



中小学教辅系列丛书
根据最新课程标准和最新教材编写

高中毕业班综合练习



物理

主编 张宗华

供安徽地区使用

南方出版社

GAOZHONGBIYEBANZONGHELIANXI

供安徽地区使用

高中毕业班 综合练习

物理

主 编	张宗华	
副 主 编	龚为标	吴 敏
本册编写	朱应春	

南方出版社

GAOZHONGBIYEBANZONGHELIANXI

图书在版编目(CIP)数据

高中毕业班综合练习.物理 / 张宗华主编. —海口: 南方出版社, 2008.9

ISBN 978-7-80760-082-4

I.高... II.张... III.物理课—高中—习题—升学参考资料 IV.G634

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第137793号

中小学教辅系列丛书 · 高中毕业班综合练习

物理

主编: 张宗华

责任编辑:	刘冰玉	封面设计:	田琳
出版发行:	南方出版社	邮政编码:	570208
社址:	海南省海口市和平大道70号		
电话:	(0898) 66160822	传 真:	(0898) 66160830
印刷:	合肥杏花印务股份有限公司		
开本:	889×1194 1/16		
印张:	60	字 数:	1484千字
版次:	2008年9月第1版	2008年9月第1次印刷	
书号:	ISBN 978-7-80760-082-4		
定价:	98.00元(共4册)		

如有影响阅读等印装质量问题, 请与承印厂联系调换(0551-2671569)

目 录

第一轮 解读考点 全面备考

专题一 直线运动的规律及应用	1
专题二 力 物体的平衡	17
专题三 牛顿运动定律	32
专题四 曲线运动和万有引力定律	50
专题五 动量和能量	69
专题六 振动和波	93
专题七 电场和电磁	105
专题八 恒定电流、电磁感应、交变电流	135
专题九 热学、光学、原子物理学和相对论	152
专题十 物理实验探究	167

第二轮 实战演练 触摸高考

高考模拟试卷(一)	180
高考模拟试卷(二)	185
高考模拟试卷(三)	190
高考模拟试卷(四)	195
高考模拟试卷(五)	199
高考模拟试卷(六)	203
高考模拟试卷(七)	207
高考模拟试卷(八)	211
高考模拟试卷(九)	217
高考模拟试卷(十)	221
参考答案	226

第一轮 解读考点 全面备考

专题一 直线运动的规律及应用



高考考点解读

1. 机械运动、参考系、质点、平动和转动

(1) 一个物体相对于另一个物体位置的改变叫做机械运动, 包括平动、转动和振动等运动形式。

(2) 为了研究物体的运动而假定不动的物体叫参考系。对同一个物体的运动的描述, 所选参考系不同, 对它运动的描述也不同。

(3) 用来代替物体的有质量的点叫质点, 它是一种理想化模型。物体能简化为质点的条件是: 在研究的问题中, 物体只做平动, 或物体的形状和大小可以忽略不计才可以把物体视为质点。

2. 位移和路程

位移是描述物体位置变化的物理量, 是从物体运动的初位置指向末位置的矢量。路程是物体运动轨迹的长度, 是标量。位移公式 $x=vt$ 。

3. 匀速直线运动、速度、速率、 $v-t$ 图象、变速直线运动、平均速度、瞬时速度(简称速度)、匀变速直线运动、加速度

(1) 匀速直线运动: 物体在一条直线上运动, 且在任意相等的时间间隔内通过的位移相等, 这种运动称为匀速直线运动, 其位移公式为 $x=vt$ 。变速直线运动是指物体在一条直线上运动, 但物体在任意相等时间内的位移不都相等。

(2) 速度和速率

① 平均速度: 运动物体的位移和所用时间的比值, 叫做这段时间内的平均速度, 即 $\bar{v} = \frac{x}{t}$ 。平均速度是矢量, 其方向跟位移的方向相同。它是对变速运动的粗略描述。公式 $\bar{v} = \frac{v_0 + v}{2}$ 只对匀变速直线运动适用。

瞬时速度: 运动物体经过某一时刻(或某一位置)的速度, 叫瞬时速度。瞬时速度精确描述物体在

某一时刻(或某一位置)的运动快慢。速率: 瞬时速度的大小叫速率, 是标量。平均速率: 物体在某段时间内通过的路程与所用时间的比值, 叫做这段时间内的平均速率, 它是标量, 它并不是平均速度的大小。

(3) 加速度 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 表示物体速度变化快慢的物理量, 即速度的变化率。加速度其实就是表示物体每秒速度变化多少的物理量。如一个物体以初速度 $v_0 = 10 \text{ m/s}$ 沿规定的正方向运动, 加速度 $a = 3 \text{ m/s}^2$, 则物体 1 秒后速度是 13 m/s , 2 秒后速度是 16 m/s , 3 秒后速度是 19 m/s , ……; 如果物体仍以初速度 $v_0 = 10 \text{ m/s}$ 沿规定的正方向运动, 但加速度变为 $a = -3 \text{ m/s}^2$, 则物体 1 秒后速度是 7 m/s , 2 秒后速度是 4 m/s , 3 秒后速度是 1 m/s , ……

(4) 速度、速度变化、加速度的关系:

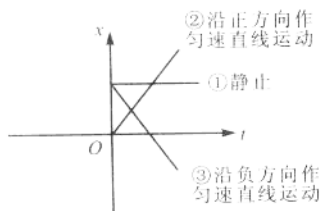
① 方向关系: 加速度的方向与速度变化的方向一定相同。在直线运动中, 若 a 的方向与 v_0 的方向相同, 质点做加速运动; 若 a 的方向与 v_0 的方向相反, 质点做减速运动。

② 大小关系: v 、 Δv 、 a 无必然的大小决定关系。

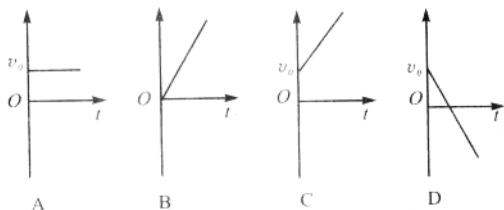
(5) $x-t$ 图象是描述作直线运动的质点离开坐标原点的位移 x 和时刻 t 的一一对应关系。匀速运动的 $x-t$ 图象是直线, 直线的斜率数值上等于运动物体的速度; 变速运动的 $x-t$ 图象是曲线, 曲线切线方向的斜率表示该点速度的值。 x 大于零表示质点在原点右方, x 小于零表示质点在原点左方。 x 如为一条平行于 t 轴的直线, 这表示 x 不变, 质点处于静止状态, x 如为一条倾斜的直线, 表示质点作匀速直线运动, 直线斜率为质点的速度, 斜率大于零表示质点沿正方向运动, 斜率小于零表示质点沿负方向运动, 如下图所示。

(6) $v-t$ 图象表示作直线运动的质点其速度 v 和时刻 t 的一一对应关系。 v 大于零表示质点沿正





方向运动, v 小于零表示质点沿负方向运动. $v-t$ 图象为一条平行于 t 轴的直线表示质点作匀速直线运动; $v-t$ 图象为一条倾斜的直线表示质点作匀变速直线运动. $v-t$ 图象的斜率表示质点运动的加速度 a , 斜率大于零表示加速度 a 为正方向, 即合力 F 为正方向; 斜率小于零表示加速度 a 为负方向, 即合力 F 为负方向. 加速度 a 的方向, 即合力 F 的方向, 如果和速度 v 的方向相同, 物体就作加速运动, 反之物体作减速运动. 如下图所示, 其中最后一个图中, 物体先沿正方向作匀减速直线运动, 后沿负方向作匀加速直线运动. 在这里负值不表示比正值小, 负号表示方向, 其绝对值表示大小, 因为正负号是人为规定的.



(7) 在相等的时间内速度的变化相等的直线运动叫做匀变速直线运动.

其特点是 $a = \text{恒量}$. 匀变速直线运动的公式有.

