

高中物理教与学的

思路与方法

● 王新宁 编著

$$F=ma$$



黄河出版传媒集团
阳光出版社

高中物理教与学的 思路与方法

● 王新宁
编著



黄河出版传媒集团
阳光出版社

图书在版编目(CIP)数据

高中物理教与学的思路与方法 / 王新宁编著. -- 银川: 阳光出版社, 2010.6
ISBN 978-7-80620-663-8

I. ①高… II. ①王… III. ①物理课—教学法—高中
IV. ①G633.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 108797 号

高中物理教与学的思路与方法

王新宁 编著

责任编辑 张燕宁

封面设计 马文龙

责任印制 郭迅生

黄河出版传媒集团 出版发行
阳光出版社

地址 银川市北京东路 139 号出版大厦(750001)

网址 www.nxcbn.com

网上书店 www.hh-book.com

电子信箱 nxhhsz@yahoo.cn

邮购电话 0951-5044614

经销 全国新华书店

印刷装订 宁夏华地彩色印刷厂

印刷委托书号(宁) 0003770

开本 787mm×1092mm 1/16

字数 300 千

版次 2010 年 6 月第 1 版

书号 ISBN 978-7-80620-663-8/G·374

定价 36.00 元

印张 14

印数 3000 册

印次 2010 年 6 月第 1 次印刷

版权所有 翻印必究

序

长期以来,高中物理一直是老师难教,学生认为难学的课程。甚至一些理科学生在上了大学之后,依然视物理为畏途。新宁老师潜心于中学物理教学,格外关注学生学习物理的认知因素和学习方法,深知高中生学习物理的困惑。在二十多年的教学实践中,研究学生学习物理的有效性,不断探索和总结高中物理教与学的策略,帮助学生解决学习物理的诸多困惑和难点。《高中物理教与学的思路与方法》一书就是他实践经验的总结和教学研究的成果。

看到书名《高中物理教与学的思路与方法》,有人或许会问:这不是一本高中物理复习练习册吗?为什么还叫这样一个书名呢?常言道:“雾里看花,水中望月。”只能观其轮廓,视其大概。还在2007年秋,新宁老师就已撰写了书的初稿,当时他请我为书稿提出修改意见。看完书稿,我的第一印象是:这本书稿不是一般意义上的习题集,也不是高三物理总复习的专用书。之所以称做《高中物理教与学的思路与方法》,顾名思义,含有全方位透视,从全貌上、整体上来认识高中物理的教与学,既有一览无余的宏观把握,又有关关注细节的微观洞悉;既可用于高中物理日常教学,又可作为高三复习之用。我想作者的本意或许就在于此吧!这是一本高中物理教学师生共用书。

当我再次仔细阅读书稿时,脑海中便自然形成了这本书带有个性的特点。

一是注重课程系统性的把握

《高中物理教与学的思路与方法》用系统论的视角理解高中物理课程,重新整合课程内容,以运动和力的关系作为主线贯穿全书,使全书形成了思路清晰、有机衔接、章节贯通、环环相扣的知识链,可谓“纲举目张”,也因此避免了以往同类书编写中的条块分割、肢解教材的弊端。

二是渗透学习方法的指导

新课程强调课程实施中“三维目标”的落实,其中“过程与方法”是高中物理课程实施中的关键之处。不少高中生物理学不好,在很大程度上是学习方法出现了迷茫。本书的特点之一是将受力分析的知识点集中在一起进行剖析,用学生熟知的物理现象或生活事例帮助学生理解知识难点,建构物理概念及规律的意义。如讲“质点”,举了乘坐火车不同车厢到北京的事例,解释了火车能否被看成质点;讲“运动的独立性原理”,举了体育课前准备活动,学生沿环形跑道跑一圈的运

动,这一过程,学生的平动和转动互不影响,说明每一种运动都是独立的。由此,借助学生十分熟悉的事例,巧妙地解决了学生的疑难问题,同时有机地渗透了牛顿物理思想方法,有利于学生掌握学习物理的方法,从而促进了学生能力的提高。

三是关注科学态度及价值观的熏陶

“情感态度、价值观”是高中新课程实施中的另一重要目标。作为理论色彩很浓的物理学科,如何关注情感态度、价值观的教育呢?作者在介绍每一重要概念、原理时,有机地引入了原理的产生过程,将物理发展史、物理文化史的叙述融入到物理原理的形成过程中。如阐述“天体的椭圆轨道运动”时,从托勒密的地心说到哥白尼的日心说,再到布鲁诺、伽利略为传播日心说遭遇迫害,最后介绍开普勒用四年时间矫正观测值和计算值的误差——8'的问题,从而建立了“开普勒定律”。这其中既有科学家崇尚科学,追求真理,献身真理的精神对学生心灵的震撼;也有科学家热爱科学,不懈探索,严谨求实的科学态度对学生人格的感染。类似的内容在各讲中都可看到。这种将科学性与人文性自然融合的理念,可以说是本书的一大亮点。

