



林岳武 季昭文

迭加原理浅谈

福建教育出版社

迭加原理浅谈

季昭文 林岳武

福建教育出版社

迭 加 原 理 浅 谈

季昭文 林岳武 著

福建教育出版社出版
福建省新华书店发行
福建教育出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 3印张 62千字

1989年3月第一版

1989年3月第一次印刷

印数: 1—3,500

ISBN 7-5334-0289-8/G·214 定价: 0.88元

内 容 提 要

本书通过对某些有趣的物理问题的分析探讨，揭示了迭加原理的实质，列举了迭加原理在中学物理解题中的妙用。将科学研究的某些基本思想方法寓于知识传授之中。

编 者 的 话

迭加原理是物理学中的一条基本原理。它体现了物理学中许多过程或者作用的根本特征，提供了处理这些问题的极其简便的方法，甚至对于某些我们现在还不很理解其确切物理过程和物理性质的事物，它也能给予我们一些宝贵的启迪。

本书就是阐述迭加原理的基本概念、思想方法、前提条件及其无穷妙用的，并尝试着把这一原理和数学中的线性概念结合起来。笔者无意模仿一般教科书的编写方法，而着重于遵循思维规律，寓知识于问题之中。从提出问题入手，通过条分缕析，进而综合提高，灵活运用。本书的书名和标题的意义也正在于此。

和其它课外读物一样，本书在读者已有的中学物理和数学的基础知识上，通过某些引人入胜的问题进行分析探讨，来帮助读者更深一层地理解迭加原理的实质。为开拓读者的知识眼界，并顾及叙述上的完整性，书中也引进了一些超越中学知识范围的内容，读者若一时还不甚理解也无妨，它并不影响你对其它部分的阅读。

为了使读者养成运用迭加原理的思想方法来思考，并善于多方面地运用这一原理的习惯，在“独辟蹊径”这一部分

的各个专题后面，都附有少量练习题，这些题目大都能用多种方法解出，希望读者能加以比较，从中领悟迭加原理的微妙之处。

本书的某些部分，如“迭加与线性”、“探索带电粒子在电磁场中的运动”等，纯属笔者的一孔之见，如蒙读者批评指正，将不胜感激。

编者

1988年1月

目 录

思考分析	(1)
1 奇异的设想	(1)
2 好象是一个简单的问题	(2)
3 能这样迭加吗	(4)
4 关于一个问题的论证	(5)
5 一场争论	(6)
探微索隐	(8)
1 独特的性质	(9)
2 不可忽视的前提	(12)
3 重要的条件	(15)
4 一点说明和告诫	(18)
5 关于争论的评述	(20)
推本溯源	(23)
1 从买书谈起	(24)
2 迭加与线性	(25)
独辟蹊径	(33)
1 巧解运动学问题	(33)

2 探索带电粒子在电磁场中的运动.....(41)

3 零力系公理及其应用.....(54)

4 出奇制胜地解决线性电路问题.....(60)

5 特殊的加法 无穷的妙用.....(71)

附录一 矢量的线性关系.....(77)

附录二 带电粒子在稳恒电磁场中的运动.....(81)

附录三 练习题提示与答案.....(84)

思考分析

当我们对任何问题进行充分深刻的思考时，也许对其中某个方面会产生不理解、怀疑与不肯定的感觉。这种感觉对学习、研究科学来讲是非常重要的，它引诱我们去进一步求索，于是科学上的真知灼见往往就这样诞生出来。不必担心结果会令人失望，在寻求正确答案的过程中，每弄懂一个问题，理清一个思路都会得到快感，获得自信。这样就引导去发现和解决更新的问题。

