



杞县高中高一物理上学期寒假作业

命题人：李东亚

目录

| | |
|-------------------------|-----|
| 作业（一）质点 参考系 位移..... | 2 |
| 作业（二）速度和加速度..... | 10 |
| 作业（三）匀变速直线运动的规律..... | 19 |
| 作业（四）运动学图像 追及相遇问题..... | 30 |
| 作业（五）自由落体运动..... | 42 |
| 作业（六）重力 弹力..... | 51 |
| 作业（七）摩擦力..... | 61 |
| 作业（八）力的合成与分解..... | 71 |
| 作业（九）受力分析 共点力的平衡..... | 82 |
| 作业（十）牛顿三大定律..... | 96 |
| 作业（十一）牛顿运动定律的应用（一）..... | 106 |
| 作业（十二）牛顿运动定律的应用（二）..... | 120 |



作业（一）质点 参考系 位移

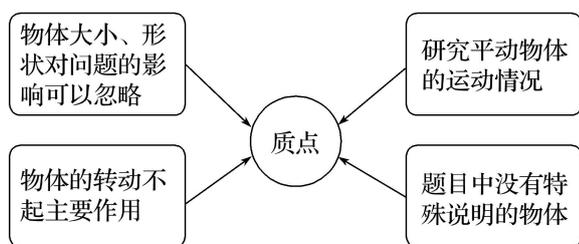
知识梳理

1.质点的特点

(1)质点具有质量，与几何中的“点”有本质的区别.

(2)质点是为了研究问题方便而对实际物体的科学抽象，是一种理想化的物理模型，实际上并不存在.

2.可将物体看成质点的几种情况



3.选取参考系的意义：静止是相对的，运动是绝对的.要描述一个物体的运动，首先必须选定参考系，之后才能确定物体的位置、研究物体的运动.对于同一个物体，选择不同的参考系，观察结果往往不同.

4.参考系的选取原则

(1)对物体运动的描述尽可能简单.

(2)一般地，根据研究对象所在的系统来选取，当研究地面上物体的运动时，常选地面或相对于地面静止的物体作为参考系.

5.位移和路程的区别

(1)位移由物体的初、末位置决定，与路径无关，不管经历什么路径，只要初、末位置相同，位移就相同；而路程由物体的运动轨迹决定，与路径有关.

(2)路程是标量，无方向，其大小计算遵循算术运算法则(可以直接相加减)；位移是矢量，有方向，其大小计算不能直接相加减(其运算方法第三章将学到).

(3)位移的大小不一定等于路程.只有在单向直线运动中，位移的大小等于路程.



典例分析

【例 1】为纪念世界反法西斯战争暨抗日战争胜利 70 周年，我国举行盛大的阅兵仪式，如图所示，空中编队排出“70”队形，飞过天安门观礼台上空，下列关于飞机的运动情况的说法不正确的是()



- A. 地面上的人看到飞机飞过，是以地面为参考系
- B. 飞行员看到观礼台向后掠过，是以飞机为参考系
- C. 以编队中某一飞机为参考系，其他飞机是运动的
- D. 以编队中某一飞机为参考系，其他飞机是静止的

【思路点拨】：①选择不同的参考系时，对物体运动的描述一般是不同的。

②物体的运动具有相对性。

【答案】C

【解析】飞机相对地面及地面上的建筑物向前飞行，而地面上的建筑物相对飞机向后运动。可见，地面上的人看到飞机飞过是以地面为参考系，飞行员看到观礼台向后掠过是以飞机为参考系，A、B 正确；由于飞机编队队形保持不变，所以以编队中某一飞机为参考系，其他飞机均是静止的，C 错误，D 正确。

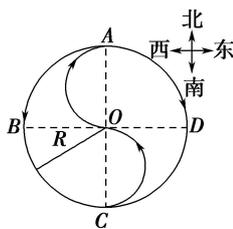
【规律总结】



判定参考系的两种方法

- (1)静物法：明确观察到的现象中，什么物体是运动的，什么物体是静止的，静止的物体可能就是参考系。
- (2)假设法：假设以某物体为参考系，看对物体运动的描述是否与观察到的结果一致。若一致，该物体可能就是参考系。

【例 2】一个人晨练，按如图所示做半径为 R 的中国古代的八卦图运动，中央的“S”部分是两个直径为 R 的半圆。他从 A 点出发沿曲线 $ABCOADC$ 行进。求：



- (1)他从 A 点第一次走到 O 点时的位移的大小和方向；
- (2)他从 A 点第一次走到 D 点时的位移和路程.

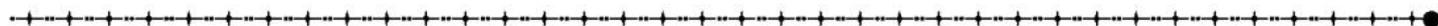
【思路点拨】：①路程是运动轨迹的长度，而位移为始末位置间的有向线段.

②求位移时要求出位移的大小和方向.

【答案】(1) R 由北指向南 (2) $\sqrt{2}R$, 方向为东偏南 45° $2.5\pi R$

【解析】(1)从 A 点第一次走到 O 点时的位移的大小等于线段 AO 的长度，即 $x_1=R$.位移的方向为由北指向南. (2)从 A 点第一次走到 D 点时的位移的大小等于线段 AD 的长度，即 $x_2=\sqrt{2}R$.位移的方向为东偏南 45° . 从 A 点第一次走到 D 点时的路程等于整个运动轨迹的长度，即 $s=\frac{3}{4}\times 2\pi R+2\pi\times\frac{R}{2}=2.5\pi R$.

【规律总结】



位移的两种计算方法

- (1)几何法：根据位移的定义先画出有向线段，再根据几何知识计算.
- (2)坐标法：写出初末位置坐标，位移即为末位置坐标减初位置坐标，结果中的正负号表示位移方向.

【真题链接】



(浙江新高考 2018 年 4 月选考科目物理试题) 某驾驶员使用定速巡航，在高速公路上以时速 110 公里行驶了 200 公里，其中“时速 110 公里”、“行驶 200 公里”分别是指 ()

- A. 速度、位移
- B. 速度、路程
- C. 速率、位移
- D. 速率、路程

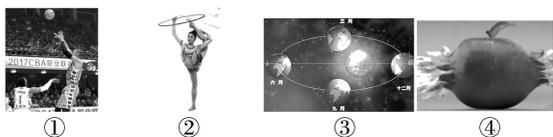
【参考答案】 D



【名师解析】以时速 110 公里行驶了 200 公里，其中“时速 110 公里”、“行驶 200 公里”分别是指速率、路程，选项 D 正确。

强化训练

1. 观察图所示四幅图，对图中各运动物体的描述正确的是()



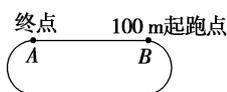
- A. 图①中研究投出的篮球运动路径时不能将篮球看成质点
- B. 图②中观众欣赏体操表演时不能将运动员看成质点
- C. 图③中研究地球绕太阳公转时不能将地球看成质点
- D. 图④中研究子弹头射穿苹果的时间时可将子弹看成质点

2. 观察图中的烟和小旗，关于甲、乙两车相对于房子的运动情况，下列说法正确的是()



- A. 甲、乙两车一定向左运动
- B. 甲、乙两车一定向右运动
- C. 甲车可能运动，乙车向右运动
- D. 甲车可能静止，乙车向左运动

3. (多选) 同学们都喜欢上体育课，一年一度的学校运动会同学们更是期待很大。如图所示为某学校田径运动场跑道的示意图，其中 A 点是所有跑步项目的终点，也是 400 m、800 m 赛跑的起跑点，B 点是 100 m 赛跑的起跑点。在一次校运动会中，甲、乙、丙三位同学分别参加了 100 m、400 m 和 800 m 赛跑，则从开始比赛到比赛结束时()



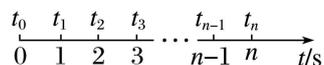
- A. 甲的位移最大
- B. 丙的位移最大



C. 因为位移是矢量，所以这两个矢量的大小无法比较

D. 物体由 A 到 B 的合位移 $\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2$

9.(多选)如图所示的时间轴中，下列关于时刻和时间间隔的说法中正确的是()



A. t_2 表示时刻，称为第 2 s 末或第 3 s 初

B. $t_2 \sim t_3$ 表示时间间隔，称为第 3 s 内

C. $t_0 \sim t_2$ 表示时间间隔，称为前 2 s 或第 2 s 内

D. $t_{n-1} \sim t_n$ 表示时间间隔，称为第 $(n-1)$ s 内

10. 在离地高 3 m 处将一个小球竖直向上抛出，球上升 2 m 后开始下落，以抛出点为坐标原点，向上为正方向，则小球在最高点和落地时的位置坐标为()

A. 2 m 3 m

B. 2 m -3 m

C. 5 m -2 m

D. 5 m 0

参考答案

1. 【答案】 B

【解析】 在研究篮球的运动路径和地球绕太阳公转时，篮球和地球的大小是次要因素，可以将其看成质点，观众在欣赏体操表演和研究子弹射穿苹果的时间时，运动员和子弹的大小、形状不能被忽略，不能看成质点，综上所述应选择 B.

2. 【答案】 D

【解析】 题图中房子相对于地面是静止的，由烟囱冒出的烟向左飘，可知此时风向向左(相对于地面而言). 甲车上的小旗向左飘，则有三种可能的情况：一是甲车不动，风把小旗向左吹；二是甲车向右运动，风相对甲车向左，风把小旗向左吹；三是甲车向左运动但速度小于风速，因此风仍能把小旗向左吹. 对于乙车，则只有乙车向左运动并且速度大于风速时，才能使小旗向右飘. 故只有选项 D 正确.



3. 【答案】AD

【解析】甲同学的初、末位置直线距离为 100 m，位移大小为 100 m，路程也是 100 m；乙同学路程为 400 m，但初、末位置重合，位移大小为零；丙同学路程为 800 m，初、末位置重合，位移大小也为零，所以甲的位移最大，丙的路程最大，A、D 正确。

4. 【答案】AC

【解析】同向运动时，甲观察到乙时是以甲为参考系，此时乙以 5 m/s 的速度远离，故 A 正确；同向运动时，乙观察到甲时是以乙为参考系，此时甲以 5 m/s 的速度远离，故 B 不正确；反向运动时，甲观察到乙时是以甲为参考系，此时乙以 15 m/s 的速度远离，故 C 正确；反向运动时，乙观察到甲时是以乙为参考系，此时甲以 15 m/s 的速度远离，故 D 不正确。

5. 【答案】D

【解析】“质点”是为了研究问题简单而引入的理想化的物理模型，所以从科学方法上来说属于理想物理模型，选项 D 正确，A、B、C 错误。

6. 【答案】A

【解析】“桥流水不流”可以理解为桥在运动，水在静止。以水为参考系，桥相对于水的位置发生了变化，则桥是运动的，选项 A 正确；以桥为参考系，则桥是静止的，而水相对于桥的位置发生了变化，则水是运动的，选项 B 错误；以人为参考系，因为人在桥上走，人相对于桥的位置发生了变化，桥是运动的，而水相对于人的位置也发生了变化，所以水也是运动的，选项 C 错误；以河岸为参考系，河岸相对于桥的位置没有发生变化，桥是静止的，水相对于河岸的位置发生了变化，所以水是运动的，选项 D 错误。

7. 【答案】BCD

【解析】由于 $x_{AC} = -2$ m，因此质点在 $A \rightarrow B \rightarrow C$ 的时间内，位移大小为 2 m，位移方向为 A 到 C，沿 x 轴负方向，所以位移为 -2 m，路程为 4 m，A 错误；在 $B \rightarrow D$ 的时间内，质点经过的路程为 4 m，位移方向由 B 指向 D，与正方向相反，沿 x 轴负方向，所以位移为 -4 m，路程为 4 m，B 正确；当质点到达 D 点时，位置在原点的左侧，坐标为 -2 m，C 正确；当质点到达 D 点时，在 A 点左侧 3 m 处，规定向右为正方向，所以相对于 A 点的位移为 -3 m，D 正确。

8. 【答案】AD

【解析】位移是矢量，比较位移的大小时，只需比较数值，不要带正负号，选项 B、C 错误，A 正确；因 $\Delta x_1 = x_C - x_A$ ， $\Delta x_2 = x_B - x_C$ ，所以物体由 A 到 B 的合位移 $\Delta x = x_B - x_A = \Delta x_1 + \Delta x_2$ ，选项 D 正确。

9. 【答案】AB



【解析】 t_2 表示时间轴上的一个点，所以表示时刻，称为第 2 s 末或第 3 s 初，A 正确； $t_2 \sim t_3$ 表示时间轴上的一段距离，所以为时间间隔，称为第 3 s 内，B 正确； $t_0 \sim t_2$ 表示时间轴上的一段距离，所以为时间间隔，称为前 2 s， $t_1 \sim t_2$ 称为第 2 s 内，C 错误； $t_{n-1} \sim t_n$ 表示时间间隔，称为第 n s 内，D 错误。

10. 【答案】 B

【解析】 坐标轴的正方向向上，则位置在原点以上为正，在原点以下为负. 小球最高点在原点以上且距原点 2 m，所以最高位置坐标是 2 m，同理落地时位置坐标是 -3 m，故 B 项正确.



作业（二）速度和加速度

知识梳理

一、速度

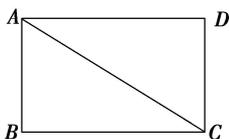
1. 定义：位移与发生这个位移所用时间的比值，叫作速度。
2. 表达式： $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 。
3. 单位：米每秒，符号是 m/s 或 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。1 m/s = 3.6 km/h。
4. 矢量性：速度是矢量，速度的方向就是物体运动的方向。
5. 物理意义：表示物体运动快慢的物理量。

二、加速度

1. 定义：速度的变化量与发生这一变化所用时间的比值，通常用 a 代表。
2. 表达式： $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{\Delta t}$ 。（ v_0 ：初速度； v ：末速度）
3. 单位：在国际单位制中是 m/s^2 。
4. 物理意义：描述物体运动速度变化快慢的物理量。

典例分析

【例 1】 如图所示，某质点沿边长 $AB=3\text{ m}$ ， $BC=4\text{ m}$ 的矩形从 A 点沿逆时针方向匀速率运动，在 5 s 内运动了矩形周长的一半到达 C 点。求：





(1)质点的位移和路程；

(2)平均速度和平均速率各为多大？

【思路点拨】：①求质点的位移和平均速度时必须指明其方向。

②求同一过程的平均速度和平均速率时对应时间相同，但前者对应质点的位移，后者对应质点的路程。

【答案】(1)5 m，方向由 A 指向 C 7 m (2)1 m/s，方向由 A 指向 C 1.4 m/s

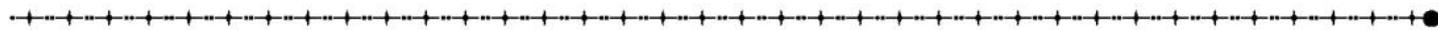
【解析】(1)位移大小 $AC = \sqrt{AB^2 + BC^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} \text{ m} = 5 \text{ m}$ ，方向由 A 指向 C。

路程 $L = AB + BC = 3 \text{ m} + 4 \text{ m} = 7 \text{ m}$ 。

(2)由平均速度公式 $\bar{v} = \frac{AC}{t} = \frac{5}{5} \text{ m/s} = 1 \text{ m/s}$ ，方向由 A 指向 C。

由平均速率公式 $\bar{v}' = \frac{L}{t} = \frac{7}{5} \text{ m/s} = 1.4 \text{ m/s}$ 。

【规律总结】



1. 平均速度 = $\frac{\text{位移}}{\text{时间}}$

2. 平均速率 = $\frac{\text{路程}}{\text{时间}}$

3. 速率：瞬时速度的大小。

4. 注意：(1)因为位移一般小于路程，所以平均速度一般小于平均速率，只有在单方向直线运动中，平均速度的大小才等于平均速率。

(2)瞬时速度的大小叫速率，但是平均速度的大小不是平均速率。

【例 2】一质点自原点开始在 x 轴上运动，初速度 $v_0 > 0$ ，加速度 $a > 0$ ， a 值不断减小直至为零的过程中，质点的()

A. 速度不断减小，位移不断减小

B. 速度不断减小，位移继续增大



C. 速度不断增大，当 $a=0$ 时，速度达到最大，位移不断增大

D. 速度不断减小，当 $a=0$ 时，位移达到最大值

【思路点拨】：①判断速度增大还是减小，要看速度方向与加速度方向是同向还是反向。

②判断位移增大还是减小，要看速度方向与位移方向是同向还是反向。

【答案】C

【解析】由于初速度 $v_0>0$ ，加速度 $a>0$ ，即速度和加速度同向，不管加速度大小如何变化，速度都是在增加的，当加速度减小时，相同时间内速度的增加量变小，即逐渐增加的慢了；当 $a=0$ 时，速度达到最大值，此后以该最大速度做匀速直线运动，位移不断增大，C 正确。

【规律总结】

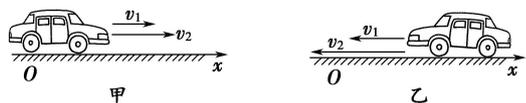


1.关于速度、速度变化量、加速度的五点提醒

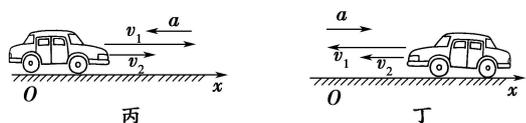
- (1)速度大，速度变化量、加速度不一定大.
- (2)速度变化量大，加速度、速度不一定大，它们之间无直接关系.
- (3)加速度大，速度不一定大.
- (4)加速度的方向与速度变化量的方向一定相同.
- (5)加速度的大小等于速度的变化率，但与 Δv 和 Δt 其中的任一个因素均无关.

2.物体运动性质的四种情况

(1) a 、 v 都为正或都为负时，物体做加速直线运动.



(2) a 、 v 一正一负时，物体做减速直线运动.





【真题链接】

(2017年11月浙江选考) 如图所示，两位同学从滑道最高端的同一位置先后滑下，到达低端的同一位置，对于整个下滑过程，两同学的()



- A、位移一定相同 B、时间一定相同 C、末速度一定相同 D、平均速度一定相同

【参考答案】A

【解题思路】根据题述，两位同学从滑道最高端的同一位置先后滑下，到达低端的同一位置，对于整个下滑过程，两同学的位移一定相同，时间一定不相同，末速度一定不相同，平均速度一定不相同，选项A正确BCD错误。

强化训练

- (多选) 下列关于速度方向的说法正确的是()
 - 物体在某点的速度方向就是物体的运动方向
 - 位移的方向和速度的方向一定不同
 - 匀速直线运动的速度方向是不变的
 - 匀速直线运动的速度方向是可以改变的
- (多选) 为提高百米赛跑运动员的成绩，教练分析了运动员跑百米全程的录相带，测得：运动员在前7 s跑了60.20 m, 7 s末到7.1 s末跑了0.92 m，跑到终点共用10 s，则下列说法正确的是()

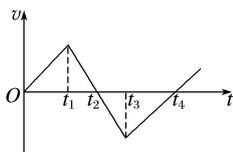
| | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| A. 运动员在百米过程中的平均速度是 10.00 m/s | B. 运动在前 7 s 的平均速度是 8.60 m/s |
| C. 运动员在 7 s 末的瞬时速度约为 9.20 m/s | D. 无法知道运动员在 7 s 末的瞬时速度 |
- 蹦床是运动员在一张绷紧的弹性网上蹦跳、翻滚并做各种空中动作的运动项目。一个运动员从高处自由



8. 一物体以 6 m/s 的速度沿一光滑倾斜木板从底端向上滑行，经过 2 s ，物体仍向上滑行，速度大小为 1 m/s ，若增大木板倾角，仍使物体以 6 m/s 的速度从底端向上滑行，经过 2 s ，物体向下滑行，其速度大小变为 1 m/s 。以沿木板向上为正方向，用 a_1 、 a_2 分别表示物体在前后两种情况下的加速度，则以下选项正确的是()

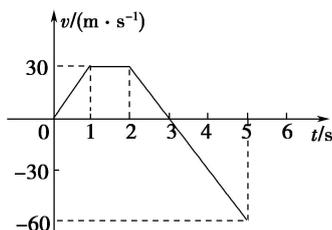
- A. $a_1 = -2.5 \text{ m/s}^2$, $a_2 = -2.5 \text{ m/s}^2$ B. $a_1 = -3.5 \text{ m/s}^2$, $a_2 = -3.5 \text{ m/s}^2$
 C. $a_1 = -2.5 \text{ m/s}^2$, $a_2 = -3.5 \text{ m/s}^2$ D. $a_1 = 3.5 \text{ m/s}^2$, $a_2 = -3.5 \text{ m/s}^2$

9. (多选) 如图所示为某质点运动的速度—时间图象，下列有关质点运动情况的判断正确的是()



- A. $0 \sim t_1$ 时间内加速度为正，质点做加速直线运动 B. $t_1 \sim t_2$ 时间内加速度为正，质点做减速直线运动
 C. $t_2 \sim t_3$ 时间内速度为负，质点做加速直线运动 D. $t_3 \sim t_4$ 时间内速度为负，质点做减速直线运动

10. (多选) 若某物体做直线运动的 $v-t$ 图象如图所示，则下列说法正确的是()



- A. $t=3 \text{ s}$ 时物体运动的速度方向发生改变 B. $t=3 \text{ s}$ 时物体运动的加速度方向发生改变
 C. $t=3 \text{ s}$ 时物体离出发点最远 D. $t=3 \text{ s}$ 时物体的加速度为零





参考答案

1. 【答案】AC

【解析】物体在某点的速度方向，就是物体的运动方向，选项 A 正确；直线运动中，位移的方向与速度的方向存在着相同和相反两种情况，选项 B 错误；速度不变的运动称为匀速直线运动，故选项 C 正确，选项 D 错误。

2. 【答案】ABD

【解析】由题意可知运动员的位移为 100 m，时间为 10 s，故平均速度 $v = \frac{100}{10} \text{ m/s} = 10.00 \text{ m/s}$ ，故 A 正确；前 7 s 运动员的平均速度为 $v_1 = \frac{60.20}{7} \text{ m/s} = 8.60 \text{ m/s}$ ，故 B 正确；由题意无法求出运动员在 7 s 末的瞬时速度，故 C 错误，D 正确。

3. 【答案】A

【解析】取竖直向下为正方向，则 $v_1 = 8 \text{ m/s}$ ， $v_2 = -10 \text{ m/s}$ ，则 $a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{-10 - 8}{1.2} \text{ m/s}^2 = -15 \text{ m/s}^2$ ，负号说明加速度的方向与正方向相反，即向上，选项 A 正确。

4. 【答案】B

【解析】雨滴做加速直线运动，加速度减小，雨滴下落的速度增加的越来越慢；加速度为零时，雨滴的速度最大，A 错，B 对；雨滴一直下落，位移逐渐增大，C 错；加速度即为速度变化率，加速度减小，故速度变化率减小，D 错。

5. 【答案】A

【解析】扑克牌的宽度约为子弹长度的 3 倍，即子弹穿越扑克牌的过程中位移大小为 $\Delta x = 4 \times 2.0 \text{ cm} = 8 \text{ cm}$ 。由 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 知穿过时间 $\Delta t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{8 \times 10^{-2}}{900} \text{ s} \approx 8.9 \times 10^{-5} \text{ s}$ ，A 正确。

6. 【答案】C

【解析】设两段相等位移均为 x ，则两段用时分别为 $t_1 = \frac{x}{v_1}$ ， $t_2 = \frac{x}{v_2}$ ，全程的平均速度 $v = \frac{2x}{t_1 + t_2} = \frac{2x}{\frac{x}{v_1} + \frac{x}{v_2}} = \frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2} = 12 \text{ m/s}$ ，故 C 选项正确。

7. 【答案】B



【解析】点火后即将升空的火箭，尽管速度为零，但速度变化很快，所以加速度很大，A 错；运动的磁悬浮列车在轨道上匀速行驶，军用喷气式飞机在空中沿直线匀速飞行，尽管速度很大，但是做匀速直线运动，由于速度不发生变化，所以加速度为零，C、D 均错；加速度是描述速度变化快慢的物理量，所以轿车紧急刹车，速度变化很快，加速度很大，B 对。

8. 【答案】 C

【解析】 以沿木板向上为正方向，

$$\text{第一种情况下的加速度 } a_1 = \frac{v-v_0}{t} = \frac{1-6}{2} \text{ m/s}^2 = -2.5 \text{ m/s}^2$$

$$\text{第二种情况下的加速度 } a_2 = \frac{v-v_0}{t} = \frac{-1-6}{2} \text{ m/s}^2 = -3.5 \text{ m/s}^2, \text{ 故 C 正确, A、B、D 错误.}$$

9. 【答案】 ACD

【解析】 $0 \sim t_1$ 时间内加速度为正，速度为正，两者方向相同，质点做加速直线运动，A 对； $t_1 \sim t_2$ 时间内加速度为负，速度为正，质点做减速直线运动，B 错误； $t_2 \sim t_3$ 时间内速度为负，加速度为负，质点做加速直线运动，C 对； $t_3 \sim t_4$ 时间内速度为负，加速度为正，质点做减速直线运动，D 对。

10. 【答案】 AC

【解析】根据速度的正负表示速度的方向，可知 $t=3 \text{ s}$ 时物体运动的速度方向发生改变，选项 A 正确；在 $2 \sim 5 \text{ s}$ 内直线的斜率一定，说明物体的加速度恒定，则 $t=3 \text{ s}$ 时物体运动的加速度方向没有发生改变，选项 B 错误；物体在前 3 s 内沿正方向运动， 3 s 后沿负方向运动，则 $t=3 \text{ s}$ 时物体离出发点最远，选项 C 正确；根据 $v - t$ 图象的斜率等于加速度，可知 $t=3 \text{ s}$ 时物体的加速度不为零，选项 D 错误。



作业（三）匀变速直线运动的规律

知识梳理

一、基本公式

(1) 速度公式： $v_t = v_0 + at$

(2) 位移公式：

① $x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$

② $x = \frac{v_0 + v_t}{2}t$

(3) 速度与位移的关系式： $v_t^2 - v_0^2 = 2ax$

二、常用推论

(1) $\Delta x = aT^2$ 即任意相邻相等时间内的位移之差相等。可以推广到 $x_m - x_n = (m - n)aT^2$

(2) $v_{t/2} = \frac{v_0 + v_t}{2} = \frac{x}{t}$ ，某段时间的中间时刻的即时速度等于该段时间内的平均速度。

$v_{x/2} = \sqrt{\frac{v_0^2 + v_t^2}{2}}$ ，某段位移的中间位置的即时速度公式（不等于该段位移内的平均速度）。

可以证明，无论匀加速还是匀减速，都有 $v_{t/2} < v_{x/2}$ 。

【强调】 运用匀变速直线运动的平均速度公式 $v_{t/2} = \frac{v_0 + v_t}{2} = \frac{x}{t}$ 解题，往往会使求解过程变得非常简捷，

因此，要对该公式给与高度的关注。



三、初速度为零的匀变速直线运动的重要推论

1. $1T$ 末、 $2T$ 末、 $3T$ 末……瞬时速度的比为

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

2. $1T$ 内、 $2T$ 内、 $3T$ 内……位移的比为

$$x_1 : x_2 : x_3 : \dots : x_n = 1^2 : 2^2 : 3^2 : \dots : n^2.$$

3. 第一个 T 内、第二个 T 内、第三个 T 内……位移的比为

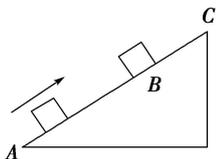
$$x_I : x_{II} : x_{III} : \dots : x_N = 1 : 3 : 5 : \dots : (2N-1).$$

4. 通过连续相等的位移所用时间的比为

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

典例分析

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



【答案】 t

【解析】解法一：逆向思维法

物体向上匀减速冲上斜面，相当于向下匀加速滑下斜面。故 $x_{BC} = \frac{1}{2}at_{BC}^2$ ， $x_{AC} = \frac{1}{2}a(t+t_{BC})^2$

又 $x_{BC} = x_{AC}/4$

解得 $t_{BC} = t$ 。

解法二：比例法

对于初速度为零的匀变速直线运动，在连续相等的时间里通过的位移之比为 $x_1 : x_2 : x_3 : \dots : x_n = 1 : 3 : 5 : \dots : (2n-1)$



现有 $x_{BC} : x_{BA} = (x_{AC}/4) : (3x_{AC}/4) = 1 : 3$

通过 x_{AB} 的时间为 t ，故通过 x_{BC} 的时间 $t_{BC} = t$ 。

解法三：中间时刻速度法

利用教材中的推论：中间时刻的瞬时速度等于这段位移的平均速度 $v_{AC} = (v_A + v_C)/2 = (v_0 + 0)/2 = v_0/2$

又 $v_0^2 = 2ax_{AC}$ ， $v_B^2 = 2ax_{BC}$ ， $x_{BC} = x_{AC}/4$

由以上各式解得 $v_B = v_0/2$

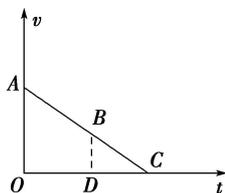
可以看出 v_B 正好等于 AC 段的平均速度，因此 B 点是时间中点的位置，因此有 $t_{BC} = t$ 。

解法四：图象法

利用相似三角形面积之比等于对应边平方比的方法，作出 $v-t$ 图象，如图所示， $S_{\triangle AOC}/S_{\triangle BDC} = CO^2/CD^2$ 且 $S_{\triangle AOC} = 4S_{\triangle BDC}$ ， $OD = t$ ， $OC = t + t_{BC}$