四是突出练习的精要与有效

书中练习题的设计和选择,依据两个原则:一是精要、有用;二是适度、有效。所谓“精要”,是指选题典型,紧扣物理学习重点、难点,对帮助学生理解、掌握知识有鲜明的针对性;所谓“适度”,是指题量依据训练的效果来确定,不追求“多多益善”,重在引导学生举一反三,形成能力。这些均需教师凭借长期的实践经验和对学生学习过程的深入体察方能准确把握。在这方面,新宁老师可谓用心良苦。

21世纪是信息化的时代。在目前,教学资源日益丰富,教学参考资料充斥市场的情况下,《高中物理教与学的思路与方法》必然也要经受教师和学生的评价和认同。值得庆幸的是,宁夏是首批高中课程改革试验省(区)之一,本书在出版前的试用过程中,经历了新课程改革的洗礼,在银川高级中学、银川一中、银川二中、银川九中等学校学生使用的过程中,不断修改完善,使本书的适用性和有效性得到了进一步提高。

在此,我们为新宁老师多年的教研成果能够出版表示祝贺,同时,也因该书的出版为物理教学同人搭建了一个交流、切磋的平台而感到欣慰。

鉴于此,写了以上的感受,是为序。

徐建国

2009.6

目 录

第一讲 运动学	1
一、运动的基本概念	2
二、描述运动的物理量	3
三、描述运动的基本规律——基本物理量之间的联系	6
四、机械振动和机械波	11
五、曲线运动规律	14
第二讲 力和运动	25
一、力、受力分析的知识点及其剖析	25
二、力和运动——运动物体的受力分析	45
第三讲 动量 动能	61
一、动量定理	62
二、动量守恒定律	65
三、动能定理	69
四、能量守恒定律	74
五、碰撞	75
第四讲 电和磁	85
一、静电场	85
二、稳恒电流	106
三、磁场	124
四、电磁感应	142

第五讲 热学	155
一、分子动理论	155
二、物体内能变化及热力学第一定律	159
三、气体的性质	160
第六讲 原子、原子核涉及的物理问题	177
一、原子的核式结构	177
二、原子能级和能级跃迁	178
三、可见光及其传播规律	183
四、光的本性	193
五、核物理	198
参考答案	215
后 记	219

物理学是一门自然科学,主要研究物质存在的基本形式,以及物质的性质和运动规律.物理学还研究物质的内部结构,在不同层次上认识物质的各种组成部分及其相互作用,以及它们运动和转化的规律.由于运动学比较简单,更便于我们接受,所以,我们先从运动学入手研究,开始我们的学习历程.

第一讲 运动学

物理学所涉及的研究对象是极为丰富的,大到宇宙天体,小到原子核、基本粒子,还有看不见的场.由于自然界中物质的复杂性和多样性,完全按照物理客体的本来面目进行研究,问题将变得很复杂,很难得出定量的规律和系统的理论.人类认识自然界的方法或模式一般是从简单到复杂,从特殊到一般,从低级到高级.要研究物质运动的规律,就要对复杂的自然界进行简化和特殊化,建立各种各样的物理模型.

我们首先接触的物理模型是质点.当研究的问题与物体的大小和形状无关,只与物体的质量和位置有关时,就可以忽略物体的大小和形状,将物体当质点处理,否则,物体不能当质点处理.

例如,旅客乘火车从银川到北京,3号车厢的乘客到北京了,没有必要问16号车厢的人是否也到北京了.因为银川到北京的距离远大于火车长,火车可以当质点处理;如果北京有一位亲属去接站,必须告诉他乘客在哪节车厢,这样位置更准确,这时的火车就不能当质点处理了.

我们以后要见到的物理模型还很多,有类似于质点的物质模型,如单摆、弹簧振子、点电荷、匀强电场、匀强磁场、点光源、平行光等;有运动形式模型,如匀速直线运动、匀变速直线运动、简谐振动、平抛运动、简谐波等;有物理情景模型,如物体运动过程中不受阻力、物体运动过程中阻力与速度平方成正比、光滑接触面等.

运动学这部分内容主要讲述运动的描述方法和基本运动规律.描述的方法有基本物理量的描述(位移、速度、加速度、时间等)、函数的描述、图象的描述.物理量用运算符号联系起来组成基本物理规律,可以解决直线运动问题(匀速直线运动、匀变速直线运动);根据运动的独立性原理及向量运算法则解决曲线运动、振动和波动等问题.其中渗透了经典物理学的思想方法(质点运动的速度图线和坐标轴所围的面积在量值上等于位移大小).

