

曹铮 徐成华 编



Super Star

高中 五星级题库

难题 解析

物理

课改版



上海科技教育出版社

曹铮 徐成华 编

高中 五星级题库

物理

课改版



图书在版编目(CIP)数据

高中五星级题库难题解析:课改版. 物理/曹铮,
徐成华编. —上海:上海科技教育出版社,2011.2
ISBN 978-7-5428-5171-0

I. ①高… II. ①曹…②徐… III. ①物理课—高中—
—解题 IV. ①G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 021467 号

责任编辑:李志棣

封面设计:刘 菲

高中五星级题库难题解析

物 理

(课改版)

曹 铮 徐成华 编

出版发行: 上海世纪出版股份有限公司

上 海 科 技 教 育 出 版 社

(上海市冠生园路 393 号 邮政编码 200235)

网 址: www.ewen.cc

www.sste.com

经 销: 各地新华书店

印 刷: 常熟兴达印刷股份有限公司

开 本: 787×1092 1/16

字 数: 425 800

印 张: 17.5

版 次: 2011 年 2 月第 1 版

印 次: 2011 年 2 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5428-5171-0/O·719

定 价: 35.00 元

前 言

“星级题库”是我社的一个著名图书品牌，也是教辅图书市场上的常青树。这套丛书自1993年在我社首创出版以来，一版再版，一印再印，经久不衰，历时已达十七年之久，引领了一批又一批的学子到达了胜利的彼岸。“星级题库”成功的奥秘除了自身所具有的鲜明特点——标明题目难度，标明解题时间外，更与出版社不断修订不断提高产品质量密切相关。每一次的更新，就像一次换血，使其更具活力。在得到市场认可和读者欢迎的同时，我们也收到了大量的读者来信，希望能有一本指导他们解答“课改版星级题库”中的难题、帮助他们尽快提高解题能力的书籍。为此，我们组织编写了这套“课改版星级题库难题解析”，分初中数学、物理、化学，高中数学、物理、化学，共6册。

“难题解析”是我们按照中、高考各知识点的比例和难易程度，根据读者的需要，精心选择“题库”中具有代表性和创新性、相对难度比较大、比较典型的数百道题目进行详细解答。并对同一类型习题给出方法归类，以点带面，有利于读者提高自己的解题能力。

“课改版星级题库难题解析”是“题库”的配套用书，其中所选题目的序号与“题库”中相同，不另编序号，便于读者查阅。

目 录

第一章 直线运动	1
运动学的基本概念 变速直线运动.....	1
匀变速直线运动.....	4
自由落体运动和竖直上抛运动	10
第二章 运动的合成与分解	16
运动的合成与分解	16
平抛运动	18
斜抛运动	22
第三章 力 物体的平衡	25
力的概念和物体受力分析	25
牛顿第三定律	27
共点力的合成与分解	28
共点力作用下物体的平衡	31
力矩 有固定转动轴物体的平衡	36
第四章 牛顿运动定律	43
牛顿第一定律	43
牛顿第二定律	44
牛顿第二定律的应用	46
牛顿定律的综合应用	54
第五章 机械能	65
功和功率	65
动能 重力势能 弹性势能	69
动能定理	71
机械能守恒定律 机械能的变化	77
第六章 圆周运动 万有引力	86
圆周运动的基本概念 匀速圆周运动	86

牛顿定律在圆周运动中的应用	91
万有引力定律 人造地球卫星	97
第七章 动量	103
动量 动量守恒定律	103
动量守恒定律的应用	104
冲量 动量定理	111
第八章 机械振动 机械波	115
简谐运动 受迫振动	115
单摆 单摆的振动周期	118
机械波 波的图像	121
波的叠加、干涉、衍射 多普勒效应	124
第九章 气体的性质	126
气体的状态参量	126
气体实验定律	128
理想气体的状态方程	135
气体状态变化的图像	141
克拉珀龙方程 饱和汽	145
第十章 固体和液体的性质	147
晶体的微观结构	147
液体的表面张力 毛细现象	147
第十一章 内能	149
分子 阿伏伽德罗常量	149
内能 热力学第一定律	150
熵	153
第十二章 静电场	155
库仑定律 电场 电场强度 电场线	155
电势 电势差 等势面 电势差与场强的关系	162
电场中的导体 电容器	168
带电粒子在电场中的运动 电场力做功与电势能变化的关系	170
第十三章 稳恒电流	180
电流 电路 欧姆定律	180
电功 电功率	183

电动势 全电路欧姆定律	187
多用电表 电路的测量 简单逻辑电路	195
第十四章 磁场	201
磁感应强度 磁通量	201
磁场对电流的作用	203
洛伦兹力	209
带电粒子在磁场中的运动	211
第十五章 电磁感应	217
电磁感应现象	217
右手定则 楞次定律	218
楞次定律的应用	220
法拉第电磁感应定律	224
法拉第电磁感应定律的应用	228
自感	242
第十六章 交变电流	244
交变电流的产生、特征与图像	244
理想变压器 高压输电	246
三相交变电流	249
第十七章 光的反射和折射	251
光的直线传播 光的反射	251
光的折射 全反射	253
透镜	256
第十八章 光的本性	258
光的干涉、衍射与偏振 光的波动性 电磁波谱及其应用	258
光电效应 光子说 光的波粒二象性	260
第十九章 物质	264
原子结构模型	264
放射性元素的衰变 原子核的人工转变	266
重核裂变 轻核聚变 核能	268
宇宙的基本结构与演化	270

