刍议人教版高中物理教材关于“力的分解”的修订

张春丽

（北京市朝阳区教育研究中心　北京　100028）

（收稿日期：2017－11－01）

摘　要：针对人教版高中物理教材对“力的分解”所做的修订情况，对比国内外多个版本的教材，基于教学实际，阐述了对修订内容的看法，并对一线教学提出了参考建议.

关键词：人教版　物理教材　修订　建议

近期，笔者主持了一节区级研究课，课题是“力的分解”. 通过本次教研活动，笔者发现由于教材的修订等问题，老师们普遍对究竟“依据什么样的原则进行力的分解”心存疑问. 撰写此文，以期交流.

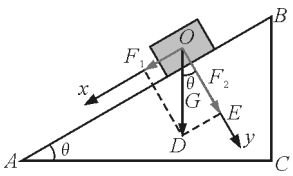
1　人教版教材在修订中摒弃了“要根据力的作用效果进行力的分解”的说法

关于“依据什么样的原则进行力的分解”，人教版教材原来强调的是“应当依据力的作用效果进行力的分解”[1]，但近年修订后则改为“要根据实际情况确定”[2]，而且通篇不再提及力的作用效果问题.

修订前 2007 年人教版教材[1] 的内容片段：

【例 1】把一个物体放在倾角为 θ 的斜面上. 物体受到竖直向下的重力，但它并不能竖直下落. 从力的作用效果看，应该怎样将重力分解？两个分力的大小与斜面的倾角有什么关系？

分析：物体要沿着斜面下滑，同时会使斜面受到压力. 这时重力产生两个效果，使物体沿斜面下滑，并使物体紧压斜面. 因此重力 G 应该分解为这样两个分力，平行于斜面，使物体下滑的分力 F_1，垂直于斜面使物体紧压斜面的分力 F_2，力的分解图如图 1 所示.



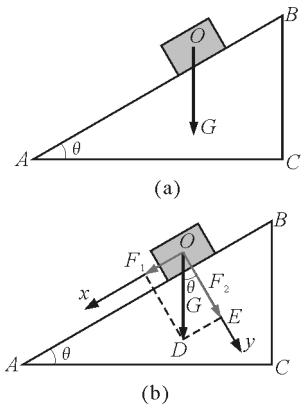
物体所受重力使它下滑，同时紧压斜面.

要根据这两个效果把力分解

图 1　2007 年人教版教材图

修订后 2010 年人教版教材的内容片段[2]：

【例 2】把一个物体放在倾角为 θ 的斜面上. 物体受到重力，大小为 G，方向竖直向下，如图 2(a) 所示（物体还受到其他力的作用，图中没有画出）. 现在需要沿平行于斜面的方向和垂直于斜面的方向对物体的运动分别进行研究，为此建立直角坐标系如图 2(b) 所示. 现在把重力 G 沿两个坐标轴的方向分解为 F_1 和 F_2，求两个分力的大小.



按照图中给定的坐标轴，把重力 G 分解为 F_1 和 F_2

图 2　2010 年人教版教材图

修订后的人教版教材在“力的分解”一课中只字不提力的作用效果问题，强调需要研究某某问题，进而分解到某某方向，意蕴着要“根据研究问题的需要进行力的分解”，显然着重强调“力的分解”的“工具性”.

2　与国内外其他版本教材的比较

针对“依据什么样的原则进行力的分解”，由于人教版教材的内容修订变化较大，以下介绍其他版本教材对此问题的处理方式，以便比较.

2.1　国内其他 4 种版本教材均强调“要根据力的作用效果进行力的分解”

目前，国内高中物理教材主要有 5 种，除人教版教材外，关于“依据什么样的原则进行力的分解”，教科版[3]、沪教版[4]、鲁科版[5]、粤教版[6] 教材都十分明确地强调“应当依据力的作用效果进行力的分解”. 以下仅以教科版[3]、沪教版[4] 教材为例说明.

2.1.1　教科版[3]“力的分解”的内容片段

如果对一个力的分解没有什么条件限制，那么一个力可以由无数组分力来替代. 在一个具体问题中，对一个已知力的分解可根据力的实际作用效果来确定.

【活动】如图 3 所示，把一个木块放置在光滑斜面上，重力对木块能产生怎样的作用效果呢？让我们通过下面的实验找出结论(实验中要保持斜面静止不动).