① $v = v_0 + at$; ② $x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$; ③ $v^2 - v_0^2 = 2ax$; ④ $x = \frac{v_0 + v}{2} t$.

(a) 以上公式只适用于匀变速直线运动. (b) 四个公式中只有两个是独立的, 即由任意两式可推出另外两式. 四个公式中有五个物理量, 而两个独立方程只能解出两个未知量, 所以解题时需要三个已知条件, 才能有解. (c) 式中 v_0 、 v 、 a 、 x 均为矢量, 方程式为矢量方程, 应用时要规定正方向, 凡与正方向相同者取正值, 相反者取负值; 所求矢量为正值者, 表示与正方向相同, 为负值者表示与正方向相反. 通常将 v_0 的方向规定为正方向, 以 v_0 的位置做初始位置. (d) 以上各式给出了匀变速直线运动的普遍规律. 一切匀变速直线运动的差异就在于它们各自的

v_0 、 a 不完全相同, 例如 $a = 0$ 时, 匀速直线运动; 以 v_0 的方向为正方向; $a > 0$ 时, 匀加速直线运动; $a < 0$ 时, 匀减速直线运动; $a = g$, $v_0 = 0$ 时, 自由落体运动; $a = g$, $v_0 \neq 0$ 且 v_0 在竖直方向上时, 作竖直抛体运动. (e) 对匀减速直线运动, 有最长的运动时间 $t = v_0/a$, 对应有最大位移 $x = \frac{v_0^2}{2a}$, 若 $t > \frac{v_0}{a}$, 一般不能直接代入公式求位移.

(8) 对以上公式还经常用到一些重要的推论:

(a) 匀变速直线运动的物体, 在任两个连续相等的时间里的位移之差是个恒量, 即 $\Delta x = x_{II} - x_I = aT^2 = \text{恒量}$.

(b) 匀变速直线运动的物体, 在某段时间内的平均速度, 等于该段时间的中间时刻的瞬时速度, 即 $v_{\text{平}} = v = \frac{v_0 + v}{2}$. 以上两推论在“研究匀变速直线运动的规律”等学生实验中经常用到, 要熟练掌握.

(c) 初速度为零的匀加速直线运动 (设 T 为等分时间间隔):

① 1T 末、2T 末、3T 末……瞬时速度的比为 $v_1 : v_2 : v_3 : \dots : v_n = 1 : 2 : 3 : \dots : n$;

② 1T 内、2T 内、3T 内……位移的比为 $s_1 : s_2 : s_3 : \dots : s_n = 1^2 : 2^2 : 3^2 : \dots : n^2$;

③ 第一个 T 内, 第二个 T 内, 第三个 T 内……位移的比为 $s_I : s_{II} : s_{III} : \dots : s_N = 1 : 3 : 5 : \dots : (2n-1)$;

④ 从静止开始通过连续相等的位移所用时间的比 $t_1 : t_2 : t_3 : \dots : t_n = 1 : (\sqrt{2}-1) : (\sqrt{3}-\sqrt{2}) : \dots : (\sqrt{n}-\sqrt{n-1})$.



典型例题剖析

一、灵活选取参照物

【例 1】 太阳从东边升起, 西边落下, 是地球上的自然现象, 但在某些条件下, 在纬度较高的地区上空飞行的飞机上, 旅客可以看到太阳从西边升起的奇妙现象, 这些条件是 () (不定项选择题)

A. 时间必须是在清晨, 飞机正在由东向西飞行, 飞机的速度必须较大

B. 时间必须是在清晨, 飞机正在由西向东飞行, 飞机的速度必须较大

C. 时间必须是在傍晚, 飞机正由东向西飞行, 飞机的速度必须较大

D. 时间必须是在傍晚, 飞机正在由西向东飞行, 飞机的速度不能太大



【解析】 在 Δt 内, 光束转过角度

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta t}{T} \times 360^\circ = 15^\circ \quad (1)$$

如下图, 有两种可能:

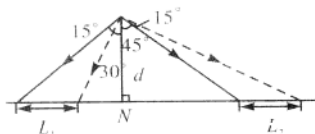
(1) 光束照射小车时, 小车正在接近 N 点, Δt 内光束与 MN 的夹角从 45° 变为 30° , 小车走过 L_1 , 速度应为

$$v_1 = \frac{L_1}{\Delta t} \quad (2)$$

由图可知 $L_1 = d(\tan 45^\circ - \tan 30^\circ)$ ③

由②③两式并代入数值, 得

$$v_1 = 1.7 \text{ m/s} \quad (4)$$



(2) 光束照到小车时, 小车正在远离 N 点, Δt 内光束与 MN 的夹角从 45° 变为 60° , 小车走过 L_2 , 速度为

$$v_2 = \frac{L_2}{\Delta t} \quad (5)$$

由图可知 $L_2 = d(\tan 60^\circ - \tan 45^\circ)$ ⑥

由⑤⑥两式并代入数值, 得

$$v_2 = 2.9 \text{ m/s}$$

【例6】 天文观测表明, 几乎所有远处的恒星(或星系)都在以各自的速度背离我们运动, 离我们最远的星体, 背离我们运动的速度(称为退行速度)越大, 也就是说, 宇宙在膨胀, 不同星体的退行速度 v 和星体与我们的距离 r 成正比, 即 $v = Hr$, 式中 H 为一常量, 称为哈勃常数, 已由天文观察测定。

为解释上述现象, 有人提出一种理论, 认为宇宙是从一个大爆炸的火球开始形成的。假设大爆炸后各星体即以不同的速度向外做匀速运动, 并设想我们就位于其中心, 则速度越大的星体在离我们越远, 这一结果与上述天文观测一致。

由上述理论和天文观测结果, 可估算宇宙的年龄 t , 其计算式为 $t = \frac{1}{H}$ 。根据近期观测, 哈勃常数 $H = 3 \times 10^{-2} \text{ m/(s} \cdot \text{ly)}$ (ly 表示“光年”: 光在一年中行进的距离), 由此估算宇宙的年龄约为 y (y 表示“年”)。

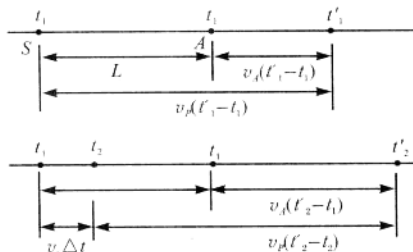
【解析】 根据题目提供的宇宙大爆炸理论, 认为宇宙是从一个大爆炸的火球开始形成的。假设大爆炸后各星体即以不同的速度向外做匀速运动(想象礼花爆炸时的情景), 并设想我们就位于中心, 那

么宇宙的年龄就是星体远离我们的运动时间。

星体远离我们的运动时间就是宇宙的年龄, 由匀速运动公式可得: $t = r/v$, 天文观察结果: $v = Hr$, 所以

$$\begin{aligned} t &= \frac{1}{H} = \frac{1}{3 \times 10^{-2} \text{ m/(s} \cdot \text{ly)}} \\ &= \frac{3 \times 10^8 \text{ (m/s)} \cdot \text{s} \cdot \text{ly}}{3 \times 10^{-2} \text{ m}} = 1 \times 10^{10} \text{ y} \end{aligned}$$

【例7】 如图所示, 声源 S 和观察者 A 都沿 x 轴正方向运动, 相对于地面的速率分别为 v_S 和 v_A , 空气中声音传播的速率为 v_P , 设 $v_S < v_P$, $v_A < v_P$, 空气相对于地面没有流动。



(1) 若声源相继发出两个声信号, 时间间隔为 Δt , 请根据发出的这两个声信号从声源传播到观察者的过程, 确定观察者接收到这两个声信号的时间间隔 $\Delta t'$ 。