所以 $4/1 = (t + t_{BC})^2/t_{BC}^2$

解得 $t_{BC} = t$ 。



【规律总结】

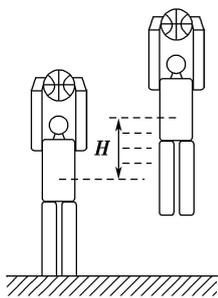
| 常用方法 | 规律特点 |
|------|---|
| 解析法 | 匀变速直线运动的常用公式有： 速度公式： $v = v_0 + at$ ；位移公式： $x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ ；速度、位移关系式： $v^2 - v_0^2 = 2ax$ ；平均速度公式 $\bar{v} = v \frac{t}{2} = \frac{v_0 + v}{2}$ 。以上四式均是矢量式，使用时一般取 v_0 方向为正方向，与 v_0 同向取正，反向取负；同时注意速度和位移公式是基本公式，可以求解所有问题，而使用推论可 |



| | |
|---|---|
| | 简化解题步骤 |
| 比例法 | 对于初速度为零的匀加速直线运动与末速度为零的匀减速直线运动，可利用初速度为零的匀加速直线运动的推论，用比例法解题 |
| 极值法 | 临界、极值问题的考查往往伴随着“恰好、刚刚、最大、最小”等字眼，极值法在追及等问题中有着广泛的应用 |
| 逆向思维法(反演法) | 把运动过程的“末态”作为“初态”的反向研究问题的方法，一般用于末态已知的情况 |
| 图象法 | 应用 $v-t$ 图象，可把较复杂的问题转变为较简单的数学问题解决，尤其是用图象定性分析，可避开繁杂的计算，快速找出答案 |
| 巧用推论 $\Delta x = x_{n+1} - x_n = aT^2$ 解题 | 匀变速直线运动中，在连续相等的时间 T 内的位移之差为一恒量，即 $x_{n+1} - x_n = aT^2$ ，对一般的匀变速直线运动问题，若出现相等的时间间隔问题，应优先考虑用 $\Delta x = aT^2$ 求解 |

【真题链接】

1.(2019·全国卷 I·T18)如图所示，篮球架下的运动员原地垂直起跳扣篮，离地后重心上升的最大高度为 H 。上升第一个 $\frac{H}{4}$ 所用的时间为 t_1 ，第四个 $\frac{H}{4}$ 所用的时间为 t_2 。不计空气阻力，则 $\frac{t_2}{t_1}$ 满足()



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

【答案】C

【解析】 本题应用逆向思维求解，即运动员的竖直上抛运动可等同于从一定高度处开始的自由落体运动，



所以第四个 $\frac{H}{4}$ 所用的时间为 $t_2 = \sqrt{\frac{2 \times \frac{H}{4}}{g}}$ ，第一个 $\frac{H}{4}$ 所用的时间为 $t_1 = \sqrt{\frac{2H}{g}} - \sqrt{\frac{2 \times \frac{3H}{4}}{g}}$ ，因此有 $\frac{t_2}{t_1} = \frac{1}{2 - \sqrt{3}}$
 $= 2 + \sqrt{3}$ ，即 $3 < \frac{t_2}{t_1} < 4$ ，选项 C 正确。

2. (2016·全国卷Ⅲ·T16) 一质点做速度逐渐增大的匀加速直线运动，在时间间隔 t 内位移为 s ，动能变为原来的 9 倍。该质点的加速度为()

- A. $\frac{s}{t^2}$ B. $\frac{3s}{2t^2}$ C. $\frac{4s}{t^2}$ D. $\frac{8s}{t^2}$

【答案】A

【解析】设初速度为 v_1 ，末速度为 v_2 ，根据题意可得 $9 \cdot \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_2^2$ ，解得 $v_2 = 3v_1$ ，根据 $v = v_0 + at$ ，可得 $3v_1 = v_1 + at$ ，解得 $v_1 = \frac{at}{2}$ ，代入 $s = v_1t + \frac{1}{2}at^2$ 可得 $a = \frac{s}{t^2}$ ，故 A 正确。

3. (上海高考) 物体做匀加速直线运动，相继经过两段距离为 16 m 的路程，第一段用时 4 s，第二段用时 2 s，则物体的加速度是()

- A. $\frac{2}{3} \text{ m/s}^2$ B. $\frac{4}{3} \text{ m/s}^2$ C. $\frac{8}{9} \text{ m/s}^2$ D. $\frac{16}{9} \text{ m/s}^2$

【答案】B

【解析】根据题意，物体做匀加速直线运动， t 时间内的平均速度等于 $\frac{t}{2}$ 时刻的瞬时速度，在第一段路程内中间时刻的瞬时速度为： $v_1 = \bar{v}_1 = \frac{16}{4} \text{ m/s} = 4 \text{ m/s}$ ；在第二段路程内中间时刻的瞬时速度为： $v_2 = \bar{v}_2 = \frac{16}{2} \text{ m/s} = 8 \text{ m/s}$ ；则物体加速度为： $a = \frac{v_2 - v_1}{t} = \frac{8 - 4}{3} \text{ m/s}^2 = \frac{4}{3} \text{ m/s}^2$ ，故 B 项正确。

强化训练

1. 一个向正东方向做匀变速直线运动的物体，在第 3 s 内发生的位移为 8 m，在第 5 s 内发生的位移为 5 m，则关于物体运动加速度的描述正确的是()

- A. 大小为 3 m/s^2 ，方向为正东方向 B. 大小为 3 m/s^2 ，方向为正西方向
 C. 大小为 1.5 m/s^2 ，方向为正东方向 D. 大小为 1.5 m/s^2 ，方向为正西方向



2. 一物体从斜面顶端由静止开始匀加速滚下，到达斜面中点用时 1 s，速度为 2 m/s，则下列说法正确()

- A. 斜面长度为 1 m B. 斜面长度为 2 m
C. 物体在斜面上运动的总时间为 2 s D. 到达斜面底端时的速度为 4 m/s

3. (多选)物体做匀加速直线运动，在时间 T 内通过位移 x_1 到达 A 点，接着在时间 T 内又通过位移 x_2 到达 B 点，则物体()

- A. 在 A 点的速度大小为 $\frac{x_1+x_2}{2T}$ B. 在 B 点的速度大小为 $\frac{3x_2-x_1}{2T}$
C. 运动的加速度为 $\frac{2x_1}{T^2}$ D. 运动的加速度为 $\frac{x_1+x_2}{T^2}$

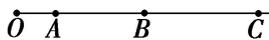
4. 一个物体从静止开始做匀加速直线运动，它在第 1 s 内与第 2 s 内的位移之比为 $x_1 : x_2$ ，在走完第 1 m 时与走完第 2 m 时的速度之比为 $v_1 : v_2$ 。以下说法正确的是()

- A. $x_1 : x_2 = 1 : 3$, $v_1 : v_2 = 1 : 2$ B. $x_1 : x_2 = 1 : 3$, $v_1 : v_2 = 1 : \sqrt{2}$
C. $x_1 : x_2 = 1 : 4$, $v_1 : v_2 = 1 : 2$ D. $x_1 : x_2 = 1 : 4$, $v_1 : v_2 = 1 : \sqrt{2}$

5. 一个做匀加速直线运动的物体，位移与时间的数量关系满足 $x = 4t + \frac{1}{3}t^2$ ，其初速度是()

- A. 4 m/s B. 2 m/s C. 1 m/s D. $\frac{1}{3}$ m/s

6. 如图所示，物体自 O 点由静止开始做匀加速直线运动，途经 A 、 B 、 C 三点，其中 A 、 B 之间的距离 $l_1 = 3$ m， B 、 C 之间的距离 $l_2 = 4$ m。若物体通过 l_1 、 l_2 这两段位移的时间相等，则 O 、 A 之间的距离 l 等于()



- A. $\frac{3}{4}$ m B. $\frac{4}{3}$ m C. $\frac{25}{8}$ m D. $\frac{8}{25}$ m

7. 质点做直线运动位移 x 与时间 t 关系为 $x = 10t - t^2$ ，则该质点()

- A. 运动的加速度大小为 1 m/s^2 B. 前 2s 内的平均速度是 9 m/s
C. 任意相邻 1s 内的位移差都是 1m D. 经 5s 速度减为零

8. 一列火车沿平直轨道从静止出发由 A 地驶向 B 地，列车先做匀加速运动，加速度大小为 a ，接着做匀减速



运动，加速度大小为 $2a$ ，到达 B 地时恰好静止，若 A 、 B 两地距离为 s ，则火车从 A 地到 B 地所用时间 t 为()

A. $\sqrt{\frac{3s}{4a}}$

B. $\sqrt{\frac{4s}{3a}}$

C. $\sqrt{\frac{3s}{a}}$

D. $\sqrt{\frac{3s}{2a}}$

9. 一辆汽车从静止开始做匀加速直线运动，已知途中先后经过相距 27 m 的 A 、 B 两点所用时间为 2 s ，汽车经过 B 点时的速度为 15 m/s 。求：

- (1) 汽车经过 A 点时的速度大小和加速度大小；
- (2) 汽车从出发点到 A 点经过的距离；
- (3) 汽车经过 B 点后再经过 2 s 到达 C 点，则 BC 间距离为多少？

10. A 、 B 两车沿同一直线同方向运动， A 车的速度 $v_A = 4\text{ m/s}$ ， B 车的速度 $v_B = 10\text{ m/s}$ 。当 B 车运动至 A 车前方 7 m 处时， B 车刹车并以 $a = 2\text{ m/s}^2$ 的加速度做匀减速运动，从该时刻开始计时，求：

- (1) A 车追上 B 车之前，两车间的最大距离；
- (2) 经多长时间 A 车追上 B 车。





参考答案

1. 【答案】D

【解析】设第3 s内、第5 s内的位移分别为 x_3 、 x_5 ，则 $x_5 - x_3 = 2aT^2$ ，解得 $a = -1.5 \text{ m/s}^2$ ， a 的方向为正西方向，D正确。

2. 【答案】B

【解析】物体从斜面顶端到斜面中点过程的平均速度 $\bar{v} = \frac{v_{\text{中}}}{2} = 1 \text{ m/s}$ ， $\frac{L}{2} = \bar{v} t_1 = 1 \text{ m}$ ， $L = 2 \text{ m}$ ，由 $\frac{1}{2}a \times (1 \text{ s})^2 = 1 \text{ m}$ ，得 $a = 2 \text{ m/s}^2$ ，故A错，B对；设到达中点时用时为 t_1 ，到达底端时用时为 t_2 ，则 $t_1 : t_2 = 1 : \sqrt{2}$ 得： $t_2 = \sqrt{2} \text{ s}$ ，故C错；由 $v = at$ 知， $v_{\text{底}} = 2\sqrt{2} \text{ m/s}$ ，故D错。

3. 【答案】AB

【解析】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 $v_A = \bar{v} = \frac{x_1 + x_2}{2T}$ ，A正确。设物体的加速度为 a ，则 $x_2 - x_1 = aT^2$ ，所以 $a = \frac{x_2 - x_1}{T^2}$ ，C、D均错误。物体在B点的速度大小为 $v_B = v_A + aT$ ，代入数据得 $v_B = \frac{3x_2 - x_1}{2T}$ ，B正确。

4. 【答案】 B

【解析】由初速度为零的匀变速直线运动的比例关系知 $x_1 : x_2 = 1 : 3$ ，由 $x = \frac{1}{2}at^2$ 知，走完1 m与走完2 m所用时间之比为 $t_1 : t_2 = 1 : \sqrt{2}$ ，又 $v = at$ ，可得 $v_1 : v_2 = 1 : \sqrt{2}$ ，B正确。

5. 【答案】 A

【解析】由 $x = v_0t + \frac{1}{2}at^2 = 4t + \frac{1}{3}t^2$ ，得初速度 $v_0 = 4 \text{ m/s}$ ，A正确，B、C、D错误。

6. 【答案】C

【解析】根据做匀变速直线运动的质点在相邻相等的时间内的位移差是一常量，设物体通过 l_1 和 l_2 这两段位移的时间都是 T ，可得 $l_2 - l_1 = aT^2$ 。根据做匀变速直线运动的质点在一段时间内的平均速度等于中间时刻的瞬时速度，可知物体通过B点时的速度 $v_B = \frac{l_1 + l_2}{2T}$ ，物体从O点匀加速运动到A点，根据匀变速直线运动规律， $v_B = \sqrt{2a(l + l_1)}$ ，联立解得 $l = \frac{25}{8} \text{ m}$ ，选项C正确。



7. 【答案】 D

【解析】把位移公式 $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ 与 $x = 10t - t^2$ 比较，得 $v_0 = 10 \text{ m/s}$ ，加速度 $a = -2 \text{ m/s}^2$ ，A 错误；

前 2s 内的位移 $x = 10 \times 2 - 2^2 = 16 \text{ m}$ ，则前 2s 内的平均速度 $\bar{v} = \frac{x}{t} = \frac{16}{2} = 8 \text{ m/s}$ ，B 错误；任意相邻 1s

内的位移差 $\Delta x = a t^2 = -2 \times 1^2 = -2 \text{ m}$ ，C 错误；5s 末的速度 $v = v_0 + a t = 10 - 2 \times 5 = 0$ ，D 正确，选 D。

8. 【答案】 C

【解析】设加速结束时的速度为 v ，由匀变速直线运动的速度与位移关系可得 $\frac{v^2}{2a} + \frac{v^2}{2 \cdot 2a} = s$ ，解得 $v = \sqrt{\frac{4as}{3}}$ ，

则整个过程中的平均速度为 $\bar{v} = \frac{v}{2} = \sqrt{\frac{as}{3}}$ ，故火车从 A 地到 B 地所用时间 $t = \frac{s}{\bar{v}} = \sqrt{\frac{3s}{a}}$ ，C 正确。

9. 【答案】 (1)12 m/s 1.5 m/s² (2)48 m (3)33 m

【解析】(1)设汽车运动方向为正方向，过 A 点时速度为 v_A ，

则 AB 段平均速度为 $\bar{v}_{AB} = \frac{v_A + v_B}{2}$

故 $x_{AB} = \bar{v}_{AB} t = \frac{v_A + v_B}{2} t$ ，解得 $v_A = 12 \text{ m/s}$ 。

对 AB 段： $a = \frac{v_B - v_A}{t_{AB}} = 1.5 \text{ m/s}^2$ 。

(2)设出发点为 O，对 OA 段($v_0 = 0$)：由 $v^2 - v_0^2 = 2ax$

得 $x_{OA} = \frac{v_A^2 - v_0^2}{2a} = 48 \text{ m}$ 。

(3)汽车经过 BC 段的时间等于经过 AB 段的时间，

由位移差公式有： $x_{BC} - x_{AB} = aT^2$ ，

得 $x_{BC} = x_{AB} + aT^2 = 27 \text{ m} + 1.5 \times 2^2 \text{ m} = 33 \text{ m}$ 。

10. 【答案】 (1)16 m (2)8 s

【解析】(1)设经时间 t_1 两车速度相等，当 B 车速度等于 A 车速度时，两车间距最大。

宝剑锋从磨砺出，梅花香自苦寒来



有： $v_B' = v_B - at_1$

$$v_B' = v_A$$

$$B \text{ 的位移: } x_B = v_B t_1 - \frac{1}{2} a t_1^2,$$

$$A \text{ 的位移: } x_A = v_A t_1,$$

$$\text{则: } \Delta x_m = x_B + 7 - x_A,$$

$$\text{解得: } \Delta x_m = 16 \text{ m.}$$

(2) 设追上前 B 车未停止，经时间 t_2 ， A 车追上 B 车，

$$\text{即: } v_B t_2 - \frac{1}{2} a t_2^2 + 7 = v_A t_2,$$

$$\text{解得: } t_2 = -1 \text{ s (舍去) 或 } t_2 = 7 \text{ s,}$$

当 $t_2 = 7 \text{ s}$ 时， $v_B' = v_B - at_2 = -4 \text{ m/s}$ ，故追上前 B 车早已停止运动

$$\text{故经时间 } t \text{ 追上, } \frac{v_B^2}{2a} + 7 = v_A t.$$

$$\text{解得: } t = 8 \text{ s.}$$



作业（四）运动学图像 追及相遇问题

知识梳理

1. 直线运动的 $x-t$ 图象

(1) 图象的物理意义

反映了做直线运动的物体的位置随时间变化的规律.

(2) 图线斜率的意义

①图线上某点切线的斜率大小表示物体速度的大小

②图线上某点切线的斜率正负表示物体速度的方向.

(3) 交点

两图线交点，表示两物体相遇.

2. 直线运动的 $v-t$ 图象

(1) 图象的物理意义

反映了做直线运动的物体的速度随时间变化的规律.

(2) 图线斜率的意义

①图线上某点切线的斜率大小表示物体加速度的大小.

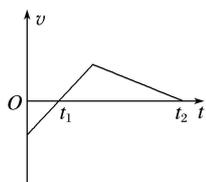
②图线上某点切线的斜率正负表示加速度的方向.

(3) 两种特殊的 $v-t$ 图象

①匀速直线运动的 $v-t$ 图象是与横轴平行的直线.

②匀变速直线运动的 $v-t$ 图象是一条倾斜的直线.

(4) 图象与时间轴围成的面积的意义(如图)



① 图象与时间轴围成的面积表示位移.

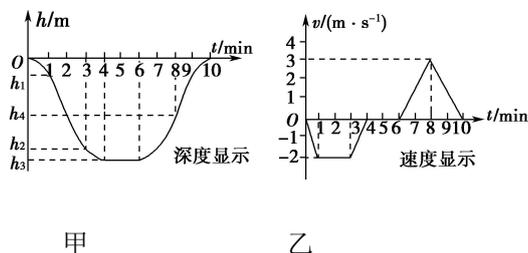
② 若此面积在时间轴的上方，表示这段时间内的位移方向为正；若此面积在时间轴的下方，表示这段时间内的位移方向为负.

(5) 交点

两图线交点表示此时两物体速度相同.

典例分析

【例 1】(多选)我国“蛟龙号”深潜器经过多次试验，终于在 2012 年 6 月 24 日以 7 020 m 深度创下世界最新纪录(国外最深不超过 6 500 m)，这预示着它可以征服全球 99.8% 的海底世界. 在某次实验中，深潜器内的显示屏上显示出的深度曲线如图甲所示、速度图象如图乙所示，则下列说法中正确的是()



- A. 图甲中 h_3 是本次实验下潜的最大深度
- B. 本次实验中深潜器的最大加速度是 0.025 m/s^2
- C. 在 3~4 min 和 6~8 min 的时间段内深潜器具有向上的加速度
- D. 在 6~10 min 时间段内深潜器的平均速度为 0

【答案】 AC

【解析】 根据图甲深度显示，可以直接看出蛟龙号下潜的最大深度是 h_3 ，A 正确；根据图乙可以求出 0~1 min 内蛟龙号的加速度 $a_1 = \frac{-2-0}{60} \text{ m/s}^2 = -\frac{1}{30} \text{ m/s}^2$ 3~4 min 内加速度 $a_2 = \frac{0-(-2)}{60} \text{ m/s}^2 = \frac{1}{30} \text{ m/s}^2$ 6~8

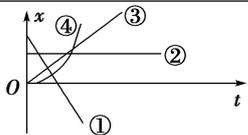
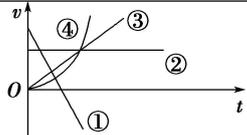


min 内加速度 $a_3 = \frac{3-0}{120} \text{ m/s}^2 = \frac{1}{40} \text{ m/s}^2$ 8~10 min 内加速度 $a_4 = \frac{0-3}{120} \text{ m/s}^2 = -\frac{1}{40} \text{ m/s}^2$ ，所以蛟龙号的最大

加速度为 $\frac{1}{30} \text{ m/s}^2$ ，B 错误；3~4 min 和 6~8 min 的时间段内潜水器的加速度方向向上，C 正确；6~10 min

时间段内潜水器在向上运动，位移不为零，所以平均速度不为零，D 错误。

【规律总结】

| | $x-t$ 图象 | $v-t$ 图象 |
|----------------|--|--|
| 典型 图象 |  <p>其中④为抛物线</p> |  <p>其中④为抛物线</p> |
| 意义 | 反映的是位移随时间的变化规律 | 反映的是速度随时间的变化规律 |
| 点 | 对应某一时刻物体所处的位置 | 对应某一时刻物体的速度 |
| 斜率 | 斜率的大小表示速度大小 斜率的正负表示速度的方向 | 斜率的大小表示加速度的大小 斜率的正负表示加速度的方向 |
| 截距 | 直线与纵轴截距表示物体在 $t=0$ 时刻距离原点的位移，即物体的出发点；在 t 轴上的截距表示物体回到原点的时间 | 直线与纵轴的截距表示物体在 $t=0$ 时刻的初速度；在 t 轴上的截距表示物体速度为 0 的时刻 |
| 两图 线的 交点 | 同一时刻各物体处于同一位置 | 同一时刻各物体运动的速度相同 |

【例 2】 一辆汽车在十字路口等候绿灯，当绿灯亮时汽车以 3 m/s^2 的加速度开始行驶，恰在这时一辆自行车以 6 m/s 的速度匀速驶来，从后面超过汽车。

(1) 汽车从路口开动后，在追上自行车之前经过多长时间两车相距最远？此时距离是多少？



(2)什么时候汽车追上自行车？此时汽车的速度是多少？

【答案】 (1)2 s 6 m (2)4 s 12 m/s

【解析】 (1)解法一：物理分析法

汽车开动后速度由零逐渐增大，而自行车的速度恒定。当汽车的速度还小于自行车的速度时，两者间的距离将越来越大，而一旦汽车的速度增加到超过自行车的速度，两车间的距离就将缩小，因此两者速度相等时两车相距最远。由 $v_{汽} = at = v_{自}$ 得 $t = \frac{v_{自}}{a} = 2 \text{ s}$ ， $\Delta x_{\max} = v_{自}t - \frac{1}{2}at^2 = 6 \text{ m}$ 。

解法二：用数学求极值方法求解

设汽车在追上自行车之前经时间 t 两车相距最远。

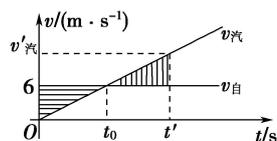
$$\text{有 } \Delta x = v_{自}t - \frac{1}{2}at^2 = 6t - \frac{3t^2}{2} = -\frac{3}{2}(t-2)^2 + 6$$

上式所有物理量均采用国际单位制单位

由二次函数求极值的条件知， $t=2 \text{ s}$ 时， Δx 最大， $\Delta x_{\max} = 6 \text{ m}$ 。

解法三：用图象法求解

自行车和汽车的 $v-t$ 图象如图所示，由图可以看出：在相遇之前，在 t_0 时刻两车速度相等时，自行车的位移(矩形面积)与汽车的位移(三角形面积)之差(即横线阴影部分面积)最大，所以， $t_0 = \frac{v_{自}}{a} = 2 \text{ s}$ ， $\Delta x_{\max} = \frac{1}{2} \times 2 \times 6 \text{ m} = 6 \text{ m}$ 。



(2)由图可以看出：在 t_0 时刻以后，由汽车的 $v-t$ 图线与自行车的 $v-t$ 图线组成的三角形面积(竖线阴影部分面积)与横线阴影部分的面积相等时，两车的位移相等，所以数学关系可得相遇时 $t' = 2t_0 = 4 \text{ s}$ ， $v'_{汽} = 2v_{自} = 12 \text{ m/s}$ 。

【规律总结】

解决追及与相遇问题的三种方法



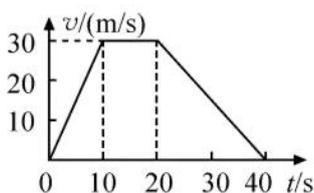
(1)物理分析法：抓住“两物体能否同时到达空间某位置”这一关键，认真审题，挖掘题中的隐含条件，在头脑中建立起一幅物体运动关系的图景，并画出运动情况示意图，找出位移关系。

(2)图象法：将两者的速度—时间图象在同一坐标系中画出，然后利用图象求解。

(3)数学分析法：设从开始至相遇时间为 t ，根据条件列方程，得到关于 t 的一元二次方程，用判别式进行讨论，若 $\Delta > 0$ ，即有两个解，说明可以相遇两次；若 $\Delta = 0$ ，说明刚好追上或相遇；若 $\Delta < 0$ ，说明追不上或不能相遇。

【真题链接】

1. **【2019·浙江选考】** 一辆汽车沿平直道路行驶，其 $v-t$ 图象如图所示。在 $t=0$ 到 $t=40$ s 这段时间内，汽车的位移是 ()

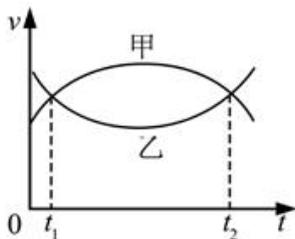


- A. 0 B. 30 m C. 750 m D. 1 200 m

【答案】C

【解析】 在 $v-t$ 图像中图线与时间轴围成的面积表示位移，故在 40 s 内的位移为 $x = \frac{1}{2} \times (10 + 40) \times 30 \text{ (m)} = 750 \text{ m}$ ，C 正确。

2. **【2018·新课标全国 II 卷】** 甲、乙两汽车同一条平直公路上同向运动，其速度—时间图象分别如图中甲、乙两条曲线所示。已知两车在 t_2 时刻并排行驶，下列说法正确的是 ()



- A. 两车在 t_1 时刻也并排行驶 B. t_1 时刻甲车在后，乙车在前



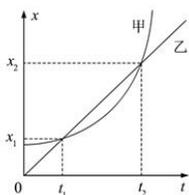
C. 甲车的加速度大小先增大后减小

D. 乙车的加速度大小先减小后增大

【答案】BD

【解析】 $v-t$ 图象中图象包围的面积代表运动走过的位移，两车在 t_2 时刻并排行驶，利用逆向思维并借助于面积可知在 t_1 时刻甲车在后，乙车在前，故 A 错误，B 正确；图象的斜率表示加速度，所以甲的加速度先减小后增大，乙的加速度也是先减小后增大，故 C 错 D 正确。

3. 【2018·新课标全国 III 卷】甲乙两车在同一平直公路上同向运动，甲做匀加速直线运动，乙做匀速直线运动。甲乙两车的位置 x 随时间 t 的变化如图所示。下列说法正确的是（ ）

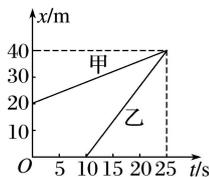
A. 在 t_1 时刻两车速度相等B. 从 0 到 t_1 时间内，两车走过的路程相等C. 从 t_1 到 t_2 时间内，两车走过的路程相等D. 从 t_1 到 t_2 时间内的某时刻，两车速度相等

【答案】CD

【解析】根据位移图象的物理意义可知，在 t_1 时刻两车的位置相同，速度不相等，乙车的速度大于甲车的速度，选项 A 错误；从 0 到 t_1 时间内，乙车走过的路程大于甲车，选项 B 错误；从 t_1 到 t_2 时间内，两车都是从 x_1 位置走到 x_2 位置，两车走过的路程相等，选项 C 正确；根据位移图象的斜率等于速度可知，从 t_1 到 t_2 时间内的某时刻，两车速度相等，选项 D 正确。

强化训练

1. 甲、乙两物体在同一直线上运动，其位移—时间图象如图 2 所示，由图象可知（ ）



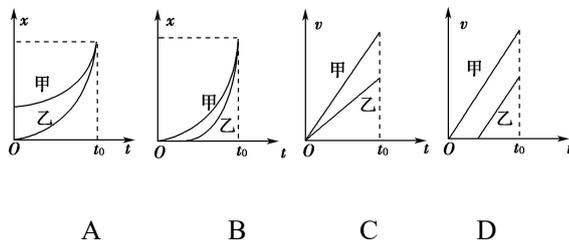
A. 甲比乙运动得快

B. 乙开始运动时，两物体相距 20 m

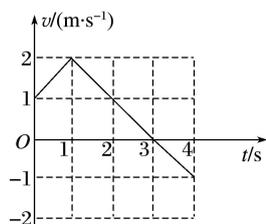


C. 在前 25 s 内，两物体距离先增大后减小 D. 在前 25 s 内，两物体位移大小相等

2. 甲、乙两个小球从不同高度做自由落体运动，同时落地。下列表示这一过程的位移—时间图象和速度—时间图象正确的是()

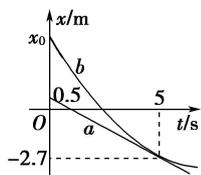


3. 某同学在开展研究性学习的过程中，利用速度传感器研究某一物体以初速度 1 m/s 做直线运动的速度 v 随时间 t 变化的规律，并在计算机上得到了前 4 s 内物体速度随时间变化的关系图象，如图所示。则下列说法正确的是()



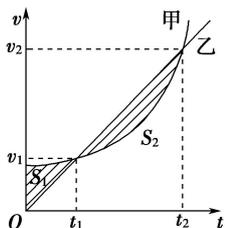
- A. 物体在 1 s 末速度方向改变
- B. 物体在 3 s 末加速度方向改变
- C. 前 4 s 内物体的最大位移出现在第 3 s 末，大小为 3.5 m
- D. 物体在第 2 s 末与第 4 s 末的速度相同

4.(多选) a 、 b 两质点在同一直线上运动的位移—时间图象如图所示， b 质点的加速度大小始终为 0.2 m/s^2 ，两图线相切于坐标为 $(5\text{s}, -2.7\text{m})$ 的点，则()



- A. 前 5 s 内， a 、 b 两质点的运动方向相同
- B. $t=5 \text{ s}$ 时， a 、 b 两质点的速度均为 -0.54 m/s
- C. b 质点的初速度是 -1.8 m/s
- D. 图中 x_0 应为 2.8

