

CHENGKAOJIAOCHENG
YOUHUASHEJI

2002



(高中起点升专、本科)

全国各类成人高等学校
招生统一考试复习用书

成考教程 优化设计

毛信范 主编

物理

- 全国成人高考命题研究组组织编写
- 教育部成人高考考试大纲部分编写
审定专家修改审定
- 紧扣新大纲 重点突出 知识点全面

中国和平出版社

2002 (高中起点升专、本科)

全国各类成人高等学校
招生统一考试复习用书

成考教程 优化设计

Chengkaojiaocheng

Youhuasheji

毛信范 主编



●
物理

中国和平出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

成考教程·优化设计·物理：高中起点升专、本科/毛信范主编：—北京：中国和平出版社，2001.9

ISBN 7-80154-467-6

I. 成… II. 毛… III. 物理—成人教育：高等教育—入学考试—自学参考资料
IV. G723.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 062750 号

2001.30/13
07

成考教程优化设计·物理 (高中起点升专、本科)

丛书主编：王文琪

编委：孟宪和 杨震 毛信范

本册主编：毛信范

本册编著：聂富国 毛信范 高必贵 田光哲 倪子元 吴春先 魏迪云

*

中国和平出版社出版发行

(北京市东城区和平里东街民旺甲 19 号 100013)

电话：84252781

北京泽明印刷有限责任公司印刷 新华书店经销

2001 年 9 月第 1 版 2001 年 9 月第 1 次印刷

开本：787×1092 毫米 16 开本 印张：24.25 字数：524 千字

ISBN 7-80154-467-6/G·460 定价：26.00 元

编写说明

编写目的 为使广大参加各类成人高等学校招生考试的考生迅速掌握考点，突破重点，攻克难点，弄清疑点，我们根据教育部最新颁布的《全国各类成人高等学校招生复习考试大纲——高中起点升本、专科》编写了这套《成考教程优化设计丛书》，本套丛书编写科学、充实实用，供参加各类成人高等学校招生考试的考生使用，也可供成人高中学员、老师和教研人员学习、参考。

丛书特点 本丛书由具有丰富教学经验和命题经验的专家、教授精心设计编写，在编写过程中形成了以下几个鲜明特点：

一、紧扣新大纲。本套丛书严格遵循新大纲编写，以全新的内容、全新的表述、全新的训练体现了新大纲的全新要求。

二、栏目新颖、科学。本套丛书根据成人学习特点组织材料，分别设置了知识网络、重点例析、疑难点解析、单元训练、模拟试题、招生试题等栏目，能让考生复习起来事半功倍、省时高效。

三、实战性强。本套丛书的练习题及模拟试题充分体现了命题原则、思路、动向，贴近考试实际，有的放矢，针对性强，切题率高。

四、权威性高。本套丛书由成人高考考试审定专家和命题研究人员编写审定。

科目设置 本套丛书包括以下九个科目：语文、数学（理工农医类）、数学（文史财经类）、英语、物理、化学、政治、历史、地理。

真诚愿望 本套丛书内容完整、编排科学，是一套不可多得的好教材，若考生能从中快速提高学习成绩，便是我们最大的愿望。此外，由于时间仓促，水平有限，书中不妥之处在所难免，欢迎广大师生及社会各界朋友不吝赐教，使之日臻完善。

成人高考命题研究组

目 录

第一部分 力学

第一章 物体的运动	(2)
一 知识点概述、知识网络	(2)
二 重点详述、例题剖析	(6)
三 难点、疑点辨析、例题剖析	(15)
四 单元练习题	(18)
第二章 力	(22)
一 知识点概述、知识网络	(22)
二 重点详述、例题剖析	(26)
三 难点、疑点辨析、例题剖析	(36)
四 单元练习题	(43)
第三章 牛顿运动定律	(48)
一 知识点概述、知识网络	(48)
二 重点详述、例题剖析	(50)
三 难点、疑点辨析	(58)
四 单元练习题	(60)
第四章 曲线运动	(65)
一 知识点概述、知识网络	(65)
二 重点详述、例题剖析	(68)
三 难点、疑点辨析、例题剖析	(75)
四 单元练习题	(78)
第五章 动量	(83)
一 知识点概述、知识网络	(83)
二 重点详述、例题剖析	(85)

