高中物理必修第一册全册知识点汇总

第一章　运动的描述.....1
1.质点　参考系.....1
2.时间　位移.....5
3.位置变化快慢的描述——速度.....15
4.速度变化快慢的描述——加速度.....26
第二章　匀变速直线运动的研究.....33
1.实验：探究小车速度随时间变化的规律.....33
2.匀变速直线运动的速度与时间的关系.....37
3.匀变速直线运动的位移与时间的关系.....43
4.自由落体运动.....48
第三章　相互作用——力.....55
1.重力与弹力.....55
实验：探究弹力和弹簧伸长的关系.....65
2.摩擦力.....69
3.牛顿第三定律.....75
4.力的合成和分解.....82
5.共点力的平衡.....90
实验：探究两个互成角度的力的合成规律.....95
第四章　运动和力的关系.....100
1.牛顿第一定律.....100
2.实验：探究加速度与力、质量的关系.....104
3.牛顿第二定律.....109
4.力学单位制.....114
5.牛顿运动定律的应用.....118
6.超重和失重.....123

第一章　运动的描述

1.质点　参考系

知识点 1　物体和质点

1．忽略物体的大小和形状，将物体简化为一个具有__质量__的点，这个点叫作质点。

2．将物体看成质点的条件

(1)在研究物体的运动时，当物体的__大小__和__形状__对所研究问题的影响可忽略不计时，物体可看成质点。

(2)物体上各点的运动情况__完全相同__时，整个物体的运动可简化为一个点的运动，该物体可看成质点。

3．质点是一种__理想化__模型，实际并不存在。

知识点 2　参考系

1．**定义**：在描述物体的运动时，用来作为__参考__的物体叫作参考系。

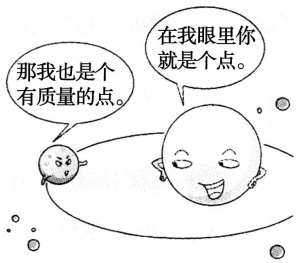
2．**选取原则**：参考系可以__任意__选择，一般以地面为参考系。但在具体问题中，要考虑研究问题的方便性。

3．**参考系对观察结果的影响**：选择不同的参考系观察同一个物体的运动，观察结果会有所__不同__。

考点　　理想化模型与质点

情境导入

研究地球自转时，能否将地球看作质点，为什么？研究地球公转时，能否将地球看作质点，为什么？



提示：研究地球的自转时，需要考虑地球各部分运动情况的差异，不能看作质点。研究地球绕太阳公转时，关注的是地球整体的运动，可以将地球看作质点。

要点提炼

1．**理想化模型**

(1)“理想化模型”是为了使研究的问题得以简化或研究问题方便而进行的一种科学的抽象，实际并不存在。

(2)“理想化模型”是以研究目的为出发点，突出问题的主要因素，忽略次要因素而建立的“物理模型”。

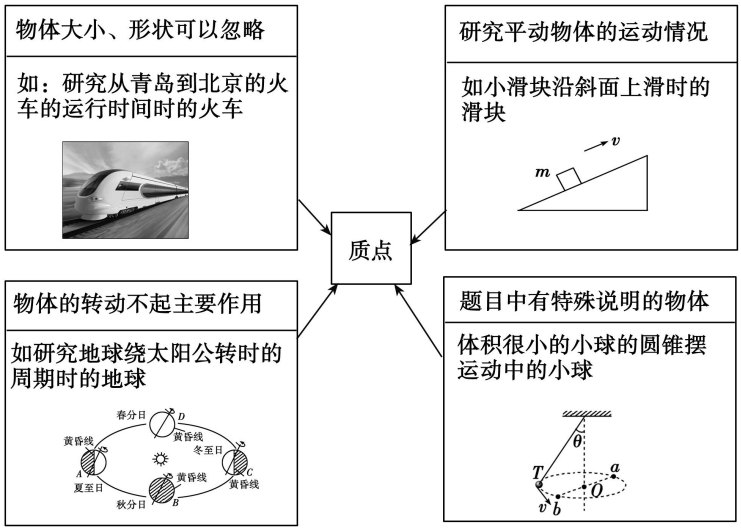
(3)“理想化模型”是在一定程度和范围内对客观存在的复杂事物的一种近似反映，是物理学中经常采用的一种研究方法。

2．**对质点的理解**

(1)质点是用来代替物体的有质量的点，其突出的特点是“具有质量”，但是质点没有大小、体积、形状，它与几何中的“点”有本质区别。

(2)质点是一种“理想化模型”　。

3．实际物体可看成质点的常见情况



特别提醒

物体能否被视为质点，不是取决于物体的大小，而是看物体的形状和大小对研究问题的结果的影响是否可忽略。同一物体在不同的问题情景中有的可视为质点，有的则不能视为质点。

典例剖析

典题 1　如图所示，下列几种情况下的物体，哪些可将物体当作质点来处理（　C　）


甲　乙　丙　丁

A．甲：研究正在吊起货物的起重机的运动时

B．乙：研究正在旋转的硬币的运动时

C．丙：研究太空中宇宙飞船的位置时

D．丁：研究转动的门的运动时

思路引导：研究对象和研究问题 → 形状和大小对问题有无影响 → 确定能否看成质点

解析：A、B、D 选项中的研究对象的大小、形状忽略后，起重机、硬币、门的运动将无法研究，故 A、B、D 选项中的研究对象不能被当作质点；C 选项中宇宙飞船的大小、形状忽略后，对于确定宇宙飞船的位置无影响，故 C 项中

的宇宙飞船可以被当作质点。

思维升华：(1)质点要突出“具有质量”和“占有位置”的特点，但质点没有大小和形状，它的质量就是它所代替的物体的质量。

(2)质点没有大小和形状，因而质点是不可能转动的，任何转动的物体在研究其自转时都不可简化为质点。

考点　　参考系

情境导入

观察下面的漫画，图中司机说乘车人“你没动”，而路上的小女孩说他运动得“真快”。关于司机和小女孩对乘车人运动状态的描述中，司机和小女孩得到了不同的结论，但仔细一想他们都是对的。试分析小女孩和司机各自说话的根据。



提示：对于路旁的小女孩，她们观察乘客是以地面为参考系；而坐在车内的司机观察乘客是以车为参考系，故得到了不同的结论。

要点提炼

1．**选择参考系的意义：**要描述一个物体的运动，必须首先选好参考系。只有选定参考系后，才能研究物体做怎样的运动。

2．**选择参考系的原则：**(1)选取参考系一般应根据研究对象和研究对象所在的系统来决定。

(2)参考系的选取可以是任意的。在实际问题中，参考系的选取应以观测方便和使运动的描述尽可能简单为基本原则。

(3)在比较不同物体的运动时，应选择同一参考系。

3．**参考系的四个特性：**

相对性	用来做参考系的物体都是假定不动的，被研究的物体是运动的还是静止的，都是相对于参考系而言的。
任意性	参考系的选择具有任意性，但应以观测方便和使运动的描述尽可能简单为原则。
同一性	比较不同物体的运动时，应该选择同一参考系。
差异性	同一运动选择不同的参考系，观察结果可能不同。

特别提醒

(1)分析具体的问题时，选择合适的物体作为参考系，可使问题变得简单。

(2)解题过程中，如果选地面作为参考系可以不指明，但选其他物体作为参考系时必须指明。

典例剖析

典题 2　观察图中屋顶的炊烟和小红头发的飘动方向，可知风与小红的运动情况，其中正确的是(　B　)



A．风是向左吹的，小红向左运动的速度比风的小

B．风是向左吹的，小红向左运动的速度比风的大

C．风是向右吹的，小红是向左运动的

D．风是向左吹的，小红是向右运动的

思路引导：选地面为参考系 → 确定风向 → 观察小红头发的飘动方向 → 判定小红的运动情况

解析：选地面为参考系，由屋顶的炊烟方向可知风向左吹。因为小红的头发向右飘，所以小红一定向左运动且速度比风速大，故选项 B 正确。

思维升华：对于观察到运动现象，判断观察者观察时所选取的参考系，有两种方法：

(1)静物法：明确观察到的现象中，什么物体是运动的，什么物体是静止的，静止的物体可能就是参考系。

(2)假设法：假设以某物体为参考系，看对所研究物体运动的描述是否与观察到的结果一致。若一致，该物体可能就是参考系。

2.时间　位移

知识点 1　时刻和时间间隔

1．**时刻**：表示某一__瞬间__，在表示时间的数轴上用__点__表示。

2．**时间间隔**：表示两个__时刻__之间的间隔，在表示时间的数轴上用__线段__表示。

知识点 2　位置和位移

1．**坐标系的作用**：为了__定量__地描述物体的位置，需要在参考系上建立适当的坐标系。

2．**一维坐标系**：物体做直线运动时，通常选取这条直线为 x 轴，在 x 轴上任选一点为原点，规定好坐标轴的__正方向__和__单位长度__，物体的位置就可以用它的位置坐标来描述。

3．**路程**：物体__运动轨迹__的长度。

4．**位移**

(1)定义：由__初位置__指向__末位置__的有向线段，用来描述物体的位置变化，用符号 l 表示。

(2)大小和方向：有向线段的__长度__等于位移的大小，方向由初位置指向末位置。

5．**矢量和标量**

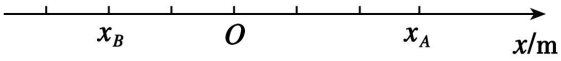
(1)矢量：既有大小又有__方向__的物理量，如位移。

(2)标量：只有大小没有__方向__的物理量，如温度、路程等。

知识点 3　直线运动的位移

1．**直线运动的位置与位移的关系**

如图所示，一个物体沿直线从 A 运动到 B，如果 A，B 两位置坐标分别为 x_A 和 x_B，那么，质点的位移$\Delta x=$__x_B-x_A__，即位置坐标的变化量表示位移。



2．**直线运动中位移的方向**

在直线运动中，位移的方向可以用正、负号表示，正号表示__位移与规定正方向相同__，负号表示__位移与规定的正方向相反__。

知识点 4　位移—时间图像

1．物体在每一时刻的__位置__或每一时间间隔的__位移__可以用图像直观地表示。

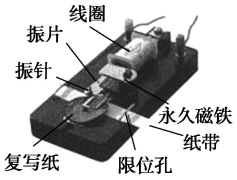
2．在直角坐标系中将物体运动的__初始位置__选作坐标原点，选时刻 t 为__横轴__，选位置 x 为__纵轴__，就建立了位移—时间图像，又称 $x-t$ 图像。

3．从 $x-t$ 图像可以直观地看出物体在不同时间内的__位移__。

知识点 5　位移和时间的测量

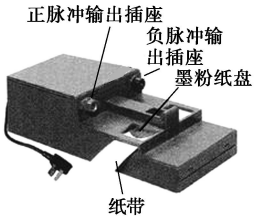
1．生活中可以用__频闪照相__的方法同时记录物体运动的时刻和位置。

2．**两种打点计时器(如图)**



电磁打点计时器

图 1



电火花打点计时器

图 2

(1)电磁打点计时器

使用__交变__电源的__计时__仪器；工作电压为__4～6__V，当电源频率是 50 Hz 时，每隔__0.02 s__打一次点。

(2)电火花打点计时器

使用 220 V 交变电源，打点周期__0.02 s__。

3．**时间的测量**

刻度尺从能够看清的某个点(起始点)开始，往后数出若干个点，例如数出 n 个点，则纸带从起始点到第 n 个点的运动时间 $t=$__$(n-1)\times 0.02$__s。

4．**位移的测量**

用__刻度尺__测量纸带上两个点之间的距离，即为相应时间间隔内物体的位移大小。

考点　　时刻和时间间隔

情境导入

(1)火车站服务处出售的 2019 年《旅客列车时刻表》为什么不叫做《旅客列车时间表》？

(2)火车站广播道：“从北京驶往广州的×××次列车将于 11 点 20 分到达本站 1 号站台，停车 12 分钟，请旅客们做好登车准备。”这里的 12 分钟是指时间还是时刻？火车正点驶离本站的时刻是多少？

(3)张强同学手里拿着汽车票，上面写道：发车时间：14 点 30 分。这里的“时间”指的是时间还是时刻？

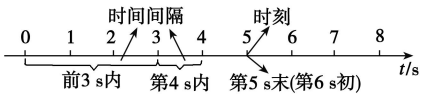
提示：所有计时运动的成绩都是时间。生活中所说的登机时间、登车时间、登船时间等的“时间”都是指时刻。

(1)《旅客列车时刻表》列出的都是火车发车和到站的时刻。

(2)12 分钟是指停车的时间，正点驶离本站的时刻是 11 点 32 分。

(3)这里的“时间”实际是指发车的时刻。

要点提炼

	时刻	时间间隔
概念	表示某一瞬间。	两个时刻之间的间隔。
物理意义	是事物运动、发展、变化所经历的各个状态先后顺序的标志，是状态量。	是事物运动、发展、变化所经历的过程长短的量度，是过程量。
表示方法	用时间轴上的点表示。	用时间轴上的一段线段表示。
		
描述关键词	“初”“末”“时”，如“第 1 s 末”，“第 2 s 初”，“3 s 时”	“内”，如“第 2 s 内”，“前 3 s 内”
联系	两个时刻之间为一段时间间隔，时间间隔能表示运动的一个过程，好比一段录像；时刻可以显示运动的一瞬间，好比一张照片	

特别提醒

生活中有时使用的物理概念不是十分严谨的，所以判断生活中的物理概念要注意结合具体的生活情景。

典例剖析

典题 1　关于时刻和时间间隔，下列说法正确的是(　D　)

A．老师说：“明天早上 8 点钟上课，上课 45 分钟。”其中“8 点钟上课”指的是时间，“上课 45 分钟”指的是时刻

B．小王迟到了，老师对他说：“为什么你现在才来？你早该到校了。”其中“你早该到校了”指的是到校的时间间隔

C．小王说：“我早已从家里出来了，因为今天公共汽车晚点了。”其中“早已从家里出来了”指的是时间间隔

D．老师说：“希望你下次一定要在 7 点 50 分以前到校。”其中“7 点 50 分以前”指的是时间间隔

思路引导：分析所给数据 → 与时间轴上“点”对应还是与“线段”对应 → 是时刻还是时间间隔

解析：关于时刻和时间间隔，一定要抓住最主要的问题。时刻对应时间轴上的一个点；而时间间隔则对应时间轴上的一段，即一段时间。在 A 选项中“8 点钟上课”对应时间轴上的一个点，即上课开始的时刻，而“上课 45 分钟”指的是上课所经历的时间，它对应时间轴上的一段，即时间间隔，因此 A 错误；在 B 选项中“你早该到校了”指的是小王应该到校的时刻，对应时间轴上的点，因此 B 错误；在 C 选项中“早已从家里出来了”指的是从家里出来的时刻，对应时间轴上的一个点，因此 C 错误；在 D 选项中“7 点 50 分以前”对应时间轴上的一段，即时间间隔，因此 D 正确。

思维升华： 时间和时刻的两种判断方法

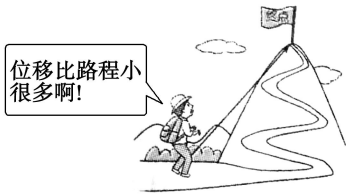
(1)根据上下文判断：分析所给的说法，根据题意去体会和判断，时刻对应的是某一事件或运动的状态，时间对应的是事件或运动的发生过程。

(2)利用时间轴判断。画出时间轴，把所给的时刻和时间表示出来，对应一个点的是时刻，对应一段线段的是时间。

考点　位移和路程

情境导入

位移的大小一定小于路程吗？



提示：不一定。物体做单向直线运动时位移的大小等于路程。

要点提炼

1．位移和路程的区别与联系

		路程	位移
区别	意义	表示运动轨迹的长度	表示位置变化的大小和方向
	大小	轨迹的长度	从初位置到末位置的有向线段的长度
	方向	无方向	从初位置指向末位置
	图示(物体沿曲线由	曲线AB的长度	由A到B的有向线段

	A 运动到 B)		
联系		(1)两者单位相同，都是米(m) (2)位移的大小小于等于路程，在单向直线运动中，位移的大小等于路程。	

2．矢量和标量的区别

(1)矢量是有方向的，标量没有方向。

(2)标量的运算法则为算术运算法则，即初中所学的加、减、乘、除等运算方法；矢量的运算法则为以后要学到的平行四边形定则。

(3)矢量大小的比较要看其数值的绝对值大小，绝对值大的矢量大，“＋”“－”号只代表方向。

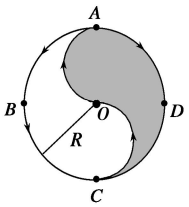
特别提醒

(1)如果某段时间内某物体通过的路程为零，则这段时间内物体一定静止，位移也一定为零。

(2)如果某段时间内物体的位移为零，则这段时间内物体不一定静止，可能是运动又回到了出发点，路程也不一定为零。

典例剖析

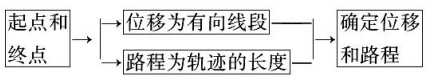
典题 2　一个人晨练，按如图所示走半径为 R 的中国古代的太极图，中央的 S 部分是两个直径为 R 的半圆，BD、CA 分别为西东、南北指向。他从 A 点出发沿曲线 $ABCOADC$ 行进，求：



(1)他从 A 点第一次走到 O 点时的位移大小和方向。

(2)他从 A 点第一次走到 D 点时的位移和路程。

思路引导：



解析：(1)他从 A 点第一次走到 O 点时的位移大小等于直线 AO 的距离，即 $x_1=R$，位移的方向为由北指向南。

(2)他从 A 点第一次走到 D 点时的位移大小等于直线 AD 的距离，即 $x_2=\sqrt{2}R$，位移的方向为东偏南 45°角。

从 A 点第一次走到 D 点时的路程等于整个运动轨迹的长度，即 $s=\frac{3}{4}\times 2\pi R+2\pi\times\frac{R}{2}=2.5\pi R$。

答案：(1)R　方向由北指向南　(2)$\sqrt{2}R$　方向为东偏南 45°角　$2.5\pi R$

思维升华：在求位移时(矢量)，既要计算其大小，还要指明其方向，注意与求解路程(标量)的区别。

考点　　直线运动的位置和位移

情境导入

港珠澳大桥通车后，中央广播电视总台巴士成为第一辆驶上港珠澳大桥的大巴，它在某一段时间内沿直线行驶在港珠澳大桥上，如何表示它的位置及位移？



提示：沿运动方向建立直线坐标系，用坐标表示巴士的位置，坐标的变化与巴士通过的位移对应。

要点提炼

研究直线运动时在物体运动的直线上建立直线坐标系。

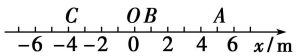
(1)质点的位置用坐标值表示，位移用坐标的变化量表示。

(2)位移$\Delta x=x_2-x_1$，其绝对值表示位移的大小。

(3)Δx 的正、负表示位移的方向，正值表示与规定的正方向相同，负值表示与规定的正方向相反。

典例剖析

典题 3　(多选)物体做直线运动时可以用坐标轴上的坐标表示物体的位置，用坐标的变化量Δx 表示物体的位移。如图所示，一个物体从 A 运动到 C，它的位移$\Delta x_1=-4\ \text{m}-5\ \text{m}=-9\ \text{m}$；从 C 运动到 B，它的位移为$\Delta x_2=1\ \text{m}-(-4\ \text{m})=5\ \text{m}$。下列说法中正确的是(　BD　)



A．从 C 到 B 的位移大于从 A 到 C 的位移，因为正数大于负数

B．从 A 到 C 的位移大于从 C 到 B 的位移，因为符号表示位移的方向，不表

示大小

C．因为位移是矢量，所以这两个矢量的大小无法比较

D．物体由 A 到 B 的位移$\Delta x=\Delta x_1+\Delta x_2$

思路引导：明确位移是矢量，其“＋”“－”只表示方向。

解析：位移是矢量，“＋”“－”表示位移的方向，而不表示位移的大小，从 A 到 C 的位移大于从 C 到 B 的位移，选项 AC 错误，选项 B 正确；从 A 到 B 的位移$\Delta x=1\ \text{m}-5\ \text{m}=-4\ \text{m}$，即$\Delta x=\Delta x_1+\Delta x_2$，故选项 D 正确。

思维升华：直线运动的位置和位移规律

直线运动的位置和位移
- 位置用坐标 x 表示
  - x 为正时，位置在正半轴
  - x 为负时，位置在负半轴
- 位移$\Delta x=x_2-x_1$
  - Δx 为正时，位移沿正方向
  - Δx 为负时，位移沿负方向

考点　　位移—时间图像

情境导入

“在 $x-t$ 图像中，图线是直线时物体做直线运动，图线是曲线时物体做曲线运动”，这种说法对吗？为什么？

提示：不对。$x-t$ 图像只能描述直线运动，不能描述曲线运动。在 $x-t$ 图像中，不管图线是直线还是曲线，物体都做直线运动。

要点提炼

1．$x-t$ **图像的物理意义：**$x-t$ 图像反映了物体的位移随时间的变化关系，图像上的某一点表示运动物体在某时刻所处的位置或相对于规定位置的位移。

2．$x-t$ **图像的应用**

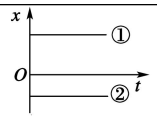
由位移－时间图像可求：

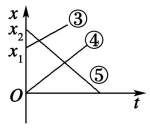
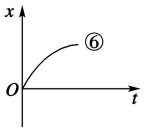
(1)任一时刻所对应的位置

(2)任一时间内的位移

(3)发生一段位移所用的时间

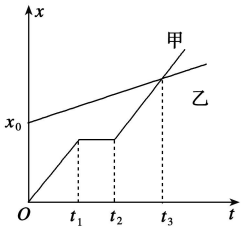
3．**常见的几种** $x-t$ **图像的比较**

图像	物理意义
	①、②都表示物体处于静止状态，但静止的位置不同。

	③表示物体从 x_1 处沿正方向做匀速直线运动； ④表示物体从 $x=0$ 处沿正方向做匀速直线运动； ⑤表示物体从 x_2 处沿负方向做匀速直线运动。
	⑥表示物体做变速直线运动，且运动得越来越慢。

典例剖析

典题 4 (多选)如图所示为甲、乙在同一直线上运动时的 $x-t$ 图像，以甲的出发点为原点，出发时间为计时的起点，则下列说法中正确的是 (ACD)



A．甲、乙同时出发

B．$0\sim t_3$ 这段时间内，甲、乙位移相同

C．甲开始运动时，乙在甲的前面 x_0 处

D．甲在途中停止了一段时间，而乙没有停止

思路引导：认清图像横、纵坐标轴的物理意义 → 图像的截距的含义 → 图像交点的含义

解析：由图像知甲、乙的计时起点都是零，是同时出发的。乙开始运动时离坐标原点 x_0，从 t_1 到 t_2 这段时间内甲的位移没有变化，表示甲在途中停止了一段时间，故选项 A，C，D 正确；图上纵坐标表示的位移是以坐标原点为起点的，而某段时间内的位移是以这段时间的起始时刻所在位置为起点的，$0\sim t_3$ 这段时间内甲、乙末位置相同，但起始位置不同，所以位移不同，故选项 B 错误。

思维升华：在分析处理直线运动的位移—图像问题时，应注意以下几点：

(1)无论物体的位移—时间图像是直线还是曲线，物体均做直线运动。

(2)物体开始运动的初始位置由 $t=0$ 时的位移即纵轴的截距决定。

(3)位移—时间图像的斜率为正值，表示物体沿着正方向运动，反之物体沿负方向运动。

考点　位移和时间的测量

情境导入

如图所示，两位同学分别拿着底部穿孔、滴水比较均匀的饮料瓶一起走路，

想一想，时间和位移应如何记录。



提示：用刻度尺量出各点到起始点的距离即为运动的位移。时间间隔的测量可借助停表，例如 n 滴水滴下所用时间为 T，则滴水的时间间隔为$\frac{T}{n-1}$。

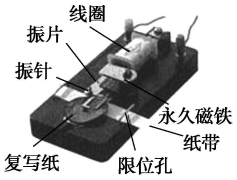
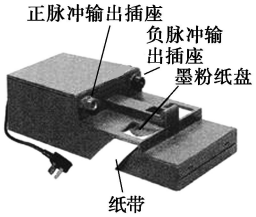
要点提炼

1．测量位移和时间的方法：

(1)测位移：照相法或频闪照相法、打点计时器法等。

(2)测时间：可用钟表、打点计时器。

2．电磁打点计时器和电火花打点计时器的比较

	电磁打点计时器	电火花打点计时器
结构示意图		
打点原理	电磁作用下振针振动打点。	脉冲电流经放电针、墨粉纸盘放电打点。
电源	4～6 V 交流电源。	220 V 交流电源。
周期	电源频率为 50 Hz 时，都是每隔 0.02 s 打一次点。	
阻力来源	纸带与限位孔、复写纸的摩擦，纸带与振针的摩擦。	纸带与限位孔、墨粉纸盘的摩擦。
说明	功能相同都是计时仪器，但电火花打点计时器比电磁打点计时器更精确。	

3．使用打点计时器的注意事项

(1)实验前，应将打点计时器固定好，以免拉动纸带时晃动，并轻轻试拉纸带，应无明显的阻滞现象。

(2)使用打点计时器时，应先接通电源，待打点计时器打点稳定后再释放纸带。

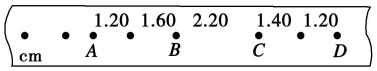
(3)使用电火花打点计时器时，应注意把纸带穿好，使墨粉纸盘位于纸带上方；使用电磁打点计时器时，应让纸带穿过限位孔，压在复写纸下面。

(4)打点计时器不能连续工作太长时间，打完点后应立即关闭电源。

(5)对纸带进行测量时，不要分段测量各段的位移，可统一测量出各个测量点到起始测量点之间的距离，读数时应估读到毫米的下一位。

典例剖析

典题 5 一打点计时器所用电源的频率是 50 Hz，如图所示，纸带上的 A 点先通过计时器，A、B 间历时__0.04__ s ，位移为__2.8×10^{-2}__ m。



思　　路　　引　　导　　：

打点周期 → 相隔计数点间计数点个数 → 确定时间 → 起始点 → 终止点 → 确定位移

解析：频率 50 Hz，周期为 0.02 秒，A 到 B 间相隔 1 个计数点，时间间隔 0.04 s。A 与 B 间距为(1.20＋1.60) cm＝2.8 cm＝2.8×10^{-2} m。

思维升华：纸带记录了物体在不同时刻的位置和某一段时间对应的位移。点迹分布情况反映物体运动的情况。

(1)点迹密处速度小，点迹疏处速度大。

(2)点迹均匀，说明物体做匀速运动。

3.位置变化快慢的描述——速度

知识点 1　速度

1．**物理意义：**表示物体运动__快慢__的物理量。

2．**定义：**位移与发生这段位移所用__时间__的比值。

3．**定义式：**$v=$__$\frac{\Delta x}{\Delta t}$__。

4．**单位：**在国际单位制中，速度的单位是__米每秒__，符号是 m/s 或 $m\cdot s^{-1}$；常用单位还有千米每小时(km/h 或 $km\cdot h^{-1}$)、厘米每秒(cm/s 或 $cm\cdot s^{-1}$)等。

5．**矢量性：**速度是__矢量__，方向与时间Δt 内的位移Δx 的方向__相同__。

知识点 2　平均速度和瞬时速度

1．**平均速度：**由$\frac{\Delta x}{\Delta t}$等求得的速度 v，表示物体在时间Δt 内运动的__平均快慢__程度。

2．**瞬时速度**

(1)当Δt非常非常小时，我们就把$\frac{\Delta x}{\Delta t}$叫作物体在某一时刻的__瞬时速度__。

(2)瞬时速度可以__精确__地描述物体运动的快慢，瞬时速度的大小通常叫作__速率__。

3．**匀速直线运动**：匀速直线运动是__瞬时速度__保持不变的运动，在匀速直线运动中，平均速度与瞬时速度__相等__。

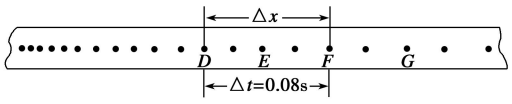
知识点 3　测量纸带的平均速度和瞬时速度

1．**根据纸带计算平均速度**

用刻度尺测出 n 个点之间的间距Δx，n 个点之间的时间$\Delta t=(n-1)\times 0.02$ s。则平均速度 $v=$__$\frac{\Delta x}{\Delta t}$__。

2．**根据打点计时器计算瞬时速度**

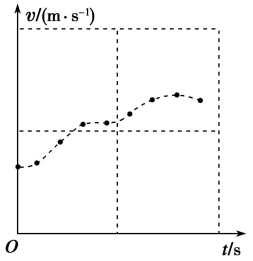
取包含某一位置在内的一小段位移Δx，根据 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$测出这一段位移内的平均速度，用这个平均速度代表纸带经过该位置的瞬时速度。一般地，取以这个点为__中间时刻__的一段位移来计算。如图所示，E 点的瞬时速度可用 D，F 两点间的平均速度代表，即 $v_E=$__$\frac{\Delta x}{\Delta t}$__。



知识点 4　速度—时间图像

1．**速度—时间图像的意义**：直观表示物体运动的速度随__时间__变化的规律。

2．**速度—时间图像的获得**：用__横轴__表示时间 t，__纵轴__表示速度 v，建立直角坐标系。根据测量的数据在坐标系中描点，然后用__平滑__的曲线把这些点连接起来，即得到 $v-t$ 图像。如图所示：