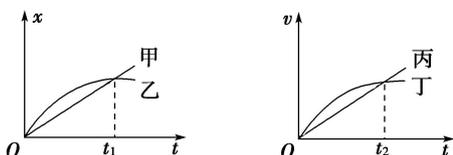
5. 甲、乙两车在平直的公路上沿相同的方向行驶，两车的速度 v 随时间 t 的变化关系如图所示，其中阴影部分面积分别为 S_1 、 S_2 ，下列说法正确的是()



A. 若 $S_1 = S_2$ ，则甲、乙两车一定在 t_2 时刻相遇 B. 若 $S_1 > S_2$ ，则甲、乙两车在 $0 \sim t_2$ 时间内不会相遇

C. 在 t_1 时刻，甲、乙两车的加速度相等 D. $0 \sim t_2$ 时间内，甲车的平均速度 $\bar{v} < \frac{v_1 + v_2}{2}$

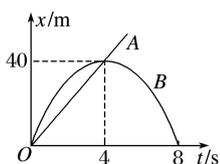
6. 如图所示的位移(x)—时间(t)图象和速度(v)—时间(t)图象中给出四条图线，甲、乙、丙、丁代表四辆车由同一地点向同一方向运动的情况，则下列说法正确的是()



A. 甲车做直线运动，乙车做曲线运动 B. $0 \sim t_1$ 时间内，甲车通过的路程大于乙车通过的路程

C. $0 \sim t_2$ 时间内，丙、丁两车在 t_2 时刻相距最远 D. $0 \sim t_2$ 时间内，丙、丁两车的平均速度相等

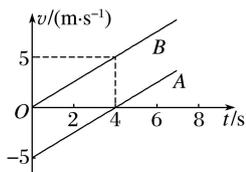
7. 如图所示，A、B 两质点同时同地沿同一直线运动，下列说法正确的是()



A. A 质点沿正方向做匀加速运动 B. B 质点沿正方向先减速后加速

C. 经过 4s，A 质点的位移小于 B 质点的位移 D. $0 \sim 4$ s 内，两质点间的距离先增大后减小

8. A、B 两物体运动的 v-t 图象如图所示，由图象可知()

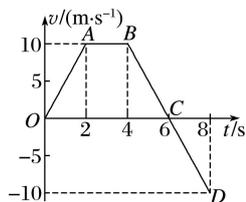


A. A、B 两物体运动方向始终相同 B. A、B 两物体的加速度在前 4s 内大小相等、方向相反



C. A、B 两物体在前 4 s 内不可能相遇 D. A、B 两物体若在 6 s 时相遇，则计时开始时二者相距 30 m

9. 一质点沿直线运动，其速度随时间变化的情况如图所示，设向右为正方向。求：



- (1) 质点在 AB 段、BC 段分别做什么运动？
- (2) 质点在 OA 段的加速度；
- (3) 质点在 8 s 内的位移。

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



参考答案

1. 【答案】 C

【解析】 位移—时间图象的斜率大小等于速度大小，由题图可知甲比乙运动得慢，故 A 错误；由题图可知：乙从原点出发，乙开始运动时，甲的位置坐标大于 20 m，则乙开始运动时两物体相距大于 20 m，故 B 错误；在 0~10 s 这段时间内，乙静止在原点，甲沿正向做匀速直线运动，则两物体间的距离逐渐增大，在 10~25 s 这段时间内，甲的速度大小小于乙的速度大小，甲在乙的前方，则两者距离逐渐减小，故 C 正确；在前 25 s 内，甲的位移为 $x_1 = 40 \text{ m} - 20 \text{ m} = 20 \text{ m}$ ，乙的位移为 $x_2 = 40 \text{ m} - 0 = 40 \text{ m}$ ，故 D 错误。

2. 【答案】 D

【解析】 由自由落体运动的位移时间公式可知从不同高度释放甲、乙两个小球，它们同时落地，即它们的位移大小不同，在空中运动的时间也不同，选项 A 中两小球的位移不同，在空中运动的时间相同，选项 B 中两小球的位移相同，在空中运动的时间不同，选项 A、B 均错误；由自由落体运动的速度时间公式可知甲、乙两个小球在空中运动的加速度(重力加速度 g)相同，即在 $v-t$ 图象中图线的斜率相同，但位移不同，开始运动的时刻不同，终止时刻相同，选项 C 错误，D 正确。

3. 【答案】 C

【解析】 由题图可知，0~1 s 内物体沿正方向做匀加速运动，1~3 s 内沿正方向做匀减速运动，3~4 s 内沿反方向做匀加速运动，故在第 3 s 末物体的速度为 0，位移最大， $x = \frac{1+2}{2} \times 1 \text{ m} + \frac{1}{2} \times 2 \times 2 \text{ m} = 3.5 \text{ m}$ ，1 s 末速度方向没有改变，图线的斜率表示加速度，故由题图可知 3 s 末加速度方向不变，物体在第 2 s 末与第 4 s 末的速度大小相等，方向相反，故 A、B、D 错误，C 正确。

4. 【答案】 AD

【解析】 位移—时间图象在某点切线的斜率表示在该点处的速度，由题意可知， a 质点在 $t=5 \text{ s}$ 前沿负方向做匀速直线运动， b 质点在 $t=5 \text{ s}$ 前沿负方向做匀减速直线运动，两质点的运动方向相同，选项 A 正确；两图线相切于坐标为 $(5 \text{ s}, -2.7 \text{ m})$ 的点，故在 $t=5 \text{ s}$ 时两质点的速度相同，且 $v = k = \frac{-2.7-0}{5-0.5} \text{ m/s} = -0.6 \text{ m/s}$ ，选项 B 错误；由题意可知，做匀减速直线运动的 b 质点加速度为 0.2 m/s^2 ，根据运动学公式有 $v = v_0 + at$ ，解得 $v_0 = -1.6 \text{ m/s}$ ，选项 C 错误；对于 b 质点，前 5 s 内有 $x = \bar{v} t_2 = \frac{-1.6-0.6}{2} \times 5 \text{ m} = -5.5 \text{ m}$ ，故 $x_0 = -2.7 - (-5.5) = 2.8$ ，选项 D 正确。]

5. 【答案】 D



【解析】速度—时间图象与坐标轴所围图形的面积表示位移，由于不知道最初甲、乙两车起点是否相同，因此，若 $S_1=S_2$ ，无法判断甲、乙两车是否在 t_2 时刻相遇，选项 A 错误；同理，若 $S_1>S_2$ ，甲、乙两车在 $0\sim t_2$ 时间内可能相遇，选项 B 错误；速度—时间图象的斜率表示加速度，在 t_1 时刻，甲的加速度小于乙的加速度，选项 C 错误；在 $0\sim t_2$ 时间内，甲车的平均速度 \bar{v} 小于 $t_1\sim t_2$ 时间内甲车的平均速度 \bar{v}_1 ，在 $t_1\sim t_2$ 时间内甲车的速度—时间图线与坐标轴所围图形的面积小于做匀加速直线运动时速度—时间图线与坐标轴所围图形的面积，因此 $\bar{v} < \bar{v}_1 < \frac{v_1+v_2}{2}$ ，选项 D 正确。

6. 【答案】 C

【解析】 $x-t$ 图象表示的是做直线运动的物体的位移随时间的变化情况，而不是物体运动的轨迹。由 $x-t$ 图象可知，甲、乙两车在 $0\sim t_1$ 时间内均做单向直线运动，且在这段时间内两车通过的位移和路程均相等，A、B 错误；在 $v-t$ 图象中， t_2 时刻丙、丁两车速度相同，故 $0\sim t_2$ 时间内， t_2 时刻两车相距最远，C 正确；由图线可知， $0\sim t_2$ 时间内丙车的位移小于丁车的位移，故丙车的平均速度小于丁车的平均速度，D 错误。

7. 【答案】 D

【解析】 $x-t$ 图象的斜率等于质点的速度，则由题图可知，A 质点沿正方向做匀速运动，B 质点先沿正方向减速运动，后沿负方向加速运动，选项 A、B 错误；经过 4 s，A 质点的位移等于 B 质点的位移，选项 C 错误；由题图可知， $0\sim 4$ s 内，两质点间的距离先增大后减小，选项 D 正确。

8. 【答案】 D

【解析】 A 物体先向负方向做减速运动，然后向正方向做加速运动，B 物体一直向正方向加速，故选项 A 错误；直线的斜率等于加速度，则 A、B 两物体的加速度在前 4 s 内大小相等、方向相同，选项 B 错误；前 4 s 内两物体运动方向相反，因不知起始位置，则 A、B 两物体在前 4 s 内可能相遇，选项 C 错误；由题图可知，6 s 时 $v_A=2.5$ m/s， $v_B=7.5$ m/s，若 A、B 两物体在 6 s 时相遇，则计时开始时二者相距 $\frac{1}{2}\times 6\times 7.5$ m + $(\frac{1}{2}\times 4\times 5 - \frac{1}{2}\times 2\times 2.5)$ m = 30 m，选项 D 正确。

9. 【答案】 (1)AB 段做匀速直线运动、BC 段做匀减速直线运动 (2)5 m/s² (3)30 m

【解析】 (1)质点在 AB 段做匀速直线运动、在 BC 段做匀减速直线运动

$$(2)OA \text{ 段的加速度 } a = \frac{v-v_0}{t} = \frac{10}{2} \text{ m/s}^2 = 5 \text{ m/s}^2$$

$$(3)\text{质点在前 6 s 的位移 } x_1 = (2+6)\times \frac{10}{2} \text{ m} = 40 \text{ m};$$



质点在后 2 s 内的位移 $x_2 = \frac{2 \times (-10)}{2} \text{ m} = -10 \text{ m}$;

则质点在 8 s 内的位移 $x = x_1 + x_2 = 40 \text{ m} + (-10) \text{ m} = 30 \text{ m}$.

10. 【答案】 5 : 7

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

$$v = at_0, \quad s_1 = \frac{1}{2}at_0^2, \quad s_2 = vt_0 + \frac{1}{2}(2a)t_0^2$$

设汽车乙在时刻 t_0 的速度为 v' ，在第一、二段时间间隔内行驶的路程分别为 s_1' 、 s_2' .同样有 $v' = (2a)t_0$ ， $s_2' = \frac{1}{2}(2a)t_0^2$ ， $s_1' = v't_0 + \frac{1}{2}at_0^2$ ，设甲、乙两车行驶的总路程分别为 s 、 s' ，则有

$$s = s_1 + s_2, \quad s' = s_1' + s_2'$$

联立以上各式解得，甲、乙两车各自行驶的总路程之比为

$$s : s' = 5 : 7.$$



作业（五）自由落体运动

知识梳理

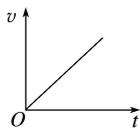
一、自由落体运动

1.自由落体运动

(1)自由落体运动实质上是初速度 $v_0=0$ 、加速度 $a=g$ 的匀加速直线运动，是匀变速直线运动的一个特例。

(2)自由落体运动是一种理想化的运动模型.只有当空气阻力比重力小得多，可以忽略时，物体的下落才可以当做自由落体运动来处理。

(3)运动图象：自由落体运动的 $v-t$ 图象(如图)是一条过原点的倾斜直线，斜率 $k=g$ 。



2.自由落体加速度(重力加速度)

(1)方向：总是竖直向下，但不一定垂直地面；

(2)大小：①在同一地点，重力加速度都相同.②地球上纬度不同的地点重力加速度不同，其大小随纬度的增加而增大，赤道上最小，两极处最大，但各处的重力加速度都接近于 9.8 m/s^2 ，因此一般计算中 g 取 9.8 m/s^2 或 10 m/s^2 。

二、自由落体运动的规律

1.自由落体运动的基本公式

匀变速直线运动规律 $\xrightarrow{\text{特例}}$ 自由落体运动规律

$$\begin{cases} v = v_0 + at \\ x = v_0t + \frac{1}{2}at^2 \\ v^2 - v_0^2 = 2ax \end{cases} \xrightarrow[\begin{smallmatrix} v_0=0 \\ a=g \end{smallmatrix}]{\text{特例}} \begin{cases} v = gt \\ h = \frac{1}{2}gt^2 \\ v^2 = 2gh \end{cases}$$



2. 匀变速直线运动的一切推论公式，如平均速度公式、位移差公式、初速度为零的匀变速直线运动的比例式，都适用于自由落体运动。

典例分析

【例 1】从离地面 80 m 的空中自由落下一个小球， g 取 10 m/s^2 ，求：

- (1) 经过多长时间落到地面；
- (2) 自开始下落时计时，在第 1 s 内和最后 1 s 内的位移；
- (3) 下落时间为总时间的一半时的位移。

【思路点拨】：① 小球做自由落体运动的高度为 80 m.

② 小球在最后 1 s 内的位移是下落的总位移与前 $(t-1)$ s 内的位移之差.

【答案】 (1) 4 s (2) 5 m 35 m (3) 20 m

【解析】 (1) 由 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 得，下落总时间为 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 80}{10}} \text{ s} = 4 \text{ s}$.

(2) 小球第 1 s 内的位移为

$$h_1 = \frac{1}{2}gt_1^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 1^2 \text{ m} = 5 \text{ m}$$

小球前 3 s 内的位移为

$$h_3 = \frac{1}{2}gt_3^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 3^2 \text{ m} = 45 \text{ m}$$

小球从第 3 s 末到第 4 s 末的位移，即最后 1 s 内的位移为

$$h_4 = h - h_3 = 80 \text{ m} - 45 \text{ m} = 35 \text{ m}.$$

(3) 小球下落时间的一半 $t' = \frac{t}{2} = 2 \text{ s}$

这段时间内的位移为

$$h' = \frac{1}{2}gt'^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 2^2 \text{ m} = 20 \text{ m}.$$



【规律总结】

自由落体运动的处理技巧

(1)自由落体运动是匀变速直线运动的特例，分析匀变速直线运动的各种方法对于自由落体运动仍然适用。

(2)自由落体运动的中间一段过程的分析方法。

①自由落体运动法：从物体下落时开始研究，如求物体下落后第4 s内的位移，可以用自由落体前4 s的位移与前3 s的位移的差求得。

②匀加速直线运动法：如求物体下落后第4 s内的位移，可以先根据 $v_0 = gt_1$ 求出第4 s内的初速度，再利用 $h = v_0 t_2 + \frac{1}{2} g t_2^2$ 求出相应的位移。

③灵活选用匀变速直线运动的基本公式及其推论，可收到事半功倍的效果。

【真题链接】

【2016·浙江理综·17】如图所示为一种常见的身高体重测量仪。测量仪顶部向下发射波速为 v 的超声波，超声波经反射后返回，被测量仪接收，测量仪记录发射和接收的时间间隔。质量为 M_0 的测重台置于压力传感器上，传感器输出电压与作用在其上的压力成正比。当测重台没有站人时，测量仪记录的时间间隔为 t_0 ，输出电压为 U_0 ，某同学站上测重台，测量仪记录的时间间隔为 t ，输出电压为 U ，则该同学身高和质量分别为 ()



- A. $v(t_0 - t)$, $\frac{M_0 U}{U_0}$ B. $\frac{1}{2}v(t_0 - t)$, $\frac{M_0 U}{U_0}$
- C. $v(t_0 - t)$, $\frac{M_0}{U_0}(U - U_0)$ D. $\frac{1}{2}v(t_0 - t)$, $\frac{M_0}{U_0}(U - U_0)$



【答案】D

【解析】由于传感器输出电压与作用在其上的压力成正比，则测重台上没有人站立时， $U_0 = kM_0g$ ，该同学站立在测重台上时， $U = k(M_0 + M)g$ ，两方程相比可得：该同学的质量 $M = \frac{M_0}{U_0}(U - U_0)$ ；

设测量仪顶部距测重台的高度为 L ，该同学的身高为 h ，则

$$L = \frac{1}{2}vt_0$$

站人时有

$$L - h = \frac{1}{2}vt$$

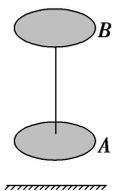
联立可得 $h = \frac{1}{2}v(t_0 - t)$ ，选项 D 正确，选项 A、B、C 错误。

强化训练

- 关于重力加速度的说法，正确的是()
 - 在比萨斜塔同时由静止释放一大一小两个金属球，二者同时着地，说明二者运动的加速度相同，这个加速度就是当地的重力加速度
 - 地球上各处的重力加速度 g 值都相同
 - 济南的重力加速度为 9.8 m/s^2 ，说明在济南做下落运动的物体，每经过 1 s 速度增加 9.8 m/s
 - 黑龙江和广州的重力加速度都竖直向下，两者的方向相同
- (多选)关于自由落体运动，下列说法正确的是()
 - 初速度为零的竖直向下的运动是自由落体运动
 - 只在重力作用下的竖直向下的运动是自由落体运动
 - 自由落体运动在任意相等的时间内速度变化量相等
 - 自由落体运动是初速度为零、加速度为 g 的匀加速直线运动
- (多选)如图所示，两位同学合作估测反应时间，甲捏住直尺顶端，乙在直尺下部做握尺的准备(但手不与

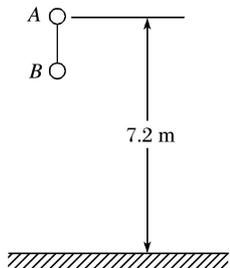


t_1 , A 落地时的瞬时速率为 v_1 , 从 A 落地到 B 落在 A 上历时 t_2 , B 落在 A 上时的瞬时速率为 v_2 , 则()



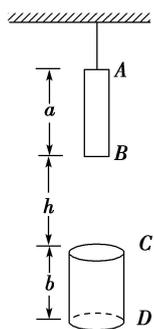
- A. $t_1 > t_2$
- B. $t_1 = t_2$
- C. $v_1 : v_2 = 1 : 2$
- D. $v_1 : v_2 = 1 : 3$

9. 在离地面 7.2 m 处，手提 2.2 m 长的绳子的上端如图所示，在绳子的上下两端各拴一小球，放手后小球自由下落(绳子的质量不计，球的大小可忽略， $g = 10 \text{ m/s}^2$)求：



- (1) 两小球落地时间相差多少？
- (2) B 球落地时 A 球的速度多大？

10. 如图所示，悬挂的直杆 AB 长为 a ，在 B 端以下 h 处有一长为 b 的无底圆柱筒 CD ，若将悬线剪断，问：



(1)直杆下端 B 穿过圆柱筒的时间是多少？

(2)整个直杆 AB 穿过圆柱筒的时间是多少？



参考答案

1. 【答案】 A

【解析】 在比萨斜塔释放的金属球，受到的空气阻力远小于球的重力，可以认为金属球做自由落体运动，故球运动的加速度为当地重力加速度，所以二者的加速度相同，A 正确；地球上各处的重力加速度的大小一般不同，方向也不同，故 B、D 错误；在济南下落的物体不一定做自由落体运动，其加速度也不一定等于重力加速度，故 C 错误。

2. 【答案】 CD

【解析】 选项 A 中，竖直向下的运动，有可能受到空气阻力或其他力的影响，下落的加速度不等于 g ，这样就不是自由落体运动，选项 B 中，物体有可能具有初速度，所以选项 A、B 错误；选项 C 中，因自由落体运动是匀变速直线运动，加速度恒定，由加速度的概念 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 可知， $\Delta v = g\Delta t$ ，所以若时间相等，则速度的变化量相等，故选项 C 正确；选项 D 可根据自由落体运动的性质判定是正确的。

3. 【答案】 BD

【解析】 在反应时间 $t = 0.4 \text{ s}$ 内，直尺下落的距离 $h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 0.4^2 \text{ m} = 0.8 \text{ m} = 80 \text{ cm}$ ，所以该直尺的最小长度是 80 cm，故 A 错误，B 正确。自由落体运动是初速度为零的匀加速直线运动，根据匀加速直线运动的规律可知，在相等时间间隔通过的位移是不断增加的，所以每个时间间隔在直尺上对应的长度是不相等的，故 C 错误，D 正确。

4. 【答案】 D

【解析】 初速度为零的匀变速直线运动，经过连续相同的位移所用时间之比为 $1 : (\sqrt{2} - 1) : (\sqrt{3} - \sqrt{2}) : \dots$ ，所以物体下落后半程的时间为 $(\sqrt{2} - 1) \text{ s}$ ，故 D 正确。

5. 【答案】 C

【解析】 ab 段的位移为 $x_{ab} = \frac{v^2}{2g}$ ， bc 段的位移为 $x_{bc} = \frac{(3v)^2 - v^2}{2g} = \frac{8v^2}{2g}$ ，所以 $x_{ab} : x_{bc} = 1 : 8$ ，选项 C 正确。

6. 【答案】 B

【解析】 根据 $h = \frac{1}{2}gt^2$ ，直杆自由下落到下端运动到隧道上沿的时间 $t_1 = \sqrt{\frac{2h_1}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 5 \text{ m}}{10 \text{ m/s}^2}} = 1 \text{ s}$ 。直杆自由下落到直杆的上端离开隧道下沿的时间 $t_2 = \sqrt{\frac{2h_2}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 15 \text{ m}}{10 \text{ m/s}^2}} = \sqrt{3} \text{ s}$ 。则直杆通过隧道的时间 $t = t_2 - t_1 = (\sqrt{3} - 1) \text{ s}$ 。



-1) s, 选项 B 正确, A、C、D 错误.

7. 【答案】 A

【解析】根据时间的对称性, 物体从 a 点到最高点的时间为 $\frac{T_a}{2}$, 从 b 点到最高点的时间为 $\frac{T_b}{2}$, 所以 a 点到最高点的距离 $h_a = \frac{1}{2}g(\frac{T_a}{2})^2 = \frac{gT_a^2}{8}$, b 点到最高点的距离 $h_b = \frac{1}{2}g(\frac{T_b}{2})^2 = \frac{gT_b^2}{8}$, 故 a 、 b 之间的距离为 $h_a - h_b = \frac{1}{8}g(T_a^2 - T_b^2)$, 故选 A.

8. 【答案】 BC

【解析】对垫片 A , 有 $l = \frac{1}{2}gt^2$, 对垫片 B , $l + 3l = \frac{1}{2}g(t_1 + t_2)^2$, 则 $t_1 = t_2$, 选项 A 错误, B 正确; 而 $v_1 = at_1$, $v_2 = a(t_1 + t_2)$, 故 $v_1 : v_2 = 1 : 2$, 选项 C 正确, D 错误.

9. 【答案】 (1)0.2 s (2)10 m/s

【解析】(1)设 B 球落地所需时间为 t_1 ,

因为 $h_1 = \frac{1}{2}gt_1^2$,

$$\text{所以 } t_1 = \sqrt{\frac{2h_1}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 7.2 - 2.2}{10}} \text{ s} = 1 \text{ s},$$

设 A 球落地所需时间为 t_2

$$\text{依 } h_2 = \frac{1}{2}gt_2^2 \text{ 得 } t_2 = \sqrt{\frac{2h_2}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 7.2}{10}} \text{ s} = 1.2 \text{ s}$$

所以两小球落地的时间差为 $\Delta t = t_2 - t_1 = 0.2 \text{ s}$.

(2)当 B 球落地时, A 球的速度与 B 球的速度相等.

即 $v_A = v_B = gt_1 = 10 \times 1 \text{ m/s} = 10 \text{ m/s}$.

10. 【答案】 (1) $\sqrt{\frac{2(h+b)}{g}} - \sqrt{\frac{2h}{g}}$ (2) $\sqrt{\frac{2(h+a+b)}{g}} - \sqrt{\frac{2h}{g}}$

【解析】(1)直杆下端 B 下落到 C (下落 h) 开始进入圆柱筒, 当直杆下端 B 下落到 D (下落 $h+b$) 时穿出圆柱筒.



由 $x = \frac{1}{2}gt^2$ 得 $t = \sqrt{\frac{2x}{g}}$.

则 B 下落到 C 点所需时间为 $t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$,

B 下落到 D 点所需时间 $t_2 = \sqrt{\frac{2(h+b)}{g}}$.

则直杆下端 B 穿过圆柱筒的时间是

$$\Delta t_1 = t_2 - t_1 = \sqrt{\frac{2(h+b)}{g}} - \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

(2) 整个直杆 AB 穿过圆柱筒，从 B 下落到 C 点(自由下落 h)起到 A 下落到 D 点(自由下落 $h+a+b$)止.

同理可得整个直杆 AB 穿过圆柱筒的时间是

$$\Delta t_2 = \sqrt{\frac{2(h+a+b)}{g}} - \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

作业（六）重力 弹力

知识梳理

一、力

1. 定义：力是物体与物体间的相互作用.
2. 作用效果：使物体发生形变或改变物体的运动状态(即产生加速度).



3. 性质：力具有物质性、相互性、矢量性、独立性等特征。
4. 四种基本相互作用：引力相互作用、电磁相互作用、强相互作用和弱相互作用。

二、重力

1. 产生：由于地球吸引而使物体受到的力。

注意：重力不是万有引力，而是万有引力竖直向下的一个分力。

2. 大小： $G=mg$ ，可用弹簧测力计测量。

注意：(1)物体的质量不会变；(2) G 的变化是由在地球上不同位置处 g 的变化引起的。

3. 方向：总是竖直向下。

注意：竖直向下是和水平面垂直，不一定和接触面垂直，也不一定指向地心。

4. 重心：物体的每一部分都受重力作用，可认为重力集中作用于一点，即物体的重心。

(1)影响重心位置的因素：物体的几何形状；物体的质量分布。

(2)不规则薄板形物体重心的确定方法：悬挂法。

注意：重心的位置不一定在物体上。

三、弹力

1. 弹力

(1)定义：发生形变的物体由于要恢复原状而对与它接触的物体产生的作用力。

(2)产生条件：

①物体间直接接触；

②接触处发生形变。

(3)方向：总是与施力物体形变的方向相反。

2. 胡克定律

(1)内容：在弹性限度内，弹力的大小和弹簧形变大小(伸长或缩短的量)成正比。

(2)表达式： $F=kx$ 。



① k 是弹簧的劲度系数，单位是牛顿每米，用符号 N/m 表示； k 的大小由弹簧自身性质决定。

② x 是弹簧长度的变化量，不是弹簧形变以后的长度。

典例分析

【例 1】 一根轻质弹簧一端固定，用大小为 50 N 的力压弹簧的另一端，平衡时长度为 $L_1=20\text{ cm}$ ；改用大小为 25 N 的力拉弹簧，平衡时长度为 $L_2=35\text{ cm}$ ；若弹簧的拉伸或压缩均在弹性限度内，求弹簧的原长和劲度系数。

【思路点拨】： ①弹簧压缩量为 $L_0-20\text{ cm}$ 时弹力为 50 N 。

②弹簧伸长量为 $35\text{ cm}-L_0$ 时弹力为 25 N 。

【答案】 30 cm 500 N/m

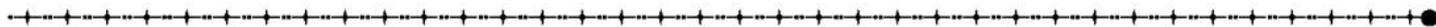
【解析】 设弹簧原长为 L_0 ，劲度系数为 k 。由胡克定律得：

$$F_1=k(L_0-L_1) \quad \text{①}$$

$$F_2=k(L_2-L_0) \quad \text{②}$$

联立①②两式得： $L_0=0.3\text{ m}=30\text{ cm}$ ， $k=500\text{ N/m}$ 。

【规律总结】



计算弹力大小的两种方法

(1)公式法：利用公式 $F=kx$ 计算，适用于弹簧、橡皮筋等物体的弹力的计算。

(2)二力平衡法：若物体处于静止状态，物体所受弹力与物体所受的其他力应为平衡力，可根据其他力的大小确定弹力的大小。

【例 2】 (多选)下列关于“嫦娥二号”受力的说法中正确的是()





- A. “嫦娥二号”在地球表面受到的重力大小与在月球表面受到的重力大小不相等
- B. “嫦娥二号”在地球表面受到的重力大小与在月球表面受到的重力大小相等
- C. 月球对“嫦娥二号”的引力的效果是改变它的运动状态
- D. “嫦娥二号”绕月球运行时，不再受重力作用

【答案】 AC

【解析】 “嫦娥二号”的质量不变，但重力加速度发生了变化，由 $G=mg$ 可知，“嫦娥二号”在地球表面受到的重力大小与在月球表面受到的重力大小不相等，A 正确，B、D 错误。引力的作用效果是改变物体的运动状态，C 正确。

【规律总结】



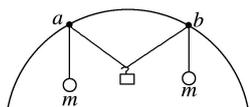
对重力认识的四个常见错误

- (1) 误认为重力与地球对物体的引力相同。
- (2) 误认为重力的方向垂直于支撑面。
- (3) 误认为重力的重心必在物体上。
- (4) 误认为重力的大小与物体运动状态有关。

【真题链接】



【2016·全国卷Ⅲ·17】 如图所示，两个轻环 a 和 b 套在位于竖直面内的一段固定圆弧上；一细线穿过两轻环，其两端各系一质量为 m 的小球。在 a 和 b 之间的细线上悬挂一小物块。平衡时， a 、 b 间的距离恰好等于圆弧的半径。不计所有摩擦。小物块的质量为()

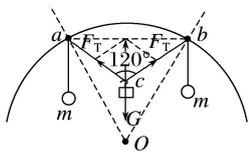


- A. $\frac{m}{2}$ B. $\frac{\sqrt{3}}{2}m$ C. m D. $2m$



【答案】 C

【解析】 如图所示，



圆弧的圆心为 O ，悬挂小物块的点为 c ，由于 $ab=R$ ，则 $\triangle aOb$ 为等边三角形，同一条细线上的拉力相等， $F_T=mg$ ，合力沿 Oc 方向，则 Oc 为角平分线，由几何关系知， $\angle acb=120^\circ$ ，故细线的拉力的合力与物块的重力大小相等，则每条细线上的拉力 $F_T=G=mg$ ，所以小物块质量为 m ，故 C 对。