有句名言曰：“真理诞生在一百个问号之后。”提出问题、质疑、探究，这就是在追求真理。只要我们开动脑筋、独立思考、刻苦钻研，就一定能找到正确答案。

1. 奇异的设想

大千世界，无奇不有。小王同学从运动迭加来看汽车撞倒人的事，发表了这样一段离奇的高论。

他说：“你可以做这样的设想：第一次，你先假定汽车没有开动，人在车头的前方，从公路的一侧横穿公路走向另一侧。第二次，你再假定人不在这里，但汽车开动沿公路前进。

现在再假设上面两个运动是同时发生的，这样，汽车就撞到人的身上去了。因此说，汽车撞倒人这个结果是前面两个分开发生的运动的总和。”

看到这里，你一定会感到荒谬可笑！

但是，请慢一点。小王还有一个为他的设想申辩的例子。

他说：“你见过石头扔进池水中所产生的水波吗？将两块石头扔进池中，如果你注意分辨这两块石头各自激起的波，你就会看到它们各成一个简单的圆形图样，并不因为有另一个圆形图样存在而使它遭受破坏。然后再注意由两块石头共同激起的波，你就将看到它的波纹图样是前面两个图样的迭加。在这里，我们考察两列水波在相遇区域的情况时，难道不能先设想在池水中只有一块石头所激起的波，再设想这列波不存在，而有另一石头所激起的波。最后设想两列波同时存在而把它们相加起来吗？”

对于小王所说的事实，读者如果不信，不妨亲自到水池旁边去试试。

那么，这个奇异的设想，又“奇”哪里，“异”在何方呢？

2. 好象是一个简单的问题

有些问题表面看来十分简单，似乎凭直觉和常识就能作出解答。但结果却使人感到震惊——事实竟与答案有极大的出入。下面就是一个明显的例证。

如图1—1所示。某人站在水面上方高20米的岸上A点，用长40米的绳子系住小船B，以 $v=3$ 米/秒的均匀速度拉绳，使船靠拢河岸。问

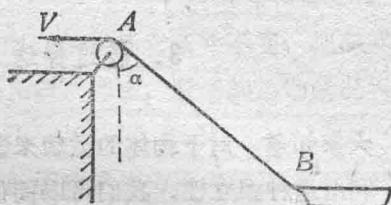


图 1—1

(1) 船的运动速度比绳子的移动速度大呢？还是小？还是相等？

(2) 5 秒末船的速度是多少？

不少人认为船也一定要以3米/秒的速度作匀速运动。因为船是被绳子拉着靠岸的，“常识”告诉他们，船的运动速度必须与收绳的速度相等。另外一些人却认为，船的运动速度应该是 $v \sin \alpha$ ，因为绳拉船的速度 v 是斜向上的，将这个速度分解为船前进方向上的水平分速度 v_1 和竖直方向上的分速度 v_2 (图 1—2)，而 $v_1 = v \sin \alpha$ 就是船前进的速度。于是得出，船前进的速度比绳子移动的速度小，5 秒末船的速度是

$$3 \times \frac{3}{5} = 1.8 \text{ (米/秒)}.$$

双方的理由仿佛都很正确，其实这两种见解都是错误的。

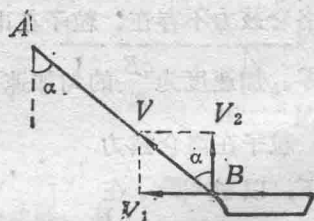


图 1—2

你能揭示他们的错误，并得出正确的解答吗？

3. 能这样迭加吗

大家知道，对于物体的运动来说，力的作用具有独立性，利用这种独立性，我们可以简便地处理某些复杂的力学问题。

例如，一个质量为 m 、带电量为 q 的粒子，以速度 v_0 进入如图1—3所示的电磁场（电场和磁场都是稳恒均匀的）。由于粒子在电磁场中同时受到电场力和洛仑兹力，并且洛仑兹力的方向在不断变化，因此，粒子的运动情况比较复杂。

