



你会解吗？

—中学物理疑难解析

安徽教育出版社

俞贯中 梁浹之 编著

你会解吗?

中学物理疑难解析

安徽教育出版社

你会解吗？

——中学物理疑难解析

安徽教育出版社出版

(合肥市跃进路1号)

安徽省新华书店发行 安徽新华印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印张: 9.5 字数: 210,000

1988年2月第1版 1988年2月第1次印刷

印数: 1—11,000

ISBN 7—5336—0169—6/G·742

统一书号: 7276·742 定价: 1.70元

编 者 的 话

同学们在学习物理过程中，经常会遇到一些疑难问题，往往干扰我们正常的学习情绪，使同学们的学习兴趣大减，甚至会失去信心。然而，能够全面而系统地掌握中学物理中的概念、公式和定律，解答疑难问题便会得心应手，同时会感受到胜利的喜悦和饱尝学习的乐趣。编写本书就是想通过对疑难问题的解析，以达到帮助同学们进一步掌握中学物理中的概念、定律和公式的目的。

本书所选题材，大部分是中学物理教学大纲所规定的重点和难点。它可以作为青年学生学习物理和复习的参考书。全书共选用40篇文章，各篇之间有一定的联系，又可独立成篇，读者可以根据需要选读。文章本着要言不烦，环绕一个中心的原则，从正反两个方面进行阐述。每篇文章之首，列出所要阐述的典型问题，每篇文章之后又附有自我检查题。所附题目采用选择题的形式。读者可以发现，这样安排具有重点明确，便于阅读和能很快检测阅读收获的特点。

本书由俞贯中、梁淡之、谭文智同志编写，有关图稿由孔琪同志绘制。在编写过程中参考了“中学理科参考资料”以及其它书刊，在此谨致谢意。由于我们水平所限，敬请读者批评指正。

编 者

1987年2月

目 录

1. 机械运动的相对性和参照系的选择	(1)
2. 位置、位移和路程	(11)
3. 速度和速率	(19)
4. 速度图象和位移图象	(28)
5. 弹力	(37)
6. 摩擦力	(46)
7. 物体的惯性与牛顿第一、第二定律	(55)
8. 牛顿第二定律应用中的几个问题	(62)
9. 作用力与反作用力	(72)
10. 动量和动能	(81)
11. 力学中的两条守恒定律	(93)
12. 机械振动及其周期	(106)
13. 关于带摆时钟快慢的调整	(115)
14. 振动图线与波形图线	(119)
15. 温度、内能和热量	(127)
16. 理想气体及其状态方程	(134)
17. 库仑定律及其应用	(150)
18. 电场强度三个公式的区别	(155)
19. 电场中各点电势高低和正负的判别	(160)
20. 电容器及其使用	(165)
21. 欧姆定律及其应用	(171)
22. 导体电阻的浅议	(178)

23. 直流电路的变换	(184)
24. 浅析电功率的三公式	(190)
25. 关于磁通量的几个问题	(194)
26. 安培力与洛仑兹力	(201)
27. 带电粒子在电场和磁场中的运动	(207)
28. 左、右手定则的运用	(215)
29. 楞次定律及其应用	(220)
30. 感生电动势的两个公式	(225)
31. 自感电动势和自感系数	(232)
32. 简单交流电路的分析	(237)
33. 变压器和远距离输电	(242)
34. 电磁振荡和机械振动的类比	(246)
35. 关于光的折射的几个问题	(251)
36. 透镜成像的作图法	(257)
37. 透镜公式的正确理解和运用	(264)
38. 光电效应的实验规律及其解释	(269)
39. 原子物理学中几个常用的单位	(274)
40. 原子核的组成和结构模型	(281)
附: 自我检查题答案	(293)