三 难点、疑点辨析、例题剖析	(88)
四 单元练习题	(89)
第六章 功和能	(94)
一 知识点概述、知识网络	(94)
二 重点详述、例题剖析	(95)
三 难点、疑点辨析、例题剖析	(100)
四 单元练习题	(103)
第七章 机械振动和机械波	(108)
一 知识点概述、知识网络	(108)
二 重点详述、例题剖析	(110)
三 难点、疑点辨析、例题剖析	(117)
四 单元练习题	(122)
力学自测题	(126)

第二部分 热学

第八章 分子动理论、热和功、液体和固体的性质	(133)
一 知识点概述、知识网络	(133)
二 重点详述、例题剖析	(137)
三 难点、疑点辨析、例题剖析	(141)
四 单元练习题	(143)
第九章 气体的性质	(147)
一 知识点概述、知识网络	(147)
二 重点详述、例题剖析	(151)
三 难点、疑点辨析、例题剖析	(156)
四 单元练习题	(158)
热学自测题	(160)

第三部分 电学

第十章 电场	(165)
一 知识点概述、知识网络	(165)
二 重点详述、例题剖析	(168)

三 难点、疑点辨析、例题剖析	(183)
四 单元练习题	(189)
第十一章 恒定电流	(195)
一 知识点概述、知识网络	(195)
二 重点详述、例题剖析	(198)
三 难点、疑点辨析、例题剖析	(214)
四 单元练习题	(219)
第十二章 磁场	(227)
一 知识点概述、知识网络	(227)
二 重点详述、例题剖析	(228)
三 难点、疑点辨析、例题剖析	(237)
四 单元练习题	(237)
电学自测题及参考答案	(241)
第十三章 电磁感应、交变电流	(247)
一 知识点概述、知识网络	(247)
二 重点详述、例题剖析	(249)
三 难点、疑点辨析、例题剖析	(261)
四 单元练习题	(266)
电学自测题	(273)

第四部分 光学

第十四章 几何光学	(283)
一 知识点概述	(283)
二 重点详述、例题剖析	(286)
三 难点、疑点辨析、例题剖析	(289)
四 单元练习题	(292)
第十五章 光的本性	(298)
一 知识点概述、知识网络	(298)
二 重点详述、例题剖析	(300)
三 难点、疑点辨析、例题剖析	(301)
四 单元练习题	(303)

光学自测题	(307)
-------------	-------

第五部分

原子物理学	(311)
一 知识点概述、知识网络	(311)
二 重点详述、例题剖析	(314)
三 难点、疑点辨析、例题剖析	(319)
四 单元练习题	(322)

第六部分

物理实验	(326)
------------	-------

第七部分 附录

2002 年成人高考物理模拟试题(一)	(357)
2002 年成人高考物理模拟试题(二)	(363)
2000 年成人高等学校招生全国统一考试	(367)
2001 年成人高等学校招生全国统一考试	(376)

第一部分 力 学

力学作为物理的重要内容,在学习中应引起足够的重视,力学是中学物理最初涉及的知识,同时具有很强的后摄作用,从这个意义上说,力学是物理的基础,经常可以发现这样一种情况,就是许多没能学好物理的同学,又往往是从力学开始的,甚至有些普遍性。

这应该说是很正常的,因为力学的确存在着不好学的不好懂的地方,例如,对力的概念就不容易定义清楚,因为客观世界的多样性和物理概念的专一性,本身就是一对矛盾,只能通过学习、比较、加深理解如力的一些属性、效果、关系构成称之为“力学”的体系,对思维、理解提出更高的要求,又比如力是矢量、矢量的概念首先提出不是数学,而是物理,这是力的自身属性,也是理解、掌握力的概念所不能缺少的,再加上理想化的、概念化的、抽象的物理情景,犹如雪上加霜,要学好这门以实验为基础的自然学科,确实非常需要“悟理”。

