# 1．什么是物理学中的“理想模型”？

物理学中的“理想模型”是思维形式的科学模型中的一种，是对研究对象（实际物体）的一种理想化抽象，如质点、刚体等。

其他科学思维模型还有很多，例如，“理论模型”（或称假说、猜想），各种原子结构模型都是“理论模型”；“数学模型”，是对所研究的问题进行的一种数学上的抽象，即对实际问题理想化并用数学语言表述的一种数学结构；等等。滥用“理想模型”，对培养学生的科学思维是没有好处的。

高中学生在一开始就要学习质点，它是一个理想模型。大学普通物理力学部分一般也是在一开始讲质点这个模型。

理想模型是一种重要的科学方法，对于科学思维的培养有重要意义，很多物理教师对此都很重视。本文就针对与理想模型有关的问题做一些讨论。

## 一、模型与理想模型

### 1．什么是模型？

《现代汉语词典》中关于“模型”的一个解释是：依照实物的形状和结构按比例制成的物品，多用于展览或实验。

这应该是“模型”一词的原始含义，但现在它已经不再单纯指“物品”，而是扩展和推广到了更广泛的范围。

《科学方法中的十大关系》（学林出版社出版，孙小礼主编，以下简称《科学方法》）中对“科学研究中的模型与原型”有专门的章节论述。该书引用了英国开放大学 G．S．Holister 教授的一句话：模型方法乃是人们所说的“科学方法”的核心。

该书中把科学模型进行如下分类：

物质形式的

科学模型

天然模型（以天然存在物作为科学模型）

思维形式的

科学模型

人工模型（以人工制作物作为科学模型）

理想模型（例如质点、刚体等）

数学模型（把实际问题用数学语言表述为一种数学结构）

理论模型（例如各种原子结构模型等）

半经验半理论模型（对于十分复杂的对象系统，

常从经验出发，提出某些概念或假设，以具

有某种数学形式，常用作半定量半定性分析）

科

学

模

型

按照《科学方法》一书的解释，“模型”是一个大概念，“科学模型”是其中的一个分支（与它对应的有“玩具模型”等），而“理想模型”是“科学模型”中的一个小概念，它与“数学模型”“理论模型”以及“半经验半理论模型”相并列。

### 2．什么是物理学中的“理想模型”？

人教版《普通高中教科书物理必修第一册》对此的表述：在物理学中，突出问题的主要因素，忽略次要因素，建立理想化的物理模型，并将其作为研究对象，是经常采用的一种科学研究方法。质点这一理想化模型就是这种方法的具体应用。

《新概念物理教程 力学》（高等教育出版社出版，赵凯华、罗蔚茵著，第 2 版第 7 页）对此的表述：在物理学中，为了突出研究对象的主要性质，暂不考虑一些次要的因素，经常引入一些理想化的模型来代替实际的物体“质点”就是一个理想化的模型。

这两种表述的意思相同：①它是对研究对象而言的；②为了突出研究对象的主要性质，暂不考虑一些次要的因素。即我们物理学上的“理想模型”是代替实际的物体的理想化的模型，“理想模型”的原型是“实际的物体”。

这两种表述与《科学方法》一书巾的说法相同。但要注意，“理想模型”不只是物理学的专用模型，其他学科也有理想模型。

### 3．数学模型与理想模型的关系

理想模型是对研究客体的一种科学抽象，这种科学抽象常被称作“简化”或“理想化”。所谓简化，就是“忽略次要因素，突出主要因素”。以质点为例，它的原型是实际的宏观物体，忽略的是它的大小和形状，突出的是它的质量。实际的研究客体（研究对象）经过这种抽象后，仍然作为研究对象对待。

数学模型是对所研究的问题进行的一种数学上的抽象，即它的原型是某个实际问题，把它简化和抽象后，用数学语言表述为一种数学结构。所谓数学结构，是由公理、定义、命题、算法等元素构成的。建立数学模型就是要把所研究的实际问题与某种数学结构联系起来。例如，描述质点受力的二阶微分方程就是一种数学模型。微积分是牛顿为了研究力学问题而创立的，二阶微分方程就是为解决物体因受力而改变运动状态这个问题而建立的数学模型。当然，它不只是一个式子，而是一整套包括算法在内的数学结构。

