

配合上海二期课改

高中三年级用

张越 主编

张主方 副主编

新
教
材

物
理

辅导与训练

上海科学技术出版社

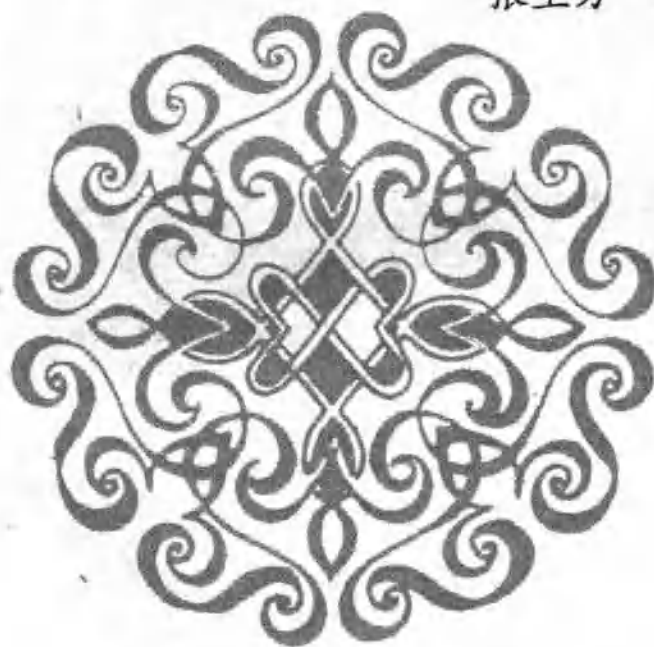
新教材

物 理

辅导与训练

(高中三年级用)

张 越 主 编
张主方 副主编



上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书以最新修订的课程标准和物理新教材为依据,内容紧密配合二期课改物理新教材,旨在帮助学生克服学习上的困难,提高学科素质。

本书是供高中三年级学生使用的分册,根据《上海市中学课程标准(征求意见稿)》编写,全书共分两篇:“单元辅导与训练”“综合辅导与训练”。

本书既为学生学习设置了综合辅导,也为学生知识技能的巩固、提高提供一定的学习资料,更为提高学生的学习能力起到一定的辅导与训练作用。

责任编辑 闵 珏

新教材物理辅导与训练

(高中三年级用)

张 越 主 编

张主方 副主编

世 纪 出 版 集 团 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路71号 邮政编码200235)

新华书店上海发行所经销 常熟市兴达印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 18 字数 429 000

2005年7月第1版 2006年1月第2次印刷

印数 5 301—7 800

ISBN 7-5323-8101-3/G·1772

定价: 19.00 元

、本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向承印厂联系调换

编写说明

本书以《上海市中学物理课程标准(征求意见稿)》为依据,内容紧密配合二期课改物理新教材,旨在帮助学生克服学习上的困难,提高学科素质,及时消化所学的知识内容(包括基本概念、基本理论、基本要求,以及有关的难点、重点),并为学有余力的学生提供一些深、宽度高于课程标准的学习资料。

本书分“单元辅导与训练”和“综合辅导与训练”两篇。

“单元辅导与训练”篇共分12单元,每单元在结构上主要由“知识技能”“过程方法”“实践应用”三部分组成。

知识技能 提炼本单元最重要的内容。

过程方法 通过对单元的重点内容的剖析,对其中的疑难问题作比较详尽的分析,以帮助学生理解课程标准对本单元的要求。同时,对重要内容还有例题穿插其间,希望同学们认真阅读,认真领会。

实践应用 通过对典型问题的分析,理论联系实际,立足于能力提高。

“综合辅导与训练”篇分3个专题,对物理学的几个重要内容、方法进行综合辅导,有助于学生运用科学方法和综合能力的提高。

本书还设有课内训练和单元自测及综合训练,可以进一步帮助学生巩固所学的知识,加深理解,熟练技能,收到自我检查的效果。

本书由张越主编,张主方任副主编。丁正直、高坚荣、成瑾、王肇铭、徐公田编写,由张主方统稿。

上海科学技术出版社

2005年6月

目 录

第一篇 单元辅导与训练	1
第1单元 直线运动	1
第2单元 力和物体的平衡	17
第3单元 牛顿运动定律	34
第4单元 曲线运动 万有引力 宇宙	51
第5单元 机械能	64
第6单元 机械振动 机械波	83
第7单元 气体的性质	100
第8单元 电场	118
第9单元 电流和电路	133
第10单元 磁场	148
第11单元 电磁感应 交流电	166
第12单元 光 原子	192
第二篇 综合辅导与训练	217
专题1 物理学的图像方法	217
专题2 能量与守恒	228
专题3 物理实验	238
综合训练(一)	255
综合训练(二)	263
参考答案	270

第一篇 单元辅导与训练

第1单元 直线运动

单元辅导

一、知识技能

(一) 位置、位移和路程

1. 位置

位置是物体在空间所对应的点.

2. 位移

位移是物体在运动过程中位置的变化,是矢量.位移既有大小又有方向,其方向一般是以物体开始运动时的位置或物体的平衡位置指向末位置.

3. 路程

路程是物体运动轨迹的长度,是标量.