孤立的物理概念没有价值,失去物理情景依托的物理规律没有意义.在学习过程中,我们要注重在物理规律中理解每个物理概念的意义、地位,在物理情景中理解物理规律的内涵(物理意义)及外延(适用范围),同时培养我们分析物理过程的能力,掌握研究物质运动的思想方法.特别值得注意的是要区分时间和时刻,时间有长短之分,时刻只有先后之别;数学行程应用问题中的“速度”是速率,没有方向.

一、运动的基本概念

(一)机械运动

一个物体相对于另一个物体的位置改变,我们就说前一物体在作机械运动,后一个“物体”是为了描述运动简捷而选取的参照物.例如开教室门,门的运动是转动,这是以地球为参照物,描述门的运动,只要测量出门运动的时间 t 和门绕“合页”所在的框(轴)转过的角度 θ ,即可计算出其角速度 $\omega = \frac{\theta}{t}$.若以太阳为参照物描述门的运动,我们现有的工具是不够的(门绕框转动的同时,随地球绕地轴自转,还绕太阳公转).用哲学的观点看,运动是绝对的,即使是没有参照物,物体也在运动.

(二)机械运动的分类

机械运动可以分为平动和转动两类.

1. 平动

在物体的整个运动过程中,物体上任意两点的连线始终平行的运动叫平动.平动的特点是物体上所有点的运动情况(s 、 v 、 a)相同.例如,老师始终面向同学,绕讲桌运动一圈,同时可以下蹲、起立.在此过程中,老师两只眼睛的连线(不一定在同一平面内)始终平行.老师的运动是平动.物体在平面上的运动不一定是平动,主要看是否“平行”.

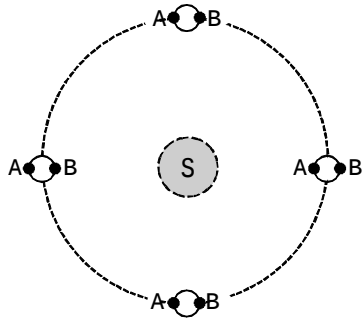
2. 转动

在物体的整个运动过程中,物体上所有点都绕同一轴线旋转的运动叫转动.转动的特点是物体上所有的点经历相等的时间转过的角度相同(ω 相同).如(开、关)门的运动.

(三)运动的独立性原理

由机械运动的分类我们可以想到,体育课前老师要求我们做准备活动,沿环形跑道跑一圈,我们的运动既有平动又有转动,而且平动不因为转动而受影响,转动也不因为平动而受影响.每一种运动都是独立的,某时刻我们的运动应是平动和转动的合运动.由个别到一般,我们可以说,一个物体可以同时参与多种运动.其中一种运动不因有其他运动而受影响,每一种运动都是独立的,物体的运动应是它参与的多种运动的合运动.如曲线运动和机械波干涉中参与波动的介质质点等.

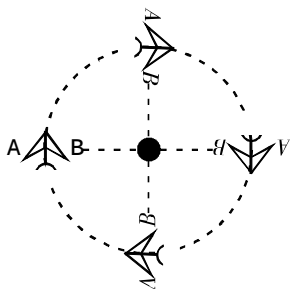
地球绕太阳公转,同时又绕地轴自转.如果只考虑地球的自转,转动周期是 24 小时(一昼夜),地球不能当质点;如果忽略地球的自转,只考虑地球绕太阳公转时,地球的运动仅有平动,平动周期是 365 天(一年、四个季度),那么地球可以当质点.总体看来,地球绕太阳公转时既有平动又有转动.(如右图所示)



例题 1: 分析牵线的玩具飞机在空中作圆周运动时, 是平

动还是转动,还是既有平动又有转动?

分析:如右图所示,这里机头的朝向在不停地改变,机翼上A、B两点始终绕同一圆心运动,因此可以肯定飞机的运动是转动。



针对性练习(一)

1. 火车作为研究对象,能当做质点的是().
 - A. 研究火车从上海开往北京的时间
 - B. 研究火车通过铁道旁竖着的一个电线杆的时间
 - C. 研究上火车接一位旅客的最短时间
 - D. 研究双行线上相向运动的火车会车所需要的时间
2. 关于参考系,下述说法正确的是().
 - A. 参考系是本身静止的物体
 - B. 选择不同的参考系,观察同一运动物体结果相同
 - C. 没有参考系物体就不运动
 - D. 选择参考系是为了描述物体的运动更简捷

二、描述运动的物理量

机械运动是物体的空间位置随时间的变化,为了描述运动物体的位置改变远近和方向,必须引入位移.路程是完不成这个任务的。

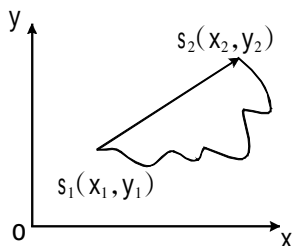
(一)位移(s)