【2017·新课标全国III卷】一根轻质弹性绳的两端分别固定在水平天花板上相距 80cm 的两点上，弹性绳的原长也为 80 cm。将一钩码挂在弹性绳的中点，平衡时弹性绳的总长度为 100 cm；再将弹性绳的两端缓慢移至天花板上的同一点，则弹性绳的总长度变为（弹性绳的伸长始终处于弹性限度内）（ ）

- A. 86 cm B. 92 cm C. 98 cm D. 104 cm

【答案】 B

【解析】 设弹性绳的劲度系数为 k ，左、右两半段绳的伸长量 $\Delta L = \frac{100 \text{ cm} - 80 \text{ cm}}{2} = 10 \text{ cm}$ ，由共点力的平衡条件可知，钩码的重力 $G = 2k\Delta L \frac{\sqrt{100^2 + 80^2}}{100} = 1.2k\Delta L$ ，将弹性绳的两端缓慢移至天花板上同一点时，钩码的重力 $G = 2k\Delta L'$ ，解得 $\Delta L' = 0.6\Delta L = 6 \text{ cm}$ ，则弹性绳的总长度变为 $80 \text{ cm} + 2\Delta L' = 92 \text{ cm}$ ，故选 B。

强化训练

1.如图所示，“马踏飞燕”是汉代艺术家高超的艺术技巧的结晶，是我国古代青铜艺术的稀世之宝，骏马之所以能用一只蹄稳稳地踏在飞燕上，是因为()



- A. 马是空心的
- B. 马蹄大
- C. 马的重心在飞燕上
- D. 马的重心位置和飞燕在一条竖直线上

2. 如图所示，一个空心均匀球壳里面注满水，空心球壳的正下方有一小孔，在水由小孔慢慢流出的过程中，空心球壳和水的总重心将会()

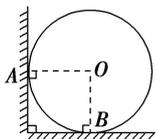


- A. 一直下降
- B. 一直上升
- C. 先升高后降低
- D. 先降低后升高

3. (多选)关于弹力，下列说法正确的是()

- A. 静止在水平面上的物体所受的重力就是它对水平面的压力
- B. 压力、支持力、绳的拉力都属于弹力
- C. 弹力的大小与物体的形变程度有关，在弹性限度内形变程度越大，弹力越大
- D. 弹力的方向总是与施力物体恢复形变的方向相同

4. 如图所示，一个球形物体静止于光滑水平面上，并与竖直光滑墙壁接触， A 、 B 两点是球跟墙和地面的接触点，则下列说法中正确的是()

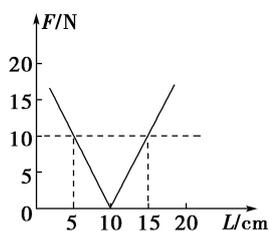


- A. 物体受重力、 B 点的支持力、 A 点的弹力作用
- B. 物体受重力、 B 点的支持力作用、地面的弹力作用
- C. 物体受重力、 B 点的支持力作用



D. 物体受重力、 B 点的支持力作用、物体对地面的压力作用

5.(多选)一轻质弹簧的长度 L 和弹力 F 大小的关系如图所示，根据图象判断，下列结论正确的是()



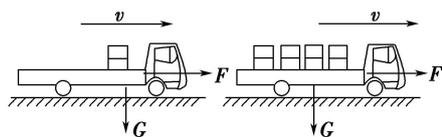
A. 弹簧的原长为 20 cm

B. 弹簧的劲度系数为 2 N/m

C. 弹簧的劲度系数为 200 N/m

D. 弹簧伸长 0.05 m 时，弹力的大小为 10 N

6. (多选)如图所示，两辆车在以相同的速度做匀速运动，根据图中所给信息和所学知识你可以得出的结论是()



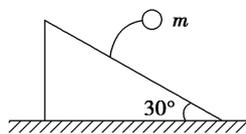
A. 物体各部分都受重力作用，但可以认为物体各部分所受重力集中于一点

B. 重力的方向总是垂直向下的

C. 物体重心的位置与物体形状和质量分布有关

D. 力是使物体运动的原因

7.如图所示，一根弹性杆的一端固定在倾角为 30° 的斜面上，杆的另一端固定一个质量为 $m=0.2\text{ kg}$ 的小球，小球处于静止状态，弹性杆对小球的弹力为(g 取 10 m/s^2)()



A. 大小为 2 N，方向平行于斜面向上

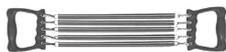
B. 大小为 1 N，方向平行于斜面向上

C. 大小为 2 N，方向垂直于斜面向上

D. 大小为 2 N，方向竖直向上

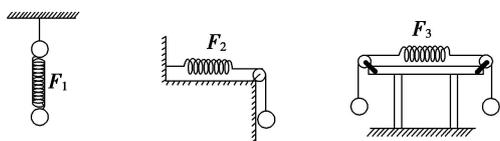


8.(多选)如图所示是锻炼身体用的拉力器，并列装有四根相同的弹簧，每根弹簧的自然长度都是 40 cm，某人用 600 N 的力把它们拉长至 1.6 m，则()



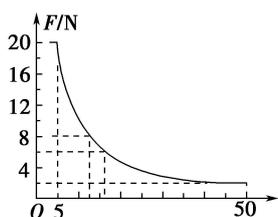
- A. 人的每只手受到拉力器的拉力为 300 N
- B. 每根弹簧产生的弹力为 150 N
- C. 每根弹簧的劲度系数为 125 N/m
- D. 每根弹簧的劲度系数为 500 N/m

9.如图所示的装置中，小球的质量均相同，弹簧和细线的质量均不计，一切摩擦忽略不计，平衡时各弹簧的弹力分别为 F_1 、 F_2 、 F_3 ，其大小关系是()



- A. $F_1 = F_2 = F_3$
- B. $F_1 = F_2 < F_3$
- C. $F_1 = F_3 > F_2$
- D. $F_3 > F_1 > F_2$

10.一根竖直悬挂的轻质弹簧，下端挂上 2 N 的物体时，其伸长量为 2 cm.一研究小组用它探究弹簧弹力和伸长量的关系，在弹簧弹性限度内，测出悬挂不同重物时，弹簧弹力和弹簧伸长量的关系，画出了如图所示的图象.该图象纵轴表示弹力 F ，单位为牛顿，图线为反比例关系的双曲线，因绘图同学的疏忽，忘记在横轴标出关于弹簧伸长量 x 的表达形式，请你帮助他写出横轴所表示的弹簧伸长量 x 的表达形式_____ . 图象中采用国际单位制，对应纵坐标为 4 N 的横坐标的坐标值应为_____ .





参考答案

1. 【答案】D

【解析】骏马之所以能用一只蹄稳稳地踏在飞燕上，是因为飞燕对马的支持力和马的重力在一条竖直线上，选项 A、B、C 错误，D 正确。

2. 【答案】D

【解析】当注满水时，球壳和水的重心均在球心，故它们的总重心在球心，随着水的流出，球壳的重心虽然仍在球心，但水的重心逐渐下降。开始一段时间内，球壳内剩余的水较多，随着水的重心下降，球壳和水的总重心也下降；后一段时间内，球壳内剩余的水较少，随着水的重心下降，球壳和水的总重心升高，剩余的水越少，总重心越靠近球心，最后水流完时，重心又回到球心。故球壳和水的总重心先降低后升高，选项 D 正确。

3. 【答案】BCD

【解析】静止在水平面上的物体受到的重力是地球的吸引产生的，而压力是由于形变引起的，二力不是同一种力，选项 A 错误；压力、支持力、绳子中的拉力均是由于形变而引起的，都属于弹力，选项 B 正确；弹力的大小与物体的形变程度有关，在弹性限度内形变程度越大，弹力越大，选项 C 正确；弹力的方向总是与施力物体恢复形变的方向相同，选项 D 正确。

4. 【答案】C

【解析】物体在竖直方向上受重力和支持力平衡，在水平方向上虽然与墙壁接触，但不挤压，不受墙壁的弹力，选项 C 正确，A、B、D 错误。

5. 【答案】CD

【解析】由题图知，当 $F=0$ 时，弹簧原长 $L_0=10$ cm，A 错；弹簧长度 $L=15$ cm 时， $F=10$ N，由胡克定律得，劲度系数 $k=\frac{F}{L-L_0}=\frac{10}{0.15-0.1}$ N/m=200 N/m，B 错，C 对；弹簧伸长 0.05 m 时，即弹簧长度为 15 cm



时，弹力的大小为 10 N，D 对。

6. 【答案】AC

【解析】物体各部分都受重力作用，但可以认为物体各部分所受重力集中于一点，这个点就是物体的重心，重力的方向总是和水平面垂直，是竖直向下而不是垂直向下，所以 A 正确，B 错误；从题图中可以看出，汽车(包括货物)的形状和质量分布发生变化，重心的位置就发生变化，故 C 正确；力不是使物体运动的原因而是改变物体运动状态的原因，所以 D 错误。

7. 【答案】D

【解析】球受重力 G 和弹力 F ，由二力平衡条件可知，杆对球的弹力方向与重力方向相反，竖直向上，大小 $F=G=mg=2\text{ N}$ ，故 D 正确。

8. 【答案】BC

【解析】每只手的拉力均为 600 N，故选项 A 错误；每根弹簧的弹力为 $F=\frac{600}{4}\text{ N}=150\text{ N}$ ，故选项 B 正确；每根弹簧的劲度系数 $k=\frac{F}{x}=\frac{150}{1.6-0.4}\text{ N/m}=125\text{ N/m}$ ，故选项 C 正确，D 错误。

9. 【答案】A

【解析】对小球受力分析，左边装置中下面小球受到重力 mg 和弹簧的弹力 F_1 作用，根据平衡条件可知， $F_1=mg$ ；其他两个装置中弹簧上弹力等于细线上拉力，对小球受力分析，根据平衡条件可知细线上拉力等于小球重力，则有 $F_2=F_3=mg$ 。因此， $F_1=F_2=F_3=mg$ ，故选项 A 正确。

10. 【答案】 $\frac{1}{x}$ 25

【解析】弹簧下端挂 2 N 的物体时，弹簧的伸长量为 2 cm，则由胡克定律 $F=kx$ 得 $k=100\text{ N/m}$ ，

$$\text{即 } F=100x(\text{N}) \quad \textcircled{1}$$

设图象中的横坐标为 a ，则图线表达式为 $F=\frac{k'}{a}$ (k' 为反比例函数的比例系数)，由图象可知，当 $a=5$ 时， $F=20$ ，所以 $k'=100$

$$\text{即 } F=\frac{100}{a}(\text{N}) \quad \textcircled{2}$$

由①②可得 $a=\frac{1}{x}$ ，故横轴表示的是 $\frac{1}{x}$ ，单位是 m^{-1} 。



由 $F = \frac{100}{a}$ 知，当 $F = 4 \text{ N}$ 时， $a = 25 (\text{m}^{-1})$.

作业（七）摩擦力

知识梳理

一、摩擦力

1. 定义：两个相互接触的物体，当它们发生相对运动或具有相对运动的趋势时，就会在接触面上产生阻碍相对运动或相对运动趋势的力。
2. 分类：静摩擦力、滑动摩擦力和滚动摩擦力。

二、静摩擦力

1. 定义：两个物体之间只有相对运动趋势，而没有相对运动时，产生的摩擦力叫做静摩擦力。
2. 方向：总是沿着接触面，并且跟物体相对运动趋势的方向相反。
3. 最大静摩擦力：静摩擦力有一个最大值 F_{fmax} ，在数值上等于物体刚要产生相对运动时所需要的沿相对运动趋势方向的外力。
4. 静摩擦力的大小：两物体间实际发生的静摩擦力 F_f 在 0 与 F_{fmax} 之间，即 $0 < F_f \leq F_{\text{fmax}}$ 。

三、滑动摩擦力

1. 定义：当一个物体在另一个物体表面滑动的时候，会受到另一个物体阻碍它滑动的力，这种力叫做滑动摩擦力。
2. 方向



总是沿着接触面，并且跟物体的相对运动的方向相反。

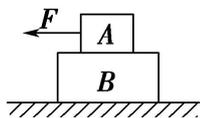
3.大小

滑动摩擦力的大小跟压力成正比。

公式： $F = \mu F_N$ ， μ 为动摩擦因数，它的数值跟相互接触的两个物体的材料和接触面的情况有关(填“有关”或“无关”)。

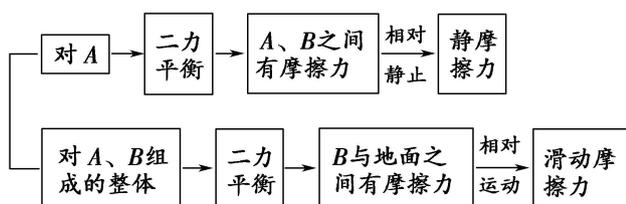
典例分析

【例1】如图所示，物体A、B叠放在水平地面上，水平力F作用在A上，使二者一起向左做匀速直线运动，下列说法正确的是()



- A. A、B之间无摩擦力
B. A受到B的摩擦力水平向左
C. B受到A的摩擦力水平向左
D. 地面对B的摩擦力为静摩擦力，水平向右

【思路点拨】：



【答案】C

【解析】对A物体，由于A匀速运动，由水平方向二力平衡可知，B对A的摩擦力必与F等值反向，故选项A、B错误；对B物体，由力的作用的相互性可知，A对B的摩擦力一定与B对A的摩擦力反向，故B受到A的摩擦力水平向左，选项C正确；对A、B整体分析，由于A、B一起向左匀速运动，则地面对B的摩擦力为滑动摩擦力，且水平向右，故选项D错误。

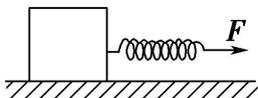
【规律总结】



静摩擦力与运动的关系辨析

- (1) 受静摩擦力作用的物体不一定是静止的，关键决定于相对另一物体是否有相对运动趋势。
- (2) 静摩擦力阻碍的是物体间的相对运动趋势，但不一定阻碍物体的运动，即静摩擦力不一定是阻力。方向与物体运动方向可能相同，也可能相反，还可能成一定夹角。
- (3) 皮带不打滑说明皮带与轮接触处，皮带相对于轮静止，静摩擦力对主动轮是阻力，对从动轮是动力。

【例 2】 如图所示，质量为 20 kg 的物体放在水平地面上，已知物体与水平地面间的最大静摩擦力为 120 N，动摩擦因数是 0.5，物体的一端与一根劲度系数为 4×10^3 N/m 的轻质弹簧相连(设弹簧的形变均在弹性限度内，取 $g = 10$ m/s²)，问：



- (1) 将弹簧拉长 2 cm 时，物体受到地面的摩擦力 F_{f1} 多大？
- (2) 将弹簧拉长 4 cm 时，物体受到地面的摩擦力 F_{f2} 多大？
- (3) 物体在水平面上匀速运动时，弹簧形变量 Δx 多大？

【思路点拨】： ①根据拉力 F 和最大静摩擦力的大小关系判断物体受静摩擦力还是滑动摩擦力。

②静摩擦力可用二力平衡关系求解，滑动摩擦力可用公式 $F = \mu F_N$ 求解。

【答案】 (1)80 N (2)100 N (3)0.025 m

【解析】 (1)根据胡克定律 $F = kx$ ，当 $x = 2$ cm = 0.02 m 时，

$$F_1 = 4 \times 10^3 \times 0.02 \text{ N} = 80 \text{ N}$$

由于拉力 F_1 小于最大静摩擦力，物体具有向右的运动趋势，此时物体受到地面的静摩擦力大小为 $F_{f1} = 80$ N。

(2)当 $x = 4$ cm = 0.04 m 时，

$$F_2 = 4 \times 10^3 \times 0.04 \text{ N} = 160 \text{ N}, \text{ 大于最大静摩擦力，物体已经运动，这时摩擦力为滑动摩擦力，大小为 } F_{f2} = \mu F_N = \mu mg = 0.5 \times 20 \times 10 \text{ N} = 100 \text{ N}.$$

(3)当物体在水平面上匀速运动时，物体受滑动摩擦力，摩擦力和拉力为一对平衡力，即弹簧拉力 $F = \mu mg = 100$ N，由 $F = k\Delta x$



$$\text{解得 } \Delta x = \frac{100}{4 \times 10^3} \text{ m} = 0.025 \text{ m}.$$

【规律总结】

求解滑动摩擦力大小的思路

(1)判断滑动摩擦力的有无：根据接触面的性质和物体间是否产生相对运动，确定物体之间是否存在滑动摩擦力。

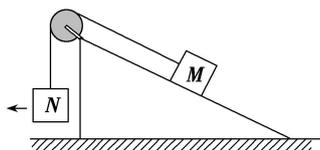
(2)求解方法的选取：

①如果物体做匀速直线运动，可根据二力平衡法和公式法求解滑动摩擦力大小。

②如果物体做非匀速直线运动，可根据公式 $F = \mu F_N$ 求解滑动摩擦力的大小。

【真题链接】

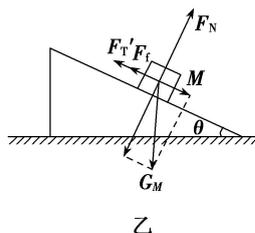
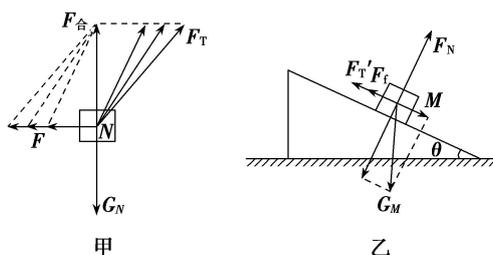
【2019·高考全国卷 I，T19】如图，一粗糙斜面固定在地面上，斜面顶端装有一光滑定滑轮。一细绳跨过滑轮，其一端悬挂物块 N ，另一端与斜面上的物块 M 相连，系统处于静止状态。现用水平向左的拉力缓慢拉动 N ，直至悬挂 N 的细绳与竖直方向成 45° 。已知 M 始终保持静止，则在此过程中()



- A. 水平拉力的大小可能保持不变 B. M 所受细绳的拉力大小一定一直增加
C. M 所受斜面的摩擦力大小一定一直增加 D. M 所受斜面的摩擦力大小可能先减小后增加

【答案】：BD

【解析】：选 N 为研究对象，受力情况如图甲所示，



用水平拉力 F 缓慢拉动 N 的过程中，水平拉力 F 逐渐增大，细绳的拉力 F_T 逐渐增大，故 A 错误，B 正确. 对于 M ，受重力 G_M 、斜面对它的支持力 F_N 、绳的拉力 F_T' (F_T' 与 F_T 大小始终相等) 以及斜面对它的摩擦力 F_f ，如图乙所示. 若开始时斜面对 M 的摩擦力 F_f 沿斜面向上，则 $F_T' + F_f = G_M \sin \theta$ ， F_T' 逐渐增大， F_f 逐渐减小，当 F_f 减小到零后，再反向增大；若开始时斜面对 M 的摩擦力沿斜面向下，此时， $F_T' = G_M \sin \theta + F_f$ ，当 F_T' 逐渐增大时， F_f 逐渐增大，故 C 错误，D 正确.

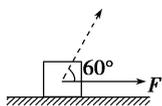
【2019·高考全国卷 II】 物块在轻绳的拉动下沿倾角为 30° 的固定斜面向上匀速运动，轻绳与斜面平行. 已知物块与斜面之间的动摩擦因数为 $\frac{\sqrt{3}}{3}$ ，重力加速度取 10 m/s^2 . 若轻绳能承受的最大张力为 1500 N ，则物块的质量最大为()

- A. 150 kg
- B. $100\sqrt{3} \text{ kg}$
- C. 200 kg
- D. $200\sqrt{3} \text{ kg}$

【答案】 A.

【解析】：设物块的质量最大为 m ，将物块的重力沿斜面方向和垂直斜面方向分解，由平衡条件，在沿斜面方向有 $F = mg \sin 30^\circ + \mu mg \cos 30^\circ$ ，解得 $m = 150 \text{ kg}$ ，A 项正确.

【2017·高考全国卷 II】 如图，一物块在水平拉力 F 的作用下沿水平桌面做匀速直线运动. 若保持 F 的大小不变，而方向与水平面成 60° 角，物块也恰好做匀速直线运动. 物块与桌面间的动摩擦因数为()



- A. $2 - \sqrt{3}$
- B. $\frac{\sqrt{3}}{6}$
- C. $\frac{\sqrt{3}}{3}$
- D. $\frac{\sqrt{3}}{2}$

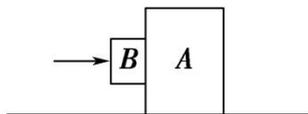
【答案】 C

【解析】：.当拉力水平时，物块做匀速运动，则 $F = \mu mg$ ，当拉力方向与水平方向的夹角为 60° 时，物块也



刚好做匀速运动，则 $F\cos 60^\circ = \mu(mg - F\sin 60^\circ)$ ，联立解得 $\mu = \frac{\sqrt{3}}{3}$ ，A、B、D 项错误，C 项正确。

【辽宁高考】如图所示，滑块 A 置于水平地面上，滑块 B 在一水平力作用下紧靠滑块 A (A、接触面竖直)，此时 A 恰好不滑动，B 刚好不下滑。已知 A 与 B 间的动摩擦因数为 μ_1 ，A 与地面间的动摩擦因数为 μ_2 ，最大静摩擦力等于滑动摩擦力。A 与 B 的质量的比值为()



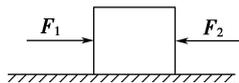
- A. $\frac{1}{\mu_1\mu_2}$
- B. $\frac{1-\mu_1\mu_2}{\mu_1\mu_2}$
- C. $\frac{1+\mu_1\mu_2}{\mu_1\mu_2}$
- D. $\frac{2+\mu_1\mu_2}{\mu_1\mu_2}$

【答案】 B

【解析】 B 恰好不下滑时， $\mu_1 F = m_B g$ ，A 恰好不滑动，则 $F = \mu_2(m_A g + m_B g)$ ，所以 $\frac{m_A}{m_B} = \frac{1-\mu_1\mu_2}{\mu_1\mu_2}$ ，选项 B 正确。

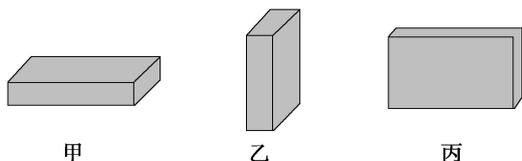
强化训练

1. 如图所示，静止在水平桌面上的木块在水平方向受到推力 F_1 、 F_2 和摩擦力 F_f 的作用。已知 $F_1 = 10\text{ N}$ ， $F_2 = 2\text{ N}$ ，则木块受到的摩擦力大小为()



- A. 2 N
- B. 10 N
- C. 8 N
- D. 12 N

2. 一物体置于粗糙水平地面上，按如图所示不同的放法，在水平力 F 的作用下运动，设地面与物体各接触面间的动摩擦因数相等，则木块受到的摩擦力的大小关系是()



- A. $F_{f甲} > F_{f乙} > F_{f丙}$
- B. $F_{f乙} > F_{f甲} > F_{f丙}$



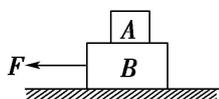
C. $F_{f丙} > F_{f乙} > F_{f甲}$

D. $F_{f甲} = F_{f乙} = F_{f丙}$

3. 下列关于静摩擦力的说法中，正确的是()

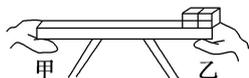
- A. 两个相对静止的物体间一定有静摩擦力
- B. 受静摩擦力作用的物体不一定是静止的
- C. 静摩擦力对物体的运动总是起阻碍作用
- D. 静摩擦力一定比滑动摩擦力大

4. (多选)水平力 F 作用在物体 B 上， A 、 B 一起做匀速直线运动，如图所示，则()



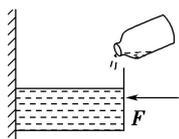
- A. A 、 B 之间无摩擦力
- B. A 受到的摩擦力水平向右
- C. B 与地面之间无摩擦力
- D. 地面对 B 的摩擦力水平向右

5. 如图所示，甲、乙两位同学做一种特殊的“拔河”游戏，两人分别用伸平的手掌托起长凳的一端，保持凳子水平，然后各自向两侧水平收回手掌以达到拖拉凳子的目的。如果甲、乙与凳子下表面各处的粗糙程度相同，且在乙端的凳子上面放四块砖，则下列判断正确的是()



- A. 凳子向甲方移动
- B. 凳子向乙方移动
- C. 凳子在原地不会被拉动
- D. 凳子向体重大的同学一方移动

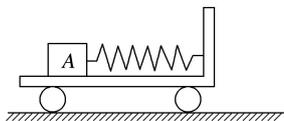
6. (多选)如图所示，有一刚性方形容器被水平力 F 压在竖直的墙面上处于静止状态；现缓慢地向容器内注水，直到注满为止，在此过程中容器始终保持静止，下列说法中正确的是()



- A. 容器受到的摩擦力逐渐增大
- B. 容器受到的摩擦力不变
- C. 水平力 F 可能不变
- D. 水平力 F 必须逐渐增大

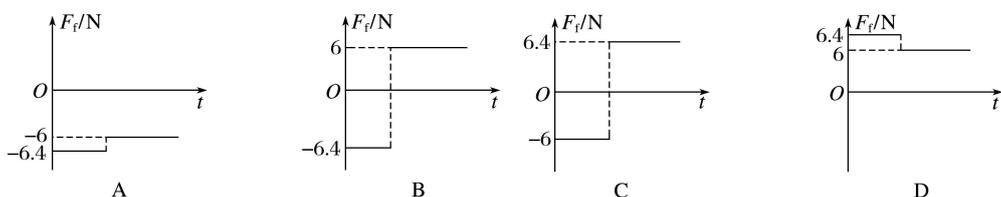
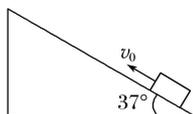


7. 如图所示，质量为 10 kg 的物体 A 拴在一个被水平拉伸的弹簧一端，弹簧的拉力为 5 N 时，物体 A 处于静止状态。若小车以 1 m/s^2 的加速度向右运动，则 ($g=10\text{ m/s}^2$) ()

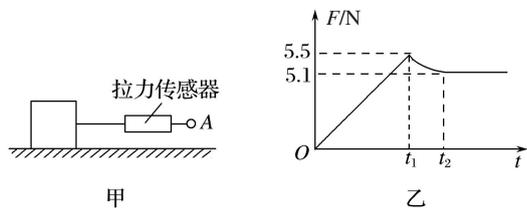


- A. 物体 A 相对小车向右运动
- B. 物体 A 受到的摩擦力减小
- C. 物体 A 受到的摩擦力大小不变
- D. 物体 A 受到的弹簧的拉力增大

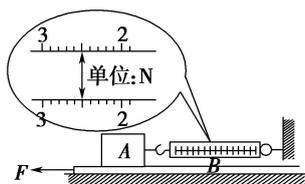
8. 如图所示，斜面固定在地面上，倾角为 $\theta=37^\circ$ ($\sin 37^\circ=0.6$, $\cos 37^\circ=0.8$)。质量为 1 kg 的滑块以初速度 v_0 从斜面底端沿斜面向上滑行(斜面足够长，该滑块与斜面间的动摩擦因数为 0.8)，则该滑块所受摩擦力 F_f 随时间变化的图象是下图中的(取初速度 v_0 的方向为正方向， $g=10\text{ m/s}^2$) ()



9. 如图甲所示，用一拉力传感器(能感应力大小的装置)水平向右拉一水平面上的木块， A 端的拉力均匀增加， $0\sim t_1$ 时间木块静止；木块运动后改变拉力大小，使木块在 t_2 时刻后处于匀速直线运动状态. 计算机对数据拟合处理后，得到如图乙所示的拉力随时间变化的图线. 则：当用 $F=5.3\text{ N}$ 的水平拉力拉静止的木块时，木块所受摩擦力大小为 _____ N ；若用 $F=5.8\text{ N}$ 的水平拉力拉木块，木块所受摩擦力大小为 _____ N .



10. 某同学用如图所示的装置测量放在粗糙水平桌面上的长金属板 B 与铁块 A 间的动摩擦因数，已知铁块 A 的质量 $m=1\text{ kg}$ ，用水平力 F 向左拉金属板 B ，使其相对于 A 向左运动，稳定时弹簧测力计示数如图所示。则弹簧测力计示数为 _____ N ， A 、 B 间的动摩擦因数 $\mu=$ _____。(g 取 10 m/s^2)



参考答案.....