位移是矢量,因此位移合成要用平行四边形定则.而路程是标量,在物体初、末位置确定后路程并不能唯一确定,因为路程与物体的具体运动过程有关.

位移与路程都是在一定时间内发生的,它们都是过程量.它们都与参照物的选取有关,又都是相对量.一般情况下,位移的大小并不等于路程,只有物体做单向直线运动时,两者才相同.

(二) 匀速直线运动的图像

1. 匀速直线运动

匀速直线运动是指物体做直线运动时,在相等的时间里位移都相等.公式 $s=vt$.

2. 匀速直线运动的位移图像($s-t$ 图)

匀速直线运动的 $s-t$ 图是一条通过原点的倾斜直线[图 1-1(a)],它表示物体的位移如何随时间变化.

3. 匀速直线运动的速度图像($v-t$ 图)

匀速直线运动的 $v-t$ 图是一条平行于时间轴的直线[图 1-1(b)],它表示物体的速度不随时间而改变.

(三) 平均速度、瞬时速度

1. 时刻、时间及时刻与时间的表示

时刻:是历史长河中那一瞬时.

时间:是两个时刻之间,即时间轴上两个不同的时刻之差.

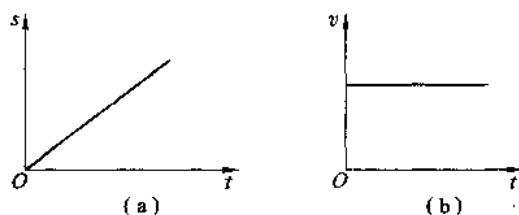


图 1-1

2. 平均速度

平均速度是指运动物体在一段时间内发生的位移与时间的比值, $\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$. 它可以粗略地描述物体在某一段时间(或某一过程)内的运动快慢程度. 平均速度是矢量, 方向跟这段时间内的位移方向(即 Δs 的方向)相同.

3. 瞬时速度

瞬时速度是指运动物体在某一时刻(或某一位置)的速度. 它能精确地表示运动物体在某一时刻(或某一位置)的运动快慢和方向. 它是矢量.

平均速度与瞬时速度单位相同, 且都是矢量, 但方向不一定相同, 只有当运动物体做单向直线运动时, 两者方向才相同.

(四) 匀变速直线运动、加速度

1. 匀变速直线运动

匀变速直线运动是指在相等的时间内, 速度变化量相等的直线运动.

2. 匀变速直线运动的加速度

加速度是指物体的速度变化跟发生这一变化所用时间的比. 用 v_0 表示初速、 v_t 表示经过时间 t 后的末速度, 则加速度 $a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{v_t - v_0}{t}$, 加速度表示物体速度变化的快慢.

加速度是一个矢量, 它的方向由物体所受合外力方向决定, 加速度的方向决定该运动物体速度变化的方向.

3. 速度变化量与加速度

速度的变化量 Δv 表示运动物体在某一段时间(或位移)内速度矢量的变化量, 它的表达式为 $\Delta v = v_t - v_0$, 必须是末速度 v_t 减初速度 v_0 . “-”是运算符号, 是矢量差. 当 v_t 、 v_0 方向相一致时, 才简化为算术差; 当 v_t 与 v_0 方向相反时, Δv 在数值上等于 v_t 、 v_0 大小之和. 速度的变化有三种情况:

① 速度的大小变化. ② 速度方向改变. ③ 速度大小和方向同时变化.

速度的变化量 Δv 的大小与时间的选取有关, 由加速度和加速度持续的时间共同决定. 而 a 的大小与时间无关, 加速度不是增加出来的速度, 也不是单位时间内增加的速度, 而是速度随时间的变化量.

4. 速度与加速度

(1) 只要速度发生变化, 运动物体一定有加速度.

(2) 速度与加速度没有本质联系, 速度大, 加速度不一定大; 反之, 加速度大, 速度也不一定大.

速度的变化与加速度有关,一个做变速直线运动的物体,速度 v 的变化决定于加速度 a 与 v 的方向. a 与 v 同向: v 增大,即使 a 变小, v 还是变大,只是增加得越来越少;当 $a=0$ 时, v 达到最大值. a 与 v 方向相反: v 减少,即使 a 变大, v 总是减小的.

例题 1 一个做变速直线运动的物体,加速度逐渐减小到零,那么,该物体的运动情况可能是().

- (A) 速度不断增大,到加速度减到零时,速度达到最大而后做匀速直线运动
- (B) 速度逐渐减小,到加速度减到零时,运动停止
- (C) 速度不断减小到零,然后向反方向做匀加速运动,最后做匀速直线运动
- (D) 速度不断减小,到加速度减为零时,速度减到最小,而后物体做匀速直线运动

解 选项 A 这种情况是初速度的方向与加速度的方向一致,这种运动情况是可能的. A 正确.

选项 B 物体初速度的方向与加速度的方向相反,物体运动的速度减小,当加速度减到零,速度也正好为零.这种情况也是可能的, B 也正确.