上述两种模型是有联系的，数学模型一般是以理想模型为基础建立起来的，例如上面说的二阶微分方程这种数学模型，就是以质点这个理想模型为基础建立起来的。

20 世纪后期，特别是进入 21 世纪之后，电子计算机制造业和信息技术飞速发展，数学模型的作用更为凸显，“建模”（即建立数学模型）一词在更广泛的领域中得到应用。

## 二、对此问题的一些讨论

### 1．网络上关于“什么是理想模型”的解释

理想模型是为了便于研究而建立的一种高度抽象的理想客体。

理想模型可以分为对象模型、条件模型和过程模型三类。

对象模型：用来代替研究对象实体的理想化模型。如质点、弹簧振子、单摆、理想气体、点电荷、理想变压器、点光源、光线、薄透镜以及关于原子结构的卢瑟福模型、玻尔模型等都属于对象模型。

条件模型：把研究对象所处的外部条件理想化而建立的模型叫作条件模型。如光滑表面、轻杆、轻绳、均匀介质、匀强电场和匀强磁场等都属于条件模型。

过程模型：实际的物理过程都是诸多因素作用的结果，忽略次要因素的作用，只考虑主要因素引起的变化过程而建立的模型叫作过程模型。

### 2．对这些解释的个人看法

上述解释的第一句话，即“理想模型是为了便于研究而建立的一种高度抽象的理想客体”是正确的。但该释文的作者对“客体”两个字的理解不够准确。“客体”，应该被理解为客观存在的物体。

该释文把理想模型分为三类。第一类称为对象模型，它的含义以及所举的例子的前半部分（质点、弹簧振子、单摆、理想气体、点电荷、理想变压器、点光源、光线、薄透镜）与物理教科书上的表述相同，都是“用来代替研究对象实体的理想化模型”。但把“关于原子结构的卢瑟福模型、玻尔模型”也说成是理想模型，似可商榷。19 世纪末、20 世纪初，人类的探索领域刚刚深入微观世界，对于原子结构问题，提出了一系列不同的模型，包括汤姆孙模型（枣糕模型）、卢瑟福模型（有核模型）及玻尔模型（定态及跃迁模型）等，这些模型（或假说、猜想）后来被证明并不正确或不完美，把它们称为“理想模型”，与质点、刚体等并列，并不妥当。《科学方法》一书把它们归入另外一类思维形式的科学模型，称为“理论模型”，我认为是比较准确的。

第二类称为条件模型。按上面的叙述，所谓条件模型，是“把研究对象所处的外部条件理想化而建立的模型”，所举的例子中有轻杆、轻绳等，轻杆和轻绳的共同点是本身的质量可以忽略，“本身的质量”难道是“外部条件”吗？显然不是。因此这种归类是有问题的，质量是物体本身的属性，在所研究的问题中，如果杆或绳的质量对问题的影响很小，作为次要因素可以忽略，为了简便，我们就把它们视为没有质量的杆或绳。如果轻杆、轻绳是所谓的“条件模型”，那么质点、点电荷等也应该是“条件模型”。质点、点电荷的主要性质（或因素）是质量、电荷量，这需要被突出，而其形状、大小等属于次要因素，对所研究的问题影响很小，可以被忽略，因此把相应的研究对象看作没有大小和形状，只有质量、电荷量的质点、点电荷。

单摆是一种理想模型，它是在质点模型的基础上再把绳的质量以及绳发生的形变等次要因素忽略而建立的理想模型；弹簧振子也是在质点模型的基础上再把弹簧的质量作为次要因素忽略而建立的理想模型。

把轻弹簧、轻绳等称为理想模型是可以的，只是它们与质点、刚体等重要的理想模型相比较，应用范围较小，因此没有必要把它们单独列为“条件模型”。

至于匀强电场与匀强磁场，说的是在一定的范围内，其各自的电场强度、磁感应强度的大小相等、方向相同，而电场强度、磁感应强度分别是电场、磁场的本身性质，谈不上外部条件，说它们是条件模型，同样不能服人。