1. 【答案】C

【解析】 F_f 方向水平向左，由平衡条件可得： $F_1 - F_2 - F_f = 0$ ，可解得 $F_f = F_1 - F_2 = 8\text{ N}$ ，故 C 选项正确。

2. 【答案】D

【解析】物体在三种情况下所受摩擦力均为滑动摩擦力，由 $F = \mu F_N = \mu mg$ 知，物体在三种情况下所受摩擦力大小相等，选项 D 正确。



3. 【答案】B

【解析】两个相对静止的物体间要满足静摩擦力产生的全部条件才有摩擦力，选项 A 错误；受静摩擦力作用的物体相对于静摩擦力的施力物体静止，但不一定是静止的，选项 B 正确；无论静摩擦力还是滑动摩擦力，都可以与运动的方向相同，选项 C 错误；静摩擦力大小在零和最大静摩擦力之间，只有最大静摩擦力比滑动摩擦力大，选项 D 错误。

4. 【答案】AD

【解析】假设 B 对 A 有摩擦力，则 A 受力不平衡，不可能做匀速直线运动，故 B 对 A 无摩擦力，A 正确，B 错误；由于 A、B 一起匀速运动，故把 A、B 作为一个整体，B 相对于地面向左滑动，故地面对 B 有摩擦力，且方向水平向右，C 错误，D 正确。

5. 【答案】B

【解析】本题考查最大静摩擦力的概念与规律，甲、乙与凳子下表面各处的粗糙程度相同，但是凳子的右端上面放了四块砖，这样乙与凳子间的压力就大一些，所以最大静摩擦力就大，这就决定了乙与凳子之间不容易滑动，所以凳子向乙方移动，选项 B 正确。

6. 【答案】AC

【解析】由题知容器始终保持静止状态，受力平衡，所受的摩擦力等于容器和水的总重力，所以容器受到的摩擦力逐渐增大，故 A 正确，B 错误；水平方向上受力平衡，若最大静摩擦力大于重力时，力 F 可能不变，若最大静摩擦力小于等于重力时 F 要增大，故 C 正确，D 错误。

7. 【答案】C

【解析】由题意得，物体 A 与小车的上表面间的最大静摩擦力 $F_{\text{m}} \geq 5 \text{ N}$ ，小车加速运动时，假设物体 A 与小车仍然相对静止，则物体 A 所受合力 $F_{\text{合}} = ma = 10 \text{ N}$ ，可知此时小车对物体 A 的摩擦力为 5 N ，方向向右，且为静摩擦力，所以假设成立，物体 A 受到的摩擦力大小不变，故选项 A、B 错误，C 正确；同理可知，物体 A 受到的弹簧的拉力大小不变，故 D 错误。

8. 【答案】B

【解析】滑块上升过程中受滑动摩擦力， $F_f = \mu F_N$ ， $F_N = mg \cos \theta$ ，联立得 $F_f = 6.4 \text{ N}$ ，方向沿斜面向下。当滑块的速度减为零后，由于重力的分力 $mg \sin \theta < \mu mg \cos \theta$ ，滑块不动，滑块受到的摩擦力为静摩擦力，由平衡条件得 $F_f' = mg \sin \theta$ ，代入可得 $F_f' = 6 \text{ N}$ ，方向沿斜面向上，故选项 B 正确。

9. 【答案】5.3 5.1



【解析】 当用 $F=5.3\text{ N}$ 的水平拉力拉静止的木块时，木块所受静摩擦力大小等于拉力大小，即为 5.3 N ；若用 $F=5.8\text{ N}$ 的水平拉力拉木块，木块所受滑动摩擦力大小为 5.1 N 。

10. 【答案】 2.50 0.25

【解析】 从题图中知弹簧测力计示数为 2.50 N ，铁块 A 受到弹簧的拉力 $F=2.50\text{ N}$ ，由于铁块 A 处于平衡状态，所以 A 受到的摩擦力 $F_f=2.50\text{ N}$ 。由 $F_f=\mu mg$ 得 $\mu=\frac{F_f}{mg}=\frac{2.50}{1\times 10}=0.25$ 。

作业（八）力的合成与分解

知识梳理

一、力的合成

1.合力与分力

当一个物体受到几个力的共同作用时，我们常常可以求出这样一个力，这个力产生的效果跟原来几个力的共同效果相同，这个力就叫做那几个力的合力，原来的几个力叫做分力。



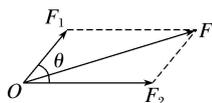
2.合力与分力的关系

合力与分力之间的关系是一种等效替代的关系，合力作用的效果与分力共同作用的效果相同。

3.力的合成

(1)定义：求几个力的合力的过程叫做力的合成。

(2)平行四边形定则：两个力合成时，以表示这两个力的有向线段为邻边作平行四边形，这两个邻边之间的对角线就代表合力的大小和方向.如图所示， F 表示 F_1 与 F_2 的合力。



二、共点力

1.定义：如果几个力共同作用在同一点上，或者虽不作用在同一点上，但它们的延长线交于一点，这样的一组力叫做共点力。

2.力的合成的平行四边形定则，只适用于共点力。

三、力的分解

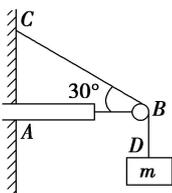
1.定义：已知一个力求它的分力的过程。

2.分解原则：力的分解是力的合成的逆运算，同样遵守平行四边形定则。

3.分解依据：通常依据力的实际作用效果分解。

典例分析

【例 1】 如图所示，水平横梁一端 A 插在墙壁内，另一端装有一小滑轮 B 。一轻绳的一端 C 固定于墙壁上，另一端跨过滑轮后悬挂一质量为 $m=10\text{ kg}$ 的重物， $\angle CBA=30^\circ$ ，则滑轮受到绳子的作用力大小为(g 取 10 N/kg)()



A. 50 N

B. 60 N

C. 120 N

D. 100 N



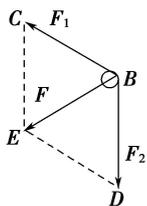
【思路点拨】：①轻绳跨过定滑轮， BC 段绳和 BD 段绳的拉力大小相等。

②重物静止， BD 段绳的拉力为 $mg=100\text{ N}$ 。

③ BC 段和 BD 段绳的拉力间夹角为 120° 。

【答案】D

【解析】轻绳跨过滑轮， BC 段、 BD 段拉力 $F_1=F_2=mg=100\text{ N}$ ，夹角为 120° ，根据平行四边形定则，二力合成如图所示。



由于 $F_1=F_2$ ，所以平行四边形为菱形，又因为 $\angle DBE=60^\circ$ ，所以 $\triangle BDE$ 为等边三角形，所以 F_1 、 F_2 的合力 $F=F_1=F_2=100\text{ N}$ ，即绳子对滑轮的作用力大小为 100 N ，选项 D 正确。

【规律总结】

解决分力与合力问题的注意点

(1)作图法求合力

①作图时要先确定力的标度，同一图上的各个力必须采用同一标度。

②严格采用作图工具作图，并用测量工具测出对应力的大小及方向。

③作图时表示分力和合力的有向线段共点且要画成实线，与分力平行的对边要画成虚线，表示力的线段上要画上刻度和箭头。

(2)计算法求合力时常用到的几何知识

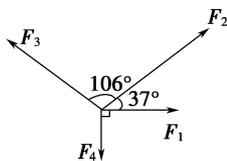
①应用直角三角形中的边角关系求解，适用于平行四边形的两边垂直、平行四边形的对角线与一条边垂直及菱形的情况。

②应用等边三角形的特点求解。

③应用相似三角形的知识求解，适用于力的矢量三角形与实际三角形相似的情况。



【例2】在同一平面内共点的四个力 F_1, F_2, F_3, F_4 的大小依次为 19 N, 40 N, 30 N 和 15 N, 方向如图所示, 求它们的合力. ($\sin 37^\circ=0.6, \cos 37^\circ=0.8$)

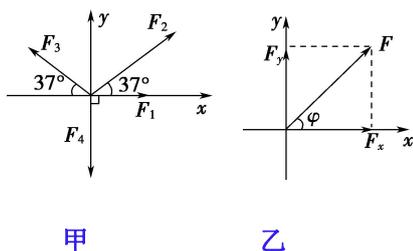


【思路点拨】: ①由 F_1 与 F_2, F_2 与 F_3 间夹角的大小确定 x 轴和 y 轴方向, 便于几个力在坐标轴上的分力计算.

②求出沿坐标轴上的合力 $F_{合x}$ 和 $F_{合y}$, 再求总的 $F_{合}$.

【答案】 8.2 N 方向与 F_1 夹角为 45° 斜向右上

【解析】若运用平行四边形定则求几个力的合力大小和方向, 计算过程十分复杂, 但采用力的正交分解法求解较简洁. 以几个力的作用点为原点, 沿 F_1 方向和 F_4 反方向分别为 x 轴, y 轴, 建立直角坐标系, 把各个力分解到这两个坐标轴上, 如图甲所示,



沿 x 轴、 y 轴的合力分别为

$$F_x = F_1 + F_2 \cos 37^\circ - F_3 \cos 37^\circ = 27 \text{ N},$$

$$F_y = F_2 \sin 37^\circ + F_3 \sin 37^\circ - F_4 = 27 \text{ N}.$$

$$F_x、F_y \text{ 与 总的合力 } F, \text{ 如图乙所示, 则 } F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \approx 38.2 \text{ N}, \tan \varphi = \frac{F_y}{F_x} = 1.$$

即合力的大小约为 38.2 N, 方向与 F_1 夹角为 45° 斜向右上.

【规律总结】

坐标轴的选取原则与正交分解法的适用情况



(1)坐标轴的选取原则：坐标轴的选取是任意的，为使问题简化，建立坐标系时坐标轴的选取一般有以下两个原则：

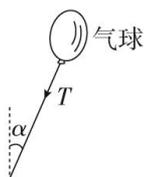
①使尽量多的力处在坐标轴上。

②尽量使某一轴上各分力的合力为零。

(2)正交分解法的适用情况：适用于计算物体受三个或三个以上共点力的合力情况。

【真题链接】

【2019·江苏高考】如图所示，一只气球在风中处于静止状态，风对气球的作用力水平向右。细绳与竖直方向的夹角为 α ，绳的拉力为 T ，则风对气球作用力的大小为()



A. $\frac{T}{\sin\alpha}$

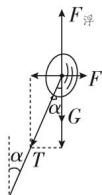
B. $\frac{T}{\cos\alpha}$

C. $T\sin\alpha$

D. $T\cos\alpha$

【答案】 C

【解析】 对气球受力分析，如图所示，



将绳的拉力 T 分解，在水平方向：风对气球的作用力大小 $F=T\sin\alpha$ ，C正确。

【2018·天津理综·7】明朝谢肇淛的《五杂俎》中记载：“明姑苏虎丘寺塔倾侧，议欲正之，非万缗不可。一游僧见之曰：无烦也，我能正之。”游僧每天将木楔从塔身倾斜一侧的砖缝间敲进去，经月余扶正了塔身。假设所用的木楔为等腰三角形，木楔的顶角为 θ ，现在木楔背上加一力 F ，方向如图9所示，木楔两侧产生推力 F_N ，则()



- A. 若 F 一定， θ 大时 F_N 大
 B. 若 F 一定， θ 小时 F_N 大
 C. 若 θ 一定， F 大时 F_N 大
 D. 若 θ 一定， F 小时 F_N 大

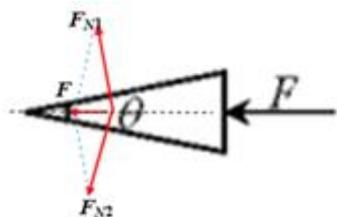
【答案】 BC

【解析】 由于木楔处于静止状态，故可将力 F 沿与木楔的斜面垂直且向上的方向进行分解，根据平行四边形定则，画出力 F 按效果分解的图示，并且可据此求出木楔两侧产生的推力。

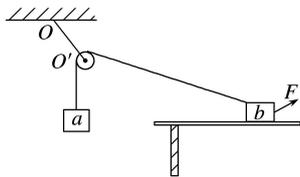
选木楔为研究对象，木楔受到的力有：水平向右的 F 、和两侧给它的与木楔斜面垂直的弹力，由于木楔处于平衡状态，所以两侧给木楔斜面垂直的弹力与 F 沿两侧分解的推力是相等的，力 F 的分解如图，则

$$F = F_{N1} \cos\left(90^\circ - \frac{\theta}{2}\right) + F_{N2} \cos\left(90^\circ - \frac{\theta}{2}\right) = 2F_{N1} \cos\left(90^\circ - \frac{\theta}{2}\right) = 2F_{N1} \sin \frac{\theta}{2}, \quad F_N = F_{N1} = F_{N2}, \text{ 故解得}$$

$$F_N = \frac{F}{2\sin \frac{\theta}{2}}, \text{ 所以 } F \text{ 一定时， } \theta \text{ 越小， } F_N \text{ 越大； } \theta \text{ 一定时， } F \text{ 越大， } F_N \text{ 越大， BC 正确。}$$



【2016·全国卷 I·19】 如图，一光滑的轻滑轮用细绳 OO' 悬挂于 O 点；另一细绳跨过滑轮，其一端悬挂物块 a ，另一端系一位于水平粗糙桌面上的物块 b 。外力 F 向右上方拉 b ，整个系统处于静止状态。若 F 方向不变，大小在一定范围内变化，物块 b 仍始终保持静止，则()

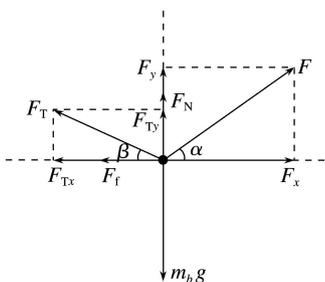


- A. 绳 OO' 的张力也在一定范围内变化
 B. 物块 b 所受到的支持力也在一定范围内变化
 C. 连接 a 和 b 的绳的张力也在一定范围内变化
 D. 物块 b 与桌面间的摩擦力也在一定范围内变化

【答案】 BD

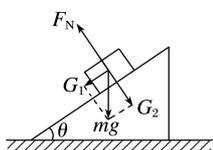


【解析】由于物块 a 、 b 均保持静止，各绳角度保持不变，对 a 受力分析得，绳的拉力 $F_T' = m_a g$ ，所以物块 a 受到的绳的拉力保持不变。由滑轮性质，滑轮两侧绳的拉力相等，所以 b 受到绳的拉力大小、方向均保持不变，C 选项错误； a 、 b 受到绳的拉力大小、方向均不变，所以 OO' 的张力不变，A 选项错误；对 b 进行受力分析，如图所示。由平衡条件得： $F_T \cos \beta + F_f = F \cos \alpha$ ， $F \sin \alpha + F_N + F_T \sin \beta = m_b g$ 。其中 F_T 和 $m_b g$ 始终不变，当 F 大小在一定范围内变化时，支持力在一定范围内变化，B 选项正确；摩擦力也在一定范围内发生变化，D 选项正确。



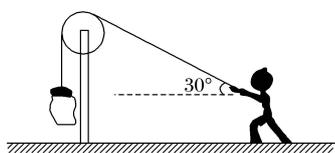
强化训练

1. (多选)如图所示，光滑斜面上物体重力 mg 分解为 G_1 、 G_2 两个力，下列说法正确的是()



- A. 物体受到重力 mg 、 F_N 、 G_1 、 G_2 四个力的作用
- B. 物体只受到重力 mg 和斜面的支持力 F_N 的作用
- C. G_1 是斜面作用在物体上使物体下滑的力， G_2 是物体对斜面的压力
- D. 力 F_N 、 G_1 、 G_2 三力的作用效果与力 mg 、 F_N 两个力的作用效果相同

2. 如图所示，水平地面上固定着一根竖立柱，某人用绳子通过柱顶的光滑定滑轮将 100 N 的货物拉住。已知人拉着绳子的一端，且该绳端与水平方向夹角为 30° ，则柱顶所受压力大小为()



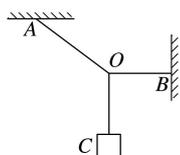


- A.200 N B. $100\sqrt{3}$ N C.100 N D. $50\sqrt{3}$ N

3. 一个力的大小为 30 N，将此力分解为两个分力，这两个分力的大小不可能是()

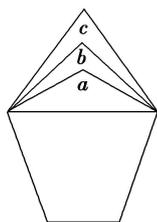
- A.10 N、10 N B.20 N、40 N C.200 N、200 N D.700 N、720 N

4. 如图所示，三段不可伸长的细绳， OA 、 OB 、 OC 能承受的最大拉力相同，它们共同悬挂一重物，其中 OB 是水平的， A 端、 B 端固定在水平天花板和竖直墙上.若逐渐增加 C 端所挂重物的质量，则最先断的绳是()



- A.必定是 OA B.必定是 OB C.必定是 OC D.可能是 OB ，也可能是 OC

5.如图所示，挑水时水桶上绳子连接状态分别如图中 a 、 b 、 c 三种情况. 下列说法中正确的是()

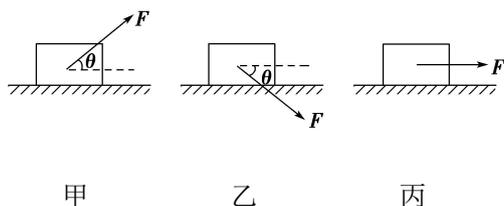


- A. a 状态绳子受力大容易断 B. b 状态绳子受力大容易断
C. c 状态绳子受力大容易断 D. a 、 b 、 c 三种状态绳子受力都一样

6. 为了行车的方便与安全，上山的公路都是很长的“之”字形盘山公路，这样做的主要目的是()

- A. 减小上山车辆受到的摩擦力 B. 减小上山车辆的重力
C. 减小上山车辆对路面的压力 D. 减小上山车辆的重力平行于路面向下的分力

7.(多选)如图所示，甲、乙、丙三个物体质量相同，与地面的动摩擦因数相同，受到三个大小相同的作用力 F ，当它们滑动时，下列说法正确的是()

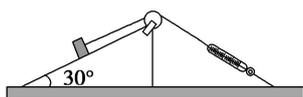


甲 乙 丙



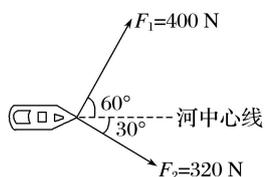
- A. 甲、乙、丙所受摩擦力相同
- B. 甲受到的摩擦力最小
- C. 乙受到的摩擦力最大
- D. 丙受到的摩擦力最大

8. 如图所示，与水平面的夹角为 30° 的固定斜面上有一质量 $m=1.0\text{ kg}$ 的物体。细绳的一端与物体相连，另一端经摩擦不计的定滑轮与固定的弹簧测力计相连。物体静止在斜面上，弹簧测力计的示数为 4.9 N 。关于物体受力的判断(取 $g=9.8\text{ m/s}^2$)，下列说法正确的是()

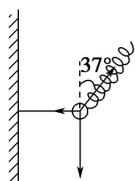


- A. 斜面对物体的摩擦力大小为零
- B. 斜面对物体的摩擦力大小为 4.9 N ，方向沿斜面向上
- C. 斜面对物体的支持力大小为 $4.9\sqrt{3}\text{ N}$ ，方向竖直向上
- D. 斜面对物体的支持力大小为 4.9 N ，方向垂直斜面向上

9. 两个大人和一个小孩拉一条船沿河岸前进. 两个大人对船的拉力分别是 F_1 和 F_2 ，其大小和方向如 9 所示. 今欲使船沿河中心线行驶，求小孩对船施加的最小拉力的大小和方向.



10. 如图所示，质量为 0.8 kg 的小球在轻弹簧和水平轻绳的拉力作用下处于静止状态，弹簧与竖直方向的夹角 $\theta=37^\circ$ ，弹簧的拉力 $F=10\text{ N}$ ，伸长量为 $x=0.01\text{ m}$ ， $\sin 37^\circ=0.6$.



(1) 画出小球的受力示意图；



(2) 求出弹簧的劲度系数；

(3) 已知弹簧的拉力与小球重力的合力方向水平向右，求该合力的大小。

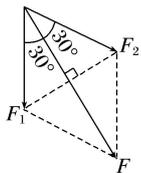
参考答案

1. 【答案】 BD

【解析】 由重力的作用效果分析，再由力产生的原因进行判断， G_1 、 G_2 两个力是重力 mg 的两个分力，其作用效果与重力 mg 等效，所以 G_2 不是物体对斜面的压力，物体只受重力 mg 和斜面的支持力 F_N 的作用，故 B、D 正确。

2. 【答案】 B

【解析】 如图所示，定滑轮只改变力的方向，不改变力的大小，



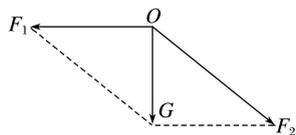
所以绳的拉力 $F_1 = F_2 = 100 \text{ N}$ ，柱顶所受压力大小 $F = 2F_1 \cos 30^\circ = 2 \times 100 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ N} = 100\sqrt{3} \text{ N}$ ，故 B 选项正确。

3. 【答案】 A

【解析】 合力的大小不大于两分力大小之和，不小于两分力大小之差的绝对值，只有 A 不可能。

4. 【答案】 A

【解析】



OC 下悬挂重物，它对 O 点的拉力等于重物的重力 G 。 OC 绳的拉力产生两个效果：使 OB 在 O 点受到水平向左的力 F_1 ，使 OA 在 O 点受到沿绳子方向斜向下的力 F_2 ， F_1 、 F_2 是 G 的两个分力。由平行四边形定则可作出力的分解图如图所示，当逐渐增大所挂重物的质量时，哪根绳受的拉力最大则哪根绳最先断。从图中可知：表示 F_2 的有向线段最长， F_2 分力最大，故 OA 绳最先断。

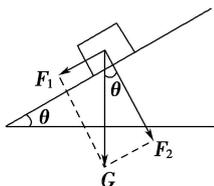


5. 【答案】A

【解析】桶的重力产生两个效果，即沿绳子的两个分力，由平行四边形定则可知，绳子的夹角越大，绳子的分力越大， a 绳夹角最大，故A正确。

6. 【答案】D

【解析】如图所示，



重力 G 产生的效果是使物体下滑的分力 F_1 和使物体压紧斜面的分力 F_2 ，则 $F_1 = G \sin \theta$ ， $F_2 = G \cos \theta$ ，倾角 θ 减小， F_1 减小， F_2 增大，同一座山，高度一定，把公路修成盘山公路时，使长度增加，则路面的倾角减小，即减小上山车辆的重力平行于路面向下的分力，可使行车安全，故D正确，A、B、C错误。

7. 【答案】BC

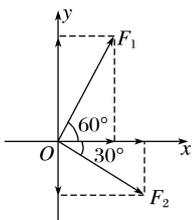
【解析】图中三个物体对地面的压力分别为 $F_{N甲} = mg - F \sin \theta$ ， $F_{N乙} = mg + F \sin \theta$ ， $F_{N丙} = mg$ ，因它们均相对地面滑动，由摩擦力 $F_f = \mu F_N$ 知， $F_{f乙} > F_{f丙} > F_{f甲}$ ，B、C正确。

8. 【答案】A

【解析】因物体的重力沿斜面方向的分力大小为 $mg \sin 30^\circ = 1 \times 9.8 \times 0.5 \text{ N} = 4.9 \text{ N}$ ，与弹簧测力计的示数相等，故斜面对物体的摩擦力大小为0，选项A正确，B错误；斜面对物体的支持力大小为 $mg \cos 30^\circ = 1 \times 9.8 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ N} = 4.9\sqrt{3} \text{ N}$ ，方向垂直于斜面向上，故选项C、D错误。

9. 【答案】186.4 N 垂直于河中心线指向 F_2 一侧

【解析】根据题意建立如图所示的直角坐标系。



$$F_{1y} = F_1 \sin 60^\circ = 200 \sqrt{3} \text{ N}$$



$$F_{2y} = F_2 \sin 30^\circ = 160 \text{ N}$$

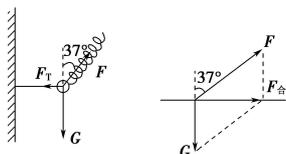
所以小孩对船施加的最小拉力的大小为

$$F = F_{1y} - F_{2y} = (200\sqrt{3} - 160) \text{ N} \approx 186.4 \text{ N}$$

方向为垂直于河中心线指向 F_2 一侧.

10. 【答案】(1)见解析 (2)1 000 N/m (3)6 N

【解析】(1)小球受到重力、细绳的拉力和弹簧的拉力，作出小球的受力示意图如图甲所示.



甲

乙

(2)由胡克定律 $F = kx$ 得弹簧的劲度系数为

$$k = \frac{F}{x} = \frac{10 \text{ N}}{0.01 \text{ m}} = 1\,000 \text{ N/m}.$$

(3)由于弹簧拉力 F 与小球重力 G 的合力水平向右，其矢量关系如图乙所示.

由几何关系可知 $F_{\text{合}} = \sqrt{F^2 - G^2} = \sqrt{10^2 - 8^2} \text{ N} = 6 \text{ N}.$

作业（九）受力分析 共点力的平衡

知识梳理

一、理静态平衡问题的常用方法



| 方法 | 内容 |
|--------|--|
| 合成法 | 物体受三个共点力的作用而平衡，则任意两个力的合力一定与第三个力大小相等，方向相反 |
| 分解法 | 物体受三个共点力的作用而平衡，将某一个力按力的效果分解，则其分力和其他两个力满足平衡条件 |
| 正交分解法 | 物体受到三个或三个以上力的作用而平衡，将物体所受的力分解为相互垂直的两组，每组力都满足平衡条件 |
| 力的三角形法 | 对受三个力作用而平衡的物体，将力的矢量图平移使三个力组成一个首尾依次相接的矢量三角形，根据正弦定理、余弦定理或相似三角形等数学知识求解未知力 |

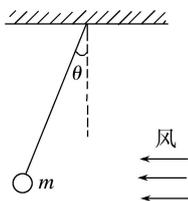
二、分析动态平衡问题的方法

| 方法 | 步骤 |
|--------|---|
| 解析法 | (1)列平衡方程求出未知量与已知量的关系表达式 (2)根据已知量的变化情况来确定未知量的变化情况 |
| 图解法 | (1)根据已知量的变化情况，画出平行四边形边、角的变化 (2)确定未知量大小、方向的变化 |
| 相似三角形法 | (1)根据已知条件画出两个不同情况对应的力的三角形和空间几何三角形，确定对应边，利用三角形相似知识列出比例式 (2)确定未知量大小的变化情况 |

典例分析

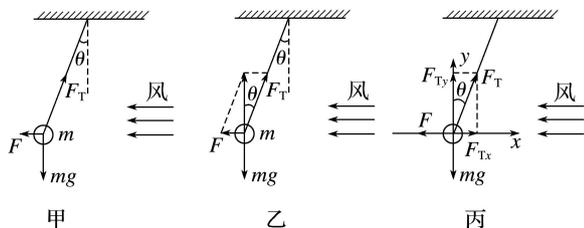


【例 1】 在科学研究中，可以用风力仪直接测量风力的大小，其原理如图 1 所示.仪器中一根轻质金属丝悬挂着一个金属球.无风时，金属丝竖直下垂；当受到沿水平方向吹来的风时，金属丝偏离竖直方向一个角度.风力越大，偏角越大.那么风力大小 F 跟金属球的质量 m 、偏角 θ 之间有什么样的关系呢？



【答案】 $F = mg \tan \theta$

【解析】 选取金属球为研究对象，它受到三个力的作用，如图甲所示.金属球处于平衡状态，这三个力的合力为零.可用以下两种方法求解.



解法一 力的合成法

如图乙所示，风力 F 和拉力 F_T 的合力与重力等大反向，由平行四边形定则可得 $F = mg \tan \theta$.

解法二 正交分解法

以金属球为坐标原点，取水平方向为 x 轴，竖直方向为 y 轴，建立直角坐标系，如图丙所示.由水平方向的合力 $F_{x\text{合}}$ 和竖直方向的合力 $F_{y\text{合}}$ 分别等于零，即

$$F_{x\text{合}} = F_T \sin \theta - F = 0$$

$$F_{y\text{合}} = F_T \cos \theta - mg = 0$$

解得 $F = mg \tan \theta$.