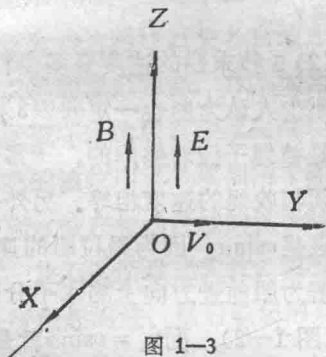


图 1—3

然而，根据力的独立作用原理和运动的迭加，我们可以先假定洛仑兹力不存在，粒子在电场力的作用下，沿 z 轴作初速为零、加速度为 $\frac{qE}{m}$ 的匀加速直线运动；再假定电场力不存在，粒子在洛仑兹力的作用下，以速率 v_0 在 xoy 平面内作匀速圆周运动；最后把上述两个运动迭加起来，得到粒子的运动是一个变螺距的圆柱螺

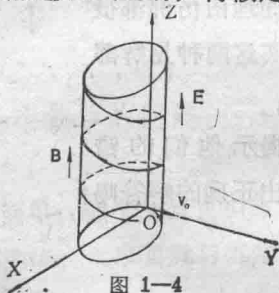


图 1—4

旋运动(图1—4)。

如果在图1—3的情况中,保持其它条件不变,把磁感应强度 B 的方向变为沿 x 轴正向,那么,粒子的运动情况将是如何呢?

有人认为,可以仿照前面的迭加方法来解决,不知读者的意见如何?

4. 关于一个问题的论证

对于“合运动的动能是否等于分运动的动能之和”这个问题,一位同学以平抛运动为例,作了如下的论证。他说从运动合成的观点,可以将一个初速度为 v_0 的平抛运动看成是水平方向的匀速直线运动和竖直方向的自由落体运动的合运动。根据速度合成的法

则, t 秒末物体的运动速

$$率 v_t = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$$

(图1—5),此时物体的动

$$能: \frac{1}{2} m v_t^2 = \frac{1}{2} m [v_0^2 + (gt)^2].$$

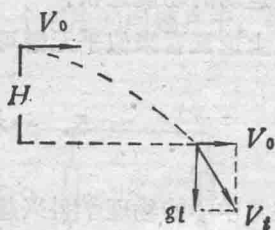


图 1—5

如果我们分别求出这一时刻物体的两个分运动的动能,有

$$\text{水平分运动动能} \quad \frac{1}{2} m v_0^2,$$

$$\text{竖直分运动动能} \quad \frac{1}{2} m (gt)^2,$$

两个分运动的动能之和 $\frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{1}{2}m(gt)^2$ 。

又从动力学的观点，我们可以把平抛运动看作是初速度为 v_0 的物体在重力 mg 作用下的运动，它在时刻 t 的动能应该等于物体的初动能 $\frac{1}{2}mv_0^2$ 与重力在时间 t 内所做的功之和。

重力所做的功

$$W = mgh = mg \cdot \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2}m(gt)^2。$$

所以，物体在时刻 t 所具有的动能应是 $\frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{1}{2}m(gt)^2$ 。

我们看到，无论从运动合成的观点，还是从动力学观点，所得出的物体在 t 秒末的动能，都等于这一时刻物体的两个分运动的动能之和。由此可以作出结论：合运动的动能等于分运动的动能之和。

以上论证看来似乎无懈可击，是吗？

5. 一场争论

在某中学的物理学科兴趣小组里，小王、小李和小张，曾经围绕着一个电学问题进行过热烈的争论。

题目是：在图1—6所示的电路中，假设 $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$ ，求通过电阻 R 的电流和电阻 R 消耗的电功率。

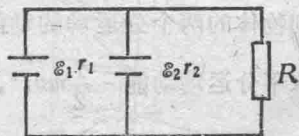


图 1—6

下面是他们的争议。

小王：我认为这道题在中学知识范围内不能解，因为两个电源的电动势不同，内电阻也不相等。

小李：虽然两个电源的电动势和内电阻各不相同，但是它们并不相互影响，电阻 R 上通过的电流，可以看作是两个电源分别在 R 上产生的电流之和。这两个电流分别为

$$I_1 = \frac{\varepsilon_1}{R + r_1}, I_2 = \frac{\varepsilon_2}{R + r_2}, \text{ 而 } I = I_1 + I_2, \text{ 不是很简单吗?}$$