考点　　对速度的理解

情境导入



甲



乙

(1)如图甲，30 min 内自行车行驶了 8 km、汽车行驶了 50 km，应该如何比较它们运动的快慢呢？

(2)如图乙，百米赛跑，优秀运动员跑 10 s，而某同学跑 13.5 s，应该如何比较他们运动的快慢呢？

提示：(1)相同时间内通过位移大的运动得快。

(2)相同的位移所用时间短的运动得快。

要点提炼

1．对速度的理解

(1)这里的速度指运动物体的位移与所用时间的比值，而不再是初中所学的路程与时间的比值。

(2)两种速度的定义并不矛盾，因为初中只研究匀速直线运动，不注重运动方向，路程即位移大小。

2．对定义式 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 的理解

(1)公式 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 中的 Δx 是物体运动的位移，不是路程。

(2)$v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 是速度的定义式，不是决定式，不能认为 v 与位移成正比、与时间成反比。

3．速度是矢量

(1)速度既有大小，又有方向，是矢量。瞬时速度的方向就是物体此时刻的运动方向。

(2)比较两个速度是否相同时，既要比较其大小是否相等，又要比较其方向是否相同。

特别提醒

(1)分析物体的运动速度时，既要计算速度的大小，又要确定速度的方向，不可只关注速度的大小。

(2)初中的速度概念实际是物体路程与相应时间的比值，即平均速率，与高中的速度概念是不同的。

典例剖析

典题 1 (多选)以下说法正确的是 (CD)

A．物体运动的位移越大，其速度一定越大

B．物体运动的时间越短，其速度一定越大

C．速度是表示物体运动快慢的物理量

D．做匀速直线运动的物体，其位移跟时间的比值是一个恒量

思路引导：速度的物理意义 → 定义式 → 匀速直线运动的定义

解析：由 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 知，物体运动的位移大，时间长，其速度不一定大；同理，物体运动的时间短，其速度也不一定大。A、B 错误；速度表示物体运动的快慢，在匀速直线运动中，位移跟时间的比值是速度，其大小、方向不变。C、D 正确。

思维升华：

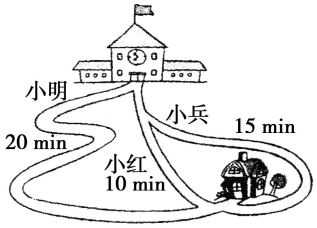
(1)比值定义法：用两个基本的物理量的“比”来定义一个新的物理量的方法。如速度、压强、密度等。

(2)比值定义法的特点：比值定义法定义的物理量往往不随定义所用的物理量的大小、有无而改变。

考点　　平均速度、瞬时速度、平均速率的区别与联系

情境导入

小明、小红和小兵由家到学校选择了 3 条不同的路径，所用时间如图所示。三人同时出发。



(1)小明、小红和小兵在运动过程中哪个物理量是相同的？谁更“快”到达学校？这个“快”是怎么比较的？可以用哪个物理量来表示？

(2)能说小红在任何时刻的速度都大于小明和小兵的速度吗？

提示：(1)位移；小红；通过相同的位移，小红所用的时间少；平均速度

(2)不能。

要点提炼

1．平均速度与瞬时速度的区别与联系

比较 \ 项目		平均速度	瞬时速度
区别	物理意义	反映一段时间内物体运动的平均快慢程度，与一段位移或一段时间相对应	精确描述物体运动的快慢及方向，与某一时刻、某一位置相对应
	大小	由公式 $\overline{v}=\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 求出	$v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$($\Delta t$ 极小)
	方向	与该段过程的位移方向相同，与运动方向不一定相同	该状态物体运动的方向
联系		(1)瞬时速度总为零时，平均速度一定为零；平均速度为零时，瞬时速度不一定为零 (2)在匀速直线运动中，平均速度和瞬时速度相等 (3)当位移足够小或时间足够短时，可以认为平均速度就等于瞬时速度	

2．平均速度与平均速率的区别与联系

	平均速度	平均速率
定义	平均速度＝$\frac{\text{位移}}{\text{时间}}$	平均速率＝$\frac{\text{路程}}{\text{时间}}$
标矢性	矢量，有方向	标量，无方向
联系	都粗略地表示物体运动的快慢	
	单位相同，在国际单位制中，单位是米每秒，符号是 m/s	
	平均速度的大小一般小于平均速率，只有在单方向直线运动中，平均速度的大小才等于平均速率。但此时也不能说平均速度就是平均速率	

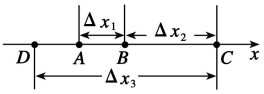
特别提醒

(1)我们平时所说的速度有时指平均速度，有时指瞬时速度，应根据前后文判断。

(2)在变速直线运动中，不同时间(或不同位移)内的平均速度一般不相同，因此，求出的平均速度必须指明是哪段时间(或哪段位移)内的平均速度。

典例剖析

典题 2 某质点由 A 出发做直线运动，前 5 s 向东行驶了 30 m 经过 B 点，又向前行驶了 5 s 前进了 60 m 到达 C 点，在 C 点停了 4 s 后又向西行驶，经历了 6 s 运动了 120 m 到达 A 点西侧的 D 点，如图所示，求：



(1)最后 6 s 时间内物体的平均速度大小和方向；

(2)全过程的平均速度。

(3)全过程的平均速率。

思路引导：确定研究过程的位移 → 时间 → 平均速度公式 $\bar{v}=\frac{\Delta x}{\Delta t}$ → 平均速率 $=\frac{路程}{时间}$

解析：(1)最后 6 s 时间内物体从 C 到 D 的位移大小为 $\Delta x_3=120$ m，则平均速度为 $v_1=\frac{\Delta x_3}{t_4}=\frac{120\ \text{m}}{6\ \text{s}}=20$ m/s，方向向西。

(2)全程中质点初位置为 A 点，末位置为 D 点，其位移是 AD，方向向西，大小 $\Delta x=\Delta x_3-\Delta x_1-\Delta x_2=120\ \text{m}-30\ \text{m}-60\ \text{m}=30\ \text{m}$，所用时间 $t_{总}=5\ \text{s}+5\ \text{s}+4\ \text{s}+6\ \text{s}=20\ \text{s}$。

则平均速度大小为

$v_2=\frac{\Delta x}{t_{总}}=\frac{30\ \text{m}}{20\ \text{s}}=1.5$ m/s，方向向西。

(3)全过程的总路程 $s=\Delta x_1+\Delta x_2+\Delta x_3=210$ m

所以全过程的平均速率 $v_3=\frac{s}{t_{总}}=\frac{210\ \text{m}}{20\ \text{s}}=10.5$ m/s。

答案：(1)20 m/s，方向向西；(2)1.5 m/s，方向向西；(3)10.5 m/s

思维升华：

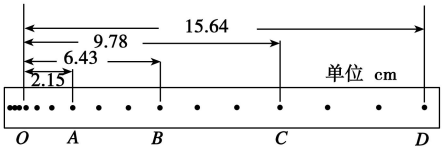
(1)物体做变速运动时，在不同阶段的平均速度一般不同，因此在求平均速度时一定要明确所求的是哪一个时间段的平均速度，要紧扣平均速度的定义。

(2)平均速率是路程与时间的比值。

考点　　测量纸带的平均速度和瞬时速度

情境导入

如图所示，在测量 B 点的瞬时速度时，AC 和 OD 都可以求出，哪个更接近真实值？



提示：AC 两点更接近 B 点，算出的平均值更接近 B 点的瞬时速度。

要点提炼

1．实验器材

电磁打点计时器(或电火花计时器)、学生电源(电火花计时器使用 220 V、50 Hz 交流电源)、刻度尺、纸带、复写纸、导线、坐标纸。

2．实验步骤

(1)把电磁打点计时器固定在桌子上，纸带穿过限位孔，把复写纸套在定位轴上，并且压在纸带上面。

(2)把电磁打点计时器的两个接线柱接到 6 V 的低压交流电源上。

(3)接通电源开关，用手水平拉动纸带，使它在水平方向上运动，纸带上就打下一系列点。

(4)取下纸带，从能看得清的某个点开始，往后数出若干个点，如果共有 n 个点，那么 n 个点的间隔数为 $n-1$ 个，则纸带的运动时间 $\Delta t=(n-1)\times 0.02$ s。

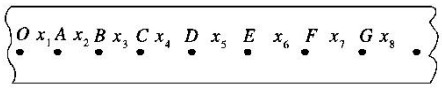
(5)用刻度尺测量出从开始计数的点到最后的点间的距离 Δx。

(6)利用公式 $v=\dfrac{\Delta x}{\Delta t}$ 计算出纸带在这段时间内的平均速度。

3．数据处理

(1)选取一条点迹清晰便于分析的纸带。

(2)把纸带上能看得清的某个点作为起始点 O，以后的点分别标上 A、B、C、D…作为“计数点”，如图所示，依次测出 O 到 A、A 到 B、B 到 C…之间的距离 x_1、x_2、x_3…



(3)打点计时器打点的周期为 T，则 A、B、C、D…各点的瞬时速度分别为：

$v_A=\dfrac{x_1+x_2}{2T}$、$v_B=\dfrac{x_2+x_3}{2T}$、$v_C=\dfrac{x_3+x_4}{2T}$、$v_D=\dfrac{x_4+x_5}{2T}$…

(4)利用 $v-t$ 图像分析物体的运动

4．实验时应注意的事项

(1)实验前，应将打点计时器固定好，以免拉动纸带时晃动，并要先轻轻试拉纸带，应无明显的阻滞现象。

(2)使用计时器打点时，应先接通电源，待打点计时器打点稳定后，再拉动纸带。

(3)手拉动纸带时速度应快一些，以防点迹太密集。

(4)使用电火花计时器时，应注意把纸带正确穿好，墨粉纸盘位于纸带上方，使用电磁打点计时器时，应让纸带穿过限位孔，压在复写纸下面。

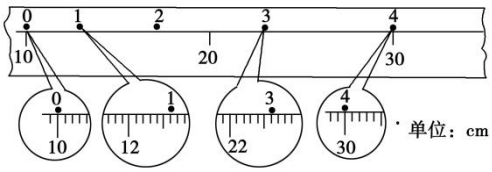
(5)使用电磁打点计时器的，如打出点较轻或是短线，应调整振针距复写纸的高度。

(6)打点计时器不能连续工作太长时间，打点之后应立即关闭电源。

(7)对纸带进行测量时，不要分段测量各段的位移，正确的做法是一次测量完毕(可先统一测量出各个测量点到起始测量点 O 之间的距离)。读数时应估读到毫米的下一位。

典例剖析

典题 3　在测定速度的实验中，使用打点计时器(用频率为 50 Hz 的交流电)测小车的速度，实验得到的一条纸带如图所示，0,1,2,3,4 是选用的计数点，每相邻两计数点间还有 3 个打出的点没有在图上标出. 图中还画出了实验时将毫米刻度尺靠在纸带上进行测量的情况，读出图中所给的测量点的读数分别是__10.00 cm__、__12.60 cm__、__22.60 cm__和__30.00 cm__。1,3 两点间的平均速度是__0.625__ m/s,1,4 两点间的平均速度是__0.725__ m/s,2 点的速度更接近于__0.625__ m/s。



思路引导： 确定两相邻点的时间间隔 → 两相邻点的距离 → $v_n=\dfrac{x_n+x_{n+1}}{2T}$

解析： 由毫米刻度尺可读出 0,1,3,4 点的读数分别是 10.00 cm,12.60 cm,22.60 cm,30.00 cm。

由题意知各计数点间的时间间隔$\Delta t=4\times0.02\ \text{s}=0.08\ \text{s}$，由读数可得 1,3 两点和 1,4 两点间的位移大小分别是

$\Delta x_1=22.60\ \text{cm}-12.60\ \text{cm}=10.00\ \text{cm}$，

$\Delta x_2=30.00\ \text{cm}-12.60\ \text{cm}=17.40\ \text{cm}$，

则 1,3 和 1,4 两点间的平均速度分别是

$$\overline{v_1}=\frac{\Delta x_1}{\Delta t_1}=\frac{10.00\times10^{-2}\ \text{m}}{0.16\ \text{s}}=0.625\ \text{m/s}，$$

$$\overline{v}_2=\frac{\Delta x_2}{\Delta t_2}=\frac{17.40\times10^{-2}\text{m}}{0.24\ \text{s}}=0.725\ \text{m/s}。$$

1,3 两点更接近于 2 点，故 2 点的瞬时速度更接近于 1,3 两点间的平均速度 0.625 m/s。

思维升华：(1)利用平均速度来代替计数点的瞬时速度会带来系统误差。为减小误差，应取以计数点为中心的较小位移Δx来求平均速度。

(2)分段测量计数点间的位移 x 会带来误差。减小此误差的方法是一次测量完成，即一次测出各计数点到起始计数点 O 的距离，再分别计算出各计数点间的距离。

考点　　利用 v—t 图像描述物体的运动

情境导入

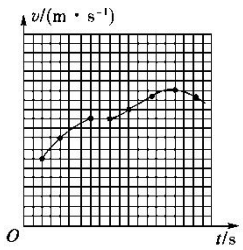
图像法是研究物理问题时经常使用的一种数据处理方法。图像法处理数据直观、方便，在生活中也有广泛的应用，我们可以用图像来描述物体的速度变化情况。怎样用图像来表示物体运动的速度呢？

提示：用图像的横轴表示时刻，用纵轴表示各时刻的速度，来描述速度变化情况。

要点提炼

1．v—t 图像：

用横轴表示时间 t，纵轴表示速度 v，建立直角坐标系。根据测量的数据在坐标系中描点，然后用平滑的曲线把这些点连接起来，即得到如图所示的 v—t 图像。

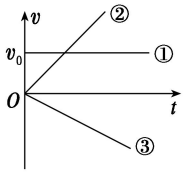


2．v—t 图像的应用

(1)由图像能看出每一时刻对应的瞬时速度，判断速度大小的变化及其方向。

(2)根据图线斜率判断物体的运动性质，斜率的绝对值越大，表示速度变化越快。

如图所示，①做匀速运动，②③都做变速运动，但运动方向相反，②的速度变化更快。



(3)截距：v—t 图像的纵轴截距表示初始时刻物体的瞬时速度，横轴截距表示物体速度为零的时刻。

(4)图线交点：两条图线相交，交点表示两物体此时的瞬时速度相同。

典例剖析

典题 4　图 1 用打点计时器测小车瞬时速度时得到的一条纸带的一部分，从 0 点开始按照打点的先后依次标为 0,1,2,3,4,5,6…现在量得 0、1 间的距离 x_1＝5.18 cm,1、2 间的距离 x_2＝4.40 cm,2、3 间的距离 x_3＝3.62 cm,3、4 间的距离 x_4＝2.78 cm,4、5 间的距离 x_5＝2.00 cm,5、6 间的距离 x_6＝1.22 cm.(每 0.02 s 打一次点)

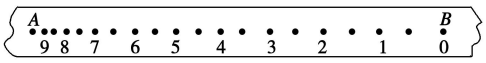


图1

(1)在实验中，使用打点计时器时应先__启动电源__再__释放纸带__(填“释放纸带”或“启动电源”)。

(2)根据上面的记录，计算打点计时器在打 1、2、3、4、5 点时小车的速度值并填在表中。

位置	1	2	3	4	5
v/(m·s^{-1})	__1.20__	__1.00__	__0.80__	__0.60__	__0.40__

(3)根据(2)中表格，在图 2 中画出小车的速度—时间图像，并说明小车速度变化的特点。

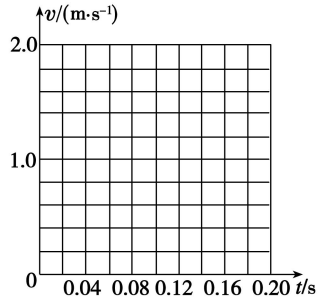


图2

思　　路　　引　　导　　：

明确两相邻点间的时间间隔 T → 两点间距 → 用 $v=\frac{x_n+x_{n+1}}{2T}$求速度 →

描点作图

解析：(1)使用打点计时器应先启动电源，后释放纸带，若先释放纸带，则纸带的有效利用长度将减小。

(2)某点的瞬时速度可用包含该点的一段位移内的平均速度表示，打相邻两计数点的时间间隔$\Delta t=2\times0.02\ \text{s}=0.04\ \text{s}$，则打 1 点时：$v_1=\frac{x_1+x_2}{2\Delta t}\approx1.20\ \text{m/s}$

打 2 点时：$v_2=\frac{x_2+x_3}{2\Delta t}\approx1.00\ \text{m/s}$

打 3 点时：$v_3=\frac{x_3+x_4}{2\Delta t}=0.80\ \text{m/s}$

打 4 点时：$v_4=\frac{x_4+x_5}{2\Delta t}\approx0.60\ \text{m/s}$

打 5 点时：$v_5=\frac{x_5+x_6}{2\Delta t}\approx0.40\ \text{m/s}$

将数值填入表格中：

位置	1	2	3	4	5
$v/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	1.20	1.00	0.80	0.60	0.40

(3)描点并连线得小车的速度—时间图像，如图所示，由图像可知，小车速度逐渐减小。

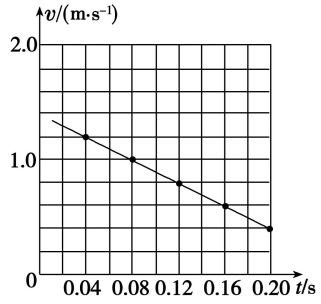


图2

思维升华：

作图像的规范要求(1)明确坐标轴的意义并选取合理标度，既要把数据标注在图像上，又要匀称直观。

(2)图像中的点要用平行于坐标轴的虚线形象直观地表示出其位置。

(3)如果图像是直线，要求尽可能多的点落在直线上，不在直线上的点应均匀分布在直线两侧。

(4)如果图像是曲线，物体在各个时刻都有速度，速度随时间是连续变化的，观察描出的点的分布特点，然后用平滑的曲线表示出速度随时间变化的规律，这一过程称为“拟合”。

4.速度变化快慢的描述——加速度

知识点 1　加速度

1．**物理意义：**描述物体的速度随时间变化__快慢__的物理量。

2．**定义：**速度的__变化量__与发生这一变化所用__时间__的比值，通常用 a 表示。

3．**表达式：**$a=__\dfrac{\Delta v}{\Delta t}__=\dfrac{v-v_0}{\Delta t}$($v_0$ 为初速度，v 为末速度)。

4．**单位：**在国际单位制中，加速度的单位是__米每二次方秒__；符号是__m/s^2__或 $m\cdot s^{-2}$。

5．**矢量性：**加速度是__矢__量，既有大小，也有方向。

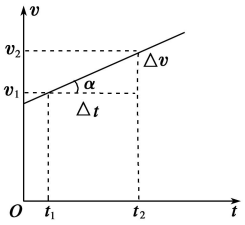
知识点 2　加速度的方向

1．加速度的方向：加速度方向与__速度变化__的方向相同。

2. 在直线运动中
- 加速时，加速度与速度方向__相同__
- 减速时，加速度与速度方向__相反__

知识点 3　从 v—t 图像看加速度

1．v—t 图像反映了物体的速度随__时间__变化的规律。



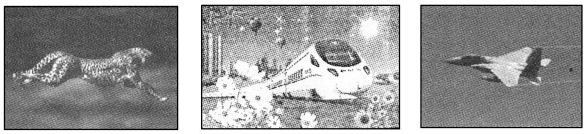
2．匀变速直线运动的 v—t 图像是一条倾斜的直线，直线的__斜率__表示加速度。比值$\frac{\Delta v}{\Delta t}$就是加速度的大小(如图所示)。

3．在 v—t 图像中，从图线的倾斜程度(斜率大小)就能判断__加速度__大小，倾斜程度大的，加速度__大__。

考点　　对加速度的理解

情境导入

下图为猎豹、列车、战斗机的运动图片


甲　　乙　　丙

图甲中猎豹捕食时能在 4 s 内速度由零增加到 30 m/s；图乙中以 50 m/s 高速行驶的列车急刹车能在 30 s 内停下来；图丙中战斗机在试飞时以 600 m/s 的速度在空中匀速飞行。试结合以上情景分析：

(1)哪一个物体的速度最大？哪一个物体的速度变化量最大？哪一个物体的加速度最大？

(2)能否说明速度大加速度就大？能否说明速度变化量大，加速度就大？

提示：(1)战斗机速度最大　列车速度变化量最大，猎豹加速度最大　(2)不能　不能

要点提炼

1．**加速度的理解**

加速度是速度的变化量Δv与发生这一变化所用时间Δt的比值，在数值上等于单位时间内速度的变化量，即速度的变化率。

2．**表达式：**$a=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}$

3．**速度 v、速度变化量Δv与加速度的比较**

项目 比较	速度 v	速度变化量 Δv	速度变化率 a
物理意义	表示物体运动的快慢和方向	表示物体速度变化的大小和方向	表示物体速度变化的快慢和方向
定义	位移与所用时间的比值	末速度与初速度的差值	速度变化量与时间的比值
表达式	$v=\dfrac{\Delta x}{\Delta t}$	$\Delta v=v_2-v_1$	$a=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}$
单位	m/s	m/s	m/s^2
方向	物体位移方向	由初、末速度决定	与Δv方向相同
联系	三者无必然联系。v很大，速度的变化量可能很小，甚至为 0，a 也可大可小		

特别提醒

(1)公式$\Delta v=v_2-v_1$中各量都是矢量，只有物体做直线运动时，才可应用代数运算计算Δv。

(2)公式 $v=\dfrac{\Delta x}{\Delta t}$、$a=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}$是定义式，确定了相关物理量的大小关系，同时也都是矢量式，确定了它们之间的方向关系。

典例剖析

典题 1　(多选)一个物体做直线运动，下列关于这个物体的加速度、速度及速度变化量的说法，正确的是(　CD　)

A．物体的速度越大，加速度越大

B．物体的速度变化量越大，加速度越大

C．物体单位时间内的速度变化量越大，加速度越大

D．$\frac{\Delta v}{\Delta t}$叫做速度的变化率，也叫加速度

思路引导：加速度的决定因素 → $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$

解析：加速度与速度变化量和时间两个因素相关，速度变化很大，加速度可能很小；速度变化很小，加速度可能很大，A、B 错误；由公式 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$可知，单位时间内，$\Delta v$大，则 a 大，C 正确；$\frac{\Delta v}{\Delta t}=a$，$\frac{\Delta v}{\Delta t}$叫速度的变化率，也叫加速度，D 正确。

思维升华：

加速度 a 与速度 v无直接关系，与速度变化量Δv也无直接关系。v大，a 不一定大；Δv大，a 也不一定大。

考点　　加速度的方向

情境导入

大街上，车辆如梭，有加速的，有减速的，有来有往。



(1)汽车做加速运动时，加速度的方向有什么特点？减速时呢？

(2)汽车的加速度越大(或越小)，对汽车的速度变化有什么影响？

提示：(1)汽车做加速运动时，加速度方向与速度方向相同；汽车做减速运动时，加速度方向与速度方向相反。

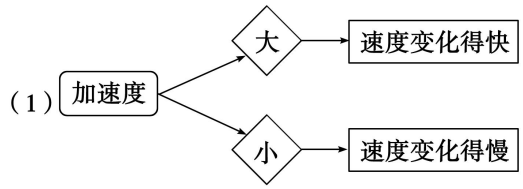
(2)汽车的加速度越大，汽车速度变化得越快；汽车的加速度越小，汽车速度变化得越慢。

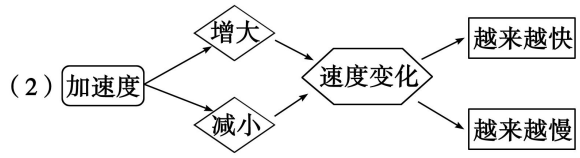
要点提炼

1．加速度是矢量，方向与初速度 v_1，末速度 v_2 方向无关，与速度变化量$\Delta v=v_2-v_1$ 方向相同。

2．加速度的大小决定了速度变化的快慢

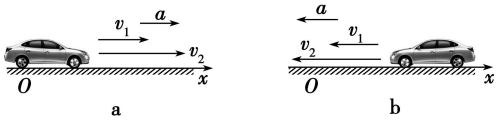
加速度大，其速度变化一定快；加速度小，其速度变化一定慢。加速度增大，则速度变化得越来越快，加速度减小，则速度变化得越来越慢，如图所示：



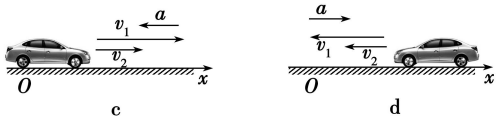


3．加速度的方向决定了物体的运动性质

(1)加速度方向与速度方向相同时，物体做加速直线运动。两种情况如图：



(2)加速度方向与速度方向相反时，物体做减速直线运动。两种情况如图：



典例剖析

典题 2　一质点自原点开始在 x 轴上运动，初速度 $v_0>0$，加速度 $a>0$，且 a 值不断减小直至为零，则质点的　　（　C　）

A．速度不断减小，位移不断减小

B．速度不断减小，位移继续增大

C．速度不断增大，当 $a=0$ 时，速度达到最大，位移不断增大

D．速度不断减小，当 $a=0$ 时，位移达到最大值

思　　路　　引　　导　　：

a、v同向则加速 → a 减小，则加速得慢 → 速度方向与位移方向的关系

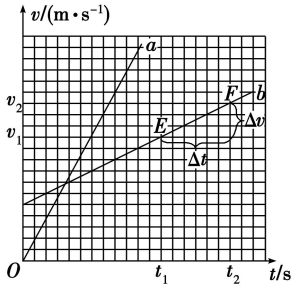
解析：由于初速度 $v_0>0$，加速度 $a>0$，即速度和加速度同向，不管加速度大小如何变化，速度都是在增加的，当加速度减小时，相同时间内速度的增加量减小，当 $a=0$ 时，速度达到最大值，位移不断增大。　思维升华：1.物体存在加速度，表明物体在做变速运动，但不一定做加速运动。　2.物体做加速运动还

是在减速运动，不能根据加速度的正、负来判断，要根据加速度的方向与速度的方向的关系来判断。

考点　　从“v—t”图像看加速度

情境导入

如图所示是两个物体运动的 v—t 图像。



(1)物体 a、b 分别做什么运动？物体 a 和 b 谁的加速度更大？

(2)图像上 E、F 两点的纵坐标的变化量与横坐标的变化量的比值有什么含义？

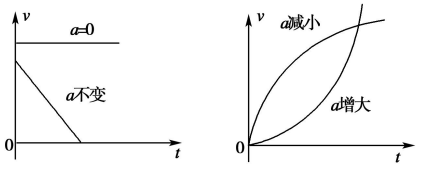
提示：(1)物体 a 做初速度为零的加速运动，物体 b 做初速度不为零的加速运动；物体 a 的加速度更大。

(2)比值$\dfrac{\Delta v}{\Delta t}$表示物体 b 的加速度大小。

要点提炼

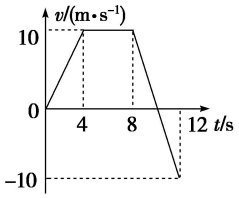
1．**v—t 图像的意义：**v—t 图像描述的是物体速度随时间的变化规律。

2．**图像上的“点、截距、斜率”的意义**

点	某时刻的速度	
截距	横截距	速度为零的时刻
	纵截距	初速度
斜率	大小	加速度大小
	正负	加速度的方向
		

典例剖析

典题 3　如图是做直线运动的某质点 v—t 图像，请分析：



(1)质点在图中各段时间内分别做什么运动？

(2)在 0～4 s、8～10 s、10～12 s 内质点的加速度各是多少？

思路引导： v—t 图像斜率的含义 → 初速度 → 末速度 → $a=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}$

解析：(1)在 0～4 s 内质点的速度不断增大，且方向始终沿正方向，则质点做正向加速直线运动；

在 4～8 s 内， 质点的速度始终为 10 m/s，则质点做正向匀速直线运动；

在 8～10 s 内，质点的速度不断减小，且方向始终为正，则质点做正向减速直线运动；

在 10～12 s 内，质点的速度不断增大，且方向始终为负，则质点做反向加速直线运动。

(2)由 $a=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}$得 0～4 s 内的加速度

$a_1=\dfrac{10-0}{4-0}\ \text{m/s}^2=2.5\ \text{m/s}^2$

8～10 s 内的加速度

$a_2=\dfrac{0-10}{10-8}\ \text{m/s}^2=-5\ \text{m/s}^2$

10～12 s 内的加速度

$a_3=\dfrac{-10-0}{12-10}\ \text{m/s}^2=-5\ \text{m/s}^2$

思维升华： (1)只要图像的斜率相同，则加速度的大小和方向都相同。

(2)图像向下倾斜表示加速度沿负方向，速度可能沿负方向在增大，也可能沿正方向在减小。

(3)图像不是物体运动的轨迹，分析问题时要根据图像的变化，判断物体速度、位移、加速度的变化情况，进而建立物体运动的情景。 总之图像是数学语言，将其转换成物理情景，是解决图像问题的前提。

第二章　匀变速直线运动的研究

1.实验：探究小车速度随时间变化的规律

知识点 1　实验思路

1．实验目的

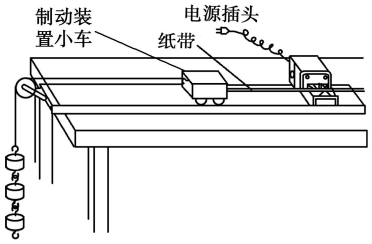
研究小车速度随时间变化的规律，测量小车在不同时刻的瞬时速度。

2．实验器材

__打点计时器__、一端附有定滑轮的长铝板、__小车__、纸带、细绳、槽码、__刻度尺__、导线、交流电源。

3．实验思路

如图所示，把一端带有__滑轮__的长铝板平放在实验桌上，铝板上放一个可以左右移动的__小车__，小车一端连接穿过打点计时器的__纸带__，另一端连接绕过滑轮系有__槽码__的细绳。小车在槽码的牵引下运动，通过研究纸带上的信息，就可以知道小车运动的速度是怎样随时间变化的。



