

答案详析

第一章 运动的描述

第一节 质点 参考系

题组1 质点和参考系



1	2	3	4	5	6	7	8
D	B	C	D	C	C	BD	D

1. D **解析:**物体能否看作质点是由所研究的问题决定的,与物体的实际大小无关,当物体的大小和形状在研究的问题中属于次要因素时才能将物体看作质点,如原子核很小,但在研究原子核的转动情况时不能把原子核看作质点;地球很大,但在研究地球公转时可以把地球看成质点,故 A、C 错误.研究马拉松运动员的运动轨迹时可以把运动员看成质点,研究马拉松运动员的发力动作时,不能将运动员看作质点,故 B 错误.引入“质点”从科学方法上来说是属于建立理想化物理模型的方法,故 D 正确.
2. B **解析:**为了呈现“小鸟”水平向左飞行效果,根据相对运动原理可知,“云彩”应该相对屏幕水平向右移动,故 A 正确,不符合题意;“小鸟们”在屏幕中的位置是不变的,选择屏幕为参考系,“小鸟”是静止的,故 B 错误,符合题意;背景的“云彩”会水平移动,所以选择“云彩”为参考系,“小鸟”是运动的,故 C 正确,不符合题意;选择任何一只“小鸟”为参考系,其他“小鸟”都是静止的,故 D 正确,不符合题意.
3. C **解析:**花样游泳、高台跳水和体操运动与运动员的动作有关,不能忽略运动员本身的大小与形状,此时不能将运动员看作质点,A、B、D 错误;20 公里竞走比赛时,可以忽略运动员的动作和体型,将其看作质点,C 正确.
4. D **解析:**参考系的选取是任意的,不一定要选地面或相对于地面不动的其他物体,故 A 错误;坐在汽车上的乘客看到公路旁的树木迎面向他飞奔而来,乘客是以自己(或汽车)为参考系的,故 B 错误;“山不转那水在转”选的参考系是地面,“水不转那山也转”选的参考系是水,参考系不同,故 C 错误;山与人之间的位置发生了变化,以人为参照物,山是运动的,所以会感觉到“看山恰似走来迎”,故 D 正确.
5. C **解析:**足球运动中常说的“香蕉球”是球在空中旋转、整体运动径迹为类似香蕉形弧线的一种运动,运动员踢足球的不同部位,会使球产生不同的运动轨迹.所以研究如何踢球才能出现图片中的飞行轨

迹时,不能将足球看成质点,故 A 错误.研究月球绕地球公转的周期时,月球的形状和大小相对于月球的公转轨道半径来说可以忽略不计,可以将月球看成质点,故 B 错误.加油机为受油机空中加油过程中,以加油机为参考系时,受油机是静止的,以地面为参考系,受油机是运动的,故 C 正确.由于拍摄出来的轨迹是相对地球得出的,因此只能说明地球在运动,不能说明太阳在运动,故 D 错误.

规律总结 虽然参考系的选取是任意的,但要以能更方便、简洁地描述物体运动为准则,一般应根据研究对象和对象所在的系统选取参考系.巧妙选取参考系,可以更加便捷地处理相对运动问题.

6. C **解析:**“孤舟蓑笠翁,独钓寒江雪”中的舟大小、形状不可忽略,钓鱼时舟不能视为质点,A 错误;“细草微风岸,危檣独夜舟”的词意为“微风吹拂着江岸的细草,立着高高桅杆的小船在夜里孤独地停泊着”,诗人能看到桅杆,故舟的大小、形状不可忽略,不能视为质点,B 错误;“轻舟已过万重山”表示轻舟已走过很远的距离,此时舟的大小、形状可忽略,能视为质点,故 C 正确;“春潮带雨晚来急,野渡无人舟自横”,舟横在野渡中,其大小、形状不可忽略,不能视为质点,故 D 错误.
7. BD **解析:**由国旗的飘扬方向可知风向左吹,甲火炬手中火焰向左飘,则甲火炬手可能静止,也可能向右运动或向左运动,但向左运动的速度小于风速;乙火炬手中火焰向右飘,则乙火炬手一定向左运动,且向左运动的速度大于风的速度,故 B、D 正确.
8. D **解析:**乙船上的乘客看到丙船和码头都向东运动,说明乙船是向西运动的,丙可能向西运动,但速度小于乙船速度;甲船上的乘客看到乙船向东运动,说明甲船是向西运动的,且甲船的速度大于乙船的速度;丙船上的乘客看到甲船向西运动,说明丙船可能处于静止状态,也可能向东运动,还可能向西运动且速度比甲船的速度小, D 正确.



巅峰挑战

9. (1) 楚人记下的是剑相对船的下落位置,故是以船为参考系.
- (2) 要想找到这把剑应以固定的物体为参考系才能准确得到其位置,可有以下方法:①记下剑掉落位置离岸上某标志物(如某棵树)的方向和距离,选择的参考系是河岸上的标志物;②在船不改变方向和速度的情况下,记下剑掉落时刻船速和航行时间,据此求出靠岸的船和剑落地

点的距离,选择的参考系是船.

规律总结 运动和静止是相对的.判断物体的运动和静止,应首先确定一个参照物,如果被研究的物体和参照物之间没有发生位置的改变,则被研究的物体是静止的,否则是运动的.参照物的选择可以是运动的,也可以是静止的,但如果被选定为参照物,这个物体就假定为不动.

第二节 时间 位移

题组 2 时间和位移



1	2	3	4	5	6	7
D	A	B	BD	BD	BCD	A

1. D 解析:“11月3日7时30分”指的是时刻,A错误;“2小时12分12秒”指的是时间间隔,B错误;“42.195公里”是路径长度,因路径不是直线,则指的是路程,C错误,D正确.
2. A 解析:取竖直向上为正方向,则该袋传单从氢气球上掉落至落地时的位移为-200 m,即方向向下;路程为200 m+2×10 m=220 m.
3. B 解析:时刻是指时间轴上的一个点,而时间间隔是指时间轴上的一段时间.学校每节课45 min,这里45 min指的是时间间隔,A错误;上午8时是指时间点,是时刻,B正确;休息10 min,这10 min是时间间隔,C错误;时间轴上8和9之间相差1 h,是时间间隔,D错误.

规律总结 区分时间与时刻,首先应明确时刻对应某个事件或运动的状态、位置,而时间间隔对应事件或运动的过程或位置变化.其次,应掌握一些表示时刻与时间间隔的关键词,如时间数值后跟“初”“末”“时”等应是时刻;如时间数值后跟“内”“中”等一般为时间间隔.

4. BD 解析:位移是指从初位置到末位置的有向线段,所以位移为 $x_{AB} = \sqrt{R^2 + R^2} = \sqrt{2}R$,方向由A指向B,故A错误,B正确;路程为运动轨迹的长度,所以路程为 $s = \frac{3}{4} \times 2\pi R = \frac{3}{2}\pi R$,路程是标量,没有方向,故C错误,D正确.

方法归纳 解决位移与路程问题的一般方法

(1) 以某物体为研究对象,选择一个研究过程.

(2) 找出研究过程的初位置和末位置,则由初位置指向末位置的有向线段就是位移.

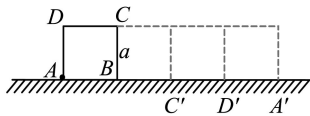
(3) 画出物体在运动过程中的运动轨迹示意图,则实际路径的总长度就是路程.

5. BD 解析:由题意可知物体在第1 s的位移为5 m-0=5 m,第2 s的位移为-1 m-5 m=-6 m,由于位移为矢量,正负号表示位移的方向,则物体在第1 s内的位

移小于第2 s内的位移,故A错误;由题意可知物体前2 s的路程为5 m+6 m=11 m,位移大小为1 m,故B正确;物体在第3 s内的位移为-4 m-(-1 m)=-3 m,小于第2 s内的位移,故C错误;在前3 s时间内,物体的位移为-4 m-0 m=-4 m,故D正确.

6. BCD 解析:图中57分钟、59分钟、1小时26分钟表示的均是时间间隔,不是时刻,故A错误;图中的公里数表示路程,则按图中方案二路线行驶时路程最长,故B正确;因为三条路线的起点与终点相同,所以三条路线的位移相同,故C正确;在研究汽车在导航图中的位置时,汽车大小和形状可以忽略,可以把汽车看作质点,故D正确.

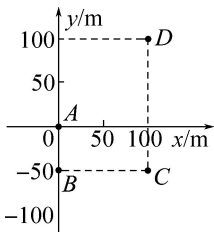
7. A 解析:设正方形的四个顶点分别为A、B、C、D,则翻滚后A、C、D各点的位置如图所示,可知A点的位移为4a.由图像可知,以B点为支点转动的过程中,A点的运动轨迹是半径为a的 $\frac{1}{4}$ 圆;以C'点为支点转动的过程中,A点的运动轨迹是半径为 $\sqrt{2}a$ 的 $\frac{1}{4}$ 圆;以D'点为支点转动的过程中,A点的运动轨迹是半径为a的 $\frac{1}{4}$ 圆,所以A点的运动路程为 $s = 2\pi \cdot \frac{a}{4} \times 2 + 2\pi \cdot \sqrt{2}a \cdot \frac{1}{4} = (1 + \frac{\sqrt{2}}{2})\pi a$,A正确.



8. (1) 取杆的下端O为坐标原点,图中A点的坐标为 $x_A = -0.8$ m,B点的坐标为 $x_B = -0.2$ m.环从A到B的过程中,位移为 $x = x_B - x_A = (-0.2 \text{ m}) - (-0.8 \text{ m}) = 0.6$ m.
- (2) 取A端为坐标原点,A点的坐标为 $x_A = 0$,B点的坐标为 $x_B = 0.6$ m.环从A到B的过程中,位移为 $x = x_B - x_A = 0.6 \text{ m} - 0 = 0.6$ m.
- (3) 由以上两问可以看出,坐标原点的不同对位置坐标有影响,对位移无影响.

巅峰挑战

9. (1) 选取A点为坐标原点,向东为x轴的正方向,向北为y轴的正方向,建立二维平面直角坐标系,如图所示,则各点坐标为:



- A(0,0)、B(0,-50 m)、C(100 m,-50 m)、D(100 m,100 m).
- (2) 该运动员的总路程为 $s = AB + BC + CD = (50 + 100 + 150)\text{m} = 300 \text{ m}$,

有向线段 AD 表示运动员的位移,大小为

$$x = \sqrt{100^2 + (150 - 50)^2} \text{ m} = 100\sqrt{2} \text{ m},$$

方向为东偏北 45° .

(3) 路程只有大小,位移既有大小,又有方向,所以要比较确切地表示该运动员的最终位置,应用位移表示.

题组 3
 位移—时间图像
 位移和时间的测量



1	2	3	4	5	6	7	8
D	A	A	ABC	C	ABC	AB	C

1. D 解析:电磁打点计时器是一种使用交流电源的计时仪器,故 A 错误;电磁打点计时器工作电压约为 8 V,能够按照相同的时间间隔,在纸带上连续打点,故 B 错误;当电源频率是 50 Hz 时,每隔 0.02 s 打一次点,故 C 错误;如果把纸带和运动的物体连在一起,纸带上各点之间的距离就表示相应时间间隔中物体的位移大小,故 D 正确.

2. A 解析:偶然误差是由操作不当等偶然因素造成的,测量时刻度尺歪斜将增大偶然误差,A 正确,C 错误;测量时如果零刻度线磨损,可以从较清楚的刻度线处开始测量,故 B 错误;偶然误差与单位无关,故 D 错误.

3. A 解析:刻度尺的分度值为 1 mm,计数点 2 的读数应记录为 9.00 cm,A 正确,B 错误;计数点 1 和 2 之间的位移是 $x = 9.00 \text{ cm} - 3.90 \text{ cm} = 5.10 \text{ cm}$,C 错误;相邻计数点间的时间间隔是 $t = 5 \cdot \frac{1}{f} = 0.1 \text{ s}$,D 错误.

4. ABC 解析:由题图可知,甲、乙都做匀速直线运动,但运动方向相反,若两者在同一直线上运动,两者一定会相遇,在 t_1 时刻,甲、乙离参考点的位移相同,即两者在同一位置上,所以两者相遇,应选 A、B、C.

5. C 解析:在 $x-t$ 图像中,图像开始时的横坐标表示初始时刻,纵坐标表示初始位置,甲、乙从计时开始同时出发,A 正确;甲出发时在原点,乙出发时在距原点正方向 x_0 处,B 正确; $x-t$ 图像斜率表示速度,乙沿正方向做匀速直线运动,甲在 $0 \sim t_1$ 和 $t_2 \sim t_3$ 沿正方向分别做匀速直线运动,但 $t_1 \sim t_2$ 在途中停止了一会儿,D 正确,C 错误.

规律总结 对于 $x-t$ 图像,应注意以下几点:

- (1) 图线是直线还是曲线:如果图线是直线,则物体可能做匀速直线运动、静止或做变速运动.
- (2) 物体开始运动的初始位置:物体开始运动的初始位置由 $t=0$ 时的位置,即纵轴的截距决定.
- (3) 物体的运动方向:随着时间的增长,如果物体的位移越来越大,则物体向前运动,速度为正.否则物体做反向运动,速度为负.
- (4) 不能将 $x-t$ 图像当作物体的运动轨迹.

6. ABC 解析:由题图可知,甲从距原点 x_0 处出发,乙由原点出发,故两物体出发点相距 x_0 ,A 正确;在 $t_1 \sim t_2$

时间段内两图线都是倾斜直线,即两物体都做匀速直线运动,B 正确;甲从计时开始出发,乙在计时后 t_1 才出发,故甲比乙早出发时间 t_1 ,C 正确;甲、乙图线的斜率分别为负值和正值,表明甲向负方向运动,乙向正方向运动,甲、乙运动方向相反,D 错误.

7. AB 解析:为了充分利用纸带,打点前小车应靠近打点计时器,先接通电源,待计时器打点稳定后再释放小车,故 A 正确;为了减小实验误差,要舍去纸带上密集点,然后选取计数点,故 B 正确;若每四个点取一个计数点,则计数点之间的时间间隔为 0.08 s,故 C 错误;实验中若小车速度过小,纸带上打的点比较密集,不利于选点和测量,实验误差较大,故 D 错误.

8. C 解析:物体 A 在 $t=3 \text{ s}$ 时刻从 $x=0$ 位置出发,物体 B 从 $t=0$ 时刻从 $x=5 \text{ m}$ 位置出发,则两物体不同时从不同位置开始运动,A 错误;前 5 s 内 A 的位移为 10 m,B 的位移为 5 m,B 错误;5 s 末 A、B 两物体位置相同,则两物体刚好相遇,C 正确; $x-t$ 图像的斜率表示速度,可知从 3 s 末开始,A 比 B 运动得快,D 错误.

9. (1) 0.02 BCDA (2) 2.70 解析:(1) 电火花计时器是使用交流电源的计时仪器,当电源的频率为 50 Hz 时,它每隔 0.02 s 打一次点.实验步骤要遵循先安装器材后进行实验的原则进行,即先安装打点计时器,再安装纸带,先接通电源再拖动纸带,打完点后要立即关闭电源,故步骤为 BCDA.

(2) A、D 两点间距 $x = 3.70 \text{ cm} - 1.00 \text{ cm} = 2.70 \text{ cm}$.

方法总结 打点计时器是一种使用交变电源的计时仪器,计时的周期即为交变电流的周期,当电源频率为 50 Hz 时,它每隔 0.02 s 打一次点,当交变电流的频率增大时,相邻两点记录的时间间隔变小.由于纸带与物体相连,纸带的运动规律与物体的运动规律是相同的,通过纸带记录物体运动的时间及在一段时间内的位移.



10. (1) 由题图可知,兔子和乌龟在同一地点,但不同时出发.

(2) 由题图可知,乌龟做匀速直线运动.

(3) 由题图可知,兔子和乌龟在比赛途中相遇两次(t_2 和 t_4 时刻),其位置坐标分别为 x_1 和 x_2 .

(4) 由题图可知,乌龟在时刻 t_6 先到达位移的终点.

第三节
 位置变化快慢的描述——速度

题组 4
 速度
 平均速度与瞬时速度



1	2	3	4	5	6	7
B	B	B	D	BD	D	D

1. B 解析:子弹射出枪口的速度是 800 m/s,以 790 m/s 的速度击中目标,这两个速度都是瞬时速度,故 A 错误;汽车从甲站行驶到乙站的速度是 40 km/h,这是一段时间内的速度,是平均速率,故 B 正确;汽车通过站牌时的速度是 72 km/h,是汽车在某一位置的速度,是瞬时速度,故 C 错误;小球第 3 s 末的速度是 6 m/s,是某一时刻的速度,是瞬时速度,故 D 错误。

2. B 解析:根据平均速度的定义式可得运动员在百米赛跑中的平均速度为 $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{100}{12.5} \text{ m/s} = 8.00 \text{ m/s}$ 。

3. B 解析:两种方式扫地机器人均从家中的 P 位置出发,扫地完成后回到 P 位置,故位移大小一定相等,但路程不一定相等,故 A 错误,B 正确;因为两种方式扫地机器人工作时间相同,根据平均速度公式 $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 及平均速率公式 $\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ 可得,平均速度大小一定相等,平均速率不一定相等,故 C、D 错误。

方法点拨 平均速度采用的是比值定义法。所谓比值定义法,就是用两个基本的物理量的“比”来定义一个新的物理量的方法。比值定义法的基本特点是被定义的物理量往往是反映物质最本质的属性,它不随定义所用的物理量的大小而改变。如压强、密度、速度等都采用了比值定义法。

4. D 解析:依题意,汽车通过该路段的路程为 66 km,位移大小为未知量,故该车的平均速度未知,故 A、B 错误;依题意,判定该车是否超速,比较的是平均速率,与瞬时速率无关,由平均速率公式可得 $\bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{66}{0.5} \text{ km/h} = 132 \text{ km/h} > 100 \text{ km/h}$,故将被判定为超速,故 C 错误,D 正确。

5. BD 解析: $x-t$ 图像表示物体做直线运动,不能表示曲线运动,A 错误; $x-t$ 图像的斜率表示物体的速度, $t=0$ 时刻甲图线的斜率大于乙图线的斜率,所以甲物体的速度大于乙物体的速度,B 正确; $x-t$ 图像中图线的交点表示两物体相遇,第二次相遇时,乙图线的斜率大于甲图线的斜率,所以乙物体的速度大于甲物体的速度,C 错误;从第一次相遇到第二次相遇两物体的位移相同,所用时间相同,根据 $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 可知,两物体的平均速度相同,D 正确。

6. D 解析:此人往返一次的位移为 0,由平均速度的定义式 $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 可知,此人往返一次的平均速度的大小为 0。设由坡顶到坡底的路程为 s ,则此过程的平均速率为 $\bar{v} = \frac{2s}{\frac{s}{v_1} + \frac{s}{v_2}} = \frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2} = 4 \text{ m/s}$,故 D 正确。

易错警示 平均速度与平均速率

(1) 平均速度 = $\frac{\text{位移}}{\text{时间}}$,即 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$;平均速率 = $\frac{\text{路程}}{\text{时间}}$,即 $v' = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ 。

(2) 运动的物体一段时间内的平均速度可能为零,但平均速率一定不为零。

(3) 只有在单向直线运动中,物体运动的平均速度的大小才等于平均速率。

7. D 解析:由题乙图可知,脉冲第一次被运动的物体反射时,物体距离 B 的距离 $x_1 = v_0 \cdot \frac{t_1}{2} = \frac{v_0 t_1}{2}$,故 A 错误;脉冲第二次被运动的物体反射时,物体距离 B 的距离 $x_2 = v_0 \cdot \frac{t_2 - \Delta t_0}{2} = \frac{v_0 (t_2 - \Delta t_0)}{2}$,故 B 错误;若 $x_2 > x_1$,说明小盒子 B 与物体的距离在增加,则物体在远离超声波发射器,故 C 错误;由题可知物体通过的位移为 $x_2 - x_1$ 时,所用时间为 $t = \frac{t_2 - \Delta t_0}{2} + \Delta t_0 - \frac{t_1}{2} = \frac{1}{2}(t_2 - t_1 + \Delta t_0)$,物体的平均速度为 $\bar{v} = \frac{x_2 - x_1}{t} = \frac{2(x_2 - x_1)}{t_2 - t_1 + \Delta t_0}$,故 D 正确。

8. (1) 从 O 到 A 的位移大小为

$$x_1 = v_1 t_1 = 4 \times 200 \text{ m} = 800 \text{ m},$$

方向由 O 指向 A。

(2) 从 A 到 B 的位移大小为

$$x_2 = v_2 t_2 = 6 \times 100 \text{ m} = 600 \text{ m},$$

则从 O 到 B 的位移大小为

$$x_{OB} = \sqrt{x_1^2 + x_2^2} = \sqrt{800^2 + 600^2} \text{ m} = 1\,000 \text{ m},$$

方向由 O 指向 B。

从 O 到 B 的平均速度大小为

$$\bar{v} = \frac{x_{OB}}{t_1 + t_2} = \frac{1\,000}{200 + 100} \text{ m/s} = \frac{10}{3} \text{ m/s},$$

方向由 O 指向 B。



巅峰挑战

9. (1) 由题图乙可知,从测速仪第一次向汽车发出信号到汽车第一次遇到信号的时间为 0.5 s,则汽车第一次遇到信号时,距测速仪的距离为 $s_1 = vt_1 = 170 \text{ m}$ 。

(2) 由题图乙可知,从测速仪第二次向汽车发出信号到汽车第二次遇到信号的时间为 0.4 s,则汽车第二次遇到信号时,距测速仪的距离为 $s_2 = vt_2 = 136 \text{ m}$ 。

汽车在两次信号的间隔过程中,行驶的距离为

$$s' = s_1 - s_2 = 170 \text{ m} - 136 \text{ m} = 34 \text{ m}.$$

由题图可知,汽车在收到两次信号之间的间隔时间是

$$t' = 2.2 \text{ s} - 0.5 \text{ s} = 1.7 \text{ s},$$

则汽车的速度为 $v' = \frac{s'}{t'} = \frac{34 \text{ m}}{1.7 \text{ s}} = 20 \text{ m/s}$.

(3) 测速仪向汽车发出三次短促的(超声波)信号,每次间隔时间相同为 1.8 s ,则第三次发出信号的时间为第 3.6 s ,则汽车从第二次遇到信号到测速仪向汽车发出第三次信号之间,汽车运动的距离为

$$s_3 = v' \Delta t = 20 \times (3.6 - 2.2) \text{ m} = 28 \text{ m},$$

此时汽车到测速仪的距离为

$$s_4 = s_2 - s_3 = 136 \text{ m} - 28 \text{ m} = 108 \text{ m}.$$

设当汽车第三次遇到超声波信号时,汽车距测速仪的距离为 s_5 ,则有

$$\frac{s_5}{340} = \frac{108 - s_5}{20},$$

解得 $s_5 = 102 \text{ m}$,

即当汽车第三次遇到超声波信号时,汽车距测速仪的距离为 102 m .

题组 5 利用打点计时器测速度 速度—时间图像



1	2	3	4	5
B	D	AC	BCD	D

1. B 解析:题图甲表示电磁打点计时器,题图乙表示电火花打点计时器,故 A 正确;电磁打点计时器使用的是约为 8 V 的交流电,电火花打点计时器使用约 220 V 的交流电,故 B 错误;两种打点计时器的打点频率与交流电源的频率一样,故 C 正确;电火花打点计时器通过火花放电来工作,纸带运动时受到的阻力比较小,故 D 正确.

2. D 解析:从倾斜滑道顶端由静止加速滑下,初速度为零,运动过程中速度逐渐增大;运动至水平滑道后,因受到摩擦作用做减速运动直到停下,末速度为零, D 正确.

3. AC 解析:根据平均速度的表达式 $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$,知时间间隔 Δt 越小,该段时间间隔内的平均速度越接近瞬时速度,由于 $2T < 3T$,可知, $\frac{\Delta x_1}{2T}$ 比 $\frac{\Delta x_2}{3T}$ 更接近 v ,故 A 正确, B 错误;根据上述分析,由于 $2T < 4T$,可知 $\frac{\Delta x_3 - \Delta x_1}{2T}$ 比 $\frac{\Delta x_3}{4T}$ 更接近 v' ,故 C 正确, D 错误.

方法总结 将平均速度转化为瞬时速度是一种极限思维.所谓极限思维,就是把所思考的问题及其条件进行理想化假设,当假设被一步步地推到极端时,问题的实质便会凸显出来.极限思维实际上是一种极限假设,这种思维方法在科学发展的过程中,特别在重大的前提性理论的建构中,有着极其主要的作用.

4. BCD 解析: $t = 5 \text{ s}$ 的速度大小为 5 m/s , $t = 22 \text{ s}$ 的速度大小为 12 m/s ,故 A 错误;从静止开始到 D 点质点速

度一直为正,运动方向不变,位移为正且逐渐增大, D 点以后位移为负,说明质点反方向运动,故 D 点所表示的状态离出发点最远,故 B 正确;整个过程中, $5 \sim 14 \text{ s}$ 的图线与横轴平行,即速度大小不变,质点做匀速直线运动,故 C 正确;质点在 $0 \sim 5 \text{ s}$ 内做单向直线运动,位移与路程大小相同, D 正确.

规律总结 $v-t$ 图像问题的三点注意

- (1) $v-t$ 图像只能描述直线运动,速度方向只有正、负两个方向, t 轴上方的图像表示物体沿正方向运动, t 轴下方的图像表示物体沿负方向运动. $v-t$ 图像与坐标轴所围面积表示位移.
- (2) 速度方向是否改变看与时间轴有无交点,在与时间轴的交点位置,纵坐标的符号改变,表示速度方向改变.
- (3) $v-t$ 图像中的折点并不表示物体运动的方向发生变化.

5. D 解析:该打点计时器为电磁打点计时器,应接在交流电源上, A 错误;当打点计时器正常工作时,纸带上点迹越密的地方,表示通过该段长度所需时间越长,故纸带的运动速度越小, B 错误;纸带上相邻两点间的时间间隔为 $T = \frac{1}{f} = 0.02 \text{ s}$,故 C 错误;若纸带上打出 D、F 两点

的时间间隔为 Δt ,两点间距离为 Δx ,则可以用 $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 大致表示打下 E 点时纸带的瞬时速度,故 D 正确.

6. (1) BC (2) 0.1 1.18

解析:(1) 密集的地方物体运动的速度比较小, A 错误, B 正确;打点的时间间隔是确定的,点不均匀说明物体速度变化,物体做变速运动, C 正确, D 错误.

(2) 相邻计数点间的时间间隔为 $T = 5 \times \frac{1}{f} = 0.1 \text{ s}$, D 点为 CE 的中间时刻,因此 D 点的速度等于 CE 间的平均速度 $v = \frac{x_{CE}}{2T} = \frac{(10.81 + 12.70) \times 10^{-2}}{2 \times 0.1} \text{ m/s} = 1.18 \text{ m/s}$.

易错警示 计时点、计数点,每五个点、每隔五个点的区别

- (1) 打点计时器在纸带上打出的每个点迹叫作计时点,我们通常用的打点计时器打出的两个相邻点迹(计时点)的时间间隔为 0.02 s .
- (2) 为了方便研究运动规律,从纸带上有规律地取出部分计时点,并加以标号,这些被取出并标号的计时点叫作计数点.计数点是根据需要所取的部分计时点.
- (3) 每五个点作为一个计数点,则实际时间间隔为五个;每隔五个点作为一个计数点,则实际时间间隔为六个.

7. (1) 交流 电火花 (2) C (3) 加速 0.10 0.30 0.34

解析:(1) 本实验除打点计时器(含纸带、墨粉纸盘)外还必须使用的主要仪器有交流电源;本实验使用的打点计时器是电火花计时器.

(2) 利用平均速度代替瞬时速度造成的误差属于系统误

差,A 错误;纸带上打的点越密集说明纸带运动速度越小,B 错误;先接通电源,待打点计时器正常工作时,再释放纸带,C 正确。

(3) 从 A 点开始,相邻点间距逐渐增加,则纸带的运动是加速运动;每打五个点取一个计数点,则图中标出的相邻两计数点的时间间隔 $T=0.10\text{ s}$;打出 A、E 这两点的时间间隔中,纸带运动的平均速度大小为 $\overline{v_{AE}} = \frac{x_{AE}}{4T} =$

$$\frac{0.12}{0.4}\text{ m/s}=0.30\text{ m/s}, D \text{ 点的瞬时速度为 } v_D = \frac{x_{CE}}{2T} = \frac{0.12-0.052}{0.2}\text{ m/s}=0.34\text{ m/s}.$$

规律总结 使用打点计时器时应注意以下几点

- (1) 实验前,应将打点计时器固定好,以免拉动纸带时晃动;要检查打点的稳定性和清晰程度。
- (2) 应先接通电源,待打点计时器稳定后再拉动纸带。拉动纸带时,速度应适当快一些,以防点迹太密集。
- (3) 打点计时器不能连续工作太长时间,打点之后应立即关闭电源。

巅峰挑战

8. (1) 物体在 $0\sim 1\text{ s}$ 时间内速度均匀增大,初速度为零,末速度为 4 m/s ,平均速度大小为 $v_1=2\text{ m/s}$,所以物体在 $0\sim 1\text{ s}$ 内的位移 $x_1=v_1t_1=2\times 1\text{ m}=2\text{ m}$ 。物体在 $1\sim 3\text{ s}$ 内速度均匀减小,末速度为零,初速度为 4 m/s ,平均速度大小为 $v_2=2\text{ m/s}$,所以物体在 $1\sim 3\text{ s}$ 内的位移 $x_2=v_2t_2=2\times 2\text{ m}=4\text{ m}$, $t=3\text{ s}$ 时速度改变方向,此时物体距出发点最远,距离 $x=x_1+x_2=6\text{ m}$ 。

一题多解 $v-t$ 图像与坐标轴所围面积表示位移,故最远距离 $x=\frac{1}{2}\times 3\times 4\text{ m}=6\text{ m}$ 。

(2) 物体在 $3\sim 4\text{ s}$ 内速度均匀增大,初速度为零,末速度为 -2 m/s ,平均速度为 $v_3=-1\text{ m/s}$,所以物体在 $3\sim 4\text{ s}$ 内的位移 $x_3=v_3t_3=-1\times 1\text{ m}=-1\text{ m}$ 。所以前 4 s 的位移为 $x'=x_1+x_2+x_3=5\text{ m}$ 。

一题多解 前 4 s 内物体位移

$$x'=\frac{1}{2}\times 5\times 4\text{ m}-\frac{1}{2}\times 1\times 2\text{ m}=5\text{ m}.$$

(3) 前 4 s 内的路程为 $s=x+|x_3|=7\text{ m}$,

前 4 s 内物体的平均速率 $\overline{v}=\frac{s}{t}=\frac{7}{4}\text{ m/s}$ 。

综合提优 1(第一~三节)

答案速查

1	2	3	4	5	6	7
D	B	BD	C	A	D	BD

1. D **解析**:“6.5 小时”指一段时间,表示时间间隔,A 错误;“11 时 14 分”是时间点,表示时刻,B 错误;在飞船发射后,运行过程中运动轨迹不是直线,“5 000 千米”是飞船运行轨迹的长度,表示路程,C 错误;研究飞船与天和核心舱对接过程,飞船的大小和形状不能忽略,飞船不能看成质点,D 正确。

2. B **解析**:使用电磁打点计时器应该把纸带穿过限位孔,再把套在轴上的复写纸片压在纸带的上面,故 A 正确;实验时应先接通电源,再拉动纸带,可在纸带上打出更多的点,纸带的利用率更高,故 B 错误;拉动纸带的方向与限位孔平行可减小摩擦,故 C 正确;电磁打点计时器使用的是低压交流电源,故 D 正确。

3. BD **解析**:“5 km”指的是路程,故 A 错误;标牌上的“50”“60”字样代表平均速率为 50 km/h 、 60 km/h ,故 B 正确;根据标牌可知,小汽车通过该测速区间的最短时间

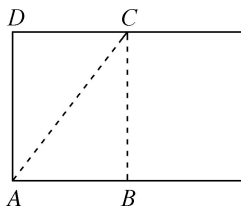
$$t=\frac{s}{v_m}=\frac{5}{60}\text{ h}=5\text{ min}>4.5\text{ min}, \text{ 可知该小汽车区间测速超速,故 C 错误,D 正确。}$$

4. C **解析**: $s-t$ 图像只能描述直线运动中位移 s 与时间 t 的关系,不是实际的运动轨迹,不能描述曲线运动,故 A 错误; $s-t$ 图像中 t_1 时刻图线 1 的斜率大于图线 2 的斜率,则此时刻物体 1 的速度大于物体 2 的速度,故 B 错误; $v-t$ 图像中 $0\sim t_3$ 时间内,物体 4 的速度一直比物体 3 的大,故物体 4 的位移大于物体 3 的位移,时间相等,则物体 4 的平均速度大于物体 3 的平均速度,故 C 正确; $v-t$ 图像中,纵坐标的正、负表示速度方向,则由题图可知, t_4 时刻物体 4 的速度方向不变,故 D 错误。

5. A **解析**:根据瞬时速度的定义可知,从理论上讲,选取包含 F 点在内的位移间隔越小,用 $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 计算的结果越接

近于 F 点的瞬时速度,故 A 正确;在实验中,用 $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 计算出来的 F 点的瞬时速度比实际速度大,故 B 错误;测量误差是不可避免的,但是在测量过程中可以通过选用准确度较高的测量仪器、改进实验方法等减小测量误差,从实验的角度看,如果选取包含 F 点在内的位移间隔稍大,对测量过程中操作、读数来说都更方便准确,故 C、D 错误。

6. D **解析**:由图可知, $AD=h=30\text{ cm}$,根据几何关系,半圆弧的长度为 $\widehat{DC}=\frac{1}{2}\times 2\pi r=\frac{1}{2}\times 2\pi\times \frac{d}{2}=60\text{ cm}$,故蚂蚁爬行过程中路程为 $s=AD+\widehat{CD}=30\text{ cm}+60\text{ cm}=90\text{ cm}$,由图可知, $CD=d=40\text{ cm}$,位移的大小为 $x=\sqrt{AD^2+CD^2}=50\text{ cm}$,故 A、B、C 错误;若沿圆柱侧面到 C 点,将圆柱展开,如图所示,则最短路程为 $s_{\min}=AC=\sqrt{AD^2+\widehat{DC}^2}=\sqrt{30^2+60^2}\text{ cm}=30\sqrt{5}\text{ cm}$,故 D 正确。



7. BD 解析:汽车第一次反射电波时,汽车与雷达的距离为 $s_1 = \frac{1}{2}ct_1$,则第一次接收电波时汽车与雷达的距离不为 $\frac{1}{2}ct_1$,故 A 错误;第二次反射电磁波时,汽车与雷达的距离为 $s_2 = \frac{1}{2}ct_2$,故 B 正确;汽车两次反射电波的时间间隔内的位移为 $\Delta s = s_1 - s_2 = \frac{1}{2}c(t_1 - t_2)$,两次反射电波的时间间隔为 $\Delta t = t - \frac{1}{2}(t_1 - t_2)$,则汽车的速度为 $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{c(t_1 - t_2)}{2t - t_1 - t_2}$,故 C 错误,D 正确.

8. (1) 2.0 (2) 偏大 (3) $\frac{2s}{\Delta t'}$

解析:(1) 遮光条通过光电门的平均速度为 $\bar{v} = \frac{d}{\Delta t} =$

$$\frac{0.50 \times 10^{-2}}{2.5 \times 10^{-3}} \text{ m/s} = 2.0 \text{ m/s}.$$

(2) 由于光电门的光源射出的光有一定的粗细,且当遮光条遮住光源射出光的 80%,认为光被遮住,即挡光时间变短,所以平均速度的测量值比真实值偏大.

(3) 若采用 U 形挡光片,则数字计时器显示两次开始遮光的时间间隔内,滑块的位移为 $2s$,所以 $v' = \bar{v} = \frac{2s}{\Delta t'}$.

9. (1) 在车上的观察者看来两小球相对于车都做速率为 v_0 的匀速直线运动,到达车的前后壁的时间均为

$$t = \frac{L}{2v_0},$$

即两小球同时到达前后壁.

(2) 设向右为正方向,在地上的观察者看来,车行驶的速度为 v ,小球 B 的速度为 $v_B = v + v_0$,

小球 A 的速度为 $v_A = v - v_0$,

A 球到达后车壁的时间满足 $\frac{L}{2} = vt_A + v_A t_A$,

B 球到达前车壁的时间满足 $\frac{L}{2} = v_B t_B - vt_B$,

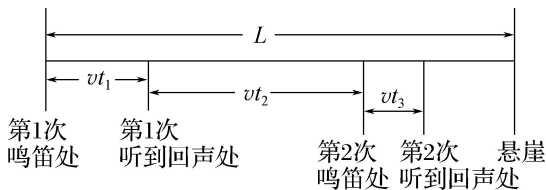
联立解得 $t_A = t_B$,

即两小球同时到达车的前后壁.

规律总结 对瞬时速度的理解要把握瞬时速度的“三性”,即方向性、瞬时性、相对性.相对性是指相对的哪个参考系,当变换参考系时,同一物体的速度对不同参考系而言可能是不相同的.

10. (1) 汽车从第一次鸣笛到听到回声这段时间内声音传播的距离 $s = v_{\text{声}} t = 340 \text{ m/s} \times 6 \text{ s} = 2040 \text{ m}$.

(2) 设客车第一次鸣笛时与悬崖的距离为 L ,客车匀速行驶的速度为 v ,整个过程如图所示.



因第一次鸣笛时客车到悬崖距离的 2 倍等于声音传播距离与汽车行驶距离之和,即

$$2L = v_{\text{声}} t_1 + vt_1.$$

听到回声后又行驶 $t_2 = 16 \text{ s}$ 时,客车离悬崖的距离为 $L - vt_1 - vt_2$,

因司机第二次鸣笛时客车到悬崖的距离的 2 倍等于声音传播距离与汽车行驶距离之和,所以有

$$2(L - vt_1 - vt_2) = v_{\text{声}} t_3 + vt_3,$$

$$\text{可得 } v = \frac{v_{\text{声}}(t_1 - t_3)}{t_1 + 2t_2 + t_3} = 34 \text{ m/s}.$$

客车第一次鸣笛时与悬崖的距离

$$L = \frac{1}{2}(v_{\text{声}} + v)t_1 = 1122 \text{ m}.$$

(3) 因为 $34 \text{ m/s} = 122.4 \text{ km/h} > 120 \text{ km/h}$,所以客车是超速行驶.



巅峰挑战

11. BC 解析:脉冲信号的发射周期 $T = \frac{1}{f} = 0.1 \text{ s}$,由于上、下两列波形分别为发射信号与接收信号,显示屏右侧脉冲信号早于左侧脉冲信号,根据图乙知,同一脉冲信号从发射到接收的时间 $t = \frac{2}{10}T + nT = (0.02 + 0.1n) \text{ s}$

($n = 0, 1, 2, \dots$),设敌舰离潜艇的距离为 d ,则有 $2d = vt$,解得 $d = (15 + 75n) \text{ m}$ ($n = 0, 1, 2, \dots$),当 $n = 0$ 时,解得 $d = 15 \text{ m}$;当 $n = 1$ 时,解得 $d = 90 \text{ m}$;当 $n = 2$ 时,解得 $d = 165 \text{ m}$;当 $n = 3$ 时,解得 $d = 240 \text{ m}$.可知,敌舰离潜艇的距离可能为 90 m 、 165 m .

第四节 速度变化快慢的描述——加速度

题组 6 加速度的计算

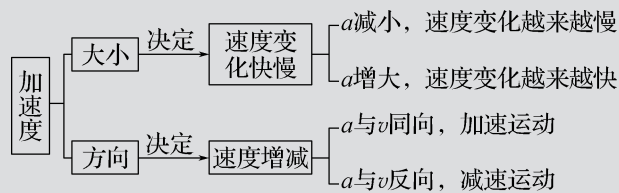


1	2	3	4	5	6	7
D	B	C	B	C	B	B

1. D 解析:加速度 $a < 0$,若 $v < 0$,则物体做加速运动,A 错误;加速度 $a > 0$,若 $v < 0$,物体做减速运动,B 错

误;由 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 可知,加速度 a 的方向与速度增量 Δv 的方向一定相同,C 错误;如果物体的加速度 a 的方向与初速度 v_0 的方向相同,则物体做加速运动,D 正确.

规律总结 关于确定物体是加速运动还是减速运动,一定要判明初始速度与末速度的方向关系,如果方向不明,则加速度就会存在多解的可能.



“+”“-”只表示加速度的方向,不表示大小

2. B 解析:物体做加速运动还是减速运动,取决于物体的加速度与速度的方向是否一致,A 错误;加速度是描述速度变化快慢的物理量,加速度大,速度变化一定快,B 正确;加速度的大小与速度变化量无必然联系,C 错误;当加速度与速度方向相同时,物体做加速运动,加速度减少则速度增加得慢,D 错误.

规律总结 速度和加速度的大小无直接关系,速度大,加速度不一定大;加速度大,速度也不一定大.速度和加速度的方向无直接关系,加速度与速度的方向可能相同或相反,也可能不在一条直线上.决定加速度的是速度的变化量及对应的时间.

3. C 解析:根据加速度的定义式 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$,可算得货轮的加速度的大小为 0.02 m/s^2 ,火箭的加速度大小为 10 m/s^2 ,蜻蜓的加速度大小为 11.4 m/s^2 ,汽车的加速度大小为 3.2 m/s^2 ,所以蜻蜓的加速度最大,C 正确.

4. B 解析:取竖直向上为正方向,手机与地面碰撞过程中的速度变化量为 $\Delta v = v - v_0 = 1 \text{ m/s} - (-6) \text{ m/s} = 7 \text{ m/s}$,手机与地面碰撞过程中的平均加速度为 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{7}{0.01} \text{ m/s}^2 = 700 \text{ m/s}^2$,故 B 正确.

5. C 解析:根据加速度的定义 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$,速度的变化方向与加速度方向一致.表示初速度和末速度的有向线段箭尾重合,从初速度的箭头指向末速度的箭头的有向线段表示速度的变化量.甲、丁图示速度的变化量方向与加速度标识正确且方向一致.乙、丙图示速度的变化量标识错误,丙图加速度方向标识错误,故 C 正确.

6. B 解析:劣马速度小,但时间长,故劣马走的距离远,故 A 错误;根据加速度定义式 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$,可知相同时间内千里马的速度变化量更大,那么它的加速度更大,故 B 正确;根据加速度定义式 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{\Delta t}$,可知若千里马

加速度更大,那么它的速度不一定大,即千里马速度不一定会比劣马速度大,故 C 错误;马的加速度减小,它的速度不一定减小,如加速度与速度同向时,物体可做加速度减小的加速运动,故 D 错误.

7. B 解析:由题设所给的公式可知,G 值越大,该车的加速度越大,速度的变化率越大,但车辆的速度增加不一定越多,故 A 错误,B 正确;100 km/h 是指车辆百千米加速的瞬时速度,故 C 错误;根据 $G = \frac{\Delta v}{\Delta t} \times 10$,其中 $\Delta v = \frac{100}{3.6} \text{ m/s}$,所以标识为 45 TFSI 的车辆百千米加速时间约为 $\Delta t = 6.2 \text{ s}$,故 D 错误.

8. (1) 篮球从空中下落过程的平均速度的大小为

$$\bar{v}_1 = \frac{h_1}{t_1} = \frac{8}{1.5} \text{ m/s} \approx 5.33 \text{ m/s}.$$

(2) 以竖直向下为正方向,则篮球与地面碰撞过程的平均加速度

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-5 - 15}{0.2} \text{ m/s}^2 = -100 \text{ m/s}^2,$$

负号表示加速度方向竖直向上.

(3) 篮球从开始下落到反弹至最高点过程的位移为

$$\Delta h = h_1 - h_2 = 8 \text{ m} - 1.2 \text{ m} = 6.8 \text{ m},$$

$$\text{则平均速度的大小为 } \bar{v}_2 = \frac{\Delta h}{t_1 + t_2 + t} = 3.09 \text{ m/s}.$$



巅峰挑战

9. (1) 货车的速度大小为

$$v_1 = 72 \text{ km/h} = 20 \text{ m/s},$$

货车的加速度大小为

$$a_1 = \frac{v_1}{t_1} = \frac{20}{4} \text{ m/s}^2 = 5 \text{ m/s}^2,$$

摩托车的速度大小为

$$v_2 = 54 \text{ km/h} = 15 \text{ m/s},$$

摩托车的加速度大小为

$$a_2 = \frac{v_2}{t_2} = \frac{15}{3} \text{ m/s}^2 = 5 \text{ m/s}^2,$$

所以货车的加速度与摩托车的加速度大小之比为

$$\frac{a_1}{a_2} = 1 : 1.$$

(2) 摩托车碰撞前的速度大小为

$$v_2 = 54 \text{ km/h} = 15 \text{ m/s},$$

摩托车碰撞后的速度大小为

$$v_1 = 72 \text{ km/h} = 20 \text{ m/s},$$

取摩托车的碰后速度方向为正方向,则两车相碰撞时摩托车驾驶员的加速度大小为

$$a = \frac{v_1 - (-v_2)}{t} = \frac{20 + 15}{2 \times 10^{-3}} \text{ m/s}^2 = 17\,500 \text{ m/s}^2 > 500g = 5\,000 \text{ m/s}^2,$$

因此摩托车驾驶员有生命危险.

题组7 利用图像求加速度



1	2	3	4	5	6
C	ACD	D	D	C	D

1. C 解析:由单位换算可知 $36 \text{ km/h} = 10 \text{ m/s}$, 根据 $v-t$ 图像的斜率表示加速度, 则刹车的加速度为 $a = \frac{0-10}{2.4-0.4} \text{ m/s}^2 = -5 \text{ m/s}^2$, C 正确, A、B、D 错误.

2. ACD 解析:图像的斜率等于加速度, 可知运动员在 $0 \sim 10 \text{ s}$ 内的加速度逐渐减小, A 正确; 若运动员在 $0 \sim 10 \text{ s}$ 内加速度恒定, 则平均速度为 10 m/s , 而运动员在 $0 \sim 10 \text{ s}$ 内的加速度逐渐减小, 故平均速度不等于 10 m/s , B 错误; 在 $10 \sim 15 \text{ s}$ 内图像斜率逐渐减小, 可知加速度逐渐减小, C 正确; 若运动员在 $10 \sim 15 \text{ s}$ 内做匀减速直线运动, 则位移 $x = \frac{20+10}{2} \times 5 \text{ m} = 75 \text{ m}$, 而运动员在 $10 \sim 15 \text{ s}$ 内做加速度减小的减速运动, 则位移小于 75 m , D 正确.

3. D 解析:根据急动度的物理意义可知, $j-t$ 图像的面积表示加速度的变化量. 由图像可知, 在 $0 \sim 5 \text{ s}$ 内, 图像的面积逐渐增大, 则可知汽车的加速度逐渐增大, A 错误; 根据图线与时间轴围成的面积表示加速度的变化量可知, 汽车在 $0 \sim 5 \text{ s}$ 内加速度变化量 $\Delta a > \frac{1}{2} \times 5.0 \times 0.8 \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$, B 错误; 在 $0 \sim 10 \text{ s}$ 内, $j-t$ 图像与时间轴围成的面积始终在增加, 则说明加速度在不断变大, 而该过程为汽车的启动过程, 从而可知汽车的速度不断增加, 10 s 末时速度最大, C 错误, D 正确.

4. D 解析: $v-t$ 图像斜率表示加速度, 可知乙的加速度逐渐减小, A 错误; 在 t_1 到 t_2 时间内甲的图像始终在乙的图像上方, 即甲的速度大于乙的速度, 但甲、乙在 t_1 时刻的位置关系未知, 故无法判断甲、乙之间的距离如何变化, B 错误; $t_1 \sim t_2$ 时间内甲的平均速度为 $\frac{v_1+v_2}{2}$, 而乙的速度总小于甲的速度, 所以乙的平均速度小于 $\frac{v_1+v_2}{2}$, C 错误; 由图像可知 t_2 时刻甲的斜率绝对值大于乙, 故 t_2 时刻甲的加速度大于乙的加速度, D 正确.

5. C 解析:甲图为 $x-t$ 图像, 斜率表示速度, 汽车 2 的速度先减小后增大; $0 \sim 4 \text{ s}$ 时间内, 汽车 1 和 2 的位移均为 20 m , 平均速度相等, 则 A、B 错误; 乙图为 $v-t$ 图像, 斜率表示加速度, 汽车 3 加速度恒定, 大小为 $a_3 = \frac{20}{4} \text{ m/s}^2 = 5 \text{ m/s}^2$, $0 \sim 4 \text{ s}$ 时间内, 汽车 3 和 4 的速度变化量均为 20 m/s , 平均加速度相等, C 正确, D 错误.

解题技巧 运动图像的应用技巧

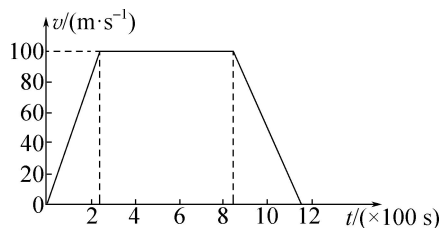
1. 确认是哪种图像, $v-t$ 图像还是 $s-t$ 图像.
2. 理解并熟记五个对应关系.
 - (1) 斜率与加速度或速度对应.
 - (2) 纵截距与初速度或初始位置对应.
 - (3) 横截距对应速度或位移为零的时刻.
 - (4) 交点对应速度或位置相同.
 - (5) 拐点对应运动状态发生改变.

6. D 解析:由图知 $0 \sim 2 \text{ s}$ 内, 物体加速度为 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{12-6}{2} \text{ m/s}^2 = 3 \text{ m/s}^2$, 故 A 错误; $2 \sim 4 \text{ s}$ 内, 物体位移为 $x = vt = 12 \times 2 \text{ m} = 24 \text{ m}$, 故 B 错误; $6 \sim 7 \text{ s}$ 内, 物体做速度方向向西的加速直线运动, 图像斜率不变, 故加速度不变, 故 C 错误; $0 \sim 6 \text{ s}$ 内物体沿正方向运动, $6 \sim 12 \text{ s}$ 内物体沿负方向运动, 所以 $0 \sim 12 \text{ s}$ 内物体在第 6 s 时离出发点最远, 故 D 正确.

7. (1) 列车启动过程, 初速度为 0 , 末速度为 $v = 100 \text{ m/s}$, 所用时间 $t = 250 \text{ s}$, 设运动方向为正方向, 则加速度 $a_{\text{加}} = \frac{v-0}{t} = 0.4 \text{ m/s}^2$, 方向与运动方向相同.

列车做匀减速直线运动, 初速度为 $v = 100 \text{ m/s}$, 末速度为 0 , 所用时间为 $t' = 300 \text{ s}$, 则加速度 $a_{\text{减}} = \frac{0-v}{t'} = -0.33 \text{ m/s}^2$, 负号表示加速度方向与运动方向相反.

(2) 高速列车先做匀加速运动, 再做匀速运动, 最后做匀减速运动, 其 $v-t$ 图像如图所示.



巅峰挑战

8. C 解析: $v-t$ 图像的斜率表示加速度, 可得和谐号的加速度为 $a_1 = \frac{72-60}{24} \text{ m/s}^2 = \frac{1}{2} \text{ m/s}^2$, 复兴号的加速度为 $a_2 = \frac{72-60}{24-8} \text{ m/s}^2 = \frac{3}{4} \text{ m/s}^2$, 则 15 s 末和谐号的加速度比复兴号的小, 故 A 错误; 因 $t=0$ 时两车车头刚好并排, 在 0 到 24 s 内和谐号的速度大于复兴号的速度, 两者的距离逐渐增大, 速度相等后两者的距离缩小, 则在 24 s 末两车头相距最远, 故 B 错误; 由 $a_2 = \frac{v_m-60}{32-8} \text{ m/s}^2 = \frac{3}{4} \text{ m/s}^2$, 可得题图乙中复兴号的最大速度为 $v_z =$

78 m/s,故 C 正确;0 到 8 s 内,复兴号做匀速运动,故 D 错误.

章末综合·真题精选



1	2	3	4	5	6
C	C	B	C	C	D

1. C 解析:“神舟”十五号飞船和空间站“天和”核心舱成功对接后,在轨绕地球运动,选地球为参考系,两者都是运动的,A、B 错误;“神舟”十五号飞船和空间站“天和”核心舱成功对接后,两者保持相对静止,C 正确,D 错误.
2. C 解析:研究甲、乙、丁图运动员完成相应动作时,运动员的形状和体积对所研究问题的影响不能够忽略,此时运动员不能够视为质点,故 A、B、D 错误;研究丙图运动员在百米比赛中的平均速度时,运动员的形状和体积对所研究问题的影响能够忽略,此时运动员能够视为质点,故 C 正确.
3. B 解析:研究甲图中排球运动员扣球动作时,排球的形状和大小不能忽略,故不可以看成质点,故 A 错误;研究乙图中乒乓球运动员的发球技术时,要考虑乒乓球的大小和形状,则乒乓球不能看成质点,故 B 正确;研究丙图中羽毛球运动员回击羽毛球动作时,羽毛球大小不可以忽略,故 C 错误;研究丁图中体操运动员的平衡木动作时,运动员身体各部分分别有转动和平动,各部分的速度不可视为相同,故 D 错误.
4. C 解析:根据位移概念可知,该次作业中小车相对地面的位移为 $x = \sqrt{x_1^2 + x_2^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} \text{ m} = 10 \text{ m}$,故 C 正确.
5. C 解析:运动员跑步比赛过程中,运动过程中的加速度不一定恒定,跑到 30 m 处时,秒表计时为 3.29 s,故可计算出这段时间内的平均速度,但无法算出这段时间的瞬时速度,C 正确.
6. D 解析:由题意可知从 O 到 N 处的路程为 $s_{ON} = s_{OM} + s_{MN} = 585 \text{ m} + 304 \text{ m} = 889 \text{ m}$,故 A 错误;位移的大小为两点之间的直线距离,从 O 到 N 处的位移大小小于 $s_{ON} = 889 \text{ m}$,故 B 错误;平均速率为路程与时间的比值,故从 O 行驶到 M 处的平均速率为 $\bar{v}_{OM} = \frac{s_{OM}}{t_{OM}} = \frac{585}{61} \text{ 米/天} \approx 9.60 \text{ 米/天}$,故 C 错误;平均速度大小为位移与时间的比值,则从 M 行驶到 N 处的平均速度为 $\bar{v}_{MN} = \frac{x_{MN}}{t_{MN}} = \frac{234}{23} \text{ 米/天} \approx 10 \text{ 米/天}$,故 D 正确.

第二章 匀变速直线运动的研究

第一节 实验:探究小车速度随时间变化的规律

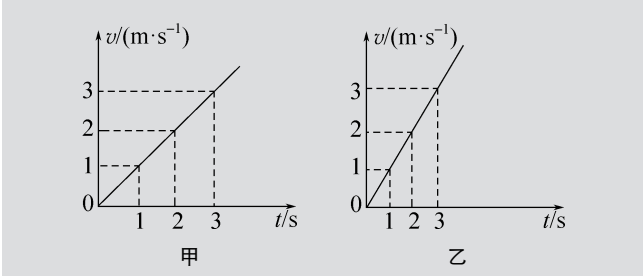
实验组 8 实验原理与误差分析 实验拓展与创新



1	2	3
AC	B	C

1. AC 解析:实验中调节滑轮的高度使小车、纸带、细绳和定滑轮上边缘在一条直线上,A 正确;要适当地选取坐标轴的单位长度使图像尽量分布在坐标平面内,B 错误;开始前要先接通电源后松开纸带,打完点要先断开电源后取纸带,C 正确;钩码的质量要适中,不要太大也不要太小,D 错误.
2. B 解析:任何实验都会存在一定的误差,由于有误差的存在, $v-t$ 图像中的数据点不可能严格在一条直线上,只能大致地分布在一条直线上;如果有些数据离直线很远,说明这个数据很可能是错误的,所以①③错误,②④正确,故选 B.
3. C 解析:利用方法 A 求出的加速度的偶然误差较大.在方法 D 中,加速度实际上仅由始末两个速度决定,偶然误差也比较大.只有利用实验数据画出对应的 $v-t$ 图像,才可充分利用各次测量数据,减少偶然误差.由于在物理图像中,两坐标轴的分度大小往往是不相等的,根据同一组数据,可以画出倾角不同的许多图像,故方法 B 是错误的.应根据图像找出在图线上相距较远的两个点,然后利用公式 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 算出加速度,即方法 C.