(2) 请利用(1)的结果, 推导此情形下观察者接收到的声波频率与声源发出的声波频率间的关系式。

【解析】 (1) 设 t_1, t_2 为声源发出两个信号的时刻, t'_1, t'_2 为观察者接收到两个声信号的时刻, 则第一个信号经过时间 $(t'_1 - t_1)$ 被观察者 A 接收到, 第二个信号经过时间 $(t'_2 - t_2)$ 被观察者 A 接收到, 且 $(t_2 - t_1) = \Delta t$, $(t'_2 - t'_1) = \Delta t'$ 。

设声源发出第一个信号时, S, A 两点间的距离为 L , 则两个声信号从声源传播到观察者的过程中, 它们运动的距离关系如图所示, 可得:

$$\begin{aligned} v_P(t'_1 - t_1) &= L + v_A(t'_1 - t_1), \\ v_P(t'_2 - t_2) &= L + v_A(t'_2 - t_1) - v_S \Delta t \end{aligned}$$

$$\text{由以上各式得 } \Delta t' = \frac{v_P - v_S}{v_P - v_A} \Delta t$$

(2) 设声源发出声波的振动周期为 T , 则由以上结论观察者接收到声波振动的周期为 $T' = \frac{v_P - v_S}{v_P - v_A} T$, 由此得观察者接收到的声波频率与声源发出的声波频率间的关系式 $f' = \frac{v_P - v_S}{v_P - v_A} f$ 。

五、匀变速直线运动规律的应用

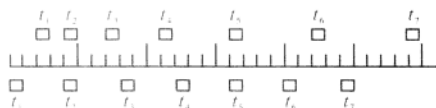
【例 8】 一初速度为 6 m/s 做直线运动的质点,受到力 F 的作用产生一个与初速度方向相反、大小为 2 m/s^2 的加速度,当它的位移大小为 3 m 时,所经历的时间可能为()

- A. $(3+\sqrt{6}) \text{ s}$ B. $(3-\sqrt{6}) \text{ s}$
C. $(3+2\sqrt{2}) \text{ s}$ D. $(3-2\sqrt{2}) \text{ s}$

【解析】 当位移为正时, A、B 对;当位移为负时, C 对。

【答案】 ABC

【例 9】 两木块自左向右运动,现用高速摄影机在同一底片上多次曝光,记录下木块每次曝光时的位置如图所示,连续两次曝光的时间间隔是相等的,由图可知()



- A. 在时刻 t_2 以及时刻 t_3 两木块速度相同
B. 在时间 t_3 两木块速度相同
C. 在时间 t_3 和时刻 t_4 之间某瞬时两木块速度相同
D. 在时刻 t_4 和时刻 t_5 之间某时刻两木块速度相同

【解析】 首先由图看出:上边那个物体相邻相等时间内的位移之差为恒量,可以判定其做匀变速直线运动;下边那个物体明显地是做匀速运动。由于 t_2 及 t_3 时刻两物体位置相同,说明这段时间内它们的位移相等,因此其中间时刻的即时速度相等,这个中间时刻显然在 t_3 、 t_4 之间,因此本题选 C。

【答案】 C

【例 10】 一位观察者站在一列火车的第一节车厢前端旁的站台上进行观察,火车从静止开始作匀加速直线运动,第一节车厢全部通过需时 8 秒,试问:(1)16 秒内共有几节车厢通过?

(2)第 2 节车厢通过需要多少时间?

解: 利用从静止开始通过连续相等的位移所用时间的比 $t_1 : t_2 : t_3 : \dots : t_n = 1 : (\sqrt{2}-1) : (\sqrt{3}-\sqrt{2}) : \dots : (\sqrt{n}-\sqrt{n-1})$

(1) 设 16 秒内有 n 节车厢通过,则 n 节车厢通过总用时 $\sqrt{nt_1} = 16$, $n=4$

(2) 第 2 节车厢通过时间: $t_1 = 8(\sqrt{2}-1)$

【例 11】 有一长度为 s ,被分成 n 个相等部分,

在每一部分的末端,质点的加速度增加 a/n ,若质点以加速度为 a ,由这一长度的始端从静止出发,求它通过这段距离后的速度为多大?

【解析】 设每一分段末端的速度分别为 $v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$; 每一分段的加速度分别为 $a, a(1+\frac{1}{n}), a(1+\frac{2}{n}), \dots, a(1+\frac{n-1}{n})$. 每一等分段的位移为 $\frac{s}{n}$.

$$\text{根据 } v_1^2 - v_0^2 = 2as \text{ 得 } v_1^2 - 0 = \frac{2as}{n} \dots\dots\dots ①$$

$$v_2^2 - v_1^2 = 2a(1+\frac{1}{n})s/n \dots\dots\dots ②$$

$$v_3^2 - v_2^2 = 2a(1+\frac{2}{n})s/n \dots\dots\dots ③$$

$$v_n^2 - v_{n-1}^2 = 2a(1+\frac{n-1}{n})s/n \dots\dots\dots n$$

把以上各式相加得

$$v_n^2 = 2a \frac{s}{n} (n + \frac{1}{n} + \frac{2}{n} + \dots + \frac{n-1}{n}) = 2a \frac{s}{n} (n + \frac{n(n-1)}{2n}) = as(3 - \frac{1}{n}), v_n = \sqrt{as(3 - \frac{1}{n})}$$

【例 12】 小球从离地面 $h=5$ 米高处自由下落,小球每次与地面碰撞后又反弹起来的上升高度总是前一次下落高度的 $\frac{4}{5}$,忽略空气阻力的影响,试求小球从自由下落开始直到最后停在地面上,整个过程的运动时间。(忽略地面与小球碰撞所用的时间, g 取 10 m/s^2)

【解析】 小球每次下落都是自由落体运动,小球每次反弹上升都是竖直上抛运动,由于不计空气阻力,因此小球上抛到最高点所用的时间与由最高点回落到地面的时间是相等的。

$$\text{小球第一次自由下落时间为: } t_0 = \sqrt{\frac{2h_0}{g}} = 1 \text{ s.}$$

.....

小球从地面第一次碰撞反弹上升及回落的总时

$$\text{间为: } 2t_1 = 2 \times \sqrt{\frac{2 \cdot \frac{4}{5}h_0}{g}} = 2 \times \sqrt{0.8} \text{ s.}$$

小球从地面第二次碰撞反弹上升及回落的总时

$$\text{间为: } 2t_2 = 2 \times \sqrt{\frac{2 \cdot \frac{4}{5}h_1}{g}} = 2 \times \sqrt{2 \times \frac{4}{5} \times \frac{4}{5} \frac{h_0}{g}} = 2(\sqrt{0.8})^2 \text{ s.}$$

.....



小球从地面第 n 次碰撞反弹上升及回落的总时间为: $2t_n = 2 \times (\sqrt{0.8})^n$ s.

小球从 h_0 处自由下落, 直到最后停在地面上, 在空中运动的总时间为 *

$$\begin{aligned} t &= t_0 + 2t_1 + 2t_2 + \cdots + 2t_n + \cdots \\ &= t_0 + 2(t_1 + t_2 + \cdots + t_n + \cdots) \\ &= t_0 + 2(Kt_0 + K^2t_0 + \cdots + K^nt_0 + \cdots) \end{aligned}$$

式中, $K = \sqrt{0.8}$

根据递缩等比数列求和公式可得:

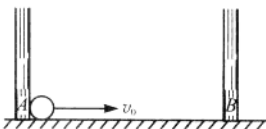
$$t = t_0 + 2t_0 \left(\frac{K}{1-K} \right) \approx 18 \text{ s}$$

答: 小球从自由下落开始, 直到最后停在地上, 在空中运动的总时间为 18 s.

说明: 在一些力学题中常会遇到等差数列或等比数列等数学问题, 每位同学应能熟练地使用这些数学知识解决具体的物理问题.