第一章 直线运动

运动学的基本概念 变速直线运动



知识的应用

- ★★ 14. 有一身高为 H 的田径运动员正在进行 100 m 的国际短跑比赛,在终点处,有一站在跑道旁边的摄影记者用照相机给他拍摄冲线动作。摄影记者使用的照相机的光圈(控制进光量的多少)是 16,快门(曝光时间)是 $\frac{1}{60}$ s。得到照片后,测得照片中人的高度为 h ,胸前号码布上模糊部分的宽度是 ΔL ,则()。【2】

- (A) 运动员 100 m 跑所用的时间是 $\frac{5}{3\Delta L}$
(B) 运动员到达终点时的瞬时速度大小为 $60\Delta L$
(C) 运动员到达终点时的瞬时速度大小为 $\frac{60\Delta LH}{h}$
(D) 运动员 100 m 跑的平均速度大小为 $\frac{60\Delta LH}{h}$



分析 由于照片拍的是运动员瞬时镜头,不可能得到与全程相关的如运动时间、平均速度大小这样的信息。但可以由运动员真正身高 H 和照片中人的高度 h 知道照片的缩小比例为 $\frac{h}{H}$;可以由号码布的模糊宽度知道运动员到达终点在照片中缩小了的一段位移。

故可估算到运动员真正的在最终 $\frac{1}{60}$ s 中的冲刺平均速度为 $\frac{60\Delta LH}{h}$ (m/s),这个平均速度可以看作冲刺时的瞬时速度。

本题的正确选项为 C。

- ★★ 17. 天空有近似等高的浓云层。为了测量云层的高度,在水平地面上与观测者的距离为 $d=3.0$ km 处进行一次爆炸,观测者听到由空气直接传来的爆炸声和由云层反射来的爆炸声时间上相差 $\Delta t=6.0$ s。试估算云层下表面的高度。已知空气中的声速 $v=\frac{1}{3}$ km/s。(2006 年·全国高考卷)【3】



略解 如图 1-1 所示, A 表示爆炸处, O 表示观测者所在地, h 表示云层下表面的高度。用 t_1 表示爆炸声直接传到 O 处所经历时间,则有

$$d=vt_1,$$

①

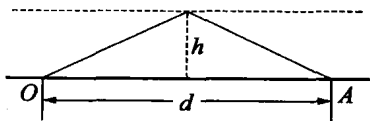


图 1-1

用 t_2 表示爆炸声经云层反射到达 O 处所经历时间,因为入射角等于反射角,故有

$$2\sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 + h^2} = vt_2, \quad (2)$$

已知

$$t_2 - t_1 = \Delta t, \quad (3)$$

联立①②③式, 可得

$$h = \frac{1}{2} \sqrt{(v\Delta t)^2 + 2dv\Delta t}, \text{ 代入数值, 解得 } h = 2.0 \times 10^3 \text{ m}.$$



能力的拓展

★★ 20. 一质点在 xOy 平面内运动的轨迹如图 1-2 所示, 下列判断中正确的是(). [2]

- (A) 质点沿 x 轴方向可能做匀速运动
- (B) 质点沿 y 轴方向可能做变速运动
- (C) 若质点沿 y 轴方向始终匀速运动, 则 x 方向可能先加速后减速
- (D) 若质点沿 y 轴方向始终匀速运动, 则 x 方向可能先减速后加速



由所给的轨迹图可知, 质点的运动可分解为 x 轴方向上的往返的直线运动和 y 轴方向的单方向的直线运动。若质点在 y 轴方向做

匀速运动时, 其运动相同时间间隔应该对应相同的 y 轴方向位移间隔, 而图中相同的 y 轴方向上的位移间隔对应的 x 轴方向上的位移间隔在正向运动时减小, 在反向运动时增大。这说明质点在 x 轴方向上先正向做减速运动, 后反向做加速运动。

本题的正确选项为 B、D。

★★ 21. 图 1-3(a) 是在高速公路上用超声波测速仪测量车速的示意图, 测速仪发出并接收超声波脉冲信号。根据发出和接收到的信号间的时间差, 测出被测物体的速度。图中 p_1 、 p_2 是测速仪发出的超声波信号, n_1 、 n_2 分别是 p_1 、 p_2 由汽车反射回来的信号。设测速

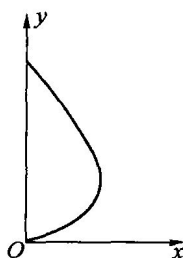
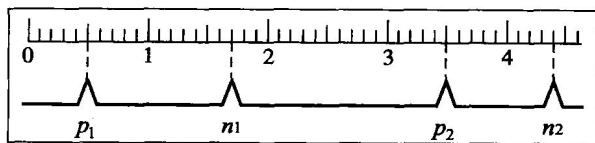
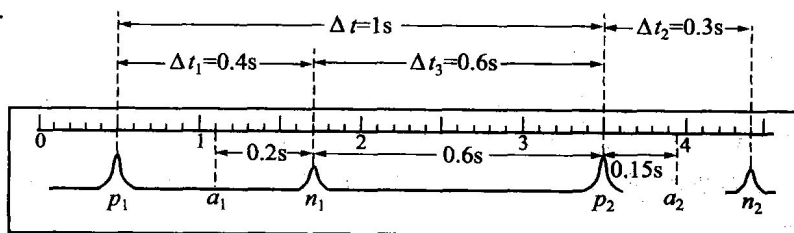