易错提醒 若两坐标轴的“单位长度”相等,作出 $v-t$ 图像如图甲所示,此时倾角 $\alpha = 45^\circ$;若时间轴的“单位长度”只有速度轴“单位长度”的一半, $v-t$ 图像如图乙所示,此时 $\alpha > 45^\circ$. 因此,两种情况下测量出的图像倾角不同,则由 $a = \tan \alpha$ 求出的加速度值是不同的.无论取的“单位长度”是否相同,由 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 求得的加速度值总是相同的.



4. (1) 电火花打点计时器 交流 220 V (2) D

(3) 0.1 0.57

解析: (1) 图乙是电火花打点计时器,其电源采用的是交流 220 V.

(2) 在测量物体速度时,应先接通打点计时器的电源,后让物体运动,A 错误;电磁打点计时器使用 8 V 左右交流电源;电火花打点计时器使用 220 V 交流电源,B 错误;使用的电源频率越高,打点周期越小,则打点的时间间隔就越小,C 错误;纸带上打的点越密,说明物体运动得越慢,D 正确.

(3) 相邻两个计数点间的时间间隔为 $T=0.02\text{ s}\times 5=0.1\text{ s}$,打点 B 时小车的速度大小 $v_B=\frac{x_{AC}}{2T}=\frac{(5.60+5.80)\times 10^{-2}}{0.2}\text{ m/s}=0.57\text{ m/s}$.

5. (1) $\frac{d}{t}$ (2) 1.0 2.5 (3) 加速

解析: (1) 小车上的遮光板宽度为 d ,小车通过光电门时,计时器记录的时间为 t ,则小车通过光电门的速度为 $v=\frac{d}{t}$.

(2) 小车通过 A、B 两光电门的速度分别为 $v_A=\frac{d}{t_A}=1.0\text{ m/s}$, $v_B=\frac{d}{t_B}=2.5\text{ m/s}$.

(3) 因为小车通过 B 光电门的速度大于通过 A 光电门的速度,说明小车下滑时速度越来越大,即小车沿斜面向下做加速运动.

6. (1) 乙 (2) 丁 (3) 0.34 0.40 (4) C

解析: (1) 电磁打点计时器中有线圈和永久磁铁,电火花打点计时器具有墨粉,故应选用图中的乙打点计时器.

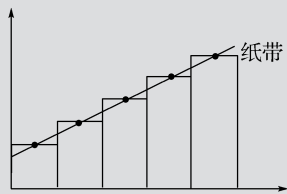
(2) 打点计时器应使用交流电,图中接线正确的是丁.

(3) 由于相邻计数点之间有四个点未画出,则相邻计数点的时间间隔为 $T=\frac{5}{f}=0.1\text{ s}$.根据匀变速直线运动中时间中点的速度等于该过程中的平均速度,有 $v_D=\frac{x_{CE}}{2T}=\frac{120.0-52.0}{2\times 0.1}\times 10^{-3}\text{ m/s}=0.34\text{ m/s}$.根据逐差法得加速度为 $a=\frac{x_{CE}-x_{AC}}{4T^2}=\frac{120.0-52.0-52.0}{4\times 0.1^2}\times 10^{-3}\text{ m/s}^2=0.40\text{ m/s}^2$.

(4) 如果将纸条上端中心连起来,得到的直线是纸带的 $v-t$ 图像,该图像斜率表示加速度,戊图中的加速度小于己图中的加速度,故 A、B 错误;根据匀变速直线运动中时间中点的速度等于该过程中的平均速度,所以打第三个计数点时,戊物体的速度比己小,故 C 正确;根据图像在纵轴上的截距不为零,所以打第一个计数点时,物体的速度不可能为零,故 D 错误.

知识拓展 运用等效替代法处理纸带

由于实验中用于打点的纸带宽度相同,因此可以选择一条点迹清晰的纸带,标上计数点,然后将纸带从相邻计数点处剪下,连续剪下 4~6 段,分别贴上双面胶带,然后底边对齐排列贴在白纸上.如图所示,纸带的排列为阶梯状.这种排列也反映了小车运动的规律,因为每段的长度对应小车在相等时间内的位移,纸带的宽度等效为时间,纸带长度均匀增加,说明小车运动的平均速度均匀增大,因此这个图可以等效为小车运动的 $v-t$ 图像,从图像中可以看出,小车运动的速度随时间均匀增加.



巅峰挑战

7. (1) 交流 0.02 (2) BD (3) 刻度尺 (4) ①0.10 26.30 ②见解析 小车速度随时间均匀增大 ③0.50 ④12.00 打 A 点时小车的速度 (5) 偏大

解析: (1) 常见的打点计时器使用的都是交流电源.当电源频率为 50 Hz 时,每隔 $\Delta t=\frac{1}{f}=\frac{1}{50}\text{ s}=0.02\text{ s}$,打一个点.

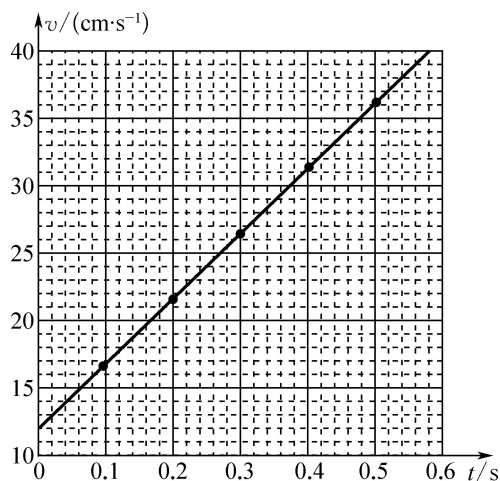
(2) 应先接通电源打点,待打点稳定后,再释放纸带运动,这样纸带可以得到充分利用,记录更多的数据,以减小实验误差,A、C 错误,B 正确;纸带上相邻两计数点间的时间间隔相同,纸带上的点迹越密集,说明在相同时间内纸带通过的距离越小,因此说明纸带运动的速度越小,D 正确.

(3) 要测量小车的速度,除打点计时器(含所用电源、纸带、墨粉纸盘)外还必须使用的测量工具是刻度尺,刻度尺用来测量纸带上计数点间距离.

(4) ①纸带上每相邻的两个计数点间还有四个点未画出,打点计时器所用电源的频率是 50 Hz.可知两计数点间的时间间隔为 $T=5\times\frac{1}{f}=5\times\frac{1}{50}\text{ s}=0.10\text{ s}$,在某段时间内中间时刻的瞬时速度等于这段时间内的平均速度,可得打 D 点时小车的速度为 $v_D=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{x_{CE}}{2T}=\frac{2.38+2.88}{2\times 0.1}\text{ cm/s}=26.30\text{ m/s}$.②由 $v_B=16.50\text{ cm/s}$, $v_C=21.40\text{ cm/s}$, $v_D=26.30\text{ m/s}$, $v_E=31.35\text{ cm/s}$, $v_F=36.30\text{ cm/s}$,在坐标系中作出小车运动的 $v-t$ 图像(以打 A 点时开始计时)如图所示.由 $v-t$ 图像可知,在误差允许的范围,小车速度随时间均匀增大,即小车做匀加速直线运动.③根据图线可得小车运动的加速度为 $a=$

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_F - v_B}{t_F - t_B} = \frac{36.30 - 16.5}{0.5 - 0.1} \times 10^{-2} \text{ m/s}^2 = 0.50 \text{ m/s}^2.$$

④将图线延长与纵轴相交,交点的纵坐标是 12.00 cm/s,此速度的物理意义是打 A 点时小车的速度。



(5) 实验时电源的实际频率小于 50 Hz,则有 $\Delta t = \frac{1}{f} > 0.02 \text{ s}$,即打点周期实际大于 0.02 s,若仍按 0.02 s 计算,由 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 可知,那么速度的测量值比实际值偏大。

规律总结 作图像的时候,横轴与纵轴都要注意选取合适的标度,使画出的图线基本占满整个坐标空间,这样的图线既美观又便于观察。

第二节 匀变速直线运动的速度与时间的关系

题组 9 $v = v_0 + at$ 的应用

· 答 · 案 · 速 · 查 ·

1	2	3	4	5	6	7	8
D	A	AD	C	BD	D	BC	B

1. D 解析:汽车做匀加速直线运动,在第 3 s 末的速度是 $v = v_0 + at = 25 \text{ m/s} + 2 \text{ m/s}^2 \times 3 \text{ s} = 31 \text{ m/s}$,故 D 正确。

2. A 解析:根据题意自行车做匀减速直线运动,加速度为 $a = -0.4 \text{ m/s}^2$,当自行车停止时,所用时间为 $t' = \frac{0 - v_0}{a} = 12.5 \text{ s}$,则经过 5 s,自行车还没有停止,速度大小为 $v = v_0 + at$,解得 $v = 3 \text{ m/s}$,故 A 正确。

3. AD 解析:根据 $v = -(30t - 8) \text{ m/s}$,结合 $v = v_0 + at$,可知返回舱的初速度为 $v_0 = 8 \text{ m/s}$,加速度 $a = -30 \text{ m/s}^2$,返回舱做匀减速直线运动,位移逐渐增加,根据 $\Delta v = a \Delta t$,可知相同时间内,返回舱速度变化量不变,故 A、D 正确。

4. C 解析:由图乙可知,甲下滑过程中,做匀加速直线运动,甲沿 II 下滑;乙做加速度逐渐减小的加速运动,沿

I 下滑且率先到达 N 点,故 A 错误;甲、乙下滑过程的初、末位置都相同,所以最终甲、乙的位移相同,故 B 错误;根据 $\bar{v} = \frac{x}{t}$,由于最终甲、乙的位移相同,且乙下滑所用时间较少,所以乙沿 I 下滑且乙的平均速度大于甲的平均速度,故 C 正确;下滑过程甲的加速度保持不变,乙的加速度逐渐减小,一开始乙的加速度大于甲的加速度,最后乙的加速度小于甲的加速度,故 D 错误。

5. BD 解析:甲的安全距离等于甲的位移,等于图形面积,所以汽车安全距离为 $x = (30 \times 1 + \frac{30 \times 6}{2}) \text{ m} = 120 \text{ m}$,A 错误;因为汽车在雨天湿滑路面刹车时的安全距离也为 120 m,所以 $v_L \cdot 1 + \frac{v_L \cdot 8}{2} = 120$,解得 $v_L = 24 \text{ m/s}$,B 正确;汽车在晴天干燥路面刹车时图线较陡,所以加速度较大,C 错误;汽车在雨天湿滑路面刹车时的加速度大小为 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{24 - 0}{8} \text{ m/s}^2 = 3 \text{ m/s}^2$,故 D 正确。

6. D 解析:由图可知,25 min 末两车第二次速度相等,第一次共速前两车之间距离一直增大,第一次共速之后一段时间,出租车速度大,两车之间距离一直减小,故 A 错误;由图可知,25 min 末两车第二次速度相等,但并没有相遇,故 B 错误;25 min 末公交车速度方向不变,故 C 错误;由题意可知,两车运动的位移相等,但是出租车的运动时间少了 10 min,由公式 $v = \frac{x}{t}$ 可得,公交车的平均速度比出租车的小,故 D 正确。

7. BC 解析:速度的正负表示速度方向,不表示速度的大小,通过 A 点,物体甲最快,乙最慢,A 错误;通过 A 点前 1 s 时,三个物体的速度分别为 $v_{甲} = (6 - 1 \times 1) \text{ m/s} = 5 \text{ m/s}$, $v_L = (2 - 6 \times 1) \text{ m/s} = -4 \text{ m/s}$, $v_{丙} = (-4 - 2 \times 1) \text{ m/s} = -6 \text{ m/s}$,故通过 A 点前 1 s 时,物体丙最快,乙最慢,B 正确;通过 A 点后 1 s 时,三个物体的速度分别为 $v_{甲}' = (6 + 1 \times 1) \text{ m/s} = 7 \text{ m/s}$, $v_L' = (2 + 6 \times 1) \text{ m/s} = 8 \text{ m/s}$, $v_{丙}' = (-4 + 2 \times 1) \text{ m/s} = -2 \text{ m/s}$,可知通过 A 点后 1 s 时,乙物体最快,丙最慢,故 C 正确;2 s 后,甲、乙、丙的速度分别为 $v_{甲}'' = (6 + 1 \times 2) \text{ m/s} = 8 \text{ m/s}$, $v_L'' = (2 + 6 \times 2) \text{ m/s} = 14 \text{ m/s}$, $v_{丙}'' = (-4 + 2 \times 2) \text{ m/s} = 0$,2 s 后,甲、乙的运动方向相同,丙的速度为 0,故 D 错误。

8. B 解析:根据题意,结合运动学公式 $v = v_0 + at$,由表格可得,匀加速阶段汽车加速度大小为 $a_1 = \frac{4.0}{2} \text{ m/s}^2 = 2.0 \text{ m/s}^2$,匀减速阶段汽车加速度大小为 $a_2 = \frac{6.0 - 2.0}{8.0 - 6.0} \text{ m/s}^2 = 2.0 \text{ m/s}^2$,设从 8.0 s 开始,汽车再经时间 t 减速到零,则 $0 = 2.0 \text{ m/s} - 2 \text{ m/s}^2 \cdot t$,解得 $t = 1.0 \text{ s}$,故汽车在 9.0 s 时停下,根据运动的对称性知汽车在 4.5 s 时达到最大速度,故汽车运动的图像正确的是 B。

9. 取列车开始运动方向为正方向. 列车初速度 $v_{10} = 0$, 则列车 2 min 后的速度

$$v = v_{10} + a_1 t_1 = (0 + 0.6 \times 2 \times 60) \text{ m/s} = 72 \text{ m/s}.$$

当列车减速进站时 $a_2 = -0.8 \text{ m/s}^2$,

初速度 $v_{20} = 432 \text{ km/h} = 120 \text{ m/s}$,

$$\text{从刹车到速度为 } 0 \text{ 的时间 } t_0 = \frac{-v_{20}}{a_2} = \frac{-120}{-0.8} \text{ s} = 150 \text{ s},$$

所以 160 s 时列车已经停止运动, 速度为 0.

易错提醒 在汽车刹车、飞机着陆、火车进站等实际减速运动中, 由于它们在速度减为零后不再返回, 此后它们将一直停留在某位置不动, 故计算它们的速度时不能盲目将所给时间代入速度公式. 若所给时间小于刹车用时, 则可将所给时间代入速度公式求解; 若所给时间大于或等于刹车用时, 则在所给时间的速度为零.



巅峰挑战

10. (1) 物体在斜面上做匀加速直线运动, 由 $t = 0$ 和 $t = 0.2 \text{ s}$ 数据可得, 物体在斜面上的加速度大小为

$$a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 5 \text{ m/s}^2.$$

假设物体在 1.2 s 内均在斜面上做匀加速直线运动, 则 1.2 s 时物体的速度大小为 $v_1 = a_1 t = 6 \text{ m/s} > 1.1 \text{ m/s}$, 故假设不成立, 物体在 1.2 s 前已离开斜面, 在水平面上做匀减速直线运动, 故根据图中 $t = 1.2 \text{ s}$ 和 $t = 1.4 \text{ s}$ 数据可得, 物体在水平面上匀减速运动的加速度为 $a_2 =$

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0.7 - 1.1}{0.2} \text{ m/s}^2 = -2 \text{ m/s}^2,$$

故物体在水平面上匀减速运动的加速度大小为 2 m/s^2 .

(2) 设物体从 1.4 s 到停止所需时间为 t_1 , 则根据匀减速直线运动规律有 $v_2 + a_2 t_1 = 0$,

$$\text{解得 } t_1 = 0.35 \text{ s},$$

故物体从开始运动到停止所用的总时间为

$$t = t_1 + 1.4 \text{ s} = 1.75 \text{ s}.$$

规律总结 用假设法判断位置

由表中数据可知 $t = 1.2 \text{ s}$ 时速度为 1.1 m/s , 但不知道物体是在斜面上还是在水平面上. 解题时可采用假设法进行判断, 假设第 1.2 s 物块在斜面上, 结合物体在斜面上的加速度, 算出 $t = 1.2 \text{ s}$ 的速度, 然后与 1.1 m/s 进行对比, 即可得到结论.

第三节 匀变速直线运动的位移与时间的关系

题组 10 匀变速直线运动规律的推论及应用



1	2	3	4	5	6	7
D	B	B	AD	AC	AD	BD

1. D **解析**: 设加速和减速的时间分别为 t_1 、 t_2 , 将减速的逆过程看作是初速度为零的匀加速过程, 可知 $\frac{1}{2} a t_1^2 + \frac{1}{2} \times \frac{a}{3} t_2^2 = d$, $a t_1 = \frac{a}{3} t_2$, 解得 $t = t_1 + t_2 = \sqrt{\frac{8d}{a}}$, 故 D 正确.

2. B **解析**: 由运动学公式可得 $x = v_0 t_0 + \frac{v_0^2}{2a}$, 代入数据解得, 此过程中汽车的加速度大小为 $a = 5 \text{ m/s}^2$, 故 B 正确.

3. B **解析**: 球做末速度为零的匀减速运动, 用逆向思维把球看成从第 5 号门由静止向左做匀加速直线运动, 由位移时间关系式有 $s_5 = \frac{1}{2} a t_5^2$, 其中 $s_5 = 3 \text{ m}$, $t_5 = 1 \text{ s}$, 得 $a = 6 \text{ m/s}^2$, 方向向左, 故 A 错误; 设门球经过 1 号门时的速度大小为 v_1 , 有 $2a \cdot 4s_5 = v_1^2$, 得 $v_1 = 12 \text{ m/s}$, 故 B 正确; 设门球由 1 号门滑至 5 号门所用的时间为 t , 有 $4s_5 = \frac{1}{2} a t^2$, 得 $t = 2 \text{ s}$, 故 C 错误; 由以上分析结合平均速度公式, 得门球在 1 号门和 5 号门之间滑行的平均速度大小为 $\bar{v} = \frac{4s_5}{t} = \frac{12}{2} \text{ m/s} = 6 \text{ m/s}$, 故 D 错误.

4. AD **解析**: 根据平均速度等于其中间时刻的瞬时速度, 冰壶在 0.5 s 末速度一定为 6.4 m/s , 故 A 正确. 因为冰壶在 0.5 s 末速度为 6.4 m/s , 设 2 s 末的速度 v_2 , 则有 $v_2 = 6.4 - a \cdot 1.5$, 假设第 3 s 末的速度刚好为零, 根据逆向思维法, 可以看作初速度为零的匀加速直线运动, 根据匀变速直线运动的规律可知 $\frac{x_1}{x_3} = \frac{5}{1}$, 解得减速后第 3 s 内的位移为 $x_3' = 1.28 \text{ m} > 0.4 \text{ m}$, 所以第 3 s 内某一时刻冰壶已经静止. 因为第 3 s 内的位移为 0.4 m , 由逆向思维法, 有 $v_2^2 = 2a \cdot 0.4$, 解得 $v_2 = 1.6 \text{ m/s}$, $a = 3.2 \text{ m/s}^2$, 故 D 正确. 冰壶在 2.5 s 末速度为 $v_{2.5} = v_2 - a \cdot 0.5 = 0$, 故 B 错误. 根据逆向思维法, 冰壶在第 2 s 内的位移为 $x_2 = v_2 \cdot 1 + \frac{1}{2} a \cdot 1^2 = 3.2 \text{ m}$, 故 C 错误.

技巧点拨 逆向思维法

逆向思维法是把运动过程的“末状态”作为“初状态”来反向研究问题的方法. 若物体做末速度为 0 的匀减速直线运动, 则可看成反向的初速度为 0 的匀加速直线运动. 针对末状态已知的问题, 使用逆向思维法往往能大幅减轻解题压力.

5. AC **解析**: 采用逆向思维, 可认为动车反向做初速度为零的匀加速直线运动, 设加速度大小为 a , 站在 2 号候车线处的旅客发现 1 号车厢经过他所用的时间为 t , 动车停下时该旅客刚好在 2 号车厢门口, 动车所走位移大小为 l , 故有 $l = \frac{1}{2} a t^2$, 解得动车的加速度为 $a =$

$\frac{2l}{t^2}$, 动车从开始经过 5 号候车线到停止运动, 所走的位移大小为 $4l$, 则有 $4l = \frac{1}{2}at_5^2$, 解得 $t_5 = 2t$, 故 A 正确, D 错误; 动车从开始经过 5 号候车线到停止运动, 平均速度为 $\bar{v} = \frac{4l}{2t} = \frac{2l}{t}$, 故 B 错误; 设 1 号车厢最前端经过 5 号候车线时的速度为 v_5 , 从 1 号车厢最前端经过 5 号候车线到停止, 可得 $\bar{v} = \frac{v_5 + 0}{2} = \frac{2l}{t}$, 解得 $v_5 = \frac{4l}{t}$, 故 C 正确。

6. AD 解析: 根据题意, 由逐差法有 $\Delta x = at^2$, 解得 $a = \frac{\Delta x}{t^2} = \frac{30-20}{2^2} \text{ m/s}^2 = 2.5 \text{ m/s}^2$, 故 D 正确; 匀变速直线运动全程的平均速度等于中间时刻的瞬时速度, 则 B 点速度为 $v_B = \bar{v}_{AC} = \frac{20+30}{2 \times 2} \text{ m/s} = 12.5 \text{ m/s}$, 根据速度时间公式, A 点速度为 $v_A = v_B - at = 12.5 \text{ m/s} - 2.5 \times 2 \text{ m/s} = 7.5 \text{ m/s}$, 所以质点经过 A、B 两点的速度之比为 $3:5$, 故 A 正确, B 错误; O、A 两点之间的距离为 $x_{OA} = \frac{v_A^2}{2a} = 11.25 \text{ m}$, 故 C 错误。

方法技巧 做匀变速直线运动的物体, 在任意两个连续相等的时间 T 内的位移差是个恒量, 且 $\Delta x = aT^2$ 。

7. BD 解析: 将抛出的砖块运动逆过来可看作初速度为零的匀加速直线运动, 根据初速度为零的匀加速直线运动的规律可知, 连续相等的时间间隔内的位移之比为 $1:3:5:\dots:(2n-1)$, 所以可知第一个 t 时间内的位移与最后一个 t 时间内的位移之比为 $x_1:x_5=9:1$, 故 A 错误; 初速度为零的匀加速直线运动, 在连续相等的时间间隔内的末速度之比为 $1:2:3:\dots:n$, 所以将抛出的砖块运动逆过来可看作初速度为零的匀加速直线运动, 可得第一个时间间隔 t 末与最后一个时间间隔 t 初的速度之比为 $4:1$, 故 B 正确; 初速度为零的匀加速直线运动, 在通过连续相等位移所用时间之比为 $1:(\sqrt{2}-1):(\sqrt{3}-\sqrt{2}):\dots:(\sqrt{n}-\sqrt{n-1})$, 将抛出的砖块运动逆过来可看作初速度为零的匀加速直线运动, 可得经过第一个 s 与最后一个 s 所用的时间之比为 $(\sqrt{5}-2):1$, 故 C 错误, D 正确。

8. (1) 根据题意, 汽车的初速度为 $v_0 = 72 \text{ km/h} = 20 \text{ m/s}$, 司机在反应时间内的位移为 $x_1 = v_0 t_1 = 20 \times 0.5 \text{ m} = 10 \text{ m}$, 匀减速过程, 有 $v_0^2 = 2ax_2$, 解得 $x_2 = 25 \text{ m}$, 由于 $x_1 + x_2 = 35 \text{ m} < 40 \text{ m}$,

所以汽车不会撞上路障, 汽车停下时车头距路障的距离为

$$x = x_0 - (x_1 + x_2) = 40 - 35 \text{ m} = 5 \text{ m}.$$

(2) 设刹车前的最大速度为 v , 当车停下时车头正好没碰到路障, 则

$$a' = 4 \text{ m/s}^2, vt_1 + \frac{v^2}{2a'} = x_0,$$

代入数据解得 $v = 16 \text{ m/s}$ 。

巅峰挑战

9. 设刹车后第 1 个 2 s 内位移为 x_1 , 第 4 个 2 s 内的位移为 x_4 , 假设 8 s 内一直做匀减速直线运动, 则有 $x_4 - x_1 = 3aT^2$ 。

$$\text{解得 } a = -\frac{23}{12} \text{ m/s}^2.$$

对第 1 个 2 s 内有

$$x_1 = v_0 t_1 + \frac{1}{2} a t_1^2,$$

可得 $v_0 \approx 14 \text{ m/s}$,

$$\text{则减速时间约为 } t = \frac{0 - v_0}{a} = 7.3 \text{ s}.$$

可知汽车在 8 s 前速度减为 0, 设汽车加速度为 $a_{\text{汽}}$, 对第 1 个 2 s 内, 有

$$x_1 = v_0 t_1 + \frac{1}{2} a_{\text{汽}} t_1^2,$$

根据逆向思维法, 对第 4 个 2 s 内, 即最后 2 s 内, 有

$$x_4 = \frac{1}{2} \cdot (-a_{\text{汽}}) \cdot \left(\frac{0 - v_0}{a_{\text{汽}}} - 6 \right)^2,$$

联立解得 $v_0 = 14 \text{ m/s}$, $a_{\text{汽}} = -2 \text{ m/s}^2$,

故加速度大小为 2 m/s^2 , 负号表示与运动方向相反。

题组 11 刹车问题 多过程问题

答案速查

1	2	3	4	5	6	7	8
C	A	CD	B	B	C	C	ACD

1. C 解析: 汽车刹车时的初速度为 $v_0 = 54 \text{ km/h} = 15 \text{ m/s}$, 汽车从开始刹车到停下所用时间为 $t_0 = \frac{v_0}{a} = \frac{15}{2} \text{ s} = 7.5 \text{ s}$, 则刹车后 8 s 内汽车经过的路程为 $x_0 = \frac{v_0}{2} t_0 = \frac{15}{2} \times 7.5 \text{ m} = 56.25 \text{ m}$, 故 C 正确。

2. A 解析: 汽车减速运动的加速度大小为 $a = \frac{20-4}{4} \text{ m/s}^2 = 4 \text{ m/s}^2$, A 正确; 设 O、M 间中点位置的速度为 $v_{\text{中}}$, 则 $v_{\text{中}} = \sqrt{\frac{v_0^2 + v^2}{2}} = \sqrt{208} \text{ m/s}$, B 错误; 由图像可知, O、M 间的距离为 $x_{OM} = \frac{4+20}{2} \times 4 \text{ m} = 48 \text{ m}$, C 错误;

MN 的距离为 $x_{MN}=4\times 6\text{ m}=24\text{ m}$, 汽车在 ON 段平均速度大小为 $\bar{v}=\frac{x_{OM}+x_{MN}}{t}=7.2\text{ m/s}$, D 错误.

方法点拨 如果一个物体的运动包含几个阶段, 应分段分析, 弄清物体在每段上的运动情况及遵循的规律. 各段交接处的速度往往是解题的关键, 某交接处的速度是前段的末速度, 同时又是后段的初速度, 是联系前、后两段的桥梁.

3. CD **解析**: 设汽车经过 t_0 时间停止运动, 则 $t_0=\frac{0-v_0}{a}=5\text{ s}$, 汽车第 5 s 初的速度即为刹车后第 4 s 末的速度, 可知 $v_1=v_0+at_1=(20-4\times 4)\text{ m/s}=4\text{ m/s}$, 易知汽车 6 s 末的速度为 0, A、B 错误; 汽车刹车的距离为 $x=\frac{0+v_0}{2}\cdot t_0=50\text{ m}$, 此时汽车离小动物的距离为 5 m, C 正确; 根据逆向思维法可知, 汽车最后 1 s 的位移为 $x'=\frac{1}{2}a(t')^2=\frac{1}{2}\times 4\times 1^2\text{ m}=2\text{ m}$, 故 D 正确.

4. B **解析**: 反应时间内无人驾驶汽车做匀速运动, 位移为 $x_1=vt_1=20\times 0.1\text{ m}=2\text{ m}$, 汽车从刹车到停止的位移 $x_2=\frac{v_0^2}{2a}=50\text{ m}$, 则无人驾驶汽车从发现物体到停止的全部距离为 $x=x_1+x_2=52\text{ m}$, 则有 $\Delta x=x-L=32\text{ m}$, 故三角警示牌至少要放在车辆后 32 m 处, 才能有效避免两车相撞, B 正确.

5. B **解析**: 列车进站后运动时间 $t=\frac{v}{a}=6\text{ s}$, 可得列车进站后 6 s 停止运动, 停留 1 min 后再次启动, 故进站后, 第 7 s 末速度大小为 0, A 错误; 进站后 7 s 内位移即为 6 s 内位移, 为 $x=\bar{v}t=\frac{12+0}{2}\times 6\text{ m}=36\text{ m}$, B 正确; 由逆向思维法和匀变速直线运动规律可知进站后第 1 s 末与第 2 s 末的速度大小之比为 5:4, 第 1 s 内与第 2 s 内的位移大小之比为 11:9, C、D 错误.

6. C **解析**: 汽车做匀加速运动过程, 根据 $x_1=\frac{1}{2}a_1t_1^2$, 解得汽车加速运动的时间为 $t_1=\sqrt{\frac{2x_1}{a_1}}=\sqrt{\frac{2\times 8}{1}}\text{ s}=4\text{ s}$, 汽车加速阶段的末速度为 $v=a_1t_1=4\text{ m/s}$, 则汽车刹车时的加速度大小为 $a_2=\frac{v}{t_2}=\frac{4}{12-4}\text{ m/s}^2=0.5\text{ m/s}^2$, 故 A、B 错误; A、B 两点间的距离为 $x_{AB}=x_1+x_2=\frac{v}{2}t_1+\frac{v}{2}t_2=\frac{4}{2}\times 4\text{ m}+\frac{4}{2}\times 8\text{ m}=24\text{ m}$, 故 C 正确; 汽车加速过程的平均速度等于减速过程的平均速度, 均为 $\bar{v}=\frac{v}{2}=2\text{ m/s}$, 故 D 错误.

7. C **解析**: 假设汽车第 3 s 内速度没有减为零, 则 x_1-

$x_3=2aT^2$, $x_1=v_0T-\frac{1}{2}aT^2$, 联立可得 $v_0=9.875\text{ m/s}$, $a=3.75\text{ m/s}^2$, 则汽车速度减为零的时间为 $\frac{v_0}{a}=\frac{9.875}{3.75}\text{ s}<3\text{ s}$, 假设不成立, 即汽车在第 3 s 内已经停止运动, 所以 $x_1=v'_0T-\frac{1}{2}a'T^2$, $x_3=\frac{1}{2}a't^2$, $v'_0=a'(2+t)$, 联立解得 $v'_0=10\text{ m/s}$, $a'=4\text{ m/s}^2$, $t=0.5\text{ s}$, 故 B、D 错误; 从发现警示牌到停下来汽车经过的位移大小为 $x=v'_0t_0+\frac{v'_0}{2}(2+t)=14.5\text{ m}<15\text{ m}$, 所以汽车不会与警示牌发生碰撞, 故 A 错误, C 正确.

8. ACD **解析**: 运动员从 A 点由静止开始匀加速下滑, 第 2 s 末的速度大小为 8 m/s, 则运动员在 AB 段的加速度大小为 $a_1=\frac{v_1}{t_1}=\frac{8}{2}\text{ m/s}^2=4\text{ m/s}^2$, 若运动员在第 4 s 末恰好经过 B 点, 则此时速度最大, 为 $v=a_1t_4=16\text{ m/s}$, 与表格数据不符, 故运动员是在第 2 s 到第 4 s 间到达 B 点, 则运动员在 BC 段的加速度大小为 $a_2=\left|\frac{\Delta v}{\Delta t}\right|=\frac{12-8}{6-4}\text{ m/s}^2=2\text{ m/s}^2$, 设从 A 点由静止开始下滑经过 t 时间到达 B 点, 则有 $v_B=a_1t$, $v_4=v_B-a_2(4-t)=12\text{ m/s}$, 联立解得 $t=\frac{10}{3}\text{ s}$, $v_B=\frac{40}{3}\text{ m/s}$, 可知运动员运动过程中的最大速度为 $\frac{40}{3}\text{ m/s}$, 故 B 错误, D 正确; 从 B 点到 C 点所用时间为 $t_{BC}=\frac{v_B}{a_2}=\frac{20}{3}\text{ s}$, 则运动员运动到 C 点的时刻为 $t'=t+t_{BC}=\frac{10}{3}\text{ s}+\frac{20}{3}\text{ s}=10\text{ s}$, 故 A 正确; 根据匀变速直线运动位移速度公式 $x_{AB}=\frac{v_B^2}{2a_1}$, $x_{BC}=\frac{v_B^2}{2a_2}$, 可得 $\frac{x_{AB}}{x_{BC}}=\frac{a_2}{a_1}=\frac{1}{2}$, 故 C 正确.

9. (1) 汽车经过减速、停车缴费和加速三个阶段, 其中减速与加速阶段互为逆过程. 设减速时间为 t_1 , 三个阶段通过的位移为 x , 由运动学公式有 $v_0^2=2a\cdot\frac{x}{2}$,

$$v_0=at_1,$$

整个过程所需时间为 $t=2t_1+t_0$,

$$\text{联立解得 } x=\frac{v_0^2}{a}, t=t_0+\frac{2v_0}{a}.$$

(2) 汽车匀速通过收费站所用时间 $t'=\frac{x}{v_0}$,

$$\text{则耽搁的时间为 } \Delta t=t-t'=t_0+\frac{v_0}{a}.$$

10. (1) 刹车后第 1 个 2 s 内的位移大小是 $x_1=32\text{ m}$, 由于汽车仍在行驶, 则有 $x_1=v_0t_1-\frac{1}{2}at_1^2$, 解得 $a=4\text{ m/s}^2$.

汽车停止运动的时间 $t_2=\frac{v_0}{a}=5\text{ s}<6\text{ s}$,

则汽车刹车后 6 s 内的位移大小与停止运动总位移大小相等,则有 $v_0^2 = 2ax_2$,

解得 $x_2 = 50$ m.

(2) 该司机由于低头看手机导致 $t_0 = 0.6$ s 后才刹车,该过程,汽车做匀速直线运动,则有

$$x_3 = v_0 t_0 = 12 \text{ m},$$

由于 $x_2 + x_3 = 62 \text{ m} > 60 \text{ m}$,

可知汽车会撞到障碍物.

方法总结 匀变速直线运动规律公式的“三性”

(1) 条件性:适用条件为物体做匀变速直线运动;(2) 矢量性:基本公式和平均速度公式都是矢量式;(3) 可逆性:由于物体运动条件的不同,解题时可进行逆向转换.



巅峰挑战

11. (1) 每一辆车做一次匀加速运动和一次匀减速运动的时间均相等,设为 Δt ,则有

$$\frac{L + L_0}{2} = \frac{1}{2} a (\Delta t)^2,$$

可得 $\Delta t = 2$ s.

设第二辆车从启动至车头到达收费窗口停车线经过的时间为 t_1 ,则有 $t_1 = 2\Delta t$,

解得 $t_1 = 4$ s.

(2) 设小华从开始刹车到刚好停止的时间为 t_2 ,运动的位移大小为 x_1 ,则有

$$t_2 = \frac{v_0}{a} = 10 \text{ s},$$

$$x_1 = \frac{v_0}{2} t_2 = 75 \text{ m},$$

此时车头到收费窗口停车线的距离为

$$d_1 = 3(L + L_0) = 18 \text{ m}.$$

离开后小车速度恢复到 v_0 ,运动的位移大小

$$x_2 = x_1 = 75 \text{ m},$$

则位置 A、B 间的距离 $x_3 = x_1 + d_1 + x_2 = 168 \text{ m}$.

(3) 小华之前从位置 A 到位置 B 的时间

$$t_3 = 2t_2 + 4t_0 + 3t_1 = 72 \text{ s},$$

速度从 v_0 减到 v 的时间 $t_4 = \frac{v_0 - v}{a} = 6 \text{ s}$,

$$\text{位移大小 } x_4 = \frac{v_0 + v}{2} t_4 = 63 \text{ m}.$$

匀速运动时间 $t_5 = \frac{d}{v} = 2 \text{ s}$.

小车速度恢复到 v_0 的时间

$$t_6 = t_4 = 6 \text{ s},$$

故节约的时间

$$\Delta t' = t_3 - \left(t_4 + t_5 + t_6 + \frac{x_3 - 2x_4 - d}{v_0} \right) = 56 \text{ s}.$$

题组 12 运动图像



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CD	C	D	B	ACD	B	C	C	C	AD

1. CD 解析:加速度时间图像面积表示速度变化量, t 轴上方速度变化量为正方向, t 轴下方速度变化量为负方向,初速度为 0,所以速度变化量就是末速度,由题意知竖直向上为正方向,4.5~5.0 s,航拍仪加速度方向向下,航拍仪的速度在减小,但航拍仪的速度方向仍为竖直向上,A 错误; $t = 4.5$ s 时,航拍仪的加速度为 0,向上的速度最大,但距离地面不是最远,B 错误,C 正确; $t = 5.0$ s 时的速度和 $t = 4.0$ s 时的速度相同,故 5.0 s 时,航拍仪的速度大小为 $v = \frac{1}{2} \times 2 \times 4 \text{ m/s} = 4 \text{ m/s}$,D 正确.

2. C 解析:由于 $\Delta t = \frac{\Delta x}{v}$,可知在 $x - \frac{1}{v}$ 图像中,图像与横轴围成的面积等于所用的时间,因此所用时间为 $t = \frac{1}{2} x_0 \cdot \frac{1}{v_0} = \frac{x_0}{2v_0}$,C 正确.

3. D 解析: $v - t$ 面积表示位移大小,依题可知, $3t_0$ 时图线与 t 轴围成面积最大,故此时离出发点最远,故 A 错误; $v - t$ 图斜率表示加速度, $2t_0 \sim 3t_0$ 和 $3t_0 \sim 5t_0$ 内图像斜率为负,故加速度方向相同,故 B 错误;依题可知, $3t_0$ 时学生到达旗杆位置,由图像可知出发点 to 旗杆的距离为 $\frac{3}{2} t_0 v_0$,故 C 错误;依题可知,最终学生回到出发点,则 $0 \sim 3t_0$ 和 $3t_0 \sim 7t_0$ 内位移大小相等,设返回时最大速度为 v ,则 $\frac{3}{2} v_0 t_0 = \frac{7t_0 - 3t_0 + 6t_0 - 5t_0}{2} v$,解得 $v = 0.6v_0$,故 D 正确.

4. B 解析:根据匀变速直线运动位移与时间关系 $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$,可得 $\frac{x}{t^2} = \frac{v_0}{t} + \frac{1}{2} a$,结合图线可得,飞机开始接触平直跑道时,加速度为零,飞机做匀速直线运动,之后飞机做匀减速直线运动;由题图可知飞机刚接触平直

跑道时的速度为 $v_0 = \frac{\frac{15}{16}}{\frac{1}{80}} \text{ m/s} = 75 \text{ m/s}$, $\frac{1}{2} a = -\frac{15}{16} \text{ m/s}^2$,解得 $a = -\frac{15}{8} \text{ m/s}^2$,所以飞机匀减速运动过

程的时间为 $t = \frac{0 - v_0}{a} = 40 \text{ s}$,所以 $b = \frac{1}{80 - 40} = \frac{1}{40}$,故 A、

C 错误,B 正确;匀减速运动的位移为 $x = \frac{v_0}{2} t = 1500 \text{ m}$,所以飞机从刚接触平直跑道到最终停止在跑道上的过程中运动的位移大于 1.5 km,故 D 错误.

5. ACD 解析:5~15 s 内,乙车的位移为零,故乙车的

平均速度为 0,故 A 正确;由题意可知,乙车在 10 s 末的速度为零,在 5~10 s 的时间内 $x_1 = \frac{1}{2}at_1^2$,则乙车的加速度大小为 $a = \frac{2x_1}{t_1^2} = \frac{2 \times 20}{5^2} \text{ m/s}^2 = 1.6 \text{ m/s}^2$,故 B 错误; $x-t$ 图像的交点表示相遇,由图可知整个运动过程中,甲、乙两车共相遇 2 次,故 C 正确;由于乙车做匀变速直线运动,根据 $\Delta v = a\Delta t$,可知 0~15 s,乙车速度的变化量大小为 $\Delta v = a\Delta t = 1.6 \times 15 \text{ m/s} = 24 \text{ m/s}$,故 D 正确。

6. B 解析:由图像可知,0~1 s 内物体以 2 m/s^2 的加速度向正方向做匀加速运动,1~2 s 内物体以 2 m/s^2 的加速度向正方向做匀减速运动, $t=2 \text{ s}$ 时,物体速度大小为零,重复以上运动过程,物体一直向正方向运动,不会回到出发点,A 错误;由图像可知,0~1 s 内物体以 2 m/s^2 的加速度向正方向做匀加速运动,1~2 s 内物体以 2 m/s^2 的加速度向正方向做匀减速运动, $t=2 \text{ s}$ 时,物体速度大小为零;2~3 s 内物体以 2 m/s^2 的加速度向负方向做匀加速运动,3~4 s 内物体以 2 m/s^2 的加速度向负方向做匀减速运动, $t=4 \text{ s}$ 时,物体速度大小为零;根据对称性可知物体会回到出发点,B 正确;由图像可知,0~2 s 内物体以 2 m/s^2 的加速度向正方向做加速度减小的加速运动,2~4 s 内物体向正方向做加速度增大的减速运动, $t=4 \text{ s}$ 时,物体速度大小为零。之后重复以上运动过程,物体一直向正方向运动,不会回到出发点,C 错误; $a-t$ 图像与时间轴的面积表示速度的变化,由图像可知,0~4 s 内物体的速度向正方向增加,4~8 s 内物体速度向正方向减小, $t=8 \text{ s}$ 时,物体速度大小为零,物体一直向正方向运动,不会回到出发点,D 错误。

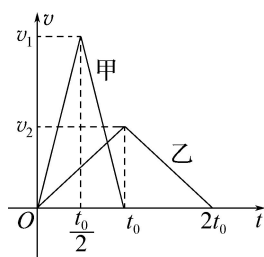
7. C 解析:甲图为 A、B、C 三物体做直线运动的 $s-t$ 图像,0~ t_1 时间内三物体的位移相同,则三物体的平均速度相等,故 A 错误;乙图中,根据匀变速直线运动位移速度公式 $2ax = v^2 - v_0^2$,可得 $x_1 \sim 2x_1$ 物体的加速度大小为 $a = \frac{v_0^2}{2(2x_1 - x_1)} = \frac{v_0^2}{2x_1}$,故 B 错误;丙图中,根据 $\Delta v = at$ 可知,阴影部分面积表示 $t_1 \sim t_2$ 时间内物体的速度改变量的大小,故 C 正确;根据匀变速直线运动位移时间公式 $x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$,可得 $\frac{x}{t} = v_0 + \frac{1}{2}at$,可知丁图中所描述的物体正在做匀加速直线运动, $\frac{x}{t}-t$ 图像的斜率为 $k = \frac{1}{2}a = \frac{2}{1} \text{ m/s}^2$,解得加速度为 $a = 4 \text{ m/s}^2$,故 D 错误。

8. C 解析:汽车在 OM 过程做匀减速直线运动,结合 $v-t$ 图像可知加速度大小为 $a = \frac{v_0 - v}{t_1} = \frac{22 - 6}{4} \text{ m/s}^2 = 4 \text{ m/s}^2$,故 A 错误; $O、M$ 间的距离为 $x = \frac{v_0 + v}{2} t_1 = \frac{22 + 6}{2} \times 4 \text{ m} = 56 \text{ m}$,故 C 正确;设 $O、M$ 间中点的速度为

v_1 ,根据匀变速直线运动位移速度公式可得 $-2a \cdot \frac{x}{2} = v_1^2 - v_0^2$, $-2a \cdot \frac{x}{2} = v^2 - v_1^2$,可得 $v = \sqrt{\frac{v_0^2 + v^2}{2}} = \sqrt{\frac{22^2 + 6^2}{2}} \text{ m/s} = 2\sqrt{65} \text{ m/s}$,故 B 错误; $M、N$ 间的距离为 $d = v_2t_2 = 6 \times (10 - 4) \text{ m} = 36 \text{ m}$,汽车在 ON 段平均速度大小为 $\bar{v} = \frac{x + d}{t} = \frac{56 + 36}{10} \text{ m/s} = 9.2 \text{ m/s}$,故 D 错误。

9. C 解析:根据图(b)知,第 4 s 时甲、乙速度相等,则前 4 s 内甲、乙的距离增大,第 4 s 时距离最大,由 $v-t$ 图像可得 $x_{\text{甲}} = 4 \times 4 \text{ m} = 16 \text{ m}$, $x_{\text{乙}} = \frac{1}{2} \times 4 \times 4 \text{ m} = 8 \text{ m}$,第 4 s 时二者相距 $s = 16 \text{ m} + 2 \text{ m} - 8 \text{ m} = 10 \text{ m}$,故前 4 s 内蓝牙耳机都能被连接;第 4 s 后乙的速度超过甲,二者距离缩短,至第 6 s 时,有 $x'_{\text{甲}} = 4 \times 6 \text{ m} = 24 \text{ m}$, $x'_{\text{乙}} = \frac{1}{2} \times 6 \times 6 \text{ m} = 18 \text{ m}$,第 6 s 时二者相距 $s' = 24 \text{ m} + 2 \text{ m} - 18 \text{ m} = 8 \text{ m}$,此后二者均做匀速直线运动,设乙追上甲并超过甲 10 m 需要的时间为 t' ,则有 $6t' - 4t' = 8 \text{ m} + 10 \text{ m}$,解得 $t' = 9 \text{ s}$,则手机检测到蓝牙耳机能被连接的总时间为 $6 \text{ s} + 9 \text{ s} = 15 \text{ s}$,故 C 正确。

10. AD 解析:作出运动图像如图所示,由两车位移相等 $\frac{1}{2}v_1t_0 = \frac{1}{2}v_2 \cdot 2t_0$,解得 $v_1 : v_2 = 2 : 1$;两车位移相等,有 $2 \times \frac{1}{2}a_1t_0^2 = 2 \times \frac{1}{2}a_2(2t_0)^2$,整



理得 $a_1 : a_2 = 4 : 1$,故 A 正确,B 错误;两车速度相等时相距最远,设甲达到最大速度后,再经过 Δt 时间,两车速度相等,有 $v_1 - a_1\Delta t = a_2 \left(\frac{t_0}{2} + \Delta t \right)$,对甲车 $v_1 = a_1 \frac{t_0}{2}$,解得 $\Delta t = \frac{3}{10}t_0$,甲车运动时间为 $t_{\text{甲}} = \frac{t_0}{2} + \Delta t = \frac{4}{5}t_0$ 时,两车相距最远,故 C 错误,D 正确。

规律总结 可根据已知条件画出 $v-t$ 或 $x-t$ 图像,将物理量之间的代数关系转化为几何关系,借助图像直观、简明的特点,分析解决问题。

11. (1) 设乙匀速运动的速度为 v_0 ,由题意可得 $v_0 = at_0$ 。

设甲、乙相遇的时刻为 t_1 ,甲、乙速度第二次相等的时刻为 t_2 ,由匀变速直线运动的规律可得

$$\frac{1}{2}at_1^2 = v_0t_1, v_0 + a(t_2 - t_1) = at_1,$$

解得 $t_1 = 2t_0, t_2 = 3t_0$ 。

(2) 0~ t_2 时间间隔内甲的位移为

$$x_{\text{甲}} = \frac{1}{2}at_1^2 + at_1(t_2 - t_1),$$

$$\text{乙的位移为 } x_{\text{乙}} = v_0 t_1 + \frac{[v_0 + v_0 + a(t_2 - t_1)](t_2 - t_1)}{2},$$

$$\text{甲、乙的平均速度分别为 } \bar{v}_{\text{甲}} = \frac{x_{\text{甲}}}{t_2}, \bar{v}_{\text{乙}} = \frac{x_{\text{乙}}}{t_2},$$

$$\text{解得 } \bar{v}_{\text{乙}} - \bar{v}_{\text{甲}} = \frac{at_0}{6}.$$



巅峰挑战

12. (1) 根据加速度的定义式 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, 可得

甲的加速度大小

$$a_{\text{甲}} = \frac{10-7}{6-0} \text{ m/s}^2 = 0.5 \text{ m/s}^2,$$

乙在加速阶段的加速度大小

$$a_{\text{乙}} = \frac{7-0}{2-0} \text{ m/s}^2 = 3.5 \text{ m/s}^2.$$

(2) 初始时, 甲的速度大于乙, 乙在甲的前方, 甲追乙. 由图知甲的初速度大小为 $v_0 = 10 \text{ m/s}$, $0 \sim 2 \text{ s}$ 内, 二者位移分别为

$$x_{\text{甲}1} = v_0 t_1 - \frac{1}{2}a_{\text{甲}} t_1^2 = 19 \text{ m},$$

$$x_{\text{乙}1} = \frac{1}{2}a_{\text{乙}} t_1^2 = 7 \text{ m},$$

由于 $(19-7) \text{ m} = 12 \text{ m} < 15 \text{ m}$, 故 2 s 时甲还未追上乙, 2 s 后乙做匀速运动, 设二者在 $t (2 \text{ s} < t < 20 \text{ s})$ 时刻相遇, 二者位移分别为

$$x_{\text{甲}2} = v_0 t - \frac{1}{2}a_{\text{甲}} t^2 = 10t - \frac{t^2}{4}, x_{\text{乙}2} = x_{\text{乙}1} + 7(t-2) = 7(t-1),$$

t 时刻, 二者相遇有

$$x_{\text{甲}2} = x_{\text{乙}2} + x_0,$$

解得 $t = 4 \text{ s}$ 或 $t = 8 \text{ s}$,

故两车会在 $t = 4 \text{ s}$ 和 $t = 8 \text{ s}$ 时相遇.

题组 13 追及相遇问题



1	2	3	4	5	6	7	8
A	B	D	AC	BC	C	D	C

1. A 解析: 两车恰好不相撞时位移满足关系 $v_1 t - \frac{1}{2}at^2 = v_2 t + L$, 且此时两车速度大小相等 $v_1 - at = v_2$, 联立解得 $a = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2L}$, A 正确.

2. B 解析: 火车到达交叉点的时间 $t = \frac{d_2}{v_2} = 10 \text{ s}$, 为了使得汽车在列车到达交叉点前离开, 则汽车前进的距离至少为 $x = d_1 + L_1 = 180 \text{ m}$, 根据 $x = v_1 t + \frac{1}{2}at^2$, 解得

$a = 0.6 \text{ m/s}^2$, 故 B 正确.

3. D 解析: 由题图可知, 在 $0 \sim 10 \text{ s}$ 内, 乙车一直沿正方向运动, 速度方向没有改变, A 错误. 由于不知道甲、乙的初始位置, 所以无法判断在 5 s 末两车相距多远, 及在 10 s 末能否相遇, 故 B、C 错误. 若开始时乙车在前, 且与甲车的距离小于 90 m , 则在 $0 \sim 5 \text{ s}$ 内两车相遇一次, 之后甲在乙前, 5 s 后乙的速度一直增大, 在某个时刻与甲再次相遇; 若开始时乙车在前, 甲、乙之间的位移大于 90 m 小于 150 m , 甲会在 $5 \sim 10 \text{ s}$ 内追上乙, 此后乙会再超甲一次, 故 D 正确.

4. AC 解析: 根据 $v-t$ 图像的斜率表示物体的加速度, 可知和谐号动车在加速过程中的加速度大小为 $a_{\text{和}} = \frac{70}{140} \text{ m/s}^2 = 0.5 \text{ m/s}^2$, A 正确. 根据 $v-t$ 图像与横轴围成的面积表示位移, 可知复兴号动车在出发后 70 s 内的位移大小为 $x_{\text{复}} = \frac{1}{2} \times 70 \times 70 \text{ m} = 2450 \text{ m}$, B 错误. 和谐号动车与复兴号动车相继从同一站点由静止出发, $0 \sim 140 \text{ s}$ 内, 和谐号动车的速度一直比复兴号动车的速度大, 两者间距逐渐增大; $t = 140 \text{ s}$ 后, 复兴号动车的速度一直比和谐号动车的速度大, 两者间距逐渐减小, 则 $t = 140 \text{ s}$ 时, 两车车头相距最远, C 正确, D 错误.

5. BC 解析: $v-t$ 图像的斜率表示加速度, 可知乙车在 $0 \sim a$ 时间、 $b \sim d$ 时间均做匀加速运动, 在 $a \sim b$ 时间做匀减速运动, 在 a 时刻以后, 乙车 $v-t$ 图像的斜率恒定不变, 故乙车在 a 时刻以后一直做匀变速运动, A 错误, B 正确; 两辆汽车在 c 时刻速度相等, 在 $0 \sim b$ 时间乙车向负方向运动, 在 $b \sim c$ 时间乙车向正方向运动, 速度小于甲车, 在 $c \sim d$ 时间乙车向正方向运动, 速度大于甲车, 故两辆汽车在 c 时刻相距最远, 故 C 正确, D 错误.

方法技巧 讨论追及、相遇问题的实质, 就是分析两物体在相同时间内能否到达相同的空间位置, 可概括为“一个临界条件”“两个等量关系”.

(1) 一个临界条件: 速度相等. 它往往是物体间能否追上或(两者)距离最大、最小的临界条件, 也是分析判断问题的切入点;

(2) 两个等量关系: 时间等量关系和位移等量关系, 通过画草图找出两物体的时间关系和位移关系是解题的突破口.

6. C 解析: 根据匀变速直线运动的规律 $v^2 - v_0^2 = 2ax$, 得 $v^2 = 2ax + v_0^2$, 可知 $v^2 - x$ 图像的斜率等于 $2a$, 故甲车的加速度为 $a_{\text{甲}} = \frac{1}{2} \times \frac{0-36}{9} \text{ m/s}^2 = -2 \text{ m/s}^2$, 乙车的加速度大小为 $a_{\text{乙}} = \frac{1}{2} \times \frac{18}{9} \text{ m/s}^2 = 1 \text{ m/s}^2$, 故 A、B 错误; 甲车做匀减速直线运动, 停止运动的时间为 $t_0 = \frac{0-v_0}{a_{\text{甲}}} = 3 \text{ s}$, 则在 4 s 内前进的位移为

$x_{\text{甲}} = \frac{0-v_0^2}{2a_{\text{甲}}} = 9 \text{ m}$, 乙车前进 9 m 所用时间为 $x = \frac{1}{2}a_{\text{乙}}t_1^2$, 解得 $t_1 = 3\sqrt{2} \text{ s}$, 即甲车先停, 之后乙车再到达 9 m 处相遇, 故 C 正确, D 错误.

7. D 解析: 小轿车制动后做匀减速直线运动, 停车时间为 $t_{\text{静}} = \frac{v_0}{a} = \frac{30}{5} \text{ s} = 6 \text{ s}$, 小轿车制动后 7 s 末的速度大小为 0, 故 A 错误; 从驾驶员看到警示牌到停车, 小轿车先做匀加速直线运动, 再做匀减速直线运动, 匀速运动距离为 $s_1 = v_0 t_1 = 18 \text{ m}$, 匀减速运动距离为 $s_2 = \frac{0-v_0^2}{-2a} = 90 \text{ m}$, 总停车距离 $s = s_1 + s_2 = 108 \text{ m}$, 故 B 错误; 小轿车驾驶员看到警示牌时距离警示牌 50 m, 由上分析可知, 汽车还可以匀减速 $s_3 = 50 \text{ m} - s_1 = 32 \text{ m}$, 小轿车运动到警示牌时的速度为 $v_1 = \sqrt{2as_3 + v_0^2} = \sqrt{2 \times (-5) \times 32 + 30^2} \text{ m/s} \approx 24 \text{ m/s}$, 故 C 错误; 为了有效避免两车相撞, 警示牌至少要放在货车后的距离为 $\Delta s = s - 50 \text{ m} = 58 \text{ m}$, 故 D 正确.