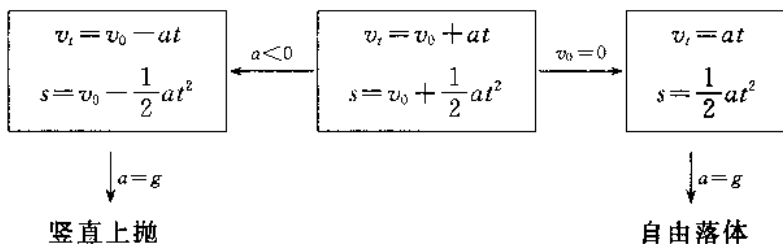
选项 C 物体初速度的方向与加速度方向相反,当速度减到零,加速度没有减到零,然后,物体因具有加速度而做沿加速度方向的直线运动,因加速度方向与初速度方向相反,所以向反方向加速运动,以后情况与 A 相同, C 也是正确的.

选项 D 物体初速度的方向与加速度方向相反,运动物体速度减小,当加速度减到零,速度没有减到零,因加速度为零,这时速度也就不变化了,所以这时的速度最小,而后物体以这一速度做匀速直线运动, D 也正确.

(3) 速度方向与加速度方向也不一定相同.当两者方向在同一直线时,物体做直线运动;当两者方向不在一条直线时,物体做曲线运动.

(五) 匀变速直线运动的公式和图像

1. 公式



将速度公式 $v_t = v_0 + at$ 和位移公式 $s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ 公式联列起来,消去 t ,就可以得到速度-位移关系式: $v_t^2 - v_0^2 = 2as$.

在匀变速直线运动中,平均速度等于初速度和末速度的算术平均值,平均速度也等于中间时刻的瞬时速度,即 $\bar{v} = v_{\frac{t}{2}} = \frac{v_0 + v_t}{2}$.在许多实际问题中,用平均速度来处理往往显得相当简便.

在一段匀变速直线运动中,中间时刻的速度和位移中点的速度是不一样的.

例题 2 做匀加速直线运动的物体,先后经过 A、B 两点时的速度分别是 $v_A = v$ 、 $v_B =$

7v, 求:

- (1) 经过 A、B 中间时刻的速度 v_1 .
- (2) 通过 A、B 两点间中点位置时的速度 v_2 .

解 中间时刻的速度就是平均速度

$$v_1 = \frac{v_A + v_B}{2} = 4v.$$

中点位置时的速度:

$$\frac{v_2^2 - v_A^2}{2a} = \frac{v_B^2 - v_2^2}{2a}, \quad v_2 = \sqrt{\frac{v_A^2 + v_B^2}{2}} = 5v.$$

在任意两个连续的相等的时间 Δt 内, 发生的位移是 s_n 、 s_{n+1} , 它的加速度可用下式计算:

$$a = \frac{s_{n+1} - s_n}{\Delta t^2}.$$

2. 关于正、负号的含义

(1) 矢量的运算符号的加(+)和减(-)不要与正(+)、负(-)号相混淆, 公式中的“+”和“-”是运算符号.

(2) 标量也有正、负号, 这时的正、负号反映标量的大小, 例如温度 5°C 与 -10°C , 5°C 比 -10°C 高. 更特殊的情况, 是借用正、负号表示事物的性质, 例如: 正电、负电.

(3) 矢量的正、负. 一般情况下矢量的方向无穷多个, 不能用正、负两个符号反映. 在特殊情况下: 如果某个问题中涉及到的矢量在一条直线上, 就可以规定一个正方向. 与正方向相同的矢量为正, 与正方向相反的矢量为负. 匀变速直线运动中的 s 、 a 、 v 都在一条直线上, 所以规定正方向之后, 可以用正、负数表示它们, 这时的正、负就不再反映物理量的大小了.

3. 匀变速直线运动的图像

匀变速直线运动的速度图像($v-t$ 图)是一条直线, 如图 1-2 所示.

从 $v-t$ 图中可以得到:

(1) 某时刻的瞬时速度.

(2) 初速度 v_0 是直线在纵轴(v 轴)上的截距. 加速度 a 是直线的斜率.

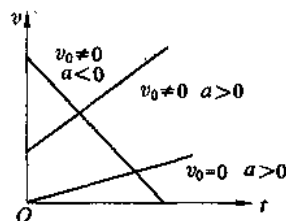


图 1-2

(3) Δt 时间内运动物体通过的位移. $v-t$ 图中直线和 t 轴所围的面积, 在数值上等于物体在 t 时间内通过的位移, 当面积在 t 轴上方时, 位移为正; 当所围面积在 t 轴下方时, 位移为负. 面积的代数和在数值上等于物体的位移, 而面积的算术和在数值上等于物体通过的路程.

(4) 从图线可判断物体运动性质及特点.

(六) 自由落体运动

自由落体运动: 物体在只受重力的作用下, 从静止开始的下落运动. 在处理实际问题时, 如果物体的重力远大于物体受到的空气阻力, 空气阻力可以忽略, 从静止开始的下落运动可视为自由落体运动.

自由落体运动可看作是匀变速直线运动的特例, 即初速 $v_0 = 0$, 加速度 $a = g$ (重力加速度).

(七) 运动的合成与分解

运动的合成与分解是联系简单运动与复杂运动的桥梁,由分运动求合运动叫做运动的合成.反之,称为运动的分解,它们遵循平行四边形定则,只有同一物体同时参与的几个分运动才能够合成.

