

第9讲 牛顿第二定律及其两类应用

——划重点之精细讲义系列

考点导航

考点 1	牛顿第二定律的动态分析
考点 2	牛顿第二定律瞬时性的理解
考点 3	动力学的两类基本问题

基础知识勤牢记

1. 牛顿第二定律

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

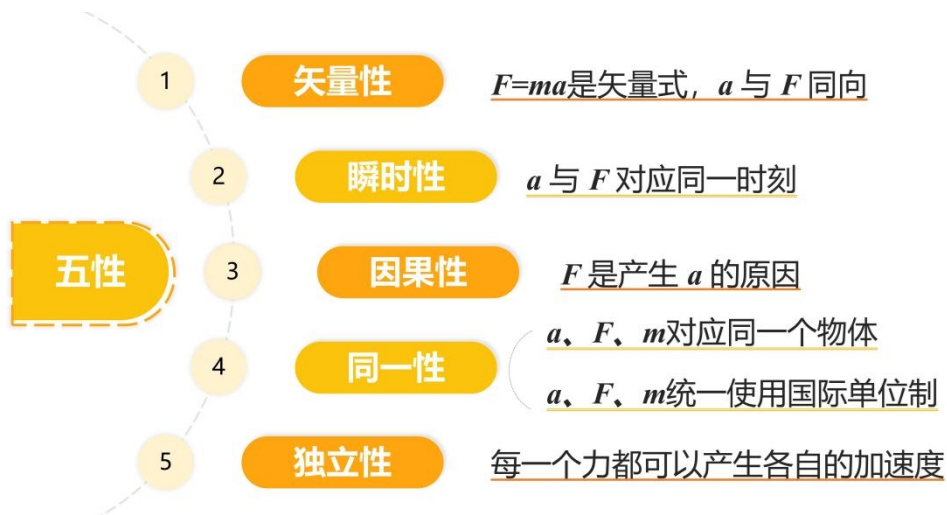
(2) 表达式： $F=ma$

2. 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。

3. 牛顿第二定律的“五性”



4. 力、加速度、速度间的关系

(1) 加速度与力有瞬时对应关系，加速度随力的变化而变化。

(2) 速度的改变需经历一定的时间，不能突变；加速度可以突变。

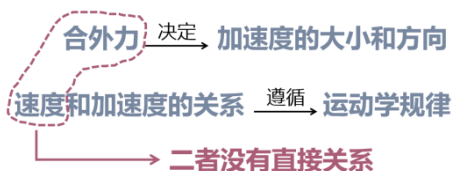
划重点

(1) **物体的加速度大小不变, 则物体不一定受恒力作用**。因为 $F=ma$ 是矢量式, 加速度大小不变, 方向有可能变化, 故 F 不一定是恒力。

(2) 物体受到几个力共同作用时, 每个力各自独立地使物体产生一个加速度, 就像其他力不存在一样, 这个性质叫作**力的独立作用原理**。牛顿第二定律的独立性是后面讲解正交分解法求合力、求加速度的依据。

(3) **合外力与速度无关, 与加速度有关**。速度变大或变小由加速度(合外力)与速度的方向决定, 速度与加速度方向相同时, 物体做加速运动, 反之, 则做减速运动。

(4) 物体所受的合外力和物体的速度没有直接关系。**有力必有加速度, 合外力为零时, 加速度为零, 但此时速度不一定为零**, 同样速度为零时, 加速度不一定为零, 即合外力不一定为零。



划重点

考点剖析理重点

考点 1: 牛顿第二定律的动态分析

1. 利用牛顿第二定律解题的步骤

第一步: 明确研究对象. 根据问题的需要和解题的方便, 选出研究对象, 可以是一个整体或隔离出的物体, 视具体情况而定。

第二步: 对研究对象进行受力分析和运动状态分析, 画出受力示意图, 明确物体的运动性质及运动状态。

第三步: 建立坐标系, 选取正方向, 写出已知量, 根据牛顿第二定律列方程。

第四步: 统一已知量的单位, 代入数值求解。

第五步: 检查所得结果是否符合实际情况, 舍去不合理的解。

2. 利用牛顿第二定律解题的常用方法

① 矢量合成法

若物体只受两个力作用,应用**平行四边形定则**求出**这两个力的合力**,再由牛顿第二定律求出物体的加速度大小,加速度的方向就是物体所受合外力的方向,**或先求出每个分力产生的加速度,再用平行四边形定则求合加速度。**

②正交分解法

物体在受到三个或者三个以上的不在同一直线上的力的作用时,一般用正交分解法。

$$\text{表达方法:} \begin{cases} F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + \dots = ma_x \\ F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + \dots = ma_y \end{cases}$$

为减少矢量的分解,建立坐标系确定坐标轴时一般有以下两种方法:

(1) 分解力而不分解加速度

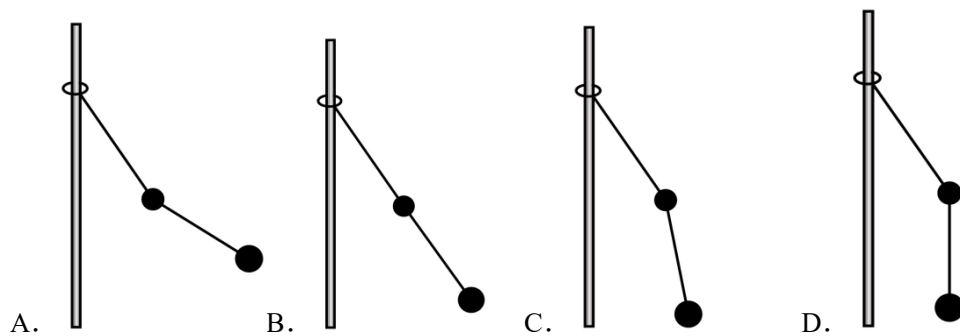
以加速度 a 的方向为 x 轴的正方向建立直角坐标系,将物体所受的各个力分解到 x 轴和 y 轴上,分别得到 x 轴和 y 轴上的合力 F_x 和 F_y 。根据力的独立作用原理,各个方向上的力分别产生各自的加速度,可得 $F_x = ma, F_y = 0$ 。