8. C 解析: 当两车之间的距离为 10 m 时, 它们沿平行轨道方向的距离为 Δx , 则有 $\Delta x = \sqrt{10^2 - 8^2} \text{ m} = 6 \text{ m}$, 一开始 B 在前方, A 在后方, 当两车速度相等时, 有 $v = at_1$, 解得 $t_1 = 2 \text{ s}$, 此时 A、B 两车沿平行轨道方向的距离为 $x_1 = vt_1 - \frac{1}{2}at_1^2 = 2 \text{ m}$, 之后 A、B 两者沿平行轨道方向的距离逐渐减小到 0, 再逐渐增大; 设经过 t 时间, A、B 两车沿平行轨道方向的距离为 Δx , 此时 A 在前方, B 在后方, 则有 $\frac{1}{2}at^2 - vt = \Delta x$, 代入数据可得 $t^2 - 4t - 12 = 0$, 解得 $t = 6 \text{ s}$ 或 $t = -2 \text{ s}$ (舍去), 之后 A、B 两车沿平行轨道方向的距离大于 10 m, 故两车能通信的时间为 6 s, 故 C 正确.



巅峰挑战

9. (1) 由速度换算可知 $v_{\text{甲}} = 75.6 \text{ km/h} = 21 \text{ m/s}$, $v_{\text{货}} = 57.6 \text{ km/h} = 16 \text{ m/s}$, $v_{\text{自}} = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}$, 假设甲经过时间 t , 一直加速完成超车, 有题意可知 $\Delta x = x_{\text{甲}} - x_{\text{货}} = 2L_1 + s + L_2 = 24 \text{ m}$,

$$\text{甲车位移 } x_{\text{甲}} = v_{\text{甲}} t + \frac{1}{2}at^2,$$

$$\text{货车位移 } x_{\text{货}} = v_{\text{货}} t,$$

$$\text{解得 } t = 3 \text{ s}, t = -8 \text{ s (舍去)}$$

$$\text{甲超车末速度 } v = v_{\text{甲}} + at,$$

$$\text{解得 } v = 27 \text{ m/s} > v_{\text{自}},$$

一直加速完成超车会超速.

(2) 设甲先经过 t_1 加速到最高限速, 然后再经过 t_2 完成超车, 则

$$t_1 = \frac{v_{\text{自}} - v_{\text{甲}}}{a} = 2 \text{ s},$$

$$\text{甲车位移 } x_{\text{甲}} = v_{\text{甲}} t_1 + \frac{1}{2}at_1^2 + v_{\text{自}} t_2,$$

$$\text{货车位移 } x_{\text{货}} = v_{\text{货}}(t_1 + t_2),$$

$$\Delta x = x_{\text{甲}} - x_{\text{货}}, \text{ 得 } t_2 = 1.11 \text{ s}$$

$$\text{所以最短超车时间为 } t_3 = t_1 + t_2 = 3.11 \text{ s}.$$

(3) 甲、乙位移关系满足

$$x_{\text{甲}} + x_{\text{乙}} = 130 \text{ m},$$

$$\text{其中 } x_{\text{乙}} = v_{\text{乙}} \Delta t + v_{\text{乙}}(t_3 - \Delta t) - \frac{1}{2}a_2(t_3 - \Delta t)^2,$$

$$\text{解得 } a_2 = 2.98 \text{ m/s}^2.$$

综合提优 2(第一~三节)

答案速查

1	2	3	4	5	6	7	8	9
D	C	B	A	B	CD	B	D	BD

1. D 解析: 轿车做初速度为零的匀加速直线运动, 根据匀变速直线运动的推论可知, 轿车行驶第一个 110 m 和行驶接下来 3 个 110 m 用的时间相同, 所以过第 2 个桥梁时的速度大小等于行驶这 440 m 的平均速度. 汽车经过 55 s 走完这 440 m, 平均速度大小为 8 m/s, 所以轿车过第 2 个桥梁时的速度大小是 8 m/s, D 正确.

2. C 解析: $v-t$ 图线与坐标轴所围的面积表示位移, 骑手与烈马在 $t=0$ 时并排运动, 可知 $0 \sim 4 \text{ s}$ 内烈马位移大于骑手位移, $0 \sim 6 \text{ s}$ 内烈马位移大于骑手的位移, 说明 6 s 末烈马仍在前方, 故 A、B 错误; 根据 $\bar{v} = \frac{x}{t}$, 结合 A 选项分析可知在 $0 \sim 4 \text{ s}$ 内烈马的平均速度大于骑手的平均速度, 故 C 正确; 由加速度定义式 $a = \frac{v-v_0}{t} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, 知 $8 \sim 9 \text{ s}$ 内烈马加速度 $a_1 = \frac{15-10}{9-8} \text{ m/s}^2 = 5 \text{ m/s}^2$, $0 \sim 6 \text{ s}$ 内骑手的加速度 $a_2 = \frac{15-10}{6-4} \text{ m/s}^2 = \frac{5}{2} \text{ m/s}^2$, 故 D 错误.

3. B 解析: 根据 $x = v_0 t - \frac{1}{2}at^2$ 可得 $\frac{x}{t^2} = v_0 \frac{1}{t} - \frac{1}{2}a$, 由图像可知 $v_0 = \frac{1}{0.1} \text{ m/s} = 10 \text{ m/s}$, $\frac{1}{2}a = 1 \text{ m/s}^2$, 即 $a = 2 \text{ m/s}^2$, A 错误; 汽车停下的时间 $t_0 = \frac{v_0}{a} = 5 \text{ s}$, 停止时汽车的位移 $x = \frac{v_0}{2}t_0 = 25 \text{ m}$, 停下来距人行道 5 m, B 正确, C 错误; 在 6 s 内已经停下, 则行驶的位移大小为 25 m, D 错误.

方法技巧 求解图像问题时要根据物理情景中遵循的规律, 由图像提取信息和有关数据, 根据对应的规律公式对问题做出正确的解答.

4. A 解析: 设汽车运动的加速度为 a , 时间为 t , 则有 $\frac{1}{2}at^2 = 352 \text{ m} - 336 \text{ m} = 16 \text{ m}$, 超声波来回的时间也为

t , 超声波做匀速直线运动, 所以单程的时间为 $\frac{t}{2}$, 汽车做初速度为零的匀加速运动, 根据 $x = \frac{1}{2}at^2$ 可知, 汽车在相同时间内的位移比为 $1:3$, 所以在单程 $\frac{t}{2}$ 时间内, 汽车运动的位移为 4 m , 则超声波追上汽车时, 经过的位移 $x = 336\text{ m} + 4\text{ m} = 340\text{ m}$, 所以 $\frac{t}{2} = \frac{x}{v_{\text{声}}} = 1\text{ s}$, 联立解得 $a = 8\text{ m/s}^2$, 故 A 正确。

5. B 解析: 设子弹的初速度为 v_0 , 穿过木块 C 后的速度为 v_C , 穿过每一块木块的时间为 t , 则子弹在木块中的加速度大小 $a = \frac{200-50}{3t} = \frac{50}{t}$, 则子弹刚好射出木块 A 时的速度为 $v_A = v_0 - at = 150\text{ m/s}$, 同理穿过木块 B 时的速度 $v_B = v_0 - a \cdot 2t = 100\text{ m/s}$, 故 A 错误; 木块 A 的厚度为 $x_A = \frac{v_0 + v_A}{2} \cdot t$, 同理可得木块 B 和木块 C 的厚度为 $x_B = \frac{v_A + v_B}{2} \cdot t$, $x_C = \frac{v_B + v_C}{2} \cdot t$, 代入数据可得 $x_A : x_B : x_C = 7 : 5 : 3$, 故 B 正确; 根据匀变速直线运动中间时刻瞬时速度等于该过程平均速度可得子弹在穿过木块 A、B 过程中的平均速度等于子弹刚好射出木块 A 时的速度为 150 m/s , 故 C 错误; 子弹在木块 A 中的平均速度 $v_1 = \frac{v_0 + v_A}{2}$, 子弹在木块 C 中的平均速度 $v_2 = \frac{v_B + v_C}{2}$, 代入数据可得 $\frac{v_1}{v_2} = \frac{7}{3}$, 故 D 错误。

6. CD 解析: $0 \sim 5\text{ s}$ 内, a 车加速度大小为 $a_1 = \frac{\Delta v_1}{\Delta t} = \frac{10-6}{5}\text{ m/s}^2 = \frac{4}{5}\text{ m/s}^2$, c 车加速度大小为 $a_3 = \frac{\Delta v_3}{\Delta t} = \frac{6}{5}\text{ m/s}^2 = \frac{6}{5}\text{ m/s}^2$, 所以 a 车的加速度小于 c 车的加速度, 故 A 错误; $0 \sim 5\text{ s}$ 内, 速度相等时距离最大, b 、 c 两车的距离先增大后减小, 故 B 错误; $t = 5\text{ s}$ 时, a 、 b 两车之间的距离等于图像面积之差 $\Delta x_1 = \frac{6 \times 5}{2}\text{ m} = 15\text{ m}$, 故 C 正确; $t = 5\text{ s}$ 时, a 、 c 两车之间的距离等于 $\Delta x_2 = 25\text{ m} - \frac{10 \times 5}{2}\text{ m} = 0$, 两车正好相遇, 故 D 正确。

7. B 解析: 根据图像与坐标轴围成的面积表示位移可知, 小轿车的位移为 $x = \frac{1}{2} \times (20 + 24) \times 8\text{ m} + \frac{1}{2} \times (18 + 24) \times 3\text{ m} = 239\text{ m}$, 平均速度为 $\bar{v} = \frac{x}{t} = \frac{239}{11}\text{ m/s} \approx 21.73\text{ m/s}$, 故 A 错误; 该过程小轿车的平均加速度大小为 $a = \left| \frac{\Delta v}{\Delta t} \right| = \left| \frac{18-20}{11} \right|\text{ m/s}^2 = \frac{2}{11}\text{ m/s}^2$, 故 B 正确; 该过程小轿车的速度一直大于大货车的速度, 所以该过程

小轿车与大货车之间的距离一直减小, 故 C、D 错误。

8. D 解析: 依题意, 可得 $v_1 - a_1 t = v_2 + a_2 t$, 解得 $t = 1.5\text{ s}$, 可知 $t = 1.5\text{ s}$ 时, A 、 B 的速度相等, 故 A 错误; 测试过程中, 当二者速度相同时, 具有最大距离为 $\Delta x = v_1 t - \frac{1}{2} a_1 t^2 + x_0 - (v_2 t + \frac{1}{2} a_2 t^2) = 17.5\text{ m}$, 故 B 错误; 若 B 不减速, 设经 t_1 追上 A , 则有 $v_1 t_1 - \frac{1}{2} a_1 t_1^2 + x_0 = v_2 t_1 + \frac{1}{2} a_2 t_1^2$, 解得 $t_1 = \frac{3 + \sqrt{35}}{2}\text{ s}$ 或 $t_1 = \frac{3 - \sqrt{35}}{2}\text{ s}$ (舍去), 故 C 错误; 依题意, $t = 4\text{ s}$ 时, A 的速度为 $v_A = v_1 - a_1 t = 2\text{ m/s}$, B 的速度为 $v_B = v_2 + a_2 t = 12\text{ m/s}$, 二者距离为 $\Delta x' = v_1 t - \frac{1}{2} a_1 t^2 + x_0 - (v_2 t + \frac{1}{2} a_2 t^2) = 5\text{ m}$, 为了避免和前方的 A 相撞, 设 B 的加速度大小至少为 a_B , 则有 $v_B - a_B t_2 = v_A - a_1 t_2$, $v_A t_2 - \frac{1}{2} a_1 t_2^2 + \Delta x' = v_B t_2 - \frac{1}{2} a_B t_2^2$, 联立解得 $a_B = 12\text{ m/s}^2$, 故 D 正确。

9. BD 解析: 由题图甲可知前 2 s 内 A 物体的加速度 $a_{A1} = 6\text{ m/s}^2$, 由题图乙可知 B 物体的初速度 $v_{B0} = 3\text{ m/s}$, 加速度 $a_B = 3\text{ m/s}^2$, 当 A 、 B 共速时 A 、 B 距离最大, 所以有 $a_{A1} t = v_{B0} + a_B t$, 解得 $t = 1\text{ s}$, 此时 A 、 B 间的距离 $d = v_{B0} t + \frac{1}{2} a_B t^2 - \frac{1}{2} a_{A1} t^2 = 1.5\text{ m}$, 故 A 错误。当 A 追上 B 时有 $x_A = x_B$, 即 $\frac{1}{2} a_{A1} (t')^2 = v_{B0} t' + \frac{1}{2} a_B (t')^2$, 解得 $t' = 2\text{ s}$, 此时两物体离出发点的距离 $x_A = x_B = 12\text{ m}$, 故 B 正确。 2 s 后 A 物体的加速度 $a_{A2} = 2\text{ m/s}^2$, 2 s 时 A 、 B 刚好相遇, 此时 A 的速度 $v_A = a_{A1} t' = 12\text{ m/s}$, B 的速度 $v_B = v_{B0} + a_B t' = 9\text{ m/s}$, 设再经过时间 t'' , A 、 B 第二次相遇, 有 $v_A t'' + \frac{1}{2} a_{A2} (t'')^2 = v_B t'' + \frac{1}{2} a_B (t'')^2$, 解得 $t'' = 6\text{ s}$, 即出发后 8 s 第二次相遇, 此后 A 、 B 不会再相遇, 故 C 错误, D 正确。

10. (1) 由题意可得初速度、末速度大小分别为 $v_0 = 90\text{ km/h} = 25\text{ m/s}$, $v_1 = 18\text{ km/h} = 5\text{ m/s}$, 加速度大小为 $a_1 = a_2 = 4\text{ m/s}^2$,

由运动学公式可得 $t_1 = \frac{v_0 - v_1}{a_2} = 5\text{ s}$,

通过的位移大小为 $x_1 = \frac{v_0^2 - v_1^2}{2a_2} = 75\text{ m}$ 。

(2) 根据运动的对称性可知, 匀加速的时间为 $t_3 = t_1 = 5\text{ s}$,

匀加速的位移为 $x_3 = x_1 = 75\text{ m}$,

则汽车在雾区匀速运动的时间为

$$t_2 = \frac{x_2}{v_1} = \frac{1\,050}{5}\text{ s} = 210\text{ s},$$

则 $t_{\text{总}1} = t_1 + t_2 + t_3 = 220 \text{ s}$.

若以 v_0 做匀速运动,所用的时间为

$$t_{\text{总}2} = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{v_0} = 48 \text{ s},$$

所以耽误的时间为 $\Delta t = t_{\text{总}1} - t_{\text{总}2} = 172 \text{ s}$.

(3) 设汽车在反应时间内通过的位移为

$$x'_3 = v_1 t = 5 \times 0.5 \text{ m} = 2.5 \text{ m}.$$

公共汽车的行驶速度为 $v_3 = 10.8 \text{ km/h} = 3 \text{ m/s}$,

$$\text{则有 } x_4 = \frac{v_1^2 - v_3^2}{2a_2} = \frac{5^2 - 3^2}{2 \times 4} \text{ m} = 2 \text{ m}.$$

$$\text{汽车减速所用的时间 } t_4 = \frac{v_1 - v_3}{a_2} = \frac{5 - 3}{4} \text{ s} = 0.5 \text{ s},$$

公共汽车在汽车减速过程中通过的位移

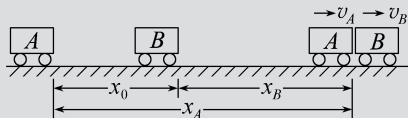
$$x_5 = v_3(t + t_4) = 3 \text{ m},$$

$$\text{由 } \Delta x = x'_3 + x_4 - x_5 = 1.5 \text{ m} < 30 \text{ m},$$

可知不会发生交通事故.

规律总结 能否追上的判断方法

常见情形:物体 A 追物体 B,开始两者相距 x_0 ,则:



(1) A 追上 B 时,必有 $x_A - x_B = x_0$,且 $v_A \geq v_B$.

(2) 要使两物体恰好不相撞,两物体同时到达同一位置时速度相同,必有 $x_A - x_B = x_0$, $v_A = v_B$.

(3) 若使两物体保证不相撞,则要求当 $v_A = v_B$ 时,
 $x_A - x_B < x_0$,且之后 $v_A \leq v_B$.

注意:若被追赶的物体做匀减速直线运动,一定要注意判断被追上前该物体是否已经停止运动.

巅峰挑战

11. (1) 猎豹达到最大速度所需要的时间为

$$t_1 = \frac{v_{1m}}{a_1} = \frac{30}{7.5} \text{ s} = 4 \text{ s},$$

根据匀变速直线运动位移时间公式可得

$$x_{11} = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = \frac{1}{2} \times 7.5 \times 4^2 \text{ m} = 60 \text{ m}.$$

(2) 猎豹前 4 s 内走过的位移为 60 m,羚羊有 3 s 的反应时间,羚羊加速至速度最大所需时间为

$$t_2 = \frac{v_{2m}}{a_2} = \frac{25}{5} \text{ s} = 5 \text{ s},$$

设羚羊反应时间 $t_0 = 3 \text{ s}$,可知羚羊在前 4 内位移为

$$x_{21} = \frac{1}{2} a_2 (t_1 - t_0)^2 = \frac{1}{2} \times 5 \times 1^2 \text{ m} = 2.5 \text{ m},$$

二者相对位移为

$$x_{11} - x_{21} = 60 \text{ m} - 2.5 \text{ m} = 57.5 \text{ m},$$

初始时羚羊在猎豹前方 200 m,可知第 4 s 末猎豹与羚羊之间的距离为

$$x = x_0 - (x_{11} - x_{21}) = 200 \text{ m} - 57.5 \text{ m} = 142.5 \text{ m}.$$

(3) 按题意分析,猎豹只有在最高速度时间内或者在做减速运动时与羚羊的最大速度相同前追上羚羊才能捕猎成功,其他情况均不能成功.故先分析在猎豹极限时间内与羚羊的位移,猎豹极限时间为 $t = 24 \text{ s}$,猎豹在前 24 s 的位移为

$$x_{14} = x_{11} + v_{1m}(t - t_1) = 60 \text{ m} + 30 \times 20 \text{ m} = 660 \text{ m},$$

羚羊在前 24 s 的位移为

$$x_{23} = \frac{v_{2m}^2}{2a_2} + v_{2m}(t - t_2 - t_0) = 62.5 \text{ m} + 25 \times 16 \text{ m} = 462.5 \text{ m},$$

猎豹在极限时间内未能追上羚羊;再计算分析猎豹做减速运动时的情况,猎豹减速时与羚羊同速度时需要的时间为

$$t'_1 = \frac{v_{1m} - v_{2m}}{a_3} = \frac{30 - 25}{5} \text{ s} = 1 \text{ s},$$

$$\text{根据 } v_{1m}^2 - v_{2m}^2 = 2a_3 x_{15},$$

解得猎豹的位移为 $x_{15} = 27.5 \text{ m}$,

羚羊的位移为 $x_{23} = v_{2m} t'_1 = 25 \text{ m}$,

则此时猎豹与羚羊之间的距离

$$\Delta x = (660 \text{ m} + 27.5 \text{ m}) - (462.5 \text{ m} + 25 \text{ m}) = 200 \text{ m},$$

则猎豹为了捕猎成功,初始时与羚羊的距离不得超过 200 m.

第四节 自由落体运动

题组 14 自由落体运动的规律及应用

· 答 · 案 · 速 · 查 ·

1	2	3	4	5	6	7
B	BD	B	A	B	AC	D

1. B 解析:毽子的自由下落过程,羽毛受到较大的阻力,不能忽略,故不能看成是自由落体运动,A 错误;因为空气阻力的存在,所以总是胶垫在下,羽毛在上,B 正确;胶垫在下、羽毛在上的原因是胶垫单独下落时加速度大,而不是因为胶垫重,C 错误;如果没有空气阻力,胶垫和羽毛单独下落的加速度相同,故一起下落时不总是胶垫在下,羽毛在上,D 错误.

2. BD 解析:伽利略认为当 $\frac{s_1}{t_1^2} = \frac{s_2}{t_2^2} = \frac{s_3}{t_3^2}$ 成立时,小球做匀变速直线运动,故 A 错误;由于自由落体运动过快,在伽利略那个时代,不容易直接测量小球自由下落的时间,故 B 正确;伽利略用图乙倾角较小的斜面做实验,是为了“冲淡重力”的效果,延长运动时间,故 C 错误;伽利略把实验和逻辑推理和谐地结合起来,从而发展了人类的科学思维方式和科学研究方法,故 D 正确.

3. B 解析:刻度尺自由下落,做自由落体运动,根据初速度为零的匀加速直线运动,在相同时间内的相邻位移比值为 $x_1 : x_2 : x_3 \cdots = 1 : 3 : 5 \cdots$,可知“时间”刻度上疏下密,不均匀,故 A 错误,B 正确;根据 $h = \frac{1}{2} g t^2$,可知 B 同学捏住的位置越靠上,刻度尺下落的高度越大,则反应时间越长,故 C 错误;若 A 同学放手时不慎给直尺一

个向下的很小的初速度,则有 $h = v_0 t_{\text{真}} + \frac{1}{2} g t_{\text{真}}^2 = \frac{1}{2} g t_{\text{测}}^2$, 可得 $\frac{1}{2} g t_{\text{真}}^2 < \frac{1}{2} g t_{\text{测}}^2$, 则有 $t_{\text{真}} < t_{\text{测}}$, 故反应时间的测量值会偏大, D 错误.

规律总结 匀变速直线运动与自由落体运动规律比较

	匀变速直线运动的一般规律	自由落体运动
速度公式	$v = v_0 + at$	$v = gt$
平均速度公式	$\bar{v} = \frac{v_0 + v}{2} = v_{\frac{t}{2}}$	$\bar{v} = \frac{v}{2} = v_{\frac{t}{2}}$
位移公式	$x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$	$x = \frac{1}{2} gt^2$
位移与速度的关系	$v^2 - v_0^2 = 2ax$	$v^2 = 2gx$
推论	$\Delta x = aT^2$	$\Delta x = gT^2$

4. A 解析: 甲球离地的高度为 $h_1 = \frac{1}{2} g t^2$, 乙球离地的高度为 $h_2 = \frac{1}{2} g \left(\frac{t}{4}\right)^2 = \frac{1}{32} g t^2$, 乙球开始下落的瞬间, 甲球已经下落了 $\frac{3}{4} t$, 故此时甲、乙两球的高度差为 $\Delta h = h_1 - h_2 - \frac{1}{2} g \left(\frac{3}{4} t\right)^2 = \frac{3}{16} g t^2$, 故 A 正确.

5. B 解析: 沙粒下落做自由落体运动, 根据 $h = \frac{1}{2} g t^2$, 相等时间内的位移比为 1 : 3, 因 0~5 cm 范围内有 100 颗沙粒, 故 5~20 cm 范围内也有 100 颗沙粒, 故 A 错误; 沙粒下落 5 cm 的时间满足 $h_1 = \frac{1}{2} g t_1^2$, 解得 $t_1 = 0.1$ s, 这段时间沙漏下落了 100 颗沙粒, 所以空中有 300 颗沙粒的下落时间为 $t' = 0.3$ s, 可得 $h' = \frac{1}{2} g t'^2 = 0.45$ m, 故 B 正确; 自由落体运动, 相等位移的时间比为 1 : ($\sqrt{2} - 1$), 故出口下方 0~5 cm 和 5~10 cm 范围内的沙粒数之比约为 1 : ($\sqrt{2} - 1$), 故 C 错误; 根据 $v^2 = 2gh$, 可得 $v = \sqrt{2gh}$, 出口下方 5 cm 和 10 cm 处沙粒的速度比为 1 : $\sqrt{2}$, 故 D 错误.

6. AC 解析: 此时第 1 滴水、第 2 滴水下落的高度为 $h_1 = \frac{1}{2} g (3t)^2$, $h_2 = \frac{1}{2} g (2t)^2$, 由题意有 $h_1 - h_2 = \frac{1}{2} g (3t)^2 - \frac{1}{2} g (2t)^2 = \frac{5}{2} g t^2 = 1$ m, 解得 $t = 0.2$ s, 则此时第 3 滴水的速度大小为 $v_3 = gt = 10 \times 0.2$ m/s = 2 m/s, A、C 正确.

7. D 解析: 根据 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ 可得, 三者运动时间之比为 $t_1 : t_2 : t_3 = \sqrt{3} : \sqrt{2} : 1$, A 错误; 根据 $v = \sqrt{2gh}$, 三者

到达地面时的速度大小之比是 $v_1 : v_2 : v_3 = \sqrt{3} : \sqrt{2} : 1$, B 错误; 根据 $\Delta v = g \Delta t$ 可知, 三者都在空中运动时, 相同时间内, 速度变化量之比是 1 : 1 : 1, C 错误; 因为三个小球刚好同时落到地面, 而 $t_1 : t_2 : t_3 = \sqrt{3} : \sqrt{2} : 1$, 可知 a、b 释放的时间间隔与 b、c 释放的时间间隔之比为 $(\sqrt{3} - \sqrt{2}) : (\sqrt{2} - 1)$, D 正确.

8. (1) 石块做自由落体运动, 由 $h = \frac{1}{2} g t^2$ 得石块下落时

$$\text{间为 } t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 3 \text{ s,}$$

货车做匀减速直线运动, 则货车从减速到停止运动所用时间为 $t_{\text{停}} = \frac{v_0}{a} = \frac{10}{5}$ s = 2 s < t,

$$\text{则货车位移为 } x_{\text{货}} = \frac{v_0}{2} t_{\text{停}} = 10 \text{ m,}$$

因 $x < x_{\text{货}} < x + L$, 故石块能砸到货车上.

(2) 若石块刚好擦过车尾落地, 则 $x + L = v_0 t + \frac{1}{2} a_1 t^2$, 解得 $a_1 = 1$ m/s².

$$\text{若石块刚好擦过车头落地, 则 } x = v_0 t + \frac{1}{2} a_2 t^2,$$

$$\text{解得 } a_2 = -\frac{2}{3} \text{ m/s}^2.$$

故货车的加速度应满足 $a \geq 1$ m/s², 与运动方向相同, 或 $a \leq -\frac{2}{3}$ m/s², 与运动方向相反.

方法点拨 本题将竖直方向上的自由落体运动与水平方向上的匀变速直线运动巧妙地结合到一起, 水平方向的运动分析是本题的关键.

巅峰挑战

9. (1) 当球与 N 点等高时, 有 $v_1 t_1 - \frac{1}{2} g t_1^2 = d$,

$$\text{解得 } v_1 = 3 \text{ m/s.}$$

(2) 若 v_2 最小时, 球恰好运动到与 N 点等高, 有

$$v_{2\text{min}} t_2 - \frac{1}{2} g t_2^2 = d,$$

$$\text{解得 } v_{0\text{min}} = 3 \text{ m/s.}$$

若 v_2 最大时, 球恰好运动到与 M 点等高, 有

$$v_{2\text{max}} t_2 - \frac{1}{2} g t_2^2 = d + l,$$

$$\text{解得 } v_{2\text{max}} = 3.4 \text{ m/s,}$$

故空管的速度大小 v_2 应满足 3 m/s $\leq v_2 \leq$ 3.4 m/s.

(3) 当小球运动到 M 处恰好与管共速, 小球在空管内部运动的时间最长, 则

$$v_3 = g t_3,$$

$$v_3 t_3 - \frac{1}{2} g t_3^2 = d + l,$$

$$\text{解得 } t_3 = 0.3 \text{ s, } v_3 = 3 \text{ m/s.}$$

小球与 N 点等高时,有

$$v_3 t - \frac{1}{2} g t^2 = d,$$

解得 $t_4 = 0.1 \text{ s}$ 或 $t_5 = 0.5 \text{ s}$,

即 $t_4 = 0.1 \text{ s}$ 时,小球刚进入空管 N 端, $t_5 = 0.5 \text{ s}$ 时,小球恰好离开空管 N 端,则小球在空管内部运动的最长时间为 $\Delta t = 0.5 \text{ s} - 0.1 \text{ s} = 0.4 \text{ s}$.

题组 15 竖直上抛运动的特点及应用



1	2	3	4	5	6	7	8
A	D	D	A	B	D	AC	AD

1. A 解析:弹力球每次反弹的高度几乎不变,可以认为球从地面反弹后速度大小不变.球从最高点释放,先做自由落体运动,弹回后速度大小不变做竖直上抛运动,加速度均为向下的 g 不变,则 $v-t$ 图像的斜率不变,故 A 正确,B 错误;因球上升和下落的过程都做匀变速运动,根据 $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$,知位移与时间不成线性关系,故 $x-t$ 图像不可能是直线,C、D 错误.

2. D 解析:物体做竖直上抛运动,设从抛出至回到原点的时间为 t ,根据对称性可得,物体下降时间为 $\frac{t}{2}$,故物体上升的最大高度为 $h = \frac{1}{2} g \left(\frac{t}{2}\right)^2 = \frac{1}{8} g t^2$.物体自由下落 $\frac{1}{4} h$ 过程,有 $\frac{h}{4} = \frac{1}{2} g t_1^2$,解得 $t_1 = \frac{t}{4}$,故设置挡板后物体从抛出至回到出发点的时间为 $t' = 2 \cdot \left(\frac{t}{2} - \frac{t}{4}\right) = 0.5t$,D 正确.

3. D 解析:由于小球和空心管的加速度相同,所以以空心管为参考系,可看成小球相对于空心管以 v_0 向下做匀速运动,则穿过空心管的时间为 $t = \frac{L}{v_0}$,D 正确.

4. A 解析:小钢球抛出后上升高度为 $h' = \frac{v_0^2}{2g} = 5 \text{ m}$,设 $\overline{P_1 O} = 3h$,则 $\overline{P_1 P_2} = 5h$,小球从最高点下落至 P_1 点所用时间为 t ,由自由落体规律有 $h' + 3h = \frac{1}{2} g t^2$,小球从最高点下落至 P_2 点,有 $h' + 8h = \frac{1}{2} g (t+1)^2$,联立解得 $t = 2 \text{ s}$, $h = 5 \text{ m}$,则 P_1 和 P_2 间距离为 $\overline{P_1 P_2} = 5h = 25 \text{ m}$,A 正确.

方法点拨 竖直上抛运动的研究方法

分段法	上升阶段: $a=g$ 的匀减速直线运动 下降阶段:自由落体运动
全程法	初速度 v_0 向上,加速度 g 向下的匀变速直线运动, $v = v_0 - gt$, $h = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$ (向上方向为正方向) 若 $v > 0$,物体上升,若 $v < 0$,物体下落 若 $h > 0$,物体在抛出点上方,若 $h < 0$,物体在抛出点下方

5. B 解析:依题意,可知网球做竖直上抛运动,整个运动过程的加速度为重力加速度恒定不变,方向竖直向下,故 C、D 错误;网球上升为匀减速直线运动,设上升高度为 h_1 ,有 $h_1 = \frac{v_0^2}{2g} = 3.2 \text{ m}$,网球向上运动的时间为 $t_1 = \frac{v_0}{g} = 0.8 \text{ s}$,下落过程有 $h_1 + 1.8 \text{ m} = \frac{1}{2} g t_2^2$,解得下落时间 $t_2 = 1 \text{ s}$,因为规定竖直向上为正方向,网球落地时的速度为 $v_2 = -g t_2 = -10 \text{ m/s}$,网球在空中运动时间为 $t = t_1 + t_2 = 1.8 \text{ s}$,故 A 错误,B 正确.

6. D 解析:碎片脱离火箭时速度 $v = a t_1 = 5 \times 4 \text{ m/s} = 20 \text{ m/s}$,碎片掉出前离地面高度 $h = \frac{1}{2} a t_1^2 = 40 \text{ m}$,碎片离地面的最大距离为 $H = \frac{1}{2} a t_1^2 + \frac{v^2}{2g} = 60 \text{ m}$,故 B、C 错误;由题意得碎片着地时速度最大 $v_{\max} = \sqrt{2gH} = 20\sqrt{3} \text{ m/s}$,故 A 错误;取向上为正方向,根据 $-h = vt - \frac{1}{2} g t^2$,解得碎片从掉出到落回地面用时 $t = (2 + 2\sqrt{3}) \text{ s}$,故 D 正确.

7. AC 解析:取竖直向下为正方向,拦截弹 B 发射时导弹 A 的速度为 $v = v_0 + g \Delta t = 610 \text{ m/s}$,故 A 正确;拦截弹 B 发射时导弹 A 离地面高度为 $h - v_0 \Delta t - \frac{1}{2} g (\Delta t)^2 = 710 \text{ m}$,故 B 错误;临界情况为拦截弹 B 上抛至 95 m 处与导弹 A 相撞,此时对拦截弹 B 有 $-h_B = -vt + \frac{1}{2} g t^2$,对导弹 A 有 $h - h_B = v_0 (t + \Delta t) + \frac{1}{2} g (t + \Delta t)^2$,解得 $v = 100 \text{ m/s}$,故 C 正确,D 错误.

8. AD 解析:规定向下为正方向,根据 $h = -v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$,可知运动员在空中运动的时间为 $t = 2 \text{ s}$,故 A 正确,B 错误;根据对称性,运动员先向上减速,到最高点后再向下加速到跳台位置,其速度为 5 m/s ,根据速度—位移公式有 $v^2 - v_0^2 = 2gh$, $v^2 = 2ah'$,解得 $a = 25 \text{ m/s}^2$,故 C 错误,D 正确.



9. (1) 圆筒第一次落地做自由落体运动,有 $2gH = v_{\text{筒}}^2$,
圆筒第一次落地弹起后到最高点做匀减速运动,可视为初速度为零的匀加速运动的逆运动,有 $2gh_{\max} = \left(\frac{4}{5} v_{\text{筒}}\right)^2$,

解得 $h_{\max} = \frac{16}{25}H$.

(2) 圆筒第一次落地的时间 $t_1 = \sqrt{\frac{2H}{g}}$,

圆筒第一次弹起后到最高点的时间

$$t_2 = \sqrt{\frac{2h_{\max}}{g}} = \frac{4}{5}\sqrt{\frac{2H}{g}},$$

圆筒第一次弹起后到落地时小球同时到达地面,所以小球从释放到第一次落地所经历的时间

$$t = t_1 + 2t_2 = \sqrt{\frac{2H}{g}} + 2 \times \frac{4}{5}\sqrt{\frac{2H}{g}} = \frac{13}{5}\sqrt{\frac{2H}{g}},$$

可知小球下落的高度 $h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{169}{25}H$,

则圆筒的高度 $L = h - H = \frac{144}{25}H$.

(3) 小球第一次落地时的速度 $v = \sqrt{2gh} = \frac{13}{5}\sqrt{2gH}$,

小球能到达筒壁上距筒底 $\frac{L}{2}$ 处的最小反弹速度

$$v' = \sqrt{2g \cdot \frac{L}{2}} = \frac{6\sqrt{2}}{5}\sqrt{2gH}.$$

设小球最后到达距筒底 $\frac{L}{2}$ 处与地面共碰撞 n 次,小球每

次碰地后的反弹速率为落地速率的 $\frac{9}{10}$,则有

$$v \cdot \left(\frac{9}{10}\right)^n > v',$$

解得 $n = 4$ (次),

则光电计数器的示数最终稳定为 $2n + 1 = 9$ (次).

规律总结 竖直上抛运动的对称性

(1) 时间对称性:①物体上升到最高点所用时间与物体从最高点落回到原抛出点所用时间相等,即 $t_{\uparrow} = t_{\downarrow} = \frac{v_0}{g}$.②物体在上升过程中经过某两点所用的时间与下降过程中经过该两点所用的时间相等.

(2) 速度对称性:①物体上抛时的初速度与物体又落回原抛出点时的速度大小相等、方向相反.②物体在上升阶段和下降阶段经过同一位置时的速度大小相等、方向相反.

章末综合·真题精选



1	2	3	4	5
B	C	B	B	A

1. B 解析:汽车做末速度为零的匀减速直线运动,则有

$$x = \frac{v_0 + v}{2}t = 10 \text{ m}, \text{B 正确, A、C、D 错误.}$$

2. C 解析:根据速度的定义式 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 表明,速度等于位移与时间的比值,位移是物体在一段时间内从一个位置到另一个位置的位置变化量,而时间是这段时间的长度,这个定义强调了速度不仅描述了物体运动的快慢,还描述了物体运动的方向.因此,速度是刻画物体位置变化快慢的物理量.再根据物体位置随时间的关系 $x = 1 + 2t + 3t^2$,可知开始时物体的位置 $x_0 = 1 \text{ m}$,1 s 时物体的位置 $x_1 = 6 \text{ m}$,则 1 s 内物体的位移为 $\Delta x = x_1 - x_0 = 5 \text{ m}$,C 正确.

3. B 解析:重物自由下落做自由落体运动,与质量无关,则下落 1 s 后速度为 $v_1 = v_2 = gt = 10 \text{ m/s}^2 \times 1 \text{ s} = 10 \text{ m/s}$,故 B 正确.

归纳总结 应用自由落体运动规律解题时的两点注意

- 初速度为 0 的匀变速直线运动规律都适用.
 - ①从开始下落,连续相等时间内下落的高度之比为 $1:3:5:7:\dots$
 - ②由 $\Delta v = g\Delta t$ 知,相等时间内,速度变化量相同.
 - ③连续相等时间 T 内下落的高度之差 $\Delta h = gT^2$.
- 物体由静止开始的自由下落过程才是自由落体运动,从中间截取的一段运动过程不是自由落体运动,等效于竖直下抛运动,应该用初速度不为零的匀变速直线运动规律去解决此类问题.

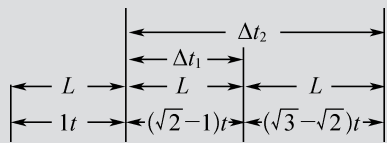
4. B 解析:根据 $v-t$ 图像可知,0~3 s 内质点做匀加速直线运动,平均速度为 $\bar{v} = \frac{0+30}{2} \text{ m/s} = 15 \text{ m/s}$,故 A 错误;根据 $v-t$ 图像可知,3.5~6 s 内质点做匀减速直线运动,故 B 正确;根据 $v-t$ 图像的斜率绝对值表示加速度大小,由图可知 0~3 s 的加速度大小为 $a_1 = \frac{30}{3} \text{ m/s}^2 = 10 \text{ m/s}^2$,3.5~6 s 的加速度大小满足 $a_2 > \frac{30}{6-3.5} \text{ m/s}^2 = 10 \text{ m/s}^2$,可知 0~3 s 的加速度比 3.5~6 s 的小,故 C 错误;根据 $v-t$ 图像与横轴围成的面积表示位移可得,0~3 s 的位移为 $x_1 = \frac{1}{2} \times 30 \times 3 \text{ m} = 45 \text{ m}$,3.5~6 s 的位移满足 $x_2 < \frac{1}{2} \times 30 \times (6-3.5) \text{ m} = 37.5 \text{ m}$,可知 0~3 s 的位移比 3.5~6 s 的大,故 D 错误.

5. A 解析:木板在斜面上运动时,木板的加速度不变,设加速度为 a ,木板从静止释放到下端到达 A 点的过程,根据运动学公式有 $L = \frac{1}{2}at_0^2$,木板从静止释放到上端到达 A 点的过程,当木板长度为 L 时,有 $2L = \frac{1}{2}at_1^2$,当木板长度为 $2L$ 时,有 $3L = \frac{1}{2}at_2^2$,又 $\Delta t_1 = t_1 -$

$t_0, \Delta t_2 = t_2 - t_0$, 联立解得 $\Delta t_2 : \Delta t_1 = (\sqrt{3} - 1) : (\sqrt{2} - 1)$, 故 A 正确.

一题多解 比例法

木板从静止开始通过连续相等的位移所用时间之比为 $t_1 : t_2 : t_3 = 1 : (\sqrt{2} - 1) : (\sqrt{3} - \sqrt{2})$. 所以 $\Delta t_2 : \Delta t_1 = [(\sqrt{3} - \sqrt{2}) + (\sqrt{2} - 1)] : (\sqrt{2} - 1) = (\sqrt{3} - 1) : (\sqrt{2} - 1)$, 故 A 正确.



6. (1) 根据匀变速运动规律某段内的平均速度等于中间时刻的瞬时速度可知,

在 1、2 间中间时刻的速度为 $v_1 = \frac{d}{t_1} = 2.25 \text{ m/s}$,

2、3 间中间时刻的速度为 $v_2 = \frac{d}{t_2} = 1.8 \text{ m/s}$,

故可得加速度大小为 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_1 - v_2}{\frac{t_1}{2} + \frac{t_2}{2}} = 1 \text{ m/s}^2$.

(2) 设到达 1 号锥筒时的速度为 v_0 , 根据匀变速直线运动规律得 $v_0 t_1 - \frac{1}{2} a t_1^2 = d$,

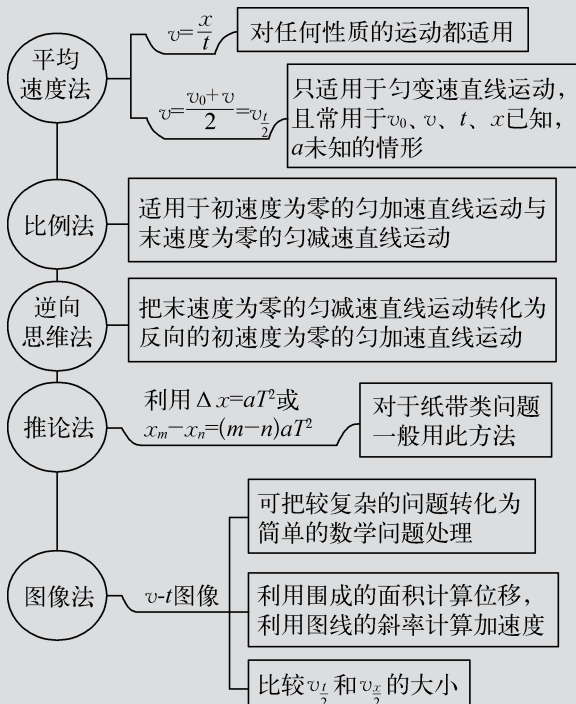
代入数值解得 $v_0 = 2.45 \text{ m/s}$,

从 1 号开始到停止时通过的位移大小为

$x = \frac{v_0^2}{2a} = 3.00125 \text{ m} \approx 3.33d$,

故可知最远能经过 4 号锥筒.

归纳总结 匀变速直线运动的推论及其他常用方法的选择



阶段温习(第一章)

答案速查

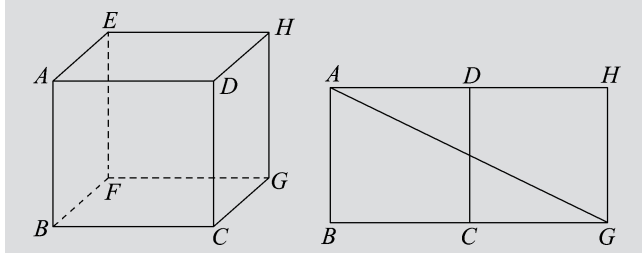
1	2	3
B	D	BD

1. B 解析: 出发站到终点站的路程为 950 km, 故 A 错误; “8 时 42 分”指的是时刻, “5 小时 18 分”指的是时间间隔, 故 B 正确; 列车虽然长, 相对两站之间的路程能把列车看作质点, 故 C 错误; 选取列车为参考系, 该同学是静止的; 选铁路边大树为参考系, 该同学都是运动的, 故 D 错误.

2. D 解析: 甲看到楼房匀速上升, 说明甲相对于地匀速下降. 乙看到甲匀速上升, 则乙匀速下降, 且 $v_{\text{乙}} > v_{\text{甲}}$. 丙看到乙匀速下降, 则丙可能停在空中, 可能匀速上升, 也可能匀速下降, 但 $v_{\text{乙}} > v_{\text{丙}}$. 甲看到丙机匀速上升, 若丙匀速下降, 则 $v_{\text{甲}} > v_{\text{丙}}$, 故应选 D.

3. BD 解析: 仿生机器蜘蛛运动的路程为 $s = \sqrt{(2a)^2 + a^2} = \sqrt{5}a$, A 错误; 仿生机器蜘蛛运动的位移为 $x = \sqrt{a^2 + (\sqrt{2}a)^2} = \sqrt{3}a$, B 正确, C 错误; 仿生机器蜘蛛运动的时间为 $t = \frac{s}{v} = \frac{\sqrt{5}a}{v}$, D 正确.

方法技巧 在解决这些实际问题时, 除用常规方法外, 还要注意思维的发散, 或逆向思维的应用. 对于本题, 可以将立体空间问题转换为平面问题, 如图所示.



巅峰挑战

4. (1) A (2) 14.0 25.0 0.35 0.42 0.35

解析: (1) 开始记录时, 应先给打点计时器通电打点, 然后释放纸带让纸带(随物体)开始运动, 如果先放开纸带开始运动, 再接通打点计时器的电源, 由于重物运动较快, 不利于数据的采集和处理, 会对实验产生较大的误差; 同时先打点再释放纸带, 可以使打点稳定, 提高纸带利用率, 可以使纸带上打满点, 故 A 正确.

(2) 由图示可知 $AC = 1.40 \text{ cm} = 14.0 \text{ mm}$, $AD = 2.50 \text{ cm} = 25.0 \text{ mm}$. AC 间的平均速度 $v_{AC} = \frac{x_{AC}}{2T} = \frac{1.40 \times 10^{-2}}{2 \times 0.02} \text{ m/s} = 0.35 \text{ m/s}$, AD 间的平均速度 $v_{AD} = \frac{x_{AD}}{3T} = \frac{2.50 \times 10^{-2}}{3 \times 0.02} \text{ m/s} = 0.42 \text{ m/s}$, 时间较短时, 物体的

速度变化较小,则 B 点的瞬时速度更接近于 0.35 m/s.

5. 设地球为一圆球体,其半径约为 $R=6\,400\text{ km}$,则地球上每 1° 纬度之间的距离为

$$l_0 = \frac{2\pi R}{360} = \frac{2 \times 3.14 \times 6400}{360} \text{ km} \approx 111.6 \text{ km},$$

地球上北纬 $30^\circ 10'$ 处每 1° 经度之间的距离为 $l'_0 =$

$$\frac{2\pi R \cos 30^\circ 10'}{360} = \frac{2 \times 3.14 \times 6400 \times 0.87}{360} \text{ km} \approx 97.1 \text{ km}.$$

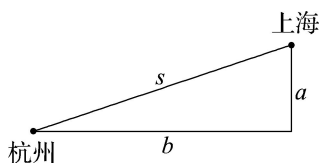
如图所示,上海与杭州南北相距

$$a = l_0 (31^\circ 15' - 30^\circ 10') = 111.6 \times 1.08 \text{ km} \approx 120.5 \text{ km},$$

东西相距

$$b = l'_0 (121^\circ 30' - 120^\circ) = 97.1 \times 1.5 \text{ km} \approx 145.7 \text{ km}.$$

相对于地球周长来说, a 、 b 两段距离均可看作直线距离,故位移大小为 $s = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{120.5^2 + 145.7^2} \text{ km} \approx 189.1 \text{ km}.$



思路点拨 本题考查学生的空间想象能力.如果思路不清晰可以拿一个地球仪作为参考.

第三章 相互作用——力

第一节 重力与弹力

题组 16 重力 弹力

· 答 · 案 · 速 · 查 ·

1	2	3	4	5	6	7
B	B	C	D	ACD	B	B

1. B **解析**:形状规则且质量分布均匀的物体的重心在几何中心上,A 错误;物体的重心不一定在物体上,也可能在物体的外部,如圆环,B 正确;重力的方向竖直向下,所以在地球表面上不同的位置,重力的方向是不同的,C 错误;重心是重力的等效作用点,并不是只有物体的重心才受到重力的作用,D 错误.

易错警示 关于重心理解的三点注意:

- (1) 重心不是重力的真实作用点,重力作用于整个物体,重心是重力的等效作用点.
- (2) 重心不是物体上最重的一点,也不一定是物体的几何中心.
- (3) 重心在物体上的相对位置与物体的位置、放置状态及运动状态无关,重心的位置可以不在物体上.

2. B **解析**:运动员静止时所受重力大小等于她对跳板的压力大小,但是重力与压力是不同性质的力,故 A 错

误;跳台对运动员的支持力方向始终竖直向上,故 B 正确;运动员对跳板的压力是由运动员脚底有形变产生的,故 C 错误;离开跳台后,运动员上升到最高点时依然受到重力,故 D 错误.

3. C **解析**:往空瓶里不断加水过程中,重心变化,故瓶的重心不一定在两条绳子连线的交点上,A 错误;往空瓶里不断加水时,瓶的重心先降低后升高,B、D 错误;有水流入一段时间,瓶会翻转一次,说明装的水到一定量之后,导致瓶与水整体的重心往上移动,竖直向下的重力作用线偏离中心转轴,导致瓶不平衡,发生翻转,C 正确.

4. D **解析**:根据二力平衡可知,杆的弹力方向与小球重力方向相反,竖直向上,A 错误;斜面与球接触但无挤压,所以斜面对球无弹力,B 错误;斜面对球若有弹力,则小球不可能处于静止状态,所以斜面对小球的弹力为 0,C 错误;绳上弹力沿绳,地面对杆的弹力垂直于地面向上,D 正确.

规律总结 三种情况下弹力的方向

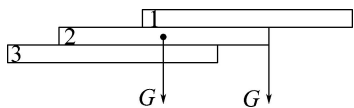
- (1) 平面与平面接触时,弹力的方向与接触平面垂直.
- (2) 点与平面接触时,弹力的方向与接触平面垂直.
- (3) 点与曲面接触时,弹力的方向与曲面的切平面垂直.

5. ACD **解析**:两弹性绳总形变量为 $\Delta x = 80 \text{ cm} - 50 \text{ cm} = 30 \text{ cm}$,则每条弹性绳的形变量为 $\Delta x' = \frac{\Delta x}{2} = 15 \text{ cm}$,故 A 正确;两个弹簧测力计示数均为 0.9 N,则口罩两侧均受到 0.9 N 的弹力,故 B 错误;弹簧测力计示数为 0.9 N,根据胡克定律可知 $k = \frac{F}{\Delta x} = 6 \text{ N/m}$,故 C 正确;若如图丁所示,将口罩 A 端固定到竖直墙上,B 端测力计示数为 0.9 N 时,则弹性绳的拉力不变,根据胡克定律可知,口罩总长度仍为 80 cm,故 D 正确.

6. B **解析**:按乙图放置,弹簧测力计的示数为 F_1 ,弹簧挂钩受两个拉力而平衡(自重不计),故 $F_0 = F_1$,所以弹簧测力计读数 $F_1 = F_0$,故 A 错误;按丙图放置,弹簧测力计的示数为 F_2 ,弹簧测力计外壳受重力和两个拉力,根据平衡条件,有 $F_0 = G + F_2$,所以弹簧测力计读数 $F_2 = F_0 - G$,故 B 正确;按丁图放置,对上面的弹簧测力计分析,示数为 F_3 ,弹簧测力计外壳受重力和两个拉力,根据平衡条件,有 $F_0 = G + F_3$,所以弹簧测力计读数 $F_3 = F_0 - G$,对下面的弹簧测力计分析,示数为 F_4 ,上面挂钩对下面挂钩的拉力即为弹簧测力计读数,即 $F_4 = F_3 = F_0 - G$,故 C、D 错误.

7. B **解析**:设每块木板重力为 G ,从上往下,木板序号依次为 1、2、3、...,1 号木板伸出 2 号木板右端的最长距离为板长的一半,即为 $\frac{1}{2}L$,此时 1 号木板的重心刚好处在 2 号木板右端位置,即 2 号木板右端所受压力大小为

G, 如图所示, 2 号木板伸出 3 号木板右端的长度最多时, 3 号木板右端即为 2 号木板此时平衡的支点, 对 2 号木板, 由杠杆的平衡条件可得, 其伸出长度为 $\frac{1}{4}L$. 以此类推, 3 号、4 号木板伸出的长度分别为 $\frac{1}{6}L$ 、 $\frac{1}{8}L$, 此时 $\frac{1}{2}L + \frac{1}{4}L + \frac{1}{6}L + \frac{1}{8}L = \frac{25}{24}L$, 故 B 正确.



巅峰挑战

8. (1) 根据胡克定律 $F = k\Delta x$,

当 $x = 0.2 \text{ m}$ 时, 有 $20 \text{ N} = (0.2 \text{ m}) \cdot k_1$,

当 $x = 0.3 \text{ m}$ 时, 有 $50 \text{ N} = (0.3 \text{ m}) \cdot k_1 + 0.1 \text{ m} \cdot k_2$,

解得 $k_1 = 100 \text{ N/m}$, $k_2 = 200 \text{ N/m}$.

(2) 将其截去 $\frac{1}{10}$, 剩余部分的劲度系数为

$$k = \frac{G}{\frac{9}{10}x} = \frac{10G}{9x},$$

则剩余弹簧下端挂重量为 $2G$ 的重物, 伸长量为

$$x' = \frac{2G}{k} = 1.8x.$$

(3) 两根弹簧所受的拉力都为 $\frac{G}{2}$, 所以 a 的伸长量为

$\frac{x_1}{2}$, b 的伸长量为 $\frac{x_2}{2}$. 平衡时滑轮下降的距离为 a 、 b 伸长

量之和的一半, 故 $h = \frac{1}{2} \left(\frac{x_1}{2} + \frac{x_2}{2} \right) = \frac{x_1 + x_2}{4}$.

题组 17 实验: 探究弹簧弹力与形变量的关系



1	2	3	4	5
D	B	D	D	D

1. D 解析: 实验中, 要观察弹簧自由下垂时下端所到达的刻度位置以及弹簧下端悬挂不同质量的钩码时下端所到达的刻度位置, 从而计算弹簧的形变量, A、C 不符合题意; 为了测量弹簧的长度, 需将弹簧一端固定, 故需要将弹簧上端固定在铁架台的横杆上, B 不符合题意; 用悬挂法测量弹簧的弹力时, 当弹簧下端悬挂的钩码静止时, 弹力大小与挂在弹簧下面的钩码的重力相等, 不需要测量弹簧的重力, D 符合题意, 故选 D.

2. B 解析: 由于弹簧有重力, 测量弹簧原长时应将弹簧竖直悬挂, 故 A 错误; 根据实验原理及读数规则, 实验时应依次逐个增添砝码, 等弹簧稳定后平视读数, 故 B 正确; 根据胡克定律知, 直线段部分图线斜率的倒数等于该

弹簧的劲度系数, $k = \frac{2.0 \text{ N}}{10 \times 10^{-2} \text{ m}} = 20 \text{ N/m}$, 故 C 错误;

图像弯曲的原因是弹簧弹力超过其弹性限度, 胡克定律不再成立, 故 D 错误.

方法点拨 在本实验中, 刻度尺读数需要估读. 弹簧使用和测量时都不能超过弹性限度.

3. D 解析: 该实验中用横轴表示弹簧的伸长量 x , 纵轴表示弹簧的拉力 F , 由胡克定律 $F = kx$ 可知, 甲组是测出竖直状态时不挂钩码的弹簧长度作为原长, 则图像过原点; 乙组是测出弹簧自然水平放置时的弹簧长度作为原长, 由于弹簧自身的重力, 弹簧不挂钩码时弹簧的伸长量已经不为零, 则图像不过原点, 结合函数关系可知, 图像斜率表示弹簧劲度系数, 两种情况下弹簧的劲度系数相同, 故两图像平行, 故 D 正确.

4. D 解析: 在测量弹簧原长时, 应将弹簧竖直放置测量长度, 避免弹簧自重带来的影响, 故 A 错误; 根据胡克定律可知, 测得的弹力与弹簧的形变量成正比, 故 B 错误; 图线的斜率表示弹簧的劲度系数, 由题图可知, a 弹簧的劲度系数小于 b 弹簧的劲度系数, 故 C 错误; 根据 $F = kx$ 可知, 施加同样大的力, a 的形变量比 b 的大, 故 D 正确.

规律总结 探究弹力和弹簧伸长量的关系实验, 需注意以下几点:

1. 挂钩码不要过重, 以免弹簧被过度拉伸, 超出它的弹性限度;
2. 每次所挂钩码的质量差尽量大一些, 从而使坐标纸上描的点尽可能稀一些, 这样作出的图线更精确;
3. 测弹簧长度时, 一定要在弹簧竖直悬挂且处于平衡状态时测量, 刻度尺要保持竖直靠近弹簧, 以免增大误差.

