第四章 牛顿运动定律

牛顿运动三定律在经典物理学中是最重要、最基本的规律，是力学乃至整个物理学的基础。

历年高考对本章知识的考查重点：①惯性、力和运动关系的理解；②熟练应用牛顿定律分析和解决两类问题(已知物体的受力确定物体的运动情况、已知物体的运动情况确定物体的受力)。

命题的能力考查涉及：①在正交的方向上质点受力合成和分解的能力；②应用牛顿定律解决学科内和跨学科综合问题的能力；③应用超重和失重的知识定量分析一些问题；④能灵活运用隔离法和整体法解决简单连接体问题的能力；⑤应用牛顿定律解题时的分析推理能力。

命题的最新发展：联系理科知识的跨学科综合问题。

1、 牛顿第一定律（惯性定律）：

◎ 知识梳理

一切物体总保持匀速直线运动状态或静止状态，直到有外力迫使它改变这种状态为止。

1．理解要点：

①运动是物体的一种属性，物体的运动不需要力来维持。

②它定性地揭示了运动与力的关系：力是改变物体运动状态的原因，是使物体产生加速度的原因。

③第一定律是牛顿以伽俐略的理想斜面实验为基础，总结前人的研究成果加以丰富的想象而提出来的；定律成立的条件是物体不受外力，不能用实验直接验证。

④牛顿第一定律是牛顿第二定律的基础，不能认为它是牛顿第二定律合外力为零时的特例，第一定律定性地给出了力与运动的关系，第二定律定量地给出力与运动的关系。

注意：（1）物体不受外力是该定律的条件

（2）物体总保持匀速直线运动状态或静止状态时结果

2．惯性：物体保持原来的匀速直线运动状态或静止状态的性质叫做惯性。

①惯性是物体的固有属性，与物体的受力情况及运动状态无关。

②质量是物体惯性大小的量度。

④惯性不是力，惯性是物体具有的保持匀速直线运动或静止状态的性质、力是物体对物体的作用，惯性和力是两个不同的概念。

◎ 例题评析

例1 火车在长直水平轨道上匀速行驶，门窗紧闭的车厢内有一个人向上跳起，发现仍落回到车上原处，这是因为 （ ）

A．人跳起后，厢内空气给他以向前的力，带着他随同火车一起向前运动

B．人跳起的瞬间，车厢的地板给他一个向前的力，推动他随同火车一起向前运动

C．人跳起后，车在继续向前运动，所以人落下后必定偏后一些，只是由于时间很短，偏后距离太小，不明显而已

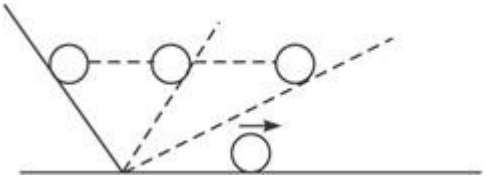
D．人跳起后直到落地，在水平方向上人和车具有相同的速度

例 2 科学思维和科学方法是我们认识世界的基本手段，在研究和解决问题的过程中，不仅需要相应的知识，还要注意运用科学方法．理想实验有时更能深刻地反映自然规律．伽利略设想了一个理想实验，如图所示，以下为他的设想步骤：

① 减小第二个斜面的倾角，小球在这斜面上仍然要达到原来的高度②两个对接的斜面，让静止的小球沿一个斜面滚下，小球将滚上另一个斜面　③如果没有摩擦，小球将上升到原来释放时的高度④继续减小第二个斜面的倾角，最后使它成水平面，小球要沿水平面做持续的匀速直线运动.

在上述的设想实验步骤中，有一个是实验事实，其余是推论，属于可靠实验事实的是（　　），属于理想化推论的是（　　）

把上述理想实验的设想步骤按正确的顺序排列是　（　　）(填序号).