知识点 2　进行实验

1．按照图固定好实验器材，并连接好电路。

2．把小车停在__靠近__打点计时器的位置。

3．启动计时器，然后__放开__小车，让它拖着纸带运动。打点计时器在__纸带__上打下一行小点。

4．__关闭__电源，取下纸带。

5．增减所挂的槽码(或在小车上放置重物)，更换纸带，再做两次实验。

知识点 3　数据分析处理

1．瞬时速度的计算：各计数点的瞬时速度可用以该点为中间时刻的一段时间内的__平均速度__来代替：$v_n=\frac{x_n+x_{n+1}}{2T}$。

2．根据 $v-t$ 图像判断运动性质：

用描点法可作出小车的 v—t 图像，根据图像的形状可判断小车的运动性质。

3．**加速度的计算**：利用 v—t 图像的__斜率__求出小车的加速度。

考点　　实验操作的注意事项

注意事项

1．开始释放小车时，应使小车靠近打点计时器。

2．先接通电源，计时器工作后，再放开小车，当小车停止运动时及时断开电源。

3．要防止槽码落地和小车跟滑轮相撞，当小车到达滑轮前及时用手按住它。

4．牵引小车的槽码个数要适当，以免加速度过大而使纸带上的点太少，或者加速度太小，而使各段位移无多大差别，从而使误差增大，加速度的大小以能在 50 cm 长的纸带上清楚地取得六七个计数点为宜。

5．要区别计时器打出的点与人为选取的计数点，一般在纸带上每隔四个点取一个计数点，即时间间隔为 $T=0.02\times5$ s$=0.1$ s。

6．不要分段测量各段位移，应尽可能地一次测量完毕(可先统一量出各计数点到计数起点 O 之间的距离)。读数时应估读到毫米的下一位。

7．描点时最好用坐标纸，在纵、横轴上选取合适的单位，用细铅笔认真描点。

典例剖析

典题 1　在探究小车速度随时间变化的规律实验中，某同学操作中有以下实验步骤，其中有错误或遗漏的步骤。(遗漏步骤可编上序号 G、H、…)

A．拉住纸带，将小车移至靠近打点计时器处先放开纸带，再接通电源；

B．将打点计时器固定在平板上，并接好电路；

C．把一条细绳拴在小车上，细绳跨过定滑轮，下面吊着适当重的槽码；

D．取下纸带；

E．将平板一端抬高，轻推小车，使小车能在平板上平稳地滑行；

F．将纸带固定在小车尾部，并穿过打点计时器的限位孔。

(1)所列步骤中有错误的是：__A 中应先通电，再放纸带；D 中取下纸带前应先断开电源；E 中操作时应不挂槽码__。

(2)遗漏的步骤：__G：换上新纸带，重复实验三次__。

(3)将以上步骤完善后写出合理的步骤顺序：__BFECADG__。

思路引导：(1)牢记实验操作的步骤；(2)知道操作过程的注意事项。

解析：(1)步骤 A 中应先通电，再放纸带，顺序不能颠倒；D 中取下纸带前先断开电源；E 中操作时应不挂槽码。

(2)遗漏的步骤 G：换上新纸带，重复实验三次。

(3)步骤完善后，合理的实验步骤顺序为：BFECADG。

考点　　实验数据处理的方法

1．纸带的选取和处理

(1)多条纸带中选取一条点迹清晰且点迹排成直线的纸带进行处理。

(2)舍掉开头一段过于密集的点，找一个适当的点作计时起点，为了减少测量误差和便于计算，每隔 4 个“计时点”选取一个“计数点”进行测时，相邻计数点的时间间隔为 0.1 秒。

(3)测量距离时从选取的计时起点到各个计数点的距离。

2．数据处理

(1)表格法

①从几条纸带中选择一条比较理想的纸带，舍掉开始一些比较密集的点，在后面便于测量的地方找一个开始点，作为计数始点，以后依次每五个点取一个计数点，并标明 0、1、2、3、4…，测量各计数点到 0 点的距离 x，并记录填入表中。

位置编号	0	1	2	3	4	5
时间 t/ s						
x/ m						
v/(m·s^{-1})						

②分别计算出与所求点相邻的两计数点之间的距离Δx_1、Δx_2、Δx_3…

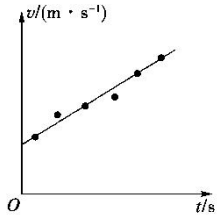
③利用一段时间内的平均速度等于这段时间中间时刻的瞬时速度求得各计数点 1、2、3、4、5 的瞬时速度，填入上面的表格中。

④根据表格的数据，分析速度随时间怎么变化。

(2)图像法

①在坐标纸上建立直角坐标系，横轴表示时间，纵轴表示速度，并根据表格中的数据在坐标系中描点。

②画一条直线，让这条直线通过尽可能多的点，不在线上的点均匀分布在直线的两侧，偏差比较大的点忽略不计，如图所示。



③观察所得到的直线，分析物体的速度随时间的变化规律。

④据所画 v—t 图像求出小车运动的加速度 $a=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}$。

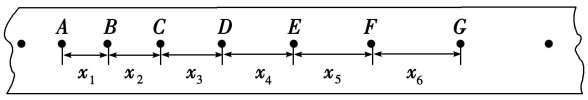
3．**误差分析**　(1)木板的粗糙程度不同，摩擦不均匀。

(2)根据纸带测量的位移有误差，从而计算出的瞬时速度有误差。

(3)作 v—t 图像时单位选择不合适或人为作图不准确带来误差。

典例剖析

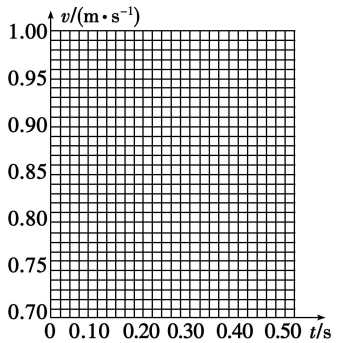
典题 2　如图所示，是某同学在“探究小车速度随时间变化的规律”实验中，用打点计时器得到的表示小车运动过程中的一条清晰纸带，打点计时器打点的时间间隔 $T=0.02$ s，将纸带上每隔四个点(图上没画出)按打点顺序依次标为 A、B、C……，其中 $x_1=7.05$ cm、$x_2=7.68$ cm、$x_3=8.33$ cm、$x_4=8.95$ cm、$x_5=9.61$ cm、$x_6=10.26$ cm。



(1)下表列出了打点计时器打下 B、C、E、F 时小车的瞬时速度，请在表中填入打点计时器打下 D 点时小车的瞬时速度。

位置	B	C	D	E	F
速度/(m·s^{-1})	0.737	0.801	__0.864__	0.928	0.994

(2)以 A 点为计时起点，在坐标图中画出小车的速度—时间关系图线。



(3)根据你画出的小车的速度—时间关系图线计算出的小车的加速度 $a=$ __0.64__ m/s^2，方向是__$A\rightarrow B$__(填 $A\rightarrow B$，或 $B\rightarrow A$)

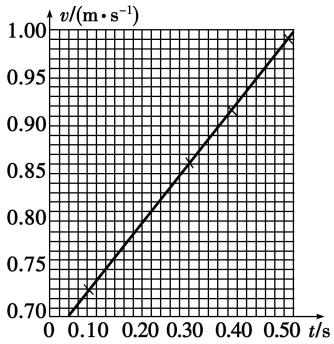
思路引导：(1)由 $v=\frac{x_n+x_{n+1}}{2T}$ 求瞬时速度；

(2)描点作图；(3)根据“$v-t$”图线斜率求加速度。

解析：(1)打下 D 点时小车的瞬时速度为：$v_D=\frac{x_3+x_4}{2T}=\frac{(8.33+8.95)\times10^{-2}\ \text{m}}{2\times0.1\ \text{s}}$

$=0.864\ \text{m/s}$

(2)小车的速度－时间关系图线如图所示。



(3)在“$v-t$”图像中，图线的斜率表示加速度的大小，则 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=(0.64\pm0.01)\ \text{m/s}^2$

加速度的方向与速度的方向一致，即由 $A\rightarrow B$。

2.匀变速直线运动的速度与时间的关系

知识点 1　匀变速直线运动

1．**定义**：沿着一条直线且__加速度不变__的运动，叫匀变速直线运动。

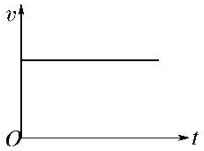
2．**分类**

(1)匀加速直线运动：物体的速度随时间__均匀增加__的变速直线运动。　(2)匀减速直线运动：物体的速度随时间__均匀减小__的变速直线运动。

知识点 2　直线运动的 $v-t$ 图像

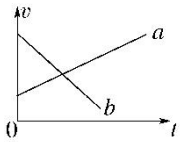
1．匀速直线运动的速度—时间图像

是一条平行于时间坐标轴的直线(如图所示)



2．匀变速直线运动的速度—时间图像

如下图所示，匀变速直线运动的 v—t 图像是一条倾斜的直线，直线 a 反映了速度随时间是__均匀增加__的，即是匀加速直线运动的图像；直线 b 反映了速度随时间是__均匀减小__的，即是匀减速直线运动的图像。



知识点 3　速度与时间的关系式

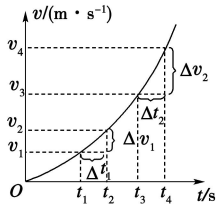
1．速度公式：v＝__v_0+at__。

2．对公式的理解：做匀变速直线运动的物体，在 t 时刻的速度 v 等于物体在开始时刻的__速度 v_0__加上在整个过程中速度的__变化量 at__。

考点　　匀变速直线运动的 v—t 图像

情境导入

通过上节课的实验，我们知道匀变速直线运动的 v—t 图像是一条倾斜的直线，请思考：



v—t 图像能表示物体做曲线运动的情况吗？下图中物体的运动性质如何？

提示：不能。因为正方向一旦选定，v—t 图像只能表示物体做直线运动的情况，上图中虽然图像为曲线，但描述的还是直线运动，上图中，切线的斜率逐渐增大，即加速度逐渐增大，物体做加速度逐渐增大的加速直线运动。

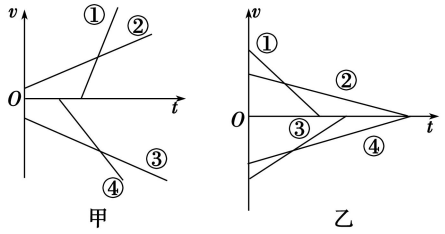
要点提炼

匀变速直线运动 v—t 图像特点

1．两种类型

(1)匀加速直线运动的图像逐渐远离 t 轴，如图甲所示。

(2)匀减速直线运动的图像逐渐靠近 t 轴，如图乙所示。



2．v—t 图像的应用

通过 v—t 图像，可以明确以下信息：

图线上某点的纵坐标	正负号	表示瞬时速度的方向
	绝对值	表示瞬时速度的大小
图线的斜率	正负号	表示加速度的方向
	绝对值	表示加速度的大小
图线与坐标轴的交点	纵截距	表示初速度
	横截距	表示开始运动或速度为零的时刻
图线的拐点	表示运动性质、加速度改变的时刻	
两图线的交点	表示速度相等的时刻	
图线与横轴所围图形的面积	表示位移，面积在横轴上方位移为正值，在横轴下方位移为负值	

特别提醒

应用 v—t 图像时的三点注意

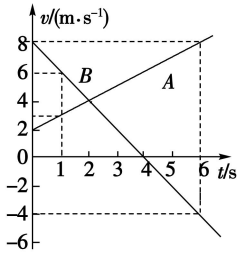
(1)加速度是否变化看有无拐点：在拐点位置，图线的斜率改变，表示此时物体的加速度改变。v—t 图像为曲线，可认为曲线上处处是拐点，加速度时刻在改变。

(2)速度方向是否改变看与时间轴有无交点：在与时间轴的交点位置，纵坐标的符号改变，表示物体的速度方向改变。

(3)由于 v—t 图像中只能表示正、负两个方向，所以它只能描述直线运动，无法描述曲线运动。

典例剖析

典题 1　A、B 是做匀变速直线运动的两个物体的 v—t 图像，如图所示。



(1)A、B 各做什么运动？求其加速度；

(2)两图线的交点的意义是什么？

(3)求 1 s 末 A、B 的速度；

(4)求 6 s 末 A、B 的速度。

思路引导：由 v—t 图像可以直接求出各时刻的速度，图线的斜率表示加速度，斜率的正负表示加速度的方向，图线的交点表示速度相同。

解析：(1)A 物体沿规定的正方向做匀加速直线运动，加速度的大小 $a_1=\dfrac{v-v_0}{t}=\dfrac{8-2}{6}\ \text{m/s}^2=1\ \text{m/s}^2$，加速度的方向沿规定的正方向；

B 物体前 4 s 沿规定的正方向做匀减速直线运动，4 s 后沿反方向做匀加速直线运动，加速度的大小 $a_2=\dfrac{8}{4}\ \text{m/s}^2=2\ \text{m/s}^2$，加速度的方向与初速度的方向相反。

(2)两图线的交点表示此时刻两个物体的速度相同。

(3)1 s 末 A 物体的速度大小为 3 m/s，和初速度方向相同；B 物体的速度大小为 6 m/s，和初速度方向相同。

(4)6 s 末 A 物体的速度大小为 8 m/s，和初速度方向相同；B 物体的速度大小为 4 m/s，和初速度方向相反。

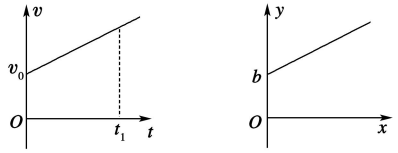
思维升华：运用图像法分析求解物理问题时，关键是理解图像所表示的物理意义，并能从轴、点、线、面积、斜率等几个方面入手，将图像与物体实际运动情况以及由相关的运动规律所列出的函数表达式联合起来分析。

考点　　匀变速直线运动速度公式的理解及应用

情境导入

观察图甲和图乙，可知匀变速直线运动的 v—t 图像与我们在数学里学的一次函数图像类似，类比一次函数的表达式，写出速度与时间的关系式，由此可看出

速度 v 与时间 t 存在什么关系？

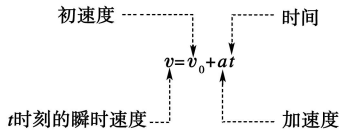


甲　　乙

提示：根据一次函数的一般表达式 $y=kx+b$，可知匀变速直线运动的速度与时间的关系式为 $v=v_0+at$。速度 v 与时间 t 存在一次函数关系。

要点提炼

1．**速度公式**



2．**公式的适用条件：**公式 $v=v_0+at$ 只适用于匀变速直线运动。

3．**公式的矢量性：**

(1)公式 $v=v_0+at$ 中的 v_0、v、a 均为矢量，应用公式解题时，首先应先选取正方向。

(2)一般以 v_0 为正方向，此时匀加速直线运动 $a>0$，匀减速直线运动 $a<0$；对计算结果 $v>0$，说明 v 与 v_0 方向相同；$v<0$，说明 v 与 v_0 方向相反。

4．**两种特殊情况：**

(1)当 $v_0=0$ 时，$v=at$。

由于匀变速直线运动的加速度恒定不变，表明由静止开始的匀加速直线运动的速度大小与其运动时间成正比。

(2)当 $a=0$ 时，$v=v_0$。

加速度为零的运动是匀速直线运动，也表明匀速直线运动是匀变速直线运动的特例。

典例剖析

典题 2　卡车原来用 10 m/s 的速度匀速在平直公路上行驶，因为道口出现红灯，司机从较远的地方即开始刹车，使卡车匀减速前进，当车减速到 2 m/s 时，交通灯转为绿灯，司机当即放开刹车，并且只用了减速过程的一半时间卡车就加

速到原来的速度，从刹车开始到恢复原速过程用了 12 s。求：

(1)减速与加速过程中的加速度；

(2)开始刹车后 2 s 末及 10 s 末的瞬时速度。

思路引导：卡车主要经历了两个过程：匀减速直线运动和匀加速直线运动。找出两个过程的联系点求出加速度是关键。

解析：(1)卡车先做匀减速运动，再做匀加速运动，其运动简图如图所示，设卡车从 A 点开始减速，则 $v_A=10\ \text{m/s}$，用 t_1 时间到达 B 点，从 B 点又开始加速，用时间 t_2 到达 C 点，则

$v_B=2\ \text{m/s}$，$v_C=10\ \text{m/s}$，且 $t_2=\frac{1}{2}t_1$，$t_1+t_2=12\ \text{s}$，可得 $t_1=8\ \text{s}$，$t_2=4\ \text{s}$。



由 $v=v_0+at$ 得，在 AB 段，$v_B=v_A+a_1t_1$ ①

在 BC 段，$v_C=v_B+a_2t_2$ ②

联立①②两式，代入数据解得

$a_1=-1\ \text{m/s}^2$，$a_2=2\ \text{m/s}^2$

(2)开始刹车后，2 s 末的速度为 $v_1=v_A+a_1t'=10\ \text{m/s}-1\times2\ \text{m/s}=8\ \text{m/s}$

10 s 末的速度为 $v_2=v_B+a_2t''=2\ \text{m/s}+2\times(10-8)\ \text{m/s}=6\ \text{m/s}$

答案：(1)$-1\ \text{m/s}^2$　$2\ \text{m/s}^2$　(2)8 m/s　6 m/s

思维升华：应用速度公式 $v=v_0+at$ 解决问题的步骤

(1)选取、确定研究对象。

(2)画出运动过程的草图，标上已知量。

(3)选取一个过程为研究过程，以初速度方向为正方向，判断各量的正负，利用 $v=v_0+at$ 由已知量求解未知量。

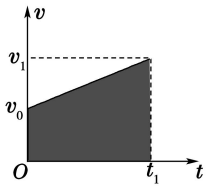
(4)讨论求出的矢量的大小及方向。

3.匀变速直线运动的位移与时间的关系

知识点 1　匀变速直线运动的位置

1．v—t 图像

初速度为 v_0，加速度为 a 的匀变速直线运动的 v—t 图像如图所示。



2．匀变速直线运动的位移

v—t 图像中着色部分的__梯形面积__表示匀变速直线运动物体的__位移__。

3．位移与时间的关系式

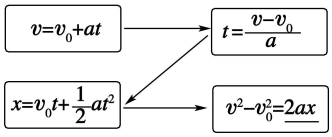
x=__$v_0t+\frac{1}{2}at^2$__。

4．公式的特殊形式：

当 v_0=0 时，x=__$\frac{1}{2}at^2$__(由静止开始的匀加速直线运动)。

知识点 2　速度与位移的关系

1．关系式的推导：



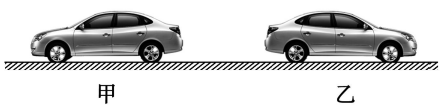
2．速度与位移的关系式

$v^2-v_0^2=2ax$

考点　　匀变速直线运动位移公式的理解与应用

情境导入

两辆汽车，甲车正在向左匀减速行驶，乙车正在向右匀加速行驶。



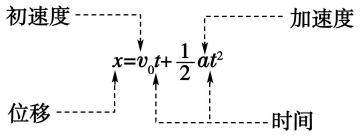
(1)它们都可以应用公式 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ 计算位移吗？

(2)计算它们的位移属于矢量运算，解题时如何规定正方向呢？

提示：(1)都可以。(2)一般以初速度的方向为正方向。

要点提炼

1．对位移公式的理解



(1)位移公式：

(2)公式的矢量性：公式中 x、v_0、a 都是矢量，应用时必须选取统一的正方向(一般选 v_0 的方向为正方向)。

通常有以下几种情况：

运动情况	取值
若物体做匀加速直线运动	a 与 v_0 同向，a 取正值(v_0 方向为正方向)
若物体做匀减速直线运动	a 与 v_0 反向，a 取负值(v_0 方向为正方向)
若位移的计算结果为正值	说明位移的方向与规定的正方向相同
若位移的计算结果为负值	说明位移的方向与规定的正方向相反

2．应用公式 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ 解题步骤

(1)确定一个方向为正方向(一般以初速度的方向为正方向)。

(2)根据规定的正方向确定已知量的正、负，并用带有正、负号的数值表示。

(3)根据位移—时间关系式或其变形式列式、求解。

(4)根据计算结果说明所求量的大小、方向。

3．两种特殊形式

(1)当 $a=0$ 时，$x=v_0t$(匀速直线运动)。

(2)当 $v_0=0$ 时，$x=\frac{1}{2}at^2$(由静止开始的匀加速直线运动)。

特别提醒

(1)公式 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ 是匀变速直线运动的位移公式，而不是路程公式，利用

该公式计算出的物理量是位移而不是路程。

(2)位移与时间的平方不是正比关系，时间越长，位移不一定越大。

典例剖析

典题 1　(多选)(2019·四川成都外国语学校高一上学期期中)冰壶(Curling)，又称掷冰壶、冰上溜石，是以队为单位在冰上进行的一种投掷性竞赛项目，属冬奥会比赛项目，并设有冰壶世锦赛。中国冰壶队于 2003 年成立，中国女子冰壶队在 2009 年世锦赛上战胜诸多劲旅夺冠，已成长为冰壶领域的新生力军。在某次比赛中，冰壶被投出后，如果做匀减速直线运动，用时 20 s 停止，最后 1 s 内位移大小为 0.2 m，则下面说法正确的是(　BC　)



A．冰壶的加速度大小是 0.3 m/s^2

B．冰壶的加速度大小是 0.4 m/s^2

C．冰壶第 1 s 内的位移大小是 7.8 m

D．冰壶的初速度大小是 6 m/s

思路引导：将冰壶的匀减速运动过程，等效为反方向初速度为零的匀加速直线运动，进行分析处理更快捷。

解析：整个过程的逆过程是初速度为零的匀加速直线运动，最后 1 s 的位移为 0.2 m，根据位移时间公式：$x_1=\frac{1}{2}at_1^2$，代入数据解得：$a=0.4\ \text{m/s}^2$，故 B 正确，A 错误；根据速度公式得初速度为：$v_0=at=0.4\times20\ \text{m/s}=8\ \text{m/s}$，则冰壶第 1 s 内的位移大小为：$x'_1=v_0t-\frac{1}{2}at^2=8\times1\ \text{m}-\frac{1}{2}\times0.4\times1^2\ \text{m}=7.8\ \text{m}$，故 C 正确，D 错误。

思维升华：1.逆向推理法：末速度为零的匀减速直线运动是初速度为零、加速度大小相等的反向匀加速直线运动的逆向运动。设物体的初速度为 v_0，加速度大小为 a，做匀减速直线运动至速度为零，则可将此运动逆向看成初速度为 0、加速度大小为 a 的匀加速直线运动，末速度为 v_0。

2．逆向推理法的优点：逆向推理之后，速度公式 $v=v_0+at$ 变为 $v=at$，位

移公式 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ 变为 $x=\frac{1}{2}at^2$，不仅简化了运算，也使问题变得更加简洁。

3．处理该类问题时应注意：逆向推理法可简化问题的处理过程，但要注意原过程与逆过程的速度、位移的大小相等，但方向相反。

考点　　匀变速直线运动的位移与速度的关系

情境导入

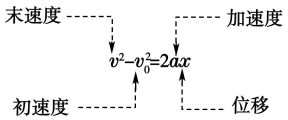
2019 年 12 月 17 日，首艘 国产航 母交付海军，并命名为“山 东舰”。如果你是航 母舰 载机跑道设计师，若已知飞机的加速度为 a，起飞速度为 v，你应该如何来设计飞机跑道的长度？



提示：由公式 $v^2-v_0^2=2ax$ 即可算出跑道的长度。

要点提炼

1．**表达式：**



2．**矢量的取值方法：**$v^2-v_0^2=2ax$ 为矢量式，应用它解题时，一般先规定初速度 v_0 的方向为正方向。

(1)物体做加速运动时，a 取正值，做减速运动时，a 取负值。

(2)位移 $x>0$，说明物体通过的位移方向与初速度方向相同；$x<0$，说明位移的方向与初速度的方向相反。

3．**适用范围：**匀变速直线运动。

4．**特例**

(1)当 $v_0=0$ 时，$v^2=2ax$

物体做初速度为零的匀加速直线运动，如自由下落问题。

(2)当 $v=0$ 时，$-v_0^2=2ax$

物体做匀减速直线运动直到静止，如刹车问题。

典例剖析

典题 2 “神 舟 八号”飞船完成与“天 宫一 号”的两次对接任务后返回，返回舱距地面 10 km 时开始启动降落伞装置，速度减至 10 m/s，并以这个速度在大气中竖直降落。在距地面 1.2 m 时，返回舱的 4 台发动机开始向下喷气，舱体再次减速。设最后减速过程中返回舱做匀减速运动，且到达地面时的速度恰好为 0(如图)。求(结果均保留两位有效数字)：



(1)最后减速阶段的加速度；

(2)最后减速阶段所用的时间。

思路引导：(1)第一问不涉及时间，可优先考虑使用 $v^2-v_0^2=2ax$ 求解。

(2)第二问不涉及位移，可优先考虑使用速度公式求解。

答案：(1)$-42\ \text{m/s}^2$　(2)0.24 s

解析：(1)由 $v^2-v_0^2=2ax$ 得

$$a=\frac{v^2-v_0^2}{2x}=\frac{-10^2}{2\times 1.2}\ \text{m/s}^2$$

$$=-42\ \text{m/s}^2$$

(2)由 $v=v_0+at$(或由加速度的定义)得

$$t=\frac{v-v_0}{a}=\frac{-10}{-42}\ \text{s}=0.24\ \text{s}$$

思维升华：巧选公式的基本方法

(1)如果题目中无位移 x，也不需求 x，一般选用速度公式 $v=v_0+at$；

(2)如果题目中无末速度 v，也不需求 v，一般选用位移公式 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$；

(3)如果题目中无运动时间 t，也不需求 t，一般选用公式 $v^2-v_0^2=2ax$。

4.自由落体运动

知识点 1　自由落体运动

1．**亚里士多德的观点**：物体下落的快慢是由它们的__重量__决定的。

2．**伽利略的观点**：重的物体与轻的物体应该下落得__同样快__。

3．**自由落体运动**

(1)定义：物体只在__重力__作用下从__静止__开始下落的运动。

(2)特点

①运动特点：初速度等于__零__的匀加速直线运动。

②受力特点：只受__重力__作用。

知识点 2　自由落体加速度

1．**定义**：在同一地点，一切物体自由下落的加速度都__相同__，这个加速度叫自由落体加速度，也叫__重力加速度__，通常用 g 表示。

2．**方向**：__竖直向下__。

3．**大小**：在地球上不同的地方，g 的大小一般是__不同的__，一般计算中 g 取__9.8__ m/s^2 或 10 m/s^2。

知识点 3　自由落体运动规律

1．自由落体运动实质上是初速度 $v_0=$__0__，加速度 $a=$__g__的__匀加速直线__运动。

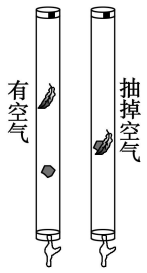
2．基本公式
- 速度公式：$v=$__gt__。
- 位移公式：$h=$__$\frac{1}{2}gt^2$__。
- 位移速度关系式：$v^2=$__$2gh$__。

课内互动探究

考点　　自由落体运动

情境导入

在有空气的玻璃管中，金属片比羽毛下落得快；在抽掉空气的玻璃管中，金属片和羽毛的下落快慢相同。



(1)实验表明：只受重力作用时，物体下落快慢有什么规律？

(2)空气中的落体运动在什么条件下可看作自由落体运动？

提示：(1)相同；(2)初速度为零，忽略空气阻力。

要点提炼

1．物体做自由落体运动的条件

(1)初速度为零；

(2)除重力之外不受其他力的作用。

2．自由落体运动是一种理想化模型

(1)这种模型忽略了次要因素——空气阻力，突出了主要因素——重力。(在地球上，物体下落时由于受空气阻力的作用，并不做自由落体运动。)

(2)当空气阻力远小于重力时，物体由静止开始的下落可看作自由落体运动。如在空气中自由下落的石块可看作自由落体运动，空气中羽毛的下落不能看作自由落体运动。

3．自由落体运动的特点

自由落体运动是初速度 $v_0=0$，加速度 $a=g$ 的匀加速直线运动，它只是匀变速直线运动的特例。

特别提醒

物体在其他星球上也可以做自由落体运动，但下落的加速度与在地球表面下落的加速度不同。

典例剖析

典题 1　关于自由落体运动，下列说法正确的是(　C　)

A．质量大的物体自由下落时的加速度大

B．雨滴下落的过程是自由落体运动

C．在自由落体运动过程中，不同质量的物体运动规律相同

D．从水平飞行着的飞机上释放的物体将做自由落体运动

思路引导：根据自由落体运动的条件判断。

解析：自由下落的物体的加速度相同都是重力加速度 g；雨滴下落的空气阻

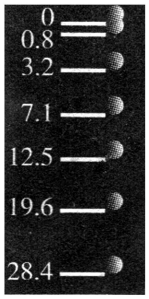
力不能忽略；从水平飞行着的飞机上释放的物体不是从静止开始下落即初速度不为零。故选 C。