【规律总结】

物体在的平衡问题，一般会用到力的合成法、效果分解法或正交分解法，选用的原则和处理方法如下：

1.力的合成法——一般用于受力个数为三个时

宝剑锋从磨砺出，梅花香自苦寒来

书山有路勤为径，学海无涯苦作舟



- 1 确定要合成的两个力；
- 2 根据平行四边形定则作出这两个力的合力；
- 3 根据平衡条件确定两个力的合力与第三力的关系 等大反向 ；
- 4 根据三角函数或勾股定理理解三角形。

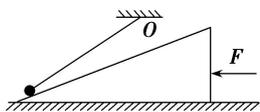
2.力的效果分解法——一般用于受力个数为三个时

- 1 确定要分解的力；
- 2 按实际作用效果确定两分力的方向；
- 3 沿两分力方向作平行四边形；
- 4 根据平衡条件确定分力及合力的大小关系；
- 5 用三角函数或勾股定理理解直角三角形。

3.正交分解法——一般用于受力个数为三个或三个以上时

- 1 建立直角坐标系；
- 2 正交分解各力；
- 3 沿坐标轴方向根据平衡条件列式求解。

【例 2】 如图所示，小球用细绳系住置于斜面体上，绳的另一端固定于 O 点。现用水平力 F 缓慢推动斜面体，小球在斜面上无摩擦地滑动，细绳始终处于直线状态。当小球升到接近斜面顶端时细绳接近水平，此过程中斜面对小球的支持力 F_N 以及绳对小球的拉力 F_T 的变化情况是()



- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| A. F_N 保持不变， F_T 不断增大 | B. F_N 不断增大， F_T 不断减小 |
| C. F_N 保持不变， F_T 先增大后减小 | D. F_N 不断增大， F_T 先减小后增大 |

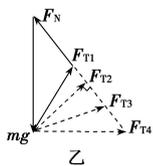
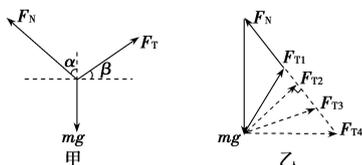
【答案】 D

【解析】 方法一：解析法

先对小球进行受力分析，如图甲，小球受到重力 mg 、支持力 F_N 、拉力 F_T 的作用，设细绳与水平方向的夹



角为 β ，斜面的倾角为 α ，由平衡条件得 $F_N \cos \alpha + F_T \sin \beta = mg$ ， $F_N \sin \alpha - F_T \cos \beta = 0$ ，联立解得 $F_T = \frac{mg \sin \alpha}{\cos(\beta - \alpha)}$ ， $F_N = \frac{mg}{\cos \alpha + \sin \alpha \tan \beta}$ 。用水平力 F 缓慢推动斜面体， β 一直减小直至接近 0。由题图易知，起始时刻 $\beta > \alpha$ ，当 $\beta = \alpha$ 时， $\cos(\beta - \alpha) = 1$ ， F_T 最小，所以 F_T 先减小后增大。 β 一直减小直至接近 0， $\tan \beta$ 不断减小， F_N 不断增大，选项 D 正确。



方法二：图解法 由于用水平力 F 缓慢推动斜面体，故小球处于动态平衡状态。小球受到大小方向均不变的重力、方向不变的支持力、方向大小均变化的细绳的拉力，三个力构成封闭的三角形，画出小球受力示意图如图乙所示。当细绳与斜面平行时，细绳拉力 F_{T2} 与支持力方向垂直，细绳拉力最小。当小球升到接近斜面顶端时细绳接近水平，细绳拉力为 F_{T4} ，所以 F_T 先减小后增大，而此过程中斜面对小球的支持力 F_N 一直增大，选项 D 正确。

【规律总结】

处理动态平衡问题的一般步骤

(1) 解析法：

- ① 列平衡方程求出未知量与已知量的关系表达式。
- ② 根据已知量的变化情况来确定未知量的变化情况。

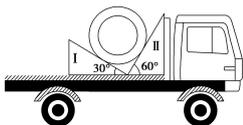
(2) 图解法：

- ① 适用情况：一般物体只受三个力作用，且其中一个力大小、方向均不变，另一个力的方向不变，第三个力大小、方向均变化。
- ② 一般步骤：a. 首先对物体进行受力分析，根据力的平行四边形定则将三个力的大小、方向放在同一个三角形中。b. 明确大小、方向不变的力，方向不变的力及方向变化的力的方向如何变化，画示意图。
- ③ 注意：由图解可知，当大小、方向都可变的分力(设为 F_1)与方向不变、大小可变的分力垂直时， F_1 有最小值。



【真题链接】

【2019·高考全国卷Ⅲ】用卡车运输质量为 m 的匀质圆筒状工件，为使工件保持固定，将其置于两光滑斜面之间，如图所示。两斜面 I、II 固定在车上，倾角分别为 30° 和 60° 。重力加速度为 g 。当卡车沿平直公路匀速行驶时，圆筒对斜面 I、II 压力的大小分别为 F_1 、 F_2 ，则()



A. $F_1 = \frac{\sqrt{3}}{3}mg$, $F_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$

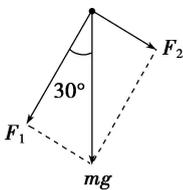
B. $F_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$, $F_2 = \frac{\sqrt{3}}{3}mg$

C. $F_1 = \frac{1}{2}mg$, $F_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$

D. $F_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$, $F_2 = \frac{1}{2}mg$

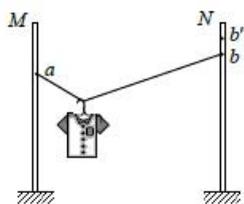
【答案】 D

【解析】 分析可知工件受力平衡，对工件受到的重力按照压紧斜面 I 和 II 的效果进行分解如图所示，



结合几何关系可知工件对斜面 I 的压力大小为 $F_1 = mg \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$ 、对斜面 II 的压力大小为 $F_2 = mg \sin 30^\circ = \frac{1}{2}mg$ ，选项 D 正确，A、B、C 均错误。

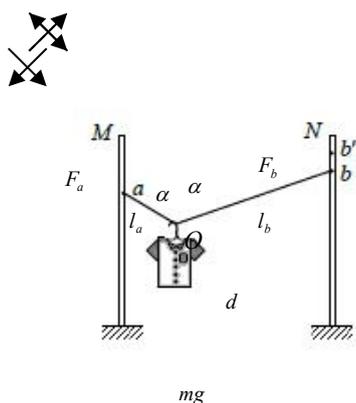
【2017·天津卷】如图所示，轻质不可伸长的晾衣绳两端分别固定在竖直杆 M 、 N 上的 a 、 b 两点，悬挂衣服的衣架钩是光滑的，挂于绳上处于静止状态。如果只人为改变一个条件，当衣架静止时，下列说法正确的是()



- A. 绳的右端上移到 b' ，绳子拉力不变
- B. 将杆 N 向右移一些，绳子拉力变大
- C. 绳的两端高度差越小，绳子拉力越小
- D. 若换挂质量更大的衣服，则衣架悬挂点右移

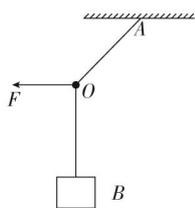
【答案】AB

【解析】 设两杆间距离为 d ，绳长为 l ， Oa 、 Ob 段长度分别为 l_a 和 l_b ，则 $l = l_a + l_b$ ，两部分绳子与竖直方向夹角分别为 α 和 β ，受力分析如图所示。



绳子中各部分张力相等， $F_a = F_b = F$ ，则 $\alpha = \beta$ 。满足 $2F \cos \alpha = mg$ ， $d = l_a \sin \alpha + l_b \sin \alpha = l \sin \alpha$ ，即 $\sin \alpha = \frac{d}{l}$ ， $F = \frac{mg}{2 \cos \alpha}$ ， d 和 l 均不变，则 $\sin \alpha$ 为定值， α 为定值， $\cos \alpha$ 为定值，绳子的拉力保持不变，衣服的位置不变，故 A 正确，CD 错误；将杆 N 向右移一些， d 增大，则 $\sin \alpha$ 增大， $\cos \alpha$ 减小，绳子的拉力增大，故 B 正确。

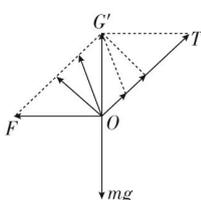
【2016·全国二卷】 质量为 m 的物体用轻绳 AB 悬挂于天花板上，用水平力 F 拉着绳的中点 O ，使 OA 段绳偏离竖直方向一定角度，如图所示。设绳 OA 段拉力的大小为 T ，若保持 O 点位置不变，则当力 F 的方向顺时针缓慢旋转至竖直方向的过程中()



- A. F 先变大后变小, T 逐渐变小
- B. F 先变大后变小, T 逐渐变大
- C. F 先变小后变大, T 逐渐变小
- D. F 先变小后变大, T 逐渐变大

【答案】 C

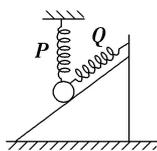
【解析】 对结点 O 受力分析, 画出力的平行四边形如图所示,



保持 O 点位置不变, 则当力 F 的方向顺时针缓慢旋转至竖直方向的过程中, 由图可知 F 先减小后增加, T 一直减小, **C** 正确。

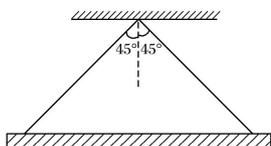
强化训练

1. 如图所示, 固定斜面上有一光滑小球, 分别与一竖直轻弹簧 P 和一平行斜面的轻弹簧 Q 连接着, 小球处于静止状态, 则关于小球所受力的个数不可能的是()



- A. 1
- B. 2
- C. 3
- D. 4

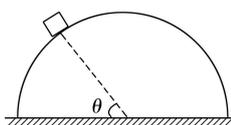
2. 如图所示, 两根等长的轻绳将日光灯悬挂在天花板上, 两绳与竖直方向的夹角都为 45° , 日光灯保持水平, 所受重力为 G . 则()





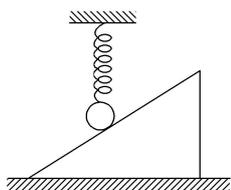
- A. 两绳对日光灯拉力的合力大小为 G B. 两绳的拉力和重力不是共点力
- C. 两绳的拉力大小分别为 $\frac{\sqrt{2}}{2}G$ 和 $\frac{\sqrt{2}}{2}G$ D. 两绳的拉力大小分别为 $\frac{G}{2}$ 和 $\frac{G}{2}$

3. 如图所示，质量为 m 的小物体静止在半径为 R 的半球体上，小物体与半球体间的动摩擦因数为 μ ，小物体与球心连线与水平地面的夹角为 θ ，则下列说法正确的是()



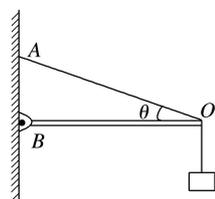
- A. 小物体对半球体的压力大小为 $mg\cos\theta$ B. 小物体对半球体的压力大小为 $mg\tan\theta$
- C. 小物体所受摩擦力大小为 $\mu mg\sin\theta$ D. 小物体所受摩擦力大小为 $mg\cos\theta$

4. 如图所示，固定斜面上有一小球，用一竖直轻弹簧与之相连，小球处于静止状态，不考虑小球的滚动。下列说法正确的是()



- A. 小球与斜面之间一定有弹力 B. 弹簧一定处于伸长状态
- C. 弹簧可能处于压缩状态 D. 小球最多受到 5 个力

5.(多选)城市路灯、无轨电车等的供电线路，经常采用三角形的结构悬挂，如图所示为这类结构的一种简化模型.图中硬杆 BO 可绕通过 B 点且垂直于纸面的轴转动，钢索 AO 和杆 BO 的重力均忽略不计.已知 BO 始终水平， AO 与 BO 的夹角为 θ ，被悬挂物体的质量为 m ，则以下说法中正确的是()



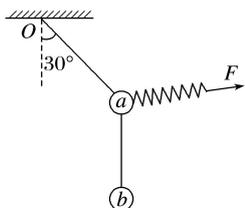
- A. 钢索 AO 对 O 点的拉力为 $\frac{mg}{\sin\theta}$
- B. 杆 BO 对 O 点的支持力为 $mg\tan\theta$



C. A 点距 B 点的距离越近时，杆 BO 对 O 点的支持力就越大

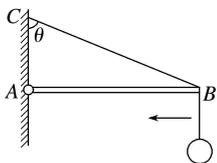
D. 不论增大还是减小 A 点与 B 点距离， AO 对 O 点拉力与杆 BO 对 O 点支持力的合力始终保持不变

6. 如图所示，两个小球 a 、 b 的质量均为 m ，用细线相连并悬挂于 O 点。现用一轻质弹簧给小球 a 施加一个拉力 F ，使整个装置处于静止状态，且 Oa 与竖直方向夹角为 30° ，已知弹簧的劲度系数为 k ，重力加速度为 g ，则弹簧的最短伸长量为()



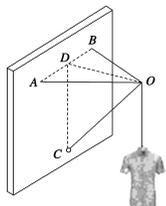
- A. $\frac{mg}{2k}$ B. $\frac{mg}{k}$ C. $\frac{\sqrt{3}mg}{3k}$ D. $\frac{\sqrt{3}mg}{k}$

7.(多选)如图所示，自重不计的横梁的一端固定在墙壁上的 A 点，另一端 B 点用绳悬挂在墙壁上的 C 点，当重为 G 的物体由挂在梁上的 B 点处逐渐移至 A 点的过程中，横梁始终保持静止。问此过程中， A 点对横梁作用力 F 的大小和 CB 绳对横梁的拉力 F_T 的大小是如何变化的()



- A. F 先增大后减小 B. F_T 一直减小 C. F 一直减小 D. F_T 先减小后增大

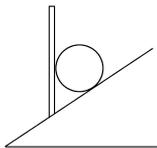
8. 张鹏同学在家帮妈妈洗完衣服后，挂在如图所示的晾衣架上晾晒， A 、 B 为竖直墙壁上等高的两点， AO 、 BO 为长度相等的两根轻绳， CO 为一根轻杆。转轴 C 在 AB 中点 D 的正下方， AOB 在同一水平面上。 $\angle AOB = 60^\circ$ ， $\angle DOC = 30^\circ$ ，衣服质量为 m 。则()



- A. CO 杆所受的压力大小为 $\frac{2\sqrt{3}}{3}mg$ B. CO 杆所受的压力大小为 $2mg$
 C. AO 绳所受的拉力大小为 $\sqrt{3}mg$ D. BO 绳所受的拉力大小为 mg

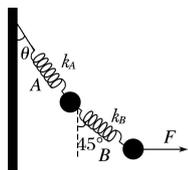


9.(多选)如图所示，用竖直挡板将光滑小球夹在挡板和斜面之间，若逆时针缓慢转动挡板，使其由竖直转至水平的过程中，以下说法正确的是()



- A. 挡板对小球的压力先增大后减小
- B. 挡板对小球的压力先减小后增大
- C. 斜面对小球的支持力先减小后增大
- D. 斜面对小球的支持力一直逐渐减小

10.如图所示，两个质量均为 m 的小球通过两根轻弹簧 A 、 B 连接，在水平外力 F 作用下，系统处于静止状态，弹簧实际长度相等。弹簧 A 、 B 的劲度系数分别为 k_A 、 k_B ，且原长相等。弹簧 A 、 B 与竖直方向的夹角分别为 θ 与 45° 。设 A 、 B 中的拉力分别为 F_A 、 F_B 。小球直径相比弹簧长度可以忽略。则()



- A. $\tan \theta = \frac{1}{2}$
- B. $k_A = k_B$
- C. $F_A = \sqrt{3}mg$
- D. $F_B = 2mg$



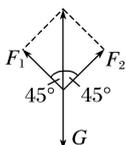
参考答案

1. 【答案】 A

【解析】 设斜面倾角为 θ ，小球质量为 m ，假设轻弹簧 P 对小球的拉力大小恰好等于 mg ，则小球受二力平衡；假设轻弹簧 Q 对小球的拉力等于 $mg\sin\theta$ ，小球受到重力、弹簧 Q 的拉力和斜面的支持力作用，三力平衡；如果两个弹簧对小球都施加了拉力，那么除了重力，小球只有再受到斜面的支持力才能保证小球受力平衡，即四力平衡；小球只受单个力的作用，合力不可能为零，小球不可能处于静止状态。

2. 【答案】 AC

【解析】 如图，



两绳拉力的作用线与重力作用线的延长线交于一点，这三个力为共点力，B选项错误；由于日光灯在两绳拉力和重力作用下处于平衡状态，所以两绳的拉力的合力与重力 G 等大反向，A选项正确；由于两个拉力的夹角成直角，且都与竖直方向成 45° 角，则由力的平行四边形定则可知 $G = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$ ， $F_1 = F_2$ ，故 $F_1 = F_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}G$ ，C选项正确，D选项错误。

3. 【答案】 D

【解析】 对小物体受力分析，小物体受重力、支持力及摩擦力，三力作用下物体处于平衡状态，则合力为零，小物体对半球体的压力 $F_N = mg\sin\theta$ ，A、B错误；小物体所受摩擦力为静摩擦力，不能用 $F_f = \mu F_N$ 来计算，摩擦力沿切线方向，在切线方向重力的分力与摩擦力相等，即 $F_f = mg\cos\theta$ ，C错误，D正确。

4. 【答案】： C

【解析】：当小球受到弹簧的弹力与重力等大反向时，小球与斜面之间没有作用力，A错误；小球一定受到竖直向下的重力，假设弹簧被压缩，则小球还应受到竖直向下的弹力、斜面给的垂直斜面向上的支持力以及沿斜面向上的摩擦力，假设弹簧无形变，则小球还应受到斜面给的垂直斜面向上的支持力以及沿斜面向上的摩擦力，假设弹簧被拉伸且此时弹簧的弹力小于小球重力，则小球还应受到竖直向上的弹力、斜面给的垂直斜面向上的支持力以及沿斜面向上的摩擦力，即小球最多受四个力作用，C正确，B、D错误。

5. 【答案】 ACD

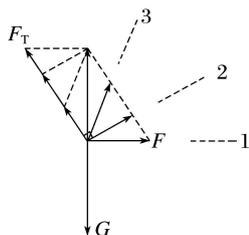
【解析】 BO 可绕通过 B 点且垂直于纸面的轴转动，对 O 的支持力沿杆向外.由合力为0，对 O 有，竖直



方向 $F_{AO}\sin\theta=mg$ ，得 $F_{AO}=\frac{mg}{\sin\theta}$ ，A 对水平方向 $F_{AO}\cos\theta=F_{BO}$ 得 $F_{BO}=\frac{mg}{\tan\theta}$ ，B 错。A 点距 B 点的距离越近时， θ 越小，杆 BO 对 O 点的支持力就越大，C 对。O 点合力为 0，不论增大还是减小 A 点与 B 点距离，AO 对 O 点拉力与杆 BO 对 O 点支持力的合力始终与重力等大反向，D 对。

6. 【答案】 B

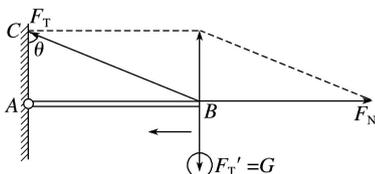
【解析】 以两个小球组成的整体为研究对象，分析受力，如图。



根据平衡条件得知： F 与 F_T 的合力与重力 mg 总是大小相等、方向相反，由力的合成图可知，当 F 与绳子 Oa 垂直时， F 有最小值，即图中 2 位置， F 的最小值为： $F=kx=2mg\sin\theta=mg$ ，则弹簧的最短伸长量为 $x=\frac{mg}{k}$ ，故 B 正确。

7. 【答案】 BC

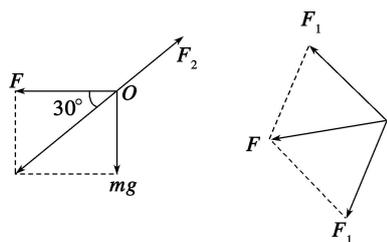
【解析】 对 B 点受力分析，受重物的拉力，横梁的支持力和细线的拉力，如图所示，



根据平衡条件，有 $F_T=\frac{G}{\cos\theta}$ ， $F_N=G\tan\theta$ ，当重为 G 的物体由挂在梁上的 B 点处逐渐移至 A 点的过程中， θ 减小，故 F_N 减小， F_T 也减小；由于横梁处于平衡状态，故 A 点处对横梁作用力 F 与 F_N 等大，也减小，B、C 正确。

8. 【答案】 BD

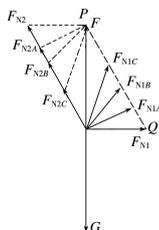
【解析】 设绳 AO 和绳 BO 拉力的合力为 F ，以 O 点为研究对象，O 点受到重力 mg 、杆的支持力 F_2 和绳 AO 与绳 BO 拉力的合力 F ，作出力的示意图，如图所示，



根据平衡条件得： $F = mg \tan 60^\circ = \sqrt{3}mg$ ； $F_2 = \frac{mg}{\sin 30^\circ} = 2mg$ ；将 F 分解，如图，设 AO 所受拉力的大小 F_1 ，因为 $\angle AOB = 120^\circ$ ，根据几何知识得： $F_1 = F = \sqrt{3}mg$ ，所以绳 AO 和 BO 所受到的拉力 F_1 为 $\sqrt{3}mg$ ，而杆 OC 所受到的压力大小等于 F_2 为 $2mg$ ；故选 BD。

9. 【答案】 BD

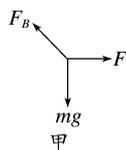
【解析】



取小球为研究对象，小球受到重力 G 、挡板对小球的支持力 F_{N1} 和斜面对小球的支持力 F_{N2} 三个力作用，如图所示， F_{N1} 和 F_{N2} 的合力与重力大小相等，方向相反， F_{N2} 总垂直接触面(斜面)，方向不变，根据图解可以看出，在 F_{N1} 方向改变时，其大小(箭头)只能沿 PQ 线变动.显然在挡板移动过程中， F_{N1} 先变小后变大， F_{N2} 一直减小.

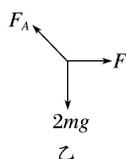
10. 【答案】 A

【解析】 对下面的小球进行受力分析，如图甲所示：



根据平衡条件得： $F = mg \tan 45^\circ = mg$ ， $F_B = \frac{mg}{\cos 45^\circ} = \sqrt{2}mg$ ；

对两个小球整体受力分析，如图乙所示：



根据平衡条件得： $\tan \theta = \frac{F}{2mg}$ ，又 $F = mg$ ，解得 $\tan \theta = \frac{1}{2}$ ， $F_A = \sqrt{(2mg)^2 + F^2} = \sqrt{5}mg$ ，由题可知两弹簧的形变量相等，则有： $x = \frac{F_A}{k_A} = \frac{F_B}{k_B}$ ，解得： $\frac{k_A}{k_B} = \frac{F_A}{F_B} = \frac{\sqrt{5}}{\sqrt{2}}$ ，故 A 正确，B、C、D 错误。

作业（十）牛顿三大定律

知识梳理

一、牛顿第一定律 惯性

1. 牛顿第一定律

(1)内容：一切物体总保持匀速直线运动状态或静止状态，除非作用在它上面的力迫使它改变这种状态。

(2)意义：①揭示了物体的固有属性：一切物体都有惯性，因此牛顿第一定律又叫惯性定律；

②揭示了力与运动的关系：力不是维持物体运动的原因，而是改变物体运动状态的原因，即力是产生加速度的原因。

2. 惯性

(1)定义：物体具有保持原来匀速直线运动状态或静止状态的性质。



(2)量度：质量是惯性大小的唯一量度，质量大的物体惯性大，质量小的物体惯性小。

(3)普遍性：惯性是物体的固有属性，一切物体都具有惯性，与物体的运动情况和受力情况无关。

二、牛顿第二定律 力学单位制

1. 牛顿第二定律

(1)内容：物体加速度的大小跟它受到的作用力成正比，跟它的质量成反比，加速度的方向跟作用力的方向相同。

(2)表达式： $F=ma$ 。

(3)适用范围

①牛顿第二定律只适用于惯性参考系，即相对于地面静止或匀速直线运动的参考系。

②牛顿第二定律只适用于宏观物体(相对于分子、原子等)、低速运动(远小于光速)的情况。

2. 力学单位制

(1)单位制：由基本单位和导出单位一起组成了单位制。

(2)基本单位：基本物理量的单位。国际单位制中基本物理量共七个，其中力学有三个，是长度、质量、时间，单位分别是米、千克、秒。

(3)导出单位：由基本物理量根据物理关系推导出来的其他物理量的单位。

三、牛顿第三定律

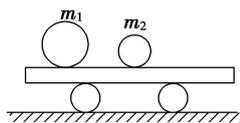
1. 作用力和反作用力：两个物体之间的作用总是相互的，一个物体对另一个物体施加了力，后一个物体同时对前一个物体也施加力。

2. 内容：两个物体之间的作用力和反作用力总是大小相等、方向相反、作用在同一条直线上。

3. 表达式： $F=-F'$ 。

典例分析

【例 1】如图所示，在一辆表面光滑且足够长的小车上，有质量为 m_1 和 m_2 的两个小球($m_1 > m_2$)，两个小球随车一起运动，当车突然停止运动时，若不考虑其他阻力，则两个小球()



- A. 一定相碰 B. 一定不相碰
- C. 不一定相碰 D. 无法确定

【思路点拨】：①小车表面光滑且不考虑其他阻力说明小球在水平方向上不受力的作用。

②两小球随车一起运动说明两小球速度相同。

【答案】B

【解析】小车表面光滑，因此两小球在水平方向上没有受到外力的作用。原来两个小球与小车具有相同的速度，当车突然停止运动时，由于惯性，两个小球的速度不变，所以不会相碰。

【规律总结】

牛顿第一定律的巧用

(1)由“因”索“果”：在判断力与运动之间的关系时，一定要把握准牛顿第一定律的含义，即力是改变物体运动状态的原因，而不是维持物体运动的原因。

(2)由“果”索“因”：如果物体的运动状态发生改变，则物体必然受到不为零的合外力的作用，所以判断物体的运动状态是否改变以及如何改变，应分析物体的受力情况。

(3)应用步骤：应用牛顿第一定律解释有关现象时，一要看物体原来的运动状态，二要看物体现在的受力情况及所受合力是否为零，最后判断由于物体具有惯性将会出现的现象。

【例 2】(多选)关于牛顿第二定律，下列说法中正确的是()

- A. 加速度和力是瞬时对应关系，即加速度与力是同时产生、同时变化、同时消失的
- B. 物体只有受到力的作用时，才有加速度，才有速度
- C. 任何情况下，加速度的方向总与合外力方向相同，也总与速度的方向相同
- D. 当物体受到几个力的作用时，可把物体的加速度看成是各个力单独作用时产生的各个加速度的矢量和

【答案】AD



【解析】根据牛顿第二定律的瞬时性，选项 A 正确；物体只有受到力的作用时，才有加速度，但速度有无与物体是否受力无关，选项 B 错误；任何情况下，加速度的方向总与合外力方向相同，但与速度的方向没关系，选项 C 错误；根据牛顿第二定律的独立性，选项 D 正确。

【规律总结】

理解牛顿第二定律的三个误区

(1)认为先有力，后有加速度：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)认为质量与力成正比，与加速度成反比：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。

(3)认为作用力与 m 和 a 都成正比：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。

【例 3】(多选)将一木箱置于粗糙的水平地面上，现用一水平绳拉着木箱匀速前进，则()

- A. 木箱所受到的拉力和水平地面对木箱的摩擦力是一对作用力与反作用力
- B. 木箱对水平地面的压力和水平地面对木箱的支持力是一对作用力与反作用力
- C. 木箱所受的重力和水平地面对木箱的支持力是一对平衡力
- D. 木箱对水平地面的压力和水平地面对木箱的支持力是一对平衡力

【答案】BC

【解析】木箱匀速前进，木箱所受到的拉力和水平地面对木箱的摩擦力是一对平衡力；木箱所受的重力和水平地面对木箱的支持力是一对平衡力。木箱对水平地面的压力和水平地面对木箱的支持力是一对作用力与反作用力。所以选项 B、C 正确，A、D 错误。

【规律总结】

区分作用力、反作用力和平衡力的方法

区分作用力、反作用力和平衡力，最简单的方法是看涉及的物体的个数。



(1)作用力与反作用力只涉及两个相互作用的物体，是甲物体对乙物体，乙物体对甲物体的关系。

(2)平衡的一对力涉及三个物体，即两个施力物体同时作用在一个受力物体上。

【真题链接】

【2018·浙江选考】通过理想斜面实验得出“力不是维持物体运动的原因”的科学家是（ ）

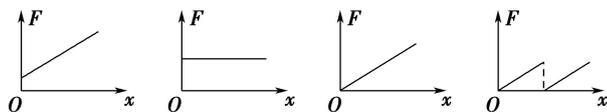
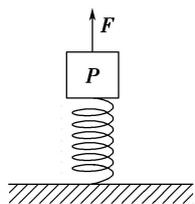
- A. 亚里士多德 B. 伽利略 C. 笛卡尔 D. 牛顿

【答案】B

【解析】A、亚里士多德认为力是维持物体运动状态的原因，故 A 错误；B、伽利略通过理想斜面实验提出了力不是维持物体运动的原因，故 B 正确；C、笛卡尔在伽利略研究的基础上第一次表述了惯性定律，故 C 错误；D、牛顿在伽利略等前人研究的基础上提出了牛顿第一定律，认为力是改变物体运动状态的原因，但不是第一个根据实验提出力不是维持物体运动原因的科学家，也不是第一个提出惯性的科学家，故 D 错误；

故选 B。

【2018·全国卷 I·T₁₅】如图所示，轻弹簧的下端固定在水平桌面上，上端放有物块 P，系统处于静止状态。现用一竖直向上的力 F 作用在 P 上，使其向上做匀加速直线运动。以 x 表示 P 离开静止位置的位移，在弹簧恢复原长前，下列表示 F 和 x 之间关系的图象可能正确的是（ ）



- A B C D

【答案】A

【解析】假设物块静止时弹簧的压缩量为 x_0 ，则由力的平衡条件可知 $kx_0 = mg$ ，在弹簧恢复原长前，当物块向上做匀加速直线运动时，由牛顿第二定律得 $F + k(x_0 - x) - mg = ma$ ，由以上两式解得 $F = kx + ma$ ，显然 F 和 x 为一次函数关系，且在 F 轴上有截距，则 A 正确，B、C、D 错误。

【2016·全国卷 I·T₁₈】一质点做匀速直线运动。现对其施加一恒力，且原来作用在质点上的力不发生改变，



则()

- A. 质点速度的方向总是与该恒力的方向相同 B. 质点速度的方向不可能总是与该恒力的方向垂直
C. 质点加速度的方向总是与该恒力的方向相同 D. 质点单位时间内速率的变化量总是不变

【答案】BC

【解析】质点原来做匀速直线运动，说明所受合外力为 0，当对其施加一恒力后，恒力的方向与原来运动的速度方向关系不确定，则质点可能做直线运动，也可能做曲线运动，但加速度的方向一定与该恒力的方向相同，选项 B、C 正确。

强化训练

1. 测量国际单位制规定的三个力学基本物理量分别可用的仪器是下列哪一组()

- A. 米尺、弹簧测力计、秒表 B. 米尺、弹簧测力计、打点计时器
C. 量筒、天平、秒表 D. 米尺、天平、秒表

2. 由牛顿第二定律可知，无论怎样小的力都可以使物体产生加速度，可是当我们用一个力推桌子没有推动时是因为()

- A. 牛顿第二定律不适用于静止的物体
B. 桌子的加速度很小，速度增量很小，眼睛不易觉察到
C. 推力小于摩擦力，加速度是负值
D. 推力、重力、地面的支持力与摩擦力的合力等于零，物体的加速度为零，所以物体仍静止

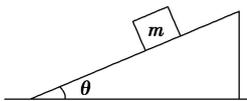
3. (多选)关于牛顿第一定律，下面说法中正确的是()

- A. 牛顿第一定律反映了物体不受外力作用时物体的运动规律
B. 牛顿第一定律就是惯性
C. 不受外力作用时，物体运动状态保持不变是由于物体具有惯性
D. 运动的物体状态发生变化时，物体必定受到外力的作用

4 如图所示，质量为 m 的物体静止在倾角为 θ 的斜面上，为了说明它对斜面的摩擦力大小等于 $mg\sin\theta$ ，应涉



及下列哪些知识()



①力的合成与分解；②物体的平衡条件；③牛顿第三定律；④牛顿第一定律.