(1) 把木块放置在斜面上端，观察其运动；

(2) 沿斜面给木块一个向上的拉力，阻止木块下滑，并在木块与斜面间铺垫上软泡沫塑料或橡皮泥，观察其形变. 请你说出，重力对放置在斜面上的木块所产生的作用效果是什么？在图 3 中，把 G 分解为 F_1，F_2 的理由是什么？

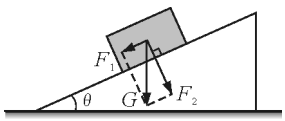


图 3　教科版教材题图

2.2.2　沪教版“力的分解”的内容片段

【案例】一个重力为 G 的木箱，放在倾角为 θ 的斜面上. 在研究重力产生的效果时，有两位同学分别画出如图 4(a)、(b) 所示的两种分解方法，请对这两种分解作一评价.

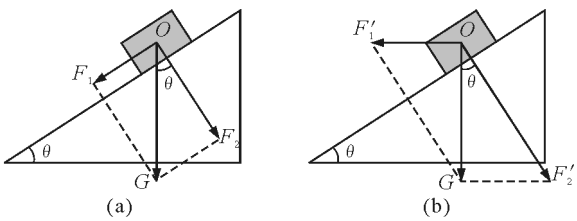


图 4　沪教版教材“哪种分解较为合理”题图

分析：从力的分解所遵循的平行四边形定则来看，这两种分解方法都可以. 但考虑到斜面上物体重力的作用效果时，图 4(a) 所示的方法更为合理.

生活经验告诉我们，放在斜面上的物体，在重力作用下，既会顺势下滑，又对斜面施加着压力. 因此，应该把重力 G 沿着平行于斜面和垂直于斜面的两个方向分解. 这两个分力互相垂直.

教材旁批：力的分解必须依据力的作用效果.

把一个力分解成互相垂直的两个分力，称为正交分解法. 这种分解法在物理学中最为常用.

2.2　美国高中物理主流教材《物理原理与问题(上)》突出矢量运算的“工具性”

美国高中物理主流教材《物理原理与问题(上)》[7] 中没有专门对“力的合成”与“力的分解”进行讲解，而是统一放在“矢量”一单元中进行. 该教材在“求两个矢量之和”后讲“矢量的分解”，显然突出了矢量分解的“通用性”和“工具性”. 以下摘取其中的片段.

矢量的分解：在研究矢量的分量之前，先要介绍坐标系 …… 通常我们将横轴称为 x 轴，纵轴称为 y 轴，两轴相交于原点.

在实际运用时 x 轴和 y 轴的方向是可以随意选择的，关键是看能否方便于问题的求解. 例如，如果你要处理的运动局限于地面上，那么通常取 x 轴指向东，y 轴指向北. 如果研究的是物体在空间中的运动，一般选择正 x 轴在水平方向，而 y 轴在竖直(向上) 方向. 如果研究的是物体在山坡上的运动，则取运动方向为正 x 轴，y 轴和 x 轴相垂直的坐标系较为方便.

此外，我国赵凯华、张维善教授主编的《新概念高中物理读本(第一册)》[8] 中，也没有专门对“力的合成”与“力的分解”进行讲解，也是统一放在“矢量”一单元中进行，小标题是“矢量的加减法和变化率”，以下摘取其中的片段.

矢量的分解：矢量既能合成也能分解. 一个矢量 $\boldsymbol{A}$ 原则上可以沿任意两个与之共面的方向分解成一对矢量 $\boldsymbol{B}$ 和 $\boldsymbol{C}$(图 5). 最基本的还是按直角坐标系分解成互相垂直的分量. 在平面上取直角坐标系 xOy，矢量 $\boldsymbol{A}$ 就可分解为分别与两坐标轴平行的分量 A_x 和 A_y(图 6)，这时矢量 $\boldsymbol{A}$ 的大小 A 和仰角 α 为

$$A = |A| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$$

$$\alpha = \arctan \frac{A_y}{A_x}$$

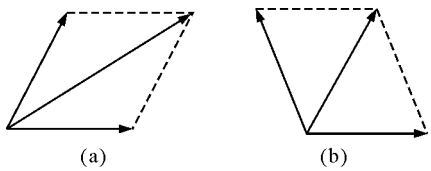


图 5　矢量的任意分解

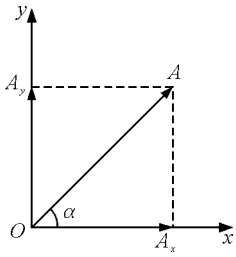


图 6　矢量的直角分解

3　对人教版教材关于“力的分解”修订内容的看法

通过上述比较可以发现，人教版的修订意图很明显，是想突出“力的分解”在解决实际问题中的“工具性”.