例 3 下列说法正确的是

A．运动越快的汽车越不容易停下来，是因为汽车运动得越快，惯性越大

B．同一物体由于在地球上不同的位置受到的重力是不同的，所以它的惯性也随位置的变化而变化

C．一个小球竖直上抛，抛出后能继续上升，是因为小球运动过程中受到了向上的推力

D．物体的惯性大小只与本身的质量有关，质量大的物体惯性大，质量小的物体惯性小

例 4 2010 年第十一届全国极限运动大赛滑板比赛在湖州成功举办.如图所示，在水平地面上的一名滑板运动员双脚站在滑板上以一定的速度向前滑行，在横杆前起跳并越过杆，从而使运动员与滑板分别从杆的上、下方通过.假设运动员和滑板在运动过程中受到的各种阻力忽略不计，运动员能顺利完成该动作，最终仍能落在滑板原来的位置，要使这个表演成功，运动员在起跳的过程中有( )

A 运动员起跳后滑板做加速运动

B 运动员起跳后在水平方向上的分速度与滑板的速度相同

C 运动员起跳时，脚对滑板的作用力应斜向后

D 运动员起跳时，脚对滑板的作用力应竖直向下

例 5 在水平地面上一滑板运动员以一定速度向前滑行，在横杆前起跳，人与滑板分离，分别从杆的上、下通过(滑板始终在地面上运动)，运动员越过杆后仍落在滑板上，忽略人和滑板运动中受到的各种阻力。则下列说法中正确的是（　）

A. 运动员起跳后做斜抛运动，滑板做匀速运动

B. 运动员与滑板分离后，在水平方向的分速度与滑板的速度总相同

C. 运动员起跳时脚对滑板的作用力斜向后

D. 运动员起跳时脚对滑板的作用力应竖直向下

二、牛顿第二定律

◎ 知识梳理

1. 定律内容

物体的加速度 a 跟物体所受的合外力 $F_{合}$ 成正比，跟物体的质量 m 成反比。

2. 公式：$F_{合}=ma$

理解要点：

① 因果性：$F_{合}$ 是产生加速度 a 的原因，它们同时产生，同时变化，同时存在，同时消失；

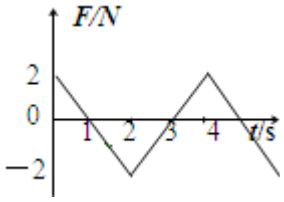
② 方向性：a 与 $F_{合}$ 都是矢量,，方向严格相同；

③ 瞬时性和对应性：a 为某时刻物体的加速度，$F_{合}$ 是该时刻作用在该物体上的合外力。

〇牛顿第二定律适用于宏观，低速运动的情况。

◎ 例题评析

例 1 静止在光滑水平面上的物体受到一个水平拉力的作用,该力随时间变化的关系如图所示,则下列说法正确的是（　）



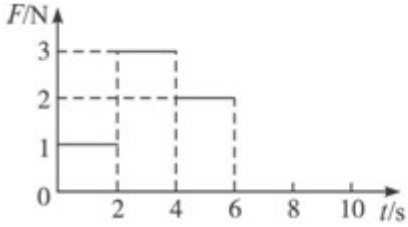
A. 物体在 0~2*s* 内的位移为零

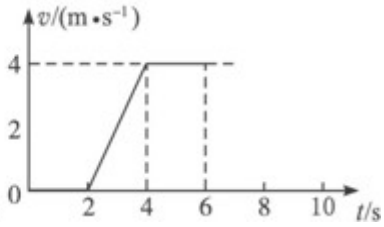
B. 4*s* 末物体将回到出发点

C. 0~2*s* 内拉力所做的功为零

D. 物体一直朝一个方向运动

例 2 放在水平地面上的一物块,受到方向不变的水平推力 *F* 的作用,*F* 的大小与时间 *t* 的关系和物块速度 *v* 与时间 *t* 的关系如图所示。取重力加速度 $g=10m/s^2$.由此两图线可以求得物块的质量 *m* 和物块与地面之间的动摩擦因数 *μ* 分别为（　）