1. 同一直线上运动的合成和分解

初速不为零的匀变速直线运动速度公式和位移公式形式上可以写成

$$v = v_1 + v_2, \quad s = s_1 + s_2,$$
$$\begin{cases} v_1 = v_0, \\ v_2 = at, \end{cases} \quad \begin{cases} s_1 = v_0 t, \\ s_2 = \frac{1}{2} at^2. \end{cases}$$

因此,我们可以认为初速不为零的匀速直线运动可分解为同一直线上的两个较简单的“分运动”:匀速直线运动和初速为零的匀变速直线运动.初速不为零的匀变速直线运动则可看作是这两个分运动的“合运动”. v 、 s 叫做“合速度”和“合位移”; v_1 、 v_2 和 s_1 、 s_2 分别叫做“分速度”和“分位移”.

2. 竖直上抛运动

(1) 竖直上抛运动:在离地面不太高的地方,物体以初速度 v_0 竖直向上抛出后,只在重力作用下的运动.

(2) 竖直上抛运动是加速度为 g 的匀减速直线运动.我们可以从匀减速直线运动的定义、 a 的方向与初速度方向相反和 $v-t$ 图来理解,斜率为负.

(3) 竖直上抛运动可看作是初速为 v_0 的匀速直线运动和自由落体运动的合运动.

(4) 当竖直上抛的物体达到最高点后,通常要自由落下,因此竖直上抛物体运动的合过程可分为两段:上抛运动段和自由落体运动段.前者是初速不为零 $a=-g$ 的匀减速直线运动过程;后者是初速为零的自由落体运动过程.全过程也符合 $a=-g$ (取 v_0 方向为正方向)的匀变速直线运动规律.

(5) 竖直上抛运动的对称性:

① 时间对称性:即抛出点上升到最高点所需时间与由最高点返回到抛出点所需时间相等, $t_{\text{上}} = t_{\text{下}} = \frac{v_0}{g}$.在任一段竖直距离中 $t_{\text{上行}} = t_{\text{下行}}$.

② 速度大小的对称性:运动过程中经某一高度时,上、下行的速度大小相等,方向相反, $|v_{\text{上}}| = |v_{\text{下}}| = \sqrt{v_0^2 - 2gh}$.

竖直上抛运动的上升阶段与下降阶段是反向对称的,即竖直上抛运动的下降阶段可看成是上升阶段的逆过程,这种对称对解决某些竖直上抛运动问题颇为有益.

(6) 竖直上抛运动上升的最大高度为 $h_m = \frac{v_0^2}{2g}$,最高点速度为零.

3. 不在同一直线上的运动合成和分解

不在同一直线上的运动合成和分解遵循平行四边形定则.两个匀速直线运动的合成仍然是一个匀速直线运动,如渡河的问题.一个匀速直线运动和一个初速为零的匀变速直线运动合成时为曲线运动,但加速度不变,因而是匀变速曲线运动,如平抛和斜抛.

运动合成和分解的主要规律:

(1) 等时性原理: 在运动过程中, 合运动和组成它的分运动所经历的时间都是相等的。

(2) 运动的独立性原理: 所有的分运动都具有独立性, 在合成和分解时, 物体在某一向向上的运动都按照其本身的规律进行, 不会因为其他方向的运动存在与否, 或其他方向的运动情况变化而受到影响, 各个分运动之间彼此独立, 互不干扰。

(3) 等效性原理: 各分运动合成起来与合运动有完全相同的效果。

例题 3 小船渡一条宽 60m 的河, 河水流速为 0.6m/s, 小船在静水中的速度为 1m/s。问:

(1) 设小船朝对岸垂直驶去, 它将在何处靠岸, 过河时间多少?

(2) 如果小船要正对岸靠岸它应向什么方向行驶, 过河时间又是多少?

(3) 如果河水流速增大为 1.25m/s 时, 其余条件不变, 过河的最短位移又是多少?

解 (1) 小船参与两个方向的分运动, 如图 1-3(a) 所示。根据运动独立性原理, 有

$$t = \frac{l}{v_{\text{船}}} = \frac{60}{1} \text{ s} = 60 \text{ s},$$

$$s = v_{\text{水}} t = 0.6 \times 60 \text{ m} = 36 \text{ m}.$$

小船在正对岸下游 36m 处靠岸。

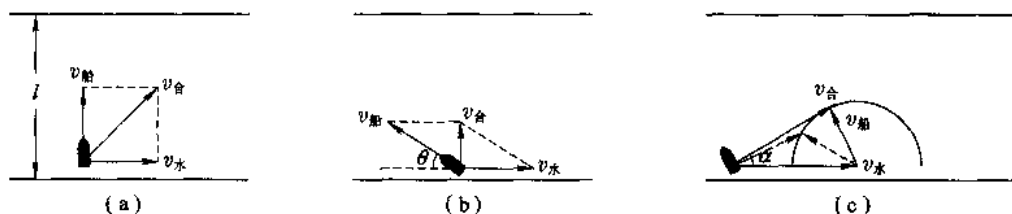


图 1-3

(2) 要使小船正对岸靠岸, 船应斜向上游使 $v_{\text{船}}$ 在水流方向的分速与 $v_{\text{水}}$ 大小相等、方向相反, 使船在水流方向的速度为零, 如图 1-3(b) 所示。

$$v_{\text{船}} \cos \theta = v_{\text{水}}, \cos \theta = \frac{v_{\text{水}}}{v_{\text{船}}} = 0.6, \theta = 53^\circ.$$

$$t = \frac{l}{v_{\text{船}} \sin \theta} = \frac{60}{1 \times \sin 53^\circ} \text{ s} = \frac{60}{0.8} \text{ s} = 75 \text{ s}.$$