(2) 分解加速度而不分解力

若物体受几个相互垂直的力的作用,应用牛顿第二定律求解时,分解的力太多,就会比较烦琐,所以在建立直角坐标系时,可根据物体的受力情况,使尽可能多的力位于两坐标轴上,分解加速度 a 得 a_x 和 a_y ,根据牛顿第二定律得 $F_x = ma_x$ $F_y = ma_y$ 。

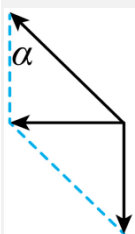


【考向1】某同学完成课外探究作业时需要测量地铁启动过程中的加速度,他把一根细绳的下端绑上一支圆珠笔,细绳的上端用电工胶布临时固定在地铁的竖直扶手上。在地铁启动后的某段稳定加速过程中,细绳偏离了竖直方向,他用手机拍摄了当时情景的照片如图所示,拍摄方向跟地铁前进方向垂直。为进一步探究,若把圆珠笔更换成两个质量不同的小球并用轻绳连接起来,不计空气阻力,则它们的位置关系可能正确的是 ()



【答案】B

【详解】以两个小球整体为研究对象，受到重力和拉力，如图所示



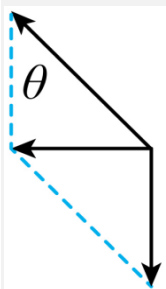
根据牛顿第二定律有

$$(m + M)a = (m + M)g \tan \alpha$$

解得

$$a = g \tan \alpha$$

以下面小球为研究对象，受到重力和拉力，如图所示



根据牛顿第二定律有

$$Ma = Mg \tan \alpha$$

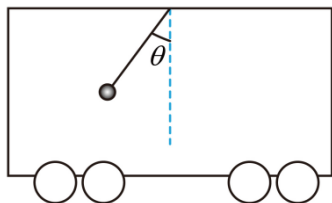
解得

$$a = \tan \theta$$

因为两球的加速度相同，则可知两段细线与竖直方向的夹角相同。

故选 B。

【考向 2】（2024·北京西城·二模）列车沿平直的道路做匀变速直线运动，在车厢顶部用细线悬挂一个小球，小球相对车厢静止时，细线与竖直方向的夹角为 θ 。下列说法正确的是（ ）



A. 列车加速度的大小为 $g \tan \theta$

B. 列车加速度的大小为 $g \sin \theta$

C. 细线拉力的大小为 $mg \sin \theta$

D. 细线拉力的大小为 $mg \cos \theta$

【答案】 A

【详解】 AB. 设列车的加速度大小为 a ，根据力的合成与分解以及牛顿第二定律有

$$F_{\text{合}} = mg \tan \theta = ma$$

得列车加速度的大小为

$$a = g \tan \theta$$

故 A 正确，B 错误；

CD. 根据

$$T \cos \theta = mg$$

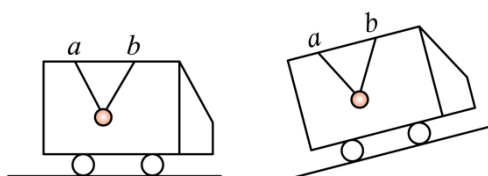
得

$$T = \frac{mg}{\cos \theta}$$

故 CD 错误。

故选 A。

【考向 3】（2024·浙江·三模）如图所示，一辆具有长方形车厢的小车内有两根长为 L 的绳子，绳子一端系着一个质量为 m 的小球，另一端系在车顶前后相距为 L 的 a 、 b 两点上，小车先在水平的路面上行驶，后在上坡路段行驶，则下列说法正确的是（ ）



- A. 在水平路面匀速行驶时，绳对 a 点的拉力为 $\frac{\sqrt{3}mg}{2}$
- B. 在上坡路段匀速行驶时，绳对 a 点的拉力小于对 b 点的拉力
- C. 在水平路面上加速行驶时，加速度越大，绳对 a 点的拉力就越大
- D. 在上坡路段匀速行驶时，坡度越大两绳对小球的拉力的合力就越大

【答案】B

【详解】A. 在水平路面匀速行驶时，两绳拉力相等，合力等于重力，由平衡可得

$$2T\cos 30^\circ = mg$$

可得一根绳上拉力的大小为

$$T = \frac{\sqrt{3}mg}{3}$$

选项 A 错误；

BD. 在上坡路段匀速行驶时，小球受力平衡，两绳对小球的拉力的合力等于重力，若坡面的倾角为 θ 可知

$$T_b\cos 60^\circ - T_a\cos 60^\circ = mg\sin\theta$$

可知

$$T_b > T_a$$

即绳 a 的拉力小于绳 b 的拉力，所以 B 正确，D 错误；

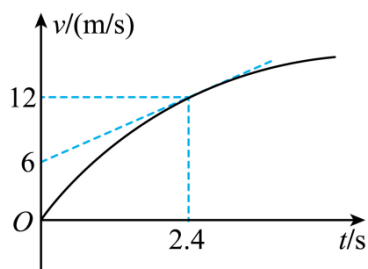
C. 在水平路面上加速行驶时

$$T_b\cos 60^\circ - T_a\cos 60^\circ = ma$$

加速度越大，绳 b 的拉力就越大，绳 b 的拉力的竖直分力也增大，则绳 a 的拉力竖直分力减小，即绳 a 的拉力减小，故 C 错误。

故选 B。

【考向 4】2024 年 2 月 21 日晚间，丽水多地出现短时大冰雹。如图所示为某冰雹从高空由静止下落过程中速度随时间变化的图象。若该冰雹所受的空气阻力可认为与物体速度大小成正比，图中作出了 $t=2.4\text{s}$ 时刻的切线，已知该冰雹的质量为 0.2kg ，则（ ）



- A. 冰雹在 $t=2.4\text{s}$ 时刻的加速度大小为 5m/s^2

- B. 冰雹所受的空气阻力与速度大小的比例系数大小为 $\frac{1}{8}$
- C. 冰雹最终达到最大速度的大小为 15m/s
- D. 冰雹在 0 至 2.4s 内通过的位移为 14.4m

【答案】B

【详解】A. 速度时间图象的斜率表示加速度，由图象可知冰雹在 $t=2.4\text{s}$ 时刻的加速度大小等于此时切线的斜率，故加速度大小为

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{12-6}{2.4} \text{m/s}^2 = 2.5 \text{m/s}^2$$

故 A 错误；

B. 设空气阻力与速度大小的正比系数为 k ，当 $v=12\text{m/s}$ 时，根据牛顿第二定律有

$$mg - kv = ma$$

达到最大速度时，加速度为零，则有

$$mg = kv_m$$

联立解得

$$k = \frac{1}{8}, v_m = 16\text{m/s}$$

故 B 正确，C 错误；

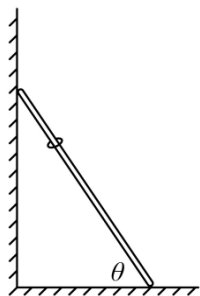
D. 设冰雹做匀变速直线运动，根据图像与坐标轴围成的面积代表位移可知，2.4s 内的位移为

$$x = \frac{1}{2} \times 2.4 \times 12\text{m} = 14.4\text{m}$$

由图可知冰雹在 0 至 2.4s 内通过的位移大于 14.4m，故 D 错误；

故选 B。

【考向 5】（多选）如图一根质量为 M 的粗糙杆斜靠在光滑的竖直墙壁上，下端放在粗糙的水平地面上，杆处于静止状态。一个穿在杆上的质量为 m 的小环从杆的顶端以 a 的加速度匀加速滑下的过程中，下列说法不正确的是（ ）



- A. 地面所受的压力等于二者的重力之和 B. 地面所受的摩擦力大小等于墙壁的弹力大小
- C. 环受到的摩擦力大小为 $mg\sin\theta$ D. 环受到的合力为 ma

【答案】ABC

【详解】A. 由于小环从杆的顶端以 a 的加速度匀加速滑下，所以地面对杆的支持力小于二者的重力之和，故 A 错误，符合题意；

B. 小环对杆的压力和摩擦力在水平方向上的分量不相等，所以地面所受的摩擦力大小不等于墙壁的弹力，故 B 错误，符合题意；

C. 环受到的摩擦力大小为

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

故 C 错误，符合题意；

D. 由于小环匀加速的加速度为 a ，所以环受到的合力为 ma ，故 D 正确，不符合题意。

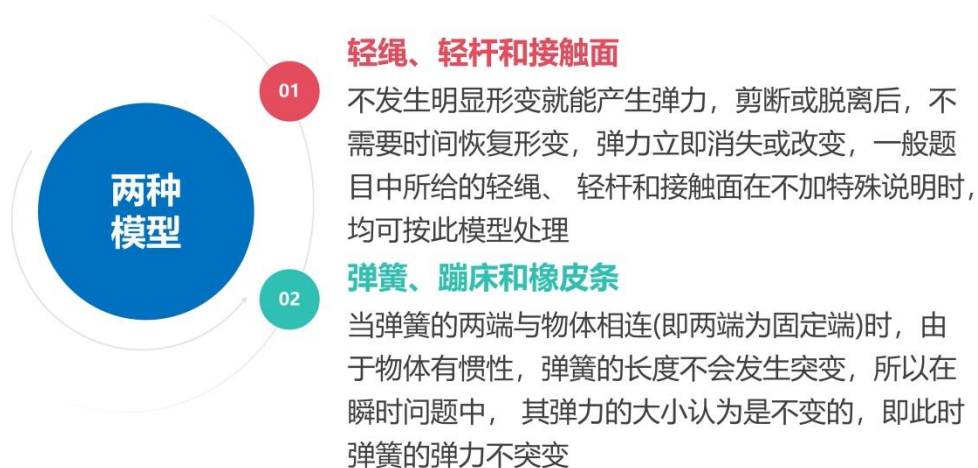
故选 ABC。



考点 2：牛顿第二定律瞬时性的理解

1. 两种模型

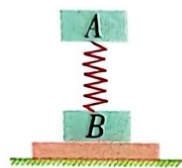
牛顿第二定律 $F=ma$ ，其核心是加速度与合外力的瞬时对应关系，**两者总是同时产生，同时消失、同时变化**，具体可简化为以下**两种模型**：



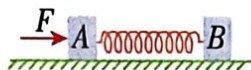
2. 几种常见模型分析

情景一：在轻弹簧上端物块 A 与下面物块 B 质量均为 m ，系统处于静止状态，突然把下面的木板抽去，则 $a_A = 0$ ， $a_B = 2g$ （方向竖直向下）。

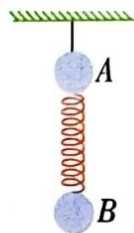
情景二：A、B 用水平轻弹簧连接，放在光滑水平面上。在推力 F 的作用下，以共同的加速度 a 做匀加速直线运动，某时刻突然撤去推力 F ，若叫 $m_A = m_B$ ，则 $a_A = a$ （方向向左）， $a_B = a$ （方向向右）。



情景一



情景二



情景三

情景三：两小球 A 、 B 用轻弹簧连接，通过细线悬挂于天花板上，系统处于静止状态，突然剪断细线，若 $m_A = m_B$ ，则： $a_B = 0$ ， $a_A = 2g$ （方向竖直向下）。

情景四：用手提一轻弹簧，轻弹簧的下端挂一小球，在将整个装置匀加速上提的过程中，若手突然停止运动，则小球的加速度与原来相同。

情景五：小球用水平轻弹簧系住，并用倾角为 θ 的光滑挡板 AB 托着，若突然将挡板 AB 向下撤离，则小球的加速度 $a = \frac{g}{\cos\theta}$ ，方向垂直于挡板指向右下方。



情景四



情景五

3. 求解瞬时加速度的一般思路

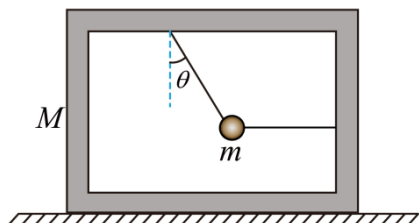
分析瞬时变化前、后物体的受力情况

列牛顿第二定律方程

求瞬时加速度



【考向6】如图所示，质量为 M 的箱子静止在粗糙的水平地面上，质量为 m 的钢球被水平和倾斜细线固定在箱子中，倾斜细线与竖直方向的夹角 $\theta = 30^\circ$ ，重力加速度为 g 。则剪断倾斜细线的瞬间，箱子对地面的弹力和摩擦力大小分别为（ ）



A. $(M+m)g, \frac{1}{2}mg$

B. $Mg, \frac{\sqrt{3}}{2}mg$

C. $(M-m)g, 0$

D. $Mg, 0$

【答案】D

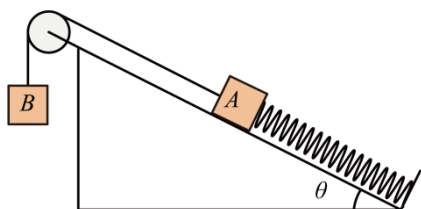
【详解】剪断倾斜细线的瞬间，水平绳子拉力发生突变，钢球将做圆周运动，剪断倾斜细线的瞬间，小球速度为零，则水平绳子拉力为零，此时钢球只受重力，处于完全失重状态，箱子对地面的弹力等于箱子的重力，即

$$F_N = Mg$$

水平绳子对箱子的拉力为零，可知地面与箱子间没有摩擦力，即箱子对地面的摩擦力为零。

故选 D。

【考向 7】如图所示，一轻弹簧的一端固定在倾角为 $\theta = 30^\circ$ 的光滑斜面底端，另一端连接一质量为 $3m$ 的物块 A，系统处于静止状态。若将质量为 m 的物块 B 通过跨过光滑轻质定滑轮的细绳与 A 相连，开始时用手托住物体 B，使细绳刚好保持伸直（绳、弹簧与斜面平行），松手后 A、B 一起运动，A 运动到最高点 P（未画出）后再反向向下运动到最低点。已知重力加速度为 g ，对于上述整个运动过程，下列说法正确的是（ ）



- A. 释放 B 后的瞬间，绳子张力大小为 $\frac{1}{4}mg$ B. 释放 B 后的瞬间，绳子张力大小为 $\frac{3}{4}mg$
- C. 在最高点 P，绳子张力大小为 $\frac{4}{5}mg$ D. 在最高点 P，弹簧对 A 的弹力大小为 $\frac{1}{3}mg$

【答案】B

【详解】AB. 释放瞬间对整体由牛顿第二定律有

$$mg - 3mgsin30^\circ + F_{\text{弹}} = 4ma_1$$

$$F_{\text{弹}} = 3mgsin30^\circ$$

对物体 B，有

$$mg - T = ma_1$$

联立解得

$$T = \frac{3}{4}mg$$

故 A 错误，B 正确；

CD. 在最高点 P，由对称性可知，加速度大小为

$$a_2 = a_1 = \frac{1}{4}g$$

对整体，有

$$3mg\sin 30^\circ - mg + F_{\text{弹}} = 4ma_2$$

对物体 B，有

$$T' - mg = ma_2$$

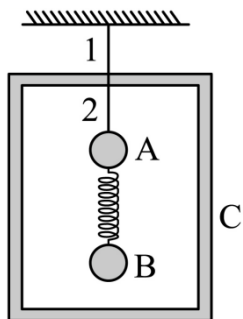
解得

$$F_{\text{弹}} = \frac{1}{2}mg, T' = \frac{5}{4}mg$$

故 CD 错误。

故选 B。

【考向 8】（多选） 如图所示，细绳 1 挂着箱子 C，箱内又用绳 2 挂着 A 球，在 A 的下方又用轻弹簧挂着 B 球。已知 A、B、C 三个物体的质量均为 m ，原来都处于静止状态，重力加速度为 g 。在细绳 1 被烧断后的瞬间，以下说法正确的是（ ）



- A. A、B、C 的加速度都为 g
- B. A、C 的加速度为 g ，B 加速度为零
- C. A、C 的加速度为 $\frac{3}{2}g$ ，B 加速度为零
- D. 细绳 2 上的拉力大小为 $0.5mg$

【答案】 CD

【详解】

ABC. 细绳 1 在未被烧断前，将 A、B、C 看成一个整体，由平衡条件有

$$T_1 = 3mg$$

当细绳 1 被烧断的瞬间，A、B、C 整体所受合外力大小即等于 T_1 ，此时将 B 隔离分析，由于弹簧的弹力不发生突变，细绳 1 被烧断前和烧断的瞬间，对 B 由平衡条件始终有

$$mg = F_{\text{弹}}$$

即 B 在细绳 1 被烧断前和烧断瞬间，所受合外力始终为零，则其加速度为 0，由此可知，在细绳 1 被烧断瞬间应将 A、C 看成一个整体，由牛顿第二定律有

$$3mg = 2ma$$

解得在这瞬间，A、C 的加速度大小为

$$a = 1.5g$$

故 AB 错误，C 正确；

D. 将 A 隔离出来对 A 分析，由于弹簧的弹力在细绳 1 被烧断瞬间不发生突变，则对 A 由牛顿第二定律有

$$F_{\text{弹}} + mg - T_2 = ma$$

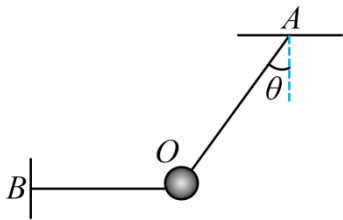
解得

$$T_2 = 0.5mg$$

故 D 正确。

故选 CD。

【考向 9】（多选） (2024·贵州·三模) 如图所示，可视为质点的小球用轻质细绳 OA 和 OB 悬挂静止在 O 点，绳 OA 与竖直方向的夹角为 θ ，绳 OB 水平。重力加速度为 g ，下列说法正确的是（ ）



- A. 剪断绳 OB 瞬间，小球的加速度大小为 $g \tan \theta$
- B. 剪断绳 OB 瞬间，小球的加速度大小为 $g \sin \theta$
- C. 剪断绳 OA 瞬间，小球的加速度为零
- D. 剪断绳 OA 瞬间，小球的加速度为 g

【答案】 BD

【详解】 AB. 剪断绳 OB 瞬间，小球即将开始绕 A 点做圆周运动，沿切线方向可得

$$mg \sin \theta = ma$$

解得

$$a = g \sin \theta$$

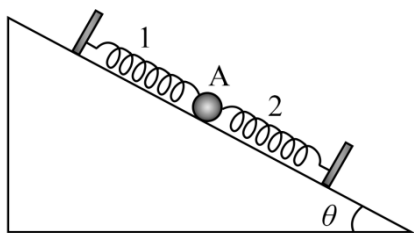
故 A 错误，B 正确；

CD. 剪断 OA 瞬间，小球将绕 B 点开始做圆周运动，此时切线方向的加速度大小为 g ，故 C 错误，D 正确。

故选 BD。

【考向 10】（多选） 如图所示，在固定光滑斜面上固定两木板，两根完全相同的轻质弹簧 1、2 一端固定在木板上，中间拴接小球 A 处于静止状态，此时两弹簧的总长度恰好等于两弹簧的原长之和。已知斜面倾角为 θ ，弹簧的劲度系数为 k ，小球的质量为 m 、重力加速度为 g ，忽略空气阻力。下列

说法正确的是（ ）



- A. 弹簧 1 的伸长量为 $\frac{mg\sin\theta}{k}$
- B. 剪断弹簧 1 的瞬间，小球 A 的加速度大小为 $\frac{g\sin\theta}{2}$
- C. 剪断弹簧 1 后，小球 A 的振幅为 $\frac{mg\sin\theta}{k}$
- D. 剪断弹簧 1 后，弹簧 2 给木板最大压力为 $\frac{3mg\sin\theta}{2}$

【答案】BD

【详解】A. 由于两弹簧的总长度恰好等于两弹簧的原长之和，所以弹簧 1 的伸长量等于弹簧 2 的压缩量，设为 x_1 ，则根据平衡条件

$$2kx_1 = mg\sin\theta$$

解得

$$x_1 = \frac{mg\sin\theta}{2k}$$

故 A 错误；

B. 剪断弹簧 1 的瞬间，弹簧 2 的力不发生突变，则根据牛顿第二定律

$$mg\sin\theta - kx_1 = ma$$

解得

$$a = \frac{g\sin\theta}{2}$$

故 B 正确；

C. 剪断弹簧 1 后，小球 A 将做简谐运动，当小球受力平衡时为平衡位置，设此时弹簧 2 的压缩量为 x_2 ，则根据平衡条件

$$kx_2 = mg\sin\theta$$

解得

$$x_2 = \frac{mg\sin\theta}{k}$$

剪断弹簧 1 的瞬间，小球 A 静止不动，为简谐运动的最大位移处，所以简谐运动的振幅为

$$A = x_2 - x_1 = \frac{mg\sin\theta}{2k}$$

故 C 错误;

D. 当小球 A 沿斜面振动到最下面时, 弹簧 2 的压缩量最大, 对木板的压力最大, 设此时压缩量为 x_3 , 则

$$x_3 = A + x_2 = \frac{3mg\sin\theta}{2k}$$

则弹簧 2 给木板最大压力等于此时弹簧的弹力

$$F_{\text{压}} = kx_3 = \frac{3mg\sin\theta}{2}$$

故 D 正确。

故选 BD。



考点 3: 动力学的两类基本问题

1. 两类动力学问题

(1) 动力学的两类基本问题

①由受力情况确定物体的运动情况.

②由运动情况确定物体的受力情况.

2. 解决两类基本问题的思路:

以加速度为桥梁, 由运动学公式和牛顿第二定律列方程求解.

3. 求解两类问题的思路, 可用下面的框图来表示:



4. 分析解决这两类问题的关键:

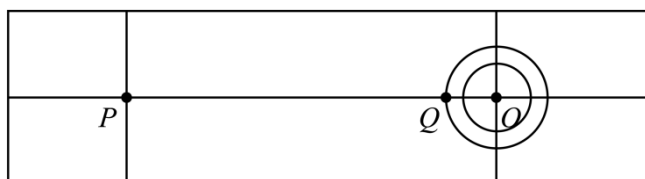
应抓住受力情况和运动情况之间联系的桥梁——**加速度**.



考向 1: 由运动情况求受力情况

【考向 11】 如图所示为冰壶比赛场地简图, P 、 Q 、 O 为场地中心线上的三个点, O 为营垒圆心, Q 为营垒圆形边界与中线交点. 运动员练习投掷冰壶, 经过助滑阶段, 将冰壶投出, 冰壶中心运动到 P 点时的速度为 3m/s . 冰壶沿着 PO 直线运动, 但是队友发现冰壶中心到不了 O 点, 于是从 PQ 中点开

始擦冰，一直擦到冰壶停下为止，冰壶中心恰好停在了 O 点。已知 $PQ = 25\text{m}$, $OQ = 1.8\text{m}$ ，擦冰前冰壶与冰面间的动摩擦因数为 0.02 ，重力加速度 $g = 10\text{m/s}^2$ 。则擦冰后冰壶与冰面间的动摩擦因数约为（ ）



A. 0.014

B. 0.015

C. 0.016

D. 0.017

【答案】A

【详解】设开始擦冰位置时的速度为 v ，则

$$v_0^2 - v^2 = 2a_1s_1$$

$$v^2 = 2a_2s_2$$

其中

$$s_1 + s_2 = 26.8\text{m}$$

$$s_1 = \frac{1}{2}PQ = 12.5\text{m}$$

根据牛顿第二定律可知

$$a_1 = \mu_1g$$

$$a_2 = \mu_2g$$

联立可解得

$$\mu_2 = 0.014$$

故选 A。

【考向 12】（2024·福建南平·三模）南平建瓯的挑幡技艺迄今已有 300 余年历史，有“华夏绝艺”的美称。如图所示，挑幡表演者顶着一根外表涂有朱红油漆、顶部顺杆悬挂绵幡的毛竹，从半蹲状态到直立状态，此过程中毛竹经历由静止开始加速和减速到速度为零的两个阶段，两阶段均视为匀变速直线运动且加速度大小相等。已知毛竹上升过程总时间为 t ，上升高度为 h ，毛竹和绵幡的总质量为 m ，重力加速度大小为 g ，不计空气阻力。求毛竹上升过程中：

- （1）最大速度 v_m 的大小；
- （2）匀加速阶段加速度 a 的大小；
- （3）匀减速阶段对表演者的压力 F_N 的大小。



【答案】(1) $\frac{2h}{t}$; (2) $\frac{4h}{t^2}$; (3) $m\left(g - \frac{4h}{t^2}\right)$

【详解】(1) 由题意可知，毛竹先匀加速上升再匀减速上升，平均速度均为

$$\bar{v} = \frac{v_m}{2}$$

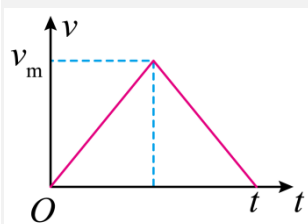
又

$$h = \frac{1}{2}v_m t$$

解得

$$v_m = \frac{2h}{t}$$

本题还可以采用图像法，作出整个过程的 $v-t$ 图像如图所示



根据图线与时间轴围成的面积物理意义表示位移，即

$$h = \frac{1}{2}v_m t$$

可得

$$v_m = \frac{2h}{t}$$

(2) 根据加速度的定义式可知

$$a = \frac{\Delta v}{\frac{t}{2}} = \frac{4h}{t^2}$$

(3) 毛竹匀减速阶段，加速度竖直向下，根据牛顿第二定律可知

$$mg - F_N = ma$$

解得

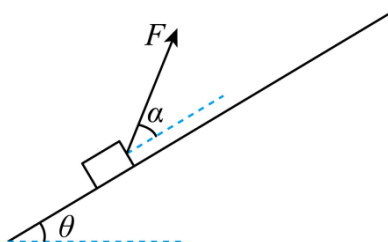
$$F_N = m\left(g - \frac{4h}{t^2}\right)$$

根据牛顿第三定律可知，匀减速阶段对表演者的压力为

$$F = F_N = m\left(g - \frac{4h}{t^2}\right)$$

【考向 13】（2024·贵州铜仁·二模）如图所示，在倾角为 $\theta = 37^\circ$ 的足够长斜面上，有一质量 $m = 2$ kg、可视为质点的物块，在 $F = 20$ N、方向与斜面夹角 $\alpha = 37^\circ$ 的力的作用下，从静止开始沿斜面向上运动，经 $t_1 = 12$ s撤去 F ，物块在 t_1 时间内的位移为 $x_1 = 36$ m。取 $\sin 37^\circ = 0.6$ ，重力加速度 g 取 10 m/s²。求：

- （1）物块与斜面间动摩擦因数 μ ；
- （2）撤去 F 后 3 s 内，物块的位移大小 x_2 。



【答案】（1）0.75；（2）1.5m

【详解】（1）根据

$$x_1 = \frac{1}{2}a_1t_1^2$$

可得

$$a_1 = \frac{2x_1}{t_1^2} = \frac{2 \times 36}{12^2} \text{ m/s}^2 = 0.5 \text{ m/s}^2$$

根据牛顿第二定律

$$F\cos\alpha - mg\sin\theta - \mu(mg\cos\theta - F\sin\alpha) = ma_1$$

解得

$$\mu = 0.75$$

（2）力 F 作用 12 s 末的速度

$$v = a_1t_1 = 6 \text{ m/s}$$

撤去 F 后向上运动的加速度大小

$$a_2 = g\sin\theta + \mu g\cos\theta = 12 \text{ m/s}^2$$

则向上运动的位移

$$x_2 = \frac{v^2}{2a_2} = \frac{6^2}{2 \times 12} \text{ m} = 1.5 \text{ m}$$

运动时间

$$t_2 = \frac{v}{a_2} = 0.5\text{s}$$

因为

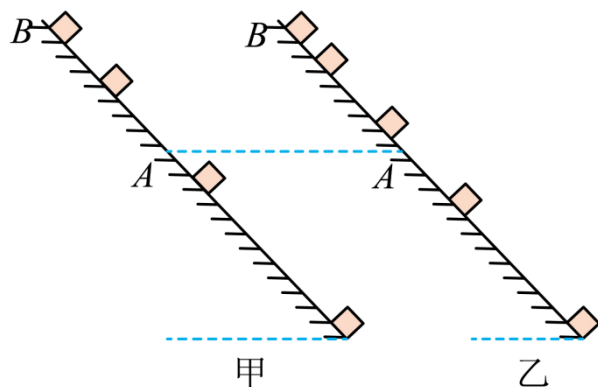
$$mg\sin\theta = \mu mg\cos\theta$$

可知以后物块静止在斜面上，则撤去 F 后 3s 内，物块的位移大小

$$x_2 = 1.5\text{m}$$

考向 2：由受力情况求运动情况

【考向 14】(2024·福建福州·二模) 滑块以一定的初速度沿倾角为 θ ，动摩擦因数为 μ 的粗糙斜面从底端上滑，到达最高点 B 后返回到底端， A 点为途中的一点。利用频闪仪分别对上滑和下滑过程进行拍摄，频闪照片示意图分别如图甲、乙所示。若滑块与斜面间动摩擦因数处处相同，不计空气阻力。对比甲、乙两图，下列说法正确的是 ()



- A. 滑块上滑和返回过程的运动时间相等
- B. 滑块运动加速度大小之比为 $a_{\text{甲}}:a_{\text{乙}} = 16:9$
- C. 滑块过 A 点时的速度大小之比为 $v_{\text{甲}}:v_{\text{乙}} = 3:4$
- D. $\mu = \frac{1}{7}\tan\theta$

【答案】B

【详解】A. 根据牛顿第二定律可知，上滑过程和下滑过程分别满足

$$mg\sin\theta + f = ma_1$$

$$mg\sin\theta - f = ma_2$$

设频闪时间间隔为 T ，上滑过程加速度较大，相同位移大小时运动时间较短，故 A 错误；

B. 甲图表示上滑过程，时间间隔为 $3T$ ，乙图表示下滑过程，时间间隔为 $4T$ ，把上滑过程逆向看成初速度为零的匀加速直线运动，由

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

可知，加速度大小之比为 $16:9$ ，故 B 正确；

C. 利用逆向思维，滑块在 A 、 B 两点间运动，根据位移公式有

$$x_{AB} = \frac{1}{2}a_1 t_{AB1}^2 = \frac{1}{2}a_2 t_{AB2}^2$$

结合上述解得

$$\frac{t_{AB1}}{t_{AB2}} = \frac{3}{4}$$

即图甲与图乙中滑块在 A 、 B 两点间运动时间之比为3:4，故由

$$v = at$$

知

$$v_{\text{甲}}:v_{\text{乙}} = 4:3$$

故 C 错误；

D. 根据加速度比有

$$(g\sin\theta + \mu g\cos\theta):(g\sin\theta - \mu g\cos\theta) = 16:9$$

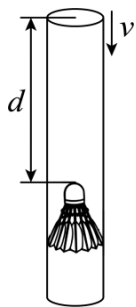
解得

$$\mu = \frac{7}{25}\tan\theta$$

故 D 错误。

故选 B。

【考向 15】（多选）（2024·广东汕头·二模）如图所示，球筒中静置着一个羽毛球。小明左手拿着球筒，右手迅速拍打筒的上端，使筒获得向下的初速度并与左手发生相对运动，最后羽毛球（视为质点）从筒口上端出来，已知球筒质量为 $M = 90\text{g}$ （不含球的质量），羽毛球质量为 $m = 5\text{g}$ ，球筒与手之间的滑动摩擦力为 $f_1 = 2.6\text{N}$ ，球与筒之间的滑动摩擦力为 $f_2 = 0.1\text{N}$ ，球头离筒的上端距离为 $d = 9\text{cm}$ ，重力加速度 g 取 10m/s^2 ，空气阻力忽略不计，当球筒获得一个向下的初速度后（ ）



- A. 静置时，羽毛球的摩擦力为 0.1N
- B. 拍打球筒后瞬间，羽毛球受到向上的摩擦力
- C. 拍打球筒后瞬间，羽毛球的加速度为 30m/s^2
- D. 仅拍打一次，羽毛球恰能出来，则筒的初速度为 3m/s

【答案】CD

【详解】A. 静置时，根据平衡条件有

$$f = mg = 5 \times 10^{-3} \times 10 \text{N} = 0.05 \text{N}$$

故 A 错误；

B. 拍打球筒后瞬间，球筒相对于羽毛球向下运动，则羽毛球给球筒的摩擦力向上，而根据牛顿第三定律可知，球筒给羽毛球的摩擦力向下，故 B 错误；

C. 拍打球筒后瞬间，对羽毛球由牛顿第二定律有

$$mg + f_2 = ma_1$$

解得

$$a_1 = 30 \text{m/s}^2$$

故 C 正确；

D. 仅拍打一次，羽毛球恰能出来，则羽毛球与球筒恰好达到共速，设球筒的加速度为 a_2 ，筒的初速度为 v ，则对球筒由牛顿第二定律有

$$f_1 + f_2 - Mg = Ma_2$$

解得

$$a_2 = 20 \text{m/s}^2$$

球筒做匀减速运动，羽毛球做匀加速运动，有

$$v - a_2 t = a_1 t$$

$$vt - \frac{1}{2}a_2 t^2 - \frac{1}{2}a_1 t^2 = d$$

代入数据解得

$$v = 3 \text{m/s}$$

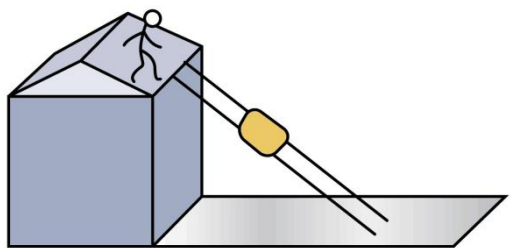
故 D 正确。

故选 CD。

【考向 16】（2024·山东·三模）如图所示，工人师傅自房檐向水平地面运送瓦片，他将两根完全一样的直杆平行固定在房檐和地面之间当成轨道，瓦片沿轨道滑动时，其垂直于直杆的截面外侧为半径为 0.1m 的圆弧。已知两直杆之间的距离为 $\frac{\sqrt{2}}{10} \text{m}$ ，房檐距地面的高度为 4m ，两直杆在房檐和地面之间的长度 $L = 8 \text{m}$ ，忽略直杆的粗细，最大静摩擦力等于滑动摩擦力。工人师傅将瓦片无初速度地放置在轨道顶端，只有瓦片与直杆间的动摩擦因数小于 μ_0 （未知）时，瓦片才能开始沿轨道下滑，取 $g = 10 \text{m/s}^2$ 。

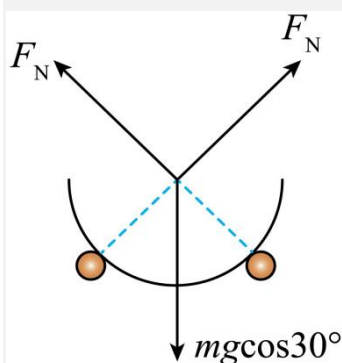
（1）求 μ_0 ；

(2) 若直杆自上端开始在长度 $L_I = 1.8\text{m}$ 的范围内与瓦片间的动摩擦因数为 $\frac{\mu_0}{2}$ ，其余部分为 μ_0 ，忽略瓦片沿着轨道方向的长度，工人师傅每隔 0.5s 将一瓦片无初速度地放置在轨道顶端，求第一片瓦片落地后的某一时刻轨道上瓦片的个数。



【答案】(1) $\frac{\sqrt{6}}{6}$; (2) 6 个或 7 个

【详解】(1) 由几何知识可知，两直杆形成的轨道与水平面的夹角为 30° ，两直杆对瓦片的弹力之间的夹角为 90° ，受力分析如图所示



垂直于轨道方向有

$$2F_N \cos 45^\circ = mg \cos 30^\circ$$

沿着导轨方向有

$$2\mu_0 F_N = mg \sin 30^\circ$$

联立解得

$$\mu_0 = \frac{\sqrt{6}}{6}$$

(2) 瓦片在轨道上运动时，在 L_I 范围内，根据牛顿第二定律可得

$$mg \sin 30^\circ - 2 \times 0.5 \mu_0 F_N = ma_I$$

解得

$$a_I = 2.5 \text{m/s}^2$$

相邻两瓦片的距离为

$$\Delta x_I = a_I t^2 = 0.625 \text{m}$$

所以在 L_I 内有瓦片块数

$$n_1 = \frac{L_1}{\Delta x_1} \approx 2 \text{ 个}$$

瓦片在轨道上运动时，在大于 L_1 范围内，根据牛顿第二定律得

$$mg\sin 30^\circ - 2\mu_0 F_N = ma_0$$

解得

$$a_2 = 0$$

则瓦片速度

$$v = \sqrt{2a_1 L_1} = 3 \text{ m/s}$$

相邻瓦片的距离为

$$\Delta x = vt = 1.5 \text{ m}$$

所以在大于 L_1 范围内有瓦片块数

$$n_2 = \frac{8-L_1}{\Delta x} \approx 4 \text{ 个}$$

则轨道上瓦片的个数为

$$n \approx 6 \text{ 个}$$

注：计算时取整数，如果考虑正在放上的那一个是 7 个。



【真题 1】（2022·江苏·高考真题）高铁车厢里的水平桌面上放置一本书，书与桌面间的动摩擦因数为 0.4，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，取重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。若书不滑动，则高铁的最大加速度不超过（ ）

- A. 2.0 m/s^2 B. 4.0 m/s^2 C. 6.0 m/s^2 D. 8.0 m/s^2

【答案】B

【详解】书放在水平桌面上，若书相对于桌面不滑动，则最大静摩擦力提供加速度

$$f_m = \mu mg = ma_m$$

解得

$$a_m = \mu g = 4 \text{ m/s}^2$$

书相对高铁静止，故若书不动，高铁的最大加速度 4 m/s^2 。

故选 B。

【真题 2】（2022·辽宁·高考真题）如图所示，一小物块从长 1m 的水平桌面一端以初速度 v_0 沿中线滑向另一端，经过 1s 从另一端滑落。物块与桌面间动摩擦因数为 μ ， g 取 10 m/s^2 。下列 v_0 、 μ 值可能

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/298121104102006133>