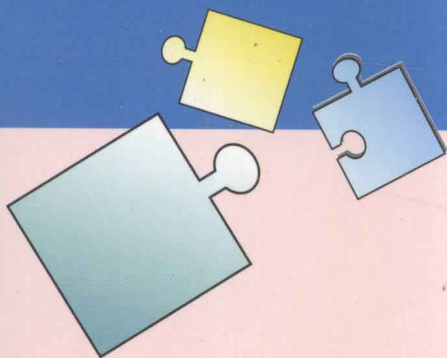


中学物理专题丛书

胡保祥

主编



黄千生 谢 春 编著

物体运动 的描述

ZHONGXUE WULI ZHUANTI CONGSHU

湖北教育出版社

胡保祥 主编

中学物理专题丛书

物体运动的描述

黄干生 谢春 编著

3

湖北教育出版社



(鄂)新登字 02 号

图书在版编目(CIP)数据

物体运动的描述/黄干生,谢春编著. —武汉:湖北教育出版社,2003

(中学物理专题丛书/胡保祥主编)

ISBN 7-5351-3721-0

I. 物… II. ①黄… ②谢… III. 运动学—中学—教学参考资料 IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 002015 号

出版 发行:湖北教育出版社
网址: <http://www.hbedup.com>

武汉市青年路 277 号
邮编:430015 电话:027-83619605
邮购电话:027-83669149

经 销:新 华 书 店

印 刷:文字六〇三厂印刷

(441021·湖北襄樊盛丰路 45 号)

开 本:787mm×1092mm 1/32

5.75 印张

版 次:2004 年 2 月第 1 版

2004 年 2 月第 1 次印刷

字 数:114 千字

印数:1—8 000

ISBN 7-5351-3721-0/C·3029

定价:8.00 元

如印刷、装订影响阅读,承印厂为你调换

目录

第一章 描述物体运动的基本概念 1

一、机械运动 质点 参考系	1
二、时刻与时间间隔	6
三、路程和位移	8
四、平均速度和瞬时速度	12
五、加速度	16

第二章 直线运动 21

一、匀速直线运动	21
二、匀变速直线运动	32
三、匀变速直线运动的实例研究	46

思考与讨论之一：

直线运动的研究方案	56
-----------	----

思考与讨论之二：

直线运动的描述方法	63
-----------	----

第三章 曲线运动 67

一、运动的合成与分解	68
二、平抛运动	80
三、圆周运动	91
四、天体的运动	111

思考与讨论之三：

发射速度与环绕速度	116
-----------	-----

思考与讨论之四：

卫星转轨时的能量变化	119
------------	-----

第四章 机械振动	132
一、简谐运动	132
二、简谐运动的图像	141
三、简谐运动的实例研究	
——弹簧振子和单摆	149
四、简谐运动的能量 受迫振动	
共振	159
思考与讨论之五：	
摆钟计时原理及应用	165
答案与提示	168

第一章

描述物体运动的 基本概念

一、机械运动 质点 参考系

【知识综述】

1. 机械运动

物体相对于其他物体位置的改变叫机械运动,简称运动。

(1)对机械运动的描述与选择的参考物或坐标系有关,因此机械运动具有相对性。在描述机械运动时,同一物体对不同参考系可能出现不同的描述结果。

(2)静止是一种特殊的机械运动形式。从运动学角度看,当物体相对于参考系的运动速度始终保持为零时,我们说该物体处于静止状态。当然,没有特别声明,该参考系是指地球。

当 $v_0 = 0$ 、 $a = 0$ 时,物体的速度恒为零。因此物体静止的条件是: $v_0 = 0$ 、 $a = 0$ 。

2. 质点

(1)质点的定义:物理学中的研究对象往往受许多因素的影响,但在一定情形下我们可抓住其主要因素和本质,忽略一

些次要因素,将复杂的问题归结为比较简单的问题进行研究。如:在研究某物体时,不考虑其大小和形状,只考虑其位置并把质量看作集中在一点,我们将此类物体抽象为质点。

因此,可处理为质点的物体应满足的条件是:在研究的问题中,若物体的形状和体积无须考虑,则该物体可被抽象为质点。

(2)把运动物体当作质点的常见情形:

a. 当物体作平动时,物体上各处运动情况都相同,该物体运动状态可以用物体上任何一点的运动状态来描述,此类物体可看作一个质点。如:在计算花样滑冰运动员的滑行速度时,可将运动员抽象处理为质点。

b. 当物体的几何尺度与运动过程相关联的距离相比可忽略不计时,此类物体可看作一个质点。如:在计算某火车从北京西客站到深圳东客站的运行时间时,火车长度可以忽略不计,因而能将火车抽象处理为质点;但是在计算火车通过某路标的时间时,由于需要研究火车的长度,因而就不能将火车处理为质点。