【例 13】 如图所

示为水平导轨, A、B 为弹性竖直挡板, 相距 $L = 4$ m. 小球自 A 板处开始, 以 $v_0 = 4$ m/s 的速度沿导轨向 B 运动. 它与 A、B 挡板碰撞后均与碰前大小相等的速率反弹回来, 且在导轨上做减速运动的加速度大小不变. 为使小球停在 AB 的中点, 这个加速度的大小应为多少?



【解析】 由于小球与挡板碰后速率不变, 运动中加速度大小不变, 因此小球在挡板间往复的运动可用一单向的匀减速运动等效替代. 要使小球停在 AB 中点, 它运动的路程 s 应满足

$$s = nL + \frac{L}{2}, n = 0, 1, 2, \dots, \text{其中摩擦力做功的}$$

$$\text{大小为 } mas = \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\text{所以 } a = \frac{4}{2n+1}, n = 0, 1, 2, \dots$$

说明: 对于分阶段问题, 应把握转折点对应的物理量的关系, 亦可借助等效思想进行处理. 此题也可用动能定理得出

【例 14】 利用水滴下落可以测量重力加速度 g , 调节水龙头, 让水一滴一滴地流出. 在水龙头的正下方放一个盘子, 调整盘子的高度, 使一个水滴碰到盘子时, 恰好有另一个水滴从水龙头开始下落, 而空中还有一个正在下落的水滴. 测出水龙头到盘子的距离为 h , 再用秒表测时间. 从第一个水滴离开水

龙头开始计时, 到第 n 个水滴落到盘子中, 共用时间为 t_0 . 问: 第一个水滴落到盘中时, 第二个水滴离开水龙头的距离为多少? 可测得的重力加速度为多少?

【解析】 滴水的时间间隔恒定, 视为同一滴水在下落 h 段的时间分为相等的两段, 前段时间内下落 h_1 . 则由初速为零的匀加速直线运动的比例关系, 有: $h_1 : h = 1 : 4$; 而 h_1 就是第一个水滴落到盘中时, 第二个水滴离开水龙头的距离: $\frac{1}{4}h$. 从开始计时到第 n 个水滴落到盘子中, 共有 $(n+1)$ 个水滴离开水龙头, 相邻两滴水落下的时间间隔为 $t_1 = \frac{t}{n+1}$.

$$\text{从开始下落经历 } t_1 \text{ 下落了 } \frac{1}{4}h, \text{ 由 } \frac{1}{4}h = \frac{1}{2}gt_1^2 \text{ 得: } g = \frac{(n+1)^2 h}{2t^2}$$

【例 15】 某物体被竖直上抛, 空气阻力不计, 当它经过抛出点之上 0.4 m 时, 速度为 3 m/s. 它经过抛出点之下 0.4 m 时, 速度应是多少? ($g = 10$ m/s²)

【解析】 解法一: 竖直上抛物体的上抛速度与落回原抛出点速度大小相等. 因此, 物体在抛出点之上 0.4 m 处, 上升阶段或下降阶段的速度大小都是 3 m/s. 若以下落速度 3 m/s 为初速度, 0.4 + 0.4 (m) 为位移量, 那么所求的末速度就是设问的要求. $v_t^2 - v_0^2 = 2gh$

$$\therefore v_t = \sqrt{v_0^2 + 2gh} = \sqrt{3^2 + 2 \times 10 \times (0.4 + 0.4)} = 5 \text{ m/s}$$

解法二: 物体高度为 $h_1 = 0.4$ m 时速度为 v_1 , 则 $v_1^2 - v_0^2 = -2gh_1$

物体高度为 $h_2 = -0.4$ m 时速度为 v_2 , 则 $v_2^2 - v_0^2 = -2gh_2$

由以上两式消去 v_0 得

$$v_2^2 - v_1^2 = 2g(h_1 - h_2),$$

$$\therefore v_2 = \sqrt{v_1^2 + 2g(h_1 - h_2)}$$

$$= \sqrt{3^2 + 2 \times 10 \times [0.4 - (-0.4)]} = 5 \text{ m/s}$$

【例 16】 自高为 H 的塔顶自由落下 A 物的同时 B 物自塔底以初速度 v_0 竖直上抛, 且 A、B 两物体在同一直线上运动. 下面说法中正确的是 ()

A. 若 $v_0 > \sqrt{gH}$ 两物体相遇时, B 正在上升途中

B. $v_0 = \sqrt{gH}$ 两物体在地面相遇

C. 若 $\sqrt{\frac{gH}{2}} < v_0 < \sqrt{gH}$, 两物体相遇时 B 物正在空中下落

D. 若 $v_0 = \sqrt{\frac{gH}{2}}$, 则两物体在地面相遇

【解析】由 A、B 相对运动知, 相遇时间 $t = \frac{H}{v_0}$, B 物上升到最高点需时间 $t_1 = v_0/g$, 落回到抛出点时间 $t_2 = \frac{2v_0}{g}$.

要在上升途中相遇, $t < t_1$, 即 $\frac{H}{v_0} < \frac{v_0}{g}$, $v_0 > \sqrt{gH}$; 要在下降途中相遇, $t_1 < t < t_2$, 即 $\frac{v_0}{g} < \frac{H}{v_0} < \frac{2v_0}{g}$, $\sqrt{\frac{gH}{2}} < v_0 < \sqrt{gH}$;

在最高点相遇时 $t = t_1$, $v_0 = \sqrt{gH}$; 在地面相遇时, $t = t_2$, $v_0 = \sqrt{\frac{gH}{2}}$.

【答案】ACD

【例 17】子弹从枪口射出时速度的大小是 30 m/s, 某人每隔 1 s 竖直向上开一枪, 假设子弹在升降过程中都不相碰, 试求

(1) 空中最多能有几颗子弹?

(2) 设在 $t=0$ 时将第一颗子弹射出, 在哪些时刻它和以后射出的子弹在空中相遇而过?

(3) 这些子弹在距原处多高的地方与第一颗子弹相遇? (不计空气阻力, g 取 10 m/s^2)

【解析】(1) 设子弹射出后经 t s 回到原处 $t = \frac{2v_0}{g} = \frac{2 \times 30}{10} = 6 \text{ s}$.

$t=0$ 时第一颗子弹射出, 它于第 6 s 末回到原处时, 第七颗子弹射出, 所以空中最多有六颗子弹.

(2) 设第一颗子弹在空中运动 t_1 s, 和第二颗子弹在空中相遇, $v_1 = v_0 - gt$, $v_2 = v_0 - g(t_1 - 1)$

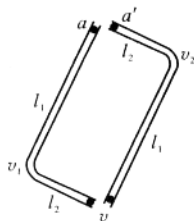
由对称性 $v_2 = -v_1$, 即 $v_0 - g(t_1 - 1) = gt_1 - v_0$ 解得 $t_1 = 3.5 \text{ s}$

同理, $t_2 = 4.0 \text{ s}$, $t_3 = 4.5 \text{ s}$, $t_4 = 5.0 \text{ s}$, $t_5 = 5.5 \text{ s}$ 分别与第三颗子弹、第四颗子弹、第五颗子弹、第六颗子弹在空中相遇.

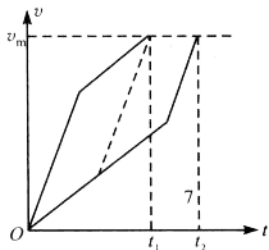
(3) 由 $h = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$, 将 $t_1 = 3.5 \text{ s}$, $t_2 = 4.0 \text{ s}$, $t_3 = 4.5 \text{ s}$, $t_4 = 5.0 \text{ s}$ 和 $t_5 = 5.5 \text{ s}$ 分别代入上式, 得 $h_1 = 43.75 \text{ m}$, $h_2 = 40 \text{ m}$, $h_3 = 33.75 \text{ m}$, $h_4 = 25 \text{ m}$, $h_5 = 13.75 \text{ m}$.