学好力学又是可以作到的,首先力学体系是完美完、严谨的,是很有道理的,它的各个部分,脉络清晰、关系紧密,构建了一棵主次分明的知识树,其根基就是力,其主干就是揭示力的瞬时效果、累积效果的一部分定律、定理,其分支就是各类各种的物质运动。

另外,学好力学又存在许多切实可行的方法、程序,一回生两回熟,从模仿到创新不是不可逾越的障碍,例如,选择研究对象,分析受力和状态,就是起步、打基础;然后找规律、找条件、找联系,就是分析问题的主干,如果是力、速度、加速度这些瞬时物理量的问题,可选择牛顿运动定律;如果是质量、速度、时间问题,可选择动量定理、动量守恒定律;如果是力、速度、位移问题,则可选择动能定理、机械能守恒定律,又如果你选择的是一个质点,那么牛顿运动定律、动量、动能定理可解决该质点的瞬时和过程问题;而如果你选择的是一个系统,那么,系统内相互关系、相互作用是问题的中心,各个物理量的转化、转移都满足守恒规律,所以,守恒定律是解决系统问题的基本规律。

最后,学好力学不仅仅是知识的增长、能力的提高,也不仅仅是分数的获得,方法的掌握,它给了我们一个物质世界、一片视野、一种理性和精神,是会受益终身的。

第一章 物体的运动

考纲要求

内 容	要求	说 明
1. 质点	A	知道匀速直线运动位移图象和速度图象的物理意义
位移和路程	B	
2. 匀速直线运动	B	
速度和速率	B	
3. 变速直线运动	A	会运用匀变速直线运动公式 $v = v_0 + at$, $s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$, $v^2 = v_0^2 + 2as$ 进行计算. 知道匀变速直线运动的速度图象的物理意义
平均速度	B	
瞬时速度	A	
4. 匀变速直线运动、加速度	C	

一、知识点概述 知识网络

(一) 机械运动

1. 参考系

一个物体相对于另一个物体的位置变化称为机械运动,简称运动.

自然界中一切物体都在运动,静止是相对的.通常所说一个物体是运动的或静止的,是根据它相对于另一个物体的位置是否在改变来判断的,这就是所谓的运动的绝对性和相对性.

研究物体的运动,需要先选择一个假定不动的物体作标准,这个物体称为参考系.通常选择地面作参考系,但在有些情况下,灵活选取参考系会使解题过程简化.显然,同一运动,如果选取的参考系不同,对运动的描述情况可能会不同.

2. 质点

质点是用来代替物体的有质量而无大小形状的点.质点是一种理想化的物理模型,物体可以当作质点的条件是物体作平动或物体大小形状对研究的问题影响不太大,从而可忽略不计.要注意的是:即使是同一物体在研究对象不同时,是否可当作质点必须按情况来决定.

3. 路程和位移

路程是物体从初位置到末位置所通过的路线长度,即运动轨迹的长度.路程只有大小、没有方向,是标量.

位移是由物体运动的初位置指向末位置的有向线段,它既有大小,也有方向,是矢量.位移描述了物体位置变化的大小和方向,其大小由初、末位置的距离决定,一般与经过的路程没有关系.只有在单方向、直线运动中路程才等于位移的大小.

(二) 匀速直线运动

1. 匀速直线运动

物体沿一条直线运动,且在任何相等的时间里位移都相等,匀速直线运动可以简称匀速运动.

2. 速度和速率

速度是表示物体运动快慢和运动方向的物理量.在匀速运动中速度等于位移与时间的比值.设物体做匀速运动的时间为 t ,位移是 s ,速度 $v = \frac{s}{t}$,在国际单位制中,位移是米,时间是秒,速度的单位是米每秒,符号是 m/s ,常用速度单位是 cm/s 、 km/h 等.速度在数值上等于单位时间内位移的大小.速度有方向,是位移的方向,即物体运动的方向.

速率是速度的大小,在只研究速度的大小,而不考虑它运动的方向时,可用速率.

3. 匀速直线运动的图象

(1) 匀速直线运动的位移图象:即位移—时间图象($s-t$ 图象)是一条过原点的斜线(图 1-1),反映任一时刻的位移和物体速度,斜线的斜率 $v = \frac{s}{t}$,等于运动的速度.