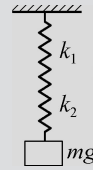
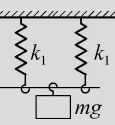
5. D 解析: 原弹簧可视为由 n 圈小弹簧组成, 设弹簧原长为 L_0 , 每圈弹簧的劲度系数为 k , 则 $L_1 = L_0 + n \frac{m_1 g}{k}$, $L_2 = L_0 + n_1 \frac{(m_1 + m_2) g}{k} + n_2 \frac{m_2 g}{k}$, 又 $n_1 + n_2 = n$, $L_1 - L_2 = n_2 \frac{m_1 g}{k}$, 则 L_2 一定小于 L_1 , 且 m_2 越小, m_1 越大, L_2 越短, D 正确.

6. (1) 156.8 235.2 (2) $G \left(\frac{1}{k_A} + \frac{1}{k_B} \right)$

解析: (1) 由题可知, 圆环数为 4 个时, 不受弹簧 B 的弹力, 圆环仅受弹簧 A 的弹力, 此后受到 A 、 B 两个弹簧的弹力, 有 $4mg = k_A x_1$, 解得 $k_A = 156.8 \text{ N/m}$; $n = 8$ 时受 A 、 B 弹簧共同作用, 有 $8mg = k_A x_2 + k_B (x_2 - x_1)$, 解得 $k_B = 235.2 \text{ N/m}$.

(2) 串接时, 两个弹簧的拉力大小相等, 则 $l_A = \frac{G}{k_A}$, $l_B = \frac{G}{k_B}$, 可得 $\Delta l = l_A + l_B = G \left(\frac{1}{k_A} + \frac{1}{k_B} \right)$.

知识拓展 弹簧串、并联放置时劲度系数的大小

	弹簧串联	(1) 两个弹簧的劲度系数分别为 k_1, k_2 ; (2) 两个弹簧的伸长量分别为 x_1, x_2 ; (3) 总伸长量为 x ; (4) 重物的重力为 mg	(1) 对于 k_1 , 有 $k_1 x_1 = mg$, 得 $x_1 = \frac{mg}{k_1}$; (2) 对于 k_2 , 有 $k_2 x_2 = mg$, 得 $x_2 = \frac{mg}{k_2}$; (3) 对于整体, $kx = mg$, $x = x_1 + x_2$, 化简得 $k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$
	弹簧并联	(1) 两个弹簧的劲度系数均为 k_1 ; (2) 两个弹簧的伸长量均为 x ; (3) 重物的重力为 mg	(1) 对于一根弹簧, 有 $k_1 x = \frac{1}{2} mg$, 得 $x = \frac{mg}{2k_1}$; (2) 对于整体, 有 $kx = mg$, 化简得 $k = 2k_1$

巅峰挑战

7. (1) 312(310~314 均可) (2) 2.0 (3) 超过弹簧弹性限度
- 解析:(1) 设开始时纸片与地面间距离为 h_0 , 则挂上重物时纸片与地面间距为 h , 则 $F = k(h_0 - h)$, 即 $h = h_0 - \frac{1}{k}F$, 由图像可知弹簧劲度系数 $\frac{1}{k} = \frac{1.20 - 1.10}{31.2}$, 解得 $k = 312 \text{ N/m}$.
- (2) 由图像 b 可知两弹簧并联后 $\frac{1}{k_1} = \frac{1.200 - 1.152}{30}$, 解得 $k_1 = 625 \text{ N/m} \approx 2.0k$.
- (3) 当拉力大于 62.4 N 后图像弯曲的原因是超过弹簧弹性限度.

第二节 摩擦力

题组 18 滑动摩擦力

答案速查

1	2	3	4	5
D	D	A	BC	D

1. D 解析: 根据摩擦力产生条件可知, 有弹力存在时不一定有摩擦力, 有摩擦力存在时一定有弹力, 故 A 错误; 滑动摩擦力方向一定与物体相对于接触面的运动方向相反, 但不一定与物体运动方向相反, 故 B 错误; 运动的物体可能受静摩擦力作用, 例如相对于倾斜传送带静止的物块, 随传送带向上匀速运动时, 物块受到静摩擦力作用, 故 C 错误; 同一接触面弹力和摩擦力的方向一定垂直, 故 D 正确.

方法点拨 摩擦力产生的条件: (1) 接触面是粗糙的; (2) 两物体存在相对运动或相对运动趋势; (3) 两物体在接触面上有正压力(弹力). 摩擦力与弹力的存在关系: 两物体间有摩擦力时, 必有弹力; 而两物体间有弹力时, 不一定有摩擦力.

2. D 解析: 滑动摩擦力与接触面相切, 由于接触面水平, 所以鱼缸在桌布上滑动的过程中, 桌布对鱼缸底的滑动摩擦力水平向右, A 错误; 桌布相对于鱼缸向右滑动, 则桌布受到鱼缸底所给水平向左的摩擦力, B 错误; 鱼缸在桌面上向右滑动的过程中, 桌面相对于鱼缸向左滑动, 则鱼缸底对桌面的滑动摩擦力水平向右, C 错误; 鱼缸在桌面上滑动的过程中, 桌面受到的压力是由于鱼缸发生弹性形变产生的, D 正确.

3. A 解析: 压在 A4 纸上的字典质量为 $m = \frac{0.3}{855} \times 570 \text{ kg} = 0.2 \text{ kg}$, A4 纸上、下表面受到的滑动摩擦力大小相等, 为 $F_f = \mu F_N = \mu mg = 0.8 \text{ N}$, 所以要把 A4 纸从字典中拉出, 拉力至少为 $F = 2F_f = 1.6 \text{ N}$, A 正确.

规律总结 公式 $F_f = \mu F_N$ 中的 F_N 是物体与接触面间的正压力, 不一定等于重力, 求 F_N 时要根据物体的受力情况而定.

4. BC 解析: 当物块与长木板发生相对运动后, 不管木板做匀速运动还是变速运动, 物块的受力不变, 故木板不需要保持匀速运动, A 错误; 根据物块的受力可知, 传感器记录的力与物块所受的摩擦力等大反向, 故可以说题图乙中曲线就是摩擦力随时间的变化曲线, B 正确; 由题图乙可知, 滑动摩擦力约为 7 N , 根据公式 $F_f = \mu F_N = \mu mg$, 由于 m 未知, 故无法求出动摩擦因数, C 正确, D 错误.
5. D 解析: 第 2 张试卷相对于第 1 张试卷向左运动, 则第 2 张试卷受到第 1 张试卷的摩擦力方向向右, 故 A 错误; 第 10 张试卷与第 11 张试卷之间及第 48 张试卷与摩擦片之间的摩擦力均为静摩擦力, 根据受力平衡条件, 可知大小均为 $f_{\text{静}} = f_{12} = \mu_2 (F + mg)$, 故 B、C 错误; 要做到“每次只进一张试卷”, 对最上面的一张试卷分析, 应满足 $\mu_1 F > \mu_2 (F + mg)$, 可得 $\frac{\mu_1}{\mu_2} > \frac{F + mg}{F}$, 故 D 正确.

规律总结 对 μ 的理解: (1) μ 是无单位的, 其数值与两个相互作用的物体的材料以及接触面的粗糙程度有关, 而与正压力 F 的大小、摩擦力的大小、相对运动的速度、接触面积的大小以及是否产生滑动摩擦力均无关; (2) 通常情况下动摩擦因数小于 1.

6. (2) 8.50 (3) 1.68 (4) $\frac{L_3 - L_1}{L_2 - L_1}$ 0.37 (5) 偏小
- 解析: (2) 刻度尺的分度值为 0.01 mm , 刻度尺的读数

为 8.50 cm,即用刻度尺测出稳定时弹簧的长度为 8.50 cm.

(3) 弹簧的伸长量为 $\Delta L = L_3 - L_1 = 1.68 \text{ cm}$.

(4) 根据平衡条件可得小木块的重力为 $Mg = k(L_2 - L_1)$,用力向右拉动长木板,长木板与小木块发生相对运动,当小木块稳定时,则有 $f = F = k(L_3 - L_1)$,可以得出

小木块与长木板间的动摩擦因数为 $\mu = \frac{f}{Mg} = \frac{L_3 - L_1}{L_2 - L_1}$,代入数据解得 $\mu = 0.37$.

(5) 若考虑弹簧自身重力,水平测量时弹簧的原长 L_1 将变小,弹簧的伸长量 ΔL 将变大,因此上述计算得到的弹簧伸长量将偏小,则动摩擦因数的测量值将偏小.

7. (1) 轻质弹簧上放 0.2 kg 的重物时,根据受力平衡可知,弹簧的弹力大小为 $F = mg = 0.2 \times 10 \text{ N} = 2 \text{ N}$,

由胡克定律 $F = kx$,

解得 $k = \frac{F}{x} = \frac{2}{0.002} \text{ N/m} = 1\,000 \text{ N/m}$.

(2) 当重物匀速运动时,有 $F' = F_f$,

而弹力 $F' = kx' = 1\,000 \times 1.5 \times 10^{-3} \text{ N} = 1.5 \text{ N}$,

即得重物与水平面间的摩擦力 $F_f = 1.5 \text{ N}$,

由 $F_f = \mu mg$,

解得 $\mu = \frac{F_f}{mg} = \frac{1.5}{0.2 \times 10} = 0.75$.



巅峰挑战

8. (1) 依题意, $F = 0$ 时,物体 A 所受最大静摩擦力为 $F_{\max} = \mu m_A g = 8 \text{ N}$,

物体 B 的重力大小为 $G_B = m_B g = 10 \text{ N} > F_{\max}$,

可知,物体 A 在 B 的带动下将向右运动,受到滑动摩擦力作用,大小为 8 N.

(2) $F = 10 \text{ N}$ 时,物体 A 所受最大静摩擦力为

$F'_{\max} = \mu(m_A g + F) = 12 \text{ N} > G_B$,

可知,物体 A 静止不动,受静摩擦力作用,大小为 10 N.

(3) 若要使 A 匀速运动,则物体 A 所受摩擦力与物体 B 的重力大小相等,即

$\mu(m_A g + F') = G_B$,

解得 $F' = 5 \text{ N}$.

题组 19 静摩擦力



1	2	3	4	5	6	7	8
D	C	AC	C	B	B	B	BC

1. D 解析:运动的物体也可能产生静摩擦力,比如在水平路面上,汽车启动时,车厢地板上的物体会受到静摩擦力作用,此时静摩擦力充当动力,故 A、B 错误;静摩擦力大小与压力无关,它与相对运动趋势方向的外力有关,故 C 错误;静摩擦力的作用是阻碍物体间的相对运动趋

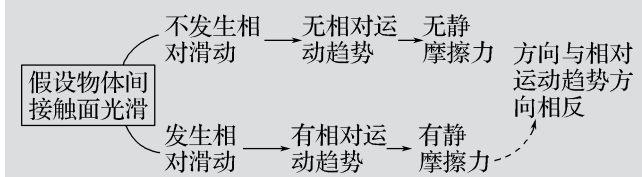
势,方向总是与物体间的相对运动趋势的方向相反,故 D 正确.

2. C 解析:杯子保持静止,处于平衡状态.杯子受到的重力和静摩擦力大小相等,但静摩擦力不一定等于最大静摩擦力.当杯子和水的总重力不变时,杯子受到的静摩擦力不变,A、B、D 错误;因为摩擦力与重力平衡,随着杯子内的水量减少,杯子和水的总重力减小,杯子所受的摩擦力也减小,C 正确.

方法点拨 静摩擦力及其方向的判断

(1) 条件判断法:接触面之间有弹力、粗糙且有相对运动趋势.

(2) 假设法:



3. AC 解析:书写“龙”字“一”这一笔画时,白纸相对毛笔向左运动,毛笔对白纸的摩擦力向右,故 A 正确;镇纸相对白纸无运动趋势,白纸与镇纸间没有摩擦力,故 B 错误;对白纸受力分析,桌面对白纸的摩擦力与毛笔对白纸的摩擦力二力平衡,方向相反、大小相等,则桌面对白纸的摩擦力向左,C 正确,D 错误.

4. C 解析:硬纸板受到滑动摩擦力的作用,根据 $F_f = \mu F_N$,可知硬纸板受到的滑动摩擦力大小与轮胎转动的快慢无关,故 A、B 错误;由于后轮逆时针转动,可知硬纸板相对于后轮有向右的运动趋势,则硬纸板受到向左的摩擦力,从而向左飞出,故 C 正确,D 错误.

5. B 解析:开始时物体受到的最大静摩擦力为 $f_m = \mu F = 0.4 \times 20 \text{ N} = 8 \text{ N}$,重力为 $G = mg = 4 \text{ N} < f_m = 8 \text{ N}$,故开始时,物体处于静止状态,受到静摩擦力作用;当静摩擦力等于重力时,则有 $f = G = \mu F'$,解得 $F' = 10 \text{ N}$,对比乙图可知,此时 $t = 2 \text{ s}$,故在 $0 \sim 2 \text{ s}$ 内物体受到的静摩擦力大小为 4 N;2 s 后,摩擦力小于 4 N,物体向下滑动,则物体受到滑动摩擦力作用, $f = \mu F$,可知在 $2 \sim 4 \text{ s}$ 时间内,物体受到滑动摩擦力随 F 的减小而减小,最后变为零,故 B 正确.

6. B 解析:以 a 为研究对象,根据二力平衡可知 b 对 a 的静摩擦力大小 $f_1 = 0$,以 a、b 整体为研究对象,根据二力平衡可知 $f_2 = F_b = 3 \text{ N}$,再以三个物体整体为研究对象,根据二力平衡可知 $f_3 = F_c - F_b = 3 \text{ N}$,故 B 正确.

7. B 解析:弹簧的弹力为 $F_{\text{弹}} = kx = 10 \text{ N}$,对木块 A 分析,在力 F 作用的瞬间,由于弹簧的形变量不变,弹力不变,A 仍保持静止,所受静摩擦力等于弹簧的弹力 10 N,故 A 错误,B 正确;木块 B 与地面间的最大静摩擦力为 $F_{Bm} = \mu m_B g = 15 \text{ N}$,木块 B 在向右的弹簧弹力和外力的共同作用下开始滑动,滑动摩擦力大小为 15 N,故

C、D 错误。

规律总结 静摩擦力的大小

- (1) 最大静摩擦力是指物体间静摩擦力的最大值。最大静摩擦力与正压力成正比, $F_{\max} = \mu F_N$, 而静摩擦力的大小与正压力无关。
- (2) 静摩擦力大小的范围为 $0 < F \leq F_{\max}$, 其具体数值会随着外力、运动状态的变化而改变。

8. BC **解析:** 物体与传送带速度相同, 做匀速运动, 两者没有相对运动, 也没有相对运动趋势, 故物体不受摩擦力, 故 A 错误, B 正确; A 为主动轮, 即轮子带着传送带运动, 故传送带相对轮子有向上运动的趋势, 可知皮带上 P 处所受摩擦力向下, 故 C 正确; B 为从动轮, 即轮子是在传送带的带动下运动的, 轮子相对传送带有向下运动的趋势, 故可知从动轮上 Q 处所受摩擦力方向向上, 故 D 错误。

9. (1) 把 6 本书看作整体, 受力平衡, 两侧的摩擦力相等, 则有 $2F = 6mg$,
解得 $F = 15\text{ N}$, 所以每块木板施加的静摩擦力为 15 N 。
(2) 对左边第一本书, 有 $mg + F_{12} = F$,
解得左边第一、二本书之间的摩擦力为 $F_{12} = 2mg$,
又 $F_{12} = 2mg = \mu F_N$,
解得 $\mu = 0.25$ 。
(3) 当向上抽出时, 书受到两侧向下的滑动摩擦力和重力, 因此有 $F_1 = 2\mu F_N + mg = 25\text{ N}$ 。

巅峰挑战

10. (1) 对 A 进行分析, 由二力平衡可得 $F_{A\text{静}} = m_A g = 10\text{ N}$ 。
(2) 因为此时 A 恰好静止, 由 $F_{A\text{静}} = F_f = \mu_1 F_N$, 可得弹簧的弹力为 $F = F_N = 20\text{ N}$,
故弹簧的劲度系数为 $k = \frac{F}{l_0 - l} = 100\text{ N/m}$ 。
(3) B 恰好处于静止状态时, 则 B 受到的摩擦力等于最大静摩擦力, 故 $F_{B\text{静}} = \mu_2 m_B g = 32\text{ N}$ 。
B 受到绳子往右的最大拉力为 $F_{\text{拉}} = F_{B\text{静}} - F = 12\text{ N}$,
因此倒入吊盘砂粒的质量 $m_{\text{砂}} \leq \frac{F_{\text{拉}}}{g} = 1.2\text{ kg}$ 。

第三节 牛顿第三定律

题组 20 牛顿第三定律 受力分析



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D	C	ABD	B	B	B	C	A	D	AD

1. D **解析:** F_1 和 F_2 作用于不同物体上, 是一对相互作用

用力, 大小相等、方向相反、同时产生同时消失, 故 A、B、C 错误; 运动员静止站立在跳板上, F_2 与 G 是一对平衡力, 故 D 正确。

2. C **解析:** 大理石基座与地面接触, 对地面受力分析, 地面受到大理石基座对它施加的压力, A 错误; 基座与铜像重力的合力大小等于地面对基座的支持力, 故基座受到的重力和地面对基座的支持力大小不相等, 不是一对平衡力, B 错误; 铜像对基座的压力作用在基座上, 基座对铜像的支持力作用在铜像上, 分别作用在两个不同物体上, 且压力与支持力大小相等、方向相反, 是一对相互作用力, C 正确; 基座对铜像的支持力, 是由于基座发生形变产生的, D 错误。

规律总结 一对作用力和反作用力与一对平衡力的对比

内容		作用力和反作用力	平衡力
不同点	作用对象	作用在相互作用的两个物体上	作用在同一物体上
	依赖关系	相互依赖, 同时存在, 同时产生, 同时变化, 同时消失	无依赖关系, 撤除一个, 另一个可依然存在
	叠加性	两力的作用效果不可叠加, 不可抵消	两力的作用效果可相互抵消
	力的种类	一定是同一类型的力	不一定是同一类型的力
相同点		大小相等、方向相反, 作用在同一条直线上	

3. ABD **解析:** A 球受重力、杆的弹力、车厢的支持力, 而车厢的摩擦力可能存在, 也可能不存在, 所以 A 球可能受到 3 个或 4 个力的作用, 故 A、B 正确; B 球一定受到重力、车厢的支持力、轻杆的弹力、车厢的摩擦力, 共 4 个力作用, C 错误, D 正确。

4. B **解析:** 铁块受到的静摩擦力与重力等大反向, 可知静摩擦力与磁力不成正比, A 错误; 铁块受重力、磁性黑板对铁块的支持力和吸引力、磁性黑板对铁块的摩擦力, 即与铁块相关的有四对力的作用, B 正确; 铁块所受黑板的磁力与黑板对铁块的磁力是一对相互作用力; 黑板对铁块的支持力与铁块对黑板的压力是一对相互作用力, C 错误; 铁块水平方向受力平衡, 即黑板对铁块的吸引力等于黑板对铁块的支持力, 铁块之所以被吸住, 是因为重力小于等于黑板与铁块间的最大静摩擦力, D 错误。

5. B **解析:** 弹力产生的原因是由于施力物体形变, 对受力物体产生弹力的作用, 棋子受到的弹力是由于棋盘形变产生的, 故 A 错误; 棋子受到的磁力与它受到的弹力均作用在棋子上, 是一对平衡力, 故 B 正确; 棋子在竖直方向受到重力和棋盘给的竖直向上的静摩擦力, 是一对平衡力, 棋子重力大小不变, 则所受的摩擦力大小不变, 故 C、D 错误。

6. B 解析:飞行器静止悬浮在空中,由平衡条件可知,空气对飞行器的作用力方向竖直向上,飞行器对空气的作用力竖直向下,故 B 正确;手与飞行器没有接触,手对飞行器没有作用力,空气对飞行器的作用力与飞行器所受的重力是一对平衡力,故 A 错误;空气对飞行器的作用力和飞行器对空气的作用力是一对作用力和反作用力,故 C 错误;当飞行器向上运动时,空气对飞行器的作用力等于飞行器对空气的作用力,它们互为作用力与反作用力,故 D 错误.

7. C 解析:当猴子静止在树上时,树对猴子的作用力与猴子对树的作用力是一对作用力与反作用力,故 A 错误;当猴子静止在树上时,树对猴子的作用力与猴子的重力是一对平衡力,故 B 错误;当猴子向上减速攀援时,树对猴子的作用力与猴子对树的作用力是一对作用力与反作用力,二者大小相等,方向相反,故 C 正确;当猴子向上加速攀援时,树对猴子的作用力与猴子对树的作用力是一对作用力与反作用力,二者大小相等,方向相反,故 D 错误.

8. A 解析:货箱受滑动摩擦力,大小为 $f=\mu_2(m_1+m_2)g$,故人对货箱的推力为 $F=f=\mu_2(m_1+m_2)g$,B 错误;货箱对人的反作用力与人对货箱的推力等大、反向,故人受到的静摩擦力与货箱对人的作用力平衡,大小为 $\mu_2(m_1+m_2)g$,A 正确;1 号货箱受力平衡,水平方向不受摩擦力,C 错误;由牛顿第三定律,人对货箱的推力与货箱对人的作用力等大、反向,D 错误.

9. D 解析:取箱子为研究对象,它受向下的重力 Mg 、环给它向下的摩擦力 F_f 和地面对它的支持力 F_N 三个力的作用而平衡,则 $F_N=Mg+F_f$,由牛顿第三定律知,箱子对地面的压力大小 $F'_N=F_N=Mg+F_f$,D 正确.

方法技巧 利用牛顿第三定律间接分析物体的受力情况
求解某个力的大小和方向时,一般情况下选取该力的受力物体进行分析,但有些情况下不便于直接求解该力,可先通过转换研究对象(即选择受力较少、较明确的物体作为研究对象),求解其反作用力的大小和方向,再应用牛顿第三定律即可.

巅峰挑战

10. AD 解析: b 受重力和 a 的支持力,压缩状态的弹簧对 b 有向左的弹力, b 有向左运动的趋势,受到 a 对它向右的摩擦力,共 4 个力作用,故 A 正确; a 受到重力、地面的支持力、 b 对 a 的压力和摩擦力以及弹簧的弹力,共 5 个力作用, a 对 b 的摩擦力向右,根据牛顿第三定律可知, b 对 a 的摩擦力向左,故 B 错误;对整体研究,受重力和地面的支持力,根据平衡条件分析可知,地面对 a 没有摩擦力,否则不能平衡,故 C 错误,D 正确.

规律总结 整体法与隔离法的比较

	整体法	隔离法
概念	将加速度相同的几个物体作为一个整体来分析的方法	将研究对象与周围物体分隔开分析的方法
选用原则	研究系统外的物体对系统整体的作用力或系统整体的加速度	研究系统内物体之间的相互作用力
注意问题	受力分析时不需要考虑系统内物体间的相互作用力	一般隔离受力较少的物体

综合提优 3(第一~三节)

答案速查

1	2	3	4	5	6	7	8
C	B	D	B	B	B	ABD	CD

1. C 解析:地球对物体的各部分都有吸引,重心只是重力的等效作用点,A 错误;物体受到弹力作用是因为与它接触的物体发生了弹性形变,该弹力可以使物体自身发生弹性形变,B 错误;两个相对静止的运动物体有相对运动趋势时,接触面上有可能产生静摩擦力,C 正确;重力和压力是不同性质的力,则人站在水平地面静止不动时,只能说人对地面的压力大小等于人体受到的重力大小,D 错误.

2. B 解析:A 物块对 B 物块的弹力是由 A 的形变产生的,A 错误;由于 A 对 B 的摩擦力沿 B 的下表面向上,所以 B 对 A 的摩擦力沿 A 的上表面向下,B 正确;物块 A 受到两个摩擦力的作用,分别是 B 对 A 的摩擦力和斜面对 A 的摩擦力,C 错误;斜面对 A 的弹力方向应该垂直斜面向上,D 错误.

3. D 解析:桌面受到手的弹力作用是由于手发生了弹性形变,A、B 错误;手对桌面的压力与桌面对手的支持力是一对相互作用力,C 错误;反射在天花板上的光点发生移动,说明桌面发生了形变,D 正确.

4. B 解析:球受到的弹力是球拍发生形变而产生的,A 错误;根据牛顿第三定律可知,球对球拍的作用力与球拍对球的作用力大小相等,B 正确;球对球拍的作用力和球拍对球的作用力是一对相互作用力,C 错误;球在空中飞行时,受到重力、空气阻力的作用,由于球已和球拍分离,所以球不受球拍给它的推力,D 错误.

规律总结 作用力与反作用力的特点

(1) 四同	同一条直线
	同大小
	同时产生、变化、消失
	同性质
(2) 三异	反向
	异体
	不同效果
(3) 三无关	与物体的种类无关
	与相互作用的两物体的状态无关
	与是否和另外物体相互作用无关

5. B 解析: 小球处于静止状态, 与挡板和斜面接触挤压, 挡板和斜面发生弹性形变, 对小球有弹力作用, 弹力的方向垂直于接触面, 所以挡板对小球的弹力方向水平向右, 斜面对小球的弹力方向垂直于斜面向上, 其中挡板的弹力由挡板的向左的形变产生的, 斜面的弹力由斜面的垂直斜面向下的形变产生的, B 正确。

6. B 解析: 碟刹器与碟刹片发生相对运动, 碟刹器受到的是滑动摩擦力, A 错误; 根据 $F_f = \mu F_N$ 可知, 碟刹器与碟刹片之间的滑动摩擦力与动摩擦因数 μ 以及碟刹器与碟刹片的正压力 F_N 有关, 与碟刹器和碟刹片的正对面积无关, 增大碟刹器与碟刹片的正压力可以增大摩擦力, C 错误, B 正确; 根据滑动摩擦力方向与相对运动方向相反可知, 碟刹器受到的摩擦力方向与其相对碟刹片的运动方向相反, D 错误。

7. ABD 解析: 根据二力平衡知, 木块受到的摩擦力与绳子的拉力大小相等, 由图乙中数据可求出木块受到的滑动摩擦力大小约为 7 N, 则木块与长木板小车间的动摩擦因数为 $\mu = \frac{f}{mg} = \frac{7}{mg}$, 故 A 正确; 传感器记录的是绳子的拉力, 由于物块受到的摩擦力始终等于传感器上的拉力, 因此图乙中曲线是摩擦力随时间的变化曲线, 故 B 正确; 实验中只需让长木板与小车保持相对运动, 滑动摩擦力都相同, 不需匀速运动, 故 C 错误; 由图乙中数据可求出木块受到的最大静摩擦力大小约为 10 N, 滑动摩擦力与最大静摩擦力之比约为 7 : 10, 故 D 正确。

8. CD 解析: A 的最大静摩擦力为 $F_{A\max} = \mu m_A g = 15$ N, B 的最大静摩擦力为 $F_{B\max} = \mu m_B g = 12.5$ N, 由胡克定律可得, 此时弹簧拉力 $T = kx = 12.5$ N, 当用 12.5 N 的水平拉力作用在木块 B 上时, 木块 B 仍处于静止状态, 弹簧的弹力不变, A 所受的静摩擦力方向向左, 大小为 12.5 N, B 所受摩擦力为零, 故 A、B 错误, C 正确。若改用 $F' = 25$ N 的水平力向右拉木块 B, 摩擦力 $F'_B = F' - T = 12.5$ N $= F_{B\max}$, 故此时 B 仍静止, 则弹簧的弹力不变, A 所受的摩擦力不变, D 正确。

9. (1) 物块在水平面上受到的最大静摩擦力

$$F_{\max} = \mu F_N = \mu Mg = 8 \text{ N}.$$

(2) 绳子拉力 $T = (m_0 + m)g = 10$ N,

因为 $T > F_{\max}$,

所以物块滑动, 所受摩擦力为滑动摩擦力

$$F_f = \mu F_N = 8 \text{ N}.$$

(3) 放物块 B 后, 最大静摩擦力

$$F'_{\max} = \mu F'_N = \mu (M + m_1)g = 14 \text{ N},$$

因为 $T < F'_{\max}$, 所以物块 A、B 静止, A 所受摩擦力为静摩擦力 $F_A = T = 10$ N。

10. (1) 设弹簧的原长为 L_0 , 根据胡克定律可得

$$F = k(L - L_0),$$

结合题图甲可知, 弹簧的原长 $L_0 = 30$ cm, $F - L$ 图像的斜率表示弹簧的劲度系数,

$$k = \frac{\Delta F}{\Delta L} = \frac{40}{(35 - 30) \times 10^{-2}} \text{ N/m} = 800 \text{ N/m}.$$

(2) 对题图乙中的物块 B, 由二力平衡可得

$$F_a = f = \mu G_B = 6 \text{ N},$$

解得 A、B 间的动摩擦因数为 $\mu = 0.3$ 。

(3) 对题图丙中的物块 B, 根据平衡条件可得

$$G_B = k\Delta L' + f_m = k(L_0 - L') + f_m,$$

解得 $f_m = 12$ N。

$$\text{又 } f_m = \mu F_0,$$

解得 $F_0 = 40$ N。



巅峰挑战

11. (1) 对 C 受力分析得 $T_1 = mg$,

对 A、B 整体受力分析得 $F_N + T_1 = (2m + m)g$,

解得 $F_N = 2mg$ 。

由牛顿第三定律可得, 物体 B 对地面的压力为

$$F'_N = F_N = 2mg.$$

(2) 当 C 的质量为 m 时, 弹簧的弹力为 $F_{\text{弹}1}$, 对 A 受力

分析可得 $F_{\text{弹}1} + T_1 = 2mg$,

$$\text{又 } F_{\text{弹}1} = kx_1,$$

解得弹簧的压缩量 $x_1 = \frac{mg}{k}$ 。

当 C 的质量变为 $3m$ 时, 对 C 受力分析可得 $T_2 = 3mg$,

对 A 受力分析可得 $T_2 = 2mg + F_{\text{弹}2}$,

$$\text{又 } F_{\text{弹}2} = kx_2,$$

解得弹簧的伸长量 $x_2 = \frac{mg}{k}$ 。

C 下降的高度为 $h = x_1 + x_2 = \frac{2mg}{k}$ 。

(3) B 刚要离开地面时, 对 A、B 整体受力分析有

$$T_3 = (2m + m)g + F_f,$$

$$\text{又 } F_f = \mu F_{N1} = \mu F_0 = 0.5 \times 2mg = mg,$$

对 C 受力分析, 有 $T_3 = mg + F$,

联立解得 $F = 3mg$ 。

第四节 力的合成与分解

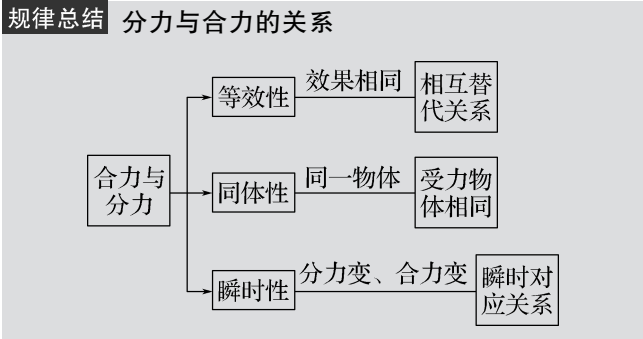
题组 21 力的合成



1	2	3	4	5	6	7	8
BD	B	B	D	C	C	A	A

1. BD 解析: 合力是各个分力的等效替代, 作用效果相

同,合力和分力不能同时作用于物体上,A 错误,B 正确;各个分力可以是不同性质的力,也可以是同一性质的力,C 错误;各个分力必须是同一时刻同一物体受到的力,D 正确。



2. B 解析:由力的合成三角形定则知,两个力及它们的合力构成一个矢量三角形,合力可以小于任何一个分力,也可以大于任何一个分力,可能比两个分力都小,故 A 错误,B 正确;两个分力同时增加 10 N,根据平行四边形定则合成之后,合力的大小增加不一定是 10 N,故 C 错误;两个分力夹角小于 180°时,合力大小随夹角的减小而增大,故 D 错误。

3. B 解析:A 图中两个 F 垂直,合力为 $\sqrt{2}F$,则最终合力为 $(\sqrt{2}-1)F$;B 图中两个 F 反向,则合力为 F ;C 图中三个 F 两两之间的夹角为 120°,则合力为 0;D 图中两个 F 夹角为 60°,合力为 $\sqrt{3}F$,则最终合力为 $(\sqrt{3}-1)F$,故应选 B。

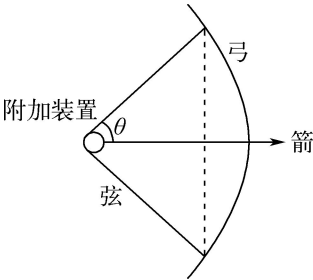
4. D 解析:根据图像,当夹角为 90°时,根据力的合成规律有 $F_1^2+F_2^2=(10\text{ N})^2$;当夹角为 180°时,不妨设分力 F_1 大于分力 F_2 ,根据力的合成规律有 $F_1-F_2=2\text{ N}$,解得 $F_1=8\text{ N}$, $F_2=6\text{ N}$,A、B 错误。两个分力的合力的取值范围 $|F_1-F_2|\leq F\leq F_1+F_2$,解得 $2\text{ N}\leq F\leq 14\text{ N}$,C 错误,D 正确。

5. C 解析:弹力圈上的力处处相等,小朋友两侧的弹力绳张角越小,弹力圈对小朋友的合力越大,故 $F_{\text{甲}}>F_{\text{丙}}>F_{\text{乙}}>F_{\text{丁}}$,故 C 正确。

6. C 解析:根据力的三角形定则,由题图可知, F_7 和 F_3 的合力为 F_8 , F_4 和 F_9 的合力为 F_8 , F_1 和 F_6 的合力为 $\frac{1}{2}F_8$,因为是正六边形,所以力的大小关系为 $F_8=2F_1$, $F_2=F_5=F_1$,则九个力的合力大小为 $F_{\text{合}}=3F_8+\frac{1}{2}F_8+F_2+F_5$,解得 $F_{\text{合}}=9F_1$,故 C 正确。

7. A 解析:根据胡克定律可得 $F_{\text{弹}}=kx=\frac{200\sqrt{3}}{3}\times 0.05\text{ N}=\frac{10\sqrt{3}}{3}\text{ N}$,根据平行四边形定则可知,口罩带对单侧耳朵的作用力大小为 $F=2F_{\text{弹}}\cos 30^\circ=10\text{ N}$,故 A 正确。

8. A 解析:根据胡克定律 $F=kx$,可知弦上产生弹力大小 $F=k\left(\frac{5}{3}l-l\right)=\frac{2}{3}kl$,设弦与水平方向夹角为 θ ,如图所示,箭被发射瞬间所受的合力为 $F_{\text{合}}=2F\cos \theta$,几何关系可知 $\sin \theta=\frac{\frac{l}{2}}{\frac{5}{6}l}=0.6$,则 $\cos \theta=0.8$,联立以上可得 $F=\frac{16}{15}kl$,故箭被发射瞬间所受的弹力为 $\frac{16}{15}kl$,故 A 正确,B、C、D 错误。



9. (1) 根据力的平行四边形定则,可得两个拉力的合力大小 $F=\sqrt{6^2+8^2}\text{ N}=10\text{ N}$,

由 $\tan \theta=\frac{F_2}{F_1}=\frac{4}{3}$,得 $\theta=53^\circ$,

故合力方向与 F_1 间的夹角为 53° 。

(2) 木块的最大静摩擦力 $F_{\text{max}}=\mu mg=12\text{ N}$,拉力的合力小于最大静摩擦力,因此没拉得动木块,根据平衡条件,可知木块受到的摩擦力等于拉力的合力,为 10 N,方向与 F_1 、 F_2 的合力相反。

(3) 当将 F_1 顺时针转 90°,则两个拉力的合力大小为 $F'=8\text{ N}-6\text{ N}=2\text{ N}$,方向与 F_2 相同。

(4) 若将图中 F_2 顺时针转 90°,此时两个力的合力为 $F''=6\text{ N}+8\text{ N}=14\text{ N}>F_{\text{max}}=12\text{ N}$,此时木块开始滑动,摩擦力为滑动摩擦力,大小为 12 N。

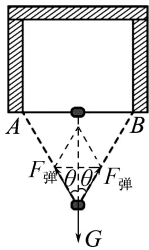
巅峰挑战

10. (1) 橡皮条位于图中虚线位置时,每根橡皮条的伸长量为

$$\Delta x=L-0.3L=0.7L,$$

由胡克定律可得 $F_{\text{弹}}=k\Delta x$,

解得 $F_{\text{弹}}=0.7kL$ 。



(2) 根据几何关系,两橡皮条位于图中虚线位置时与竖

直方向的夹角 $\theta=30^\circ$, 小重物的重力大小等于两根橡皮条弹力的合力大小 $G=2F_{\text{弹}} \cos\theta$,

解得小重物的重力为 $G=\frac{7\sqrt{3}}{10}kL$.

规律总结 三种求合力的特殊情况

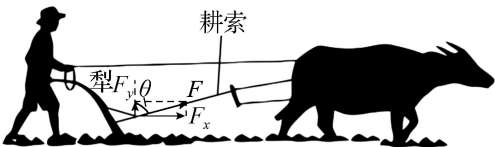
类型	作图	合力的计算
两分力相互垂直		大小: $F=\sqrt{F_1^2+F_2^2}$ 方向: $\tan\theta=\frac{F_1}{F_2}$
两分力等大, 夹角为 θ		大小: $F=2F_1\cos\frac{\theta}{2}$ 方向: F 与 F_1 夹角为 $\frac{\theta}{2}$
合力与其中一个分力垂直		大小: $F=\sqrt{F_2^2-F_1^2}$ 方向: $\sin\theta=\frac{F_1}{F_2}$

题组 22 力的分解

答案速查

1	2	3	4	5	6
ABD	A	C	A	BD	A

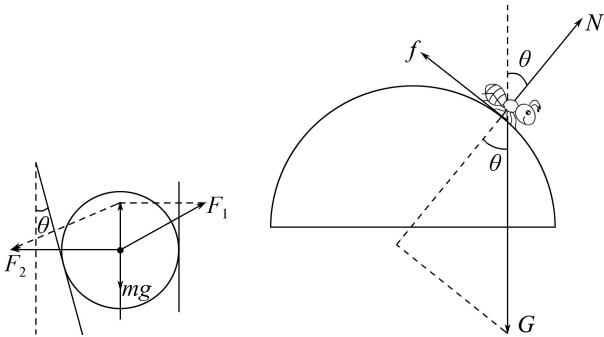
1. ABD **解析**: 将力 F 进行正交分解, 如图所示, 可得 $F_x=F\sin\theta$, $F_y=F\cos\theta$, 即耕索对犁拉力的水平分力为 $F\sin\theta$, 竖直分力为 $F\cos\theta$, A、B 正确; 根据牛顿第三定律, 耕索拉犁的力 F 和犁对耕索的拉力 T 为一对相互作用力, 大小相等、方向相反, 作用在两个物体上, 不能进行合成, D 正确.



2. A **解析**: 由题图可知, 风力 F 在垂直于帆面方向的分力为 $F\sin 8^\circ$, 该力的方向与风力的夹角为 $90^\circ-8^\circ=82^\circ$, 则该力与船行驶方向 v 的夹角为 $135^\circ-82^\circ=53^\circ$, 故该力沿船行驶方向的分力为 $F'=F\sin 8^\circ\cdot\cos 53^\circ=\frac{3}{5}F\sin 8^\circ$, A 正确.

3. C **解析**: 石头对右壁的压力与右壁对石头的压力是一对相互作用力, 故 A 错误; 石头受到重力 mg 、左壁的支持力 F_1 和右壁的支持力 F_2 , 如图所示, 可知 $F_1=\frac{mg}{\sin\theta}$, $F_2=\frac{mg}{\tan\theta}$, 根据牛顿第三定律可知, 石头对左壁的压力大小为 $N=F_1=\frac{mg}{\sin\theta}>mg$, 故 B 错误, C 正确; 随着

风化程度的增加, 导致夹角 θ 减小, $\sin\theta$ 减小, 则石头对左壁的压力增大, 故 D 错误.

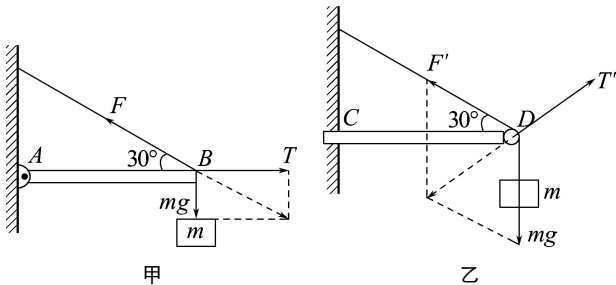


(第 3 题) (第 4 题)

4. A **解析**: 蚂蚁缓慢地沿半球体表面下移, 受力如图所示, 随着蚂蚁的下移, 支持力与竖直方向间的夹角 θ 增大, 蚂蚁的最大静摩擦力减小, 当最大静摩擦力等于重力沿球面向下的分力时, 蚂蚁离顶点最远, 此时有 $\tan\theta=\frac{F_{\text{max}}}{N}=\mu$, 蚂蚁离顶点的竖直高度为 $h=R(1-\cos\theta)=R-\frac{R}{\sqrt{1+\mu^2}}$, A 正确.

方法点拨 将一个力进行分解时必须根据这个力在该问题中的实际作用效果来分解, 这就要求在力的分解之前必须搞清楚力的作用效果. 搞清了力的效果, 也就搞清了力的方向, 而搞清了各个力的方向后, 分解力将是唯一的.

5. BD **解析**: 甲图中的杆与墙上的光滑铰链连接, 为转轴杆(“活杆”), 弹力方向沿杆方向, 乙图中的杆为固定杆(“死杆”), 弹力方向不沿杆方向, 而是沿两根绳合力的反方向, A 错误. 如图甲所示, 以 B 点为研究对象, 受到重物的拉力、绳的拉力和 AB 杆的弹力, 根据平衡条件得杆的弹力 $T=\frac{mg}{\tan 30^\circ}=\sqrt{3}mg$; 如图乙所示, 以 D 点为研究对象, 受到重物的拉力、上边绳的拉力和 CD 杆的弹力, 因拉力 F' 和重力间的夹角为 120° , 则由几何知识可得 $T'=mg$, 轻杆受到的弹力是 mg , 故甲图中杆的弹力更大, C 错误, B 正确. 甲图中轻绳拉力为 $F=\frac{mg}{\sin 30^\circ}=2mg$, 乙图中轻绳拉力 $F'=mg$, 若甲、乙中轻绳能承受的最大拉力相同, 则物体加重时, 甲中轻绳更容易断裂, D 正确.

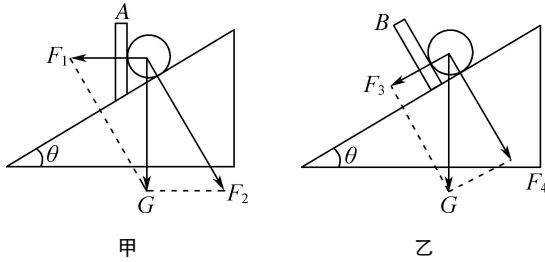


方法总结 两种杆模型

一般情况下,插入墙中的杆属于固定杆,弹力可以沿任意方向,不一定沿杆;而用铰链相连的杆属于活动杆,弹力一定沿杆方向。

6. A 解析:对木块、小球组成的整体进行受力分析,受重力、支持力、摩擦力和拉力,将拉力正交分解可得 $F \cos \theta = F_f$, $F \sin \theta + N = (M+m)g$, $F_f = \mu N$, 联立可得 $F = \frac{\mu(M+m)g}{\mu \sin \theta + \cos \theta} = \frac{\mu(M+m)g}{\sqrt{1+\mu^2} \sin(\theta+\varphi)}$, 故当 $\sin(\theta+\varphi) = 1$ 时,拉力最小,最小值为 $F_{\min} = \frac{\mu(M+m)g}{\sqrt{1+\mu^2}} = \frac{1}{2}(M+m)g$, 故 A 正确, B 错误; 因为 $\tan \varphi = \frac{1}{\mu}$, 故 $\varphi = 60^\circ$, 当 $\sin(\theta+\varphi) = 1$ 时,拉力最小,此时 $\theta = 30^\circ$, 故 C、D 错误。

7. 根据题意可知, A 处小球的重力有两个作用效果,使小球水平挤压挡板和使小球压紧斜面,将重力分解如图甲所示,由几何关系可得 $F_1 = G \tan \theta$, $F_2 = \frac{G}{\cos \theta}$, B 处小球的重力有两个作用效果,使小球垂直挤压挡板和使小球压紧斜面,将重力分解如图乙所示,由几何关系可得 $F_3 = G \sin \theta$, $F_4 = G \cos \theta$ 。



方法技巧 力的分解常用的方法

	正交分解法	效果分解法
分解方法	将一个力沿着两个互相垂直的方向进行分解的方法	根据一个力产生的实际效果进行分解
实例分析	x 轴方向上的分力: $F_x = F \cos \theta$ y 轴方向上的分力: $F_y = F \sin \theta$	$F_1 = \frac{G}{\cos \theta}$ $F_2 = G \tan \theta$

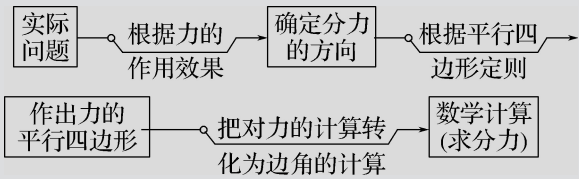
巅峰挑战

8. (1) 对物块 P 受力分析,由平衡条件,有 $mg \sin 53^\circ = mg \sin 37^\circ + F$, 解得摩擦力 $F = 3 \text{ N}$, 方向水平向右。
(2) 欲使 P 对地面的摩擦力变为 0, 设需将 P_2 的质量增加到 m_1 , 则有 $mg \sin 53^\circ = m_1 g \sin 37^\circ$,

故至少需要增加的质量为 $\Delta m = m_1 - m = 0.5 \text{ kg}$ 。
此时,地面对物块 P 的支持力大小为 $F_N = Mg - mg \cos 53^\circ - m_1 g \cos 37^\circ = 16 \text{ N}$, 说明此时物块 P 仍处于平衡状态。

(3) 若继续增加 P_2 的质量, P 受到的摩擦力将向左, 设 P_2 的质量增加到 m_2 时, P 恰好滑动, 则有 $mg \sin 53^\circ + F_{\max} = m_2 g \sin 37^\circ$, $mg \cos 53^\circ + m_2 g \cos 37^\circ + F'_N = Mg$, $F_{\max} = \mu F'_N$, 解得 $m_2 = 2.8 \text{ kg}$ 。

规律总结 把力按实际效果分解的一般思路



题组 23 实验:探究两个互成角度的力的合成规律



1	2
BD	A

1. BD 解析:实验时需要记录弹簧测力计的示数和两弹簧拉力的方向,故 A、C 错误; OB 和 OC 绳拉力的方向应与木板平面平行,以减小实验的误差,故 B 正确; OB 和 OC 绳的长度应适当长一些,减小实验误差,故 D 正确。

规律总结 正确使用弹簧测力计需注意以下几点:

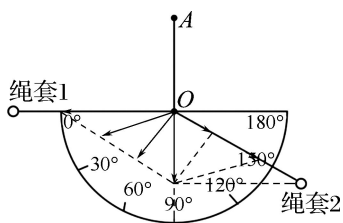
- (1) 弹簧测力计的选取方法:将两只弹簧测力计调零后互钩水平对拉,若两只弹簧测力计在对拉过程中,读数相同,则可选;若读数不同,应更换,直至相同为止。
- (2) 弹簧测力计不能在超出它的测量范围的情况下使用。
- (3) 使用前要检查指针是否在零刻度线上,否则应校正零位。
- (4) 被测力的方向应与弹簧测力计轴线方向一致,拉动时弹簧不可与外壳相碰或摩擦。
- (5) 读数时应正对、平视刻度。

2. A 解析: B 与 O、C 与 O 间的细绳的作用是确定两分力的方向,可以用橡皮筋代替, A 正确; 确定力的方向时,采用两点确定一条直线的方法,不能沿细线画线, B 错误; 橡皮筋的反向延长线不需要是两条细绳夹角的角平分线, C 错误; 本实验应作出力的图示来探究合力与分力的关系, D 错误。

3. (1) ③ $\sqrt{3}F$ ④ F'_1 (2) D C

解析: (1) ③根据力的平行四边形定则, 可得绳套 1 的拉力为 $F'_1 = \frac{F}{\tan 30^\circ} = \sqrt{3}F$. ④比较 F_1 和 F'_1 在误差允许的范围内是否相同, 即可验证力的平行四边形定则.

(2) 两个绳套在转动过程中, 合力保持不变, 根据力的平行四边形定则画出动态矢量图, 如图所示, 根据图像可知, 将绳套 1 由 0° 方向缓慢转动到 60° 时拉力最小, 故绳套 1 的拉力大小先减小后变大, D 正确; 绳套 2 的拉力大小逐渐减小, C 正确.



4. (1) B (2) 3.15 (3.14~3.16 均可) (3) F

解析: (1) 本实验采用的科学方法是等效替代法, 故 B 正确.

(2) 弹簧测力计最小刻度 0.1 N, 则指针读数为 3.15 N.

(3) F' 是以 F_1 、 F_2 为邻边构成的平行四边形的对角线, 即 F' 是两个力合力的理论值; F 是实验值, 可知一定沿 GO 方向的是 F .



巅峰挑战

5. (1) B (2) C (3) 1.80 (4) F

解析: (1) 实验过程中, 小王将弹簧测力计向上拉测量拉力大小, 而非将橡皮条挂在上方, 向下拉弹簧测力计测量拉力大小, 这样做的好处是方便调零且较为准确地测量拉力大小, B 正确.

(2) 本实验采用的科学方法是等效替代法, 具体操作指的是橡皮条沿同一方向伸长相同长度, C 正确.

(3) 由题图 4 可知弹簧测力计最小刻度为 0.1 N, 则读数为 1.80 N.

(4) F 与 F' 两力中, F 为合力的实际值, 即用一个弹簧测力计拉橡皮条时的拉力的值; F' 是利用力的平行四边形定则求得的两力合力的理论值.

第五节 共点力的平衡

题组 24 多力平衡



1	2	3	4	5	6
D	C	B	D	D	D

1. D **解析:** 轻杆的作用力与两绳对滑轮的合力等大反向, 甲图中杆的作用力与竖直方向成 30° 角, 指向右上; 乙

图中杆的作用力与竖直方向成 60° 角, 指向右上; 丙图中杆为活动杆, 不能保持静止; 丁图中杆的作用力与竖直方向成 60° 角, 指向右上, 故 D 正确.

方法点拨 判断物体是否处于平衡状态, 一是看物体是否处于静止或匀速直线运动状态, 二是看物体所受的合力或加速度是否为零.

2. C **解析:** 当物块 B 与滑轮间的细线与竖直方向的夹角 $\varphi = 60^\circ$ 时, 外力 F 具有最大值, 以 B 为研究对象, 有 $\tan 60^\circ = \frac{F}{mg}$, 可得外力 F 的最大值为 $F = \sqrt{3}mg$, A 错误.

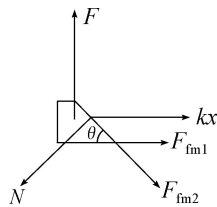
设 A 的质量为 m_A , 由题意可知, 对 B 施加外力 F 前, 物块 A 恰要沿斜面下滑, 则有 $m_A g \sin 30^\circ - F_{\max} = T_1 = mg$; 当物块 B 与滑轮间的细线与竖直方向的夹角 $\varphi = 60^\circ$ 时, 此时绳子拉力为 $T_2 = \frac{mg}{\cos 60^\circ} = 2mg$, 物块 A 恰要沿斜面上滑, 则有 $m_A g \sin 30^\circ + F_{\max} = T_2 = 2mg$, 联立解得 $m_A = 3m$, $F_{\max} = \frac{1}{2}mg$, B 错误, C 正确.

对 A、B 和斜面体组成的整体, 根据水平方向受力平衡可得 $F_{\text{地}} = F$, 由于水平外力 F 逐渐增大, 则地面和斜面体间的摩擦力一直增大, D 错误.

3. B **解析:** 由于绳子对小球的拉力竖直向上, 根据受力平衡可知, 小球只受到重力和绳子拉力作用, A 错误; 以物块、小球和斜面为整体, 由于绳子对物块的拉力有水平向左的分力, 根据受力平衡可知, 水平地面对斜面底部有向右的摩擦力, B 正确; 设小球的质量为 m , 物块的质量为 M , 轻绳拉力 $T = mg$, 以物块为研究对象, 由于物块与斜面间恰好没有摩擦力, 根据沿斜面方向受力平衡可得 $T \cos 30^\circ = Mg \sin 30^\circ$, 可得小球与物块的质量之比为 $m : M = 1 : \sqrt{3}$, C 错误; 若仅减小小球的质量且系统仍静止, 则绳子拉力减小, 绳子对物块拉力沿斜面向上的分力减小, 所以物块会受到沿斜面向上的摩擦力, D 错误.

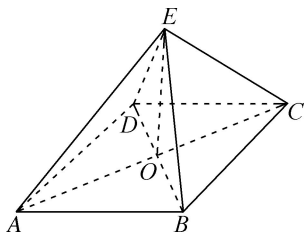
4. D **解析:** 受力分析如图, 锁舌 D

的下表面所受到的最大静摩擦力为 F_{f1} , 其方向向右, 受到锁槽 E 摩擦力的方向沿侧面向下, A、B 错误; 设锁舌 D 受到锁槽 E 的最大静摩擦力为 F_{f2} , 正压力为 N , 下表面的正压力为 F , 弹簧的弹力为 kx , 水平方向, 有 $kx + F_{f1} + F_{f2} \cos \theta - N \sin \theta = 0$, 竖直方向, 有 $F - N \cos \theta - F_{f2} \sin \theta = 0$, 又 $F_{f2} = \mu N$, $F_{f1} = \mu F$, 联立解得 $N = \frac{2kx}{1 - 2\sqrt{3}\mu - \mu^2}$, 当 N 趋向于无穷大, 则有 $1 - 2\sqrt{3}\mu - \mu^2 = 0$, 解得 $\mu = 2 - \sqrt{3}$, 即无论用多大的力拉门, 暗锁仍然能够保持自锁状态, 故 μ 存在最小值, 为 $2 - \sqrt{3}$, D 正确, C 错误.



5. D **解析:** A、B、C、D、E 五个球的球心连线构成一个

侧棱长和底边边长都为 $2R$ 的正四棱锥 $E-ABCD$, 如图所示, 设每条侧棱与 EO 所成夹角均为 θ , 则 $EO = \sqrt{EC^2 - OC^2} = \sqrt{(2R)^2 - (\sqrt{2}R)^2} = \sqrt{2}R$, 所以 $\cos \theta = \frac{EO}{EC} = \frac{\sqrt{2}R}{2R} = \frac{\sqrt{2}}{2}$, $A、B、C、D$ 四个球对 E 的支持力大小相等, 设为 F , 则由 E 球竖直方向受力平衡有 $4F \cos \theta = mg$, 解得 $F = \frac{\sqrt{2}}{4}mg$, 故 D 正确。



6. D 解析: 设两物体接触面与水平地面的夹角为 θ , 甲、乙图中 $A、B$ 物体间的作用力分别为 $N_1、N_2$, 对甲图中两物体进行受力分析可得, 有 $F_1 = \mu_A (mg + N_1 \sin \theta) + \mu_B (mg - N_1 \sin \theta)$, 对乙图中两物体进行受力分析有, $F_2 = \mu_A (mg - N_2 \sin \theta) + \mu_B (mg + N_2 \sin \theta)$, 整理得 $F_1 = (\mu_A + \mu_B)mg + (\mu_A - \mu_B)N_1 \sin \theta$, $F_2 = (\mu_A + \mu_B)mg + (\mu_B - \mu_A)N_2 \sin \theta$. 由 $\mu_A > \mu_B$ 可知 $F_1 > F_2$, 故 A、B 错误. 图甲中, 若 B 不受摩擦力作用, 则 B 将做匀加速直线运动, 故 C 错误. 图乙中, 若 N_2 沿竖直方向的分量等于 A 的重力时, 物体 A 不受摩擦力作用, 此时 F_2 大小等于物体 B 所受的摩擦力, 故 D 正确。

7. (1) 物体恰好可以做匀速直线运动, 竖直方向, 根据受力平衡可得 $F \sin \theta + N = G$,

解得地面对物体的支持力大小为 $N = 64 \text{ N}$.