1 机械运动的相对性与参照系的选择

机械运动是绝对的还是相对的？在不同参照系中的位移、速度、加速度有何关系？在解运动学问题中如何选择参照系？在应用牛顿定律时，是否可以任意选取参照系？

我们知道运动和物质是不可分割的，运动是物质存在的形式，一切物质总在不断运动着，除了运动的物质外，世界上什么也没有。就机械运动来说，宇宙中任何物体都在不停地作机械运动，找不到绝对静止的物体。例如，我们看到马路上车辆在行驶，田野上拖拉机在耕作，工厂里机器在转动等，即使通常所说静止的马路、厂房和田地等也都随着地球一起自转和公转。太阳也不是静止的，它也在银河系中运动……总之机械运动是普遍存在的，所以就机械运动本身来说是绝对的。

但是，在讨论一个具体物体的机械运动情况时，描述这个物体是否运动，运动的快慢，必须是相对于某一个被选定的物体来说的。这个被选定的物体叫做参照物或参照系。例如，描述车辆运动，我们通常选地面（即地球）为参照物。而说乘客静止地坐在汽车里，是以汽车为参照物的。如果以地面为参照物，则乘客是随汽车一道在运动。力学中所讲的运动和静止，都是相对某一参照系而说的，选择不同的参照物（系）就有不同的运动结论。所以对运动的描述是相对的。

因此，对于机械运动到底是绝对的还是相对的，不能简单地回答“是”或“否”。运动的绝对性是针对运动本身来说的，

而运动的相对性是从描述运动的角度来说的。

选择不同参照系来描述同一运动，其结论是不同的，那么它们有何关系呢？

设物体 P 在参照系 A 中的位移为 s_{PA} ，速度为 v_{PA} ，加速度为 a_{PA} ；在参照系 B 中的位移为 s_{PB} ，速度为 v_{PB} ，加速度为 a_{PB} 。且已知参照系 B 相对参照系 A 的位移为 s_{BA} ，速度为 v_{BA} ，加速度为 a_{BA} 。考虑到物体 P 相对参照系 B 运动，且 P 又随着参照系 B 相对参照系 A 运动，那么物体 P 相对参照系 A 的运动可以看作是上述两个运动的合成。根据矢量合成的平行四边形法则图1-1，有

$$s_{PA} = s_{PB} + s_{BA}$$

$$v_{PA} = v_{PB} + v_{BA}$$

$$a_{PA} = a_{PB} + a_{BA}$$

这就是用不同参照系描述同一运动的运动学各物理量之间的关系。

在理解和记忆上述变换关系式时，请注意下列几点：

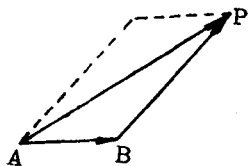


图1-1

(1) 弄清运动的相对性，正确标明物理量的双重脚码。例如甲相对乙的速度应写成 $v_{甲乙}$ 。

(2) 变换关系式中，物理量脚码的标注顺序要有规律。等式右边的后一矢量的第一脚码与前一矢量第二脚码相同；等式左边矢量的第一、第二脚码就是等式右边前一矢量的第一脚码和后一矢量的第二脚码。

(3) 上述变换关系式是矢量的运算，要用矢量的平行四边形法则(或三角形法则)。只有当物体 P 、参照系 A 和 B 在同一直线上作相对运动时，才能转变为代数式，此时上述矢量关系式可写成：

$$\begin{cases} s_{PA} = s_{PB} + s_{BA} \\ v_{PA} = v_{PB} + v_{BA} \\ a_{PA} = a_{PB} + a_{BA} \end{cases}$$

式中正负表示方向，与所设的正方向一致时为正，反之为负。

(4) 根据运动的相对性，脚码标注次序调换了矢量，其大小相等，方向却相反。如

$$\begin{cases} s_{AB} = -s_{BA} \\ v_{AB} = -v_{BA} \\ a_{AB} = -a_{BA} \end{cases}$$

下面应用这些变换式来讨论几个问题。

〔例1-1〕 在平直的高速公路上，有两辆汽车相向而行，甲车的速率是10米/秒，乙车的速率是15米/秒。问甲车上的乘客看到乙车行驶的速度多大？乙车上的乘客看到甲车行驶的速度多大？