- A. ①② B. ①③ C. ②③④ D. ①②③

5 在物理课上，老师在讲解“惯性”概念时，做了一个小实验：用两根细绳分别悬挂一个乒乓球和一个同体积的实心小铁球，用力对着乒乓球吹气，乒乓球偏离了竖直方向；用几乎同样大的力对着小铁球吹气，小铁球几乎没有动. 这个实验主要说明的物理问题是()

- A. 只有运动的物体才具有惯性 B. 只有静止的物体才具有惯性
C. 物体的质量越大，其具有的惯性也越大 D. 一切物体都具有惯性

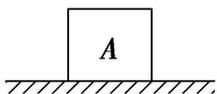
6. 一物体在 2 N 的外力作用下，产生 10 cm/s^2 的加速度，求该物体的质量. 下面有几种不同的求法，其中单位运用正确、简捷而又规范的是()

- A. $m = \frac{F}{a} = \frac{2}{10} \text{ kg} = 0.2 \text{ kg}$ B. $m = \frac{F}{a} = \frac{2 \text{ N}}{0.1 \text{ m/s}^2} = 20 \frac{\text{kg} \cdot \text{m/s}^2}{\text{m/s}^2} = 20 \text{ kg}$
C. $m = \frac{F}{a} = \frac{2}{0.1} = 20 \text{ kg}$ D. $m = \frac{F}{a} = \frac{2}{0.1} \text{ kg} = 20 \text{ kg}$

7. 在光滑的水平桌面上，有一个静止的物体，给物体施以水平作用力，在力作用到物体上的瞬间，则()

- A. 物体同时具有加速度和速度 B. 物体立即获得加速度，速度仍为零
C. 物体立即获得速度，加速度仍为零 D. 物体的速度和加速度均为零

8. 如图所示，物体 A 静止在水平地面上，下列说法正确的是()

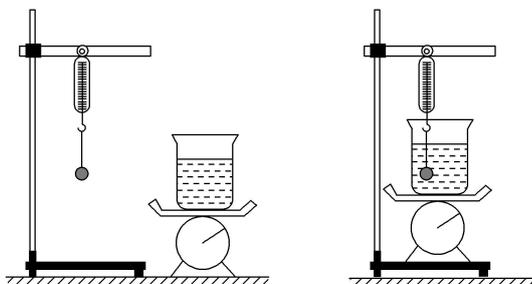


- A. 物体对地面的压力和重力是一对平衡力
B. 物体对地面的压力和地面对物体的支持力是一对平衡力
C. 物体受到的重力和地面对物体的支持力是一对平衡力



D. 物体受到的重力和地面对物体的支持力是一对作用力和反作用力

9 某研究性学习小组利用如图所示的装置探究作用力与反作用力的大小关系. 如图甲所示, 在铁架台上用弹簧测力计挂住一个实心铁球, 弹簧测力计的示数为 F_1 , 在圆盘测力计的托盘上放有盛水的烧杯, 圆盘测力计的示数为 F_2 ; 再把铁球浸没在水中(水未溢出), 如图乙所示, 弹簧测力计的示数为 F_3 , 圆盘测力计的示数为 F_4 .



甲

乙

(1) 请你分析弹簧测力计示数的变化, 即有 F_3 _____ (选填“>”“=”或“<”) F_1 .

(2) 铁球对水的作用力大小为 _____, 水对铁球的作用力大小为 _____, 若两者相等, 就说明了作用力与反作用力大小相等.

10. 有经验的司机能通过控制油门使汽车做匀加速直线运动, 某品牌轿车连同司机在内总质量为 $m=1\ 500\ \text{kg}$, 当轿车受到大小为 $F_1=500\ \text{N}$ 的牵引力时恰好在水平路面上匀速行驶. 现司机通过控制油门使轿车受到 $F_2=2\ 000\ \text{N}$ 的牵引力, 从 $v_0=5\ \text{m/s}$ 开始加速. 假设汽车运动时所受的阻力保持不变, 试求:



(1) 轿车运动过程中所受到的阻力大小;

(2) 轿车做加速运动时的加速度大小;

(3) 轿车开始加速后 3 s 内通过的位移大小.



参考答案

1. 【答案】D

【解析】据单位制可知，在国际单位制中三个力学的基本物理量分别为长度、质量、时间，长度用米尺测量，质量用天平测量，时间用秒表测量，故D选项正确。

2. 【答案】D

【解析】牛顿第二定律中的力应理解为物体所受的合力。用一个力推桌子没有推动，是由于桌子所受推力、重力、地面的支持力与摩擦力的合力等于零，物体的加速度为零，所以物体仍静止，故选项D正确，选项A、B、C错误。

3. 【答案】ACD

【解析】牛顿第一定律又叫惯性定律，但不能说惯性定律就是惯性。惯性是指一切物体都具有保持匀速直线运动状态或静止状态的性质，它是物体的固有性质，惯性大小仅由物体的质量决定，与物体是否受力及物体的运动状态无关。而惯性定律指物体在不受外力作用(合外力为零)的条件下所遵守的运动规律，它指出了力是改变物体运动状态的原因，而不是产生或维持物体运动的原因。总之，惯性和惯性定律是两个不同的概念，但惯性定律揭示出物体具有惯性。故选A、C、D。

4. 【答案】D

【解析】物体受竖直向下的重力 mg ，平行于斜面向上的摩擦力 F_f 和垂直于斜面向上的支持力 F_N ，将重力沿斜面和垂直斜面正交分解，则在沿斜面方向和垂直于斜面方向上分别满足二力平衡，则 $F_f = mg \sin \theta$ ，根据牛顿第三定律可知，它对斜面的摩擦力大小等于 $mg \sin \theta$ ，选项D正确。

5. 【答案】C

【解析】惯性的大小与物体的运动状态无关，由物体质量的大小唯一确定，物体的质量越大，惯性越大，故C正确，A、B均错误；一切物体都有惯性，但本题中的实验并不能说明这个结论，故选项D错误。

6. 【答案】D

【解析】物理计算中，在进行数量运算的同时，也要注意单位运算。带单位运算时，每一个数据均要带上单位，且单位换算要准确；也可以把题中已知量的单位都用国际单位制单位表示，计算的结果就用国际单位制单位表示，这样在统一已知量的单位后，就不必一一写出各个量的单位，只在结果后面写出正确单位



即可。在备选的四个选项中，A、C 均错，B 项解题过程正确，但不简捷，只有 D 项中单位运用正确，且过程简捷、规范。故选 D。

7. 【答案】B

【解析】合外力与加速度是瞬时对应关系，所以在力作用到物体上的瞬间，物体立即获得加速度，但物体的速度还得从零开始增大，不可能立即具有速度，故 B 正确。

8. 【答案】C

【解析】物体对地面的压力和物体受到的重力大小相等，但是分别作用在地面和物体上，故不是平衡力，选项 A 错误。物体对地面的压力和地面对物体的支持力是一对相互作用力，是作用力和反作用力的关系，选项 B 错误。物体受到的重力和地面对物体的支持力是一对平衡力，选项 C 正确，D 错误。

9. 【答案】(1) $<$ (2) $F_1 - F_3$ $F_4 - F_2$

【解析】(1)图乙中铁球受到浮力的作用，浮力向上，则弹力减小，故 $F_3 < F_1$ 。

(2)对烧杯中的水分析可知，由于烧杯中的水受到铁球的反作用力，则示数增加，由弹簧测力计的示数变化可知，铁球对水的作用力大小为 $F_1 - F_3$ ；

对铁球分析可知，铁球受到的浮力为 $F_1 - F_3$ ；

水对铁球的作用力大小为 $F_4 - F_2$ ，若 $F_1 - F_3 = F_4 - F_2$ ，则可以证明作用力与反作用力大小相等。

10. 【答案】(1)500 N (2) 1 m/s^2 (3)19.5 m

【解析】(1)轿车匀速运动时受力平衡，则 $F_f = F_1 = 500 \text{ N}$ 。

(2)由牛顿第二定律： $F_2 - F_f = ma$

$$\text{则 } a = \frac{F_2 - F_f}{m}$$

代入数据得 $a = 1 \text{ m/s}^2$ 。

(3)轿车做匀加速运动的位移为 $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$

代入数据得 $x = 19.5 \text{ m}$ 。



作业（十一）牛顿运动定律的应用（一）

（动力学两类问题+动力学图像）

知识梳理

一、牛顿第二定律的作用

牛顿第二定律揭示了运动和力的关系：加速度的大小与物体所受合力的大小成正比，与物体的质量成反比；加速度的方向与物体受到的合力的方向相同。

二、两类基本问题

1. 根据受力情况确定运动情况

如果已知物体的受力情况，则可由牛顿第二定律求出物体的加速度，再根据运动学规律就可以确定物体的运动情况。

2. 根据运动情况确定受力情况

如果已知物体的运动情况，则可根据运动学公式求出物体的加速度，再根据牛顿第二定律就可以确定物体所受的力。

三、动力学图象问题

1. 在动力学与运动学问题中，常见、常用的图象是位移图象($x-t$ 图象)、速度图象($v-t$ 图象)和力的图象($F-t$ 图象)等，这些图象反映的是物体的运动规律、受力规律，而绝非代表物体的运动轨迹。

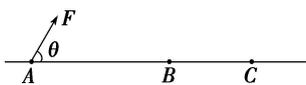
2. 图象问题的分析方法

遇到带有物理图象的问题时，要认真分析图象，先从它的物理意义、点、线段、斜率、截距、交点、拐点、面积等方面了解图象给出的信息，再利用共点力平衡、牛顿运动定律及运动学公式解题。



典例分析

【例 1】(2019·上海闵行区模拟)如图所示，直杆水平固定，质量为 $m=0.1\text{ kg}$ 的小圆环(未画出)套在杆上 A 点，在竖直平面内对环施加一个与杆夹角为 $\theta=53^\circ$ 的斜向上的拉力 F ，使小圆环由静止开始沿杆向右运动，并在经过 B 点时撤掉此拉力 F ，小圆环最终停在 C 点。已知小圆环与直杆间的动摩擦因数 $\mu=0.8$ ， AB 与 BC 的距离之比 $s_1:s_2=8:5$ (g 取 10 m/s^2 ， $\sin 53^\circ=0.8$ ， $\cos 53^\circ=0.6$)求：



- (1)小圆环在 BC 段的加速度 a_2 的大小；
- (2)小圆环在 AB 段的加速度 a_1 的大小；
- (3)拉力 F 的大小。

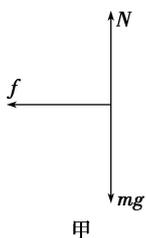
【思路点拨】(1)在 BC 段，对小圆环进行受力分析→牛顿第二定律→加速度；

(2)分析小圆环在 BC 段和 AB 段的运动情况→运动学规律→加速度；

(3)在 AB 段，对小圆环进行受力分析→杆对小圆环的支持力方向不确定(有向上或向下两种可能)→牛顿第二定律→拉力 F 。

【答案】(1) 8 m/s^2 (2) 5 m/s^2 (3) 1.05 N 或 7.5 N

【解析】(1)在 BC 段，小圆环受重力、弹力、摩擦力。对小圆环进行受力分析如图甲所示，



$$\text{有 } f = \mu N = \mu mg$$

$$\text{则 } a_2 = \frac{f}{m} = \mu g = 0.8 \times 10\text{ m/s}^2 = 8\text{ m/s}^2.$$

(2)小圆环在 AB 段做匀加速运动，由运动学公式可知



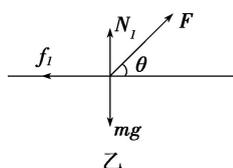
$$v_B^2 = 2a_1s_1$$

小圆环在 BC 段做匀减速运动，由运动学公式可知

$$v_B^2 = 2a_2s_2$$

$$\text{又 } \frac{s_1}{s_2} = \frac{8}{5}$$

$$\text{则 } a_1 = \frac{s_2}{s_1}a_2 = \frac{5}{8} \times 8 \text{ m/s}^2 = 5 \text{ m/s}^2.$$



(3)当 $F\sin \theta < mg$ 时，小圆环在 AB 段运动的受力分析如图乙所示

由牛顿第二定律得

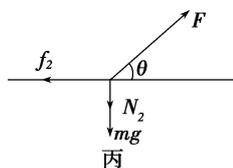
$$F\cos \theta - f_1 = ma_1$$

$$\text{又 } N_1 + F\sin \theta = mg$$

$$f_1 = \mu N_1$$

联立以上各式，代入数据解得

$$F = 1.05 \text{ N}$$



当 $F\sin \theta > mg$ 时，小圆环在 AB 段运动的受力分析如图丙所示

由牛顿第二定律可知

$$F\cos \theta - f_2 = ma_1$$

$$\text{又 } F\sin \theta = mg + N_2$$



$$f_2 = \mu N_2$$

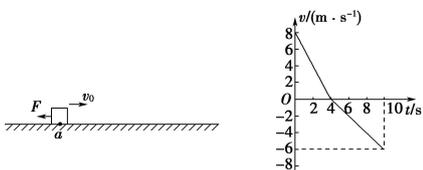
代入数据解得 $F = 7.5 \text{ N}$.

【规律总结】



1. 如果已知物体的受力情况，可以由牛顿第二定律求出物体的加速度，再通过运动学公式确定物体的运动情况。
2. 如果已知物体的运动情况，根据运动学公式求出物体的加速度，再根据牛顿第二定律确定物体所受的力。
3. 加速度是联系运动学公式和牛顿第二定律的桥梁。
4. 解决动力学两类问题的关键是对物体进行正确的受力分析及运动情况分析。

【例 2】如图甲所示，质量为 $m = 2 \text{ kg}$ 的物体在水平面上向右做直线运动。过 a 点时给物体作用一个水平向左的恒力 F 并开始计时，选水平向右为速度的正方向，通过速度传感器测出物体的瞬时速度，所得 $v-t$ 图象如图乙所示。取重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。求：



甲

乙

- (1) 力 F 的大小和物体与水平面间的动摩擦因数 μ ；
- (2) 10 s 末物体离 a 点的距离。

【思路点拨】：①恒力 F 的方向不变，而摩擦力的方向随速度方向的改变而改变。

② $v-t$ 图象的斜率表示物体的加速度。

③ $v-t$ 图象与 t 轴所围面积表示物体的位移。

【答案】 (1) 3 N 0.05 (2) 在 a 点左边 2 m 处

【解析】 (1) 设物体向右做匀减速直线运动的加速度大小为 a_1 ，则由 $v-t$ 图象得 $a_1 = 2 \text{ m/s}^2$



根据牛顿第二定律，有 $F + \mu mg = ma_1$

设物体向左做匀加速直线运动的加速度大小为 a_2 ，则由 $v-t$ 图象得 $a_2 = 1 \text{ m/s}^2$

根据牛顿第二定律，有 $F - \mu mg = ma_2$

联立解得 $F = 3 \text{ N}$ ， $\mu = 0.05$ 。

(2) 设 10 s 末物体离 a 点的距离为 d ， d 应为 $v-t$ 图象与横轴所围的面积，则

$$d = \frac{1}{2} \times 4 \times 8 \text{ m} - \frac{1}{2} \times 6 \times 6 \text{ m} = -2 \text{ m}$$

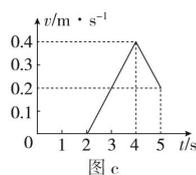
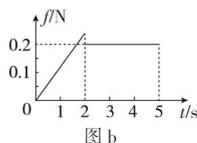
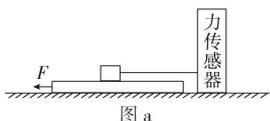
负号表示物体在 a 点左边。

【规律总结】

解决此类题的思路：从 $v-t$ 图象上获得加速度的信息，再结合实际受力情况，利用牛顿第二定律列方程。

【真题链接】

【2019·全国卷Ⅲ】 如图 a ，物块和木板叠放在实验台上，物块用一不可伸长的细绳与固定在实验台上的力传感器相连，细绳水平。 $t=0$ 时，木板开始受到水平外力 F 的作用，在 $t=4 \text{ s}$ 时撤去外力。细绳对物块的拉力 f 随时间 t 变化的关系如图 b 所示，木板的速度 v 与时间 t 的关系如图 c 所示。木板与实验台之间的摩擦可以忽略。重力加速度取 10 m/s^2 。由题给数据可以得出()



- A. 木板的质量为 1 kg
- B. $2 \sim 4 \text{ s}$ 内，力 F 的大小为 0.4 N
- C. $0 \sim 2 \text{ s}$ 内，力 F 的大小保持不变
- D. 物块与木板之间的动摩擦因数为 0.2

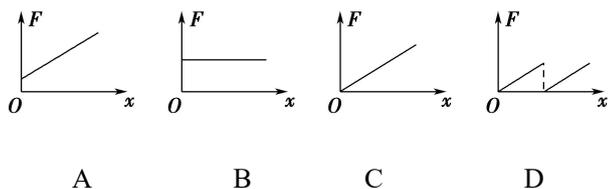
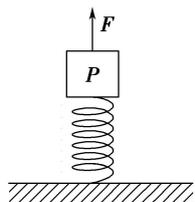
【答案】 AB

【解析】 木板和实验台间的摩擦忽略不计，由题图 b 知， 2 s 后木板滑动，物块和木板间的滑动摩擦力大小 $F_f = 0.2 \text{ N}$ 。由题图 c 知， $2 \sim 4 \text{ s}$ 内，木板的加速度大小 $a_1 = \frac{0.4}{2} \text{ m/s}^2 = 0.2 \text{ m/s}^2$ ，撤去外力 F 后的加速



度大小 $a_2 = \frac{0.4 - 0.2}{1} \text{ m/s}^2 = 0.2 \text{ m/s}^2$ ，设木板质量为 m ，据牛顿第二定律，对木板有：2~4 s 内： $F - F_{\text{摩}} = ma_1$ ，4 s 以后： $F_{\text{摩}} = ma_2$ ，解得 $m = 1 \text{ kg}$ ， $F = 0.4 \text{ N}$ ，A、B 正确。0~2 s 内，木板静止， $F = f$ ，由题图 b 知， F 是均匀增加的，C 错误。因物块质量不可求，故由 $F_{\text{摩}} = \mu m_{\text{物}} g$ 可知动摩擦因数不可求，D 错误。

【2018·全国卷 I·T15】 如图所示，轻弹簧的下端固定在水平桌面上，上端放有物块 P，系统处于静止状态。现用一竖直向上的力 F 作用在 P 上，使其向上做匀加速直线运动。以 x 表示 P 离开静止位置的位移，在弹簧恢复原长前，下列表示 F 和 x 之间关系的图象可能正确的是()

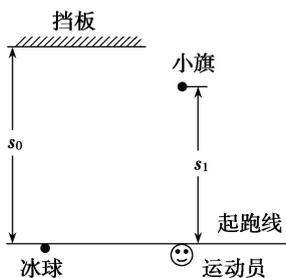


【答案】 A

【解析】 假设物块静止时弹簧的压缩量为 x_0 ，则由力的平衡条件可知 $kx_0 = mg$ ，在弹簧恢复原长前，当物块向上做匀加速直线运动时，由牛顿第二定律得 $F + k(x_0 - x) - mg = ma$ ，由以上两式解得 $F = kx + ma$ ，显然 F 和 x 为一次函数关系，且在 F 轴上有截距，则 A 正确，B、C、D 错误。

【2017·高考全国卷 II】 为提高冰球运动员的加速能力，教练员在冰面上与起跑线距离 s_0 和 s_1 ($s_1 < s_0$) 处分别放

置一个挡板和一面小旗，如图所示。训练时，让运动员和冰球都位于起跑线上，教练员将冰球以速度 v_0 击出，使冰球在冰面上沿垂直于起跑线的方向滑向挡板；冰球被击出的同时，运动员垂直于起跑线从静止出发滑向小旗。训练要求当冰球到达挡板时，运动员至少到达小旗处。假定运动员在滑行过程中做匀加速运动，冰球到达挡板时的速度为 v_1 。重力加速度大小为 g 。求：



(1) 冰球与冰面之间的动摩擦因数；



(2)满足训练要求的运动员的最小加速度.

【答案】：(1) $\frac{v_0^2 - v_1^2}{2gs_0}$ (2) $\frac{s_1 (v_0 + v_1)^2}{2s_0^2}$

【解析】：(1)设冰球的质量为 m ，冰球与冰面之间的动摩擦因数为 μ ，由动能定理得

$$-\mu mgs_0 = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 \quad ①$$

$$\text{解得 } \mu = \frac{v_0^2 - v_1^2}{2gs_0} \quad ②$$

(2)冰球到达挡板时，满足训练要求的运动员中，刚好到达小旗处的运动员的加速度最小. 设这种情况下，冰球和运动员的加速度大小分别为 a_1 和 a_2 ，所用的时间为 t .由运动学公式得

$$v_0^2 - v_1^2 = 2a_1s_0 \quad ③$$

$$v_0 - v_1 = a_1t \quad ④$$

$$s_1 = \frac{1}{2}a_2t^2 \quad ⑤$$

联立③④⑤式得

$$a_2 = \frac{s_1 (v_1 + v_0)^2}{2s_0^2} \quad ⑥$$

强化训练

1.物体放在光滑水平面上，在水平恒力 F 作用下由静止开始运动，经时间 t 通过的位移是 x .如果水平恒力变为 $2F$ ，物体仍由静止开始运动，经时间 $2t$ 通过的位移是()

- A. x B. $2x$ C. $4x$ D. $8x$

2.一个物体在水平恒力 F 的作用下，由静止开始在一个粗糙的水平面上运动，经过时间 t ，速度变为 v ，如果要使物体的速度变为 $2v$ ，下列方法正确的是()

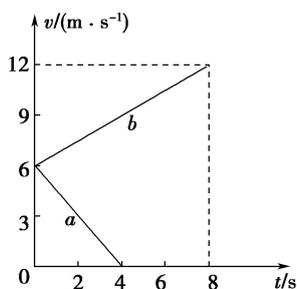
- A.将水平恒力增加到 $2F$ ，其他条件不变
B.将物体质量减小一半，其他条件不变



C.物体质量不变，水平恒力和作用时间都增为原来的两倍

D.将时间增加到原来的2倍，其他条件不变

3. 质量为 0.8 kg 的物体在一水平面上运动，如图所示， a 、 b 分别表示物体不受拉力作用和受到水平拉力作用时的 $v-t$ 图线，则拉力和摩擦力之比为()



- A. 9 : 8
- B. 3 : 2
- C. 2 : 1
- D. 4 : 3

4 (多选)(2019·杭州二中模拟)如图所示，总质量为 460 kg 的热气球，从地面刚开始竖直上升时的加速度为 0.5 m/s^2 ，当热气球上升到 180 m 时，以 5 m/s 的速度向上匀速运动，若离开地面后热气球所受浮力保持不变，上升过程中热气球总质量不变，重力加速度 $g=10 \text{ m/s}^2$.关于热气球，下列说法正确的是()



- A. 所受浮力大小为 4 830 N
- B. 加速上升过程中所受空气阻力保持不变
- C. 从地面开始上升 10 s 后的速度大小为 5 m/s
- D. 以 5 m/s 匀速上升时所受空气阻力大小为 230 N

5 某同学在家中玩用手指支撑盘子的游戏，如图所示，设该盘子的质量为 m ，手指与盘子之间的动摩擦因数为 μ ，重力加速度为 g ，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，则下列说法中正确的是()



- A. 若手支撑着盘子一起水平向右匀速运动，则手对盘子有水平向左的静摩擦力
- B. 若手支撑着盘子一起水平向右匀加速运动，则手对盘子的作用力大小为 mg
- C. 若手支撑着盘子一起水平向右匀加速运动，则手对盘子的作用力大小为 $\sqrt{(mg)^2 + (\mu mg)^2}$



D. 若手支撑着盘子一起水平向右匀加速运动，要使得盘子相对手指不发生滑动，则加速度最大为 μg

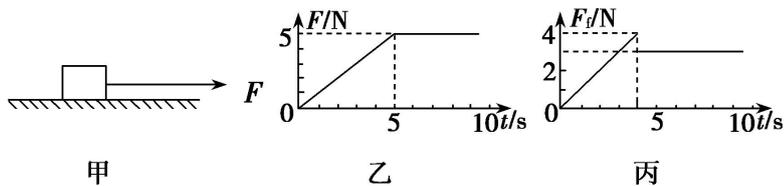
6. 行车过程中，如果车距不够，刹车不及时，汽车将发生碰撞，车里的人可能受到伤害，为了尽可能地减轻碰撞所引起的伤害，人们设计了安全带.假定乘客质量为 70 kg ，汽车车速为 90 km/h ，从踩下刹车到车完全停止需要的时间为 5 s ，安全带对乘客的平均作用力大小约为(不计人与座椅间的摩擦，刹车过程可看做匀减速直线运动)()

- A.450 N B.400 N C.350 N D.300 N

7. 竖直上抛物体受到的空气阻力 F_f 大小恒定，物体上升到最高点时间为 t_1 ，从最高点再落回抛出点所需时间为 t_2 ，上升时加速度大小为 a_1 ，下降时加速度大小为 a_2 ，则()

- A. $a_1 > a_2$, $t_1 < t_2$ B. $a_1 > a_2$, $t_1 > t_2$ C. $a_1 < a_2$, $t_1 < t_2$ D. $a_1 < a_2$, $t_1 > t_2$

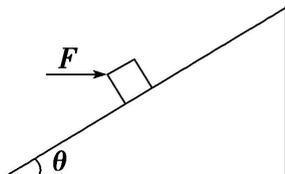
8. (2019·哈师大附中模拟)如图甲所示，水平长木板上有一质量 $m = 1.0\text{ kg}$ 的物块，受到随时间 t 变化的水平拉力 F 作用，用力传感器测出相应时刻物块所受摩擦力 F_f 的大小. 重力加速度 g 取 10 m/s^2 . 下列判断正确的是 ()



- A. 5 s 内拉力对物块做功为零 B. 4 s 末物块所受合力大小为 4.0 N
 C. 物块与木板之间的动摩擦因数为 0.4 D. 6~9 s 内物块的加速度的大小为 2.0 m/s^2

9. 一质量为 $m = 2\text{ kg}$ 的滑块能在倾角为 $\theta = 30^\circ$ 的足够长的固定斜面上以 $a = 2.5\text{ m/s}^2$ 的加速度匀加速下滑. 如图所示，若用一水平向右的恒力 F 作用于滑块，使之由静止开始在 $t = 2\text{ s}$ 内能沿斜面运动

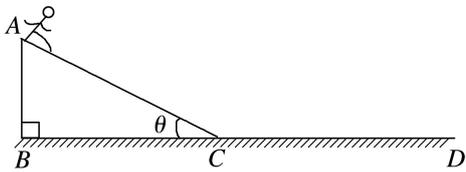
位移 $x = 4\text{ m}$. 求: (g 取 10 m/s^2)



- (1) 滑块和斜面之间的动摩擦因数 μ ;
 (2) 恒力 F 的大小.



10. 如图所示， ACD 是一滑雪场示意图，其中 AC 是长 $L=8\text{ m}$ 、倾角 $\theta=37^\circ$ 的斜坡， CD 段是与斜坡平滑连接的水平面。人从 A 点由静止下滑，经过 C 点时速度大小不变，又在水平面上滑行一段距离后停下。人与接触面间的动摩擦因数均为 $\mu=0.25$ ，不计空气阻力。（取 $g=10\text{ m/s}^2$ ， $\sin 37^\circ=0.6$ ， $\cos 37^\circ=0.8$ ）求：



(1) 人从斜坡顶端 A 滑至底端 C 所用的时间；

(2) 人在离 C 点多远处停下？



参考答案

1. 【答案】 D

【解析】 当水平恒力为 F 时，由牛顿第二定律得， $F=ma$

$$x = \frac{1}{2}at^2 = \frac{Ft^2}{2m}.$$

当水平恒力为 $2F$ 时，由牛顿第二定律得， $2F=ma'$ ，

$$x' = \frac{1}{2}a'(2t)^2 = \frac{4Ft^2}{m}.$$

联立得， $x'=8x$ 。

2. 【答案】 D

【解析】 由牛顿第二定律得 $F-\mu mg=ma$ ，所以 $a=\frac{F}{m}-\mu g$ ，对比 A、B、C 三项，均不能满足要求，故选项 A、B、C 均错，由 $v=at$ 可得选项 D 对。

3. 【答案】 B

【解析】 由题可知，图线 a 表示的为仅受摩擦力时的运动图线，加速度大小 $a_1=1.5 \text{ m/s}^2$ ；图线 b 表示的为受水平拉力和摩擦力的运动图线，加速度大小为 $a_2=0.75 \text{ m/s}^2$ ；由牛顿第二定律得 $ma_1=F_f$ ， $ma_2=F-F_f$ ，解得 $F:F_f=3:2$ ，B 正确。



4. 【答案】AD.