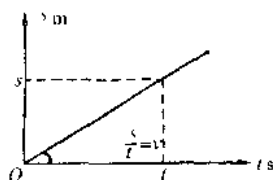


图 1-1 $s-t$ 图象

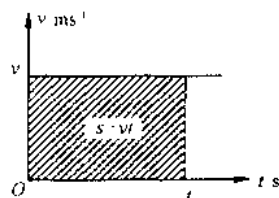


图 1-2 $v-t$ 图象

(2) 匀速直线运动的速度图象:即速度—时间图象($v-t$ 图象)是一条平行于横轴的直线(图 1-2),反映物体速度的方向和大小,且由 $s = vt$ 可得:速度图线与坐标轴围成的面积等于它的位移.即划斜线部分的面积表示物体以速度 v 运动 t 时间发生的位移.

(三) 变速直线运动

1. 变速直线运动

物体在一条直线上运动,如果在相等的时间内位移不相等,这种运动称为变速直线运

动,变速直线运动是速度发生变化的运动.

2. 平均速度

在变速直线运动中,运动物体的位移和所用时间的比值,称为这段时间内的平均速度,如果做变速直线运动的物体在时间 t 内通过的位移是 s ,平均速度 $\bar{v} = \frac{s}{t}$.

平均速度的大小与所选定的时间有关,不同时间的平均速度一般不相同.平均速度的方向由这段时间的位移方向决定,平均速度是一个矢量.

3. 瞬时速度

运动物体在某一时刻(或某一位置)的速度,称为瞬时速度,瞬时速度简称为速度,也是既有大小又有方向的矢量,瞬时速度的方向就是物体的运动方向.

(四) 匀变速直线运动

1. 匀变速直线运动

物体在一直线上运动,如果在任何相等的时间内速度的变化量都相等,这种运动称为匀变速直线运动,简称为匀变速运动.

2. 加速度

在匀变速直线运动中,速度的变化和所用时间的比值,称为匀变速运动的加速度.如果用 v_0 表示物体在初始时刻的速度(初速度),经过时间 t ,用 v_t 表示物体在末了时刻的速度(末速度),则加速度 a 可表示为:

$$a = \frac{v_t - v_0}{t}$$

在国际单位制中,速度的单位是米/秒,时间的单位是秒,加速度的单位就是米/秒²,符号为 m/s^2 .

加速度也是矢量,既有大小又有方向.在直线运动中,如果取初速度方向为正方向,则 $v_0 > 0$,若有 $v_t > v_0$, a 为正值,表明加速度方向与初速度同向,物体做加速运动;若有 $v_t < v_0$, a 为负值,表明加速度方向与初速度反向,物体做减速运动.

匀变速直线运动是加速度大小不变、方向恒定,即加速度保持不变的直线运动.

3. 匀变速直线运动的速度

(1) 匀变速直线运动的速度公式:

$$v_t = v_0 + at$$

若物体初速度 $v_0 = 0$,则 $v_t = at$.

表明匀变速运动的速度由初速度 v_0 和在时间 t 内的速度变化量 at 之和所决定.

(2) 匀变速直线运动的速度图象:即匀变速运动的速度—时间图象,是一条斜线,斜率

$$\frac{v_t - v_0}{t} = a \text{ 等于加速度.}$$

图 1-3 中图线 1 过原点,表示 $v_0 = 0$,图线 2 不过原点,表示 $v_0 \neq 0$.直线向上倾斜,表示

速度随时间增大,物体做匀加速运动.图 1-4 中直线向下倾斜,表示速度随时间而减少、物体做匀减速运动.可见,当 v 、 a 同向时,物体匀加速运动;而 v 、 a 反向时,物体匀减速运动.

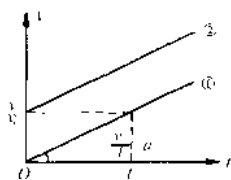


图 1-3 $v-t$ 图象

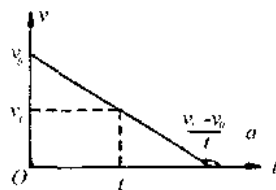


图 1-4 $v-t$ 图象

4. 匀变速直线运动的位移

匀变速直线运动的位移可通过速度—时间图象的物理意义(即速度图线与坐标轴所围面积等于位移)得出.匀变速直线运动的位移公式是

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

若物体初速度 $v_0 = 0$, 则 $s = \frac{1}{2} a t^2$.