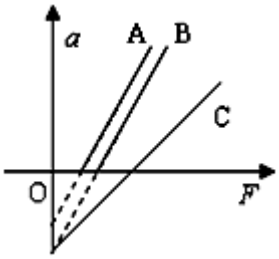
A. m=0.5kg，μ=0.2

B. m=0.5kg，μ=0.4

C. m=1kg，μ=0.2

D. m=1.5kg,μ=2/15

例 3 物体 A. B. C 均静止在同一水平面上,它们的质量分别为 m_A、m_B、m_C,得到三个物体的加速度 a 与其所受水平拉力 F 的关系如图所示,图中 A. B 两直线平行,则下列由图线判断所得的关系式正确的是()



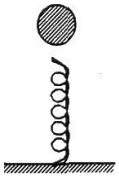
A. $\mu_A=\mu_B=\mu_C$

B. $m_A=m_B<m_C$

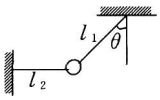
C. $m_A>m_B>m_C$

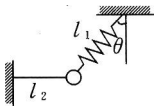
D. $\mu_A<\mu_B=\mu_C$

例 4 如图，自由下落的小球下落一段时间后，与弹簧接触，从它接触弹簧开始，到弹簧压缩到最短的过程中，小球的速度、加速度、合外力的变化情况是怎样的?



例 5 如图所示，一质量为 m 的物体系于长度分别为 L_1L_2 的两根细线上．，L_1 的一端悬挂在天花板上，与竖直方向夹角为 θ，L_2 水平拉直，物体处于平衡状态，现将 L_2 线剪断，求剪断瞬时物体的加速度。若将图中的细线 L_1，改变为长度相同、质量不计的轻弹簧，如图所示，其他条件不变，求解的步骤和结果与例 3 相同吗？



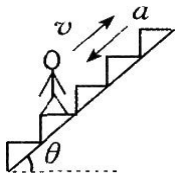


例 6 放在光滑水平面上的物体，在水平方向的两个平衡力作用下处于静止状态，若其中一个力逐渐减小到零后，又逐渐恢复到原值，则该物体的运动（　　）

A．速度先增大，后减小　　B．速度一直增大，直到某个定值

C．加速度先增大，后减小到零　　D．加速度一直增大到某个定值

例 7 如图所示，质量为 m 的入站在自动扶梯上，扶梯正以加速度 a 向上做减速运动，a 与水平方向的夹角为 θ．求人受的支持力和摩擦力。



[总结].应用牛顿第二定律解题的步骤

(1)选取研究对象：根据题意，研究对象可以是单一物体，也可以是几个物体组成的物体系统。

(2)分析物体的受力情况

(3)建立坐标

①若物体所受外力在一条直线上，可建立直线坐标。

②若物体所受外力不在一直线上，应建立直角坐标，通常以加速度的方向为一坐标轴，然后向两轴方向正交分解外力。

(4)列出第二定律方程

(5)解方程，得出结果

专题三:第二定律应用：

◎　知识梳理

1.物体系. (1)物体系中各物体的加速度相同，这类问题称为连接体问题。这类问题由于物体系中的各物体加速度相同，可将它们看作一个整体，分析整体的受力情况和运动情况可以根据牛顿第二定律，求出整体的外力中的未知力或加速度。若要求物体系中两个物体间的相互作用力，则应采用隔离法。将其中某一物体从物体系中隔离出来，进行受力分析，应用第二定律，相互作用的某一未知力求出，这类问题，应是整体法和隔离法交替运用，来解决问题的。

(2)物体系中某一物体作匀变速运动，另一物体处于平衡状态，两物体在相互作用，这类问题应采用牛顿第二定律和平衡条件联立来解决。应用隔离法，通过对某一物体受力分析应用第二定律(或平衡条件)，求出两物体间的相互作用，再过渡到另一物体，应用平衡条件(或第二定律)求出最后的未知量。