(2) 水平方向, 根据受力平衡可得 $F_f = F \cos \theta = 48 \text{ N}$, 又 $F_f = \mu N$,

解得物体与地面间的动摩擦因数为 $\mu = \frac{F_f}{N} = 0.75$.

(3) 若用与竖直方向成 $\alpha = 37^\circ$ 角的推力把该物体压在墙上, 并使之匀速上升, 根据受力平衡可得

$$F' \sin \alpha = N', F' \cos \alpha = F'_f + G,$$

$$\text{又 } F'_f = \mu N',$$

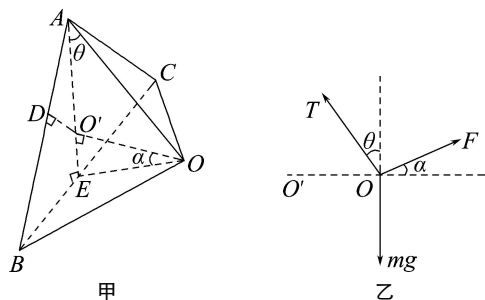
解得推力大小为 $F' = \frac{2000}{7} \text{ N}$.



巅峰挑战

8. C 解析: 如图甲所示, 根据题意, 设 $OA = OB = OC = L$, 根据几何关系, 可知 $AB = BC = CA = \sqrt{2}L$, 过 $O、O'、A$ 分别作 $AE、AB、BC$ 的垂线, 则 $AD = BE = \frac{1}{2}AB = \frac{\sqrt{2}}{2}L$, 可得 $OE = \sqrt{OB^2 - BE^2} = \frac{\sqrt{2}}{2}L$, 由于 $\triangle ABC$ 是等边三角形, 且 $AE \perp BC$, 则 $O'D = O'E = AD \tan 30^\circ = \frac{L}{\sqrt{6}}$, $O'A = \frac{AD}{\cos 30^\circ} = \sqrt{\frac{2}{3}}L$, 可得 $\cos \theta =$

$\frac{O'A}{OA} = \sqrt{\frac{2}{3}}$, $\sin \alpha = \frac{O'E}{OE} = \frac{1}{\sqrt{3}}$. 对 O 点受力分析, 因 BO 与 CO 对 O 点的合力 (设为 F) 沿 EO 方向, 则 O 点受力如图乙所示, 由平衡条件得 $T \cos \theta + F \sin \alpha = mg$, $T \sin \theta = F \cos \alpha$, 联立解得 $T = \sqrt{\frac{2}{3}}mg$, C 正确。



题组 25 整体法与隔离法



1	2	3	4	5	6	7
D	BC	C	C	AC	C	D

1. D 解析: 风筝受重力 G 、细线的拉力 T 和气流的作用力 F 处于平衡状态, 如图所示, 重力 G 方向竖直向下, 细线的拉力 T 方向斜向右下方, 则气流对风筝的力 F 的方向一定斜向左上方, C 错误; 对人和风筝整体分析, 受竖直向下的人和风筝的总重力、地面竖直向上的支持力、向右的摩擦力和斜向左上方的气流的作用力, 根据平衡条件可知, 地面的支持力小于人和风筝的总重力, 根据牛顿第三定律可知, 人对地面的压力大小小于人和风筝的总重力, A 错误; 绳子对风筝的拉力与绳子对人的拉力是同一条绳子上的拉力, 大小相等, B 错误; 绳子对人拉力的水平分力等于地面对人的摩擦力, 故绳子对人的拉力大于地面对人的摩擦力, D 正确。

2. BC 解析: 对 $A、B$ 整体, 根据受力平衡可得 $N = (m_A + m_B)g$, 由牛顿第三定律可知, A 物体对地面的压力大小为 $(m_A + m_B)g$, 故 A 错误, B 正确; 以 B 为研究对象, 可知竖直墙对 B 有水平向右的弹力作用, 对 $A、B$ 整体, 根据受力平衡可知, 地面对 A 物体有向左的摩擦力, 故 C 正确, D 错误。

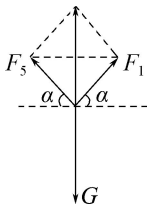
3. C 解析: 对 A 施加一个水平向右的推力 F , A 可能只受到重力、支持力和推力, 共三个力作用, 故 A 错误. 对 A 施加推力前, 以 $A、B$ 为整体, 根据水平方向受力平衡可知, 竖直墙面对 B 没有弹力作用, 则竖直墙面对 B 没有摩擦力作用, 竖直方向根据受力平衡可知, 弹簧弹力等于 $A、B$ 的总重力; 对 A 施加水平向右的推力后, $A、B$ 仍保持相对静止, 以 $A、B$ 为整体, 可知竖直方向受力保持不变, 则竖直墙面对 B 仍没有摩擦力, 弹簧弹力仍等于 $A、B$ 的总

重力,则弹簧长度保持不变,故 B、D 错误,C 正确。

4. C 解析:对吊炉受力分析可知,吊炉受到重力和铁链的拉力两个力的作用,A 错误;铁链对吊炉的拉力和吊炉对铁链的拉力是一对相互作用力,大小相等、方向相反,B 错误;对整体受力分析,由于轻杆完全相同且均匀分布,故地面对每根轻杆的支持力大小相等,有 $3F = mg$,解得 $F = \frac{mg}{3}$,C 正确;根据平衡条件可知,减小 h 时,地面对每根轻杆的支持力大小不变,根据牛顿第三定律可知,每根轻杆对地面的压力不变,D 错误。

方法点拨 物理中的整体法是指对物理问题中的整个系统或整个过程进行分析、研究的方法。在力学中,就是把几个物体视为一个整体,作为研究对象,受力分析时,只分析这一整体之外的物体对整体的作用力(外力),不考虑整体内部之间的相互作用力(内力)。

5. AC 解析:对 5 块构件与小朋友整体受力分析,如图所示,根据受力平衡可得 $F_1 \sin \alpha + F_5 \sin \alpha = G$,由对称性可知,支撑底座对构件 1、5 的弹力大小相等,可得 $F_1 = \frac{G}{2 \sin \alpha}$,故 A 正确,B 错误;同理,对构件 2、3、4 与小朋友整体受力分析,可得构件 1 与 2 间的弹力为 $F_2 = \frac{G}{2 \sin \beta}$,构件 2 与 3 间的弹力为 $F_3 = \frac{G}{2 \sin \gamma}$,由于 $\alpha > \beta > \gamma$,可知底座与构件 1 间、构件 1 与 2 间、构件 2 与 3 间的弹力依次变大,故 C 正确,D 错误。



6. C 解析:将三只葫芦视为整体,由平衡条件得 $F_1 = \frac{3mg}{\cos 30^\circ} = \frac{\sqrt{3}}{5} \text{ N}$, $F_4 = 3mg \tan 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{10} \text{ N}$,故 A、D 错误;设藤 2 与竖直方向的夹角为 α ,对藤 1、2 间的结点分析,有 $F_1 \sin \theta = F_2 \sin \alpha$, $F_1 \cos \theta = mg + F_2 \cos \alpha$,解得 $F_2 = \frac{\sqrt{7}}{10} \text{ N}$,故 B 错误;设藤 3 与竖直方向的夹角为 β ,对藤 3、4 间的结点分析,得 $F_3 \sin \beta = F_4$, $F_3 \cos \beta = mg$,解得 $F_3 = 2mg = \frac{1}{5} \text{ N}$,故 C 正确。

7. D 解析:对斜面 and 丙整体分析,受重力、地面的支持力和细线竖直向下的拉力,可知斜面体相对于水平面没有运动趋势,故 A 错误;对滑轮 2 受力分析,受细线竖直向下的拉力 $F_1 = m_L g$,受细线竖直向上的拉力 $F_2 = 2mg$,由 $F_1 = F_2$,可得 $m_L = 2m$,故 B 错误;丙受到重力沿斜面向下的分力 $G_1 = 2mg \sin 37^\circ = 1.2mg$,丙受到细线沿斜面向上的拉力 $F_3 = mg$,则 $G_1 > F_3$,所以丙受到斜面沿斜面向上的静摩擦力,丙相对斜面有沿着斜面向下的运动趋势,故 C 错误;丙受到的静摩擦力 $f = G_1 - F_3 = 0.2mg$,若丙受到的静摩擦力正好达到最大值,最大静摩擦力等于滑动摩擦力,则 $f = \mu \cdot 2mg \cos 37^\circ =$

$1.6\mu mg$,解得 $\mu = 0.125$,故 D 正确。

8. (1) 若不悬挂物体 C 时,则物体 B 的重力沿斜面向下的分量 $G_{B1} = m_2 g \sin \theta = 6 \text{ N}$,

最大静摩擦力 $F_{Bm} = \mu m_2 g \cos \theta = 4 \text{ N}$,

因 $G_{B1} > F_{Bm}$,可知 B 会自行下滑。

(2) 若物体 C 的质量 $m_3 = 0.5 \text{ kg}$,因

$G_{B1} > m_3 g = 5 \text{ N}$,

可知物体 B 受到的摩擦力方向沿斜面向上,大小为

$F_B = G_{B1} - m_3 g = 1 \text{ N}$ 。

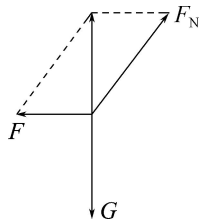
(3) 若物体 C 的质量为 $m_3 = 0.5 \text{ kg}$,此时对斜面体和 B 的整体分析可知,地面对斜面体 A 的摩擦力的大小

$F_{地} = T \cos 37^\circ = m_3 g \cos 37^\circ = 4 \text{ N}$ 。



巅峰挑战

9. (1) 设两圆心连线与水平方向的夹角为 θ ,对圆柱体甲进行受力分析,如图所示。



根据平衡条件有 $F = \frac{G}{\tan \theta}$, $F_N \sin \theta = G$,

可知,当 $\theta = 60^\circ$ 时,挡板对圆柱体甲的支持力为

$F_1 = \frac{G}{\tan 60^\circ} = \frac{\sqrt{3}}{3} G$,

当 $\theta = 45^\circ$ 时,挡板对圆柱体甲的支持力为

$F_2 = \frac{G}{\tan 45^\circ} = G$ 。

由牛顿第三定律可知,当 θ 分别为 60° 和 45° 时,挡板所受压力之比 $F'_1 : F'_2 = F_1 : F_2 = 1 : \sqrt{3}$ 。

(2) 当圆柱体甲恰好降到地面时(甲对地面无压力),乙受甲的压力在水平方向的分力最大,根据几何关系,两圆心连线与水平方向的夹角为 30° 。对甲进行受力分析,有 $F_{\max} \sin 30^\circ = G$,

对乙有 $F_{x\max} = F_{\max} \cos 30^\circ$,

解得 $F_{x\max} = \sqrt{3} G$ 。

此时乙受地面的摩擦力 $F_f = F_{x\max} = \sqrt{3} G$,

对甲、乙整体受力分析可知,地面对乙的支持力

$N = G + G = 2G$,

根据题意,乙保持静止,则有 $\mu N \geq F_f$,

解得 $\mu \geq \frac{\sqrt{3}}{2}$,

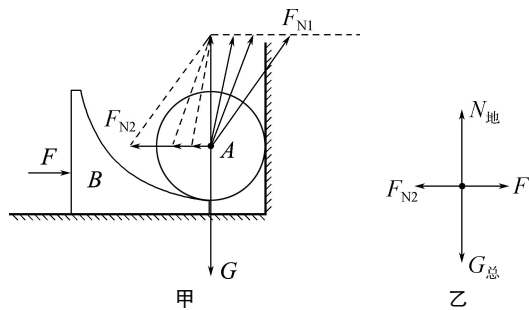
故乙与地面间动摩擦因数的最小值为 $\frac{\sqrt{3}}{2}$ 。

题组 26 力的动态平衡



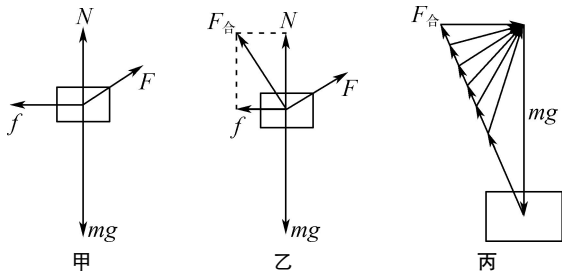
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	C	D	ACD	C	D	B	D	CD	A

1. A 解析:对 A 进行受力分析,如图甲所示,由图甲可知,当 B 向右缓慢移动时,B 对 A 的支持力与竖直方向的夹角逐渐变大,可知 B 对 A 的支持力增大,竖直墙面对 A 的弹力增大,故 A 正确,C 错误;对 A、B 整体进行受力分析,如图乙所示,根据平衡条件可知 $N_{地} = G_{总}$, $F = F_{N2}$,所以水平地面对 B 的支持力不变,外力 F 增大,故 B、D 错误。



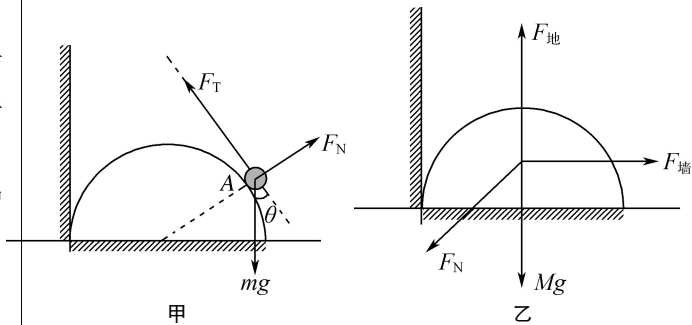
方法点拨 用解析法分析动态平衡问题,应该先画出受力分析图,建立各力之间的几何联系,确定哪些量是恒定的,哪些量是变化的,在此基础上确定某些力的变化。

2. C 解析:对旅行箱进行受力分析,如图甲所示,可知旅行箱受到的摩擦力小于 μmg ,故 A 错误;由于旅行箱匀速运动,地面对旅行箱的作用力与人对旅行箱的拉力和旅行箱重力的合力等大反向,故 B 错误,C 正确;摩擦力和旅行箱对地面的压力成正比,因此旅行箱的四力平衡可等效为三力平衡,如图乙所示,结合矢量三角形的分析方法,如图丙所示,可知人对旅行箱的拉力可能增大,也可能减小,故 D 错误。



3. D 解析:以小球为研究对象,如图甲所示.设小球所在位置沿切线方向与竖直方向夹角为 θ ,由平衡条件可知,沿切线方向有 $F_T = mg \cos \theta$,沿半径方向有 $F_N = mg \sin \theta$,通过细线将小球从 A 点缓慢向上拉至半圆最高点的过程中 θ 增大,所以细线对小球的拉力减小,柱体对小球的支持力增大,由牛顿第三定律可知小球对柱体的压力增大,故 A、B 错误;以柱体为研究对象,如图乙所示,竖直方向有 $F_{地} = Mg + F_N \sin \theta = Mg + mg \sin^2 \theta$,水平方向有 $F_{墙} = F_N \cos \theta = mg \sin \theta \cos \theta = \frac{1}{2} mg \sin 2\theta$, θ 增大,柱体受到水平地面的支持力逐渐增大.根据牛顿第三定律可知,柱体对竖直墙面的压力先增大后减小,当 $\theta = 45^\circ$ 时柱体对竖直墙面的压力最大,以后逐渐减小到

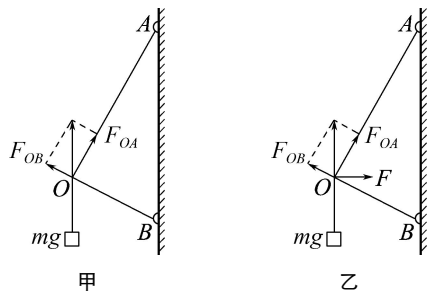
零,故 C 错误,D 正确。



方法技巧 处理动态平衡问题的方法

方法名称	适用条件	方法步骤	注意事项
图解法	三个力、一力恒定、一力方向恒定	作矢量三角形,保持方向恒定的力矢量位置不变	①注意变量取值范围;②光滑滑轮、挂钩、环两侧绳中拉力相等;③绳两端固定时,滑轮两侧绳与竖直方向夹角相等且大小取决于悬点间水平距离与绳总长度
	三个力、一力恒定、一力大小恒定	作矢量三角形,从恒力末端以大小不变的力矢量为半径作圆	
	三个力、一力恒定、其余两力夹角恒定	作矢量三角形,以恒力矢量为弦作圆	
解析法	三个力,有两力间夹角不变	以夹角为自变量,写出变力表达式	
	三个力,存在几何三角形与力三角形相似	以长度为自变量,写出变力表达式	
	三个以上的力	可等效为三个力时,可用图解法;直接以角度为变量,选用解析式法	

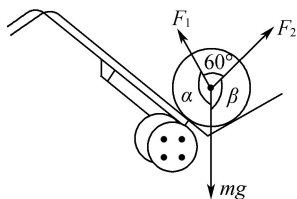
4. ACD 解析:对轻杆 OA、OB 及物块所组成的系统进行受力分析可知,该系统受到三个外力,分别是竖直墙对 A、B 两点铰链的作用力及物块重力,由三力平衡可知,竖直墙对 A、B 两点铰链的总作用力方向竖直向上,大小等于 mg ,A 正确;对 O 点受力分析如图甲所示,则有 $F_{OA} = mg \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} mg$,B 错误;若在 O 点施加从零缓慢增大且水平向右的外力,则 O 点受力情况如图乙所示,根据正交分解法可得 $F_{OA} \cos 30^\circ + F_{OB} \cos 60^\circ = mg$, $F + F_{OA} \sin 30^\circ = F_{OB} \sin 60^\circ$,联立解得 $F_{OA} = \frac{\sqrt{3}mg - F}{2}$, $F_{OB} = \frac{\sqrt{3}F + mg}{2}$,故当 F 缓慢增大时, F_{OA} 先减小后反向增大, F_{OB} 一直增大,C、D 正确。



方法技巧 正交分解法的优点

- (1) 将矢量运算转化为代数运算,降低计算难度;
- (2) 将求合力的复杂的解三角形问题,转化为正交分解后的直角三角形问题,使运算简便;
- (3) 当所求问题有两个未知条件时,这种表达形式可列出两个方程,通过对方程组求解,使得求解更方便.

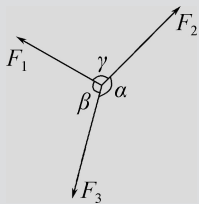
5. C 解析:对货物受力分析,如图所示,由拉密定理(同一平面内,当三个共点力的合力为零时,其中任意一个力与其他两个力夹角正弦的比值相等)可知 $\frac{mg}{\sin 60^\circ} = \frac{F_1}{\sin \beta} = \frac{F_2}{\sin \alpha}$,挡板从与地面成 30° 角缓慢转至水平过程中,图中 α 由钝角逐渐增大,则 $\sin \alpha$ 逐渐减小,由 $F_2 = \frac{mg \sin \alpha}{\sin 60^\circ}$ 可知, F_2 逐渐减小,即小车平面对货物的弹力一直减小,故 A、B 错误;挡板从与地面成 30° 角缓慢转至水平过程中,图中 β 由 150° 逐渐减小至 120° ,则 $\sin \beta$ 逐渐增大,由 $F_1 = \frac{mg \sin \beta}{\sin 60^\circ}$ 可知, F_1 逐渐增大,即挡板对货物的弹力一直增大,故 C 正确, D 错误.



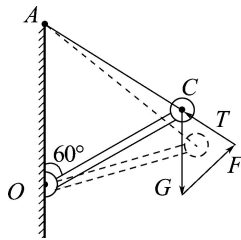
规律总结 拉密定理

在同一平面内,当三个共点力的合力为 0 时,其中任意一个力与其他两个力夹角的正弦值的比值相等,即

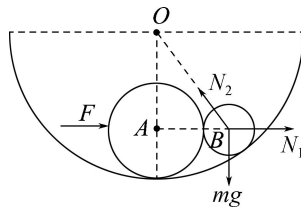
$$\frac{F_1}{\sin \alpha} = \frac{F_2}{\sin \beta} = \frac{F_3}{\sin \gamma}$$



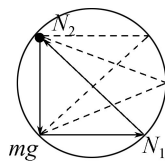
6. D 解析:脚对崖壁的压力与崖壁对脚的支持力是一对作用力和反作用力, A 错误;在此时刻,轻绳对人的拉力与人的重力的合力与杆的弹力大小相等、方向相反,则轻绳对人的拉力与人的重力的合力一定沿杆方向, B 错误;对人受力分析,人受到重力 G 、轻绳的拉力 T 和轻杆的支持力 F , 构成力的矢量三角形, 如图所示, 由几何知识可知, 力的三角形与 $\triangle AOC$ 相似, 则有 $\frac{G}{AO} = \frac{F}{OC} = \frac{T}{AC}$, 因 OC 长度不变, 则轻杆 OC 在虚线位置与实线位置承受的压力相等, C 错误;在此时刻, 由于 $\triangle AOC$ 为等边三角形, 可知轻绳 AC 承受的拉力大小为 $T_1 = G$, 当 OC 水平时, $\triangle AOC$ 为等腰直角三角形, 则轻绳 AC 承受的拉力大小为 $T_2 = \sqrt{2}G$, 则 $\frac{T_1}{T_2} = \frac{\sqrt{2}}{2}$, D 正确.



7. B 解析:对 B 球受力分析如图甲所示, 缓慢推动 A 球直到 B 的球心与容器的球心 O 等高的过程中, 三角形 OAB 边长恒定, N_1 和 N_2 间夹角不变, 根据三力平衡作出矢量三角形如图乙所示, 从图乙可以看出, B 球受到 A 球的弹力 N_1 逐渐增大, 容器对 B 球的支持力 N_2 先增大后减小, B 正确.



甲

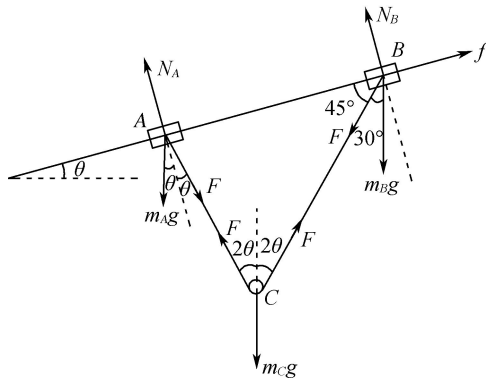


乙

规律总结 动态圆法解题的一般思路

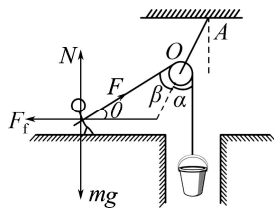
- (1) 作出受力分析图, 将三个力首尾相连构成矢量三角形;
- (2) 以不变的力为弦, 作出矢量三角形的外接圆, 可知在辅助圆中, 夹角不变的两力的变化情况.

8. D 解析:对 A 、 B 、滑轮受力分析如图所示, 设细线拉力为 F , 对 A 沿斜杆方向由平衡条件可得 $m_A g \sin \theta = F \sin \theta$, 故 $m_A g = F$, 对滑轮受力分析可得 $2F \cos 2\theta = m_C g$, 解得 $m_C g = \sqrt{3}F$, 故 $m_C = \sqrt{3}m_A$, A 错误; 对于物块 B 有 $f = F \cos 45^\circ + m_B g \cos 75^\circ = m_A g \cos 45^\circ + m_B g \cos 75^\circ$, 可知 $f \neq [(\sqrt{3}+1)m_A + m_B]g \cos 15^\circ$, B 错误; 用外力使 A 沿杆向上缓慢移动一小段距离, 则 AC 、 BC 夹角变小, 细线中的拉力减小, BC 与斜杆夹角增大, 故 BC 沿斜杆方向分力减小, B 受到的摩擦力减小, C 错误, D 正确.



9. CD 解析:同一根绳子拉力相等, 设为 F , 以轻质滑轮为研究对象, 根据平衡条件可知, 垂直于 OA 方向的力平衡, 则有 $F \sin \alpha = F \sin \beta$, 则 α 始终等于 β , A 错误. 把井中

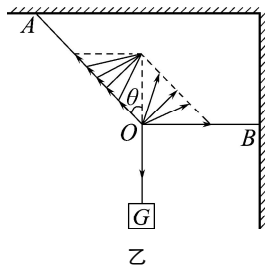
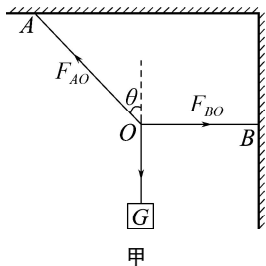
质量为 m 的水桶匀速提上来,水桶受力平衡,则人对绳子的拉力始终等于桶的重力,大小保持不变;随着人拉绳沿水平地面向左运动,则两边绳子的夹角变大,合力减小,即吊装滑轮的绳子上的拉力逐渐减小,B 错误.以人为研究对象,进行受力分析如图所示,根据受力平衡可得 $F_f = F \cos \theta$, $N = mg - F \sin \theta$,人在向左运动过程中,绳子拉力大小不变,绳子与水平方向的夹角 θ 减小,则地面对人的摩擦力逐渐变大,地面对人的支持力逐渐变大,C、D 正确.



10. A 解析: 设小球与定滑轮 A 间绳长为 L ,对小球受力分析如图所示,小球受重力 mg 、P 对小球的支持力 N 以及绳子对小球的拉力 T ,小球在三个力的作用下处于静止状态,可得 $\frac{N}{R} = \frac{T}{L} = \frac{mg}{OA}$.若在钩码下方再加挂一个钩码,到小球再次静止的过程中,小球将沿圆柱体 P 上移,小球再次静止时,由于 OA 、 mg 、 R 不变,而 L 减小,则 N 不变, T 减小,即轻绳的张力减小,B、C 错误.将小球与圆柱体 P 看成一个整体,根据以上分析可知,绳子的拉力 T 减小,设绳子与竖直方向的夹角为 θ ,加挂一个钩码, θ 减小,因 $F_f = T \sin \theta$,可知地面对 P 的摩擦力减小,A 正确.设圆柱体的质量为 M , N 与竖直方向间的夹角为 α ,由牛顿第三定律可知,小球对圆柱体的压力 $N' = N$,则有 $N' \cos \alpha + Mg = F_N$,由于 N 不变,而 α 减小,则可知 $N' \cos \alpha$ 增大, F_N 增大,根据牛顿第三定律可知,圆柱体对地面的压力大小 $F'_N = F_N$ 增大,D 错误.

11. (1) 根据题意,对结点 O 受力分析,如图甲所示.由平衡条件有 $F_{AO} \cos \theta = G$, $F_{AO} \sin \theta = F_{BO}$,

可得 $F_{AO} = \frac{G}{\cos \theta}$, $F_{BO} = G \tan \theta$.



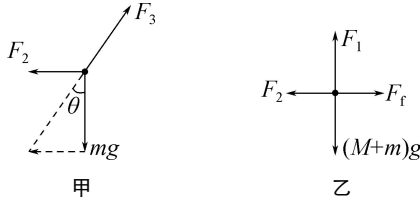
(2) 根据题意,对结点 O 受力分析,保持 O 点不动,缓慢向上转动 BO 绳,直到竖直方向,如图乙所示.由图可

知,OA 绳拉力一直减小,OB 绳拉力先减小后增大.

巅峰挑战

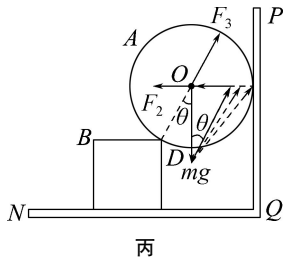
12. (1) 根据题意,对球 A 受力分析,如图甲所示.由平衡条件有 $F_3 \sin \theta = F_2$, $F_3 \cos \theta = mg$,

解得 $F_2 = mg \tan \theta = 3.75 \text{ N}$, $F_3 = \frac{mg}{\cos \theta} = 6.25 \text{ N}$.



对球 A 和物块 B 整体受力分析,如图乙所示.由平衡条件可得 $F_1 = (M+m)g = 15 \text{ N}$, $F_f = F_2 = 3.75 \text{ N}$.

(2) 对 A 受力分析,如图丙所示.



当物块 B 向左移动时, θ 角增大, F_2 和 F_3 增大,根据牛顿第三定律知,球 A 对挡板 PQ 和物块 B 的压力均增大.初始状态物块 B 与挡板 PQ 的距离为 $x_1 = R + R \sin \theta$,解得 $x_1 = 1.6 \text{ m}$.

临界时 $F_{fm} = \mu(M+m)g = \frac{20}{3} \text{ N}$,

$F_2 = F_{fm} = \frac{20}{3} \text{ N}$,

此时 $\tan \theta' = \frac{F_2}{mg} = \frac{4}{3}$,

即 $\theta' = 53^\circ$,

物块与挡板 PQ 的距离 $x_2 = R + R \sin \theta' = 1.8 \text{ m}$,则物块向左移动的最大距离 $\Delta x = x_2 - x_1 = 0.2 \text{ m}$.

题组 27 临界、极值问题

答案速查

1	2	3	4	5	6
C	B	AD	C	AD	ACD

1. C 解析: 对 O 点,根据受力平衡可得 $T_{OA} \cos 45^\circ = mg$, $T_{OA} \sin 45^\circ = T_{OB}$,可得 $T_{OA} = \sqrt{2}mg$, $T_{OB} = mg$,可知当所悬挂物体的重力达到 5 N 时,此时 $T_{OB} = 5 \text{ N}$, $T_{OA} = 5\sqrt{2} \text{ N} < 10 \text{ N}$,故为使 OA、OB 均不被拉断,OC 下端所悬挂物体的最大重力是 5 N,C 正确.

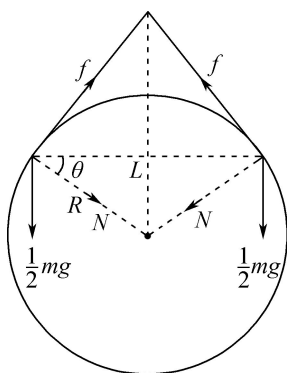
2. B 解析: 沙堆底部周长为 31.4 m,则圆锥体的底部圆

半径为 $r=5\text{ m}$. 对锥面上的一粒沙粒分析, 当沙粒刚好静止时, 则有 $\mu mg \cos \theta = mg \sin \theta$, 可得 $\mu = \tan \theta = \frac{h}{r}$, 解得圆锥体高为 $h=2.5\text{ m}$, 圆锥体的体积约为 $V = \frac{1}{3}Sh = \frac{1}{3} \times 3.14 \times 5^2 \times 2.5\text{ m}^3 = 65.4\text{ m}^3$, 可知这堆沙子的体积最接近 60 m^3 , B 正确.

方法点拨 当物体由一种物理状态变为另一种物理状态时, 可能存在一个过渡的转折点, 这时物体所处的状态通常称为临界状态, 也可理解为“恰好出现”或“恰好不出现”某种现象的状态. 与之相关的物理条件则称为临界条件. 解决临界问题, 一般采用极端分析法, 即把问题中的物理量推向极值, 就会暴露出物理过程, 常见的有发生相对滑动、绳子绷直、与接触面脱离等.

3. AD **解析**: 将 A、B 作为一个整体, 根据竖直方向受力平衡可知, 无论 F 如何变化, 地面对 B 的支持力始终不变, 故 A 正确; 当 A、B 间摩擦力为零时, 根据平衡条件有 $mg \sin \theta = F_0 \cos \theta$, 解得此时水平推力为 $F_0 = \frac{\sqrt{3}}{3}mg$, 由于水平推力 $F_{\max} = \frac{\sqrt{3}}{2}mg > \frac{\sqrt{3}}{3}mg$, 因此 A 所受摩擦力方向先沿斜面向上, 后沿斜面向下, 最后又沿斜面向上, 故 B、C 错误; A 对 B 的压力 $F_{\text{压}} = mg \cos \theta + F \sin \theta$, 在 F 由零逐渐增加至 $\frac{\sqrt{3}}{2}mg$, 再逐渐减为零的过程中, 压力最小值为 $F_{\min} = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$, 压力最大值为 $F_{\max} = \frac{\sqrt{3}}{2}mg + \frac{\sqrt{3}}{2}mg \cdot \frac{1}{2} = \frac{3\sqrt{3}}{4}mg$, 故 D 正确.

4. C **解析**: 对杯盖两接触点受力分析如图所示, 设杯盖质量为 m , 杯盖能保持静止, 则有 $N \sin \theta + \frac{1}{2}mg < \mu N \cos \theta$, 所以 $N \sin \theta < \mu N \cos \theta$, 可得 $\mu > \tan \theta$, 由图可知 $\cos \theta = \frac{L}{2R}$, 联立可得, $\mu > \frac{\sqrt{4R^2 - L^2}}{L}$, 解得 $L > 4.8\text{ cm}$, 故 C 正确.



5. AD **解析**: 若黑板擦是沿黑板向上做匀速直线运动的, 当 F 与 F_1 方向沿黑板向上时, F 的值最小, 由平衡

条件得 $F + F_1 = mg \sin 60^\circ + \mu (mg \cos 60^\circ + F_{\text{磁}})$, 解得 $F = \frac{4\sqrt{3}-3}{3}N$, A 正确. 依题意, 因 $mg \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}N < f = \mu (mg \cos 60^\circ + F_{\text{磁}}) = \frac{5\sqrt{3}}{6}N$, 故当 $F=0$ 时, F_1 的方向沿黑板向下, 黑板擦能够沿黑板向下做匀速运动时 F_1 的值最小, 为 $F_1 = f - mg \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3}N$, B、C 错误. 若存在确定的 F_1 , 使得黑板擦沿黑板向上、向下做匀速直线运动时所需要的力 F 最小值相同, F_1 应沿黑板向上, 匀速向上时, 由平衡条件得 $F + F_1 = mg \sin 60^\circ + \mu (mg \cos 60^\circ + F_{\text{磁}})$, 匀速向下时, 由平衡条件得 $F + mg \sin 60^\circ = F_1 + \mu (mg \cos 60^\circ + F_{\text{磁}})$, 则 $F_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}N$, D 正确.

6. ACD **解析**: 根据力的平行四边形定则, 有 $F_1 = F_2 = \frac{1}{2}mg$, $\frac{1}{2}mg / \sin \theta = \frac{mg}{2 \sin \theta}$, 故 m 一定时, θ 越大, 轻杆受力越小, 则轻杆对滑块的弹力越小, A 正确; 对 A、B、C 整体进行受力分析可知, 对地压力为 $F_{\text{N1}} = (2M+m)g$, 因此每个滑块对地的压力大小为 $F_{\text{N2}} = Mg + \frac{1}{2}mg$, B 错误; 对滑块 A 受力分析, 受重力、杆的推力、地面的支持力和向右的摩擦力, 根据平衡条件有 $f = F_1 \cos \theta = \frac{mg}{2 \tan \theta}$, C 正确; 滑块不能沿地面滑动时满足 $\mu F_{\text{N2}} \geq F_1 \cos \theta$, 即 $\mu (Mg + \frac{1}{2}mg) \geq \frac{mg}{2 \tan \theta}$, 解得 $\mu \geq \frac{1}{(2M/m + 1) \tan \theta}$, 当 $m \rightarrow \infty$ 时, 有 $\mu \geq \frac{1}{\tan \theta}$, 即当 $\tan \theta \geq \frac{1}{\mu}$ 时, 无论怎样增大 m , 都不能使 M 沿地面滑动, D 正确.

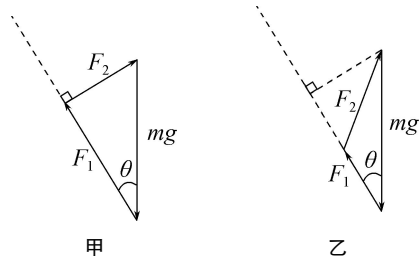
方法总结 许多临界问题, 题干中常用“恰好”“最大”“至少”“不相撞”和“不脱离”等词语对临界值问题给出明确的暗示, 所以临界值问题往往也是极值问题.

7. (1) 对结点 O 进行受力分析, 由平衡条件得

$$\tan \theta = \frac{F_2}{mg},$$

$$\text{解得 } F_2 = \frac{500}{3}\sqrt{3}\text{ N}.$$

(2) 如图甲所示, 当力 F_2 垂直于力 F_1 时, F_2 有最小值, 得 $F_2 = mg \sin \theta = 250\text{ N}$.



(3) 由(2)得,在力 F_2 垂直于力 F_1 时 $F_1 = mg \cos \theta$,

解得 $F_1 = 250\sqrt{3} \text{ N} > 125\sqrt{3} \text{ N}$.

如图乙所示,当 F_1 最大时, F_2 最小,根据余弦定理可得

$$F_2 = \sqrt{m^2 g^2 + F_1^2 - 2F_1 mg \cdot \cos \theta} = 125\sqrt{7} \text{ N}.$$

8. (1) 对物块 B 受力分析,受重力以及绳子的拉力且处于平衡状态,有 $m_B g = T$.

对物块 A 受力分析,受重力、绳子的拉力以及杆给 A 的弹力且处于平衡状态,竖直方向有

$$m_A g = T \sin \theta,$$

解得 $m_A : m_B = 3 : 5$.

(2) 若 A 恰好向上运动,则物块 A 所受的静摩擦力方向向下,有

$$F_{\text{弹}1} = T_1 \cos \theta = m_B g \cos \theta,$$

$$m_A g + F_{\text{fmax}1} = T_1 \sin \theta,$$

$$F_{\text{fmax}1} = \mu F_{\text{弹}1},$$

解得 $m_A : m_B = 1 : 5$.

(3) 若 A 恰好向下运动,则物块 A 所受的静摩擦力方向向上,有

$$F_{\text{弹}2} = T_2 \cos \theta = m_B g \cos \theta,$$

$$m_A g = T_2 \sin \theta + F_{\text{fmax}2},$$

$$F_{\text{fmax}2} = \mu F_{\text{弹}2},$$

解得 $m_A : m_B = 1 : 1$.

巅峰挑战

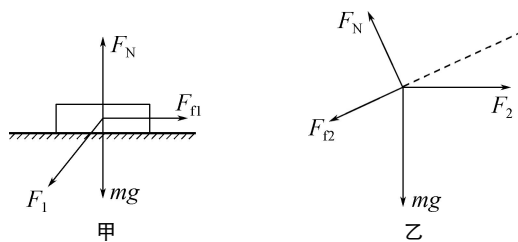
9. (1) 对拖把头受力分析,如图甲所示.

拖把头做匀速直线运动,水平方向和竖直方向受力平衡,水平方向有 $F_1 \cos 53^\circ = F_{\text{f}}$,

竖直方向有 $F_N = mg + F_1 \sin 53^\circ$,

而 $F_{\text{f}} = \mu F_N$,

解得 $\mu = \frac{1}{3}$.



(2) 根据题意,受力分析如图乙所示.

根据平衡条件有 $F_2 \cos 37^\circ = F_{\text{f}} + mg \sin 37^\circ$,

$$F_N = mg \cos 37^\circ + F_2 \sin 37^\circ,$$

$$F_{\text{f}} = \mu F_N,$$

联立解得 $F_2 = \frac{130}{9} \text{ N}$.

(3) 忽略拖把头的重力,若不能推动拖把头,需满足

$$F_3 \cos \theta \leq \mu F_3 \sin \theta,$$

解得 $\tan \theta \geq \frac{1}{\mu} = 3$,

即 $\tan \theta = 3$ 时,无论对拖把头施加一个沿拖把杆向下的多大的力,都不能推动拖把头.

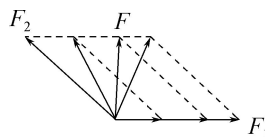
综合提优 4(第四~五节)

答案速查

1	2	3	4	5	6	7	8
B	D	CD	BC	C	AD	C	ACD

1. B 解析:两根钢索的拉力等大均为 F ,合成后为菱形的对角线,即合力竖直向下,大小为 $F_{\text{合}} = 2F \cos \theta$,故 B 正确.

2. D 解析:根据力的合成公式 $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 F_2 \cos \theta}$,若仅增大 θ , $\cos \theta$ 减小,则 F 减小,A 错误;若 $\theta = 180^\circ$,仅增大 F_1 ,则 F 有可能会减小,B 错误;若 θ 为钝角,如图所示,仅减小 F_1 ,则 F 的大小可能不改变,C 错误;由力的合成方法可知,两力合力的范围 $|F_1 - F_2| \leq F \leq F_1 + F_2$,所以 F 一定小于或等于 F_1 和 F_2 的代数和,D 正确.



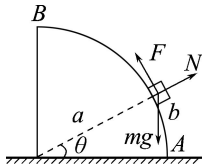
3. CD 解析:对 A 和 B 整体研究,受重力、支持力、 F 、水平方向上墙壁对其的弹力以及地面对其的摩擦力,由于重力不变,则支持力不变,故地面对物块 B 的摩擦力不变,D 正确;物块 A 受重力、物块 B 的弹力以及竖直墙壁对物块 A 的弹力,各力的方向不发生变化,根据力的合成可知,竖直墙壁对物块 A 的弹力不变,物块 A、B 之间的弹力不变,C 正确,B 错误;物块 B 在水平方向上受力平衡,即地面对 B 的摩擦力、 F 和物块 A 与物块 B 之间弹力水平分力的合力为 0,由于 A 与 B 之间的弹力不变,故 F 不变,A 错误.

4. BC 解析:设 B 对 A 的支持力与竖直方向的夹角为 θ ,根据平衡条件可知 $F_{\text{NB}} = \frac{m_A g}{\cos \theta}$, $F_A = m_A g \tan \theta$,当 B 球缓慢沿水平面向右移动时, θ 变大,所以墙对 A 的作用力不断增大,B 对 A 的支持力不断增大,根据牛顿第三定律,A 对 B 的作用力不断增大,C 正确,D 错误;对 A、B 整体,有 $F_N = m_A g + m_B g$, $F = F_A$,则水平推力 F 不断增大,地面的支持力不变,根据牛顿第三定律,B 对地面的压力不变,A 错误,B 正确.

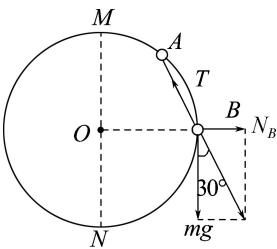
5. C 解析:设绳与水平方向的夹角为 θ ,根据几何关系可知 $\sin \theta = \frac{1}{2.01} \approx \frac{1}{2}$,则 $\cos \theta \approx \frac{\sqrt{3}}{2}$. 设每根绳上的拉力为 F ,则绳在水平方向和竖直方向的分力分别为 $F_x = F \cos \theta = \frac{\sqrt{3}}{2} F$, $F_y = F \sin \theta = \frac{1}{2} F$. 设 BD 与 CD 的夹角为 α ,根据几何关系得 $\sin \alpha = \frac{\sqrt{2.01^2 - 0.2^2}}{2.01} \approx \frac{200}{201}$,根据平衡条

件可得 $2F_x \sin \alpha = \frac{\sqrt{3}}{6}(mg - 2F_y)$, 解得 $F \approx 30 \text{ N}$, C 正确。

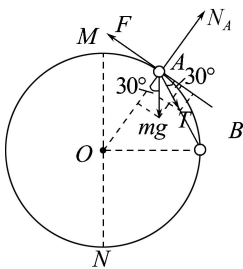
6. AD 解析: 对物块进行受力分析, 如图所示, 由平衡条件知 $F = mg \cos \theta$, $N = mg \sin \theta$, θ 增大, 拉力 F 减小, 支持力 N 增大, 根据牛顿第三定律知, b 对 a 的压力增大, A 正确, B 错误; 对 a 、 b 整体, 由平衡条件知 $N' = (M + m)g - F \cos \theta$, $F_f = F \sin \theta = mg \sin \theta \cos \theta = \frac{1}{2}mg \sin 2\theta$, θ 从 0 增大到 90° , $\cos \theta$ 减小, F 减小, 则地面对 a 的支持力增大, 而 $\sin 2\theta$ 先增大后减小, 则地面对 a 的摩擦力先增大后减小, C 错误, D 正确。



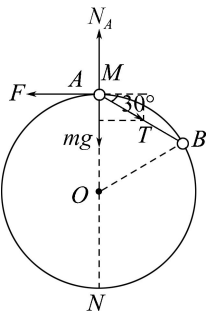
7. C 解析: 对小球 B 到达与圆心 O 等高处时进行受力分析, 如图甲所示. 对 B, 绳上的拉力为 $T = \frac{mg}{\cos 30^\circ} = \frac{2\sqrt{3}}{3}mg$, $N_B = mg \tan 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3}mg$. 对 A 受力分析, 如图乙所示, 有 $F = mg \sin 30^\circ + T \cos 30^\circ = \frac{3}{2}mg$, A 错误; 对小球 A 到达 M 点时进行受力分析, 如图丙所示, 对 B 受力分析, 如图丁所示, 有 $N_B = T = mg$, 对 A, 有 $F = T \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$, B 错误; 开始时绳上拉力为 $T = mg$, 环对 B 的支持力 $N_B = 0$, 结合 A、B 选项分析可知, 细线的拉力先增大后减小, 圆环对球 B 的支持力一直增大, C 正确, D 错误。



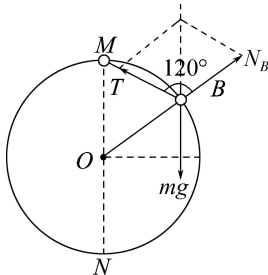
甲



乙



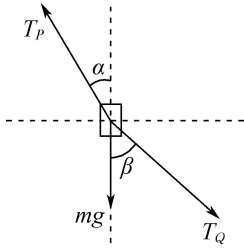
丙



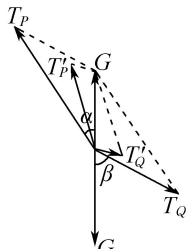
丁

8. ACD 解析: 对重物受力分析如图甲所示, 根据平衡

条件, 可知在水平方向上有 $T_P \sin \alpha = T_Q \sin \beta$, 在竖直方向上有 $T_P \cos \alpha = mg + T_Q \cos \beta$, 联立解得 $T_P = 1\,000 \text{ N}$, $T_Q = 750 \text{ N}$, A 正确, B 错误; 若继续下降, 人始终站在原地收绳, 则 α 减小, β 变大, 则由图乙可知 T_P 减小, T_Q 减小, 即 P 绳的拉力持续变小, Q 绳的拉力持续减小, C、D 正确。



甲



乙

9. (1) 对 A 受力分析, 由受力平衡可得墙面对 A 的摩擦力的大小为

$$f_A = m_{AG} = 8 \text{ N}.$$

(2) 由于 A 恰好静止, 则有

$$f_A = \mu_1 N_A,$$

$$\text{又 } N_A = F_{\text{弹}} = k(L_0 - L),$$

联立解得弹簧的长度为

$$L = 14 \text{ cm}.$$

(3) B 恰好处于静止状态时, 则 B 受到的静摩擦力达到最大, 大小为

$$f_{Bm} = \mu_2 m_{Bg},$$

对 B, 在水平方向有

$$T + k(L_0 - L) = f_{Bm},$$

$$\text{又 } T = mg,$$

联立解得

$$m_B = 9 \text{ kg},$$

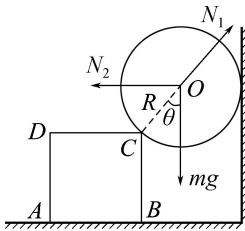
要使整个装置保持静止, 则物块 B 的质量应满足 $m_B \geq 9 \text{ kg}$.

10. (1) 以球为研究对象, 受力分析如图甲所示.

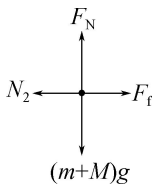
小球受力平衡, 可知 $N_2 = mg \tan \theta = 22.5 \text{ N}$,

以正方体和球整体为研究对象, 受力分析如图乙所示,

整体受力平衡, 可得 $F_f = N_2 = 22.5 \text{ N}$.



甲



乙

(2) 以正方体和球整体为研究对象, 根据平衡条件

$$F_N = (m + M)g, \mu F_N = N_2', N_2' = mg \tan \theta,$$

解得 $m = 8 \text{ kg}$.

(3) 根据无论 m 多大, 球和正方体始终处于静止状态, 要满足条件 $mg \tan \theta \leq \mu (m + M)g$,

当 $m \rightarrow \infty$ 时, 有 $\tan \theta \leq \mu = \frac{1}{2}$,

根据几何关系, 有 $L = R + R \sin \theta$,

解得 $L = \left(0.5 + \frac{\sqrt{5}}{10}\right) \text{ m}$.



巅峰挑战

11. (1) 根据平衡条件, 小球在接触点 A 受到的摩擦力为 $F_{f1} = \frac{1}{2} mg = 0.025 \text{ N}$.

(2) 要使小球仍保持静止, 则小球在接触点 A 受到的摩擦力恰好为滑动摩擦力, 则有 $F_{f2} = \mu N_2$.

对侧视图小球受力分析, 小球受力如图甲所示. 根据平衡条件, 有

$$2F_{f2} = \sqrt{(mg)^2 + F^2},$$

解得筷子对小球的弹力 $N_2 = \frac{\sqrt{3}}{12} \text{ N}$.

(3) 对剖面图中的小球分析, 由几何知识可得, 两根筷子对小球的弹力 N 与 $N_{\text{合}}$ 的夹角为 53° , 如图乙所示.

两根筷子对小球的弹力的合力为 $N_{\text{合}} = 2N \cos 53^\circ$,

小球沿筷子方向匀速下滑, 则有 $F_f = \mu N$.

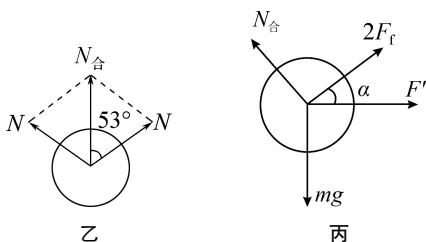
对侧视图小球受力分析, 如图丙所示.

根据平衡条件, 在沿筷子方向和垂直于筷子方向, 有

$$mg \sin \alpha = 2F_f + F' \cos \alpha,$$

$$N_{\text{合}} = mg \cos \alpha + F' \sin \alpha,$$

解得 F' 与小球重力 mg 的比值为 $\frac{F'}{mg} = \frac{3}{41}$.



章末综合 · 真题精选



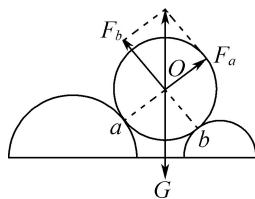
1	2	3	4	5	6	7
D	B	B	D	C	D	B

1. D 解析: 根据滑动摩擦力的公式 $f = \mu F_N$, 可知滑动摩擦力的大小与接触面积无关, 只与接触面的粗糙程度和压力大小有关, 由题可知三个货箱各表面材质和粗糙程度均相同, 压力大小也相同, 故摩擦力相同, 即 $F_{f1} = F_{f2} = F_{f3}$, D 正确.

2. B 解析: 根据题意可知机器人“天工”它可以在倾角不大于 30° 的斜坡上稳定地站立和行走, 对“天工”分析有 $mg \sin 30^\circ \leq \mu mg \cos 30^\circ$, 可得 $\mu \geq \tan 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3}$, 故 B 正确.

3. B 解析: 由题知, 取走一个盘子, 稳定后余下的正好升高补平, 则说明一个盘子的重力可以使弹簧形变相邻两盘间距, 则有 $mg = 3 \cdot kx$, 解得 $k = 100 \text{ N/m}$, B 正确.

4. D 解析: 对圆柱体受力分析, 画出所受力的矢量图如图所示, $F_a = mg \sin 37^\circ = 0.6G$, $F_b = mg \cos 37^\circ = 0.8G$, D 正确.



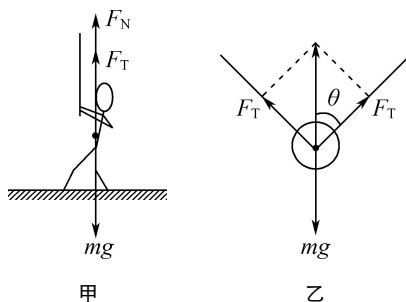
方法归纳

对于物体受到三个力的平衡问题, 一般是对研究对象受力分析, 画出所受各力的矢量图, 利用平行四边形定则, 得出三力矢量三角形, 利用数学知识得出未知力的大小.

5. C 解析: 对网兜和足球受力分析, 设轻绳与竖直墙面夹角为 θ , 由平衡条件可得 $F_T = \frac{G}{\cos \theta} = \frac{F_N}{\sin \theta}$, $F_N = G \tan \theta$, 据此可知 $F_T > G$, $F_T > F_N$, C 正确.

6. D 解析: 对“嫦娥五号”探测器受力分析有 $F_N = mg_{\text{月}}$, 则对一条腿有 $F_{N1} = \frac{1}{4} mg_{\text{月}} = \frac{mg}{24}$, 根据牛顿第三定律可知每条腿对月球表面的压力为 $\frac{mg}{24}$, 故 D 正确.

7. B 解析: 对人受力分析如图甲所示, 则有 $F_N + F_T = mg$, 其中工人对绳的拉力和绳对工人的拉力是一对作用力与反作用力, A 错误, B 正确; 对滑轮受力分析如图乙所示, 则有 $F_T = \frac{mg}{2 \cos \theta}$, 则随着重物缓慢拉起过程, θ 逐渐增大, 则 F_T 逐渐增大, C、D 错误.



