



物理

依托试题练习 突破动力学难点问题

北京市第一七一中学正高级教师 苑红霞

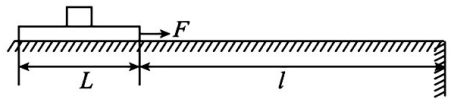
高考物理中对动力学的考查有惯性、动力学两类基本问题,以及超重与失重、连接体问题、图像问题、板块模型、传送带问题等,而解题方法涉及整体与隔离法、临界和极值法等。试题通常综合牛顿运动定律和运动学规律,与生产、生活、热点话题、现代科技等相联系,注重社会责任、科学态度等要素的渗透。考生在复习中既要注意复习的全面性,也要做针对性训练,从而突破重难点。本文通过经典例题解读,帮助考生突破动力学的几个重难点问题。

动力学中的临界和极值问题

1. 相对滑动的临界问题

板块模型中相对滑动的临界问题是动力学中的典型问题,考生在复习时可以设计一个实例,把相关的考点汇总,帮助自己对此类问题进行全面思考。

【例1】如图所示,质量 $M=4\text{kg}$ 的薄木板(厚度不计,足够长)静止在粗糙的水平台面上,木板上放有一质量为 $m=1\text{kg}$ 的物块(可视为质点),已知木板与平台、物块与木板间的动摩擦因数均为 $\mu_1=0.4$ 。现对木板施加一水平向右的力 F , g 取 10m/s^2 。



(1) F 从 0 开始逐渐增大,描述木板、物块的运动情况。

(2) 要使木板和物块发生相对滑动, F 应满足什么条件? 若地面光滑, F 作用于物块,要使木板和物块发生相对滑动, F 应满足什么条件?

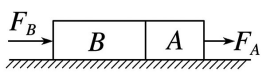
【分析】(1) F 从 0 开始逐渐增大。开始时木板和物块保持静止,直至地面摩擦力被克服。当 F 增大到 $f_{\text{地}}=\mu_1(M+m)g=20\text{N}$ 时,木板和物块一起加速运动。随着力 F 的增大,加速度增大,板块之间的摩擦力也逐渐增大。当这个摩擦力增大到 $f_{\text{块}}=\mu_1mg=4\text{N}$ 时,木板和物块即将发生相对滑动。随着力 F 继续增大,板块发生相对滑动,物块的加速度不变做匀加速运动,木板加速度将继续增大。

(2) 由(1)的分析可知,要使木板和物块发生相对滑动的临界条件是:板块之间的摩擦力逐渐增大到 $f_{\text{块}}=\mu_1mg=4\text{N}$,系统达到了共同加速的最大加速度 $a_m=4\text{m/s}^2$,再对整体用牛顿第二定律可知: $F-f_{\text{地}}=(M+m)a_m \Rightarrow F=40\text{N}$ 。若地面光滑, F 作用于物块,开始时木板和物块就一起加速,当板块之间的摩擦力增大到 $f_{\text{块}}=\mu_1mg=4\text{N}$ 时,板块即将发生相对滑动。考生可以理解为木板的加速度上限: $a_m=\frac{f_{\text{块}}}{M}=1\text{m/s}^2$,再对整体用牛顿第二定律可知: $F=(M+m)a_m \Rightarrow F=5\text{N}$ 。

考生思考上述临界问题时可对“ F 从 0 开始逐渐增大”逐步分析几个阶段的运动,便于自己建立整个运动过程的全景,利于正确分析出临界条件。

2. 分离的临界问题

【例2】光滑水平面上放有相互接触但不粘连的两个物体 A 、 B ,物体 A 质量 $m_1=1\text{kg}$,物体 B 质量 $m_2=2\text{kg}$ 。如图所示,作用在两物体 A 、 B 上的力随时间变化的规律分别为 $F_A=3+2t(\text{N})$ 、 $F_B=8-3t(\text{N})$ 。下列说法正确的是()。



