# 专题3·牛顿运动定律

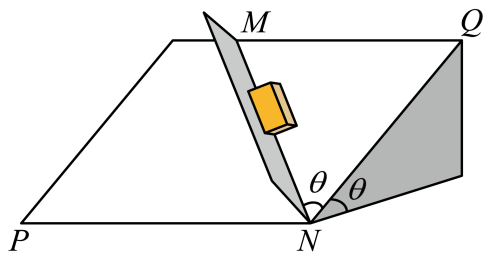
# **题型1两类动力学问题**难度★★考频★

|  |
| --- |
| 备考策略  解决这类问题的思路 |

题型例析

**已知受力求运动问题**

例1 [山东2025·8,3分]工人在河堤的硬质坡面上固定一垂直坡面的挡板，向坡底运送长方体建筑材料。如图所示，坡面与水平面夹角为，交线为PN，坡面内QN与PN垂直，挡板平面与坡面的交线为MN，。若建筑材料与坡面、挡板间的动摩擦因数均为，重力加速度大小为g，则建筑材料沿MN向下匀加速滑行的加速度大小为（ ）



A． B．

C． D．

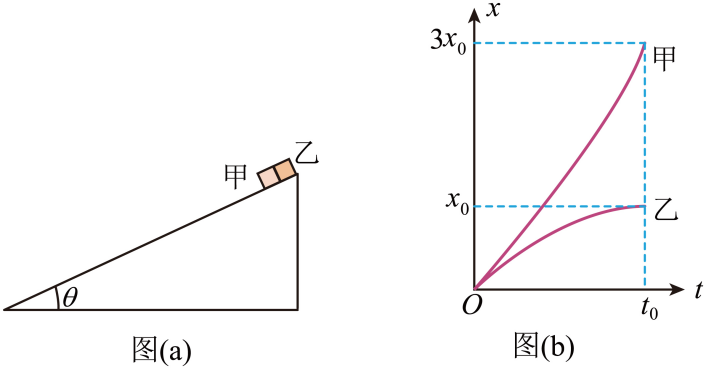
解析▶本题的关键是“将立体空间进行降维处理”*.*

将重力沿坡面的分力沿MN和垂直挡板所在平面分解，由牛顿第二定律，可得，B正确。

答案B

**已知运动求受力问题**

例2 [东北三省一区2025·10,6分]如图（a），倾角为的足够长斜面放置在粗糙水平面上。质量相等的小物块甲、乙同时以初速度沿斜面下滑，甲、乙与斜面的动摩擦因数分别为、，整个过程中斜面相对地面静止。甲和乙的位置x与时间t的关系曲线如图（b）所示，两条曲线均为抛物线，乙的曲线在时切线斜率为0，则（　　）



A．

B．时，甲的速度大小为

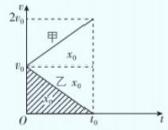
C．之前，地面对斜面的摩擦力方向向左

D．之后，地面对斜面的摩擦力方向向左

解析▶本题的题眼是“乙的曲线在时切线斜率为0”*.*

根据题图结合题意可知甲做匀加速直线运动，乙做匀减速直线运动，对甲根据牛顿第二定律有，对乙根据牛顿第二定律有，结合题意有，联立可得，解得，A正确；时甲的速度大小为，B错误：在之前物块甲、乙都在运动时物块甲、乙、斜面为整体，规定水平向右为正方向，在水平方向有，可得地面对斜面的摩擦力错误：之后物块甲运动，乙静止，视物块甲、乙、斜面为整体，规定水平向右为正方向，在水平方向有，所以地面对斜面的摩擦力方向向左，D正确。

【快解】由题图（b）知0~t0内，甲、乙位移之比为3:1，又由于甲做匀加速直线运动，乙做匀减速直线运动，可作出甲、乙运动的v-t图像如图所示。



由图知时，甲的速度大小为，B错误：由图像斜率可知，甲、乙的加速度大小相等，即，解得，A正确。

答案AD

**题型2连接体问题**难度★★★考频★★

|  |
| --- |
| 备考策略  连接体的解决方法  (1)四种非刚性连接体的运动特点  ①轻绳连接体:轻绳在伸直状态下,两端的连接体沿绳方向的速度、加速度大小总是相等*.*    ②接触连接体:相互接触无滑动的两物体具有相同的速度及加速度*.*    ③轻弹簧连接体:在弹簧发生形变的过程中,两端连接体的速度不一定相等;在弹簧形变量不变时,两端连接体的速度相等*.*    ④轻杆连接体:对于连接体物体(质量为*m*)两端沿杆方向受力相同、加速度相等,壁对连接体两端物体支持力指向圆心*.* |
| (2)分析方法:整体法和隔离法  先整体求加速度,再隔离求受力;先隔离受力分析求加速度,再整体求受力*.*  (3)选用整体法和隔离法的策略  ①当各物体的运动状态相同时,宜选用整体法;当各物体的运动状态不同时,宜选用隔离法*.*  ②对较复杂的问题,通常需要多次选取研究对象,交替应用整体法与隔离法才能求解*.* |