阶段温习 (第一章、第二章)



1	2	3	4	5
BD	C	BD	C	C

1. BD 解析: 若 A 点的速度为 0, 则满足关系 $x_1 : x_2 : x_3 = 1 : 3 : 5$, 但是 A 点的速度无法确定, 故不一定满足 $x_1 : x_2 : x_3 = 1 : 3 : 5$, A 错误; x_1, x_2, x_3 的时间间隔相等, 则根据 $\Delta x = aT^2$, 有 $\Delta x = x_3 - x_2 = x_2 - x_1$, B 正确;

拍照当地的重力加速度为 $g = \frac{\Delta x}{T^2} = \frac{x_2 - x_1}{T^2} = \frac{(x_3 - x_2) + (x_2 - x_1)}{2T^2} = \frac{x_3 - x_1}{2T^2}$, C 错误; 羽毛下落到位置 C 时的速度大小等于 B、D 之间的平均速度, 为 $v_C = \frac{x_2 + x_3}{2T}$, D 正确。

2. C 解析: 根据速度—位移公式 $v_2^2 - v_1^2 = 2ax$, 可知每经过 1 m 其速度变化量不相同, 或做匀减速运动走相同的位移所用时间越来越长, 速度变化量也不同, 故 A 错误; 经过 6 m 时的瞬时速度大小是中间位置的瞬时速度, 根据匀变速运动规律可知, 中间位置的速度大小大于中间时刻的速度, 即大于全程的平均速度大小, 故 B 错误; 采用逆向思维法有 $x = \frac{1}{2}at^2$, 汽车经过前 9 m 与后 3 m 的时间之比为 $(\sqrt{12} - \sqrt{3}) : \sqrt{3} = 1 : 1$, 故 C 正确; 采用逆向思维法有 $x = \frac{1}{2}at^2$, 经过前 6 m 与后 6 m 的时间之比为 $(\sqrt{12} - \sqrt{6}) : \sqrt{6} = (\sqrt{2} - 1) : 1$, 故 D 错误。

3. BD 解析: 认为汽车在刹车时做匀减速直线运动, 以初速度方向为正, 则刹车后的加速度保持不变, 且加速度方向为负方向, 故 B 正确; 设刹车时的初速度为 v_0 , 加速度大小为 a , 根据位移时间公式可得 $x = v_0 t - \frac{1}{2}at^2$, 整理可得 $\frac{x}{t} = v_0 - \frac{1}{2}at$, 可知刹车过程的 $x-t$ 图像为抛物线, $\frac{x}{t}-t$ 图像为斜率为负的倾斜直线, 故 A、C 错误; 根据位移速度公式可得 $-2ax = v^2 - v_0^2$, 可得 $v^2 = v_0^2 - 2ax$, 可知 $v^2 - x$ 图像为斜率为负的倾斜直线, 故 D 正确。

4. C 解析: $t=0$ 时, 甲车在前, 乙车在后, 由图像可知, $0 \sim 2$ s 内, 甲车做匀减速直线运动, 乙车做匀速运动, 两车间的距离逐渐减小, 甲车的位移为 $x_{甲1} = \frac{1}{2} \times 20 \times 2 \text{ m} = 20 \text{ m}$, 乙车的位移为 $x_{乙1} = v_0 t_1 = 20 \times 2 \text{ m} = 40 \text{ m}$, 则 $x_{乙1} - x_{甲1} = 40 \text{ m} - 20 \text{ m} = 20 \text{ m} < x_0 = 50 \text{ m}$, 则 2 s 内乙车未追上甲车。2~6 s 内, 甲车做匀加速直线运动, 乙车做匀减速直线运动, 由图像可知 $a_{甲} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 5 \text{ m/s}^2$, 当两车速度相等时, 甲车的速度为 $v_{甲} = a_{甲} t_2$, 乙车的速度为 $v_{乙} = v_0 + a_{乙} t_2$, 又 $v_{甲} = v_{乙}$, 联立解得 $t_2 = 2 \text{ s}$, 则两车相距最近的时间为 $t = t_1 + t_2 = 4 \text{ s}$, 甲车的位移为 $x_{甲} = x_{甲1} + x_{甲2} = x_{甲1} + \frac{1}{2} a_{甲} t_2^2 = 20 \text{ m} + \frac{1}{2} \times 5 \times 2^2 \text{ m} = 30 \text{ m}$, 乙车的位移为 $x_{乙} = x_{乙1} + x_{乙2} = x_{乙1} + v_0 t_2 + \frac{1}{2} a_{乙} t_2^2 = 40 \text{ m} + 20 \times 2 \text{ m} - \frac{1}{2} \times 5 \times 2^2 \text{ m} = 70 \text{ m}$, 两车最近距离为 $x_0 + x_{甲} - x_{乙} = 50 \text{ m} + 30 \text{ m} -$

$70 \text{ m} = 10 \text{ m}$, 故 A、B 错误, C 正确。4 s 前两车未相遇, 4 s 后甲车的速度大于乙车的速度, 两车距离越来越大, 则两车不可能相遇, 故 D 错误。

5. C 解析: 若乙释放时的高度为 $0.5H$, 则由 $2g \cdot 0.5H = v_1^2$, 可得乙落地时的速度大小为 $v_1 = \sqrt{gH}$, 落地时间为 $t_1 = \frac{v_1}{g} = \sqrt{\frac{H}{g}}$, 乙与地面碰撞刚结束时的速度大小为 $v_2 = 0.5v_1 = \frac{\sqrt{gH}}{2}$, 与地面碰后上升的时间为 $t_2 = \frac{v_2}{g} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{H}{g}}$, 乙从释放到再次到达最高点的运动时间为 $t = t_1 + t_2 = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{H}{g}}$, 故 A、B 错误。若乙第一次上升到最高点时刚好与甲相撞, 设乙第一次上升的最大高度为 h , 第一次上升的时间为 t_3 , 则有 $h = \frac{1}{2} g t_3^2$, 由乙球与水平地面碰撞后的速度大小是刚落地时速度大小的 0.5 倍可知, 乙第一次下落的时间 $t_4 = 2t_3$, 则甲与乙碰撞时运动的总时间为 $t_{总} = t_4 + t_3$, 则有 $\frac{1}{2} g t_{总}^2 + h = H$, 联立解得 $h = \frac{H}{10}$, 故 C 正确。若乙第一次上升到最高点时刚好与甲相撞, 则乙下落高度为 $h_{乙} = \frac{1}{2} g t_4^2 = 4h = \frac{2H}{5}$, 所以若乙在第一次上升的过程中能与甲相撞, 则乙释放时的高度 h 的范围为 $H > h > \frac{2H}{5}$, 故 D 错误。

6. (1) 以竖直向上为正方向, 根据竖直上抛运动规律得 $-H = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$,

代入数据解得

$$H = 40 \text{ m}.$$

(2) 小车做匀加速直线运动, 则

$$s + L = \frac{1}{2} a_1 t_1^2,$$

解得 $t_1 = 3 \text{ s}$ 。

(3) 当小车车尾刚好接住小球, 则有

$$x_1 = v(t - t_1) - \frac{1}{2} a_2 (t - t_1)^2 = 0, \text{ 又 } v = a_1 t_1,$$

解得 $a_2 = 12 \text{ m/s}^2$,

当小车车头刚好接住小球, 则有

$$x_2 = v(t - t_1) - \frac{1}{2} a_2' (t - t_1)^2 = -L,$$

解得 $a_2' = 22 \text{ m/s}^2$,

所以为了让小车接住小球, 加速度大小 a_2 的范围为 $12 \text{ m/s}^2 \leq a_2 \leq 22 \text{ m/s}^2$ 。



巅峰挑战

7. (1) 汽车加速时间为 $t_1 = \frac{v}{a} = \frac{10}{2} \text{ s} = 5 \text{ s}$,

在 30 s 内,汽车行驶的位移为

$x = \frac{1}{2}at_1^2 + v(t-t_1)$,代入数据解得 $x = 275\text{ m}$,

则有 $n = \frac{x}{L} = \frac{275}{6} = 45.8$,

即有 46 辆汽车通过路口.

(2) 记 $t_0 = 5\text{ s}$,当计时灯刚亮出“5”时,第 47 辆汽车行驶的位移为

$x_1 = \frac{1}{2}at_1^2 + v(t-t_1-t_0)$,

代入数据得 $x_1 = 225\text{ m}$,

此时汽车距停止线的距离为

$x_2 = 46L + d - x_1$,

代入数据得 $x_2 = 56\text{ m}$,

第 47 辆汽车刹车的加速度为 $a' = \frac{v^2}{2x_2}$,代入数据解得

$a' = 0.89\text{ m/s}^2$,

故第 47 辆车刹车的加速度为 0.89 m/s^2 .

(3) 设能通过 k 辆汽车,则第 k 辆汽车能通过路口要满足条件 $v[t-t_1-\Delta t_1-(k-1)\Delta t_2] + \frac{1}{2}at_1^2 \geq (k-1)L$

代入数据解得 $k \leq 19.9$,即能通过 19 辆汽车.

第四章 运动和力的关系

第一节 牛顿第一定律

题组 28 牛顿第一定律的理解与应用



1	2	3	4	5	6	7
B	BD	B	C	B	A	C

1. B 解析:水冲沙石,沙石才能运动,因为水的冲击力克服了阻力,故力是改变运动的原因,A 错误;物体总有保持原有运动状态的性质即为惯性,其大小只与质量有关,质量越大惯性越大,力是改变物体运动状态的原因,重的大石由于质量太大,惯性太大,所以运动状态不容易被水流改变,B 正确;物体的运动不需要力来维持,C 错误;“大石不移”是因为水的冲力等于大石受到的阻力,大石所受的合外力为零,故 D 错误.

2. BD 解析:图甲通过对小球在斜面上的运动研究,合理外推得出自由落体运动是一种匀变速直线运动,A 错误;图甲中先在倾角较小的斜面上进行实验,来“冲淡”重力的作用效果,主要是使时间测量更容易,B 正确;图乙中没有摩擦阻力的斜面实际并不存在,故图乙中的“理想实验”不能在实验室实现,C 错误;图乙中的“理想实验”通过逻辑推理得出物体的运动不需要力来维持,故 D 正确.

规律总结 真实实验与理想实验的区别

- (1) 真实实验是一种实践活动,是可以通过一定的实验器材和实验方法来实现的实验.
- (2) 理想实验是一种思维活动,是抽象思维中设想出来的、无法做到的实验,但理想实验是以可靠的实验事实为基础的.

3. B 解析:由于惯性,乒乓球在空中飞行,并没有受到向前的推力,故 A 错误;由牛顿第一定律可知,乒乓球的质量小,惯性小,所以容易被快速抽杀,故 B 正确;根据牛顿第一定律可知,空中飞行的乒乓球,如果所受的力全部消失,它将做匀速直线运动,故 C 错误;球拍击球时,不但可以改变乒乓球的运动方向,而且还可以改变乒乓球的速度大小,故 D 错误.

4. C 解析:人在跳起前与车厢的运动状态相同,跳起后向上做竖直上抛运动,由于惯性,同时在车厢运动方向保持离开车厢时的运动状态不变,如果车厢运动状态一直不变(静止或匀速),人落回跳起点,A、B 错误.若车厢沿直线水平加速前进,由于惯性人跳起后在水平方向做匀速直线运动,相对车厢滞后,故将落在跳起点的后方,C 正确;若车厢沿直线水平减速前进,由于惯性人跳起后在水平方向做匀速直线运动,人相对车厢超前,人将落在跳起点的前方,D 错误.

5. B 解析:小李摔倒是因为小李的脚受到的摩擦力突然变小,脚不能立刻停下来,脚向前滑,由于惯性,上半身还要保持原来的运动状态,人下半身的速度大于上半身的速度,所以人会向后倾倒,故 A 错误;小张摔倒是因为小张的脚被石头绊到后立即静止,小张的上半身由于惯性仍保持原来的运动状态,小张向前摔倒,B 正确;惯性只与物体的质量有关,与速度无关,故 C、D 错误.

规律总结 惯性的大小与物体运动的速度无关,与物体是否受力无关,仅与物体的质量有关,因此,质量是物体惯性大小的唯一量度.

6. A 解析:铁锤敲击棒的上端时,棒急速下降,而苹果由于惯性仍在原位置,苹果相对棒向上移动,受到的摩擦力方向向下,A 正确.

7. C 解析:甲图中将锤柄朝下,在地面上磕几下,可以使松动的榔头变紧固,是因为锤柄接触地面后停止,而锤头由于惯性继续向下运动,A 错误;乙图中将压在中性笔下方的纸条迅速抽出,中性笔屹立不倒,是因为中性笔具有惯性,保持原来的运动状态,惯性大小只跟质量有关,与速度无关,B 错误;丙图中匀速运动的小车上装有弹射管,弹

出的钢球(不计空气阻力)由于惯性水平方向上保持匀速运动将仍会落回弹射管,C正确;惯性是物质的基本属性,大小只跟质量有关,与运动状态和位置无关,D错误.

8. 节目所选的石板越大越好,因为石板质量越大,其惯性就越大,石板的运动状态就越难改变,所以人受到的冲击力就越小.

 巅峰挑战

9. 因为相同体积的水的质量与球的质量不相同,质量越大,运动状态越难以改变,故铁球运动状态的改变比瓶子(及瓶子中的水)慢,所以铁球会相对瓶子向左偏;而塑料球运动状态的改变比瓶子(及瓶子中的水)快,所以塑料球会相对瓶子向右偏.

第二节 探究加速度与力、质量的关系

题组 29 数据处理与误差分析

 答案速查

1	2	3	4
D	B	BD	C

1. D **解析:**电火花打点计时器选用 220 V 交流电源,A 错误;平衡摩擦力时,不能悬挂重物,轻轻推动小车,小车沿木板运动,通过打点计时器打出来的纸带判断小车是否匀速运动,B 错误;实验中,应先接通打点计时器,再释放小车,C 错误;平衡摩擦力后,有 $mg \sin \theta = \mu mg \cos \theta$,故无论小车的质量是否改变,小车所受的滑动摩擦力都等于小车的重力沿斜面的分力,不需要重新平衡摩擦力,D 正确.

方法点拨 平衡阻力

让纸带一端穿过打点计时器另一端连接小车,反复移动木板的位置,直到小车不挂小盘时能在木板上匀速运动为止.平衡阻力后,不管是改变小盘及盘中砝码的总质量还是改变小车的质量,都不需重新平衡阻力.

2. B **解析:**该实验是探究小车的加速度与所受合力的关系,因此只需要保持小车和力传感器的总质量不变,实验中不需要天平测量小车质量,故 A 错误;由题意可知,小车刚开始运动时,传感器的最大示数 F_1 ,可知实验中小车运动时所受阻力的等于传感器的最大示数 F_1 ,故 B 正确;传感器的示数 F_2 是小车做加速运动时细绳上拉小车的力,实验中小车所受的合力应为 $F_2 - F_1$,故 C 错误;没有补偿阻力,实验仍能完成,只是表达式变成了

$F_2 - F_1 = Ma$,即轻绳的拉力 F_2 不满足与加速度 a 成正比关系,而是成一次函数关系,故 D 错误.

3. BD **解析:**细绳与长木板不平行会导致绳上拉力 F 不沿小车运动方向,A 错误;由题意可知,小车做初速度为零的匀加速直线运动,则有 $x = \frac{1}{2}at^2$,故 $a = 2 \times 1.19 \text{ m/s}^2 = 2.38 \text{ m/s}^2$,B 正确;对滑块受力分析可知 $F - \mu_0 Mg = Ma$,解得 $\mu_0 = \frac{F - Ma}{Mg}$,故 C 错误;滑块质量远大于重物质量是为了使重物重力约为细绳拉力,而本实验采用力传感器测量绳上拉力,故不需要使滑块质量远大于重物重量,故 D 正确.

4. C **解析:**把长木板的一端垫得过高,使得倾角偏大,那么小车的重力沿斜面的分力就会大于摩擦力,故有 $F + mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma$,在没有绳子拉力时,小车已有了加速度,且图像为一条倾斜直线,故 C 正确.

5. (1) 需要 不需要 (2) 1.0 (3) 2 : 1

解析:(1) 在本实验中,细线对小车拉力的两倍等于小车的合力,因此需要平衡摩擦力.实验中细线的张力能用力传感器得出,因此不需要满足所挂重物的质量 m 远小于小车的总质量 M .

(2) 根据牛顿第二定律有 $F = Ma$,整理得 $a = F \cdot \frac{1}{M}$,图像的斜率为 $k = F = \frac{0.2}{0.4} \text{ N} = 0.5 \text{ N}$,则当小车的质量为 0.5 kg 时,它的加速度大小为 $a = \frac{F}{M} = \frac{0.5}{0.5} \text{ m/s}^2 = 1.0 \text{ m/s}^2$.

(3) 小车的加速度 $a = \frac{1}{3}g$,可得重物的加速度为 $a' = 2a = \frac{2}{3}g$,设力传感器的示数为 F ,根据牛顿第二定律,有 $2F = Ma, mg - F = ma'$,解得 $M : m = 2 : 1$.

 巅峰挑战

6. (1) BC (2) 1.1 m/s² (3) B

解析:(1) 让小车靠近打点计时器,先接通打点计时器的电源,后释放小车,故 A 错误;实验中小车所受拉力为弹簧测力计的示数的两倍,可以直接读出,所以不需要测量砂和砂桶的质量,故 B 正确;为了保证弹簧测力计示数的两倍为小车所受的合外力,故实验操作过程中需要平衡阻力,故 C 正确;如果砂和砂桶的质量远小于小车及其上砝码总质量,可认为砂和砂桶重力的两倍等于细绳对小车的拉力,故 D 错误.

(2) 由逐差法可知,小车的加速度大小为 $a = \frac{x_{CE} - x_{AC}}{(2T)^2} = \frac{(10.61 - 6.20) \times 10^{-2}}{4 \times 0.1^2} \text{ m/s}^2 = 1.1 \text{ m/s}^2$.

(3) 对小车和砝码受力分析,由牛顿第二定律 $2F = (M + m)a$,化简可得 $\frac{1}{a} = \frac{1}{2F}m + \frac{M}{2F}$,由图可知 $b = \frac{M}{2F}$,可得小车的质量为 $M = 2Fb$,故 B 正确.

第三节 牛顿第二定律

题组 30 牛顿第二定律的理解与简单计算

◆ 答 ◆ 案 ◆ 速 ◆ 查 ◆

1	2	3	4	5	6	7
D	C	AD	CD	C	A	D

1. D 解析:根据牛顿第二定律,运动物体的加速度方向必定与其所受合力的方向相同,但速度和位移方向与所受合力的方向不一定相同,A、B 错误;用桨划水使船加速前进,是因为水对桨的作用力大于水对船的阻力,合力产生加速度,而桨对水的作用力与水对桨的作用力是等大反向的一对作用力与反作用力,故该过程还得用到牛顿第二定律,C 错误;向尾部喷气的火箭,喷出的气体与火箭产生相互作用,由牛顿第三定律可知,火箭获得向前的作用力,由牛顿第二定律可知,作用力对火箭产生加速度,火箭做加速运动,D 正确.

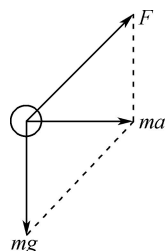
方法点拨 正确理解牛顿第二定律应注意以下几点:

(1) 物体的加速度和合外力是同时产生的,不分先后,但有因果性,力是产生加速度的原因,没有力就没有加速度.

(2) 不能根据 $m = \frac{F}{a}$ 得出 $m \propto F$ 、 $m \propto \frac{1}{a}$ 的结论,物体的质量 m 是由自身决定的,与物体所受的合外力和运动的加速度无关,但物体的质量可以通过测量它的加速度和它所受到的合外力而求得.

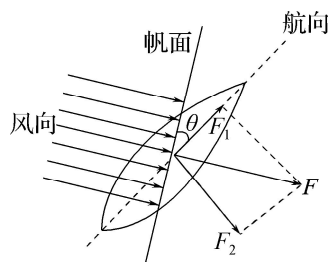
(3) 不能由 $F = ma$ 得出 $F \propto m$ 、 $F \propto a$ 的结论,物体所受合外力的大小是由物体的受力情况决定的,与物体的质量和加速度无关.

2. C 解析:对西瓜 A 受力分析如图所示,其中力 F 是其他西瓜对它的作用力,根据题意有 $F = \sqrt{(mg)^2 + (ma)^2} = m\sqrt{g^2 + a^2}$,故 C 正确.



3. AD 解析:根据加速度的定义式可知 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 0.01 \text{ m/s}^2$,故 A 正确;对整体由牛顿第二定律得 $F = (M + m)a$,解得 $m = \frac{F}{a} - M = 8.7 \times 10^4 \text{ kg}$,故 B 错误;对空间站有 $F = ma$,解得 $F = 870 \text{ N}$,故 C 错误;由牛顿第三定律得 $F' = F$,则 $F' = 870 \text{ N}$,故 D 正确.

4. CD 解析:如图所示,把力 F 分解,由图可得 $F_2 = F \cos \theta$, $F_1 = F \sin \theta$,A 错误; F_1 是船前进的动力,因为船沿着航向还会受到阻力,则船受到的合力小于 F_1 ,B 错误,C 正确;由牛顿第二定律可得船的加速度 $a = \frac{F_1 - f}{m} = \frac{F \sin \theta - f}{m}$,D 正确.

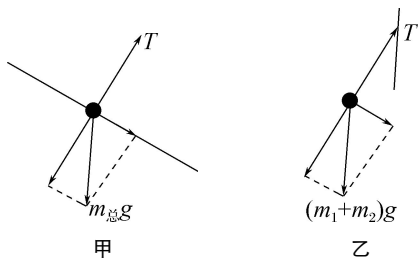


5. C 解析:运动员从 O 至 B 过程只受重力,做自由落体运动;从 B 到 C 过程,绳子拉力逐渐增大,但绳子拉力小于重力,合力向下,运动员做加速度减小的加速运动;到 C 点时合力为零,速度达到最大值;过 C 点后,绳子拉力大于重力,运动员做减速运动,随着绳子拉力增大,运动员的加速度增大,做加速度增大的减速运动,故 C 正确,A、D 错误.从 C 到 D 过程,弹性绳的拉力大于运动员重力,合力向上,加速度向上,运动员做减速运动,随着运动员的向下运动,绳子拉力变大,运动员受到的合力增大,加速度变大,运动员做加速度增大的减速运动,到 D 点运动员速度为零,合力不为零,加速度向上,B 错误.

规律总结 物体的加速度变化情况,由物体的合外力变化来确定,只要分析物体受力情况,确定了合外力的变化规律,即可由牛顿第二定律确定加速度的变化规律.物体速度的变化由物体的加速度决定,速度与加速度同向,速度增加;速度与加速度反向,速度减小.

6. A 解析:对小球、抱枕和小孩组成的整体,受力分析如图甲所示,根据牛顿第二定律可知, $m_{\text{总}} g \sin \alpha = m_{\text{总}} a_1$,解得 $a = g \sin \alpha$;对抱枕和小孩受力分析如图乙所示,根据牛顿第二定律有 $(m_1 + m_2) g \sin \beta = (m_1 + m_2) a_2$,因 $a_1 = a_2$,故 $\alpha = \beta$,A 正确,B 错误.抱枕受重力、拉力、小孩对抱枕的作用力,因为沿绳子方向的合力为零,与导轨平行的方向的合力为 $m_1 a = m_1 g \sin \alpha$,可知小孩对抱枕的作用力与绳子共线,C 错误.绳子拉力为 $T = (m_1 + m_2) g \cos \alpha$,抱枕对小孩的作用力沿绳子方向向上,其大小为 $F = m_2 g \cos \alpha$,绳子拉力与抱枕对小孩的作用力

用力之比为 $T:F=(m_1+m_2):m_2$, D 错误.



7. D 解析: 当细线拉力为 0 时, 静摩擦力提供加速度, 加速度越大, 物块所受静摩擦力越大, 静摩擦力变为最大静摩擦力后, 细线拉力开始增大, A 错误; 当最大静摩擦力提供加速度时, 由牛顿第二定律 $\mu mg = ma$, 得 $a = 4 \text{ m/s}^2$, 故当加速度 $a = 3 \text{ m/s}^2$ 时, 细线对物块的拉力大小为 0, B 错误; 当加速度 $a = 7 \text{ m/s}^2 > 4 \text{ m/s}^2$ 时, 根据牛顿第二定律 $F \sin 37^\circ - \mu N = ma$, 又 $F \cos 37^\circ + N' = mg$, 且 $N' = N$, 得 $F = \frac{550}{23} \text{ N}$, C 错误; 当物块与平板车之间摩擦力恰好为零时, 则 $mg \tan 37^\circ = ma$, 得 $a = 7.5 \text{ m/s}^2$, 当加速度 $a = 10 \text{ m/s}^2$ 时, 设细线与竖直方向夹角为 α , 则 $F \cos \alpha = mg$, $F \sin \alpha = ma$, 得 $F = 20\sqrt{2} \text{ N}$, D 正确.

巅峰挑战

8. (1) 依题意, 物体恰好能够沿斜面匀速下滑, 可得 $mg \sin \theta = \mu mg \cos \theta$, 解得 $\mu = 0.75$.
- (2) 物体沿斜面匀速上滑时, 有 $mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta = k \Delta x$, 解得 $k = 120 \text{ N/m}$.
- (3) 根据牛顿第二定律, 可得 $F - mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma$, 解得 $a = 4 \text{ m/s}^2$.

题组 31 瞬时加速度

答案速查

1	2	3	4	5	6
B	C	B	C	BC	CD

1. B 解析: 剪断细线前, A、B 紧挨在一起但 A、B 之间无弹力, 以 A 为研究对象, 可知弹簧对 A 的弹力方向沿斜面向上, 大小为 $F = mg \sin \theta$. 剪断细线的瞬间, 弹簧的弹力保持不变, 以物块 A、B 为整体, 根据牛顿第二定律得 $(3m+m)g \sin \theta - F = (3m+m)a$, 解得 $a = \frac{3g}{8}$, 故物块 A、B 的加速度均为 $\frac{3g}{8}$, A、C 错误, B 正确; 根据题意, 以 B 为研究对象, 由牛顿第二定律有 $3mg \sin \theta - F_{AB} = 3ma$, 解得 $F_{AB} = \frac{3}{8}mg$, D 错误.

解后反思 求解瞬时加速度时应注意的问题

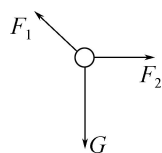
- (1) 物体的受力情况和运动情况是时刻对应的, 当外界因素发生变化时, 需要重新进行受力分析和运动分析.
- (2) 加速度可以随着力的突变而突变, 而速度的变化需要一个积累的过程, 不会发生突变.

2. C 解析: 细线剪断前, 物块 b、c 受力平衡, 分别有 $k \Delta l_1 = k \Delta l_2 + m_b g$, $k \Delta l_2 = m_c g$, 可得 $\Delta l_1 = 2\Delta l_2$, 故 C 正确, D 错误. 将细线剪断的瞬间, 由于弹簧的弹力不突变, 所以物块 b、c 受力情况不变, 加速度仍为零, 即 $a_2 = 0$; 对物块 a, 由牛顿第二定律得 $k \Delta l_1 + m_a g = m_a a_1$, 解得 $a_1 = 5g$, 故 A、B 错误.

3. B 解析: 在剪断 A、B 间轻绳前, 以 A、B、C 三个小球为整体, 根据受力平衡可得弹簧弹力为 $F_{\text{弹}} = 3mg$, 在剪断 A、B 间轻绳的瞬间, 弹簧弹力保持不变, 以 A 为对象, 根据牛顿第二定律可得 $a_A = \frac{F_{\text{弹}} - mg}{m} = 2g$, 方向竖直向上, 故 A 错误; 在剪断 A、B 间轻绳的瞬间, 以 B、C 两个小球为整体, 根据牛顿第二定律可得 $2mg = 2ma_{BC}$, 可得小球 B 和 C 的加速度大小均为 $a_{BC} = g$, 以小球 B 为对象, 根据牛顿第二定律可得 $mg + F_{\text{杆}} = ma_{BC}$, 解得轻杆的作用力大小为 $F_{\text{杆}} = 0$, 故 B 正确, C、D 错误.

4. C 解析: 起初, a 恰好与地面无挤压, 则弹簧弹力 $F = mg$. 以 c、d 为研究对象, c 上方线对 c、d 的拉力为 $F_1 = 2mg$. 设物体质量 b 为 M, 以 b 为研究对象, 则有 $F_1 - F = Mg$, 解得 $M = m$. 将 c 与 d 间的线剪断瞬间, c、d 间线的拉力突变为 0, 弹簧对 b 的作用力不变, 设此时 b、c 间线的拉力为 T, 以 c 为研究对象, 由牛顿第二定律有 $T - mg = ma$, 以 b、c 整体为研究对象, 由牛顿第二定律有 $mg = 2ma$, 解得 $a = 0.5g$, $T = 1.5mg$, 故 A、B 错误, C 正确. 剪断线后, b 往下运动, 当 b 速度最大时, b、c 加速度均为零, 设此时弹簧弹力为 F_2 , 以 b、c 整体为研究对象, 由平衡条件可得 $F_2 - mg + mg = 0$, 解得 $F_2 = 0$, 即当 b 速度最大时, 弹簧的弹力为零, b 下降的距离等于弹簧形变量, 根据胡克定律可得弹簧形变量 $\Delta x = \frac{F - F_2}{k} = \frac{mg}{k}$, 故 D 错误.

5. BC 解析: 若弹簧处于拉伸状态, 则小球水平方向受力不平衡, 对小球受力分析, 如图所示, 可知弹簧处于压缩状态, A 错误; 以小球为研究对象, 根据受力平衡可得 $F_2 = mg \tan 37^\circ = \frac{3}{4}mg$, $F_1 = \frac{mg}{\cos 37^\circ} = \frac{5}{4}mg$, 根据牛顿第三定律, 小球对木板的压力大小为 $F_{\text{压}} = F_1 = \frac{5}{4}mg$, B 正确; 木板 AB 突然撤去瞬间, 轻弹簧作用力保持不变, 重力和轻弹簧作用力的合力大小等



于撤去前木板 AB 对小球弹力,则小球的加速度大小为 $a = \frac{5}{4}g$, C 正确; 弹簧被剪断瞬间, 小球将沿木板下滑, 小球的加速度不为零, D 错误.

规律总结 四类模型的相同点与不同点

(1) 四类模型的共同点

质量忽略不计, 都因发生弹性形变产生弹力, 同时刻内部弹力处处相等且与运动状态无关.

(2) 四类模型的不同点

	弹力表现形式	弹力方向	弹力能否突变
轻绳	拉力	沿绳收缩方向	能
轻杆	拉力、支持力	不确定	能
轻弹簧	拉力、支持力	沿弹簧轴线	不能(未剪断)
橡皮条	拉力	沿橡皮条收缩方向	不能

6. CD 解析: 施加外力前, 系统处于静止状态, 对整体受力分析, 由平衡条件可得 $2mg = kx_0$, 解得 $x_0 = 0.4\text{ m}$. 外力施加的瞬间, 物体 A 加速度为 4 m/s^2 , 对整体, 由牛顿第二定律得 $F - 2mg + kx_0 = 2ma$, 解得 $F = 8\text{ N}$, A 错误. 当弹簧压缩量减小到 0.3 m 时, 设 A、B 间弹力大小为 F_{AB} , 对 A, 由牛顿第二定律可得 $F + F_{AB} - mg = ma$, 对 A、B 整体, 有 $F + kx_1 - 2mg = 2ma$, 解得 $F_{AB} = 1\text{ N}$, B 错误. 设 A、B 分离时, 弹簧的形变量为 x_2 , 对 B, 由牛顿第二定律得 $kx_2 - mg = ma$, 所以 A 物体的位移大小为 $x_0 - x_2 = 0.12\text{ m}$, C 正确. 当 B 物体的合力为零时速度最大, 有平衡条件得 $kx_3 = mg$, 解得 $x_3 = 0.2\text{ m}$, D 正确.

7. (1) 撤去 F 之前对木块, 有

$$F = f + F_{\text{弹}},$$

$$F_{\text{弹}} = kx_1 = 1.5\text{ N},$$

$$\text{则 } f = 0.5\text{ N}.$$

撤去 F 后, 弹簧弹力不变 $F_{\text{弹}} = 1.5\text{ N}$, 方向向右,

因为 $f_{\text{静max}} = \mu Mg = 0.6\text{ N} < F_{\text{弹}}$, 则木块开始向右运动, 滑动摩擦力方向向左. 有

$$F_{\text{弹}} - f_{\text{滑}} = Ma,$$

$$\text{解得 } a = 1.5\text{ m/s}^2.$$

(2) 撤去 F 之后, 对挡板和木块的整体受力分析, 由牛顿第二定律可得

$$a = \frac{F_{\text{弹}} - \mu Mg}{M + m} = \frac{5}{3}\text{ m/s}^2,$$

对木块, 有 $F_{\text{推}} - \mu Mg = Ma$,

$$\text{解得 } F_{\text{推}} = \frac{4}{3}\text{ N}.$$

(3) 挡板和木块分离时, 两者速度和加速度均相同, 但接触面刚好不挤压. 对木块受力分析, 可知 $a_{\text{木}} = \mu g = 1\text{ m/s}^2$, 方向向左.

对挡板, 有

$$F_{\text{弹}2} = kx_2 = ma,$$

$$\text{解得 } x_2 = 0.1\text{ cm},$$

此时弹簧被拉伸了 0.1 cm ,

$$\text{所以 } \Delta x = 1.6\text{ cm},$$

即木板在和挡板分离前向右运动了 1.6 cm .



巅峰挑战

8. BD 解析: 剪断绳子的瞬间, 对 a 分析, 根据牛顿第二定律有 $m_0g \sin 53^\circ = m_0a_1$, 解得 $a_1 = 8\text{ m/s}^2$; 当 b 与 c 间的动摩擦因数足够大时, b 与 c 将保持相对静止向下做匀加速直线运动, 根据牛顿第二定律有 $(2m + m)g \sin 37^\circ = (2m + m)a_2$, 解得 $a_2 = 6\text{ m/s}^2$, 即 b、c 的加速度均为 6 m/s^2 , 故 A 错误. 当 $\mu = \frac{3}{4}$ 、 $m_0 = \frac{3}{2}m$ 时, 假设 b 与 c 能够保持相对静止, 对 a、b、c 整体有 $(2m + m)g \sin 37^\circ - \frac{3}{2}mg \sin 53^\circ = (2m + m + \frac{3}{2}m)a_3$, 解得 $a_3 = \frac{4}{3}\text{ m/s}^2$; 物块 c 能够获得的最大加速度为 $\frac{mg \sin 37^\circ + \mu mg \cos 37^\circ}{m} = 12\text{ m/s}^2 > \frac{4}{3}\text{ m/s}^2$, 假设成立, 故 b、c 的加速度均为 $\frac{4}{3}\text{ m/s}^2$, 方向沿斜面向下, B 正确. 当 $\mu = \frac{7}{8}$ 、 $m_0 = \frac{21}{8}m$ 时, 假设 b 与 c 能够保持相对静止, 对 a、b、c 整体有 $\frac{21}{8}mg \sin 53^\circ - (2m + m)g \sin 37^\circ = (2m + m + \frac{21}{8}m)a_4$, 解得 $a_4 = \frac{8}{15}\text{ m/s}^2$, 方向沿斜面向上, 物块 c 能够获得沿斜面向上的最大加速度为 $\frac{\mu mg \cos 37^\circ - mg \sin 37^\circ}{m} = 1\text{ m/s}^2 > \frac{8}{15}\text{ m/s}^2$, 假设成立, b、c 将保持相对静止, 加速度均为 $\frac{8}{15}\text{ m/s}^2$, 方向沿斜面向上, 故 C 错误. 当 $\mu = \frac{4}{5}$ 、 $m_0 > \frac{48}{19}m$ 时, 假设 b 与 c 能够保持相对静止, 对 a、b、c 整体有 $m_0g \sin 53^\circ - (2m + m)g \sin 37^\circ = (2m + m + m_0)a_5$, 由于 $m_0 > \frac{48}{19}m$, 解得 $a_5 > \frac{2}{5}\text{ m/s}^2$, 方向沿斜面向上; 物块 c 能够获得沿斜面向上的最大加速度为 $\frac{\mu mg \cos 37^\circ - mg \sin 37^\circ}{m} = \frac{2}{5}\text{ m/s}^2 < a_5$, 故假设不成立, b 与 c 将发生相对滑动, D 正确.

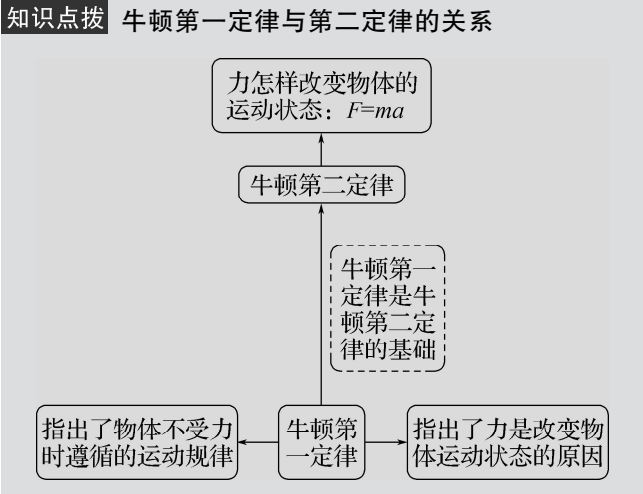
综合提优 5(第一~三节)



1	2	3	4	5	6
C	A	A	D	ABD	AC

1. C 解析: 牛顿第一定律是牛顿发现的, A 错误; 牛顿

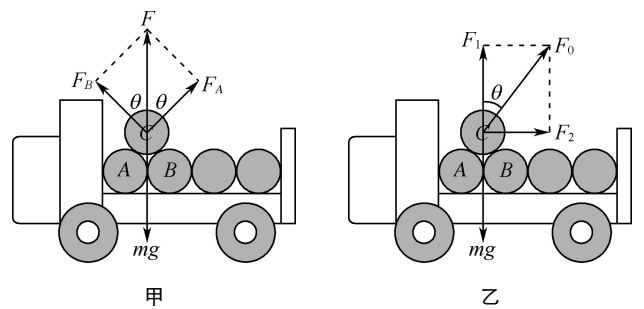
第一定律揭示了物体不受力时的运动规律,并且定义了惯性概念,牛顿第二定律给出了加速度与力和质量的关系,故牛顿第一定律是牛顿第二定律的基础,不是牛顿第二定律的特例,B 错误;作用力和反作用力一定是同种性质力,C 正确;牛顿第一运动定律不可以通过实验直接得出,D 错误.



发生危险,刹车时的加速度大小最大为 a_0 ,此时 B 对 C 刚好无支持力,设此时 A 对 C 的支持力为 F_0 ,对 C 受力分析如图乙所示,有

$$mg \tan \theta = m a_0,$$
$$\text{解得 } a_0 = \frac{10\sqrt{3}}{3} \text{ m/s}^2.$$

(3) 司机只受到重力和货车对他的力,水平方向有 $F_x = M a_0$,
 竖直方向有 $F_y = M g$,
 则货车对司机的作用力 $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$,
 解得 $F = 400\sqrt{3} \text{ N}$.



规律总结 应用牛顿第二定律解题的一般步骤

确定研究对象

分析

列方程

解方程

根据问题的需要和解题的方便,选出被研究的物体

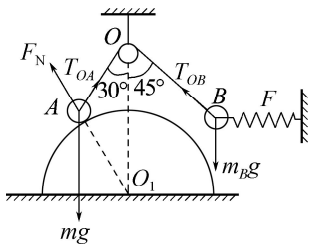
对研究对象进行受力情况和运动情况的分析,画出受力图和运动情景图;明确运动性质和运动过程

选取正方向,通常选加速度方向为正方向,方向与正方向相同的力为正值,方向与正方向相反的力为负值,建立方程

F 、 m 、 a 用国际单位,解的过程要清楚,写出方程式和相应的文字说明,必要时对结果进行讨论

巅峰挑战

9. (1) 对 A 、 B 受力分析如图所示,有 $T_{OA} = T_{OB}$,
 由几何关系可知 $F_N = T_{OA}$,则有 $mg = 2T_{OA} \cos 30^\circ$,
 可得 $T_{OA} = \frac{\sqrt{3}}{3} mg$.



(2) 由平衡条件可得 $F_N \sin 30^\circ = \mu (mg + F_N \cos 30^\circ)$,
 解得 $\mu = \frac{\sqrt{3}}{9}$.
 (3) 若将 OB 绳剪断,剪断绳子前, B 的重力与弹簧拉力的合力与 T_{OB} 平衡,则在剪断瞬间 B 的重力与弹簧拉力

的合力与 T_{OB} 等大反向,则有

$$F_{\text{合}} = \frac{m_B g}{\cos 45^\circ} = m_B a,$$

可得 B 的加速度大小 $a = \sqrt{2} g$,方向与竖直方向夹角为 45° ,斜向右下方.

第四节 力学单位制

题组 32 力学单位制的应用

答案速查

1	2	3	4	5	6	7	8
B	A	A	A	AB	AC	D	BCD

1. B 解析:信息中的单位“km”属于单位制中的基本单位,A 错误;力学范围内的三个基本量是长度、质量、时间,B 正确;国际单位制的七个基本物理量分别是:长度、质量、时间、电流强度、热力学温度、物质的量、发光强度,m、kg、s、A、K、mol、cd 是所对应的七个基本物理量单位,故 C 错误;单位不仅仅是一个符号,还有其实际意义,单位之间的关系反应了物理量之间的关系,其量纲的运算与物理量之间的运算相同,故 D 错误.

规律总结 基本单位和导出单位的比较

两种单位	定义	举例
基本单位	被选定的基本量的单位	在力学中被选定为基本量的是长度、质量和时间,它们的单位是米、千克、秒
导出单位	由基本量根据物理关系推导出来的其他物理量的单位	在力学中,由三个基本单位推导出单位主要有速度、加速度、力、压强、密度、功和功率、动能、势能等

2. A 解析:表达式 $\frac{F(t_1 + t_2)}{2m}$ 的单位是 $\frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{kg}}$,根据牛顿第二定律 $a = \frac{F}{m}$,可知 $1 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$,所以 $1 \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{kg}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.
 $\text{s} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$,该单位表示速度,表达式一定是错的,A 正确.

方法点拨 单位制的意义

单位是物理量的组成部分,对于物理量,如果有单位一定要在数字后带上单位,同一物理量,选用不同单位时其数值不同,统一单位,便于人们的相互交流.

3. A 解析:由表达式 $\frac{\eta h c S}{d^4}$ 可知其单位 $\frac{\text{J} \cdot \text{s} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^2}{\text{m}^4} = \frac{\text{J}}{\text{m}} = \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{m}} = \text{N}$,两边单位一样,则 A 可能正确;同理可知表达式 $\frac{\eta h c S^2}{d^4}$ 的单位 $\frac{\text{J} \cdot \text{s} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot (\text{m}^2)^2}{\text{m}^4} = \text{J} \cdot \text{m} = \text{N} \cdot \text{m}^2$,则 B 不可能正

确;表达式 $\frac{\eta h S}{cd^3}$ 的单位 $\frac{\text{J} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^2}{\text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^3} = \frac{\text{J} \cdot \text{s}^2}{\text{m}^2} = \frac{\text{N} \cdot \text{s}^2}{\text{m}}$, 则 C 不可能正确;表达式 $\frac{\eta h c S^2}{d^3}$ 的单位 $\frac{\text{J} \cdot \text{s} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^4}{\text{m}^3} = \text{J} \cdot \text{m}^2 = \text{N} \cdot \text{m}^3$, 则 D 不可能正确。

4. A 解析:根据牛顿第二定律 $F=ma$ 可得 $1 \text{ N}=1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2=1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$, 根据题意可得 A 的单位为 $A=\sqrt{\frac{GM}{r}}=\sqrt{\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2 \cdot \text{kg}}{\text{m}}}=\sqrt{\frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{kg}}}=\text{m/s}$, 则 A 是速度。

5. AB 解析:根据 $F=kv^2$ 得 $k=\frac{F}{v^2}$, 故 k 的单位为 $\frac{\text{N}}{\text{m}^2/\text{s}^2}=\frac{\text{kg} \cdot \text{m/s}^2}{\text{m}^2/\text{s}^2}=\text{kg/m}$, A 正确;设飞机的起飞速度为 v , 飞机的质量为 m , 刚刚离地时有 $kv^2=mg$, 解得 $k=100 \text{ kg/m}$, 故 B 正确;根据运动学公式可知, 飞机在滑行过程中加速度的大小为 $a=\frac{v^2}{2x} \approx 1.8 \text{ m/s}^2$, 时间 $t=\frac{v}{a} \approx 47 \text{ s}$, C、D 错误。

6. AC 解析:根据 $f=kv$ 可知, k 的单位为 $\text{N} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}$, 即 P 为 $\text{N} \cdot \text{s/m}$, A 正确;根据 $v-t$ 图像切线斜率表示加速度, 由题图可知 $v_0=16 \text{ m/s}$, 运动员的加速度为 $a_0=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{48-16}{16-0} \text{ m/s}^2=2 \text{ m/s}^2$, B 错误;当 $v_0=16 \text{ m/s}$ 时, 空气阻力大小为 $f_0=kv_0=160 \text{ N}$, 根据牛顿第二定律可得 $mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta - f_0 = ma_0$, 当 $v=32 \text{ m/s}$ 时, 空气阻力大小为 $f=kv=320 \text{ N}$, 此时运动员的加速度为零, 则有 $mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta - f = 0$, 解得 $m=80 \text{ kg}$, $\mu=0.25$, 故 C 正确, D 错误。

7. D 解析:根据题意可知, 由于频率的单位为 s^{-1} , 质量单位为 kg , 长度单位为 m , 拉力的单位 $\text{N}=\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$, 则 $f=c\sqrt{\frac{T}{mL}}$. 现将拉力增大 21%, 琴弦振动的频率变为 $f'=c\sqrt{\frac{1.21T}{mL}}=1.1f$, 即琴弦振动的频率将增大 10%, D 正确。

规律总结 单位制在解题时的作用:

- (1) 利用物理公式求解前, 一般先将各物理量的单位统一成国际单位制中的单位。
- (2) 单位统一后, 计算过程中就不必把各物理量的单位一一代入, 只在式子结果后写出所求量的单位即可, 从而使计算更简捷。

8. BCD 解析:根据题意可得 $k=\frac{f}{Sv^2}$, 由于 f 的单位为 $\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$, S 的单位为 m^2 , v 的单位为 m/s , 所以比例系数 k 的单位为 $\frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}}{\text{m}^2 \cdot (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})^2}=\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, 故 A 错误, B 正确;半径为 r 的雨滴匀速下落, 则 $f=mg=\rho \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 g$, $f=$

kSv^2 , 解得 $v=\sqrt{\frac{4\rho g r}{3k}}$, 由此可知, 雨滴越大, 即 r 越大, 匀速下落时的速度 v 也越大, 故 C、D 正确。



巅峰挑战

9. (1) 根据牛顿第二定律有 $F=ma$,

可得单位关系为 $\text{N}=\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

将所有单位代入 $f=k\eta r v^x$, 可得 $\text{N}=\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}} \cdot \text{m} \cdot \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^x$,

解得 $x=1$.

(2) ①小球从静止释放后在重力和浮力的作用下向下做加速运动, 由题意可知, 小球受到的阻力与其下落的速度成正比, 所以随着速度增大, 阻力也增大, 小球所受的合力减小, 加速度减小, 小球做加速度逐渐减小的加速运动; 当浮力和阻力的合力与重力大小相等时, 小球的加速度为 0, 小球下落的速度达到最大, 之后以最大速度做匀速直线运动。

②小球刚释放时, 阻力为 0, 加速度最大, 则有

$$a_m=\frac{mg-F}{m},$$

当浮力和阻力的合力与重力大小相等时, 小球的加速度为 0, 小球下落的速度达到最大, 则有

$$f+F=k\eta r v_m+F=mg,$$

解得最大速度为 $v_m=\frac{mg-F}{k\eta r}$.

第五节 牛顿运动定律的应用

题组 33 两类运动学问题

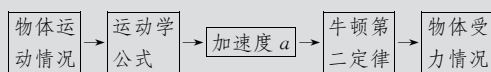


1	2	3	4	5	6	7	8
D	D	B	AB	B	A	D	A

1. D 解析:根据运动学公式可得 $v^2-v_0^2=-2ah$, 解得加速度大小为 $a=\frac{v_0^2-v^2}{2h}=\frac{8^2-2^2}{2 \times 1.2} \text{ m/s}^2=25 \text{ m/s}^2$, 根据牛顿第二定律可得 $F-mg=ma$, 解得 $F=1.05 \times 10^5 \text{ N}$, D 正确。

规律总结 由运动情况求解受力

(1) 由物体的运动确定其受力情况的思路



(2) 解题步骤: ①确定研究对象; ②分析物体的运动情况, 应用运动学公式求出物体的加速度; ③根据牛顿第二定律列方程, 求出物体所受的合外力; ④分析物体的受力情况, 画出受力示意图; ⑤根据力的合成与分解, 由合力求出所要求的力。

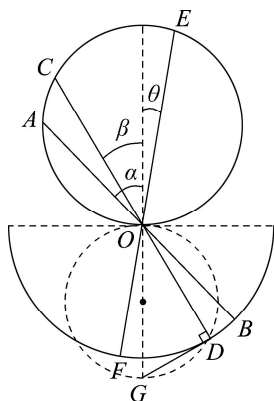
2. D 解析:滑行者各自所受合力之比等于摩擦力之比,为 $\mu m_1 g : \mu m_2 g = m_1 : m_2 = 3 : 2$,故 A 错误;对物块受力分析,由牛顿第二定律 $\mu mg = ma$ 可得,物块的加速度为 $a = \mu g$,则它们在滑行中的加速度之比为 $\frac{a_1}{a_2} =$

$\frac{1}{1}$,故 B 错误;滑行的时间 $t = \frac{v_0}{a}$,滑行的时间之比 $\frac{t_1}{t_2} =$

$\frac{v_{01}}{v_{02}} = \frac{a_2}{a_1} = \frac{2}{3}$,故 C 错误;由运动学公式 $0 - v_0^2 = -2ax$,物块滑行的距离为 $x = \frac{v_0^2}{2a}$,所以滑行的距离之比

$\frac{x_1}{x_2} = \frac{v_{01}^2}{v_{02}^2} = \frac{4}{9}$,故 D 正确.

3. B 解析:如图所示,过 D 点作 OD 的垂线与竖直虚线交于 G,以 OG 为直径作圆,可以看出 F 点在辅助圆内,而 B 点在辅助圆外,由等时圆结论可知 $t_{AB} > t_{CD} > t_{EF}$,B 正确.

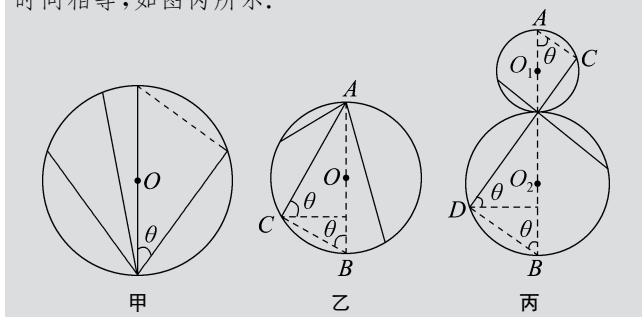


归纳总结 等时圆模型的两个结论

(1) 质点从竖直圆环上沿不同的光滑弦上端由静止开始滑到环的最低点所用时间相等,如图甲所示.

(2) 质点从竖直圆环上最高点沿不同的光滑弦由静止开始滑到下端所用时间相等,如图乙所示.

(3) 两个竖直圆环相切且两圆环的竖直直径均过切点,质点沿不同的光滑弦上端由静止开始滑到下端所用时间相等,如图丙所示.



4. AB 解析:物块以 $v = 12 \text{ m/s}$ 的速度向右匀速直线运动,有 $F_1 = F_2 + f$,解得滑动摩擦力为 $f = 12 \text{ N}$,方向向左.撤去 F_1 ,物块向右做匀减速运动,根据牛顿第二定律

有 $a_1 = \frac{F_2 + f}{m} = 4 \text{ m/s}^2$,减速到 0 的时间 $t_0 = \frac{v}{a_1} =$

3 s,由于 $F_2 < f$,之后物块静止,所以 $t = 5 \text{ s}$ 时物块已经静止,地面对物块的摩擦力为静摩擦力 $f' = F_2 = 8 \text{ N}$,A 正确. $t = 4 \text{ s}$ 时,物块静止,加速度为 0,C 错误.物块向右

做匀减速运动的位移 $x = \frac{v^2}{2a_1} = 18 \text{ m}$,之后静止,所以 $t = 5 \text{ s}$ 时,物块距离 $t = 0$ 时的位置有 18 m 远,D 错误.前

4 s 的平均速度为 $\bar{v} = \frac{x}{t_4} = 4.5 \text{ m/s}$,B 正确.

5. B 解析:小球静止释放,做匀加速直线运动到水平地面,设轨道与水平地面夹角为 θ ,有 $x = \frac{1}{2} at^2 =$

$\frac{1}{2} g \sin \theta \cdot t^2$.对 A、C 轨道上小球,位移相等,A 上小球加速度大,所以时间短,即 $t_A < t_C$,故 A 错误,B 正确;同理对

B、C 轨道,设 M 点高度为 H ,则有 $\frac{H}{\sin \theta} = \frac{1}{2} g \sin \theta \cdot t^2$,可

得 $t = \frac{\sqrt{2H}}{\sin \theta}$, H 相等,B 轨道倾角大,所以下滑时间短,即 $t_B < t_C$,故 C、D 错误.

6. A 解析:设圆柱体的质量为 m ,圆柱体与薄板间的动摩擦因数、圆柱体与桌面间的动摩擦因数均为 μ ,则在抽薄板的过程中,圆柱体在薄板摩擦力的作用下做加速运动,离开模板后在桌面摩擦力的作用下做减速运动.根据牛顿第二定律有 $\mu mg = ma$,可得运动时的加速度大小为 $a = \mu g$,由于圆柱体 A 先离开薄板,B、C 同时后离开薄板,则根据 $v = at$,可知 A 离开薄板时的速度小于 B、C 离开薄板时的速度,离开薄板后,有 $v^2 = 2ax$,可知 B、C 在桌面上滑动的距离相等,且大于 A 在桌面上滑动的距离,A 正确.

7. D 解析:设 AB 段和 BC 段动摩擦因数分别为 μ_1 、 μ_2 ,在 AB 段和 BC 段,对冰壶由牛顿第二定律得,加速

度大小分别为 $a_1 = \frac{\mu_1 mg}{m} = \mu_1 g$, $a_2 = \frac{\mu_2 mg}{m} = \mu_2 g$,将全过程看成两段反向的匀加速直线运动,则在 BC 段位移

为 $x_{BC} = \frac{1}{2} a_2 t_{BC}^2$,在 AB 段位移为 $x_{AB} = v_B t_{AB} +$

$\frac{1}{2} a_1 t_{AB}^2$,又因为 $v_B = a_2 t_{BC}$,根据题中信息可知 $\frac{a_1}{a_2} =$

p , $\frac{t_{AB}}{t_{BC}} = q$,联立解得 $\frac{x_{AB}}{x_{BC}} = 2q + pq^2$,故 D 正确.

8. A 解析:根据题意,由牛顿第二定律有 $mg \sin \theta = ma$,解得 $a = g \sin \theta$,设 P、Q 间水平距离为 d ,由几何关系可得,PQ 间的距离为 $PQ = \frac{d}{\cos \theta}$,有 $PQ = \frac{1}{2} at^2$,解得

$t = \sqrt{\frac{2PQ}{a}} = \sqrt{\frac{2d}{g \sin \theta \cos \theta}} = \sqrt{\frac{4d}{g \sin 2\theta}}$.由数学知识可知,当 $\theta = 45^\circ$ 时,时间 t 有最小值,则 θ 由 60° 逐渐减小至

45°,物块的下滑时间 t 将逐渐减小,A 正确.

9. (1) 汽车沿斜面做匀减速运动,有

$$v_2^2 - v_1^2 = -2as,$$

解得 $a = 2 \text{ m/s}^2$.

(2) 对汽车与集装箱整体进行分析,根据牛顿第二定律,有 $f - (m_1 + m_2)g \sin \theta = (m_1 + m_2)a$,

$$\text{解得 } f = 1.76 \times 10^4 \text{ N}.$$

(3) 设刹车过程中地面作用于汽车的阻力为 f_1 ,根据题意有 $f_1 = \frac{30}{100}f$,方向与汽车前进方向相反.

设拖车作用于汽车的力为 F_1 ,以汽车为研究对象,根据牛顿第二定律有

$$f_1 - F_1 - m_1 g \sin \theta = m_1 a,$$

解得 $F_1 = 880 \text{ N}$,方向与汽车前进方向相同.

10. (1) 根据牛顿第二定律

$$F - mg - f = ma_1,$$

解得 $a_1 = 7.5 \text{ m/s}^2$.

(2) 发动机熄火后,火箭在重力和空气阻力作用下,做匀减速直线运动,火箭的最大速率为

$$v_m = a_1 t = 15 \text{ m/s}.$$

(3) 发动机熄火,根据牛顿第二定律有

$$mg + f = ma_2,$$

解得 $a_2 = 12.5 \text{ m/s}^2$,

加速上升的位移为

$$h_1 = \frac{v_m^2}{2a_2} = 15 \text{ m},$$

减速上升的位移为

$$h_2 = \frac{v_m^2}{2a_1} = 9 \text{ m},$$

所以,火箭上升的最大高度为

$$H = h_1 + h_2 = 24 \text{ m}.$$

巅峰挑战

$$11. (1) \text{ 斜面的倾角有 } \sin \theta = \frac{d}{L_1} = \frac{3}{5},$$

在斜面上,根据牛顿第二定律 $mg \sin \theta - f_1 = ma_1$,

$$\text{又 } v^2 = 2a_1 L_1,$$

解得人滑至斜面底端时速度大小为 $v = 2\sqrt{5} \text{ m/s}$.

(2) 在斜面上,人受到的滑动摩擦力为 $f_1 = \mu mg \cos \theta$,

解得动摩擦因数 $\mu = 0.5$.

$$\text{水平面上,人的加速度为 } a_2 = \frac{\mu mg}{m} = 5 \text{ m/s}^2,$$

$$\text{由 } v^2 = 2a_2 L_2,$$

解得气囊水平段长度至少为 $L_2 = 2 \text{ m}$.

$$(3) \text{ 后一乘客在下滑阶段所用的时间为 } t_1 = \frac{v}{a_1} = \sqrt{5} \text{ s},$$

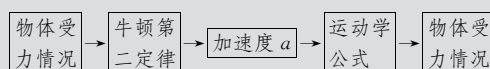
$$\text{后一乘客在水平面上滑行的最大时间为 } t_2 = \frac{v}{a_2} = \frac{2\sqrt{5}}{5} \text{ s},$$

则前一乘客停下来后在气囊上滞留的时间最多为

$$t = t_1 + t_2 - t_2 = \sqrt{5} \text{ s}.$$

规律总结 由受力情况求解运动量

(1) 由物体的受力情况确定其运动的思路



(2) 解题步骤:①确定研究对象,对研究对象进行受力和运动分析,并画出物体的受力示意图;②根据力的合成与分解,求出物体所受的合外力(包括大小和方向);③根据牛顿第二定律列方程,求出物体的加速度;④结合给定物体运动的初始条件,选择运动学公式,求出所需的运动参量.

