

第 1 单元

力 学

第 1 章

运 动

1.1 运动的基本概念与匀速直线运动

一、核心知识和方法

1. 参考系：在描述一个物体的运动时，选来作为标准的另外的物体，叫作参考系。
2. 质点：用来代替物体的有质量而无大小形状的点叫作质点。
3. 位移：表示质点位置变化的物理量。
4. 速度：表示物体运动快慢的物理量，公式为 $v = \frac{s}{t}$ 。速度是矢量，方向与物体运动的方向相同。
5. 加速度：表示速度改变快慢的物理量，定义式为 $a = \frac{\Delta v}{t}$ 。加速度是矢量，方向与 Δv 的方向相同。
6. 匀变速直线运动的加速度：速度随时间均匀变化，因此其加速度大小、方向均不变，若规定初始方向为正方向：匀加速的， a 为正值；匀减速的， a 为负值。匀变速直线运动的 $v-t$ 图像是一条倾斜直线，由加速度定义可知直线的斜率 k 等于加速度。

二、例题

问题 1 参考系、质点

1. 在电视连续剧《西游记》中，常常有孙悟空“腾云驾雾”的镜头，如图所示的画面通常是采用“背景拍摄法”：让“孙悟空”站在平台上，做着飞行的动作，在他的背后展现出蓝天和急速飘动的白云，同时加上烟雾效果；摄影师把人物动作和飘动的白云及下面的烟雾等一起摄入镜头。放映时，观众就感觉到“孙悟空”在“腾云驾雾”。这时，观众所选的参考系是()。



- A. 孙悟空 B. 平台
C. 飘动的白云 D. 镜头

2. 2009 年 10 月 16 日，第十一届全国运动会开幕，各省代表团参加了包括田径、体操、柔道在内的所有 28 个大项的比赛，下列几种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时间时

问题 2 位移、速度和加速度

3. 在 2008 北京奥运会中，牙买加选手博尔特是一位公认的世界飞人，在男子 100 m 决赛和男子 200 m 决赛中分别以 9.69 s 和 19.30 s 的成绩破两项世界纪录，获得两枚金牌，如图所示。关于他在这两次决赛中的运动情况，下列说法正确的是()。



- A. 200 m 决赛中的位移是 100 m 决赛的两倍
B. 200 m 决赛中的平均速度约为 10.36 m/s
C. 100 m 决赛中的平均速度约为 10.32 m/s
D. 100 m 决赛中的最大速度约为 20.64 m/s

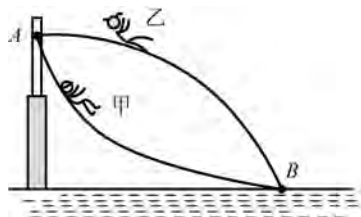
4. 汽车沿直线从甲地开往乙地(不调头),若前一半路程的平均速度为 v_1 ,后一半路程的平均速度为 v_2 ,则汽车全程的平均速度为多少?若汽车在前一半时间的平均速度为 v_1 ,后一半时间的平均速度为 v_2 ,则全程的平均速度又为多少?若汽车做匀变速直线运动,其中间时刻的速度为 v_3 ,中间位移的速度为 v_4 ,则 v_3 和 v_4 哪个大?

5. 关于速度和加速度的关系,下列说法正确的是()。

- A. 加速度方向为正时,速度一定增加
B. 速度变化得越快,加速度就越大
C. 加速度方向保持不变,速度方向也保持不变
D. 加速度大小不断变小,速度大小也不断变小

6. 如图,游乐场中,从高处 A 到水面 B 处有两条长度相等的光滑轨道。甲、乙两小孩沿着不同轨道同时从 A 处自由滑向 B 处,下列说法正确的有()。

- A. 甲的切向加速度始终比乙大
B. 甲、乙在同一高度的速度大小相等
C. 甲、乙在同一时刻总能到达同一高度
D. 甲比乙先到达 B 处



7. 对速度、速度变化量和加速度的理解,有下列几种情景,请根据所学知识选择对情景的分析和判断,正确的选项是()。

- ① 点火后即将升空的火箭
② 高速公路上沿直线高速行驶的轿车为避免事故紧急刹车
③ 运动的磁悬浮列车在轨道上高速行驶
④ 太空中的空间站在绕地球做匀速圆周运动
- A. 因火箭还没运动,所以加速度一定为零
B. 轿车紧急刹车,速度变化很快,所以加速度很大
C. 高速行驶的磁悬浮列车,因速度很大,所以加速度也一定很大
D. 尽管空间站做匀速圆周运动,加速度也不为零

