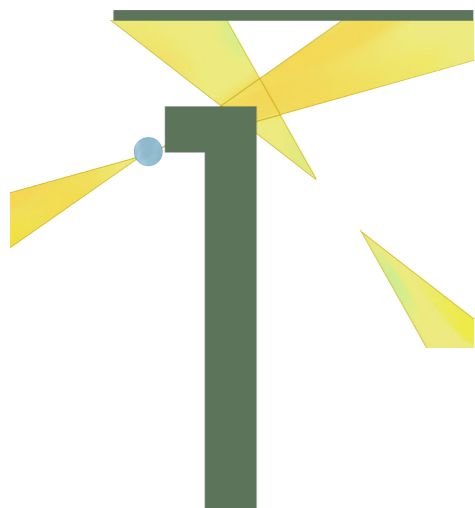


扉页

copyright material



• 001 •

第1讲

引力波是怎么探测到的



• 039 •

第2讲

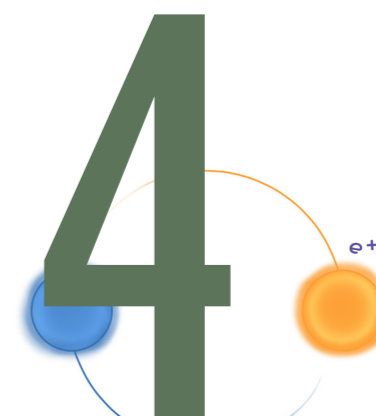
光速是怎么影响时空的



• 079 •

第3讲

引力是怎么产生的



• 117 •

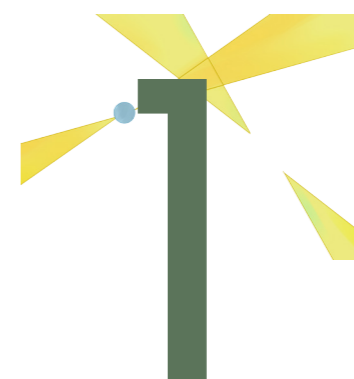
第4讲

相对论都有什么用

copyright materig



RELATIVITY FOR CHILDREN



# 引力波是怎么探测到的

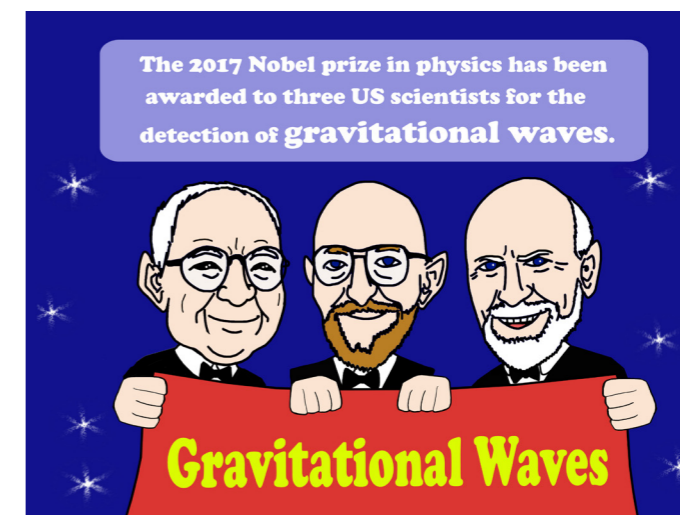
第 1 讲

copyright materia



2017 年 10 月 3 日，2017 年诺贝尔物理学奖尘埃落定。它被颁给了美国物理学家雷纳·韦斯、基普·索恩和巴里·巴里什，以表彰他们领导建设激光干涉仪引力波天文台（简称 LIGO），进而首次直接探测到引力波的伟大成就。

事实上，爱因斯坦于 1915 年就提出了广义相对论；这是他一生中提出的最伟大的理论，我在后面会详细为你介绍。仅仅在一年之后，也就是 1916 年，他就用这个理论预言了引力波的存在。但直到整整 100 年后，也就是 2016 年，人们才能真正地探测到它。你看，是不是很奇怪？众所周知，20 世纪科技发展日新月异。那为什么要花整整 100 年，才能揭开引力波的