题组 34 运动学中的图像问题(1)



1	2	3	4	5
D	C	BD	CD	B

1. D 解析: t_1 时刻向上的加速度最大,此时手机将继续向上运动,A 错误; t_2 时刻加速度为零,此时手机向上的速度最大,没有运动到最高点,B 错误; $t_1 \sim t_3$ 时间内,根据牛顿第二定律有 $N - mg = ma$,则手机受到的支持力大小 $N = ma + mg$,结合加速度随时间变化图像可知, $t_1 \sim t_3$ 时间内,手机受到的支持力一直减小,故 C 错误,D 正确.

方法点拨 根据牛顿第二定律,由物体加速度随时间变化的图像得出力随时间的变化关系.解题时要注意加速度的正负.

2. C 解析:由牛顿第二定律可知,物体在水平方向上有 $F - \mu mg = ma$,解得 $a = \frac{1}{m}F - \mu g$,故 $a - F$ 图像中的斜率为 $\frac{1}{m}$,纵截距为 $-\mu g$,由题图可知 $\frac{1}{m_A} = \frac{1}{m_B} > \frac{1}{m_C}$, $\mu_A g < \mu_B g = \mu_C g$,即 $m_A = m_B < m_C$, $\mu_A < \mu_B = \mu_C$,故 C 正确.

方法点拨 对于 $a - F$ 图像,首先要根据具体的物理情境,对物体进行受力分析,然后根据牛顿第二定律推导出两个量间的函数关系式.根据函数关系式,结合图像,明确图线的斜率、截距或面积的意义,从而由图像给出的信息求出未知量.

3. BD 解析:当 $F_1 = 20 \text{ N}$ 时, $a_1 = 2 \text{ m/s}^2$,当 $F_2 = 30 \text{ N}$ 时, $a_2 = 6 \text{ m/s}^2$,根据牛顿第二定律有 $F_1 \cos \theta - mg \sin \theta = ma_1$, $F_2 \cos \theta - mg \sin \theta = ma_2$,联立解得 $m = 2.0 \text{ kg}$, $\theta = 37^\circ$,故 A 错误,B 正确;根据题中信息无法求得瞬时速度大小,故 C 错误;物体静止在斜面上时,根据平衡条件有 $mg \sin \theta = F \cos \theta$,解得 $F = 15 \text{ N}$,故 D 正确.

4. CD 解析:由 $v - t$ 图像可知,从 $t = 0$ 开始到停下,汽

车在干燥路面通过的位移为 $x_1 = \frac{1}{2} \times (1+3) \times 20 \text{ m} = 40 \text{ m}$, 在湿滑路面通过的位移为 $x_2 = \frac{1}{2} \times (1+4) \times 20 \text{ m} = 50 \text{ m}$, 可知从 $t=0$ 到停下, 汽车在湿滑路面的行驶距离比在干燥路面的行驶距离多 10 m , 汽车的平均速度分别为 $\bar{v}_1 = \frac{x_1}{t_1} = \frac{40}{3} \text{ m/s}$, $\bar{v}_2 = \frac{x_2}{t_2} = 12.5 \text{ m/s}$, 可知从 $t=0$ 到停下, 汽车在干燥路面的平均速度不等于在湿滑路面的平均速度, 故 A 错误, C 正确; 汽车在 $t=1 \text{ s}$ 到停下的过程中, 汽车在干燥路面的平均速度等于在湿滑路面的平均速度, 均为 $\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2} = 10 \text{ m/s}$, 故 B 错误; 由 $v-t$ 图像可知, 汽车在湿滑路面滑行的加速度大小为 $a = \left| \frac{\Delta v}{\Delta t} \right| = \frac{20}{3} \text{ m/s}^2$, 根据牛顿第二定律可得 $\mu mg = ma$, 解得轮胎与湿滑路面之间的动摩擦因数为 $\mu = \frac{a}{g} = \frac{2}{3}$, 故 D 正确。

5. B 解析: 由牛顿第二定律 $F=ma$ 可得 $a = \frac{F}{m}$, 根据题图乙可知物块在 $0 \sim t_0$ 时间内加速度沿正向 (以向右为正方向) 均匀减小, 在 $t_0 \sim 2t_0$ 时间内加速度沿负向均匀减小, 则 $0 \sim t_0$ 时间内, v^2-x 图像中 v^2 逐渐增大, 斜率逐渐变小; $t_0 \sim 2t_0$ 时间内, v^2 逐渐减小, 斜率绝对值逐渐减小, C、D 错误。物块在前一半时间内的位移大于在后一半时间内的位移, 故 A 错误, B 正确。

6. (1) 由 $v-t$ 图像可知, 加速度 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, 物体先向右做匀减速直线运动, 加速度大小 $a_1 = 2 \text{ m/s}^2$, 减速为零后, 再向左做匀加速直线运动, 加速度大小 $a_2 = 1 \text{ m/s}^2$, 在 $0 \sim 4 \text{ s}$ 内, 根据牛顿第二定律, 有 $F + \mu mg = ma_1$, 在 $4 \sim 10 \text{ s}$ 内, 根据牛顿第二定律, 有 $F - \mu mg = ma_2$, 代入数据解得 $F = 3 \text{ N}$, $\mu = 0.05$ 。

(2) 由第(1)问解析可知, 物体与水平面间的动摩擦因数 $\mu = 0.05$ 。

(3) $v-t$ 图线与坐标轴所围的面积表示位移, 设 10 s 末物体的位移为 x , 则

$$x = \frac{1}{2} \times 4 \times 8 \text{ m} - \frac{1}{2} \times 6 \times 6 \text{ m} = -2 \text{ m},$$

即 10 s 末物体在 A 点左侧 2 m 处, 10 s 末物体离 A 点的距离为 2 m 。



巅峰挑战

7. CD 解析: 由图乙结合题意可得, 游客下落 x_1 过程做

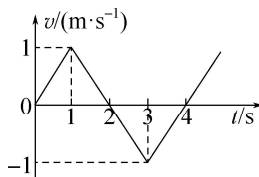
自由落体运动, 在 P 点时位移为 x_1 , 根据自由落体运动的规律有 $x_1 = \frac{1}{2}gt^2$, 解得 $t = \sqrt{\frac{2x_1}{g}}$, 故 A 错误; 由图乙可知, 当位移为 x_2 时, 游客的速度最大, 根据 $v^2 = 2ax$, 可得 $ax = \frac{v^2}{2}$, 故图像的面积 $S = \frac{x_1 + x_2}{2}g$, 有 $S = \frac{x_1 + x_2}{2}g = \frac{v_m^2}{2}$, 联立得 $v_m = \sqrt{(x_1 + x_2)g}$, 故 B 错误; Q 点是最低点, 加速度最大, 由图乙可得 $S = \frac{x_1 + x_2}{2}g = \frac{v_m^2}{2} = \frac{1}{2}a_m(x_3 - x_2)$, 解得 $a_m = \frac{x_1 + x_2}{x_3 - x_2}g$, 故 C 正确; 在位移为 x_2 时, 有 $k(x_2 - x_1) = mg$, 根据牛顿第二定律, 在 Q 点有 $k(x_3 - x_1) - mg = ma_m$, 联立解得 $x_1^2 + x_3^2 = 2x_2x_3$, 故 D 正确。

题组 35 运动学中的图像问题(2)



1	2	3	4	5
A	BD	AC	BD	BC

1. A 解析: A 物体 $x-t$ 图像的纵坐标值表示位置, 则 $0 \sim 4 \text{ s}$ 内物体从 1 m 到 -1 m , 位移为 -2 m ; B 物体 $v-t$ 图像的面积表示位移, 则 $0 \sim 4 \text{ s}$ 内位移为零; C 物体 $a-t$ 图像的面积表示速度的变化量 Δv , 而物块从静止开始运动, 则其 $v-t$ 图像如图所示, 与 B 物体的图像相同, 则 $0 \sim 4 \text{ s}$ 内的总位移为零; D 物体的 $F-t$ 图像根据牛顿第二定律 $F=ma$ 可改为 $a-t$ 图像, 和 C 物体的图像相同, 则 $0 \sim 4 \text{ s}$ 内的总位移为零。综上所述, A 物体位移最大, A 正确。



2. BD 解析: 由 $v = v_0 + at$, 得到 $\frac{v}{t} = v_0 \frac{1}{t} + a$, 结合图像可知, 物块运动的加速度大小 $a = 2 \text{ m/s}^2$, 初速度 $v_0 = \frac{5-2}{1} \text{ m/s} = 3 \text{ m/s}$, 故 A 错误, B 正确; 由牛顿第二定律得 $mg \sin 37^\circ - \mu mg \cos 37^\circ = ma$, 得 $a = g \sin 37^\circ - \mu g \cos 37^\circ$, 解得 $\mu = 0.5$, 故 C 错误, D 正确。

3. AC 解析: 设绳子与水平面间动摩擦因数为 μ , 绳子的质量为 m , 对绳子进行受力分析, 根据牛顿第二定律有 $ma = F_0 - \mu mg$, 解得 $a = \frac{F_0}{m} - \mu g$ 。绳子单位长度质量 $m_0 = \frac{m}{l}$, 对左侧绳子进行受力分析, 根据牛顿第二定律 $F - \mu m_0(l-x)g = m_0(l-x)a$, 解得 $F = -\frac{F_0}{l}x + F_0$, 所以以 $F-x$ 图像斜率绝对值 $|k| = \frac{F_0}{L}$, 即图线的斜率与绳

与水平面间的动摩擦因数无关,A、C正确.图像的横轴截距为 L ,B错误.绳子静止且处于绷紧状态时受静摩擦力,对整条绳子,有 $F_0=f_{\text{静}}$,对左侧部分绳子,有 $F=\frac{l-x}{l}f_{\text{静}}=\frac{l-x}{l}F_0$,所以绳子静止时 $F-x$ 图线仍然是一条倾斜的直线;若绳子没有绷紧时绳中的张力为零,故D错误.

4. BD 解析:根据 $v-t$ 图像的斜率表示加速度,可知滑块脱离弹簧后的加速度大小为 $a'=\frac{\Delta v'}{\Delta t'}=\frac{2}{0.4}\text{ m/s}^2=5\text{ m/s}^2$,由牛顿第二定律可得 $\mu mg=ma'$,解得滑块与地面间的动摩擦因数为 $\mu=0.5$,滑块与弹簧分离后做匀减速直线运动,运动的距离为 $x'=\frac{v}{2}t'=\frac{2}{2}\times 0.4\text{ m}=0.4\text{ m}$,A错误,D正确.滑块速度最大时,弹簧弹力大小等于摩擦力大小,则有 $F_{\text{弹}}=\mu mg=35\text{ N}$,B正确.根据 $v-t$ 图像的斜率表示加速度,可知刚释放时滑块的加速度为 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{3}{0.2}\text{ m/s}^2=15\text{ m/s}^2$,由牛顿第二定律可得 $kx-\mu mg=ma$,联立解得 $k=350\text{ N/m}$,C错误.

5. BC 解析: $a-t$ 图像图线与横轴所围图形的面积表示速度的变化量,由题图乙可看出, $0\sim 2\text{ s}$ (0 时刻除外)内 a 的速度一直大于 b 的速度,所以 $0\sim 2\text{ s}$ 内物块 a 与物块 b 间的距离一直在增大,故A错误; $t=0$ 时,弹簧弹力为零,对 a ,根据牛顿第二定律可得 $F=m_a a_0=6\text{ N}$, $t=2\text{ s}$ 时, a 、 b 整体加速度相同,对整体,根据牛顿第二定律可得 $F=(m_a+m_b)a_1=6\text{ N}$,解得 $m_b=2\text{ kg}$,故B正确; $t=2\text{ s}$ 时,对 b ,根据牛顿第二定律可得,弹簧弹力大小为 $F_x=m_b a_1=2.4\text{ N}$,撤去 F 瞬间,弹簧弹力不会突变,此时 a 的加速度大小为 $a'_1=\frac{F_x}{m_a}=0.8\text{ m/s}^2$,故C正确; $a-t$ 图像图线与横轴所围图形的面积表示速度的变化量,由题图乙可看出, $t=2\text{ s}$ 时 a 的速度大于 b 的速度,若此时不撤去 F ,弹簧在之后的一段时间内会继续伸长, a 的加速度减小, b 的加速度增大,并不能一起做匀加速运动,故D错误.

巅峰挑战

6. (1) 由 $v-t$ 图像可知, $0\sim t_0$ 时间内小朋友在斜面AB下滑的加速度大小为

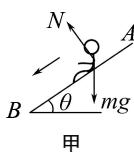
$$a_1=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{\frac{3}{5}gt_0}{t_0}=\frac{3}{5}g,$$

设小朋友质量为 m ,受力如图甲所示.

由牛顿第二定律可得

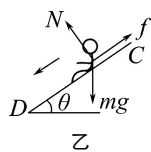
$$mg\sin\theta=ma_1,$$

$$\text{联立解得 } \sin\theta=\frac{3}{5},$$



可得 $\theta=37^\circ$.

(2) $\frac{5}{4}t_0\sim\frac{15}{4}t_0$ 时间内,小朋友在斜面CD下滑,受力如图乙所示.



由牛顿第二定律可得

$$\mu mg\cos\theta-mg\sin\theta=ma_2,$$

$$\text{又 } x_2=a_1 t_0\cdot\frac{5}{2}t_0-\frac{1}{2}a_2\left(\frac{5}{2}t_0\right)^2=\frac{7}{8}gt_0^2,$$

解得 $\mu=1$.

(3) 由 $v-t$ 图像可得斜面AB的长度为

$$x_1=\frac{1}{2}\times\frac{3}{5}gt_0\cdot t_0=\frac{3}{10}gt_0^2.$$

斜面AB允许的最大倾角为 $\alpha=55^\circ$, $\sin 55^\circ=\frac{49}{60}$,

小朋友下滑过C点速度为

$$v_C=\sqrt{2ax_1}=\sqrt{2g\sin\alpha\cdot\frac{3}{10}gt_0^2}=\frac{7}{10}gt_0.$$

设以允许的最大速度 $v=\frac{1}{2}gt_0$ 着陆,此时调节斜面CD

倾角有最大值 β_m ,由(2)同理可得

$$\mu mg\cos\beta_m-mg\sin\beta_m=ma_3,$$

$$x_2=\frac{v_C^2-v^2}{2a_3}=\frac{7}{8}gt_0^2,$$

$$\text{联立可得 } \cos\beta_m-\sin\beta_m=\frac{24}{175}.$$

由数学知识可得 $\cos(\beta_m+45^\circ)=\frac{12\sqrt{2}}{175}$,

则 $\beta_m=84^\circ-45^\circ=39^\circ$,知斜面CD倾角 β 最大可调至 39° .

题组 36 连接体问题 多过程问题



1	2	3	4	5	6	7	8
BC	C	B	C	ACD	C	AC	ABD

1. BC 解析:原来大小和小孩一起匀速下滑,合力均为零,当松开轻杆时,两人所受的合力等大反向,且与原来杆上的力反向.由于大人和小孩用的是不同的雪橇,它们与雪地之间的动摩擦因数不同,所以大人和小孩的运动必定是一个加速运动,一个减速运动,而两者质量不同,则加速度一定不同,B、C正确.

2. C 解析: c 做匀速直线运动,处于平衡状态,则 c 不受摩擦力,A错误;三物块一起做匀速直线运动,对 b 、 c 整体,由平衡条件得 $T=\mu\left(m+\frac{1}{2}m\right)g=\frac{3}{2}\mu mg$,对 a 、 b 、 c 整体,有 $F=\mu\left(m+m+\frac{1}{2}m\right)g=\frac{5}{2}\mu mg$,联立解得 $T=\frac{3}{5}F$,B错误;当水平拉力增大为原来的2倍时,对

a, b, c 系统, 有 $2F - \frac{5}{2}\mu mg = \frac{5}{2}ma$, 对 c , 有 $f = \frac{1}{2}ma$, 联立解得 $f = \frac{1}{2}\mu mg$, 故 C 正确; 剪断轻绳后, b, c 一起做匀减速直线运动, 对 b, c 系统, 由牛顿第二定律得 $\frac{3}{2}\mu mg = \frac{3}{2}ma'$, 对 b , 有 $f' = ma'$, 解得 $f' = \mu mg$, 故 D 错误.

3. B 解析: 根据牛顿第二定律, 有 $2F - k(m_1 + m_2)g = (m_1 + m_2)a$, 解得 $a = \frac{2F - k(m_1 + m_2)g}{m_1 + m_2}$, 若每组提供的动力均为 $2F$, 列车组的加速度并不加倍, A、D 错误; 对于 a , 根据牛顿第二定律 $F - T - km_1g = m_1a$, 解得 $T = F - \frac{2m_1F}{m_1 + m_2} = \frac{(m_2 - m_1)F}{m_1 + m_2}$, 若 $m_1 > m_2$, T 小于零, 则对接处 a 对 b 的作用效果是向后的阻力, B 正确, C 错误.

4. C 解析: 第一次设绳子拉力为 T_1 , 则根据平衡条件可知 $T_1 = m_1g$, 对 m_2 , 根据牛顿第二定律 $T_1 = m_2a_1$, 解得 $a_1 = \frac{1}{2}g$, 由于小车与物块相对静止, 因此小车的加速度等于滑块的加速度. 两个小物块的位置互换, 设绳子拉力为 T_2 , 则根据平衡条件可知 $T_2 = m_2g$, 对 m_1 , 根据牛顿第二定律 $T_2 = m_1a_2$, 解得 $a_2 = 2g$, 根据 $x = \frac{1}{2}at^2$, 可知在相同时间内, 两次小车运动的位移之比为 $x_1 : x_2 = a_1 : a_2 = 1 : 4$, C 正确.

规律总结 连接体问题

(1) 连接体及其特点

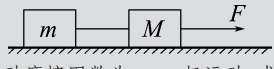
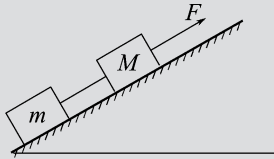
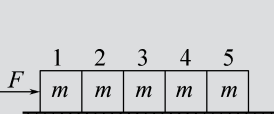
多个相互关联的物体连接(叠放、并排或由绳子、细杆联系)在一起构成的物体系统称为连接体. 连接体一般具有相同的运动情况(速度、加速度).

(2) 处理连接体问题的常用方法

①整体法: 若系统内各物体具有相同的加速度, 一般把连接体看成一个整体, 由牛顿第二定律求出系统的加速度, 然后再根据题目要求将其中的某个物体进行隔离分析并求解它们之间的相互作用力. 将整体作为研究对象时只分析外力, 物体间的内力不能列入牛顿运动定律方程中. ②隔离法: 把系统中的各个部分(或某一部分)从系统中隔离出来, 作为一个单独的研究对象来分析, 从而求解物体之间的相互作用力.

5. ACD 解析: 依题意, 两物块按题图甲放置, 由平衡条件可得 $Mg \sin \alpha = mg$; 两物块按题图乙放置, 对质量为 M 的物块, 由牛顿第二定律, 有 $Mg - T = Ma$, 对质量为 m 的物块, 由牛顿第二定律, 有 $T - mg \sin \alpha = ma$, 解得 $a = (1 - \sin \alpha)g = \frac{M - m}{M}g$, $T = mg$, 故 B 错误.

规律总结 连接体常见模型

模型	规律
 动摩擦因数为 μ, 一起运动, 求绳上拉力 T	整体: $F - \mu(M + m)g = (M + m)a$ 对 m: $T - \mu mg = ma$, $\frac{F}{T} = \frac{M + m}{m}$, $T = F \cdot \frac{m}{M + m}$
 动摩擦因数为 μ, 一起运动, 求绳上拉力 T	整体: $F - (M + m)g \sin \theta - \mu(M + m)g \cos \theta = (M + m)a$ 对 m: $T - mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma$ $\frac{F}{T} = \frac{M + m}{m}$, $T = F \cdot \frac{m}{M + m}$
 动摩擦因数为 μ, 一起运动, 求 F 与各物块间作用力之比	整体: $F - \mu \cdot 5mg = 5ma$ 对 2, 3, 4, 5: $F_{12} - \mu \cdot 4mg = 4ma$ 对 3, 4, 5: $F_{23} - \mu \cdot 3mg = 3ma$ 对 4, 5: $F_{34} - \mu \cdot 2mg = 2ma$ 对 5: $F_{45} - \mu mg = ma$ $F : F_{12} : F_{23} : F_{34} : F_{45} = 5 : 4 : 3 : 2 : 1$

6. C 解析: 刚开始弹簧的压缩量为 $\Delta x = \frac{F_{\text{弹}}}{k} = \frac{(m_P + m_Q)g \sin 37^\circ}{k} = 0.3 \text{ m}$, $t = 0.2 \text{ s}$ 时, 拉力 F 不再变化, 说明此时 P, Q 刚好分离, 它们之间的弹力正好为 0, 而此时 P 和 Q 具有相同的沿斜面向上的加速度 a . 设此时弹簧的压缩量为 $\Delta x'$, 对 P 由牛顿第二定律 $k\Delta x' - m_P g \sin 37^\circ = m_P a$, 根据运动学规律, 有 $\Delta x - \Delta x' = \frac{1}{2}at^2$, 联立解得 $\Delta x' = 0.14 \text{ m}$, $a = 8 \text{ m/s}^2$, D 错误. 设 $t = 0$ 时 P, Q 间的作用力为 F_1 , 对 P 由牛顿第二定律得 $F_{\text{弹}} - m_P g \sin 37^\circ - F_1 = m_P a$, $F_{\text{弹}} = (m_P + m_Q)g \sin 37^\circ$, 解得 $F_1 = 16 \text{ N}$, A 错误. $t = 0.2 \text{ s}$ 时, 弹簧中的弹力 $F'_{\text{弹}} = k\Delta x' = 14 \text{ N}$, B 错误. $t = 0.2 \text{ s}$ 时, 对 Q 由牛顿第二定律得 $F - m_Q g \sin 37^\circ = m_Q a$, 解得 $F = 56 \text{ N}$, 故 C 正确.

7. AC 解析: 铁块恰好能静止在凹形槽后壁上, 竖直方向受力平衡, 由平衡条件有 $mg = \mu_2 F_N$, 对铁块, 在水平方向上, 根据牛顿第二定律有 $F_N = ma$, 以铁块和凹形槽组成的整体为研究对象, 根据牛顿第二定律有 $F - \mu_1(M + m)g = (M + m)a$, 联立解得 $F = 81 \text{ N}$, 因为 $\mu_1 > \mu_2$, 所以撤去拉力后铁块与凹形槽发生相对滑动, 当凹形槽停止后, 铁块继续减速至零, 对铁块受力分析, 根据牛顿第二定律有 $\mu_2 mg = ma_1$, 对凹形槽受力分析, 根据牛顿第二定律有 $\mu_1(M + m)g - \mu_2 mg = Ma_2$, 铁块运动的位移为 $x_1 = \frac{v_0^2}{2a_1}$, 凹形槽运动的位移为 $x_2 = \frac{v_0^2}{2a_2}$, 凹形槽的长度为 $L = x_1 - x_2$, 联立解得 $L = 0.6 \text{ m}$, A、C 正确.

8. ABD 解析: 由图可知小球自由落体的位移为 x_0 , 所

以小球匀加速运动的时间为 $t = \sqrt{\frac{2x_0}{g}}$, 故 A 正确; 由公式 $2ax = v^2$, 可知 $a-x$ 图像的图线围成的面积表示 $\frac{v^2}{2}$, 当位移为 x_1 时速度达到最大值, 有 $v_m = \sqrt{2 \times \frac{x_0 + x_1}{2} g} = \sqrt{g(x_0 + x_1)}$, 故 B 正确; 小球在 x_1 位置, 加速度为 0, 有 $k(x_1 - x_0) = mg$, 得 $k = \frac{mg}{x_1 - x_0}$, 小球在 x_2 位置, 速度为 0, 此时弹力最大, 有 $F_m = k(x_2 - x_0)$, 联立得 $F_m = \frac{mg(x_2 - x_0)}{x_1 - x_0}$, 最低点有 $F_{\text{合}} = F_m - mg = \frac{mg(x_2 - x_1)}{x_1 - x_0}$, 由图有 $x_2 - x_1 > x_1 - x_0$, 可得 $F_{\text{合}} > mg$, 所以 a_0 大于 g , 故 C 错误, D 正确。

9. (1) $t=0$ 时, 以丙、丁及所乘坐的雪橇为研究对象, 由牛顿第二定律得

$$F_{\text{甲}} + F_{\text{乙}} - \mu(m_{\text{丙}} + m_{\text{丁}})g = (m_{\text{丙}} + m_{\text{丁}})a_0,$$

解得 $a_0 = 1 \text{ m/s}^2$ 。

(2) 当丙、丁及所乘坐的雪橇分离时, 两者具有相同的速度、加速度, 且两者间无弹力。

$$\text{对丙, 有 } F_{\text{甲}} - \mu m_{\text{丙}} g = m_{\text{丙}} a,$$

$$\text{对丁, 有 } F_{\text{乙}} - \mu m_{\text{丁}} g = m_{\text{丁}} a,$$

解得 $t_1 = 4 \text{ s}$ 。

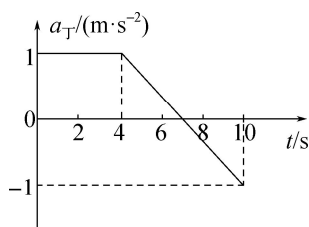
(3) $0 \sim 4 \text{ s}$ 内, 对丙、丁所乘坐的雪橇, 由整体法可得

$$a_{\text{T}} = a_0 = 1 \text{ m/s}^2.$$

$4 \sim 10 \text{ s}$ 内, 对丁, 有 $F_{\text{乙}} - \mu m_{\text{T}} g = m_{\text{T}} a_{\text{T}}$,

$$\text{解得 } a_{\text{T}} = \frac{7-t}{3}.$$

作出 $0 \sim 10 \text{ s}$ 内丁的 $a-t$ 图像如图所示。



$a-t$ 图像的面积表示速度的变化量, 丁的初速度为零, 故 $t=10 \text{ s}$ 时丁的速度为 $v_{\text{T}} = 4 \text{ m/s}$ 。

巅峰挑战

10. (1) $t=0$ 时刻, 小环相对于木棒向上运动, 小环所受滑动摩擦力向下, 根据牛顿第二定律有

$$f + 2mg = 2ma_1,$$

解得 $a_1 = 15 \text{ m/s}^2$, 方向竖直向下。

对木棒与重物, 根据牛顿第二定律分别有

$$mg - T = ma_2, f + T - mg = ma_2,$$

解得 $a_2 = 5 \text{ m/s}^2$, 方向竖直向上。

(2) 根据上述可知, 小环开始向上做匀减速直线运动, 木

棒与重物做匀加速直线运动, 经历时间 t_0 达到相等速度, 则有 $v_{\text{共}} = v_0 - a_1 t_0 = a_2 t_0$,

$$\text{解得 } t_0 = \frac{\sqrt{2}}{5} \text{ s}, v_{\text{共}} = \sqrt{2} \text{ m/s}.$$

$$\text{此过程木棒的位移 } x_1 = \frac{v_{\text{共}}}{2} t_0 = 0.2 \text{ m},$$

$$\text{此过程小环的位移 } x_2 = \frac{v_0 + v_{\text{共}}}{2} t_0 = 1 \text{ m},$$

此过程小环相对于木棒向上运动, 相对位移大小为

$$x_0 = x_2 - x_1 = 0.8 \text{ m}.$$

之后小环、木棒与重物以大小相等的加速度运动, 根据牛顿第二定律有

$$mg + 2mg - mg = (m + m + 2m)a_3,$$

$$\text{解得 } a_3 = 5 \text{ m/s}^2.$$

取向上为正方向, 根据速度与位移的关系式有

$$v_1^2 - v_{\text{共}}^2 = -2a_3(-x_1),$$

$$\text{解得 } v_1 = 2 \text{ m/s}.$$

(3) 小环、木棒与重物以大小相等的加速度做匀变速运动到与地面第一次碰撞时, 环与木棒下端间距为 $L = x_0 + h = 2.725 \text{ m}$ 。

碰撞时, 连接重物 C 的细绳断裂, 碰撞后, 小环向下做匀加速直线运动, 根据牛顿第二定律有 $2mg - f = 2ma_4$,

$$\text{解得 } a_4 = 5 \text{ m/s}^2.$$

木棒反弹后向上做匀减速直线运动, 对木棒, 根据牛顿第二定律有 $mg + f = ma_5$,

$$\text{解得 } a_5 = 20 \text{ m/s}^2.$$

小环向下做匀加速直线运动, 木棒向上做匀变速运动, 因在木棒与地面再次碰撞之前, 小环速度始终大于木棒速度, 即小环在之后的碰撞过程中始终向下做匀加速直线运动, 木棒一直重复第一次碰撞之后的运动。每一次木棒

$$\text{上升到最高点的时间为 } t_1 = \frac{v_1}{a_5} = 0.1 \text{ s},$$

$$\text{木棒上升的最大高度为 } h_0 = \frac{1}{2} a_5 t_1^2 = 0.1 \text{ m}.$$

因此, 环在到达离地面高度为 h_0 之前都不会与木棒分离, 对小环有 $v_1 t_2 + \frac{1}{2} a_4 t_2^2 = L - h_0$,

$$\text{解得 } t_2 = 0.7 \text{ s},$$

$$\text{则木棒与地面碰撞的次数为 } n = \frac{0.7 - 0.1}{0.1 \times 2} + 1 = 4,$$

即第四次碰撞后, 木棒上升到最高点时恰好与小环分离。

此时, 小环离地面的高度 $d = h_0 = 0.1 \text{ m}$ 。

题组 37 动力学中的临界、极值问题

答案速查

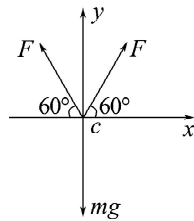
1	2	3	4	5	6
AC	C	A	D	D	D

1. AC 解析: 小车静止时有 $F_{BC} \cos \alpha = mg$, $F_{AB} = F_{BC} \sin \alpha$. 若小车突然向右加速运动或突然向左加速运动时, 竖直方向的受力不变, 则有 $F_{BC} = \frac{mg}{\cos \alpha}$, BC 绳对球的拉力不变, A 正确, B 错误. 若小车突然向左加速运动时, 则有 $F_{BC} \sin \alpha - F_{AB} = ma$, 当 $F_{AB} = 0$ 时, 加速度最大, 为 $a = g \tan \alpha$, C 正确, D 错误.

2. C 解析: AB 段为直线, $a = 0$ 时, 有 $F_{T1} = mg \sin \theta$, B 点表示此时小球恰好离开斜面, 有 $F_{T2} \sin \theta = mg$, 联立解得 $m = 0.1 \text{ kg}$, $\theta = 37^\circ$, 则 $\tan \theta = \frac{3}{4}$, A、B 错误, C 正确; 小球离开斜面之前, 对小球受力分析可得 $F_T \cos \theta - F_N \sin \theta = ma$, $F_T \sin \theta + F_N \cos \theta = mg$, 解得 $F_N = mg \cos \theta - ma \sin \theta$, 代入数据有 $F_N = 0.8 - 0.06a \text{ (N)}$, D 错误.

3. A 解析: 当小球与挡板分离时满足 $mg \sin 37^\circ - kx = ma$, 解得 $x = 0.04 \text{ m}$, 即小球向下运动 0.04 m 时与挡板分离, 根据 $x = \frac{1}{2}at^2$, 解得 $t = 0.2 \text{ s}$, A 正确; 当弹簧弹力与重力沿斜面的分力平衡, 即 $mg \sin 37^\circ = kx$ 时, 小球速度最大, 解得 $x = 0.06 \text{ m}$, B、C 错误; 若一开始小球就与挡板分离, 小球的加速度 $a' = g \sin 37^\circ = 6 \text{ m/s}^2$, 挡板的加速度为 $a = 5 \text{ m/s}^2 < a'$, 则一开始小球没有与挡板分离, D 错误.

4. D 解析: 当货车做匀速直线运动时, 油桶 a 受力平衡, 所受的合力为零, A 错误; 当货车做匀速直线运动时, 油桶 c 受力平衡, 如图所示, 根据对称性可知 a 、 b 对 c 的支持力大小相等, 有 $2F \cos 30^\circ = mg$, 解得 $F = \frac{\sqrt{3}}{3}mg$, 根据牛顿第三定律可知油桶 c 对 a 的压力大小为 $\frac{\sqrt{3}}{3}mg$, B、C 错误; 假设当货车向右的加速度增大至 a_0 时, b 、 c 间的作用力为零, 即油桶 c 将脱离 b , 根据牛顿第二定律, 有 $\tan 60^\circ = \frac{mg}{ma_0}$, 解得 $a_0 = \frac{\sqrt{3}}{3}g$, 故当货车向右的加速度增大到 $\frac{\sqrt{3}}{3}g$ 时, 油桶 c 会脱离 b , D 正确.



方法点拨 临界状态与临界值

在物体的运动状态发生变化的过程中, 往往达到某一个特定状态时, 有关的物理量将发生突变, 此状态即为临界状态, 相应的物理量的值为临界值. 临界状态一般比较隐蔽, 它在一定条件下才会出现. 若题目中出现“最大”“最小”“刚好”等词语, 常为临界问题. 解决临界问题一般用极端分析法, 即把问题推向极端, 分析在极端情况下可能出现的状态和满足的条件, 应用物理规律列出在极端情况下的方程, 从而找出临界条件.

5. D 解析: 根据动滑轮的原理, 物体 Q 移动的速度始终是物体 P 的两倍, 两物体同时开始运动, 由公式 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 可知, P 、 Q 运动的加速度大小之比为 $1:2$, A 错误. 根据牛顿第二定律, 对物体 Q , 有 $T - mg = m \cdot 2a$, 对物体 P , 有 $F - 2T - \mu mg = ma$, 联立解得轻绳的拉力大小为 $T = 12 \text{ N}$, P 的加速度大小为 $a = 1 \text{ m/s}^2$, B、C 错误. 若保持 Q 的加速度不变, 则 P 的加速度也不变, 故 $T = 12 \text{ N}$, $a = 1 \text{ m/s}^2$. 设拉力 F 与水平方向的夹角 θ , 则对物体 P , 有 $F \cos \theta - 2T - \mu(mg - F \sin \theta) = ma$, 化简可得 $F = \frac{12\sqrt{5}}{\sin(\theta + \varphi)}$, 其中 $\sin \varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \mu^2}}$, 当 $\sin(\theta + \varphi) = 1$, 力 F 有最小值, 且最小值为 $F_{\min} = 12\sqrt{5} \text{ N}$, 故 D 正确.

规律总结 解答极值问题的一般方法

- (1) 解析法: 通过对问题的分析, 依据物体的平衡条件写出物理量之间的函数关系, 然后用数学方法求极值 (如求二次函数极值、公式极值、三角函数极值).
- (2) 图解法: 根据物体的平衡条件, 作出力的矢量图, 通过对物理过程的分析, 利用平行四边形定则进行动态分析, 确定最大值与最小值.

6. D 解析: 设 P 、 Q 的质量分别为 m_1 、 m_2 , 斜面的倾角为 θ , 静止时弹簧的压缩量为 x_0 , 由平衡条件有 $(m_1 + m_2)g \sin \theta = kx_0$, 可得 $x_0 = \frac{(m_1 + m_2)g \sin \theta}{k}$. P 、 Q 分离前, 一起做匀加速直线运动, 设位移为 x , 由牛顿第二定律有 $F + k(x_0 - x) - (m_1 + m_2)g \sin \theta = (m_1 + m_2)a$, 可得 $F = kx + (m_1 + m_2)a$, 故 P 、 Q 分离前, 力 F 是随位移 x 增大而均匀增大的变力, A 错误. P 、 Q 分离瞬间, 加速度相等, 此时对 Q 有 $F - m_2g \sin \theta = m_2a$, 对 P 有 $k(x_0 - x) - m_1g \sin \theta = m_1a$, 显然此时弹簧仍然处于压缩状态, 不可能恢复原长, B 错误. P 、 Q 分离前, 设它们之间的作用力为 N , 对 P , 根据牛顿第二定律有 $k(x_0 - x) - N - m_1g \sin \theta = m_1a$, 由于 x 逐渐增大, 可知 N 不可能保持不变, C 错误. 由 B 选项分析可知, 当 P 、 Q 分离时, 弹簧处于压缩状态, 则分离后对 Q 有 $F - m_2g \sin \theta = m_2a$, 显然 F 为一定值, 故弹簧恢复原长前力 F 已经变为恒力, D 正确.

7. (1) 若 $F = 25 \text{ N}$, 以整体为研究对象, 水平方向根据牛顿第二定律可得

$$F \cos \alpha = (m + M)a,$$

解得加速度大小 $a = 2 \text{ m/s}^2$,

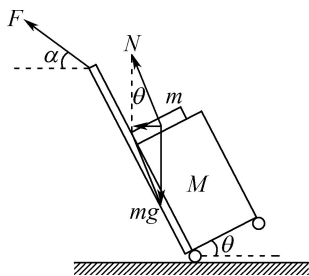
竖直方向根据受力平衡可得

$$F \sin \alpha + F_N = (m + M)g,$$

解得 $F_N = 85 \text{ N}$.

(2) 箱包恰好不从拉杆箱上滑出时, 箱包与拉杆之间的弹力刚好为零, 以箱包为研究对象, 受到重力和支持力作

用,此时的加速度为 a_0 ,如图所示.



根据牛顿第二定律可得

$$mg \tan \theta = ma_0,$$

以整体为研究对象,水平方向根据牛顿第二定律可得

$$F_m \cos \alpha = (m+M)a_0,$$

联立解得拉力的最大值为

$$F_m = \frac{125\sqrt{3}}{3} \text{ N},$$

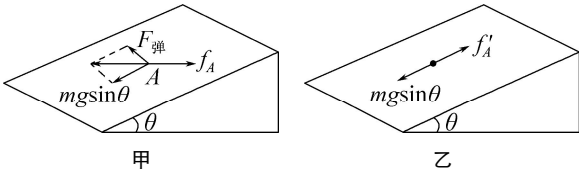
要使箱包不从拉杆箱上滑出,拉力大小应满足

$$F \leq \frac{125\sqrt{3}}{3} \text{ N}.$$



巅峰挑战

8. D 解析:对 A、B 两物块和轻质弹簧、斜面组成的整体为研究对象进行受力分析,整体只在竖直方向上受重力及地面的支持力,没有沿水平方向的相对运动趋势,故斜面与地面间没有摩擦力作用,A 错误;以 A、B 组成的系统为研究对象,摩擦力合力等于重力沿斜面的分力,即 $f = 2mg \sin \theta$,B 错误;以 A 为研究对象进行受力分析,如图甲所示, $F_{\text{弹}}$ 和 $mg \sin \theta$ 的合力与 f_A 大小相等、方向相反,当撤去弹簧,对 A 受力分析如图乙所示,则 $f'_A = mg \sin \theta$,因 $f'_A < f_A$,所以物块不可能发生滑动,C 错误;当摩擦力最大时弹簧有最大压缩量,由于 $f_{A\text{m}} = \mu mg \cos \theta$,则 $kx_{\text{max}} = \sqrt{f_{A\text{m}}^2 - (mg \sin \theta)^2}$,解得 $x_{\text{max}} = \frac{mg \sqrt{\mu^2 \cos^2 \theta - \sin^2 \theta}}{k}$,D 正确.



题组 38 传送带模型



1	2	3	4	5	6	7	8
C	BD	C	A	C	C	C	AD

1. C 解析:若 $v_0 < v$,则物块相对传送带向左运动,物块所受的摩擦力方向向右,此时 f 为动力,故 A 错误;若 $v_0 > v$,则物块相对传送带向右运动,物块所受的摩擦力方向向左,故 B 错误;若 $v_0 = v$,则物块所受的摩擦力为

0,物块 m 在传送带上相对地面做匀速运动,故 C 正确,D 错误.

规律总结 水平传送带特点

项目	图示	滑块可能的运动情况
情境 1		(1) 可能一直加速 (2) 可能先加速后匀速
情境 2		(1) $v_0 > v$ 时,可能一直减速,也可能先减速再匀速 (2) $v_0 < v$ 时,可能一直加速,也可能先加速再匀速
情境 3		(1) 传送带较短时,滑块一直减速到达左端 (2) 传送带较长时,滑块还要被传送带传回右端.其中 $v_0 > v$ 返回时速度为 v ,当 $v_0 < v$ 返回时速度为 v_0

2. BD 解析:传送带启动前后,物体受力不变,则仍处于平衡状态,故 M 做匀速运动,到传送带底端的时间不变,A、C 错误,B 正确;传带转动后,M 留下的痕迹等于传送带位移与物体位移之和,而传送带转动前,痕迹等于物体位移,即传送带长度,故 D 正确.

3. C 解析:行李箱加速时的加速度大小为 $a = \frac{\mu mg}{m} = 1 \text{ m/s}^2$,行李箱加速到与传送带共速所用时间为 $t_1 = \frac{v}{a} = 1 \text{ s}$,行李箱加速阶段通过的位移大小为 $x_1 = \frac{v}{2} t_1 = 0.5 \text{ m} < 2 \text{ m}$,行李箱与传送带共速后做匀速运动,则有 $t_2 = \frac{x_2}{v} = \frac{L_{AB} - x_1}{v} = 1.5 \text{ s}$,则行李箱从 A 处运动到 B 处所需的时间为 $t = t_1 + t_2 = 2.5 \text{ s}$,故 C 正确.

4. A 解析:由图可知,木块先做加速度较大的加速运动,后来做加速度较小的加速运动,拐点位置应该是木块的速度等于传送带的速度,拐点之前摩擦力沿斜面向下,运动满足 $mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta = ma_1$,拐点之后摩擦力沿斜面向上,木块继续加速,有 $mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma_2 > 0$,即 $\mu < \tan \theta$,故 A 正确.

规律总结 求解传送带问题的关键

- (1) 对于传送带问题,分析物体受到的是滑动摩擦力还是静摩擦力以及摩擦力的方向,是解决问题的关键.
- (2) 分析摩擦力时,先要明确“相对运动”,而不是“绝对运动”.两者达到“共速”的瞬间,是摩擦力发生“突变”的“临界状态”.如果遇到水平匀变速的传送带,或者倾斜传送带,还要根据牛顿第二定律判断“共速”后的下一时刻物体受到的是滑动摩擦力还是静摩擦力.

5. C 解析:若木块以一定的初速度从传送带的底端开始向上的运动,合力朝下,木块一定先做减速运动,A 错误;木块的初速度一定沿斜面向下,又因为图像的斜率先

大后小,所以木块的加速度也先大后小,故木块所受的摩擦力先向下后向上,即木块的初速度小于 v_0 ,B 错误;木块的初速度小于 v_0 ,摩擦力沿斜面向下,有 $mg\sin\alpha + f = ma_1$,当木块的速度等于 v_0 时,若木块与传送带间的动摩擦因数 $\mu \geq \tan\alpha$,则 $\mu mg\cos\alpha \geq mg\sin\alpha$,木块将随着传送带一起以 v_0 的速度匀速运动,不能继续加速,所以木块与传送带间的动摩擦因数 $\mu < \tan\alpha$,C 正确;当木块的速度等于 v_0 时,且 $\mu < \tan\alpha$,木块无法与传送带相对静止,继续向下加速运动,摩擦力的方向沿斜面向上,有 $mg\sin\alpha - f = ma_2$,故 $a_2 < a_1$,则木块运动过程中的速度一定有等于 v_0 的时刻,D 错误。

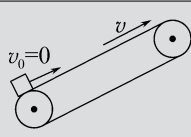
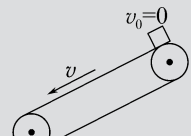
6. C 解析:由题图可知,物块的速度为 2 m/s 时,加速度发生变化,摩擦力方向发生变化,故传送带的速度大小为 2 m/s,故 A 错误;物块在传送带底部,加速度大小为 $a_1 = \frac{\Delta v_1}{\Delta t_1} = \frac{4.0 - 2.0}{0.2} \text{ m/s}^2 = 10 \text{ m/s}^2$,根据牛顿第二定律有 $mg\sin 37^\circ + \mu mg\cos 37^\circ = ma_1$,解得物块与传送带间的动摩擦因数为 $\mu = 0.5$,B 错误;物块与传送带共速后,根据牛顿第二定律有 $mg\sin 37^\circ - \mu mg\cos 37^\circ = ma_2$,解得 $a_2 = 2 \text{ m/s}^2$,则物块向上运动的最大位移为 $x_m = \frac{v_0^2 - v^2}{2a_1} + \frac{v^2}{2a_2} = 1.6 \text{ m}$,物块上升的竖直最大高度为 $h_m = x_m \sin 37^\circ = 0.96 \text{ m}$,故 C 正确;物块下滑过程中,根据牛顿第二定律有 $mg\sin 37^\circ - \mu mg\cos 37^\circ = ma_3$,解得 $a_3 = 2 \text{ m/s}^2$,根据 $v_1^2 = 2a_3x_m$,得物块离开传送带时的速度大小为 $v_1 = \frac{4\sqrt{10}}{5} \text{ m/s}$,故 D 错误。

7. C 解析:由题意可知,B 相对于传送带一直向下运动,受到的滑动摩擦力一直沿传送带向上,根据牛顿第二定律可得 B 的加速度大小为 $a_B = \frac{m_B g \sin 37^\circ - \mu m_B g \cos 37^\circ}{m_B} = 2 \text{ m/s}^2$,根据 $L = v_0 t_B + \frac{1}{2} a_B t_B^2$,可得 B 下滑到传动带底端所用时间为 $t_B = 1 \text{ s}$,下滑过程中 B 相对传送带的路程为 $s_B = x_B + x_{\text{传}} = L + v_{\text{传}} t_B = 4 \text{ m}$. A 一开始相对于传送带向上运动,受到沿传送带向下的滑动摩擦力,根据牛顿第二定律可得 A 的加速度大小为 $a_A = \frac{m_A g \sin 37^\circ + \mu m_A g \cos 37^\circ}{m_A} = 10 \text{ m/s}^2$,设经过 t_1 时间,A 与传送带达到共速,则有 $t_1 = \frac{v_{\text{传}} - v_0}{a_A} = 0.1 \text{ s}$,此过程 A 通过的位移大小为 $x_1 = \frac{v_0 + v_{\text{传}}}{2} t_1 = 0.15 \text{ m}$,此过程 A 相对传送带的路程为 $s_{A1} = x_{\text{传}1} - x_1 = 0.05 \text{ m}$. 共速后,A 受到的滑动摩擦力变为沿传送带向上,加速度大小 $a'_A = \frac{m_A g \sin 37^\circ - \mu m_A g \cos 37^\circ}{m_A} = 2 \text{ m/s}^2$,设共速后,A 继续运动传送带底端所用时间为 t_2 ,则有 $L - x_1 = v_{\text{传}} t_2 +$

$\frac{1}{2} a'_A t_2^2$,解得 $t_2 = \frac{-2 + \sqrt{11.4}}{2} \text{ s} \approx 0.7 \text{ s}$,共速后,A 相对传送带的路程为 $s_{A2} = L - x_1 - x_{\text{传}2} = 2 \text{ m} - 0.15 \text{ m} - 2 \times 0.7 \text{ m} = 0.45 \text{ m}$,则 A 下滑到传动带底端所用时间为 $t_A = t_1 + t_2 = 0.8 \text{ s} < t_B$,整个过程 A 相对传送带的路程为 $s_A = s_{A1} + s_{A2} = 0.5 \text{ m} < s_B$,C 正确。

8. AD 解析:煤块放上传送带后瞬间,煤块相对传送带向上滑动,则所受摩擦力沿传送带向下,根据牛顿第二定律得 $\mu mg\cos\theta + mg\sin\theta = ma_1$,运动到与传送带共速后,根据牛顿第二定律得 $mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta = ma_2$,其中 $a_1 = 10 \text{ m/s}^2$, $a_2 = 2 \text{ m/s}^2$,联立解得 $\mu = 0.5$, $\theta = 37^\circ$,故 A 正确,B 错误. 由 $v_1^2 = 2a_1x_1$,可得 $v_1 = \sqrt{2a_1x_1} = \sqrt{2 \times 10 \times 5} \text{ m/s} = 10 \text{ m/s}$,第二段匀加速过程,有 $v_2^2 - v_1^2 = 2a_2(x_2 - x_1)$,解得 $v_2 = 12 \text{ m/s}$,可知煤块到 B 点时的速度为 12 m/s,故 D 正确. 由题意可知,传送带的速度为 $v = v_1 = 10 \text{ m/s}$,第一阶段加速时间为 $t_1 = \frac{v_1}{a_1} = 1 \text{ s}$,在 $t_1 = 1 \text{ s}$ 内传送带位移为 $x_{\text{传}1} = vt_1 = 10 \text{ m}$,煤块位移为 $x_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = 5 \text{ m}$,煤块相对于传送带向上的位移为 $\Delta x_1 = x_{\text{传}1} - x_1 = 10 \text{ m} - 5 \text{ m} = 5 \text{ m}$;第二阶段,根据 $v_2 = v_1 + a_2 t_2$,得第二段过程时间为 $t_2 = 1 \text{ s}$,在 $t_2 = 1 \text{ s}$ 内传送带位移为 $x_{\text{传}2} = vt_2 = 10 \text{ m}$,煤块位移为 $x_2 = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a_2} = 11 \text{ m}$,煤块相对于传送带向下的位移为 $\Delta x_2 = x_2 - x_{\text{传}2} = 1 \text{ m}$,因为 $\Delta x_1 > \Delta x_2$,所以划痕长度为 5 m,C 错误。

规律总结 倾斜传送带特点

项目	图示	滑块可能的运动情况
情景 1		(1) 可能一直加速 (2) 可能先加速后匀速
情景 2		(1) 可能一直加速 (2) 可能先加速后匀速 (3) 可能先以 a_1 加速后以 a_2 加速



巅峰挑战

9. (1) 依题意,对物块受力分析,由牛顿第二定律可得 $mg\sin\theta = ma_1$,物块在传送带上做匀加速直线运动,有 $2a_1L = v^2 - v_1^2$,解得 $v = 10 \text{ m/s}$.
(2) 对物块受力分析,可得 $mg\sin\theta = \mu mg\cos\theta$,即物块下滑过程,合力为零,做匀速直线运动,则 $t = \frac{L}{v_1} = 2 \text{ s}$.

(3) 对物块受力分析,由牛顿第二定律可得

$$\mu mg \cos \theta - mg \sin \theta = ma_2,$$

$$\text{解得 } a_2 = 2.5 \text{ m/s}^2,$$

即物块先做匀减速运动,设经 t_1 速度减为零,则有

$$0 = v_1 - a_2 t_1,$$

$$\text{解得 } t_1 = 2 \text{ s}.$$

$$\text{此时物块下滑的距离为 } x = \frac{v_1}{2} t_1 = 5 \text{ m} < L.$$

此后,物块将沿传送带向上做匀加速直线运动.

$$\text{设经 } t_2 \text{ 与传送带共速,则有 } t_2 = \frac{v_2}{a_2} = 1.6 \text{ s},$$

$$\text{此时物块上滑位移为 } x_{\text{上滑}} = \frac{v_2^2}{2a_2} = 3.2 \text{ m}.$$

因为 $\mu mg \cos \theta > mg \sin \theta$,物块将随传送带一起运动,则有

$$t_3 = \frac{x - x_{\text{上滑}}}{v_2} = 0.45 \text{ s},$$

故物块从上端离开传送带,离开传送带时速度大小与传送带相同为 $v_2 = 4 \text{ m/s}$.

$$\text{物块在传送带上运动的时间为 } t_{\text{总}} = t_1 + t_2 + t_3 = 4.05 \text{ s}.$$

题组 39 板块模型问题



1	2	3	4	5	6	7	8	9
B	D	B	BC	B	C	ABC	C	ACD

1. B 解析:木板与地面的最大静摩擦力 $f = \mu_2 \cdot 2mg = 0.1 \times 2 \times 10 \text{ N} = 2 \text{ N} < F = 5 \text{ N}$,假设当受到水平向右的拉力 F 的作用下向右共同加速滑行,有 $F - f = 2ma$,解得 $a = 1.5 \text{ m/s}^2$,对木块有 $F - f' = ma$,解得木块与木板间的静摩擦力 $f' = 3.5 \text{ N}$,木块与木板间的最大静摩擦力 $f_{\text{max}} = \mu_1 mg = 0.4 \times 1 \times 10 \text{ N} = 4 \text{ N}$,所以 $f' < f_{\text{max}}$,假设正确,故木块和木板间摩擦力大小为 3.5 N ,故 B 正确.

2. D 解析:由图乙可知,在 $0 \sim 8 \text{ N}$ 的范围内,木板和滑块的加速度相同,当 $F > 8 \text{ N}$ 后,木板和滑块相对滑动,根据牛顿第二定律结合图像的斜率可知, $a - F$ 图像的斜率等于质量的倒数,则在 $0 \sim 8 \text{ N}$ 范围内 $m_A + m_B = \frac{\Delta F}{\Delta a} = \frac{8}{2} \text{ kg} = 4 \text{ kg}$,在 $F > 8 \text{ N}$ 后,对 B 有 $F - \mu m_A g = m_B a$,即 $a = \frac{1}{m_B} F - \frac{\mu m_A g}{m_B}$,图像的斜率 $k = \frac{1}{m_B} = \frac{2}{8-6} = 1$,解得 $m_B = 1 \text{ kg}$, $m_A = 3 \text{ kg}$,故 A、B 不符合题意;根据图像可知, $a = 2 \text{ m/s}^2$ 是系统的临界加速度,说明此时 A 受到的摩擦力为临界值,根据牛顿第二定律有 $a = \frac{\mu m_A g}{m_A} = \mu g = 2 \text{ m/s}^2$,解得 $\mu = 0.2$,故 C 不符合题意;根据图像的特点可知,当 $F = 8 \text{ N}$ 时,A 的加速度已经达到

最大值,即 $a_m = 2 \text{ m/s}^2$,但不知道加速度和时间的关系,无法求解此时物体 A 的速度,故 D 符合题意.

3. B 解析:薄板未离开时,对 A、B 为整体,根据牛顿第二定律 $\mu(m_A + m_B)g = (m_A + m_B)a_1$, $a_1 = \mu g$,故 A、B 一起以加速度 a_1 做匀加速运动.薄板离开后,对 A,根据牛顿第二定律,有 $\mu m_A g = m_A a_2$,对 B,根据牛顿第二定律,有 $2\mu(m_A + m_B)g - \mu m_A g = m_B a_{B2}$,解得 $a_1 = \mu g$, $a_2 = 2.5\mu g$,A、B 间发生相对运动.当 A 从 B 上滑离后,对 A、B,根据牛顿第二定律 $2\mu m_A g = m_A a_{A3}$, $2\mu m_B g = m_B a_{B3}$,解得 $a_{A3} = a_{B3} = 2\mu g$,故 A、C 不符合题意,B 符合题意,对 C,薄板未离开时,根据牛顿第二定律,有 $\mu m_C g = m_C a_{C1}$,解得 $a_{C1} = \mu g$,则木块 C 以 a_{C1} 的加速度做匀加速运动,薄板离开后,根据牛顿第二定律,有 $2\mu m_C g = m_C a_{C2}$,则木块 C 以 $2\mu g$ 的加速度匀减速运动,故 D 不符合题意.