2．临界问题

某种物理现象转化为另一种物理现象的转折状态叫做临界状态。临界状态又可理解为“恰好出现”与“恰好不出现”的交界状态。

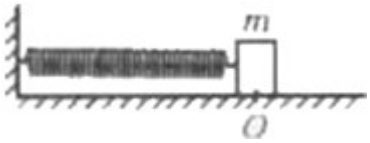
处理临界状态的基本方法和步骤是：①分析两种物理现象及其与临界值相关的条件；②用假设法求出临界值；③比较所给条件与临界值的关系，确定物理现象，然后求解

◎ 例题评析

例 1 为研究钢球在液体中运动时所受到阻力的大小,让钢球从某一高度竖直落下进入液体中运动,用闪光照相方法拍摄钢球在不同时刻的位置,如图所示,已知钢球在液体中运动时所受阻力 $F=kv^2$,闪光照相机的闪光频率为 f,图中刻度尺的最小分度为 l_0,钢球的质量为 m,则阻力常数 k 的表达式为()

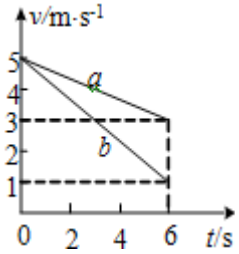
A. Mg/l_0f^2
B. $Mg/2l_0f^2$
C. $Mg/4l_0f^2$
D. $Mg/8l_0f^2$

例 2 弹簧的一端固定在墙上，另一端系一质量为 m 的木块，弹簧为自然长度时木块位于水平地面上的 O 点，如图所示。现将木块从 O 点向右拉开一段距离 L 后由静止释放，木块在粗糙水平面上先向左运动，然后又向右运动，往复运动直至静止。已知弹簧始终在弹性限度内，且弹簧第一次恢复原长时木块的速率为 v_0，则（　）



A. 木块第一次向左运动经过 O 点时速率最大
B. 木块第一次向左运动到达 O 点前的某一位置时速率最大
C. 整个运动过程中木块速率为 v_0 的时刻只有一个
D. 整个运动过程中木块速率为 v_0 的时刻只有两个

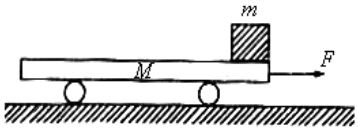
例 3 质量为 0.3kg 的物体在水平面上做直线运动，图中的两条直线分别表示物体受水平拉力和不受水平拉力的 v-t 图象，则下列说法中正确的是（g=10m/s²）（　）



A. 水平拉力一定等于 0.1N
B. 水平拉力可能等于 0.3N
C. 物体的摩擦力一定等于 0.1N

D. 物体的摩擦力可能等于 0.2N

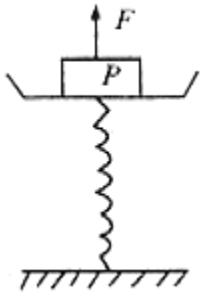
例 4 如图，质量 $M=8kg$ 的小车停放在光滑水平面上，在小车右端施加一水平恒力 F=8N。当小车向右运动速度达到 3m/s 时，在小车的右端轻放一质量 m=2kg 的小物块，物块与小车间的动摩擦因数 $\mu=0.2$，假定小车足够长，问：