六、匀变速直线运动图象

【例 18】两支完全相同的光滑直角弯管(如图所示)现有两只相同小球 a 和 a' 同时从管口由静止滑下, 问谁先将从下端的出口掉出? (假设通过拐角处时无机械能损失)



【解析】首先由机械能守恒可以确定拐角处 $v_1 > v_2$, 而两小球到达出口时的速率 v 相等. 又由题意可知两球经历的总路程 s 相等. 由牛顿第二定律, 小球的加速度大小 $a = g \sin \alpha$, 小球 a 第一阶段的加速度跟小球 a' 第二阶段的加速度大小相同(设为 a_1); 小球 a 第二阶段的加速度跟小球 a' 第一阶段的加速度大小相同(设为 a_2), 根据图中管的倾斜程度, 显然有 $a_1 > a_2$. 根据这些物理量大小的分析,



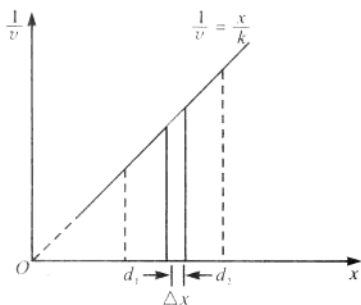
在同一个 $v-t$ 图象中两球速度曲线下所围的面积应该相同, 且末状态速度大小也相同(纵坐标相同). 开始时 a 球曲线的斜率大. 由于两球两阶段加速度对应相等, 如果同时到达(经历时间为 t_1)则必然有 $S_1 > S_2$, 显然不合理. 考虑到两球末速度大小相等(图中 v_m), 球 a' 的速度图象只能如实线所示. 因此有 $t_1 < t_2$, 即 a 球先到.

【例 19】一只老鼠从洞口爬出后沿一直线运动, 其速度大小与其离开洞口的距离成反比. 当其到达距洞口为 d_1 的 A 点时速度为 v_1 . 若 B 点离洞口的距离为 d_2 ($d_2 > d_1$), 求老鼠由 A 点运动至 B 点所需的时间.

【解析】图中的曲线与横轴所围面积的数值正是老鼠经过一定的位移所需的时间. 如图所示, 取一条窄条, 其宽度 Δx 很小 ($\Delta x \rightarrow 0$), 此段位移所需时间 Δt 也很小 ($\Delta v \rightarrow 0$), 可以认为在如此短时间内, 老鼠的速度改变很小 ($\Delta v \rightarrow 0$), 如图中窄条的面积为 $A = \Delta x \cdot \frac{1}{v} = \frac{\Delta x}{v}$, 这正表示老鼠经过位移 Δx 所需的时间. 故图中, 图线 $\frac{1}{v} = \frac{x}{k}$, $x_1 = d_1$, $x_2 = d_2$ 及 x 轴所围的梯形面积正是老鼠由 d_1 爬至 d_2 所需的时间. $k = v_1 d_1 = v_2 d_2$; $t = \frac{1}{2} \left(\frac{d_1}{k} + \frac{d_2}{k} \right) (d_2 - d_1) = \frac{d_2^2 - d_1^2}{2k} =$



$$\frac{d_2^2 - d_1^2}{2v_2 d_1}$$



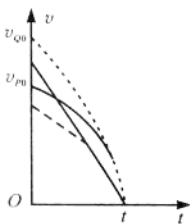
说明:利用图象的物理意义来解决实际问题往往起到意想不到的效果.在中学阶段某些问题根本无法借助初等数学的方法来解决,但如果注意到一些图线的斜率和面积所包含的物理意义,则可利用比较直观的方法解决问题.

【例 20】 质点 P 以 O 点为平衡位置竖直向上作简谐运动,同时质点 Q 也从 O 点被竖直上抛,它们恰好同时到达最高点,且高度相同,在此过程中,两质点的瞬时速度 v_P 与 v_Q 的关系应该是()

- A. $v_P > v_Q$
- B. 先 $v_P > v_Q$, 后 $v_P < v_Q$, 最后 $v_P = v_Q = 0$.
- C. $v_P < v_Q$
- D. 先 $v_P < v_Q$, 后 $v_P > v_Q$, 最后 $v_P = v_Q = 0$.

【解析】 这也是用解析方法很难下手的题目,但若利用题设条件,画好、分析好两个质点的 $v-t$ 图线,就能很快找到答案.

先在图中画出 Q 作匀减速运动的 $v-t$ 图象. 由于 P 作简谐运动,当它由平衡位置向极端位置运动过程中,受到的回复力从零开始不断变大,它的加速度也从零开始不断变大,速度不断变小, P 作加速度不断增大的减速运动,其 $v-t$ 图象是曲线. 根据 $v-t$ 图象上任一点的切线的斜率数值上等于质点在该时刻的加速度,由于 P 的加速度由零开始不断变大,画出曲线切线斜率的绝对值也应从零开始不断增大,即曲线的切线应从呈水平状态开始不断变陡,那么只有向右边凸出的下降的曲线才能满足这样的条件. 又因 P 与 Q 的运动时间相等,所以曲线的终点也应在 t 外, P 与 Q 的路程相等,所以曲线包围的面积应等于三角形 $v_Q O t$ 的面积,根据这些要求,曲线



的起点,即质点 P 的初速度 v_{P0} 必定小于 Q 的初速度 v_{Q0} ,且两条 $v-t$ 图线必定会相交,如图中的实线所示,图中的两条虚线表示的质点 P 的 $v-t$ 图线都不满足题设条件(P 与 Q 的路程相等),所以 D 选项正确.

【答案】 D

七、相遇、追及与避碰问题

1. 追及类问题的提示

1. 匀加速运动追及匀速运动,当二者速度相同时相距最远.

2. 匀速运动追及匀加速运动,当二者速度相同时,追不上就永远追不上,此时二者相距最近.

3. 匀减速直线运动追及匀速运动,当二者速度相同时相距最近,此时如果追不上,以后就永远追不上了.

4. 匀速运动追及匀减速直线运动,当二者速度相同时相距最远.

5. 匀加速直线运动追及匀加速直线运动,应当以一个运动的物体当参照物,找出相对速度、相对加速度、相对位移.

II. 追及问题的分析思路

1. 根据追赶和被追赶的两个物体的运动性质,列出两个物体的位移方程,并注意两物体运动时间之间的关系.

2. 通过对运动过程的分析,画出简单的图示,找出两物体的运动位移间的关系式. 追及的主要条件是两个物体在追上时位置坐标相同.

3. 寻找问题中隐含的临界条件,例如速度小者加速追赶速度大者,在两物体速度相等时有最大距离;速度大者减速追赶速度小者,在两物体速度相等时有最小距离等等. 利用这些临界条件常能简化解题过程.

4. 求解此类问题的方法,除了以上所述根据追及的主要条件和临界条件解联立方程外,还有利用二次函数求极值,及应用图象法和相对运动知识求解.

【例 21】 羚羊从静止开始奔跑,经过 50 m 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,以后只能维持此速度 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,假定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:



时间为 $T=t_0+t_2$, 故 A 点离道口的距离应为: $L=$

$$v_1 T = \frac{120000}{3600} \times \left(36 + \frac{46 \times 36}{50} \right) = 2304 \text{ m}$$

【例 24】 火车以速度 v_1 匀速行驶, 司机发现前方同轨道上相距 s 处有另一火车沿同方向以速度 v_2 (对地、且 $v_1 > v_2$) 做匀速运动. 司机立即以加速度 a 紧急刹车. 要使两车不相撞, a 应满足什么条件?