当已知物体的初速度 v_0 和加速度 a , 运用位移公式就可以求出任意时刻 t 的位移 s . 如果取初速度 v_0 的方向为正方向, 当加速度与 v_0 同向, 即 a 取正值时, 物体做匀加速运动; 而当加速度与 v_0 反向, 即 a 取负值时, 则物体做匀减速运动.

5. 匀变速直线运动的速度—位移公式

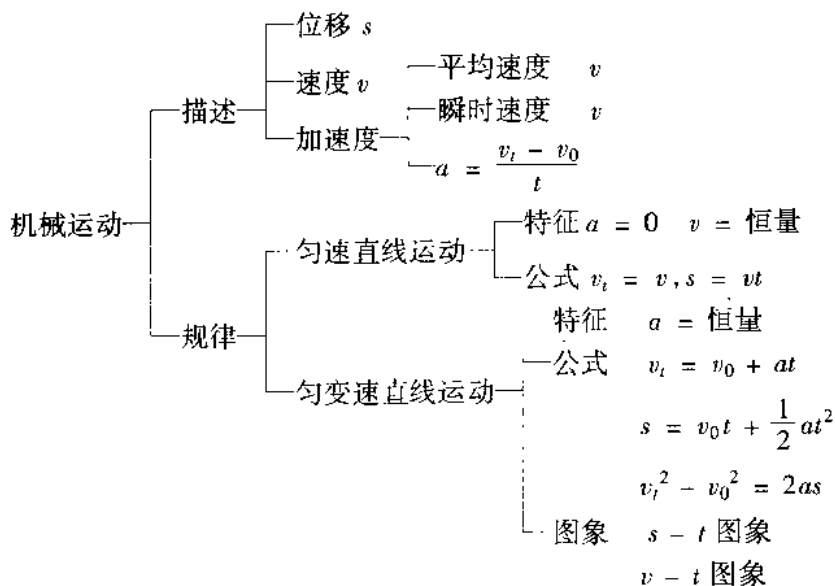
匀变速直线运动的速度公式 $v_t = v_0 + at$ 和位移公式 $s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ 是描述匀变速直线运动的基本公式. 如果从中消去时间 t , 就可得到匀变速直线运动的速度—位移公式

$$v_t^2 - v_0^2 = 2as$$

若 $v_0 = 0$, 则 $v_t^2 = 2as$.

上式可以在 v_0 、 v_t 、 a 已知的情况下, 很方便的求解位移.

知识网络



二、重点详述 例题剖析

(一)本章的重点内容是匀变速直线运动的规律.它是建立在位移、速度、加速度三个矢量的基础上,并且加速度大小、方向都不变的条件下的直线运动.对匀变速直线运动的描述,是速度公式、位移公式和速度—位移公式进行定量分析计算的.这联系到两个基本公式和 v_0 、 v_t 、 a 、 t 和 s 五个物理量,通常是已知三个量求两个量的问题.在解题过程中,应注意四个环节:首先要选择好对象和参考系,有时对象和参考系的选择直接关系到解题的难易.第二是确定运动状态,即在上述五个物理量中哪些是已知、未知,要注意各量的对应关系.如时刻和瞬时速度,时间和位移等.第三是找出规律,建立方程,由于匀变速直线运动的物理量、公式比较多,所以怎样求解是很重要的,不要重复列同解方程,尽量用最少的方程去解答问题.最后是求解,并对结果加以讨论,即要说明结果的物理意义.现举例如下

例 1 物体沿斜面顶端由静止开始匀加速下滑,最初 4s 内位移是 8m,最后 4s 内位移是 16m,求斜面的总长度.