【解析】：刚开始上升时，空气阻力为零， $F_{\text{浮}} - mg = ma$ ，解得 $F_{\text{浮}} = m(g+a) = 4\,830\text{ N}$ ，A 正确；加速上升过程，若保持加速度不变，则热气球上升到 180 m 时，速度 $v = \sqrt{2ah} = 6\sqrt{5}\text{ m/s} > 5\text{ m/s}$ ，所以热气球做加速度减小的加速直线运动，上升 10 s 后的速度 $v' < at = 5\text{ m/s}$ ，C 错误；再由 $F_{\text{浮}} - F_{\text{阻}} - mg = ma$ 可知空气阻力 $F_{\text{阻}}$ 增大，B 错误；匀速上升时， $F_{\text{浮}} = F_{\text{阻}} + mg$ ，所以 $F_{\text{阻}} = F_{\text{浮}} - mg = 230\text{ N}$ ，D 正确。

5. 【答案】D

【解析】若手支撑着盘子一起水平向右匀速运动，则盘子水平方向受合力为零，则手对盘子没有静摩擦力作用，选项 A 错误；若手支撑着盘子一起水平向右匀加速运动，则手对盘子有竖直向上的支持力 mg 和水平向右的静摩擦力，因加速度未知，不能确定静摩擦力大小，选项 B、C 错误；若手支撑着盘子一起水平向右匀加速运动，要使得盘子相对手指不发生滑动，静摩擦力最大时加速度最大，则 $\mu mg = ma_m$ ，解得 $a_m = \mu g$ ，则加速度最大为 μg ，选项 D 正确。

6. 【答案】 C

【解析】 汽车刹车前的速度 $v_0 = 90\text{ km/h} = 25\text{ m/s}$

设汽车匀减速的加速度大小为 a ，则 $a = \frac{v_0}{t} = 5\text{ m/s}^2$

对乘客应用牛顿第二定律可得：

$F = ma = 70 \times 5\text{ N} = 350\text{ N}$ ，所以 C 正确。

7. 【答案】 A

【解析】 上升过程中，由牛顿第二定律，得

$$mg + F_f = ma_1 \text{ ①}$$

设上升高度为 h ，则 $h = \frac{1}{2}a_1t_1^2 \text{ ②}$

下降过程，由牛顿第二定律，得

$$mg - F_f = ma_2 \text{ ③}$$

$$h = \frac{1}{2}a_2t_2^2 \text{ ④}$$



由①②③④得， $a_1 > a_2$ ， $t_1 < t_2$ ，A 正确.

8. 【答案】 D

【解析】 根据图象，最大静摩擦力为 4 N. 4 s 后，物块受到拉力 F 大于 4 N，开始运动，所以 5 s 内拉力做功不为零，A 错误；4 s 末，物块所受合力为零，B 错误；物块所受滑动摩擦力为 $F_f = 3$ N，质量 $m = 1.0$ kg，根据滑动摩擦力公式求出物块与木板间的动摩擦因数 $\mu = \frac{F_f}{mg} = 0.3$ ，C 错误；6~9 s 内，物体的加速度 $a = \frac{F - F_f}{m} = \frac{5 - 3}{1} \text{ m/s}^2 = 2.0 \text{ m/s}^2$ ，D 正确.

9. 【答案】：(1) $\frac{\sqrt{3}}{6}$ (2) $\frac{76\sqrt{3}}{5}$ N 或 $\frac{4\sqrt{3}}{7}$ N

【解析】：(1)根据牛顿第二定律可得

$$mg \sin 30^\circ - \mu mg \cos 30^\circ = ma$$

$$\text{解得 } \mu = \frac{\sqrt{3}}{6}.$$

(2)由 $x = \frac{1}{2} a_1 t^2$ ，得 $a_1 = 2 \text{ m/s}^2$ ，当加速度沿斜面向上时， $F \cos 30^\circ - mg \sin 30^\circ - \mu(F \sin 30^\circ + mg \cos 30^\circ) = ma_1$ ，

$$\text{代入数据得 } F = \frac{76\sqrt{3}}{5} \text{ N}$$

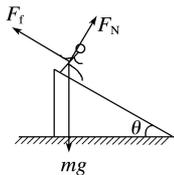
当加速度沿斜面向下时

$$mg \sin 30^\circ - F \cos 30^\circ - \mu(F \sin 30^\circ + mg \cos 30^\circ) = ma_1$$

$$\text{代入数据得 } F = \frac{4\sqrt{3}}{7} \text{ N}.$$

10. 【答案】 (1) 2 s (2) 12.8 m

【解析】 (1)人在斜坡上下滑时，对人受力分析如图所示.



设人沿斜坡下滑的加速度为 a ，沿斜坡方向，由牛顿第二定律得



$$mg\sin\theta - F_f = ma$$

$$F_f = \mu F_N$$

垂直于斜坡方向有

$$F_N - mg\cos\theta = 0$$

联立以上各式得

$$a = g\sin\theta - \mu g\cos\theta = 4 \text{ m/s}^2$$

由匀变速直线运动规律得 $L = \frac{1}{2}at^2$

解得： $t = 2 \text{ s}$

(2)人在水平面上滑行时，水平方向只受到水平面的摩擦力作用.设在水平面上人减速运动的加速度大小为 a' ，

由牛顿第二定律得 $\mu mg = ma'$

设人到达 C 处的速度为 v ，则由匀变速直线运动规律得

人在斜坡上下滑的过程： $v^2 = 2aL$

人在水平面上滑行时： $0 - v^2 = -2a'x$

联立解得 $x = 12.8 \text{ m}$



作业（十二）牛顿运动定律的应用（二）

（超重问题+连接体问题）

知识梳理

一、超重和失重

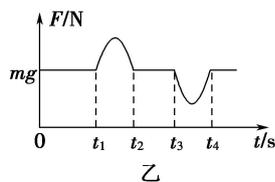
1. 超重：物体对支持物的压力(或对悬挂物的拉力)大于物体所受重力的现象，称为超重现象。
2. 失重：物体对支持物的压力(或对悬挂物的拉力)小于物体所受重力的现象，称为失重现象。
3. 完全失重：如果物体对支持物、悬挂物完全没有作用力，这时物体正好以大小等于 g 、方向竖直向下的加速度运动，此时物体处于完全失重状态。

二、动力学连接体问题

1. 连接体：两个或两个以上相互作用的物体组成的具有相同加速度的整体叫连接体。例如，几个物体叠放在一起，或并排挤放在一起，或用绳子、弹簧、细杆等连在一起。
2. 处理连接体问题的方法
 - (1) 整体法：把整个系统作为一个研究对象来分析的方法。不必考虑系统内力的影响，只考虑系统受到的外力。
 - (2) 隔离法：把系统中的各个部分(或某一部分)隔离，作为一个单独的研究对象来分析的方法。此时系统的内力就有可能成为该研究对象的外力，在分析时要特别注意。
 - (3) 整体法与隔离法的选用：求解各部分加速度都相同的连接体问题时，要优先考虑整体法；如果还要求物体之间的作用力，再用隔离法。求解连接体问题时，随着研究对象的转移，往往两种方法交叉运用。

典例分析

【例 1】(多选)在一电梯的地板上有一压力传感器，其上放一物体，如图甲所示，当电梯运行时，传感器示数大小随时间变化的关系图象如图乙，根据图象分析得出的结论中正确的是()



- A. 从时刻 t_1 到 t_2 ，物块处于失重状态
- B. 从时刻 t_3 到 t_4 ，物块处于失重状态
- C. 电梯可能开始停在低楼层，先加速向上，接着匀速向上，再减速向上，最后停在高楼层
- D. 电梯可能开始停在高楼层，先加速向下，接着匀速向下，再减速向下，最后停在低楼层

【思路点拨】：①判断超、失重现象关键是要看加速度方向，而不是运动方向。

②处于超重状态时，物体可能做向上加速或向下减速运动。

③处于失重状态时，物体可能做向下加速或向上减速运动。

【答案】 BC

【解析】从 $F-t$ 图象可以看出， $0 \sim t_1$ ， $F=mg$ ，电梯可能处于静止状态或匀速运动状态； $t_1 \sim t_2$ ， $F > mg$ ，电梯具有向上的加速度，物块处于超重状态，可能加速向上运动或减速向下运动； $t_2 \sim t_3$ ， $F=mg$ ，可能静止或匀速运动； $t_3 \sim t_4$ ， $F < mg$ ，电梯具有向下的加速度，物块处于失重状态，可能做加速向下或减速向上运动。综上所述可知，B、C 正确。

【规律总结】

判断超重、失重状态的方法

(1)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，小于重力时处于失重状态，等于零时处于完全失重状态。

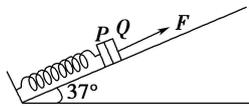
(2)从加速度的角度判断，当物体具有向上的加速度(包括斜向上)时处于超重状态，具有向下的加速度(包括斜向下)时处于失重状态，向下的加速度为 g 时处于完全失重状态。

(3)从运动的角度判断，当物体加速上升或减速下降时，物体处于超重状态，当物体加速下降或减速上升时，物体处于失重状态。

【例 2】一弹簧一端固定在倾角为 37° 的光滑斜面的底端，另一端拴住质量为 $m_1=4 \text{ kg}$ 的物块 P ， Q 为一重



物，已知 Q 的质量为 $m_2=8\text{ kg}$ ，弹簧的质量不计，劲度系数 $k=600\text{ N/m}$ ，系统处于静止，如图所示，现给 Q 施加一个方向沿斜面向上的力 F ，使它从静止开始沿斜面向上做匀加速运动，已知在前 0.2 s 时间内， F 为变力， 0.2 s 以后， F 为恒力，求：力 F 的最大值与最小值。（ $\sin 37^\circ=0.6$ ， g 取 10 m/s^2 ）



【思路点拨】：① 0.2 s 时 P 、 Q 两物块恰好分离。

② 两物块分离瞬间加速度仍相同，而相互作用力恰好为零。

【答案】 72 N 36 N

【解析】从受力角度看，两物体分离的条件是两物体间的正压力恰好为 0 ，从运动学角度看，一起运动的两物体恰好分离时，两物体在沿斜面方向上的加速度和速度仍相等。

设刚开始时弹簧压缩量为 x_0 。

$$\text{则 } (m_1 + m_2)g \sin \theta = kx_0 \quad \text{①}$$

因为在前 0.2 s 时间内， F 为变力， 0.2 s 以后， F 为恒力，所以在 0.2 s 时， P 对 Q 的作用力恰好为 0 ，由牛顿第二定律知 $kx_1 - m_1 g \sin \theta = m_1 a$ ②

$$F - m_2 g \sin \theta = m_2 a \quad \text{③}$$

$$\text{前 } 0.2\text{ s 时间内 } P、Q \text{ 向上运动的距离为 } x_0 - x_1 = \frac{1}{2} a t^2 \quad \text{④}$$

①②④式联立解得 $a=3\text{ m/s}^2$

当 P 、 Q 刚开始运动时拉力最小，此时有

$$F_{\min} = (m_1 + m_2)a = 36\text{ N}$$

当 P 与 Q 分离时拉力最大，此时有 $F_{\max} = m_2(a + g \sin \theta) = 72\text{ N}$ 。

【规律总结】

整体法与隔离法的选取技巧

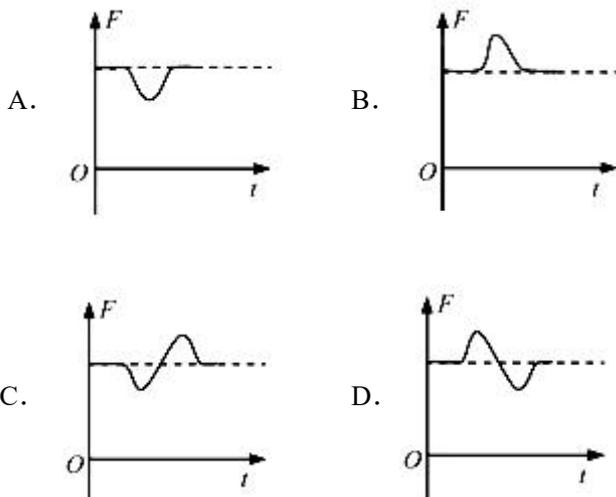
当物体各部分加速度相同且不涉及求内力的情况，用整体法比较简单；若涉及物体间相互作用力时必须用



隔离法。整体法与隔离法在较为复杂的问题中常常需要有机地结合起来运用，这将会更快捷有效。

【真题链接】

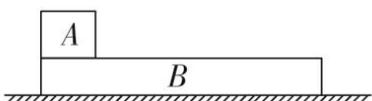
【2018·浙江选考】如图所示，小芳在体重计上完成下蹲动作，下列 $F-t$ 图像能反应体重计示数随时间变化的是（ ）



【答案】C

【解析】对人的运动过程分析可知，人下蹲的过程可以分成两段：人在加速下蹲的过程中，有向下的加速度，处于失重状态，此时人对传感器的压力小于人的重力的大小；在减速下蹲的过程中，加速度方向向上，处于超重状态，此时人对传感器的压力大于人的重力的大小，故 C 正确，A、B、D 错误；故选 C。

【2019·江苏高考】如图所示，质量相等的物块 A 和 B 叠放在水平地面上，左边缘对齐。A 与 B、B 与地面间的动摩擦因数均为 μ 。先敲击 A，A 立即获得水平向右的初速度，在 B 上滑动距离 L 后停下。接着敲击 B，B 立即获得水平向右的初速度，A、B 都向右运动，左边缘再次对齐时恰好相对静止，此后两者一起运动至停下。最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度为 g 。求：

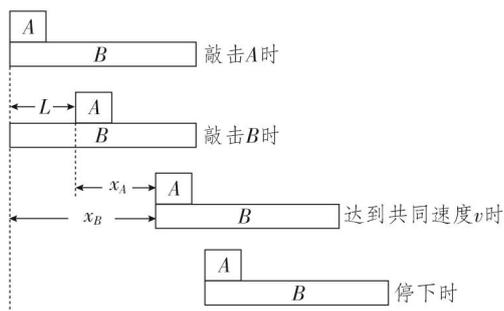




- (1) A 被敲击后获得的初速度大小 v_A ;
- (2) 在左边缘再次对齐的前、后, B 运动加速度的大小 a_B 、 a_B' ;
- (3) B 被敲击后获得的初速度大小 v_B 。

【答案】 (1) $\sqrt{2\mu gL}$ (2) $3\mu g$ μg (3) $2\sqrt{2\mu gL}$

【解析】 A 、 B 的运动过程如图所示:



(1) A 被敲击后, B 静止, A 向右运动, 由牛顿第二定律知, A 的加速度大小 $a_A = \mu g$

A 在 B 上滑动时有 $2a_AL = v_A^2$

解得: $v_A = \sqrt{2\mu gL}$ 。

(2) 设 A 、 B 的质量均为 m

对齐前, A 相对 B 滑动, B 所受合外力大小

$$F = \mu mg + 2\mu mg = 3\mu mg$$

由牛顿第二定律得 $F = ma_B$, 得 $a_B = 3\mu g$

对齐后, A 、 B 相对静止, 整体所受合外力大小 $F' = 2\mu mg$

由牛顿第二定律得 $F' = 2ma_B'$, 得 $a_B' = \mu g$ 。

(3) 设 B 被敲击后, 经过时间 t , A 、 B 达到共同速度 v , 位移分别为 x_A 、 x_B , A 的加速度大小等于 a_A

则 $v = a_At$, $v = v_B - a_Bt$

$$x_A = \frac{1}{2}a_At^2, \quad x_B = v_Bt - \frac{1}{2}a_Bt^2$$

且 $x_B - x_A = L$



解得： $v_B = 2\sqrt{2\mu gL}$ 。

【2015·新课标全国 II】(多选)在一东西向的水平直铁轨上，停放着一列已用挂钩连接好的车厢。当机车在东边拉着这列车厢以大小为 a 的加速度向东行驶时，连接某两相邻车厢的挂钩 P 和 Q 间的拉力大小为 F ；当机车在西边拉着车厢以大小为 $\frac{2}{3}a$ 的加速度向西行驶时， P 和 Q 间的拉力大小仍为 F 。不计车厢与铁轨间的摩擦，每节车厢质量相同，则这列车厢的节数可能为()

A. 8 B. 10 C. 15 D. 18

【答案】 BC

【解析】 设 PQ 西边有 n 节车厢，每节车厢的质量为 m ，则 $F = nma$ ①

设 PQ 东边有 k 节车厢，则 $F = km \cdot \frac{2}{3}a$ ②

联立①②得 $3n = 2k$ ，由此式可知 n 只能取偶数，

当 $n = 2$ 时， $k = 3$ ，总节数为 $N = 5$

当 $n = 4$ 时， $k = 6$ ，总节数为 $N = 10$

当 $n = 6$ 时， $k = 9$ ，总节数为 $N = 15$

当 $n = 8$ 时， $k = 12$ ，总节数为 $N = 20$ ，故选项 B、C 正确。

强化训练

1. 下列关于超重和失重的说法中正确的是()

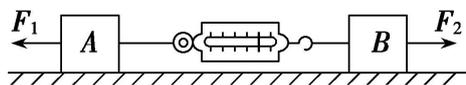
- A. 体操运动员双手握住单杠吊在空中不动时处于失重状态
- B. 蹦床运动员在空中上升和下落过程中都处于失重状态
- C. 举重运动员在举起杠铃后不动的那段时间内处于超重状态
- D. 游泳运动员仰卧在水面静止不动时处于失重状态

2. (多选)在升降机中，一个人站在磅秤上，发现自己的体重减轻了 20%，于是他作出下列判断，其中正确的是()



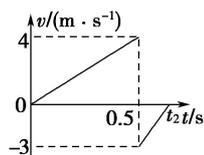
- A. 升降机以 $0.8g$ 的加速度加速上升
- B. 升降机以 $0.2g$ 的加速度加速下降
- C. 升降机以 $0.2g$ 的加速度减速上升
- D. 升降机以 $0.8g$ 的加速度减速下降

3. 物体 A 、 B 放在光滑水平面上并用轻质弹簧做成的弹簧秤相连，如图所示，今对物体 A 、 B 分别施以方向相反的水平力 F_1 、 F_2 ，且 F_1 大于 F_2 ，则弹簧秤的示数()



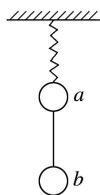
- A. 一定等于 $F_1 - F_2$
- B. 一定大于 F_2 小于 F_1
- C. 一定等于 $F_1 + F_2$
- D. 条件不足，无法确定

4 在空气阻力大小恒定的条件下，小球从空中下落，与水平地面相碰(碰撞时间极短)后弹到空中某一高度。以向下为正方向，其速度随时间变化的关系如图所示， g 取 10 m/s^2 ，则以下结论正确的是()



- A. 小球弹起的最大高度为 1.0 m
- B. 小球弹起的最大高度为 0.45 m
- C. 小球弹起到最大高度的时刻 $t_2 = 0.80 \text{ s}$
- D. 空气阻力与重力的比值为 $1 : 5$

5 如图所示， a 、 b 两小球悬挂在天花板上，两球用细线连接，上面是一轻质弹簧， a 、 b 两球的质量分别为 m 和 $2m$ ，在细线烧断瞬间， a 、 b 两球的加速度为(取向向下为正方向)()



- A. $0, g$
- B. $-g, g$
- C. $-2g, g$
- D. $2g, 0$

6. (多选)如图是娱乐节目中设计的“导师战车”。当坐在战车中的导师按下按钮时，战车就由静止开始沿长 10 m 的倾斜直轨道向下运动；某时刻开始减速，到达站在轨道末端的学员面前时，恰好静止，整个过程历时 4 s 。将加速、减速过程分别视为匀变速直线运动，则()



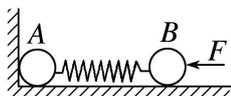
- A. 战车运动过程中导师先失重后超重
- B. 战车运动过程中所受外力不变
- C. 战车加速过程中的加速度一定等于减速过程中的加速度
- D. 战车运动过程中的最大速度为 5 m/s

7. 如图所示，光滑水平面上，质量分别为 m 、 M 的木块 A 、 B 在水平恒力 F 作用下一起以加速度 a 向右做匀加速运动，木块间的轻质弹簧劲度系数为 k ，原长为 L_0 ，则此时木块 A 、 B 间的距()



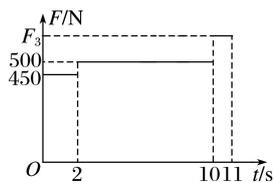
- A. $L_0 + \frac{Ma}{k}$
- B. $L_0 + \frac{ma}{k}$
- C. $L_0 + \frac{MF}{k(M+m)}$
- D. $L_0 + \frac{F-ma}{k}$

8. (多选) 质量均为 m 的 A 、 B 两球之间系着一个不计质量的轻弹簧并放在光滑水平台面上， A 球紧靠墙壁，如图所示，今用水平力 F 推 B 球使其向左压弹簧，平衡后，突然将力 F 撤去的瞬间()



- A. A 的加速度大小为 $\frac{F}{2m}$
- B. A 的加速度大小为零
- C. B 的加速度大小为 $\frac{F}{2m}$
- D. B 的加速度大小为 $\frac{F}{m}$

9 小明用台秤研究人在升降电梯中的超重与失重现象. 他在地面上用台秤称得其体重为 500 N，再将台秤移至电梯内称其体重，电梯从 $t=0$ 时由静止开始运动到 $t=11$ s 时停止，得到台秤的示数 F 随时间 t 变化的图象如图所示， g 取 10 m/s^2 . 求：



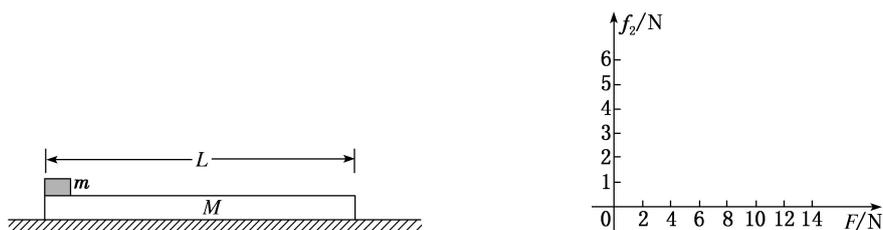
(1) 小明在 $0 \sim 2$ s 内加速度 a_1 的大小，并判断在这段时间内他处于超重还是失重状态；



(2)在 10~11 s 内，台秤的示数 F_3 ;

(3)小明运动的总位移大小.

10.如图所示，质量 $M=1\text{ kg}$ 的木板静止在粗糙的水平地面上，木板与地面间的动摩擦因数 $\mu_1=0.1$ ，在木板的左端放置一个质量 $m=1\text{ kg}$ 、大小可以忽略的铁块，铁块与木板间的动摩擦因数 $\mu_2=0.4$ ，取 $g=10\text{ m/s}^2$ ，试求：



(1)若木板长 $L=1\text{ m}$ ，在铁块上加一个水平向右的恒力 $F=8\text{ N}$ ，经过多长时间铁块运动到木板的右端？

(2)若在铁块上的右端施加一个大小从零开始连续增加的水平向右的力 F ，通过分析和计算后，请在图中画出铁块受到木板的摩擦力 f_2 随拉力 F 大小变化的图像。(设木板足够长)

参考答案



1. 【答案】 B

【解析】 从受力上看，失重物体所受合外力向下，超重物体所受合外力向上；从加速度上看，失重物体的加速度向下，而超重物体的加速度向上。A、C、D 中的各运动员所受合外力为零，加速度为零，只有 B 中的运动员处于失重状态。

2. 【答案】 BC

【解析】 若 $a=0.8g$ ，方向竖直向上，由牛顿第二定律有 $F-mg=ma$ 得 $F=1.8mg$ ，其中 F 为人的视重，即人此时处于超重状态，A、D 错误；若 $a=0.2g$ ，方向竖直向下，根据牛顿第二定律有 $mg-F'=ma$ ，得 $F'=0.8mg$ ，人的视重比实际重力小 $\frac{mg-F'}{mg} \times 100\% = 20\%$ ，B、C 正确。

3. 【答案】： B

【解析】：两个物体一起向左做匀加速直线运动，对两个物体整体运用牛顿第二定律，有： $F_1-F_2=(M+m)a$ ，再对物体 A 受力分析，运用牛顿第二定律，得到： $F_1-F=Ma$ ，由以上两式解得 $F=\frac{mF_1+MF_2}{M+m}$ ，由于 F_1 大于 F_2 ，故 F 一定大于 F_2 小于 F_1 ，故 B 正确。

4. 【答案】 D

【解析】 小球下落过程中有 $a_1=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{4}{0.5} \text{ m/s}^2=\frac{4}{5}g$ ， $mg-F_f=ma_1$ ，解得 $F_f=mg-ma_1=\frac{1}{5}mg$ ，故 $\frac{F_f}{mg}=\frac{1}{5}$ ，故 D 正确；在小球弹起过程中有 $mg+F_f=ma_2$ ，解得 $a_2=12 \text{ m/s}^2$ ，故小球上升的时间 $\Delta t=\frac{3}{12} \text{ s}=\frac{1}{4} \text{ s}=0.25 \text{ s}$ ，故 $t_2=t_1+\Delta t=0.75 \text{ s}$ ，故 C 错误；根据图象可知小球弹起的最大高度 $h=3 \times 0.25 \times \frac{1}{2} \text{ m}=0.375 \text{ m}$ ，A、B 错误。

5. 【答案】 C

【解析】 在细线烧断之前， a 、 b 可看成一个整体，由二力平衡知，弹簧弹力等于整体重力，故弹力向上且大小为 $3mg$ 。当细线烧断瞬间，弹簧的形变量不变，故弹力不变，故 a 受重力 mg 和方向向上且大小为 $3mg$ 的弹力，取向下的正方向，则 a 的加速度 $a_1=\frac{mg-3mg}{m}=-2g$ ，方向向上。对 b 而言，细线烧断后只受重力作用，则 b 的加速度为 $a_2=g$ ，方向向下。故 C 正确。

6. 【答案】 AD

【解析】 “导师战车”沿斜面先加速后减速，战车上的导师先失重后超重，A 正确；战车所受的合外力先沿斜面向下后沿斜面向上，外力不同，B 错误；因不知加速和减速的时间关系，故不能判断两个过程中加速度



的大小关系，C 错误；设最大速度为 v_m ，则整个过程的平均速度为 $\frac{v_m}{2}$ ，由 $\frac{v_m}{2}t=x$ 可得 $v_m=5 \text{ m/s}$ ，D 正确。

7. 【答案】 B

【解析】 先以 A 、 B 整体为研究对象，加速度为： $a=\frac{F}{M+m}$ ，再隔离 A 木块，弹簧的弹力： $F_{\text{弹}}=ma=k\Delta x$ ，

则弹簧的长度 $L=L_0+\frac{ma}{k}=L_0+\frac{mF}{k(m+M)}$ ，故选 B。

8. 【答案】 BD

【解析】 在将力 F 撤去的瞬间 A 球受力情况不变，仍静止， A 的加速度为零，选项 A 错，B 对；而 B 球在撤去力 F 的瞬间，弹簧的弹力还没来得及发生变化，故 B 的加速度大小为 $\frac{F}{m}$ ，选项 C 错，D 对。

9. 【答案】 (1) 1 m/s^2 失重 (2) 600 N (3) 19 m

【解析】 (1) 由题图可知，在 $0\sim 2 \text{ s}$ 内，台秤对小明的支持力 $F_1=450 \text{ N}$ ，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 $10\sim 11 \text{ s}$ 内小明的加速度大小为 a_3 ，时间为 t_3 ，

$0\sim 2 \text{ s}$ 的时间为 t_1 ，则 $a_1t_1=a_3t_3$ ，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 $x_1=\frac{1}{2}a_1t_1^2=2 \text{ m}$

$2\sim 10 \text{ s}$ 内位移 $x_2=a_1t_1t_2=16 \text{ m}$

$10\sim 11 \text{ s}$ 内位移 $x_3=\frac{1}{2}a_3t_3^2=1 \text{ m}$

小明运动的总位移大小 $x=x_1+x_2+x_3=19 \text{ m}$ 。

10. 【答案】 (1) 1 s (2) 见解析

【解析】 (1) 铁块的加速度大小 $a_1=\frac{F-\mu_2mg}{m}=4 \text{ m/s}^2$ ，

宝剑锋从磨砺出，梅花香自苦寒来



$$\text{木板的加速度大小 } a_2 = \frac{\mu_2 mg - \mu_1 (M+m)g}{M} = 2 \text{ m/s}^2,$$

设经过时间 t 铁块运动到木板的右端，

$$\text{则有 } \frac{1}{2}a_1 t^2 - \frac{1}{2}a_2 t^2 = L, \text{ 解得: } t = 1 \text{ s}.$$

(2)①当 $F \leq \mu_1(m+M)g = 2 \text{ N}$ 时， M 、 m 相对静止且对地静止， $f_2 = F$ 。

②二者相对静止时，以系统为研究对象，根据牛顿第二定律有 $F_1 - \mu_1(M+m)g = (M+m)a$ 。此时系统的加速度 $a \leq 2 \text{ m/s}^2$ ，解得 $F_1 \leq 6 \text{ N}$ ，所以当 $2 \text{ N} < F \leq 6 \text{ N}$ 时， M 、 m 相对静止，系统向右做匀加速运动，其加速度 $a = \frac{F - \mu_1 (M+m)g}{M+m}$ 。

以 M 为研究对象，根据牛顿第二定律有：

$$f_2 - \mu_1(M+m)g = Ma, \text{ 解得 } f_2 = \frac{F}{2} + 1.$$

③当 $F > 6 \text{ N}$ ， M 、 m 发生相对运动， $f_2 = \mu_2 mg = 4 \text{ N}$ 。

画出 f_2 随拉力 F 大小变化的图像如图所示。