图 1-2



(a)



(b)

图 1-3

仪匀速扫描, p_1 、 p_2 之间的时间间隔 $\Delta t = 1.0$ s, 超声波在空气中传播的速度是 $v = 340$ m/s, 若汽车是匀速运动的, 则根据图可知, 汽车在接收到 p_1 、 p_2 两个信号之间的时间内前进的距离是 _____ m, 汽车的速度是 _____ m/s。(2001 年·上海高考卷)【8】

略解 题图是超声波测速仪匀速扫描图, 由图可知 $p_1 p_2 = 30$ 格, 每格代表 $\frac{1}{30}$ s, 则从 p_1 到 n_1 所花时间

$$\Delta t_1 = 1 \times \frac{12}{30} \text{ s} = 0.4 \text{ s},$$

从 p_2 到 n_2 所花时间

$$\Delta t_2 = 1 \times \frac{9}{30} \text{ s} = 0.3 \text{ s}.$$

图(b)中, a_1 为 $p_1 n_1$ 间的中点, 表示汽车与第一个脉冲相遇的时刻, a_2 为 $p_2 n_2$ 间的中点, 表示汽车与第二个脉冲相遇的时刻。

汽车与第一个脉冲相遇时的位置离测速仪距离为 s_1 ,

$$s_1 = v_{\text{声}} \frac{\Delta t_1}{2} = 340 \times 0.2 \text{ m} = 68 \text{ m},$$

汽车与第二个脉冲相遇时的位置离测速仪距离为 s_2 ,

$$s_2 = v_{\text{声}} \frac{\Delta t_2}{2} = 340 \times 0.15 \text{ m} = 51 \text{ m}.$$

所以汽车在两次与超声脉冲信号相遇的这段时间内运动距离

$$\Delta s = s_1 - s_2 = (68 - 51) \text{ m} = 17 \text{ m}.$$

由于两次相遇时间差为 $t = (0.2 + 0.6 + 0.15) \text{ s} = 0.95 \text{ s}$,

所以这段时间内汽车的速度为 $v = \frac{\Delta s}{t} = \frac{17}{0.95} \text{ m/s} = 17.9 \text{ m/s}$ 。

本题的正确答案为“17, 17.9”。

- ★★ 22. 轮船在河流中逆流而上, 下午 7 时, 船员发现轮船上的一橡皮艇已落入水中, 船长命令马上调转船头寻找小艇。经过 1 h 的追寻, 终于追上了顺流而下的小艇。如果轮船在整个过程中相对水的速度不变, 那么轮船失落小艇的时间是何时? 【3】

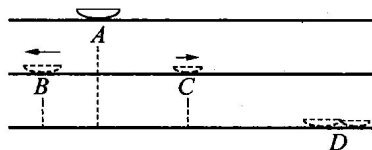


图 1-4

略解 解法一: 以河岸为参照系, 如图 1-4 所示, 假设橡皮艇在 A 点失落, 当轮船航行至 B 点时才发觉, 此时橡皮艇已经随水漂流到 C 点, 轮船调转船头后到 D 点才追上橡皮艇。从失落起到发现橡皮艇失落经历的时间为 t , 则由图中可以看出

$$x_{BD} = x_{BA} + x_{AC} + x_{CD},$$

即

$$(v_{\text{船}} + v_{\text{水}}) \cdot 1 = (v_{\text{船}} - v_{\text{水}})t + v_{\text{水}} t + v_{\text{水}} \cdot 1,$$

解得

$$t = 1 \text{ h}.$$

所以失落的时间为下午 6 时。

解法二: 以流水为参照系, 则橡皮艇相对于流水是静止不动的, 而轮船相对于水的速度不变, 从失落点到发现点, 再从发现点“回到”橡皮艇位置, 往返所用的时间是相等的。从发现点经过 1 h 追上橡皮艇, 那么从失落点到发现点所航行的时间也是 1 h, 所以失落的时间就是下午的 6 时。

说明 研究物体的运动在一般的问题中都是以地球为参照系, 但是在上题中, 选用匀速运动的流水为参照系, 思路相对更为简洁。

★★ 23. 老鼠离开洞穴沿直线前进,它的速度与到洞穴的距离成反比,当它行进到离洞穴距离为 d_1 的甲处时速度是 v_1 ,则它行进到离洞穴距离为 d_2 的乙处时速度是多大?从甲处到乙处用去多少时间?【8】

思路 (1) 因老鼠行进速度与它到洞穴的距离成反比,即有 $v = \frac{k}{d}$, k 为比例常数。据题意有 $v_1 d_1 = v_2 d_2 = k$, 所以 $v_2 = \frac{d_1}{d_2} v_1$ 。