〔解〕 甲车上的乘客观察乙车行驶的速度是以甲车为参照系的。根据速度变换公式

$$\begin{aligned} v_{乙甲} &= v_{乙地} + v_{地甲} \\ &= v_{乙地} - v_{甲地} \end{aligned}$$

由于甲乙两车在同一直线上运动，矢量的运算可蜕变为代数式的运算。设乙车运动的方向为正方向，则 $v_{乙地} = 15$ 米/秒， $v_{甲地} = -10$ 米/秒。代入(1)式，使得

$$v_{乙甲} = +15 - (-10) = +25 \text{ (米/秒)}$$

正号表示其方向与所设一致。

同理

$$\begin{aligned} v_{甲乙} &= v_{甲地} + v_{地乙} \\ &= v_{甲地} - v_{乙地} \\ v_{甲乙} &= -10 - (15) = -25 \text{ (米/秒)} \end{aligned}$$

负号表示其方向与所设相反。

〔例1-2〕 汽车以6米/秒的速度向东行驶，车上的乘客觉得风从东南方向吹来，风速是5米/秒。求风对地的速率。

〔解〕 题目中5米/秒的风速，是以汽车为参照系的，而所求的风速，是以地面为参照系的。根据速度变换公式

$$\mathbf{v}_{\text{风地}} = \mathbf{v}_{\text{风车}} + \mathbf{v}_{\text{车地}}$$

在这个问题中， $\mathbf{v}_{\text{风车}}$ 和 $\mathbf{v}_{\text{车地}}$ 不在同一直线上，不能用代数法求和而只能应用平行四边形法则来计算。矢量图如图1-2。

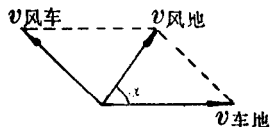


图1-2

应用余弦定理

$$\because v_{\text{风车}} \text{ 从东南方向吹来, } \therefore \beta = 45^\circ$$

$$\begin{aligned} v_{\text{风地}} &= \sqrt{v_{\text{车地}}^2 + v_{\text{风车}}^2 - 2v_{\text{车地}} \cdot v_{\text{风车}} \cos \beta} \\ &= \sqrt{6^2 + 5^2 - 2 \times 6 \times 5 \times \sqrt{2}/2} \\ &= 4.31 (\text{米/秒}) \end{aligned}$$

$$\text{又 } v_{\text{风车}}^2 = v_{\text{风地}}^2 + v_{\text{车地}}^2 - 2v_{\text{风地}} \cdot v_{\text{车地}} \cos \alpha$$

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= \frac{v_{\text{风地}}^2 + v_{\text{车地}}^2 - v_{\text{风车}}^2}{2v_{\text{风地}} \cdot v_{\text{车地}}} \\ &= \frac{4.31^2 + 6^2 - 5^2}{2 \times 4.31 \times 6} = 0.572 \end{aligned}$$

$$\alpha = 55.1^\circ$$

所以求得风对地的速率为4.31米/秒，方向为吹向东偏北55.1°。

该题不应用余弦定理，而用矢量的正交分解法计算也行。设立东西向为x轴、南北向为y轴的坐标系，如图1-3。 $\mathbf{v}_{\text{车地}}$ 只有x轴分量，其大小就是 $v_{\text{车地}}$ 。 $\mathbf{v}_{\text{风车}}$ 可分解为x轴分量 $v_{\text{风车}} \cos 135^\circ$ 和y轴分量 $v_{\text{风车}} \sin 135^\circ$ 。则合矢量 $\mathbf{v}_{\text{风地}}$ 的x轴分量大小为

$$v_{\text{风地}x} = v_{\text{车地}} + v_{\text{风车}} \cos 135^\circ$$

$$= 6 - 5 \times \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$= 2.46 \text{ (米/秒)}$$

$v_{\text{风地}}$ 的 y 轴分量大小为

$$v_{\text{风地}y} = v_{\text{风车}} \sin 135^\circ$$

$$= 5 \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$= 3.54 \text{ 米/秒}$$