笔者认为，教材没有从“矢量”开始“矢量的加减法”，而是单列了“力的合成”与“力的分解”内容，这样的编写体系富有教学的直观性和价值性. 具体来说：其一，有利于降低难度. 以“力的合成与分解”的直观性来降低“矢量加减法”的学习起点，符合高一学生的认知层次，这也是我国其他版本教材均强调“力的作用效果”这一直观因素的原因. 其二，有利于渗透“等效性”的科学方法. 学生在合力与分力的等效替代过程中领悟使用等效方法的奇妙. 其三，有利于培养“探究性”的学习习惯. 学生在探寻合力与分力之间运算法则的过程中，既强烈冲击了原有的代数运算的加减法则，同时也体验了矢量运算法则的“发现”过程，应该说学生的收获不仅仅是掌握了矢量加减法则这一“工具”.

但是，从修订后的人教版教材[2] 来看，“力的合成”是在“等效”的思想下建立，而到了“力的分解”，人教版教材[2] 则直接回避“力的作用效果”，非常突兀.

3.1　从教材的编写体系上看 —— 逻辑不通

教材中“合力”与“分力”的概念最初是在“等效”原则的基础上建立的，因此无论是从“分力”到“合力”的“力的合成”，还是从“合力”到“分力”的“力的分解”都不可能回避“效果”这一“直观”问题. 多个力同时作用在一个物体上，可以产生一个效果. 反之，作用在物体上的一个力也可以产生几个效果. 所以，在讨论某一个力的分解时，从“力的实际作用效果”出发，寻找与其“等效”的分力来替代这个力，逻辑上自然合理. 反之，教材在讲解“合力”的概念以及在探寻平行四边形定则求“合力”时一直在强调“合力”与“分力”的“效果”相同，而等到求“分力”时则只字不提“效果”的问题，前后逻辑上不统一.

3.2　从学生的客观基础来看 —— 较难理解

事实上，力的合成与分解只是矢量运算的法则，今后在研究物体的运动情况、对物体进行受力分析时，才需要具体运用力的合成与分解来解决问题，但教学必须要考虑学情. 首先，从知识层面来看，学生仅仅学习了重力、弹力、摩擦力这 3 种性质力，还不怎么有受力分析与运动分析的意识，就含含糊糊地讲“需要研究某某方向的运动”“要在某某方向上分解力”等内容，时机还未成熟，有些一蹴而就、操之过急的感觉；其次，从学生的认知特点来看，高一学生的抽象思维水平还很有限，相比之下，在学生能够借助实验直观“看到”重力作用下“压斜面”“下滑”这些重力体现的具体效果后，就比较容易根据这两种效果寻找到两个分力的方向，再利用平行四边形定则来分解力，这样既真实直观，也更容易达成《普通高中物理课程标准》[9] 中所要求的教学目标：“通过实验，理解力的合成与分解 …… 用力的合成与分解分析日常生活中的问题”. 至于在后续的学习中，随着“正交分解法”的掌握，随着学生对力和运动关系的深入理解，也就会自然而然地根据解决问题的需要灵活分解了（主要是正交分解方法的应用）. 所以说，不必急于一时，否则不深不透、不清不楚，反而会适得其反.

3.3　从一线教学的实操上看 —— 滋生茫然

在教学实操中，笔者发现教师普遍认为如果按照修订后人教版的方式讲解力的分解，一方面感觉很突兀，与“力的合成”衔接不理想，硬是把这种分解方式“塞给学生”；另一方面又感觉既然教材这样修订必有其道理，又非常不情愿地按照修订后的方式来讲，一节课下来有种茫然、不透彻的感觉，同时还感觉：学生因为并不能很理想地找到依据来确定

分力的方向，所以对“利用平行四边形定则分解力”掌握得也不十分理想.