在上面所举的例子中，把“光滑表面”作为理想模型尤其不合适，因为它起了误导学生的作用：学生会认为，两个物体的接触表面越光滑，摩擦就越小，真正光滑的表面，就完全没有摩擦，而这是错误的。有时候为了计算上的简便，题目中需要忽略摩擦的影响，这时可以明确说明“……与……间的摩擦可以忽略”，这比“光滑表面”的说法更好。

第三类称为过程模型。按上面的叙述，所谓过程模型，是“实际的物理过程都是诸多因素作用的结果，忽略次要因素的作用，只考虑主要因素引起的变化过程而建立的模型叫作过程模型”。这里没有举出实际例子，但在其他物理教师所写的文章中有所指出，如：匀速直线运动、匀变速直线运动、匀速圆周运动、抛体运动、简谐运动、恒定电流、正弦交流电……都是过程模型。

这段话的很大一部分是有道理的．它说“实际的物理过程都是诸多因素作用的结果，忽略次要因素的作用，只考虑主要因素……”这应该是一种科学模型。但是物理教科书（包括中学物理教科书及大学普通物理教科书）中都没有“过程模型”的说法，那么，问题出在哪里呢？

我们不妨换个说法：例如，小钢球在空气中下落的运动过程中，如果空气阻力可以忽略，并且把小钢球抽象为一个质点，那么它在小范围内自由下落的运动就可以称为“自由落体运动”，它是初速度为零、加速度为 ***g*** 的匀加速直线运动，可以用两个简单的数学公式描述这个运动，即 *v* = *gt* 及 *h* = *gt*2。可以说，这两个公式就是“小钢球在空气中自由下落”这个实际问题的“数学模型”；也可以说“初速度为零、加速度为 ***g*** 的匀加速直线运动”是“小钢球在空气中自由下落”运动的“数学模型”。同样，带电粒子垂直射入匀强磁场中的运动，其“数学模型”是“匀速圆周运动”，等等。

因此，单纯说某种运动是“模型”似无不妥，但能否算作“理想模型”还有待商榷。

按照网络上的解释，任何一种有规律可循的运动或变化过程，都是理想模型中的过程模型，这就有滥用“理想模型”的嫌疑。还有些教师命名了更多的“理想模型”，从而把“理想模型”的滥用发挥到了极致。例如，在平面上运动的问题称为“平面模型”，在斜面上运动的问题称为“斜面模型”，弹性碰撞和非弹性碰撞分别称为“弹性碰撞模型”和“非弹性碰撞模型”，而各种碰撞模型义细分为“动碰静模型”“相向碰撞模型”“同向碰撞模型”等。

“物以稀为贵。”这句话反过来说，就是“物以滥为贱。”理想模型满天飞，还有什么意义？如此一来，“理想模型”在培养学生料学思维方法上的教育功能将完全丧失。还有一层，滥用“理想模型”会忽视物理学中另一个重要的科学方法，那就是建立严谨的概念，用这些概念描述物理过程。例如，对运动的研究和描述，先定义位置、位移、速度、加速度等物理概念，用它们描述质点的运动，其中最简单的变速运动就是匀变速直线运动；而后，为了描述圆周运动的规律，引入角速度、周期等概念；再以后为了描述简谐运动，引入振幅、相位等概念。

## 三、对理想模型教学的几点建议

1．恢复物理学上理想模型的本来含义，即它是针对作为研究对象的客观实体而言的，在力学范围内，它是对某个宏观物体的理想抽象。不要再把理想模型进行分类，不要再提条件模型、过程模型以及运动模型、变化模型等，不应把卢瑟福及玻尔的原子结构模型与“理想模型”相混淆。

2．要重视利用理想模型对学生进行科学方法、科学思维的教育，但不是空洞的说教，而是要从物理本身上下功夫。下面就以质点模型为例：

（1）质点模型的原型是什么？——是实际的宏观物体。

（2）为什么要引入质点模型？——是准确描述位置的需要。

任何一个物体都有一定的形状和大小，如果考虑这些，要描述它的位置时将产生极大的困难，而如果能用一个点代替该物体，就可以用坐标准确地描述该物体的位置。

描述物体的位移也是如此。

（3）建立质点模型，突出的主要因素是什么？忽略的次要因素是什么？

质点这个理想模型，突出的主要因素（或主要性质）是质量，忽略的次要因素是形状和大小。但质量这个必须突出的主要因素，在运动学中的质点模型上并没有体现出来，而只有在动力学中，在学习了牛顿第二定律之后，才会凸显出来。因此这一问题在引入质点模型的课上教师是说不清楚的，但要向学生说明关于这个问题的解释会在后面详述。到了学习牛顿运动定律的课上，教师一定要把这段补上！——如果我们忽略了物体的质量，那么它在一个很小的力的作用下，产生的加速度都将是无穷大，而这是荒谬的。