- A. $t=0$ 时,物体 A 的加速度大小为 3m/s^2
B. $t=1\text{s}$ 时,物体 B 的加速度大小为 2.5m/s^2
C. $t=1\text{s}$ 时,两物体 A 、 B 恰好分离
D. $t=\frac{2}{7}\text{s}$ 时,两物体 A 、 B 恰好分离

【分析】考生要先确定开始时一段时间两物体 A 、 B 的共同加速。 $t=0$ 时, $F_{A0}=3\text{N}$, $F_{B0}=8\text{N}$,假设 A 、 B 之间没有挤压,则计算 A 、 B 加速度得到后者加速度大于前

者,说明开始时一段时间两物体 A 、 B 之间有压力,共同加速。设 A 和 B 的共同加速度大小为 a ,根据牛顿第二定律有 $F_{A0}+F_{B0}=(m_1+m_2)a$,代入数据解得 $a=\frac{11}{3}\text{m/s}^2$, A 错误;随着时间增长, A 、 B 之间压力逐渐减小,当压力减小至 0 时, A 和 B 达到分离的临界,此时 A 和 B 速度相等,且加速度仍相同,这将成为求解分离时间的关键,根据牛顿第二定律有 $F_A=m_1a'$ 、 $F_B=m_2a'$,联立解得 $t=\frac{2}{7}\text{s}$,当 $t=1\text{s}$ 时, A 、 B 已分离, $F_{B1}=5\text{N}$,对 B 由牛顿第二定律有 $a_B=\frac{F_{B1}}{m_2}=2.5\text{m/s}^2$,则 C 错误, B 、 D 正确。

对于接触与分离的临界极值问题,其本质是相同的,即临界条件是接触或分离的两物体间的弹力大小 $F_N=0$ 。列方程时,考生要抓住在即将分离的临界情况下,速度和加速度仍然是相同的特征。需要注意的是,考生通常研究分离的临界状态较多,往往忽视在分离之后的瞬间两个物体的加速度情况。

【例3】应用物理知识分析生活中的常见现象,可以使物理学习更加有趣和深入,例如平伸手掌托起物体,由静止开始竖直向上运动,直至将物体抛出。对此现象分析正确的是()

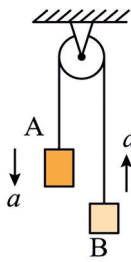
- A. 受托物体向上运动的过程中,物体始终处于超重状态
B. 受托物体向上运动的过程中,物体始终处于失重状态
C. 在物体离开手的瞬间,物体的加速度大于重力加速度
D. 在物体离开手的瞬间,手的加速度大于重力加速度

【分析】手托物体由静止开始向上运动,一定先做加速运动,此时支持力大于物体重力,物体处于超重状态,而后必然经历手掌对物体的支持力减小到 0 的过程,才可能将物体抛出,因为手掌与物体分离的临界条件是二者之间的支持力为 0。因此受托物体向上运动的过程中,物体开始是超重状态,中间可能有匀速阶段,脱手前一定也存在失重的状态。故 AB 错误。在物体离开手的瞬间,本质上研究的是分离后的瞬间,物体只受重力,物体的加速度一定等于重力加速度。要使手和物体彻底分离,手向下减速的加速度一定大于物体向下减速的加速度,即手的加速度大于重力加速度,于是再经历短暂时间后,物体速度大于手,物体才被抛出去。选项 C 错误, D 正确。

质点系牛顿第二定律

虽然在高考范围内仅涉及质点的牛顿第二定律,但是质点系牛顿第二定律在处理一些受力分析等问题时非常方便,考生可以进行拓展学习。

【例4】如图所示, A 和 B 两物体质量为 m_A 、 m_B ($m_A>m_B$),由轻绳连接绕过滑轮并由静止释放,不计滑轮质量和所有摩擦,则 A 和 B 运动过程中滑轮受到的上方悬点的拉力是否等于 A 和 B 的总重力大小? 怎么看待这个系统的超重失重? 以此模型推导出系统(质点系)牛顿第二定律。



【分析】滑轮受到的上方悬点的拉力不等于 A 和 B 的总重力大小。从局部超重角度看, A 失重, B 超重。由于 A 质量大于 B 质量,系统表现出失重,则滑轮受到的上方悬点的拉力小于 A 和 B 的总重力大小。以此模型推

导出系统(质点系)牛顿第二定律就能更清楚上述结论。

推导:取向下的正方向。

对 A : $m_Ag-T=m_Aa$ 对 B : $m_Bg-T=-m_Ba$

对轻滑轮: $F=2T$

联立三式得: $(m_A+m_B)g-F=m_Aa-m_Ba$

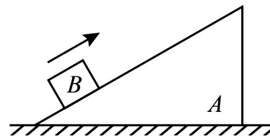
即:系统(质点系)所受到的合外力等于每个质点的 ma 的矢量和。

表达式: $\sum_{i=1}^n F_i = m_1a_1 + m_2a_2 + \dots = \sum_{i=1}^n m_i a_i$

分量式: $\begin{cases} \sum F_x = m_1a_{1x} + m_2a_{2x} + \dots \\ \sum F_y = m_1a_{1y} + m_2a_{2y} + \dots \end{cases}$

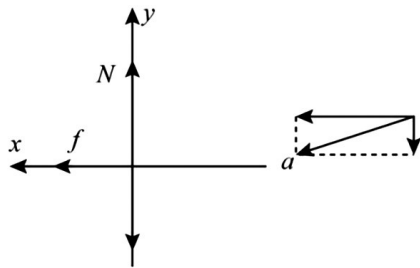
考生可以尝试用这一理论练习以下例题。

【例5】如图所示,斜劈形物体 A 的质量为 m_1 ,放在水平地面上,质量为 m_2 的粗糙物块 B 以某一初速沿斜劈 A 的斜面向上滑,至速度为 0 后加速返回,而斜劈始终保持静止,物块 m_2 上、下滑动的整个过程中,已知重力加速度为 g ,下述结论正确的是()



- A. 地面对斜劈 A 的支持力总等于 $(m_1+m_2)g$
B. 地面对斜劈 A 的摩擦力方向没有改变
C. 地面对斜劈 A 的摩擦力方向先向左,后向右
D. 物块 B 向上、向下滑动时的加速度大小可能相同

【分析】 A 选项:物体先减速上滑,后加速下滑,加速度一直沿斜面向下,设斜面倾角为 θ ,对系统进行受力分析:



根据牛顿第二定律:

水平方向: $f=m_2a \cos \theta$;

竖直方向: $(m_1+m_2)g-N=m_2a \sin \theta$

则地面对斜劈 A 的支持力总小于 $(m_1+m_2)g$ 。 A 错误。

对于 BC 选项,由上述分析可知地面对斜面体的静摩擦力方向一直未变,水平向左。 B 正确、 C 错误。

D 选项:物体上滑过程中,根据牛顿第二定律得 $m_2g \sin \theta + \mu m_2g \cos \theta = m_2a_1$,则 $a_1 = g(\sin \theta + \mu \cos \theta)$

物体下滑过程中,根据牛顿第二定律得

$m_2g \sin \theta - \mu m_2g \cos \theta = m_2a_2$,

则 $a_2 = g(\sin \theta - \mu \cos \theta)$

由上述分析可知物块 B 向上、向下滑动时的加速度大小一定不同。 D 错误。

通过以上试题,考生可以突破动力学的几个重难点问题。一是对于分离的临界和极值问题,考生需抓住分离的临界条件,即两物体间的弹力大小 $F_N=0$,此时加速度仍然相同,这一特征通常是列方程的依据。但是考生需要注意区分即将分离与分离后瞬间加速度大小关系。二是考生可以通过连接体问题推出质点系牛顿第二定律,并学会在相互作用的物体系中如何使用。