小船向上岸与河岸成 53° 行驶, 渡河所需时间 75s, 根据运动的独立性原理, 船向正对岸航行所需渡河时间最短。

(3) 当 $v_{\text{水}} > v_{\text{船}}$ 时, 不论船向哪个方向行驶, 总是被水冲向下游。根据 $v_{\text{合}}$ 、 $v_{\text{水}}$ 、 $v_{\text{船}}$ 组成一个矢量三角形, 我们可以 $v_{\text{水}}$ 的箭头端为圆心, 以 $v_{\text{船}}$ 的大小为半径画一个半圆, 通过比较, 当 $v_{\text{合}}$ 与圆相切时, 船航行的位移最短, 如图 1-3(c) 所示。

$$\sin \alpha = \frac{v_{\text{船}}}{v_{\text{水}}} = \frac{1}{1.25} = 0.8, \alpha = 53^\circ.$$

船与岸的夹角 $90^\circ - 53^\circ = 37^\circ$ 。

$$\text{最小位移 } s = \frac{l}{\sin \alpha} = 60 \times 1.25 \text{ m} = 75 \text{ m}.$$

例题 4 如图 1-4 所示, A、B 两物体用跨过定滑轮的细绳相连, A 物体又套到固定竖直杆上. 当 A 物体以恒定速度 v 沿杆匀速向下滑动到细绳与水平方向成 α 角时, 物体 B 的速度大小为多少? 当 B 物体以恒定速度 v 向下匀速运动时, 运动到细绳与水平方向成 α 角时, 物体 A 的速度大小为多少?

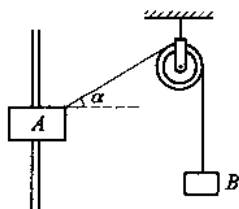


图 1-4

解 当 A 物体以恒定速度 v 沿杆匀速向下滑动, A 物体的实际速度 v 就是合运动的速度. 它产生两个效果: 一使绳子伸长, 所以沿绳子方向有一个分运动; 二使绳子绕定滑轮作逆时针方向转动. 因此, 可把 v_A 分解为沿绳子方向的分速度 v_2 和与绳子方向垂直的分速度 v_1 . 如图 1-5(a) 所示, v_2 的大小就是 B 物体的速度大小, 即 $v_B = v \sin \alpha$.

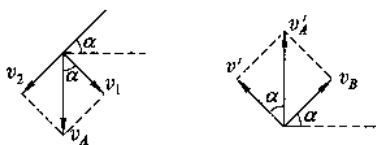


图 1-5

当 B 物体以恒定速度 v 向下匀速运动时, 到图示位置 A 物体的速度大小. 这时要明确 A 物体的实际速度还是合速度, 不能把绳子的速度当成合速度, (研究对象的实际速度就是合速度) 产生的效果是使绳子缩短; 绳子绕定滑轮作顺时针方向转动, 所以分运动还是这两个方向. 如图 1-5(b), 已知绳子速度 v_B , 所以 $v'_A = \frac{v'}{\sin \alpha}$.

二、过程方法

(一) 理想模型法

理想模型法是研究物理问题的一种最基本的方法. 它针对物理问题的特点, 考虑主要因素、忽略次要因素, 提出理想模型是将具体问题的研究转化为对理想模型的研究. 本单元学到的“质点”就是一种理想模型.

质点模型: 在研究物体运动时, 为了使问题简化, 可以不考虑物体的形状和大小, 把整个物体看作一个有质量的点, 这种用来代替物体的有质量的点叫质点.

什么情况下可以把物体看作质点?

质量和体积很小的物体, 如果我们要研究该物体某几点的运动情况, 但是这几点的运动情况不同, 就不能用质点模型来代替. 如果物体上各点的运动情况都相同, 那么它的任何一点的运动都可以代表整个物体的运动, 这种情况下可以把物体看作质点. 另外, 物体的形状、大小对于我们要研究的问题来说可以不考虑, 可把物体看作质点.

(二) 用信息技术手段做实验

1. 什么叫 DIS 实验

利用现代信息技术进行实验研究, 我们称 DIS 实验, DIS 是我们对数字化信息系统的简称, 它们分别是英文 Digital Information System 三个词的缩写. 它是运用现代信息技术进行学习的一种手段.