(2) 老鼠运动位移 $d = \frac{k}{v}$, $d-v$ 图像是一条双曲线,而 $d - \frac{1}{v}$ 的图像却是一条过坐标原点的直线,如图 1-5 所示,与利用匀变速运动 $v-t$ 图像求位移类比,可知老鼠从甲处行进到乙处所用时间等于图中画有斜线的梯形“面积”值,所以

$$t = \frac{d_2 + d_1}{2} \left(\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_2} \right),$$

将 $v_2 = \frac{d_1}{d_2} v_1$ 代入上式得 $t = \frac{d_2^2 - d_1^2}{2d_1 v_1}$ 。

说明 分析运动学问题首先画好有关的运动图像,有时还可直接通过变量转换,使曲线图像变为直线,从而找到解题的捷径。

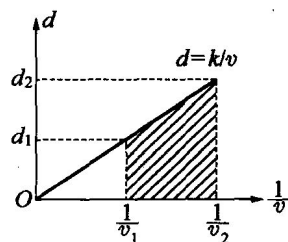


图 1-5

匀变速直线运动



知识的应用

★★★ 16. 如图 1-6 所示,光滑斜面 AE 被分成四个相等的部分,一物体由 A 点从静止释放,下列结论中不正确的是()。【4】

(A) 物体到达各点的速率 $v_B : v_C : v_D : v_E = 1 : \sqrt{2} : \sqrt{3} : 2$

(B) 物体到达各点所经历的时间 $t_E = 2t_B = \sqrt{2}t_C = \frac{2}{\sqrt{3}}t_D$

(C) 物体从 A 到 E 的平均速度 $\bar{v} = v_B$

(D) 物体通过每一部分距离时,其速度增量 $v_B - v_A = v_C - v_B = v_D - v_C = v_E - v_D$

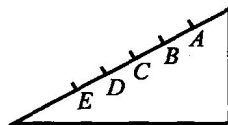


图 1-6

分析 由 $v^2 = 2as$, 可得 $v_B : v_C : v_D : v_E = 1 : \sqrt{2} : \sqrt{3} : 2$, 将 $s = \frac{1}{2}at^2$ 代入对应的 s 可得

$$t_E = 2t_B = \sqrt{2}t_C = \frac{2}{\sqrt{3}}t_D.$$

因 $AB : BE = 1 : 3$, 所以 B 点为 AE 段的中间时刻, 做匀变速直线运动的物体中间时刻的瞬时速度等于这一段的平均速度, 即 $\bar{v} = v_B$ 。

由 $v_B^2 - v_A^2 = v_C^2 - v_B^2 = v_D^2 - v_C^2 = v_E^2 - v_D^2$,

得 $v_B - v_A \neq v_C - v_B \neq v_D - v_C \neq v_E - v_D$,

本题的正确选项为 D。

★★ 26. 如图 1-7 所示,物体自 O 点由静止开始做匀加速直线运动, A、B、C、D 为其轨道上的四点,测得 $AB = 2 \text{ m}$, $BC =$



图 1-7

3 m, $CD=4$ m, 且物体通过 AB 、 BC 、 CD 所用的时间相等, 求 OA 间的距离。【3】



做匀变速直线运动的物体, 中间时刻的瞬时速度等于这一段的平均速度。设物体通过 AB 、 BC 、 CD 各段所用的时间均为 t_0 , 则

$$v_B = \frac{\overline{AB} + \overline{BC}}{2t_0}, \quad (1)$$

$$v_C = \frac{\overline{BC} + \overline{CD}}{2t_0}, \quad (2)$$

$$\text{又} \quad v_C = v_B + at_0, \quad (3)$$

$$v_B = \frac{v_A + v_C}{2}, \quad (4)$$

由于 $\overline{AB}=2$ m, $\overline{BC}=3$ m, $\overline{CD}=4$ m, 解上述四式可得

$$v_A = \frac{3}{2t_0}, \quad a = \frac{1}{t_0^2}, \quad \overline{OA} = \frac{v_A^2}{2a} = 1.125 \text{ m}.$$



能力的拓展

★★ 32. 历史上有些科学家曾把在相等位移内速度变化相等的单向直线运动称为“匀变速直线运动”, 其定义为 $A = \frac{v_t - v_0}{s}$, 式中 v_0 和 v_t 分别表示某段位移 s 内的初速度和末速度。 $A > 0$ 表示物体做加速运动, $A < 0$ 表示物体做减速运动。而现在物理学中加速度的定义式为 $a = \frac{v_t - v_0}{t}$, 下列说法中正确的是()。【2】

(A) 若 A 不变, 则 a 也不变
(B) 若 $A > 0$ 且保持不变, 则 a 逐渐变大
(C) 若 A 不变, 则物体在中间位置处的速度为 $\frac{v_t + v_0}{2}$
(D) 若 A 不变, 则物体在中间位置处的速度为 $\frac{\sqrt{v_1^2 + v_0^2}}{2}$



按题意, 设有一单向的加速运动, 每相同速度差经过的位移相等, 即所谓的“另类加速度” $A = \frac{v_t - v_0}{s}$ 不变, 且 $A > 0$ 。在此运动中, 由于速度不断增大, 在经过两相邻的