位移是由运动物体的始位置指向终位置的有向线段.初、末位置可以由点的坐标分别表示为 $s_1(x_1, y_1)$ 和 $s_2(x_2, y_2)$, 则位移就是 $s = \overrightarrow{s_1 s_2}$, 即 s_1, s_2 两点间的有向线段。

“有向”说明位移有方向,“线段”说明位移有大小,位移是向量.该有向线段不受周围环境或障碍物的限制.如一个人绕山脚转了半圈,其位移应是人的起点指向终点的有向线段.大小等于两点间距离,方向由起点指向终点.运动物体的位移可以大于0、等于0,也可以小于0,单位是米(m)(SI制基本单位)。

路程等于速度乘以时间.这类行程应用问题,我们在数学课中已学了很多,现在物理老师又说描述物体位置改变需要位移,难道行程问题中的路程就没用了吗?

路程是物体运动轨迹的长度,不具方向性.而位移是由运动物体的始点指向终点的有向线段,既说明了物体位置改变的远近,又说明位置改变的方向,二者缺一不可。



例如,一位同学到办公室找数学老师,我告诉他,数学老师离我 3km 远.他要找到数学老师,必须以我所在的位置为圆心,以 3km 长为半径画圆.先从圆心走到圆周上,再沿着圆周继续走,才有可能找到数学老师.他走了不少冤枉路,抱怨我没有告诉他方向;下次又是他,又找数学老师,我告诉他数学老师在南边.他要找到数学老师,应以我所在的位置为始点,向南画一条射线,沿射线走才能找到数学老师.因为我没有告诉他远近,交通工具不好选择,找数学老师就难了!

可见,只有位移能准确地描述物体位置改变的远近和方向,路程是完不成这个任务的.

我们由学校出发春游,先到西门桥,去西门桥的路径很多,运动快慢和方向也不一样.为了描述运动物体位置改变的快慢和方向,引入速度.

(二)速度(v)

1. 平均速度 $\bar{v}$

位移与发生该位移所用时间的比值,叫做平均速度.即 $\bar{v} = \frac{s}{t}$.方向与 s 方向相同,是向量,单位是米/秒(m/s)(导出单位). $\bar{v}$ 便于测量.例如,我们想办法测出家到学校的位移 s (怎样测?可以用当地区域地图),再测量某次上学路上所需要的时间 t ,就可以计算出这次上学路上的平均速度 $\bar{v} = \frac{s}{t}$.但平均速度描述物体运动快慢和方向比较粗略,因为我们没有直升机,运动轨迹不一定沿 s 的方向.

为了更准确地描述物体运动快慢和方向,有必要引进即时速度(瞬时速度).

2. 即时速度 v

物体在某位置(或某一时刻)的速度叫即时速度,即 $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t}$ (此式表示,当 Δt 趋近于 0 时,位移对于时间的极限,即时速度借助于数学“极限”的概念更好理解).

v 的方向与 Δs 方向相同,是向量,单位是米/秒(m/s)(导出单位). v 的大小,现在机动车上的速度表或交通警察手里的测速仪(检查机动车是否超速的仪器)可以测量.

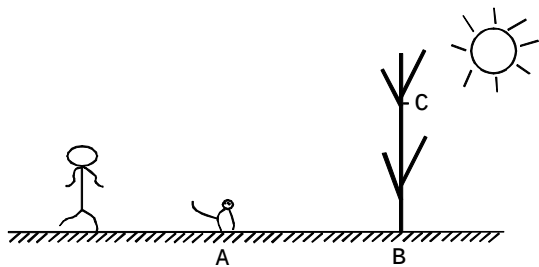
例题 2: 如图所示,一只猴子在 A 处乘凉,你向它走来,受惊吓的猴子蹿到 B 处,又蹿上树的 C 处.若 $AB = 4\text{m}$, $BC = 3\text{m}$, $t_{AB} = 0.1\text{s}$, $t_{BC} = 0.1\text{s}$.则猴子在各段的平均速度分别是多大?

解析: 根据平均速度的定义分别可得:

$$\bar{v}_{AB} = \frac{AB}{t_{AB}} = \frac{4\text{m}}{0.1\text{s}} = 40(\text{m/s}), (\text{方向 } A \rightarrow B)$$

$$\bar{v}_{BC} = \frac{BC}{t_{BC}} = \frac{3\text{m}}{0.1\text{s}} = 30(\text{m/s}), (\text{方向 } B \rightarrow C)$$

$$\bar{v}_{AC} = \frac{AC}{t_{AC}} = \frac{5\text{m}}{0.2\text{s}} = 25(\text{m/s}), (\text{方向 } A \rightarrow C)$$



猴子的实际运动是在 A、B 间先加速,再匀速,最后减速.否则,我们可以守株待“猴”了.在 B、C 间的运动大概也是这样的.猴子从来就没有沿 A、C 方向运动过,可见,平均速度描述物体运动快慢和方向是粗略的,而即时速度描述物体运动快慢和方向更准确.