分析与解 题目给出了物体下滑过程中的初、末相等时间(4s)的位移,对于最初 4s,已给出 $v_0 = 0$ 、 $t_1 = 4\text{s}$ 和位移 $s_1 = 8\text{m}$ 三个条件,可以求得匀加速下滑的加速度:

$$\text{由 } s_1 = \frac{1}{2} at_1^2 \quad a = \frac{2s_1}{t_1^2} = \frac{2 \times 8}{4^2} \text{ m/s}^2 = 1 \text{ m/s}^2$$

而对最后 4s,已知 $t_2 = 4\text{s}$ 、 $s_2 = 16\text{m}$,再加上已求出的加速度 $a = 1 \text{ m/s}^2$,仍由 $s_2 = vt + \frac{1}{2}$

at^2

其中 v 为最后 4s 的初速度, 有

$$v = \frac{s_2 - \frac{a}{2}t_2^2}{t_2} = \frac{16 - \frac{1}{2} \times 4^2}{4} = 2 \text{ m/s}$$

设物体滑至斜面底端的瞬时速度为 v_t :

$$v_t = v + at_2 = (2 + 1 \times 4) \text{ m/s} = 6 \text{ m/s}$$

最后, 由速度—位移公式, 可求斜面总长度 $s = \frac{v_t^2}{2a} = \frac{6^2}{2 \times 1} = 18 \text{ m}$

点评 1) 解题要由易而难、由简再繁. 因此, 解本题时应从最初的过程开始, 即从已知的 v_0 、 t 、 s 去求加速度 a , 再由 t 、 s 、 a 去求速度 v_t , 最后对全过程用速度—位移公式.

2) 本题也可以用平均速度的定义, 从平均速度 $\bar{v} = \frac{s}{t}$ 去求时间, 再求斜面总长度. 最初 4s 的平均速度 $\bar{v}_1 = \frac{s_1}{t_1} = \frac{8}{4} \text{ m/s} = 2 \text{ m/s}$, 最后 4s 的平均速度 $\bar{v}_2 = \frac{s_2}{t_2} = \frac{16}{4} \text{ m/s} = 4 \text{ m/s}$. 由 v_1 到 $\bar{v}_2$ 所需时间 $t = \frac{\bar{v}_2 - v_1}{a} = \frac{4 - 2}{1} \text{ s} = 2 \text{ s}$, 且平均速度是这段时间的中点的瞬时速度, 即 t 之前, 物体运动了 $\frac{t_1}{2} = \frac{4}{2} \text{ s} = 2 \text{ s}$; t 之后, 物体还运动了 $\frac{t_2}{2} = \frac{4}{2} \text{ s} = 2 \text{ s}$, 所以物体由斜面顶端运动至斜面底端总共经过时间 $t_{\text{总}} = \frac{t_1}{2} + t + \frac{t_2}{2} = (2 + 2 + 2) \text{ s} = 6 \text{ s}$. 斜面总长度 $s = \frac{1}{2} at_{\text{总}}^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 6^2 \text{ m} = 18 \text{ m}$. 平均速度往往是解匀变速直线运动的简便方法.

例 2 一辆汽车由静止开始以 $a_1 = 0.2 \text{ m/s}^2$ 的加速度匀加速直线行驶一段距离后做匀速运动, 然后又以 $a_2 = -0.4 \text{ m/s}^2$ 的加速度做匀减速直线运动, 直到静止, 运动时间 120s、位移 720m. 试求: (1) 汽车的最大速度. (2) 若加速、减速的加速度大小不变, 仍从静止开始行驶 720m 后静止, 所需的最短时间是多少?

分析与解

(1) 汽车由静止出发, 沿一直线运动, 最后静止. 共分三个阶段: 匀加速、匀速和匀减速, 各个过程的运动性质不同, 但这三个过程相互衔接、联系: 加速过程的末速度是匀速运动的速度, 同时又是减速运动的初速度, 也是题目所求的最大速度.