相同位移时, 后面一段的位移所用的时间必然小于前面的位移所用的时间, 根据现在物理学

中的加速度定义, $a = \frac{v_t - v_0}{t}$ 一定会不断增大。由此可判定选项 A 错误, B 正确。若 A 不

变, 根据中间位置的含义和另类匀变速运动的定义, 有 $A = \frac{v_t - v_{\text{中}}}{s} = \frac{v_{\text{中}} - v_0}{s}$, 推得物体在中

间位置处的速度 $v_{\text{中}} = \frac{v_t + v_0}{2}$, 由此可判定选项 C 正确, D 错误。

本题的正确选项为 B、C。



本题也可利用 $v-t$ 图像和 $v-s$ 图像来解。

- ★★ 33. 一个小孩在蹦床上做游戏,他从高处落到蹦床上后又
被弹起到原高度。小孩从高处开始下落到弹回的整个
过程中,他的运动速度随时间变化的图像如图 1-8
所示,图中只有 Oa 段和 cd 段为直线,则根据此图像
可知,小孩和蹦床相接触的时间为()。(2005
年·北京高考卷)[2]

- (A) $t_2 \sim t_4$ (B) $t_1 \sim t_4$
(C) $t_1 \sim t_5$ (D) $t_2 \sim t_5$

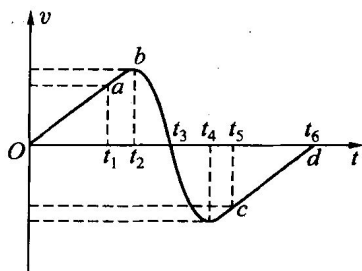


图 1-8

分析 在速度-时间图像中,图像如果是直线表示物体做匀变速运动,如果为曲线则表示物体不仅速度改变,加速度也在改变,这种情况下速度曲线的切线斜率表示加速度的大小。小孩与蹦床相接触的时间内,蹦床给小孩提供的弹力是逐渐变化的,因此应该选择小孩运动加速度改变的那段时间为小孩和蹦床相接触的时间。

本题的正确选项是 C。

- ★★ 34. 羚羊从静止开始奔跑,经过 50 m 距离能加速到最大速度 25 m/s,并能维持一段较长的时间;猎豹从静止开始奔跑,经过 60 m 的距离能加速到最大速度 30 m/s,以后只能维持这个速度 4.0 s。设猎豹距离羚羊 x m 时开始攻击,羚羊则在猎豹开始攻击后 1.0 s 才开始奔跑,假设羚羊和猎豹在加速阶段分别做匀加速运动,且均沿同一直线奔跑。求:(1)猎豹要在其最大速度减速前追到羚羊, x 的取值范围;(2)猎豹要在其加速阶段追上羚羊, x 的取值范围。[8]

略解 羚羊加速阶段需时间 $t_1 = \frac{2s_1}{v_1} = \frac{2 \times 50}{25} \text{ s} = 4 \text{ s}$, 加速度 $a_1 = \frac{v_1}{t_1} = 6.25 \text{ m/s}^2$, 猎豹加速阶段需时间 $t_2 = \frac{2s_2}{v_2} = \frac{2 \times 60}{30} \text{ s} = 4 \text{ s}$, 猎豹加速度 $a_2 = \frac{v_2}{t_2} = \frac{30}{4} \text{ m/s}^2 = 7.5 \text{ m/s}^2$ 。

(1) 猎豹开始攻击到减速运动的距离

$$s_2 = (60 + 30 \times 4) \text{ m} = 180 \text{ m},$$

而羚羊在这段时间内运动的距离

$$s_1 = 50 \text{ m} + 25 \times (4 - 1) \text{ m} = 125 \text{ m},$$

则依照题意有

$$s_2 \geq s_1 + x, \text{ 即 } x \leq s_2 - s_1 = (180 - 125) \text{ m} = 55 \text{ m}.$$

(2) 猎豹在加速阶段运动距离为 $s_2 = 60 \text{ m}$, 而羚羊在这段时间内运动距离为

$$s_1 = \frac{1}{2} a_1 (t_1 - 1)^2 = \frac{1}{2} \times 6.25 \times (4 - 1)^2 = 28.1 \text{ m},$$

则依照题意有

$$s_2 \geq s_1 + x,$$

$$x \leq s_2 - s_1 = (60 - 28.1) \text{ m} = 31.9 \text{ m}.$$

- ★★ 36. 如图 1-9 所示,在某市区,一辆小汽车在平直公路上向东匀速行驶,一位游客正由南向北从斑马线上横穿马路。司机发现前方有危险(游客在 D 处),经 0.7 s 作出反应,紧急制动,仍将正步行至 B 处的游客撞伤,汽车最终停在 C 处。为了解现场,警方派一警车以法定



图 1-9

最高速度 $v_{\max}=14 \text{ m/s}$ 行驶在同一路段,在肇事汽车的起始制动点 A 紧急制动,经 14 m 后停下来,现测得 $AB=17.5 \text{ m}$ 、 $BC=14 \text{ m}$ 、 $BD=2.6 \text{ m}$,问:(1)肇事汽车的初速度是多大?(2)游客横穿马路的速度是多大?【8】

略解

因为警车与肇事汽车的行驶条件完全相同,即两者制动时的加速度大小相同,根据匀变速直线运动的关系式 $v_t^2 - v_0^2 = 2as$ 可得,以警车为研究对象: $v_{\max}^2 = 2as$,