中学 DIS 实验主要采用两种实验系统：图形计算器实验系统和计算机辅助实验系统。共同点：都有传感器和数据采集器。不同点：图形计算器实验系统是把传感器、数据采集器与图形计算器组合起来，共同完成对物理量的测量；而计算机辅助实验系统是把传感器、数据采集器与计算机组合起来，共同完成对物理量的测量。

2. 用 DIS 实验研究匀速直线运动的规律

例题 5 用 DIS 实验“研究匀速直线运动”的实验目的是什么？需要哪些器材？实验的设计和布置如何？实验结论是什么？

解 该实验目的是研究匀速直线运动的物体的 $s-t$ 图和 $v-t$ 图，并从中求物体运动的速度。

实验需要器材：小车、1m 长的木板、运动传感器、数据采集器、计算机、导线若干根。

把运动传感器的发射部分固定在小车上，其接收部分固定在平板一端，使平板稍倾斜，使小车能做匀速直线运动，用专用导线把运动传感器的接收部分、数据采集器和计算机相连，让小车从另一端向接收部分一端运动。

实验结论：在计算机屏上可直接得到小车的 $s-t$ 图和 $v-t$ 图。 $s-t$ 图为过原点的一个斜线， $v-t$ 图为与时间轴平行的一条直线。在 $s-t$ 图上通过求直线的斜率 $\frac{s}{t}$ 可得到小车运动的速度，在 $v-t$ 图上可直接得到小车运动速度。

3. 用 DIS 实验测物体的加速度

例题 6 用 DIS 实验“测物体的加速度”的实验目的、原理、实验设计和结果是什么？

解 实验目的是测定斜面上下滑物体的加速度。

实验原理：用运动传感器综合计算机获得 $v-t$ 图，通过图像求加速度。

实验设计：把运动传感器的发射部分固定在小车上，其接收部分固定在斜面的一端，使小车在斜面上做匀加速直线运动，用导线把传感器的接收部分、数据采集器和计算机相连。

实验结果：在计算机屏上得到的 $v-t$ 图是一条不过原点的倾斜直线，在图像上取相距较远的两点 $A(t_1, v_1)$ 和 $B(t_2, v_2)$ 求出它们所在直线的斜率，即可求得加速度 $a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$ ，多测几次得出 a 的平均值。

(三) 匀减速直线运动的处理

匀减速直线运动速度逐渐减小，但位移不断增大，当速度为零时，如果加速度矢量不变，质点将作反向运动，如竖直上抛运动。如果在速度减为零时，加速度也立即为零，质点将停止运动，如汽车刹车后的运动。

例题 7 汽车正以 $v_1 = 10\text{m/s}$ 的速度在平直公路上前进，突然发现正前方 $s_0 = 6\text{m}$ 处有一辆自行车以 $v_2 = 4\text{m/s}$ 的速度同方向匀速直线运动，汽车立即刹车做加速度为 $a = -5\text{m/s}^2$ 的匀减速直线运动，则经历 $t = 3\text{s}$ 时汽车与自行车相距多远？

解 解法一（错）： $s_1 = v_1 t + \frac{1}{2} a t^2 = 10 \times 3 + \frac{1}{2} \times (-5) \times 3^2 \text{m} = 7.5\text{m}$ ，

$$s_2 = v_2 t = 4 \times 3 \text{m} = 12\text{m}，$$

$$\Delta s = s_2 + s_0 - s_1 = (12 + 6 - 7.5) \text{m} = 10.5\text{m}。$$

$$\text{解法二: } s_1 = \frac{v_1^2}{-2a} = \frac{10^2}{-2 \times (-5)} \text{ m} = 10 \text{ m},$$

$$s_2 = v_2 t = 4 \times 3 \text{ m} = 12 \text{ m},$$

$$\Delta s = s_2 + s_0 - s_1 = 8 \text{ m}.$$

说明: 比较两种解法 s_1 不同, 实际上汽车以 5 m/s^2 做匀减速运动经历 $t' = \frac{0 - v_1}{a} = \frac{0 - 10}{-5} \text{ s} = 2 \text{ s}$ 后速度为零, 加速度亦为零, 汽车处于静止状态, 解法一用 3 s 代入与事实不符是错误的.

(四) 运用对称法求解运动学问题

所谓对称法就是从对称的角度分析处理问题的一种方法. 这种方法来自于物理规律在某种变换下具有不变性. 例如, 时间反演的不变性, 就是指时间“倒流”时物理规律不变. 空间反演的不变性, 就是指在空间中各坐标轴方向同时反转时, 物理规律不变. 用对称法处理问题通常可以简化复杂问题的求解过程.

对于竖直上抛运动, 下降阶段可看成是上升阶段的反演, 即逆过程.

例题 8 一个小球竖直向上抛出, 两次经过距抛出点高度为 10 m 的 A 点处的时间间隔 $\Delta t = 2 \text{ s}$, 则小球的上抛初速 v_0 为多大? 从抛出到返回原处, 小球共经历多少时间? ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

解 从 A 点到最高点, 然后回到 A 点时间间隔 2 s , 根据上升阶段与下落阶段对称, 可知从 A 点到最高点间隔为 $\frac{1}{2} \Delta t$ 即 1 s , 也就是从最高点小球自由下落到 A 点的时间为 1 s .

$$v_A = g \frac{\Delta t}{2} = 10 \text{ m/s},$$

$$v_A^2 - v_0^2 = -2gh, \quad v_0 = 10\sqrt{3} \text{ m/s},$$

$$t = \frac{2v_0}{g} = 2\sqrt{3} \text{ s}.$$

说明: 在运动学解题中我们还可以利用图像, 它的最大特点是直观, 关于这部分内容放在专题讲座中讲.

例题 9 从同一地点用相同的速度先后竖直向上抛出两个小球, 第二个比第一个晚抛出 2 s . 若抛出时速度均为 49 m/s , 问第二个球抛出后多少时间与第一个球在空中相遇?