以后教学中冉出现新的理想模型时，也要明确它要突出的主要因素和忽略的次要因素。例如，“单摆”要强调突出的是摆球的质量和悬线的长度，忽略的是摆球的大小和悬线的形变，等等。

3．同一个研究对象（原型），在讨论某些问题时，可以抽象为某个理想模型，而在讨论另一些问题时，就不能抽象为这种模型。举个简单的例子：单摆是对真实摆的抽象，在讨论摆动周期时，我们认为悬线是不可伸长的，这样摆球在运动过程中，摆长保持不变，但在讨论摆球在不同位置受到摆线的拉力大小不等时，就必须明确这是悬线的形变不同而造成的。

4．轻弹簧、轻杆、轻绳等，也可以称为理想模型（虽然不是重要的理想模型），但不应冠以“条件模型”的帽子。要强调现实中它们都是有质量的，但在分析某些具体问题时，质量对所研究的问题影响不大，为了简便，我们忽略了它们的质量，而保留了其他重要的特性，例如：弹簧的弹性、杆的刚性、绳的柔性以及它的几何长度等。

5．可以适当介绍其他理想模型，例如，在讲摩擦力一节时，可以增加刚体这个理想模型。虽然普通高中物理课程标准中没有要求刚体这个模型，但在讲摩擦力时，有一个纠结之处：相互接触的两个物体之间，必须有弹力相互作用，才会有摩擦力产生，但弹力的存在，是以发生形变为前提的。例如，木块在沿水平桌面滑动的过程中，木块压桌面，桌面有形变，若考虑形变的结果，将会使问题变得非常复杂，为了简便，我们忽略这个微小形变，实际上是把桌面以及桌面上的木块既当作刚体又保留它们之间相互作用的弹力。刚体是一个理想模型，它忽略了物体的微小形变，而保留了其他特性。

6．解答物理问题（包括定量计算的问题以及定性讨论的简单问题）的一般步骤：第一步是确定研究对象；第二步是建立物理模型，不同的模型适用不同的规律。

**例** 某运动员做原地起跳摸高测试。已知他身高 1.80 m，体重（质量）80 kg，站立时重心（质心）离地面高度 *H* = 0.95 m。他先屈腿下蹲，重心下降高度 Δ*h* = 0.10 m，而后用力向上跳起，重心最高上升到离地面 *h* = 2.05 m 处。估算在他向上起跳的过程中地面对他的支持力的大小及该支持力所做的功。

本题的研究对象是运动员本人，需要分成两段处理：第一段是从运动员屈腿下蹲向上起跳开始，直到双脚离开地面的过程；第二段是运动员从双脚离地至上升到最高点的过程。

第一段过程，即双脚离开地面之前，人体形变明显，不能看作质点，必须看作质点组，运动员受到的外力有支持力 *F* 及重力 *mg*，*F* 不做功，不能运用功能关系求解，但可以运用质心运动定理；第二段过程，即双脚离开地面之后的上升过程，可以将人看作一个整体，忽略形变，即抽象成一个质点的上升过程，只有重力做功，可运用机械能守恒定律求解。

解：设人离开地面的瞬间，速度为 *v*0，该速度即为质心在第一段运动过程中的末速度。

对第一段运动过程应用质心运动定理，质心的加速度

*a*C = = ①

将第一段过程等效于质心的匀变速运动，发生的位移为 Δ*h*，根据运动学规律，有

2*a*C·Δ*h* = *v*02 ②

第二段运动过程，根据机械能守恒定律，有

*mv*02 = *mg*(*h* − *H*) ③

可解得

*F* = *mg* = 80×10×（l + ）N = 9 600 N

该力做功为零，是内力做功增加了人的机械能。（第一段质心的运动并不是匀变速运动，因此得到的 *F* 是平均力。）