以肇事汽车为研究对象: $v_A^2 = 2as_{AC}$,联立解得 $v_A = 21 \text{ m/s}$ 。

肇事汽车在 B 点时的速度大小为 $v_B^2 = 2as_{BC}$,得 $v_B = 14.0 \text{ m/s}$,

肇事汽车通过 AB 所用的时间可由 $s_{AB} = \frac{(v_A + v_B)t_2}{2}$,得 $t_2 = 1 \text{ s}$,

游客横过马路时的速度大小为 $v_A = \frac{s_{BD}}{t_1 + t_2} = \frac{2.6}{0.7 + 1} \text{ m/s} = 1.53 \text{ m/s}$ (式中的 t_1 为反应时间)。

★★ 37. 我国航天局宣布,我国已启动“登月工程”,2007 年发射绕月飞行的飞船,2010 年左右实现登月飞行。下面是与登月行动有关的一个问题。

人类为了探测距地球约 $3.8 \times 10^5 \text{ km}$ 的月球,发射了一辆四轮的登月探测小车,它能够在自动导航系统的控制下行走,且每隔 10 s 向地球发射一次信号,探测器上还装有两个相同的减速器(其中一个为备用的),这种减速器最多能使小车产生 5 m/s^2 的加速度。

某次探测中,探测器的自动导航系统出现故障,探测器因匀速前进而不能避开正前方的障碍物,此时,地球上的科学家必须对探测器进行人工遥控操作。下表是控制中心的显示屏上的数据信息:

收到信号的时间	发射信号的时间	信号的内容
9:10:20		与前方障碍物相距 52 m
9:10:30		与前方障碍物相距 32 m
	9:10:33	使小车以 2 m/s^2 的加速度减速
9:10:40		与前方障碍物相距 12 m

已知控制中心信号发射和接受设备工作速度极快,科学家每次分析数据并输入命令最少需要 3 s。(1)通过对上述数据的分析,求出小车的运动速度。(2)通过对上述数据的分析,判断减速器是否执行了减速命令。(3)若减速器未执行减速命令,科学家需启动另一个备用减速器。欲使小车避免与障碍物相撞,备用减速器的加速度至少应设定为多少?【12】

略解

(1) $s_1 = s_2 - 32 = 20 \text{ m}$, $t_1 = 10 \text{ s}$, $v = \frac{s_1}{t_1} = 2 \text{ m/s}$ 。(2) $s_2 = (32 - 12) \text{ m} = 20 \text{ m}$, $t_2 = 10 \text{ s}$, $v = \frac{s_2}{t_2} = 2 \text{ m/s}$,故减速器没有执行减速命令。(3) $t = \frac{s_{\text{月地}}}{c} = \frac{3.8 \times 10^8}{3 \times 10^8} \text{ s} = 1.3 \text{ s}$,小车应在 9 时 10 分 38.7 秒时与前方障碍物相距 12 m,再加上输入命令和传送时间应需 $(3 + 1.3) \text{ s} = 4.3 \text{ s}$,故减速器执行命令时已是第 44.3 s。在 $\Delta t = (44.3 - 39) \text{ s} = 5.3 \text{ s}$ 内,探测器距障碍物只剩 $\Delta s = (12 - 2 \times 5.3) \text{ m} = 1.4 \text{ m}$,故 $a \geq \frac{v^2}{2\Delta s} = \frac{2^2}{2 \times 1.4} \text{ m/s}^2 = 1.4 \text{ m/s}^2$ 。

★★ 38. 有一架电梯,启动时匀加速上升,加速度为 2 m/s^2 ,制动时匀减速上升,加速度为

-1 m/s^2 , 楼高 52 m 。问: (1) 若上升的最大速度为 6 m/s , 电梯升到楼顶的最短时间是多少? (2) 如果电梯先加速上升, 然后匀速上升, 最后减速上升, 全程共用时间为 16 s , 上升的最大速度是多少? 【8】



(1) 设电梯做匀加速上升的末速度为 v , 电梯升到楼顶的总时间为 t , 则加速运动过程上升的位移

$$s_1 = \bar{v}_1 t_1 = \frac{v}{2} \cdot \frac{v}{a_1} = \frac{v^2}{4}, \quad (1)$$

减速运动过程上升的位移 $s_2 = \bar{v}_2 t_2 = \frac{v}{2} \cdot \frac{v}{a_2} = \frac{v^2}{2}, \quad (2)$

匀速上升的位移

$$s_3 = v(t - t_1 - t_2) = v\left(t - \frac{v}{a_1} - \frac{v}{a_2}\right) = v\left(t - \frac{v}{2} - \frac{v}{1}\right), \quad (3)$$

由题意知

$$s_1 + s_2 + s_3 = 52, \quad (4)$$

解上四式得

$$t = \frac{3v}{4} + \frac{52}{v}, \quad (5)$$

从⑤式知, 当 $\frac{3v}{4} = \frac{52}{v}$, 即 $v = 8.3 \text{ m/s}$ 时, t 最短; 而电梯上升的最大速度为 6 m/s , 所以电梯升到楼顶的最短时间应为 $v = 6 \text{ m/s}$ 时, 代入⑤式可得 $t = 13.17 \text{ s}$ 。