（1）经过多长时间物块停止与小车间的相对运动？

（2）小物块从放在车上开始经过 $t_0=3.0s$ 所通过的位移是多少？（g 取 $10m/s^2$）

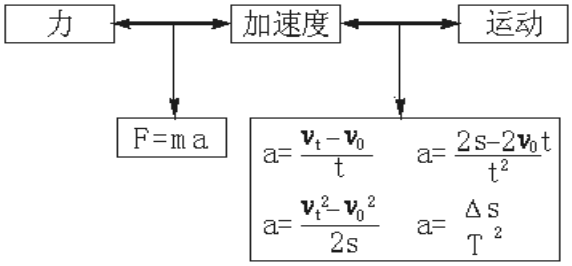
例 5 如图所示，一个弹簧台秤的秤盘和弹簧质量均不计，盘内放一个质量 $m=12kg$ 的静止物体 P，弹簧的劲度系数 $k=800N/m$。现施加给 P 一个竖直向上的拉力 F，使 P 从静止开始向上做匀加速运动。已知在头 0.2s 内 F 是变力，在 0.2s 以后，F 是恒力，取 $g=10m/s^2$，求拉力 F 的最大值和最小值。



专题四:动力学的两类基本问题

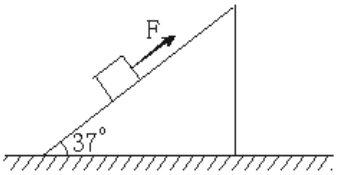
◎ 知识梳理

应用牛顿运动定律求解的问题主要有两类：一类是已知受力情况求运动情况；另一类是已知运动情况求受力情况.在这两类问题中，加速度是联系力和运动的桥梁，受力分析是解决问题的关键.



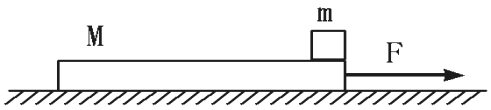
◎ 例题评析

例 1 如图所示，在倾角 θ=37° 的足够长的固定的斜面上，有一质量 m=1 kg 的物体，



物体与斜面间动摩擦因数 μ=0.2，物体受到沿平行于斜面向上的轻细线的拉力 F=9.6 N的作用，从静止开始运动，经2 s绳子突然断了，求绳断后多长时间物体速度大小达到22 m/s.（sin37°=0.6，g取10 m/s^2）

例2如图 所示，光滑水平面上静止放着长 L=1.6 m、质量为 M=3 kg的木板.一个质量为 m=1 kg的小物体放在木板的最右端，m与 M之间的动摩擦因数 μ=0.1，今对木板施加一水平向右的拉力 F.



（1）施力 F后，要想把木板从物体 m的下方抽出来，求力 F的大小应满足的条件；

（2）如果所施力 F=10 N，为了把木板从 m的下方抽出来，此力的作用时间不得少于多少?（g取10 m/s^2）

专题五:牛顿第三定律、超重和失重

◎ 知识梳理

1.牛顿第三定律

(1).作用力和反作用力一定是同种性质的力，而平衡力不一定；

(2). 作用力和反作用力作用在两个物体上，而一对平衡力作用在一个物体上

(3). 作用力和反作用力同时产生、同时变化、同时消失；而对于一对平衡力，其中一个力变化不一定引起另外一个力变化

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，作用在一条直线上，公式可写为 $F=-F'$。

作用力与反作用力的二力平衡的区别

内容	作用力和反作用力	二力平衡
受力物体	作用在两个相互作用的物体上	作用在同一物体上
依赖关系	同时产生，同时消失相互依存，不可单独存在	无依赖关系，撤除一个、另一个可依然存在，只是不再平衡
叠加性	两力作用效果不可抵消，不可叠加，不可求合力	两力运动效果可相互抵消，可叠加，可求合力，合力为零；形变效果不能抵消
力的性质	一定是同性质的力	可以是同性质的力也可以不是同性质的力

2.超重和失重

超重现象是指：N>G或 T>G； 加速度a向上；

失重现象是指：G>N或 G>T； 加速度a向下；_

完全失重是指：T=0 或 N=0；　加速度 a 向下；大小 a= g

3. 牛顿运动定律只适应于宏观低速，且只适应于惯性参照系。

◎　例题评析

例 1 弹簧下端挂一个质量 m=1kg 的物体，弹簧拉着物体在下列各种情况下，弹簧的示数：($g=10m/s^2$)