在实操中，笔者还发现有教师硬是要把教材修订前后的两种处理方式完全对立起来，要么躲躲闪闪地不敢再提力的“效果”，要么机械生硬地提“需要”，而内心又觉得模棱两可，导致的结果是：一节课下来，分力的方向如何确定模模糊糊，致使教学目标的达成不甚理想.

4　对教学实操中解决相关问题的建议

针对目前人教版修订“力的分解”后的情况，在“力的分解”一课的教学实操中，建议需要明晰以下几个问题.

4.1　在不同的受力环境中“力的作用效果”往往不同

教学中需要让学生体会：只有在具体的问题情境中“力的作用效果”才会有具体的体现. 可以引导学生通过实验观察：在不同的受力环境中，“力的作用效果”往往是不同的.

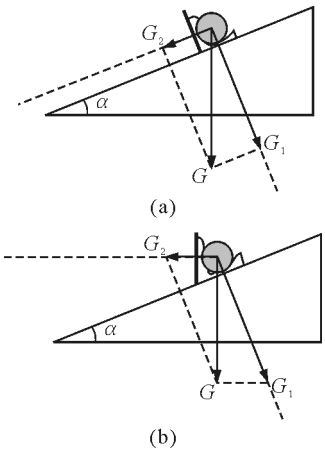


图 7　根据不同受力环境分解力

例如，要确定图 7(a)、(b) 两种情况中，夹放在挡板和斜面间的圆柱体所受的重力 G 会产生哪两个作用效果. 可以在挡板与圆柱体之间、斜面与圆柱体之间垫上软泡沫塑料，从软泡沫塑料的形变情况就可以直观看出“力的作用效果”，进而确定重力的两个分力方向，再利用平行四边形定则求出这两个分力. 显然，在这两种不同的受力环境中“力的作用效果”是不同的.

4.2　“根据实际问题的需要来进行分解”与“力的作用效果”并不矛盾

在上例的基础上，如果引导学生对小球做受力分析，如图 8 所示，接着再进一步要求学生求挡板和斜面对小球的弹力 F_1 和 F_2 的大小，相信学生根据初中所学的二力平衡的原理不难得出结论. 并且对于“根据实际问题的需要来进行分解”的“工具性”就会有实质意义上的体会.

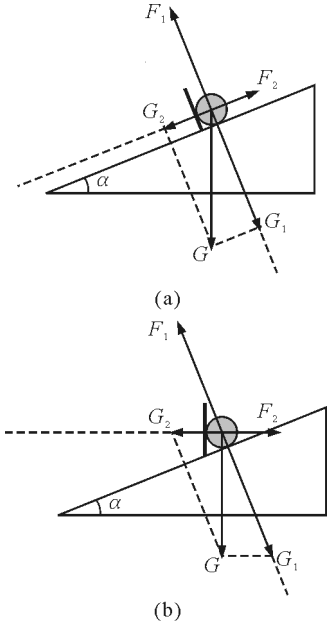


图 8　小球受力分析图

4.3　教师需要“创造性使用教材”

仔细品味国内外各种版本教材对此问题的编写情况，只要专门设置了“力的合成”与“力的分解”内容，则无论是在“力的合成”还是在“力的分解”中，都隐隐约约避不开受力分析的问题，所以这两节课究竟需要在什么样的背景下展开值得思考. 显然，如果离开了实际的运动分析和受力分析，力的运算就没必要出现. 所以，教师需要对教材进行深层次的加工. 比如，可以在讲“力的合成”与“力的分解”之前，即讲完 3 种性质力之后，基于初中所学的二力平衡，加一个小专题“怎样对物体进行受力分析”，则使得“力的合成”与“力的分解”具有了更强的实际意义，就可以“从实际的受力环境来看力的作用效果”“从解决问题的需要来运用力的分解(工具)”等方面进行教学问题的展开(如上例所示). 如果再放开些，透过“力的合成”与“力的分解”，站在“物理量的运算”这一大背景下看，也可以在教材(人教版)第一章“运动的描述”之后，在讲了位移(本节已经定义了矢量和标量的概念)、速度、加速度这些矢量之后，加入“矢量的运算(加减法)”一节来替代“力的合成”

(下转第 125 页)