神秘面纱？这节课，我就来为你解答其中的奥秘。

首先，我来讲讲什么是引力波。让我们做个思想实验。想象一个很大的池塘，里面有非常平静的水面。如果往这个池塘里扔一颗小石子，原本平静的水面立刻会泛起波纹，或者说涟漪。这些涟漪会一圈圈地向外扩散，从而让整个池塘的水面都随之波动。如果原来的水面上还漂浮着一艘小木船，那它就会随水波而上下起伏。

copyright materia



现在，把这个池塘的水面想象成时空本身，也就是时间和空间的总称。广义相对论认为，有质量的物体可以让时空本身发生弯曲。而当有质量的物体发生剧烈运动的时候，它就可以像那颗小石子一样，让时空本身也泛起涟漪。这些涟漪同样会向外传播，从而让远方的物体也随之起伏。这种时空的涟漪就是引力波。

那要是引力波传到地球，会造成什么影响呢？答案是，它会使其传播方向垂直的空间发生周期性的形变。换句话说，当引力波经过的时候，

与之垂直的空间会不断地收缩或扩张：横向收缩，纵向就扩张；横向扩张，纵向就收缩。由于空间本身在形变，置身于其中的物体自然也会跟着形变。也就是说，当引力波传来的时候，小到一把尺子，大到整个地球，都会发生周期性的伸缩。

可能有些小朋友会担心：“要是引力波传来的时候，把我们拉坏了该怎么办？”你完全没有担心的必要。这是因为引力波使物体发生形变的比例特别小。到底小到什么地步呢？大概只有十万亿亿分之一。打个比方：如果你的尺子长达 1000 千米，也就是从北京到上海的直线距离，那引力波大概能使它变动一千万亿分之一米，相当于一个原子核的直径。如果你的尺子长达 10 万光年，也就是我们银河系的直径长度，那引力波大概能使它变动 1 米。

其实，这正是科学家要花整整 100 年才能探测到引力波的原因：因为它实在太微弱、太难测了。事实上，就连爱因斯坦本人都不相信人类能测到引力波。更夸张的是，他甚至一度想要否定引力波的存在。下面，我就来讲讲这段有趣的往事。

1936 年，爱因斯坦与内森·罗森合写了一篇科研论文。在这篇名为《引

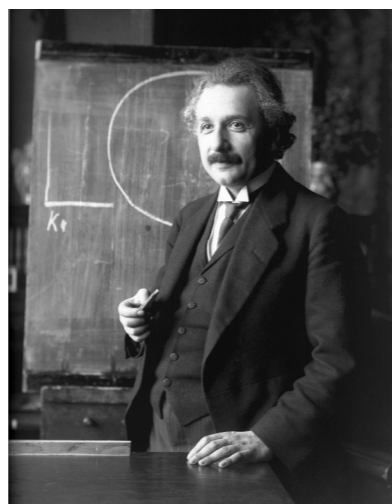


力波存在吗?》的文章中,爱因斯坦和罗森公然宣称引力波其实根本不存在。这篇论文被投给了著名物理学期刊《物理评论》。

在此之前,爱因斯坦给《物理评论》投过好几篇论文。由于爱因斯坦的赫赫威名,这些论文都没送给审稿人去评判,就直接被接受发表了。但这一次,《物理评论》的主编约翰·泰特却没有为这篇论文开绿灯,而把它送到了普林斯顿大学教授霍华德·罗伯逊的手里。

罗伯逊是一个相当有名的宇宙学家,对广义相对论特别有研究。他发现这篇论文的结论是错的,所以就要求爱因斯坦他们对此文进行修改。罗伯逊把他的审稿意见寄给了泰特,而泰特又把这份匿名的审稿意见转寄给了爱因斯坦。

在爱因斯坦大部分的学术生涯中,根本没有现在普遍实行的匿名审稿



• 爱因斯坦 •

制度;而他以前写的那些科研论文,也都是投过去就直接发表了。所以爱因斯坦收到这份审稿意见后怒不可遏,立刻给《物理评论》寄去一封撤稿信。在这封撤稿信中,爱因斯坦特别霸气地写道:“我们投稿是为了发表,并没有授权你在发表之前让其他专家过目。我认为没必要回复那个匿名专家肯定错误的意见。基于这种情况,我宁愿把论文发表在其他地方。”

顺便说一句。从此以后,爱因斯坦就再也没向《物理评论》投过任何稿件。

爱因斯坦随后把那篇有问题的论文投给了另一家学术期刊。但刚投出去没多久,尴尬的事情就来了。匿名审稿人罗伯逊跑到普林斯顿高等研究院去访问,并且当面向爱因斯坦指出了论文中的错误。发现自己弄错了的爱因斯坦顿时冷汗直流。他赶紧联系第二家杂志,对那篇文章做了大幅度的修改,删掉了以前的引力波不存在的结论,并把论文



• 罗伯逊 •

copyright materig