【解析】 解法一: 后车刹车后虽做匀减速运动, 但在其速度减小至和 v_2 相等之前, 两车的距离仍将逐渐减小; 当后车速度减小至小于前车速度, 两车距离将逐渐增大. 可见, 当两车速度相等时, 两车距离最近. 若后车减速的加速度过小, 则会出现后车速度减为和前车速度相等之前即追上前车, 发生撞车事故; 若后车加速度过大, 则会出现后车速度减为和前车速度相等时仍未追上前车, 根本不可能发生撞车事故; 若后车加速度大小为某值时, 恰能使两车在速度相等时后车追上前车. 这正是两车恰不相撞的临界状态, 此时对应的加速度即为两车不相撞的最小加速度. 综上分析可知, 两车恰不相撞时应满足下列两方程:

$$v_1 t - \frac{at^2}{2} = v_2 t + s \quad v_1 - at = v_2 \text{ 解之可得: } a_0 = \frac{(v_2 - v_1)^2}{2s}. \text{ 所以当 } a \geq \frac{(v_2 - v_1)^2}{2s} \text{ 时, 两车即不会相撞}$$

解法二: 要使两车不相撞, 其位移关系应为 $v_1 t - \frac{at^2}{2} \leq s + v_2 t$

$$\text{即 } \frac{at^2}{2} + (v_2 - v_1)t + s \geq 0$$

对任一时间 t , 不等式都成立的条件为 $\Delta = (v_2 - v_1)^2 - 2as \leq 0$ 由此得 $a \geq \frac{(v_2 - v_1)^2}{2s}$.

解法三: 以前车为参照物, 刹车后后车相对前车做初速度 $v_0 = v_1 - v_2$, 加速度为 a 的匀减速直线运动. 当后车相对前车的速度减为零时, 若相对位移 $s' \leq s$, 则不会相撞. 故由

$$s' = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2a} \leq s, \text{ 得 } a \geq \frac{(v_2 - v_1)^2}{2s}.$$

点评: 三种解法中, 解法一注重对运动过程的分析, 抓住两车间距有极值时速度应相等这一关键条件来求解; 解法二由位移关系得到一元二次方程. 然后利用根的判别式来确定方程中各系数间的关系, 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照物, 使两车运动的关系变得简明.

说明: 本题还可以有多种问法, 如“以多大的加速度刹车就可以不相撞?”, “两车相距多少米就可以不相撞?”, “货车的速度为多少就可以不相撞?”等, 但不管哪一种问法, 都离不开“两车速度相等”这个条件.

【例 25】 甲、乙两车相距 s , 同时同向运动, 乙在前面做加速度为 a_1 、初速度为零的匀加速运动, 甲在后面做加速度为 a_2 、初速度为 v_0 的匀加速运动, 试讨论两车在运动过程中相遇次数与加速度的关系.

【解析】 由于两车同时同向运动, 故有 $v_{\text{甲}} = v_0 + a_2 t$, $v_{\text{乙}} = a_1 t$.

①当 $a_1 < a_2$ 时, $a_1 t < a_2 t$, 可得两车在运动过程中始终有, $v_{\text{甲}} > v_{\text{乙}}$. 由于原来甲在后, 乙在前, 所以甲、乙两车的距离在不断缩短, 经过一段时间后甲车必然超过乙车, 且甲超过乙后相距越来越大, 因此甲、乙两车只能相遇一次.

②当 $a_1 = a_2$ 时, $a_1 t = a_2 t$, 可得 $v_{\text{甲}} = v_0 + v_{\text{乙}}$, 同样有 $v_{\text{甲}} > v_{\text{乙}}$, 因此甲、乙两车也只能相遇一次.

③当 $a_1 > a_2$ 时, $a_1 t > a_2 t$, $v_{\text{甲}}$ 和 $v_{\text{乙}}$ 的大小关系会随着运动时间的增加而发生变化. 刚开始 $a_1 t$ 和 $a_2 t$ 相差不大且甲有初速 v_0 , 所以 $v_{\text{甲}} > v_{\text{乙}}$. 随着时间的推移, $a_1 t$ 和 $a_2 t$ 相差越来越大. 当 $a_1 t - a_2 t = v_0$ 时, $v_{\text{甲}} = v_{\text{乙}}$, 接下来 $a_1 t - a_2 t > v_0$, 则有 $v_{\text{甲}} < v_{\text{乙}}$. 若在 $v_{\text{甲}} = v_{\text{乙}}$ 之前, 甲车还没有超过乙车, 随后由于 $v_{\text{甲}} < v_{\text{乙}}$, 甲车就没有机会超过乙车, 即两车不相遇. 若在 $v_{\text{甲}} = v_{\text{乙}}$ 时, 两车刚好相遇, 随后 $v_{\text{甲}} < v_{\text{乙}}$, 甲车又要落后乙车, 这样两车只能相遇一次. 若在 $v_{\text{甲}} = v_{\text{乙}}$ 前, 甲车已超过乙车, 即已相遇过一次, 随后由于 $v_{\text{甲}} < v_{\text{乙}}$, 甲、乙距离又缩短, 直到乙车反超甲车时, 再相遇一次, 则两车能相遇两次.

由于 $s_{\text{甲}} = v_0 t + \frac{1}{2} a_2 t^2$, $s_{\text{乙}} = \frac{1}{2} a_1 t^2$, 相遇时有 $s_{\text{甲}} - s_{\text{乙}} = s$, 则 $v_0 t + \frac{1}{2} a_2 t^2 - \frac{1}{2} a_1 t^2 = s$, $\frac{1}{2} (a_1 - a_2) t^2 - v_0 t + s = 0$.

$$t = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 2(a_1 - a_2)s}}{a_2 - a_1} \quad \text{①}$$

①当 $a_1 < a_2$ 时, ①式只有一个正解, 则相遇一次.

②当 $a_1 = a_2$ 时, $s_{\text{甲}} - s_{\text{乙}} = v_0 t + \frac{1}{2} a_2 t^2 - \frac{1}{2} a_1 t^2 = v_0 t = s$, $\therefore t = \frac{s}{v_0}$, t 只有一个解, 则相遇一次.

③当 $a_1 > a_2$ 时, 若 $v_0^2 < (a_1 - a_2)s$, ①式无解, 即

不相遇.

若 $v_0^2 = 2(a_1 - a_2)s$, ①式 t 只有一个解, 即相遇一次.

若 $v_0^2 > 2(a_1 - a_2)s$, ①式 t 有两个正解, 即相遇两次.



基础知识演练

1. 以 A 点为最高点, 可以放置许多光滑直轨道, 从 A 点由静止释放小球, 记下小球经时间 t 所达到各轨道上点的位置, 则这些点位于()

- A. 同一水平面内 B. 同一抛物面内
C. 同一球面内 D. 两个不同平面内

2. 物体自楼顶处自由落下(不计空气阻力), 落到地面的速度为 v . 在此过程中, 物体从楼顶落到楼高一半处所经历的时间为()

- A. $\frac{v}{2}$ B. $\frac{v}{2g}$
C. $\frac{\sqrt{2}v}{2g}$ D. $\frac{(2-\sqrt{2})v}{2g}$

3. 一个从地面竖直上抛的物体, 它两次经过一个较低的点 a 的时间间隔是 T_a , 两次经过一个较高点 b 的时间间隔是 T_b , 则 a, b 之间的距离为()

- A. $\frac{1}{8}g(T_a^2 - T_b^2)$ B. $\frac{1}{4}g(T_a^2 - T_b^2)$
C. $\frac{1}{2}g(T_a^2 - T_b^2)$ D. $\frac{1}{2}g(T_a - T_b)$

4. 质点以加速度 a 从静止出发做直线运动. 在时刻 t , 加速度变为 $2a$; 在时刻 $2t$, 加速度变为 $3a$ 求在时刻 nt 时质点的速度以及 nt 秒内质点通过的总位移.

5. 一弹性小球自 $h_0 = 5 \text{ m}$ 高处自由落下, 当它与水平地面每碰撞一次后, 速度减小到碰撞前的 $\frac{7}{9}$ 倍, 不计每次碰撞时间, g 取 10 m/s^2 . 计算小球从开始下落到停止运动所经时间 t 和通过的总路程 s .

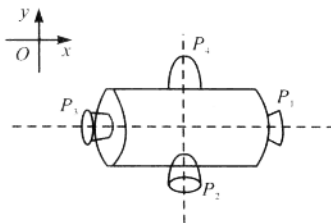
6. 高为 h 的电梯正以加速度 a 匀加速上升, 忽然天花板上的一颗螺钉脱落. 螺钉落到电梯底板上所用的时间是多少?