速度的大小称为速率,总大于零.数学行程应用问题中的速度就是我们讲的速率,还因为这样,路程总是大于零的.

机动车需要制动装置,且刹车要灵;更优秀的短跑运动员,是起跑快的运动员.为了描述速度变化快慢和方向而引入加速度.

(三)加速度(a)

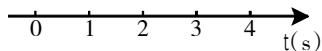
加速度是每秒钟速度的变化,即 $a = \frac{v_2 - v_1}{t}$,其方向与 $v_2 - v_1$ 方向相同,向量,单位是米/平方秒(m/s^2)(导出单位).加速度的大小与初速度 v_1 的大小无关,与末速度 v_2 的大小无关,与速度变化的大小($v_2 - v_1$)无关,与单位时间内速度变化大小有关.单位时间速度变化小,加速度小.

注意: s 、 v 、 a 都是矢量,既有大小,又有方向,就是数学中将要学习的向量,运算时遵循几何加、减法法则(平行四边形或三角形法则),不是简单的代数运算.

由此看来,机动车的刹车灵,是车的反向加速度大,即车速由 v_1 减小到 0 用的时间 t_1 短.优秀的短跑运动员,是加速度大的运动员,即运动员由静止开始速度增大到 v_2 经历的时间 t_2 短.

(四)时间和时刻(t)

机械运动是物体的空间位置随时间发生变化.因此,为了准确地描述运动,必须分清时间(运动持续)和时刻(运动开始或运动结束).用一条带箭头的线表示时间和时刻,这条线叫时间轴.轴上每一点都表示一个时刻,轴上任意两点间的间隔长度都表示一段时间,箭头指向只表示时间的延续,时间是标量.



例题 3: 在图中指出第二秒末和第三秒初及第二秒.

解析: 时间轴上的每一个点都表示一个时刻,0 时刻表示某一物理事件开始的时刻(计时起点),1,2,3……分别表示开始计时后的第 1s 末,第 2s 末,第 3s 末……由此看来,第 2s 末和第 3s 初是同一时刻(即 2 处的点);轴上任意两点的间隔长度表示一段时间,第 2s 是开始计时的第二个 1 秒,即轴上 1、2 之间的间隔长度.



针对性练习(二)

- 描述物体的运动需要明确时间和时刻.下述时间和时刻,物体不可能发生位移的是().
A. 第 2s 末 B. 第 2s C. 2s 内 D. 前 2s
- 物价部门规定出租车收费依据是().
A. 速度 B. 速率 C. 位移 D. 路程
- 研究物体的运动,引入速度这个物理量,其目的是为了描述运动物体的().
A. 位置改变的远近和方向 B. 位置改变的快慢和方向
C. 速度改变的快慢和方向 D. 运动的时间长短
- 一次百米赛跑时,冠军的成绩是 10s. 他在 50m 处的速度是 12m/s, 在终点处的速度是

11m/s.他百米全程的平均速度是_____.

5. 一质点作直线运动时,前半段位移的平均速度是 v_1 ,后半段位移的平均速度是 v_2 .则全程的平均速度为_____ ;若前半段时间的平均速度是 v_1 ,后半段时间的平均速度是 v_2 ,则全程的平均速度为_____.

6. 由 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 可知().

A. a 与 Δv 成正比

B. a 由 Δv 决定

C. a 的方向与 Δv 的方向相同

D. $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 叫速度变化率,就是加速度

7. 下列运动过程可能实现的是().

A. 运动物体的速度很大,但加速度很小

B. 运动物体的速度很小,但加速度很大

C. 运动物体的加速度减小,速度却增大

D. 运动物体的加速度增大,速度变化率却减小

8. 质检部门要求机动车刹车要灵.用物理术语说,应该是要求机动车的().

A. 正向速度大

B. 反向速度大

C. 正向加速度大

D. 反向加速度大

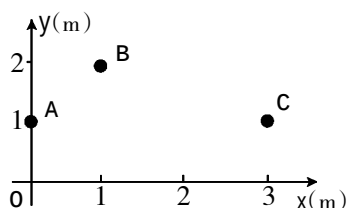
9. 如图所示,一运动质点在 xOy 平面内从 $A(0,1)$ 点出发,经 $B(1,2)$ 点到 $C(3,1)$ 点静止,经历的时间是 2s.质点运动过程中可以确定的物理量是().