题型例析

**轻杆模型**

例3[湖南2023*·*10,5分](多选)如图,光滑水平地面上有一质量为2*m* 的小车在水平推力*F* 的作用下加速运动*.*车厢内有质量均为*m* 的 *A*、*B* 两小球,两球用轻杆相连,*A* 球靠在光滑左壁上, *B* 球处在车厢水平底面上,且与底面的动摩擦因数为*μ*,杆与竖直方向的夹角为*θ*,杆与车厢始终保持相对静止*.*重力加速度为*g*,假设最大静摩擦力等于滑动摩擦力*.*下列说法正确的是(　　)



A*.*若*B*球受到的摩擦力为零,则*F*=2*mg*tan *θ*

B*.*若推力*F*向左,且tan *θ*≤*μ*,则 *F* 的最大值为2*mg*tan *θ*

C*.*若推力*F*向左,且*μ*<tan *θ*≤2*μ*, 则 *F* 的最大值为4*mg*(2*μ*-tan *θ*)

D*.*若推力*F*向右,且tan *θ*>2*μ*, 则*F* 的范围为4*mg*(tan *θ*-2*μ*)≤*F*≤4*mg*(tan *θ*+2*μ*)

解析▶本题的题眼是“在水平推力*F*的作用下加速运动”和“杆与车厢始终保持相对静止”*.*本题关键在于通过对*A*球竖直方向平衡,确定杆对*A*的弹力方向*.*

对*A*、*B*两球分别进行受力分析如图1所示,



图1

*A*球在竖直方向受力平衡,有*F*杆cos *θ*=*mg*,解得*F*杆=,则杆对*B*球的力*F'*杆=*F*杆;*B*球在竖直方向受力平衡,有*F*N=*mg*+ *F'*杆cos *θ*=2*mg*,若*B*球受到的摩擦力为零,对*B*球,由牛顿第二定律有*F'*杆sin *θ*=*ma*,解得*a*=*g*tan *θ*;对小车和*A*、*B*两球整体,由牛顿第二定律有*F*=4*ma*=4*mg*tan *θ*,A错误*.*若推力*F*向左,对于*A*、*B*两球有两种临界状态,第1种为*A*球恰不转动,临界条件为车厢对*A*球的支持力*F*N1=0,对*A*球,由牛顿第二定律得*F*杆sin *θ*=*ma*m1,又*F*杆cos *θ*=*mg*,解得*a*m1=*g*tan *θ*;第2种为*B*球恰不滑动,临界条件为向左的摩擦力达到最大静摩擦力,受力分析如图2所示,



图2

对*B*球,由牛顿第二定律得*μF*N-*F'*杆sin *θ*=*ma*m2,又*F*N=*mg*+*F'*杆cos *θ*,解得*a*m2=2*μg*-*g*tan *θ*,当tan *θ*≤*μ*时,*a*m1≤*a*m2,加速度最大可取*a*m1=*g*tan *θ*,对小车和*A*、*B*两球整体,由牛顿第二定律有*F*=4*ma*m1=4*mg*tan *θ*,B错误*.*当*μ*<tan *θ*≤2*μ*时,*a*m1>*a*m2,加速度最大可取*a*m2=2*μg*-*g*tan *θ*,对小车和*A*、*B*两球整体,由牛顿第二定律有*F*=4*ma*m2=4*mg*(2*μ*-tan *θ*),C正确*.*若推力*F*向右,且tan *θ*>2*μ*,对*A*、*B*两球受力分析如图3所示,