3. 参考系

研究某物体的机械运动时,都要选择另一物体作标准来确定该物体的位置和描述其运动情况,这个物体称为参考系。

(1)对于同一运动过程,由于选取的参考物不同,观测、描述得出的结果可以是不同的。如:人与高速行驶的汽车在平直公路上同向向南前进时,人相对于路标(参考系)向南运动,但人相对汽车(参考系)却是向北运动的。

(2)在运动学中,参考物的选择是任意的,但通常以使研

究物体运动情况尽可能简单、方便为原则进行选择。通常以地面或相对于地面静止的物体作为参考物。当选择相对于地面运动的其他物体作为参考物时,在分析中应作相应的说明,以免造成误会。

【实例讲解】

例1 关于质点,下列说法中正确的是()

- A. 只有体积很小的物体才能看作质点
- B. 研究旋转效应的足球
- C. 在太空中进行飞船对接的宇航员观察该飞船,可把飞船看作质点
- D. 从地球上的控制中心跟踪观察在太空中飞行的宇宙飞船,可把飞船看作质点

分析 能否将一个物体视为质点并非决定于该物体形状、体积如何,关键要看它的形状、体积对问题的研究是否起作用。在研究中,若无须考虑该物体的形状、体积及几何长度等,则可将该物体抽象处理为质点。

解答 在研究体积较小的物体时,不一定能将它处理为质点。如在研究乒乓球旋转效应问题中,须分析乒乓球的旋转情况和它的大小,体积较小的乒乓球就不能被抽象处理为质点。B、C中分别研究足球、飞船时,其研究与它们形状、大小密切相关,故不能将它们抽象为质点。

在D中,宇宙飞船的形状、大小对问题的研究无决定性的影响,故可将该宇宙飞船抽象处理为质点。

答案 D

点评 在物理学研究中,在一定条件下我们抓住其主要

因素和本质而忽略次要因素并进行抽象概括、研究。这种方法我们称之为物理学中的理想化方法。用这种方法将研究对象(物体、过程等)简化成的抽象模型,我们称之为物理学中的理想模型。除质点外,在以后的学习中还会接触到很多的理想化模型。如:光滑平面、点电荷、点光源、理想气体、匀速直线运动、简谐运动等。

例2 一小船沿一条小河逆流而上,当船经过某一小桥下时从船上掉下一个漂浮物,过1小时后划船人才发现并立即返回追赶,问要过多长时间才能追上漂浮物?

分析 在分析该题时,若以地面为参考系则需要研究漂浮物和船的运动情况,且船往返的路程和速度大小不相同,其解答过程较复杂。若以水(漂浮物)为参考系则船往返的路程和速度大小均相同,其解答过程较简易。

解答 以水为参考系,漂浮物保持静止。在船往返两次运行中,不仅运行速率相同,而且运行路程相同,因此往返运行时间也相同。即需要1小时时间才能追上漂浮物。

点评 在运动学问题中,可以根据具体问题任选参考系。通过灵活选择参考系,可减少研究对象,把原来两个研究对象转换成一个研究对象,把原来复杂的运动转变成简单的运动,从而使解答简便。

【能力训练】

一、选择题

1. 在下列问题中,地球可视为质点的是 ()
- ①研究地球绕太阳运行的轨道 ②计算太阳对地球的引力
- ③比较东京和北京的时差 ④研究日食

A. ①② B. ②③ C. ③④ D. ②③④

2. 下列情况中的运动物体,不能被看作质点的是 ()

- A. 研究绕地球飞行时的航天飞机
- B. 研究飞行中直升飞机上的螺旋桨
- C. 研究在平衡木上做动作的体操运动员
- D. 研究从北京开往上海的一列火车

3. 两辆汽车在平直公路上匀速并排行驶,甲车内一个人看见窗外树木向东移动,乙车内一个人发现甲车没有运动。如果以大地为参考系,上述事实说明 ()

- A. 甲车向西运动,乙车不动
- B. 乙车向西运动,甲车不动
- C. 甲车向西运动,乙车向东运动
- D. 甲、乙两车以相同的速度同时向西运动

4. 某人坐在甲船上看到乙船在运动,那么相对河岸判断甲、乙两船的运动不可能的是 ()

- A. 甲船不动、乙船运动
- B. 甲船运动、乙船不动
- C. 甲、乙两船都在运动
- D. 甲、乙两船以相同的速度运动

二、填空题

5. 下面是我国宋代诗人陈与义所写的《襄邑道中》的绝句:

飞花两岸照船红,百里榆堤半日风。

卧看满天云不动,不知云与我俱东。

诗中描述“我”运动时选取的参照物是_____。

二、时刻与时间间隔

【知识综述】

1. 时刻

时刻是事物发展变化、运动过程中所经历的各个状态的先后顺序的标志,它是计时器在某一时刻所显示的数值。

2. 时间间隔

时间是量度两个时刻的间隔长短的物理量。

3. 时刻与时间间隔

(1)任何物体的运动都经历各个状态,对应一段过程。时刻对应于物体所处的状态,即时刻为状态量;时间对应于物体所经历的某段过程,即时间为过程量。

(2)时刻和时间间隔可以用时间坐标轴来描述。时间轴上各点值表示时刻,箭头方向表示物质运动状态先后次序。如 $t_1 = 1\text{s}$ 所表示的时刻在 $t_2 = 0\text{s}$ 所表示的时刻之后, $t_2 = 0$ 所表示的时刻在 $t_3 = -1\text{s}$ 所表示的时刻之后。时间轴上某一段线段表示两个时刻之间的时间间隔。

【实例讲解】

例1 试辨析下面的概念哪些属于时刻范畴,哪些属于时间间隔的范畴 ()

- A. 北京时间9点整
- B. 每堂课安排40分钟
- C. 某运动员百米赛跑记录是10'5"

D. 某列火车到站时间是 9:10

分析 掌握时刻、时间间隔的特点,根据特点对具体概念进行辨析。时刻是状态量,它对应于某一状态,时间间隔是过程量,它对应于某一过程。

解答 A、D 中概念值均为事物发展变化到某状态时计时器显示值,它属状态量,即 A、D 中所叙述的属时刻概念。B、C 中概念值均对应事物发展变化过程的长短,它属过程量,即 B、C 中所叙述的属时间间隔。

【能力训练】

一、选择题

1. 下列概念中属时刻的是 ()

- A. 第 2s 末
- B. 第 2s 内
- C. 前 2s 内
- D. 后 2s 内

2. 下列说法正确的是 ()

- A. 学校作息时间表上的“学生起床时间为 6:00”是指时间间隔
- B. 火车站公布的旅客列车运行表是时刻表
- C. 体育老师用秒表记录某同学完成百米运动记录值是时间间隔值

二、问题解析题

3. 在分析某事物发展变化过程时,以某一状态为零时刻 ($t=0$),则记录事物发展变化的先后各时刻值会出现正、负值吗?正值代表什么物理意义?负值代表什么物理意义?

三、路程和位移

【知识综述】

1. 路程:质点在某段运动过程中由初位置运动到末位置所经过的运动轨迹的长度。

(1)路程是用来量度物体在运动过程中实际经过的路径长短的物理量。在初位置、末位置相同的情况下,沿不同路径运动所经过的路程不相同。

(2)路程只有大小没有方向,它是标量。

2. 位移:质点在某段运动过程中由初位置运动到末位置所发生的空间位置的变化。

(1)位移是用来描述质点位置的变化的物理量,它的大小等于质点的初位置到末位置之间直线长度,方向由初位置指向末位置。位移是矢量。

(2)质点发生的位移与具体的某段运动过程相对应,位移是过程量。

(3)若质点作直线运动,则可用沿该直线的坐标轴上的两个位置坐标值的差表示位移,即 $S = x_2 - x_1$ 。当所得的 S 为正值,它表示位移方向与坐标轴正方向相同;当所得的 S 为负值,它表示位移方向与坐标轴正方向相反。

(4)位移的运算遵循平行四边形定则。

当某质点在同一时间内同时参与两种分运动且这两个分运动不在同一条直线上时,设两种分运动位移分别为 S_1 、 S_2 ,

该质点合位移为 S , 如图 1-3-1 所示。

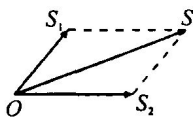


图 1-3-1

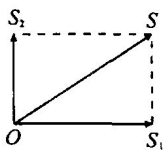


图 1-3-2

当某质点在先后不同时间内分别发生位移, 设先后两段位移分别为 S_1 、 S_2 , 该质点在整个过程中发生的位移 (S) 仍可运用平行四边形定则运算。如图 1-3-2 所示。

【实例讲解】

例 1 为描述作直线运动物体发生的位移, 通常取定正方向, 将矢量值转化为代数形式表示, 能否说正位移总大于负位移?