A. 平均速度

B. 瞬时速度

C. 加速度

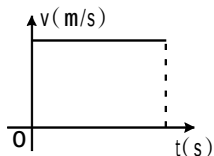
D. 路程



三、描述运动的基本规律——基本物理量之间的联系

(一)匀速直线运动

匀速直线运动的运动轨迹是直线,经历相等的时间发生的位移相等.其特点是物体沿直线运动,加速度 $a=0$ 是常量,速度 v 不随时间发生变化,在 $v-t$ 图象中图线是平行于时间轴的直线.位移 $s=vt$ 在量值上等于速度图线和坐标轴所围的面积,如图所示.



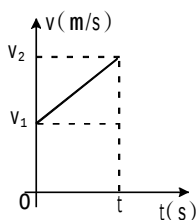
(二)匀变速直线运动

匀变速直线运动的运动轨迹是直线,经历相等的时间速度的变化量相等.其特点是物体沿直线运动,加速度 $a=c$ 是常量,速度随时间变化是均匀的,任意时刻的速度

$$v_2 = v_1 + at \quad \text{①}$$

v_2 随时间变化的图象是以 v_1 为截距, a 为斜率的倾斜直线($y = ax+b$).

匀速直线运动和匀变速直线运动具备共同点,即轨迹都是直线且加速度都是常量.既然匀速直线运动的位移在量值上等于速度图线和坐标轴所围的面积,那么匀变速直线运动的位移在量值上也等于速度图线和坐标轴所围的面积,如图所示.即:



$$s = v_1 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (2)$$

将①、②联立消去 t , 可得到匀变速直线运动的一个推论:

$$v_2^2 - v_1^2 = 2as \quad (3)$$

(三)有用的推论

匀变速直线运动物体在某一段时间内的平均速度,等于该段时间内中间时刻的即时速度,也等于该段时间初、末速度的算术平均值, $\bar{v} = v_{t/2} = \frac{v_1 + v_2}{2}$.

作匀变速直线运动的物体,在连续相等时间 t 内的位移之差 Δs 相等, $\Delta s = at^2$.

末速度为零的匀减速直线运动位移等于相等时间内反方向初速度为零的匀加速直线运动的位移.

(请您运用学过的知识证明上述三个推论)

上述 3 个方程所描述的物理情景:物体以 v_1 为初速度沿直线运动,每经历相等的时间速度的变化相等(a 不变),经历时间 t 速度变为 v_2 ,同时位置改变的大小为 s .

3 个方程中有 2 个是独立的,一般情况下已知其中 3 个量,就能求出另外 2 个未知量.有些题目设计得比较隐蔽,直接用上面 3 个方程不易解答,必要时可以用推论和图象协助求解.

值得注意的是,由匀速直线运动的位移大小推想出匀变速直线运动的位移公式.这种思想方法是物理学常规的思想方法,遵循由简单到复杂的研究顺序.实际上,无论速度怎样变化,其图线和坐标轴所围的面积大小在量值上都等于位移大小.

例题 4: 当一辆汽车在十字路口等候绿灯时,后面有一辆自行车以 6m/s 的速度匀速行来.当自行车刚到十字路口时,绿灯变亮,自行车继续前进,同时汽车以 3m/s^2 的加速度开始行驶.试求:汽车从路口开动后,在追上自行车之前经过多长时间两车距离最远? 此时最远距离是多大?

解析: 这是一道典型的追及问题,属于单方向直线运动问题,有以下多种解法.

解法一: 用公式法求解

汽车开动后速度由零开始增大,而自行车速度是定值.当汽车的速度还小于自行车的速度时,两者的距离将越来越大.而汽车的速度一旦增大到超过自行车速度时,两车的距离就将缩小.因此两者速度相等时两车距离最大(以上分析紧紧抓住了“速度关系”和“位移关系”).

$$\text{由 } v_{\text{汽}} = at = v_{\text{自}}$$

$$\therefore t = \frac{v_{\text{自}}}{a} = \frac{6\text{m/s}}{3\text{m/s}^2} = 2(\text{s})$$

$$\Delta s = v_{\text{自}} t - \frac{1}{2} a t^2 = 6 \times 2 - \frac{1}{2} \times 3 \times 2^2 = 6(\text{m})$$

解法二：用数学求极值方法来求解

设汽车在追上自行车之前经时间 t 时两车距离最远.

$$\because \Delta s = s_1 - s_2 = v_{\text{自}}t - \frac{1}{2}at^2$$

$$\therefore \Delta s = 6t - \frac{1}{2} \times 3t^2$$

由二次函数求极值的条件知, $t = \frac{-b}{2a} = 2(\text{s})$ 时, Δs 最大.