(2) 如果电梯先加速上升, 然后匀速上升, 最后减速上升, 全程共用时间为 16 s , 代入⑤式可得 $v = 4 \text{ m/s}$ ($v = 17.3 \text{ m/s}$, 不合题意舍去), 故电梯上升的最大速度是 4 m/s 。

★★ 39. 如图 1-10 所示, 甲、乙、丙三辆车行驶在平直公路上, 车速分别为 6 m/s 、 8 m/s 、 9 m/s 。当甲、乙、丙三车依次相距 5 m 时, 乙车驾驶员

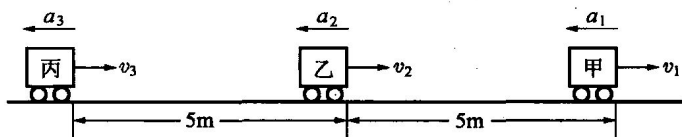


图 1-10

发现甲车开始以 1 m/s^2 的加速度做减速运动, 于是乙车也立即做减速运动, 丙车驾驶员也同样处理, 直到三车都停下来时均未发生撞车事故。问丙车做减速运动的加速度至少应为多大? 【8】



解此题的关键是先要弄明白和题目相仿的两小车在同一平直轨道避免相撞的运动模型。

设两小车在同一平直轨道同向运动, 两车相距为 s , 前面小车速度为 v_1 , 某时刻做匀减速运动时加速度大小为 a_1 , 后面小车的速度为 v_2 , 为了恰不相撞其在同一时刻做匀减速运动的加速度大小为 a_2 。且 $v_2 > v_1$, $a_2 > a_1$ 。以前一列小车为参照物, 则两车的相对的初速度为 $v_2 - v_1$, 相对末速度为零, 相对的加速度为 $a_2 - a_1$, 至恰不相撞, 两车的相对位移为 s , 于是, 两车从开始减速到速度相同所经时间间隔 $T = \frac{s}{v_{\text{相对平均}}}$, $v_{\text{相对平均}} = \frac{v_2 - v_1}{2}$, 由此解得 $T = \frac{2s}{v_2 - v_1}$ 。又前面的小车从减速到静止的时间间隔 $t = \frac{v_1}{a_1}$ 。

当 $T > t$, 即 $\frac{2s}{v_2 - v_1} > \frac{v_1}{a_1}$ 时, 两车相碰前, 前一列小车未停止。并由此解得恰好相碰时,

$$a_2 - a_1 = \frac{(v_2 - v_1)^2}{2s}, a_2 = \frac{(v_2 - v_1)^2}{2s} + a_1。$$

当 $T < t$, 即 $\frac{2s}{v_2 - v_1} > \frac{v_1}{a_1}$ 时, 两车相碰前, 前一辆小车已停止。故有 $s_2 = s_1 + s$, 后一辆小车对地位移 $s_2 = \frac{v_2^2}{2a_2}$, 前一辆小车对地位移 $s_1 = \frac{v_1^2}{2a_1}$, 由此解得 $a_2 = \frac{v_1 a_1^2}{v_2^2 + 2a_1 s}$ 。

略解

(1) 乙车与甲车刚不相碰时, 甲车还未停止, 故为避免乙车与甲车相碰, 乙车减速运动的加速度至少应为

$$a_2 > \frac{(v_2 - v_1)^2}{2s} + a_1, \quad (1)$$

其中 $a_1 = 1 \text{ m/s}^2$, $v_1 = 6 \text{ m/s}$, $v_2 = 8 \text{ m/s}$, $s = 5 \text{ m}$, 代入①式得 $a_2 > 1.4 \text{ m/s}^2$ 。

(2) 丙车与乙车相碰前, 乙车已停止, 故为避免丙车与乙车相碰, 设丙车减速运动的加速度至少应为

$$a_3 \geq \frac{a_2 v_3^2}{v_2^2 + 2a_2 s}, \quad (2)$$

其中 $a_2 = 1.4 \text{ m/s}^2$, $v_2 = 8 \text{ m/s}$, $v_3 = 9 \text{ m/s}$, $s = 5 \text{ m}$, 代入②式得 $a_3 \geq 1.45 \text{ m/s}^2$,

所以丙车减速运动的加速度至少应为 1.45 m/s^2 。

★ 40. A、B 两站相距 s , 将其分成几段, 汽车无初速由 A 站出发, 分 n 段向 B 站做匀加速直线运动, 第一段的加速度为 a 。当汽车到达每一等份的末端时, 其加速度增加 $\frac{a}{n}$, 求汽车到达 B 站时的速度。【8】

略解

设第一段的末速度为 v_1 , 有 $v_1^2 = 2a \frac{s}{n}$,

设第二段的末速度为 v_2 , 有 $v_2^2 = v_1^2 + 2\left(a + \frac{a}{n}\right) \frac{s}{n} = \frac{2as}{n} \left(1 + \frac{n+1}{n}\right)$,

设第三段的末速度为 v_3 , 有 $v_3^2 = v_2^2 + 2\left(a + \frac{2a}{n}\right) \frac{s}{n} = \frac{2as}{n} \left(1 + \frac{n+1}{n} + \frac{n+2}{n}\right)$,

到达 B 站时的速度为 $v_B^2 = \frac{2as}{n} \left(1 + \frac{n+1}{n} + \frac{n+2}{n} + \dots + \frac{2n-1}{n}\right) = \frac{3n-1}{n} as$,