分析 在取定正方向的前提下, 将矢量值转化为代数形式表示, 此代数值的正负号表示被表示的矢量的方向。代数值的正号表示该矢量方向与取定的正方向一致, 代数值的负号表示该矢量的方向与取定正方向相反。

解答 位移的代数值正负号只表示位移方向, 而位移的大小只与代数值的绝对值大小有关。如 $S_1 = -8\text{m}$ 表示该物体位移大小为 8m , 方向沿负方向; $S_2 = +6\text{m}$ 表示该物体位移大小为 6m , 方向沿正方向。

点评 物理学中有很多物理量的表示结果会出现正、负值, 如摄氏温度、功、重力势能、时刻等。各种物理量的量值正负所表示的物理意义不尽相同, 如 $+5^\circ\text{C}$ 表示该状态下摄氏温度比冰水混合物摄氏温度 (0°C) 高 5°C , -5°C 表示该状态下摄

氏温度比冰水混合物摄氏温度(0°C)低 5°C 。因此,物理量量值的正、负并不都表示该物理量的方向,应具体问题具体分析。

例2 小球从距地面 5m 高处落下,被地面反向弹回,在距地面 2m 高处被接住,则小球从高处落下到被接住这一过程中通过的路程和位移的大小分别是 ()

A. $7\text{m}, 7\text{m}$ B. $5\text{m}, 2\text{m}$

C. $5\text{m}, 3\text{m}$ D. $7\text{m}, 3\text{m}$

分析 在分析时,针对具体过程确定初状态和末状态,并根据位移和路程的定义确定位移和路程值。

解答 位移大小是小球运动的初位置到末位置的直线距离,其大小为 $5\text{m} - 2\text{m} = 3\text{m}$ 。路程是小球从高处落下又反跳到最高点过程中所经过的路程长度,即 $5\text{m} + 2\text{m} = 7\text{m}$ 。

答案 选项D正确。

例3 某学生从学校门口处开始散步,他先向南走了 60m 到达B处,再向东走了 80m 到达C处,最后又向北走了 100m 到达D处。则:

(1) 这名学生散步的总路程和位移分别是多少?

(2) 若要较确切地表示该学生散步的最终位置,应该用位移还是路程?

分析 路程反映物体在运动中实际经过的路径长短,位移反映物体位置改变的实际情况。只要确定了初位置,并已知此后一段时间内的位移,就可以确定这段时间末时刻物体的位置。

解答 这名学生散步的总路程为 240m 。他在南北方向向

北发生了 40m 的位移,在东西方向向东发生了 80m 的位移。
运用平行四边形定则可得该同学发生的位移为:

$$S = \sqrt{40^2 + 80^2} = 40\sqrt{5} \text{ m}$$

$$\alpha = \arctan \frac{1}{2}, \text{即位移方向东偏北 } \arctan \frac{1}{2}。$$

点评 我们学习路程和位移时,既要分析它们的物理意义,又要结合具体问题考虑它们的实际意义。如:研究出租车行程时应根据车通过的路程来计量;在航海中,船员一般以灯塔为参考点研究船相对灯塔发生的位移。

【能力训练】

一、选择题

1. 下列分析中涉及研究位移的是 ()
 - A. 交管部门在对车辆年检中,了解汽车行程计量值
 - B. 指挥部通过卫星搜索侦察小分队深入敌方阵地的具体位置
 - C. 运动员王军霞在第 26 届奥运会上创造了女子 5000m 的奥运会记录
 - D. 高速公路路牌标示“上海 80km”
2. 下列说法中正确的是 ()
 - A. 物体沿直线运动,它的路程一定等于它的位移的大小
 - B. 物体沿直线运动,它的路程就是它的位移
 - C. 物体沿直线向某一方向运动,它的路程就是它的位移
 - D. 物体沿直线向某一方向运动,它的路程一定等于它的位移的大小
3. 如图 1-3-3 所示,某物体沿两个半径为 R 的半圆弧

由 A 经 B 到 C, 则

- A. 物体位移等于 $4R$, 方向向东
- B. 物体位移等于 $2\pi R$
- C. 物体路程等于 $4R$, 方向向东
- D. 物体路程等于 $2\pi R$

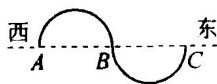


图 1-3-3

4. 氢气球竖直上升到离地面 50m 高空时, 掉下一物体, 该物体先上升 10m 高后再下落。若取竖直向上为正方向, 则物体从脱离气球到落地发生的位移和经过的路程为 ()

- A. $50\text{m}, 70\text{m}$
- B. $-50\text{m}, 70\text{m}$
- C. $60\text{m}, 120\text{m}$
- D. $-60\text{m}, 120\text{m}$

二、填空题

5. 一质点在 x 轴上运动, 各个时刻位置坐标如下表, 则此质点开始运动后 _____ s 内位移最大, 第 _____ s 内位移最大。

t/s	0	1	2	3	4	5
x/m	0	5	-4	-1	-7	1

四、平均速度和瞬时速度

【知识综述】

1. 平均速度

在变速直线运动中, 运动物体发生的位移与所用时间的比值叫做物体在这段时间内的平均速度。

(1) 平均速度一般只能粗略描述某段时间内物体运动平均快慢程度, 而不能准确描述物体在各个状态下真实运动快