（1）、弹簧秤以 5m/s 的速度匀速上升或下降时，示数为_____。

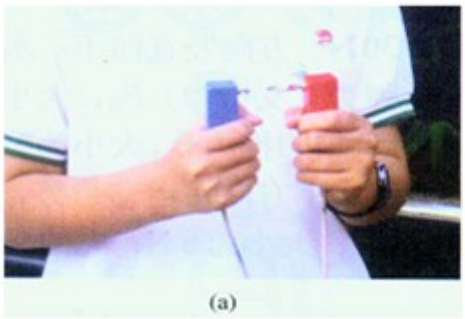
（2）、弹簧秤以 $5m/s^2$ 的加速度匀加速上升时，示数为_____。

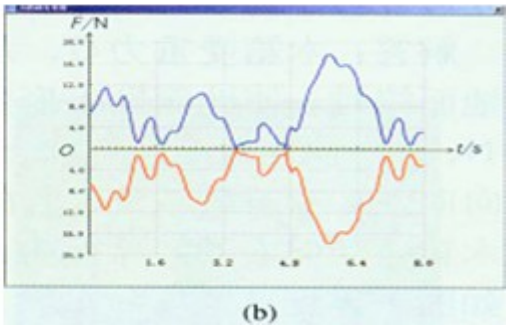
（3）、弹簧秤以 $5m/s^2$ 的加速度匀加速下降时，示数为_____。

（4）、弹簧秤以 $5m/s^2$ 的加速度匀减速上升时，示数为_____。

（5）、弹簧秤以 $5m/s^2$ 的加速度匀减速下降时，示数为_____。

例 2 用计算机辅助实验系统做验证牛顿第三定律的实验，点击实验菜单中“力的相互作用”．如图（a）所示，把两个力探头的挂钩钩在一起，向相反方向拉动，观察显示器屏幕上出现的结果[如图（b）]．观察分析两个力传感器的相互作用力随时间变化的曲线，可以得到以下实验结论_____


(a)

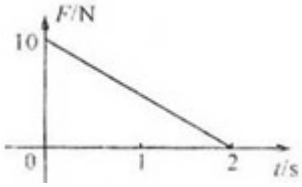


(b)

（A）作用力与反作用力时刻相同　　（B）作用力与反作用力作用在同一物体上

（C）作用力与反作用力大小相等　　（D）作用力与反作用力方向相反．

例 3 一个放在水平桌面上质量为 2*kg* 原来静止的物体，受到如图所示方向不变的合外力作用，则下列说法正确的是（　）



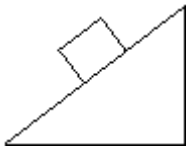
A. 在 2*s* 内物体运动的位移为 10*m*

B. 在 2*s* 内物体的加速度为 5*m/s*2

C. 在 *t*=2*s* 时，物体的速率最大

D. 0~2s 这段时间内作减速运动

例 4 物体静止于一斜面上,如图所示,则下述说法正确的是（　）



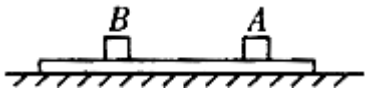
A. 物体对斜面的压力和斜面对物体的支持力是一对平衡力

B. 物体对斜面的摩擦力和斜面对物体的摩擦力是一对作用力和反作用力

C. 物体所受重力和斜面对物体的作用力是一对作用力和反作用力

D. 物体所受的重力可以分解为沿斜面向下的力和对斜面的压力

例 5 由同种材料制成的物体 A 和 B 放在足够长的木板上,随木板一起以速度 v 向右做匀速直线运动,如图所示。已知物体 A 的质量大于 B 的质量。某时刻木板突然停止运动,下列说法正确的是（　）



A. 若木板光滑，物体 A 和 B 之间的距离将增大

B. 若木板光滑，物体 A 和 B 之间的距离将减小

C. 若木板粗糙，物体 A 和 B 一定会相碰

D. 无论木板是光滑还是粗糙，物体 A 和 B 之间的距离保持不变