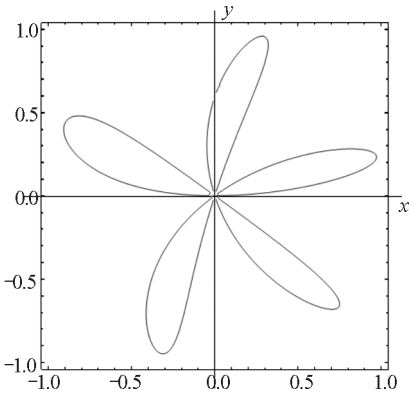


图 7　参数 $\frac{\omega}{v}=0.1\pi$ 时的交点轨迹图像

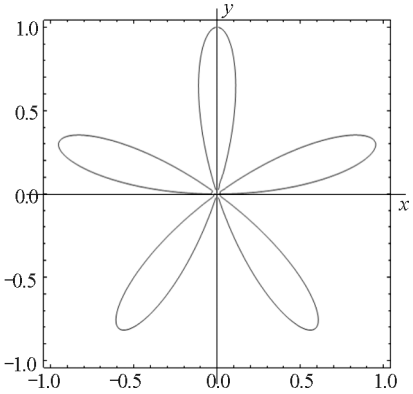


图 8　参数 $\frac{\omega}{v}=0$ 时的交点轨迹图像

对比图 4 和图 1 可以发现，旋转的玫瑰曲线与水平快门线交点轨迹图像和利用数码相机拍摄的高速旋转的螺旋桨照片相比较，在桨叶扭曲方面有着很高的相似度.

对比图 3 至图 8 可以发现，在一个快门周期内，螺旋桨转过的角度越大，拍摄出来的画面就越扭曲.

3　结论

由上述研究可以发现，用数码相机拍摄螺旋桨时之所以会扭曲，是由于螺旋桨快速转动而导致的. 用数码相机拍摄照片时，照片上每一个像素所对应的时刻都不相同，数码相机拍摄的照片本质上是由一系列不同时刻的对应像素组成的. 因此，在快门时间内，被拍摄物体运动越快，位置变化越大，照片越扭曲.

在用数码相机拍摄高速运动的物体时，缩短快门时间，照片的扭曲现象可以得到一定程度的缓解.

参 考 文 献

1　刘智，柴华，李娜娜，等. CMOS 图像传感器中卷帘式快门特性及其应用. 光学精密工程，2009，17(8)：2 017 ～ 2 023

(上接第 122 页)

与“力的分解”(可以借鉴上述相关教材的处理方式)，就像数学上学习“加减乘除”四则运算作为最基础的工具一样，先完成其“工具性”的功能，以后只要涉及矢量运算问题能灵活运用即可. 当然这样处理显然台阶较高，没有从“力的合成与分解”展开学习的直观性和价值性强，需要依据学生的学习基础来确定.

5　结束语

对教材的分析和研究是教师的常规工作，它能使教师深入思考并富有洞见. 当然，教材只是我们施教的素材，真正弄清教学内容的本质，发挥其最佳的教育教学功能，才是我们始终要考虑的核心内容.

参 考 文 献

1　张大昌. 普通高中课程标准实验教科书物理 · 必修 1 . 北京：人民教育出版社，2007. 7

2　张大昌. 普通高中课程标准实验教科书物理 · 必修 1. 北京：人民教育出版社，2010. 6

3　陈熙谋，吴祖仁. 普通高中课程标准实验教科书物理 · 必修 1. 北京：教育科学出版社，2011. 6

4　束炳如，何润伟. 普通高中课程标准实验教科书物理 · 必修 1. 上海：上海科技教育出版社，2015. 7

5　廖伯琴. 普通高中课程标准实验教科书物理 · 必修 1. 济南：山东科学技术出版社，2005. 8

6　保宗悌. 普通高中课程标准实验教科书物理 · 必修 1. 广州：广东教育出版社，2007. 7

7　(美) 保罗 · 齐泽维茨著. 物理原理与问题(上). 钱振华，沈珊雄，徐在新，译. 杭州：浙江教育出版社，2015. 10

8　赵凯华，张维善. 新概念高中物理读本(第一册). 北京：人民教育出版社，2007. 5

9　中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准. 北京：人民教育出版社，2013. 8