解 解法一: 两个小球在空中相遇表示这时它们的位移相等.

设第二个球抛出经时间 t 后两球在空中相遇, 则第一个球已抛出 $t + 2 \text{ s}$.

$$\text{第一个小球 } h_1 = v_0(t + 2\text{s}) - \frac{1}{2}g(t + 2\text{s})^2, \text{ 第二个小球 } h_2 = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2.$$

因为 $h_1 = h_2$, 则有

$$v_0(t + 2\text{s}) - \frac{1}{2}g(t + 2\text{s})^2 = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2,$$

$$t = \frac{v_0 - g}{g} = \frac{49 - 9.8}{9.8} \text{ s} = 4 \text{ s}.$$

解法二: 如果根据竖直上抛运动的对称性, 两个球在某一高度相遇时, 速度大小相等、

方向相反. 设第二个球上升经过相遇处时的速度 v_2 为正; 第一个小球在此处的速度 v_1 即为负, 且 $|v_1| = |v_2|$, 有

$$\begin{aligned} v_2 &= v_0 - gt, & v_1 &= v_0 - g(t+2s), \\ v_2 &= -v_1, & v_0 - gt &= -[v_0 - g(t+2s)], \\ & & t &= 4s. \end{aligned}$$

三、实践应用

(一) 估算桥面离水面的高度

例题 10 一学生为估测桥面与水面的高度, 他将一小石块从桥面自由下落, 同时开始计时, 经过 2s 听到石块与水面的撞击声, 这桥面距水面的高度约为多少?

解 声音在空气中的传播速度约在 340m/s, 一般桥面的高度又不会达到很高, 因此从石块与水撞击发声到学生听到此撞击声的时间极短, 可忽略不计. 所以, 我们认为小石块从桥面下落到水面的时间为 2s. 根据自由落体运动公式可知

$$h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 9.8 \times 4\text{m} = 19.6\text{m}.$$

(二) 利用时刻表计算水流的平均速度

解这类问题第一要看懂轮船时刻表; 第二要计算出顺水航行与逆水航行在两码头间的速度, $v_{\text{顺}} = v_{\text{船}} + v_{\text{水}}$, $v_{\text{逆}} = v_{\text{船}} - v_{\text{水}}$, 问题就迎刃而解了.

(三) 相遇与追赶问题

追赶的问题是 A、B 同向运动, B 在前 A 在后, 要求 A 追上 B 所经过的时间. 共有三种情况要区别对待: ① B 在运动中被 A 追上; ② B 刚好停下时被 A 追上; ③ B 停止运动后 A 才追上 B. 这类题的关键是追上时 A、B 两物体的位置相同, 位移不同.

例题 11 如图 1-6 所示, 汽车在前、自行车在后向同一方向行驶, 两车相距 $s = 7\text{m}$. 自行车以 $v_A = 4\text{m/s}$ 做匀速直线运动, 而汽车以 $v_B = 10\text{m/s}$ 速度行驶, 因前面有情况汽车刹车, 以加速度大小 $a = 2\text{m/s}^2$ 做匀减速



图 1-6

直线运动, 从图示位置开始计时, 自行车经过多少时间与汽车相遇? 有位同学列出解答过程, 试评价他解答是否正确? 若不正确, 则错在哪里? 并给出正确的解法.

$$v_A t = s + v_B t - \frac{1}{2}at^2,$$

代入数据整理后得 $t^2 - 6t - 7 = 0$.

$t_1 = 7\text{s}$, $t_2 = -1\text{s}$. t_2 不合题意舍去.

分析: 仔细分析以上解答是错误的, 因为汽车的加速度是 2m/s^2 , 初速度为 10m/s , 5s 后汽车已经停止运动, 而解的过程中汽车的运行仍按 7s 计, 所以错解. 它属于第③种情况.

解 相遇时汽车通过的位移

$$\begin{aligned} s_B &= \frac{v^2 - v_B^2}{2a} \quad (v \text{ 为末速即为零}), \\ v_A t_A &= \frac{v^2 - v_B^2}{2a} + s, \end{aligned}$$

$$t_A = 8\text{s}.$$

例题 12 一辆汽车以 3m/s^2 的加速度开始行驶时,恰好有一辆自行车以 6m/s 的速度匀速驶过,求:

(1) 汽车追上自行车之前经过多长时间两车相距最远? 此时距离是多少?

(2) 什么时候汽车追上自行车? 此时汽车的速度是多少?

解 此问题属于追赶中的第①种类型. 当汽车速度小于自行车速度时,两者距离将越来越大;当两车速度相等时,两者距离最大;当汽车速度大于自行车速度时,两者距离将缩小.

(1) 解法一: $v_A = at = v_B$, $t = \frac{v_B}{a} = \frac{6}{3}\text{s} = 2\text{s}.$

$$\Delta s = v_B t - \frac{1}{2}at^2 = \left(6 \times 2 - \frac{1}{2} \times 3 \times 2^2\right)\text{m} = 6\text{m}.$$

解法二: 设汽车在追上自行车之前经过时间 t 两车相距最远

$$\Delta s = s_B - s_A = v_B t - \frac{1}{2}at^2 = 6t - \frac{3}{2}t^2.$$

由二次函数求极值条件知, $t = 2\text{s}$ 时, Δs 最大.