7. 甲、乙、丙三辆汽车以相同的速度同时经过某一路标, 从此时开始, 甲车一直做匀速直线运动, 乙车先加速后减速, 丙车先减速后加速, 它们经过下一路标时速度又相同, 则哪一辆车先经过下一个路标?

8. 甲、乙两车同时同向沿直线驶向某地, 甲在前一半时间以 v_1 匀速运动, 后一半时间以 v_2 匀速运动. 乙在前一半路程以 v_1 匀速运动, 后一半路程以 v_2 匀速运动, 先到目的地的是_____车.

9. 一架飞机水平匀速地在某同学头顶飞过, 当他听到飞机的发动机声从头顶正上方传来时, 发现飞机在他前上方约与地面成 60° 角的方向上, 据此可估算出飞机的速度约为声速的_____倍.

10. 下图为一空间探测器的示意图, P_1, P_2, P_3, P_4 是四个喷气发动机, P_1, P_3 的连线与空间一固定坐标系的 x 轴平行, P_2, P_4 的连线与 y 轴平行, 每台发动机开动时, 都能向探测器提供推力, 但不会使探测器转动. 开始时, 探测器以恒定的速率 v_0 向正 x 方向平动. 要使探测器改为向正 x 偏负 y 60° 的方向以原来的速率 v_0 平动, 则可() (不定项选择题)



- A. 先开动 P_1 适当时间, 再开动 P_4 适当时间
B. 先开动 P_3 适当时间, 再开动 P_2 适当时间
C. 开动 P_4 适当时间



D. 先开动 P_3 适当时间,再开动 P_4 适当时间

11. 图 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 B 中 p_1 、 p_2 是测速仪发出的超声波信号, n_1 、 n_2 是 p_1 、 p_2 由汽车反射回来的信号. 设测速仪匀速扫描, 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,若汽车是匀速行驶的,则根据图 B 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 _____,汽车的速度是 _____ m/s.

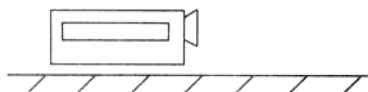


图 A

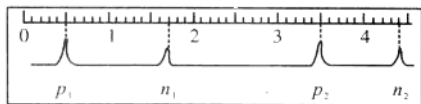


图 B

12. 一杂技演员,用一只手抛球接球,他每隔 0.4 s 抛出一球,接到球后便立即把球抛出,已知除正在抛、接球的时刻外,空中总有 4 个球,将球的运动近似看作竖直方向的运动,球到达的最大高度是(高度从抛球点算起, $g = 10$ m/s²)()

- A. 1.6 m B. 2.4 m
C. 3.2 m D. 4.0 m

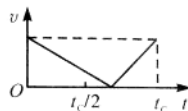
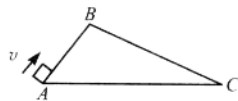
13. 一水平放置的水管,距地面高 $h = 1.8$ m,管内横截面积 $S = 2.0$ cm². 有水从管口处以不变的速度 $v = 2.0$ m/s 源源不断地沿水平方向射出,设出口处横截面上各处水的速度都相同,并假设水流在空中不散开. 取重力加速度 $g = 10$ m/s²,不计空气阻力. 求水流稳定后在空中有多少立方米的水.

14. 一人看到闪电 12.3 s 后又听到雷声. 已知空气中的声速约为 330 m/s ~ 340 m/s,光速为 $3 \times$

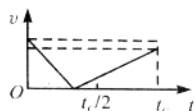
10^8 m/s,于是他用 12.3 除以 3 很快估算出闪电发生位置到他的距离为 4.1 km. 根据你所学的物理知识可以判断()

- A. 这种估算方法是错误的,不可采用
B. 这种估算方法可以比较准确地估算出闪电发生位置与观察者间的距离
C. 这种估算方法没有考虑光的传播时间,结果误差很大
D. 即使声速增大两倍以上,本题的估算结果依然正确

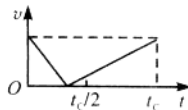
15. 有两个光滑固定斜面 AB 和 BC, A 和 C 两点在同一水平面上,斜面 BC 比斜面 AB 长,如图所示. 一个滑块自 A 点以速度 v 到达 B 点时,速度减小为零,紧接着沿 BC 滑下. 设滑块从 A 点到 C 点的时间是 t_c ,那么下列四个图中,正确表示滑块速度的大小 v 随时间变化规律的是()



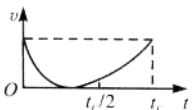
A



B



C



D



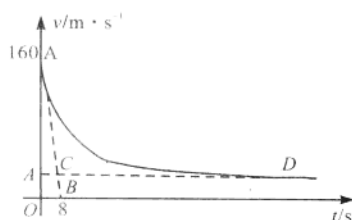
创新问题探究

1. “神舟”六号飞船完成了预定的空间科学和技术实验任务后,返回舱开始从太空向地球表面按预定轨道返回,返回舱开始时通过自身制动发动机进行调控减速下降,穿越大气层后,在一定的高度打开阻力降落伞进一步减速下落,这一过程中若返回舱所受空气摩擦阻力与速度的平方成正比,比例系数(空气阻力系数)为 k ,所受空气浮力恒定不变,且认为竖直降落. 从某时刻开始计时,返回舱的运动 $v-t$ 图象如图中的 AD 曲线所示,图中 AB 是曲线在 A 点的切线,切线交于横轴上一点 B,其坐标为 $(8, 0)$, CD 是曲线 AD 的渐进线,假如返回舱总质量为 $M = 400$ kg, $g = 10$ m/s²,求:

(1)返回舱在这一阶段是怎样运动的?

(2)在初始时刻 $v=160 \text{ m/s}$, 此时它的加速度是多大?

(3)推证空气阻力系数 k 的表达式并计算其值.



2. 我国打算 2015 年发射月球探测器登陆月球, 为 2020 年中国宇航员登陆月球作准备. 为了探测距离地球大约 $3.0 \times 10^5 \text{ km}$ 的月球, 美国发射了一种类似四轮小车的月球探测器. 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. 探测器上还装着两个相同的减速器(其中一个备用的), 这种减速器可提供的最大加速度为 5 m/s^2 . 某次探测器的自动导航系统出现故障, 从而使探测器只能匀速前进而不再能自动避开障碍物. 此时地球上的科学家必须对探测器进行人工遥控操作. 下表为控制中心的显示屏的数据:

已知控制中心的信号发射与接收设备工作速度极快, 科学家每次分析数据并输入命令最少需要 3 s . 问:

收到信号时间	与前方障碍物距离(单位: m)
9:10 ₀₀	52
9:10 ₁₀	32
发射信号时间	给减速器设定的加速度(单位: m/s ²)
9:10 ₃₃	2
收到信号时间	与前方障碍物距离(单位: m)
9:10 ₄₀	12

(1)经过数据分析, 你认为减速器是否执行了减速命令?

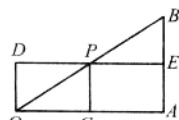
(2)假如你是控制中心的工作人员, 应采取怎样的措施? 加速度需满足什么条件? 请计算说明.



经典试题回放

1. (2006 全国 I) 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 $d=3.0 \text{ km}$ 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 $\Delta t=6.0 \text{ s}$. 试估算云层下表面的高度. 已知空气中的声速 $v=\frac{1}{3} \text{ km/s}$.

2. (2006 上海) 伽利略通过研究自由落体和物块沿光滑斜面的运动, 首次发现了匀加速运动规律. 伽利略假设物块沿斜面运动与物块自由下落遵从同样的法则, 他在斜面上用刻度表示物块滑下的路程, 并测出物块通过相应路程的时间, 然后用图线表示整个运动过程, 如右图所示. 图中 OA 表示测得的时间, 矩形 $OAED$ 的面积表示该时间内物块经过的路程, 则图中 OD 的长度表示_____. P 为 DE 的中点, 连接 OP 且延长交 AE 的延长线于 B , 则 AB 的长度表示_____.