另外, 题目已知的是总位移 s 、总时间 t , 涉及的是 v_0 、 v_t 、 a . 所以可由速度—位移公式和速度公式求解. 由总量去求分量. 设最大速度为 v , $v_0 = 0$, 匀加速、匀速、匀减速位移分别为

$$s_1 = \frac{v^2}{2a_1} \quad s_2 = vt_2 \quad s_3 = \frac{-v^2}{2a_2},$$

$$\text{满足 } s = s_1 + s_2 + s_3 = \frac{v^2}{2a_1} + vt_2 - \frac{v^2}{2a_2} \dots\dots(1)$$

$$\text{又三段时间分别为 } t_1 = \frac{v}{a_1}, t_2, t_3 = \frac{-v}{a_2}$$

$$\text{满足 } t = t_1 + t_2 + t_3 = \frac{v}{a_1} + t_2 + \frac{-v'}{a_2} \dots\dots(2)$$

由(1)、(2)消去 t_2 , 并代入数值后可得

$$v^2 - 32v + 192 = 0$$

可得 $v = 8\text{m/s}$, 另一个解是 $v' = 24\text{m/s}$, 那么加速需 120s、减速 60s, 总需 180s 与题意不合.

(2)要在 a_1 、 a_2 大小不变的条件下, 行驶相同的位移而时间最短, 必须不经过匀速运动阶段, 直接由加速到减速. 此时 $s_1' + s_2' = \frac{v^2}{2a_1} + \frac{-v'^2}{2a_2} = s$

$$\text{则 } v = \sqrt{\frac{2a_1a_2s}{a_1+a_2}} = \sqrt{\frac{2 \times 0.2 \times 0.4 \times 720}{0.2+0.4}} = 13.86\text{m/s}$$

$$\text{总时间 } t = t_1 + t_2 = \frac{v}{a_1} - \frac{v}{a_2} = 13.86 \left(\frac{1}{0.4} + \frac{1}{0.2} \right) \text{s} = 104\text{s}$$

点评 (1)本题着重是对运动的分析, 即把汽车的运动分为性质不同的三个过程, 从加速度的角度来看, 三段的主要区别也在于此: $a_1 = 0.2\text{m/s}^2$ 、 $a_2 = -0.4\text{m/s}^2$ 、匀速运动的 $a_3 = 0$. 以速度方向为正方向, $v_i > 0$, 很方便的用 $a > / <$ 来划分不同性质的运动. 而三段的速度却又是相互连接的最重要的物理量, 其中, 加速的末速度、匀速运动速度和减速的初速度都是一个速度, 是个中心环节, 三个描述匀变速直线运动的公式中都包含了速度这个物理量, 它是解题的关键.

(2)另外, 若仅从位移 s 和时间 t 来看, 直接的联系不是瞬时速度, 也不是加速度, 而是平均速度 $\bar{v}$, 因为 $v = \frac{s}{t}$, 当位移 s 一定时, $v \propto \frac{1}{t}$, 所以, 要时间最短, 就须 v 最大, 不难看出匀变速直线运动的平均速度

$$v = \frac{s}{t} = \frac{v_0t + \frac{1}{2}at^2}{t} = v_0 + \frac{1}{2}at = v_0 + \frac{1}{2}(v_t - v_0) = \frac{v_0 + v_t}{2}$$

即为时间 t 内的初速度 v_0 与末速度 v_t 和的一半, 由于, 汽车从静止运动到最终又静止. 所以, $v_0 = v_t = 0$, 匀加速和匀减速有相同的平均速度 $\bar{v} = \frac{v}{2}$, 因此, 只有延长加速和减速时间, 以增大最大速度,

从而增大平均速度, 以达到减少总时间的效果, 如图 1-5 所示: v_1 为匀速运动速度, 即加速的最大速度; v_2 为直接加速后再减速的最大速度. 把匀速的部分位移在加速、减速中完成, 由于 $v_2 > v_1$, 时间也由 t_1 缩短到 t_2 . 通过本题既要掌握好好多过程的连续运动情形, 又要很好地理解平均速度的物理意义.