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

解法三: 我们可以选其中一个运动物体作为参照物,求解可更简便. 以自行车为参照物,汽车的初速 $v_{初}$, 两车相距最远时末速 $v_{末}$ 为零,即

$$v_{初} = -6\text{m/s}, v_{末} = 0, a = 3\text{m/s}^2.$$

$$\Delta s = \frac{v_{末}^2 - v_{初}^2}{2a} = \frac{0 - (-6)^2}{2 \times 3}\text{m} = -6\text{m} \text{ (负号表示汽车在自行车后面).}$$

(2) 汽车追上自行车时,两车位移相等,则

$$v_B t' = \frac{1}{2}at'^2, 6t' = \frac{1}{2} \times 3 \times t'^2,$$

$$t' = 4\text{s}, v_A = at' = 3 \times 4\text{m/s} = 12\text{m/s}.$$

我们可以用图像法来解. (1) 自行车和汽车的 $v-t$ 图如图 1-7 所示,由于图线与横坐标轴包围的面积表示位移的大小,所以由图上可以看出:在相遇之前,在 t 时刻两车速度相等时,自行车的位移(矩形面积)与汽车的位移(三角形面积)之差(即斜线阴影部分)达到最大,所以

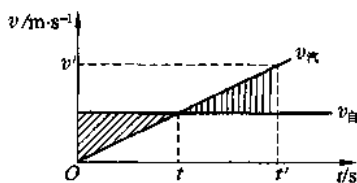


图 1-7

$$t = \frac{v_B}{a} = \frac{6}{3}\text{s} = 2\text{s}.$$

$$\Delta s = v_B t - \frac{1}{2}at^2 = \left(6 \times 2 - \frac{1}{2} \times 3 \times 2^2\right)\text{m} = 6\text{m}.$$

(2) 从图中还可以看出:在 t 时刻以后汽车通过的位移比自行车多(图中竖线阴影部分),当竖线阴影部分面积等于斜线阴影部分时,两车通过的位移相等,两车相遇.

$$t' = 2t = 4\text{s},$$

$$v' = 2v_B = 12\text{m/s}.$$

同向运动相遇称之为追赶问题,此外还有相对运动的相遇问题.

例题 13 一架电梯内用绳子将一只小球悬挂在顶板上,小球离底板高为 2.5m,使电梯从静止开始,以 $a=10\text{m/s}^2$ 的加速度竖直向上运动.问:

(1) 若电梯开始运动时,悬挂小球的绳子突然断掉,小球到底板需多少时间?

(2) 若绳子在电梯运动了 1s 后断掉,那么小球落到底板所需的时间又是多少? (g 取 10m/s^2)

解 (1) 解法一:以地面为参照物,电梯做初速为零的向上匀加速直线运动.小球在电梯开始运动时就下落,做的是自由落体运动.

电梯向上运动的距离 $s_1 = \frac{1}{2}at^2$, 小球下落的距离 $s_2 = \frac{1}{2}gt^2$.

$s_1 + s_2 = 2.5\text{m}$, 即 $\frac{1}{2}at^2 + \frac{1}{2}gt^2 = 2.5\text{m}$,

$$t = \sqrt{\frac{2(s_1 + s_2)}{a + g}} = \sqrt{\frac{2 \times 2.5}{10 + 10}} \text{ s} = 0.5 \text{ s}.$$

解法二:以电梯为参照物,小球向下的加速度为 $(g+a)$,通过的距离是 2.5m,

$$s' = \frac{1}{2}a't^2, t = \sqrt{\frac{2s'}{a'}} = \sqrt{\frac{2 \times 2.5}{20}} \text{ s} = 0.5 \text{ s}.$$

(2) 绳子在电梯运动了 1s 后下落,我们按解法二的方法考虑.因为以电梯为参照物,小球在未下落之前相对电梯的速度总是为零,所以不必考虑电梯运动几秒后小球下落,解法与解法二相同.

单元训练

[课内训练]

训练(一)

1. 下述情况中的物体,可视为质点的是().

(A) 研究小孩沿滑梯下滑

(B) 研究地球自转运动的规律

(C) 研究手榴弹被抛出后的运动轨迹

(D) 研究人造地球卫星绕地球做圆周运动

2. 骑自行车的人沿着斜坡下行做变速运动,第 1s 内通过 1m,第 2s 内通过 2m,第 3s 内通过 3m,第 4s 内通过 5m,下列几种说法中正确的是().

(A) 第 2s 内平均速度是 2m/s

(B) 第 2s 末瞬时速度是 2m/s

(C) 第 1s、第 2s 内的平均速度是 2m/s

(D) 前 3s 内平均速度是 2m/s

3. 在匀变速直线运动中,关于加速度、速度和速度变化之间的关系,下列说法中正确的是().

(A) 物体的加速度越大,其速度越大

(B) 物体的加速度越大,其速度变化越大

(C) 物体的加速度越大,其速度变化越快

(D) 物体的运动速度变化越大,其加速度也一定越大

4. 某人向南行 50m,再向东走 100m,最后再向北行走 150m,他在整个过程中通过的路