

河北省

高中总复习

GAO ZHONG ZONG FU XI

物 理

河北人民出版社组织编写

河北出版传媒集团
河北人民出版社



讲义

必修 1

第一章 匀变速直线运动	1
第 1 节 运动的描述	1
第 2 节 匀变速直线运动	2
第 3 节 自由落体运动 竖直上抛运动	5
第 4 节 运动的图象 追及和相遇	7
第 5 节 实验:研究匀变速直线运动	9
第二章 相互作用	14
第 1 节 重力 弹力	14
第 2 节 摩擦力	16
第 3 节 力的合成和分解	18
第 4 节 物体的平衡	20
第 5 节 实验:探究弹力与弹簧伸长量的 关系	22
第 6 节 实验:验证平行四边形定则	23
第三章 运动定律	26
第 1 节 牛顿运动定律	26
第 2 节 牛顿运动定律的应用	29
第 3 节 牛顿运动定律的几个问题	32
第 4 节 实验:验证牛顿第二定律	36

必修 2

第四章 曲线运动 万有引力与航天	40
第 1 节 曲线运动 运动的合成与分解	40
第 2 节 抛体运动	43

第 3 节 圆周运动	45
第 4 节 行星的运动 万有引力定律	49
第 5 节 宇宙航行 人造地球卫星	51
第 6 节 实验:研究平抛物体的运动	54
第五章 机械能	58
第 1 节 功 功率	58
第 2 节 势能 动能 动能定理	60
第 3 节 机械能守恒定律 功能关系	62
第 4 节 实验:探究功与速度的关系	65
第 5 节 实验:验证机械能守恒定律	67

必修 3-1

第六章 电场	71
第 1 节 电场力的性质	71
第 2 节 电场能的性质	74
第 3 节 静电感应 电容器	77
第 4 节 带电粒子在电场中的运动	79
第七章 恒定电流	84
第 1 节 欧姆定律 焦耳定律 电阻定律	84
第 2 节 电动势 闭合电路欧姆定律	87
第 3 节 测定金属的电阻率	90
第 4 节 实验:测绘小灯泡的伏安特性曲线	95
第 5 节 练习使用多用电表	100
第 6 节 测定电池的电动势和内阻	105
第 7 节 电路设计性实验	110
第八章 磁场	115



第1节 磁场 磁感应强度 几种常见的
磁场115

第2节 磁场对通电导线的作用力117

第3节 磁场对运动电荷的作用力 带电粒
子在匀强磁场中的运动120

第4节 带电粒子在复合场中的运动124

第5节 磁场知识在科学技术中的应用129

选修 3-2

第九章 电磁感应133

第1节 探究感应电流的产生条件 楞次
定律133

第2节 法拉第电磁感应定律及应用135

第3节 互感和自感、涡流、电磁阻尼和电磁驱动
.....140

第4节 专题:电磁感应中的图象问题142

第5节 专题:电磁感应中的力电综合问题144

第十章 交变电流 传感器149

第1节 交变电流的产生与描述149

第2节 变压器 电能的输送151

第3节 实验 传感器的简单应用153

选修 3-3

第十一章 热学158

第1节 分子动理论 内能158

第2节 气体、固体和液体161

第3节 热力学定律164

选修 3-4

第十二章 机械振动和机械波167

第1节 简谐运动 简谐运动的图象167

第2节 简谐运动的回复力和能量
外力作用下的振动169

第3节 机械波的形成 波的图象172

第4节 波的反射、折射、干涉、衍射、多普勒
效应175

第5节 实验:探究单摆的运动、用单摆测定
重力加速度178

第十三章 光183

第1节 光的折射 全反射183

第2节 光的干涉 衍射 偏振 色散
激光186

第3节 实验:测定玻璃的折射率190

第4节 实验:用双缝干涉测光的波长193

第十四章 电磁波 相对论简介197

选修 3-5

第十五章 动量守恒定律201

第1节 动量 动量守恒定律201

第2节 碰撞和反冲204

第3节 实验:探究碰撞中的不变量206

第十六章 波粒二象性 原子结构 原子核209

第1节 光电效应 光子说209

第2节 原子核式结构 玻尔的原子模型
光谱211

第3节 原子核 核能的利用214

一课一练(以下为活页)

一课一练 1.1 运动的描述217

一课一练 1.2 匀变速直线运动219

一课一练 1.3 自由落体运动 竖直上抛运动



.....221	一课一练 8.2 磁场对通电导线的作用力271
一课一练 1.4 运动的图象 追及和相遇223	一课一练 8.3 磁场对运动电荷的作用力273
一课一练 2.1 重力 弹力225	一课一练 8.4 带电粒子在复合场中的运动275
一课一练 2.2 摩擦力227	一课一练 8.5 磁场知识在科学技术的 作用力277
一课一练 2.3 力的合成和分解229	一课一练 9.1 探究感应电流的产生条件 楞次定律279
一课一练 2.4 物体的平衡231	一课一练 9.2 法拉第电磁感应定律及应用281
一课一练 3.1 牛顿运动定律233	一课一练 9.3 互感和自感 涡流、电磁阻尼 和电磁驱动283
一课一练 3.2 牛顿运动定律的应用235	一课一练 9.4 专题:电磁感应中的图象问题 285
一课一练 3.3 牛顿运动定律的几个问题237	一课一练 9.5 专题:电磁感应中的力电综合 问题287
一课一练 4.1 曲线运动 运动的合成与 分解239	一课一练 10.1 交变电流的产生与描述289
一课一练 4.2 抛体运动241	一课一练 10.2 变压器 电能的输送291
一课一练 4.3 圆周运动243	一课一练 10.3 实验:传感器的简单应用293
一课一练 4.4 行星的运动 万有引力定律245	一课一练 11.1 分子动理论 内能295
一课一练 4.5 宇宙航行 人造地球卫星247	一课一练 11.2 气体、固体和液体297
一课一练 5.1 功和功率249	一课一练 11.3 热力学定律299
一课一练 5.2 势能 动能 动能定理251	一课一练 12.1 简谐运动 简谐运动的图象301
一课一练 5.3 机械能守恒定律 功能关系253	一课一练 12.2 简谐运动的回复力和能量 外力作用下的振动303
一课一练 6.1 电场力的性质255	一课一练 12.3 机械波的形成 波的图象305
一课一练 6.2 电场能的性质257	一课一练 12.4 波的反射、折射、干涉、衍射、 多普勒效应307
一课一练 6.3 静电感应 电容器259	一课一练 13.1 光的折射 全反射309
一课一练 6.4 带电粒子在电场中的运动261	一课一练 13.2 光的干涉 衍射 偏振 色散 激光311
一课一练 7.1 欧姆定律 焦耳定律 电阻定律263	一课一练 13.3 实验:测定玻璃的折射率313
一课一练 7.2 电动势 闭合电路欧姆定律265	
一课一练 7.3 电路设计性实验267	
一课一练 8.1 磁场 磁感应强度 几种常见的磁场269	



一课一练 13.4 实验:用双缝干涉测光的波长	315	综合测试卷五(机械能)	345
一课一练 14 电磁波 相对论简介	317	综合测试卷六(电场)	349
一课一练 15.1 动量 动量守恒定律	319	综合测试卷七(恒定电流)	353
一课一练 15.2 碰撞和反冲	321	综合测试卷八(磁场)	357
一课一练 16.1 光电效应 光子说	323	综合测试卷九(电磁感应)	361
一课一练 16.2 原子核式结构 玻尔的原 子模型 光谱	325	综合测试卷十(交变电流 传感器)	365
一课一练 16.3 原子核 核能的利用	327	综合测试卷十一(热学)	369
综合测试卷		综合测试卷十二(机械振动 机械波)	373
综合测试卷一(运动的描述 匀变速直线运 动的研究).....	329	综合测试卷十三(光)	377
综合测试卷二(相互作用)	333	综合测试卷十四(电磁波 相对论)	381
综合测试卷三(牛顿运动定律)	337	综合测试卷十五(动量守恒定律)	384
综合测试卷四(曲线运动 万有引力与航天)		综合测试卷十六(波粒二象性 原子结构 原子核).....	388
		参考答案	391

讲义

必修1

第一章 匀变速直线运动

第1节 运动的描述

复习要点

1. 参考系

为了研究物体的运动而假定静止不动用来作为参考的物体。参考系的选取是任意的，对同一个物体的运动，所选取的参考系不同，对物体运动的描述可能就会不同，通常以地面或相对地面静止的物体为参考系来描述物体的运动。

2. 质点

是理想化模型，用来代替物体的只有质量而没有大小和形状的点。物体可看做质点的条件：研究物体的运动时，物体的大小和形状可以忽略。我们学过的理想化模型还有点电荷等。

3. 位移

表示质点位置变化的物理量，是由初始位置指向了位置的有向线段。既有大小，又有方向是矢量，大小相同方向不同的位移不相等。一般情况下，路程大于位移的大小，在单向直线运动中，路程等于位移的大小。

4. 速度

描述物体运动快慢的物理量。分为平均速度和瞬时速度。

(1) 平均速度：物体的位移与发生这段位移所用时间的比值，用 \bar{v} 表示，即 $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ ，平均速度是矢量，方向与位移方向相同。平均速率与平均速度不同，平均速率是标量，大小等于物体运动的路程与时间的比值。

(2) 瞬时速度：运动物体在某一时刻（或某一位置）的速度。瞬时速度是矢量，方向沿轨迹上该点的切线方向且指向前进的一侧。物体瞬时速度的大小叫瞬时速率简称速率。速率只有大小，没有方向，是标量。

5. 加速度

物体速度变化量跟发生这一变化所用时间的比值。是描述速度变化快慢的物理量，在匀变速直线运动中，加速度一定，定义式 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 。其大小是由物体合外力和物体的质量决定，决定式 $a = \frac{F}{m}$ 。它是既有大小，又有方向的矢量，方向与合外力的方向一致，但 a 的方向与速度 v 的方向没有必然联系，加速度 a 与速度 v_0 方向相同时，速度增加，物体做加速运

动；反之速度减小，物体做减速运动；加速度 a 与速度 v_0 方向垂直时只改变速度方向而不改变速度大小。

典型示例

题型一 参考系的选择

【例1】甲、乙、丙三人各乘一个热气球，甲看到楼房匀速上升，乙看到甲匀速上升，丙看到乙匀速下降，那么从地面上看，甲、乙、丙的运动情况可能是 ()

- A. 甲、乙匀速下降， $v_{乙} > v_{甲}$ ，丙停在空中
- B. 甲、乙匀速下降， $v_{乙} > v_{甲}$ ，丙匀速上升
- C. 甲、乙匀速下降，丙匀速下降， $v_{乙} > v_{丙} > v_{甲}$
- D. 甲、乙匀速下降，丙匀速下降， $v_{乙} > v_{丙} > v_{甲}$

【解析】甲看到楼房匀速上升是取自己为参考系，说明甲相对地面向下匀速运动；乙看到甲匀速上升，说明乙相对地面也向下匀速运动，且比甲的速度大；丙看到乙向下匀速下降，是以丙自己为参考系，可能分三种情况：①丙匀速上升；②丙停止在空中；③丙匀速下降，只是比乙的速度小，就会看到乙匀速下降，相比甲的速度可能大、可能等、可能小。

【答案】ABCD

题型二 质点的概念

【例2】2009年十一届全运会上各省代表队参加了包括田径、体操、柔道在内的所有33个大项的比赛。下列几种全运会比赛项目中的研究对象可视为质点的是 ()

- A. 在撑杆跳高比赛中研究运动员手中的支撑杆在支撑地面过程中的转动情况时
- B. 帆船比赛中确定帆船在大海中的位置时
- C. 跆拳道比赛中研究运动员动作时
- D. 铅球比赛中研究铅球被掷出后在空中飞行的时间时

【解析】若支撑杆看成质点，则就谈不上“转动情况”；若跆拳道运动员看成质点，则就谈不上“动作”，故A、C错误；帆船大小与大海相比可忽略，所以帆船可看作质点，故B对；铅球的大小与其运动的轨迹长相比可忽略，所以铅球可看作质点，故D对。

【答案】BD

题型三 位移和路程的比较

【例3】关于质点的位移和路程，下列说法中正确的是 ()

- A. 位移是矢量，方向就是质点运动的方向



- B. 路程是标量, 即位移的大小
C. 质点做直线运动时, 路程等于位移的大小
D. 位移的大小不会比路程大

【解析】位移的方向与质点运动方向不一定相同, 对直线运动, 可能相同也可能相反; 对曲线运动, 两者方向不在一条直线上, A 错。路程是质点的运动轨迹的长度, 位移的大小要小于或等于路程, B 错, D 正确。质点做直线运动且不往返时, 路程才等于位移的大小, C 错。

【答案】D

题型四 平均速度和平均速率

【例 4】如图 1-1-1 所示, 一质点沿半径为 $r=20\text{cm}$ 的圆周自 A 点出发, 逆时针运动 2s, 运动四分之三圆周到达 B 点, 求: 这一过程中平均速度和平均速率。

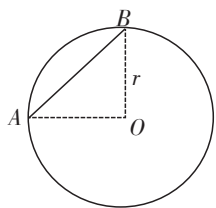


图 1-1-1

【解析】平均速度是位移与所用

时间的比值 $\bar{v} = \frac{\sqrt{2}r}{2} = 0.1\sqrt{2}\text{m/s}$, 方向由 A 点指向 B 点。平

均速率是路程与时间的比值 $\bar{v} = \frac{2\pi r}{t} \times \frac{3}{4} = 0.15\pi\text{m/s}$

【答案】 $0.1\sqrt{2}\text{m/s}$ $0.15\pi\text{m/s}$

题型五 加速度与速度关系

【例 5】下列说法中正确的是 ()

- A. 加速度为零的物体, 其速度一定为零
B. 物体的加速度减小时, 速度一定减小
C. 2m/s^2 的加速度比 -4m/s^2 的加速度大
D. 速度变化越快, 加速度就越大

【解析】物体的加速度为零表示其速度没有变化, 此时物体可能处于静止状态或匀速直线运动状态, 故 A 错; 加速度减小表示物体在相等的时间内速度变化减小, 若物体原来做加速运动, 现加速度减小, 说明速度变化变慢, 且 a 与 v 方向相同, 速度仍在增加, 不过速度增加得慢些, 故 B 错。加速度的正、负表示加速度的方向, 其数值大小表示速度的变化率的大小, 故 C 错; 加速度描述的是速度变化得快慢, D 正确。

【答案】D

拓展提高

1. 飞机着陆后还要在跑道上滑行一段距离, 机舱内的乘客透过窗户看到树木向后运动, 乘客选择的参考系是 ()

- A. 停在机场的飞机
B. 候机大楼
C. 乘客乘坐的飞机
D. 飞机跑道

2. 2011 年 5 月 15 日, 钻石联赛上海站上, 刘翔首次试验他的最新技术“七步上栏”, 结果让人惊喜。刘翔以 13 秒 07 获得冠军, 创造当年世界最好成绩的同时, 也将美国名将奥利弗连胜纪录打破, 后者只以 13 秒 18 获得了亚军 ()

- A. 研究刘翔 110 米栏快慢问题, 可以将刘翔看做质点
B. 教练为了分析刘翔的动作要领, 可以将刘翔看做质点
C. 无论研究什么问题, 均不能把刘翔看做质点
D. 是否能将刘翔看做质点, 决定于我们所研究的问题

3. 在 2011 年石家庄二中春季运动会上, 甲、乙两名同学分别参加了在行健广场举行的 400m 和 100m 田径决赛, 且两人都是在最内侧跑道完成了比赛, 则两人在各自的比赛过程中通过的位移大小 $x_{\text{甲}}$ 、 $x_{\text{乙}}$ 和通过的路程大小 $s_{\text{甲}}$ 、 $s_{\text{乙}}$ 之间的关系 ()

- A. $x_{\text{甲}} > x_{\text{乙}}$, $s_{\text{甲}} < s_{\text{乙}}$
B. $x_{\text{甲}} < x_{\text{乙}}$, $s_{\text{甲}} > s_{\text{乙}}$
C. $x_{\text{甲}} > x_{\text{乙}}$, $s_{\text{甲}} > s_{\text{乙}}$
D. $x_{\text{甲}} < x_{\text{乙}}$, $s_{\text{甲}} < s_{\text{乙}}$

4. 如图 1-1-2 所示, 物体沿曲线轨迹的箭头方向运动, AB、ABC、ABCD、ABCDE 四段曲线轨迹运动所用的时间分别是: 1s, 2s, 3s, 4s, 下列说法正确的是 ()

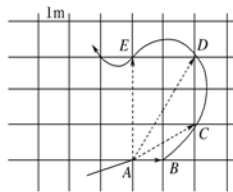


图 1-1-2

A. 物体在 AB 段的平均速度为 1m/s

B. 物体在 ABC 段的平均速度为 $\frac{\sqrt{5}}{2}\text{m/s}$

C. AB 段的平均速度比 ABC 段的平均速度更能近似地表示物体在 A 点的瞬时速度

D. 物体在 B 点的瞬时速度等于在 AC 段的平均速度

5. 下列说法中正确的是 ()

- A. 加速度增大, 速度一定增大
B. 速度变化量 Δv 越大, 加速度就越大
C. 物体有加速度, 速度就增加
D. 速度很大的物体, 其加速度可以很小

答案

1. C 2. AD 3. B 4. ABC 5. D

第 2 节 匀变速直线运动

复习要点

1. 匀变速直线运动

物体沿一条直线运动, 且相等的时间内速度的变化相等, 即加速度 a 不变的运动。 a 与 v 方向相同时为匀加速直线运动; a 与 v 方向相反时为匀减速直线运动。



2. 匀变速直线运动的规律

(1) 两个基本公式:

①速度公式 $v = v_0 + at$

②位移公式 $x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$

(2) 几个推论:

①速度位移关系式 $v^2 - v_0^2 = 2ax$

②平均速度公式 $\bar{v} = \frac{1}{2}(v_0 + v)$

③中点时刻的瞬时速度 $v_{\frac{t}{2}} = \bar{v} = \frac{1}{2}(v_0 + v)$

④中点位置的瞬时速度 $v_{\frac{x}{2}} = \sqrt{\frac{v_0^2 + v^2}{2}}$

⑤任意相邻两个连续相等的时间间隔内位移之差是一个恒量 $x_2 - x_1 = x_3 - x_2 = \dots = x_n - x_{n-1} = aT^2$

3. 初速度为零的匀变速直线运动的规律

(1) $1T$ 内、 $2T$ 内、 $3T$ 内……位移之比

$$x_1 : x_2 : x_3 : \dots = 1 : 4 : 9 : \dots$$

(2) $1T$ 末、 $2T$ 末、 $3T$ 末……速度之比

$$v_1 : v_2 : v_3 : \dots = 1 : 2 : 3 : \dots$$

(3) 第一个 T 内、第二个 T 内、第三个 T 内……位移之比

$$x_1 : x_{II} : x_{III} : \dots = 1 : 3 : 5 : \dots$$

(4) 由静止开始通过连续相等位移所用时间之比

$$t_1 : t_{II} : t_{III} : \dots = 1 : \sqrt{2} - 1 : \sqrt{3} - \sqrt{2} : \dots$$

典型示例

题型一 基本公式的使用

【例1】 一列火车发现前方有一障碍物而紧急刹车，经6s停止，刹车过程可视为匀减速直线运动。已知火车在最后1s内的位移是3m，求火车刹车过程中通过的位移？

【解析】 解法一 一般公式法

设火车第5s末的速度为 v_5 ，最后1s即第6s内位移设为 s_6 ，时间用 t_6 表示。由公式得 $s_6 = \frac{1}{2}v_5t_6$

$$\text{所以 } v_5 = \frac{2 \times 3}{1} \text{ m/s} = 6 \text{ m/s}$$

$$\text{加速度 } a = \frac{0 - v_5}{t_6}$$

代入数据得 $a = -6 \text{ m/s}^2$

设刚开始刹车时速度为 v_0 ，从刹车到停止时间用 t 表示

由速度公式知 $0 = v_0 + at$

代入数据解得 $v_0 = 36 \text{ m/s}$

刹车过程中的位移设为 x ，由位移公式得

$$x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

代入数据得 $x = 108 \text{ m}$

解法二 逆向思维法

把刹车过程看成为初速度为零的匀加速直线运动，由

位移公式得

$$x_6 = \frac{1}{2}at_6^2$$

整个刹车过程中位移用 x 表示，时间用 t 表示，由位移公式得

$$x = \frac{1}{2}at^2$$

联立两式代入数据得

$$x = 108 \text{ m}$$

解法三 初速度为0的匀变速直线运动连续相等时间间隔移比法

把刹车过程看成为初速度为零的匀加速直线运动，初速度为0的匀变速直线运动连续相等时间内发生位移比为 $x_1 : x_{II} : x_{III} : \dots = 1 : 3 : 5 : \dots$

得6s内的总位移 $x = x_6 \times (1 + 3 + 5 + 7 + 9 + 11) = 108 \text{ m}$

解法四 图象法

作出火车刹车后减速运动图象如图1-2-1，火车第6s内的位移 x_6 的大小为阴影小三角形的面积，总位移 x 为大三角形的面积，由大三角形和小三角形相似可得

$$\frac{x}{x_6} = \frac{1}{6^2}$$

$$\begin{aligned} x_6 &= 6^2 x \\ &= 3 \times 36 \text{ m} \\ &= 108 \text{ m} \end{aligned}$$

【答案】 108m

【例2】 已知 O 、 A 、 B 、 C 为同一直线上的四点， AB 间的距离为 l_1 ， BC 间的距离为 l_2 ，一物体自 O 点静止起出发，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 段与通过 BC 段所用时间相等，求： O 与 A 的距离。

【解析】 抓住 AB 和 BC 两个过程时间相等这一特征，恰当选择公式，设每段所用时间为 T ，由 $\Delta x = aT^2$ 得质点的加速度

$$a = \frac{l_2 - l_1}{T^2} \quad \text{①}$$

B 点的速度 v_B ，由中点时刻的瞬时速度等于这一段时间的平均速度得

$$v_B = \frac{l_1 + l_2}{2T} \quad \text{②}$$

从 O 运动到 B 的过程中，由速度—位移关系式得

$$2a(l_1 + l_2) = v_B^2 - 0 \quad \text{③}$$

$$\text{联立以上三式解得 } t = \frac{(3l_1 - l_2)^2}{8(l_2 - l_1)}$$

当年高考中很多考生写出了相应的方程但没有解出最后结果，其原因是解题时引入太多的中间未知量，从而使方程个数较多，解方程组困难以致于没有解出。以上解法

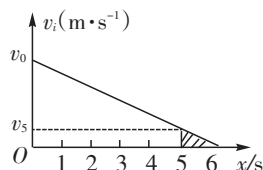


图 1-2-1



由于引入中间未知量少, 只要把①式解得的 a 和②式解得的 v_b 代入③式可直接消去变量 T 得出结果。从本题可以得出解物理问题时, 选择公式原则: 直接优先, 尽量不引入或少引入中间物理变量, 而用直接建立已知量和待求量联系的公式。

$$\text{【答案】 } l = \frac{(3l_1 - l_2)^2}{8(l_2 - l_1)}$$

题型二 推论的巧用

【例3】 物体以一定初速度冲上固定的光滑斜面, 到达斜面最高点 C 时速度恰好为零, 如图 1-2-2 所示, 已知物体运动到斜面长度 $3/4$ 处的 B 点时, 所用时间为 t , 物体从 B 滑到 C 所用的时间为_____。

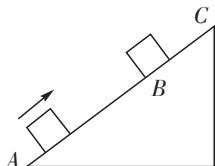


图 1-2-2

【解析】 采用逆向思维法, 把物体的运动看为从 C 向下做初速度为 0 的匀加速直线运动, 由题知从 C 到 B 位移占总位移 $1/4$, 从 B 到 A 位移点总位移的 $3/4$ 。即两段位移比为 $1:3$ 。由初速度为 0 的匀变速直线运动连续相等时间内位移比为 $1:3:5:\dots$ 得 AB 间和 BC 间用时间相等, 都为 t 。

【答案】 t

题型三 单体多过程的运动

【例4】 2002年12月31日, 我国与德国合作建设的磁悬浮列车开始运营, 这是世界上第一条投入商业性运营的磁悬浮列车线路。该线路全长 $x = 30\text{km}$, 某次列车从始发站出发, 先做匀加速运动; 当列车达到最大速度 $v = 120\text{m/s}$ 后, 改做匀速运动; 经一段时间后, 再做匀减速运动, 最后恰好停在终点处。已知加速过程所用的时间与减速过程所用时间相等, 列车运动的总时间 $t = 440\text{s}$, 求列车做匀加速运动时加速度的大小。(答案保留二位有效数字)

【解析】 第一个过程: 列车做匀加速运动, 设其加速度为 a_1 , 所用时间为 t_1 , 加速终了时速度为 v , 发生的位移为 x_1 , 由速度公式和位移公式得

$$v = a_1 t_1$$

$$x_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2$$

第二个过程: 列车以速度 v 做匀速直线运动, 位移设为 x_2 , 时间为 t_2 , 由运动学公式得

$$x_2 = v t_2$$

第三个过程: 列车匀减速直线运动, 设加速度大小为 a_3 , 位移为 x_3 , 时间为 t_3 , 由公式得

$$x_3 = \frac{0 - v^2}{-2a_3}$$

$$\text{三段之间的位移关系为 } x = x_1 + x_2 + x_3$$

$$\text{三段之间的时间关系为 } t = t_1 + t_2 + t_3$$

$$\text{联立以上几式代入数据解得: } a_1 = 0.63\text{m/s}^2$$

【答案】 0.63m/s^2

多过程的物理问题, 通常按其物理状态或物理过程分段解决, 最后建立各段的联系, 这样可以使思路清晰。

题型四 多体多过程的运动

【例5】 (2011·新课标) 甲乙两辆汽车都从静止出发做加速直线运动, 加速度方向一直不变。在第一段时间间隔内, 两辆汽车的加速度大小不变, 汽车乙的加速度大小是甲的两倍; 在接下来的相同时间间隔内, 汽车甲的加速度大小增加为原来的两倍, 汽车乙的加速度大小减小为原来的一半。求甲乙两车各自在这两段时间间隔内走过的总路程之比。

【解析】 设汽车甲在第一段时间间隔末 (时间 t_0) 的速度为 v , 第一段时间间隔内行驶的路程为 s_1 , 加速度为 a , 在第二段时间间隔内行驶的路程为 s_2 。由运动学公式得 $v = at_0$

$$s_1 = \frac{1}{2} a t_0^2$$

$$s_2 = v t_0 + \frac{1}{2} (2a) t_0^2$$

设乙车在时间 t_0 的速度为 v' , 在第一、二段时间间隔内行驶的路程分别为 s'_1 、 s'_2

$$\text{同样有 } v' = (2a) t_0$$

$$s'_1 = \frac{1}{2} (2a) t_0^2$$

$$s'_2 = v' t_0 + \frac{1}{2} a t_0^2$$

设甲、乙两车行驶的总路程分别为 s 、 s' , 则有

$$s = s_1 + s_2$$

$$s' = s'_1 + s'_2$$

联立以上各式解得, 甲、乙两车各自行驶的总路程之比为 $\frac{s}{s'} = \frac{5}{7}$

【答案】 $\frac{5}{7}$

拓展提高

1. 做匀变速直线运动的物体位移随时间的变化规律为 $x = 24t - 1.5t^2$ (m), 根据这一关系式可以知道, 物体速度为零的时刻是 ()

- A. 1.5s B. 8.0s
C. 16s D. 24s

2. 一辆汽车由车站开出, 沿平直公路做初速度为零的匀加速直线运动, 至第 10s 末开始刹车, 再经 5s 便完全停下。设刹车过程汽车做匀减速直线运动, 那么加速和减速过程中车的加速度大小之比是 ()

- A. 1:2 B. 2:1
C. 1:4 D. 4:1

3. 一个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 和 $7v$, 经过 ab 时的时间是 t , 则下列判断正确的是 ()

- A. 经过 ab 中点位置的速度是 $4v$
B. 经过 ab 中间时刻的速度是 $4v$



C. 前 $t/2$ 时间通过的位移比后 $t/2$ 时间通过的位移少 $1.5vt$

D. 前 $1/2$ 位移所需时间是后 $1/2$ 位移所需时间的 2 倍

4. 一观察者站在第一节车厢前端, 当列车从静止开始做匀加速直线运动时, 下列说法正确的是 ()

A. 每节车厢末端经过观察者的速度之比 $1 : \sqrt{2} : \sqrt{3}$

B. 每节车厢经过观察者的时间之比 $1 : 3 : 5$

C. 在相等时间经过观察者的车厢数之比 $1 : 3 : 5$

D. 在相等时间经过观察者的车厢数之比 $1 : 2 : 3$

5. 如图 1-2-3 所示, 在同一直线上运动的物体甲、乙的位移图象。由图象可知 ()

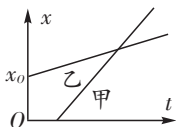


图 1-2-3

A. 甲比乙先出发

B. 甲和乙从同一地方出发

C. 甲的运动速率大于乙的运动速率

D. 甲的出发点在乙前面 x_0

答案

1. B 2. A 3. BCD 4. C 5. C

第 3 节 自由落体运动 竖直上抛运动

复习要点

1. 自由落体运动

物体只在重力作用下, 由静止开始下落的运动。

特点: 初速度为 0, 加速度为重力加速度 g 。

性质: 初速度为 0 的匀加速直线运动。

基本规律: 速度公式 $v = gt$

位移公式: $h = \frac{1}{2}gt^2$

速度位移关系式: $v^2 = 2gh$

2. 竖直上抛运动

物体以某一初速度竖直向上抛出, 只在重力作用下的运动。

特点: 具有竖直向上的初速度 v_0 , 加速度为重力加速度 g 。

性质: 匀变速直线运动。

规律 (取向上为正方向): 速度公式 $v = v_0 - gt$

位移公式: $h = v_0t - \frac{1}{2}gt^2$

上升到最大高度的时间: $t = \frac{v_0}{g}$

上升的最大高度: $H_m = \frac{v_0^2}{2g}$

竖直上抛运动从抛出点到最高点, 从最高点返回到抛出点过程中, 经过同一位置时的速度和所用时间都具有对称性。

典型示例

题型一 基本规律应用

【例 1】从楼顶上自由落下一个石块, 它通过 1.8m 高的窗口用时 0.2s。问: 楼顶到窗台的高度是多少米? ($g = 10\text{m/s}^2$)

【解析】设楼顶到窗台 (窗口下沿) 的高度为 h , 石块从楼顶自由下落到窗台用时为 t , 知

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \quad ①$$

石块从楼顶到窗口上沿的时间则为 $t - 0.2$, 有

$$h - 1.8 = \frac{1}{2}g(t - 0.2)^2 \quad ②$$

由以上两式联立代入数据得 $h = 5\text{m}$

【答案】 $h = 5\text{m}$

【例 2】跳伞运动员做低空跳伞表演, 当飞机离地面 224m 时, 运动员离开飞机做自由落体运动, 运动一段时间后, 立即打开降落伞, 展伞后运动员以 12.5m/s^2 的加速度匀减速下降, 为了运动员的安全, 要求运动员落地速度最大不得超过 5m/s , $g = 10\text{m/s}^2$, 求:

(1) 运动员展伞时, 离地面的高度至少多少?

(2) 着地时相当于从多高处自由落下?



图 1-3-1

【解析】(1) 设运动员展伞时, 离地面的高度至少为 h , 此时速度为 v_0 , 着地时相当于从 h_1 高处自由落下,

$$\text{则有 } v^2 - v_0^2 = -2ah$$

$$\text{又 } v_0^2 = 2g(224 - h) = 2 \times 10 \times (224 - h)$$

联立解得 $h = 99\text{m}$, $v_0 = 50\text{m/s}$

(2) 以 5m/s 的速度落地相当于从 h_1 高处自由落下,

$$\text{即 } 2gh_1 = v^2 \quad \text{所以 } h_1 = v^2/2g$$

解得 $h_1 = 1.25\text{m}$

【答案】(1) 99m (2) 1.25m

题型二 单体多过程的应用

【例 3】气球以 15m/s 的速度匀速上升, 当它离地 200m 时, 悬挂物体的绳子突然断开, 使物体脱离气球, 问 (空气阻力不计):

(1) 物体脱离气球后做什么运动?

(2) 物体脱离气球后经多长时间落回地面? (g 取 10m/s^2)

【解析】解法一 分过程

物体脱离气球后竖直向上匀减速直线运动, 运动到最高点所用时间为 t_1 , 上升最大高度 H_m , 取向上为正方向, 由运动学公式知

$$0 = v_0 - gt_1 \quad ①$$



$$H_m = \frac{v_0^2}{2g} \quad \textcircled{2}$$

由以上两式得 $t_1 = 1.5\text{s}$ $H_m = 11.25\text{m}$

物体从最高点落回地面的过程，做自由落体运动，设运动时间为 t_2 ，有 $-(h + H_m) = \frac{1}{2} \times (-g) \times t_2^2$ $\textcircled{3}$

解得 $t_2 = 6.5\text{s}$

物体运动时间共 $t = t_1 + t_2 = 8\text{s}$

解法二 全过程

物体脱离气球后竖直上抛运动，取向上为正方向，设落地时间为 t' ，有

$$-h = v_0 t' - \frac{1}{2} g t'^2$$

代入数据解得 $t' = 8\text{s}$

【答案】 8s

题型三 多体多过程的应用

【例4】原地起跳时，先屈腿下蹲，然后突然蹬地。从开始蹬地到离地是加速过程（视为匀加速），加速过程中重心上升的距离称为“加速距离”。离地后重心继续上升，在此过程中重心上升的最大距离称为“竖直高度”。现有列数据：人原地上跳的“加速距离” $d_1 = 0.50\text{m}$ ，“竖直高度” $h_1 = 1.0\text{m}$ ；跳蚤原地上跳的“加速距离” $d_2 = 0.00080\text{m}$ ，“竖直高度” $h_2 = 0.10\text{m}$ 。假想人具有与跳蚤相等的起跳加速度，而“加速距离”仍为 0.50m ，则人上跳的“竖直高度”是多少？

【解析】用 a 表示跳蚤起跳的加速度， v_2 表示跳蚤离地时的速度大小，取向上为正方向，则加速度过程有

$$v_2^2 - 0 = 2 \times a \times d_2$$

离地后竖直上抛的过程中，有

$$0 - v_2^2 = 2 \times (-g) \times h_2$$

若假想人具有和跳蚤相同的加速度 a ，令 v_1 表示在这种假想下人离地时的速度， h_1 表示与此相对应的竖直高度，则人加速过程中有

$$v_1^2 - 0 = 2 \times a \times d_1$$

离地后人做竖直上抛运动，有

$$0 - v_1^2 = 2 \times (-g) \times h_1$$

由以上各式可得 $h_1 = \frac{h_2 d_1}{d_2}$

代入数据得 $h_1 = 62.5\text{m}$

【答案】 62.5m

题型四 巧取参考系

【例5】A、B两棒长均为 $l = 1\text{m}$ ，A的下端和B的上端相距 $s = 20\text{m}$ ，若A、B同时运动，A做自由落体，B做竖直上抛，初速度 $v_0 = 40\text{m/s}$ ，求：

(1) A、B两棒何时相遇；

(2) 从相遇开始到分离所需的时间。

【解析】这里有两个研究对象，A棒和B棒，同时分别

做不同的运动，相遇时两棒位移大小之和等于 s ，从相遇到分离两棒位移大小之和等于 $2l$ 。

(1) 取A为参考系，则B做匀速直线运动，位移大小为 s ，A、B棒相遇，设时间为 t ，有 $s = v_0 t$

代入数据解得： $t = 0.5\text{s}$

(2) 从相遇到分离所需时间设为 t' ，B相对于A的位移为 $2l$ ，有

$$2l = v_0 t'$$

代入数据解得： $t' = 0.05\text{s}$

【答案】 (1) 0.5s (2) 0.05s

拓展提高

1. 关于自由落体运动，下列说法中不正确的是 ()

A. 自由落体运动是竖直方向的匀加速直线运动

B. 前3s竖直方向的位移只要满足 $x_1 : x_2 : x_3 = 1 : 4 : 9$ 的运动一定是自由落体运动

C. 自由落体运动在开始的连续三个2s内的位移之比是 $1 : 3 : 5$

D. 自由落体运动在开始的连续三个2s末的速度之比是 $1 : 2 : 3$

2. 一物体从高 h 处由静止开始自由落下，经时间 t 到达地面，落地速度为 v ，那么当物体下落时间为 $t/3$ 时，物体的速度和距地面的高度分别是 ()

A. $\frac{v}{3}, \frac{h}{9}$

B. $\frac{v}{9}, \frac{h}{9}$

C. $\frac{v}{3}, \frac{8}{9}h$

D. $\frac{v}{9}, \frac{\sqrt{3}}{3}h$

3. 滴水法测重力加速度的过程是这样的，让水龙头的水一滴一滴地滴在其正下方的盘子里，调整水龙头，让前一滴水滴到盘子时后一滴恰好离开水龙头，听到某滴敲击盘子的声音计“1”，并开始计时。当听到第 n 滴敲击盘子的声音时停止计时，发现记录的时间为 t ，用刻度尺量出水龙头到盘子的高度差 h ，即可算出重力加速度。设人耳能区别两个声音的时间间隔为 0.1s ，声速为 340m/s ，则 ()

A. 水龙头距人耳的距离至少 34m

B. 水龙头距盘子的距离至少 34m

C. 重力加速度的计算式为 $\frac{2hm^2}{t^2}$

D. 重力加速度的计算式为 $\frac{2h(n-1)^2}{t^2}$

4. 小球以 v_0 竖直上抛，不计阻力，从抛出到最大高度一半所需的时间是 ()

A. $\frac{v_0}{g}$

B. $\frac{v_0}{2g}$

C. $\frac{\sqrt{2}v_0}{2g}$

D. $(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}) \frac{v_0}{g}$

5. 以 $v_0 = 20\text{m/s}$ 的速度竖直上抛一个小球，2s后以相同的初速度在同一点竖直上抛另一个小球， $g = 10\text{m/s}^2$ ，则两



球相碰处离出发点的高度是多少?

答案

1. B 2. C 3. D 4. D 5. 15m

第4节 运动的图象 追及和相遇

复习要点

1. $x-t$ 图象

(1) 物理意义: 反映做直线运动物体的位移随时间变化的关系。

(2) 图线斜率的意义

①图线上某点切线的斜率大小表示物体速度的大小。

②图线上某点切线的斜率正负表示物体速度的方向。

(3) 图线纵轴截距的意义

表示物体运动在零时刻的位置坐标。

(4) 图线交点的意义

两条图线的交点表示两运动物体相遇。

(5) 两种 $x-t$ 图象

①若 $x-t$ 图象是一条平行于时间轴的直线, 说明物体处于静止状态; 若 $x-t$ 图象是一条倾斜的直线, 说明物体在做匀速直线运动。

②若 $x-t$ 图象是一条曲线, 说明物体在做变速直线运动。

2. $v-t$ 图象

(1) 物理意义: 反映了做直线运动的物体速度随时间变化关系。

(2) 图线斜率的意义

①图线上某点切线斜率大小表示物体运动加速度的大小。

②图线上某点切线斜率正负表示加速度方向。

(3) 图线纵轴截距的意义

表示物体运动的初速度。

(4) 图线交点的意义

两条图线的交点表示两运动物体速度相等, 并不是相遇。

(5) 图象与坐标轴围成的“面积”的意义

①图象与坐标轴围成的面积表示相应时间内的位移。

②若此面积在时间轴的上方, 表示这段时间内的位移方向为正; 若此面积在时间轴的下方, 表示这段时间内的位移方向为负。

(6) 两种 $v-t$ 图象

①若 $v-t$ 图象是与横轴平行的直线, 说明物体做匀速直线运动; 若 $v-t$ 图象是一条倾斜的直线, 说明物体做匀变速直线运动。

②若 $v-t$ 图象是一条曲线, 说明物体做变加速直线运动。

3. 追及和相遇

(1) 追和被追的两者的速度相等常常是能追上、追不上、二者之间的距离有极值的临界条件。在两个物体的追及过程中, 当追者的速度小于被追者的速度时, 两者的距离增大; 当追者的速度大于被追者的速度时, 两者的距离减小; 当两者的速度相等时, 两者的距离有最大值或最小值, 是最大值还是最小值, 视实际情况而定。

(2) 两物体在同一直线上的追及、相遇或避免相撞问题中关键的条件是: 两物体能否同时到达空间同一位置, 因此应分别对两物体研究, 列出位移方程, 然后利用时间关系、位移关系、速度关系列方程求解。

典型示例

题型一 $x-t$ 图象的应用

【例1】某质点在东西方向上做直线运动, 选定向东的方向为正方向, 其位移图象如图1-4-1所示, 试根据图象, 求:

- (1) 描述质点的运动情况;
- (2) 质点在0~4s、0~8s、2~4s三段时间内的位移和路程;
- (3) 质点在0~4s、4~8s内的速度。

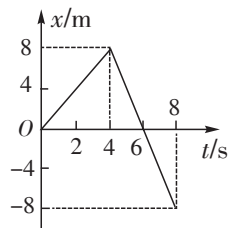


图1-4-1

【解析】(1) 从图象知: 质点从 $t=0$ 开始由原点出发向东做匀速直线运动持续时间4s, 4s末开始反向向西做匀速直线运动, 又经过2s, 即6s末回到出发点, 然后又继续向西做匀速直线运动直至8s末时刻。

(2) 在0~4s内位移为8m, 路程也是8m。

在0~8s内位移为-8m, 负号表明位移的方向向西, 说明质点在8s末时刻在原出发点西8m的位置上, 此段时间路程为24m。

在2~4s内, 质点发生的位移是4m, 路程也是4m。

(3) 在0~4s内质点的速度 $v_1 = \frac{x_1}{t_1} = \frac{8}{4} \text{ m/s} = 2 \text{ m/s}$, 方向向东; 在4~8s内质点的速度 $v_2 = \frac{x_2}{t_2} = \frac{-8-8}{4} \text{ m/s} = -4 \text{ m/s}$, 方向向西。

【答案】如上解析。

题型二 $v-t$ 图象的应用

【例2】如图1-4-2所示是某质点的速度图象, 由此确定:

- (1) 质点在OA、AB、BC、CD段做何种运动?



(2) 质点在各段运动中的位移分别是多少?

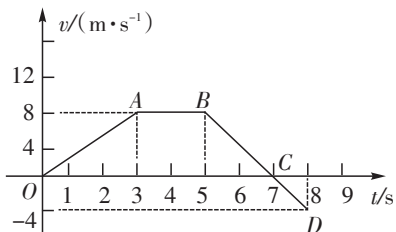


图 1-4-2

(3) 质点在 OA 段、AC 段和全程中的平均速度分别是多少?

【解析】(1) 质点在 OA 段、AB 段、BC 段和 CD 段分别做匀加速直线运动、匀速直线运动、匀减速直线运动和反方向的匀加速直线运动。

(2) 质点的位移分别为:

$$\text{三角形 } OA3 \text{ “面积” } x_1 = \frac{1}{2} \times 3 \times 8 \text{ m} = 12 \text{ m}$$

$$\text{矩形 } AB53 \text{ “面积” } x_2 = 2 \times 8 \text{ m} = 16 \text{ m}$$

$$\text{三角形 } B5C \text{ “面积” } x_3 = \frac{1}{2} \times 2 \times 8 \text{ m} = 8 \text{ m}$$

$$\text{三角形 } D8C \text{ “面积” } x_4 = \frac{1}{2} \times (-4) \times 1 \text{ m} = -2 \text{ m}$$

(3) 质点在 OA、AC 段及全程的平均速度, 按平均速度

$$\text{定义式 } \bar{v} = \frac{x}{t} \text{ 得: } \bar{v}_{OA} = \frac{x_1}{t_1} = \frac{12}{3} \text{ m/s} = 4 \text{ m/s}$$

$$\bar{v}_{AC} = \frac{x_2 + x_3}{t_2 + t_3} = \frac{16 + 8}{2 + 2} \text{ m/s} = 6 \text{ m/s}$$

全程的平均速度

$$\bar{v} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4}{t} = \frac{12 + 16 + 8 - 2}{8} \text{ m/s} = 4.25 \text{ m/s}$$

【答案】如上解析。

【例 3】(2011·海南卷) $v/(m \cdot s^{-1})$

一物体自 $t=0$ 时开始做直线运动, 其速度图线如图 1-4-3 所示。下列选项正确的是 ()

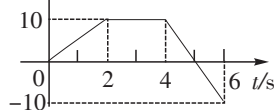


图 1-4-3

- A. 在 0~6s 内, 物体离出发点最远为 30m
 B. 在 0~6s 内, 物体经过的路程为 40m
 C. 在 0~4s 内, 物体的平均速率为 7.5m/s
 D. 在 5~6s 内, 物体所受的合外力做负功

【解析】0~5s, 物体向正向运动, 5~6s 向负向运动, 故 5s 末离出发点最远, A 错; 由面积法求出 0~5s 的位移 $s_1=35\text{m}$, 5~6s 的位移 $s_2=-5\text{m}$, 总路程为: 40m, B 对; 由面积法求出 0~4s 的位移 $s=30\text{m}$, 平均速度为: $v=s/t=7.5\text{m/s}$, C 对; 由图象知 5~6s 过程物体加速, 合力和位移同向, 合力做正功, D 错。

【答案】BC

题型三 追及、相遇、避碰问题

【例 4】一辆客车在平直公路上以 30m/s 的速度行驶, 突然发现正前方 40m 处有一货车正以 20m/s 的速度沿同一方向匀速行驶, 于是客车立即刹车, 以 2m/s^2 的加速度做匀减

速直线运动, 问此后的过程中客车是否会撞到货车上?

【解析】在客车追上货车前, 当 $v_{\text{客}} > v_{\text{货}}$ 时, 两车的距离将不断减少; 若 $v_{\text{客}} < v_{\text{货}}$ 时, 两车的距离将不断增加, 故当 $v_{\text{客}} = v_{\text{货}}$ 时, 两车的距离最小, 因此应研究两车速度相等时是否相撞。

客车做匀减速运动: $v_{\text{客}} = v_0 - at$, 当 $v_{\text{客}} = v_{\text{货}}$ 时

$$\text{即 } t = \frac{v_0 - v_{\text{货}}}{a} = \frac{30 - 20}{2} \text{ s} = 5 \text{ s}$$

这时, 对货车: $x_{\text{货}} + L = v_{\text{货}}t + L = (20 \times 5 + 40) \text{ m} = 140 \text{ m}$

对客车: $x_{\text{客}} = v_0t - \frac{1}{2}at^2 = (30 \times 5 - \frac{1}{2} \times 2 \times 5^2) \text{ m} = 125 \text{ m}$

可见: $x_{\text{货}} + L > x_{\text{客}}$, 两车不会相撞。

【答案】两车不会相撞

拓展提高

1. 如图 1-4-4 所示为一质点做直线运动的速度—时间图象, 下列说法正确的是 ()

- A. 整个过程中, CE 段的加速度最大
 B. 整个过程中, BC 段的加速度最大

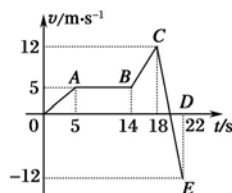


图 1-4-4

- C. 整个过程中, D 点所表示的状态离出发点最远
 D. BC 段所表示的运动通过的路程是 34m

2. 某跳伞运动训练研究所, 让一名跳伞运动员从悬停在高空的直升机中跳下, 研究人员利用运动员随身携带的仪器记录下了他的运动情况, 通过分析数据, 定性画出了运动员从跳离飞机到落地的过程中在空中沿竖直方向运动的 $v-t$ 图象如图 1-4-5 所示, 则对运动员的运动, 下列说法正确的是 ()

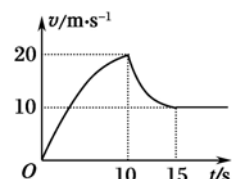


图 1-4-5

- A. 0~15s 末都做加速度逐渐减小的加速运动
 B. 0~10s 末做自由落体运动, 15s 末开始做匀速直线运动
 C. 10s 末打开降落伞, 以后做匀减速运动至 15s 末
 D. 10s 末~15s 末加速度方向竖直向上, 加速度的大小在逐渐减小

3. 一质点在 xOy 平面内运动轨迹如图 1-4-6 所示, 下列判断正确的是 ()

- A. 若 x 方向始终匀速, 则 y 方向先加速后减速
 B. 若 x 方向始终匀速, 则 y 方向先减速后加速
 C. 若 y 方向始终匀速, 则 x 方向先加速后减速

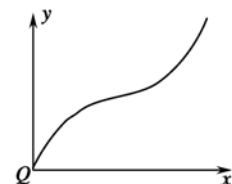


图 1-4-6



各时刻的瞬时速度，在坐标系中描出对应坐标： (t_1, v_1) 、 (t_2, v_2) 、 (t_3, v_3) ……物体的加速度为图线的斜率。

②计算法：由公式 $\Delta x = aT^2$ ，得 $a_1 = \frac{x_2 - x_1}{T^2}$ 、 $a_2 = \frac{x_3 - x_2}{T^2}$ 、 $a_3 = \frac{x_4 - x_3}{T^2}$ 、…… $a_5 = \frac{x_6 - x_5}{T^2}$ ，然后计算平均值 $\bar{a} = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_5}{5}$ 。

③逐差法： $a_1 = \frac{x_4 - x_1}{3T^2}$ 、 $a_2 = \frac{x_5 - x_2}{3T^2}$ 、 $a_3 = \frac{x_6 - x_3}{3T^2}$ ，然后取平均值 $\bar{a} = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3}$ ，可得 $\bar{a} = \frac{(x_4 + x_5 + x_6) - (x_1 + x_2 + x_3)}{3 \times 3T^2}$ 。

6. 注意事项

(1) 打点计时器在纸带上应打出轻重合适的小圆点，如遇到打出的是短横线，应调整振针距复写纸的高度，使之增大一点。

(2) 使用打点计时器打点时，应先接通电源，待打点计时器稳定工作后，再释放纸带。

(3) 释放物体前，应使物体停在靠近打点计时器位置。

(4) 使用电火花计时器时应注意把两条白纸带正确穿好，墨粉纸盘夹在两纸带之间；使用电磁打点计时器时，应让纸带通过限位孔，压在复写纸下面。

(5) 小车另一端挂的钩码个数要适当，避免速度过大而使纸带上打的点太少，或者速度太小，使纸带上的点过于密集。

(6) 选择一条理想的点迹清晰的纸带。适当舍弃开头密集部分，适当选取计数点（计数点与计时点有区别），弄清楚所选的时间间隔 T 。

(7) 测 x 时不要分段测量，读数时要注意有效数字的要求，计算 a 时要注意用逐差法，以减小误差。

典型示例

题型一 实验步骤的考查

【例1】在“研究匀变速直线运动”的实验中，某同学的操作中有以下实验步骤，其中错误或遗漏的步骤有（遗漏步骤可编上序号G、H……）

A. 拉住纸带，将小车移至靠近打点计时器处，先放开纸带，再接通电源

B. 将打点计时器固定在平板上，并接好电源

C. 把一条细绳拴在小车上，细绳跨过滑轮，下面吊着适当重的钩码

D. 取下纸带

E. 将平板无滑轮的一端抬高，轻推小车，使小车能在平板上做加速运动

F. 将纸带固定在小车尾部，并穿过打点计时器的限位孔

将以上步骤完善，并按合理顺序填写在横线上

_____。

【解析】考查实验仪器的使用，规范合理、安全、准确地安排实验步骤。A中应先接通电源，再放开纸带。C中应

调整滑轮的高度，使细绳与平板平行，D中应先断开电源，使打点计时器停止工作。应补充G，换上新纸带，重复操作两次。H，断开电源，整理好器材。正确合理的顺序应为B、F、E、C、A、D、G、H。

【答案】G，换上新纸带，重复操作两次 B、F、E、C、A、D、G、H

题型二 仪器的选择和实验数据的处理

【例2】某同学用打点计时器测量做匀变速直线运动的物体的加速度，电源频率 $f = 50\text{Hz}$ ，在纸带上打出的点中，选出零点，每隔4个点取1个计数点，因保存不当，纸带被污染，如图1-5-4所示，A、B、C、D是本次实验的4个计数点，仅能读出其中3个计数点到零点的距离： $x_A = 16.6\text{mm}$ 、 $x_B = 126.5\text{mm}$ 、 $x_D = 624.5\text{mm}$ 。

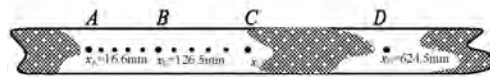


图 1-5-4

若无法再做实验，可由以上信息推知：

(1) 相邻两计数点的时间间隔为_____s；

(2) 打C点时物体的速度大小为_____m/s（取2位有效数字）；

(3) 物体的加速度大小为_____（用 x_A 、 x_B 、 x_D 和 f 表示）。

【解析】(1) 打点计时器打出的纸带每隔4个点选择一个计点，则相邻两计数点的时间间隔为

$$T = 5T_0 = 5 \times 0.02\text{s} = 0.1\text{s}$$

(2) 根据平均速度等于时间中点的瞬时速度得：

$$v_C = \frac{x_D - x_B}{2t} = \frac{(624.5 - 126.5) \times 10^{-3}}{2 \times 0.1} \text{m/s} = 2.49\text{m/s} = 2.5\text{m/s}$$

(3) 匀加速运动的位移特征是相邻的相等时间间隔内的位移以 at^2 均匀增大，有：

$$BC = AB + at^2$$

$$CD = BC + at^2 = AB + 2at^2$$

$$BD = BC + CD = 2AB + 3at^2$$

$$\text{即为： } x_D - x_B = 2(x_B - x_A) + 3at^2$$

$$\text{求得： } a = \frac{(x_D - x_B) - 2(x_B - x_A)}{3t^2}$$

$$t = 5T = 5 \times \frac{1}{f} = \frac{5}{f}$$

$$\text{则有： } a = \frac{(x_D - 3x_B + 2x_A)f^2}{75}$$

$$\text{或者： } x_B - x_A = x_1, x_C - x_B = x_2, x_D - x_C = x_3$$

$$\text{则有： } x_2 - x_1 = at^2, x_3 - x_2 = 2at^2$$

$$\text{即有： } x_3 + x_2 - 2x_1 = 3at^2$$

$$\text{又有： } t = 5T = 5 \times \frac{1}{f} = \frac{5}{f}$$

$$\text{由 (1) (2) (3) 得： } x_D - 3x_B - 2x_A = \frac{75a}{f^2}$$

$$\text{所以： } a = \frac{(x_D - x_B) - 2(x_B - x_A)}{3t^2}$$



【答案】(1) 0.1s (2) 2.5m/s (3) $\frac{(x_D - 3x_B + 2x_A)f^2}{75}$

【例3】某同学用图1-5-5所示的实验装置研究小车在斜面上的运动。实验步骤如下：

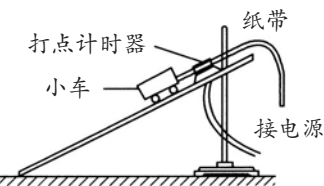


图1-5-5

a. 安装好实验器材；
b. 接通电源后，让拖着纸带的小车沿平板斜面向下运动，重复几次。选出一条点迹比较清晰的纸带，舍去开始密集的点迹，从便于测量的点开始，每两个打点间隔取一个计数点，如图1-5-6中0、1、2……6点所示；

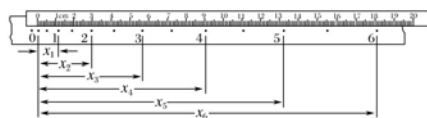


图1-5-6

c. 测量1、2、3……6计数点到0计数点的距离，分别记作： x_1 、 x_2 、 x_3 …… x_6 ；
d. 通过测量和计算，该同学判断出小车沿平板做匀加速直线运动；
e. 分别计算出 S_1 、 S_2 、 S_3 …… S_6 与对应时间的比值 $\frac{x_1}{t_1}$ 、 $\frac{x_2}{t_2}$ 、 $\frac{x_3}{t_3}$ …… $\frac{x_6}{t_6}$ ；
f. 以 $\frac{x}{t}$ 为纵坐标、 t 为横坐标，标出 $\frac{x}{t}$ 与对应时间 t 的坐标点，画出 $\frac{x}{t}-t$ 图线。

结合上述实验步骤，请你完成下列任务：

(1) 实验中，除打点计时器（含纸带、复写纸）、小车、平板、铁架台、导线及开关外，在下面的仪器和器材中，必须使用的有_____和_____（填选项代号）。

A. 电压合适的50Hz交流电源 B. 电压可调的直流电源 C. 刻度尺 D. 秒表 E. 天平 F. 重锤

(2) 将最小刻度为1mm的刻度尺的0刻度线与0计数点对齐，0、1、2、5计数点所在位置如图1-5-7所示，则 $x_2 =$ _____ cm， $x_5 =$ _____ cm。

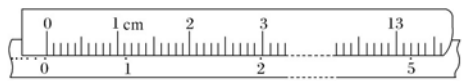


图1-5-7

(3) 该同学在图1-5-8中已标出1、3、4、6计数点对应的坐标，请你在该图中标出与2、5两个计数点对应的坐标点，并画出 $\frac{x}{t}-t$ 图线。

(4) 根据 $\frac{x}{t}-t$ 图线判断，在打0计数点时，小车的速度 $v_0 =$ _____ m/s；它在斜面上运动的加速度 $a =$ _____ m/s²。

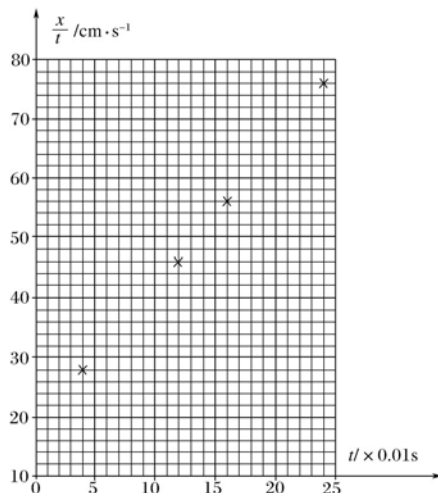


图1-5-8

【解析】(1) 还需要的实验器材有电压合适的50Hz交流电源和刻度尺。

(2) 用毫米刻度读数，注意要估读一位，则 $x_2 = 2.98$ cm， $x_5 = 13.20$ cm。

(3) 描点连线如图1-5-9所示。

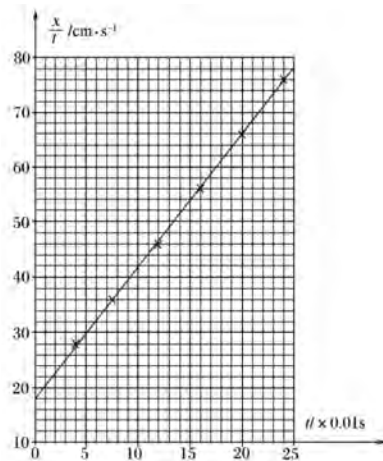


图1-5-9

(4) 设打0点时速度为 v_0

$$\text{则 } x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$\text{即: } \frac{x}{t} = v_0 + \frac{1}{2} a t$$

由图可读出 $v_0 = 0.18$ m/s

图线的斜率 $k = \frac{1}{2} a = 2.4$ ， $a = 4.8$ m/s²。

【答案】(1) AC (2) 2.98 (2.97~2.99) 13.20 (13.19~13.21) (3) 见解析图 (4) 0.18 (0.16~0.20) 4.80 (4.50~5.10)

题型三 光电门测速

【例4】利用图1-5-10所示的装置可测量滑块在斜面上运动的加速度。一斜面上安装有两个光电门，其中光电门乙固定在

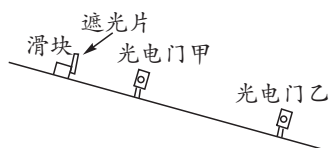


图1-5-10



斜面上靠近底端处，光电门甲的位置可移动，当一带有遮光片的滑块自斜面上滑下时，与两个光电门都相连的计时器可以显示出遮光片从光电门甲至乙所用的时间 t 。改变光电门甲的位置进行多次测量，每次都使滑块从同一点由静止开始下滑，并用米尺测量甲、乙之间的距离 s ，记下相应的 t 值；所得数据如下表所示。

s (m)	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900	0.950
t (ms)	292.9	371.5	452.3	552.8	673.8	776.4
s/t (m/s)	1.71	1.62	1.55	1.45	1.34	1.22

完成下列填空和作图：

(1) 若滑块所受摩擦力为一常量，滑块加速度的大小 a 、滑块经过光电门乙时的瞬时速度 v_1 、测量值 s 和 t 四个物理量之间所满足的关系式是_____；

(2) 根据表中给出的数据，在图1-5-11给出的坐标纸上画出 $\frac{s}{t}-t$ 图线；

(3) 由所画出的图线 $\frac{s}{t}-t$ ，得出滑块加速度的大小为 $a=$ _____ m/s^2 (保留2位有效数字)。

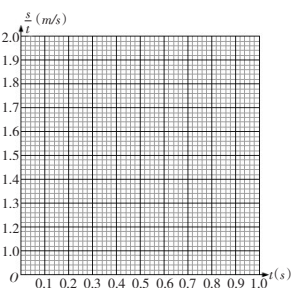


图1-5-11

【解析】(1) 由

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2, v_1 = v_0 + a t$$

$$\text{得出 } s = v_1 t - \frac{1}{2} a t^2$$

(2) 见图1-5-12

(3) 作图求出斜率 $k = -0.9897 m/s^2$,

$$a = 2|k| \approx 2.0 m/s^2$$

【答案】(1)

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

1-5-12

(3) 2.0

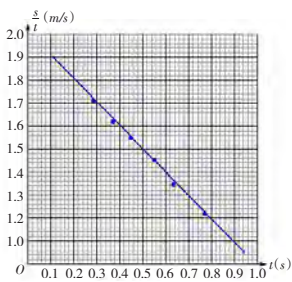


图1-5-12

拓展提高

1. 如图1-5-13所示为同一打点计时器打出的两条纸带，由纸带可知 ()

A. 在打下计数点“0”至“5”的过程中，纸带甲的平均速度比乙的大

B. 在打下计数点“0”至“5”的过程中，纸带甲的平均速度比乙的小

C. 纸带甲的加速度比乙的大

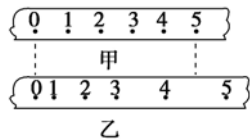


图1-5-13

D. 纸带甲的加速度比乙的小

2. 某同学利用图1-5-14所示的实验装置，探究物块在水平桌面上的运动规律。物块在重物的牵引下开始运动，重物落地后，物块再运动一

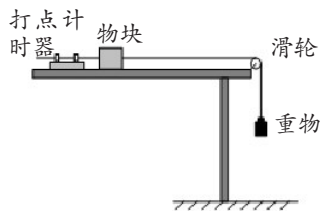


图1-5-14

段距离停在桌面上 (尚未到达滑轮处)。从纸带上便于测量的点开始，每5个点取1个计数点，相邻计数点间的距离如图1-5-15所示。打点计时器电源的频率为50Hz

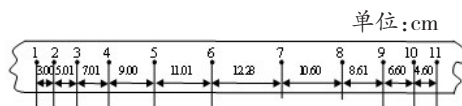


图1-5-15

(1) 通过分析纸带数据，可判断物块在两相邻计数点_____和_____之间某时刻开始减速；

(2) 计数点5对应的速度大小为_____m/s，计数点6对应的速度大小为_____m/s；(保留三位有效数字)

(3) 物块减速运动过程中加速度的大小为 $a=$ _____ m/s^2 ，若用 $\frac{a}{g}$ 来计算物块与桌面间的动摩擦因数(g 为重力加速度)，则计算结果比动摩擦因数的真实值_____ (填“偏大”或“偏小”)。

3. 某同学为估测摩托车在水泥路上行驶时的加速度，设计了下述实验：将输液用过的500mL的玻璃瓶装适量水，连同输液管一起绑在摩托车上，调节输液管的滴水速度，使其刚好每隔1.00s滴一滴。该同学骑摩托车，先使之加速至某一速度，然后熄火，让摩托车沿直线滑行。图1-5-16为某次实验中水泥路面上的部分水滴 (左侧为起点)。设该同学质量为50kg，摩托车质量为75kg， $g = 10 m/s^2$ ，根据该同学的实验结果可估算：

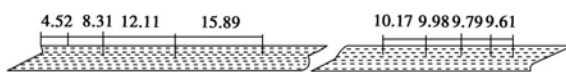


图1-5-16

(1) 骑摩托车加速时的加速度大小为_____ m/s^2 ；

(2) 骑摩托车滑行时的加速度大小为_____ m/s^2 。

4. 物理小组在一次探究活动中测量滑块与木板之间的动摩擦因数。实验装置如图1-5-17，一表面粗糙的木板固定在水平桌面上，一端装有定滑轮；木板上有一滑块，其一端与电磁打点计时器的纸带相连，另一端通过跨过定滑轮的细线与托盘连接。打点计时器使用的交流电源的频率为50Hz。开始实验时，在托盘中放入适量砝码，滑块开始做匀加速运动，在纸带上打出

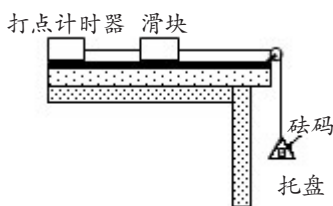


图1-5-17