

# 高一物理基本模型

Zircon

# Contents

<b>1 静止开始的匀加速直线运动的”比”</b>	<b>2</b>
1.1 核心: $v-t$ 图像	2
1.2 三组比例	2
<b>2 力的合成 (特殊三角形)</b>	<b>4</b>
2.1 三种特殊夹角	4
<b>3 传送带</b>	<b>5</b>
3.1 水平传送带	5
3.2 倾斜传送带 (传送带足够长)	5
3.3 物块冲入传送带 (取向左为正)	6
3.4 绳连物块、传送带提速	7
<b>4 斜面上物体的平衡问题</b>	<b>8</b>
4.1 临界条件	8
4.2 引申: 沿斜面加外力	8
4.3 冲上斜面	9
<b>5 冲上冲回的速度比; 斜面加斜向力</b>	<b>10</b>
5.1 冲上、冲回的速度比	10
5.2 相似问题 (引申): 多次往返	10
5.3 斜面加斜向力	11

# Chapter 1

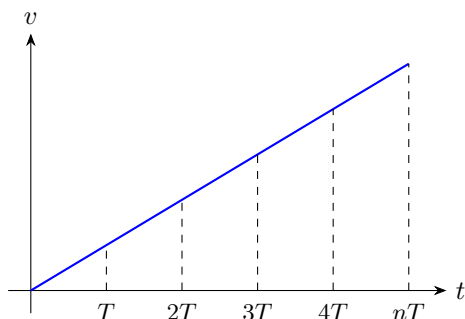
## 静止开始的匀加速直线运动的”比”

物体从静止出发、做匀加速直线运动，这是高一动力学最基本的模型。它的核心就是一张  $v-t$  图像：一条从原点出发的斜直线，斜率是加速度  $a$ ，图线下的面积就是位移。所有”比例”都能从这张图直接读出来，不必死记。

### 1.1 核心： $v-t$ 图像

设物体从静止出发、加速度恒为  $a$ 。任意时刻速度  $v = at$ ，到  $t$  时刻的位移就是图线下三角形的面积

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



把时间轴按相等的间隔  $T$  分段 ( $T, 2T, 3T, \dots, nT$ )，就有三组常用的比例。

### 1.2 三组比例

#### 三组比例（从静止出发的匀加速）

把时间按  $T$  等分，记：

- $v_k$ ：第  $k$  个时刻末（即  $t = kT$ ）的瞬时速度；
- $s_k$ ：从出发到  $t = kT$  的累计位移；
- $s_{(k-1)k}$ ：第  $k$  段时间（即第  $k$  个  $T$ ）内的位移。

$$v_1 : v_2 : v_3 : \cdots : v_n = \underline{\hspace{4cm}}$$

$$s_1 : s_2 : s_3 : \cdots : s_n = \underline{\hspace{4cm}}$$

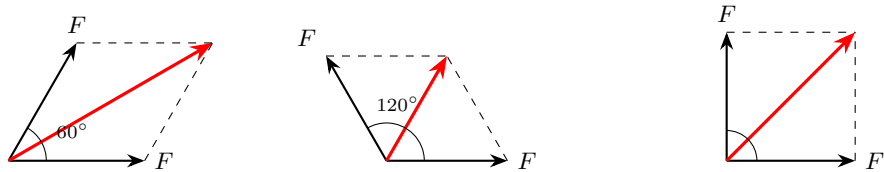
$$s_{12} : s_{23} : s_{34} : \cdots : s_{(n-1)n} = \underline{\hspace{4cm}}$$

## Chapter 2

# 力的合成（特殊三角形）

两个等大的力  $F_1 = F_2 = F$  合成时，遇到几个特殊夹角会得到很整齐的合力。下面把三种特殊夹角（ $60^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $120^\circ$ ）的受力图画出来，合力用平行四边形的对角线表示，请按平行四边形法则求出各自的合力大小。

### 2.1 三种特殊夹角



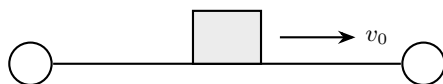
## Chapter 3

# 传送带

传送带问题的关键只有两点：摩擦力的方向由物块相对传送带的运动方向决定（与之相反），而不是相对地面；以及物块和传送带共速的那一刻要做检验——共速之后摩擦力是否还能维持共速、会不会改向。下面分水平、倾斜两类，逐一画  $v-t$  图像。

### 3.1 水平传送带

把物块由静止放到一条向右匀速（速度  $v_0$ ）的传送带上。



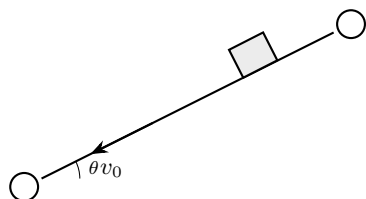
物块初速为零、传送带向右，物块相对传送带向左，所以摩擦力向右，物块以  $a = \mu g$  加速。

注（注意）。

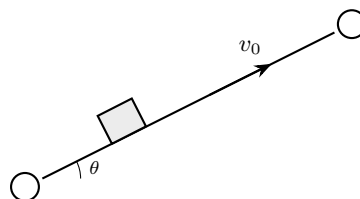
**共速检验。**物块加速到  $v_0$  时与传送带共速。此后水平方向没有别的力，要维持共速只需静摩擦为零——能做到，于是物块与传送带一起匀速向右。 $v-t$  图像就是先一段斜直线（斜率  $\mu g$ ），到  $v_0$  后转成水平线。

### 3.2 倾斜传送带（传送带足够长）

倾斜时多了重力沿斜面的分量，要和摩擦力一起算，但摩擦力方向的判据不变——还是看物块相对传送带往哪动。下面是两种典型情形，运动都分成两个阶段：



情形一：带向下、物块放在上端



情形二：带向上、物块放在下端

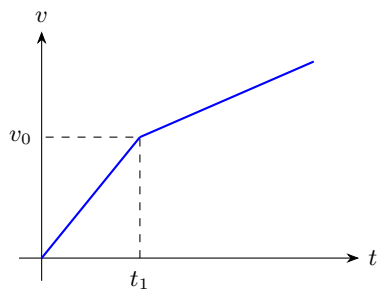
## 两个阶段

**第一阶段：**物块相对传送带滑动，摩擦力沿传送带运动方向（即把物块往带的方向拖），先把物块加速到与传送带共速。

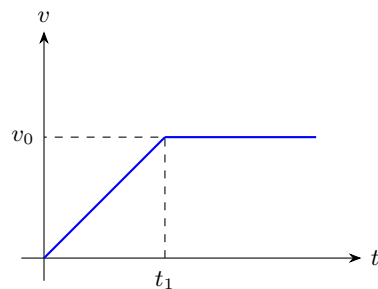
**第二阶段（共速检验）：**共速后看  $\mu$  与  $\tan \theta$  的关系——

- 若  $\mu \geq \tan \theta$ ，静摩擦足以抵住重力分量，物块与传送带一起匀速；
- 若  $\mu < \tan \theta$ ，静摩擦撑不住，物块继续相对带下滑，摩擦力改向沿斜面向上，物块以  $a = g(\sin \theta - \mu \cos \theta)$  继续加速。

两种情形的运动都分两段，下面分别画出  $v-t$  图像（情形一取  $\mu < \tan \theta$ 、共速后继续下滑，情形二取  $\mu \geq \tan \theta$ 、共速后随带匀速）。



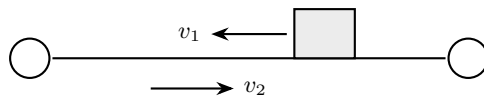
情形一：带向下、物块放上端



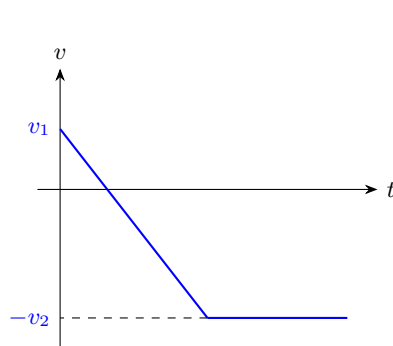
情形二：带向上、物块放下端

## 3.3 物块冲入传送带（取向左为正）

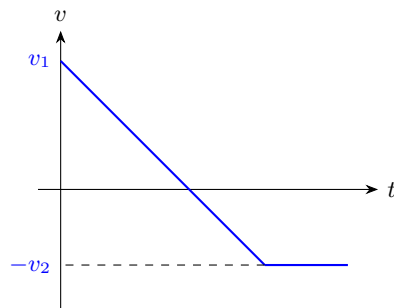
水平传送带向右以  $v_2$  运动，物块以  $v_1$  从右端向左冲入，与带的动摩擦因数为  $\mu$ 。规定向左为正。



物块向左（正向）、传送带向右（负向），物块相对传送带向正向，摩擦力沿负向（向右），物块向左做减速。减速到零后被摩擦力反向加速（向右、即负向），直到与传送带共速  $-v_2$ ，之后一起向右匀速。 $v-t$  图像都是一条斜率为  $-\mu g$  的斜线，过零后继续下降到  $-v_2$ 、再转为水平；按初速  $v_1$  与  $v_2$  的大小关系，分两种情况各画一张：



(i)  $v_1 \leq v_2$



(ii)  $v_1 > v_2$

### 3.4 绳连物块、传送带提速

例.

传送带上的物块用绳连在左侧的墙上，绳的张力已达最大值（即物块已处于将滑未滑的临界，绳拉力与动摩擦力平衡）。现增大传送带的速度，求 1s 后物块的速度大小。

解.

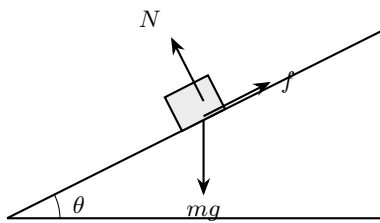
增大传送带速度之前，绳的张力  $T$  与物块所受摩擦力平衡，物块静止。增大传送带速度后，物块相对传送带的运动方向**没有改变**（物块仍相对带向后），所以摩擦力方向、大小都不变，仍是滑动摩擦力  $\mu mg$ ；绳的张力仍与之平衡。物块所受合力为零，依旧静止。

所以 1s 后物块速度仍为 0。常见的错误是以为“带变快物块就跟着变快”——但有绳拴着，物块不可能被带走。

## Chapter 4

# 斜面上物体的平衡问题

斜面上一个物块静止时，沿斜面方向是重力分量  $mg \sin \theta$  想把它往下拉、静摩擦力  $f$  顶住它。物块不下滑，靠的就是摩擦力。把临界情形写出来，会牵出一串看似不同、其实是同一件事的现象。



### 4.1 临界条件

#### 不下滑的临界条件

沿斜面：重力分量  $mg \sin \theta$ ，最大静摩擦力  $f_{\max} = \mu N = \mu mg \cos \theta$ 。物块不下滑要求

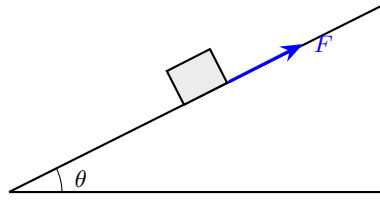
$$mg \sin \theta \leq \mu mg \cos \theta \iff \mu \geq \tan \theta.$$

这一个不等式  $\mu \geq \tan \theta$  同时引出下面两件事：

- ⇒ 自锁现象；
- ⇒ 沙堆的倾角。

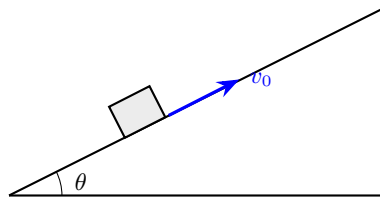
### 4.2 引申：沿斜面加外力

若  $\mu < \tan \theta$ ，物块自己会下滑，要让它停住（或匀速上推），就得沿斜面加一个力  $F$ 。



### 4.3 冲上斜面

让物块以初速度  $v_0$  沿斜面向上冲。



注意  $\mu$  与  $\tan\theta$  的关系。

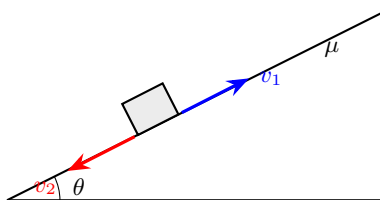
## Chapter 5

# 冲上冲回的速度比；斜面加斜向力

接上一章：物块冲上斜面、再滑回原处，回来时的速度总比冲上去时小，差的那一截被摩擦力耗掉了。把上行、下行两段用动能定理写出来一除，就得到一个干净的速度比。最后看一类容易错的题——斜面上加一个斜向的外力，此时  $N \neq mg \cos \theta$ 。

### 5.1 冲上、冲回的速度比

物块以  $v_1$  沿斜面冲上，到顶后滑回原处时速度为  $v_2$ （要能滑回，须  $\mu < \tan \theta$ ）。设上行、下行的距离都是  $L$ 。



上行用动摩擦力向下、下行用动摩擦力向上，对两段分别写动能定理：

$$\text{冲上: } 0 - \frac{1}{2}mv_1^2 = -mg \sin \theta \cdot L - \mu mg \cos \theta \cdot L,$$

$$\text{冲回: } \frac{1}{2}mv_2^2 - 0 = mg \sin \theta \cdot L - \mu mg \cos \theta \cdot L.$$

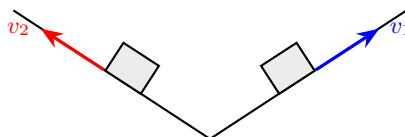
两式相除 ( $L$ 、 $\frac{1}{2}m$  都约掉)：

$$\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2 = \frac{\sin \theta + \mu \cos \theta}{\sin \theta - \mu \cos \theta}.$$

分母小于分子，所以  $v_1 > v_2$ ——滑回来一定比冲上去慢。

### 5.2 相似问题（引申）：多次往返

如果物块在两个斜面（或斜面与某种反弹）之间一次次往返，每一个“上去再下来”的循环几何完全一样。



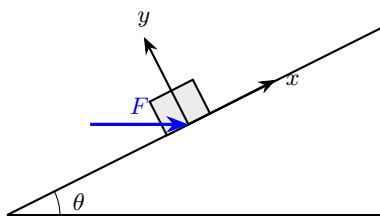
相邻两次的速度比是同一个常数:

$$\left(\frac{v_{n-1}}{v_n}\right)^2 = \frac{\sin \theta + \mu \cos \theta}{\sin \theta - \mu \cos \theta}.$$

也就是说, 每往返一次速度按固定比例衰减, 是个等比数列。

### 5.3 斜面加斜向力

物块在倾角  $\theta$  的斜面上, 受一个水平方向的外力  $F$  (把它压向斜面)。取  $x$  轴沿斜面向上、 $y$  轴沿斜面法向, 把  $F$  和  $mg$  都分解到这两个方向。



#### 受力分析

法向 ( $y$ ) 平衡: 水平力  $F$  把物块压向斜面, 法向分量是  $F \sin \theta$ , 与重力法向分量同侧, 所以

$$y: \quad N = mg \cos \theta + F \sin \theta.$$

沿斜面 ( $x$ ) 由牛顿第二定律:

$$x: \quad ma = F \cos \theta - \mu N.$$

注 (注意) .

此时  $N \neq mg \cos \theta$ ! 只要斜面上有不沿斜面的外力 (水平力、竖直力等), 它的法向分量就会改变支持力  $N$ , 进而改变摩擦力  $\mu N$ 。一定先用  $y$  方向解出  $N$ , 再代回  $x$  方向, 别一上来就写  $N = mg \cos \theta$ 。