$$\therefore \Delta s = 6t - \frac{1}{2} \times 3t^2 = 6 \times 2 - \frac{1}{2} \times 3 \times 2^2 = 6(\text{m})$$

解法三：用相对运动求解

选匀速运动的自行车为参考系, 则从运动开始到相距最远的这段时间内, 相对此参考系的各个物理量为:

$$\text{初速度 } v_0 = v_{\text{汽初}} - v_{\text{自}} = 0 - 6 = -6(\text{m/s})$$

$$\text{末速度 } v_t = v_{\text{汽末}} - v_{\text{自}} = 6 - 6 = 0$$

$$\text{加速度 } a = a_{\text{汽}} - a_{\text{自}} = 3 - 0 = 3(\text{m/s}^2)$$

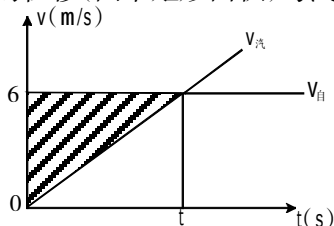
$$\therefore \text{相距最远 } s = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2a} = \frac{-6^2}{2 \times 3} = -6(\text{m}) (\text{负号表示汽车落后})$$

解法四：用图象法求解

画自行车和汽车的 $v-t$ 图象, 如图所示, 由于图线与坐标轴所包围面积表示位移的大小, 所以由图可看出: 在相遇之前, 在 t 时刻两车速度相等时, 自行车的位移 (图中矩形面积) 与汽车的位移 (三角形面积) 之差 (阴影部分) 最大, 所以由图得时间 t 为:

$$t = v_{\text{自}}/a = \frac{6\text{m/s}}{3\text{m/s}^2} = 2(\text{s})$$

$$\Delta s = vt - \frac{1}{2}at^2 = 6 \times 2 - \frac{1}{2} \times 3 \times 2^2 = 6(\text{m})$$



上述四种解法中, 解法一注重对运动过程的分析, 抓住两车间距离有极限值时速度应相等的关键条件应用公式求解; 解法二中由位移关系得到一元二次方程, 然后利用根的判别式求方程各系数间的关系, 这也是中学物理中常用的数学方法; 解法三通过巧妙地选取参考系, 使两车关系变得简明; 解法四利用 $v-t$ 图象分析, 可使两车运动关系直观明了.

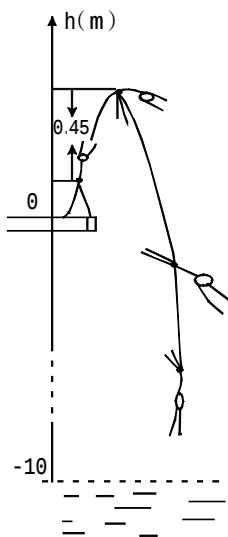
解完题之后, 我们再看汽车的运动. 汽车开始运动 1s 末的速度是 3m/s, 2s 末的速度 6m/s, 3s 末的速度是 9m/s, 4s 末的速度是 12m/s……则汽车前 4s 的平均速度是 6m/s. 则 $\bar{v} = 6\text{m/s} =$

$$\frac{\frac{1}{2} \times 3 \times 4^2}{4\text{s}} = v_2 = \frac{0 + 12\text{m/s}}{2} \quad (v_2 \text{ 是第 2 秒末, 即前 4s 中间时刻的速度}); \text{汽车在第 1s 内的位移是}$$

$$\frac{3}{2}\text{m}, \text{第 2s 内的位移是 } \frac{9}{2}\text{m}, \text{第 3s 内的位移是 } \frac{15}{2}\text{m}, \text{第 4s 内的位移是 } \frac{21}{2}\text{m} \cdots \cdots \text{则 } \frac{9}{2}\text{m} - \frac{3}{2}\text{m} =$$

$\frac{15}{2}m - \frac{9}{2}m = \frac{21}{2}m - \frac{15}{2}m = 3m$. 即每经历连续相等的时间, 增大的位移相等, 且等于 at^2 .

例题 5: 一跳水运动员从离水面 10m 高的跳台上向上跳起, 举起双臂直体离开台面, 此时其重心位于从手到脚全长的中点. 跃起后重心升高 0.45m 达到最高点, 落水时身体竖直, 手先入水(在此过程中运动员水平方向的运动忽略不计). 从离开跳台到手触到水面, 他可用于完成空中动作的时间是多少秒?



解析: 这是一道复方向直线运动问题, 分不同的时间段也有多种解答方法. 以跳台面为坐标原点, 向上为正方向建立坐标系, 如右图所示. 因为初时刻重心距离台面的高度等于手入水时重心距离水面的高度, 所以关键是要能把运动员的实际运动概括成质点模型, 将重心作为研究对象.