所以

$$v_{\text{风地}} = \sqrt{v_{\text{风地}x}^2 + v_{\text{风地}y}^2}$$

$$= 4.31 \text{ (米/秒)}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_{\text{风地}y}}{v_{\text{风地}x}}$$

$$= \frac{3.54}{2.46}$$

$$\alpha = 55.1^\circ$$

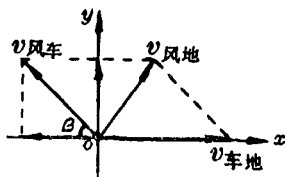


图1-3

引入坐标系应用正交分解，将矢量化作标量进行计算，其根据还是平行四边形法则。下例仍由平行四边形法则直接计算。

〔例1-3〕一人向东行，速度为4米/秒，觉得风自正南方吹来；若人的速度增加到6米/秒，觉得风自东南方吹来。求风的速度。

〔解〕人感觉的风速是以人为参照系的，所以 $v_{\text{风人}}$ 可以写成

$$v_{\text{风人}} = v_{\text{风地}} + v_{\text{地人}}$$

式中 $v_{\text{风地}}$ 是欲求的速度， $v_{\text{地人}} = -v_{\text{人地}}$ 。这些矢量的关系如图1-4所示。(a)图表示人行速度为4米/秒时风速和人速的矢量关

系图, (b)图表示人行速度为6米/秒时风速和人速的矢量关系图。由于上述两种情况, $v_{\text{风地}}$ 是固定不变的。为了便于分析计算, 可将这两个图画在一起, 如(c)图。图中 $OA = v_{\text{风地}}$, $OD = v_{\text{风人}a}$, $OE = v_{\text{风人}b}$, $OB = v_{\text{地人}a}$, $OC = v_{\text{地人}b}$ 。应用几何知识:

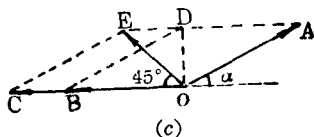
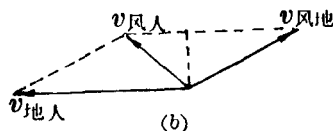
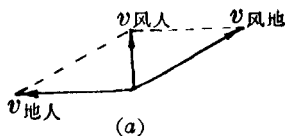


图1-4

$$\begin{aligned} OC &= AE, OB = AD \\ \triangle ODE &\text{为等腰直角三角形} \\ DE &= OD = AE - AD \\ &= OC - OB \end{aligned}$$

$$\therefore OD = v_{\text{地人}b} - v_{\text{地人}a} = 2 \text{米/秒}$$

$$\begin{aligned} v_{\text{风地}} &= \sqrt{OD^2 + AD^2} \\ &= \sqrt{2^2 + 4^2} \\ &= 2\sqrt{5} = 4.47 (\text{米/秒}) \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2}{4} = 0.5$$

$$\alpha = 26.6^\circ$$

风相对地的速度大小为4.47米/秒, 方向是吹向东偏北 26.6° 。

上面三个例子说明, 同一运动相对不同参照系的运动学各物理量的关系。由此可见, 在不同参照系中, 运动学各物理量不相同, 因而对运动情况的描述也不同。所以在许多实际问题中, 适当地选取参照系, 可使运动情况的描述简化, 便于解决问题。

请看下例。

〔例1-4〕 一电梯以加速度2米/秒²上升，当上升速度达到2.5米/秒时，电梯天花板上有螺帽松落，已知电梯内天花板离地板高2.75米。现分别选择以电梯和地面(地球)为参照系，试分析螺帽的运动情况，并用最简便的方法求出螺帽落到电梯地板上所经历的时间。

〔解〕 先来考虑以电梯为参照系螺帽的运动情况。螺帽的初速为零， $v_{0\text{螺梯}} = 0$ ，加速度 $a_{\text{螺梯}} = a_{\text{螺地}} + a_{\text{地梯}} = a_{\text{螺地}} - a_{\text{梯地}}$ ，设向上为正向，则 $a = g - (-a) = g + a$ ，所以螺帽相对电梯作初速度为零的匀加速运动。

再来考虑以地面为参照系螺帽的运动情况。螺帽的初速度 $v_{0\text{螺地}} = v_{0\text{螺梯}} + v_{0\text{梯地}} = v_{0\text{梯地}}$ ，即 $v = 2.5$ 米/秒，方向向上，加速度 $a_{\text{螺地}} = g$ ，所以螺帽相对地面作初速度向上的匀减速运动(上抛运动)。

螺帽自电梯的天花板落到地板，以电梯为参照系时，位移 $s = -2.75$ 米，但以地面为参照系时，题目中未直接给出位移。所以我们选电梯为参照系解题较方便。由位移公式便有

$$s = \frac{1}{2}(g + a)t^2$$

$$\begin{aligned}\text{解得 } t &= \sqrt{\frac{2s}{g+a}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \times 2.75}{10+2}} = 0.667 \text{ (秒)}\end{aligned}$$

螺帽从电梯天花板落到地板历时0.667秒。

〔例1-5〕 自高处A以相同的速率 v_0 ，在竖直平面内向各个方向同时抛出许多小球，试分析抛出后 t 时刻各球的位置。

〔解〕 在这个问题中，小球的运动可以看作两个运动合成：

一是沿初速方向的匀速运动，另一是自由落体运动。如果我们选自 A 点自由下落的物体 P 作为参照系，则小球相对物体 P 的加速度 $a_{球P} = a_{球地} + a_{地P} = a_{球地} - a_{P地} = g - g = 0$ ，所以小球在这个参照系中，沿着各自抛出时的方向和速率 v_0 （相当从抛出点 A 发生的射线）作匀速直线运动。设坐标系原点在物体 P 上如图1-5，即 t 时刻各小球都处在以原点 P 为圆心，以 $v_0 t$ 为半径的圆周上。此时各球的坐标 (x, y) 满足 $x^2 + y^2 = (v_0 t)^2$ 。

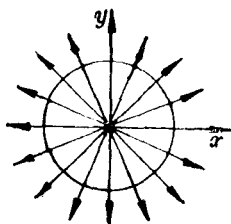


图1-5

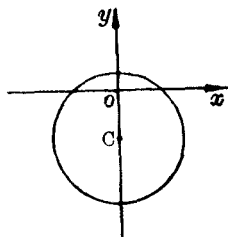


图1-6

如果以地面为参照系，且坐标系的原点设在固定点 A ，各小球除了以速度 v_0 作匀速直线运动外，还受地球引力作用作自由落体运动，故圆和自由落体一样在自由下落。在 t 时刻圆心 C 在坐标系 xy 中的坐标是 $x=0$ ， $y = -\frac{1}{2}gt^2$ ，如图1-6。所以各

小球在新坐标系中的坐标 (x, y) 满足 $x^2 + (y + \frac{1}{2}gt^2)^2 = (v_0 t)^2$ 。

它表明各小球在 t 时刻是处在圆心自由下落，半径与 t 成正比的圆周上。

如果将题目的条件改成各小球以相同速率向四周散抛出去，若不限于竖直平面内，则小球在 t 时刻处在半径为 $v_0 t$ 的球面上，且球心在自由下落。节日观看焰火，可以看到呈散射状的半