思维升华：物体在真空中下落的运动不一定是自由落体运动，因为初速度不一定为零。

考点　　自由落体加速度

情境导入

小球自由下落时的频闪照片如图所示，频闪仪每隔 0.04 s 闪光一次。如何根据下图的频闪照片求出重物的重力加速度？



提示：可用下列两种方法求出重力加速度：

(1)由 $v_n=\frac{x_n+x_{n+1}}{2T}$ 求出各点的瞬时速度，作出 $v-t$ 图像，$v-t$ 图像是一条过原点的倾斜直线，斜率表示加速度。

(2)由位移差公式 $\Delta x=aT^2$ 计算加速度。

要点提炼

一、对自由落体加速度的理解

1．**产生原因：**地球上的物体受到地球的吸引力而产生的。

2．**大小：**与在地球上的纬度以及距地面的高度有关。

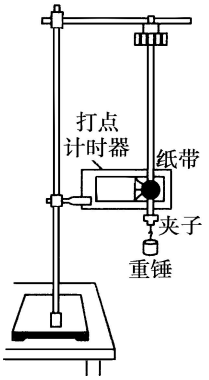
与纬度的关系	在地球表面上，重力加速度随纬度的增加而增大，即赤道处重力加速度最小，两极处重力加速度最大，但差别很小
与高度的关系	在地面上的同一地点，重力加速度随高度的增加而减小。但在一定的高度内，可认为重力加速度的大小不变，通常情况下取 $g=9.8\ \text{m/s}^2$ 或 $g=10\ \text{m/s}^2$。

3．**方向**

①方向竖直向下，不是垂直向下，也不是指向地球球心。

②由于地球是球体，各处重力加速度的方向并不相同。

二、自由落体加速度的测量



1．利用打点计时器测重力加速度

(1)按图示连接好线路，并用手托重物将纸带拉到最上端。

(2)安装打点计时器时要使两限位孔在同一竖直线上，以减小摩擦阻力。

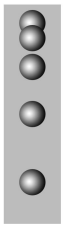
(3)应选用质量和密度较大的重物。增大重力可使阻力的影响相对减小；增大密度可以减小体积，可使空气阻力减小。

(4)先接通电路再放开纸带。打完一条纸带后立刻断开电源。

(5)对纸带上计数点间的距离 h 进行测量，利用 $h_n-h_{n-1}=gT^2$，求出重力加速度的大小。

2．频闪照相法

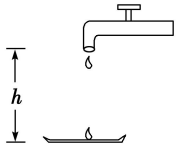
(1)频闪照相机可以间隔相等的时间拍摄一次，利用频闪照相机的这一特点可追踪记录做自由落体运动的物体在各个时刻的位置。



(2)根据匀变速运动的推论$\Delta h=gT^2$可求出重力加速度 $g=\frac{\Delta h}{T^2}$。也可以根据 $v_{\frac{t}{2}}=\overline{v}=\frac{x}{t}$，求出物体在某两个时刻的速度，由 $g=\frac{v-v_0}{t}$，也可求出重力加速度 g。

3．滴水法

(1)让水滴一滴滴落到正下方的盘子里，调节阀门，直到清晰听到每一滴水滴撞击盘子的声音。

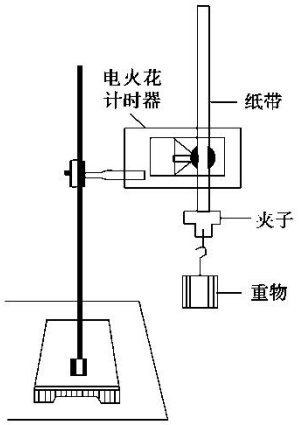


(2)记录下 N 滴水滴下落的总时间为 T，则一滴水滴下落的时间 $t=\frac{T}{N}$。

(3)用米尺量出水龙头滴水处到盘子的距离为 h，利用 $h=\frac{1}{2}gt^2$ 计算出重力加速度的值。

典例剖析

典题 2　某同学用下图所示装置测定重力加速度(已知打点频率为 50 Hz)

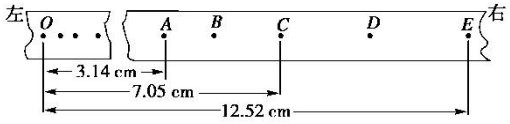


(1)实验时下面的步骤先后顺序是__BA__。

A．释放纸带　　B．打开打点计时器

(2)打出的纸带如下图所示，可以判断实验时重物连接在纸带的__左__端。(选填“左”或“右”)。

(3)已知纸带上记录的点为打点计时器打的点，打点计时器在打 C 点时物体的瞬时速度大小为__1.17__ m/s，所测得的重力加速度大小为__9.75__ m/s^2。



(4)若当地的重力加速度数值为 9.8 m/s^2，请列出测量值与当地重力加速度的值有差异的一个原因__纸带与打点计时器的摩擦；空气阻力__。

思路引导：根据用打点计时器测加速度的方法步骤作答。

解析：(1)应先打开打点计时器，再释放纸带。

(2)因纸带下落为加速运动，开始时相同时间位移小，则纸带左端与重物相连。

(3)$v_c=\frac{x_{AE}}{4T}=\frac{(12.52-3.14)\times10^{-2}}{4\times0.02}$ m/s$=1.17$ m/s

$a=\frac{x_{CE}-x_{AC}}{4T^2}=9.75$ m/s^2

(4)因纸带下落过程中会与打点计时器产生摩擦力，并且有空气阻力，从而 $a<g$。

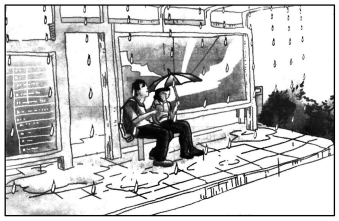
考点　　自由落体运动的规律与应用

情境导入

如图所示，屋檐上水滴下落的过程可以近似地看作是自由落体运动。

请思考：(1)自由落体运动与匀变速直线运动存在什么关系？

(2)假定水滴从 5 m 高的屋檐上无初速滴落，水滴下落的重力加速度约为 9.8 m/s^2，你能求出水滴落到地面时的速度吗？



水滴从屋檐自由下落

提示：(1)自由落体运动是初速为零的匀加速直线运动。

(2)$v=\sqrt{2gh}=9.9$ m/s。

要点提炼

1．自由落体运动的基本公式

匀变速直线运动规律$\xrightarrow{\text{特例}}$自由落体运动规律

$$\begin{cases} v=v_0+at \\ x=v_0t+\dfrac{1}{2}at^2 \\ v^2-v_0^2=2ax \end{cases} \quad \xrightarrow[a=g]{v_0=0} \quad \begin{cases} v=gt \\ h=\dfrac{1}{2}gt^2 \\ v^2=2gh \end{cases}$$

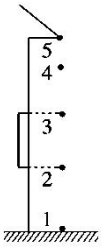
2．匀变速直线运动的其他规律，如平均速度公式、位移差公式、初速度为零的比例式同样适用于自由落体运动。

特别提醒

若分析自由落体运动过程中的一段，则该过程是初速度不为零的匀变速直线运动，相应的速度公式和位移公式为 $v=v_0+gt$，$h=v_0t+\dfrac{1}{2}gt^2$。

典例剖析

典题 3　屋檐每隔一定时间滴下一滴水，当第 5 滴正欲滴下时，第 1 滴刚好落到地面，而第 3 滴与第 2 滴分别位于高 1 m 的窗子的上、下沿，如图所示(g 取 10 m/s^2)，问：



(1)此屋檐离地面多高？

(2)滴水的时间间隔是多少？

思路引导：如果将这 5 滴水的运动等效为一滴水的自由落体，并且将这一滴水运动的全过程分成时间相等的 4 段，设时间间隔为 T，则这一滴水在 0 时刻，T s 末、$2T$ s 末、$3T$ s 末、$4T$ s 末所处的位置，分别对应图示第 5 滴水、第 4 滴水、第 3 滴水、第 2 滴水、第 1 滴水所处的位置，据此可用多种方法作出解答。

解析：解法一：利用基本规律求解

设屋檐离地面高为 h，滴水间隔为 T，由 $h=\frac{1}{2}gt^2$ 得

第 2 滴水的位移 $h_2=\frac{1}{2}g(3T)^2$ ①

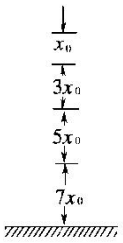
第 3 滴水的位移 $h_3=\frac{1}{2}g(2T)^2$ ②

由题意知：$h_2-h_3=1$ m

由①②③解得：$T=0.2$ s，$h=3.2$ m

解法二：用比例法求解

(1)由于初速为零的匀加速直线运动从开始运动起，在连续相等的时间间隔内的位移比为 1∶3∶5∶7∶…∶$(2n-1)$，据此令相邻两水滴之间的间距从上到下依次是 $x_0∶3x_0∶5x_0∶7x_0$。(如图)



显然，窗高为 $5x_0$，即 $5x_0=1$ m，得 $x_0=0.2$ m

屋檐总高 $x=x_0+3x_0+5x_0+7x_0=16x_0=3.2$ m

(2)由 $x=\frac{1}{2}gt^2$ 知，滴水时间间隔为

$T=\sqrt{\frac{2x_0}{g}}=\sqrt{\frac{2\times0.2}{10}}\ \text{s}=0.2\ \text{s}$

解法三：用平均速度求解

(1)设滴水间隔为 T，则雨滴经过窗子过程中的平均速度为 $\overline{v}=\frac{x'}{T}=\frac{1\ \text{m}}{T}$

由 $v_t=gt$ 知，雨滴下落 $2.5T$ 时的速度为 $v_t=2.5gT$

由于 $\overline{v}=v_t$，故有 $\frac{1\ \text{m}}{T}=2.5gT$，解得 $T=0.2\ \text{s}$

(2)$x=\frac{1}{2}g(4T)^2=3.2\ \text{m}$

答案：(1)3.2 m　(2)0.2 s

思维升华：运动学问题的求解一般会有多种解法，进行一题多解训练可以熟练地掌握运动学规律。

第三章　相互作用——力

1.重力与弹力

知识点 1　重力

1．**定义：**由于__地球的吸引__而使物体受到的力。

2．**方向：**__竖直向下__。

3．**大小：**$G=$__mg__，g 是自由落体加速度。

4．**作用点——重心**

(1)重心：一个物体的各部分都受到重力的作用，从效果上看，可以认为各部分受到的重力作用__集中于一点__，这一点叫作物体的重心。

(2)决定因素：①物体的__质量分布__；②物体的__形状__。

(3)对形状不规则的物体，可以应用二力平衡的知识通过实验来确定其重心位置。如薄板状物体的重心位置可以通过__悬挂__法来确定。

知识点 2　力的图示和示意图

1．**力的图示**：用有向线段来表示力。

(1)有向__线段的长短__(严格按标度画)表示力的大小；

(2)__箭头__表示力的方向。

(3)__箭尾(或箭头)__表示力的作用点。

2．**力的示意图**：只用带箭头的有向线段来表示力的方向和作用点，不需要准确标度力的大小。

知识点 3　弹力

1．**形变与弹性形变**

(1)形变：物体在力的作用下__形状或体积__发生改变，叫作形变。

(2)弹性形变：有些物体在形变后能够__恢复原状__，这种形变叫作弹性形变。

2．**弹力**

(1)概念：发生__形变__的物体，由于要恢复__原状__，对与它__接触的__物体产生力的作用，这种力叫作弹力。

(2)弹性限度：当形变超过一定限度时，撤去作用力后，物体__不能完全恢复原来的形状__，这个限度叫弹性限度。

知识点 4　胡克定律

1．**内容**：弹簧发生弹性形变时，弹力的大小 F 跟__弹簧伸长(或缩短)的长度 x__成正比。

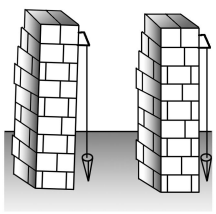
2．**表达式**：$F=$__kx__，其中 k 为弹簧的__劲度系数__，单位：牛顿每米，符号____N/m__，它的大小反映了弹簧的软硬程度。

考点　　重力和重心

情境导入

如图所示，树上的苹果会落向地面；建筑工地上工人常用重垂线来检测墙壁是否竖直。为什么树上的苹果总要落向地面？为什么使用重垂线能检测墙壁是否竖直呢？





提示：物体落向地面是因为受到了竖直向下的重力作用；重垂线能检测墙壁

是否竖直的原理，是因为重力的方向是竖直向下的，重锤静止时，悬挂重锤的细线方向一定是竖直方向的，如果墙壁与细线平行，就说明墙壁是竖直的，没有倾斜。

要点提炼

1．**重力的概念**：由于地球的吸引而使物体受到的力叫重力。

(1)地球上的物体都受到重力作用，不管质量大小，也不论有无生命，凡是由分子、原子构成的物体皆受重力作用。

(2)重力是由于地球的吸引而产生的，但重力的大小不一定等于地球对物体的吸引力，重力一般小于地球对物体的吸引力。在有的情况下，认为物体所受的重力与地球对物体的吸引力大小相等，原因是两者相差很小。

(3)重力是非接触力。

(4)重力的施力物体是地球。

2．**重力的测量**：在实验室里，重力的大小可以用测力计测量；工业上用电子吊秤可以称更重的物体。

测量原理：二力平衡时，两个力大小相等。

测量条件：物体处于静止或匀速直线运动时。

测量方法：用测力计将待测物体悬挂起来处于静止状态，测力计的读数在数值上等于重力的大小。

3．**重力的大小**：由于 $G=mg$，在同一地点，重力的大小与质量成正比；在不同地点，如从两极到赤道或离地面越高，g 值均减小，从而使同一物体的重力也有所不同；物体的重力与其运动状态无关。

4．**重力的方向**：重力总是竖直向下的。竖直向下不能说成垂直向下，垂直要看接触面，重力和水平面垂直，与斜面并不垂直。物体在自由释放后总是竖直向下的，就说明了重力的方向。

5．**对重心的理解**

(1)重心的特点：重心是重力的等效作用点，并非物体的其他部分不受重力作用。

(2)重心的位置及决定因素：

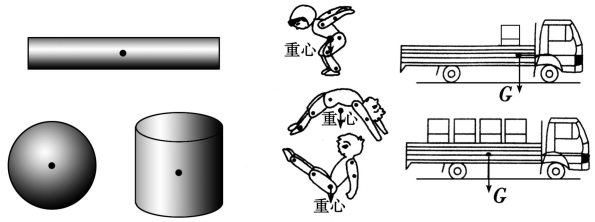
①位置：重心的位置可以在物体上，也可以在物体外。

②决定因素：

a．物体质量分布情况。

b．物体的形状。

(3)重心与物体形状、质量分布情况的关系

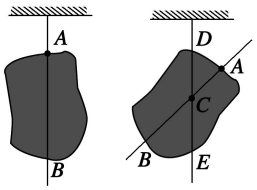


质量分布均匀、形状规则的物体，重心在其几何中心　　质量分布不均匀、形状不规则的物体，重心与物体的形状、质量分布情况均有关

(4)对薄板类物体，可用支撑法或悬挂法来确定重心。

如图所示，*C* 点即为物体的重心，但该方法仅适用于薄板状物体。

悬挂法找物体重心



特别提醒

关于重心理解的三点注意：

(1)重心不是重力的真实作用点，重力作用于整个物体，重心是重力的等效作用点。

(2)重心不是物体上最重的一点，也不一定是物体的几何中心。

(3)重心在物体上的相对位置与物体的位置、放置状态及运动状态无关。重心的位置可以不在物体上。

典例剖析

典题 1　下列关于重心和重力的说法正确的是(　B　)

A．一物体放于水中称量时弹簧测力计的示数小于物体在空气中称量时弹簧测力计的示数，因此物体在水中受到的重力小于在空气中受到的重力

B．据 $G=mg$ 可知，两个物体相比较，质量较大的物体受到的重力不一定大

C．物体放于水平面上时，其重力方向垂直于水平面向下，当物体静止于斜面上时，其重力方向垂直于斜面向下

D．物体的形状改变后，其重心位置不会改变

思路引导：影响重力大小的因素 → 重力的方向 → 重心与形状的关系

解析：由于物体放于水中时，受到向上的浮力从而减小了弹簧的拉伸形变，弹簧测力计的拉力减小了，但物体受到的重力并不改变，选项 A 错误；当两物

体所处的地理位置相同时，g 值相同，质量大的物体受到的重力必定大，但当两物体所处的地理位置不同时(如质量较小的物体放在地球上，质量较大的物体放在高空中，高空中 g 值较小)，质量较大的物体受到的重力不一定大，选项 B 正确；重力的方向总是竖直向下的，选项 C 错误；物体的重心位置由物体的形状和质量分布情况共同决定，当物体的形状改变时，其重心可能发生改变，选项 D 错误。

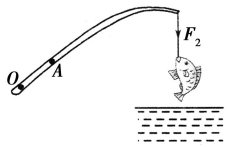
思维升华：1.重力的大小与物体的运动状态及放置方式无关，只与重力加速度 g 有关。

2．重心在物体上的相对位置与物体的位置及运动状态无关。

考点　　力的图示与力的示意图

情境导入

绳子对鱼竿的拉力可以用力的图示或示意图来表示。图中画出的是拉力的图示还是示意图？



提示：示意图。

要点提炼

1．力的图示与力的示意图的区别

(1)力的图示能表示力的三要素，精确表示力时经常用到。

(2)力的示意图只能表示力的作用点和方向，在对物体的受力情况进行分析时经常用到。

2．力的图示和力的示意图的画法比较

作图步骤	力的图示	力的示意图
选标度	选定标度(用某一长度表示多少牛的力)	无需选标度
画线段	从作用点开始沿力的方向画一线段，根据选定的标度和力的大小按比例确定线段长度	从作用点开始沿力的方向画一适当长度线段即可
标方向	在线段的末端标出箭头，表示方向	在线段的末端标出箭头，表示方向

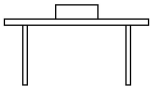
特别提醒

(1)标度的选取应根据力的大小合理设计。一般情况下，线段应取 2～5 段整数段标度的长度。

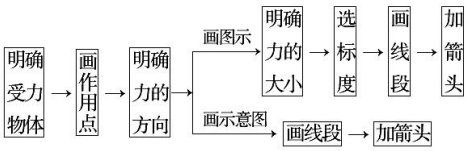
(2)要用同一标度画同一物体受到的不同的力。

典例剖析

典题 2　如图所示，静止木块对桌面的压力为 6　N，试画出压力的图示，说明施力物体和受力物体；并画出木块所受重力和支持力的示意图。



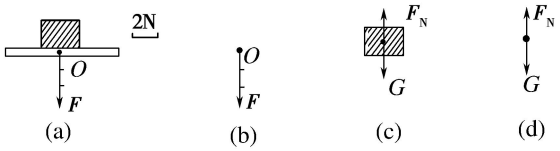
思路引导：



解析：画力的图示时，要按照以下步骤进行：

(1)选标度：本题选 2 mm 的线段表示 2　N 的力。

(2)从作用点沿力的方向画一线段，线段长短按标度和力的大小来画，线段标上刻度。如下图中(a)所示，从 O 点竖直向下画一条三倍于标度(6 mm)的线段。



(3)在线段上加上箭头表示力的方向。

为了简便，也可照图(b)来画。压力的施力物体是木块，受力物体是桌子。

画力的示意图时，只需要画出力的作用点和方向，对线的长短没有严格要求。如图(c)为木块所受重力和支持力的示意图，也可照图(d)那样用一点表示木块，画出重力和支持力的示意图。

思维升华：力的图示的“四定三标”

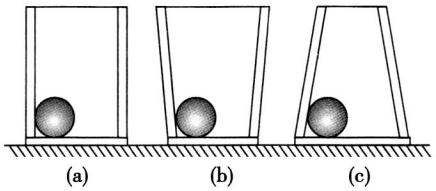
(1)四定：做力的图示要定作用点、作用线、比例标度、线的长度。

(2)三标：做力的图示要标力的方向、力的数值、力的符号。

考点　　物体间弹力的产生及有无的判断方法

情境导入

如图所示，将一个钢球分别放在量杯、口大底小的普通茶杯和三角烧杯中，钢球在各容器的底部与侧壁相接触，处于静止状态。若钢球和各容器都是光滑的，各容器的底部均处于水平面内，各容器的侧壁对钢球有没有弹力作用？



提示：在将容器的侧壁去掉时，钢球仍处于静止，故各容器的侧壁对钢球没有弹力作用。

要点提炼

1．产生弹力必备的两个条件：

(1)两物体间相互接触；

(2)发生弹性形变。

2．判断弹力有无的常见方法：

(1)直接判定：对于发生明显形变的物体(如弹簧、橡皮条等)，可根据弹力产生的条件由形变直接判断。

(2)对于形变不明显的情况，通常用以下方法来判定：

a．假设法：假设将与研究对象接触的物体撤去，判断研究对象的运动状态是否发生改变，若运动状态不变，则此处不存在弹力；若运动状态改变，则此处一定存在弹力。

b．替换法：可以将硬的、形变不明显的施力物体用软的、易产生明显形变的物体来替换，看能不能维持原来的力学状态。如将侧壁、斜面用海绵来替换，将硬杆用轻弹簧(橡皮条)或细绳来替换。

c．状态法：因为物体的受力必须与物体的运动状态相吻合，所以可以依据物体的运动状态由相应的规律(如二力平衡知识等)来判断物体间的弹力。

接触的物体间不一定存在弹力，但两物体间若有弹力，则它们一定接触。

特别提醒

典例剖析

典题 3　(多选)(2019·黑龙江省实验中学高一上学期期中)在各项体育运动中，有弹力出现的情况比较普遍，如图所示的就是一个实例，下列说法正确的是(　BC　)



A．跳板发生形变，运动员的脚没有发生形变

B．跳板和运动员的脚都发生了形变

C．运动员受到的支持力是跳板发生形变而产生的

D．跳板受到的压力是跳板发生形变而产生的

思　　路　　引　　导　　：

明确研究对象 → 找出施力物体 → 找出施力物体形变的方向 → 受力物体受到的弹力

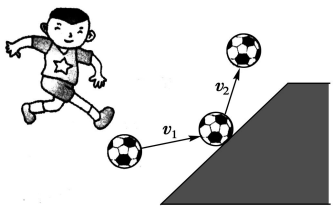
解析：跳板和运动员的脚因为都受到力的作用，所以都要发生形变；运动员受到的支持力是跳板发生形变而产生的，跳板受到的压力是运动员的脚发生形变而产生的。故选项 B、C 正确。

思维升华：弹力的产生原因是施力物体发生了弹性形变，要恢复原状，从而对与它接触的物体产生了弹力的作用。

考点　　弹力方向的判定

情境导入

体育课上一学生将足球踢向斜台，如图所示，足球与斜台之间有相互作用的弹力吗？若有，则斜台给足球的弹力方向如何？



提示：有；足球所受弹力方向垂直于斜台指向足球。

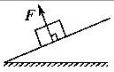
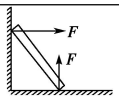
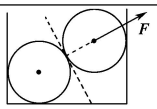
要点提炼

弹力的方向：

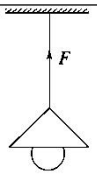
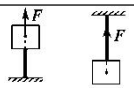
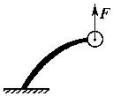
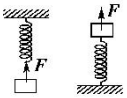
(1)弹力的方向总与引起物体形变的外力方向相反，与施力物体恢复原状的方向相同。

(2)常见的三种接触方式

类型	方向	图示

接触方式	面与面	垂直公共接触面	
	点与面	过点垂直于面	
	点与点	垂直于切面	

(3)常见三类弹力的方向

类型	方向	图示
轻绳	沿绳收缩方向	
轻杆	可沿杆	
	可不沿杆 (由运动状态判断)	
轻弹簧	沿弹簧形变的反方向	

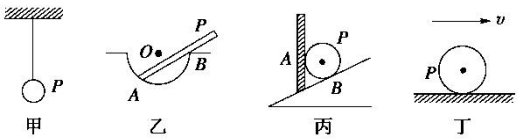
特别提醒

(1)压力、支持力的方向都垂直于接触面，确定它们方向的关键是找准它们的接触面或接触点的切面。

(2)轻杆的弹力方向具有不确定性，一般要根据物体的运动状态结合平衡条件确定轻杆的弹力方向。

典例剖析

典题 4　在下图所示图中画出物体 *P* 受到的各接触点或面对它的弹力的示意图，其中甲、乙、丙中物体 *P* 处于静止状态，丁中物体 *P*(即球)在水平面上匀速滚动。



思路引导：判断弹力方向应把握以下三种情况：

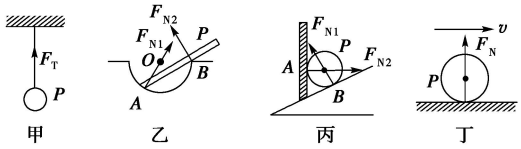
(1)当面(或曲面)接触，弹力垂直于面。

(2)绳上弹力沿绳并指向绳收缩方向。

(3)与球面接触的弹力方向延长线或反向延长线过球心。

解析：甲属于绳的拉力，应沿绳指向绳收缩的方向，因此弹力方向沿绳向上；乙中 A 点属于点与球面相接触，弹力应垂直于球面的切面斜向上，必过球心 O，B 点属于点与杆相接触，弹力应垂直于杆斜向上；丙中 A、B 两点都是球面与平面相接触，弹力应垂直于平面，且必过球心，所以 A 处弹力方向水平向右，B 处弹力垂直于斜面向左上方，且都过球心；丁中小球 P 不管运动与否，都是属于平面与球面相接触，弹力应垂直于平面，且过球心，即向上。

它们所受弹力的示意图如图所示：



思维升华：判断弹力方向的一般步骤

(1)确定物体之间弹力作用的类型。

(2)确定产生弹力的物体。

(3)找出使物体发生形变的外力方向。

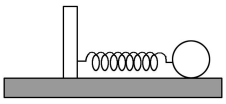
(4)确定物体形变的方向。

(5)确定物体产生的弹力方向。

考点　　胡克定律

情境导入

如图所示，轻弹簧的一端固定于竖直木板上，另一端与一光滑小球连接。



(1)小球是否一定受到弹簧的弹力作用？

(2)若弹簧处于被拉长状态，则弹簧越长(在弹性限度中)，弹力越大还是越小？

提示：(1)不一定　(2)越大

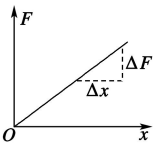
要点提炼

1．胡克定律 $F=kx$ 的理解

(1)x 是弹簧的形变量，而不是弹簧形变后的长度。

(2)k 为弹簧的劲度系数，反映弹簧本身的属性，由弹簧自身的长度、粗细、材料等因素决定，与弹力 F 的大小和伸长量 x 无关。

2．$F-x$ 图像是一条过原点的倾斜直线(如图所示)，直线的斜率表示弹簧的劲度系数 k。

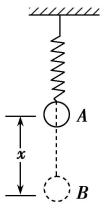


3．胡克定律的推论：$\Delta F=k\Delta x$。弹簧弹力的变化量ΔF跟弹簧形变量的变化量Δx成正比。

4．胡克定律的适用条件：弹簧在弹性限度内发生形变。

典例剖析

典题 5　如图所示，弹簧的劲度系数为 k，小球重力为 G，平衡时球在 A 位置。现用力将小球向下拉，使弹簧又伸长 x 至 B 位置，若仍在弹性限度内，则此时弹簧的弹力大小为(　C　)



A．kx　　B．$G-kx$

C．$kx+G$　　D．以上都不对

思路引导：求解此题应特别注意，球在 A 处时弹簧已经伸长了一定长度。

解析：球在 A 位置时弹簧已经伸长了(令它为Δx)，这样有 $F_B=k(\Delta x+x)=k\cdot\Delta x+kx$，因球在 A 位置平衡，即 $G=k\cdot\Delta x$，所以 $F_B=G+kx$，故 C 正确。

思维升华：计算弹簧弹力时应注意的问题

(1)胡克定律只能计算弹力的大小，而弹力的方向要根据弹簧的伸缩来确定，其方向总是与弹簧恢复原状的方向相同。

(2)弹簧弹力的大小(在弹性限度内)任何时候都可以用胡克定律求解，但只有在物体处于静止或匀速直线运动状态时，才能用二力平衡求解与物体相连的弹簧弹力。

实验：探究弹力和弹簧伸长的关系

1．实验原理

(1)弹簧受力会发生形变，形变的大小与受到的外力有关。沿着弹簧的方向拉弹簧，当形变稳定时，弹簧的弹力与使它发生形变的拉力在数值上是相等的。用

悬挂法测量弹簧的弹力，利用的是弹簧静止时弹簧的弹力与挂在弹簧下面的钩码的重力相等。

(2)弹簧的长度可用刻度尺直接测出，伸长量可由弹簧拉长后的长度减去弹簧的原长来计算。

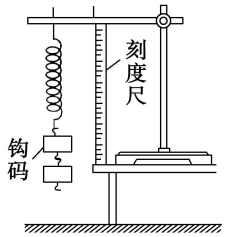
(3)建立坐标系，以纵坐标表示弹力大小 F，以横坐标表示弹簧的伸长量 x，在坐标系中描出实验所测得的各组(x、F)对应的点，用平滑的曲线连接起来，根据实验所得的图线，就可探究弹力大小与伸长量间的关系。

2．实验器材

轻弹簧、钩码(一盒)、刻度尺、铁架台、三角板、重垂线、坐标纸。

3．实验步骤

(1)按图安装实验装置，记下弹簧下端不挂钩码时所对应的刻度 l_0。



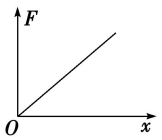
(2)在弹簧下悬挂一个钩码，平衡时记下弹簧的总长度并记下钩码的重力。

(3)增加钩码的个数，重复上述实验过程，将数据填入表格，以 F 表示弹力，l 表示弹簧的总长度，$x=l-l_0$ 表示弹簧的伸长量。

	1	2	3	4	5	6	7
F/ N	0						
l/ cm							
x/ cm	0						

4．数据处理

(1)以弹力 F(大小等于所挂钩码的重力)为纵坐标，以弹簧的伸长量 x 为横坐标，用描点法作图。连接各点，得出弹力 F 随弹簧伸长量 x 变化的图线。



(2)以弹簧伸长量为自变量，写出弹力和弹簧伸长量之间的函数关系，函数表达式中常数即为弹簧的劲度系数，这个常数也可据 $F-x$ 图线的斜率求解，$k=\dfrac{\Delta F}{\Delta x}$。

5．注意事项

(1)所挂钩码不要过重，以免弹簧被过分拉伸，超出它的弹性限度。

(2)每次所挂钩码的质量差尽量大一些，从而使坐标上描的点尽可能稀一些，这样作出的图线更精确。

(3)测弹簧长度时，一定要在弹簧竖直悬挂且处于平衡状态时测量，刻度尺要保持竖直并靠近弹簧，以免增大误差。

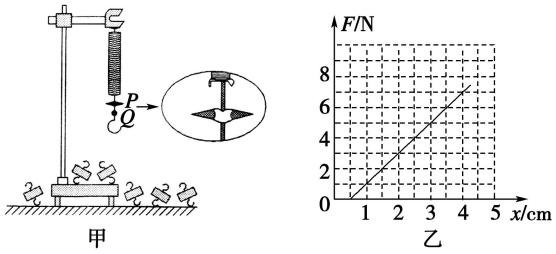
(4)描点画线时，所描的点不一定都落在一条曲线上，但应注意一定要使各点均匀分布在曲线的两侧。

(5)记录数据时要注意弹力与弹簧伸长量的对应关系及单位。

考点　　实验原理与操作

典例剖析

典题 1　如图甲所示，用铁架台、弹簧和多个未知质量但质量相等的钩码探究在弹性限度内弹簧弹力与形变量的关系。



(1)为完成实验，除了图甲中提供的实验器材，你还需要的实验器材有：__刻度尺__、__弹簧测力计__。

(2)实验中你需要测量的物理量有：__弹簧原长、弹簧挂不同个数的钩码时所对应的弹簧长度__。

(3)为完成该实验，设计的实验步骤如下：

A．以弹簧伸长量为横坐标，以弹力为纵坐标，描出各组(x，F)对应的点，并用平滑的曲线连接起来；

B．记下弹簧不挂钩码时其下端在刻度尺上的刻度 l_0，测量出一个钩码的重力；

C．将铁架台固定于桌子上，并将弹簧的一端系于横梁上，在弹簧附近竖直固定一把刻度尺；

D．依次在弹簧下端挂上 1 个、2 个、3 个、4 个……钩码，并分别记下钩码静止时弹簧下端所对应的刻度，并记录在表格内，然后取下钩码；

E．以弹簧伸长量为自变量，写出弹力与弹簧伸长量的关系式。首先尝试写成一次函数，如果不行，则考虑二次函数；

F．解释函数表达式中常数的物理意义；

G．整理仪器。

请你将以上步骤按操作的先后顺序排列出来：__CBDAEFG__。

(4)若实验开始时你将图甲中的指针从 P 位置往下挪到 Q，其余实验步骤不变且操作正确，则测量得到弹簧的劲度系数将__不变__(选填“变大”“不变”或“变小”)。

(5)图乙是另一位同学实验得到弹簧弹力 F 与弹簧伸长量 x 的 $F-x$ 图线，由此可求出弹簧的劲度系数为__200__N/m(结果保留三位有效数字)，图线不过原点的原因是由于__弹簧自身存在重力__。

解析：(1)实验需要测弹簧的长度、形变量，因为钩码的质量未知，所以要测量钩码的重力，故还需要的实验器材有：刻度尺，弹簧测力计；

(2)为了测量弹簧的形变量；由胡克定律可知，实验中还应测量弹簧原长、弹簧挂不同个数的钩码时所对应的弹簧长度；

(3)实验中要先组装器材，即 CB，然后进行实验，即 D，最后数据处理，分析解释表达式，最后整理仪器；即 AEFG。所以先后顺序为 CBDAEFG；

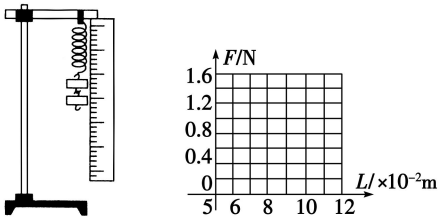
(4)指针从 P 位置往下挪到 Q，只是在测量弹簧的原长时，原长偏大，挂上钩码后，弹簧的伸长量依然没有改变，故没有影响，所以测量得到弹簧的劲度系数不变；

(5)图像中的斜率表示弹簧的劲度系数，则 $k=\dfrac{7}{(4-0.5)\times10^{-2}}\text{N/m}=200\text{ N/m}$；图线不过原点说明没有力时弹簧有了形变量，故说明弹簧有自身的重力存在。

考点　　实验数据处理

典例剖析

典题 2　(2019·四川成都外国语学校高一上学期期中)某同学在做“探究弹力和弹簧伸长量的关系”的实验中，所用实验装置如图甲所示，所用的钩码每只质量都是 30 g。他先测出不挂钩码时弹簧的自然长度，再将 5 个钩码逐个挂在弹簧的下端，每次都测出相应的弹簧总长度，并将数据填在下表中。实验中弹簧始终未超过弹性限度，取 $g=10\text{ m/s}^2$。试根据这些实验数据在如图所示的坐标系中作出弹簧所受弹力大小与弹簧总长度之间的函数关系的图线如图乙。则：



钩码质量(g)	0	30	60	90	120	150
弹簧总长度(cm)	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00

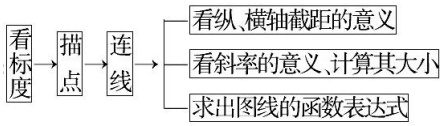
(1)写出该图线的数学表达式 $F=$ __(30L－1.8)__ N；

(2)图线与横轴的交点的物理意义是__弹簧原长__；

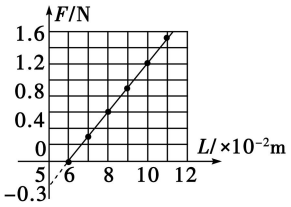
(3)该弹簧的劲度系数 $k=$ __30__ N/m；

(4)图线延长后与纵轴的交点的物理意义是__弹簧被压缩 1 cm 时的弹力为 0.3 N__。

思路引导：



解析：描点作图，图像如图所示。



(1)由图像可以得出图线的数学表达式为 $F=(30L-1.8)$ N；

(2)图线与横轴的交点表示，弹簧所受弹力 $F=0$ 时弹簧的长度，即弹簧的原长；

(3)图线的斜率即为弹簧的劲度系数 $k=30$ N/m；

(4)图线延长后与纵轴的交点表示弹簧长度为 5 cm 时的弹力，此时弹簧被压缩了 1 cm，即表示弹簧被压缩 1 cm 时的弹力为 0.3 N。

思维升华：图像法处理实验数据时的注意事项

(1)连线时要注意使尽可能多的点落在所连的图线上，不在图线上的点要大致均匀地分布在图线的两侧。(2)图线的斜率是纵轴物理量的变化量与横轴物理量的变化量的比值。(3)要灵活运用数学知识，即数形结合，理解图线斜率和截距的物理意义。

2.摩擦力

知识点 1　滑动摩擦力

1．**定义**：两个相互接触的物体，当它们__相对滑动__时，在接触面上会产生一种__阻碍相对运动__的力，这种力叫作滑动摩擦力。

2．**方向**：总是沿着__接触面__，并且跟物体__相对运动__的方向相反。

3．**大小**

(1)滑动摩擦力的大小跟接触面上压力的大小成__正比__，还跟接触面的粗糙程度、材质等有关。

(2)公式：F_f=__μF_N__。

(3)动摩擦因数μ：它的值跟两接触面的__材料__和__粗糙程度__有关。动摩擦因数μ=__$\frac{F_f}{F_N}$__，F_f在接触面内且与相对运动方向__相反__，F_N与接触面__垂直__。

知识点 2　静摩擦力

1．**定义**：相互接触的两个物体之间只有__相对运动的趋势__，而没有__相对运动__时，这时的摩擦力叫作静摩擦力。

2．**方向**：总是沿着__接触面__，跟物体__相对运动趋势__的方向相反。

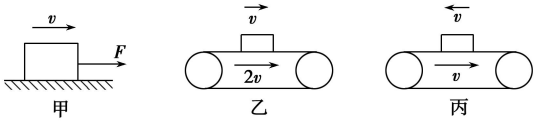
3．**最大静摩擦力**：静摩擦力有一个最大值F_{max}，在数值上等于物体__即将开始运动__时的拉力。

4．**静摩擦力的大小**：两物体之间实际产生的静摩擦力F在__0__与最大静摩擦力__F_{max}__之间，即__$0<F\leqslant F_{max}$__。

考点　　滑动摩擦力

情境导入

甲图中物体与地面“一动一静”，乙图中物体与传送带“一慢一快”，丙图中物体与传送带“一左一右”。若各接触面均粗糙，试分析图中物体是否受摩擦力；若存在摩擦力，分析摩擦力的方向。



提示：甲图中物体受到向左的滑动摩擦力；乙、丙图中物体均受到向右的滑动摩擦力。

要点提炼

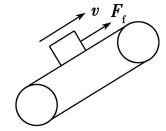
1．**滑动摩擦力的产生条件**　两物体$\left\{\begin{array}{l}①接触面粗糙\\②相互挤压\\③具有相对运动(滑动)\end{array}\right.$缺一不可

2．滑动摩擦力的方向

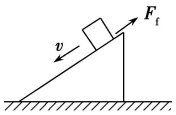
(1)在接触面上，与接触面相切，且与物体相对运动的方向相反。

(2)与物体的运动方向可能相同，也可能相反。

例如：



物块跟随传送带向上运动，但当物块速度小于传送带速度时，滑动摩擦力与运动方向相同



物块沿粗糙斜面下滑时，滑动摩擦力的方向与运动方向相反

3．滑动摩擦力的大小

(1)公式法：根据公式 $F_f=\mu F_N$ 计算。

①正压力 F_N 是物体与接触面间的压力，不一定等于物体的重力，F_N 的大小根据物体的受力情况确定。

②动摩擦因数μ与材料和接触面的粗糙程度有关，而与物体间的压力、接触面的大小无关。

(2)二力平衡法：物体处于平衡状态(匀速运动或静止)时，根据二力平衡条件求解。

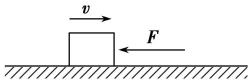
特别提醒

(1)滑动摩擦力的方向与“相对运动的方向相反”并不是与“运动方向”相反。

(2)滑动摩擦力的作用总是阻碍物体的相对运动，而不是阻碍物体的运动。

典例剖析

典题 1　如图所示，质量为 20 kg 的物体，沿粗糙水平地面向右运动，一水平向左的力 $F=10$ N 作用于物体上，物体与水平地面间的动摩擦因数为 0.1，则物体所受摩擦力的大小和方向为(取 $g=10$ N/kg)(　D　)



A．10 N，向右　　B．10 N，向左

C．20 N，向右　　D．20 N，向左

思路引导：(1)滑动摩擦力的方向与相对地面滑动的方向相反。

(2)滑动摩擦力的大小 $F_f=\mu F_N$。

解析：物体沿粗糙水平地面向右运动，物体对地面的压力大小 $F_N=mg=200$

N，滑动摩擦力大小为 $f=\mu F_N=\mu mg=20$ N，方向：与物体相对地面的运动方向相反，即向左，故 D 正确。

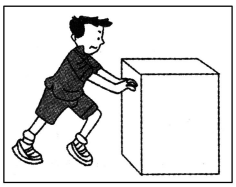
思维升华：(1)滑动摩擦力的大小由正压力和动摩擦因数决定，与物体的运动状态、接触面积无关。

(2)滑动摩擦力的方向与“相对运动的方向”相反，并不是与“运动方向”相反。

考点　　静摩擦力

情境导入

某同学用力向右推木箱，但没有推动，在此过程中木箱与地面间是否存在摩擦力？若存在，说明摩擦力的方向。



提示：存在；向左

要点提炼

1．静摩擦力产生的条件

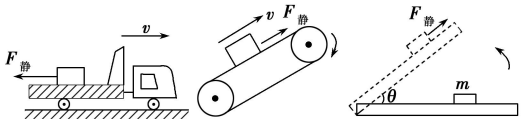
两物体{①接触面粗糙；②相互挤压；③具有相对运动趋势}缺一不可

2．静摩擦力的方向

(1)在接触面上，与接触面相切，且与物体相对运动趋势的方向相反。

(2)与物体运动的方向可能相同，也可能相反。

例如：



3．静摩擦力的大小

(1)大小的范围：$0<F\leqslant F_{max}$。

(2)计算：物体处于平衡状态(匀速运动或静止)时，根据二力平衡条件求解。

(3)最大静摩擦力 F_{max} 略大于滑动摩擦力，一般情况下，为分析问题方便，可

认为二者相等。

特别提醒

(1)不能认为受静摩擦力的物体一定静止，运动的物体之间也可能存在静摩擦力。

(2)静摩擦力的效果不是阻碍物体的运动，而是阻碍物体间的相对运动趋势。

(3)静摩擦力是被动力，在一定范围内其大小随外力变化而变化，并不是一个定值。

典例剖析

典题 2 (多选)用手握住一个油瓶(瓶始终处于竖直方向)静止不动，如图所示。下列说法正确的是(BD)



A．瓶中油越多，手必须握得越紧

B．握手处如果有很多油，手必须握得越紧

C．手握得越紧，油瓶受到的摩擦力越大

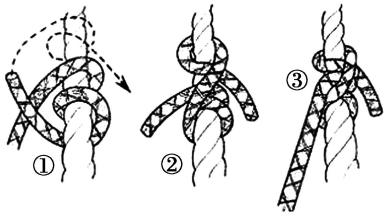
D．油瓶受到的静摩擦力方向竖直向上，其大小等于油瓶的重力

思路引导：正确理解静摩擦力的概念，明确静摩擦力的大小和方向。

解析：若油瓶和油的总重力没有超过手对油瓶的最大静摩擦力，手对油瓶的压力可以不变，A 错误；握手处油很多，比较滑，应当通过增加手对油瓶的压力，才能增大最大静摩擦力，防止油瓶下落，故 B 正确；油瓶受到的静摩擦力与重力处于二力平衡状态，故 C 错误，D 正确。

考点　　静摩擦力与滑动摩擦力的比较

情境导入



绳结是靠什么性质的力使绳子连在一起或把物体绑在一起？为什么有的绳子不容易“死扣”？

提示：静摩擦力；动摩擦因数太小(或绳子光滑)

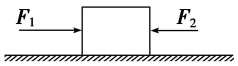
要点提炼

两种摩擦力的比较

			静摩擦力	滑动摩擦力
产生条件	相同点		①相互接触；②相互挤压；③接触面粗糙	
	不同点		有相对运动趋势	有相对运动
力的三要素	大小	相同点	①可根据二力平衡条件求解；②可根据作用力、反作用力的特点求解(后面学习)	
		不同点	被动力，与压力无关，大小为 $0<F_f\leqslant F_{max}$	公式 $F_f=\mu F_N$，与正压力成正比
	方向	相同点	①与运动方向无直接关系，可与运动方向相同，也可与运动方向相反或者成一夹角；②与接触面相切；③与同一接触面上的弹力方向垂直	
		不同点	与相对运动趋势方向相反	与相对运动方向相反
	作用点	相同点	在接触面上，做力的图示时，可根据等效原理画到物体的重心上	

典例剖析

典题 3　如图所示，一重为 40 N 的木块原来静止在水平桌面上，某瞬间在水平方向上同时受到两个方向相反的力 F_1、F_2 的作用，其中 $F_1=13$ N，$F_2=6$ N。已知木块与桌面间的动摩擦因数为 0.2，设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，求：



(1)木块所受的摩擦力的大小和方向；

(2)当只将 F_1 撤去时，木块受到的摩擦力的大小和方向；

(3)若撤去的力不是 F_1 而是 F_2，求木块受到的摩擦力的大小和方向。

思路引导：判定物块处于静止还是滑动状态 —— 静摩擦 —— 二力平衡；滑动摩擦 —— $F_f=\mu F_N$

解析：当木块运动时受到的滑动摩擦力为 $F_{滑}=\mu F_N=\mu G=0.2\times 40$ N$=8$ N，故木块受到桌面的最大静摩擦力为 8 N。

(1)加上 F_1、F_2 后，F_1 和 F_2 相当于一个方向向右的 $F=F_1-F_2=7\ \mathrm{N}$ 的力。由于 F 小于最大静摩擦力，故木块处于静止状态，则木块受到桌面静摩擦力的作用，大小为 7 N，方向水平向左。

(2)将 F_1 撤去后，由于 F_2 小于最大静摩擦力，故木块仍然保持静止。由二力平衡知识知，木块受到的静摩擦力大小等于 F_2，即大小为 6 N，方向水平向右。

(3)撤掉 F_2 后，由于 F_1 大于最大静摩擦力，则木块受到的摩擦力为滑动摩擦力，大小为 8 N，方向水平向左。

答案：(1)7 N　水平向左　(2)6 N　水平向右　(3)8 N　水平向左

思维升华：求解摩擦力大小的方法

(1)明确所求摩擦力是静摩擦力还是滑动摩擦力。

(2)静摩擦力一般根据二力平衡来求。求解时应注意物体是否处于静止或匀速直线运动状态，若物体处于减速或加速运动状态，则二力平衡不成立。

(3)滑动摩擦力一般根据公式法计算，计算时注意滑动摩擦力的大小与物体的速度大小、物体是否匀速运动无关，只取决于动摩擦因数和正压力的大小。

3.牛顿第三定律

知识点 1　作用力与反作用力

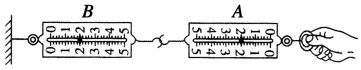
1.力是物体对物体的作用。只要谈到力，就一定存在着__受力物体__和__施力物体__。

2．两个物体之间的作用总是__相互__的，物体间相互作用的这一对力，通常叫作__作用力__和__反作用力__。

3．作用力和反作用力总是互相__依赖__、同时__存在__的。我们可以把其中任何一个力叫作__作用力__，另一力叫作__反作用力__。

知识点 2　牛顿第三定律

1．**实验探究：**如图所示，把 A、B 两个弹簧测力计连接在一起，B 的一端固定，用手拉测力计 A，结果发现两个弹簧测力计的示数是__相等__的。改变拉力，弹簧测力计的示数也随着改变，但两个弹簧测力计的示数总是__相等__的，方向__相反__。



2．**牛顿第三定律：**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__，作用在同一条直线上。

知识点 3　物体受力的初步分析

1．**概念：**把研究对象(指定物体)在指定的物理环境中受到的__所有__力都分析出来，并画出物体所受的力的__示意图__，这个过程就是受力分析。

2．**受力分析的两条思路**

(1)根据物体__运动状态__的变化来分析和判断其受力情况。

(2)根据各种力的特点，从__相互作用__的角度来分析物体的受力。

3．**受力分析要注意的几个问题**

(1)明确要分析哪个物体所受的力。

(2)受力分析的一般顺序：先分析__重力__、再分析__弹力__、然后分析__摩擦力__，最后分析其他力，并且画出力的示意图。

(3)在受力分析时，不要把某个力的反作用力跟这个力的__平衡力__混淆。

4．**一对平衡力和一对作用力与反作用力**

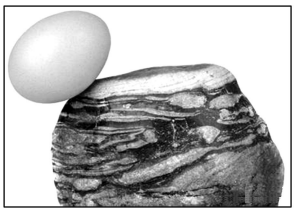
(1)一对相互平衡的力作用在__同一__物体上，一对作用力和反作用力作用在两个相互作用的物体上。

(2)一对相互平衡的力不一定是同一种类的力，一对作用力和反作用力一定是__同一__种类的力。

考点　　牛顿第三定律

情境导入

鸡蛋碰石头，鸡蛋破了，而石头丝毫无损，说明石头对鸡蛋的作用力大，而鸡蛋对石头的作用力小，这一判断对吗？



提示：这一判断不对。鸡蛋碰石头，鸡蛋对石头的力和石头对鸡蛋的力是一对作用力与反作用力，大小必然相等。鸡蛋破了，是因为鸡蛋壳强度不大，易碎。

要点提炼

1．**适用范围：**牛顿第三定律是个普遍定律。所阐明的作用力与反作用力的关系不仅适用于静止的物体之间，也适用于相对运动的物体之间，这种关系与作用力性质、物体质量大小、作用方式(接触还是不接触)、物体运动状态及参考系的选择均无关。

2．作用力与反作用力的关系

作用力与反作用力的关系可总结为“四同、三异、三无关”。

(1)四同
- 同一条直线
- 同大小
- 同时产生、变化、消失
- 同性质

(2)三异
- 反向
- 异体
- 不同效果

(3)三无关
- 与物体的种类无关
- 与相互作用的两物体的状态无关
- 与是否与另外物体相互作用无关

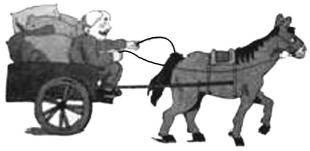
(1)作用力和反作用力分别作用在两个物体上，其作用效果分别体现在各自的受力物体上，所以作用力和反作用力产生的效果不能抵消。

(2)牛顿第三定律揭示了力作用的相互性，反映了物体的相互作用规律，是整个力学的基础。

特别提醒

典例剖析

典题 1　如图所示，马拉车在水平路面上前进，下列说法正确的是(　C　)



A．马对车的拉力大于车对马的拉力

B．马对车的拉力小于车对马的拉力

C．马对车的拉力等于车对马的拉力

D．只有当马车匀速前进时，马对车的拉力才等于车对马的拉力

思路引导：作用力与反作用力的关系与物体的运动状态及参考系的选取均无关。

解析：马向前拉车的力和车向后拉马的力是一对作用力与反作用力，它们总是大小相等、方向相反，与两物体的运动状态没有关系，故 A、B、D 错误，C 正确，故选 C。

思维升华：牛顿第三定律中“总是”表现在以下三个方面

(1)与物体的大小和形状无关。

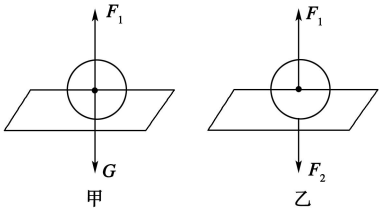
(2)与物体的运动状态无关。

(3)与物体受不受其他力无关。

考点　　一对平衡力跟一对作用力和反作用力的比较

情境导入

如图甲、乙为球的重力 G、木板对球的支持力 F_1 和球压木板的力 F_2，它们之间存在什么关系？



提示：G 与 F_1 是一对平衡力；F_1 与 F_2 是一种作用力和反作用力。

要点提炼

一对相互作用力与一对平衡力之间的比较

		一对作用力和反作用力	一对平衡力
共同点		大小相等、方向相反、且作用在一条直线上	
不同点	作用对象	两个力分别作用在两个物体上	两个力作用在同一个物体上
	依赖关系	相互依存，不可单独存在，同时产生，同时变化，同时消失	无依赖关系，撤除一个，另一个可依然存在
	力的性质	一定是同性质的力	不一定是同性质的力
	作用效果	因为一对作用力与反作用力作用在两个物体上，各自产生作用效果，故不能作为使物体平衡的条件	一对平衡力的作用效果是使物体处于平衡状态，合力为零

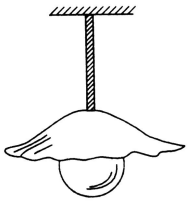
特别提醒

(1)作用力与反作用力是“异体、共线、反向、等大、同性同存”，而平衡力是“同体、共线、反向、等大”。

(2)一对作用力和反作用力与一对平衡力的最直观的区别是：看作用点，一对平衡力的作用点一定在同一个物体上，作用力和反作用力的作用点一定分别作用在两个物体上，还可以看它们是不是相互作用产生的。

典例剖析

典题 2　一根轻绳的上端悬挂在天花板上，下端挂一灯泡，则(　C　)



A．灯泡受的重力和灯泡对绳的拉力是一对平衡力

B．灯泡受的重力和绳对灯泡的拉力是一对作用力和反作用力

C．灯泡对绳的拉力和绳对灯泡的拉力是一对作用力和反作用力

D．绳对天花板的拉力和天花板对绳的拉力是一对平衡力

思路引导：作用力和反作用力一定作用在两个不同物体上，不能抵消，而平衡力一定作用在同一物体上，合力一定为零。

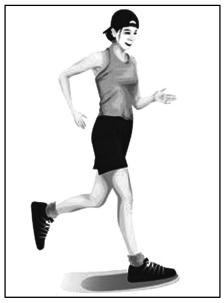
解析：灯泡受的重力和绳对灯泡的拉力是一对平衡力，选项A、B错误；灯泡对绳的拉力和绳对灯泡的拉力是一对作用力和反作用力，绳对天花板的拉力和天花板对绳的拉力是一对作用力和反作用力，选项C正确，选项D错误。

思维升华：判断一对力是不是作用力和反作用力，主要看两方面：一是看作用点，作用力和反作用力应作用在两个相互作用的物体上，即有两个作用点；二是看产生原因，作用力和反作用力是由于相互作用而产生的，一定是同一种性质的力。

考点　　物体受力分析

情境导入

人走路时(如图所示)，人受到几个力的作用？人和地球间的作用力和反作用力的对数有几对？



提示：人走路时受到三个力的作用即重力、地面的支持力和地面对人的摩擦力。

力的作用总是相互的，这三个力的反作用力分别是人对地球的吸引作用，人对地面的压力和人对地面的摩擦力，所以人走路时与地球间有三对作用力和反作用力。

要点提炼

1．受力分析

把指定物体(研究对象)在指定的物理环境中受到的所有力找出来，并画出受力示意图，这就是受力分析。

2．受力分析常用的方法

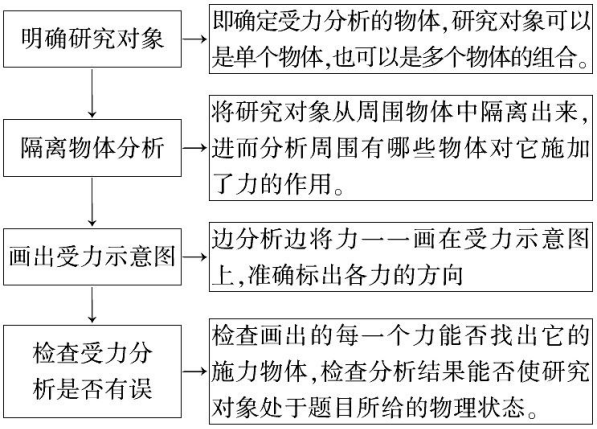
(1)整体法与隔离法

	整体法	隔离法
概念	将加速度相同的几个物体作为一个整体来分析的方法	将研究对象与周围物体分隔开分析的方法
选用原则	研究系统外的物体对系统整体的作用力或系统整体的加速度	研究系统内物体之间的相互作用力
注意问题	受力分析时不要再考虑系统内物体间的相互作用力	一般隔离受力较少的物体

整体法、隔离法在受力分析时要灵活选用：①当所涉及的物理问题是整体与外界作用时，应用整体分析法，可使问题简单明了，而不必考虑内力的作用。②当涉及的物理问题是物体间的作用时，要应用隔离分析法，这时系统中物体间相互作用的内力就会变为各个独立物体的外力。

(2)假设法：在受力分析时，若不能确定某力是否存在，可先对其作出存在或不存在的情况假设，然后再就该力存在与否对物体运动状态影响的不同来判断该力是否存在。

3．受力分析的步骤



4．受力分析时应注意的几个问题

(1)分析物体受力时，只分析周围物体对研究对象所施加的力，不要分析研究对象对周围物体施加的力，也不要把作用在其他物体上的力错误地认为通过“力的传递”作用在研究对象上。

(2)受力分析时，不要多力或漏力，要注意确定每个力的施力物体和受力物体。

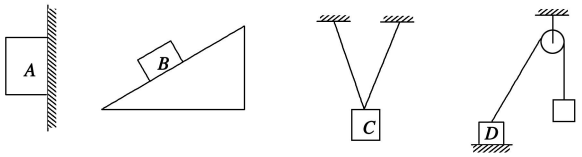
(3)正确区分内力和外力：对几个物体组成的系统进行受力分析时，这几个物体间的作用力为内力，不能在受力图中出现；当把其中的某一物体单独隔离分析时，原来的内力变成外力，要画在受力图上。

(4)物体受力情况会随运动状态的改变而改变，必要时要运用平衡条件判定未知力的有无及方向。

(5)受力分析需严密，外部作用看整体，互相作用要隔离。找施力物体防“添力”。顺序分析防“漏力”。

典例剖析

典题 3　如图所示，*A* 物体沿竖直墙自由下滑，*B*、*C*、*D* 物体均静止，各接触面均粗糙。下列说法正确的是(　C　)



A．*A* 物体受到三个力作用

B．*B* 物体受到四个力作用

C．*C* 物体受到三个力作用

D．*D* 物体受到三个力作用

思路引导：分析物体的受力情况时，首先明确研究对象，然后分析其他物体对研究对象的作用力。

解析：*A* 物体沿竖直墙自由下滑，“自由”说明物体 *A* 与竖直墙之间没有弹力和摩擦力，因此 *A* 只受重力作用，故 A 错误；*B* 物体处于静止状态，受到重力、弹力、摩擦力三个力的作用，故 B 错误；*C* 物体受到重力和两个绳子的拉力，故 C 正确；*D* 物体处于静止状态，受到重力、支持力、绳子的拉力和静摩擦力四个力的作用，故 D 错误。

思维升华：受力分析的几项注意

(1)理解“确定研究对象”的含义，题目要求分析 *A* 物体受力，那么 *A* 物体对其他物体的力就不是 *A* 所受的力。

(2)受力分析时，只考虑根据性质命名的力。

(3)防止“漏力”和“添力”。按正确顺序进行受力分析是防止“漏力”的有效措施；注意寻找施力物体，这是防止“添力”的措施之一，找不出施力物体，则这个力一定不存在。

4.力的合成和分解

知识点 1　合力和分力

1．共点力

几个力如果都作用在物体的__同一点__，或者它们的作用线__相交于一点__，这几个力叫作共点力。

2．合力与分力

假设一个力单独作用的__效果__跟某几个力共同作用的__效果__相同，这个力就叫作那几个力的__合力__，这几个力叫作那个力的__分力__。

3．合力与分力的关系

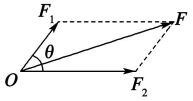
合力与分力之间是一种__等效替代__的关系，合力作用的__效果__与分力__共同作用的效果__相同。

知识点 2　力的合成和分解

1．**力的合成**：求__几个力的合力__的过程。

2．**力的分解**：求__一个力的分力__的过程。

3．**平行四边形定则**：在两个力合成时，以表示这两个力的有向线段为__邻边__作平行四边形，这两个邻边之间的__对角线__就代表合力的大小和方向，如图所示，__F__表示 F_1 与 F_2 的合力。



4．如果没有限制，同一个力 F 可以分解为__无数__对大小、方向不同的分力。

5．**两个以上共点力的合力的求法**：先求出任意两个力的合力，再求出这个合力与第三个力的合力，直到把__所有的力__都合成进去，最后得到的结果就是这些力的合力。

知识点 3　矢量和标量

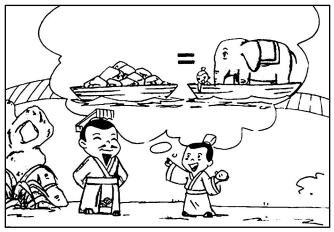
1．**矢量**：既有大小又有方向，相加时遵从__平行四边形定则__的物理量。

2．**标量**：只有大小，没有方向，相加时遵从__算术法则__的物理量。

考点　　合力与分力

情境导入

如图所示是大家都很熟悉的“曹冲称象”的故事。

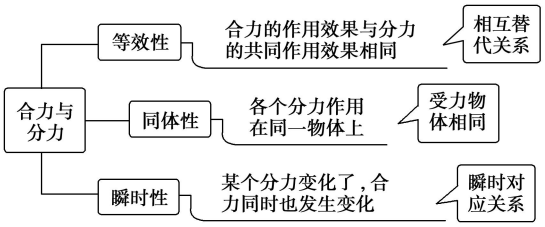


图中曹冲根据什么得到大象和船上石头的重力相等？其中包含什么思想方法？请你结合生活经验再举一个相似的例子。

提示：在船的吃水线相同的情况下，一头大象的重力与一堆石头的重力相当。其中包含了等效替代的思想方法，即一头大象和一堆石头的作用效果相同。结合生活经验举例：一桶水可以由一个成年人单独提起，也可以由两个小孩共同提起。两个小孩对水桶的作用效果与一个成年人对水桶的作用效果相同。

要点提炼

1．合力与分力的相关性



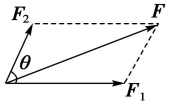
2．合力与分力间的大小关系

当两分力 F_1、F_2 大小一定时

(1)两力同向时合力最大：$F=F_1+F_2$，方向与两力同向；

(2)两力方向相反时，合力最小：$F=|F_1-F_2|$，方向与两力中较大的力同向。

(3)两力夹角为θ时，如图，合力随θ的增大而减小，合力大小的范围是：$|F_1-F_2|\leqslant F\leqslant F_1+F_2$。



典例剖析

典题 1　关于合力与其两个分力的关系，正确的是(　D　)

A．合力与分力同时作用在物体上

B．合力的大小随两分力夹角的增大而增大

C．合力的大小一定大于任意一个分力

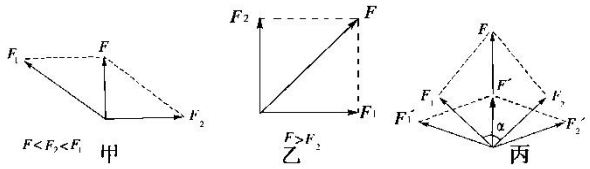
D．合力的大小可能大于大的分力，也可能小于小的分力

思路引导：解答本题时需要把握以下两点：

(1)合力与分力作用效果相同，但不同时作用在物体上；

(2)合力与分力遵循平行四边形定则。

解析：合力与分力的作用效果相同，它们并不是同时作用在物体上，选项 A 错误；根据平行四边形定则可知：两个共点力的合力的大小不一定大于小的分力，如下图甲，也不一定小于大的分力，如下图乙；合力的大小也不随夹角的增大而增大如下图丙；并且也不一定大于任意一个分力。故 D 正确，B、C 错误。



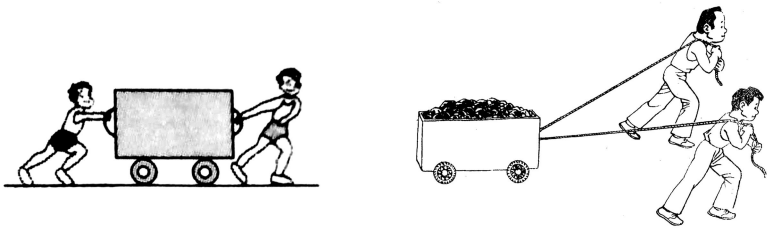
思维升华：①合力与分力是等效替代关系，对物体进行受力分析时，不能同时分析合力与分力。

②合力可能大于某一分力，可能小于某一分力，也可能与某一分力大小相等。

考点　　求合力的方法

情境导入

两人同拉(或推)一辆车如下图所示，每人用力的大小都是 100 N，车受到的合力一定是 200 N 吗？

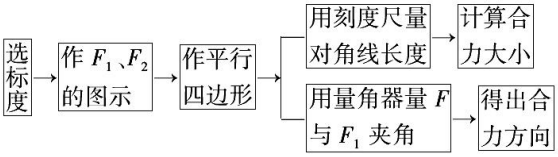


提示：不一定。两个力的合力应根据平行四边形定则，用作图或者计算的方法求得。

要点提炼

1．作图法

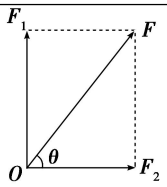
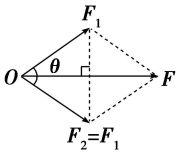
根据平行四边形定则用作图工具作出平行四边形，然后用测量工具测量出合力的大小、方向，具体操作流程如下：



2．计算法

可以根据平行四边形定则作出分力及合力的示意图，然后由几何知识求解对角线，即为合力。

以下为求合力的两种特殊情况：

类型	作图	合力的计算
两分力相互垂直		大小：$F=\sqrt{F_1^2+F_2^2}$ 方向：$\tan\theta=\frac{F_1}{F_2}$
两分力等大，夹角为θ		大小：$F=2F_1\cos\frac{\theta}{2}$ 方向：F 与 F_1 夹角为$\frac{\theta}{2}$ (当$\theta=120°$时，$F_1=F_2=F$)

特别提醒

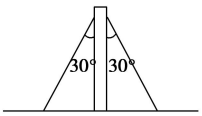
(1)在力的合成中分力是实际存在的，每一个分力都有对应的施力物体，而合力没有与之对应的施力物体。

(2)合力为各分力的矢量和，合力可以大于两个分力中的任何一个力，也可以小于两分力中的任何一个力，还有可能和分力大小相等。

典例剖析

典题 2　2018 年 10 月 23 日通车的港珠澳大桥是一座跨海大桥，连接香港大屿山、澳门半岛和广东省珠海市，全长为 49.968 千米，主体工程“海中桥隧”长 35.578 千米，其中海底隧道长约 6.75 千米，桥梁长约 29 千米。桥梁采用斜拉索式，假设斜拉桥中一对钢索与竖直方向的夹角是 30°，如图乙所示，每根钢索中的拉力都是 3×10^4 牛，那么它们对塔柱形成的合力有多大？方向如何？


甲



乙

思路引导：本题可用作图法或计算法求解。

(1)作图法简单、直观，是物理学中常用的方法之一，但不够精确。

(2)在应用计算法时，要画出力的合成的示意图。

(3)两力夹角为特殊角(如 120°、90°等)时，应用计算法求合力更简单。

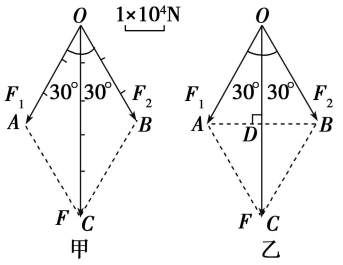
解析：把两根钢索的拉力看成沿钢索方向的两个分力，以它们为邻边画出一个平行四边形，其对角线就表示它们的合力。由对称性可知，合力方向一定沿塔

柱竖直向下。下面用两种方法计算这个合力的大小：

解法一：作图法

如下图甲所示，自 O 点引两根有向线段 OA 和 OB，它们跟竖直方向的夹角都为 30°。取单位长度为 1×10^4 N，则 OA 和 OB 的长度都是 3 个单位长度，作出平行四边形和对角线 OC。

量得对角线 OC 长为 5.2 个单位长度，所以合力的大小为 $F=5.2\times1\times10^4$ N $=5.2\times10^4$ N。



解法二：计算法

根据这个平行四边形是一个菱形的特点，如图乙所示，连接 AB，交 OC 于 D，则 AB 与 OC 互相垂直平分，即 AB 垂直于 OC，且 $AD=DB$、$OD=\frac{1}{2}OC$，考虑直角三角形 AOD，其 $\angle AOD=30°$，而 $OD=OC/2$，则有 $F=2F_1\cos 30°=2\times3\times10^4\times\frac{\sqrt{3}}{2}$ N $\approx5.2\times10^4$ N。

答案： 5.2×10^4 N　方向竖直向下

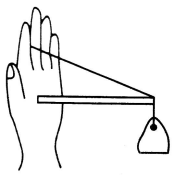
思维升华：(1)作图时，合力、分力要共点，实线、虚线要分清，标度要唯一且适当。

(2)作图法和计算法均为矢量运算的通用方法。

考点　　力的分解(效果分解法)

情境导入

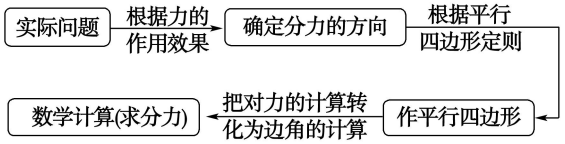
如图所示，取一根细线，将细线的一端系在左手中指上，另一端系上一个重物。用一支铅笔的一端顶在细线上的某一点，使铅笔保持水平，铅笔的另一端置于手掌心，细线的下段竖直向下。重物竖直向下拉细线的力产生什么作用效果？



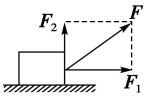
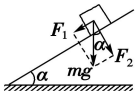
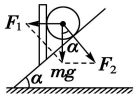
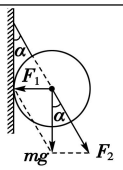
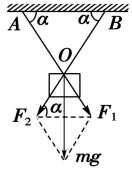
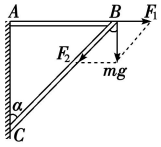
提示： 重物竖直向下拉细线的力会产生两个效果：沿着上边斜线方向斜向下拉紧细线，沿着铅笔方向向左压紧铅笔。

要点提炼

1．力的效果分解法的一般思路

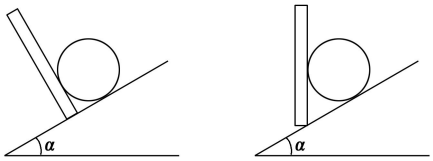


2．常见实例分析

实例	产生效果分析
	拉力 F 一方面要使物体沿水平地面前进，另一方面向上提物体，因此拉力 F 可分解为水平向前的力 F_1 和竖直向上的力 F_2
	物体的重力产生两个效果：一是使物体具有沿斜面下滑趋势的分力 F_1；二是使物体压紧斜面的分力 F_2，$F_1=mg\sin\alpha$，$F_2=mg\cos\alpha$
	球的重力产生两个效果：一是使球压紧板的分力 F_1；二是使球压紧斜面的分力 F_2。$F_1=mg\tan\alpha$，$F_2=\dfrac{mg}{\cos\alpha}$
	球的重力产生两个效果：一是使球压紧竖直墙壁的分力 F_1；二是使球拉紧悬线的分力 F_2。$F_1=mg\tan\alpha$，$F_2=\dfrac{mg}{\cos\alpha}$
	物体的重力产生两个效果：一是使物体拉紧 AO 线的分力 F_1；二是使物体拉紧 BO 线的分力 F_2。$F_1=F_2=\dfrac{mg}{2\sin\alpha}$
	质量为 m 的物体被支架悬挂而静止，其重力产生两个效果：一是拉伸 AB 的分力 F_1；二是压缩 BC 的分力 F_2。$F_1=mg\tan\alpha$，$F_2=\dfrac{mg}{\cos\alpha}$

典例剖析

典题 3　如下图所示，重力为 G 的物体放在倾角为α的光滑斜面上，分别被垂直斜面的挡板(如甲图)和竖直放置的挡板(如乙图)挡住。根据力的作用效果，试对两个图中物体的重力进行分解，作出示意图，并求出两分力的大小。



甲　　乙

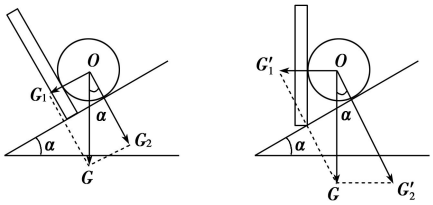
思路引导：对一个确定的物体所受的力进行分解时，应考虑实际效果，进行有意义的分解。

本题中由于挡板的方位不同，重力产生的两个分力的方向也不同。要注意根据力的实际作用效果确定两个分力的方向。

解析：分解示意图如图所示，甲图中两分力大小分别为

$G_1=G\sin\alpha$，$G_2=G\cos\ \alpha$

乙图中两分力大小分别为 $G_1'=G\tan\alpha$，$G_2'=\dfrac{G}{\cos\ \alpha}$



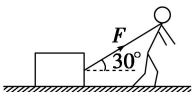
甲　　乙

思维升华：按力的作用效果分解时，准确确定两个分力的方向是关键，作出平行四边形后常用三角函数、相似三角形等数学知识求解。

考点　　力的分解(正交分解法)

情境导入

如图所示，人拉物块向前加速运动，请思考：



(1)物块受几个力？根据平行四边形定则求这几个力的合力简便吗？

(2)用正交分解法求合力时，如何建立坐标系让计算时简单？

提示：(1)物块受到重力、支持力、摩擦力以及拉力四个力的作用。用平行四边形定则求合力的话，会很烦琐。

(2)建立坐标系时，应使尽可能多的力与坐标轴重合。

要点提炼

1．**定义：**在许多情况下，根据力的实际作用效果，我们可以把一个力分解为两个相互垂直的分力。把力沿着两个选定的互相垂直的方向分解，叫力的正交分解法。

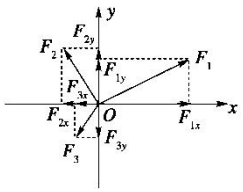
2．**适用情况**：适用于计算三个或三个以上力的合成。

3．**步骤**：

(1)建立坐标系：以共点力的作用点为坐标原点，直角坐标系 x 轴和 y 轴的选择应使尽量多的力在坐标轴上。

(2)正交

分解各力：将每一个不在坐标轴上的力分解到 x 轴和 y 轴上，并在图上注明，用符号 F_x 和 F_y 表示，如图所示。



(3)在图上标出力与 x 轴或力与 y 轴的夹角，然后列出 F_x、F_y 的数学表达式，与两轴重合的力不需要分解。

(4)分别求出 x 轴、y 轴上各力的分力的合力，即：

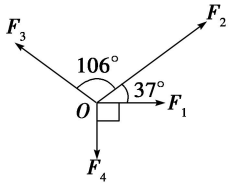
$F_x=F_{1x}+F_{2x}+\cdots$

$F_y=F_{1y}+F_{2y}+\cdots$

(5)求共点力的合力：合力大小 $F=\sqrt{F_x^2+F_y^2}$，合力的方向与 x 轴的夹角为α，则 $\tan\alpha=\dfrac{F_y}{F_x}$，即$\alpha=\arctan\dfrac{F_y}{F_x}$。

典例剖析

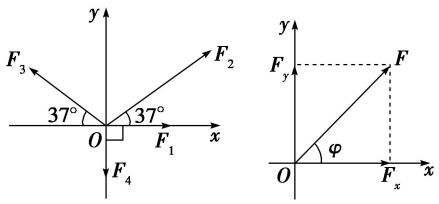
典题 4　在同一平面内共点的四个力 F_1、F_2、F_3、F_4 的大小依次为 19 N、40 N、30 N 和 15 N，方向如图所示，求它们的合力。



思路引导：应用正交分解将各力先分解，再合成，在建立坐标系时尽量使各力与坐标轴的夹角为特殊角。

解析：本题若连续运用平行四边形定则求解，需解多个斜三角形，一次又一次确定合力的大小和方向，计算过程十分复杂。为此，可采用力的正交分解法求解此题。

如图甲建立直角坐标系，把各个力分解到两个坐标轴上，并求出 x 轴和 y 轴上的合力 F_x 和 F_y，有



甲　　乙

$F_x=F_1+F_2\cos 37°-F_3\cos 37°=27\ \text{N}$

$F_y=F_2\sin 37°+F_3\sin 37°-F_4=27\ \text{N}$

因此，如图乙所示，合力

$F=\sqrt{F_x^2+F_y^2}\approx 27\sqrt{2}\ \text{N}\quad \tan\varphi=\dfrac{F_y}{F_x}=1$

即合力的大小为 $27\sqrt{2}$ N，方向与 F_1 夹角为 45°斜向上。

答案：合力的大小为 $27\sqrt{2}$ N，方向与 F_1 夹角为 45°斜向上。

思维升华：(1)建立坐标系之前，要对物体进行受力分析，画出各力的示意图，一般各力的作用点都移到物体的重心上。

(2)建立坐标系的原则：使尽量多的力落在坐标轴上，尽量减少分解力的个数。

5.共点力的平衡

知识点 1　平衡状态

物体受到几个力作用时，如果保持__静止__或__匀速直线运动__状态，我们就说这个物体处于__平衡状态__。

知识点 2　共点力平衡的条件

在共点力作用下物体平衡的条件是__合力为零__。

考点　　共点力作用下物体的平衡

情境导入

如图所示，甲图中的石头受到几个力的作用而处于静止状态；乙图中的飞机做水平方向的匀速直线运动。试结合上述现象讨论：处于平衡状态的物体有什么特点？物体若受多个共点力保持平衡，应满足什么条件？


甲


乙

提示：处于平衡状态的物体，其运动状态不发生变化，加速度为 0；共点力作用下物体的平衡条件是合力为 0。

要点提炼

1．对共点力作用下物体的平衡的理解

(1)两种平衡情形：①静平衡：物体在共点力作用下处于静止状态。②动平衡：物体在共点力作用下处于匀速直线运动状态。

(2)“静止”和“$v=0$”的区别与联系：

$$v=0\begin{cases}a=0\text{ 时，是静止，是平衡状态}\\ a\neq 0\text{ 时，不是静止，不是平衡状态}\end{cases}$$

2．对共点力作用下物体平衡条件的理解

(1)共点力作用下物体的平衡条件有两种表达式：

①$F_{合}=0$，②$\begin{cases}F_{x合}=0\\ F_{y合}=0\end{cases}$，其中 $F_{x合}$和 $F_{y合}=0$ 分别是将力进行正交分解后，在 x 轴与 y 轴上的合力。

(2)由平衡条件得出的三个结论：

共点力的平衡 $\begin{cases}\text{二力作用：二力等大、反向，是一对平衡力}\\ \text{三力作用：任两力的合力与第三个力等大、反向}\\ N\text{ 个力作用：任一个力与其他所有力的合力等大，反向}\end{cases}$

3．解题方法

(1)合成法：对于三个共点力的平衡，一般根据“任意两个力的合力与第三个力等大、反向”的关系，结合三角函数、相似三角形等知识求解。

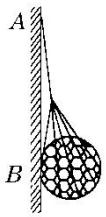
(2)分解法：对于三个共点力的平衡，也可将某一个力分解到另外两个力的反方向上，得到的这两个分力必定与另外两个力等大、反向。

(3)正交分解法：物体受多个共点力的作用处于平衡状态时，可以建立适当的坐标系，利用正交分解法求出 x 轴和 y 轴方向上的合力，应用 $F_{x合}=0$，$F_{y合}=0$ 列式求解。

(4)三角形法：当三个共点力平衡时，三个力可以构成首尾相连的矢量三角形，这种方法一般用来讨论动态平衡问题较为方便。

典例剖析

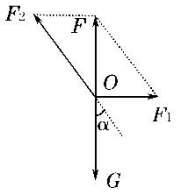
典题 1　沿光滑的墙壁用网兜把一个足球挂在 A 点(如图)，足球的质量为 m，网兜的质量不计，足球与墙壁的接触点为 B，悬绳与墙壁的夹角为α，求悬绳对球的拉力和墙壁对球的支持力。



思路引导：足球处于三力平衡状态，可以应用分解法、合成法或正交分解法等方法求解。

解析：取足球作为研究对象，它共受到三个力的作用。重力 $G=mg$，方向竖直向下；墙壁的支持力 F_1，方向水平向右；悬绳的拉力 F_2，方向沿绳的方向。

这三个力一定是共点力，重力的作用点在球心 O 点，支持力 F_1 沿球的半径方向。G 和 F_1 的作用线必交于球心 O 点，则 F_2 的作用线必过 O 点。既然是三力平衡，可以根据任意两力的合力与第三力等大、反向求解，可以据力三角形求解，也可用正交分解法求解。

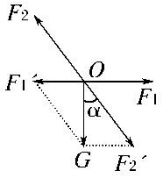


解法 1　用合成法

取足球作为研究对象，它们受重力 $G=mg$、墙壁的支持力 F_1 和悬绳的拉力 F_2 三个共点力作用而平衡，由共点力平衡的条件可知，F_1 和 F_2 的合力 F 与 G 大小相等、方向相反，即 $F=G$，从图中力的平行四边形可求得：

$F_1=F\tan\alpha=mg\tan\alpha$

$F_2=F/\cos\alpha=mg/\cos\alpha$



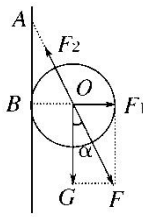
解法 2　用分解法

取足球为研究对象，其受重力 G、墙壁支持力 F_1、悬绳的拉力 F_2，如图所示。将重力 G 分解为 F_1' 和 F_2'，由共点力平衡条件可知，F_1 与 F_1' 的合力必为零，F_2 与 F_2' 的合力也必为零，所以 $F_1=F_1'=mg\tan\alpha$

$F_2=F_2'=mg/\cos\alpha$

解法 3　用相似三角形求解

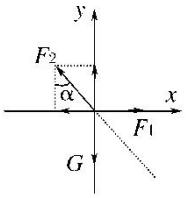
取足球作为研究对象，其受重力 G、墙壁的支持力 F_1、



悬绳的拉力 F_2，如图所示，设球心为 O，由共点力的平衡条件可知，F_1 和 G 的合力 F 与 F_2 大小相等、方向相反，由图可知，三角形 OFG 与三角形 AOB 相似，所以 $\frac{F}{G}=\frac{AO}{AB}=\frac{1}{\cos\alpha}$

$F_2=G/\cos\alpha=mg/\cos\alpha$

$\frac{F_1}{G}=\frac{OB}{AB}=\tan\alpha$



$F_1=G\tan\alpha=mg\tan\alpha$

解法 4　用正交分解法求解

取足球作为研究对象，受三个力作用，重力 G、墙壁的支持力 F_1、悬绳拉力 F_2，如图所示，取水平方向为 x 轴，竖直方向为 y 轴，将 F_2 分别沿 x 轴和 y 轴方向进行分解。由平衡条件可知，在 x 轴和 y 轴方向上的合力 $F_{x合}$ 和 $F_{y合}$ 应分别等于零。即

$F_{x合}=F_1-F_2\sin\alpha=0$　①

$F_{y合}=F_2\cos\alpha-G=0$　②

由②式解得：$F_2=G/\cos\alpha=mg/\cos\alpha$

代入①式得 $F_1=F_2\sin\alpha=mg\tan\alpha$

答案：$mg/\cos\alpha$；$mg\tan\alpha$

点评：比较各种解法的优缺点，分析一下解决此类问题的方法步骤。

思维升华：分析平衡问题的基本思路

(1)明确平衡状态(合力为零)。

(2)巧选研究对象。

(3)受力分析(画出规范的受力分析图)。

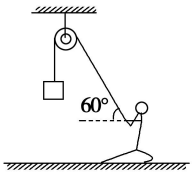
(4)列平衡方程(灵活运用力的合成法、效果分解法、正交分解法、矢量三角形法及数学解析法)。

(5)求解或讨论(解的结果及物理意义)。

考点　　动态平衡问题

情境导入

如图所示，人通过跨过定滑轮的轻绳牵引一物体，人向右缓慢移动时，思考：



(1)如何理解题干中“缓慢”的意思？

(2)人所受力的合力如何变化？

提示：(1)动态平衡。

(2)合力时刻为零。

要点提炼

1．动态平衡问题的特点

通过控制某一物理量，使其他物理量发生缓慢变化，而变化过程中的任何一个状态都看成是平衡状态。

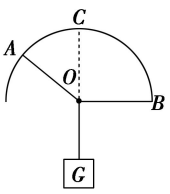
2．处理动态平衡问题常用的方法

(1)解析法：对研究对象的任一状态进行受力分析，建立平衡方程，求出应变量与自变量的一般函数式，然后依据自变量的变化确定应变量的变化(也叫代数法)。

(2)图解法：就是对研究对象进行受力分析，根据力的平行四边形定则或力的三角形定则画出不同状态时的力的矢量图(画在同一个图中)，然后依据有向线段(表示力)的变化判断各个力的变化情况。

典例剖析

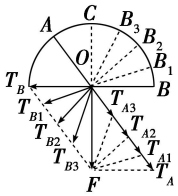
典题 2　用绳 AO、BO 悬挂一个重物，BO 水平，O 为半圆形支架的圆心，悬点 A 和 B 在支架上。悬点 A 固定不动，将悬点 B 从图中所示位置缓慢移动到 C 点的过程中，分析绳 OA 和 OB 上的拉力的大小变化情况。



思路引导：(1)理解缓慢的含义；(2)用图解法分析。

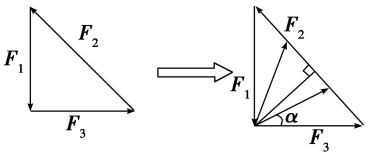
解析：(1)平行四边形法：在支架上选取三个点 B_1、B_2、B_3，当悬点 B 分别移

动到 B_1、B_2、B_3 各点时，AO、BO 上的拉



力分别为 T_{A1}、T_{A2}、T_{A3} 和 T_{B1}、T_{B2}、T_{B3}，如图所示，从图中可以直观地看出，T_A 逐渐变小，且方向不变；而 T_B 先变小，后变大，且方向不断改变；当 T_B 与 T_A 垂直时，T_B 最小。

(2)矢量三角形法：将 O 点所受三力的示意图首尾连接，构造出矢量三角形如图所示：



将悬点 B 从图中所示位置逐渐移动到 C 点的过程中，绳 OB 上的拉力 F_3 与水平方向的夹角α逐渐增大，根据矢量三角形图可知绳 OA 的拉力 F_2 逐渐减小，绳 OB 上的拉力 F_3 先减小后增大。

答案：绳 OA 的拉力逐渐减小　绳 OB 的拉力先减小后增大

思维升华：图解法分析三力动态平衡问题的思路：

(1)确定研究对象，作出受力分析图。

(2)明确三力的特点，哪个力不变，哪个力变化。

(3)将三力的示意图首尾连接，构造出矢量三角形；或将某力根据其效果进行分解，画出平行四边形。

(4)根据已知量的变化情况，确定有向线段(表示力)的长度变化，从而判断各个力的变化情况。

实验：探究两个互成角度的力的合成规律

1．实验原理

(1)合力 F' 的确定：把一端固定的同一根橡皮条拉伸到某点，一次只用一个力 F' 的作用，另一次用两个共点力 F_1 与 F_2 的共同作用，则 F' 为 F_1 和 F_2 的合力。

(2)合力理论值 F 的确定：作出 F_1 和 F_2 的图示，根据平行四边形定则利用作

图法求得合力 F。

(3)平行四边形定则的验证：在实验误差允许的范围内，比较 F' 和 F 是否大小相等、方向相同。

2．实验器材

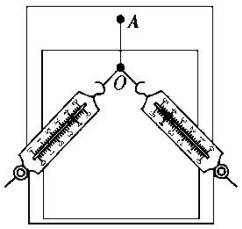
方木板、白纸、弹簧测力计(两个)、橡皮条、细绳套(两个)、三角板、刻度尺、图钉(若干)、铅笔。

3．实验过程

(1)钉白纸：用图钉把白纸固定在水平桌面上的方木板上。

(2)拴绳套：用图钉把橡皮条的一端固定在板上的 A 点，橡皮条的另一端拴上两个细绳套。

(3)两个力拉：①通过细绳用两个弹簧秤互成角度拉橡皮条，橡皮条伸长，使结点伸长到 O 点(如下图所示)。



②用铅笔记下 O 点的位置，画下两条细绳的方向，并记下两个测力计的读数。

(4)一个力拉：①只用一个测力计，通过细绳把橡皮条上的结点拉到同样的位置 O。

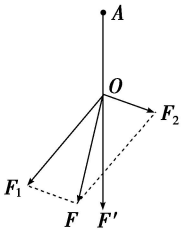
②记下测力计的读数和细绳的方向。

(5)重复：改变 F_1 和 F_2 的夹角和大小，再做两次。

4．数据处理

(1)理论值：在白纸上按比例从 O 点开始作出两个弹簧测力计的拉力 F_1 和 F_2 的图示，利用刻度尺和三角板根据平行四边形定则求出合力 F。

(2)测量值：按同样的比例用刻度尺从 O 点起作出一个弹簧测力计拉橡皮条时拉力 F' 的图示。



(3)相比较：比较 F' 与用平行四边形定则求得的合力 F 在实验误差允许的范

围内是否相等。

5．操作技巧及注意事项

(1)正确使用弹簧测力计

①弹簧测力计的选取方法：将两只弹簧测力计调零后互钩水平对拉，若两只弹簧测力计在对拉过程中，读数相同，则可选；若读数不同，应另换，直至相同为止。

②弹簧测力计不能在超出它的测量范围的情况下使用。

③使用前要检查指针是否在零刻度线上，否则应校正零位。

④被测力的方向应与弹簧测力计轴线方向一致，拉动时弹簧不可与外壳相碰或摩擦。

⑤读数时应正对、平视刻度。

(2)实验注意事项

①不要直接以橡皮条端点为结点，可拴一短细绳连两细绳套，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互成角度两个力的合力的变化，看橡皮条结点 O 的位置变化，而在每次实验中橡皮条结点的位置一定不能改变。

③经验得知两个分力 F_1、F_2 间夹角θ越大，用平行四边形作图得出的合力 F 的误差也越大，所以实验中不要把θ角取得太大，一般以不大于 90°为最佳。橡皮条、细绳、测力计应在同一平面内，测力计的挂钩应避免与纸面摩擦。

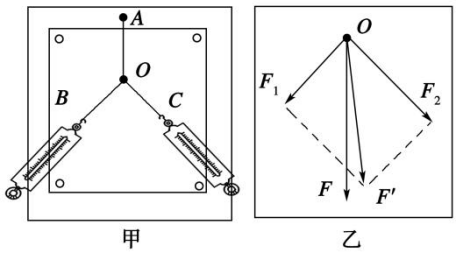
④拉橡皮条的细线要长些，标记每条细线方向的方法是使视线通过细线垂直于纸面，在细线下面的纸上用铅笔点出两个定点的位置，并使这两个点的距离要尽量远些。

⑤作图要用尖铅笔，图的比例要尽量大些，要用严格的几何方法作出平行四边形，图旁要画出表示力的比例线段，且注明每个力的大小和方向。

典例剖析

考点一　实验原理与操作

典题 1　“探究两个互成角度的力的合成规律”的实验如图甲所示，其中 A 为固定橡皮条的图钉，O 为橡皮条与细绳的结点，OB 和 OC 为细绳，图乙为白纸上根据实验要求画出的图示。



(1)本实验中“等效替代”的含义是__D__。

A．橡皮条可以用细绳替代

B．左侧弹簧测力计的作用效果可以替代右侧弹簧测力计的作用效果

C．右侧弹簧测力计的作用效果可以替代左侧弹簧测力计的作用效果

D．两弹簧测力计共同作用的效果可以用一个弹簧测力计的作用效果替代

(2)图乙中的 F 与 F' 两力中，方向一定沿 AO 方向的是__F'__。

(3)下列措施中可减小实验误差的是__ABC__

A．拉橡皮条的细绳细些且长度适当

B．拉橡皮条时，弹簧测力计、橡皮条、细绳应贴近木板且与木板面平行

C．记录弹簧测力计拉力方向时，标记同一细绳方向的两点要远些

D．应使拉力 F_1 和 F_2 的夹角为 90°

解析：(1)本实验中“等效替代”的含义是两弹簧测力计共同作用的效果可以用一个弹簧测力计的作用效果替代，故 D 正确。

(2)题图乙中的 F 是合力的理论值，而 F' 是合力的实际值，两力中，方向一定沿 AO 方向的是 F' 。

(3)拉橡皮条的细绳细些且长度适当，以便确定力的方向，选项 A 正确；拉橡皮条时，弹簧测力计、橡皮条、细绳应贴近木板且与木板面平行，选项 B 正确；记录弹簧测力计拉力方向时，标记同一细绳方向的两点要远些，这样可减小记录方向时产生的误差，选项 C 正确，拉力 F_1 和 F_2 的夹角不一定为 90°，大小适当即可，选项 D 错误。

考点二　数据处理

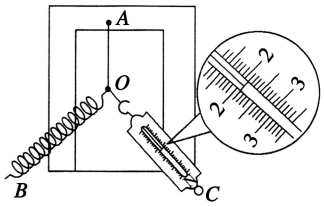
典题 2　在“探究两个互成角度的力的合成规律”实验中，现有木板、白纸、图钉、橡皮条、细绳套和一个弹簧测力计。

(1)为完成实验，某同学另找来一根弹簧，测量其劲度系数，得到的实验数据如表所示。

弹力 F/N	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50
伸长量 x/($\times10^{-2}$m)	0.74	1.80	2.80	3.72	4.60	5.58	6.42

用作图法求得该弹簧的劲度系数 $k=$ __55__ N/m。

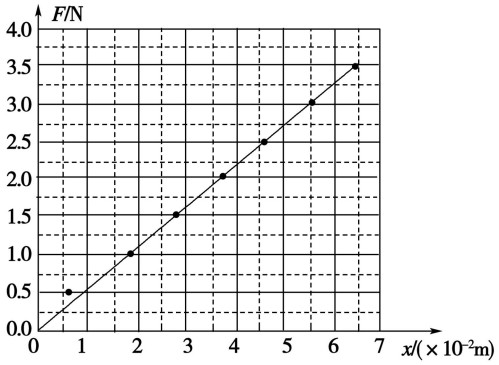
(2)某次实验中，弹簧测力计的指针位置如图所示，其读数为__2.10__N；同时利用(1)中结果获得弹簧上的弹力值为 2.50 N，请画出这两个共点力的合力 $F_{合}$。



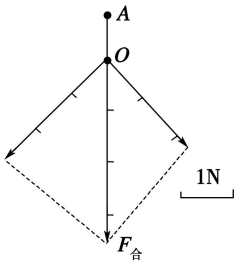
(3)由图得到 $F_{合}=$ __3.30__ N。

解析：(1)根据表格数据描点，然后连成一条过原点的直线，如图所示，直线的斜率表示弹簧的劲度系数，

$k=\dfrac{3.5}{6.42\times10^{-2}}\text{N/m}\approx55\text{ N/m}$。



(2)读出弹簧测力计的读数为 2.10 N(保留三位有效数字)；以 O 为顶点，画出两细绳套的方向就是两拉力方向，再确定并画好力的标度，画出两拉力的图示，以两拉力为邻边作出平行四边形，画出平行四边形的对角线，即合力 $F_{合}$。



(3)用刻度尺量出合力的长度，根据确定的标度算出合力的大小，即 $F_{合}=3.30$ N。

第四章　运动和力的关系

1.牛顿第一定律

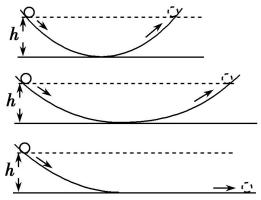
知识点 1　理想实验的魅力

1．力与运动关系的不同认识

代表人物	主要观点
亚里士多德	必须有力作用在物体上，物体才能_运动_；没有力的作用，物体就要_静止_
伽利略	力不是_维持_物体运动的原因
笛卡儿	如果运动中的物体没有受到_力的作用_，它将继续以同一_速度_沿同一_直线_运动，既不停下来也不偏离原来的_方向_

2．伽利略的斜面实验：

(1)理想实验：让小球沿一个斜面从静止状态开始向下运动，再让小球冲上第二个斜面，如果没有摩擦，无论第二个斜面的倾角如何，小球达到的高度__相同__。若将第二个斜面放平，__小球将永远运动下去__。　(2)实验结论：力不是__维持物体运动的原因__。



知识点 2　牛顿第一定律

1．内容：一切物体总保持__匀速直线运动__状态或__静止__状态，除非作用在它上面的外力迫使它改变这种状态。

2．力和运动的关系：力不是维持物体运动状态的原因，而是__改变__物体运动状态的原因。

知识点 3　惯性与质量

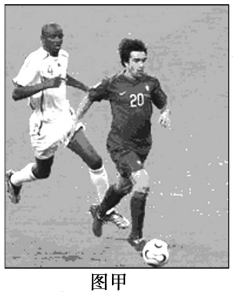
1．惯性：物体具有保持原来__匀速直线运动__状态或__静止__状态的性质叫作惯性。

2．**惯性的量度：**__质量__是物体惯性大小的唯一量度。

考点　　对牛顿第一定律的理解

情境导入

在足球场上，为了不使足球停下来，运动员带球前进必须不断用脚轻轻地踢拨足球(如下图甲)。又如为了不使自行车减速，总要不断地用力蹬脚踏板(如下图乙)。这些现象不正说明了运动需要力来维持吗？那为什么又说“力不是维持物体运动的原因”？


图甲


图乙

提示：这一问题，我们可以这样思考：如果足球不是在草地上滚动，而是以相同的初速度在水平的水泥地板上滚动，它将会滚出比草地上远得多的距离，这说明了由于阻力的存在才导致足球的运动状态发生了改变，足球在草地上滚动时所受阻力大，运动状态很快发生改变；足球在水泥地面上滚动时所受阻力小，运动状态改变得慢，但终究还是要停下来。在盘带足球时，人对足球施加力的作用，恰恰是起了使足球已经变小的运动速度再变大的作用。自行车的例子也是同样的道理。

这两个例子都充分说明了阻力能使物体的运动状态发生改变(物体的速度变小)，动力也能使物体的运动状态发生改变(物体的速度变大)，即力不是维持物体运动的原因，而是改变物体运动状态的原因。

要点提炼

1．**牛顿第一定律的物理意义：**

(1)揭示了力与运动的关系：

①力是改变物体运动状态的原因：物体受力的作用，它的运动状态就一定发生改变，并且产生加速度。

②力不是维持物体运动的原因：物体若不受力，它将做匀速直线运动或者保持静止状态。

(2)揭示了一切物体都具有的一种属性——惯性，所以牛顿第一定律也叫惯性定律。

2．物体运动状态改变的三种情况：

(1)速度的方向不变，只有大小改变。(物体做直线运动)

(2)速度的大小不变，只有方向改变。(物体做匀速曲线运动)

(3)速度的大小和方向同时发生改变。(物体做变速曲线运动)

特别提醒

(1)牛顿第一定律所描述的是物体不受外力作用时的状态，与物体所受合外力为零是等效的。

(2)牛顿第一定律不是实验定律，它是在理想实验的基础上总结得出的。

(3)牛顿第一定律只适用于惯性参考系中的运动，在非惯性参考系中不适用。

典例剖析

典题 1　根据牛顿第一定律下列说法中正确的是(　C　)

A．静止或匀速直线运动的物体，一定不受任何外力作用

B．物体运动不停止是因为受到力的作用

C．要改变物体运动状态，必须有外力作用

D．外力停止作用后，物体由于惯性会很快停下来

思路引导：牛顿第一定律 → 不受力时静止或匀速直线运动 → 受力时状态改变

解析：若物体受的合力为零，可能处于静止或匀速直线运动，A 错误；物体运动不停止是因为惯性的原因，运动不需要力来维持，B 错误；力不是维持物体运动的原因，力是改变物体运动状态的原因，故 C 正确；由牛顿第一定律可知，外力停止作用后，物体由于惯性会保持原来的运动状态，故 D 错误，故选 C。

思维升华：牛顿第一定律巧应用

(1)由“因”索“果”：在判断力与运动之间的关系时，一定要把握准牛顿第一定律的含义，即力是改变物体运动状态的原因，而不是维持物体运动状态的原因。

(2)由“果”索“因”：如果物体的运动状态发生改变，则物体必然受到不为零的合外力的作用，所以判断物体的运动状态是否改变以及如何改变，应分析物体的受力情况。

(3)应用步骤：应用牛顿第一定律解释有关现象时，一要看物体原来的运动状态，二要看物体现在的受力情况及所受合力是否为零，最后判断由于物体具有惯性将会出现的现象。

考点　　对惯性概念的理解

情境导入

锤头松了，把锤柄的一端在凳子上撞击几下，锤头就套紧了，为什么？试解释其中的原因。



提示：锤与柄原来都处于运动状态，柄撞在凳子上受到阻力作用，改变了它的运动状态，就停止了运动，锤头由于惯性仍保持原来的运动状态，这样锤头就继续向前运动紧套在锤柄上了。

要点提炼

1．惯性与质量的关系

(1)惯性是物体的固有属性，一切物体都具有惯性。

(2)惯性与物体受力情况、运动情况及地理位置均无关。

(3)质量是物体惯性大小的唯一量度，质量越大，惯性越大。

2．惯性与力的关系

(1)惯性不是力，而是物体本身固有的一种性质，因此说“物体受到了惯性作用”“产生了惯性”，“受到惯性力”等都是错误的。

(2)力是改变物体运动状态的原因，惯性是维持物体运动状态的原因。力越大，运动状态越易改变；惯性越大，运动状态越难改变。

(3)惯性与物体的受力情况无关。

3．惯性与速度的关系

(1)速度是表示物体运动快慢的物理量，是矢量，惯性是物体本身固有的性质，其大小仅由物体质量决定。

(2)一切物体都有惯性，和物体是否有速度及速度的大小均无关。

4．惯性与惯性定律的关系

(1)惯性不是惯性定律，惯性没有条件限制，是物体的一种固有属性。

(2)惯性定律是物体不受外力作用时物体运动所遵守的一条规律。

特别提醒

(1)在不受力(或合外力为零)的条件下，惯性表现为保持原来的运动状态。

(2)在受力条件下，惯性表现为运动状态改变的难易程度。质量越大，惯性越大，运动状态越难改变。

典例剖析

典题 2　关于物体的惯性，下列说法中正确的是(　C　)

A．运动速度大的物体不能很快地停下来，是因为物体的速度越大，惯性也越大

B．静止的火车启动时，速度变化慢，是因为静止的物体惯性大的缘故

C．乒乓球可以快速抽杀，是因为乒乓球的惯性小

D．在宇宙飞船中的物体不存在惯性

思路引导：一切物体在任何状态下都有惯性，其大小取决于物体的质量，和其他因素无关。

解析：一切物体都具有惯性，惯性的大小只与物体的质量有关。惯性是物体本身的一种属性，与外界因素(受力的大小以及所处的环境)及自身的运动状态无关，故 A、D 选项错误；静止的火车启动时，速度变化缓慢，是因为火车的质量大，惯性大，而不是因为静止的物体惯性大，B 选项错误；乒乓球可以快速抽杀，是因为其质量小，惯性小，在相同的力的作用下，运动状态容易改变，故 C 选项正确。

思维升华：惯性理解两注意

(1)注意一个“一切”，即一切物体具有惯性；

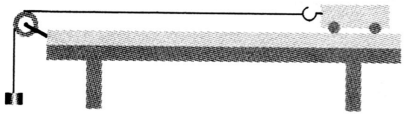
(2)注意一个“唯一”，即质量是惯性大小的“唯一”量度。

2.实验：探究加速度与力、质量的关系

一、实验思路

1．实验装置

将小车置于__水平木板__上，通过滑轮与__槽码__相连。小车可以在槽码的牵引下运动。



槽码牵引小车运动

2．实验思路

(1)加速度与力的关系

保持小车__质量不变__ $\xrightarrow{\text{改变槽码的个数}}$ 测得不同__拉力__下小车运动的加速度 $\xrightarrow{\text{分析}}$ 加速度与__拉力__的变化情况 $\xrightarrow{\text{找出}}$ 二者之间的定量关系。

(2)加速度与质量的关系

保持小车所受的__拉力不变__ $\xrightarrow{\text{改变小车的质量}}$ 测得不同__质量__的小车在这个拉力下运动的加速度 $\xrightarrow{\text{分析}}$ 加速度与__质量__的变化情况 $\xrightarrow{\text{找出}}$ 二者之间的定量关系。

二、物理量的测量

1．**质量的测量**：可以用__天平__测量。

2．**加速度的测量**

方法 1：由 $x=\frac{1}{2}at^2$ 计算出加速度 $a=$__$\frac{2x}{t^2}$__。

方法 2：将打点计时器的纸带连在小车上，根据__纸带上__打出的点来测量加速度。

方法 3：两个初速度为零的匀加速直线运动的物体，在相等时间内的位移之比就等于加速度之比，即__$\frac{x_1}{x_2}=\frac{a_1}{a_2}$__。

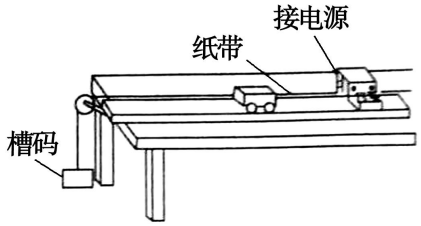
3．**力的测量**：小车所受的拉力__替代__合力，用悬挂物重力替代小车所受的拉力。(条件是槽码的质量要比小车的质量小很多)

一、实验步骤

1．**安装实验器材**：将小车置于带有定滑轮的木板上，将纸带穿过打点计时器后挂在小车尾部。

2．**平衡摩擦力**：用薄垫块将一端垫高，调整其倾斜程度，直到小车运动时打点计时器在纸带上打出的点分布均匀为止。

3．**悬挂重物**：在细线一端挂上重物，另一端通过定滑轮系在小车前端。



4．**收集纸带数据**：将小车靠近打点计时器后开启打点计时器，并让小车由静止释放，打点计时器在纸带上打出一系列点，据此计算出小车的加速度。

5．**改变小车受力：**

(1)保持小车的质量不变，通过增加槽码的数量，增加重物的质量(总质量仍远小于小车质量)。接通电源后放开小车，用纸带记录小车的运动情况。取下纸带。并在纸带上标上号码及所挂槽码的总重力 m_1g。

(2)重复步骤 4，多做几次实验，并记录好相应纸带的编号及所挂槽码的总重力 m_2g、m_3g…

6．**改变小车质量：**

(1)保持重物(小车所受的拉力)不变，通过增加或减少小车上的砝码的方式，改变小车的质量，接通电源后放开小车，用纸带记录小车的运动情况。取下纸带，并在纸带上标上号码及小车和砝码的总质量 M_1。

(2)继续在小车上增加砝码，重复步骤 6，多做几次实验，在每次实验得到的纸带上标上号码及小车和砝码的总质量 M_2、M_3…

7．**求加速度：**用公式$\Delta x=aT^2$，求得小车的加速度 a，将得到的数据填入相应表格中，以便进行数据处理。

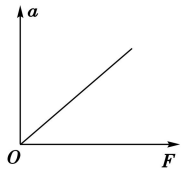
二、数据收集与分析

1．**列 F、a 数据收集表：**

把小车在不同力作用下产生的加速度填在表中：

物理量	1	2	3	4	5	6
作用力(槽码的重力)						
加速度 a						

2．**作 $a-F$ 图像的方法：**以 a 为纵坐标，F 为横坐标，根据数据作 $a-F$ 图像，用曲线拟合测量点，找出规律，分析 a 与 F 的关系。

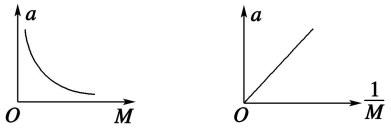


3．**列 M、a 收集数据**

把不同质量的小车(小车和砝码)在相同力的作用下产生的加速度填在表中：

物理量	1	2	3	4	5	6
小车和砝码质量 M						
$\frac{1}{M}$						
加速度 a						

4．**作 $a-\frac{1}{M}$ 图像的方法**：分别以 a 为纵坐标、M 和 $\frac{1}{M}$ 为横坐标，根据数据作 $a-M$ 图像和 $a-\frac{1}{M}$ 图像，分析 a 与 M 的关系。



5．**实验结论**：

(1)对同一物体，当 M 不变时，物体的加速度 a 与所受力 F 成正比。

(2)对不同物体，当 F 不变时，物体的加速度 a 与质量 M 成反比。

三、注意事项

1．平衡摩擦力时不要挂重物，整个实验平衡了摩擦力后，不管以后是改变槽码的个数，还是改变小车及砝码的质量，都不需要重新平衡摩擦力。

2．实验中必须满足小车和砝码的总质量远大于槽码的总质量。只有如此，砝码和小盘的总重力才可视为与小车受到的拉力相等。

3．各纸带的加速度 a，都应是该纸带上的平均加速度。

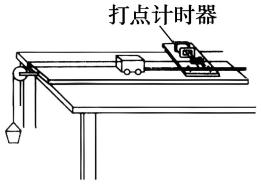
4．作图像时，要使尽可能多的点在所作直线上，不在直线上的点应尽可能对称分布在所作直线两侧。离直线较远的点是错误数据，可舍去不予考虑。

5．释放时小车应靠近打点计时器，且先接通电源再放开小车。

考点　　对实验原理及操作过程的考查

典例剖析

典题 1　用如图所示的装置研究在作用力 F 一定时，小车的加速度 a 与小车质量 M 的关系，某位同学设计的实验步骤如下：



A．用天平称出小车和小桶及内部所装沙子的质量；

B．按图装好实验器材；

C．把轻绳系在小车上并绕过定滑轮悬挂沙桶；

D．将电磁打点计时器接在电压为 6 V 的蓄电池上，接通电源，放开小车，打点计时器在纸带上打下一系列点，并在纸带上标明小车质量；

E．保持小桶及其中沙子的质量不变，增加小车上的砝码个数，并记录每次

增加后的 M 值，重复上述实验；

F．分析每条纸带，测量并计算出加速度的值；

G．作 $a-M$ 关系图像，并由图像确定 $a-M$ 关系。

(1)该同学漏掉的重要实验步骤是__平衡摩擦力__，该步骤应排在__B__步实验之后。

(2)在上述步骤中，有错误的是__D__，应把__电压为 6 V 的蓄电池__改为__6 V 以下低压交流学生电源__。

(3)在上述步骤中，处理不恰当的是__G__，应把__$a-M$__改为__$a-\frac{1}{M}$__。

思路引导：掌握实验原理及操作过程是处理该类问题的关键。

解析：实验中把小桶及其中沙子的重力看作与小车所受拉力大小相等，没有考虑摩擦力，故必须平衡摩擦力。电磁打点计时器接在 6 V 电压的蓄电池上将无法工作，必须接在 6 V 以下交流电压的学生电源上。作 $a-M$ 关系图像，得到的是双曲线，很难作出正确的判断，必须“化曲为直”，改为 $a-\frac{1}{M}$ 关系图像。

考点　　实验数据的分析与处理

典例剖析

典题 2　在做“探究加速度与力、质量的关系”的实验时，计算出各纸带的加速度后，将测得的反映加速度 a 和 F 关系的有关资料记录在表一中。将测得的反映加速度 a 和质量 M 关系的有关资料记录在表二中。

表一

$a/(\mathrm{m\cdot s^{-2}})$	1.98	4.06	5.95	8.12
F/N	1.00	2.00	3.00	4.00

表二

$a/(\mathrm{m\cdot s^{-2}})$	2.04	2.66	3.23	3.98
$\frac{1}{M}/\mathrm{kg^{-1}}$	0.50	0.67	0.80	1.00

(1)请根据表中所列数据，分别画出 $a-F$ 图像和 $a-\frac{1}{M}$ 图像。

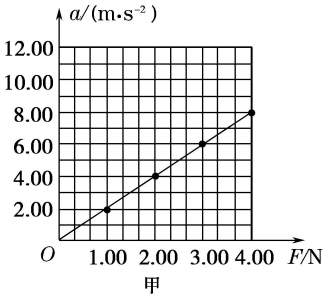
(2)由图像可以判定：当 M 一定时，a 与 F 的关系为__正比关系__；当 F 一定时，a 与 M 的关系为__反比关系__。

(3)由 $a-F$ 图像可知 $M=$__0.5 kg__。

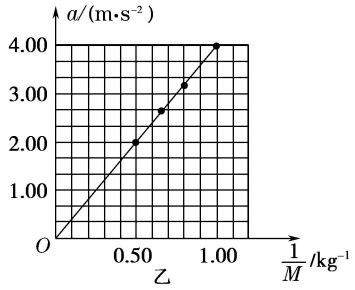
(4)由 $a-\frac{1}{M}$ 图像可知，$F=$__4 N__(保留一位有效数字)。

思路引导：①根据数据描点作图；②由图像分析“a 与 F”“a 与$\frac{1}{M}$”的关系；③根据“a 与 F、M”的关系求解 M、F 的值。

答案：(1)$a-F$ 图像和 $a-\frac{1}{M}$图像分别如图甲、乙所示。



甲



乙

解析：本题主要考查对实验数据的处理和分析，从而得到正确的实验结论，若 a 与 F 成正比，a 与$\frac{1}{M}$成正比，那么 $a-F$ 图像和 $a-\frac{1}{M}$图像都应是一条过原点的直线，同时因实验中不可避免地出现误差，描出的点不在一条直线上是很正常的，连线时应使尽可能多的点在直线上，不在直线上的点应大致对称地分布在直线两侧，离直线较远的点应视为错误数据，不需考虑； 另外可以从图像的斜率的物理意义出发求出相应的物理量。

3.牛顿第二定律

知识点 1　牛顿第二定律

1．**内容**：物体加速度的大小跟作用力__成正比__，跟物体的质量__成反比__，加速度的方向跟__作用力的方向相同__。

2．**表达式**

(1)表达式：$F=$__kma__，式中 k 是比例系数，F 是物体所受的__合外力__。

(2)国际单位制中：$F=$__ma__。

知识点 2　力的单位

1．**国际单位**：__牛顿__，简称__牛__，符号为__N__。

2．**“牛顿”的定义**：使质量为 1 kg 的物体产生__1 m/s²__的加速度的力，称为 1 N，即 1 N=__1 kg·m/s²__。

3．**比例系数 k 的含义**：关系式 $F=kma$ 中的比例系数 k 的数值由 F、m、a 三量的单位共同决定，三个量都取国际单位，即三量分别取__N__、__kg__、

__m/s²__作单位时，系数 k=__1__。

考点　对牛顿第二定律的理解

情境导入

如图所示，赛车车手要想赢得比赛，除了赛车手的技术高超外，赛车本身也是赢得比赛的关键。要想使赛车启动获得较大的加速度，该如何设计汽车？为什么？



提示：设计赛车时要有大的加速度，一方面需要有强大动力的发动机，另一方面在保障安全的前提下减小赛车的质量。

要点提炼

1．牛顿第二定律的六个特性

同体性	$F=ma$ 中 F、m、a 都是对同一物体而言的
因果性	力是产生加速度的原因，只要物体所受的合力不为 0，物体就具有加速度
矢量性	$F=ma$ 是一个矢量式。物体的加速度方向由它所受的合力方向决定，且总与合力的方向相同
瞬时性	加速度与合力是瞬时对应关系，同时产生，同时变化，同时消失
相对性	物体的加速度是相对于惯性参考系而言的，即牛顿第二定律只适用于惯性参考系
独立性	作用在物体上的每一个力都产生加速度，物体的实际加速度是这些加速度的矢量和分力和分加速度在各个方向上的分量关系也遵循牛顿第二定律，即 $F_x=ma_x$，$F_y=ma_y$

2．合外力、加速度、速度的关系

(1)合外力与加速度的关系

合外力与加速度 { 合外力方向决定加速度方向 → a 与 F 方向总相同；合外力大小决定加速度大小 → a 与 F 大小成正比 }

(2)合外力与速度的关系

合力与速度同向时，物体做加速运动，反之减速。

(3)力与运动的关系

物体受力作用 → 运动状态变化 — 物体速度变化 { 力与速度同向→v增加；力与速度反向→v减小 }

(4)加速度的定义式与决定式

①$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$是加速度的定义式，它给出了测量物体的加速度的方法，这是物理上用比值定义物理量的方法。

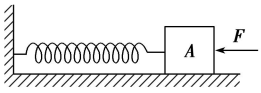
②$a=\frac{F}{m}$是加速度的决定式，它揭示了物体产生加速度的原因及影响物体加速度的因素。

特别提醒

物体的加速度的方向与物体所受的合外力是瞬时对应关系，即 a 与合力 F 方向总是相同，但速度 v 的方向不一定与合外力的方向相同。

典例剖析

典题 1 如图所示，静止在光滑水平面上的物体 A 的一端固定着处于自然状态的轻质弹簧。现对物体作用一水平恒力 F，在弹簧被压缩到最短这一过程中，物体的速度和加速度变化的情况是(B)



A．速度先增大后减小，加速度先增大后减小

B．速度先增大后减小，加速度先减小后增大

C．速度增大，加速度增大

D．速度增大，加速度减小

思路引导：分析物体 A 的受力 —判断→ 合力如何变化 —$F_{合}=ma$→ 加速度如何变化 —判断→ 速度如何变化

解析：压缩的初始阶段，水平恒力大于弹簧弹力，合力方向朝左，物体加速，随着物体向左移动，弹簧弹力逐渐增大，合力逐渐减小，加速度逐渐减小，但当弹簧弹力大于水平恒力时，合力方向朝右，物体开始减速，弹簧弹力继续增大，合力逐渐增大，加速度逐渐增大，即先是加速度逐渐减小的加速运动，后是加速度逐渐增大的减速运动，选项 B 正确。

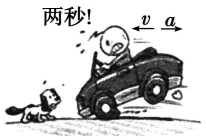
思维升华：1.力与加速度为因果关系：力是因，加速度是果。只要物体所受的合外力不为零，就会产生加速度。加速度与合外力方向相同，大小与合外力成正比。

2．力与速度无因果关系：合外力方向与速度方向可以相同，可以相反，还可以有夹角。合外力方向与速度方向相同时，物体做加速运动，相反时物体做减速运动。

考点　　牛顿第二定律的应用

情境导入

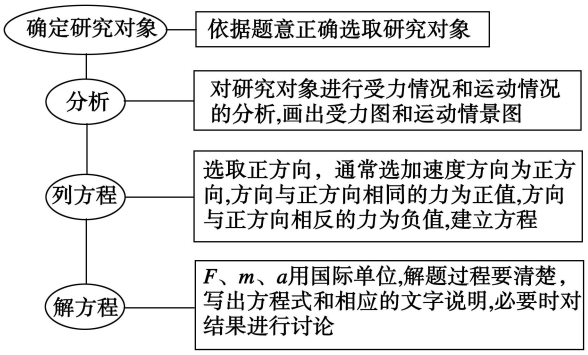
汽车突然刹车，要在很短时间内停下来，会产生很大的加速度，这个加速度是靠什么力产生的？如何求这个力？



提示：摩擦力；$F_f=ma$

要点提炼

1．应用牛顿第二定律解题的步骤



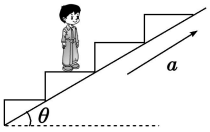
2．解题常用方法

(1)合成法：首先确定研究对象，画出受力分析图，当物体只受两个力作用时，将这两个力按照力的平行四边形定则在加速度方向上合成，直接求出合力，再根据牛顿第二定律列式求解。

(2)正交分解法：当物体受多个力作用时，常用正交分解法求物体所受的合力，应用牛顿第二定律求加速度。在实际应用中的受力分解，常将加速度 a 所在的方向选为 x 轴，垂直于 a 方向选为 y 轴，则有 $\begin{cases}F_x=ma\\F_y=0\end{cases}$；有时也可分解加速度而不分解力，即 $\begin{cases}F_x=ma_x\\F_y=ma_y\end{cases}$。

典例剖析

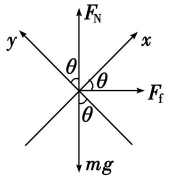
典题 2 如图所示，自动扶梯与水平面夹角为θ，上面站着质量为 m 的人，当自动扶梯以加速度 a 加速向上运动时，求扶梯对人的弹力 FN 和扶梯对人的摩擦力 F_f，重力加速度为 g。



思路引导：确定研究对象 → 受力分析 → 解法1 将力正交分解 / 解法2 将加速度正交分解 → 列方程 → 求分力

解析：这是一个动力学问题，人受到竖直向下的重力 mg、竖直向上的支持力 FN 和水平向右的摩擦力 F_f，因为人的加速度方向沿扶梯向上，所以人所受的这三个力的合力方向也沿扶梯向上。

解法一：建立如图甲所示的直角坐标系，人的加速度方向正好沿 x 轴正方向，由题意可得



图甲

x 轴方向：

$F_f\cos\theta-F\text{N}\sin\theta-mg\sin\theta=ma$

y 轴方向：

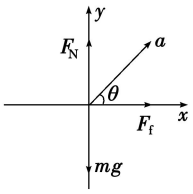
$F\text{N}\cos\theta-F_f\sin\theta-mg\cos\theta=0$

解得 $F\text{N}=mg+ma\sin\theta$

$F_f=ma\cos\theta$

解法二：建立如图乙所示的直角坐标系(水平向右为 x 轴正方向，竖直向上为

y 轴正方向)。由于人的加速度方向是沿扶梯向上的，这样建立直角坐标系后，在 x 轴方向和 y 轴方向上各有一个加速度的分量，其中 x 轴方向的加速度分量 $a_x=a\cos\theta$，y 轴方向的加速度分量 $a_y=a\sin\theta$，根据牛顿第二定律有



图乙

x 轴方向：$F_f=ma_x$；y 轴方向：$F\mathrm{N}-mg=ma_y$

解得：$F\mathrm{N}=mg+ma\sin\theta$，$F_f=ma\cos\theta$。

比较以上两种解法，很显然，两种解法都得到了同样的结果，但是第二种解法较简便。

答案： $mg+ma\sin\theta$　$ma\cos\theta$

思维升华： 坐标系的建立方法

在牛顿第二定律的应用中，采用正交分解法时，在受力分析后，建立直角坐标系是关键。在建立直角坐标系时，不管选取哪个方向为 x 轴正方向，最后得到的结果都应该是一样的，但在选取坐标轴时，应以解题方便为原则。

4.力学单位制

知识点 1　基本单位

1．**基本量：** 只要选定几个物理量的单位，就能够利用__物理量之间的关系__推导出其他物理量的单位，被__选定的物理量__叫作基本量。

2．**基本单位：** 所选定的基本量的__单位__叫作基本单位。

3．**导出单位：** 由基本量根据__物理关系推导出来的__其他物理量的单位叫作导出单位。

4．**单位制：** __基本__单位和__导出__单位一起组成了单位制。

知识点 2　国际单位制

1．**国际单位制：** 1960 年第 11 届国际计量大会制定了一种__国际通用__的、包括一切__计量领域__的单位制，叫作国际单位制。简称 SI。

2．**国际单位制中的基本单位：**

物理量名称	物理量符号	单位名称	单位符号
长度	l	__米__	__m__
质量	m	__千克__	__kg__
时间	t	__秒__	__s__
电流	I	安[培]	A
热力学温度	T	开[尔文]	K
发光强度	I，(I_V)	坎[德拉]	cd
物质的量	n，(v)	摩[尔]	mol

4．国际单位制中力学的三个基本物理量及单位：

(1)三个基本物理量：__长度__、__质量__和__时间__。

(2)三个基本单位：__米__、__千克__和__秒__。

考点　　对单位制的理解

情境导入

爸爸带 6 岁的小明去动物园玩，在大象馆前小明突然问：“爸爸，为什么我比大象还重呢？”爸爸很纳闷，小明指着眼前的动物介绍牌说：“这上面写着亚洲象体重可达 5 吨，而我的体重是 25 千克，25 可比 5 大啊！”爸爸笑了。



你知道小明错在哪里吗？

提示：单位不同。

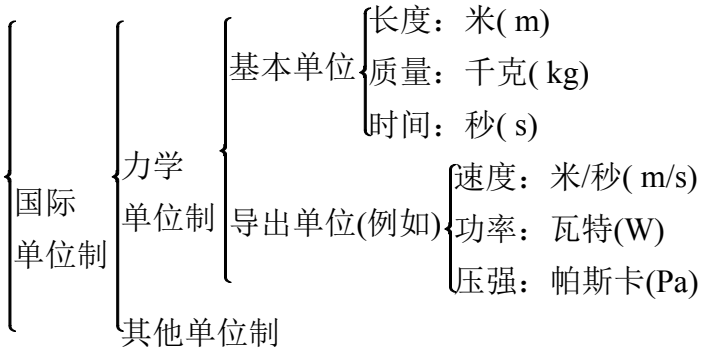
要点提炼

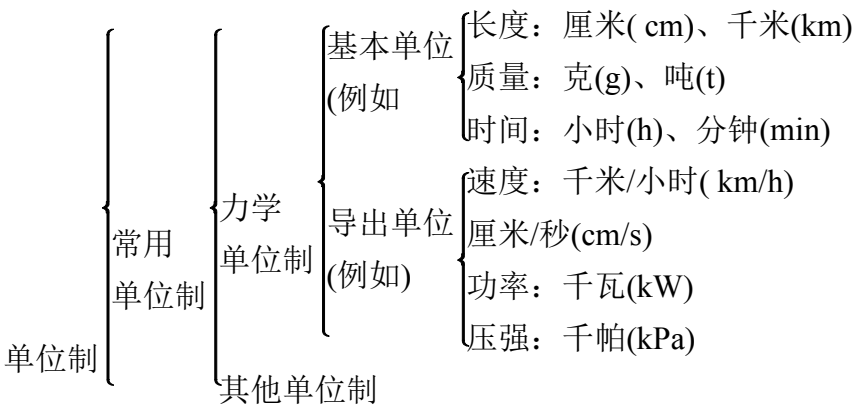
1．单位制的意义

单位是物理量的组成部分，对于物理量，如果有单位一定要在数字后带上单位，同一物理量，选用不同单位时其数值不同，统一单位，便于人们的相互交流，统一人们的认识。

2．单位制的组成

单位制





特别提醒

(1)导出单位由基本单位通过物理量间的关系式推导而来；

(2)基本单位全是国际单位制中单位时，由此推出的导出单位一定是国际单位制中单位；

(3)基本单位中用常用单位的，由此推出的导出单位一定是常用单位。

典例剖析

典题 1　现有以下一些物理量和单位，按下面的要求选择填空。

A. 密度　B. 米/秒　C. 牛顿　D. 加速度　E. 质量　F. 秒　G. 厘米　H. 长度　I. 时间　J. 千克

(1)属于物理量的有__A、D、E、H、I__。

(2)在国际单位制中，被选定的基本量有__E、H、I__。

(3)在国际单位制中的基本单位有__F、J__，属于导出单位的有__B、C__。

思路引导：学习单位制要分清物理量和物理单位的不同，对于物理量，又要分清基本量和由基本量导出的其他量。

解析：(1)此题中给定的选项内，属于物理量的有密度、加速度、质量、长度、时间，故此空填“A、D、E、H、I”。

(2)此题中给定的选项内，在国际单位制中，被选定的基本量有质量、长度、时间，故此空填“E、H、I”。

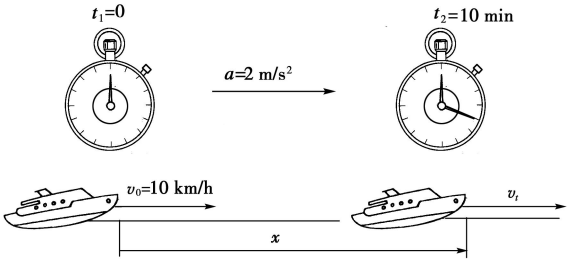
(3)此题中给定的选项内，在国际单位制中是基本单位的有千克、秒，属于导出单位的有米/秒、牛顿，故第一个空填“F、J”，第二个空填“B、C”。

思维升华：基本物理量的所有单位均为基本单位，但是基本单位并非都是国际单位制中的单位，国际单位制中的单位也不一定是基本单位。基本单位只是组成国际单位制的一小部分，在国际单位制中，除七个基本单位以外的单位都是导出单位。要从概念上理解基本单位与国际单位之间的联系与区别。

考点　　单位制在物理计算中的应用

情境导入

如图所示，一艘快艇以 2 m/s^2 的加速度在海面上做匀加速直线运动，快艇的初速度是 10 km/h。求这艘快艇在 10 min 内经过的位移。在解题过程中，怎样合理应用单位制，才能做到既简单又不容易产生错误？



提示：把题目中的已知量用国际单位制表示，若不是国际单位的首先要转化为国际单位，计算的结果同样要用国际单位表示，这样，计算过程中，就不必一一写出各量后面的单位，只在数字后面写出正确的单位就可以了。

要点提炼

1．**简化运算：**在解题计算时，已知量均采用国际单位制，计算过程中不用写出各个量的单位，只在式子的末尾写出所求量的单位即可，简化了运算过程。

2．**检验结果：**各量的单位统一成国际单位制单位，只要正确地应用公式，计算结果必定是用国际单位制单位来表示。只有所求物理量的计算结果的单位和该物理量在国际单位制中的单位完全一致时，该运算过程才可能是正确的。若所求物理量的单位不对，则结果一定错。

3．**推导单位：**物理公式在确定各物理量的数量关系时，同时也确定了各物理量的单位关系，所以我们可以根据物理公式中物理量间的关系，推导出物理量的单位。

特别提醒

(1)较长或较大的单位，统一成国际制单位时，如不方便书写，可用科学计数法表示。如 10km＝10^4 m。

(2)国际单位制之外，实际应用中还保留一部分单位，如：长度的单位光年，速度的单位 km/h。

典例剖析

典题 2 质量为 4 t 的汽车，在平直公路上由静止出发，经过 1 min 速度达到 72 km/h，已知汽车在运动时所受的阻力为车重的 0.02 倍，求汽车的牵引力(g 取 10 m/s^2)。

思路引导：当各物理量均采用国际单位时，运用公式进行运算时，公式中的各量不必写上单位，只需在最后的数值后面写上正确的单位即可。

解析：统一单位：$m=4\ \text{t}=4\ 000\ \text{kg}$，$t=1\text{min}=60\ \text{s}$，$v=72\ \text{km/h}=20\ \text{m/s}$，$F_f=kmg=0.02\times4\ 000\times10\ \text{N}=800\ \text{N}$

以汽车为研究对象，水平方向上汽车受牵引力 F 和阻力 F_f 的作用，

由牛顿第二定律 $F_{合}=F-F_f=ma$ ①

又 $v=at$ ②

由①②式得 $F=ma+F_f=m\frac{v}{t}+F_f=(4\ 000\times\frac{20}{60}+800)\ \text{N}\approx2\ 133\ \text{N}$。

答案：2 133 N

思维升华：(1)在利用物理公式进行计算时，为了在代入数据时不使表达式过于繁杂，我们要把各个量换算到同一单位制中，这样计算时就不必一一写出各量的单位，只要在所求结果后写上对应的单位即可。

(2)习惯上把各量的单位统一成国际单位，只要正确地应用公式，计算结果必定是用国际单位来表示的。

5.牛顿运动定律的应用

知识点 1 从受力情况确定运动情况

1．牛顿第二定律确定了__运动__和__力__的关系，使我们能够把物体的运动情况和__受力情况__联系起来。

2．如果已知物体的受力情况，可由牛顿第二定律求出物体的__加速度__，再通过运动学的规律就可以确定物体的__运动情况__。

知识点 2 从运动情况确定受力情况

若已经知道物体的运动情况，根据运动学公式求出物体的__加速度__，于是就可以由牛顿第二定律确定物体所受的__外力__，这是力学所要解决的又一方面的问题。

知识点 3　动力学的两类基本问题

动力学有两类问题：一是已知物体的受力情况分析__运动__情况；二是已知运动情况分析__受力__情况，程序如下图所示。

力 $\xrightarrow[\text{牛顿第二定律}]{\text{受力分析}}$ 加速度 a $\xrightarrow[\text{公式}]{\text{运动学}}$ 运动状态

其中，__受力分析__是基础，牛顿第二定律和__运动学__公式是工具，__加速度__是桥梁。

考点　　由物体的受力情况确定运动情况

情境导入

如图所示，汽车在高速公路上行驶，如果汽车关闭油门滑行。



试结合上述情况讨论：由物体的受力情况确定其运动情况的思路是怎样的？

提示：通过分析物体的受力情况，根据牛顿第二定律求得加速度，然后由运动学公式求出物体运动的位移、速度及时间等。

要点提炼

1．问题界定：

已知物体受力情况确定运动情况，指的是在受力情况已知的条件下，判断出物体的运动状态或求出物体的速度和位移。

2．解题思路

分析物体受力 → 求物体的合力 → $a=\frac{F}{m}$求加速度 → 运动学公式求运动学量

3．解题步骤

(1)确定研究对象，对研究对象进行受力分析， 并画出物体的受力分析图。

(2)根据力的合成与分解，求出物体所受的合外力(包括大小和方向)。

(3)根据牛顿第二定律列方程，求出物体运动的加速度。

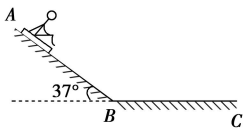
(4)结合物体运动的初始条件，选择运动学公式，求出所需的物理量——任意时刻的速度，任意时间内的位移，以及运动轨迹等。

典例剖析

典题 1　滑沙是国内新兴的一种旅游项目，如图甲所示，游客坐在滑沙板上，随板一起下滑，若将该过程处理成如图乙所示模型，人坐在滑板上从斜坡的高处 A 点由静止开始滑下，滑到斜坡底端 B 点后沿水平的滑道再滑行一段距离到 C 点停下来。若某人和滑板的总质量 $m=60.0\ \text{kg}$，滑板与斜坡滑道和水平滑道的动摩擦因数均为 $\mu=0.50$，斜坡 AB 的长度 $l=36\ \text{m}$。斜坡的倾角 $\theta=37°$($\sin 37°\approx0.6$，$\cos 37°\approx0.8$)，斜坡与水平滑道间是平滑连接的，整个运动过程中空气阻力忽略不计，重力加速度 g 取 $10\ \text{m/s}^2$。



图甲



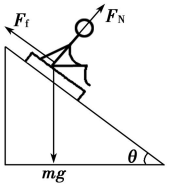
图乙

(1)人从斜坡顶端滑到底端的时间为多少？

(2)人滑到水平面上后还能滑行多远？

思路引导：分析受力 → 求合力，根据牛顿第二定律求 a → 由运动学公式求 t、x

解析：(1)人在斜坡上下滑时，受力分析如图所示。



设人沿斜坡下滑的加速度为 a，由牛顿第二定律得 $mg\sin\theta-F_f=ma$

又 $F_f=\mu F_N$

垂直于斜坡方向有 $F_N-mg\cos\theta=0$

解得 $a=2\ \text{m/s}^2$

由 $l=\frac{1}{2}at^2$

解得 $t=6\ \text{s}$

(2)设人滑到水平面时的速度为 v，则有 $v=at$

解得 $v=12\ \text{m/s}$

在水平面上滑行时，设加速度为 a'，根据牛顿第二定律，有 $\mu mg=ma'$

解得 $a'=5\ \mathrm{m/s^2}$

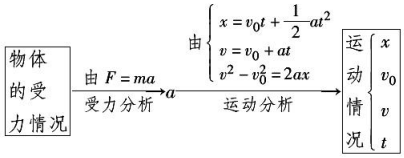
设还能滑行的距离为 x，则

$v^2=2a'x$

解得 $x=14.4$ m。

答案：(1)6 s　(2)14.4 m

思维升华：从受力确定运动情况的分析流程



考点　　由物体的运动情况确定受力情况

情境导入

一运动员滑雪时的照片如图所示，如果：



(1)知道在下滑过程中的运动时间。

(2)知道在下滑过程中的运动位移。

试结合上述情况讨论：由物体的运动情况确定其受力情况的思路是怎样的？

提示：先根据运动学公式，求得物体运动的加速度，比如 $v=v_0+at$，$x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$，$v^2-v_0^2=2ax$ 等，再由牛顿第二定律求物体的受力。

要点提炼

1．问题界定

已知物体运动情况确定受力情况，指的是在运动情况(如物体的运动性质、速度、加速度或位移)已知的条件下，要求得出物体所受的力。

2．解题思路

运动情况分析 → 运动学公式求 a → 由 $F=ma$ 求合力 → 求出物体所受的其他力

3．解题步骤

(1)根据物体的运动情况，利用运动学公式求出物体的加速度。

(2)根据牛顿第二定律确定物体所受的合外力。

(3)结合受力分析，从而求出未知的力或与力相关的某些物理量。

典例剖析

典题 2　战士拉车胎进行 100 m 赛跑训练体能。车胎的质量 $m=8.5$ kg，战士拉车胎的绳子与水平方向的夹角为$\theta=37°$，车胎与地面间的滑动摩擦系数$\mu=0.7$。某次比赛中，一名战士拉着车胎从静止开始全力奔跑，跑出 20 m 达到最大速度(这一过程可看作匀加速直线运动)，然后以最大速度匀速跑到终点，共用时 15 s。取重力加速度 $g=10$ m/s^2，sin 37°$=0.6$，cos 37°$=0.8$。求：



(1)战士加速所用的时间 t_1 和达到的最大速度 v；

(2)战士匀加速运动阶段对车胎的拉力 F。

思路引导：由运动学方程算出加速时间和最大速度，并计算出匀加速的加速度；对轮胎受力分析，采用正交分解法把绳子对轮胎的拉力沿水平方向和竖直方向分解，并分别列牛顿第二定律方程和平衡方程求解。

解析：(1)设匀加速运动的时间为 t_1，则匀加速阶段位移为：$x_1=\dfrac{0+v}{2}t_1$

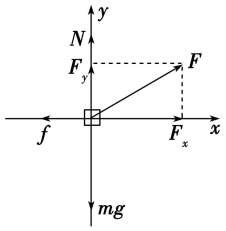
匀速阶段位移为：$x_2=100-x_1=v(15-t_1)$

联立解得：$v=8$ m/s，$t_1=5$ s

(2)由速度公式：$v=at_1$

得：$a=\dfrac{v}{t_1}=\dfrac{8}{5}$ m/s$^2=1.6$ m/s^2

车胎受力如图并正交分解：



在 x 方向有：$F\cos 37°-f=ma$

在 y 方向有：$N+F\sin 30°-mg=0$

且：$f=\mu N$

代入数据联立解得：

$F=59.92$ N，

沿绳与水平方向成 37°。

答案：(1)5 s　8 m/s；

(2)59.92 N，方向沿绳，与水平方向成 37°。

思维升华：分析由运动情况确定受力问题的思维程序：

选取研究对象 → 分析运动情况 —运动学公式→ 求加速度 —牛顿第二定律→ 分析受力情况 → 求解所求的力

6.超重和失重

知识点 1　重力的测量

1．**方法一：**先测量物体做自由落体运动的__加速度 g__，再用天平测量物体的__质量__，利用牛顿第二定律可得：$G=$__mg__。

2．**方法二：**利用力的平衡条件对重力进行测量，将待测物体悬挂或放置在测力计上，使它处于__静止状态__。这时物体所受的重力和测力计对物体的拉力或支持力的大小__相等__，测力计的示数反映了物体所受的重力__大小__。

知识点 2　超重和失重

1．**失重**

(1)定义：物体对支持物的压力(或对悬挂物的拉力)__小于__物体所受重力的现象，叫作失重(weightlessness)现象。

(2)产生条件：物体具有__向下__的加速度。

2．**超重**

(1)定义：物体对支持物的压力(或对悬挂物的拉力)__大于__物体所受重力的现象，叫作超重(overweight)现象。

(2)产生条件：物体具有__竖直向上__的加速度。

3．**完全失重**

(1)定义：物体对支持物(或悬挂物)完全没有__作用力__，这种现象被叫作完

全失重状态。

(2)产生条件：加速度 $a=$__g__，方向__向下__。

考点　　对超重与失重现象的理解

情境导入

你乘坐过高速电梯吗？电梯在启动、停止的过程中你有怎样的感受？将你的体验与同学交流一下，体会其中蕴含的物理规律。



提示：电梯启动时感到脚对地板的压力增大，电梯在停止的过程中感到脚对地板的压力减小了。

要点提炼

1．实重与视重

(1)实重：物体实际所受的重力。

(2)视重：当物体挂在弹簧测力计下或放在水平台秤上时，弹簧测力计或台秤的示数称为“视重”，大小等于弹簧测力计所受的拉力或台秤所受的压力。

2．超重与失重

(1)超重：“视重”大于“实重”的现象

(2)失重：“视重”小于“实重”的现象

3．对超重和失重现象的理解

(1)物体处于超重或失重状态时，物体所受的重力始终不变，只是物体对支持物的压力或对悬挂物的拉力发生了变化，看起来物重好像有所增大或减小。

(2)发生超重或失重现象与物体的速度方向无关，只取决于物体加速度的方向。加速度向上则“超重”，加速度向下则“失重”。

(3)在完全失重状态下，平常由重力产生的一切物理现象都完全消失，比如物体对桌面无压力，单摆停止摆动，浸在水中的物体不受浮力等。靠重力才能使用的仪器，也不能再使用，如天平、液体气压计等。

典例剖析

典题 1　(原创题)如图所示，苹果自空中竖直落入深水中，到达某一深度后又返回到水面，下列说法正确的是(　C　)



A．苹果在空中下落时处于“超重”状态

B．苹果落入水中后“重力”变小了

C．苹果在水中向下运动时处于“超重”状态

D．苹果在水中向上运动时处于“失重”状态

思路引导：(1)加速度的方向决定“超重”或“失重”。

(2)重力不随物体的运动状态而变化。

解析：苹果在空中下落时加速度向下，处于“失重”状态，A 错；苹果在水中下落时加速度向上，处于“超重”状态，C 对；苹果在水中上升时加速度向上，处于“超重”状态，D 错；苹果在整个运动过程中“重力”没变，B 错。

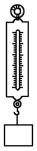
思维升华：(1)无论超重、失重、完全失重，变化的只是视重，实际重力不变。

(2)决定超重还是失重的是加速度的方向，与速度方向无关。

考点　　超重与失重现象的分析处理

情境导入

(1)用弹簧测力计测物体重力时，突然向上加速，观



察弹簧测力计的示数如何变化？

(2)用弹簧测力计测物体重力时，突然向下加速，观察弹簧测力计的示数如何变化？

(3)若将弹簧测力计和物体一起释放，观察弹簧测力计的示数如何变化？

提示：(1)弹簧测力计示数变大了。

(2)弹簧测力计示数变小了。

(3)弹簧测力计示数变为零。

要点提炼

1．产生超重、失重现象的原因

(1)产生超重的原因：

当物体具有向上的加速度 a 时，支持物对物体的支持力(或悬绳的拉力)为 F。由牛顿第二定律可得：$F-mg=ma$

所以 $F=m(g+a)>mg$

由牛顿第三定律知，物体对支持物的压力(或对悬绳的拉力)$F'>mg$。

(2)产生失重现象的原因：

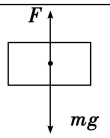
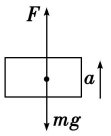
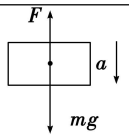
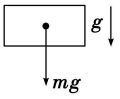
当物体具有向下的加速度 a 时，支持物对物体的支持力(或悬绳对物体的拉力)为 F。由牛顿第二定律可知：$mg-F=ma$

所以 $F=m(g-a)<mg$

由牛顿第三定律可知，物体对支持物的压力(或对悬绳的拉力)$F'<mg$。

特例：当物体具有向下的加速度 $a=g$ 时，则 $F'=0$，物体处于完全失重状态。

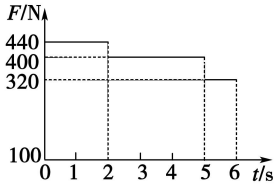
2．超重、失重的分析比较

特征 / 状态	加速度	视重(F)与重力关系	运动情况	受力图
平衡	$a=0$	$F=mg$	静止或匀速直线运动	
超重	向上	$F=m(g+a)>mg$	向上加速，向下减速	
失重	向下	$F=m(g-a)<mg$	向下加速，向上减速	
完全失重	$a=g$	$F=0$	自由落体运动、抛体运动、环绕地球正常运行的卫星等	

典例剖析

典题 2　如图所示，一质量为 $m=40$ kg 的小孩站在电梯内的体重计上。电梯从 $t=0$ 时刻由静止开始上升，在 0～6 s 内体重计示数 F 的变化情况如图所示。试问：在这段时间内电梯上升的高度是多少？(取重力加速度 $g=10$ m/s^2)





思路引导：由图像信息分析电梯在不同阶段的受力情况并确定电梯的加速度，再根据运动学公式列方程求解。

解析：小孩重力为 $G=400\ \text{N}$，由题图知，在 0～2 s 内，$F_1=440\ \text{N}$，$F_1>G$，电梯匀加速上升，则有

$a_1=\dfrac{F_1-G}{m}=1\ \text{m/s}^2$，$h_1=\dfrac{1}{2}a_1t_1^2=2\ \text{m}$

$t_1=2\ \text{s}$ 时，$v=a_1t_1=2\ \text{m/s}$

在 2～5 s 内，$F_2=400\ \text{N}$，$F_2=G$，电梯匀速上升，则有

$h_2=vt_2=6\ \text{m}$

在 5～6 s 内，$F_3=320\ \text{N}$，$F_3<G$，电梯匀减速上升，则有 $a_3=\dfrac{G-F_3}{m}=2\ \text{m/s}^2$

又 $v-a_3t_3=0$，说明电梯在 6 s 末停止

故 $h_3=\dfrac{v}{2}t_3=1\ \text{m}$

所以电梯上升的高度为 $h=h_1+h_2+h_3=9\ \text{m}$。

答案：9 m

思维升华：结合图像分析求解超重与失重问题

特别要善于从图像中获取有用信息，能将图像与物体实际运动的情境结合起来，并应用相关物理规律求解。