3. (2006 广东) 下列对运动的认识中不正确的是()

A. 亚里士多德认为物体的自然状态是静止的, 只有当它受到力的作用才会运动



B. 伽利略认为力不是维持物体速度的原因

C. 牛顿认为力的真正效应总是改变物体的速度,而不仅仅是使之运动

D. 伽利略根据理想实验推出,如果没有摩擦,在水平面上的物体,一旦具有某一个速度,将保持这个速度继续运动下去

4. (2006 广东) a 、 b 两物体从同一位置沿同一直线运动,它们的速度图象如图所示,下列说法中正确的是()

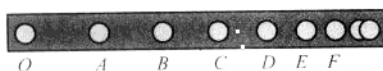
A. a 、 b 加速时,物体 a 的加速度大于物体 b 的加速度

B. 20 秒时, a 、 b 两物体相距最远

C. 60 秒时,物体 a 在物体 b 的前方

D. 40 秒时, a 、 b 两物体速度相等,相距 200 m

5. (2006 江苏) 小球作直线运动时的频闪照片如图所示,已知频闪周期 $T=0.1$ s,小球相邻位置间距(由照片中的刻度尺量得)分别为 $OA=6.51$ cm, $AB=5.59$ cm, $BC=4.70$ cm, $CD=3.80$ cm, $DE=2.89$ cm, $EF=2.00$ cm



小球在位置 A 时速度大小 $v_A =$ _____ m/s,

小球运动的加速度 $a =$ _____ m/s².

6. (2006 上海) 辨析题: 要求摩托车由静止开始在尽量短的时间内走完一段直道,然后驶入一段半圆形的弯道,但在弯道上行驶时车速不能太快,以免因离心作用而偏出车道,求摩托车在直道上行驶所用的最短时间. 有关数据见表格:

启动加速度 a_1	4 m/s ²
制动加速度 a_2	8 m/s ²
直道最大速度 v_1	40 m/s
弯道最大速度 v_2	20 m/s
直道长度 s	218 m

某同学是这样解的: 要使摩托车所用时间最短,应先由静止加速到最大速度 $v_1=40$ m/s,然后再减速到 $v_2=20$ m/s, $t_1 = \frac{v_1}{a_1}$, ..., $t_2 = \frac{v_1 - v_2}{a_2} = \dots$; $t = t_1 + t_2$.

你认为这位同学的解法是否合理? 若合理,请

完成计算; 若不合理,请说明理由,并用你自己的方法算出正确结果.

7. (2007 北京) 图示为高速摄影机拍摄到的子弹穿过苹果瞬间的照片. 该照片经过放大后分析出,在曝光时间内,子弹影响前后错开的距离约为子弹长度的 1%~2%. 已知子弹飞行速度约为 500 m/s,因此可估算出这幅照片的曝光时间最接近()

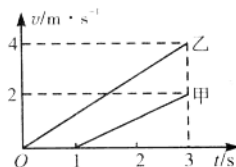


- A. 10^{-3} s B. 10^{-6} s
C. 10^{-9} s D. 10^{-12} s

8. (2007 上海) 宇航员在地球表面以一定初速度竖直上抛一小球,经过时间 t 小球落回原处. 若他在某星球表面以相同的初速度竖直上抛同一小球,需经过时间 $5t$ 小球落回原处. (取地球表面重力加速度 $g=10$ m/s²,空气阻力不计) 求该星球表面附近的重力加速度 g' .

9. (2007 广东) 甲、乙两质点在一直线上做匀加速直线运动的 $v-t$ 图象,如图所示,在 3 s 末两质点在途中相遇,两质点出发点间的距离是: ()

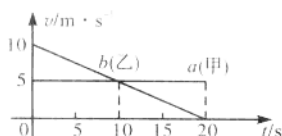
- A. 甲在乙之前 2 m
B. 乙在甲之前 2 m
C. 乙在甲之前 4 m
D. 甲在乙之前 4 m



10. (2007 宁夏) 甲、乙两辆汽车在平直的公路上沿同一方向作直线运动, $t=0$ 时刻同时经过公路旁的同一个路标. 在描述两车运动的 $v-t$ 图中(如下图所示),直线 a 、 b 分别描述了甲、乙两车在 0~20 s 的运动情况. 关于两车之间的位置关系,下列说法中正确的是()

- A. 在 0~10 s 内两车逐渐靠近
B. 在 10~20 s 内两车逐渐远离

- C. 在 5—15 s 内两车的位移相等
D. 在 $t=10$ s 时两车在公路上相遇



11. (2007 海南) 游乐园中, 乘客乘坐能加速或减速运动的升降机, 可以体会超重或失重的感觉, 下列描述中正确的是 ()

- A. 当升降机加速上升时, 游客是处在失重状态
B. 当升降机减速下降时, 游客是处在超重状态
C. 当升降机减速上升时, 游客是处在失重状态
D. 当升降机加速下降时, 游客是处在超重状态

12. (2007 全国 I) 甲、乙两名运动员在训练交接棒的过程中发现: 甲经短距离加速后能保持 9 m/s 的速度跑完全程; 乙从起跑后到接棒前的运动是匀加速的, 为了确定乙起跑的时机, 需在接力区前适当的位置设置标记. 在某次练习中, 甲在接力区前 $s_0=13.5$ m 处作了标记, 并以 $v=9$ m/s 的速度跑到此标记时向乙发出起跑口令, 乙在接力区的前端听到口令时起跑, 并恰好在速度达到与甲相同时被甲追上, 完成交接棒, 已知接力区的长度为 $L=20$ m.

- 求: (1) 此次练习中乙在接棒前的加速度 a ;
(2) 在完成交接棒时乙离接力区末端的距离.

13. (2008 全国 I) 已知 O、A、B、C 为同一直线的四点, AB 的间距为 l_1 , BC 间的距离为 l_2 . 一物体自 O 点由静止出发, 沿此直线做匀加速运动, 依次经过 A、B、C 三点. 已知物体通过 AB 段与 BC 段所用的时间相等, 求 O 与 A 的距离.

参考答案

基础知识演练

1. C 2. C 3. A

4. 每一个 t 秒末质点的速度为 $v_1=at$, $v_2=v_1+2at=3at=(1+2)at$, $v_3=v_2+3at=6at=(1+2+3)at$, $\dots$, $v_n=v_{n-1}+nat=(1+2+3+\dots+n)at$

因此时刻 nt 时质点的速度为 $v_n=n(n+1)\frac{at}{2}$. 每一个 t 秒内质点的位移为 $s_1=\frac{at^2}{2}$, $s_2=v_1t+\frac{2at^2}{2}$, $s_3=v_2t+\frac{3at^2}{2}$, $\dots$, $s_n=v_{n-1}t+\frac{nat^2}{2}$. nt 秒内质点通过的总位移为 $s=s_1+s_2+s_3+\dots+s_n=\frac{n(n+1)(2n+1)at^2}{12}$

5. 8 s 20.3 m 6. $t=$

$$\sqrt{\frac{2h}{g-a}}$$

7. 乙 (见右图) 8. 甲

9. 0.58 (或 $\frac{\sqrt{3}}{3}$) 10. A

11. 17, 17, 9 12. C

13. 以 t 表示水由喷口处到落地所用的时间, 有

$$h=\frac{1}{2}gt^2 \quad ①$$

单位时间内喷出的水量为

$$Q=Sv \quad ②$$

空中水的总量应为

$$V=Qt \quad ③$$

由以上各式得

$$V=S \cdot v \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad ④$$

代入数值得

$$V=2.4 \times 10^{-1} \text{ m}^3 \quad ⑤$$

14. B 15. C