4. BC 解析:根据 $v - t$ 图像中斜率表示物体运动的加速度,可知 P、Q 在 1 s 内共速前的加速度分别为 $a_Q = \frac{2-6}{1-0} \text{ m/s}^2 = -4 \text{ m/s}^2$, $a_P = \frac{2-0}{1-0} \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$,分别对 P、Q 受力分析,设 P、Q 之间的滑动摩擦力大小为 f ,物块 Q 的质量为 m ,根据牛顿第二定律可得 $-f = ma_Q$, $f = Ma_P$,代入题中数据解得 $f = 4 \text{ N}$, $m = 1 \text{ kg}$,又因为滑动摩擦力 $f = \mu mg$,解得 $\mu = 0.4$,故 A 错误,B 正确;图像与横轴围成的面积表示位移,长木板 P 对应的最小长度应是在 1 s 时 Q 恰好到达长木板最右端,则长木板 P 的最小长度为 $L = x_Q - x_P = \frac{(6+2) \times 1}{2} \text{ m} - \frac{(0+2) \times 1}{2} \text{ m} = 3 \text{ m}$,故 C 正确;图像与横轴围成的面积表示位移, 2 s 内 Q 相对地面运动的位移为 $x'_Q = \frac{(6+2) \times 1}{2} \text{ m} + 2 \times 1 \text{ m} = 6 \text{ m}$,故 D 错误.

5. B 解析:A、B 之间的最大静摩擦力为 $f_1 = \mu_1 mg = 14 \text{ N}$,B 与地面之间的最大静摩擦力为 $f_2 = \mu_2 (m + M)g = 6 \text{ N}$,若 A、B 保持相对静止,A、B 之间的摩擦力达到最大静摩擦力时,对 A、B 整体,根据牛顿第二定律有 $F_1 - \mu_2 (m + M)g = (m + M)a_1$,对 A,有 $F_1 - \mu_1 mg = ma_1$,解得 $a_1 = 8 \text{ m/s}^2$, $F_1 = 30 \text{ N}$,故当拉力小于或者等于 30 N 时,加速度小于或等于 8 m/s^2 ,A、B 始终保持相对静止,A、C 图不符合题目要求. $v - t$ 图像的斜率表示加速度,B 图中 A、B 的加速度均为 $a_1 = \frac{5}{2} \text{ m/s}^2 = 2.5 \text{ m/s}^2 < 8 \text{ m/s}^2$,符合要求,B 正确.D 图中 A、B 的加速度均为 $a_2 = \frac{17}{2} \text{ m/s}^2 = 8.5 \text{ m/s}^2 > 8 \text{ m/s}^2$,不符合要求,D 错误.

6. C 解析:箱子以一定的水平初速度 v_0 从左端滑上平板车,在摩擦力作用下,箱子做匀减速直线运动,平板车做匀加速直线运动,设经过 t 时间箱子与平板车达到共速 $v_{\text{共}}$,此过程平板车的位移为 $x_{\text{车}} = \frac{v_{\text{共}}}{2}t$,箱子的位移为 $x_{\text{箱}} = \frac{v_0 + v_{\text{共}}}{2}t$,则箱子相对于平板车向前的位移大小为 $\Delta x = x_{\text{箱}} - x_{\text{车}} = \frac{v_0 + v_{\text{共}}}{2}t - \frac{v_{\text{共}}}{2}t = \frac{v_0}{2}t$,可得 $\Delta x = \frac{v_0}{2}t > x_{\text{车}} = \frac{v_{\text{共}}}{2}t$, C 正确.

7. ABC 解析:由题图丙可知,在 t_1 时, A、B 他们刚好开始运动,有 $f_2 = \mu_1(m_A + m_B)g = 2 \text{ N}$,解得 $\mu_1 = 0.1$, A 正确. 在 $t_1 \sim 8 \text{ s}$ 过程中,木板 A、物块 B 一起相对地面运动,8 s 后物块 B 受到的摩擦力恒定为 6 N,则有 $f_1 = \mu_2 m_B g = 6 \text{ N}$,解得 $\mu_2 = 0.6$,在 8 s 时刻木板 A 与物块 B 刚好发生相对运动,由牛顿第二运动定律可知,此时加速度为 $a = \frac{\mu_2 m_B g - \mu_1(m_A + m_B)g}{m_A} = 4 \text{ m/s}^2$. 对物块 B,由牛顿第二运动定律可得 $F_1 - \mu_2 m_B g = m_B a$,解得 $F_1 = 10 \text{ N}$,根据题图乙,由几何知识可得 $\frac{F_1}{8} = \frac{F_{\text{max}}}{t_2}$,解得 $t_2 = 9.6 \text{ s}$, B 正确. 在 t_1 时刻,物块 B 刚好保持静止,即 $F = f_2 = 2 \text{ N}$,由题图乙结合几何知识可得 $\frac{2}{t_1} = \frac{12}{t_2}$,解得 $t_1 = 1.6 \text{ s}$, C 正确. 在 t_2 时刻,对物块 B,根据牛顿第二定律得 $a_B = \frac{F_{\text{max}} - \mu_2 m_B g}{m_B} = 6 \text{ m/s}^2$, D 错误.

8. C 解析:由题图可知,撤去拉力 F 前,物块在木板上一直有相对运动,否则撤去拉力 F 后,木板的 $v-t$ 图像不可能是两段折线. 在 $0 \sim 1.5 \text{ s}$ 内,物块加速运动,末速度为 3 m/s ,加速度 $a_1 = \mu_1 g = \frac{\Delta v_1}{\Delta t_1} = \frac{3-0}{1.5-0} \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$,物块与木板间的动摩擦因数 $\mu_1 = \frac{a_1}{g} = 0.2$; $1 \sim 1.5 \text{ s}$ 内,木板做匀减速运动,加速度 $a_2 = \frac{\Delta v_2}{\Delta t_2} = \frac{8-3}{1.5-1} \text{ m/s}^2 = 10 \text{ m/s}^2$,对木板,由牛顿第二定律有 $\mu_1 mg + \mu_2 \cdot 2mg = ma_2$,解得 $\mu_2 = 0.4$. 撤去拉力 F 前,木板的加速度 $a_0 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 8 \text{ m/s}^2$,对木板,根据第二定律有 $F - (\mu_1 mg + \mu_2 \cdot 2mg) = ma_0$,得 $F = 18 \text{ N}$, A、B 错误. 在 $t_1 = 1.5 \text{ s}$ 内,物块位移为 $x_1 = \frac{v_1^2}{2a_1} = 2.25 \text{ m}$,木板位移为 $x_2 = \frac{v}{2}t + \frac{v^2 - v_1^2}{2a_2} = 6.75 \text{ m}$,由于 $\mu_1 < \mu_2$,可知在 $t_1 = 1.5 \text{ s}$ 后,物块与木板间仍有相对滑动,物块的加

速度大小 $a'_1 = \mu_1 g = 2 \text{ m/s}^2$,木板的加速度大小为 $a'_2 = \frac{\mu_2 \cdot 2mg - \mu_1 mg}{m} = 6 \text{ m/s}^2$. 物块到停止还需时间 $t_{\text{块}} = \frac{v_1}{a'_1} = 1.5 \text{ s}$,木板到停止还需时间 $t_{\text{板}} = \frac{v_1}{a'_2} = 0.5 \text{ s}$,所以木板比物块先停止运动,物块的位移为 $x'_1 = \frac{v_1^2}{2a'_1} = 2.25 \text{ m}$,木板位移为 $x'_2 = \frac{v_1^2}{2a'_2} = 0.75 \text{ m}$,物块最终停止时的位置与木板右端间的距离为 $\Delta s = x_2 + x'_2 - (x_1 + x'_1) = 3 \text{ m}$. 由上述分析可知,物块从开始到停止运动的时间为 3 s , 2 s 时的速度不为 0,故 C 正确, D 错误.

9. ACD 解析:根据 F 大小可分为三种情况,第一种情况,若 $F \leq \mu mg$, A、B、C 都静止. 取 A、B、C 为研究对象,若整体静止,整体受力 F 和地面给整体的摩擦力 $f_{\text{地}}$,由二力平衡可知 $F = f_{\text{地}}$, $f_{\text{地}} \leq f_{\text{地m}}$, $f_{\text{地m}} = \frac{1}{3} \mu \times 3mg = \mu mg$,由此可知,若 $F \leq \mu mg$, A、B、C 都静止. 第二种情况,若 $\mu mg < F \leq 2.5\mu mg$, A、B、C 一起以相同的加速度加速. 取 B、C 为研究对象, A 给 B、C 整体的摩擦力最大值为 $f_{\text{Am}} = 2\mu \cdot mg = 2\mu mg$, B、C 整体还受地面给的摩擦力,由于相对于地面运动,摩擦力为滑动摩擦力,大小为 $f_{\text{地滑}} = f_{\text{地m}} = \mu mg$,根据牛顿第二定律, B、C 整体所能具有的最大加速度为 $a_{\text{BCm}} = \frac{f_{\text{Am}} - f_{\text{地滑}}}{2m} = \frac{1}{2} \mu g$,再取 A、B、C 为研究对象, A、B、C 整体受力 F 和地面给整体的摩擦力 $f_{\text{地滑}}$,牛顿第二定律可知 $F - f_{\text{地滑}} = 3m \cdot a_{\text{BCm}}$,可得 $F = 2.5\mu mg$,由此可知,若 $\mu mg < F \leq 2.5\mu mg$, A、B、C 一起以相同的加速度加速. 第三种情况,若 $F > 2.5\mu mg$, A 以更大的加速度加速, B、C 一起以相同的加速度加速. 若 $F > 2.5\mu mg$,但 A 能给 B、C 整体的摩擦力最大值为 $f_{\text{Am}} = 2\mu mg$,故 B、C 所能具有的最大加速度为 $\frac{1}{2} \mu g$,因此,若 $F > 2.5\mu mg$, A 将以更大的加速度加速, B、C 一起以 $\frac{1}{2} \mu g$ 的加速度加速,故 A、C 正确, B 错误;当 $F = 2\mu mg$ 时,属于第二种情况, A、B、C 一起以相同的加速度加速. 取 A、B、C 为研究对象,由牛顿第二定律可知 $a = \frac{F - f_{\text{地滑}}}{3m} = \frac{1}{3} \mu g$,取 B、C 为研究对象,可知 $f_{\text{AB}} - f_{\text{地滑}} = 2ma$,解得 $f_{\text{AB}} = \frac{5}{3} \mu mg$,故 D 正确.

10. (1) 设木板与地面间的动摩擦因数为 μ_2 ,未放铁块前,对木板有 $F = \mu_2 Mg$,放上铁块后,对铁块受力分析,由牛顿第二定律有

$$\mu_1 mg = ma_1,$$

$$\text{对木板,有 } \mu_1 mg + \mu_2 (M+m)g - F = Ma_2,$$

$$\text{设经 } t \text{ 时间共速,有 } v_{\text{共}} = a_1 t = v_0 - a_2 t,$$

$$\text{解得 } t = 1 \text{ s}, v_{\text{共}} = 2 \text{ m/s}.$$

(2) 从铁块放到木板上到两者达到共速,有

$$x_1 = \frac{1}{2} a_1 t^2 = 1 \text{ m}, x_2 = v_0 t - \frac{1}{2} a_2 t^2 = 3.5 \text{ m},$$

铁块与木板达到共速后,假设两者一起做匀减速直线运动,则

$$\mu_2 (M+m)g = (M+m)a_{\text{共}},$$

$$\text{解得 } a_{\text{共}} = 4 \text{ m/s}^2 > \frac{\mu_1 mg}{m},$$

说明铁块将相对于木板向右滑动. 此时对铁块有

$$\mu_1 mg = ma_1',$$

$$\text{对木板有 } \mu_2 (M+m)g - \mu_1 mg = Ma_2', x_1' = \frac{v_{\text{共}}^2}{2a_1'},$$

$$\text{则 } x_2' = \frac{v_{\text{共}}^2}{2a_2'},$$

铁块最终静止时,铁块到木板右端的距离

$$\Delta x = (x_2 + x_2') - (x_1 + x_1') = 1.9 \text{ m}.$$

巅峰挑战

11. (1) 对木板,根据牛顿第二定律,有

$$\mu_2 mg \cos 37^\circ + 2\mu_1 mg \cos 37^\circ - mg \sin 37^\circ = ma_1,$$

对煤块,根据牛顿第二定律有

$$mg \sin 37^\circ + \mu_2 mg \cos 37^\circ = ma_2,$$

$$\text{解得 } a_1 = 2 \text{ m/s}^2, a_2 = 7.6 \text{ m/s}^2.$$

(2) 对木板,有 $v = v_0 - a_1 t_1$,

对煤块有 $v = a_2 t_1$,

$$\text{解得 } v = 7.6 \text{ m/s}, t_1 = 1 \text{ s}.$$

(3) 从放上煤块到与板共速过程,根据位移—时间公式有

$$x_1 = v_0 t_1 - \frac{1}{2} a_1 t_1^2, x_2 = \frac{1}{2} a_2 t_1^2,$$

$$\text{解得 } x_1 = 8.6 \text{ m}, x_2 = 3.8 \text{ m}.$$

煤块相对木板向上的位移大小为 $\Delta x = x_1 - x_2$,

$$\text{因 } \Delta x = 4.8 \text{ m} < L = 5 \text{ m},$$

故煤块未从上端离开.

共速后,对煤块根据牛顿第二定律有 $mg \sin 37^\circ - \mu_2 mg \cos 37^\circ = ma_2'$,

$$\text{解得 } a_2' = 4.4 \text{ m/s}^2.$$

对木板,根据牛顿第二定律,有

$$mg \sin 37^\circ + \mu_2 mg \cos 37^\circ - 2\mu_1 mg \cos 37^\circ = ma_1',$$

$$\text{解得 } a_1' = 1.2 \text{ m/s}^2.$$

因为 $a_2' > a_1'$, 所以小煤块从下端离开木板.

设从二者共速到二者分离又经历时间 t_2 , 此过程木板和煤块的对地位移分别为 x_1', x_2' , 则有

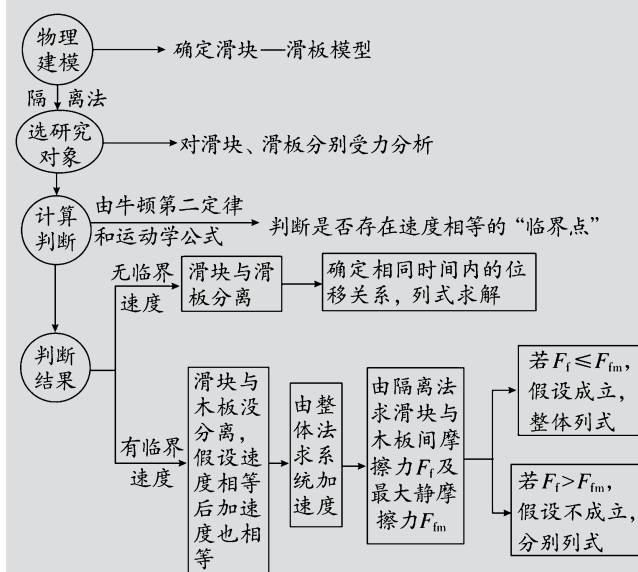
$$x_1' = vt_2 + \frac{1}{2} a_1' t_2^2,$$

$$x_2' = vt_2 + \frac{1}{2} a_2' t_2^2,$$

$$\Delta x = x_2' - x_1',$$

$$\text{解得 } t_2 = \sqrt{3} \text{ s}.$$

规律总结 板块模型的解题思路



第六节 超重和失重

题组 40 超重和失重的计算

答案速查

1	2	3	4	5	6	7
CD	C	BC	C	C	B	ABD

1. CD 解析: 无论物体处于超重还是失重状态, 物体本身所受重力不变, A 错误; 游泳运动员仰卧在水面静止不动时处于平衡状态, B 错误; 物体有向下的加速度, 则物体处于失重状态, 因此在沿竖直方向运动的升降机中出現失重现象时, 升降机可能加速下降, 也可能减速上升, 故 C 正确; 在不计空气阻力情况下, 竖直向上抛出的物体加速度为重力加速度, 因此其处于完全失重状态, 故 D 正确.

规律总结 实重与视重

实重: 物体实际所受的重力. 物体所受重力不会因物体运动状态的改变而变化.

视重: 当物体挂在弹簧测力计下或放在水平台秤上时, 弹簧测力计或台秤的示数称为“视重”, 大小等于弹簧测力计所受的拉力或台秤所受的压力.

超重与失重不是重力本身变了, 而是“视重”变化了.

2. C 解析: $0 \sim t_1$ 时刻, 手提着水瓶向上加速, 整体处于超重状态, 一定会有水从小孔流出, 故 A 错误; $t_1 \sim t_2$ 时间内, 水和水瓶只受重力的作用, 处于完全失重的状态, 水和水之间无相互作用, 因此不会有水从侧壁流出, 故 B 错误, C 正确; t_2 时刻之后, 水瓶和水依然处于完全失重的状态, 没有水从侧壁流出, 故 D 错误.

3. BC 解析: 若让木箱以 1 m/s^2 的加速度向上运动, 则木箱超重, 木箱对地板的压力变大, 最大静摩擦力变大, 则木箱仍静止, A 错误; 让木箱以 3 m/s^2 的加速度向下运动, 则此时 $mg - F_N = ma$, 最大静摩擦力 $f_m = \mu F_N$, 解得 $f_m = 1.05 \text{ N} < 1.2 \text{ N}$, 则木箱在弹簧拉动下向右运动, B 正确; 让木箱以 3 m/s^2 的加速度向左运动, 假设木箱静止, 则 $f - F = ma$, 解得 $f = 2.7 \text{ N} > f_m = \mu mg = 1.5 \text{ N}$, 可知木箱不能静止, 将向右运动, C 正确; 让木箱以 3 m/s^2 的加速度向右运动, 假设木箱静止, 则 $f + F = ma$, 解得 $f = 0.3 \text{ N} < f_m = \mu mg = 1.5 \text{ N}$, 可知木箱静止, D 错误.

4. C 解析: 在图乙中, 在 $t_1 \sim t_2$ 阶段, 拉力大于重力, 为超重状态, 加速度向上, 电梯加速上升, $t_2 \sim t_3$ 阶段, 拉力与重力持平, 属于匀速运动, $t_3 \sim t_4$ 阶段, 拉力小于重力, 为失重状态, 加速度向下, 电梯做减速运动, 因此 $t_1 \sim t_4$ 反映了电梯从低层到高层运动, 且能判断 $t_1 \sim t_2$ 时间矿泉水处于超重状态, A、D 错误; 在 $t_2 \sim t_3$ 阶段, 拉力与重力持平, 因此可以得到矿泉水的重力为 15 N , B 错误; 由图可知, 在匀加速阶段, 拉力大小为 16 N , 矿泉水的质量为 $m = \frac{15}{10} \text{ kg} = 1.5 \text{ kg}$, 因此匀加速阶段的加速度大小约为 $a = \frac{16 - 15}{1.5} \text{ m/s}^2 \approx 0.67 \text{ m/s}^2$, C 正确.

规律总结 超重和失重的判断方法

从受力的角度判断	当物体所受向上的拉力(或支持力)大于重力时, 物体处于超重状态; 小于重力时, 物体处于失重状态; 等于零时, 物体处于完全失重状态
从加速度的角度判断	当物体具有向上的加速度时, 物体处于超重状态; 具有向下的加速度时, 物体处于失重状态; 向下的加速度等于重力加速度时, 物体处于完全失重状态
从速度变化的角度判断	(1) 物体向上加速或向下减速时, 处于超重状态 (2) 物体向下加速或向上减速时, 处于失重状态

5. C 解析: 在乒乓球加速上升的过程中, 同体积的水球加速下降. 因水球比乒乓球的质量大, 则水和乒乓球组成的系统的重心加速下降, 处于失重状态, 台秤示数变小, C 正确.

6. B 解析: 由题图可知, 在 $0 \sim 4 \text{ s}$ 内, 加速度方向向上, 根据牛顿第二定律 $F - mg = ma$, 得 $F = mg + ma$, 则

视重 F 大于物块的实际重力 mg , 物块一直处于超重状态; 因加速度先增大后减小, 则弹簧测力计的示数先增大后减小, A 错误. $2 \sim 4 \text{ s}$ 内, 加速度方向向上, 物块处于超重状态, $4 \sim 6 \text{ s}$ 内, 加速度方向向下, 物块处于失重状态; $a - t$ 图线与时间轴所围“面积”表示速度的变化量, t 轴上方面积为正值, t 轴下方面积为负值, 故 $2 \sim 6 \text{ s}$ 内物块先处于超重状态后处于失重状态, 速度变化量为零, B 正确. $0 \sim 6 \text{ s}$ 内物块先处于超重状态后处于失重状态, 2 s 末速度为 $v_2 = \Delta v_2 = 3 \text{ m/s}$, $2 \sim 4 \text{ s}$ 内物块竖直向上做加速度逐渐减小的变加速直线运动, 弹簧测力计的示数逐渐减小, 4 s 时物块速度最大, $v_m = \Delta v_4 = 5 \text{ m/s}$, $4 \sim 6 \text{ s}$ 内, 物块向上做加速度向下逐渐增大的变减速直线运动, 速度变化量为 $\Delta v_6 = -2 \text{ m/s}$, 则 6 s 时物块的速度 $v_6 = \Delta v_4 + \Delta v_6 = 3 \text{ m/s}$, 方向向上, C 错误; 由 $F = mg + ma$, 又 2 s 和 6 s 两时刻加速度分别为 2 m/s^2 和 -2 m/s^2 , 可知弹簧测力计在 2 s 末和 6 s 末的示数不相同, 由 C 选项分析可知 $v_2 = v_6$, D 错误.

7. ABD 解析: 由题可知, 游客相对轿厢静止, 故游客的加速度与轿厢的加速度相同, 即为 $a = 4 \text{ m/s}^2$, 将游客的加速度分解到水平方向和竖直方向, 则有 $a_{\text{水}} = a \cos 30^\circ = 2\sqrt{3} \text{ m/s}^2$, $a_{\text{竖}} = a \sin 30^\circ = 2 \text{ m/s}^2$, 竖直方向上, 游客受到向上的支持力, 根据牛顿第二定律 $F_N - mg = ma_{\text{竖}}$, 代入数据可得支持力大小为 $F_N = 600 \text{ N}$, 比重力 500 N 更大, 故物体处于超重状态, 故 A、B 正确; 由于游客水平方向加速度向右, 可知游客受到水平向右的摩擦力, 大小为 $f = ma_{\text{水}} = 50 \times 2\sqrt{3} \text{ N} = 100\sqrt{3} \text{ N}$, 故 D 正确; 对游客受力分析, 可知游客受轿厢竖直向上的支持力和水平向右的摩擦力作用, 根据牛顿第三定律, 可知游客对轿厢的压力竖直向下, 摩擦力水平向左, 根据平行四边形定则, 可知游客对轿厢的作用力斜向左下方, 故 C 错误.

8. (1) 由题图可知, 在 $0 \sim 2 \text{ s}$ 内, 台秤对小明的支持力为 $F_1 = 450 \text{ N}$,

由牛顿第二定律有 $mg - F_1 = ma_1$,
解得 $a_1 = 1 \text{ m/s}^2$.

加速度方向竖直向下, 故小明处于失重状态.

(2) 设在 $10 \sim 11 \text{ s}$ 内小明的加速度为 a_3 , 时间为 t_3 , $0 \sim 2 \text{ s}$ 的时间为 t_1 , 则 $a_1 t_1 = a_3 t_3$,

解得 $a_3 = 2 \text{ m/s}^2$.

由牛顿第二定律有 $F_3 - mg = ma_3$,
解得 $F_3 = 600 \text{ N}$.

(3) $0 \sim 2 \text{ s}$ 内位移为 $x_1 = \frac{1}{2} a_1 t^2 = 2 \text{ m}$,

$2 \sim 10 \text{ s}$ 内位移为 $x_2 = a_1 t_1 t_2 = 16 \text{ m}$,

$$10 \sim 11 \text{ s 内位移为 } x_3 = \frac{1}{2} a_3 t_3^2 = 1 \text{ m},$$

小明运动的总位移大小为 $x = x_1 + x_2 + x_3 = 19 \text{ m}$.



巅峰挑战

9. (1) 设电梯最大速度为 v_m , 则有

$$\frac{v_m}{2} t_1 + v_m t_2 + \frac{v_m}{2} t_3 = h,$$

解得 $v_m = 6 \text{ m/s}$.

(2) 减速阶段加速度大小为 $a_{\text{减}} = \frac{v_m}{t_3} = 0.15 \text{ m/s}^2$,

根据牛顿第二定律有 $mg - F_3 = ma_{\text{减}}$,

由牛顿第三定律可知游客对电梯的压力与电梯对游客的支持力大小相等 $F_3 = F'_3 = 591 \text{ N}$,

解得 $m = 60 \text{ kg}$.

(3) 加速阶段加速度大小为 $a_{\text{加}} = \frac{v_m}{t_1} = 0.3 \text{ m/s}^2$,

根据牛顿第二定律有 $F_1 - mg = ma_{\text{加}}$,

由牛顿第三定律可知电梯对游客的支持力与游客对电梯的压力大小相等 $F'_1 = F_1$,

解得 $F'_1 = 618 \text{ N}$, 即匀加速阶段, 电子秤的示数为“618”.

综合提优 6(第四~六节)



1	2	3	4	5	6	7
CD	D	CD	B	D	AD	BC

1. CD 解析: 由 $v-t$ 图像可知, 在 $0 \sim 4 \text{ s}$ 内, 物块向右运动, 在 $4 \sim 5 \text{ s}$ 内, 物块向左运动, 且物块向右运动位移大于向左运动的位移, 故物块经过 4 s 时间离出发点最远, A 正确; $v-t$ 图像与坐标轴围成的面积表示位移, 第 3 s 内, 物块速度从 2 m/s 均匀增加到 3 m/s , 位移为 $x = \frac{2+3}{2} \times 1 \text{ m} = 2.5 \text{ m}$, B 正确; 物块在 $3 \sim 5 \text{ s}$ 内的加速

度为 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-3-3}{5-3} \text{ m/s}^2 = -3 \text{ m/s}^2$, 在 $3 \sim 4 \text{ s}$ 内, 由牛顿第二定律得 $F_1 - \mu mg = ma$, 解得 $F_1 = 4 \text{ N}$, 在 $4 \sim 5 \text{ s}$ 内, 物体反向加速, $F_2 - \mu mg = ma$, $a = 3 \text{ m/s}^2$, 解得 $F = 16 \text{ N}$, 方向向左, 故在 3.5 s 至 4.5 s 的过程, 物块受到的水平拉力发生变化, $t = 4.5 \text{ s}$ 时水平力 F 的大小为 16 N , 故 C、D 错误.

2. D 解析: 当箱子静止时, 对两物块和弹簧组成的系统有 $2mg + F_1 = F_2$, 解得 $F_2 = 50 \text{ N}$, 故 A 错误; 箱子静止时, 对上面的物块, 受到竖直向下的重力、竖直向下的压力和弹簧竖直向上的支持力, 弹簧处于压缩状态, 且 $mg + F_1 = kx$, 所以 $kx = 30 \text{ N}$, 所以, 当 $F_1 = 8 \text{ N}$ 时, 弹簧弹力大于重力与 F_1 的合力, 所以箱子具有向上的加速

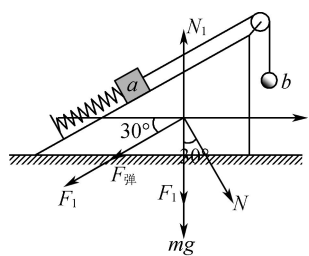
度, 箱子处于超重状态, 同理, 当 $F_1 = 20 \text{ N}$ 时, 弹簧弹力小于重力与 F_1 的合力, 所以箱子具有向下的加速度, 箱子处于失重状态, 故 B、C 错误; 当箱子自由下落时处于完全失重状态, 两个物体所受合力均为 mg , 则两个压力传感器的示数均等于弹簧弹力大小, 即为 30 N , 故 D 正确.

3. CD 解析: 对篮球受力分析, 竖直方向满足 $3f \cos \alpha = 3F_N \sin \alpha + G$, 因为静摩擦力 $f \leq \mu F_N$, 解得 $F_N \geq \frac{G}{3(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)}$, 所以想要抓起篮球, 则每根“手指”对篮球压力的最小值为 $\frac{G}{3(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)}$, 且夹角 α 满足 $\mu \geq \tan \alpha + \frac{G}{3F_N \cos \alpha}$ 时, 才能将篮球抓起, A、B 错误, C 正确; 若抓起篮球竖直向上做匀加速运动, 且恰好达到最大静摩擦时, 满足 $3\mu F_N \cos \alpha - 3F_N \sin \alpha - G = ma$, 可得 $F_N = \frac{G + ma}{3(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)}$, 则每根“手指”对篮球的压力保持不变, 故 D 正确.

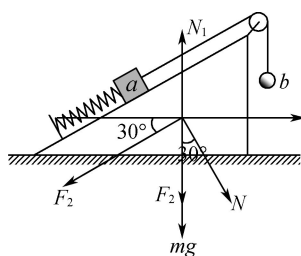
4. B 解析: 因为 $\mu_{AB} < \mu_{BC}$, B 对 A 所受的摩擦力方向平行斜面向上, A 对 B 摩擦力方向平行斜面向下, A 的加速度 $a_1 = g \sin \theta - \mu_{AB} g \cos \theta = 3 \text{ m/s}^2$, B 的加速度 $a_2 = g \sin \theta + \mu_{AB} g \cos \theta - 2\mu_{BC} g \cos \theta = 1 \text{ m/s}^2$, 前 2 s 内 A 的位移为 $x_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = \frac{1}{2} \times 3 \times 2^2 \text{ m} = 6 \text{ m}$, 前 2 s 内 B 的位移为 $x_2 = \frac{1}{2} a_2 t_1^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 2^2 \text{ m} = 2 \text{ m}$, 第 2 s 末 A 的速度 $v_1 = a_1 t_1 = 6 \text{ m/s}$, 第 2 s 末 B 的速度 $v_2 = a_2 t_1 = 2 \text{ m/s}$, $\mu_{AB} = 0$ 以后 A 的加速度为 $a_3 = g \sin \theta = 6 \text{ m/s}^2$, B 的加速度 $a_4 = g \sin \theta - 2\mu_{BC} g \cos \theta = -2 \text{ m/s}^2$, 则 B 再经过 1 s 停下, 在这 1 s 内 A 的位移为 $x_3 = v_1 t_2 + \frac{1}{2} a_3 t_2^2 = 9 \text{ m}$, 在这 1 s 内 B 的位移为 $x_4 = v_2 t_2 - \frac{1}{2} a_4 t_2^2 = 1 \text{ m}$, A、B 相对位移 $\Delta x = (x_1 + x_3) - (x_2 + x_4) = 12 \text{ m}$, 恰好等于 B 板的长度, 故 A 在 B 上滑行的时间为 $t = t_1 + t_2 = 3 \text{ s}$, B 正确.

5. D 解析: 物体沿斜面上滑时做匀减速直线运动, 由 $v_1^2 = 2a_1 x_1$, 解得加速度 $a_1 = 12 \text{ m/s}^2$, A 错误; 物体上滑时, 根据牛顿第二定律, 有 $F + mg \sin 37^\circ + \mu mg \cos 37^\circ = ma_1$, 设物体下滑撤去恒力 F 前加速度为 a_2 , 有 $v_2^2 = 2a_2 x_2$, 解得 $a_2 = 4 \text{ m/s}^2$, 根据牛顿第二定律, 有 $F + mg \sin 37^\circ - \mu mg \cos 37^\circ = ma_2$, 联立可得 $F = 2 \text{ N}$, $\mu = 0.5$, 故 B、C 错误; 撤去恒力后物体继续向下加速运动, 由牛顿第二定律可得 $mg \sin 37^\circ - \mu mg \cos 37^\circ = ma_3$, 解得 $a_3 = 2 \text{ m/s}^2$, 由运动学公式可得 $v_3^2 - v_2^2 = 2a_3 x_3$, 解得 $v_3 = 4\sqrt{2} \text{ m/s}$, 即物块返回斜面底端时速度大小为 $4\sqrt{2} \text{ m/s}$, 故 D 正确.

6. AD 解析:在释放 b 前, a 、 b 处于静止状态,对 a 受力分析,可得 $F_{\text{弹}} = mg \sin 30^\circ = \frac{1}{2}mg$,释放 b 瞬间,设轻绳的拉力为 F_1 ,弹簧的弹力不变, a 、 b 整体的加速度为 a_1 ,对 a 分析,根据牛顿第二定律有 $F_1 + F_{\text{弹}} - mg \sin 30^\circ = ma_1$,对 b 分析,根据牛顿第二定律有 $mg - F_1 = ma_1$,解得 $F_1 = \frac{1}{2}mg$,故 A 正确;释放 b 瞬间,对斜面受力分析,如图甲所示,其中 N 为 a 对斜面的正压力,则有 $N = mg \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$,将 N 分解到水平方向的一个分力,则有 $N_x = N \sin 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{4}mg$,将 F_1 和 $F_{\text{弹}}$ 分解到水平方向,则有 $F_x = (F_1 + F_{\text{弹}}) \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$,可得 $F_x > N_x$,说明此时地面对斜面有静摩擦力作用,方向向右,大小为 $f = F_x - N_x = \frac{\sqrt{3}}{4}mg$,故 B 错误;弹簧恢复原长瞬间,轻绳的弹力为 F_2 , a 、 b 整体的加速度为 a_2 ,对 a 分析,根据牛顿第二定律有 $F_2 - mg \sin 30^\circ = ma_1$,对 b 分析,根据牛顿第二定律有 $mg - F_2 = ma_1$,解得 $F_2 = \frac{3}{4}mg$,故 C 错误;弹簧恢复原长瞬间,对斜面受力分析,如图乙所示,其中 N 为 a 对斜面的正压力,则有 $N = mg \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$,将 N 分解到水平方向的一个分力,则有 $N_x = N \sin 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{4}mg$,将 F_2 分解到水平方向向左的一个分力,则有 $F_{2x} = F_2 \cos 30^\circ = \frac{3\sqrt{3}}{8}mg$,可得 $F_{2x} > N_x$,说明此时地面对斜面有静摩擦力作用,方向向右,大小为 $f = F_{2x} - N_x = \frac{\sqrt{3}}{8}mg$,故 D 正确。



甲



乙

7. BC 解析:根据题意可知,支架 B 与木板 C 间发生滑动时,支架 B 与小球 A 的加速度最大,有 $f = \mu(m_A + m_B)g = (m_A + m_B)a_0$,即 $a_0 = \mu g = 7.5 \text{ m/s}^2$.此时细线与竖直方向夹角最大为 θ ,选小球 A 为研究对象,则有 $\tan \theta = \frac{a_0}{g}$,解得 $\theta = 37^\circ$,A 错误,B 正确.对木板 C ,则有 $F - f = m_C a_C$,且 $a_C \geq a_0$,解得 $F \geq 45 \text{ N}$,即当支架 B 与

木板 C 间发生滑动时,拉力 F 最小值为 45 N ,D 错误.当拉力 $F = 30 \text{ N}$ 时,支架 B 与木板 C 相对静止,即 A 、 B 、 C 三者相对静止,由牛顿第二定律,有 $F = (m_A + m_B + m_C)a$,解得 $a = 5 \text{ m/s}^2$,设此时细线拉力为 T , $T = m_A \sqrt{a^2 + g^2} = 5\sqrt{5} \text{ N}$,故 C 正确.

8. (1) 由加速度定义式 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$,

代入题中数据得

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \left(\frac{10 - 0}{5} \right) \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2.$$

(2) 由题意知阻力 $F_f = 2 \text{ N}$,设无人机匀加速过程的升力大小为 F ,由牛顿第二定律得

$$F - mg - F_f = ma,$$

解得 $F = 14 \text{ N}$.

(3) 由题意知向上加速时间 $t_1 = 5 \text{ s}$,最大速度为 $v = 10 \text{ m/s}$,故位移

$$h_1 = \frac{v}{2} t_1 = 25 \text{ m},$$

向上减速时间 $t_2 = 2 \text{ s}$,故位移

$$h_2 = \frac{v}{2} t_2 = 10 \text{ m},$$

向上匀速位移

$$h_3 = 65 \text{ m} - 25 \text{ m} - 10 \text{ m} = 30 \text{ m},$$

$$\text{故匀速时间为 } t_3 = \frac{h_3}{v} = 3 \text{ s},$$

$$\text{故总时间为 } t_{\text{总}} = t_1 + t_2 + t_3 = 10 \text{ s},$$

$$\text{平均速度 } \bar{v} = \frac{h_{\text{总}}}{t_{\text{总}}} = 6.5 \text{ m/s}.$$



巅峰挑战

9. (1) 木板第一次与挡板碰撞前, A 、 B 、 C 整体共同沿斜面加速下滑,有 $v^2 = 2(g \sin \theta)x_0$,

$$\text{解得 } v = \sqrt{2gx_0 \sin \theta}.$$

(2) 由释放到 C 、 D 第一次相碰用时

$$t_1 = \frac{v}{g \sin \theta} = \sqrt{\frac{2x_0}{g \sin \theta}},$$

C 、 D 第一次相碰后 A 的加速度为

$$a_1 = \frac{mg \sin \theta - \mu_1 mg \cos \theta}{m} = 0,$$

$$B \text{ 的加速度为 } a_2 = \frac{mg \sin \theta - \mu_2 mg \cos \theta}{m} = \frac{1}{2} g \sin \theta,$$

C 的加速度为

$$a_3 = \frac{mg \sin \theta + \mu_1 mg \cos \theta + \mu_2 mg \cos \theta}{m} = \frac{5}{2} g \sin \theta.$$

从 C 、 D 第一次相碰后到 C 与 A 共速过程 C 的加速度不变,且速度大小不变但速度反向,则 C 与 A 共速时, C 再次与挡板相碰,由此可知, B 在追 A 的过程, A 、 B 加速度均不变.因此,木板第一次与挡板碰撞后到 B 追上 A 过

程,有

$$L_2 = vt_2 + \frac{1}{2}a_2t_2^2 - vt_2,$$

$$\text{解得 } t_2 = \frac{8}{5}\sqrt{\frac{2x_0}{g\sin\theta}}.$$

从同时释放 A、B、C 到小滑块 B 第一次与小滑块 A 相碰

$$\text{经历的时间 } t = t_1 + t_2 = \frac{13}{5}\sqrt{\frac{2x_0}{g\sin\theta}}.$$

(3) C、D 碰撞后到 C、B 共速过程,有

$$-v + a_3t_3 = v + a_2t_3,$$

$$\text{解得 } t_3 = \sqrt{\frac{2x_0}{g\sin\theta}}.$$

$$\text{此时速度为 } v_1 = v + a_2t_3 = \frac{3}{2}\sqrt{2gx_0\sin\theta}.$$

此过程 A 相对 C 向下滑动的距离为

$$\Delta L_1 = v_A t_3 - (-vt_3 + \frac{1}{2}a_3t_3^2) = 3x_0 < L_1.$$

此后 B 的加速度为

$$a_2' = \frac{mg\sin\theta + \mu_2 mg\cos\theta}{m} = \frac{3}{2}g\sin\theta,$$

C 的加速度为

$$a_3' = \frac{mg\sin\theta + \mu_1 mg\cos\theta - \mu_2 mg\cos\theta}{m} = \frac{3}{2}g\sin\theta.$$

从 C、B 共速到 A、B、C 均共速过程,有

$$v_1 + a_3't_4 = v_A = \frac{7}{4}\sqrt{2gx_0\sin\theta},$$

$$\text{解得 } t_4 = \frac{1}{6}\sqrt{\frac{2x_0}{g\sin\theta}}.$$

此过程 A 相对 C 向下滑动的距离为

$$\Delta L_2 = v_A t_4 - (v_1 t_4 + \frac{1}{2}a_3't_4^2) = \frac{1}{24}x_0 < L_1 - \Delta L_1.$$

之后三者以相同加速度共同运动,无相对滑动,因此 A 最终距木板下端的长度为

$$\Delta L = L_1 - \Delta L_1 - \Delta L_2 = \frac{19}{120}x_0.$$

章末综合·真题精选



1	2	3	4	5	6	7	8
A	D	D	C	A	A	ABD	CD

1. A 解析:根据题意,对整体应用牛顿第二定律有 $F = (M+m)a$,对空间站分析有 $F' = Ma$,解得飞船和空间站之间的作用力 $F' = \frac{M}{M+m}F$,故 A 正确.

2. D 解析:设 P 的质量为 M, P 与桌面的动摩擦力为 f;以 P 为对象,根据牛顿第二定律可得, $T - f = Ma$,以盘和砝码为对象,根据牛顿第二定律可得, $mg - T =$

ma ,联立可得 $a = \frac{mg - f}{M+m} = \frac{g - \frac{f}{m}}{M+m} \cdot m$,可知当砝码的重力大于 f 时,才有一定的加速度,当 m 趋于无穷大时,加速度趋近等于 g,故 D 正确.

3. D 解析:刚开始时,物体速度小于传送带速度,则物体相对传送带向后运动,A 错误;匀速运动过程中,物体与传送带之间无相对运动趋势,则物体不受摩擦力作用,B 错误;物体加速,由动能定理可知,摩擦力对物体做正功,C 错误;设物体与传送带间动摩擦因数为 μ ,物体相对传送带运动时 $a = \frac{\mu mg}{m} = \mu g$,做匀加速运动时,物体速度小于传送带速度则一直加速,由 $v = at$ 可知,传送带速度越大,物体加速运动的时间越长,D 正确.

4. C 解析: $0 \sim t_0$ 时间内,物块轻放在传送带上,做加速运动.受力分析可知,物块受重力、支持力、滑动摩擦力,滑动摩擦力大于重力的下滑分力,合力不变,故做匀加速运动. t_0 之后,当物块速度与传送带相同时,静摩擦力与重力的下滑分力相等,加速度突变为零,物块做匀速直线运动.C 正确.

5. A 解析:缓慢拉至 P 点,保持静止,由平衡条件可知此时拉力 F 与重力和两弹簧的拉力合力为零.此时两弹簧的合力为大小为 mg.当撤去拉力,则小球从 P 点运动到 O 点的过程中两弹簧的拉力与重力的合力始终向下,小球一直做加速运动,故 A 正确,B 错误;小球从 P 点运动到 O 点的过程中,形变量变小弹簧在竖直方向的合力不断变小,故小球受的合外力一直变小,加速度的最大值为撤去拉力时的加速度,由牛顿第二定律可知, $2mg = ma$,加速度的最大值为 $2g$,C、D 错误.

6. A 解析:剪断前,对 B、C、D 分析, $F_{AB} = (3m + 2m + m)g$,对 D 有 $F_{CD} = mg$,剪断后,对 B 有 $F_{AB} - 3mg = 3ma_B$,解得 $a_B = g$,方向竖直向上,对 C 有, $F_{DC} + 2mg = 2ma_C$,解得 $a_C = 1.5g$,方向竖直向下,故 A 正确.

7. ABD 解析: $v-t$ 图像的斜率表示加速度,可知 $t = 3t_0$ 时刻木板的加速度发生改变,故可知小物块在 $t = 3t_0$ 时刻滑上木板,故 A 正确;结合图像可知 $t = 3t_0$ 时刻,木板的速度为 $v_0 = \frac{3}{2}\mu g t_0$,设小物块和木板间动摩擦因数为 μ_0 ,由题意可知物块开始滑上木板时的速度为 $v_1 = -\frac{3}{2}\mu g t_0$,负号表示方向水平向左,物块在木板上滑动的加速度为 $a_0 = \frac{\mu_0 mg}{m} = \mu_0 g$,经过 t_0 时间与木板共速,此

时速度大小为 $v_{\text{共}} = \frac{1}{2}\mu g t_0$, 方向水平向右, 故可得 $v_{\text{共}} - v_1 = a_0 t_0$, 解得 $\mu_0 = 2\mu$, 故 B 正确; 设木板质量为 M , 物块质量为 m , 根据图像可知物块未滑上木板时, 木板的加速度为 $a = \frac{\frac{1}{2}\mu g t_0}{t_0} = \frac{1}{2}\mu g$, 故可得 $F - \mu Mg = Ma$, 解得 $F = \frac{3}{2}\mu Mg$, 根据图像可知物块滑上木板后木板的加速度为 $a' = \frac{\frac{1}{2}\mu g t_0 - \frac{3}{2}\mu g t_0}{t_0} = -\mu g$, 此时对木板由牛顿第二定律得 $F - \mu(m+M)g - \mu_0 mg = Ma'$, 解得 $\frac{m}{M} = \frac{1}{2}$, 故 C 错误; 假设 $t = 4t_0$ 之后小物块和木板一起共速运动, 对整体 $F - \mu(m+M)g = \frac{3}{2}\mu Mg - \frac{3}{2}\mu Mg = 0$, 故可知此时整体处于平衡状态, 假设成立, 即 $t = 4t_0$ 之后小物块和木板一起做匀速运动, 故 D 正确。

8. CD 解析: 设杆的弹力为 N , 小球 A 竖直方向受力平衡, 则 $N_y = mg$, $N_x = mg \tan \theta$, 若 B 球受到的摩擦力为零, 对 B, 根据牛顿第二定律可得 $N_x = ma$, 可得 $a = g \tan \theta$; 对小球 A、B 和小车整体, 有 $F = 4ma = 4mg \tan \theta$, A 错误。若推力 F 向左, 则加速度向左, 小球 A 所受向左的合力的最大值为 $N_x = mg \tan \theta$, 则 $a = g \tan \theta$, 对小球 B, 由于 $\tan \theta \leq \mu$, 小球 B 受到向左的合力 $F = \mu(N_y + mg) - N_x \geq mg \tan \theta$, 对系统整体, 根据牛顿第二定律 $F = 4ma_{\text{max}} = 4mg \tan \theta$, B 错误。若推力 F 向左, 小球 A 所受向左的合力的最大值为 $N_x = mg \tan \theta$, 小球 B 所受向左的合力的最大值 $F_{\text{max}} = (N_y + mg) \cdot \mu - N_x = 2\mu mg - mg \tan \theta$, 由于 $\mu < \tan \theta \leq 2\mu$ 可知 $F_{\text{max}} < mg \tan \theta$, 对小球 B, 根据牛顿第二定律 $F_{\text{max}} = 2\mu mg - mg \tan \theta = ma_{\text{max}}$, 对整体, 有 $F = 4ma_{\text{max}}$, 联立可得 F 的最大值为 $F = 4mg(2\mu - \tan \theta)$, C 正确。若推力 F 向右, 当小球 B 所受的摩擦力向左时, 小球 B 向右的合力最小, 此时 $F_{\text{min}} = N_x - (N_y + mg)\mu = mg \tan \theta - 2\mu mg$, 当小球所受摩擦力向右时, 小球 B 向右的合力最大, 此时 $F_{\text{max}} = N_x + (N_y + mg)\mu = mg \tan \theta + 2\mu mg$, 对小球 B 根据牛顿第二定律 $F_{\text{min}} = ma_{\text{min}}$, $F_{\text{max}} = ma_{\text{max}}$, 对整体, 有 $F = 4ma$, 可得 F 的范围为 $4mg(\tan \theta - 2\mu) \leq F \leq 4mg(\tan \theta + 2\mu)$, D 正确。

9. (1) 根据牛顿第二定律可得 $mg \sin 24^\circ - \mu mg \cos 24^\circ = ma_1$, 代入数据解得 $a_1 = 2 \text{ m/s}^2$ 。

(2) 根据运动学公式 $2a_1 l_1 = v^2$, 解得 $v = 4 \text{ m/s}$ 。

(3) 根据牛顿第二定律 $\mu mg = ma_2$, 根据运动学公式 $-2a_2 l_2 = v_{\text{max}}^2 - v^2$, 代入数据联立解得 $l_2 = 2.7 \text{ m}$ 。

阶段温习(第一~三章)



1	2	3	4	5	6
D	B	D	C	D	BD

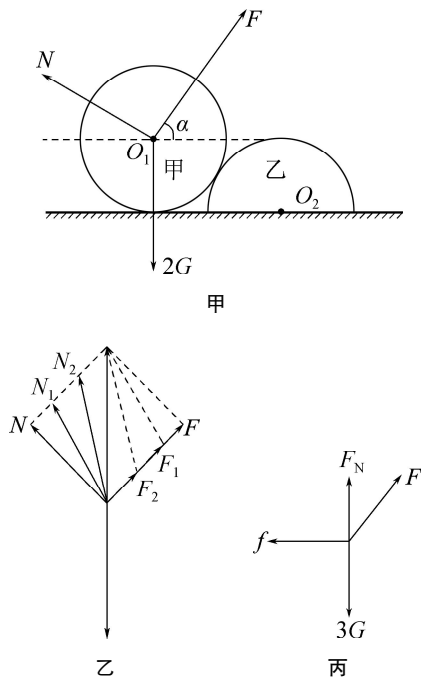
1. D 解析: 45 秒 55 指的是从开始到结束的时间间隔, A 错误; 位移指的是从初位置到末位置的有向线段, 而 400 m 比赛的 400 m 是指路程, B 错误; 运动员跑步过程中与地面间没有相对滑动, 所以运动员跑步过程中所受地面的摩擦力为静摩擦力, C 错误; 运动员跑步过程中所受地面的支持力是由于地面的形变产生的, 故 D 正确。

2. B 解析: 对 a 受力分析, 可知 a 只受重力及 b 给 a 的支持力处于平衡状态, 故 a 、 b 之间没有摩擦力, 故 A 错误; 对 a 、 b 整体, 在水平方向上, 受外力 F , 故 c 对 b 一定存在与 F 等大反向的静摩擦力的作用, 故 B 正确; 对 a 、 b 、 c 整体, 在竖直方向上, 受重力及地面对 c 的支持力, 二力平衡, 则地面对 c 的支持力等于 $3mg$, 在水平方向上, 两个外力 F 等大反向, 故地面对 c 没有摩擦力作用, 故 C、D 错误。

3. D 解析: 设开始刹车时的速度大小为 v_0 , 刹车加速度大小为 a , 则有 $10 \text{ m} = v_0 \cdot 1 \text{ s} - \frac{1}{2}a \cdot (1 \text{ s})^2$, $18 \text{ m} = v_0 \cdot 2 \text{ s} - \frac{1}{2}a \cdot (2 \text{ s})^2$, 联立解得 $v_0 = 11 \text{ m/s}$, $a = 2 \text{ m/s}^2$, 汽车刹车时间为 $t = \frac{v_0}{a} = \frac{11}{2} \text{ s} = 5.5 \text{ s}$, 故 A、B 错误; 汽车开始“主动刹车”后第 1 s 末的速度为 $v_1 = v_0 - at_1 = (11 - 2 \times 1) \text{ m/s} = 9 \text{ m/s}$, 故 C 错误; 汽车开始“主动刹车”后第 3 s 内的平均速度等于“主动刹车”后 2.5 s 时刻的速度, 设为 v_2 , 则 $v_2 = v_0 - at_2 = (11 - 2 \times 2.5) \text{ m/s} = 6 \text{ m/s}$, 故 D 正确。

4. C 解析: 根据题意, 对甲受力分析, 如图甲所示, 由平衡条件有 $F \cos 60^\circ = N \cos 30^\circ$, $F \sin 60^\circ + N \sin 30^\circ = 2G$, 解得 $N = G$, $F = \sqrt{3}G$, 将圆柱体甲缓慢地拉至圆柱体乙的顶端, 拉力 F 方向不变, 拉力 F 与 N 的变化情况如图乙所示, 由图可知, 两圆柱体间的压力逐渐增大, 拉力 F 逐渐减小, 当圆柱体甲至圆柱体乙的顶端时, N 最大, 等于

圆柱体甲的重力 $2G$, 拉力 F 最小, 为零, 故 A、B 错误. 对圆柱体甲和圆柱体乙整体受力分析, 如图丙所示, 由平衡条件有 $F \cos 60^\circ = f$, $F_N + F \sin 60^\circ = 3G$, 由于 F 逐渐减小, 则 f 逐渐减小, F_N 逐渐增大, D 错误, C 正确.



5. D 解析: 汽车在水平面时, 对小球进行受力分析如图

甲所示, 可得 $2F_1 \cos 30^\circ = mg$, 则 $F_1 = \frac{\sqrt{3}mg}{3}$. 在斜面上

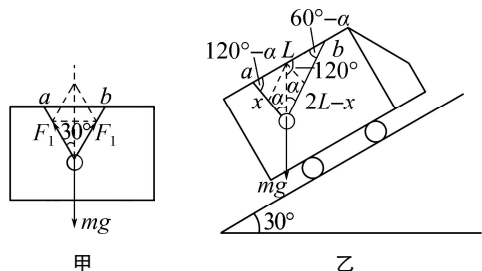
受力分析如图乙所示, 设 a 到球的距离为 x , 则 b 到球的

距离为 $2L - x$, 设边长为 x 的边与竖直方向的夹角为

α , 根据正弦定理, 有 $\frac{L}{\sin 2\alpha} = \frac{x}{\sin(60^\circ - \alpha)} =$

$\frac{2L - x}{\sin(120^\circ - \alpha)}$, 解得 $\sin \alpha = \frac{\sqrt{3}}{4}$, 根据受力分析, 可得

$2F_2 \cos \alpha = mg$, 则 $F_2 = \frac{1}{2} \frac{mg}{\cos \alpha} = \frac{2mg}{\sqrt{13}}$, 所以有 $\frac{F_1}{F_2} =$



6. BD 解析: 对小球甲, 根据平衡条件可知, 轻绳拉力竖直向上的分力大小等于小球甲竖直向下的重力大小, 即 $T \cos \theta = mg$, 解得 $T = 10 \text{ N}$, 由题可知, 轻绳对物块乙的拉力与轻绳对小球甲的拉力大小相等, 故 A 错误; 当乙的摩擦力沿斜面向下时, 乙的质量最小, 对乙根据平衡条

件 $m_{\min} g \sin \theta + \mu m_{\min} g \cos \theta = T$, 解得 $m_{\min} = 1 \text{ kg}$, 当乙的摩擦力沿斜面向上时, 乙的质量最大, 对乙根据平衡条件 $m_{\max} g \sin \theta - \mu m_{\max} g \cos \theta = T$, 解得 $m_{\max} = 5 \text{ kg}$, 即乙的质量范围为 $1 \text{ kg} \leq m_{\text{乙}} \leq 5 \text{ kg}$, 故 B 正确, C 错误; 将乙和斜面看作整体, 对整体根据平衡条件, 水平向左的摩擦力等于拉力水平向右的分力, 即 $f = T \cos \theta = 8 \text{ N}$, 故 D 正确.

巅峰挑战

7. (1) 汽车从静止加速到 v_1 的时间 $t_1 = \frac{v_1}{a_1}$,

由题意知 $v_1 = 54 \text{ km/h} = 15 \text{ m/s}$,

代入数据得 $t_1 = 5 \text{ s}$,

汽车从静止加速到 v_1 的位移

$$x_1 = \frac{v_1^2}{2a_1} = 37.5 \text{ m}.$$

(2) 60 s 内汽车运动的距离为

$$x_2 = x_1 + v_1(60 - t_1) = 862.5 \text{ m},$$

60 s 内通过停止线汽车的数量为

$$n_1 = \frac{x_2}{L} = 107.8125 \approx 108,$$

4 s 内汽车运动的距离为

$$x_3 = \frac{1}{2} a_1 t_3^2 = \frac{1}{2} \times 3 \times 4^2 \text{ m} = 24 \text{ m},$$

由于待行区刚好 24 m, 该辆车不必减速, 可以直接通过, 64 s 内汽车运动的距离为

$$x_4 = x_1 + v_1(64 - t_1) = 922.5 \text{ m},$$

$$\text{则 } n_2 = \frac{x_4}{L} = 115.3125 \approx 116,$$

多通过停止线的汽车数量

$$\Delta n = n_2 - n_1 = 116 - 108 = 8.$$

(3) 卡车停下的时间为 $t' = \frac{v_1}{a_2} = 3 \text{ s}$,

为避免相撞, 设轿车加速度的最小值为 a_3 , 经时间 t_2 , 轿车与卡车速度相等, 此时二者距离恰好为零, 则

$$v_1 - a_2 t_2 = v_2 - a_3(t_2 - t_0),$$

$$v_1 t_2 - \frac{1}{2} a_2 t_2^2 + x_0 = v_2 t_0 + v_2(t_2 - t_0) - \frac{1}{2} a_3(t_2 - t_0)^2,$$

其中 $v_1 = 54 \text{ km/h} = 15 \text{ m/s}$, $v_2 = 72 \text{ km/h} = 20 \text{ m/s}$,

联立解得

$$t_2 = 2 \text{ s} < t' = 3 \text{ s}, a_3 = 10 \text{ m/s}^2,$$

故轿车刹车的加速度至少为 10 m/s^2 才能避免两车相撞.