小王：小李的想法非常荒谬。通过电阻 R 的电流实际上是两个电源同时供给的，怎么能把两个电源同时决定电流这一相互联系、相互制约的物理过程，当作两个先后独立进行的物理过程来处理呢？

小张：我认为小王的意见应该考虑，但小李的想法也有可取之处。电路中各个电源的电动势和内电阻确实不会因为其它电源的存在而受影响。小李解法的问题在于：当考虑其中一个电源起作用时，没有顾及到另一个电源的存在对电路结构的影响和对电流分配的制约。因此，在小李的解法中应该做这样的修正：当考虑其中一个电源

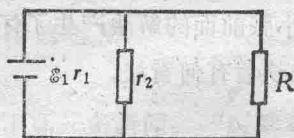


图 1—7

源起作用时，应该同时把另一电源作为一般电阻接入电路。例如，考虑 ε_1 起作用时，电路应如图 1—7 所示，此时通过 R 的电流

$$I_1 = \frac{\varepsilon_1}{r_1 + \frac{r_2 \cdot R}{r_2 + R}} \cdot \frac{r_2}{r_2 + R} = \frac{r_2}{r_1 r_2 + r_1 R + r_2 R} \varepsilon_1,$$

同理, ε_2 起作用时, 通过 R 的电流是

$$I_2 = \frac{\varepsilon_2}{r_2 + \frac{r_1 R}{r_1 + R}} \cdot \frac{r_1}{r_1 + R} = \frac{r_1}{r_1 r_2 + r_1 R + r_2 R} \varepsilon_2,$$

当 ε_1 、 ε_2 同时起作用时, 流过 R 的总电流

$$I = I_1 + I_2 = \frac{r_2}{r_1 r_2 + r_1 R + r_2 R} \varepsilon_1 + \frac{r_1}{r_1 r_2 + r_1 R + r_2 R} \varepsilon_2.$$

小王: 你的意见似乎很有道理。那末电阻 R 上所消耗的电功率, 也应该等于两个电源分别起作用时, 它所消耗的电功率的总和了, 是吗?

小张: 是的。

小李: 我有疑问。我们应当细致一些来算一算。

于是他们三人都动手计算, 结果发现: 两个电源分别起作用时, 电阻 R 所消耗的电功率的总和, 不等于用通过电阻 R 的总电流所计算出来的电功率。大家都不知其所以然, 由此, 又对小张前面的解法产生了怀疑, 众说纷纭, 莫衷一是。

不知读者有何看法。

探 微 索 隐

在没有转入这个章节的正文之前, 在这里先提几点忠告

看来是必要的。

千百年来科学发展史证明，于细微处发现一些隐藏的奥秘，见微知著，要比包罗万象地、肤浅地了解一些不清楚的东西强得多。只有首先以这样的认识和见解来学习，读者才能真正理解本章的意义。

其二，本章目的在于探索前一章所提出的问题，这些问题虽然并不深奥，但是要把它们都搞清楚也不是十分容易的。在本书的读者中，也许有一些人，他们或者因为过去很少接触这类问题，或者不善于独立思考，对前一章中的一些问题稍加考虑后，就急于查阅本章的分析。这种态度完全漠视了这样一个事实：只有经过自己的深思熟虑，才能把别人的知识据为己有。

最后，当读者阅读本章时，请记住：科学永远反对“一言堂”，别人所得的结果不一定是正确的，只能提供你参考。更重要的是不要被别人的条条框框所限制，而必须充分发挥你的才智，寻找任何可以求得正确答案的途径。

1. 独特的性质

如果你翻开报纸，读到下面一条新闻：“医学家说，他的这项想法对治愈癌症具有重要意义。”你所感兴趣的一定是这项想法的应用，而不是这项想法的本身。

同样，对于小王同学的设想，我们所关心的也是它的应用。

就其思想方法而论，小王的设想是把一个复杂的过程