图3

在竖直方向上有*F*杆cos *θ*=*mg*,若*B*球所受摩擦力水平向左且达到最大静摩擦力,有*F'*杆sin *θ*-*μF*N=*ma'*1,得*a'*1=*g*(tan *θ*-2*μ*),若*B*球所受摩擦力水平向右且达到最大静摩擦力,有*F'*杆sin *θ*+*μF*N=*ma'*2,得*a'*2=*g*(tan *θ*+2*μ*),即*g*(tan *θ*-2*μ*)≤*a'*≤*g*(2*μ*+tan *θ*),对小车和*A*、*B*两球整体由牛顿第二定律有*F*=4*ma'*,则4*mg*(tan *θ*-2*μ*)≤*F*≤4*mg*(2*μ*+tan *θ*),D正确*.*

答案CD

**轻绳模型**

例4 [全国乙2022*·*15,6分]如图,一不可伸长轻绳两端各连接一质量为*m*的小球,初始时整个系统静置于光滑水平桌面上,两球间的距离等于绳长*L.*一大小为*F*的水平恒力作用在轻绳的中点,方向与两球连线垂直*.*当两球运动至二者相距*L*时,它们加速度的大小均为(　　)



A. B. C. D.

解析▶本题的题眼是“光滑水平桌面”和“水平恒力作用在轻绳的中点”*.*

方法一:隔离法

先根据轻绳的几何关系对单个小球进行受力分析,再根据牛顿第二定律求加速度*.*



当两球运动至二者相距*L*时,对绳中点受力分析如图所示,由几何关系可知sin *θ*==,2*T*cos *θ*=*F*,解得轻绳拉力大小*T*=*F*;对任一小球,由牛顿第二定律可得*T*=*ma*,解得*a*=,故A正确*.*

方法二:整体法

先求系统整体的加速度,再根据几何关系求各自加速度*.*



对两小球,由牛顿第二定律可得*F*=2*ma*1,当两球运动至二者相距*L*时,如图所示,由几何关系可知sin *θ*==,cos *θ*=,由加速度分解可知*a*cos *θ*=*a*1,解得*a*=,故A正确*.*

答案A

**轻弹簧模型、接触体模型**

例5 [江西九江2023二模](多选)如图所示,质量*m*1=2 kg的物块*P*与质量*m*2=2 kg的木板*Q*静止叠放在竖直的轻弹簧上,弹簧下端固定在水平地面上,弹簧上端、物块*P*与木板*Q*间均不拴接*.*现对*P*施加竖直向上的恒定拉力*F*,已知*F*=20 N,*g*=10 m/s2,则(　　)



A*.*施加拉力瞬间,物块*P*对木板*Q*的压力大小为5 N

B*.*施加拉力瞬间,物块*P*的加速度大小为5 m/s2

C*.*弹簧处于原长

D*.*物块*P*和木板*Q*分离瞬间,弹簧弹力大小为20 N

解析▶本题的题眼是“弹簧上端、物块*P*与木板*Q*间均不拴接”*.*

施加拉力瞬间,以物块和木板为整体,物块*P*与木板*Q*的加速度大小为*a*==5 m/s2,对物块*P*有*F*+*F*N-*m*1*g*=*m*1*a*,解得*F*N=10 N,根据牛顿第三定律,物块*P*对木板*Q*的压力大小为10 N,故A错误,B正确;

物块*P*和木板*Q*分离瞬间,二者间弹力为零,加速度相等*.*

根据牛顿第二定律,对*P*有*F*-*m*1*g*=*m*1*a'*,对*Q*有*T*-*m*2*g*=*m*2*a'*,解得弹簧弹力大小为20 N,方向向上,弹簧处于压缩状态,故C错误,D正确*.*

答案BD

**题型3板块模型问题**难度★★★考频★★★

|  |
| --- |
| 备考策略  板块模型  (1)模型特点  “滑块—木板”模型类问题中,因为木板受到摩擦力的影响,往往做匀变速直线运动,解决此类问题要注意从速度、位移、时间等角度,寻找各运动过程之间的联系*.*  (2)解题关键  ①临界条件:要使滑块不从木板的末端掉下来的临界条件是滑块到达木板末端时的速度与木板的 |
| 速度恰好相同;板块发生相对运动的临界点是板块之间达到最大静摩擦力,此刻,板、块具有相同的速度与加速度*.*  ②问题实质:“板—块”模型本质上是相对运动问题,要分别求出各物体对地的位移,再求相对位移,同向运动位移大小相减,相向运动位移大小相加*.* |