所以汽车到达 B 站时的速度为 $\sqrt{\frac{3n-1}{n} as}$ 。

★ 41. 如图 1-11 所示, 两等高光滑的斜面 AC 和 A'B'C' 固定。已知斜面总长 $AC = A'B' + B'C'$, 且 $\theta > \theta'$ 。让小球分别从两斜面顶端无初速滑下, 到达斜面底部的时间分别为 t 和 t' 。若不计在转折处的碰撞损失, 则 t 和 t' 应当满足什么关系? 【8】

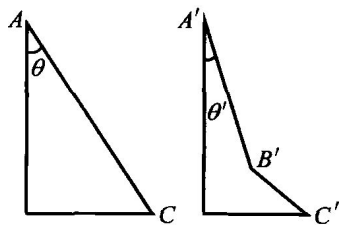


图 1-11

略解

如图 1-12 所示, 在 AC 段取一点 B, 使 $\overline{AB} = \overline{A'B'}$, 由 $\theta > \theta'$ 可知, 小球到达 B 点的速度小于小球到达 B' 点的速度, 即 $v_B < v_{B'}$ 。

又因为两斜面等高、光滑, 不计在转折处的碰撞损失, 由下落过程中机械能守恒知, 在 C 点和 C' 点速率相等, 即 $v_C = v_{C'}$ 。

小球从 A 到 C 的时间

$$t = \frac{\overline{AB}}{v_{AB}} + \frac{\overline{BC}}{v_{BC}} = \frac{\overline{AB}}{\frac{v_B}{2}} + \frac{\overline{BC}}{\frac{v_B + v_C}{2}}, \quad (1)$$

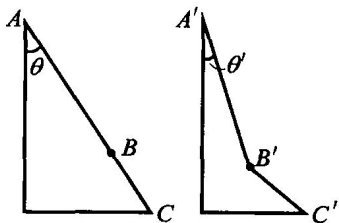


图 1-12

小球从 A' 到 C' 的时间

$$t' = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{v_{A'B'}}} + \frac{\overline{B'C'}}{\overline{v_{B'C'}}} = \frac{\overline{A'B'}}{\frac{v_B}{2}} + \frac{\overline{B'C'}}{\frac{v_B + v_C}{2}}, \quad (2)$$

由于 $v_B < v_{B'}$, $v_C = v_{C'}$, $\overline{AB} = \overline{A'B'}$, $\overline{BC} = \overline{B'C'}$, 比较①②两式可得 t 和 t' 的关系应当是 $t > t'$ 。

★★ 42. 如图 1-13 所示的滑轮组, 物体 1、2 分别具有向下的加速度 a_1 和 a_2 , 物体 3 具有向上的加速度 a_3 , 求 a_1 、 a_2 、 a_3 之间的关系。【8】



物体 3 的运动与物体 1、2 的运动都有联系, 同时考虑三者之间的运动关系不便于分析, 可以先假设其中一个物体不动, 分析物体 3 与另一个物体的运动关系, 然后再综合起来考虑。

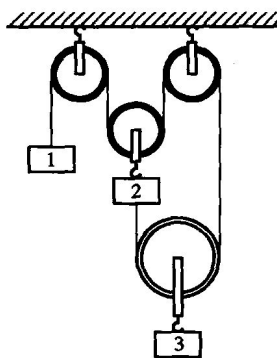


图 1-13

设物体 2 不动, 物体 1 向下运动 s_1 , 物体 3 将上升 $\frac{1}{2}s_1$; 再设物体 1 不动, 物体 2 向下运动 s_2 , 物体 3 将上升 $\frac{1}{2}s_2$; 当物体 1、2 同时运动时, 物体 3 上升的高度 $s_3 = \frac{1}{2}s_1 + \frac{1}{2}s_2$ 。因做匀变速运动的物

体在相等时间内位移与加速度成正比, 所以三者的加速度关系是 $a_3 = \frac{1}{2}(a_1 + a_2)$ 。

自由落体运动和竖直上抛运动



知识的积累

★★ 11. 一个物体 A 从地面开始做竖直上抛运动, 同时在离地某一高度 H 处有另一个物体 B 开始做自由落体运动。两物体在空中到达同一高度时, 速度的大小都是 v , 则下列说法中正确的是()。【2】

- (A) 物体 A 上抛时初速度的大小和物体 B 落地时速度的大小都是 $2v$
- (B) 物体 A 和物体 B 由抛出到落地经历的时间相等
- (C) 物体 A 能上升的最大高度和物体 B 开始下落时的高度相等

(D) 当两物体到达同一高度时, 物体 B 已下落了 $\frac{H}{4}$



经相同时间, 两物体在空中同一高度, 速度大小都是 v 。根据运动的可逆性, 物体 A 上抛初速度和物体 B 经同样时间落地速度大小都是 $2v$, 且 A 物体出发到最高点的的时间和 B 自由下落至地面的时间相同, A 上升的最大高度及物体 B 总的下落的高度也相同。同时也可由自由落体位移与下落时间的关系判定在两物体到达同一高度时, 物体 A 上升了 $\frac{3}{4}H$, 物体 B 下落了 $\frac{H}{4}$ 。