例 3 如图 1-6 所示, 由 8 个等大圆环连成的铁链竖直悬挂在 M 点, P 点是在铁链下方距铁链下端的距离恰等于一个圆环直径的点. 已知释放铁链后, 最下面的 1、2、3 三个圆环通过 P 点所用的总时间为 0.1s, 试问: (1) 在铁链释放后的 0.3s 内有几个圆环通过 P 点? (2)

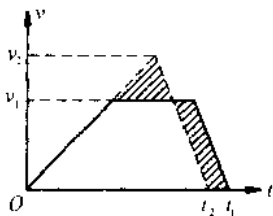
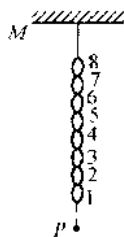


图 1-5

最后一个圆环通过 P 点所用时间是多少?

分析与解 铁链通过 P 点的运动是匀加速直线运动, 由于第 1 个圆环比 P 点高出一个圆环的直径, 所以, 铁链通过 P 点时速度都不为零, 在计算时由于 $v_0 > 0$ 而增加计算难度. 因为两者相差恰好一个圆环直径. 于是, 可设想在第 1 圆环下再加第 0 圈环, 而这“9”个圆环则从 P 处由 $v_0 = 0$ 作自由落体运动, 加速度为重力加速度 g .



(1) 第 0 环通过 P 的时间为 $t_1 = \sqrt{\frac{2d}{g}}$, 第 1、2、3 环通过 P 的时间应为前 4 个环通过的时间减去 t_1 : $\sqrt{\frac{2(4d)}{g}} - \sqrt{\frac{2d}{g}} = 2\sqrt{\frac{2d}{g}} - \sqrt{\frac{2d}{g}} = \sqrt{\frac{2d}{g}} = 0.1\text{s} = t_1$, 因此, 在 $t = 0.3\text{s}$ 内有 N 个环通过 P 点:

$$t = \sqrt{\frac{2Nd}{g}} = \sqrt{N}t_1 = 0.3\text{s}$$

$$\therefore N = \left(\frac{t}{t_1}\right)^2 = \left(\frac{0.3}{0.1}\right)^2 = 9$$

扣除第 0 环, 即铁链上的 8 个圆环正好全部过 P 点.

(2) 最后一个环通过的时间为 (1) 中的 0.3s 减去前 8 个环通过的时间:

$$\text{即 } \Delta t = \sqrt{\frac{2(9d)}{g}} - \sqrt{\frac{2(8d)}{g}} = (3 - 2\sqrt{2})\sqrt{\frac{2d}{g}} = \frac{3 - 2\sqrt{2}}{10}\text{s} \approx 0.017\text{s}$$

点评 把初速度不为零的匀变速直线运动, 通过选取不同的研究对象而转换成初速度为零, 是灵活解决直线运动的有效方法, 对创造思维、发散思维的培养很有好处.

(1) 当 $v_0 = 0$ 时 $v_t = at \propto t$, $s = \frac{1}{2}at^2 \propto t^2$, 由此可推出几个特殊的比值规律: 设 T 为时间间隔, s 为位移间隔:

① 通过前一个 s 、前两个 s 、前三个 s ... 的位移时的瞬时速度之比 $v_1:v_2:v_3:\dots = 1:\sqrt{2}:\sqrt{3}:\dots$

② 通过前一个 s 、前两个 s 、前三个 s ... 的位移所需时间的比 $t_1:t_2:t_3:\dots = 1:\sqrt{2}:\sqrt{3}:\dots$

③ 通过第 1 个 s 、第 2 个 s 、第 3 个 s ... 的位移所需时间约比 $t_1:t_2:t_3:\dots = 1:\sqrt{2} - 1:\sqrt{3} - \sqrt{2}:\dots$

④ 第 1 个 T 内、第 2 个 T 内、第 3 个 T 内... 的位移的比 $s_1:s_2:s_3:\dots = 1:3:5:\dots$

⑤ $1T$ 内、 $2T$ 内、 $3T$ 内... 的位移的比 $s_1:s_2:s_3:\dots = 1:2^2:3^2:\dots$

显然, 灵活地运用上述比值规律来解决初速度为零的匀变速直线运动问题, 是我们应该掌握的有效方法.

(2) 如果, $v_0 \neq 0$, 往往也可能转化为 $v_0 = 0$ 的情形, 如本题就是很好的例子. 而且, 对于末速度为零的匀减速直线运动, 也可以将时间逆推, 当做初速度为零的匀加速直线运动来分析、处理.