问题3 匀速直线运动

8. 在2008年8月16日,牙买加选手博尔特在国家体育场“鸟巢”进行的北京奥运会男子100 m决赛中,以破世界纪录的优异成绩夺得金牌。设高度为 H 的博尔特正在进行100 m短跑且就要到达比赛的终点处时有一摄影记者用照相机拍摄下了运动员冲刺的一幕。如图已知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 $1/60$ 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 。则由以上数据可以知道运动员的()。



- ① 100 m 成绩 ② 冲刺速度 ③ 100 m 内的平均速度
④ 冲刺时 $1/60$ s 内的位移

- A. ①②
B. ①③
C. ②④
D. ③④

9. 一人看到闪电 12.3 s 后听到雷声, 已知空气中的声速约为 330~340 m/s, 光速为 3×10^8 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 2 倍以上, 本题的估算结果依然正确

三、练习

1. 如图所示, 帆板在海面上以速度 v 朝正西方向运动, 帆船以速度 v 朝正北方向
航行, 以帆板为参照物, ()。

- A. 帆船朝正东方向航行, 速度大小为 v
B. 帆船朝正西方向航行, 速度大小为 v
C. 帆船朝南偏东 45° 方向航行, 速度大小为 $\sqrt{2}v$
D. 帆船朝北偏东 45° 方向航行, 速度大小为 $\sqrt{2}v$



2. 下列关于速度和加速度的说法中正确的是()。

- A. 物体运动的速度改变越大, 它的加速度一定越大
B. 物体运动的加速度为零, 它的速度也一定为零
C. 物体运动的速度改变越小, 它的加速度一定越小
D. 物体运动的速度改变越快, 它的加速度一定越大

3. 如图所示, 一女同学穿着轮滑鞋以一定的速度俯身“滑入”静止汽车
的车底, 她用 15 s 穿越了 20 辆汽车底部后“滑出”, 位移为 58 m。假
设她的运动可视为匀变速直线运动, 从上述数据可以确定()。

- A. 她在车底运动时的加速度
B. 她在车底运动时的平均速度
C. 她刚“滑入”车底时的速度
D. 她刚“滑出”车底时的速度



4. 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, 子弹影像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



5. (2018 北京高考) 用图 1 所示的实验装置研究小车速度随时间
变化的规律。

主要实验步骤如下:

- a. 安装好实验器材。接通电源后, 让拖着纸带的小车沿长木
板运动, 重复几次。

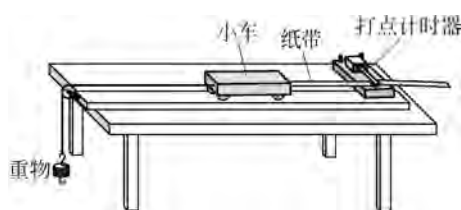


图 1

- b. 选出一条点迹清晰的纸带, 找一个合适的点当作计时起点 $O(t = 0)$, 然后每隔相同的时间间隔 T 选取一个计数点, 如图 2 中 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F ... 所示。
- c. 通过测量、计算可以得到在打 A 、 B 、 C 、 D 、 E ... 点时小车的速度, 分别记作 v_1 、 v_2 、 v_3 、 v_4 、 v_5 ...
- d. 以速度 v 为纵轴、时间 t 为横轴建立直角坐标系, 在坐标纸上描点, 如图 3 所示。

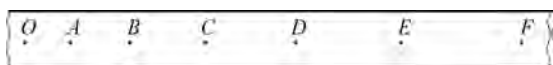


图 2

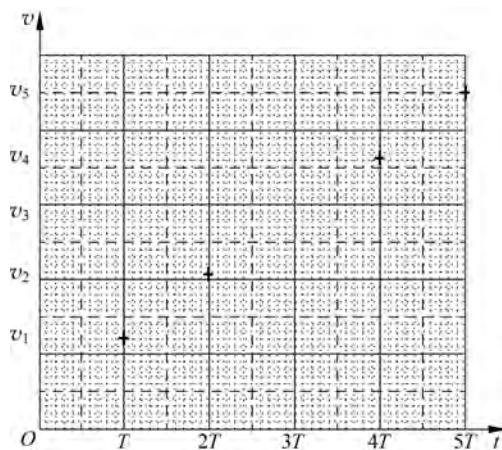


图 3

结合上述实验步骤, 请你完成下列任务:

- (1) 在下列仪器和器材中, 还需要使用的有 _____ 和 _____ (填选项前的字母)。
- A. 电压合适的 50 Hz 交流电源 B. 电压可调的直流电源
- C. 刻度尺 D. 秒表
- E. 天平(含砝码)
- (2) 在图 3 中已标出计数点 A 、 B 、 D 、 E 对应的坐标点, 请在该图中标出计数点 C 对应的坐标点, 并画出 $v-t$ 图像。
- (3) 观察 $v-t$ 图像, 可以判断小车做匀变速直线运动, 其依据是 _____。 $v-t$ 图像斜率的物理意义是 _____。
- (4) 描绘 $v-t$ 图像前, 还不知道小车是否做匀变速直线运动。用平均速度 $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 表示各计数点的瞬时速度, 从理论上讲, 对 Δt 的要求是 _____ (选填“越小越好”或“与大小无关”); 从实验的角度看, 选取的 Δx 大小与速度测量的误差 _____ (选填“有关”或“无关”)。
- (5) 早在 16 世纪末, 伽利略就猜想落体运动的速度应该是均匀变化的。当时只能靠滴水计时, 为此他设计了如图 4 所示的“斜面实验”, 反复做了上百次, 验证了他的猜想。请你结合匀变速直线运动的知识, 分析说明如何利用伽利略“斜面实验”检验小球的速度是随时间均匀变化的。

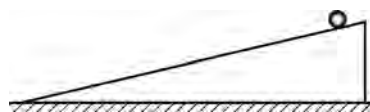


图 4

1.2 匀变速直线运动的规律(1)

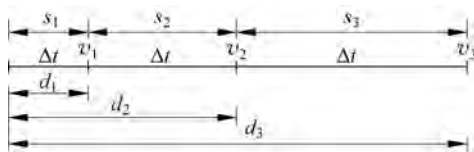
一、核心知识和方法

匀变速直线运动的基本公式及其推论

1. 匀变速直线运动的两个基本公式:
$$\begin{cases} v_t = v_0 + at \\ x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \end{cases}$$

2. 匀变速直线运动的一系列推论:
$$\begin{cases} v_t^2 - v_0^2 = 2ax \\ v_{\frac{t}{2}} = \bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2} \end{cases}$$

3. 在初速度为零的匀加速直线运动中,下面的两图分别取的是相等的时间间隔以及相等的位移间隔

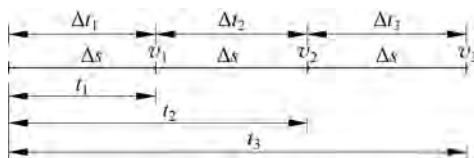


对于上图,在相同的时间间隔中,可知:

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

$$d_1 : d_2 : d_3 : \dots : d_n = 1 : 4 : 9 : \dots : n^2$$

$$s_1 : s_2 : s_3 : \dots : s_n = 1 : 3 : 5 : \dots : 2n+1$$



对于上图,在相同的位移间隔中,可知

$$v_1 : v_2 : v_3 : \dots : v_n = 1 : \sqrt{2} : \sqrt{3} : \dots : \sqrt{n}$$

$$t_1 : t_2 : t_3 : \dots : t_n = 1 : \sqrt{2} : \sqrt{3} : \dots : \sqrt{n}$$

$$\Delta t_1 : \Delta t_2 : \Delta t_3 : \dots : \Delta t_n = 1 : (\sqrt{2}-1) : (\sqrt{3}-\sqrt{2}) : \dots : (\sqrt{n}-\sqrt{n-1})$$

二、例题

问题 1 公式与推论的灵活运用

1. 汽车以 20 m/s 的速度做匀速运动,某时刻关闭发动机而做匀减速运动,加速度大小为 5 m/s²,则它关闭发动机后通过 37.5 m 所需时间为()。
A. 3 s B. 4 s C. 5 s D. 6 s
2. 一物体做匀变速直线运动,某时刻速度的大小为 4 m/s,1 s 后速度的大小为 10 m/s,则在这 1 s 内该物体的()。
A. 位移大小可能小于 4 m B. 位移大小可能大于 10 m
C. 加速度的大小可能小于 4 m/s² D. 加速度的大小可能大于 10 m/s²

3. 一物体从斜面顶端由静止开始匀加速下滑,最初的 3 s 内的位移为 s_1 ,最后 3 s 内的位移为 s_2 ,若 $s_2 - s_1 = 6 \text{ m}$, $s_1 : s_2 = 3 : 7$,求斜面的长度?
4. 在光滑的水平面上静止一物体,现以水平恒力甲推此物体,作用一段时间后换成相反方向的水平恒力乙推物体,当恒力乙作用时间与恒力甲的作用时间相同时,物体恰好回到原处,此时物体的速度为 v_2 ,若撤去恒力甲的瞬间物体的速度为 v_1 ,则 $v_2 : v_1$ 等于多少?