解法一: 取起跳的时刻为初态, 上升到最高点的时刻为终态. 这一过程中重心作竖直上抛运动, 设重心升高为 h_1 , 初速度为 v_1 , 上升所需时间为 t_1 , 根据已知条件和匀减速运动规律可得

$$h_1 = \frac{1}{2} g t_1^2$$

将数据($h_1 = 0.45m$)代入得 $t_1 = 0.3s$.

从最高点到手入水的过程中, 重心作自由落体运动. 设运动时间为 t_2 , 根据已知条件和匀加速运动规律可得

$$h_2 = \frac{1}{2} g t_2^2$$

代入数据($h_2 = 10.45m$)可得 $t_2 = 1.4s$.

因此跳水运动员用来完成空中动作的时间为 $t = t_1 + t_2 = 1.7s$.

解法二: 重心运动的初态同上, 终态为重心下落到与跳台等高度处. 这一过程中, 重心初态速率 v_1 等于终态速率 v_2 , 设运动时间为 t_3 , 根据已知条件和匀减速运动规律可得

$$h_3 = v_1 t_3 - \frac{1}{2} g t_3^2$$

代入数据($h_3 = 0, v_1 = \sqrt{2gh_1} = 3m/s$)可得 $t_3 = 0.6s$.

从跳台到手入水的过程中, 重心作竖直下抛运动. 初速度为 v_2 , 设运动时间为 t_4 , 根据已知条件和匀加速运动规律可得

$$h_4 = v_2 t_4 + \frac{1}{2} g t_4^2$$

代入数据($h_4 = 10m, v_2 = v_1 = 3m/s$)解得 $t_4 = 1.1s$.

运动员用来完成空中动作的时间为 $t = t_3 + t_4 = 1.7s$.

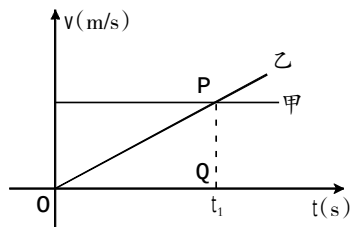
解法三: 重心运动的初态同上, 终态为手入水的时刻. 设运动的总时间为 t , 根据已知条件和匀减速运动规律可得

$$h_5 = v_1 t - \frac{1}{2} g t^2$$

代入数据($h_5 = -10\text{m}$, $v_1 = 3\text{m/s}$)解得 $t = 1.7\text{s}$, 即为运动员用来完成空中动作的时间.

通过解答本题我们可以看到: 选取不同的时间段公式中的初速度 v 不相同, 位移 h 也不相同, 分别出现了大于 0、等于 0、小于 0 等情况.

例题 6: 甲乙两车在公路上沿同一方向作直线运动, 它们的 $v-t$ 图象如图所示. 两图象在 $t=t_1$ 时相交于 P 点, P 在横轴上的投影为 Q , $\triangle OPQ$ 的面积为 S . 在 $t=0$ 时刻, 乙车在甲车前, 相距为 d . 已知此后两车相遇两次, 且第一次相遇的时刻为 t' , 则下面四组 t' 和 d 的组合可能是().



- A. $t' = t_1, d = S$ B. $t' = \frac{1}{2} t_1, d = \frac{1}{4} S$ C. $t' = \frac{1}{2} t_1, d = \frac{1}{2} S$ D. $t' = \frac{1}{2} t_1, d = \frac{3}{4} S$

解析: 这是一道关于物体运动的追及问题, 用图象的形式呈现在考生面前比较新颖. 从图象来看, 甲和乙分别作匀速直线运动和初速度为零的匀加速直线运动. 设甲经过 t 秒追上乙, 乙的加速度为 a , 根据已知条件和运动规律得:

$$at_1 t = \frac{1}{2} at^2 + d$$

整理得

$$\frac{1}{2} at^2 - at_1 t + d = 0$$

解之得

$$t = \frac{at_1 \pm \sqrt{a^2 t_1^2 - 2ad}}{a}$$

“已知此后两车相遇两次”, 说明方程有实数根. 所以

$$a^2 t_1^2 - 2ad \geq 0$$

整理得

$$a t_1^2 - 2d \geq 0$$

解之得

$$d \leq \frac{1}{2} a t_1^2$$

若 $t = t' = \frac{1}{2} t_1$, 则 $d = \frac{3}{4} S$. 说明组合 D 正确, 与“且第一次相遇的时刻为 t' ”相吻合, 故选择 D;

若 $t = t' = t_1$, 则 $d = S$. 说明组合 A 正确, 但从时刻顺序上看, 这是第二次相遇的时刻, 所以不选 A.



针对性练习(三)

1. 匀变速直线运动可以有这样三种定义: