

高中物理必修 1

运动学问题是力学部分的基础之一，在整个力学中的地位是非常重要的，本章是讲运动的初步概念，描述运动的位移、速度、加速度等，贯穿了几乎整个高中物理内容，尽管在前几年高考中单纯考运动学题目并不多，但力、电、磁综合问题往往渗透了对本章知识点的考察。近些年高考中图像问题频频出现，且要求较高，它属于数学方法在物理中应用的一个重要方面。

第一章 运动的描述

专题一：描述物体运动的几个基本概念

◎ 知识梳理

1. 机械运动：一个物体相对于另一个物体的位置的改变叫做机械运动，简称运动，它包括平动、转动和振动等形式。

2. 参考系：被假定为不动的物体系。

对同一物体的运动，若所选的参考系不同，对其运动的描述就会不同，通常以地球为参考系研究物体的运动。

3. 质点：用来代替物体的有质量的点。它是在研究物体的运动时，为使问题简化，而引入的理想模型。仅凭物体的大小不能视为质点的依据，如：公转的地球可视为质点，而比赛中旋转的乒乓球则不能视为质点。

物体可视为质点主要是以下三种情形：

- (1) 物体平动时；
- (2) 物体的位移远远大于物体本身的限度时；
- (3) 只研究物体的平动，而不考虑其转动效果时。

4. 时刻和时间

(1) 时刻指的是某一瞬时，是时间轴上的一点，对应于位置、瞬时速度、动量、动能等状态量，通常说的“2 秒末”，“速度达 2m/s 时”都是指时刻。

(2) 时间是两时刻的间隔，是时间轴上的一段。对应位移、路程、冲量、功等过程量。通常说的“几秒内”“第几秒内”均是指时间。

5. 位移和路程

(1) 位移表示质点在空间的位置的变化，是矢量。位移用有向线段表示，位移的大小等于有向线段的长度，位移的方向由初位置指向末位置。当物体作直线运动时，可用带有正负号的数值表示位移，取正值时表示其方向与规定正方向一致，反之则相反。

(2) 路程是质点在空间运动轨迹的长度，是标量。在确定的两位置间，物体的路程不是唯一的，它与质点的具体运动过程有关。

(3) 位移与路程是在一定时间内发生的，是过程量，二者都与参考系的选取有关。一般情况下，位移的大小并不等于路程，只有当质点做单方向直线运动时，二者才相等。

6. 速度

- (1) . 速度：是描述物体运动方向和快慢的物理量。
- (2) . 瞬时速度：运动物体经过某一时刻或某一位置的速度，其大小叫速率。
- (3) . 平均速度：物体在某段时间的位移与所用时间的比值，是粗略描述运动快慢的。
- ①平均速度是矢量，方向与位移方向相同。
- ②平均速度的大小与物体不同的运动阶段有关。
- ③ $\bar{v} = \frac{s}{t}$ 是平均速度的定义式，适用于所有的运动，
- (4) . 平均速率：物体在某段时间的路程与所用时间的比值，是粗略描述运动快慢的。
- ①平均速率是标量。
- ② $\bar{v} = \frac{s}{t}$ 是平均速率的定义式，适用于所有的运动。
- ③平均速度和平均速率往往是不等的，只有物体做无往复的直线运动时二者才相等。

◎ 例题评析

【例 1】物体沿直线向同一方向运动，通过两个连续相等的位移的平均速度分别为 $v_1=10\text{m/s}$ 和 $v_2=15\text{m/s}$ ，则物体在这整个运动过程中的平均速度是多少？

【分析与解答】设每段位移为 s ，由平均速度的定义有

$$\bar{v} = \frac{2s}{t_1 + t_2} = \frac{2s}{s/v_1 + s/v_2} = \frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2} = 12\text{m/s}$$

[点评]一个过程的平均速度与它在这个过程中各阶段的平均速度没有直接的关系，因此要根据平均速度的定义计算，不能用公式 $\bar{v} = (v_0 + v_t)/2$ ，因它仅适用于匀变速直线运动。

【例 2】一质点沿直线 ox 方向作加速运动，它离开 o 点的距离 x 随时间变化的关系为 $x=5+2t^3$ (m)，它的速度随时间变化的关系为 $v=6t^2$ (m/s)，求该质点在 $t=0$ 到 $t=2\text{s}$ 间的平均速度大小和 $t=2\text{s}$ 到 $t=3\text{s}$ 间的平均速度的大小。

【分析与解答】当 $t=0$ 时，对应 $x_0=5\text{m}$ ，当 $t=2\text{s}$ 时，对应 $x_2=21\text{m}$ ，当 $t=3\text{s}$ 时，对应 $x_3=59\text{m}$ ，则： $t=0$ 到 $t=2\text{s}$ 间的平均速度大小为 $\bar{v}_1 = \frac{x_2 - x_0}{2} = 8\text{m/s}$

$$t=2\text{s} \text{ 到 } t=3\text{s} \text{ 间的平均速度大小为 } \bar{v}_2 = \frac{x_3 - x_2}{1} = 38\text{m/s}$$

[点评]只有区分了求的是平均速度还是瞬时速度，才能正确地选择公式。

【例 3】一架飞机水平匀速地在某同学头顶飞过，当他听到飞机的发动机声音从头顶正上方传来时，发现飞机在他前上方与地面成 60° 角的方向上，据此可估算出此飞机的速度约为声速的多少倍？

【分析与解答】设飞机在头顶上方时距人 h ，则人听到声音时飞机走的距离为： $\sqrt{3}h/3$

对声音： $h = v_{\text{声}} t$

对飞机： $\sqrt{3}h/3 = v_{\text{飞}} t$

解得： $v_{\text{飞}} = \sqrt{3} v_{\text{声}}/3 \approx 0.58 v_{\text{声}}$

[点评]此类题和实际相联系,要画图才能清晰地展示物体的运动过程,挖掘出题中的隐含条件,如本题中声音从正上方传到人处的这段时间内飞机前进的距离,就能很容易地列出方程求解。

专题二. 加速度

◎ 知识梳理

1. 加速度是描述速度变化快慢的物理量。
2. 速度的变化量与所需时间的比值叫加速度。
3. 公式: $a = \frac{v_t - v_0}{t}$, 单位: m/s^2 是速度的变化率。
4. 加速度是矢量, 其方向与 Δv 的方向相同。
5. 注意 v , Δv , $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 的区别和联系。 Δv 大, 而 $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 不一定大, 反之亦然。

◎ 例题评析

【例 4】. 一物体做匀变速直线运动, 某时刻速度大小为 $v_1=4\text{m/s}$, 1s 后速度大小为 $v_2=10\text{m/s}$, 在这 1s 内该物体的加速度的大小为多少?

【分析与解答】根据加速度的定义, $a = \frac{v_t - v_0}{t}$ 题中 $v_0=4\text{m/s}$, $t=1\text{s}$

当 v_2 与 v_1 同向时, 得 $a_1 = \frac{10-4}{1} = 6\text{m/s}^2$ 当 v_2 与 v_1 反向时, 得 $a_2 = \frac{-10-4}{1} = -14\text{m/s}^2$

[点评]必须注意速度与加速度的矢量性, 要考虑 v_1 、 v_2 的方向。

【例 5】某著名品牌的新款跑车拥有极好的驾驶性能, 其最高时速可达 330km/h , $0\sim 100\text{km/h}$ 的加速时间只需要 3.6s , $0\sim 200\text{km/h}$ 的加速时间仅需 9.9s , 试计算该跑车在 $0\sim 100\text{km/h}$ 的加速过程和 $0\sim 200\text{km/h}$ 的加速过程的平均加速度。

【分析与解答】: 根据 $a = \frac{v_t - v_0}{t}$

且 $v_{t1} = 100\text{km/h} \approx 27.78\text{m/s}$ $v_{t2} = 200\text{km/h} \approx 55.56\text{m/s}$

故跑车在 $0\sim 100\text{km/h}$ 的加速过程 $a_1 = \frac{v_{t1} - v_{01}}{t_1} = \frac{27.78 - 0}{3.6} \text{m/s}^2 = 7.72\text{m/s}^2$

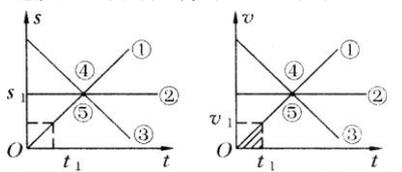
故跑车在 $0\sim 200\text{km/h}$ 的加速过程 $a_2 = \frac{v_{t2} - v_{02}}{t_2} = \frac{55.56 - 0}{9.9} \text{m/s}^2 = 5.61\text{m/s}^2$

专题三. 运动的图线

◎ 知识梳理

1. 表示函数关系可以用公式，也可以用图像。图像也是描述物理规律的重要方法，不仅在力学中，在电磁学中、热学中也是经常用到的。图像的优点是能够形象、直观地反映出函数关系。

2. 位移和速度都是时间的函数，因此描述物体运动的规律常用位移—时间图像(s—t 图)和速度—时间图像(v—t 图)。



3. 对于图像要注意理解它的物理意义，即对图像的纵、横轴表示的是什么物理量，图线的斜率、截距代表什么意义都要搞清楚。形状完全相同的图线，在不同的图像(坐标轴的物理量不同)中意义会完全不同。

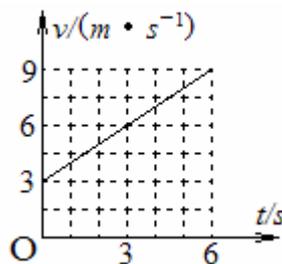
4. 下表是对形状一样的 S—t 图和 v—t 图意义上的比较。

S—t 图	v—t 图
①表示物体做匀速直线运动(斜率表示速度v)	①表示物体做匀加速直线运动(斜率表示加速度a)
②表示物体静止	②表示物体做匀速直线运动
③表示物体向反方向做匀速直线运动	③表示物体做匀减速直线运动
④交点的纵坐标表示三个运动质点相遇时的位移	④交点的纵坐标表示三个运动质点的共同速度
⑤t ₁ 时刻物体位移为s ₁	⑤t ₁ 时刻物体速度为v ₁ (图中阴影部分面积表示①质点在0~t ₁ 时间内的位移)

◎ 例题评析

【例 6】右图为某物体做匀变速直线运动的图像，求：

- (1) 该物体 3s 末的速度。
- (2) 该物体的加速度。
- (3) 该物体前 6s 内的位移。



【分析与解答】：(1) 由图可直接读出 3s 末的速度为 6m/s。

(2) a—t 图中图线的斜率表示加速度，故加速度为 $a = \frac{9-3}{6} m/s^2 = 1m/s^2$ 。

(3) a—t 图中图线与 t 轴所围面积表示位移，故位移为 $S = 3 \times 6 + \frac{1}{2} \times 6 \times (9-3)m = 36m$ 。

[点评] 这部分内容关键要掌握速度—时间图象及位移—时间图象的意义，包括截距，斜率，相交等。

第二章 探究匀变速运动的规律

近年高考考查的重点是匀变速直线运动的规律及 $v-t$ 图像。本章知识较多与牛顿运动定律、电场中带电粒子的运动等知识结合起来进行考察。近年试题的内容与现实生活和生产实际的结合逐步密切。

专题一:自由落体运动

◎ 知识梳理

1. 定义: 物体从静止开始下落, 并只受重力作用的运动。
2. 规律: 初速为 0 的匀加速运动, 位移公式: $h = \frac{1}{2}gt^2$, 速度公式: $v=gt$
3. 两个重要比值: 相等时间内的位移比 1: 3: 5-----, 相等位移上的时间比 $1:(\sqrt{2}-1):(\sqrt{3}-\sqrt{2})\dots$

◎ 例题评析

【例 1】 建筑工人安装塔手架进行高空作业, 有一名建筑工人由于不慎将抓在手中的一根长 5m 的铁杆在竖直状态下脱落了, 使其做自由落体运动, 铁杆在下落过程中经过某一楼层面的时间为 0.2s, 试求铁杆下落时其下端到该楼层的高度? ($g=10\text{m/s}^2$, 不计楼层面的厚度)

【分析与解答】 铁杆下落做自由落体运动, 其运动经过下面某一楼面时间 $\Delta t=0.2\text{s}$, 这个 Δt 也就是杆的上端到达该楼层下落时间 t_A 与杆的下端到达该楼层下落时间 t_B 之差, 设所求高度为 h , 则由自由落体公式可得到:

$$h = \frac{1}{2}gt_B^2$$

$$h + 5 = \frac{1}{2}gt_A^2$$

$$t_A - t_B = \Delta t$$

解得 $h=28.8\text{m}$

【例 2】 在现实生活中, 雨滴大约在 1.5km 左右的高空中形成并开始下落。计算一下, 若该雨滴做自由落体运动, 到达地面时的速度是多少? 你遇到过这样快速的雨滴吗? 据资料显示, 落到地面的雨滴速度一般不超过 8m/s, 为什么它们之间有这么大的差别呢?

【分析与解答】 根据: $s = \frac{1}{2}gt^2$ $v_t = gt$

$$\text{可推出 } v_t = \sqrt{2gs} = \sqrt{2 \times 10 \times 1.5 \times 10^3} \text{ m/s} = 1.732 \times 10^2 \text{ m/s}$$

可见速度太大, 不可能出现这种现象。

[点评] 实际上雨滴在下落过程所受空气阻力和其速度是有关的, 速度越大所受阻力也越大, 落到地面之前已做匀速运动。

专题二:匀变速直线运动的规律

◎ 知识梳理

1. 常用的匀变速运动的公式有: ① $v_t = v_0 + at$ ② $s = v_0 t + at^2/2$ ③ $v_t^2 = v_0^2 + 2as$

④ $\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2} = v_{t/2}$ $S = (v_0 + v_t) t/2$ ⑤ $\Delta s = aT^2$

(1). 说明: 上述各式有 v_0, v_t, a, s, t 五个量, 其中每式均含四个量, 即缺少一个量, 在应用中可根据已知量和待求量选择合适的公式求解。⑤式中 T 表示连续相等时间的的时间间隔。

(2). 上述各量中除 t 外其余均矢量, 在运用时一般选择取 v_0 的方向为正方向, 若该量与 v_0 的方向相同则取为正值, 反之为负。对已知量代入公式时要带上正负号, 对未知量一般假设为正, 若结果是正值, 则表示与 v_0 方向相同, 反之则表示与 v_0 方向相反。

另外, 在规定 v_0 方向为正的前提下, 若 a 为正值, 表示物体作加速运动, 若 a 为负值, 则表示物体作减速运动; 若 v 为正值, 表示物体沿正方向运动, 若 v 为负值, 表示物体沿反方向运动; 若 s 为正值, 表示物体位于出发点的前方, 若 S 为负值, 表示物体位于出发点之后。

(3). 注意: 以上各式仅适用于匀变速直线运动, 包括有往返的情况, 对匀变速曲线运动和变加速运动均不成立。

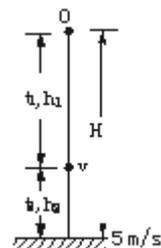
◎ 例题评析

【例 3】 跳伞运动员作低空跳伞表演, 当飞机离地面 224 m 时, 运动员离开飞机在竖直方向做自由落体运动. 运动一段时间后, 立即打开降落伞, 展伞后运动员以 12.5 m/s^2 的平均加速度匀减速下降. 为了运动员的安全, 要求运动员落地速度最大不得超过 5 m/s . 取 $g=10 \text{ m/s}^2$. 求:

(1) 运动员展伞时, 离地面的高度至少为多少? 着地时相当于从多高处自由落下?

(2) 运动员在空中的最短时间为多少?

【分析与解答】: 运动员跳伞表演的过程可分为两个阶段, 即降落伞打开前和打开后. 由于降落伞的作用, 在满足最小高度且安全着地的条件下, 可认为 $v_m=5 \text{ m/s}$ 的着地速度方向是竖直向下的, 因此求解过程中只考虑其竖直方向的运动情况即可. 在竖直方向上的运动情况如图所示.



(1) 由公式 $v_t^2 - v_0^2 = 2as$ 可得

第一阶段: $v^2 = 2gh_1$ ①

第二阶段: $v^2 - v_m^2 = 2ah_2$ ②

又 $h_1 + h_2 = H$ ③

解①②③式可得展伞时离地面的高度至少为 $h_2 = 99 \text{ m}$.

设以 5 m/s 的速度着地相当于从高 h' 处自由下落. 则 $h' = \frac{v'^2}{2g} = \frac{5^2}{2 \times 10} \text{ m} = 1.25 \text{ m}$.

(2) 由公式 $s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ 可得:

第一阶段: $h_1 = \frac{1}{2} gt_1^2$ ④

第二阶段: $h_2 = vt_2 - \frac{1}{2} at_2^2$ ⑤

又 $t = t_1 + t_2$ ⑥

解④⑤⑥式可得运动员在空中的最短时间为

$t=8.6 \text{ s}$.

说明：简要地画出运动过程示意图，并且在图上标出相对应的过程量和状态量，不仅能使较复杂的物理过程直观化，长期坚持下去，更能较快地提高分析和解决较复杂物理问题的能力。

【例 4】以速度为 10 m/s 匀速运动的汽车在第 2 s 末关闭发动机，以后为匀减速运动，第 3 s 内平均速度是 9 m/s ，则汽车加速度是_____ m/s^2 ，汽车在 10 s 内的位移是_____ m 。

【分析与解答】：第 3 s 初的速度 $v_0=10 \text{ m/s}$ ，第 3.5 s 末的瞬时速度 $v_t=9 \text{ m/s}$ （推论（2））所以汽车的加速度：

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{9 - 10}{0.5} \text{ m/s}^2 = -2 \text{ m/s}^2$$

“ $-$ ”表示 a 的方向与运动方向相反。

汽车关闭发动机后速度减到零所经时间：

$$t_2 = \frac{0 - v_0}{a} = \frac{0 - 10}{-2} \text{ s} = 5 \text{ s} < 8 \text{ s}$$

则关闭发动机后汽车 8 s 内的位移为：

$$s_2 = \frac{0 - v_0^2}{2a} = \frac{0 - 10^2}{2 \times (-2)} \text{ m} = 25 \text{ m}$$

前 2 s 汽车匀速运动：

$$s_1 = v_0 t_1 = 10 \times 2 \text{ m} = 20 \text{ m}$$

汽车 10 s 内总位移：

$$s = s_1 + s_2 = 20 \text{ m} + 25 \text{ m} = 45 \text{ m}.$$

说明：（1）求解刹车问题时，一定要判断清楚汽车实际运动时间。

（2）本题求 s_2 时也可用公式 $s = \frac{1}{2} at^2$ 计算。也就是说“末速度为零的匀减速运动”可倒过来看作“初速度为零的匀加速运动”。

专题三. 汽车做匀变速运动，追赶及相遇问题

◎ 知识梳理

在两物体同直线上的追及、相遇或避免碰撞问题中关键的条件是：两物体能否同时到达空间某位置。因此应分别对两物体研究，列出位移方程，然后利用时间关系、速度关系、位移关系解出。

（1）追及

追和被追的两者的速度相等常是能追上、追不上、二者距离有极值的临界条件。

如匀减速运动的物体追从不同地点出发同向的匀速运动的物体时，若二者速度相等了，还没有追上，则永远追不上，此时二者间有最小距离。若二者相遇时（追上了），追者速度等于被追者的速度，则恰能追上，也是二者避免碰撞的临界条件；若二者相遇时追者速度仍大于被追者的速度，则被追者还有一次追上追者的机会，其间速度相等时二者的距离有一个较大值。

再如初速度为零的匀加速运动的物体追赶同一地点出发同向匀速运动的物体时，当二者速度相等时二者有最大距离，位移相等即追上。

（2）相遇

同向运动的两物体追及即相遇，分析同（1）。

相向运动的物体，当各自发生的位移的绝对值的和等于开始时两物体间的距离时即相遇。

【例 5】 在铁轨上有甲、乙两列列车，甲车在前，乙车在后，分别以速度 $v_1=15\text{m/s}$ ， $v_2=40\text{m/s}$ 做同向匀速运动，当甲、乙间距为 1500m 时，乙车开始刹车做匀减速运动，加速度大小为 0.2m/s^2 ，问：乙车能否追上甲车？

【分析与解答】 由于乙车速度大于甲车的速度，因此，尽管乙车刹车后做匀减速直线运动，速度开始减小，但其初始阶段速度还是比甲车的大，两车的距离还是在减小，当乙车的速度减为和甲车的速度相等时，乙车的位移大于甲车相对乙车初始位置的位移，则乙车就一定能追上甲车，设乙车速度减为 $v_1=15\text{m/s}$ 时，用的时间为 t ，则有

$$V_1=v_2-at$$

$$t=(v_2-v_1)/a=125\text{s}$$

在这段时间里乙车的位移为

$$S_2=\frac{v_1+v_2}{2}t=3437.5\text{m}$$

在该时间内甲车相对乙车初始位置的位移为

$$S_1=1500+v_1t=3375\text{m}$$

因为 $s_2>s_1$ ，所以乙车能追上甲车。

【例 6】 一辆摩托车行驶的最大速度为 30m/s 。现让该摩托车从静止出发，要在 4 分钟内追上它前方相距 1 千米、正以 25m/s 的速度在平直公路上行驶的汽车，则该摩托车行驶时，至少应具有多大的加速度？

【分析与解答】：假设摩托车一直匀加速追赶汽车。则：

$$\frac{1}{2}at^2 = V_0t + S_0 \quad \dots\dots (1)$$

$$a = \frac{2V_0t + 2S_0}{t^2} = \frac{2 \times 25 \times 240 + 2 \times 1000}{240^2} = 0.24 \text{ (m/s}^2\text{)} \quad \dots\dots (2)$$

摩托车追上汽车时的速度：

$$V = at = 0.24 \times 240 = 58 \text{ (m/s)} \quad \dots\dots (3)$$

因为摩托车的最大速度为 30m/s ，所以摩托车不能一直匀加速追赶汽车。应先匀加速到最大速度再匀速追赶。

$$\frac{1}{2}at_1^2 + V_m(t-t_1) = S_0 + V_0t \quad \dots\dots (4)$$

$$V_m \geq at_1 \quad \dots\dots (5)$$

由（4）（5）得： $t_1=40/3$ （秒）

$$a = \frac{30}{40/3} = \frac{90}{40} = 2.25 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

总结：（1）要养成根据题意画出物体运动示意图的习惯。特别对较复杂的运动，画出草图可使运动过程直观，物理图景清晰，便于分析研究。

（2）要注意分析研究对象的运动过程，搞清整个运动过程按运动性质的转换可分为哪几个运动阶段，各个阶段遵循什么规律，各个阶段间存在什么联系。

（3）由于本章公式较多，且各公式间有相互联系，因此，本章的题目常可一题多解。解题时要思路开阔，联想比较，筛选最简捷的解题方案。解题时除采用常规的公式解析法外，图象法、比例法、极值法、逆向转换法（如将一匀减速直线运动视为反向的匀加速直线运动）

等也是本章解题中常用的方法.

第三章 相互作用

本章内容是力学的基础,也是贯穿于整个物理学的核心内容。本章从力的基本定义出发,通过研究重力、弹力、摩擦力,逐步认识力的物质性、力的矢量性、力的相互性,并通过受力分析,分析物体所处的状态或从物体所处的平衡状态,分析物体的受力情况。物体的受力分析法是物理学重要的分析方法。由于它的基础性和重要性,决定了这部分知识在高考中的重要地位。

本章知识的考查重点是:①三种常见力,为每年高考必考内容,明年乃至许多年后,仍将是频繁出现的热点。②力的合成与分解、共点力的平衡等在高考中或单独出现或与动力学、电磁学等相结合,或选择或计算论述,或易或难,都要出现。

专题一:力的概念、重力和弹力

◎ 知识梳理

要对力有深刻的理解,应从以下几个方面领会力的概念。

1. 力的本质

(1)力的物质性:力是物体对物体的作用。提到力必然涉及到两个物体——施力物体和受力物体,力不能离开物体而独立存在。有力时物体不一定接触。

(2)力的相互性:力是成对出现的,作用力和反作用力同时存在。作用力和反作用力总是等大、反向、共线,属同性质的力、分别作用在两个物体上,作用效果不能抵消。

(3)力的矢量性:力有大小、方向,对于同一直线上的矢量运算,用正负号表示同一直线上的两个方向,使矢量运算简化为代数运算;这时符号只表示力的方向,不代表力的大小。

(4)力作用的独立性:几个力作用在同一物体上,每个力对物体的作用效果均不会因其它力的存在而受到影响,这就是力的独立作用原理。

2. 力的作用效果

力对物体作用有两种效果:一是使物体发生形变,二是改变物体的运动状态。这两种效果可各自独立产生,也可能同时产生。通过力的效果可检验力的存在。

3. 力的三要素:大小、方向、作用点

完整表述一个力时,三要素缺一不可。当两个力 F_1 、 F_2 的大小、方向均相同时,我们说 $F_1=F_2$,但是当它们作用在不同物体上或作用在同一物体上的不同点时可以产生不同的效果。

力的大小可用弹簧秤测量,也可通过定理、定律计算,在国际单位制中,力的单位是牛顿,符号是 N。

4. 力的图示和力的示意图

(1)力的图示:用一条有向线段表示力的方法叫力的图示,用带有标度的线段长短表示大小,用箭头指向表示方向,作用点用线段的起点表示。

(2)力的示意图:不需画出力的标度,只用一带箭头的线段示意出力的大小和方向。

5. 力的分类

(1)性质力:由力的性质命名的力。如:重力、弹力、摩擦力、电场力、磁场力、分子力等。

(2)效果力:由力的作用效果命名的力。如:拉力、压力、支持力、张力、下滑力、分力:合力、动力、阻力、冲力、向心力、回复力等。

6. 重力

(1) . 重力的产生:

重力是由于地球的吸引而产生的,重力的施力物体是地球。

(2) . 重力的大小:

①由 $G=mg$ 计算, g 为重力加速度,通常在地球表面附近, g 取 9.8 米/秒^2 ,表示质量是 1 千克的物体受到的重力是 9.8 牛顿。

②由弹簧秤测量:物体静止时弹簧秤的示数为重力大小。

(3) . 重力的方向:

重力的方向总是竖直向下的,即与水平面垂直,不一定指向地心.重力是矢量。

(4) . 重力的作用点——重心

①物体的各部分都受重力作用,效果上,认为各部分受到的重力作用都集中于一点,这个点就是重力的作用点,叫做物体的重心。

②重心跟物体的质量分布、物体的形状有关,重心不一定在物体上。质量分布均匀、形状规则的物体其重心在物体的几何中心上。

(5) . 重力和万有引力

重力是地球对物体万有引力的一个分力,万有引力的另一个分力提供物体随地球自转的向心力,同一物体在地球上不同纬度处的向心力大小不同,但由此引起的重力变化不大,一般情况可近似认为重力等于万有引力,即: $mg=G\frac{Mm}{R^2}$ 。除两极和赤道外,重力的方向并不指向地心。

重力的大小及方向与物体的运动状态无关,在加速运动的系统中,例如:发生超重和失重的现象时,重力的大小仍是 mg

7. 弹力

1. 产生条件:

- (1)物体间直接接触;
- (2)接触处发生形变(挤压或拉伸)。

2. 弹力的方向: 弹力的方向与物体形变的方向相反,具体情况如下:

- (1)轻绳只能产生拉力,方向沿绳指向绳收缩的方向。
- (2)弹簧产生的压力或拉力方向沿弹簧的轴线。
- (3)轻杆既可产生压力,又可产生拉力,且方向沿杆。

3. 弹力的大小

弹力的大小跟形变量的大小有关。

①弹簧的弹力,由胡克定律 $F=kx$, k 为劲度系数,由本身的材料、长度、截面积等决定, x 为形变量,即弹簧伸缩后的长度 L 与原长 L_0 的差: $x=|L-L_0|$,不能将 x 当作弹簧的长度 L

②一般物体所受弹力的大小,应根据运动状态,利用平衡条件和牛顿运动定律计算,例 2 小车的例子就说明这一点。

◎ 例题评析

【例 1】下列关于力的说法中,正确的是()

- A. 只有相互接触的两物体之间才会产生力的作用
- B. 力是不能离开物体而独立存在的,一个力既有施力物体,又有受力物体
- C. 一个物体先对别的物体施加力后,才能受到反作用力
- D. 物体的施力和受力是同时的

【分析与解答】 力是物体间的相互作用,不一定发生在直接接触的物体间,直接接触而发

生的作用叫接触力，如弹力、摩擦力；通过场发生的作用叫场力，如重力、电场力、磁场力等。物体的施力和受力不分先后，总是同时的。正确答案为 B、D

【例 2】关于物体的重心，以下说法正确的是

- A. 物体的重心一定在该物体上
- B. 形状规则的物体，重心就在其中心处
- C. 用一根悬线挂起的物体静止时，细线方向一定通过物体的重心
- D. 重心是物体上最重的一点

【分析与解答】 重心是物体各部分的重力的合力的作用点，薄板物体的重心位置可以用悬挂法确定，其他形状的物体重心位置也可以用悬挂法想象的讨论。重心不一定在物体上，也当然不是物体中最、重的一点，故 AB 错，(如一根弯曲的杆，其重心就不在杆上)用悬线挂起物体处于静止时，由二力平衡原理知细线拉力必与重力等大、反向、共线，故 C 正确。

【例 3】如图所示，小车上固定一根折成 α 角的曲杆，杆的另一端一固定一质量为 m 的球，则当小车静止时和以加速度 a 向右加速运动时杆对球的弹力大小及方向如何？

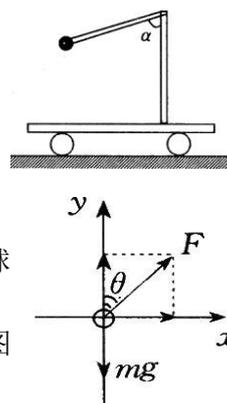
【分析与解答】当小车静止时，根据物体平衡条件可知，杆对球的弹力方向竖直向上，大小等于 mg 。

当小车加速运动时，设小球受的弹力 F 与竖直方向成 θ 角，如图所示，根据牛顿第二定律，有： $F \sin \theta = ma$ $F \cos \theta = mg$

$$\text{解得：} F = \sqrt{(mg)^2 + (ma)^2} \quad \tan \theta = a/g$$

可见，杆对球弹力的方向与加速度大小有关，只有当加速度 $a = g \tan \alpha$ 、且方向向右时，杆对球的弹力才沿着杆；否则不沿杆的方向。

(4) 面与面、点与面接触的压力或支持力的方向总垂直于接触面，指向被压或被支持的物体，如图所示，球和杆所受弹力的示意图。



专题二：摩擦力

◎ 知识梳理

摩擦力有滑动摩擦力和静摩擦力两种，它们的产生条件和方向判断是相近的。

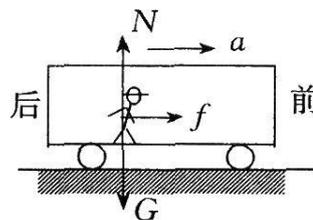
1. 产生的条件：

- (1) 相互接触的物体间存在压力；
- (2) 接触面不光滑；
- (3) 接触的物体之间有相对运动(滑动摩擦力)或相对运动的趋势(静摩擦力)。

注意：不能绝对地说静止物体受到的摩擦力必是静摩擦力，运动的物体受到的摩擦力必是滑动摩擦力。静摩擦力是保持相对静止的两物体之间的摩擦力，受静摩擦力作用的物体不一定静止。滑动摩擦力是具有相对滑动的两个物体之间的摩擦力，受滑动摩擦力作用的两物体不一定都滑动。

2. 摩擦力的方向：

沿接触面的切线方向(即与引起该摩擦力的弹力的方向垂直)，



与物体相对运动(或相对:运动趋势)的方向相反。例如:静止在斜面上的物体所受静摩擦力的方向沿接触面(斜面)向上。

注意:相对运动是以相互作用的另一物体为参考系的运动,与以地面为参考系的运动不同,故摩擦力是阻碍物体间的相对运动,其方向不一定与物体的运动方向相反。例如:站在公共汽车上的人,当人随车一起启动(即做加速运动)时,如图所示,受重力 G 、支持力 N 、静摩擦力 f 的作用。当车启动时,人相对于车有向后的运动趋势,车给人向前的静摩擦力作用;此时人随车向前运动,受静摩擦力方向与运动方向相同。

3. 摩擦力的大小:

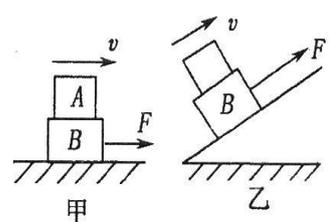
(1)静摩擦大小跟物体所受的外力及物体运动状态有关,只能根据物体所处的状态(平衡或加速)由平衡条件或牛顿定律求解。静摩擦力的变化存在一个最大值——最大静摩擦力,即物体将要开始相对滑动时摩擦力的大小(最大静摩擦力与正压力成正比)。

(2)滑动摩擦力与正压力成正比,即 $f = \mu N$, μ 为动摩擦因数,与接触面材料和粗糙程度有关; N 指接触面的压力,并不总等于重力。

◎ 例题评析

【例 4】如下图所示,拉力 F 使叠放在一起的 A 、 B 两物体以共同速度沿 F 方向做匀速直线运动,则 ()

- A. 甲、乙图中 A 物体均受静摩擦力作用,方向与 F 方向相同。
- B. 甲、乙图中 A 物体均受静摩擦力作用,方向与 F 方向相反。
- C. 甲、乙图中 A 物体均不受静摩擦力作用。
- D. 甲图中 A 物体不受静摩擦力作用,乙图中 A 物体受静摩擦力作用,方向与 F 方向相同。



作用,方向与 F 方向相同

【分析与解答】: 假设甲图中 A 物体受静摩擦力作用,则它在水平方向上受力不平衡,将不可能随 B 物体一起做匀速直线运动,所以 A 物体不受静摩擦力作用,这样就排除了 A 、 B 两项的正确性。 c 、 D 两项中哪个正确,由乙图中 A 物体是否受静摩擦力判定。假设乙图中 A 物体不受静摩擦力作用,则它将在其重力沿斜面的分力作用下向下滑。不能随 B 物体保持沿斜面向上的匀速直线运动。因此乙图中 A 物体一定受静摩擦力作用,且方向与 F 方向相同, c 项是不正确的。

答案: D

专题三:力的合成与分解

◎ 知识梳理

1. 力的合成

利用一个力(合力)产生的效果跟几个力(分力)共同作用产生的效果相同,而做的一种等效替代。力的合成必须遵循物体的同一性和力的同时性。

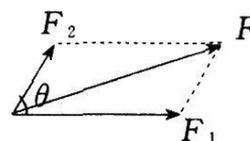
(1)合力和分力:如果一个力产生的效果跟几个力共同作用产生的效果相同,这个力就叫那几个力的合力,那几个力就叫这个力的分力。

合力与分力的关系是等效替代关系,即一个力若分解为两个分力,在分析和计算时,考虑了两个分力的作用,就不可考虑这个力的作用效果了;反过来,若考虑了合力的效果,也就不能再去重复考虑各个分力的效果。

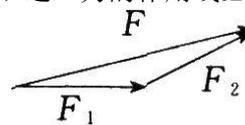
(2) . 共点力

物体同时受几个力作用, 如果这些力的作用线交于一点, 这几个力叫共点力。

如图(a)所示, 为一金属杆置于光滑的半球形碗中。杆受重力及 A、B 两点的支持力三个力的作用; N_1 作用线过球心, N_2 作用线垂直于杆, 当杆在作用线共面的三个非平行力作用下处于平衡状态时, 这三力的作用线必汇于一点, 所以重力 G 的作用线必过 N_1 、 N_2 的交点 O ; 图(b)为竖直墙面上挂一光滑球, 它受三个力: 重力、墙面弹力和悬线拉力, 由于球光滑, 它们的作用线必过球心。



(a)



(b)

(3) 力的合成定则:

① 平行四边形定则: 求共点力 F_1 、 F_2 的合力, 可以把表示 F_1 、 F_2 的线段为邻边作平行四边形, 它的对角线即表示合力的大小和方向, 如图 a。

② 三角形定则: 求 F_1 、 F_2 的合力, 可以把表示 F_1 、 F_2 的有向线段首尾相接, 从 F_1 的起点指向 F_2 的末端的有向线段就表示合力 F 的大小和方向, 如图 b。

2. 力的分解

(1) 在分解某个力时, 要根据这个力产生的实际效果或按问题的需要进行分解。

(2) 有确定解的条件:

① 已知合力和两个分力的方向, 求两个分力的大小。(有唯一解)

② 已知合力和一个分力的大小与方向, 求另一个分力的大小和方向。(有一组解或两组解)

③ 已知合力、一个分力 F_1 的大小与另一分力 F_2 的方向, 求 F_1 的方向和 F_2 的大小。(有两个或唯一解)

(3) 力的正交分解: 将已知力按互相垂直的两个方向进行分解的方法。利用力的正交分解法可以求几个已知共点力的合力, 它能使不同方向的矢量运算简化为同一直线上的矢量运算。

力的分解问题的关键是根据力的作用效果, 画出力的平行四边形, 接着就转化为一个根据知边角关系求解的几何问题。

3、处理力的合成与分解问题的方法

1. 力的图示法: 按力的图示作平行四边形, 然后量出对角线的长短并找出方向。

2. 代数计算法: 由正弦或余弦定理解三角形求解。

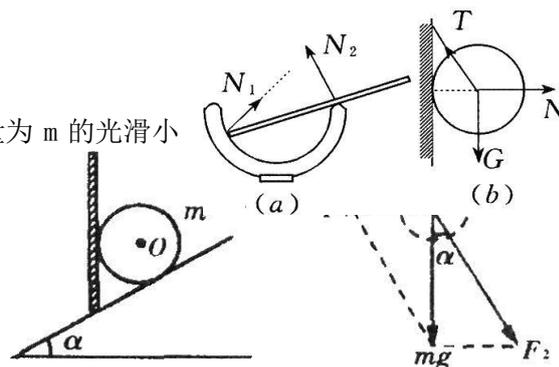
3. 正交分解法: 将各力沿互相垂直的方向先分解, 然后求出各方向的合力, 再合成。

4. 多边形法: 将各力的首尾依次相连, 由第一个力的始端指向最后一个力的尾端的有向线段表示合力的大小和方向。

◎ 例题评析

【例 5】. 在倾角为 α 的斜面上, 放一质量为 m 的光滑小球, 小球被竖直的木板挡住, 则球对斜面的压力为 ()

- A. $mg\cos\alpha$
- B. $mg\tan\alpha$
- C. $mg/\cos\alpha$
- D. mg



【分析与解答】：小球的重力产生两个效果：水平挤压木板；垂直斜面方向压紧斜面。故可将重力沿水平方向和垂直斜面方向分解为 F_1 、 F_2 如右图所示，根据平行四边形定则，可得： $F = mg / \cos \alpha$ 。

答案：C

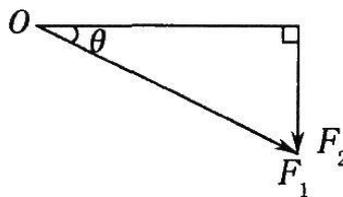
【例 6】分解一个力，若已知它的一个分力的大小和另一个分力的方向，以下正确的是（ ）

- A. 只有唯一组解 B. 一定有两组解
C. 可能有无数组解 D. 可能有两组解

解析：分解一个力，若已知其中一个分力的方向，可作出另一个分力的最小值，如图所示， $F_2 = F \sin \theta$ 。

- (1) 当 $F_2 < F \sin \theta$ 时，无解。
(2) 当 $F_2 = F \sin \theta$ 时，有唯一解。
(3) 当 $F \sin \theta < F_2 < F$ 时，有两组解。
(4) 当 $F_2 > F$ 时，有唯一解。

答案：D



专题四：受力分析

◎ 知识梳理

受力分析就是把研究对象在给定物理环境中所受到的力全部找出来，并画出相应受力图。

1. 受力分析的依据

(1) 依据各种力的产生条件和性质特点，每种力的产生条件提供了其存在的可能性，由于力的产生原因不同，形成不同性质的力，这些力又可归结为场力和接触力，接触力(弹力和摩擦力)的确定是难点，两物体直接接触是产生弹力、摩擦力的必要条件，弹力产生原因是物体发生形变，而摩擦力的产生，除物体间相互挤压外，还要发生相对运动或相对运动趋势。

(2) 依据作用力和反作用力同时存在，受力物体和施力物体同时存在。一方面物体所受的每个力都有施力物体和它的反作用力，找不到施力物体的力和没有反作用力的力是不存在的；另一方面，依据作用力和反作用力的关系，可灵活变换研究对象，由作用力判断出反作用力。

(3) 依据物体所处的运动状态：有些力存在与否或者力的方向较难确定，要根据物体的运动状态，利用物体的平衡条件或牛顿运动定律判断。

2. 受力分析的程序

(1) 根据题意选取研究的对象。选取研究对象对震豹原慰是要使对留题懿研究尽量藩侵 j 研究对象可以是单个物体或物体的某一部分，也可以是由几个物体组成的系统。

(2) 把研究对象从周围的物体中隔离出来, 为防止漏掉某个力, 要养成按一般步骤分析的好习惯. 一般应先分析重力; 然后环绕物体一周, 找出跟研究对象接触的物体, 并逐个分析这些物体对研究对象的弹力和摩擦力; 最后再分析其他场力(电场力、磁场力)等.

(3) 每分析一个力, 都要想一想它的施力物体是谁, 这样可以避免分析出某些不存在的力. 如竖直上抛的物体并不受向上的推力, 而刹车后靠惯性滑行的汽车也不受向前的“冲力”.

(4) 画完受力图后要定性检验, 看一看根据你画的受力图, 物体能否处于题目中所给的运动状态.

3. 受力分析的注意事项

(1) 只分析研究对象所受的力, 不分析研究对象对其他物体所施的力.

(2) 只分析根据性质命名的力.

(3) 每分析一个力, 都应找出施力物体.

(4) 合力和分力不能同时作为物体所受的力.

4. 受力分析的常用方法: 隔离法和整体法

(1). 隔离法

为了弄清系统(连接体)内某个物体的受力和运动情况, 一般可采用隔离法.

运用隔离法解题的基本步骤是:

① 明确研究对象或过程、状态;

② 将某个研究对象、某段运动过程或某个状态从全过程中隔离出来;

③ 画出某状态下的受力图或运动过程示意图;

④ 选用适当的物理规律列方程求解.

(2). 整体法

当只涉及研究系统而不涉及系统内部某些物体的力和运动时, 一般可采用整体法. 运用整体法解题的基本步骤是:

① 明确研究的系统和运动的全过程;

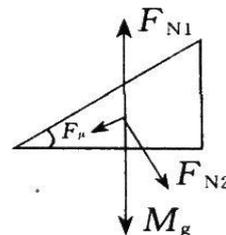
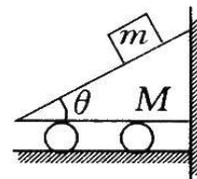
② 画出系统整体的受力图和运动全过程的示意图;

③ 选用适当的物理规律列方程求解.

隔离法和整体法常常交叉运用, 从而优化解题思路和方法, 使解题简捷明快.

◎ 例题评析

【例 7】 如图所示, 斜面小车 M 静止在光滑水平面上, 一边紧贴墙壁. 若再在斜面上加一物体 m , 且 M 、 m 相对静止, 试分析小车受哪几个力的作用



【分析与解答】 对 M 和 m 整体分析, 它们必受到重力和地面支持力, 由于小车静止, 由平衡条件知墙面对小车必无作用力. 以小车为研究对象, 如图所示, 它受四个力: 重力 M_g ,

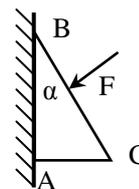
地面的支持力 F_N ， m 对它的压力 F_2 和静摩擦力 f ，由于 m 静止，可知 f 和 F_N 的合力必竖直向下。

【说明】 M 与墙有接触，但是否有挤压，应由 M 和 m 的状态决定。若 m 沿 M 加速下滑，加速度为 a ，则墙对 M 就有弹力作用，弹力 F_N 水平。

【注意】①为防止丢力，在分析接触力时应绕研究对象观察一周，对每个接触点要逐一分析。②不能把作用在其它物体上的力错误地认为通过力的传递作用在研究对象上。③正确画出受力示意图。画图时要标清力的方向，对不同的力标示出不同的符号。

【例 8】如图所示，质量为 m ，横截面为直角三角形的物块 ABC ，

AB 边靠在竖直墙面上， F 是垂直于斜面 BC 的推力，现物块静止不动，则摩擦力的大小为_____。



【分析与解】：物块 ABC 受到重力、墙的支持力、摩擦力及推力四个力作用而平衡，由平衡条件不难得出静摩擦力大小为_____。

专题五:共点力作用下物体的平衡

◎ 知识梳理

1. **共点力的判别**：同时作用在同一物体上的各个力的作用线交于一点就是共点力。这里要注意的是“同时作用”和“同一物体”两个条件，而“力的作用线交于一点”和“同一作用点”含义不同。当物体可视为质点时，作用在该物体上的外力均可视为共点力：力的作用线的交点既可以在物体内部，也可以在物体外部。

2. **平衡状态**：对质点是指静止状态或匀速直线运动状态，对转动的物体是指静止状态或匀速转动状态。

(1) 二力平衡时，两个力必等大、反向、共线；

(2) 三力平衡时，若是非平行力，则三力作用线必交于一点，三力的矢量图必为一闭合三角形；

(3) 多个力共同作用处于平衡状态时，这些力在任一方向上的合力必为零；

(4) 多个力作用平衡时，其中任一力必与其它力的合力是平衡力；

(5) 若物体有加速度，则在垂直加速度的方向上的合力为零。

3. 平衡力与作用力、反作用力

共同点：一对平衡力和一对作用力反作用力都是大小相等、方向相反，作用在一条直线上的两个力。

	一对平衡力	一对作用力与反作用力
作用对象	只能是同一物体，	分别作用在两个物体上
力的性质	可以是不同性质的力	一定是同一性质的力
作用效果	二者的作用相互抵消	各自产生自己的效果，互不影响。

【注意】①一个力可以没有平衡力，但一个力必有其反作用力。

②作用力和反作用力同时产生、同时消失；对于一对平衡力，其中一个力存在与否并不

一定影响另一个力的存在。

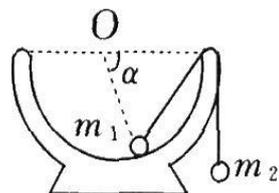
4. 正交分解法解平衡问题

正交分解法是解共点力平衡问题的基本方法，其优点是不受物体所受外力多少的限制。解题依据是根据平衡条件，将各力分解到相互垂直的两个方向上。

正交分解方向的确定：原则上可随意选取互相垂直的两个方向；但是，为解题方便通常的做法是：①使所选取的方向上有较多的力；②选取运动方向和与其相垂直的方向为正交分解的两个方向。在直线运动中，运动方向上可以根据牛顿运动定律列方程，与其相垂直的方向上受力平衡，可根据平衡条件列方程。

③使未知的力特别是不需要的未知力落在所选取的方向上，从而可以方便快捷地求解。

解题步骤为：选取研究对象—受力分析—建立直角坐标系—找角、分解力—列方程—求解。



◎ 例题评析

【例 9】如图所示，一个半球形的碗放在桌面上，碗口水平，O 点为其球心，碗的内表面及碗口是光滑的。一根细线跨在碗口上，线的两端分别系有质量为 m_1 和 m_2 的小球，当它们处于平衡状态时，质量为 m_1 的小球与 O 点的连线与水平线的夹角为 $\alpha = 60^\circ$ ，两小球的质量比为 ()

【分析与解答】 质量为 m_1 的小球受力情况：重力 m_1g ，方向向下；碗对小球的支持力 N ，方向沿半径方向斜向上；绳对小球的拉力 T ，沿绳子方向斜向上。

利用分解法或合成法处理三力平衡，并考虑 $T = m_2g$ ，得 $m_2/m_1 = \sqrt{3}/3$ 。

【答案】 A

【说明】 (1) 解答本题只需由平时掌握的隔离法，分别对 m_1, m_2 进行受力分析。由平衡条件和牛顿第三定律即可求解。

(2) 力的合成与分解也是解此题的核心之一。

专题六. 动态平衡问题分析

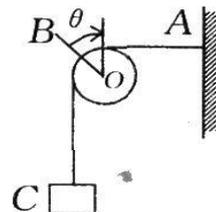
◎ 知识梳理

1. 所谓动态平衡问题是指通过控制某些物理量，使物体的状态发生缓慢变化，而在这个过程中物体又始终处于一系列的平衡状态中。

2. 图解分析法

对研究对象在状态变化过程中的若干状态进行受力分析，依据某一参量的变化，在同一图中做出物体在若干状态下力的平衡图(力的平行四边形)，再由动态力的四边形各边长度变化及角度变化确定力的大小及方向的变化情况。

动态平衡中各力的变化情况是一种常见类型。总结其特点有：合力大小和方向不变；一个分力的方向不变，分析另一个分力方向变化时两个分力大小的变化情况。用图解法具有简单、直观的优点。



◎ 例题评析

【例 15】 如图所示，滑轮本身的质量忽略不计，滑轮轴。安在一根轻木杆 B 上，一根轻

绳 Ac 绕过滑轮, A 端固定在墙上, 且绳保持水平, C 端下面挂一个重物, BO 与竖直方向夹角 $\theta = 45^\circ$, 系统保持平衡。若保持滑轮的位置不变, 改变 θ 的大小, 则滑轮受到木杆的弹力大小变化情况是()

- A. 只有角 θ 变小, 弹力才变大
- B. 只有角 θ 变大, 弹力才变大
- C. 不论角 θ 变大或变小, 弹力都变大
- D. 不论角 θ 变大或变小, 弹力都不变

【分析与解答】 轻木杆 B 对滑轮轴 O 的弹力不一定沿着轻木杆 B 的线度本身, 而应当是根据滑轮处于平衡状态来进行推断, 从而得出其方向和大小。

$$T_A = T_C = G.$$

T_A 和 T_C 夹角 90° 不变, 所以 T_A 和 T_C 对滑轮作用力不变。而滑轮始终处于平衡, 所以轻木杆 B 对滑轮作用力不变。即与 θ 无关, 选项 D 正确。

【答案】 D

专题七: 实验: 互成角度的两个力的合成

◎ 知识梳理

1. 实验目的

验证平行四边形定则

2. 验证原理

如果两个互成角度的共点力 F_1 、 F_2 作用于橡皮筋的结点上, 与只用一个力 F' 作用于橡皮筋的结点上, 所产生的效果相同(橡皮条在相同方向上伸长相同的长度), 那么, F' 就是 F_1 和 F_2 的合力。根据平行四边形定则作出两共点力 F_1 和 F_2 的合力 F 的图示, 应与 F' 的图示等大同向。

3. 实验器材

方木板一块; 白纸; 弹簧秤(两只); 橡皮条; 细绳套(两个); 三角板; 刻度尺; 图钉(几个); 细芯铅笔。

4. 实验步骤

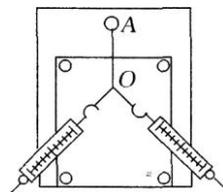
①用图钉把白纸钉在方木板上。

②把方木板平放在桌面上, 用图钉把橡皮条的一端固定在 A 点, 橡皮条的另一端拴上两个细绳套。(固定点 A 在纸面外)

③用两只弹簧秤分别钩住细绳套, 互成角度地拉橡皮条, 使橡皮条伸长, 结点到达某一位置 O (如图 1~133 所示)。(位置 O 须处于纸面以内)

④用铅笔描下结点 O 的位置和两条细绳套的方向, 并记录弹簧秤的读数。

⑤从力的作用点(位置 O) 沿着两条绳套的方向画直线, 按选定的标度作出这两只弹簧秤的拉力 F_1 和 F_2 的图示, 并用平行四边形定则作出合力 F 的图示。



⑥只用一只弹簧秤通过细绳套把橡皮条的结点拉到同样的位置 O , 记下弹簧秤的读数和细绳的方向。用刻度尺从 O 点按同样标度沿记录的方向作出这只弹簧秤的拉力 F' 的图示。

⑦比较力 F' 的图示与合力 F 的图示, 看两者是否等长, 同向。

⑧改变两个力 F_1 和 F_2 的大小和夹角, 再重复实验两次。

5. 注意事项

①不要直接以橡皮条端点为结点, 可拴一短细绳再连两细绳套, 以三绳交点为结点, 应

使结点小些，以便准确地记录结点 O 的位置。

②不要用老化的橡皮条，检查方法是用一个弹簧秤拉橡皮条，要反复做几次使橡皮条拉伸到相同的长度看弹簧秤读数有无变化。

③A 点应选在靠近木板上边中点为宜，以使。点能确定在纸的上侧，结点 O 的定位要力求准确，同一次实验中橡皮条拉长后的结点位置 O 必须保持不变。

④弹簧秤在使用前应将其水平放置，然后检查、校正零点。将两弹簧秤互相钩着水平拉伸，选择两只读数完全一致的弹簧秤使用。

⑤施加拉力时要沿弹簧秤轴线方向，并且使拉力平行于方木板。

⑥使用弹簧秤测力时，拉力适当地大一些。

⑦画力的图示时应选择适当的标度，尽量使图画得大一些，要严格按力的图示要求和几何作图法作出平行四边形。

特别说明：

①. 实验采用了等效的方法：实验中，首先用两只弹簧秤通过细绳互成角度地拉一端固定的橡皮条，使细绳的结点延伸至某一位置 O，再用一只弹簧秤拉橡皮条，并使其结点位置相同，以保证两只弹簧秤的拉力的共同作用效果跟原来一只弹簧秤的拉力的效果相同，若按平行四边形定则求出的合力的大小和方向跟第二次一只弹簧秤的拉力的大小和方向完全相同，或者误差很小，这就验证了互成角度的共点力合成的平行四边形定则的正确性。

②在做到两共点力 F_1 、 F_2 与 F' 等效的前提下，准确做出 F_1 和 F_2 的图示，用平行四边形定则做出其合力 F 的图示，以及 F' 的图示是本实验成功的关键，为此，要求 F_1 、 F_2 的大小方向，须记录准确，做图示时要选择合适的标度，以使所做平行四边形尽量大，画平行四边形的平行线时，要用两只三角板或一只三角板和一把直尺，严格作图。

③. 实验误差的来源与分析

本实验误差的主要来源除弹簧测力计本身的误差外，还出现读数误差、作图误差。因此，读数时眼睛一定要正视，要按有效数字正确读数和记录，两力的对边一定要平行，两个分力 F_1 、 F_2 间夹角 θ 越大，用平行四边形作用得出的合力 F 的误差 ΔF 就越大，所以，实验中不要把 θ 取得太大。本实验允许的误差范围是：力的大小 $\Delta F \leq 5\%F$ ， F' 与 F 的夹角 $\theta \leq 7^\circ$ 。

◎ 例题评析

【例 10】 在做“验证力的平行四边形定则”实验时，橡皮条的一端固定在木板上，用两个弹簧秤把橡皮条的另一端拉到某一确定的 O 点。以下操作中错误的是 ()

- A. 同一次实验过程中，O 位置允许变动
- B. 实验中，弹簧秤必须保持与木板平行，读数时视线要正对弹簧秤刻度
- C. 实验中，先将其中一个弹簧秤沿某一方向拉到最大量程，然后只需调节另一弹簧秤的大小和方向，把橡皮条另一端拉到 O 点
- D. 实验中，把橡皮条的另一端拉到。点时，两个弹簧秤之间夹角应取 90° ，以便于算出合力大小

【分析与解答】 在同一次实验中两个力 F_1 和 F_2 的作用效果与一个力 F' 的作用效果相同，这个力 F' 才是 F_1 与 F_2 的合力，这个作用效果相同与否就是通过两次拉橡皮条时结点位置是否达到同一个位置来体现的，所以在同一次实验过程中，结点 O 的位置不允许变动，A 选项

是错误的；为使实验结果准确，实验时，弹簧秤必须保持与木板平行，读数时眼睛必须正视

弹簧秤的刻度，所以选项 B 是正确的；由力的平行四边形定则可知如果在实验中先将其中一个弹簧秤沿某一方向拉到最大量程，那么另一弹簧秤不论沿什么方向再加一个力拉结点，则第一个弹簧秤的拉力就超过它的量程，不能再继续实验了。所以必须同时用两个弹簧秤沿不同方向拉橡皮条的结点到某一位置 O 点，或者先将一个弹簧秤沿某一方向拉橡皮条，使它的示数指某一中间值，再用另一个弹簧秤拉结点，调节两者示数的大小和方向，才能把橡皮条的结点拉到某一位置。点，所以选项 C 也是错误的；选项 D 也是错误的，因为本实验的目的是用实验验证平行四边形定则，所以实验结果不能用平行四边形定则计算。

本题要求选错误的选项，应为 A、C、D。

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。

一、 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利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。

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。

③由牛顿第二定律定义的惯性质量 $m=F/a$ 和由万有引力定律定义的引力质量严格相等。

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

【分析与解答】 因为惯性的原因，火车在匀速运动中火车上的人与火车具有相同的水平速度，当人向上跳起后，仍然具有与火车相同的水平速度，人在腾空过程中，由于只受重力，水平方向速度不变，直到落地，选项 D 正确。

【说明】 乘坐气球悬在空中，随着地球的自转，免费周游列国的事情是永远不会发生的，惯性无所不在，只是有时你感觉不到它的存在。

【答案】 D

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 成正比，跟物体的质量 m 成反比。

2. 公式：

理解要点：

①因果性： $F_{\text{合}}$ 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 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， 是该时刻作用在该物体上的合外力。

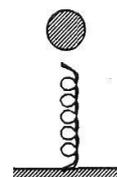
④牛顿第二定律适用于宏观，低速运动的情况。

◎ 例题评析

【例 2】 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？

【分析与解答】 因为速度变大或变小取决于加速度和速度方向的关系，当 a 与 v 同向时， v 增大；当 a 与 v 反向时， v 减小；而 a 由合外力决定，所以此题要分析 v , a 的大小变化，必须先分析小球的受力情况。

小球接触弹簧时受两个力的作用：向下的重力和向上的弹力。在接触的头一阶段，重力



大于弹力，小球合力向下，且不断变小(因为 $F_{合}=mg-kx$ ，而 x 增大)，因而加速度减小(因为 $a=F/m$)，由于 v 方向与 a 同向，因此速度继续变大。

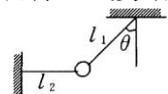
当弹力增大到大小等于重力时，合外力为零，加速度为零，速度达到最大。

之后，小球由于惯性继续向下运动，但弹力大于重力，合力向上，逐渐变大(因为 $F=kx-mg=ma$)，因而加速度向上且变大，因此速度逐渐减小至零。小球不会静止在最低点，以后将被弹簧上推向上运动。

综上所述得：小球向下压弹簧过程， F 方向先向下后向上，先变小后交大； a 方向先向下后向上，大小先变小后变大； v 方向向下，大小先变大后变小。

【注意】 在分析物体某一运动过程时，要养成一个科学分析习惯，即：这一过程可否划分为两个或两个以上的不同的小过程，中间是否存在转折点，如上题中弹力等于重力这一位置是一个转折点，以这个转折点分为两个阶段分析。

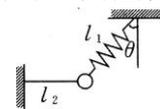
【例 3】 如图所示，一质量为 m 的物体系于长度分别为 L_1, L_2 的两根细线上， L_1 的一端悬挂在天花板上，与竖直方向夹角为 θ ， L_2 水平拉直，物体处于平衡状态，现将 L_2 线剪断，求剪断瞬时物体的加速度。



【分析与解答】

剪断线的瞬间， T_2 突然消失，物体即将作圆周运动，所以其加速度方向必和 L_1 垂直， L_1 中的弹力发生突变，弹力和重力的合力与 L_1 垂直；可求出瞬间加速度为 $a=g\sin\theta$ 。

(2) 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？



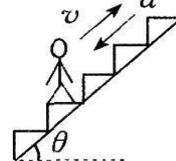
【说明】 (1) 牛顿第二定律是力的瞬时作用规律，加速度和力同时产生，同时变化，同时消失，分析物体在某一时刻的瞬时加速度，关键是分析瞬时的受力情况及其变化。

(2) 明确两种基本模型的特点。

A. 轻绳不需要形变恢复时间、在瞬时问题中，其弹力可以突变，成为零或者别的值。

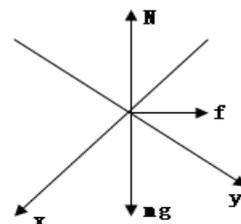
B. 轻弹簧(或橡皮绳)需要较长的形变恢复时间，在瞬时问题中，其弹力不能突变，大小方向均不变。

【例 4】 如图所示，质量为 m 的人站在自动扶梯上，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。



【分析与解答】 题中人对扶梯无相对运动，则人、梯系统的加速度(对地)为 a ，方向与水平方向的夹角为 θ 斜向下，梯的台面是水平的，所以梯对人的支持力 N 竖直向上，人受的重力 mg 竖直向下。由于仅靠 N 和 mg 不可能产生斜向下的加速度，于是可判定梯对人有水平方向的静摩擦力。

解法 1 以人为研究对象，受力分析如图所示。因摩擦力 f 为待求。且必沿水平方向，设水平向右。为不分解加速度 a ，建立图示坐标，并规定正方向。



$$X \text{ 方向 } mgsin\theta - Nsin\theta - fcos\theta = ma$$

$$Y \text{ 方向 } mgcos\theta + fsin\theta - Ncos\theta = 0$$

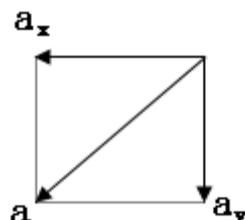
$$\text{解得: } N=m(g-asin\theta) \quad f=-macos\theta$$

为负值，说明摩擦力的实际方向与假设相反，为水平向左。

解法二：

将加速度 a 沿水平方向与竖直方向分解，如图 $a_x=acos\theta$ $a_y=asin\theta$

水平方向： $f=ma_x=macos\theta$



竖直方向： $mg - N = ma_y = m \sin \theta$

联立可解得结果。

[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

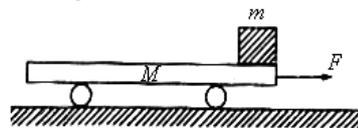
◎ 例题评析

【例 5】如图，质量 $M = 8\text{kg}$ 的小车停放在光滑水平面上，在小车右端施加一水平恒力 $F = 8\text{N}$ 。

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 $m = 2\text{kg}$ 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？

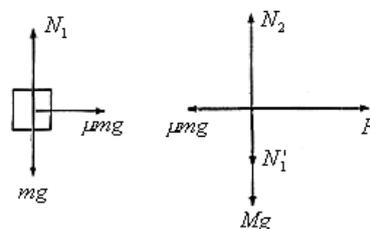
(2) 小物块从放在车上开始经过 $t = 1\text{s}$ 所通过的位



移是多少？(g 取 10m/s^2)

【分析与解答】：（1）依据题意，物块在小车上停止运动时，物块与小车保持相对静止，应具有共同的速度。设物块在小车上相对运动时间为 t ，物块、小车受力分析如图：

物块放上小车后做初速度为零加速度为 a 的匀加速直线运动，小车做加速度为 A 匀加速运动。



由牛顿运动定律：

物块放上小车后加速度：

小车加速度：

由 \dots 得：

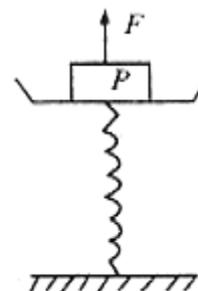
（2）物块在前 2s 内做加速度为 a 的匀加速运动，后 1s 同小车一起做加速度为 A 的匀加速运动。

以系统为研究对象：

根据牛顿运动定律，由 \dots 得：

物块位移

【例 6】 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 $m = 12\text{kg}$ 的静止物体 P，弹簧的劲度系数 $k = 800\text{N/m}$ 。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 $g = 10\text{m/s}^2$ ，求拉力 F 的最大值和最小值。



【分析与解答】： 根据题意，F 是变力的时间 $t = 0.2\text{s}$ ，这段时间内的位移就是弹簧最初的压缩量 S，由此可以确定上升的加速度 a，

$$KS = mg, S = \frac{mg}{K} = \frac{12 \times 100}{800} = 0.15(m)$$

$$\text{由 } S = \frac{1}{2}at^2 \text{ 得: } a = \frac{2S}{t^2} = \frac{2 \times 0.15}{0.2^2} = 7.5(m/s^2)$$

根据牛顿第二定律, 有:

$$F - mg + kx = ma$$

$$\text{得: } F = m(g + a) - kx$$

当 $x = S$ 时, F 最小

$$F_{\min} = m(g + a) - kS = m(g + a) - mg = ma = 12 \times 7.5 = 90(N)$$

当 $x = 0$ 时, F 最大

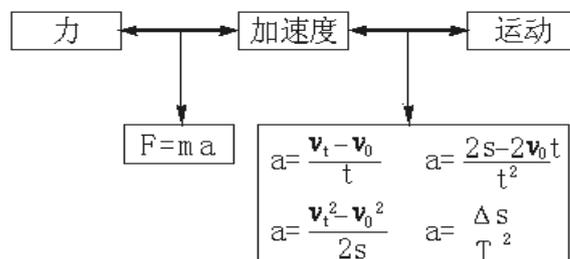
$$F_{\max} = m(g + a) - k \cdot 0 = m(g + a) = 12(10 + 7.5) = 210(N)$$

拉力的最小值为 90N, 最大值为 210N

专题四:动力学的两类基本问题

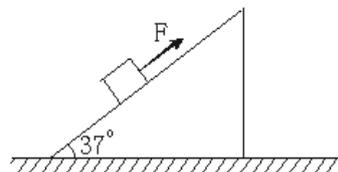
◎ 知识梳理

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 7】 如图所示,在倾角 $\theta=37^\circ$ 的足够长的固定的斜面上,有一质量 $m=1 \text{ kg}$ 的物体,物体与斜面间动摩擦因数 $\mu=0.2$,物体受到沿平行于斜面向上的轻细线的拉力 $F=9.6 \text{ N}$ 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 . ($\sin 37^\circ = 0.6$, g 取 10 m/s^2)

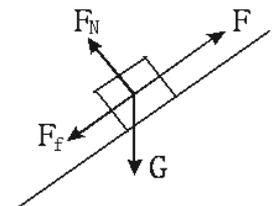


【分析与解答】: 本题为典型的已知物体受力求物体运动情况的动力学问题,物体运动过程较为复杂,应分阶段进行过程分析,并找出各过程的相关量,从而将各过程有机地串接在一起.

第一阶段:在最初 2 s 内,物体在 $F=9.6 \text{ N}$ 拉力作用下,从静止开始沿斜面做匀加速运动,据受力分析图 3-2-4 可知:

$$\text{沿斜面方向: } F - mg\sin\theta - F_f = ma_1$$

$$\text{沿垂直斜面方向: } F_N = mg\cos\theta \quad \text{且 } F_f = \mu F_N$$



$$\text{由①②③得: } a_1 = \frac{F - mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta}{m} = 2 \text{ m/s}^2$$

2 s 末绳断时瞬时速度 $v_1 = a_1 t_1 = 4 \text{ m/s}$.

第二阶段: 从撤去 F 到物体继续沿斜面向上运动到达速度为零的过程, 设加速度为 a_2 ,

$$\text{则 } a_2 = \frac{-(mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta)}{m} = -7.6 \text{ m/s}^2$$

设从断绳到物体到达最高点所需时间为 t_2

据运动学公式

$$v_2 = v_1 + a_2 t_2$$

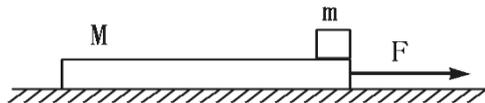
$$\text{所以 } t_2 = \frac{0 - v_1}{a_2} = 0.53 \text{ s}$$

第三阶段: 物体从最高点沿斜面下滑, 在第三阶段物体加速度为 a_3 , 所需时间为 t_3 . 由牛顿第二定律可知: $a_3 = g \sin \theta - \mu g \cos \theta = 4.4 \text{ m/s}^2$, 速度达到 $v_3 = 22 \text{ m/s}$, 所需时间 $t_3 = \frac{v_3 - 0}{a_3} = 5$

s

综上所述: 从绳断到速度为 22 m/s 所经历的总时间 $t = t_2 + t_3 = 0.53 \text{ s} + 5 \text{ s} = 5.53 \text{ s}$.

【例 8】如图 所示, 光滑水平面上静止放着长 $L=1.6 \text{ m}$ 、质量为 $M=3 \text{ kg}$ 的木板. 一个质量为 $m=1 \text{ kg}$ 的小物体放在木板的最右端, m 与 M 之间的动摩擦因数 $\mu=0.1$, 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 $F=10 \text{ N}$, 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)

【分析与解答】: (1) 力 F 拉木板运动过程:

$$\text{对木块: } \mu mg = ma \quad a = \mu g \quad a = 1 \text{ m/s}^2$$

$$\text{对木板: } F - \mu mg = Ma_1 \quad a_1 = \frac{F - \mu mg}{M}$$

只要 $a_1 > a$ 就能抽出木板, 即 $F > \mu (M+m) g$ 所以 $F > 4 \text{ N}$.

(2) 当 $F=10 \text{ N}$, 设拉力作用的最少时间为 t_1 , 加速度为 a_1 , 撤去拉力后木板运动时间为 t_2 , 加速度为 a_2 , 那么:

$$a_1 = \frac{F - \mu mg}{M} = 3 \text{ m/s}^2 \quad a_2 = \frac{\mu mg}{M} = \frac{1}{3} \text{ m/s}^2$$

木板从木块下穿出时:

$$\text{木块的速度: } v = a (t_1 + t_2)$$

$$\text{木块的位移: } s = \frac{1}{2} a (t_1 + t_2)^2$$

$$\text{木板的速度: } v_{\text{木板}} = a_1 t_1 - a_2 t_2$$

$$\text{木板的位移: } s_{\text{木板}} = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 + a_1 t_1 t_2 - \frac{1}{2} a_2 t_2^2$$

木板刚好从木块下穿出应满足:

$$v_{\text{木板}} = v \quad s_{\text{木板}} - s = L$$

可解得： $t_1=0.8\text{ s}$

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

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。

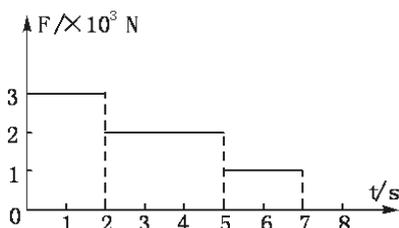
◎ 例题评析

【例 9】弹簧下端挂一个质量 $m=1\text{kg}$ 的物体，弹簧拉着物体在下列各种情况下，弹簧的示数： $(g=10\text{m/s}^2)$

- (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_____。

【分析与解答】(1) 10N (2) 15N (3) 5N (4) 5N (5) 15N

【例 10】电梯地板上有一个质量为 200 kg 的物体，它对地板的压力随时间变化的图象如图所示. 则电梯从静止开始向上运动，在 7 s 内上升的高度为多少？



【分析与解答】：以物体为研究对象，在运动过程中只可能受到两个力的作用：重力 $mg=2000\text{ N}$ ，地板支持力 F 。在 $0\sim 2\text{ s}$ 内， $F>mg$ ，电梯加速上升， $2\sim 5\text{ s}$ 内， $F=mg$ ，电梯匀速上升， $5\sim 7\text{ s}$ 内， $F<mg$ ，电梯减速上升。

若以向上的方向为正方向，由上面的分析可知，在 $0\sim 2\text{ s}$ 内电梯的加速度和上升高度分别为

$$a_1 = \frac{F_1 - mg}{m} = \frac{3000 - 2000}{200} \text{ m/s}^2 = 5 \text{ m/s}^2$$

电梯在 $t=2\text{ s}$ 时的速度为

$$v = a_1 t_1 = 5 \times 2 \text{ m/s} = 10 \text{ m/s},$$

因此，在 $2\sim 5\text{ s}$ 内电梯匀速上升的高度为

$$h_2 = vt_2 = 10 \times 3 \text{ m} = 30 \text{ m}.$$

电梯在 $5\sim 7\text{ s}$ 内的加速度为

$$a_2 = \frac{F_3 - mg}{m} = \frac{1000 - 2000}{200} \text{ m/s}^2 = -5 \text{ m/s}^2$$

即电梯匀减速上升，在 $5\sim 7\text{ s}$ 内上升的高度为

$$h_3 = vt_3 + \frac{1}{2} a_2 t_3^2$$

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

所以，电梯在 7 s 内上升的总高度为

$$h = h_1 + h_2 + h_3 = (10 + 30 + 10) \text{ m} = 50 \text{ m}.$$