问题 2 物体在重力作用下的直线运动

5. 用如图所示的方法可以测出一个人的反应时间。甲同学用手握住直尺顶端刻度为零的地方,乙同学在直尺下端刻度为 a 的地方做捏住尺子的准备,但手没有碰到尺子。当乙同学看到甲同学放开尺子时,立即捏住尺子,乙同学发现捏住尺子的位置刻度为 b 。已知重力加速度为 g , a 、 b 的单位为国际单位,则乙同学的反应时间 t 约等于 ()。

A. $\sqrt{\frac{2a}{g}}$

B. $\sqrt{\frac{2b}{g}}$

C. $\sqrt{\frac{2(a-b)}{g}}$

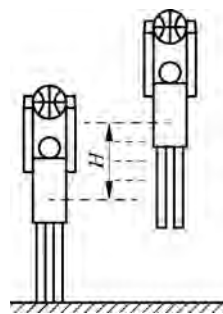
D. $\sqrt{\frac{2(b-a)}{g}}$



6. 将两个小球 A、B 同时竖直上抛,A 上升的最大高度比 B 上升的最大高度高出 35 m,返回地面时间比 B 迟 2 s,试求:
- (1) A 和 B 的初速度各是多少?
 - (2) A 和 B 分别达到的最大高度各是多少?
 - (3) 从 A 上抛开始计时,何时 A 距地面 75 m?

三、练习

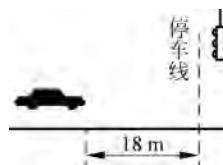
1. 如图,篮球架下的运动员原地垂直起跳扣篮,离地后重心上升的最大高度为 H 。上升第一个 $\frac{H}{4}$ 所用的时间为 t_1 ,第四个 $\frac{H}{4}$ 所用的时间为 t_2 。不计空气阻力,则 $\frac{t_1}{t_2}$ 满足 ()。



- A. $1 < \frac{t_2}{t_1} < 2$ B. $2 < \frac{t_2}{t_1} < 3$ C. $3 < \frac{t_2}{t_1} < 4$ D. $4 < \frac{t_2}{t_1} < 5$

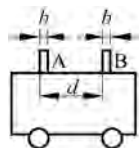
2. 在与 x 轴平行的匀强电场中,有一带电荷量 $q = 1.0 \times 10^{-8} \text{ C}$ 、质量为 $m = 2.5 \times 10^{-3} \text{ kg}$ 的物体在光滑水平面上沿着 x 轴做直线运动,其位移与时间的关系是 $x = 0.16t - 0.02t^2$,式中 x 以 m 为单位, t 以 s 为单位。从开始运动到 5 s 末物体所经过的路程为 _____ m ,克服电场力所做的功为 _____ J 。

3. 如图所示,以 8 m/s 匀速行驶的汽车即将通过路口,绿灯还有 2 s 将熄灭,此时汽车距离停车线 18 m 。该车加速时最大加速度大小为 2 m/s^2 ,减速时最大加速度大小为 5 m/s^2 。此路段允许行驶的最大速度为 12.5 m/s ,下列说法中正确的有 ()。



- A. 如果立即做匀加速运动,在绿灯熄灭前汽车可能通过停车线
B. 如果立即做匀加速运动,在绿灯熄灭前通过停车线汽车一定超速
C. 如果立即做匀减速运动,在绿灯熄灭前汽车一定不能通过停车线
D. 如果距停车线 5 m 处减速,汽车能停在停车线处

4. 如图,为测量做匀加速直线运动小车的加速度,将宽度均为 b 的挡光片 A、B 固定在小车上,测得二者间距为 d 。



- (1) 当小车匀加速经过光电门时,测得两挡光片先后经过的时间 Δt_1 和 Δt_2 ,则小车加速度 $a =$ _____。

- (2) (多选题)为减小实验误差,可采取的方法是 ()。

- A. 增大两挡光片宽度 b B. 减小两挡光片宽度 b
C. 增大两挡光片间距 d D. 减小两挡光片间距 d

5. 某校一课外活动小组自制一枚火箭,设火箭发射后始终在垂直于地面的方向上运动。火箭点火后可认为做匀加速直线运动,经过 4 s 到达离地面 40 m 高处时燃料恰好用完,若不计空气阻力,取 $g = 10 \text{ m/s}^2$,求:

- (1) 燃料恰好用完时火箭的速度;
(2) 火箭上升离地面的最大高度;
(3) 火箭从发射到残骸落回地面过程的总时间。

6. 某人用手表估测火车的加速度,先观测 3 min ,发现火车前进 540 m ,隔 3 min 又观测 1 min ,发现火车前进 360 m ,若火车在这 7 min 内做匀加速直线运动,则火车的加速度是多少?