径不断扩大的自由降落的球形焰火，就是这种道理。

从上面两题分析可以体会到，讨论运动学问题，可以任意选取参照系；在不同参照系中描述物体的运动的量不同，但都遵循运动学公式。选择适当的参照系，可使运动情况简化，以便于分析和解决问题。当涉及到牛顿定律时，要注意不能在任意参照系中应用牛顿定律。牛顿定律只有在惯性参照系中才能成立。实验告诉我们，通常所说的地面参照系是很好的惯性参照系。还有相对地面作匀速直线运动的参照系，也是很好的惯性系。例5中自由下落的参照系，它相对地面有加速度，因而不是惯性系，因此不能在这个参照系中应用牛顿第二定律来计算加速度。虽然各小球均受到重力作用，合外力也不为零，但它们相对这个参照系的加速度为零。例4选择了电梯为参照系，螺帽下落过程中只受重力作用，但加速度却为 $(g+a)$ ，也不满足牛顿第2定律。总之，对各种参照系运动学公式都是一样可用的，在处理运动学问题时是等价的。但是各种参照系并不一定都可应用牛顿定律。只有在所谓惯性系中才能应用牛顿定律，因此处理动力学问题，各种参照系不一定等价。

〔自我检查题〕

自我检查题的1-6题有如下共同的初始条件：

升降机以加速度 a 在竖直方向上运动；在升降机里的人，向水平方向抛出一个速度为 v_1 的小球；此时升降机的速度为 v_2 ，且与加速度 a 方向一致。加速度 a 的大小和方向在1-6题中各不相同，供选择的答案是(a)平抛运动；(b)斜上抛运动；(c)斜下抛运动；(d)匀速直线运动。将你选择的答案的序号填在每题末尾的括号内。

1. 升降机以加速度 a 竖直上升，升降机里的观察者观察到

的小球运动情况类似于：()

2. 升降机以加速度 a 竖直上升，地面上的观察者观察到的小球运动情况类似于：()

3. 升降机以加速度 $a(a < g)$ 竖直下降，升降机里的观察者观察到的小球运动情况类似于：()

4. 升降机以加速度 $a(a < g)$ 竖直下降，地面上的观察者观察到的小球运动情况类似于：()

5. 升降机以加速度 $a=g$ 竖直下降，升降机里的观察者观察到的小球运动情况类似于：()

6. 升降机以加速度 $a=g$ 竖直下降，地面上的观察者观察到的小球运动情况是：()

7. 两列相向而行的甲、乙列车，甲的速率是10米/秒，乙的速率是15米/秒，将一小球在甲列车中以10米/秒的速率与甲列车运动相反的方向抛出。关于小球运动情况的描述，下面的哪种说法正确？

- (a) 甲列车上的观察者，观察到小球作平抛运动；
- (b) 乙列车上的观察者观察到小球作匀速直线运动；
- (c) 地面上的观察者观察到小球作自由落体运动；
- (d) 上述三位观察者观察到小球运动是一样的。

答：[]

2 位置、位移和路程

你知道这三个概念之间的区别和联系吗？公式 $s = v_0 t +$

$\frac{1}{2}at^2$ 中 s 是路程还是位移？如何应用位移概念解题？

在力学中，一个质点的运动状态是用它的位置和速度来描述的。如果我们知道了某质点在任意时刻的位置和速度，那么就可以了解该质点的运动状态。质点的位置一般用坐标来表示。作直线运动的质点，其位置用直线坐标 $\{x\}$ 描述；作平面运动的质点，其位置用平面直角坐标 $\{x, y\}$ 来描述。也可以用位置矢量 $\mathbf{r}$ 来表示。 $\mathbf{r}$ 即从坐标系的原点指向质点所在位置的有向线段。位置矢量 $\mathbf{r}$ 在各坐标轴上的投影就是质点所在位置的坐标。如图2-1。所以位置矢量与坐标是一一对应的。两者都可用来确定质点的位置。

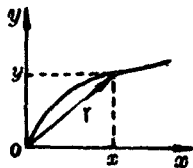


图2-1

位移是描述质点空间位置变化的物理量。它是用质点运动的起点指向终点的有向线段来表示的，是矢量。它与实际的运动轨迹无关。

位移显然不是位置，而是位置的变化量，所以位移只能说某段时间内的位移。如果我们将坐标系的原点设在初始位置处，如图2-1，那么经过一段时间 t 后质点运动到 A 点，它的位移矢量与位置矢量重合。这种相对于坐标原点的位移也反映了 t 时刻