题型例析

例6 [全国乙2021*·*21,6分](多选)水平地面上有一质量为*m*1的长木板,木板的左端上有一质量为*m*2的物块,如图(a)所示*.*用水平向右的拉力*F*作用在物块上,*F*随时间*t*的变化关系如图(b)所示,其中*F*1、*F*2分别为*t*1、*t*2时刻*F*的大小*.*木板的加速度*a*1随时间*t*的变化关系如图(c)所示*.*已知木板与地面间的动摩擦因数为*μ*1,物块与木板间的动摩擦因数为*μ*2*.*假设最大静摩擦力均与相应的滑动摩擦力相等,重力加速度大小为*g.*则(　　)

图(a)　　图(b)　　图(c)

A.*F*1=*μ*1*m*1*g*

B.*F*2=(*μ*2-*μ*1)*g*

C.*μ*2>*μ*1

D.在0*~t*2时间段物块与木板加速度相等

解析▶本题的题眼是“*F*-*t*图像”和“*a*-*t*图像”*.*对于*F*-*t*图像和*a*-*t*图像关键在于利用特殊点求解,发生相对滑动的瞬间板块加速度相等*.*

由题分析可知,*t*1时刻长木板和物块刚要一起滑动,此时对整体有*F*1=*μ*1(*m*1+*m*2)*g*,故A错误;*t*1*~t*2时间内,长木板向右做加速度增大的加速运动,一定有*μ*2*m*2*g*-*μ*1(*m*1+*m*2)*g*>0,所以*μ*2>·*μ*1,故C正确;0*~t*1时间内长木板和物块均静止,*t*1*~t*2时间内长木板和物块一起加速,一起加速的最大加速度满足*μ*2*m*2*g*-*μ*1(*m*1+*m*2)*g*=*m*1*a*m、*F*2-*μ*1(*m*1+*m*2)*g*=(*m*1+*m*2)*a*m,解得*F*2=·(*μ*2-*μ*1)*g*,故B、D正确*.*

答案BCD

例7 [湖南怀化2023二模](多选)如图所示,小物块质量*m*=1 kg,长木板质量*M*=3 kg(假设木板足够长),各接触面摩擦系数从上至下依次为*μ*1=0*.*2,*μ*2=0*.*1,小物块以初速度*v*0=6 m/s向右滑上木板,木板初始受力*F*为14 N,初速度为0,*F*维持1*.*5 s后撤去,以初始状态为计时起点,*g*=10 m/s2,则(　　)



A*.*经过1 s二者速度第一次大小相等

B*.*速度第一次大小相等后二者一起加速,再一起减速

C*.*小物块相对长木板向右最远运动3 m

D*.*经过1*.*625 s二者速度第二次大小相等

解析▶本题的题眼是“*F*维持1*.*5 s后撤去,以初始状态为计时起点”*.*结合板块运动分析可知,总共分三个阶段,第一阶段小物块减速,木板加速至两者速度相等*.*

对物块应用牛顿第二定律得物块加速度大小*a*1==*μ*1*g*=2 m/s2,对木板应用牛顿第二定律得*a*2==4 m/s2,则二者速度相等时,有*v*1=*v*0-*a*1*t*1,*v*1=*a*2*t*1,可得*t*1=1 s,*v*1=4 m/s,故A正确;

第二阶段两者第一次速度相等后,小物块加速,木板加速至撤去拉力*F.*

第一次速度相等后,由于木板的加速度*a*3== m/s2>*μ*1*g*=2 m/s2,所以小物块相对于木板向左运动,则小物块受到的摩擦力向右,大小不变,开始向右做加速度大小不变的加速运动,木板以另一加速度继续加速,

第三阶段撤去拉力*F*后,小物块加速,木板减速至两者速度相等,最后一起减速*.*

撤去*F*后,由于木板速度大于小物块速度,故小物块继续加速,木板减速至两者速度相等,最后一起减速,故B错误;速度第一次相等时,小物块的位移是*x*1=*t*1=5 m,木板的位移*x*2=*t*1=2 m,这个过程中的位移差为3 m,之后小物块相对于木板向左运动,再经过0*.*5 s,*v*物=*v*1+*a*1*t*2=5 m/s,*v*板=*v*1+*a*3*t*2= m/s,撤去*F*后,木板开始减速,直到再次共速时,小物块速度都小于木板的速度,所以1 s之后,小物块相对于木板一直向左运动,故小物块相对长木板向右最远运动3 m,故C正确;撤去*F*后,两物体再次共速前木板加速度大小*a*4==2 m/s2,*v*物+*a*1*t*3=*v*板-*a*4*t*3,可得*t*3= s,则*t*=1*.*5 s+ s≈1*.*58 s,故D错误*.*

答案AC