# 第一章运动的描述。

## 第1节 质点参考系和坐标系

重点难点解读

**一、物体和质点。**

对质点的理解。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 内容。 | 解读 |
| 定义。 | 用来代替物体的有质量而不考虑大小和形状的物质点。 | 与几何中的“点”不同，有位置、有质量。 |
| 条件 | 大小和形状对研究的问题可以忽略不计。 | 研究地球绕太阳公转1轨道时、研究飞机在空中飞行轨迹时 |
| 物体上各点的运动情况都相同。 | 巨轮沿直线航行时。 |
| 说明 | 同一物体，在不同条件下，有时可以把它们看做质点，有时就不能把它们看作质点。 | 竞走运动中，看成绩时可以将人视为质点，但看动作是否规范时，就不可以将人视为质点。 |
| 注意 | 质点是一个理想化模型，是一种科学抽象，是为了研究问题的方便而人为设定的，只占有位置而不占有空间，具有被代替物体的全部质量。 | |

理想化模型的三个要点:

尽管质点并不是实际存在的，但以后我们所研究的物体大部分可视为质点。

1.实际并不存在。

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。

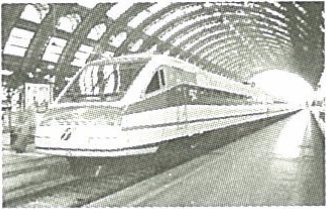
2.突出主要因素的结果。

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.客观存在事物的部分特点反映。

理想化模型是在一定程度和范围内，对客观存在的复杂物事物的一种近似反映，于是物理学中经常采用的一种研究方法。

例:如图所示，研究火车的各种运动情况时。

①火车进站时，火车的长度与站台相比不能忽略，所以在研究火车进站的时间时，不能将火车看作质点。

②火车的长度与从北京到重庆的距离相比，可以忽略不计，所以在研究火车从北京到重庆的时间时，可以将火车看作质点。

③研究火车车轮上某点的运动时，车轮的大小和形状不可忽略，在这种情况下，不能将火车看作质点。

质点判断的误区。

在一定条件下，物体可以看作质点，而不是物体是质点。

这点不同于几何中的点质点有物体的全部质量，而几何中的点没有质量。

**二、参考系**

参考系

含义，描述物体运动的参照物。

选取原则，观测方便，描述简单

性质。

1、标准性：认为参考系是静止的。

2、任意性，任何物体都可以当做参考系。

3、统一性。比较不同物体的运动时，要取同一参考系。

特别提醒

1、描述运动必须设定参考系。

2、，一般常取地面或地面上静止的物体为参考系，但分析具体问题时，不一定总以地面或相对地面静止的物体作为参考系，可根据问题灵活选择。

3、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。

**三、坐标系**

常用的两种坐标系。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 目的 | 定量的描述物体的位置及位置的变化。 | | |
|  | 一维坐标系。 |  | 适用于物体在一条直线上运动的情形，图中物体在x=2m位置M处。 |
|  | 二维坐标系。 |  | 适用于物体在平面上运动的情形。图中物体在坐标（3m，4m）位置N处。 |

【注意】画坐标系时，必须规定原点、正方向和单位长度。

**高考命题点一、物体可看作质点的条件。**

例1【多选】下列关于质点的说法中，正确的是（）

A、研究神舟11号飞船绕地球运转的轨迹时，可以把飞船看成质点。

B、研究乒乓球运动员如何打出漂亮的弧圈球时，可以把乒乓球看成质点。

C、研究校运会上，小明同学优美而标准的跳高动作时，不能把它看成质点。

D、研究D9578次动车从温州南站开往上海虹桥站的运动时，可以把动车看成质点。

【解析】

A正确。研究对象的大小形状，对所探讨的问题没有影响时，可以将研究对象视为质点。

B错误。如果将乒乓球视为质点，就没法研究弧圈球的技术问题了。

C正确。研究跳高动作时，不可将人视为质点。

D正确。D9578次动车的长度与温州到上海的距离相比小很多，可以将动车视为质点。

【答案】ACD

点评，一个物体能否看成质点，是由所要研究问题的特点决定的，即能将物体看成质点的重要依据，是把物体看成质点后，对讨论的问题不会造成影响。

**高考命题点二，参考系和相对运动。**

例2，2016年10月19日，神舟11号载人飞船与天宫2号空间实验室成功实现了自动交会对接，如图所示，在对接过程中，神舟11号开始向天宫2号缓缓靠拢，在按程序顺利完成一系列技术动作后，对接机构锁紧，两个飞行器建立刚性连接，形成组合体，下列说法中正确的是。（）

A、在对接靠拢的过程中，神舟11号载人飞船选择天宫2号作为参考系。

B、在对接靠拢的过程中，神舟11号载人飞船选择地面指挥中心作为参考系。

C、在对接靠拢的过程中，天宫2号能够看成质点。

D、在调整对接姿态的过程中，神舟11号能够看成质点

【解析】只有选择天宫2号作为参考系，才能使神舟11号有目的的运动病，实时对接，选项A正确，选项B错误，在对接时不能错位，神舟11号和天宫2号都不能视为质点，选项CD错误。

【答案】A

点评，根据参考系判断物体运动的方法。

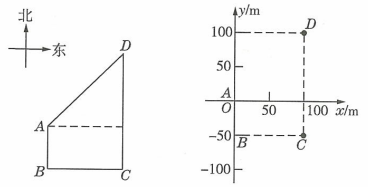
1、确定研究对象

2、根据题意确定参考系，并假定参考系是不动的

3、分析被研究物体相对于参考系的位置变化情况

**高考命题点三，用坐标系确定物体的位置。**

例3如图所示，某人从学校门口A处开始散步，先向南走50m到达B处，最后又往北走了150m，到达D处，则A、B、C、D各点位置如何表示？



【解析】以A点为坐标原点，向东为x轴的正方向，向北为y轴的正方向，建立平面直角坐标系，如图所示，则各点坐标为A（0，0），B（0，-50m），C（100m，-50m），D（100m，100m）

【答案】见解析

要点。

1、物体可以看作质点的依据，是物体的大小和形状对所研究的问题可以忽略。

2、质点是一个理想化模型，只占有位置，不占有空间，具有被代替物体的全部质量。

3、任何物体都可以选作参考系，选择的参考系不同，同一物体的运动情况可能会不同。

教材深度拓展。

一、一个物体能被看作质点的四种情形。

①物体的大小和形状对所研究的问题的影响可以忽略不计。

②问题涉及的空间尺度远大于物体自身的大小时，物体自身的大小可以忽略不计，这时可将物体视为质点。

③做平动的物体，由于物体上各点的运动情况相同，可以用一个点来代替整个物体的运动。

④物体虽然有转动，但是因转动而引起的物体，各部分的运动差异因素对所研究的问题不起作用。

**特别注意:**

不能说平动的物体，而转动的物体，一定不能看作质点。

平动的物体有时也不能看作质点，如研究一列火车，通过一座桥的时间时，就需要考虑火车的长度，不能把火车看作质点。

例1、【多选】在以下哪些情况下可以将物体看成质点？

A、研究某学生骑车回校的速度。

B、对某学生骑车姿势进行生理学分析。

C、研究火星探测器从地球到火星的飞行轨迹。

D、研究火星探测器降落火星后如何探测火星的表面。

【解析】研究学生的骑车速度或探测器的飞行轨迹时，其大小和形状的影响可以忽略不计，都可以看成质点，选项AC正确。

但当研究学生的骑车姿势时，学生的身躯和四肢就构成了研究的对象，故不能把学生看成质点，选项B错误。

当火星探测器在火星表面探测时，探测器的动作直接影响探测的效果，所以不能把探测器看成质点，故选项D错误。

【答案】AC

二，关注运动的绝对性和相对性。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 绝对性 | 运动是绝对的，任何物体都在不停的运动着。 | |
| 相对性 | 参考系不同，对同一物体运动的观测结果可能不同。 | 列车中的乘客可以选择车厢或地面为参考系。 |
| 同速运动的两人可以选地面为参考系，也可选另一人为参考系。 |
| 说明 | 参考系的选取是任意的，但常取地面为参考系。 | |

例2、【单选】在电视连续剧西游记中，常常有孙悟空腾云驾雾的镜头，这通常是采用背景拍摄法，让孙悟空站在平台上做着飞行的动作，在他的背后展现出蓝天和急速飘动的白云，同时加上烟雾效果，摄影师把人物的动作和飘动的白云及下面的烟雾等一起摄入镜头，放映时，观众就感觉孙悟空在腾云驾雾了，这时，观众所选取的参考系是（）

A、孙悟空 B、平台 C、顿号飘动的白云 D、镜头

【解析】背景拍摄法，实际是利用了相对运动的原理拍摄，孙悟空不动，白云向后移动，而放映时，观众以白云为参考系，认为其静止，就会感觉到孙悟空在腾云驾雾了，故选C。

【答案】C

高考零距离:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 常考考点。 | 常设题型 | 考题难度。 |
| 质点、参考系 | 选择题 | 低 |

命题角度一质点模型的建立。

考例1【单选】若车辆在行进中，要研究车轮的运动，下列选项中正确的是（）

A、车轮只做平动。

B、车轮只作转动。

C、车轮的平动可以用质点模型分析。

D、车轮的转动可以用质点模型分析。

【读题】研究的对象是车轮分析，车轮做平动还是转动车轮在哪一种运动形式中可以看成质点。

【思路建立】。车轮不断在转动，还在向前跑呢。

如果把车轮看做质点，那车轮的转动情况就不能研究了啊，如果我计算车轮向前运动了多少距离，拿车轮看做质点也是不影响的吧。

【解析】车辆在行进中，车轮系做平动，右左转动，如果要研究车轮的平动，车轮上各点的运动情况，速度大小和方向相同，则可将车轮当成质点，如果要研究车轮的转动，车轮上各点的运动情况不同，因此不能将整个车轮看作质点，故选c。

【答案】C

命题角度二，参考系运动的相对性。

考例2 【单选】从水平匀速飞行的飞机上，向外自由释放一个物体，不计空气阻力，在物体下落过程中，下列说法正确的是（）

A、从飞机上看物体静止

B、从飞机上看，物体始终在飞机的后方。

C、从地面上看，物体做曲线运动。

D、从地面上看，物体做直线运动。

【思路建立】我没坐过飞机啊，这样的题也来考我，我想起来了，教材上有一个图，说的就是这个问题了，释放的物体始终在飞机的正下方啊，但是地面上的人看到物体是曲线下落的。

【解析】从飞机上看，就是以飞机为参考系，由于下落物体在水平方向的运动与飞机相同，所以看到的物体是竖直向下运动的，即作直线运动。选项A、B错误。

从地面上看，就是以地面为参考系，这时物体除了做竖直向下运动，还做水平方向的运动，其轨迹为曲线，如同在地面上某一高度水平抛出一小石块的轨迹，选项C正确，选项D错误。

【答案】C

## 第2节 时间和位移

重点难点解读

**一、时刻和时间间隔。**

时刻和时间间隔的物理意义。

时刻指某一瞬时，在时间轴上用一点表示。

时间间隔指的是两个时刻的间隔。

【注意】人们在日常生活中所说的时间，有时指时刻，有时指时间间隔，在物理学中，两者物理意义不同，必须严格区分，物理学上说的时间，指的是两个不同时刻的间隔，例如，中华民族经过14年（时间）抗战，打败了日本侵略者，刚才最后一响（时刻）是12点整。

时刻、时间间隔的表示方法。

在表示时间的数轴上，时刻用点表示，时间间隔用线段表示。

如图所示，第1s内、第2s内……第ns内指的是时间间隔，在数值上都为1s；最初2s、前2s、最后2s内等说法，对应的也为时间间隔；第1s末、第2s末、第3s初等指时刻，且第2s末和第3s初指同一时刻。

常用来表示时刻的关键词有“初”“末”“时”等；常用来表示时间间隔的关键词有“内”“经历”“历时”等。

时间的测量仪器。

测量时间的仪器，生活中常用的各种钟表，如石英钟，摆钟等，实验室里常用电子计时器，电磁打点计时器或电火花计时器，后面会学到，有时还用频闪照相或光电门记录时间，如图所示，为几种计时仪器。



**二、路程和位移**

位移和路程的区别与联系。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | 位移 | 路程 |
| 区别 | 物理意义 | 表示物体的位置变化 | 表示物体运动轨迹的长度。 |
| 大小 | 等于物体由初位置到末位置的距离，与运动轨迹无关。 | 按运动轨迹计算的实际长度 |
| 标、矢量 | 矢量方向由初位置指向末位置。 | 标量无方向。 |
| 联系 | | 1、两者单位相同，在国际单位制中都是米。  2、统计运动过程的路程，不小于位移大小，在单向直线运动中，位移大小等于路程。 | |

**三、矢量和标量**

◆矢量与标量的区别

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 矢量 | 标量 |
| 特点 | 既有大小又有方向 | 只有大小没有方向 |
| 举例 | 位移、力、速度等 | 质量、时间、长度等 |
| 运算 | ①同一直线上：同方向的相加、反方向的相减；②不在一条直线上的运算方法以后学习 | 按算术运算法则直接相加减 |
| 说明 | ①矢量的“+”“-”号不表示矢量的大小，只表示矢量的方向，与规定的正方向相同或相反；②有的标量也带有“+”“-”号，如温度的“+”“”号表示的是比零摄氏度高还是低 | |

**四、直线运动的位置和位移**

◆直线坐标系中物体的位置

直线运动中物体的位置在直线坐标系中可以用某点的坐标表示，如图x1、x2都表示物体的位置

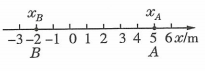
◆直线运动中物体的位移

如上图所示，物体在时刻t1处于位置x1，在时刻t2运动到位置x2。那么，x2-x1就代表物体的“位移”，记为△x=x2-x1。可见，物体位置的变化可用位移表示。

【特别注意】

1、位置与坐标轴上的点相对应，位移与坐标轴上的有向线段相对应。

2、若取某一方向为正方向，位移与规定的正方向相同时为正值，反之为负值，如图所示。

若位置xA=5m，末位置xB=-2m，质点位移△x=xB-xA=-2m-5m=-7m，负号表示位移的方向由A点指向B点，与x轴正方向相反。

**命题点一 区分时间和时刻**

例1 [多选]关于时刻和时间间隔，下列说法正

确的是( )

A．2017年4月20日19时41分，海南文昌发射场，中

国首艘货运飞船天舟一号顺利发射升空，这里指的

是时刻

B．高速摄像机拍摄子弹穿过苹果瞬间的照片，曝光时

间为10-6 s，这里指的是时刻

C．中央电视台每晚新闻联播开始的时间是19时，这里

指的是时间间隔

D．物体在第4s内指的是物体在第3s末到第4s末这

段时间间隔

【解析】

A正确：2017年4月20日19时41分指时刻。

B错误：10-6 s虽然很短，但指的是时间间隔。

C错误：新闻联播开始于19时，指的是时刻。

D正确：画时间轴可看出。

【答案】AD

(1)时间间隔对应着某个时间所经历的某个过程。

(2)时刻对应着某个事件开始、结束或进行到某一状态时所对应的瞬间。

**命题点二 位移和路程的区别**

例2、[2017．浙江金华高一期末·多选]北京时

间2016年8月9日，里约奥运会女子100 m仰泳决赛，

来自中国浙江的选手傅园慧以58 s 76的成绩荣获铜

牌，打破了亚洲纪录。已知标准泳池长为50 m，下列说

法正确的是( )

A．100 m指的是位移

B．58 s 76指的是时间间隔

C．傅园慧100 m仰泳决赛中的路

程是100 m

D．在研究傅园慧的游泳姿势时，可把她视为质点

【解析】泳池的长度是50 m，仰泳中的100 m指的是路

程，而位移却是0，选项A错误，选项C正确。

58 s 76是游泳的时间，选项B正确。

在研究傅园慧的游泳姿势时，不可以视为质点，看其游

泳成绩时可视为质点，选项D错误。

【答案】BC

**命题点三 对矢量和标量的理解**

例3[单选]如图所示，一只蜗牛从足够高的竖直竹竿底部向上爬行到3m高处后，又慢慢向下爬行了Im，然后暂时静止。则在这段过程中( )

A蜗牛的位移为3m，方向竖直向 上，路程为2m

B．蜗牛的位移为1m，方向竖直向下，路程为4m

C．蜗牛的位移为2m，方向竖直向上，路程为4m

D．蜗牛的位移为1m，方向竖直向下，路程为2m

【解析】取向上为正方向，第一阶段的位移为3m，第二

阶段的位移为-1 m，全过程的位移为2m，总路程为

4m。故选C。

【答案】C

状元速记

1．时刻指的是某一瞬时，时间间隔指的是两个时刻的间隔。

2．位移的大小等于物体由初位置到末位置的距离，方向由初位置指向末位置。

3.只有单向直线运动中，位移的大小才等于路程。

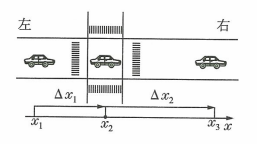
4．矢量既有大小又有方向，标量只有大小没有方向。

深度拓展

一、位移与矢量

我们以前所接触的物理量大多为标量，虽然也学习过带有方向的物理量，但没有明确提出“矢量”这个概念。位移是矢量，因为位移有方向，在我们的潜意识中，好多同学还没有把位移与路程区分开，下面通过几个例子加以说明。

例1 如图所示，一辆汽车在马路上行驶，t=0

时，汽车在十字路口中心的左侧20 m处；过了2s，汽车正好到达十字路口的中心；再过3s，汽车行驶到了十字路口中心右侧30 m处。如果把这条马路抽象为一条坐标轴x，十字路口中心定为坐标轴的原点，向右为x轴的正方向。

(1)试将汽车在三个观测时刻的位置坐标填人下表。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 观测时刻 | t=0时 | 过2s | 再过3s |
| 位置坐标 | X1= | X2= | X3= |

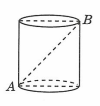
(2)说出前2s内、后3s内汽车的位移分别为多少？这5s内的位移又是多少？

【解析】(1)把马路抽象为坐标轴，因为向右为z轴的正方向，所以，在坐标轴上原点左侧的点的坐标为负值，原点右侧的点的坐标为正值，即x1 =-20 m，2=0，X3 =30 m。

(2)前2s内的位移△x1=x2-x1=0-(-20m)=20 m，后3s内的位移△x2=X3—x2=30 m-0=30 m，这5s内的位移△x=x3-x1=30 m-(-20 m)=50 m。

上述位移△x1、△x2和△x都是矢量，大小分别为20 m、30 m和50 m，方向都向右，即与z轴正方向相同。

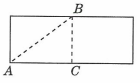
【答案】(1)-20 m 0 30 m(2)20 m 30 m 50 m，方向都与x轴正方向相同。

例2 如图所示，今有一底面直径和高都为10 cm的圆柱形纸筒（上下底面开口），在下底部边沿A点有一只小蚂蚁，若小蚂蚁为了用最快的时间爬到上部边沿处的B点，已知小蚂蚁的爬行速度不变，试求：

(1)小蚂蚁爬行的路程有多少？

(2)整个过程中的位移有多大？

【思路建立】在小蚂蚁爬行快慢不变的情况下，小蚂蚁从A点到B点通过的路程越短，用时就越少。可见，只要找到一条从A点到B点的最短路径，也就找到了小蚂蚁爬行的最短距离。

【解析】(1)两点之间线段最短，为了找到在圆柱形纸筒的表面上A、B两点之间的最短路径，可以把纸筒沿侧壁剪开，如图所示，展开成平面后，连接AB，则线段AB的长度即为小蚂蚁爬行的最短路程。由勾股定理可知AB=cm≈18.6 cm。

(2)整个过程中的位移大小等于图中A、B两点的连

线的长度，由勾股定理可知AB =cm≈14.1 cm。

【答案】(1)18.6 cm (2)14.1 cm

点评:在圆柱形纸筒上，很难直接找到蚂蚁的最短爬行路线，故把立体的圆柱转变成平面的矩形，从而在矩形平面上应用勾股定理，可巧妙而简单的解决问题。

高考零距离

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 常考考点 | 常设题型 | 考题难度 |
| 质点的位移 | 选择题 | 低 |

命题角度一 位移和路程

考例1[2017．河北唐山一中高一期中·单选]下列说法中正确的是( )

A跆拳道比赛中研究运动员的动作 时，可以把运动员看成质点

B．出租车是按路程的多少来计费的

C．在1500 m长跑比赛中，跑完全程 的运动员的位移大小为1500 m

D．高速公路路牌上显示“北京100 km”，表示该处到北京 的位移大小为100 km

【思路建立】跆拳道比赛好像是看击打部位打分的吧。把运动员看成一个点，那裁判还怎么裁决呢？出租车行驶，运动员跑步考虑的都是路程吧。出租车行驶的是直线吗？1500 m长跑运动员跑的是直线吗？

【解析】

A错误：如果把跆拳道比赛中的运动员看成质点，则无法研究运动员的动作。

B正确：出租车是按照运动轨迹的长度收费的。

C错误：1500 m长跑比赛的赛道是环形的，1500 m是路

程，而位移小于路程。

D错误：高速公路路牌上显示“北京100 km”，表示该处

到北京的路程为100 km。

【答案】B

【点评】体育运动的许多项目可与物理学中的位移路程相联系，特别是径赛项目，解答该类问题，必须明白各种径赛项目的规则，特别注重短、中、长跑的场地和规则。

命题角度二 时间和时刻

考例2[2016．湖北八校联考]根据列车时刻表中的数据，列车从广州到长沙、武昌、郑州，最后到达北京西站是什么时刻？共需要多少时间？



【解析】看懂列车时刻表，理解时刻和时间概念的物理意义，才能正确解答。T15次列车是从18：19开始由北京西站开往广州站的列车，而T16次列车则是从16：52开始由广州站开往北京西站的列车。由列车时刻表可知，抵达北京西站的时刻是14时58分，共需要的时间是22小时6分。

【答案】时刻为14时58分共需22小时6分

## 第3节 运动快慢的描述——速度

重点难点解读

**一、速度**

坐标与坐标的变化量在直线坐标系中，质点的位置对应坐标轴上的点，位置的变化量对应坐标轴上的线段，即位移Δx=x2 –x1；所对应的时间的变化量为Δt= t2 – t1。如图所示。



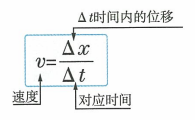
【特别提示】位移是描述物体位置变化的物理量，所以物体的位移可用位置坐标的变化量来表示其中，为正值表示位移沿x轴正方向，为负值表示位移沿x轴负方向。

速度

问题：为什么说博尔特是当今世界上跑得最快的人？

因为博尔特跑完100 m用的时间最短，或者说在一定时间内他跑的距离最长。

表达式：



【特别提示】

1、速度采用比值定义法，不能说v与Δx成正比，Δx大。仅指物体的位置变化量大。位移大，速度不一定大，当物体位置变化快时，速度才大。

物理意义：描述物体运动的快慢和方向。

单位：速度的单位是米每秒，符号是m/s，另外还有km/h等，其中1 m/s=3.6 km/h。

方向：速度是矢量，其方向与物体的运动方向相同。

【注意】

1、高中学习的速度不同于初中学习的速度，初中时用路程与时间相比计算速度，高中用位移与时间的比值来定义速度。路程很大时，位移可能为0。

2、计算物体的速度，实际要计算速度的大小，又要确定速度的方向，比较两个速度相同时，必须同时考虑它们的大小和方向是否相同。

**二、平均速度和瞬时速度**

1.平均速度

定义：在变速运动中，运动物体的位移和所用时间的比值，叫做这段时间内的平均速度。平均速度只能粗略地描述物体运动的快慢。

平均速度不是速度的平均值。

大小：

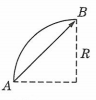
方向：平均速度是矢量，其方向与位移Δx方向相同。（初中所讲平均速度是没有方向的，注意两者之间的区别）

【注意】平均速度是与Δx和Δt严格对应的，如果同一物体在运动过程中选取不同的位移或不同的时间段，平均速度一般不同。

平均速率

定义：物体运动的路程与行驶这一路程所用时间的比值是这段时间内的平均速率。

平均速率只有大小没有方向，是标量。

如一个人用25 s的时间沿着半径是100 m的圆形跑道走了圈。如图所示，当他走完圆周时，位移x=R =100m，路程x’=50πm，则此人的平均速度=m/s≈5.66 m/s，他的平均速率==m/s≈6. 28 m/s。

【特别提示】在日常生活中，有时说到他的速度并非指位移与时间之比，而是指路程与时间之比。如某同学沿操场跑道跑了一圈，回到起跑位置，他的位移是零，但我们仍会说他跑步的速度……这时指的就是路程与时间之比，因此我们在日常生活中遇到速度时，要根据具体情景判断它的含义。

2.瞬时速度

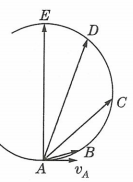
定义：运动物体在某一时刻或经某一位置的速度叫做瞬时速度。

瞬时速度的理解要点

1．瞬时速度与时刻或位置相对应。

2．直线运动中，瞬时速度的方向与质点经过某一位置时的 运动方向相同。

3．当时间足够短，Δt→0时，可认为瞬时速度等于Δt时间内的平均速度。（极限法）

如图所示，物体沿曲线运动，有向线段AE、AD、AC、AB的箭头方向分别表示物体从A到E、D、C、B的平均速度的方向，由图像可以看出Δt取得越小，平均速度越接近A点的瞬时速度，当Δt→0时，平均速度就等于A点的瞬时速度，A点的瞬时速度方向滑A点的切线方向。

4．匀速直线运动就是瞬时速度保持不变的运动，在匀速直线运动中，瞬时速度与平均速度相等。

【提示】在物体的实际运动中，当测量时间非常短时，可认为某时刻的瞬时速度等于该时刻前后极短时间内的平均速度。

瞬时速率

瞬时速度的大小通常叫做瞬时速率。

**命题点一、对速度的理解**

例1[单选]寓言《龟兔赛跑》中说：乌龟和兔子同时从起点跑出，兔子在远远超过乌龟时，便骄傲地睡起了大觉，它一觉醒来，发现乌龟已悄悄地爬到了终点，后悔不已。在整个赛跑过程中( )

A．兔子始终比乌龟运动得快

B．乌龟始终比兔子运动得快

C．兔子的平均速度大

D．乌龟的平均速度大

【解析】在正常情况下，兔子比乌龟跑得快，但兔子睡觉时乌龟运动得快，选项A．、B错误。

位移与时间的比值是平均速度，由于乌龟先到达终点，所以乌龟的平均速度大，选项C错误，选项D正确。

【答案】D

**命题点二、平均速度的计算与应用**

例2[单选]2015年8月23日，北京田径世锦赛百米

大战中，“闪电侠”博尔特以9 s 79夺得冠军。假定他在起跑后10 m处的速度是8.5m/s，到达终点时的速度是9.6 m/s，则他在全程中的平均速度约为( )

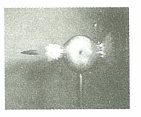
A 8. 58 m/s B.9.6 m/s C.10.0m/s D.10.2 m/s

【解析】根据平均速度的定义得

=m/s≈10.2 m/s。故选D

【答案】D

【点评】求平均速度要紧扣定义，把握题目的本质，大多数题目中给出的信息都会在解题过程中得以应用，但也有个别题目却不是这样，因此，在解题过程中应避免无用信息的干扰。

例3[单选]如图所示为高速摄影机拍摄到的子弹穿透苹果瞬间的照片。该照片经放大后分析出，在曝光时间内，子弹影像前后错开的距离约为子弹长度的1%～2%。已知子弹飞行速度约为500 m/s，由此可估算出这幅照片的曝光时间最接近( )

A． s B．s

C．s D． s

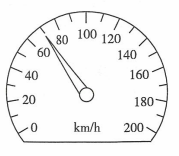
【解析】子弹的长度约为2.5 cm，昕以曝光时间内子弹的位移大约为x=2.5××2%m。又已知子弹的速度v= 500 m/s，所以曝光时间t=s=s

故选B。

【答案】B

【点评】对此类估算问题应注意两点：一是对实际物体的长度、质量等进行估计，一般情况下，数值的数量级正确即可；二是选一个比较容易计算的数字，因为选项中给出的也不是准确数。

**命题点三、瞬时速度与平均速度的判断**

例4[2017．北京昌平高一期末·单选]如图所示是某辆汽车的速度表。汽车启动后经过15 s，速度表的指针指在如图所示的位置。由表可知( )

A．此时汽车的瞬时速度是70 m/s

B．此时汽车的瞬时速度是70 km/h

C．启动后15 s内汽车的平均速度是70 m/s

D．启动后15 s内汽车的平均速度是70 km/h

【解析】汽车的速度表显示的是瞬时速度，由题图可知在第15 s末汽车的瞬时速度是70 km/h，故选项3正确，选项A错误。由于汽车的运动轨迹不清，所以没法求平均速度，故选项C、D错误。

【答案】B

例5[单选]如图所示，小明骑自行车由静止沿直线运动，他在第1s内、第2s内、第3s内、第4s内通过的位移分别为1m、2m、3m、4m，则( )

A．他4s末的瞬时速度为4 m/s

B．他第2s内的平均速度为1.5m/s

C他4s内的平均速度为2.5 m/s

D．他1s末的速度为1m/s

【解析】不能确定某个时刻的瞬时速度，但可以求出某段时间内的平均速度。第2s内的平均速度是2 m/s，前4s内的平均速度：=m/s=2.5 m/s。故选C。

【答案】C

例6、为测定某轿车在平直路面上行驶的速度，小明同学利用数码相机拍摄了一张在同一张底片上多次曝光的照片，如图所示。已知拍摄时间间隔设定为1s，轿车车身长为3.6 m。



(1)轿车在AC段做 运动。这段时间内的速度大

小为 m/s。

(2)轿车在CE段做 运动。CD、DE两段相比较，轿车通过 段的平均速度大，此段的平均速度等于 。

【思路建立】拍摄的时间间隔一样，轿车的位移怎么确定呢？好像没有告诉我，那怎么办啊？咦，有了，轿车的车长告诉我了，我就可以确定图中一个小格标度的大小了，车头从一个位置运动到另一个位置有几个小格可以数出来，位移也就可以求解啦！

【解析】(1)AB=BC，说明轿车在AC段做匀速运动。每格的长度为m=0.9 m，

则车速v1=m/s=9 m/s。

(2)轿车在CE段做减速运动，且在CD段的平均速度大。其平均速度v2=m/s=6.3 m/s。

【答案】(1)匀速 9 (2)减速 CD 6.3 m／s

状元速记

1．速度的表达式v，可以描述物体运动的快慢和方向，方向与物体运动的方向一致。

2.平均速度与一段时间或一段位移相对应，瞬时速度与某一时刻或某一位置相对应。

3.时间足够短时，可认为瞬时速度等于时间内的平均速度。

深度拓展

两组概念的辨析

一、平均速度与瞬时速度的辨析

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | 平均速度 | 瞬时速度 |
| 区别 | 定义 | 运动物体的位移与所用时间的比值 | 运动物体在某一时刻或某一位置的速度 |
| 物理意义 | 粗略描述物体运动的快慢，与一段时间或一段位移相对应 | 精确描述物体运动的快慢，与某一时刻或某一位置相对应 |
| 方向 | 与Δx方向一致 | 与某时刻或某位置  的运动方向一致 |
| 联系 | | (1)瞬时速度可看做当Δt→0时，出内的平均速度  (2)匀速直线运动中，瞬时速度和平均速度相等  (3)瞬时速度总为0时，平均速度一定为0；平均速度为0时，瞬时速度不一定为0 | |

二、平均速度和平均速率的辨析

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | 平均速度 | 平均速率 |
| 区别 | 定义 | 平均速度= | 平均速率= |
| 标、矢量 | 矢量，方向与位移方向相同 | 标量，无方向 |
| 物理意义 | 粗略描述物体位置变化的快慢 | 粗略描述物体沿路径运动的快慢 |
| 联系 | | 单位相同 | |
| 表达式都可写成的形式，但注意“x”的意义不同（表示平均速度时，x指位移；表示平均速率时，x指路程） | |
| 跟位移和路程关系相类似，平均速度的大小一般不等于平均速率，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。在这种情况下也不能说成平均速率就是平均速度，这是因为平均速度有方向，平均速率无方向 | |

例1、假设一架歼15战机于8点整从“辽宁”号航母

起飞，在8点18分正好抵达距航母680 km的指定位置，战机仪表显示此段行程正好为800 km。试求：

(1)战机此段过程的平均速率和每飞行100 m所需的时间分别是多少？

(2)此段过程中战机的平均速度又是多少？

【思路建立】这种题目首先要找出有效信息，战机的飞行时间是18分钟，起点和终点的直线距离是680 km，行程是800 km，看起来很简单了，战机做的是曲线运动，两个数据分别对应的是位移和路程。通过平均速率和平均速度的公式即可求解。

【解】(1)歼15战机的平均速率

vs=m/s≈740.74m/s

每飞行100m所需的时间

v’=≈0.135s。

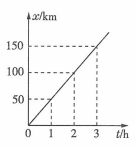
（2）战机的平均速度

= m/s≈629.63m/s

【答案】 (1)740. 74 m/s 0.135 s (2)629. 63 m/s

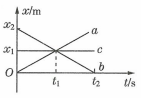
三、表示直线运动的x-t图像

①x-t图像的建立

在平面直角坐标系中，用横轴表示时间t，用纵轴表示位移x，根据给出的（或测定的）数据，作出几个点的

坐标，用直线将这几个点连接起来，则这条直线就表示了物体的运动特点。这种图像就叫做位移一时间图

像，简称为位移图像。如图所示为汽车自初位置开始，每小时内的位移都是5.0×104 m的x-t图像。

②根据x-t图像分析物体的运动1.坐标与位置

由x-t图像可以确定物体各个时刻所对应的位置或物体发生一段位移所需要的时间。

2.斜率与速度

若物体做匀速直线运动，则x-t图像是一条倾斜的直线，直线的斜率表示物体的运度。斜率的大小表示速度的大小，斜率的正、负表示物体的运动方向，如图中的a、b所示。

**特例:若x-t图像为平行于时间轴的直线，表示物体处于静止状态。如图中的c所示。**

3.截距与初始位置

纵轴截距表示运动物体的初始位置，如图所示a、b物体分别是从原点、X2处开始运动。

交点的含义

图线的交点表示相遇，如图中的交点表示a、b、c三

个物体在t1时刻在x1处相遇。

【特别注意】

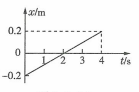
1、x-t图像只能用来描述直线运动。

2、x-t图像表示的是位移x随时间t变化的情况，绝不是物体运动的轨迹。

3、图线上某点切线的斜率的大小表示物体速度的大小。

4、图线上某点切线的斜率的正、负表示物体速度的方向。

例2[多选]质点沿直线运动，其位移一时间图像如图所

示，关于质点的运动，下列说法中正确的是( )

A．2 s末质点的位移为O，前2s内位移为“-”，后2s内位 移为“+”，所以2s末质点改变了运动方向

B．2 s末质点的位移为O，该时刻质点的速度为0

C．质点做匀速直线运动，速度大小为0.1m／s，方向与规定的正方向相同

D．质点在4s内的位移大小为0.4 m，位移的方向与规定的正方向相同

【解析】质点沿z轴运动，前2s由-0.2 m处运动到坐标原点处，位移方向与规定的正方向相同，选项A错误。

4 s内质点的运动方向不变，速度大小也不变，且速度v=0.1 m／s，故选项C、D正确，选项B错误。

【答案】CD

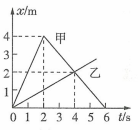
【解题技巧】在分析处理直线运动的位移-时间图像问题时，应注意以下几点：

1、图线是直线还是曲线。如果图线是直线，则表示物体做匀速直线运动，否则一定做变速运动。

2、物体开始运动的初始位置。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、物体的运动方向。随着时间的延续，如果物体的位移越来越大，则物体向前运动，速度为正。否则物体做反向运动，速度为负。

4、切不可将位移-时间图像当做物体的运动轨迹。

例3[2016．济南高三上学期期末检测改编·多选]甲、乙两物体从同一点出发且在同一条直线上运动，它们的位移一时间(x -t)图像如图所示，由图像可以看出在0～4 s内( )

A．甲、乙两物体始终同向运动

B．第4s末时，甲、乙两物体间的距离最大

C．甲的平均速度等于乙的平均速度

D．乙物体一直做匀速直线运动

【解析】

A错误：根据x—t图像的斜率代表速度可知，在0～2 s内甲、乙两物体都沿正方向运动。在2～4 s内甲物体沿负方向运动，乙物体仍沿正方向运动。

B错误：0～2 s内两者同向运动，甲物体的速度大，两者距离逐渐增大，2s后甲物体反向运动，乙物体仍沿原方向运动，两者间距离减小，则第2s末甲、乙两物体间的距离最大。

C正确：由题图知，在0～4 s内甲、乙两物体的位移都是2m，平均速度相等。

D正确：根据x—t图线的斜率代表速度，直线的斜率一定，则乙物体一直做匀速直线运动。

【答案】CD

高考零距离

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 常考考点 | 常设题型 | 考题难度 |
| 速度与位移的关系 | 选择题 | 低 |

命题角度一 运动问题的估算

考例1[北京卷·单选]-人看到闪电12.3 s后听到雷

声。已知空气中的声速为330～340 m/s，光速为3×

m/s，于是他用12.3除以3很快估算出闪电发生位置到他的距离为4.1 km。根据你所学的物理知识可以判断( )

A．这种估算方法是错误的，不可采用

B．这种估算方法可以比较准确地估算出闪电发生位置与观察者间的距离

C．这种估算方法没有考虑光的传播时间，结果误差很大

D．即使声速增大2倍以上，本题的估算结果依然正确

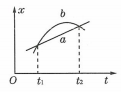
【解析】光速和声速相差很大，在传播约4.1 km的距离时，光运动的时间非常短，对于估算来说可以忽略，其计算方法是：声速v= 340 m/s=0. 34 km/s，所以x=vt=0.34 km/s×t≈km。显然，声速加倍后本题

估算结果不再成立。故选B。

【答案】B

【点评】本题考查匀速运动的规律，通过测定距离，认识估算原理，考查学生的理解能力，解决本题时要抓住主要矛盾，忽略次要矛盾，属容易题。

命题角度二 直线运动的x-t图像

考例2[2013．全国I卷·多选]如图所示，直线a和曲线b分别是在平直公路上行驶的汽车a和b的位置一时间（x-t）图线。由图可知( )

A在时刻t1，a车追上b车

B．在时刻t2，a、b两车运动方向相反

C在t1到t2这段时间内，b车的速率 先减小后增大

D．在t1到t2这段时间内，b车的速率 一直比a车的大

【思路建立】遇到图像问题我都是啥都别想，先分析图像，把图像中的信息都提取出来，截距啊、交点啊、斜率啊、物体的运动情况等，然后再去读题分析求解，这样时间能节省一大截。

【解析】

A错误：在位置一时间图像中，图线斜率的绝对值表示速度大小，斜率的正、负表示速度的方向，两图线的交点表示同一时刻处于同一位置，即追及或相遇。由题图可知，t1时刻前b车处于a车的后方，故t1时刻应是b车追上a车。

B正确：t2时刻，6车图线斜率小于O，即b车沿负方向运动，而a车图线斜率始终大于O，即a车一直沿正方向运动。

C正确：由t～t2时间内6车图线斜率的绝对值可知。

D错误：在b车图线的顶点处切线水平、斜率为0，即此时b车的瞬时速度为0。

【答案】BC

## 第4节 实验：用打点计时器测速度

内容精解

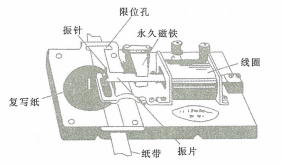
重点难点解读

**一、电磁打点计时器和电火花计时器**

1.电磁打点计时器

电磁打点计时器是一种用连续打点记录运动物体在相同时间间隔内位移的仪器。它使用交流电源，工作电压在6V以下。当电源的频率为50 Hz时，它每隔0.02 s打一个点。

电磁打点计时器的构造如图所示。



工作原理：电磁打点计时器是利用电流的磁效应打点

计时的仪器。当计时器的线圈中通入交变电流时，线

圈将产生磁场，由于电流是周期性变化的，所以线圈

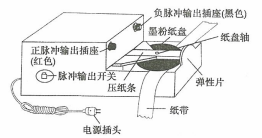
产生的磁场也是周期性变化的，振片位于磁场中被磁

化，相当于条形磁铁，振针所在一端为一个磁极，其磁性随时间做周期性变化。这样，振片的这一端受永久磁铁的作用而上下运动，振片就这样做周期性振动，每次向下运动时带动振针在纸带上打下一个点，打点的时间间隔就是振片的振动周期，等于交变电流的周期。交流电频率为50 Hz时，它每隔0.02 s打一个点，则纸带上相邻两点间的时间间隔也是0. 02 s。

2.电火花计时器

电火花计时器使用交流电源，工作电压是220 V。

电火花计时器的构造如图所示。



计时原理

电火花计时器中有将正弦式交变电流转化为脉冲式交变电流的装置，当计时器接通220 V交流电源时，按下脉冲输出开关，计时器发出的脉冲电流经放电针、墨粉纸盘到纸盘轴产生火花放电，利用火花放电在纸带上打出点迹。当电源的频率为50 Hz时，它每隔0.02 s打一个点。

两种计时器的比较

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 电磁打点计时器 | 电火花计时器 |
| 电源 | 6V以下低压交流电源 | 220 V交流电源 |
| 打点频率 | 频率50 Hz、打点时间间隔0. 02 s | 频率50 Hz、打点时间间隔0. 02 s |
| 打点方式 | 振针通过复写纸在纸带上打点 | 火花放电使墨粉在纸带上打点 |
| 阻力来源 | 纸带与限位孔的摩擦，振针与纸带打点接触时的摩擦 | 纸带受到的摩擦 |
| 说明 | 电火花计时器工作时纸带受阻力较小，应优先选用 | |

**二、打点计时器的使用**

练习使用打点计时器

把电磁打点计时器固定在桌子上，纸带穿过限位孔，

复写纸套在轴上压在纸带的上面。

把电磁打点计时器的两个接线柱接到6V低压交流

电源上。

打开电源开关，用手水平拉动纸带，纸带上就打下了

许多小点。

关闭电源，取下纸带。从能够看清的某个点数起，数

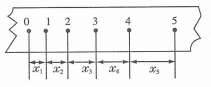
一数纸带上共有多少个小点。如果共有咒个点，那么

点与点的间隔数为（n-1）个，纸带的运动时间Δt -

0. 02(n-1)s。

用刻度尺测量从开始计数的点到最后一点间的距离△x。

利用公式v计算纸带在这段时间内的平均速度。

把纸带上打点清晰的某个点作为起始点0，以后的点分

别标上1、2、3、4、5、…作为“计数点”，如图所示，依次测出0到1、1到2、2到3、3到4、4到5、…之间的距离x1、x2、X3、x4、5、…，判断纸带的这段运动是匀速直线运动还是变速直线运动，判断依据是：若连续两点间的距离相等，则物体做匀速直线运动；反之，则做变速直线运动。

【点拨】实际应用中有时纸带上的点比较密集，为了便于测量，通常取每五个计时点即每个四个计时点作为一个计数点，则相邻计数点的时间间隔T=0.1s。

**操作注意事项:**

1.实验前，应将打点计时器固定好，以免拉动纸带时晃

动，并要先轻11轻试拉纸带，应无明显的阻滞现象。

2.使用打点计时器打点时，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，墨粉纸盘放于纸带上面；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时，如果打出的点较轻或是短线，应调整振针距复写纸的高度。

打点计时器不能连续工作太长时间，打点结束后应立即关闭电源。

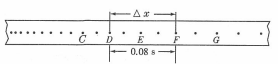
6.对纸带进行测量时，不要分段测量各段的位移，正确的做法是一次测量完毕（可先统一测量出各个测量点到起始测量点之间的距离）。读数时应估读到0.1 mm。

计时点与计数点的区别

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 计时点 | 计数点 |
| 含义 | 纸带上实际打出的点 | 按规则在纸带上人为划分的点 |
| 计时周期 | 通常情况：T==0.02s | 每五个计时点取一个计数点时，T=0.10s，也可以每四个计时点取一个计数点，则T=0.08s |
| 说明 | ①在以后的应用中，通常考虑的是计数点  ②在打出的纸带中，一般取点迹清晰的纸带进行分析 | |

平均速度与瞬时速度

平均速度：如图所示，DF间的平均速度



瞬时速度：图中E点为DF段的中间时刻，则E

点的瞬时速度可认为等于DF段的平均速度。

【拓展】由可知，用平均速度代替瞬时速度的条件是条件是△t→0，即△t很小，这实际上是极限思想在物理学上的应用。

v—t图像与物体的运动

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 条件 | 只描述直线运动 | |
| 作图要求 | 横轴表示时间，纵轴表示速度，用平滑的曲  线将各点连接起来 | |
| 意义 | 反映了速度随时间的变化规律 | |
| 注意 | v-t图像不是质点的运动轨迹 | |
| 图像举例 | 沿正方向匀速运动 | 沿正方向加速运动 |
| 图像所知 | ①运动方向；②速度大小 | ①运动方向；②某时刻的速度大小 |
| 面积含义 | 位移的大小 | 位移的大小 |
| 说明 | T轴上方的位移为“+”，t轴下方的位移为“-”（表示反方向运动） | |

**命题点一 打点计时器的操作**

例1[多选]使用打点计时器时应注意( )

A．无论使用电磁打点计时器还是电火花计时器，都应该把纸带穿过限位孔，再把套在轴上的复写纸压在纸带上面

B．使用打点计时器时应先接通电源，再拉动纸带

C．使用打点计时器时，拉动纸带的方向应与限位孔平行

D打点计时器只能连续工作很短时间，打点完成后要立即关闭电源

【解析】

A错误：电磁打点计时器需要复写纸，电火花计时器不需要复写纸。

B正确：实验时应先接通电源，再拉动纸带，可在纸带上打出更多的点，纸带的利用率更高。

C正确：拉动纸带的方向与限位孔平行可减小摩擦。

D正确；打点计时器不能长时间连续工作。

【答案】BCD

例2[多选]当纸带与运动物体连接时，打点计时器在纸

带上打出点迹。下列关于纸带上点迹的说法中正确的是( )

A点迹记录了物体运动的时间

B．点迹记录了物体在不同时刻的位置和某段时间内的位移

C．纸带上点迹的分布情况反映了物体的质量和形状

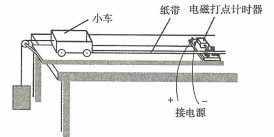
D．纸带上点迹的分布情况反映了物体的运动情况

【解析】打点计时器每隔一定的时间（当电源频率为50 Hz时，打点的时间间隔为0. 02 s）打下一个点，因而点迹记录了物体运动的时间，也记录了物体在不同时刻的位置和某段时间内的位移；点迹的分布情况反映了物体的运动情况，而不能反映物体的

质量和形状。故选项A、B、D正确。

【答案】ABD

例3、某学生在用电磁打点计时器做测定变速直线运动的实验时，开始时的装置如图所示，其中有错误与不妥之处，请把它找出来。



【解析】电磁打点计时器必须接低压交流电源，而图中所接为直流电源，这是错误的；开始时，小车离定滑轮端太近，向前运动的距离太小，致使纸带上打出的点过少，使实验无法正常进行，这是不妥的，应让小车靠近电磁打点计时器。

【答案】见解析

**命题点二、利用纸带求速度**

例4、一打点计时器在纸带上依次打出A、B、C、D、E、F等一系列的点，测得距离AB=11.O mm，AC=26.5 mm．AD=40.0 mm，AE=48.1 mm，AF=62.5 mm。通过计算说明，在打A、F点的时间间隔内，纸带是否做匀速直线运动。如果是，求其速度；如果不是，求其平均速度。（已知打点时间间隔为0. 02 s）

【解析】AB=11.O mm，BC=AC-AB=15.5 mm，CD=AD-AC=13.5 mm，DE=AE-AD=8.1 mm，EF =AF-AE=14.4 mm。各段距离不等，说明在打A、F点的时间间

隔内，纸带不是做匀速直线运动。在打A、

F点的时间间隔内，纸带的平均速度

= m/s=0.625m/s

【答案】见解析

**命题点三、打点计时器的故障分析**

例5、在使用电磁打点计时器时，若纸带上出现了下列情况，是什么原因？请指出调节方法。

(1)打点不清晰，不打点。

(2)打出的是短线，而不是点。

(3)打双点。

【解析】所发生的现象、形成的原因和调节的方法见下表：

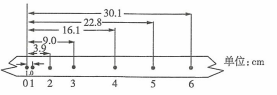
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 现象 | 原因 | 调节的方法 |
| 打点不清晰，不打点 | ①振针过高  ②电压过低  ③复写纸用得太久 | ①把振针适当调低  ②调高电压  ③换新的复写纸 |
| 打出的是短线，而不是点 | ①振针过低  ②所加电压太高，使振幅过大 | ①把振针适当调高一些  ②适当调低电压 |
| 打双点 | 振针松动 | 把振针固定 |

【答案】见解析

【点评】打点计时器故障分析的考查涉及两种打点计时器的电压要求及使用时的一些注意事项等，理解打点计时器的工作原理是解题关键。

命题点四 速度图像的理解及应用

例6、如图所示是一条打点计时器打出的纸带，0、1、2、3、4、5、6是七个计数点，每相邻两个计数点之间还有四个点未画出，各计数点到O的距离如图所示。求出1、2、3、4、5等计数点的瞬时速度并画出速度-时间图像。



【解析】1点在0和2两点之间，求出0、2间的平均速度即可认为是1点的瞬时速度，同理2、3、4、5点的瞬时速度也可求出。0和6两个点的瞬时速度不便求出，但不影响画出速度-时间图像。注意相邻计数点的时间间隔t=0.1 s。

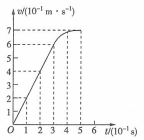
m/s=0.20m/s

m/s=0.40m/s

m/s=0.61m/s

m/s=0.69m/s

m/s=0.70m/s

以0点为坐标原点建立直角坐标系。横轴表示时间，纵轴表示速度。

根据前面计算出的结果在直角坐标系中描点，然后连线得到图像如图所示。

【答案】见解析

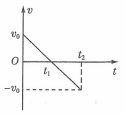
【解题技巧】

作图的规范要求：

1、明确坐标轴的意义并选取合理称度，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的表示出其位置。

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；如果图线是曲线，要用平滑的曲线连接各点，不要用折线连接各点。

例7、在节假日期间，你可能到公园或游乐场玩过蹦床，如图所示，是一名同学某次从蹦床跳起后的v-t图像，已知t2=2t1，结合你的体会和经历，分析下列问题：

(1)他的速度大小是如何变化的？

(2)哪段时间是上升的，哪段时间是下降的？

(3)从图像中可以看出，是选上升过程的速度方向为正方向，还是选下降过程的速度方向为正方向？

【解析】(1)在0～t1时间内速度由v0逐渐减小到0，在t1～t2时间内速度由0逐渐增大到v0。

(2)速度由初速度v0减小到0的过程是上升过程，所对应的时间为0～t1；速度由0增大到v0的过程是下降过程，所对应的时间为t1～t2。

(3)从图像中可以看出，上升过程速度为正，下降过程速度为负，因此，是选上升过程的速度方向为正方向。

【答案】见解析

【点评】本题选向上为正方向，如果速度为负值

状元速记

1．两种打点计时器的打点时间间隔都是0. 02 s。使用打点计时器时，先接通电源再释放纸带。

2．每五个计时点取一个计数点时，两个计数点之间的时间间隔为0.1 s。

3．瞬时速度的求解通常转变为求解包含该点在内一段的平均速度，两点越近，数据越准确。

4. v-t图像中，t轴上方表示速度为正，t轴下方表示速度为负，与横轴围成的面积表示位移的大小。

深度拓展

一、用打点计时器测量瞬时速度的方法

如图所示，测量出包含E点的D、F两点间的位移Δx和时间Δt，算出纸带在这两点间的平均速度，则可用这个平均速度代表纸带经过E点时的瞬时速度。

用表示E点的瞬时速度，D、F两点离E点越近，算出的平均速度就越接近E点的瞬时速度。然而，若D、F两点距离过小，则测量误差增大，故应根据实际情况合理选取这两个点。

误差分析

利用平均速度来代替计数点的瞬时速度本身会带来系统误差。为了减小误差，应取以计数点为中心的较小位移Δx来求平均速度。

分段测量计数点间的位移x会带来误差，故测量时应一次测量完成，即一次测出各计数点到起始计数点的距离，再分别计算出各个计数点间的距离。

例1、用打点计时器记录了被小车拖动的纸带的运动

情况，如图给出了该次实验中，从0点开始，每5个

计时点取一个计数点的纸带，其中0、1、2、3、4、5、6都为计数点。测得：x1=1.40cm，X2 =1.90cm，x3=2.38cm,X4=2. 88cm,X5=3.39cm,x6 =3. 87cm。



在打点计时器打出点1、2、3、4、5时，小车的速度分别为：

v1= m/s，v2= ms，v3= m/s，

v4= m/s，v5= m/S。

【解析】小车的速度

V1==cm/s=16. 50 cm/s=0. 165 m/s,

V2==cm/s=21. 40 cm/s=0. 214 m/s,

V3==cm/s=26. 30 cm/s=0. 263 m/s,

V4==cm/s=31. 35 cm/s≈0. 314 m/s,

V5==cm/s=36. 30 cm/s=0. 363 m/s。

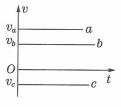
【答案】 0.165 0. 214 0. 263 0. 314 0. 363

二、v-t图像的应用

1.图像的特点

图像能更直观地表示出各物理量之间的关系。

利用图像解题往往可使过程简化，比解析法简捷、灵活。

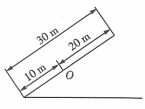
利用图像处理实验数据是物理实验中的常用方法，便于直观地确定物理量间的关系，并可由图像求得相关物理量。

2.利用v-t图像分析物体的运动

速度-时间图像（即v-t图像）反映的是速度随时间的变化关系，它并不是物体的运动轨迹。速度不同的匀速直线运动的v-t图像，都是平行于时间轴的直线，但它们在纵轴上的截距不同，纵轴上的截距表示的是速度的大小和方向。如图所示，a、b、c的速度分别为Va、Vb和vc，则va>vb，vc是负值，说明其方向与正方向相反。

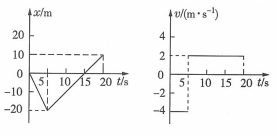
例2、在距离斜坡底端10 m的山坡上，一辆小车以

4n1／s的速度匀速向上行驶5s后，小车又以2m／s的速度匀速向下行驶，设位移和运动方向都以沿斜坡向下为正方向，试作出小车20 s内的x-t图像和v=t图像，由图像再确定小车在20 s末的位置。

【解析】画出如图所示的草图，在0～5 s内，位移大小为4×5 m=20 m，方向为负，速度方向为负；Ss后向下行驶，速度方向为正，经时间s=10 s退回到原

出发点0，位移为0，5～15 s内位移方向为负；还有最后的5s，从原点出发继续向下行驶，位移和速度方向均为正，这5s内位移大小为2×5 m=10 m，x-t图像和v-t图像如图甲、乙所示。由x-t图像知在20 s末小车在坡底端。

【答案】如图所示20 s 末小车在坡底端

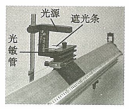


甲 乙

高考零距离

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 常考考点 | 常设题型 | 考题难度 |
| 测速度、v-t图像 | 选择题 | 低 |

命题角度一瞬时速度的测量

考例1、[2015．浙江卷·单选]如图所示，气垫导轨上滑块经过光电门时，其上的遮光条将光遮住，电子计时器可自动记录遮光时间Δt。测得遮光条的宽度为Δx，用近似代表滑块通过光电门时的瞬时速度。为使更接近瞬时速度，正确的措施是( )

A．换用宽度更窄的遮光条

B．提高测量遮光条宽度的精确度

C．使滑块的释放点更靠近光电门

D．增大气垫导轨与水平面的夹角

【读题】滑块上的遮光条宽度为Δx，遮光时间为Δt，分析更接近瞬时速度的条件。

【思路建立】遇到这种情况，就要从瞬时速度的定义出发，瞬时速度对应的是某一时刻或物体经过的某一位置，滑块经过遮光条时对应一定的距离，距离要想变成点，我们只能把距离缩小才能实现。

【解析】表示的是扯时间内的平均速度，遮光条的宽度△x越窄，则记录遮光时间Δt越小，越接近滑块通过光电门时的瞬时速度，故选项A正确。

【答案】A

命题角度二、打点纸带的数据处理

考例2、[广东卷·单选]在一次实验中，使用电磁打点计时器(所用交流电的频率为50 Hz)，得到如图所示的纸带。图中的点为计数点，相邻两计数点间还有四个点未画出，下列表述正确的是( ) 

A．实验时应先放开纸带再接通电源

B．从纸带上可求出计数点F对应的速率

C．从纸带上可求出计数点B对应的速率

D．相邻两个计数点间的时间间隔为0.02 s

【读题】(1)打点频率为50 Hz，给出的相邻计数点间还有四个点未画出。

(2)相邻计数点间的时间间隔为多少？如何求B、F点对应的速率？

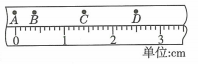
【思路建立】有关纸带的分析，我们经常会遇到相邻两个计数点还有四个点未画出的说明，遇到这种情况，就直接套用两计数点间的时间间隔是打点周期的5倍。

【解析】实验时应先接通电源再放开纸带，选项A错误。B点是A、C两点间的中间时刻，则可求出B点对应的速率vB=，但无法求得F点对应的速率，选项C正确，选项B错误。

相邻两个计数点间的时间间隔为0. 02×5 s=0.1 s，选项D错误。

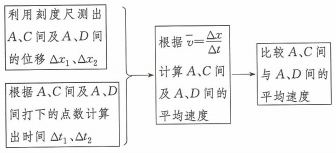
【答案】C

考例3、[合肥一中月考]打点计时器所用交流电源的频

率为50 Hz，某次实验中得到一条纸带，用毫米刻度尺

进行测量，如图所示，则纸带在A、C间的平均速度为 m/s，在A、D间的平均速度为\_\_\_\_m/s，B点的瞬时速度更接近于 m/s。

【思路建立】



【解析】A、C间的位移Δx1 =1. 40 cm，A、C间的时间间隔Δt1=0. 04 s，A、C间的平均速度= m/s=0. 35 m/s。A、D间的位移Δx2 =2. 50 cm，A、D间的时间间隔Δt2=0.06 s，A、D间的平均速度v2==m/s≈0. 42 m/s。A、C两点比A.D两点更接近B点，所以B点的瞬时速度更接近于A、C间的平均速度0. 35 m／s。

【答案】0. 35 0.42 0.35

命题角度三、v-t图像的分析

考例4、[北京101中学月考·单选]如图所示为某物体的v-t图像，关于物体的运动情况，下列说法错误的是( )

A．0～4 s，物体做加速运动，末速度为12 m/s

B．4～6 s，物体做反向减速运动，末速度为0

C．6～7 s，物体做反向加速运动，末速度大小为4m/s

D．7～8 s，物体做反向减速运动，末速度为0

【思路建立】要明确以下两点：①物体的速度方向发生变化是在4s末还是6s末？②6～7 s内物体的速度是增大还是减小？

【解析】v-t图像中横轴以上部分代表物体沿正向运动，横轴以下部分代表物体沿反向运动，所以4～6 s，物体做正向减速运动，故选项B错误，选项A、C、D正确。

【答案】B

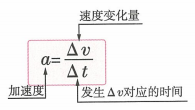
## 第5节 速度变化快慢的描述——加速度

内容精解

重点难点解读

**一、加速度**

表达式



注：①a是矢量，与Δv的方向相同；②Δv=v-v0，a

的方向与v、v0的方向无关，a可能与v0（v）方向相同，也可能与v0 (v)方向相反。

速度v、速度的变化量Δv和加速度a的比较

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 速度v | 速度的变化量Δv | 加速度a |
| 物理意义 | 描述物体运动快慢和方向 | 描述物体速度变化的多少 | 描述物体速度变化快慢和方向 |
| 定义式 | v=或v= | Δv=v-v0 | a=或a= |
| 单位 | m/s | m/s | m/ |
| 方向 | 物体运动的方向 | 由△v=v-v0决定 | 与△v方向一致，而与v0、v方向无关 |
| 大小 | x—t坐标v系中曲线在该点切线斜率的大小 | v-t图像中两点纵坐标的差值 | v-t图像中图线  在该点切线斜率的大小 |
| 关系 | ①速度的变化量△v与速度大小无必然联系，速度大的物体，速度的变化量不一定大  ②加速度的大小与速度本身的大小以及速度变化量的大小无必然联系，加速度大表示速度变化快，并不表示速度大，也不表示速度变化量大 | | |

平均加速度和瞬时加速度

由公式a=定义的加速度实际上指的是平均加速度，只有当所取的时间间隔Δt趋近于0时，平均加速

度才趋近于瞬时加速度。

平均加速度只能粗略地描述一段时间内物体速度变

化的快慢程度，瞬时加速度能够精确地描述某一时刻

物体速度变化的快慢程度。

在加速度保持不变的运动中，平均加速度与瞬时加速

度相等。

**二、加速度方向与速度方向的关系**

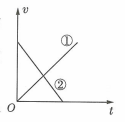
a与△v的关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 速度变化 | 加速度a方向与速度方向的关系 | 结论 |
| 速度变大（v2>v1） |  | △v的方向与  加速度a的方  向一致 |
| 速度变小（v2<v1） |  |
| 速度先减小又反向增大 | a与初速度反向 |

【提示】加速运动的判定方法：加速度方向与速度方向一致，物体就做加速运动，反之就做减速运动。因此不能说加速度方向与规定的正方向相同就一定做加速运动。

**三、从v--t图像看加速度**

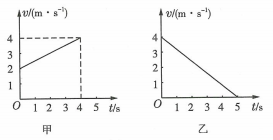
v-t图像的斜率大小表示加速度的大小

在v-t图像中，反映了图像的斜率，其数值等于物体运动的加速度的大小。

如果速度均匀地增大或减小，说明物体的加速度不变，其v-t图像为一条倾斜的直线，如图所示，这样的运动称为匀变速直线运动。直线的斜率大小表示加速度的数值。可利用图像的倾斜程度直接比较加速度的大小。

如果速度变化不均匀，说明物体的加速度在变化，其v-t图像为一条曲线，如图所示。曲线上某点的切线的斜率大小表示该时刻的瞬时加速度大小。

v-t图像的斜率正、负表示加速度的方向

v-t图像中，斜率为正值，表示加速度方向与规定的正方向相同，如图甲所示；斜率为负值，表示加速度方向与规定的正方向相反，如图乙所示。

由图甲可知a== m/=0.5 m/

由图乙可知a'== m/=-0.8 m/

负号表示加速度的方向与规定的正方向（即初速度的方向）相反。

由v-t图像判断速度变化

通过v-t图像可直观判定速度大小变化与加速度正。、负无关。如图所示，在整个运动时间内物体的加速度为正。

在0～t0时间内，v为负值，a为正值，物体做减速运动。

在t>t0时间内，v为正值，a为正值，物体做加速运动。

状元速记

1．加速度的计算式为a= ，加速度与速度的变化量无必然的联系。

2．a与v0方向相同时，v随时间的增加而增大；a与v0方向相反时，v随时间的增加而减小。

3．v-t图像中，斜率大小表示加速度大小，斜率正负表示加速度的方向。

**命题点一、加速度的理解**

例1[单选]关于小汽车的运动，下列说法中不可能的

是( )

A．小汽车在某一时刻速度很大，而加速度为0

B．小汽车在某一时刻速度为0，而加速度不为0

C．小汽车在某一段时间，速度变化量很大而加速度较小

D．小汽车加速度很大，而速度变化得很慢

【解析】小汽车在高速匀速行驶时，速度很大，而加速度为0，选项A可能。

小汽车在刚启动时，速度为0，加速度不为0，选项B可能。

在较长的时间内，小汽车加速度较小，速度变化量也可以很大，选项C可能。

加速度是表示速度变化快慢的物理量，加速度大，速度变化一定快，选项D不可能。

【答案】D

【点评】（1）加速度的大小与速度、速度变化量的大小无必然联系。

（2）加速度的大小等于速度的变化率（速度变化的快慢）

**命题点二、加速度的计算**

例2、求下列物体的加速度。

(1)高速列车过桥后沿平直铁路加速行驶，经3 min速度从54 km/h提高到180 km/h。

(2)一辆汽车以108 km/h的速度匀速行驶，遇到紧急情况刹车，经4s停下来。

(3)足球以8 m/s的速度飞来，运动员在0.2 s的时间内将足球以12 m/s的速度反向踢出。

【解析】(1)规定列车运动的方向为正方向。

对列车：v0=54 km/h=15 m/s，v=180 knr/h=50 m/s，t=3 min= 180s， a== m/≈0. 19 m/。

(2)规定汽车初速度的方向为正方向。

对汽车：v0=108 km/h=30 m/s，v=0。

a==m/=-7.5 m/。

负号表示加速度的方向与汽车运动的方向相反。

(3)规定足球初速度的方向为正方向。

对足球：v0 =8 m/s，v=-12 m/s。

a== m/=-100 m/。

负号表示加速度的方向与足球初速度的方向相反。

【答案】(1)0.19 m/，与列车运动方向相同。

(2)7.5 m/，与汽车运动方向相反。

(3)100 m/，与足球初速度方向相反。

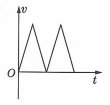
【点评】应用a=的注意事项：

①式中v0表示物体的初速度，v表示物体的末速度。

②解题时一定要规定正方向，明确v和v0的方向与规定正方向之间的关系，确定v和v0的正、负。

③要根据结果的正、负说明所求得的加速度的方向。

**命题点三、v—t图像的分析及应用**

例3、[单选]某物体运动的v-t图像如图所示，则该物体( )

A．做匀速直线运动

B．沿某一方向做直线运动

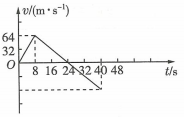
C．做往复运动

D．做加速度不变的直线运动

【解析】在v-t图像中，纵轴表示运动物体的速度，纵坐标的绝对值表示速度的大小，正负表示速度的方向。由图像可知，该物体的速度大小变化而方向不变且沿正方向，所以物体沿正方向做速度大小变化的直线运动，故选项A、C错误，选项B正确。

在v-t图像中，图像的斜率表示运动物体的加速度，故选项D错误。

【答案】B

例4、[2017．天津静海一中调研]一宇宙空间探测器从某一星球的表面升空，假设探测器的质量恒定不变，发动机的推力为恒力，宇宙探测器升空到某一高度时，发动机突然关闭，如图表示其速度随时间变化的规律。

(1)升空后，16 s、40 s时探测器的运动情况如何。

(2)计算探测器匀加速下降时的加速度大小。

【解析】(1)16 s时探测器正在匀减速上升，40 s时探测器正在匀加速下降。

(2)8 s末发动机突然关闭，24 s末探测器开始向下加速运动，该探测器匀加速下降时的加速度大小为

g==m/=4m/

【答案】(1)16 s时探测器正在匀减速上升，40 s时探测器正在匀加速下降 (2)4 m/

深度拓展

一、“加速度”认识的常见误区

误区1：物体的速度大，其加速度一定大。

误区2：物体的速度变化大，其加速度一定大。

误区3：物体的速度为0时，其加速度也一定为0。

走出误区：物体的速度为0，其加速度不一定为0。例如，机车启动时，速度等于0，如果加速度也为0，那么机车将无法启动。

误区4：物体的加速度不断减小，物体的速度也不断减小。

**走出误区：物体的加速度虽然不断减小，但如果加速度的方向与初速度的方向相同，物体的速度仍不断增大（只不过增大得越来越慢），物体做变加速直线运动，直到加速度减为0后物体的速度才不再继续增大（此后物体做匀速直线运动）。**

误区5：物体的加速度不断增大，则物体的速度也不断增大。

误区6：物体的速度大小不变，物体的加速度为0。

**走出误区：物体的速度大小不变，加速度不一定为0。**

**速度是矢量，当其大小不变但方向改变时，不能认为速度不变，而速度变化的运动就一定有加速度，即加速度不为0。**

误区7：物体的加速度方向总是与速度的方向相同或

相反。

**走出误区：物体的加速度与物体速度变化方向一致，与速度方向无关。**

例1、[单选]下列说法中正确的是( )

A．物体速度改变量大，其加速度一定大

B．物体的加速度大于0，物体一定做加速运动

C．物体的加速度大，速度一定大

D．物体的速度变化率大，加速度一定大

【解析】

A错误：加速度是描述速度变化快慢的物理量，物体速度改变量大，速度变化不一定快，加速度也不一定大。

B错误：物体的加速度大于0，说明加速度方向为正，但初速度方向未知，物体不一定做加速运动。

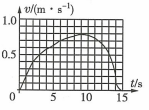
C错误：加速度大小与速度大小无必然联系，加速度大，速度不一定大。

D正确：加速度表示速度的变化率，速度变化率大，加速度一定大。

【答案】D

二、v一t图像的分析

例2、[多选]利用速度传感器与计算机结合，可以自

动作出物体运动的图像，某同学在一次实验中得到的运动小车的v-t图像如图所示，由此可知( )

A．小车先做加速运动，后做减速运动

B．小车运动的最大速度约为0.8 m/s

C．小车的位移一定大于7m

D．小车做曲线运动

【解析】由图像的斜率可知，0～9 s内小车做加速运动，9s～15 s内小车做减速运动；当t=9 s时，速度最大，Vmax≈0.8 m/s，所以选项A、B正确。

在v-t图像中，图线与坐标轴所围的面积在数值上表示位移的大小，图中每小格的面积表示的位移大小为0.1m，总格数约为83格（大于半格计为一格，小于半格忽略不计），总位移为8.3 m，所以选项：C正确。

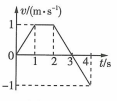
小车做直线运动，所以选项D错误。

【答案】ABC

高考零距离

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 常考考点 | 常设题型 | 考题难度 |
| v-t图像 | 选择题 | 低 |

命题角度一、加速度的理解

考例1[2014．广东卷·多选]图是物体做直线运动的v-t图像。由图可知，该物体( )

A．第1s内和第3s内的运动方向相反

B．第3s内和第4s内的加速度相同

C．第1s内和第4s内的加速度大小相等

D．3 s末速度方向和加速度方向都发生改变

【读题】(1)给出了4s内的v-t图像。

(2)判断速度方向、加速度方向及加速度的大小。

【思路建立】遇到v-t图像就从以下几个方面进行分析保准没有错：(1)图线斜率表示加速度，斜率越大，加速度越大，斜率正负表示加速度的方向；

(2)在时间轴上方速度为正，下方速度为负，速度方向发生变化时肯定是与时间轴相交的那个时刻。

【解析】

A错误：第Is内和第3 s内的速度均为正值，方向相同。

B正确：v-t图像的斜率代表加速度，第3 s内和第4s内斜率相同，所以加速度相同。

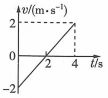
C正确：第1s、第4s内加速度大小a= =1m/。

D错误：第3 s末速度方向发生改变，但加速度方向

不变。

【答案】BC

命题角度二、v-t图像的分析及应用

考例2[江苏苏州模拟·单选]如图1-5-9所示为某物体做直线运动的v-t图像，关于该物体在0～4 s内的运动情况，下列说法正确的是( )

A．物体始终向同一方向运动

B．物体的加速度大小不变，方向与初速度方向相同

C．物体在0～2 s内做减速运动

D．物体在O～2 s内做加速运动

【解析】由题图可知，物体的初速度v0=-2 m/s，

0～2 s内物体沿负方向做减速运动，2～4 s内物体沿正

方向做加速运动，由加速度的定义式a= 可知两段时

间内物体的加速度大小相等，方向与初速度方向相反。

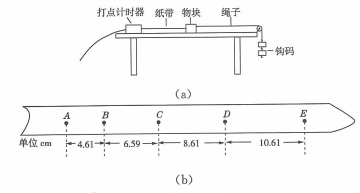
故选项C正确。

【答案】C

命题角度三、通过纸带求解加速度

考例3、[2016．海南卷]某同学利用图 (a)所示的

实验装置探究物块速度随时间的变化。物块放在桌面上，细绳的一端与物块相连，另一端跨过滑轮挂上钩码。打点计时器固定在桌面左端，所用交流电源频率为50 Hz。纸带穿过打点计时器连接在物块上。启动打点计时器，释放物块，物块在钩码的作用下拖着纸带运动。打点计时器打出的纸带如图(b)所示（图中相邻两点间有4个点未画出）。

根据实验数据分析，该同学认为物块的运动为匀加速运动。回答下列问题：

(1)在打点计时器打出B点时，物块的速度大小为 m/s；在打出D点时，物块的速度大小为\_\_\_\_ m/s。（保留两位有效数字）

(2)物块的加速度大小为\_\_\_\_ m/。（保留两位有效

数字）

【读题】利用打出的纸带上的数据计算匀变速直线运动的加速度及某时刻的速度。图中相邻两点间有4个点未画出。

【思路建立】这类题目先思考以下几个问题：

(1)如何求某两点间的平均速度？

(2)某时刻的瞬时速度v与哪一段的平均速度相等？

(3)加速度a与速度v有何关系？

【解析】(1)根据匀变速直线运动的平均速度等于中间时刻的瞬时速度得vB==m/s=0.56 m/s；

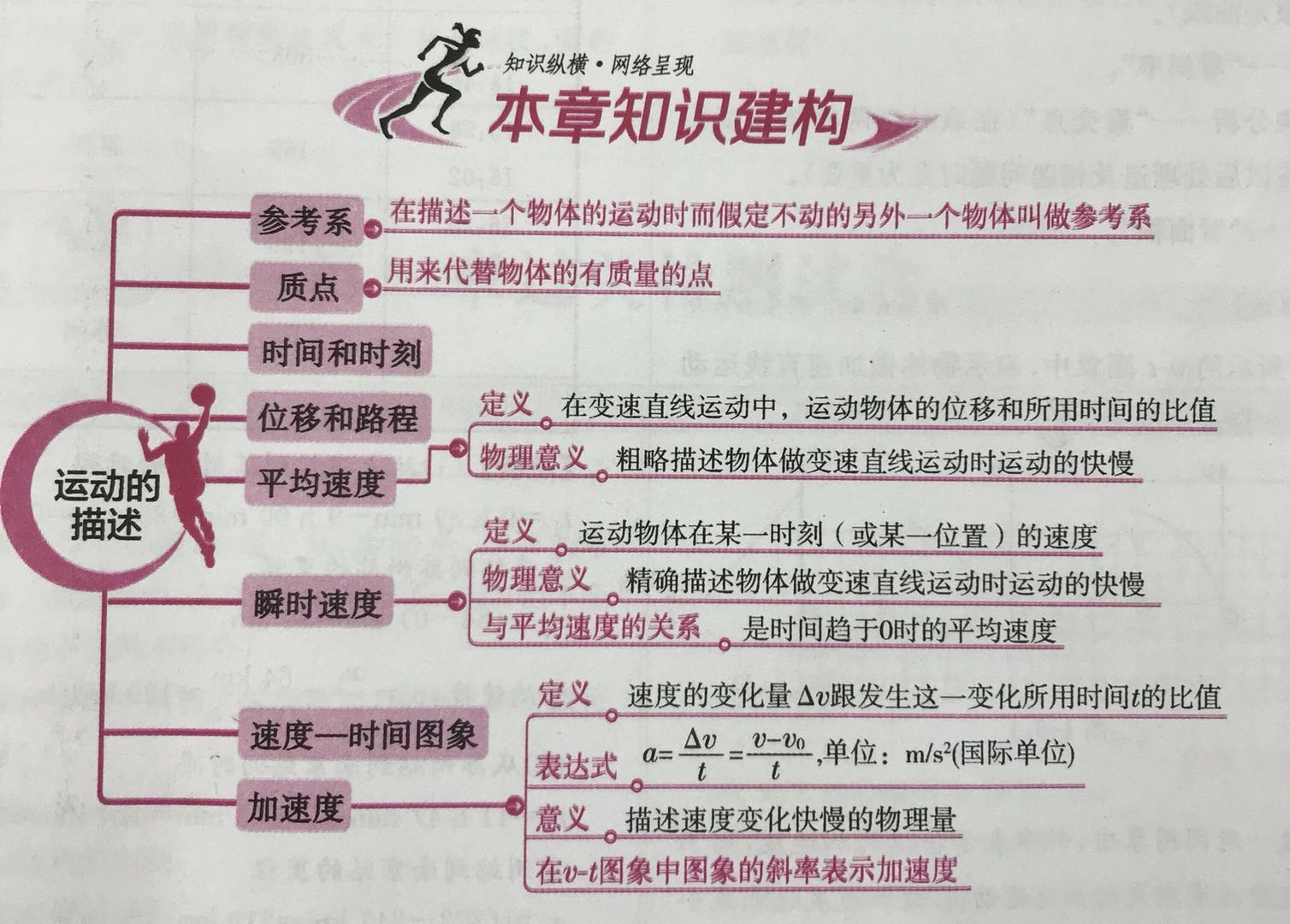
vD==m/s=0.96 m/s；

（2）根据a=，代入数据整理可以得到：

a= m/

【答案】 (1)0. 56 0. 96 (2)2. 0

## 第一章综合复习关键点



思想方法

a.物理模型

物理模型是抽象性和形象性的统一。物理模型的建立是舍弃次要因素，把握主要因素，化复杂为简单，完成由现象到本质、由具体到抽象的过程，模型本身又具有直观形象的特点。如质点，舍去物体的形状、大小、转动等性能，突出它所处的位置和质量的特性，用一有质量的点来描绘，这是对实际物体的简化。

b.极限思想

所谓极限思想，是指用极限概念分析和解决问题的一种数学思想。如瞬时速度对应着某一时刻，根据极限思想，可以利用在一个很短时间内的平均速度表示瞬时速度。

专题突破

**平均速度和瞬时速度的区别与联系**

1．瞬时速度可看做当Δt→0时，Δt内的平均速度。

2．匀速直线运动中，瞬时速度和平均速度始终相同。

3．两者的求解公式都为。

例1、[单选]有关瞬时速度、平均速度、平均速率，以下说法正确的是( )

A．瞬时速度、平均速度、平均速率都是矢量

B．做匀速直线运动的物体，平均速度与瞬时速度大小相等

C．做变速运动的物体，平均速率就是平均速度的大小

D．物体做变速运动时，平均速率是指物体通过的位移与所用时间的比值

【解析】

A错误。瞬时速度、平均速度都有大小扣方向，是矢量，而平均速率是路程与时间的比值，是标量。

B正确。做匀速直线运动的物体，平均速度与瞬时速度大小相等。

C错误。只有当物体做单向直线运动时，平均速率才等于平均速度的大小。

D错误。物体做变速运动时，平均速度是指物体通过的位移与所用时间的比值。

【答案】B

**v-t图像的理解及应用**

1．初速度——“看截距”。

2．运动方向——看“上下”（图像与时间轴有交点，表示从该时刻起，物体运动的速度方向与原来的速度方向相反）。

3．运动性质——看“形状”（匀变速直线运动的图像是倾斜的直线，非匀变速直线运动的速度随时间变化具有不确定性，故图像是曲线）。

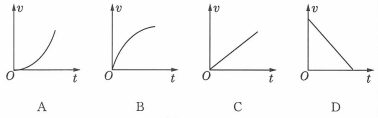
4．加速度——“看斜率”。

5．多条图像分析——“看交点”（在该时刻两物体速度相同，该交点在以后处理追及相遇问题时尤为重要）。

6．找位移——“看面积”。

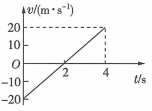
例2、[单选]如图所示的v-t图像中，表示物体做加

速直线运动且加速度在逐渐减小的是( )



【解析】在速度一时间图像中，斜率表示物体的加速度，则A做加速度逐渐增大的加速运动，B做加速度逐渐减小的加速运动，C做匀加速直线运动，D做匀减速直线运动。故选B。

【答案】B

例3、如图所示为一物体做匀变速直线运动的v-t图

像，试分析物体的速度和加速度的特点。

【解析】开始计时时，物体沿着与规定正方向相反的方向运动，初速度v0=-20 m/s，并且是减速的，加速度a是正的，大小为a=10 m/，交点处（t=2 s），物体的速度大小减为0，此时速度方向发生变化，后沿着规定的正方向运动，加速度的大小、方向一直不变。

【答案】见解析

【点拨】 图线是一条直线，斜率不变，故加速度不变，且a>0，但速度的大小、方向都发生了变化。

解题方法技巧

在解决实际问题时，把实际问题抽象为物理问题，建立物理模型，并把抽象出的物理模型与我们学过的物理模型建立联系，也就是我们所说的“建模”，是必须具备的一种基本能力。

例4、下面是一张上海到南京西站的列车时刻表，指示

的是从上海至南京西站的运行情况。假设列车在这一段路中看成直线运动，且在每一个车站都准点开出，准点到达。求：

(1)列车从上海站开出至苏州站的平均速度为多大？

(2)列车从苏州站开出至南京站的平均速度为多大？

(3)列车从上海站开出至南京站的平均速度为多大？

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| T721 | 车次 | | T722 |
| 南京西→上海特快 | 自上海起公里数 | 站名 | 上海→南京西特快 |
| 14：28 | 309 | 南京西 | 12：05 |
| 14：36  14：46 | 303 | 南京 | 11：57  11：47 |
| 15：58  16：02 | 165 | 常州 | 10：33  0：29 |
| 16：26  16：30 | 126 | 无锡 |  |
|  | 84 | 苏州 | 9：43  9：39 |
| 17：33 | 0 | 上海 | 9：00 |

【解析】(1)上海站到苏州站的时间

t1=9:39-9:00=39 min=0. 65 h,

上海站到苏州站的里程

X1=（84-0）km=84 km，

平均速度：v1==≈129 km/h=35. 83 m/s。

(2)从苏州站到南京站的时间

t2 =11:47-9:43=124 min=2. 07 h,

苏州站到南京站的里程

X2 =(303-84) km=219 km，

平均速度：v2==≈106km/h=29.44 m/s。

(3)从上海站到南京站的时间

t3 =11:47-9:00=167 min—2. 78 h,

从上海站到南京站的里程

X3=（303-0）km=303 km，

平均速度：v3==≈109km/h=30.28 m/s。

【答案】(1)129 km/h (2)106 km/h (3)109 km/h

【注意】解答本题首先要看懂列车时刻表，题目中分析上海到南京西站的运行情况，故表中右边部分的时刻有用。然后要看清从何地到何地，特别不要将“南京站”与“南京西站”混淆。此外有的站上有两个时刻，一个是到达的时刻，另一个是出发的时刻，两个时刻之差是停站时间。在计算时不能用错。

# 第二章 匀变速直线运动的研究

## 第1节 实验：探究小车速度随时间变化的规律

教材内容精解

重点难点解读

一、实验探究方案

实验目的

进一步练习打点计时器的使用并掌握处理数据的方法。

能运用v-t图像探究小车速度随时间变化的规律。

实验原理

利用打点计时器打出的纸带上记录的信息，通过公式可计算出各时刻的瞬时速度。

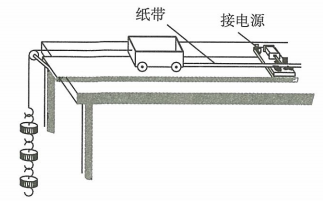
利用描点法作出小车的v-t图像，根据图像判断小车的运动性质。

利用v-t图像计算小车的加速度。

实验器材与实验步骤

器材准备：附有定滑轮的长木板；小车；带小钩的细绳；25g的钩码3个；打点计时器；纸带；刻度尺；学生低压交流电源；导线。

实验步骤

1．安装实验装置，如图所示。

2．把一条细绳拴在小车上，使细绳跨过定滑轮，下边挂上合适的钩码，启动打点计时器，然后释放小车，让小车拖着纸带运动，打完一条纸带后立即关闭电源。

3．换上新纸带，重复以上操作两次。

4．在三条纸带中选择一条点迹最清晰的，舍去开头一些过于密集的点，找一个适当的点当成计时起点。

5．选择相隔0.1s的若干计数点进行测量，并记录。

6．根据测量结果计算出各计数点的瞬时速度。

7．增减所挂钩码个数，再做两次实验。

注意事项

开始释放小车时，应使小车靠近打点计时器。

先接通电源，待打点计时器打点稳定后，再放开小车，当小车停止运动时应及时断开电源。

要防止钩码下落时小车跟滑轮相撞，当小车到达滑轮前应及时用手按住它。

牵引小车的钩码个数要适当，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差别不大，从而使误差增大。

要区别打点计时器打出的点与人为选取的计数点，一

般在纸带上每五个点取一个计数点，即时间间隔

T=0. 02×5 s=0.1 s。

不要逐次测量各段位移，可测量出各个计数点到0点

的距离，然后计算出两个相邻计数点间的距离。

描点时最好用坐标纸，在纵、横轴上选取合适的单位，用细铅笔认真描点作图。

二、实验数据处理

实验数据分析

纸带和计数点的选取：在三条纸带中选择一条点迹最

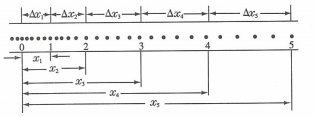
清晰的。为了便于测量，舍掉开头一些过于密集的

点，找一个适当的点当成计时起点（0点），每五个点

取一个计数点进行测量。

【点拨】纸带上开头有一些过于密集的点迹，如果测量他们之间的间隔Δx，就会引起较大的误差，因此通常会舍弃这些点，以减少长度测量中的误差。

数据处理方法：测量各个计数点到计时起点的距离X1、x2、x3、…，如图所示，然后计算出两个相邻计数点间的距离Δx1=x1、Δx2=X2-X1、Δx3=X3-X2、…，这样可以减小相对误差。



瞬时速度的求解

可以用一段时间内的平均速度表示这段时间中间时

刻的瞬时速度。例如，在上图中第3个点的速度

可用第2个点到第4个点的平均速度来求解，即

V3 =

作出小车运动的v-t图像

坐标轴的标度选取要合理，图像分布应符合要求。

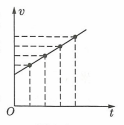
描点：描点时要用平行两坐标轴的虚线交点标明这个

点的位置坐标（所描点在图上用“×”或“• ”标明）。

连线：仔细观察所描各点的分布情况，我们可以用一条直线去代表这些点，即画出一条直线，让尽可能多的点落在直线上，不能落在直线上的点应均匀分布在直线两侧，离直线较远的点应舍弃。

延长：作出的图像所表示的物理意义。

如作小车运动的v-t图像时就可把所连线段延长，图线与速度轴的交点表示计时开始时刻小车的速度——初速度。

实验结论

如果画出的v-t图像是一条倾斜的直线，说明小车做速度均匀增加的匀变速直线运动，如图所示。

纵轴截距的物理意义：开始计时时刻小车的速度值。

直线的斜率反映了小车速度变化的快慢，即为加速度a=，斜率大，说明小车速度变化得快，即加速度大。

误差分析

木板各处的粗糙程度不同，使摩擦分布不均匀。

测量纸带上点的位移有误差，使计算出的瞬时速度有误差。

作图时，标度不合适。

状元速记

1．实验不需要平衡摩擦力，先接通电源，再释放小车。

2．选取点迹清晰的纸带，每五个点取一个计数点时，时间间隔为0．1 s。

3．速度求解方法：一段时间内的平均速度表示这段时间中间时刻的瞬时速度。

4．作图描点连线时应让尽可能多的点落在直线上，离直线较远的点应舍弃。

命题点一、实验操作步骤

例1、在测定匀变速直线运动加速度的实验中，某同学操作中有以下实验步骤：

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长木板上，并接好电路；

C．把一条细绳拴在小车上，细绳跨过定滑轮，下面吊着适当重的钩码，放手后看小车是否能在木板上做平稳的加速运动；

D．取下纸带；

E．把一端附有定滑轮的长木板平放在实验桌上，并使附有定滑轮的一端伸出桌面；

F．将纸带固定在小车尾部，并穿过打点计时器的限位孔。

(1)其中错误或遗漏的步骤有（遗漏步骤可编上序号G、H……）\_\_\_\_。

(2)将以上步骤完善并按合理顺序写在横线上：\_\_\_\_。

【解析】在用打点计时器测定匀变速直线运动加速度的实验中，要先接通电源，再放开纸带；在取下纸带前要先断开电源；为了减小实验误差，再重复实验

两次，即打出三条纸带，然后选择比较理想的纸带进行处理。

【答案】(1)①A中应先接通电源，再放开纸带；②D中取下纸带前应先断开电源；③补充步骤G：换上新纸带，重复操作两次(2) EBCFADG

命题点二、实验数据的处理

例2、在用打点计时器测速度的实验中：

(1)如图所示，是某同学利用打点计时器得到的表示小车运动过程的一条清晰纸带，纸带上两相邻计数点间还有四个点没有画出，打点计时器打点的时间间隔t=0. 02 s，其中X1=7.05 cm、X2=7.68 cm、x3=8. 33 cm、X4 =8. 95 cm、X5=9.61 cm、X6 =10. 23 cm。



下表列出了打点计时器打下B、C、F时小车的瞬时速度，请在表中填人打点计时器打下D、E两点时小车的瞬时速度（小数点后保留三位数字）。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 位置 | B | C | D | E | F |
| 速度/（m•） | 0.737 | 0.801 |  |  | 0.992 |

(2)以A点为计时起点，在坐标图(图甲)中作出小车的速度-时间图像。



甲 乙

(3)根据你作出的小车的速度一时间图像计算出小车的加速度a= m/。

【解析】(1)打点计时器打下D、E两点时小车的瞬时速度分别为：

vD ==m/s =0.864m/s，

vE ==m/s =0.928m/s

(2)小车的v-t图像如图乙所示。

(3)小车加速度a的大小等于图线的斜率，故

a= a==0. 64 m/。

【答案】(1)0. 864 0.928 (2)如图乙所示 (3)0. 64

命题点三、实验问题综合

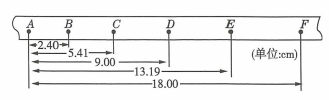
例3、[2016．浙江宁波九校联考]某同学研究匀变速直线运动的规律时，实验装置如图所示，其中A为砂桶和砂，B为定滑轮，C为小车，D为纸带，E为电磁打点计时器，F为电压6V的蓄电池，G是开关。

(1)请指出实验装置中的两处错误。

①

②

(2)实验中得到了一条较为理想的纸带，并在纸带上每5个点取一个计数点，将这些计数点依次记为0、1、2、3、4、…，如图所示。



则纸带上C点对应的瞬时速度是 m/s;小车运动的加速度是 m/（设小车加速度不变）。

【解析】(1)电磁打点计时器使用4～6 V的交流电源工

作，实验中使用了直流电源；研究匀变速直线运动实验时，为了保证纸带上打出清晰而且足够的计数点，应让小车靠近打点计时器，该实验中没有做到这一点。

（2）vC==m/s =0.33m/s，

vD==m/s ≈0.39m/s，

则加速度a== m/=0.6 m/

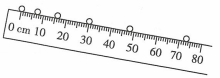
【答案】(1)见解析(2)0. 33 0.6

深度拓展

一、用频闪照相法研究小球的运动

频闪照相法

频闪照相法是一种利用照相技术，每次间隔一定时间曝光一次，从而形成间隔相等时间的影像的方法。在频闪照相中会用到频闪灯。例如，每隔0.1 s闪光一次，即每秒闪光10次。当物体运动时，利用频闪灯照明，照相机可以拍摄出该物体每隔相等时间所到达的位置。

如图是采用每秒闪光10次拍摄的小球沿斜面滚下的频闪照片，照片中每两个相邻小球的影像间隔的时间就是0.1 s，这样便记录了物体运动的时间，而物体运动的位移则可以用刻度尺量出。

【点拨】与打点计时器记录的信息相比，频闪灯的闪光频率相当于打点计时器所用交流电源的频率，照片中物体的影像相当于打点计时器打出的点迹。因此，运动物体的频闪照片既记录了物体运动的时间信息，又记录了物体运动的位移信息。至于平均速度和瞬时速度的求法，两者是一样的。

例1、如图是小球沿斜面滚下的频闪照片，照片中每两个相邻小球像的时间间隔是0.1 s，这样便记录了小球运动的时间。小球运动的位移可以用刻度尺测量。

(1)试作出小球滚下过程的v-t图像。

(2)求出小球滚下过程的加速度。

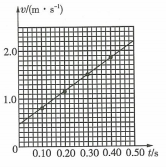
【解析】(1)设开始时位置为0，往后依次位置为1、2、3、…，因为时间间隔为0.1 s，比较短，所以平均速度可以表示瞬时速度。

v1=02=m/s=0.8m/s，

v2=13=m/s=1.15m/s，

v3=24=m/s=1.50m/s，

v4=35=m/s=1.85m/s，

由以上数据作出v-t图像如图所示。

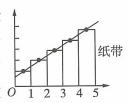
(2)在v-t图像上取相距较远的两点。V1=0. 80 m/s，t1=0.1 s，V4=1.85 m/s，t4=0.4 S，则a== =m/=3.5 m/，故小球的加速度为3.5 m/。

【答案】(1)v-t图像如图所示 (2)3.5 m/

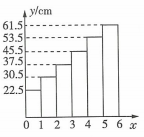
二、用等效替代法研究物体的运动

等效替代法

在探究小车速度随时间变化规律的实验中，选择一条打点清晰的纸带，标上计数点，然后将纸带从相邻计数点处剪下，连续剪下几段，分别贴上双面胶带，然后底边对齐并列贴在有格子的坐标纸上，如图所示，纸带的排列呈“阶梯”状。

这种排列也反映了小车运动的规律，因为每段的长度对应小车相等时间内的位移，纸带的宽度等效为时间，所以纸带长度正比于运动速度，纸带长度均匀增加，说明小车运动的速度均匀增加。

实际操作中，可以先把纸带每隔0.1 s剪断，得到若干短纸条，再把这些相邻的短纸条依次并排在一张纸上，使这些纸条下端对齐，作为时间坐标轴，标出时间，再把纸条上端中心连起来，就得到v-t图像，如图所示。

例2、做匀变速直线运动的小车，牵引一条纸带通过打点计时器，交流电源的频率是50 Hz，由纸带上打出的某一点开始，每5个点剪下一段纸带，如图所示，每一小段纸带的一端与x轴相重合，左边与y轴平行，将纸带贴在坐标系中。

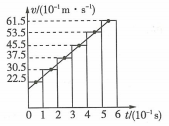
(1)仔细研究图像，找出小车在相邻时间内位移存在的关系。

(2)设Δt=0.1 s，请画出该小车的v-t图像。

(3)根据图像求其加速度。

【解析】(1)由题图中所标纸带每段位移关系可知，在相邻相等时间内的位移差近似相等，考虑误差原因后，可近似认为Δx=8 cm。

(2)以题图中的x轴作为时间轴，以纸带的宽度表示相等的时间间隔T=0.1 s，每段纸带最上端中点对应v轴上的速度恰好表示每段时间的中间时刻的瞬时速度，

即vn=；因此可以用纸带的长度表示每小段时间的中间时刻的瞬时速度，将纸带上端中间各点连接起来，可得到小车的v-t图像，如图所示。

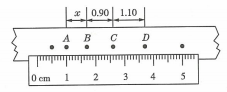
(3)利用图像的斜率可以求得小车的加速度a=8 m/。

【答案】(1)Δx=8 cm (2)如图所示 (3)8 m/

高考零距离

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 常考考点 | 常设题型 | 考题难度 |
| 纸带分析 | 填空题 | 中 |

命题角度打点纸带的处理与计算

考例1[广东卷]图为某同学在做匀变速直线运动实验中获得的一条纸带。

(1)已知打点计时器的电源频率为50 Hz，则纸带上打相邻两点的时间间隔为\_\_\_\_。

(2)A、B、C、D是纸带上的四个计数点，每两个相邻计数点间有四个点没有画出，从图中读出A、B两点的间距x=\_\_\_\_；C点对应的速度是 （结果保留三位有效数字）。

【读题】(1)打点频率f=50 Hz。

(2)给出的四个点(A、B、C、D)是计数点，不是计时点。

【思路建立】(1)周期与频率是怎样的关系？

(2)用什么办法求解C点对应的瞬时速度？

【解析】(1)打点计时器的打点频率为50 Hz，周期T==0.02 s，故打相邻两点的时间间隔为0.02s (2)两相

邻计数点的时间间隔T’=0. 02×5s=0.1 s，由题图读出

x=7.0mm=0. 70 cm。C点对应速度vc= ==cm/s=0.100m/s。

【答案】(1)0. 02 s(2)0. 70 cm(0. 68 cm～0. 72 cm均可)

0. 100 m/s

考例2、[重庆卷]某同学在练习使用打点计时器的实验

中，电源频率f=50 Hz，在纸带上打出的点中，选出零点，每隔4个点取1个计数点。因保存不当，纸带被污染，如图所示，A、B、C、D是依次排列的4个计数点，仅能读出其中3个计数点到零点的距离：sA =16.6 mm、sB=126. 5 mm、sD =624. 5 mm。

若无法再做实验，可由以上信息推知：

(1)相邻两计数点间的时间间隔为 s。

(2)打C点时物体的速度大小为 m/s（取两位有效

数字）。

【解析】(1)相邻两点间的时间间隔为0.02 s，每隔4个点取1个计数点，则相邻两计数点间的时间间隔T=

5×0. 02 s=0.1 s。

(2)vc==m/s ≈2.5m/s

【答案】(1)0.1 (2)2.5

## 第2节 匀变速直线运动的速度与时间的关系

重点难点解读

一、匀变速直线运动

匀变速直线运动的特点和类型

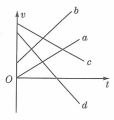
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 特点 | 加速度a | 大小不变 |
| 方向不变 |
| 轨迹 | 直线 |
| 分类 | 匀加速直线运动 | a、v同向，速度均匀增加 |
| 匀减速直线运动 | a、v反向，速度均匀减小 |

【特别提示】常见的变速运动，实际上并不是严格意义上的匀变速直线运动，但是这些运动可以近似看成是匀变速直线运动。例如，发射炮弹时炮弹在炮筒里的运动，火车、汽车等交通工具在加速启动的一段时间内的运动，石块从不高的地方下落或被竖直向上抛出是的运动等。

匀变速直线运动的v-t图像

图像的特征

匀变速直线运动的v-t图像是一条倾斜的的直线，如图所示。

1．直线a是初速度为0的匀加速直线运动的图像。

2．直线b是初速度不为0的匀加速直线运动的图像。

3．直线c是匀减速直线运动的图像。

4．直线d是先减速后反向加速的匀变速直线运动（加速度未发生变化）。

图像的深入分析

1．如图所示，v-t图像与时间轴的交点表示速度方向改变，A点表示加速度方向改变。

2．v-t图像中两图线相交，只是说明两物体在此时刻的速度相同，不能说明两物体相遇。

3．v-t图像只能反映物体做直线运动时的规律。

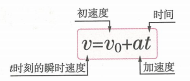
【特别提示】物体作直线运动时，只可能有两个速度方向，规定了一个为正方向时，另一个便为负方向，所以可用正、负号描述全部运动方向。

当物体做一般曲线运动时，速度方向各不相同，不能仅用正、负号表示所有的方向，故不能画出v-t图像。

所以，只有物体做直线运动的规律才能用v-t图像描述，任何v-t图像反映的也一定是物体做直线运动的规律。

二、速度与时间的关系式

速度公式



注：利用a=v- v0推导出v=。

速度公式v=的解读

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 含义 | v0、v皆为某时刻的状态量，加速度a恒定不变 | |
| 矢量性 | v0、v、a皆为矢量，一般规定v0方向为正方向 | |
| 若a与v0同向，v逐渐增大 | 物体做匀加速直线运动 |
| 若a与v0反向，v逐渐减小或减为0后再反向增大 | 物体做匀减速运动，减为零后再反向做匀加速直线运动 |
| 特例 | 若v0=0，则v=at | v∝t |
| 说明 | ①在使用公式计算问题时，必须考虑各量的方向关系，与正方向相同取正值，相反取负值。②公式仅适用于匀变速直线运动 | |

【注意】速度公式v=v0+at虽然是由加速度定义式a= a=变形得到的，但两式的使用条件是不同的：

1、v=v0+at只适用于匀变速直线运动。

2、a=可适用于任何形式运动。

状元速记

1．匀变速直线运动是加速度大小和方向都不变的运动，分为匀加速直线运动和匀减速直线运动。

2．速度时间关系式为v=v0+at，a与v0同向时，v逐渐增大；a与v0反向时，v逐渐减小。

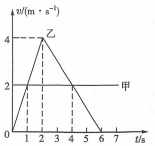
3．v-t图像只能反映物体做直线运动的规律，与时间轴的交点表示速度方向改变。

4．汽车刹车时，速度减到0后变为静止，可首先判断汽车停下来所用的时间再进行其他相关计算。

命题点一、对v-t图像的理解和应用

例1、[单选]甲、乙两物体从同一位置出发沿同一直线

运动的v-t图像如图所示，下列判断正确的是( )

A．甲做匀速直线运动，乙做匀变速直线运动

B．两物体两次相遇的时刻分别在1s末和4s末

C．乙在前2s内做匀加速直线运动，2s后做匀减速直线运动

D．2 s后，甲、乙两物体的速度方向相反

【解析】甲以2 m／s的速度做匀速直线运动，乙在0～2 s内做匀加速直线运动，a1=2 m/，2s～6s内做匀减速直线运动，a2=-1 m/。1s末和4s末甲、乙只是速度相同，并未相遇。6s内甲、乙两物体速度方向一直相同。故选C。

【答案】C

【技巧】分析图像问题要从坐标、图像斜率、面积、交点等几个方面着手。

命题点二、速度公式v=v0+at的应用

例2、某汽车在某路面上紧急刹车时，如图所示，刹车时的加速度为6 m/s，如果该汽车开始刹车时的速度为60 km/h，则该汽车刹车5s时的速度为多少？

【解析】汽车开始刹车时的速度为v0=60 km/h≈16.7 m/s。

设汽车开始刹车时的初速度方向为正方向，由匀变速直线运动的速度公式v=v0+ at得，汽车从开始刹车到静止所用的时间为t==s≈2.8 s。

由于2.8 s<5s，所以汽车刹车2.8s后变为静止，汽车

刹车5s时的速度为0。

【答案】0

【点评】

（1）解答本题时有些同学误认为汽车在给定的时间内一直做匀减速直线运动，简单套用速度公式v=v0+at，得出的速度出现负值。

（2）处理该类问题时应注意

明确车辆的刹车时间（车辆末速度变为0时所用的时间），通常t=计算得出，并判断要研究的时间是大于刹车时间还是小于刹车时间。

深度拓展

一、应用速度公式的方法与技巧

矢量性

公式中的v0、v、a均为矢量，应用公式解题时，一般取v0的方向为正方向，a、v与v0的方向相同时取正值，与v0的方向相反时取负值。对计算结果中的正、负，应根据正方向的规定加以说明，若v>0，表明末速度与初速度v0同向；若a<0，表明加速度与v0反向。

a与v0同向时，物体做加速直线运动；

a与v0反向时，物体做减速直线运动。

特殊情况

当v =0时，v=at，即v∝t。

当a=0时，v= v0（匀速直线运动）。

应用速度公式解题

对物体的运动进行分析时，要养成画运动草图的习惯，一般有两种草图：一是v-t图像；二是物体的运动轨迹图。这样可以帮助我们进一步理解物体的运动过程，有助于发现已知量和未知量之间的关系。

例1、在某汽车4S店，一顾客正在测试汽车加速、减速性能。汽车以36 km/h的速度匀速行驶，现以0.6m/的加速度加速，则10 s后速度能达到多少？若汽车以0.6 m/的加速度刹车，则10 s和20 s后速度各减为多少？

【解析】初速度v0=36 km/h= 10 m/s，加速度a1=0.6m/，a2=0.6 m/。

由速度公式得

v1=v0 +a1t1=10 m/s+0.6×10 m/s=16 m/s.

开始刹车至汽车停下所需时间

t2==s≈16.7 s。

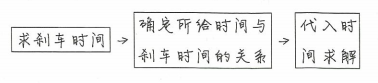
开始刹车10 s后汽车的速度

v2=v0+a2t3 =10 m/s-0.6×10 m/s=4 m/s,

刹车20 s后汽车早已停止运动，所以车速为0。

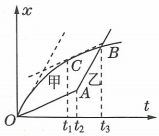
【答案】16 m/s 4 m/s 0

【归纳总结】求解刹车类问题时应注意比较所给时间与物体速度减小到零所用时间的大小，若所给时间小于刹车用时，则可将所给时间代入速度公式求解，若所给时间大于或等于刹车用时，则车在所给时间时速度为零。求解思路示意图如下：



二、两种不同的运动图像

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 匀速直线运动 | | 匀变速直线运动 | |
| 图像 |  |  |  |  |
| 不变量 | 速度v（x-t图线的斜率） | | 加速度a（v-t图线的斜率） | |
| 斜率k | K>0，表示沿正方向运动 | | K>0，表示a与v0同向 | |

例2、[2016．河北唐山一中高三第二次月考·多选]甲、乙两车某时刻由同一地点，沿同一方向开始做直线运动，若以该时刻作为计时起点，得到两车的位移-时间图像，即x—t图像如图所示，甲图像过O点的切线与AB平行，过C点的切线与OA平行，则下列

说法中正确的是( )

A在两车相遇前，t1时刻两车相距最远

B．0～t2时间内甲车的瞬时速度始终大于乙车的瞬时速度

C．甲车的初速度等于乙车在t3时刻的速度

D．t3时刻甲车在乙车的前方

【解析】

A正确：过C点的切线与OA平行，表明此时两车速度相同，此时两车相距最远。

B错误：0～t1时间内甲车的瞬时速度始终大于乙车的瞬时速度，之后甲车的瞬时速度始终小于乙车的瞬时速度。

C正确：甲图像过O点的切线与AB平行，说明甲车的初速度等于乙车在t3时刻的速度。

D错误：t3时刻两车相遇。

【答案】AC

高考零距离

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 常考考点 | 常设题型 | 考题难度 |
| v-t图像 | 选择题 | 中 |

命题角度一、速度与时间关系式的应用

考例1、[2016．哈尔滨三中高一期中·单选]一物体做匀变速直线运动，初速度大小为15 m／s，方向向东，第5s末的速度大小为10 m/s，方向向西，则物体开始向西运动的时刻为( )

A．第2s末 B．第3s末

C．第5s末 D．第6s末

【思路建立】物体先向东运动后向西运动，这个问题有点复杂，转向约时刻肯定是速度为0的时刻。这里有一个关键词大家一定要明白，那就是匀变速直线运动，虽然运动方向变了，但是加速度不变。

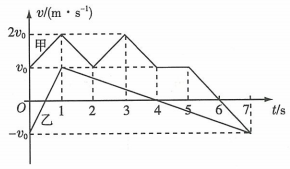
【解析】规定初速度的方向为正方向，物体的加速度为a==m/=-5 m/，则物体速度减为零的

时间为t’===s=3s，可知物体开始向西运动的时刻为第3s末，选项B正确。

【答案】B

命题角度二v--t图像的分析与应用

考例2[2013四川卷·多选]甲、乙两物体在t=0时刻经过同一位置沿x轴运动，其v-t图像如图所示，则( )



A．甲、乙在t=0到t=1s之间沿同一方向运动

B．乙在t=0到t=7 s之间的位移为0

C．甲在t=0到t=4 s之间做往复运动

D．甲、乙在t=6 s时的加速度方向相同

【读题】(1)从题干看题中图像纵轴代表甲、乙两物体的速度，横轴代表时间，即提供了两物体的v-t图像。

(2)根据图线分析两物体的运动过程，从选项看：

A、C两选项是根据图像判断物体的运动方向。

B选项是根据图像求物体的位移。

D选项是根据图像判断加速度的方向。

【思路建立】题目中给出了v-t图像，根据v-t图像中速度正、负的含义及斜率、面积的意义可解释四个选项。

【解析】

A错误：在0～1 s内甲沿x轴正方向运动，乙先沿x轴负方向运动，后沿x轴正方向运动。

B正确：在0～7 s内乙的位移x=×0.5+×0.5+××3-×3=0。

C错误：在0～4 s内甲的速度恒为正值，始终沿x轴正方向运动。

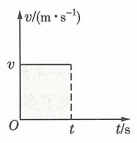
D错误：在t=6 s时，甲、乙速度图像的斜率均为负值，即甲、乙的加速度方向均沿x轴负方向。

【答案】BD

## 第3节 匀变速直线运动的位移与时间的关系

内容精解

重点难点解读



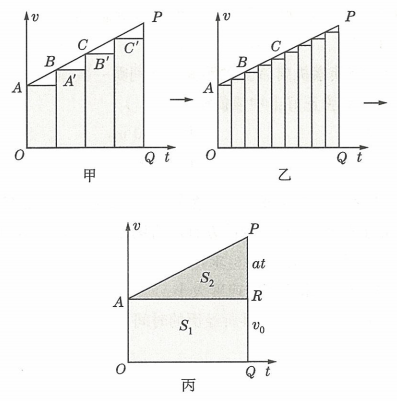
一、匀变速直线运动的位移

匀速直线运动的位移

位移公式：x=vt。

在v-t图像中，在某段时间内位移的大小等于图线与时间轴所包围的“面积”的大小，如图所示。

匀变速直线运动位移公式的推导——微分思想的应用



微元法：先分割逼近，找到规律，再累计求和。

1．如图甲所示，如果把每一小段Δt内的运动均看成匀速直线运动，则矩形面积之和等于各段匀速直线运动的位移之和，显然小于匀变速直线运动在该时间内的位移。

2．把运动过程分为更多的小段，如图乙所示，各个小矩形的面积之和，可以更精确地表示物体在整个过程的位移。

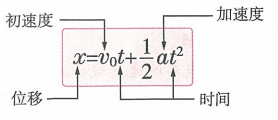
3．把整个运动过程划分得非常细，很多小矩形的面积之和就能准确地代表物体的位移了，位移的大小等于图丙中梯形的面积。

4．匀变速直线运动在时间t内的位移，它在数值上等于直线AP下方的梯形OAPQ的面积（图丙）。这个面积S= S1+S2 =OA×OQ+AR×RP=v0t+ a，即x= t+ a，这就是匀变速直线运动的位移公式。

【提示】这一推理用到了无限分割逐渐逼近的方法，这是微积分原理的基本思想之一，要注意领会。

位移-时间关系

公式：



对位移-时间关系式的理解

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 规定正方向 | 通常取初速度方向为正方向 | a、v同向：代人数值计算时a取正值 |
| a、v反向：代人数值计算时a取负值 |
| 位移的正负 | 结果为正：说明位移方向与规定的正方向相同 | |
| 结果为负：说明位移方向与规定的正方向相反 | |

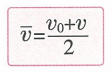
v-t图像表示位移的方法

v-t图像中图线与t轴包围的面积在数值上等于物体在这段时间内位移的大小，t轴上方的面积表示位移为正，t轴下方的面积表示位移为负。这样可以通过计算v-t图像中图线与t轴包围面积的大小求解物体的位移，此方法适用于所有的直线运动位移的求解。

匀变速直线运动的平均速度

做匀变速直线运动的物体，在一段时间t内的平均速度等于这段时间内中间时刻的瞬时速度，还等于这段时间初、末速度矢量和的一半。

推导：在匀变速直线运动中，==v0+a（），此式说明，在匀变速直线运动中，一段时间内的平均速度等于这段时间内中间时刻的瞬时速度，即。把a=代入=v0+at得到



可见，在匀变速直线运动中，一段时间内的平均速度还

等于这段时间内初、末速度的算术平均值。

【特别提示】=只适用于匀变速直线运动。对于非匀变速直线运动，只能用平均速度的定义式求解。

二、用图像表示位移

x-t图像与v-t图像的比较

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 比较内容 | | x-t图像 | v-t图像 |
| 图像 | | x 4 3  2  O t  1  其中4为抛物线 | v 4 3  2  O t  1  其中4为抛物线 |
| 物理意义 | | 反映的是位移随时间的变化规律 | 反映的是速度随时间的变化规律 |
| 物体的运动性质 | 1 | 表示从正位移处开始物体一直做反向匀速直线运动并通过零位移处 | 表示物体先做正向匀减速直线运动，再做反向匀加速直线运动 |
| 2 | 表示物体静止不动 | 表示物体做正向匀速直线运动 |
| 3 | 表示物体从零位移开始做正向匀速直线运动 | 表示物体从静止开始做正向匀加速直线运动 |
| 4 | 表示物体做匀加速直线运动 | 表示物体做加速度逐渐增大的加速直线运动 |
| 斜率的意义 | | 斜率的绝对值表示速度的大小，斜率的正负表示速度的方向 | 斜率的绝对值表示加速度的大小，斜率的政府表示加速度的方向。 |
| 图线与时间轴围成的“面积”的意义 | | 无实际意义 | 表示物体相应时间内的位移 |

状元速记

1．匀变速直线运动的位移-时间公式为x= v0t+ a，公式中不包含末速度。

2．做匀变速直线运动的物体，一段时间内的平均速度等于这段时间内中间时刻的瞬时速度，还等于这段时间初、末速度矢量和的一半，即=。

3．v-t图像中，应根据图像准确分析物体的运动过程，准确判断速度与加速度的变化情况。

4．末速度为0的匀减速运动可看做反方向的初速度为0的匀加速直线运动。

经典例题诠释

命题点一、匀变速直线运动的两个基本公式的应用

例1、以36 kmh的速度行驶的汽车，刹车后做匀减速直线运动，若汽车在刹车后第2s内的位移是6.25 m，求：

(1)汽车刹车过程中加速度的大小；

(2)刹车后5s内的位移大小。

【解析】(1)以汽车的运动方向为正方向。

V0 =36 km/h=10 m/s，

由公式x= v0t+ a得第2s内的位移

X2= v0t2+ a-（v0t1+ a）=v0(t2-t1)+ a(

代入数据解得a=-2.5 m/，负号表示加速度方向与汽车的运动方向相反。

(2)设刹车后经时间t汽车停止运动。

由v=v0+at，得t= = s=4s。

可见，刹车后5s内汽车在最后1s是静止的，故刹车后5s内的位移为

X’= v0t+ a=[10×4+×(-2.5)×]m=20m

【答案】(1)2.5 m/ (2)20 m

【点评】（1）在应用匀变速直线运动的速度公式v=v0+at和位移公式x= v0t+ a解题时，首先分析所研究的运动过程，然后选取正方向，列方程求解，必要时对结果进行分析说明

（2）对汽车刹车问题要先求刹车时间。

命题点二、平均速度公式=的灵活应用

例2、从车站开出的汽车做匀加速直线运动，运动了12 s时，发现还有乘客没上来，于是立即做匀减速直线运动至停车，总共历时20 s，行进了50 m，求汽车在此次运动过程中的最大速度。

【思路建立】汽车先做初速度为0的匀加速直线运动，达到最大 速度后，立即改做匀减速直线运动，你能否应用解析法、平均速度法或图像法解答此题？

【解析】

（方法一）解析法

设最大速度为vmax，由题意得

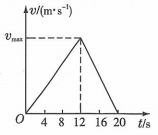
X=x1+x2= a+vmaxt2-a，t=t1+t2，

Vmax=a1t1，0=vmax-a2t2，

解得vmax==m/s=5m/s

（方法二）平均速度法

由于汽车在前、后两段均做匀变速直线运动，所以前、后两段的平均速度均为最大速度Vmax的一半，即===，由x=t得vmax==5m/s

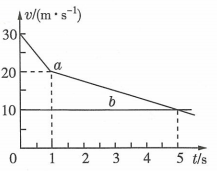
（方法三）图像法

作出汽车运动全过程的v-t图像如图所示，v-t图像与t轴所围成的三角形的面积与位移的大小相等，所以x=，则vmax==m/s=5m/s

【答案】5 m/s

命题点三、 v-t图像的应用

[单选]在一大雾天，一辆小汽车以30m/s的速度行驶

在高速公路上，突然发现正前方30m处有一辆大卡车以10 m/s的速度同方向匀速行驶，小汽车紧急刹车，刹车过程中刹车出现故障，如图中a、b分别为小汽车和大卡车的v-t图像，以下说法正确的是( )

A．因刹车出现故障前小汽车已减速，故不会追尾

B．在t=5 s时追尾

C．在t=3 s时追尾

D．由于初始距离太近，即使刹车不出现故障也会追尾

【解析】假设不追尾，据“面积”与位移关系知，前5s小汽车与大卡车的位移差为：△x= m+m=35 m>30 m，两车会追尾，故选项A、B错误。

设经时间t两车追尾，由位移关系知：

V0t+x0=vat1+a+va’（t-t1）+a2，

其中vb=10m/s，x0=30m，va=30m/s，t1=1s，a1=-10 m/，va’=20m/s，a2=-2.5 m/，

解得t=3 s。故选项C正确。

假若刹车不出现故障，小汽车的速度减小为大卡车的速度需要时间t=2 s，此2s内小汽车的位移为x=m= 40 m，此2s内大卡车的位移为x'= 20 m。

由于x<x'+x0．所以小汽车刹车不出现故障时，两车不会追尾。故选项D错误。

【答案】C

深度拓展

一、位移—时间关系的解题策略

方法选择

基本公式法：x=v0t+ a，

v= v0 +at。

图像法：x-t图像、v-t图像。

平均速度法：=。（此公式适用于任何形式的运动）

匀变速直线运动的平均速度公式：

=。（此公式只适用于匀变速直线运动）

逆向思维法：当末速度为0时，匀减速直线运动可视为反方真的匀加速直线运动。

注意各量的方向关系

运用公式时，一般以v0方向为正方向，凡是与v0方向相反的物理量（矢量）都要带上负号运算。

解题程序

由于反映匀变速直线运动的规律很多，所以要正确理解各个公式的物理意义，对具体问题要在仔细审题的基础上灵活选用公式。审题时要养成画物体运动草图的习惯，并在图中标注有关物理量。这样将加深对物体运动过程的理解，有助于发现已知量和未知量之间的相互关系，迅速找到解题的突破口。

如果一个物体的运动包含几个阶段，就要分段分析，弄清物体在每段上的运动情况及遵循的规律，应该

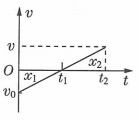
特别注意的是各阶段衔接点处的速度往往是解题的关键。

二、关注一个图像和一个推论

一个图像（v-t图像）

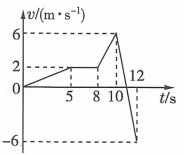
用图像法解题首先要理解图像的意义和性质，能根据题意熟练准确地画出v-t图像或x-t图像，由图像找出已知条件，弄清图像上各段表示的物理过程，分析速度关系和位移关系，列出相关方程求解。

【特别注意】

1、对于任何形式的直线运动的v-t图像中图线与时间轴所围成的面积都等于物体的位移大小。

2、如果一个物体的v-t图像如图所示，图线与t轴围成两个三角形，面积分别为x1和x2，此时x1<0，x2>0，则0～t2时间内的总位移x=∣x2∣-∣x1∣。若x>0，则位移为正；若x<0则位移为负。

一个推论：中间时刻的瞬时速度等于这段时间内的平均速度，也等于这段时间初、末速度和的一半，即=。匀变速直线运动的两个基本公式是v=v0+at和x=v0t+ a，严格意义上讲，这两个公式可以求解匀变速直线运动的所有问题，但有时利用匀变速直线运动的重要推论=或x=t，可以使问题简化，因而匀变速直线运动问题一般都有多种解法。



例1、[2017．天津市静海一中调研·单选]如图所示为一个质点做直线运动的v-t图像，下列判断正确的是( )

A．质点在10～12 s内位移为6m

B．质点在8～10 s内的加速度最大

C．质点在11 s末离出发点最远

D．质点在8～12 s内的平均速度为4.67 m/s

【解析】

A错误。由图看出，质点在10～11 s内沿正方向运动，11～12 s内沿负方向运动，由于两段时间内图像的“面积”相等，说明两段时间内位移大小相等，所以质点在10～12 s内位移为0。

B错误。根据速度图像的斜率等于加速度可知，质点在10～12 s内加速度最大。

C正确。质点在0～11 s内沿正方向运动，11～12 s内沿负方向返回，所以质点在11 s末离出发点最远。

D错误。质点在8～12 s内的位移x=×2 m=8 m，则 其间的平均速度==2m/s。

【答案】C

例2、[单选]两辆完全相同的汽车，沿水平直线一前

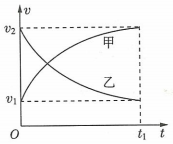
一后匀速行驶，速度均为v，若前车突然以恒定加速度刹车，在它刚停车后，后车以与前车相同的加速度开始刹车，已知前车在2刹车过程中所行驶的距离为z，若要保证两车在上述情况下不相撞，则两车在匀速行驶时保持的距离至少为( )

A．x B．2x C．3x D．4x

【思路建立】(1)前车做匀减速直线运动时，后车仍做匀速直线运动；

(2)刹车距离一样；

(3)v-t图像如图所示。

【解析】如图所示，后车比前车多通过的位移等于图像中阴影部分面积的大小，其值为前车位移的2倍，即保证不相撞的条件是两车原来的间距不小于2x，故选项B正确。

【答案】B

高考零距离

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 常考考点 | 常设题型 | 考题难度 |
| 匀变速直线运动规律 | 选择题 | 中 |

命题角度一v-t图像的分析与位移公式的综合

考例1： [2016．全国I卷·多选]甲、乙两车在平直公路上同向行驶，其v-t图像如图所示。已知两车在t=3s时并排行驶，则( )

A．在t=1s时，甲车在乙车后

B．在t=0时，甲车在乙车前7.5 m

C．两车另一次并排行驶的时刻是t= 2s

D．甲、乙车两次并排行驶的位置之间沿公路方向的距离为40 m

【读题】(1)由图像知：甲车加速度大于乙车加速度，甲车初速度小于乙车初速度。

(2)由题意知：t=3 s时，两车位置相同。

(3)判断不同时刻两车的位置关系。

【思路建立】遇到这种题目，先画一个草图，根据图像反应的数据确定位移，进而确定三个时刻两车的位置关系。通过位移计算公式和草图分析，就很容易得出答案。

【解析】由题图知，甲车做初速度为O的匀加速直线运动，其加速度a甲=10 m/。乙车做初速度v0=10 m/s、加速度a乙=5 m/的匀加速直线运动。3s内甲、乙车的位移分别为：

x甲=a=45m

x乙=v0t3+a=52.5m

由于t=3s时两车并排行驶，说明t=0时甲车在乙车前，两车间距Δx=x乙-x甲=7.5 m，选项B正确。

t=1s时，甲车的位移为5m，乙车的位移为12.5 m，由于甲车的初始位置超前乙车7.5 m，则t=1 s时两车并排行驶，选项A、C错误。

甲、乙车两次并排行驶的位置之间沿公路方向的距离为52.5 m-12.5 m=40 m，选项D正确。

．【答案】BD

命题角度二、非匀变速直线运动的v-t图像

考例2、[全国Ⅱ卷·单选]甲、乙两汽车在一平直公路上同向行驶。在t=0到t=t1的时间内，它们的v-t图像如图所示。在这段时间内( )

A．汽车甲的平均速度比乙的大

B．汽车乙的平均速度等于

C．甲、乙两汽车的位移相同

D．汽车甲的加速度大小逐渐减小，汽车乙的加速度大小逐渐增大

【思路建立】非匀变速直线运动的问题，以下几点把握不住很容易出错。

(1)平均速度v=的适用条件为匀变速直线运动。

(2)v-t图像中位移大小等于图线与横坐标轴围成的“面

积”。

(3)v-t图像中图线切线的斜率表示加速度。

【解析】

A正确：根据=得，汽车甲的平均速度v甲大于汽车乙的平均速度v乙。

B错误：汽车乙的位移x乙小于初速度为v2、末速度为v1的匀减速直线运动的位移x，即汽车乙的平均速度小于。

C错误：根据v-t图像下方的面积表示位移，可以看出汽车甲的位移x甲大于汽车乙的位移x乙。

D错误：根据v-t图像的斜率绝对值反映了加速度的大小，因此汽车甲、乙的加速度大小都逐渐减小。

【答案】A

【点评】此题虽为非匀变速直线运动，但v-t图像表征的含义对所有直线运动都是适用的。

## 第4节 匀变速直线运动的速度与位移的关系

重点难点解读

一、匀变速直线运动的速度与位移的关系

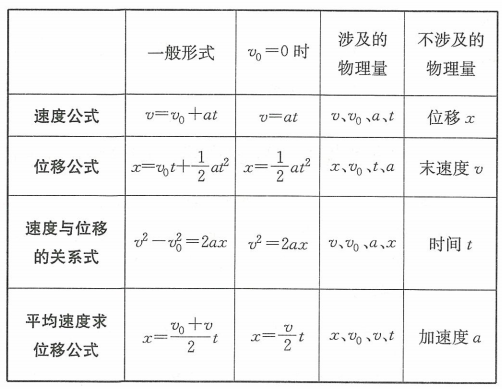
公式的推导

根据匀变速直线运动的基本公式:

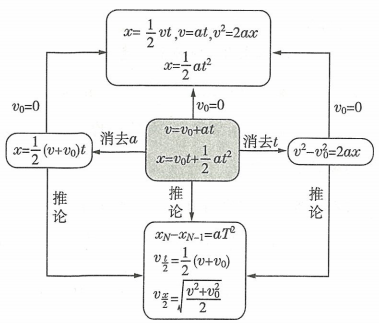
v= v0 +at，x=v0t+ a

消去时间t得：

匀变速直线运动四个常用公式的比较



归纳提升



二、匀变速直线运动的三个推论

在连续相等的时间(T)内的位移之差为一恒定值，即



证明：设物体以初速度v0、加速度a做匀加速直线运动，自计时起第一个T内的位移：xI=x1=v0T+a。

前2T内的位移：x2 =V0•2T+ a

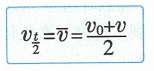
则第二个T内的位移：xⅡ=x2 –x1= V0•2T+ a- v0T-a=v0T+a

连续相等时间T内的位移差：Δx=xⅡ-xⅠ= v0T+a- v0T-a= a，即Δx= a。

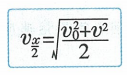
进一步推证可得

a= ====…

某段时间内中间时刻的瞬时速度等于这段时间内的平均速度：



某段位移内中间位置的瞬时速度与这段位移的初、末速度v0、v的关系式：



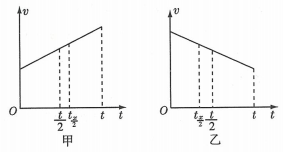
证明：由速度一位移关系式-=2ax，得

ax=（-

同理-=2a•，故-=（-

则可得=。

【特别提示】不论物体做匀加速直线运动还是匀减速直线运动，总有，证明如下：分别做出匀加速直线运动的速度-时间图像和匀减速直线运动的速度-时间图像，如图甲、乙所示。由图甲看出时刻的位移不到总位移的，因此位移为总位移的时刻，则；由图乙可知，所以。因此，只要物体做匀变速直线运动，总有。



三、初速度为0的匀加速直线运动的几个比例关系式

设物体做初速度为0的匀加速直线运动，以t=0开始计时，以T为时间单位，则：

1T末、2T末、3T末、…、nT末的瞬时速度之比为：

=1：2：3：…：n。

可由v=at直接导出。

第—个T内、第二个T内、第三个T内、…、第n个T内的位移之比

为：=1：3：5：…：(2n-1)。

推证：由位移公式x= ，得 = ，

= - = ，

=- =，

……

==。

可见，=1：3：5：…：(2n-1)。

即初速度为0的匀加速直线运动，在连续相等的时间内位移的比等于连续奇数的比。

1T内、2T内、3T内、…、nT内的位移之比为：=：。

可由公式x= 直接导出。

通过连续相同的位移所用时间之比为：=1：（-1）：（-）：…：（-）。

推证：由x= 得，

通过第二段相同的位移所用时间为：

=，

同理，=，

……

=。

则：=1：（-1）：（-）：…：（-）。

【注意】

1. 以上比例式成立的前提是物体做初速度为0的匀加速直线运动。
2. 对于末速度为0的匀减速直线运动，可逆向分析，看做初速度为0、加速度大小相等的匀加速直线运动，应用比例关系可使问题简化。

状元速记：

1．匀变速直线运动的速度与位移的关系：-=2ax。

2．匀变速直线运动中，在连续相等的时间内的位移之差为一恒定值：Δx= a。

3.某段时间内中间时刻的瞬时速度等于这段时间内的平均速度： ==

4．某段位移内中间位置的瞬时速度与这段位移的初末速度的关系为：=。

经典例题诠释

命题点一、速度——位移关系式-=2ax的应用

例1、[2011．四川卷23题改编]随着机动车数量的增加，交通安全问题日益凸显。分析交通违规事例，将警示我们遵守交通法规，珍惜生命。一货车严重超载后的总质量为49 t，以54 km/h的速率匀速行驶。发现红灯时司机刹车，货车立即做匀减速直线运动，加速度的大小为2.5 m/（不超载时则为5 m/）。

(1)若前方无阻挡，问从刹车到停下来此货车在超载及

不超载时分别前进多远？

(2)若超载货车刹车时正前方25 m处停着总质量为1t

的轿车，两车将发生碰撞，求相撞时货车的速度。

【解题提示】先把四个常用公式背熟再做题。

本题不涉及时间t，可选用速度—位移关系式-=2ax进行求解。

【解析】(1)设货车刹车时的速度大小为v0，加速度大

小为a，末速度大小为v，刹车距离为x，根据匀变速直线运动的速度与位移的关系式得x=

代入数据，得超载时 =45 m

不超载时=22.5 m。

(2)超载货车与轿车碰撞时，由-=2ax得相撞时货车的速度

m/s=10m/s

【答案】(1)45 m 22.5 m (2)10 m/s

【点评】本题不涉及时间，利用速度—位移关系式求解比较简单。

命题点2、四个基本关系式的选用

例2、一个滑雪的人，从85 m长的山坡上匀加速滑下，初速度为1.8m/s，末速度为5.0m/s，他通过这段山坡需要多长时间？

【解析】

（方法一）利用公式v=和x= t+ a求解。

由公式v=，得=，代入x= t+ a有：x= t+，故t==s=25s。

（方法二）利用公式-=2ax和v=求解。

由公式-=2ax，得加速度 m/=0.128 m/ 。

由公式v=，得需要的时间s=25s

（方法三）根据公式x=t，得t=s=25s

【答案】25s。

【解题技巧】

①v=；②x= t+ a；③-=2ax；④x=t。四个公式包含五个物理量：，v，a，t，x；已知其中任意三个，可求其余两个。

此题不含加速度，方法三选择了公式x=t，显然较为简单。

命题点三、匀变速直线运动推论的应用

例3、一个做匀加速直线运动的物体，在前4s内经过的位移为24 m，在第2个4s内经过的位移为60 m，求这个物体的加速度和初速度各是多少？

【解析】

（方法一）物体在前4s内的位移= t+ a，在第

2个4s内的位移= (2t)+ a- (t+ a，将24 m、=60 m代入以上两式，解得

a=2. 25 m/，=1.5 m/s。

（方法二）物体在8 s内的平均速度等于中间时刻（即第4s末）的瞬时速度，则=m/s=10.5m/s，且=，物体在前4s内的平均速度等于第2s末

的瞬时速度，即=m/s=6m/s，而=，

由以上各式联立解得a=2. 25 m/， =1.5 m/s。

（方法三）由公式Δx= a得： m/=2.25 m/，由于=m/s=10.5m/s，且=，解得 =1.5 m/s。

【答案】2. 25 m/ 1.5 m/s

例4、一列车由等长的车厢连接而成，车厢之间的间隙忽略不计，一人站在站台上与第1节车厢的最前端相齐。当列车由静止开始儆匀加速直线运动时开始计时，测得第1节车厢通过他的时间为2s，则从第5节到第16节车厢通过他的时间为多少？

【解题提示】此题若以列车为研究对象，由于列车不能简化为质点，不便于分析，我们可以转换一下，以列车为参考系，把列车的运动转化为人的运动，这样就变成我们熟悉的问题了。

【解析】

（方法一）通过连续相等的位移所用时间之比为1：（-1）：（-）：…：（-）

可得==

故所求时间 =4 s。

（方法二）设每节车厢长为s，加速度为a，则人通过第1节车厢的时间为

人通过前4节车厢的时间为

人通过前16节车厢的时间为

故所求时间= - =8 s-4 s=4 s。

【答案】4s

【点评】学习匀变速直线运动的规律，首先要对基本概念和基本规律有准确的理解，在此基础上，如果能够掌握由基本规律所推导出的一些推论，在学习上就会达到一个更高的层次，在解题时就能灵活选用公式。

例5、一小球以某一初速度沿光滑斜面匀减速上滑，到达顶端时速度为0，历时3s，位移为9m，求其第1s内的位移。

【解析】反过来看，小球的初速度为0，连续相等时间内的位移之比为1：3：5：…：（2n-1），可知，以某初速度上滑时第1 s内的位移为总位移的，即位移为5 m。

【答案】5m

【点评】解答本题可将末速度为0的匀减速直线运动看成初速度为0的匀加速直线运动的逆过程。

深度拓展

一、追及、相遇问题的分析方法

讨论追及、相遇问题，其实质就是分析讨论两物体在

相同时间内能否到达相同的空间位置问题

两个关系：即时间关系和位移关系。

一个条件：即两者速度相等，它往往是物体间能否追上、追不上或（两者）距离最大、最小的临界条件，也是分析判断问题的切入点。

常见的情况有

物体A追赶物体B：开始时，两个物体相距，则物体A追上物体B时，必有 -=，且≥。

物体A追赶物体B：开始时，两个物体相距，要使两物体恰好不相撞，必有 -=，且=。

解题思路

分析两物体的运动过程，画运动示意图。

由示意图找出两物体的位移关系。

根据物体的运动性质列（含有时间的）位移方程。

解题方法

数学方法：因为在匀变速直线运动的位移表达式中有时间的二次方，我们可列出方程，利用二次函数求极值的方法求解。

物理方法：通过对物理情境和物理过程的分析，找到临界状态和临界条件，然后列出方程求解。

图像方法：通过对两个物体的运动情况分析，画出其v-t图像，特别要关注两物体在u一￡图像中的时间和空间的关系。

例1、甲车以3m/的加速度由静止开始做匀加速直线运动，乙车落后2s在同一地点由静止开始，以4 m/的加速度做匀加速直线运动，两车的运动方向相同，求：

(1)乙车出发后经多长时间可追上甲车？

(2)在乙车追上甲车之前，两车距离的最大值是多少？（本题所有结果保留整数）

【解析】

(1)两车相遇时位移相同，设乙车所用的时间为t，=，即=，解得t≈13 s。

(2)当两车的速度相同时，两车间的距离最大

=，即=

=+2 s，解得=6 s

△x=一==24 m。

【答案】(1)13 s (2)24 m

【点评】此为追及问题的物理分析法（常规解法）

例2、一辆汽车在十字路口等候绿灯，当绿灯亮时汽

车以3 m/的加速度开始行驶。恰在这时一辆自行车以6 m/s的速度匀速驶来，从后边超过汽车。试求：

(1)汽车从路口开动后，在追上自行车之前经过多长时间两车相距最远，此时距离是多少？

(2)什么时候汽车追上自行车，此时汽车的速度是多少？

【解析】

（方法一）用运动学公式求解。

(1)汽车开动后速度由0逐渐增大，而自行车的速度是定值。当汽车的速度还小于自行车的速度时，两车的距离将越来越大，而一旦汽车的速度加速到超过自行车的速度时，两车的距离就将缩小。因此两者速度相等时两车相距最远（以上分析紧紧抓住了“速度关系”及“位移关系”），有

at=，所以t==2 s，

m=6 m。

(2)汽车追上自行车时，两车位移相等，则vt'= ，即

6×t'= ，得t'=4 s。故v’=at’ =3×4m/s=12 m/s。

（方法二）(1)用数学中求极值的方法来求解。

设汽车在追上自行车之前经时间t两车相距最远。

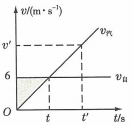
因为，所以6t-

由二次函数求极值条件知，t=s=2 s时，最大。

所以=6t-=6×2mm=6 m。

(2)同方法一中的(2)。

（方法三）用图像求解。

(1)自行车和汽车的v-t图像如图所示，由于图线与横坐标轴所包围的面积表示位移的大小，所以由图像可以看出：在相遇之前，在t时刻两车速度相等时，自行车的位移（矩形面积）与汽车的位移（三角形面积）之差（即阴影部分）达到最大。

所以t==2 s，

m=6 m。

(2)由图可看出：在t时刻以后，当自行车与汽车的v-t图像组成的三角形面积与标有阴影的三角形面积相等时，两车的位

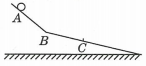
移相等<即相遇）。所以由图得相遇时，t’ =2t=4 s，v’=2=12m/s。

【答案】(1)2 s 6 m (2)4 s 12 m/s

高考零距离

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 常考考点 | 常设题型 | 考题难度 |
| 匀变速直线运动的基本关系式、推论及v-t图像 | 选择题或填空题 | 低或中 |

命题角度一、速度—位移公式的应用

考例1 [ 2014．上海卷]如图所示，两光滑斜面在B处连

接，小球由A处静止释放，经过B、C两点时速度大小分别为3 m/s和4m/s，AB=BC。设球经过B点前后速度大小不变，则球在AB、BC段的加速度大小之比为 ，球由A运动到C的过程中平均速率为 m/s。

【读题】(1)两斜面AB、BC光滑，小球由A处静止释放，经过B、C两点时速度大小分别为3 m/s和4m/s，AB=BC。

(2)求球在AB、BC段的加速度大小之比，球由A运动到C的过程中的平均速率。

【思路建立】思考：(1)小球在AB、BC过程中的已知量有哪些？如何表示加速度？(2)平均速率的计算公式是什么？

【解析】设AB=BC=x，AB段加速度为，BC段加速度

为，则，得，BC段：，则，故。

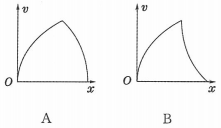
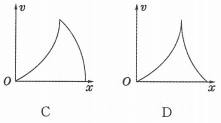
球由A运动到C的平均速率为

m/s=2.1m/s

【答案】9：7 2.1

命题角度二、运用v-x图像分析问题

考例2[2014．江苏卷·单选]一汽车从静止开始做匀加速直线运动，然后刹车做匀减速直线运动，直到停止。下列速度v和位移x的关系图像中，能描述该过程的是( )



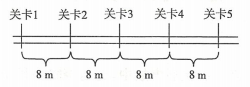
【解析】根据匀变速直线运动速度与位移的关系解题。根据=2ax及=0得汽车做匀加速直线运动时的速度，做匀减速直线运动时的速度，根据数学知识知选项A正确。

【答案】A

命题角度三、匀变速直线运动规律的综合运用

考例3[2015．江苏卷·单选]如图所示，某“闯关游戏”的笔直通道上每隔8m设有一个关卡，各关卡同步

放行和关闭，放行和关闭的时间分别为5s和2s。关卡刚放行时，一同学立即在关卡1处以加速度2 m/由静止加速到2 m/s，然后匀速向前，则最先挡住他前进的关卡是( )



A关卡2 B．关卡3 C．关卡4 D．关卡5

【读题】该同学的运动特点是先加速运动一段时间后做匀速直线运动，关卡都是同步放行5s、关闭2s，分析该同学在运动中最先挡住他的关卡是哪个。

【思路建立】能求出该同学在每段上运动的时间吗？怎样判断该同学被挡住？从计时开始，哪些时间段是关闭的？解答时逐段分析还是列通式表达？

【解析】根据v=at可知，2 m/s=2 m/×，该同学的加速时间为1 s。

加速的位移为 = m=1 m，

该同学匀速运动到达关卡2的时间为=3.5 s，该同学由关卡1到关卡2的总时间为=4.5 s<5s，故该同学到达关卡2时是放行的。

由关卡2到关卡3的时间为s=4 s，

此时所用总时间为8.5 s，可知关卡3也是放行的，可以通过。

到达关卡4的总时间为1 s+3.5 s+4 s+4 s=12.5 s，

由于关卡放行和关闭的时间分别为5s和2s，所以自开始计时的关闭时间段分别为5～7 s、12～14 s……可见最先挡住的是关卡4，故选项C正确。

【答案】C

## 第5节 自由落体运动

重点难点解读

一、自由落体运动

自由落体运动

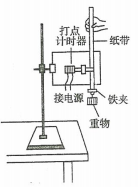
|  |  |
| --- | --- |
| 条件 | 初速度： |
| 受力：只受重力mg |
| 实质 | ，a=g的匀加速直线运动 |
| 研究方法 | 打点计时器或频闪照相 |

【特别注意】

1、严格地讲，只有在真空中才能发生自由落体运动。

2、在有空气的空间里，当空气阻力对运动的影响可以忽略不计时，即物体所受的重力远大于空气阻力时，物体下落的运动可以近似看作自由落体运动。

实验探究

实验原理

重物拖着纸带竖直下落时，如果打点计时器与纸带间的阻力和空气阻力比重物的重力小得多，可近似认为重物仅在重力作用下运动，根据打出的纸带分析、研究重物的运动规律。

实验器材

打点计时器、交流电源、纸带、重物与铁夹。装置如图所示。

实验步骤

1．把打点计时器竖直固定在铁架台上，连接好电源。

2．把纸带穿过两个限位孔，下端通过铁夹将重物和纸带连接起来，让重物靠近打点计时器。

3．用手捏住纸带上端，把纸带拉成竖直状态，先接通电源，再 松开纸带让重物自由下落，计时器在纸带上打下一系列的点。

4．重复几次，选取一条点迹清晰的纸带分析。

【特别提示】

1、应选用质量和密度较大的重物。增大重物的重力可使阻力的影响相对减小。

2、打点计时器应竖直放置，以减小阻力。

3、重物应从靠近打点计时器处释放，要先接通打点计时器的电源，再释放纸带。

数据处理

用毫米刻度尺测量出纸带上的计数点间的距离。

1．由求出各计数点对应的瞬时速度，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．由计算加速度，判断运动性质。

实验结论

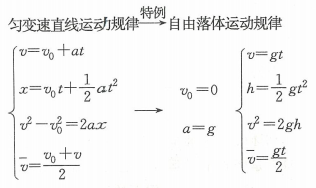
自由落体运动是初速度为0的匀加速直线运动。

二、自由落体运动的规律

自由落体加速度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 大小 | a=g，g约为9.8 m/，有些题目已注明g取10 m/ | |
| 方向 | 竖直向下（不是垂直向下。由于地球是圆的，所以各处的重力加速度方向都不同） | |
| 产生原因 | 地球对物体的吸引力造成的 | |
| 变化 | g随纬度的增加而增大 | 两极处g最大  赤道处g最小 |
| g随高度的增加而减小 |
| 测量 | 可利用打点计时器或频闪照相等方法测g的大小自由落体运动的规律 | |

匀变速直线运动规律壁墼自由落体运动规律



【提示】这几个公式中共涉及四个物理量v、h、g、t，其中g为常数，每个公式中只有两个未知量，故只要知道v、h、t三个量中的任意一个量，用这几个公式就能求出另外的两个量。

初速度为0的匀加速直线运动的几个比例式也适用

于自由落体运动

设从t=0开始计时，以T为时间单位，则：

1T末、2T末、3T末、…、nT末瞬时速度之比=1：2：3：…：n

第一个T内、第二个T内、第三个T内、…、第n个T内的位移之比=1：3：5：…：(2n-1)。

1T内、2T内、3T内、…、nT内的位移之比=：。

通过连续相同的位移所用时间之比=1：（-1）：（-）：…：（-）。

状元速记

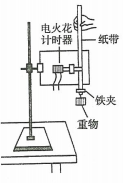
1．物体做自由落体运动的条件是：初速度为0并且只受重力。

2．自由落饰运动是初速度为0的匀加速直线运动，匀变速直线运动的规律均适用。

3．自由落体加速度的大小约为9.8 m/，随纬度的增加而增大，方向竖直向下。

经典例题诠释

命题点一、实验探究自由落体运动

例1、某同学用如图所示的装置测定重力加速度时，所打的纸带如下图所示。

(1)电火花计时器的工作电压为 。

(2)实验时纸带的 端应和重物相连接（选填“A”或“B”）。

(3)纸带上1至9各点为计时点，由纸带所示数据可算出当地的重力加速度为 m/。

(4)当地的重力加速度为9.8 m/，请列出测量值与当

地亘力加速度值有差异的一个原因\_\_ \_\_。



【解析】(1)电火花计时器在工作时必须接交流电源，且工作电压为220 V。

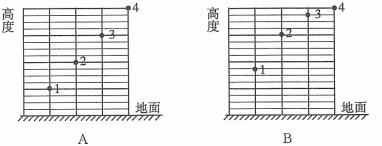
(2)由自由落体运动规律知，在连续相等时间内物体的位移越来越大，故B端应和重物相连接。

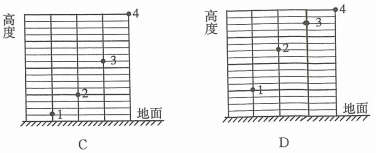
(3)，又=3.92cm -2.04 cm=1.88× m，n=5，T=0. 02 s，故g=9.4 m/.

【答案】(1)交流220 V (2)B (3)9.4 (4)纸带与墨粉纸盘及其他接触物间存在摩擦

命题点二、自由落体运动规律的应用

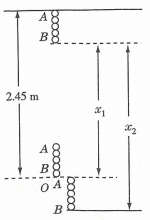
例2[单选]如图2-5-4所示，四个小球在离地面不同高度处，同时由静止释放，不计空气阻力。从某一时刻起，每隔相等的时间间隔小球依次碰到地面，则刚开始运动时各小球相对地面的位置可能是( )





【解析】每隔相等的时间间隔小球依次碰到地面，可以知道第一个小球经过T时间落地，第二个小球落地的时间为2T，依次为3T、4T。各球位移之比为1：4：9：16，由题图知，选项C正确。

【答案】C

例3一条铁链AB长0.49 m，悬于A端静止，然后让它自由下落，求整个铁链通过悬点下方2. 45 m处的小孔O需要的时间。(g取10 m/)

【解题提示】作出铁链AB下落过程的示意图，如图所示，可以看出，铁链通过小孔的时间为从B端到达小孔至A端离开小孔的时间。

【解析】

（方法一）B端到达小孔O所需的时间为，发生的位移为；A端到达小孔O所需的时间为，铁链长度L=0. 49 m，B端发生的位移为 =2. 45 m，由图可知=1. 96 m，=，=

由以上三式解得：t=≈7.4× s。

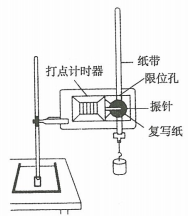
（方法二）当铁链的B端到达小孔0和铁链的A端离开小孔O时，铁链下降的高度分别为和，它们经过小孔O的速度分别为和，则，。铁链经过小孔O的时间为t，位移为铁链的长度L，则有，代入数据得：t≈7.4× s。

【答案】7.4× s

教材深度拓展

一、测量重力加速度的方法

打点计时器法

如图所示。

用手捏住纸带，启动打点计时器，松手后让重物自由下落，打点计时器在纸带上打下一串小点；改变重物的质量，重复上面的实验，打出几条纸带，仿照前面所学的对小车运动的研究，测量重物下落的加速度。

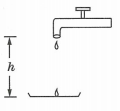
由g=求重力加速度。

利用逐差法求重力加速度，即

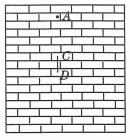
频闪照相法

频闪照相机可以间隔相等的时间拍摄一次，利用频闪照相机可追踪记录做自由落体运动的物体在各个时刻的位置，根据Δx是否为恒量，可判断自由落体运动是否为匀变速直线运动，并且可以根据匀变速直线运动的推论Δx=求出重力加速度g的值。

滴水法

如图所示，让水滴自水龙头滴下，在水龙头正下方放一个盘子，调节水龙头，让水一滴一滴地滴下，并调节到使第一滴水碰到盘子的瞬间，第二滴水正好从水龙头口开始下落，并且能依次持续下去。用刻度尺测出水龙头口距盘子的高度h，再测出每滴水下落的时间T，其方法是：当听到某一滴水滴落在盘子上的同时，开启停表开始计时，之后听到水滴下落声依次数1、2、3、…，当数到n时按下停表停止计时，则每一滴水下落的时间为T，由得g=。

【注意】为了减少实验误差，可改变高度h，计算出几个重力加速度g的值，然后取平均值或由h-图像求出重力加速度g的值。



例1[山东威海模拟]有一种“傻瓜”相机的曝光时间（快门打开到关闭的时间）是固定的。为了估测相机的曝光时间，有位同学提出了下述实验方案：他从墙面上A点的正上方与A相距H=1.5 m处，使一个小石子自由下落，在小石子下落通过A点后，立即按动快门，对小石子照相，得到如图所示的照片，由于小石子的运动，它在照片上留下一条模糊的径迹CD。已知每块砖的平均厚度是6 cm。请从上述信息和照片

上选取估算相机曝光时间必要的物理量，用符号表示，如H等，推出曝光时间的关系式，并估算出这个“傻瓜”相机的曝光时间。（结果保留一位有效数字）（g取10 m/）

【解析】设A、C两点间的距离为，小石子做自由落体运动，落至c点，所用时间为，有H+= 。

设A、D两点间的距离为，小石子做自由落体运动，落至D点，所用时间为，有H+。小石子从C点到D点所用时间即相机的曝光时间，即t=，则：

题目中给出每块砖的平均厚度是6 cm，由比例关系可得=0. 30 m，=0. 42 m，H=1.5 m，代入上式中，可得曝光时间t≈0. 02 s。

【答案】0. 02 s

二、竖直上抛运动

概念

将物体以某一初速度坚直向上抛出，物体只在重力作用下所做的运动就是竖直上抛运动。竖直上抛运动和自由落体运动一样，都是只在重力作用下的运动，加速度为g，所不同的是竖直上抛运动具有竖直向上的初速度，竖直上抛运动也是匀变速直线运动。

竖直上抛运动的性质

初速度≠0、加速度a=-g的匀变速直线运动（通常规

定初速度的方向为正方向）。

竖直上抛运动的规律

速度公式：

基本公式 位移公式：

速度与位移关系：

上升、下落的时间

推论 运动总时间=

最大高度H=

竖直上抛运动的基本特点

由于在竖直上抛运动中，下落过程的运动是上升过程的逆运动，所以二者具有对称性。

1．物体上升和下降过程中经过同一位置时速度等大、 反向。

2．物体上升和下降过程中经过相同两点间的距离所用时间相等。

竖直上抛运动的处理方法

竖直上抛运动是匀变速直线运动，整个竖直上抛运动分为上升和下降两个阶段，处理时可采用以下两种方法。

分段法：上升阶段是a=-g、=0的匀减速直线运动，下落阶段是自由落体运动。

整体法：将全过程看成初速度为、加速度为-g的匀变速直线运动，可直接应用匀变速直线运动的规律，但必须注意方程的矢量性。习惯上取的方向为正方向，则v>0时正在上升，v<0时正在下降，物体在抛出点的上方时位移x为正，物体在抛出点的下方时位移x为负。

例2、一个氢气球以40 m/s的速度匀速上升，在某时

刻从气球上掉下一个重物，已知重物掉下时距离地面的高度为100 m，问，此重物从氢气球上掉下后，要经过多长时间返回地面？(g取10m/)

【解析】重物从氢气球上掉下时，由于惯性，具有初速度，所以做竖直上抛运动，而并非做自由落体运动。

（方法一）分段法

上升阶段：初速度v =40 m/s，

上升的最大高度m=80m，

上升时间s=4s，

下落阶段：由，得

所以t= =10 s。

（方法二）整体法

取竖直向上为正方向，则 =40 m/s，整个过程的位移h=一100 m，代入公式h=，得-100 m= 40t- 5，

解得t=10 s或t=-2 s（舍去）。

【答案】10 s

【点评】应用整体法，求解过程简单，但应用时要注意矢量性；应用分段法，物理情景明了，容易理解。

高考零距离

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 常考考点 | 常设题型 | 考题难度 |
| 研究自由落体运动 | 实验题或选择题 | 低或中 |

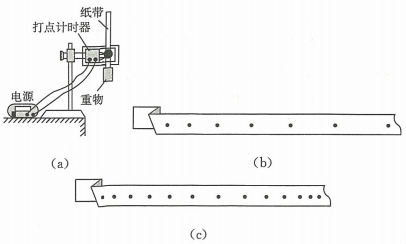
命题角度一、利用打点计时器测量重力加速度

考例1、 [2015．广东卷]某同学使用打点计时器测量当

地的重力加速度。

(1)请完成以下主要实验步骤：按图安装实验器材并连接电源；竖直提起系有重物的纸带，使重物（选填“靠近”或“远离”）计时器下端；\_\_\_\_，\_\_\_\_，使重物自由下落；关闭电源，取出纸带；换新纸带重复实验。

(2)图 (b)和(c)是实验获得的两条纸带，应选取 [选填“(b)”或“(c)”]来计算重力加速度，在实验操作和数据处理都正确的情况下，得到的结果仍小于当地的重力加速度，主要原因是空气阻力和\_\_ \_\_。



【读题】用打点计时器测量当地的重力加速度，完成主要实验步骤，选取一条适当的纸带，并分析结果小于当地的重力加速度的原因。

【思路建立】本题考查纸带的分析，从以下几方面进行分析：

思考应用打点计时器的操作要求和先后步骤；分析重

物在实验误差较小的情况下的运动情况，由此选取适

当的纸带；分析实验中除空气阻力外引起实验误差的

原因。

【解析】(1)使用打点计时器进行相关实验时，拖动纸带的重物应靠近打点计时器，而且应先接通打点计时器的电源，待打点计时器打点稳定后，再释放纸带。

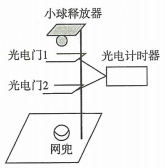
(2)纸带在重物的作用下，做匀加速直线运动，打点距离越来越大，而(c)纸带的打点距离先增大后减小，故应选取(b)纸带进行研究。

在实验操作和数据处理都正确的情况下，得到的结果小于当地的重力加速度的主要原因是空气阻力和纸带与打点计时器间的摩擦。

【答案】(1)靠近 接通打点计时器的电源 释放纸带

(2)(b) 纸带与打点计时器间的摩擦

命题角度二、利用光电门测重力加速度

考例2、[2015．浙江五校高三联考]物理小组的同学用如图所示的实验器材测定重力加速度，实验器材有：底座、带有标尺的竖直杆、光电门1和2组成的光电计时器（其中光电门1更靠近小球释放点），小球释放器（可使小球无初速度释放）、网兜。实验时可用两光电门测量小球从光电门1运动至光电门2的时间t，并从竖直杆上读出两光电门间的距离h。

(1)改变光电门1的位置，保持光电门2的位置不变，小球经过光电门2的速度为口，不考虑空气阻力，小球的加速度为重力加速度g，则h、t、g、v四个物理量之间的关系为h= 。

(2)根据实验数据作出-t图线，若图线斜率的绝对值为k，根据图线可求出重力加速度的大小为 。

【解析】(1)小球经过光电门2的速度为口，则小球从开始释放到经过光电门2的时间t’=，所以从开始释放到经过光电门1的时间t’’=t’-t=-t，所以经过光电门1的速度v’=gt’’=v-gt。

根据匀变速直线运动的推论得：两光电门间的距离

h==vt-。

(2)根据h =vt-，得=v-gt，

又-t图线斜率的绝对值为k，

得k= g，

所以重力加速度的大小g=2k。

【答案】(1) vt- (2)2k

命题角度三、利用滴水法测重力加速度

考例3、[上海卷·单选]滴水法测重力加速度的过程是

这样的：让水龙头的水一滴一滴地滴在其正下方的盘子里，调整水龙头，让前一滴水滴到盘子而听到声音时，后一滴水恰好离开水龙头。从第1次听到水击盘声时开始计时，测出n次听到水击盘声的总时间为t，用刻度尺量出水龙头到盘子的高度差为h,，即可算出重力加速度。设人耳能区别两个声音的时间间隔为0.1 s，声速为340 m/s。g取10 m/，则( )

A．水龙头距人耳的距离至少为34 m

B．水龙头距盘子的距离至少为34 m

C．重力加速度的计算式为

D．重力加速度的计算式为

【思路建立】(1)第1次水击盘与第n次水击盘之间有几个时间间隔？每滴水下落的时间是多少？

(2)人耳能区分的时间间隔为0.1 s，此时间间隔与水滴下落的高度有何关系？

【解析】只要相邻两滴水滴下落的时间间隔超过0.1 s，人耳就能分辨出两滴水的击盘声，而与水龙头距人耳的距离无关（只要人耳能够听到声音）。在0.1 s内，水滴下落的距离x=×10×m=0.05 m，即水龙头距盘子的距离至少应为0. 05 m，故选项A、B错误。

n次响声对应（n-1）滴水下落所用的时间，所以一滴水滴下落的时间为=，由h=得，g=h，故选项C错误，选项D正确。

【答案】D

## 第6节 伽利略对自由落体运动的研究

重点难点解读

一、绵延两千年的错误

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，重的物体比轻的物体下落得快。

【特别提示】

1、亚里士多德的人是代表了人类对自由落体运动的初步探索，我们应这样评价亚里士多德的观点：第一，这是人类在研究落体运动问题上迈出的第一步，在那个时候代表的是先进学说；第二，这个观点是错误的；第三，此学说在其后两千年的时间里，被大家奉为经典。

2、亚里士多德对自然现象的论断，有很多都是错误的，但我们不能因此而否定亚里士多德对人类科学发展所作出的巨大贡献。

二、伽利略叉寸自由落体运动的研究

两种思维的碰撞

亚里士多德：重物下落得快，轻物下落得慢。

伽利略：①重物和轻物捆绑在一起下落时，下落得快还

是慢？

②出现矛盾：整体分析，应该下落得更快；个体分析，下落

得不快不慢。

③结论：重物与轻物下落得一样快。

猜想与假说

伽利略猜想落体运动一定是一种简单的变速运动，即速度应该是均匀变化的。

两种可能性：

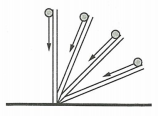
①速度u与时间f成正比

②速度u与位移z成正比

数学推理

伽利略用数学推理证明，只要物体通过的位移与所用时间的二次方成正比，物体就做初速度为O的匀加速直线运动。

实验验证

让小球沿阻力很小的斜面滚下，如图所示。

观察小球多次从同一斜面不同起点滚下的位移与所用时间二次方的比值，得出，说明小球的速度均匀变化。

如果不断加大斜面的倾角，小球对于每一个特定的倾角从不同高度滚下，其比值仍然保持不变，则可以合理外推至倾角为90。，即物体自由下落时，其比值也保持不变，如图所示。由此，伽利略间接地验证了自由落体运动是匀变速直线运动。

三、伽利略的科学方法

伽利略的研究方法

运用“归谬法”否定了亚里士多德关于重的物体下落快、轻的物体下落慢的论断。

提出自由落体运动是一种最简单的变速运动——匀变速直线运动的假说。

运用数学推理方法得出初速度为O的匀变速直线运动符合x。

由于不能用实验直接验证自由落体运动是匀变速直线运动，所以伽利略采用了间接验证的方法。

伽利略科学方法的意义

伽利略第一次把实验和逻辑推理（包括数学演算）和谐地结合起来，从而发展了人类的科学思维方式和科掌研究方法，打开了近代科学的大门。其中有观察、有猜想、有实验、有逻辑推理（包括数学演算），创造了科学的奇迹。他的研究方法被后人广泛采用。

【注意】

1、伽利略的科学研究过程的基本步骤为：对现象的一般观察提出假设运用逻辑推理（包括数学演算）得出结论通过实验对推论进行检验对假设进行修正和推广等。

2、伽利略科学方法的核心是：把实验和逻辑推理（包括数学演算）和谐地结合起来。

状元速记

1．亚里士多德的观点：重物下落得快，轻物下落得慢。

2．伽利略认为重物和轻物下落一样快，并进行了推理论证。

3．伽利略研究方法：问题—猜想—数学推理—实验验证—合理外推—得出结论。

经典例题诠释

命题点一、伽利略科学研究方法的理解

例1、[单选]在学习物理知识的同时，还应当注意学习物理学研究问题的思想和方法，从一定意义上说，后一点甚至更重要。伟大的物理学家伽利略的研究方法对于后来的科学研究具有重大的启蒙作用，至今仍然具有重要意义。请你回顾伽利略探究物体下落规律的过程，判定下列哪个过程是伽利略的探究过程( )

A．猜想—问题—数学推理—实验验证—合理外推—得出结论

B．问题—猜想实验验证—数学推理—合理外推—得出结论

C．问题—猜想—数学推理—实验验证—合理外推—得出结论

D．猜想—问题—实验验证—数学推理—合理外推—得出结论

【解析】伽利略探究物体下落规律的过程是：先对亚里士多德得出的落体运动的结论提出质疑—大小石块捆在一起下落，得出矛盾的结论；猜想—下落的运动是最简单的变速运动，速度与时间成正比；数学推理—如果vt，则有h；实验验证—设计出斜面实验并进行研究，得出光滑斜面上滑下的物体的运动规律x；合理外推—将光滑斜面上滑下的物体的运动规律x推广到落体运动。从探究的过程看，选项C正确。

【答案】C

【点评】认真阅读教材，领悟伽利略的科学研究方法，注意各研究环节的先后顺序及联系。

命题点二、科学探究物体的运动

例2、在一次演示实验中，一个小球在斜面上滚动，

小球滚动的距离和小球运动过程中经历的时间之间的关系如下表所示。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t/s | 0.25 | 0.5 | 1.0 | 2.0 | … |
| x/cm | 5.0 | 20 | 80 | 320 | … |

(1)由上表中的数据可以初步归纳出小球滚动的距离x和小球滚动的时间t的关系式为（k为常数）( )

A．x=kt B．x=k C．x=k D．无法判断

(2)小球的运动为\_\_\_\_。

【解析】由表中给出的时间、位移数据，可以求出趋近于一个常数，约为80。故可判定x=k，可以确定小球做初速度为0的匀加速直线运动。

【答案】(1)B (2)=0的匀加速直线运动

【点评】（1）分析数据之间的递变关系时，通常要注意同一类数据之间的递变关系和与之对应的不同类数据之间的递变关系。

（2）题目中时间t从左到右是2倍关系，位移x从左到右是4倍关系。

高考零距离

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 常考考点 | 常设题型 | 考题难度 |
| 伽利略科学研究法 | 选择题 | 低 |

命题角度一、伽利略斜面实验

考例1、[2013．全国工卷·单选]图2-6-2是伽利略1604年做斜面实验时的一页手稿照片，照片左上角的三列数据如题表。表中第二列是时间，第三列是物体沿斜面运动的距离，第一列是伽利略在分析实验数据时添加的。根据表中的数据，伽利略可以得出的结论是( )

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | 1 | 32 |
| 4 | 2 | 130 |
| 9 | 3 | 298 |
| 16 | 4 | 526 |
| 25 | 5 | 824 |
| 36 | 6 | 1192 |
| 49 | 7 | 1600 |
| 64 | 8 | 2104 |

A．物体具有惯性

B．斜面倾角一定时，加速度与质量无关

C．物体运动的距离与时间的平方成正比

D．物体运动的加速度与重力加速度成正比

【读题】题干中提供了伽利略做实验的三列数据，第二列代表时间，第三列代表物体沿斜面运动的距离。第一列数据不知代表什么意义。选项中提供了可能从题干中数据得出的结论。

【思路建立】遇到这类题目首先要通过数据找出规律，从数据之间的关系入手，分析是成正比还是成反比。

【解析】表中第一列数据明显是第二列数据的平方，而第三列数据中，物体沿斜面运动的距离之比非常接近第一列数据之比，所以可以得出结论：在误差允许的范围内，物体运动的距离与时间的平方成正比。故选项C正确。

【答案】C

命题角度二、自由落体运动的再分析

考例2、[2016．成都三诊·单选]如图2-6-3所示，在频闪照相中得到的一张真空中羽毛与苹果自由下落的局都频闪照片。已知频闪仪每隔时间￡闪光一次。关于提供的信息及相关数据处理，下列说法正确的是( )

A．一定满足关系：：=1：4：9

B．一定满足关系：：=1：3：5

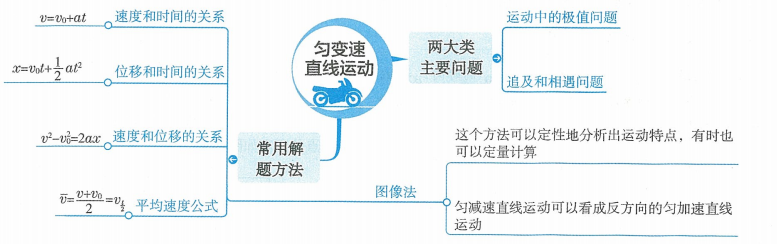
c．羽毛下落的加速度大小为

D．苹果下落的加速度大小为

【解析】虽然羽毛与苹果做自由落体，但不知开始下落位置，所以不能直接用匀变速直线运动的比例关系，选项A、B错误。由Δ，得，选项D正确，选项C错误。

【答案】D

## 第二章综合复习关键点



思想方法

微元法

“微元法”是一种全新的思维方法，其特点是先分割逼近，找到规律，再累计求和，解决整体。如求匀变速直线运动的位移时，将图像无限分割，每一小部分视为矩形（匀速），可利用x=vt求分位移，然后求和。

注意“无限分割”与“有限分割”的区别，如何理解矩形面积之和等于梯形的面积？

逆向思维法

逆向思维也叫求异思维，这种思维方式在物理学中有广泛的应用。如：匀加速直线运动逆过来看就是匀减速直线运动，匀减速直线运动逆过来看就是匀加速直线运动。这种观念对于刹车问题很有用处。

图像法

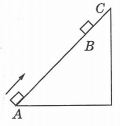
物理规律可以用文字描述，也可以用函数式表示，还可以用图像描述。图像法可以直观地反映某一物理量随另一物理量变化的函数关系，形象地描述物理规律。

应用图像不仅可以直接求出或读出某些待求物理量，还可以探究某些物理规律，分析或解决某些复杂的物理过程。

专题突破

解答匀变速直线运动问题的特别方法

|  |  |
| --- | --- |
| 平均速度法 | 对任何直线运动都适用，而只适用于匀变速直线运动 |
| 中间时刻速度法 | ，适用于匀变速直线运动 |
| 比例法 | 对于初速度为零的匀加速直线运动与末速度为零的匀减速直线运动，可利用比例法解题 |
| 图像法 | 应用v-t图像，可把较复杂的问题转变为较简单的数学问题解决 |
| 巧用推论解题 | ，若出现相等的时间问题，应优靠考虑用Δx=求解 |
| 逆向思维法（反演法） | 把运动过程的“末态”作为“初态”的反向研究问题的方法，一般用于末态已知情况 |

例1、物体以一定的初速度冲上固定的光滑斜面，到达斜面最高点时速度恰好为零，如图所示，已知物体运动到斜面长度处的B点时，所用时间为t，求物体从B滑到C所用时间。

【解析】

方法一：（基本公式法、逆向思维法）物体向上做匀减速运动冲上斜面，相当于向下的匀加速运动，故有，，又知，解得。

方法二：（比例法）对于初速度为零的匀变速直线运动，在连续相等的时间内通过的位移之比为：：：…：=1：3：5…：（2n-1）。

此题中，先用逆向思维法将物理过程倒过来，看成初速度为0的匀加速直线运动，所以。

依题可知：通过的时间为t，则通过的时间。

方法三：（中间时刻速度法）中间时刻的瞬时速度等于这段位移的平均速度。

，，，由以上三式解

得，，因此B是全程中间时刻的位置，因此有。

【答案】t

追及和相遇问题

追及和相遇问题的分析方法

1．要抓住一个条件（两物体的速度满足的临界条件：如两物体距离最大、最小，恰好追上或恰好追不上等）。

2．两个关系（时间关系和位移关系），通过画草图找两物体的位移关系是解题的突破口。

纸带问题分析

由纸带粗略地判断物体是否做匀变速直线运动

常用“位移差”法判断物体的运动情况，即判断纸带上的任意相邻计数点间的位移是否满足关系式。

设相邻计数点之间的位移分别为…。

1．若，则物体做匀速直线运动。

2．若=Δx≠0，则物体做匀变速直线运动。

瞬时速度即的求法

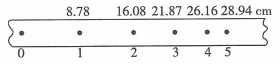
求某一计数点（或计时点）的瞬时速度v，一般利用“平均速度”法，即；或由匀变速直线运动规律求解，即中间时刻的瞬时速度等于相邻时刻的速度的平均值，即。

由纸带求物体运动加速度的方法

1．利用“逐差法”求加速度。若为偶数段，假设为6段，则，，，然后取平均，即；或由直接求得。若为奇数段，则中间段往往不用，如5段，则不用第三段，即，，然后取平均值，即；或由直接求得，这样所给的数据利用率高，提高了精确度。

2．图像法：先根据匀变速直线运动中某段时间中点的瞬时速度等于这段时间内的平均速度，，求出打第n个点时纸带的瞬时速度，然后作出v-t图像，图线的斜率表示物体运动的加速度，即。

例2、在测定匀变速直线运动的加速度的实验中，用打点计时器记录纸带运动的时间，计时器所用电源的频率为50 Hz，如图为小车带动的纸带上记录的一些点，在每相邻的两点中间都有四个点未画出。按时间顺序为0、1、2、3、4、5六个计数点，用刻度尺量出1、2、3、4、5点到0点的距离如图所示。



(1)分析小车做什么运动。

(2)若小车做匀变速直线运动，则当打第3个计数点时，求小车的速度大小。

(3)求小车的加速度大小。

【思路点拨】分析处理纸带时．通常对位移、速度、加速度逐一处理：(1)可用“位移差”法判断物体的运动情况；

(2)可利用“平均速度”法（）求瞬时速度；

(3)可用“逐差法”求加速度。

【解析】(1)因为电源频率为50 Hz，所以打点的周期=0.02 s，相邻计数点的时间间隔为T=5=0.1 s。

由题图可得相邻计数点间的位移分别为=8.78 cm，=7. 30 cm，=5. 79 cm，=4. 29 cm，=2. 78 cm。

所以相邻计数点间的位移之差为= -1. 48 cm，=-1. 51cm，=-1. 50 cm，=-1. 51 cm。在误差允许范围内，可近似认为===<0，即连续相等时间内的位移差相等，所以小车做匀减速直线运动。

(2)由匀变速直线运动规律可得

m/s=0.5040m/s

(3)①逐差法

=m/=-1.497 m/

=m/=-1.507 m/

= m/=-1.502 m/

负号表示加速度方向与初速度方向相反。【也可以利用求解】

②图像法

m/s=0.8040m/s

同理，0. 6545 m/s，= -0. 5040 m/s，=0.3535 m/s，由，得=0.953 5 m/s，

同理得 =0. 2030m/s。作出v-t图像如图所示，求出图线斜率即加速度。 m/=-1.504 m/

【答案】(1)小车做匀减速直线运动 (2)0.5040 m/s

(3) -1. 502 m/（±0. 01均正确）

# 第三章 相互作用

## 第一节 重力 基本相互作用

重点难点解读

一、力和力的图示

力的描述

|  |  |
| --- | --- |
| 概念 | 力是物体与物体之间的相互作用。用脚踢足球时：脚⇄球（脚对球施力的同时，球对脚也产生力的作用） |
| 作用效果 | ①使物体发生形变；②改变物体的运动状态 |
| 测量工具 | 弹簧测力计；力的单位：牛(N) |
| 力的性质 | ①矢量性（力有方向）；②相互性；③物质性；④独立性 |

【特别提示】

1、力的作用是相互的，力不能离开物体而独立存在，有施力物体必有受力物体，有受力物体必有施力物体。

2、力的作用并不一定要直接接触，如地球对物体的吸引力，磁体对铁钉的吸引力等。

3、运动状态的改变就是速度的改变，包含大小方向两个方面。

力的分类（命名）

根据力的性质命名，如重力、弹力、摩擦力、分子力、电磁力等。

根据力的作用效果命名，如拉力、压力、支持力、动力、阻力等。

【说明】同一个力相对于不同的命名方法有不同的名称，例如，放在桌子上的黑板擦，受到桌子的作用力，从作用效果上命名叫支持力，从性质上命名叫弹力。

力的图示和力的示意图的比较

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 步骤 | 力的图示 | 力的示意图 |
| （1） | 选定标度（用某一长度表示多少牛的力） | 无需选标度 |
| （2） | 从作用点开始沿力的方向画一线段，根据选定的标度及力的大小按比例确定线段的长度 | 从作用点开始沿力的方向画一适当长度的线段即可 |
| （3） | 在线段的末端画出箭头，表示方向 | 在线段的末端画出箭头，表示方向 |
| 示例 |  |  |

二、重力

概念

地球附近的一切物体都受到地球的吸引，由于地球的吸引而使物体受到的力叫做重力。

【特别提示】

1、在地球附近的一切物体都受到重力作用。

2、重力是由于地球的吸引而产生的，在通常情况下，重力的大小小于或等于地球对物体的吸引力。

3、重力是非接触力。

4、重力的施力物体是地球。

5、物体所受的重力与物体所处的运动状态以及是否受其他力等因素无关。

大小

重力的大小与质量的关系是G=mg。g为我们前面学过的重力加速度，通常g取9.8 N/kg，即1 kg的物体受到的重力为9.8 N。

【提示】

1、由于g随地球上的纬度及海拔的变化而变化，所以相同质量的物体在不同维度或高度处受到的重力不同。

2、在同一地点，物体受到的重力与其质量成正比。

重力和质量的关系

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | 重力 | 质量 |
| 不同 | 性质 | 由于地球的吸引而使物体受到的力 | 物体本身的一种属性 |
|  | 变化情况 | 随着地理位置的不同而发生变化 | 不随地理位置的改变而发生变化 |
| 测量工具 | 弹簧测力计（二力平衡原理） | 天平（杠杆原理） |
| 标矢量 | 矢量 | 标量 |
| 联系 | | G=mg | |

【注意】静止时物体对弹簧测力计的拉力等于物体受到的重力，但不能说物体对弹簧测力计的拉力就是物体受到的重力。这两个力不是同一个力，它们的施力物体不同。

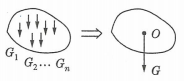
重力的方向

物体所受重力的方向总是竖直向下。

【注意】竖直向下也就是沿重垂线的方向，不能将竖直向下说成“垂直向下”，也不能说成“指向地心”。“竖直向下”是指垂直于当地的水平面向下，而“垂直向下”可以指垂直于任何支持面向下。只有在两极或赤道时，重力的方向才“指向地心”。

重力的作用点——重心

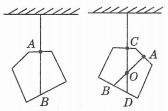
对重心的理解

1．重心是物体各部分所受重力的等效作用点，如图所示。

2．重心的位置与物体的质量分布和形状有关，若一个物体的质量分布发生变化，其重心的位置也发生变化。如一个充气的篮球，其重心在几何中心处；若将篮球内充人一半体积的水，则篮球（含水）的重心将下移。

3．重心的位置可以在物体上，也可以不在物体上。如质量分布均匀的圆环，其重心在圆心，而不在圆环上。

4．重心的位置与物体所在的位置及运动状态无关。

确定重心的方法

1．质量分布均匀、物体的形状是中心对称的，对称中心就是重心。

2．悬挂法确定薄板状物体的重心，如图所示。

三、四种基本相互作用

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 万有引力 | 电磁相互作用 | 强相互作用 | 弱相互作用 |
| 概念及特点 | 一切物体间存在的相互吸引的力 | 电荷之间的相互作用和磁体之间的相互作用，本质上是同一种相互作用的不同表现 | 能使原子核保持在一起的强大作用力 | 放射现象中起作用的一种基本相互作用 |
| 作用范围 | 长程力，从理论上说，它们的作用范围是无限的 | | 短程力，作用范围在原子核尺度内，约为 m | |

状元速记

1．力是物体间的相互作用。

2．重力是由于地球的吸引而产生，G=mg，方向竖直向下。

3．力有两种表示方法（力的图示、力的示意图）。

经典例题诠释

命题点一、对力的概念的理解

例1[单选]下列说法中正确的是( )

A．鸡蛋碰石头，蛋“粉身碎骨”，石头“毫发无损”。这说明石头对鸡蛋有力的作用，但鸡蛋对石头无力的作用

B．“风吹草动”，草受到了力，但没有施力物体，说明没

有施力物体的力也是存在的

C．磁铁吸引铁钉时，磁铁不需要与铁钉接触，说明力可 以脱离物体而存在

D．网球运动员用力击球，网球受力飞出后，网球受力的 施力物体不再是人

【解析】

A错误：鸡蛋与石头的作用是相互的，只是作用效果有区别。

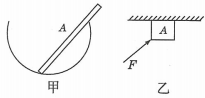
B错误：“风吹草动”的施力物体是空气。

C错误：力不可以离开物体而存在，磁铁对铁钉的作用 是通过磁铁周围的磁场产生的，磁场离不开磁铁，磁场是一种特殊的物质。

D正确：网球飞出后受重力和阻力，施力物体是地球和 空气，而不再是人。

【答案】D

命题点二、力的表示法

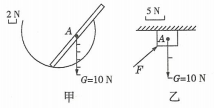
例2、图甲、乙中物体A的重力均为10 N，画出它所受重力的图示。

【解析】(1)选定一定长度的线段表示2N或5N的力。

(2)从作用点（重心）沿力的方向画一线段，根据选定的标度，线段长短和力的大小成正比，线段上加刻度，沿竖直向下的方向画一段5倍或2倍于标度的线段，如图甲、乙所示。

(3)在线段上加上竖直向下的箭头表示重力的方向。

【答案】如图甲、乙所示。



【解题技巧】

画力的图示应严格按上述三个步骤，同时应注意选定标度的科学性。

①选标度应根据力的大小合理设计。

②不能用不同标度画同一物体受到的不同力的图示。

③画力的示意图只需注意力的方向和作用点，对表示力的线段的长短没有严格要求。

命题点三、物体重心位置的确定

例3、 [多选]关于物体的重心，下列说法中正确的是( )

A.物体的重心不一定在物体上

B.用细线悬挂的物体静止时，细线方向一定通过重心

C.—块砖平放、侧放和立放时，其重心在砖内的位置不变

D.舞蹈演员在做各种优美动作时，其重心的位置不变

【解析】

A.正确：物体的重心不一定在物体上，可能在物体外部。

B.正确：用细线悬挂的物体静止时，根据二力平衡原 理，细线的方向一定通过重心。

C.正确：物体的放置方式变化，形状不变，重心在物 体上的位置不变。

D.错误：舞蹈演员在做各种优美动作时，其重心的位 置随之变化。

【答案】ABC

命题点四、用重心知识解释生活中的现象

例4、在对重力的本质认清之前，我国古代劳动人民对重力就有了比较复杂的应用。我国西安半坡出土了一件距今约5 000年的尖底陶瓶，如图所示，这种陶瓶口小腹大，有两耳在瓶腰偏下的地方，底尖，若用两根绳子系住两耳吊起瓶子，就能从井中取水。试分析人们是怎样利用尖底陶瓶从井中取水的。

【解析】当尖底陶瓶空着时，由于瓶的重心高于绳的悬点，它就会倾倒；把它放到水里，水就会自动流进去，当瓶中汲入适量的水（达到瓶容积的60%～70%）时，瓶及水的重心降到绳的悬点以下，一提绳，尖底陶瓶就会被直立着提上来。如果瓶中的水太满，重心又高于绳的悬点，瓶会自动倾倒，将多余的水倒出。这种尖底陶瓶巧妙地通过重心变换，使得汲水方便、省力，又能控制汲水量，充分体现了我国古代劳动人民的智慧。

【答案】见解析

命题点五、四种基本相互作用的理解

例5、原子核内核子间有万有引力、库仑力、核力，三者从大到小的排列顺序为何？

【解析】根据四种基本相互作用的特点知，由大到小的

排列顺序为核力、库仑力、万有引力。

【答案】见解析

高考零距离

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 常考考点 | 常设题型 | 考题难度 |
| 重力 | 选择题、填空题 | 低 |

命题角度一、重力加速度的大小与位置有关

考例1、[上海卷]有一批记者乘飞机从上海到西藏旅游，他们托运的行李与在上海时比较，行李的质量将 （选填“变大”“不变”或“变小”），所受重力的大小将 （选填“变大”“不变”或“变小”）。

【解析】物体（行李）的质量是指物体所含物质的多少，与地理位置和高度无关。物体的重力与高度有关，高度越高，重力越小。

【答案】不变 变小

命题角度二、重心的升高与降低

考例2、[山东师范大学附中测试]试分析“背越式”跳高为什么优于“跨越式”跳高。

【思路建立】你是健身达人或体育迷吗？运动会跳高比赛时，运动员采用什么姿势跨越横杆？面对一个小障碍物，你采用什么姿势跨越？你能分析两者的区别吗？

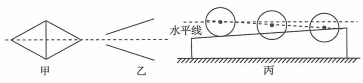
【解析】当运动员采用“背越式”跳高时，越过横杆瞬间，人的身体呈反弓形，其重心不一定高于横杆；当运动员采用“跨越式”跳高时，过杆瞬间人的上半身基本上是直的，重心在横杆之上。显然，在跳过相同高度时，“背越式”重心的高度更低一些。一个人的跳跃能力是一定的，即能使自己重心升高的高度是一定的，采用“背越式”对提高运动员的成绩大有益处，故“背越式”跳高优于“跨越式”跳高。

【答案】见解析

【点评】重心知识在实际问题中有很多应用。注意多加体会，善于运用力学原理可有效地提高运动成绩，如投掷铅球时如何才能投得更远。

考例3、[2016．广东珠海一中阶段考试]在地球上，由于物体受到地心引力的影响，都有向下运动的趋势，这是我们都熟知的自然现象。可是在中国科技馆中，却有这样一种物体，名叫双锥体，如图所示。将双锥体滚子移到导轨较低的一端，再放开双手，锥体将会自动上滚。也就是说，双锥体可以在没有外力的作用下，由低向高运动，双锥体会爬坡。我们看到的现象就是双锥体由低处向高处运动。试解释这一现象。

【思路建立】导轨两端的宽度不同，锥体在不同宽度的导轨上运动时，其重心位置有何变化？

【解析】物体在重力场中因受到重力的作用而会自然降低重心位置。我们从表面上看到双锥体由低向高运动，这是因为锥体的形状、导轨不平行以及导轨两端高低不等，使人在视觉上造成的一种错觉。如图甲、乙、丙所示分别是双锥体的截面图、导轨的俯视图、整个装置的侧视图。可见，实际上锥体的重心自始至终还是由高向低运动的。

【答案】见解析

## 第2节 弹力

教材内容精解

重点难点解读

一、弹性形变和弹力

形变

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 现象 | 物体伸长、缩短、弯曲等 | | | |
| 分类 | 弹性形变 | 去掉外力后能恢复原状的形变 | | 弹簧、橡皮筋 |
| 非弹性形变 | 去掉外力后不能恢复原状的形变 | | 铅丝、橡皮泥 |
| 弹性限度 | 弹性形变的极限，超过这个限度，物体就不能完全恢复原状 | | | |
| 观察方法 | 光学放大 | | 力学放大 | |
| 用力向下按压桌面，桌面形变，光路改变 | | 用手按压玻璃瓶，管中液柱升高 | |

【特别提示】

1、向下按压桌面，桌面发生形变，镜面M、N会有微小偏转，通过光路将此微小偏转放大。

2、按压玻璃瓶时，玻璃瓶发生形变，容积减小，水受挤压上升。松开手后，形变恢复，水面落回原处。若换成扁玻璃瓶，按压“凸”面时，细管中水面下降；按压“扁”面时，细管中水面上升。

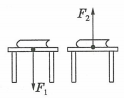
弹力

定义：发生形变的物体，由于要恢复原状，对与它接触的物体会产生力的作用，这种力叫做弹力。

弹力产生的条件：①两物体直接接触；②两物体存在弹性形变。

弹力的方向：总是与物体发生形变的方向相反，也就是与作用在物体上使物体发生形变的外力的方向相反。

二、几种弹力

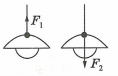
压力和支持力

书形变一对桌面产生向下的压力。

桌面形变一对书产生向上的支持力。

【说明】压力和支持力均为弹力，方向垂直于物体的接触面指向受力物体。

绳的拉力

如图所示，绳吊起电灯，由于灯的重力作用，使绳发生微小形变，对与它接触的电灯产生弹力，即绳对电灯有沿绳向上的拉力。由于电灯发生微小形变，对与它接触的吊绳产生弹力，即电灯对绳的拉力，方向沿绳向下。

【说明】拉力是弹力，方向沿绳指向受力物体。

弹力有无的判断

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。

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。

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（如二力平衡等）来判断物体间的弹力。

【注意】接触的物体间不一定有弹力，但两物体间若有弹力，则它们一定接触。

弹力方向的判定

根据形变方向判断

弹力的方向与施力物体形变的方向相反。

判断步骤：明确被分析的弹力》》确定施力物体》》分析施力物体形变的方向》》确定该弹力的方向。

根据不同类型弹力的方向特点判断

支持力和压力总是垂直于接触面指向被支持和被压的物体，绳上的拉力总是沿绳指向绳收缩的方向。

常见弹力的方向

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类型 | | 方向 | 图示 |
| 接触方式 | 面与面 | 垂直接触面指向受力物体 |  |
| 点与面 | 过接触点垂直于接触面（或接触点的切面）指向受力物体 |  |
| 点与点 | 垂直于接触点的切面指向受力物体 |  |
| 轻绳 | | 沿绳子指向绳子收缩的方向（同一根轻绳上的拉力处处相等） |  |
| 轻杆 | | 可沿杆 |  |
| 可不沿杆（常根据二  力平衡判断） |  |
| 轻弹簧 | | 指向弹簧恢复原状的方向 |  |

【提示】

1、压力、支持力的方向都垂直于接触面。

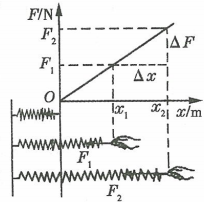
2、轻杆的弹力方向较为复杂，一般根据物体的运动状态结合平衡条件确定轻杆的弹力方向。

三、胡克定律

胡克定律

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 内容 | 在弹性限度内，弹簧弹力的大小与弹簧伸长（或缩短）的长度成正比 | | |
| 公式 | F=kx | | |
| 对定律的理解 | 成立条件 | 在弹性限度内 | |
| x的认识 | 弹簧长度的改变量 | |
| K的认识 | 劲度系数，由弹簧本身决定 | |
| 公式与图像 | ΔF=kΔx | 由=k、=k推导出 | |
| Fx图像 |  | ①图线是过坐标原点的直线  ②图中 |

胡克定律的推论：ΔF=kΔx

根据胡克定律，可作出弹力F与形变量x的图像，如图所示，这是一条通过坐标原点的倾斜直线，其斜率（）反映了k的大小。故可得出：ΔF=kΔx，即弹力的变化量ΔF与弹簧形变量的变化量Δx成正比。

四、实验探究弹力与弹簧伸长的关系

实验原理

如图甲所示，在弹簧下端悬挂钩码时，弹簧会伸长，平衡时弹簧的弹力与所挂钩码受到的重力大小相等。弹簧的原长与挂上钩码后弹簧的长度可以用刻度尺测出，其伸长量x等于弹簧后来的长度减去弹簧的原长。



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z，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，就可探知弹力大小与弹簧伸长量之间的关系。

实验步骤

将弹簧的一端挂在铁架台上，让其自然下垂，用刻度尺测出弹簧自然伸长状态时的长度。即为弹簧原长，记录，填人自己设计的表格中。

如图乙所示，在弹簧下端挂质量为的钩码，测出此时弹簧的长度，记录和，填人自己设计的表格中。

改变所挂钩码的个数，测出对应的弹簧长度，记录、、、和相应的弹簧长度、、、，得出每次弹簧的伸长量、、、、，并将所得数据填入表格。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 钩码个数 | 长度 | 伸长量x | 弹力F |
| 0 |  |  |  |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |
| … | … | … | … |

数据处理

以弹力F(大小等于所挂钩码受到的重力)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。

以弹簧的伸长量为自变量，写出曲线所代表的函数。首先尝试一次函数，如果不行则考虑二次函数。

得出弹力和弹簧伸长量之间的定量关系，解释函数表达式中常数的物理意义。

注意事项

实验中弹簧下端挂的钩码不要太多，以免弹簧被过度拉伸，超过弹簧的弹性限度。

要使用轻质弹簧，且要尽量多测几组数据。

本实验是探究性实验，实验前并不知道其规律，所以描点以后所作的曲线是试探性的，只是在分析了点的分布和走向以后才决定用直线来连接这些点。

如果实验中不用弹簧的伸长量而用弹簧的总长为横坐标，得到的不是正比例函数，难以表述，因此用弹簧的伸长量为横坐标。

误差分析

钩码标值不准确、弹簧长度测量不准确会带来误差。

画图时描点及连线不准确也会带来误差。

状元速记

1．弹力产生的原因：形变后要恢复原状。

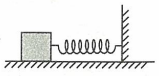
2．弹力有无的判定方法：假设法、替换法、状态法。

3．弹力的方向：与形变的方向相反（施力物体是形变物，受力物体是接触物）。

4．胡克定律：F=kx或ΔF=k△x。

经典例题诠释

命题点一、形变与弹力的关系

例1、[2016．哈三中高一段考·多选]如图所示，小物块受到水平向右的弹力作用，对于该弹力的说法，正确的是( )

A．弹簧发生拉伸形变

B．弹簧发生压缩形变

C．该弹力是小物块形变引起的

D．该弹力的施力物体是弹簧

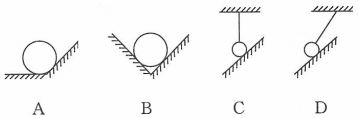
【思路建立】小物块受水平向右的弹力，施力物体是谁？弹簧发生了怎样的变化？

【解析】小物块受到水平向右的弹力作用，说明弹簧被拉伸；由于弹簧的形变，使小物块受到了弹力的作用。故A、D正确。

【答案】AD

命题点二、弹力有无的判断

例2、[多选]如图所示的四个图中光滑球和每个接触物间均存在弹力的是( )



【解析】

A错误：把右侧斜面移走，光滑球仍能保持静止状态，则右侧斜面与光滑球之间没有弹力。

B正确：无论移走左侧或是右侧斜面，光滑球都不能保持静止状态，则两个接触面都对球有弹力。

C错误：把下面的斜面移走，光滑球仍能保持静止状态，则斜面与光滑球之间没有弹力。

D正确：移走下面的斜面，光滑球不能保持静止状态，则斜面对光滑球有弹力；剪断绳子，光滑球不能保持静 止状态，则绳子对光滑球有拉力作用。

【答案】BD

【点评】判断弹力有无的两大误区：

①误认为只要接触，就一定有弹力作用，而忽略了弹力产生的另一个条件——发生弹性形变。

②误认为只要有形变，就一定有弹力作用，而忽略了弹性形变与非弹性形变的区别。

命题点三、弹力方向的判断

例3、请在图中画出杆或球所受的弹力。



甲图中杆靠在墙上；

乙图中杆放在半球形的槽中；

丙图中球用绳子悬挂在竖直墙上；

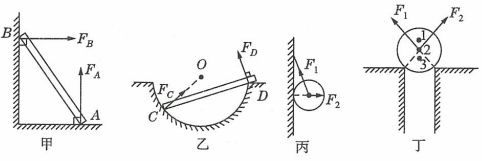
丁图中点1、2、3都可能是球的重心位置，点2是球心，1、2、3点在同一竖直线上。

【解析】甲图中杆在重力作用下对A、B两处都产生挤压作用，故A、B两处对杆都有弹力，弹力方向与接触点的平面垂直。如图甲所示。

乙图中杆对C、D两处都有挤压作用，因C处为曲面，D处为支撑点，所以C处弹力垂直于圆弧切面指向球心，D处弹力垂直于杆斜向上。如图乙所示。

丙图中球挤压墙壁且拉紧绳子，所以墙对球的弹力与墙面垂直，绳子对球的弹力沿绳子向上。如图丙所示。

丁图中当重心不在球心处时，弹力作用线也必通过球心，如图丁所示。应注意不要误认为弹力作用线必定通过球的重心。

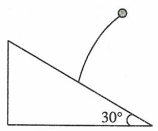


【答案】如图所示。

【注意】易错的是丁图，易误认为弹力的作用线必过重心。实际上“点”和“球面”接触处的弹力，方向垂直于过该点的切面。沿该点和球心的连线即过球心，与重心位置无关。

命题点四、弹力的计算

例4、[单选]如图3 -2 -10所示，一根弹性杆的一端固定在倾角为30。的斜面上，杆的另一端固定一个重力为2N的小球，小球处于静止状态，则弹性杆对小球的弹力( )

A．大小为2N，方向平行于斜面向上

B．大小为1N，方向平行于斜面向上

C．大小为2N，方向垂直于斜面向上

D．大小为2N，方向竖直向上

【解析】小球受重力和杆的支持力（弹力）作用处于静止状态，由二力平衡可知，弹性杆对小球的弹力与重力等大、反向，D正确。

【答案】D

【点评】对于一般物体（非弹簧类）由于形变产生的弹力，不能用胡克定律求解，可根据物体的运动状态，由力学规律（如二力平衡知识）求出。

例5、有一弹簧，当挂上2N的钩码时，长为11 cm；当挂上4N的钩码时，弹簧再伸长2 cm。求弹簧的劲度系数。

【解析】（方法一）设弹簧原长为，则

①

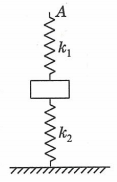
②

将=2 N，=11 cm， =4 N，= +x=13 cm代入①②式解得k=100 N/m。

（方法二）根据△F=k△x可得=100 N/m。

【答案】100 N/m

命题点五、胡克定律的综合应用

例6、如图所示，一根劲度系数为的弹簧，竖直放在桌面上，上面压一质量为m的物体，另一根劲度系数为的弹簧竖直放在物体上面，其下端与物体的上表面连接在一起，两个弹簧的质量都不计。要想使物体在静止时下面弹簧承受的压力减为原来的，应将上面弹簧的上端A竖直提高一段距离d，则d= 。

【解题提示】本题关键是明确A端上移距离应是上面弹簧的伸长量与下面弹簧压缩量的减少量之和。

【解析】物体处于平衡状态，在竖直方向上所受的合力为0。当上面的弹簧没有作用力时，下面弹簧对物体的支持力等于物体的重力，所以下面弹簧的压缩量为。

当上面弹簧被提起时，下面弹簧承受的压力为物体重力的，设弹簧的压缩量为△，则，得。

下面弹簧两次压缩量之差为△x=-△- △=。

这说明物体要上升△x。

当提起A端时，上面弹簧的伸长量为△，产生的弹力大小关系为，所以。

A端竖直上提的高度等于下面弹簧压缩量的减少量与上面弹簧伸长量之和，即。

【答案】

【点评】对于讨论与双弹簧相连的物体移动问题，首先要明确弹力变化前后弹簧的长度关系，然后利用胡克定律求出弹簧长度变化，结合几何关系具体求解。

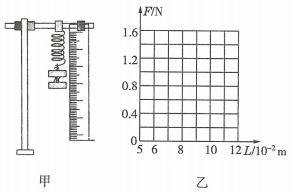
命题点六、实验探究弹力与弹簧伸长的关系

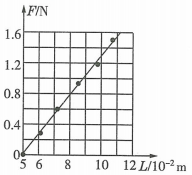
例7、[2017．济南外国语学校高一期末]某同学在做探究弹力和弹簧伸长的关系的实验中，设计了如图甲所示的实验装置。所用的钩码每只的质量都是30 g，他先测出不挂钩码时弹簧的自然长度，再将5个钩码逐个挂在弹簧的下端，每次都测出相应的弹簧总长度，将数据填在了下面的表中。（弹力始终未超过弹性限度，g取9.8 m/）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 钩码质量/g | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 |
| 弹簧总长/cm | 5.00 | 6.16 | 7.34 | 8.48 | 9.64 | 10.81 |

(1)试根据这些实验数据在图乙给定的坐标纸上作出弹簧所受弹力大小F跟弹簧总长L之间的函数关系图线。

(2)该弹簧的劲度系数k= N／m。



【解析】(1)根据实验数据在坐标纸上描出的点，基本上在同一条直线上，可以判定F和L间是一次函数关系。画一条直线，使尽可能多的点落在这条直线上，不在直线上的点均匀地分布在直线两侧，如图所示。

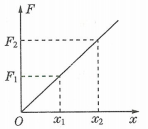
(2)根据胡克定律得：

N/m≈25.8N/m

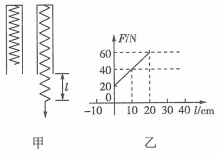
【答案】(1)如图所示 (2)25.8

教材深度拓展

一、胡克定律与F-x图像

由胡克定律F=kx可以作出F-x图像，如图所示。图中，。其中、均为弹簧在原长基础上的改变量，由以上两式整理可得，即△F=k△x。上式表明，弹簧弹力的改变量与弹簧长度的改变量成正比。

例1、一轻质弹簧竖直悬挂于某一深度为h=30.0 cm且开口向下的小筒中（没有外力作用时弹簧的下端位于筒内，用弹簧测力计可以同弹簧的下端连接），如图甲所示，若本实验的长度测量工具只能测量露出筒外弹簧的长度l，现要测出弹簧的原长。和弹簧的劲度系数，该同学通过改变l而测出对应的弹力F，作出F-l图像如图乙所示，则弹簧的劲度系数为k=\_\_\_\_ N/m，弹簧的原长=\_\_\_\_。

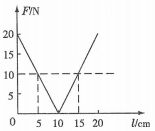


【解析】根据胡克定律知F与l的关系式：F=k（l+h-）=kl+k（h-），从图像中可得直线的斜率为2 N/cm，截

距为20 N，故弹簧的劲度系数为k=2 N/cm= 200 N/m。

由k(h-)=20 N得=20 cm。

【答案】200 20 cm

例2、如图所示为一轻质弹簧的弹力F和长度l的关系

图像，试由图像确定：

(1)弹簧的原长；

(2)弹簧的劲度系数；

(3)弹簧伸长15 cm时，其弹力的大小。

【解析】(1)由题图知，当弹簧长度为10 cm时，弹力F=0，

故弹簧的原长 =10 cm。

(2)由题图可知，当弹力的变化量△F=10 N时，

弹簧长度的变化量△l=5 cm=0. 05 m,

由△F=k△l得N/m=200N/m。

(3)弹簧伸长量l=15 cm=0. 15 m时，

由F=kl得F-200×0.15 N=30 N。

【答案】(1)10 cm (2)200 N/m (3)30 N

高考零距离

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 常考考点 | 常设题型 | 考题难度 |
| 胡克定律 | 选择题、实验题 | 中 |

命题角度一、探究胡克定律

考例1、[2015．福建卷]某同学做“探究弹力和弹簧伸长

量的关系”的实验。

(1)图甲是不挂钩码时弹簧下端指针所指的标尺刻度，其示数为7. 73 cm;图乙是在弹簧下端悬挂钩码后指针所指的标尺刻度，此时弹簧的伸长量△l为 cm。

(2)本实验通过在弹簧下端悬挂钩码的方法来改变弹簧的弹力，关于此操作，下列选项中规范的做法是\_\_\_\_。

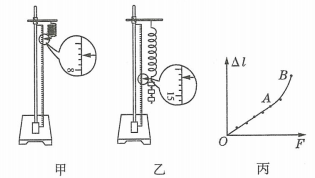
（填选项前的字母）

A逐一增挂钩码，记下每增加一只钩码后指针所指的标尺刻度和对应的钩码总重

B．随意增减钩码，记下增减钩码后指针所指的标尺刻度和对应的钩码总重

(3)图丙是该同学描绘的弹簧的伸长量础与弹力F的关

系图绒，图线的AB段明显偏离直线OA，造成这种现象的主要原因是 。



【读题】弹簧下端指针所指的标尺刻度由图可以读出，实验数据得出的图像AB段不是直线，分析产生的原因。

【思路建立】(1)看到图中“○”内的指针及刻度了吗？

(2)题目给出的“7.73 cm”有何用途？

(3)“○”中标尺的每一小格对应的长度是多少？

(4)你知道胡克定律的适用范围吗？

【解析】(1)弹簧伸长后的总长度为14. 65 cm，则伸长量△l =14. 65 cm-7. 73 cm=6. 92 cm.

(2)逐一增挂钩码，便于有规律地描点作图，也可避免因随意增加钩码过多超过弹簧的弹性限度而损坏弹簧。

(3)AB段明显偏离OA，伸长量△l不再与弹力F成正比，

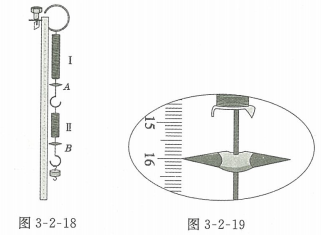
是超出弹簧的弹性限度造成的。

【答案】(1)6.92 (2)A (3)弹簧受到的拉力超过了其弹性限度

命题角度二、胡克定律的应用

考例2、[2014．浙江卷]在“探究弹力和弹簧伸长的关系”

时，某同学把两根弹簧按图3-2-18连接起来进行探究。



|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 钩码数 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| /cm | 15.71 | 19.71 | 23.66 | 27.76 |
| /cm | 29.96 | 35.76 | 41.51 | 47.36 |

(1)某次测量如图3-2-19所示，指针示数为 cm。

(2)在弹性限度内，将50 g的钩码逐个挂在弹簧下端，得到指针A、B的示数和如上表。用表中数据计算弹簧Ⅰ的劲度系数为 N/m(重力加速度g=10 m/)。由

表中数据 （选填“能”或“不能”）计算出弹簧Ⅱ的劲度系数。

【思路建立】(1)用毫米刻度尺读数时应注意估读到哪

一位？

(2)弹簧的弹力满足胡克定律，根据表中数据如何求解弹簧Ⅰ的劲度系数？弹簧Ⅱ的劲度系数能求解吗？

【解析】(1)刻度尺的分度值为1毫米，读数应估读到毫米下一位，故指针的示数为16. 00 cm。

(2)当弹簧Ⅰ的弹力为=0. 50 N、 =1.00 N、=1. 50 N、=2.00 N时，弹簧长度=15. 71 cm、=19. 71 cm、 =23. 66 cm、 =27. 76 cm，根据ΔF=kΔx得=12. 50 N/m、≈12. 66 N/m、≈12. 20 N/m，所以弹簧Ⅰ的劲度系数≈12. 45 N/m。根据题表可以计算出弹簧Ⅱ每次的伸长量Δx’，也可以根据ΔF=k’Δx’计算弹簧Ⅱ的劲度系数（劲度系数的计算也可以通过作F-x图像处理，图像的斜率即等于弹簧的劲度

系数）。

【答案】(1) 16. 00（有效数字位数正确，15. 96～16. 05均可） (2)12. 45（12. 20～12. 80均可）能

## 第3节 摩擦力

重点难点解读

一、静摩擦力

定义

两个相互接触挤压且保持相对静止的物体，当它们之间存在相对运动趋势而没有发生相对运动时，在它们的接触面上会产生阻碍物体间相对运动趋势的力，这种力叫静摩擦力。

对定义的理解

1．“相对静止”有两种情况：一是两个物体都静止；二是两个物体都做速度相同的运动。

2．“相对运动趋势”是指一个物体相对于与它接触的另一个物体有运动的可能，但还处于相对静止状态。相对运动趋势可由外力引起，如用力拉地面上的一个物体，没有拉动，该过程物体相对地面就有了运动趋势；也可由接触物体的运动状态发生改变而引起，如图所示的箱子静置于平直公路上行驶的平板车上，当平板车匀速前进时，箱子与平板车之间没有相对运动趋势，故无静摩擦力，当平板车起步、刹车、转弯时，箱子相对于平板车分别有向后、向前、向外的运动趋势。

3．“阻碍”说明了静摩擦力的作用效果，阻碍物体间的 相对运动趋势。静摩擦力既可以与物体的运动方向相反，也可以与物体的运动方向相同。

静摩擦力的产生条件

两物体间有弹力。

接触面不光滑。

两物体间有相对运动趋势。

只有以上三个条件同时满足，才能确定静摩擦力的存在。

【拓展】物体间有弹力是不一定有摩擦力，如物体静止在水平面上没有相对运动或没有相对运动趋势时就没有摩擦力，但是物体间有摩擦力时一定有弹力。

静摩擦力的方向

静摩擦力的方向总是跟接触面相切，并且跟相对运动趋势的方向相反。

【注意】不管静摩擦力的方向与运动方向相同还是相反，静摩擦力的方向与物体相对运动趋势的方向总是相反的。不管静摩擦力是动力还是阻力，其一定阻碍物体间的相对运动趋势。

静摩擦力方向的判断技巧

若物体的相对运动趋势不易判断，可利用“假设法”来判断相对运动趋势的方向，利用这种方法判断静摩擦力方向的操作程序是：

1．选研究对象（受静摩擦力作用的物体）。

2．选跟研究对象接触的物体为参考系。

3．假设接触面光滑，找出研究对象相对参考系的速度方向（即相对运动趋势的方向）。

4．静摩擦力的方向与相对运动趋势的方向相反。

要判断人走路时后脚的鞋与水平地面间摩擦力的方向，可假设地面光滑，则人在蹬地时，鞋会相对地面向后（行走反方向）滑动，即鞋对地的相对运动趋势方向水平向

后，所以地面对鞋的静摩擦力方向水平向前。

易混淆的“三个方向”

|  |  |
| --- | --- |
| 运动方向 | 物体的运动方向一般指物体相对地面（以地面为参考系）的运动方向 |
| 相对运动方向 | 物体间的相对运动方向，指以其中一个物体A为参考系，另一个物体B的运动方向即为物体B相对A的运动方向；反之也可 |
| 相对运动趋势的方向 | 由于两物体间静摩擦力的存在导致的能发生而没有发生的相对运动方向，可用假设法（假设接触面光滑）判定 |

静摩擦力的大小

大小：0<F≤。

静摩擦力的大小随外力的变化而变化，必须结合物体的运动状态和其受力情况确定。

最大静摩擦力是物体刚要发生相对运动时所受的静摩擦力。它的数值跟压力FN成正比，比滑动摩擦力稍大些，通常认为二者相等。如图所示。静摩擦力随推力的变化而变化。



【拓展】静摩擦力的大小与压力无关，最大静摩擦力的大小与压力成正比。

二、滑动摩擦力

定义

两个相互接触挤压且发生相对运动的物体，在它们的接触面上会产生阻碍相对运动的力，这个力叫做滑动摩擦力。

滑动摩擦力的产生条件

两物体间有弹力。

接触面不光滑。

两物体发生了相对运动（滑动）。

只有以上三个条件同咐满足，才能确定滑动摩擦力的

存在。

滑动摩擦力的方向

滑动摩擦力的方向总是跟它们的接触面相切，并且跟它们相对运动的方向相反。

滑动摩擦力方向的判断步骤

1．选研究对象（受滑动摩擦力作用的物体）。

2．选跟研究对象接触的物体为参考系。

3．找出研究对象相对参考系的运动方向。

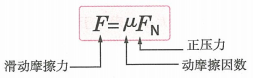
4．滑动摩擦力的方向与相对运动的方向相反。

【特别注意】

1、“相对”是指相对相互接触的物体，而不能相对别的物体。

2、从产生条件看，滑动摩擦力产生在相互挤压，相对滑动的物体之间，因此并非只有运动的物体才受到滑动摩擦力的作用，静止的物体也可以受到滑动摩擦力1的作用。例如：一物体在静止的桌面上滑动，不仅运动物体受到了桌面对它的滑动摩擦力的作用，静止的的桌面也受到了滑动摩擦力的作用。

滑动摩擦力的大小



【特别提示】

1、公式中的是指两个物体表面间的压力，称为正压力（垂直于接触面的力），是弹力，它不一定等于物体的重力，许多情况下需结合物体的平衡条件等加以确定。

2、公式中的μ叫做动摩擦因素，没有单位，它的数值与相互接触的两个物体的材料、接触面的粗糙程度有关，与物体的受力情况、运动状态、接触面积的大小均无关。

动摩擦因数的测定

方案一：利用砝码和弹簧测力计借助动态平衡法测量滑动摩擦力和动摩擦因数。

如图所示，向砝码盘C内加减砝码，轻推铁块P，使其恰能在水平木板B上向左匀速滑动，铁块P处于动态平衡状态。用弹簧测力计测出P和C受到的重力和，则P所受的滑动摩擦力F=，可求出P、B间的动摩擦因数μ=。

方案二：用弹簧测力计测定木板A和木块B之间的动摩

擦因数μ。

实验装置如图所示，在水平力的作用下，只要使木板A相对木块B滑动（做匀速直线运动或变速直线运动都

行），就可由弹簧测力计的读数得到A、B间的滑动摩擦力F，再用弹簧测力计测出木块B受到的重力，即可由公式μ=求出动摩擦因数μ。

（此方案不要求A做匀速直线运动，只要A相对于B沿

直线滑动就行，故切实可行）

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< | 公式F=μ，与压力成正比 |
| 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，作力的图示时，可根据等效原理画到物体的重心上 | |

状元速记

1．静摩擦力的方向：与相对运动趋势的方向相反，可用假设法判定。

2．静摩擦力的大小：0< F<。

3．滑动摩擦力的大小：F=μ（与mg不同）。

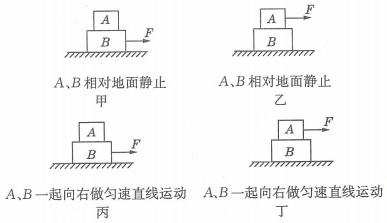
4．滑动摩擦力的方向：与相对运动的方向相反。

5．两种摩擦力可以是动力，也可以是阻力，可能跟运动方向相同，也可能跟运动方向相反。

经典例题诠释

命题点一、静摩擦力的有无及方向的判断

例1、判断图中物体A是否受摩擦力作用(A和B相对静止)?若有，判断物体A受的摩擦力沿什么方向？



【解析】甲图所示情况，物体A处于静止状态，假设物体A受静摩擦力作用，根据二力平衡可知，物体A的平衡状态将被破坏，因此假设是错误的，故在甲图情况下物体A不受摩擦力作用。

乙图所示情况，物体A也处于静止状态，由于物体A受向右的力F的作用，由二力平衡可知，物体A一定受向左的静摩擦力作用。

丙图所示情况，用力F拉水平地面上的物体B，物体B及其上面的物体A保持相对静止做匀速直线运动，假设物体A受静摩擦力作用，根据二力平衡可知，物体A的平衡状态将被破坏，因此假设是错误的，故在丙图情况下物体A不受摩擦力作用。

丁图所示情况，由于物体A做匀速直线运动，说明物体A在水平方向上受力平衡，根据二力平衡可知，物体A在水平方向上一定受到静摩擦力的作用与F相平衡，静摩擦力的方向与力F的方向相反。

【答案】甲、丙图中物体A不受摩擦力作用；乙、丁图中物体A受摩擦力作用，摩擦力的方向都与力F的方向相反。

命题点二、静摩擦力的大小与来源

例2、[单选]如图3-3-6所示，若小猫沿树匀速攀上和匀速下滑，它所受的摩擦力分别是和，则( )

A．向下，向上，且=

B．向下，向上，且>

C．向上，向上，且=

D．向上，向下，且=

【解析】由题意可知，小猫向上、向下均做匀速运动，且小猫受重力、摩擦力作用，故二力平衡，由重力的大小和方向可推断出摩擦力总是向上的，且大小等于小猫的重力。故选C。

【答案】C

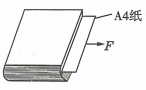
例3、如图所示，F1赛车的加速性能很好，试分析F1赛车在加速阶段的动力来源。

【解析】车辆在地面上不打滑的情况下，车轮与地面接触时是相对静止的，车轮高速运转时，相对地面向后运动，给地面一个向后的静摩擦力，同时地面给车轮一个向前的静摩擦力，推动赛车加速运动，这个静摩擦力就

是赛车的动力。

【答案】地面对赛车的静摩擦力

命题点三、滑动摩擦力大小的分析计算

例4、[单选]如图所示，将一张A4纸（质量可忽略不计）夹在一本字典内，书对A4纸的压力为3N，A4纸与书之间的动摩擦因数为0.4，要把A4纸从书中拉出，拉力至少应为( )

A.0.6 N B.1.2 N C.2.4 N D.3 N

【解题提示】所求拉力与摩擦力是什么关系？在拉动过程中，A4纸是单面还是双面有摩擦力？

【解析】A4纸单面所受滑动摩擦力F=μ =1.2 N，则拉力至少为2F=2.4 N。

【答案】C

例5、质量为2 kg的物体，静止在水平地面上，物体与

地面间的动摩擦因数为0.5，最大静摩擦力与滑动摩擦力相等。现给物体一水平拉力(g取10 m/)．问：

(1)当拉力大小为5N时，地面对物体的摩擦力是多大？

(2)当拉力大小为12 N时，地面对物体的摩擦力是多大？

(3)此后若将拉力减小为5 N(物体仍在滑动)，地面对物体的摩擦力是多大？

(4)若撤去拉力，在物体继续滑动的过程中，地面对物体的摩擦力是多大？

【解析】物体所受滑动摩擦力（最大静摩擦力Fmax）的大小为F=μ=μmg=0.5×2×10 N=10 N。

(1)当拉力=5 N时， <，物体静止，由二力平衡

可知==5 N。

(2)当拉力=12 N时，>，物体要滑动，=F=10 N。

(3)当拉力减小为5 N时，物体仍在滑动，故=F=10 N。

(4)当撤去拉力后，由于物体继续滑动，仍受滑动摩擦力的作用，=F=10 N。

【答案】(1)5 N (2)10 N (3)10 N (4)10 N

命题点四、综合问题分析

例6、[多选]如图所示，在探究摩擦力的实验中，用弹簧测力计水平拉一放在水平桌面上的小木块，小木块的运动状态和弹簧测力计的示数如下表所示（每次实验时，小木块与桌面的接触面相同），则由下表分析可知，下列哪些选项是正确的( )

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 实验序号 | 小木块的运动状态 | 弹簧测力计的示数 |
| 1 | 静止 | 0.4 |
| 2 | 静止 | 0.6 |
| 3 | 加速直线运动 | 0.7 |
| 4 | 匀速直线运动 | 0.5 |
| 5 | 减速直线运动 | 0.3 |

A．小木块受到的最大摩擦力为0.7 N

B．小木块受到的最大静摩擦力可能为0.6 N

C．在这五次实验中，小木块受到的摩擦力大小有三次是相同的

D．在这五次实验中，小木块受到的摩擦力大小各不相同

【解析】在给出的五次实验中，最后三次实验时，小木块都是运动的，小木块皆受相同的滑动摩擦力作用，故选项C正确，选项D错误。

由第四次实验，小木块做匀速直线运动，根据二力平衡可知，小木块所受的滑动摩擦力大小为0.5 N，小木块所受的最大静摩擦力略大于滑动摩擦力，选项A错误，选项B正确。

【答案】BC

教材深度拓展

一、对摩擦力的认识误区

误认为静止的物体总受静摩擦力，运动的物体总受滑动摩擦力

这种认识的错误在于没有准确理解摩擦力定义中“相对”两字的含义。其实，两物体间产生静摩擦力，仅是物体保持相对静止，两者可以以同一速度运动。两物体间若产生滑动摩擦力，两物体一定发生了相对运动，而不一定都运动，可以是一个运动，另一个静止。例如黑板擦在桌面上滑动，静止的桌面受到的是黑板擦对它的滑动摩擦力。

误认为摩擦力的方向总与物体运动方向相反，摩擦力总是阻力

摩擦力的方向与产生摩擦力的两物体间的相对运动或相对运动趋势的方向相反，但与这两个物体相对于其他物体的运动方向没有关系，因此摩擦力的方向可以与物体的运动方向相同，也可以相反。当摩擦力的方向与物体的运动方向相同时，摩擦力为动力；当摩擦力的方向与物体的运动方向相反时，摩擦力为阻力。

误认为静摩擦力的大小随正压力的变化而变化

实际上滑动摩擦力、最大静摩擦力与物体间的压力有关，压力越大，则滑动摩擦力和最大静摩擦力就越大，而静摩擦力的大小与物体间的压力无关。

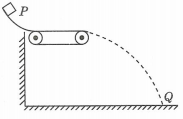
二、摩擦力的“三种”突变

静——静“突变”

物体在静摩擦力和其他力的作用下处于静止状态，当其他力变化时，如果物体仍能保持静止妆态，则物体受到的静摩擦力的大小或方向发生“突变”。

例1、[单选]如图所示，当拉力F的大小为2N时，物体静止且弹簧测力计的示数为8N，则当拉力F大小变为12 N时，弹簧测力计的示数为( )

A．12 N B．8 N C．4 N D．20 N

【解析】改变拉力前，物体处于静止状态，说明物体受到的静摩擦力大小为F’=(8-2) N=6 N，方向向左，同时说明物体与接触面间的最大静摩擦力至少为6N。改变拉力大小后，假设物体不动，其所受摩擦力大小为F’’=(12-8)N

=4 N，小于最大静摩擦力，所以物体仍静止，弹簧测力计的示数仍为8N。故选B。

【答案】B

动——静“突变”

在滑动摩擦力和其他力的作用下，做减速运动的物体突然停止滑行时，物体将不受摩擦力作用，或滑动摩擦力“突变”为静摩擦力。

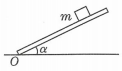
例2、[单选]把一重力为G的物体，用一个水平的推力F=kt(k为恒量，t为时间)压在竖直的足够高的平整的墙面上，如图所示，从t=0开始物体所受的摩擦力随t的变化关系是下图中的哪一个( )

【解析】选物体为研究对象，因为开始时推力为0，竖直方向上只有重力，物体在重力G作用下沿墙面下滑；当推力开始变大后，物体在竖直方向又受到向上的滑动摩擦力作用；开始一段时间<G，物体加速下滑；当 =G时，物体速度达到最大值，之后>G，物体向下做减速运动，直至速度减为0。在整个运动过程中，摩擦力为滑动摩擦力，大小为=μF=μkt，即与t成正比，在—t图像上是过原点的直线。当物体速度减为0之后，滑动摩擦力突变为静摩擦力，其大小由平衡条件可知=G，所以物体静止后的图线为平行于t轴的线段。故选B。

【答案】B

静—动“突变”

物体在静摩擦力和其他力的作用下处于静止状态，当其他力变化时，如果物体不能保持静止状态，则物体受到的静摩擦力将“突变”为滑动摩擦力。

如图，物块m放在不光滑的木板上，当木板缓慢地绕0点转动，使角α逐渐增大。当α角较小时，物块m相对木板静止，物块m受静摩擦力作用，当α角达到某一值后，物块m相对木板下滑，物块m受滑动摩擦力作用。

三、传送带与摩擦力

生活中经常接触到传送带的问题，这类问题能跟多个物理规律相结合进行考查，在高考题中时常出现，现举例说明。

例3、[单选]如图所示，一物块从某曲面上的P点自由滑下，通过一粗糙的静止的传送带后，落到地面上的Q点。若传送带的皮带轮沿逆时针方向转动起来，再把该物块放到P点自由滑下，那么( )

A．它仍落在Q点

B．它落在Q点左边

C．它落在Q点右边

D．它可能落不到地面上

【解析】两种情况下皮带对物块滑动摩擦力的大小(=一

μmg)和方向（水平向左）均不变，所以物块的运动情况相同。故选A。

【答案】A

例4、[单选]如图所示，一水平方向足够长的传送带以恒定的速度沿顺时针方向转动，传送带右端有一个与传送带等高的光滑水平面，一物块以恒定速率沿直线向左滑向传送带后，经过一段时间又返回光滑水平面，速率为。则下列说法中正确的是( )

A．只有时，才有=

B．若，则=

C．若，则=

D．不管多大，总有=

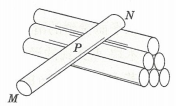
【解析】物块先受向右的摩擦力做减速运动，减至速度为0后又反向加速。若，物块向左减速和向右加速两过程中始终受水平向右的恒定摩擦力，故=；若，物块反向加速，速度达到后随传送带一起匀速运动至光滑水平面，所以=。故选B。

【答案】B

高考零距离

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 常考考点 | 常设题型 | 考题难度 |
| 摩擦力的大小及方向 | 选择题 | 中 |

命题角度：判断弹力、摩擦力的方向

考例1、[2014．广东卷·单选]如图所示，水平地面上堆放着原木，关于原木P在支撑点M、N处受力的方向，下列说法正确的是( )

A．M处受到的支持力竖直向上

B．N处受到的支持力竖直向上

C．M处受到的静摩擦力沿MN方向

D．N处受到的静摩擦力沿水平方向

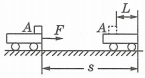
【读题】(1)原木P倾斜放置，处于平衡状态。

(2)M、N点处支持力、摩擦力方向的判断。

【思路建立】(1)思考点面接触时支持力方向如何确定？

(2)思考点面接触处摩擦力方向如何判断？

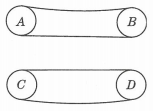
【解析】M处支持力方向与支持面（地面）垂直，即竖直向上，选项A正确。

N处支持力方向与支持面（原木接触面）垂直，即垂直MN向上，故选项B错误。

摩擦力方向与接触面平行，故选项C、D错误。

【答案】A

考例2、[上海卷·多选]对如图所示的皮带传动装置，下列说法中正确的是( )

A．A轮带动B轮逆时针方向旋转

B．B轮带动A轮逆时针方向旋转

C．C轮带动D轮顺时针方向旋转

D．D轮带动C轮顺时针方向旋转

【解析】主动轮转动一主动轮给皮带一个静摩擦力一皮带带动从动轮转动一皮带给从动轮一个静摩擦力。两轮通过皮带传力，传递力的皮带是绷紧的。故选B、D。

【答案】BD

考例3、[单选]如图所示，一平板小车在外力作用下由静止向右滑行了一段距离s，同时车上的物体A相对车向左滑行L，此过程中物体A受到的摩擦力方向及该摩擦力的特点是( )

A．水平向左，阻力

B．水平向左，动力

C．水平向右，阻力 D．水平向右，动力

【思路建立】物体A向哪运动？物体A相对小车向哪运动？滑动摩擦力的方向总是与相对运动方向相反，相对的对象是谁？力的方向与运动方向相同时是动力吗？此处的运动方向是相对谁的方向？

【解析】若摩擦力的方向与物体的运动方向相同，则摩擦力是动力；若摩擦力的方向与物体的运动方向相反，则摩擦力是阻力。由于物体A相对小车向左滑动，那么受到小车向右的滑动摩擦力的作用，但相对参考系（地面）是向右运动的，即滑动摩擦力的方向与物体A的运动方向相同，所以是动力。故选D。

【答案】D

## 第4节 力的合成

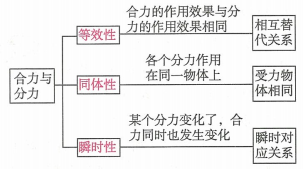
重点难点解读

一、力的合成

合力与分力

|  |  |
| --- | --- |
| 合力与分力 | 可以代替几个力作用效果的力叫合力，那几个力就叫做分力 |
| 合力与分力的关系 | 等效替代关系 |
| 不能认为物体受到各分力的作用的同时还受到合力的作用 |
| 力的合成 | 求几个力的合力叫力的合成 |

合力与分力的特点

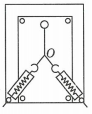


【特别提示】等效替代法是物理学中研究实际问题时常用的方法，合力与分力的等效替代强调的是效果相同，而不是物体重新受力。因此在受力分析时，合力与分力不能同时分析。

探究求合力的方法

实验装置：如图所示。

探究过程：

(1)在方木板上用图钉固定一张白纸，用图钉把橡皮条的一端固定在木板上，在橡皮条的另一端拴上两个细绳套。

(2)用两个弹簧测力计分别钩住两个细绳套，互成角度地拉橡皮条，记下结点到达的位置O、弹簧测力计的示数和细绳的方向，即两分力、的大小和方向。

(3)只用一个弹簧测力计拉细绳套，使橡皮条的结点到达前面同样的位置O，记下此时弹簧测力计的示数和细绳的方向，即合力F的大小和方向。

(4)选定标度，作出力、、F的图示。

(5)以、为邻边作平行四边形，并作出对角线F’，如图所示。

(6)改变两个分力和的大小和夹角，再重做两次实验。

结论：F和对角线F在误差允许范围内大小相等、方向相同，说明两个力合成时，用表示这两个力的线段为邻边作平行四边形，则平行四边形的对角线所代表的力与合力的大小和方向是相同的。

【特别提示】

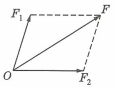
1、在使用弹簧测力计拉细绳套时，要使弹簧测力计的弹簧与细绳套在同一直线上，弹簧与木板面平行，避免弹簧与弹簧测力计外壳有摩擦。

2、为了提高实验精度，细绳套长一些好。

3、用两个弹簧测力计拉橡皮条时，两拉力的夹角不要太大，也不要太小，在60°～120°为宜，做力的图示时，标度要适当大些。

4、在满足拉力不超过弹簧测力计的量程及橡皮条形变不超过弹性限度的条件下，应该使拉力尽量大一些，以减少实验误差。

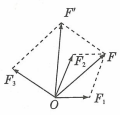
平行四边形定则

求两个互成角度的力的合力，可以用表示这两个力的线段为邻边作平行四边形，这两个邻边之间的对角线就表示合力的大小和方向，如图所示。

【拓展】平行四边形定则是一切矢量的运算法则，不仅适用于力的合成，也适用于速度、加速度等矢量的合成。

合力的求解方法

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 作图法 | 依据：平行四边形定则 | 注：①标度要合适，便于测量线段的长度；②标明是实线还是虚线 |
| 要求：严格按力的图示 |
| 分力：四边形的两边 |
| 合力：四边形的对角线 |
| 计算法 | 相互垂直的两个力：  ，  tanθ |  |
| 等大有夹角的两个力：  F’=2Fcos |  |
| 夹角120°且等大的力：  F’=2Fcos=F  合力与分力夹角为60。 |  |

多个共点力合成的方法

先利用平行四边形定则，求出其中两个力的合力，如图所示，然后再利用平行四边形定则进一步求这个合力和第三个力的合力，依此类推，从而求出最后的合力。

合力与分力的大小关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 最大 | 、同向 | =+ |
| 最小 | 、同向 | =∣+∣ |
| 范围 | ∣-∣≤≤∣+∣ | |
| 合力与夹角θ的关系 | | θ越大，越小 |
| 说明：①合力可能比分力都大；②合力可能比分力都小；③合力与分力可能等大 | | |

二、共点力

共点力的三种情形

|  |  |
| --- | --- |
| 几个作用于同一点的力 |  |
| 作用线相交于一点的力 |  |
| 可看作质点的物体所受的力 |  |

共点力的合成

平行四边形定则只适用于共点力的合成，对非共点力的合成不适用。

多个共点力不一定在同一平面内，但今后我们所研究的问题，凡是涉及力的运算的题目，共点力都在同一平面内。

力的合成具有唯一性，不同性质的力也可以合成。

状元速记

1．作用于一点的力叫共点力。

2．共点力的合成法则——平行四边形定则。

3．合力与分力的关系：∣-∣≤≤∣+∣。

经典例题诠释

命题点一、实验探究力的合成法则

例1、[多选]在探究力的合成的平行四边形定则的实验中，橡皮筋的一端固定在木板上，用两个弹簧测力计把橡皮筋的另一端拉到某一确定的点O，以下操作中错误的是( )

A．同一次实验过程中，O点位置允许变动

B．实验中，弹簧测力计必须保持与木板平行，读数时视线要正对弹簧测力计刻度

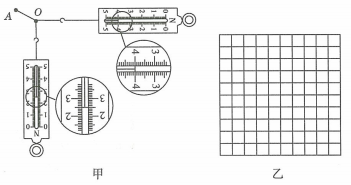
C．实验中，先将其中一个弹簧测力计沿某方向拉到最 大量程，然后只需调整另一个弹簧测力计拉力的大 小和方向，把橡皮筋另一端拉到0点

D．实验中，把橡皮筋的另一端拉到0点时，两个弹簧 测力计之间夹角应取90。，以便于算出合力大小

【解析】本实验的注意事项中有严格的要求，同一次实验过程中，O点不允许变动，同时弹簧测力计不要达到最大量程，因为一个达到最大，另一个将无法调整。本实验只要使两次效果相同就可以，两个弹簧测力计拉力的方向没有限制，故只有B选项是符合实验要求的。

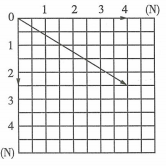
【答案】ACD

例2、将橡皮筋的一端固定在A点，另一端拴上两根细绳，每根细绳分别连着一个量程为5N、分度值为0.1 N的弹簧测力计。沿着两个不同的方向拉弹簧测力计。当橡皮筋的活动端拉到0点时，两根细绳相互垂直，如图甲所示。这时弹簧测力计的读数可从图中读出。



(1)由图可读出两个相互垂直的拉力的大小分别为 N和 N。（只需读到0.1 N）

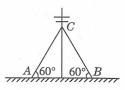
(2)在图乙的方格纸上按作图法的要求画出这两个力及它们的合力。

【解析】从图中可知，竖直方向的弹簧测力计的读数为2.5 N，水平方向的弹簧测力计的读数为4.0 N。因为读数2.5 N、4.0 N均是0.5 N的整数倍，因此，选方格纸中一个小方格的边长表示0.5 N，应用平行四边形定则，即可画出两个力以及它们的合为，如右图所示。

【答案】(1)4.0 (2.5)2. 5 (4.0) (2)如图所示。

【点评】处理“验证力的平行四边形定则”的实验问题时，要明确实验的原理和操作中应注意的事项，在实际问题的考查中要注意弹簧测力计的读数，作力的平行四边形时应注意选取统一标度。

命题点二、运用平行四边形定则求合力

例3、如图所示，为使电线杆稳定，在杆上加了两根拉线CA和CB，若每根拉线的拉力都是300 N，两根拉线间的夹角为60°。试用作图法和计算法两种方法求拉线拉力的合力的大小和方向。

【解题提示】应用作图法时，各力必须选定同一标度，并且合力、分力比例适当，分清虚线和实线。

【解析】

（方法一）作图法

自C点画两条有向线段代表两拉力，夹角为60°，设每单位长度线段表示100 N，则两拉力都用3倍单位长度线段表示，作出平行四边形CB'DA'，其对角线CD表示、两拉力的合力F，量得CD长度为5.2倍单位长度，所以合力大小为F=100×5.2 N=520 N。用量角器量得∠DCA'=∠DCB'= 30°，所以合力方向竖直向下，如图甲所示。

（方法二）计算法

先画力的示意图，并作平行四边形，如图乙所示，由于CA'=CB'，故四边形CB'DA'为菱形，两对角线互相垂直且平分，∠A'CD=∠B'CD=30°，合力F的大小可用对角线表示，CD= 2CO=2CB'cos 30°，即F=2cos30°=2×300×N≈520 N。由图知，合力方向竖直向下。

【答案】520 N，方向竖直向下。

【点评】（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。

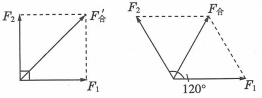
例4、[2017．福建泉州市南安一中期末·单选]两个大小相等的共点力和，当它们之间的夹角为90°时合力大小为10N，则当它们之间的夹角为120°时，合力的大小为( )

A ．10 N B． 10N C．15 N D．20 N

【解析】当两个力之间的夹角为90°时合力大小为10N，根据平行四边形定则，知- =10 N。

当两个力夹角为120°时，根据平行四边形定则知，

=10 N。故A正确，B、C、D错误。



【答案】A

教材深度拓展

一、三个力的合力的最大值与最小值

合力的最大值

设三个力的大小分别为、、，其合力的最大值为=、、。

合力的最小值

设三个力的大小分别为、、，则：

①三个共点力如果能构成三角形，则合力的最小值为0，能构成三角形的意思就是某一力大于另外两力之差小于另外两力之和。

②若三个力不能构成三角形，则最小值为最大力减去另外两个较小力。

例1、[多选]物体同时受到同一平面内三个共点力的作用，下列几组力的合力可能为零的是( )

A．5N、7 N、8N B 5 N、2N、3N

C.l N、5N、10 N D.10 N、10 N、10 N

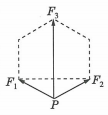
【解析】三力合成，若其中两力的合力与第三力大小相等、方向相反，就可以使这三个力合力为零，只要使第三力在其他两个力的合力范围内，就可能使合力为零，即第三力满足：∣-∣≤≤+

分析各选项中前两力合力范围。A选项，2N≤≤

12 N，第三力在其范围内；B选项，3N≤≤7N，第三力在其合力范围内；C选项，4N≤≤6N，第三力不在其合力范围内；D选项，0≤≤20 N，第三力在其合力范围内。故C项中的三力的合力不可能为零。

【答案】ABD

例2、[单选]设有三命力同时作用

在点P，它们的大小和方向相当于正六边形的两条边和一条对角线，如图3 - 4-10所示，这三个力中最小的力的大小为F，则这三个力的合力大小等于( )

A．3F B． 4F

C．5F D．6F

【解析】由图中几何关系，得=Fcos60°+F+Fcos 60°

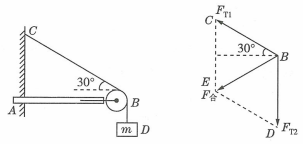
=2F，而与的夹角为120°，其大小均为F，故、合力大小为F，且沿方向，因此、、的合力大小为3F，故选项A正确。

【答案】A

二、“滑点”与“结点”的区别

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 滑点 | 结点 |
| 结构图 |  |  |
| 绳张力 | = | 、一般不等 |
| 两绳的合力方向 | 斜向下 | 不确定，可以沿水平方向 |
| 杆左端 | 插入墙中 | 可以是转轴 |

例3、[单选]水平横梁的一端A插在墙壁内，另一端装有一个小滑轮B，一轻绳的一端C固定于墙壁上，另一端跨过滑轮后悬挂一质量m-10妇的重物，CB与水平方向夹角为30°，如图甲所示，则滑轮受到绳子的作用力大小为(g取10m/ )( )



图甲 图乙

A. 50 N B.50N C.100 N D.100N

【解析】以滑轮为研究对象，悬挂重物的轻绳的拉力

=mg=100 N，故滑轮受到绳的作用力沿BC、BD方

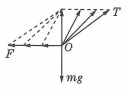
向，大小都是100 N。以CB、BD为邻边作平行四边形

如图乙所示，由∠CBD=120°，∠CBE= ∠DBE，得∠CBE=∠DBE= 60°，即△CBE是等边三角形，故 =100 N。故选：C。

【答案】C

例4、[2016．全国Ⅱ卷·单选]质量为m的物体用轻绳AB悬挂于天花板上。用水平向左的力F缓慢拉动绳的中点O，如图所示。用T表示绳OA段拉力的大小，在0点向左移动的过程中( )

A．F逐渐变大，T逐渐变大

B．F逐渐变大，T逐渐变小

C．F逐渐变小，T逐渐变大

D．F逐渐变小，T逐渐变小

【解析】O点是个“结点”，O点受三个力的作用，水平拉力F与绳OA段拉力T的合力方向竖直向上，合力的大小与重力mg相等，即F与T合力的大小、方向皆不变，如图所示，当用水平向左的力缓慢拉动O点时，则绳OA与竖直方向的夹角变大，则F逐渐变大，T逐渐变大，选项A正确。

【答案】A

高考零距离

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 常考考点 | 常设题型 | 考题难度 |
| 验证平行四边形定则 | 实验题 | 中 |

命题角度一、夹角改变对分力的影响

考例1、[ 2014．山东卷·单选]如图，用两根等长轻绳将木板悬挂在竖直木桩上等高的两点，制成一简易秋千。某次维修时将两轻绳各剪去一小段，但仍保持等长且悬挂点不变。木板静止时，表示木板所受合力的大小，表示单根轻绳对木板拉力的大小，则维修后( )

A．不变，变大 B．不变，变小

C．变大，变大 D．变小，变小

【读题】(1)木板在两绳拉力作用下处于静止状态，两绳等长，悬点在同一高度。

(2)两绳变短后，待判断木板所受合力和轻绳拉力的变化情况。

【思路建立】(1)木板保持静止，其所受合力为多大？

(2)两绳变短后，两绳的夹角如何变化？对木板受力分析，根据合力与分力的关系，两分力的合力不变，夹角变化时，两分力如何变化？

【解析】木板静止时，木板受重力G以及两根轻绳的拉力，根据平衡条件，木板受到的合力=0保持不变。两根轻绳的拉力的合力大小等于重力G保持不变，当两轻绳各剪去一小段后，两根轻绳的拉力的夹角变大，因合力不变，故变大。选项A正确，选项B、C、D错误。

【答案】A

命题角度二、力的合成实验步骤

考例2、[2015．安徽卷]在“验证力的平行四边形定则”实验中，某同学用图钉把白纸固定在水平放置的木板上，将橡皮条的一端固定在板上一点，两个细绳套系在橡皮条的另一端。用两个弹簧测力计分别拉住两个细绳套，互成角度地施加拉力，使橡皮条伸长，结点到达纸面上某一位置，如图所示。请将以下的实验操作和处理补充完整：

①用铅笔描下结点位置，记为O;

②记录两个弹簧测力计的示数和，沿每条细绳（套）的方向用铅笔分别描出几个点，用刻度尺把相应的点连成线；

③只用一个弹簧测力计，通过细绳套把橡皮条的结点仍拉到位置O，记录测力计的示数，\_\_\_\_\_\_\_\_，

④按照力的图示要求，作出拉力、、；

⑤根据力的平行四边形定则作出和的合力F;

⑥比较 的一致程度，若有较大差异，对其原因进行分析，并作出相应的改进后再次进行实验。

【读题】验证力的平行四边形定则实验的步骤不完整，补充实验步骤。

【思路建立】按照实验步骤，准确记录数据并分析得出结论。

【解析】③用铅笔描出绳上的几个点，用刻度尺把这些点连成直线（画拉力的方向），目的是画出同两分力产生相同效果的这个力的方向。

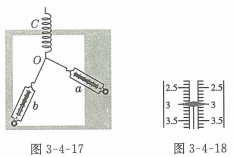
⑥F与作比较，即比较用平行四边形作出的合力和产生相同效果的实际的力是否相同，即可验证力的平行四边形定则的正确性。

【答案】③沿此时细绳（套）的方向用铅笔描出几个点，用刻度尺把这些点连成直线⑥F与

命题角度三、力的合成实验现象分析与读数

考例3、[2016．浙江卷]某同学在“探究弹力和弹簧伸长的关系”的实验中，测得图中弹簧OC的劲度系数

为500 N/m。如图所示，用弹簧OC和弹簧秤a、b做“探究求合力的方法”实验。在保持弹簧伸长1.00 cm不变的条件下。



(1)若弹簧秤a、b间夹角为90°，弹簧秤盘的读数是 N（右图中所示），则弹簧秤b的读数可能为 N。

(2)若弹簧秤a、b间夹角大于90°，保持弹簧秤a与弹簧OC的夹角不变，减小弹簧秤b与弹簧OC的夹角，则弹簧秤a的读数 、弹簧秤b的读数 （填“变大”“变小”或“不变”）。

【读题】(1)已知弹簧的劲度系数及伸长量，又知弹簧秤a的指针位置；

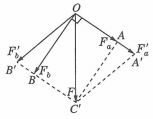
(2)求弹簧秤b读数的可能值，分析在一定条件下，弹簧秤a、b读数的变化情况。

【思路建立】(1)弹簧弹力与两个弹簧秤的弹力有什么关系？

(2)弹簧秤 a、b间的夹角90°，说明了什么问题？

(3)用计算法还是作图法分析弹簧秤a、b读数的变化情况？

【解析】(1)根据胡克定律，弹簧OC伸长1.00 cm时弹簧的弹力=kΔx= 500×1.00×N=5.00 N；由图可知弹簧秤盘的读数=3.00 N，根据勾股定理，，解得=4.00 N。

(2)改变弹簧秤b与OC的夹角时，由于保持弹簧伸长1.00 cm不变，因而与的合力F保持不变，根据平行四边形定则，、合成的平行四边形如右图所示（平行四边形0AC’B），当弹簧秤b与OC的夹角变小时，其力的合成的平行四边形为OA'C'B'，由图可知a、b两弹簧秤的示数都将变大。

【答案】(1)3. 00～3. 02 3.9～4.1（有效数字不要求）

(2)变大 变大

## 第5节 力的分解

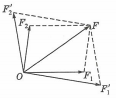
重点难点解读

一、力的分解

力的分解

定义：已知一个力求它的分力，叫做力的分解。

【提示】力的分解是力的合成的逆过程，同样遵循平行四边形定则。



无限制条件的分解

如果没有限制条件，同一个力F可以分解成无数对大小、方向不同的分力，如图所示。

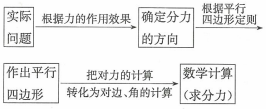
力的分解原则

根据需要分解的原则。一个力的分力方向可以随意选择，具体问题中可以根据需要灵活地选择分解方向。

方便原则。可以按照研究问题的方便来进行分解，如正交分解法。

按实际作用效果分解的原则。具体问题中，经常根据这个力在该问题中的实际作用效果来分解，这就要求在力的分解之前必须搞清楚力的作用效果。

按效果分解的思路如下：



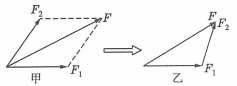
力的分解实例（按力的实际作用效果分解）

|  |  |
| --- | --- |
| 实例 | 分析 |
|  | 质量为m的物体静止在斜面上，其重力产生两个作用效果：一是使物体具有沿斜面下滑的趋势；二是使物体压紧斜面。两个分力分别为  =mgsinα， =mgcosα（重点） |
|  | 质量为m的光滑小球被竖直挡板挡住而静止于斜面上时，其重力产生两个作用效果：一是使球压紧挡板；二是使球压紧斜面。两个分力分别为 =mgtanα，= |
|  | 质量为m的光滑小球被悬线挂靠在竖直墙壁上，其重力产生两个作用效果：一是使球压紧竖直墙壁；二是使球拉紧悬线。两个分力分别为=mg tanα，= |
|  | 质量为m的物体被OA、OB两线拉住，OB水平，竖直吊绳对O点的拉力F=mg，产生两个作用效果：一是拉紧OA绳；二是拉紧OB绳。两个分力分别为=-， =mgtanα |
|  | 质量为m的物体被支架悬挂而静  止，竖直吊绳对B点的拉力F=mg，产生两个作用效果：一是使物体拉AB杆，相当于分力Fi的作用；二是使物体压BC杆，相当于分力F2的作用。有=mg tanα， = |

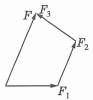
二、矢量相加的法则

三角形定则

如图甲所示，两力、合成为F的平行四边形定则，可演变为乙图，我们将乙图称为三角形定则合成图，即将两力、首尾相接（有箭头的叫尾，无箭头的叫首），则由的首端指向的尾端的有向线段就表示合力F。



三角形定则和平行四边形定则在实质上是相同的。

如果是多个力合成，则由三角形定则合成推广可得到多边形定则，如右图所示为三个力、、的合成图，F为其合力。

矢量和标量

矢量：既有大小又有方向，相加时遵循平行四边形定则（或三角形定则）的物理量。如：力、位移、速度等。

标量：只有大小没有方向，求和时按照算术法则运算的物理量。如：质量、长度、温度等。

三、力的正交分解法

正交分解法

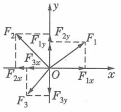
把力沿着两个选定的相互垂直的方向分解的方法。

例如，将力F沿x轴和y轴两个方向分解，如图所示，则=Fcosα，=Fsinα。

正交分解法求多个力的合力

当物体受到多个共点力的作用时，可以建立一个直角坐标系，先将各力正交分解在两条互相垂直的坐标轴上，分别求出两个不同方向上的合力和，然后再求、的合力。具体步骤如下：

建立坐标系，以共点力的作月点为坐标原点建立直角坐标系，直角坐标系中x轴和y轴的选择应使尽量多的力落在坐标轴上为原则。



正交分解各力，即将每一个不在坐标轴上的力分解到x和y坐标轴上，并求出各分力的大小，如图所示。

分别求x轴和y轴上各力的合力，即=++…，=++…。

求与的合力即为共点力的合力，合力的大小：F=，合力的方向：F与x轴的夹角。α=arctan。

【提示】正交分解是为了更方便地合成，将力的矢量运算转化为代数运算，这是一种解题方法。

状元速记

1．力的分解法则——平行四边形定则。

2．力的分解方法：①按条件分解；②按效果分解；③正交分解。

3．矢量——有大小、有方向；标量——有大小、无方向。

4．矢量运算法则——平行四边形定则或三角形定则。

经典例题诠释

命题点一、合力与分力的关系

[单选]如图所示，把光滑斜面上的物体所受重力mg分解为、两个力。图中为斜面对物体的支持力，则下列说法正确的是( )

A．是斜面作用在物体上使物体下滑的力

B．物体受到mg、、、共四个力的作用

C．是物体对斜面的压力

D．力、、这三个力的作用效果与、mg这两个力的作用效果相同

【解析】

A错误：是重力沿斜面向下的分力，其作用效果是使物体沿斜面下滑，施力物体是地球。

B错误：物体受到重力mg和支持力两个力的作用，、是重力的分力。

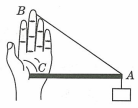
C错误：是重力沿垂直于斜面方向的分力，其作用效果是使物体压斜面，的大小等于物体对斜面的压力，但二者的受力物体不同，的受力物体是物体本身，物体对斜面的压力的受力物体是斜面。

D正确：合力与分力共同作用的效果相同。

【答案】D

【点评】合力与分力是“等效替代”关系，在画受力分析图时只能画一种。

命题点二、按实际作用效果分解力

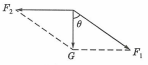
例2、[多选]如图所示是李强同学设计的一个小实验，他将细绳的一端系在手指上，细绳的另一端系在直杆的A端，杆的左端顶在掌心上，组成一个“三角支架”。在杆的A端悬挂不同的重物，并保持静止。通过实验会感受到( )

A．细绳是被拉伸的，杆是被压缩的

B．杆对手掌施加的作用力的方向沿杆由C指向A

C．细绳对手指施加的作用力的方向沿细绳由B指向A

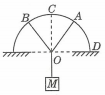
D．所挂重物质量越大，细绳和杆对手的作用力也越大

【解析】重物所受重力的作用效果有两个，一是拉紧细绳，二是使杆压紧手掌，所以重力可分解为沿细绳方向的力和垂直于掌心方向的力，如图所示，由三角函数得，=Gtanθ，故逸项A、C、D正确。

【答案】ACD

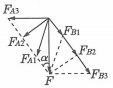
【点评】在处理支架类力的分解问题时，关键是搞清楚支架的相关部位受拉力还是受压力，以便确定分力的方向。一般来说绳子只能产生拉力，而轻杆既能产生拉力也能产生压力。判断轻杆的受力情况，可将轻杆换成绳子，在原有外力作用下，若绳子仍能张紧，则轻杆受拉力；若绳子不能伸直，则轻杆受压力。

命题点三、力的分解中的动态问题

例3、[单选]如图所示，质量为M的物体用OA和OB两根等长的绳子悬挂在半弧形的支架上，B点固定不动，A点由顶点C沿圆弧向D移动。在此过程中，绳子OA的张力将( )

A．由大变小 B．由小变大

C．先减小后增大 D．先增大后减小

【解析】O点受到向下的拉力F(等于重力Mg)，根据它的作用效果，可将力F分解成两个力：沿AO方向的力和沿BO方向的力。在A点移动过程中，绳OA与竖直方向之间的夹角由0°增大到90，合力F的大小、方向不变，分力的方向不变，由于分力的方向变化导致、的大小发生变化。可见，的大小先减小，当 ⊥时（即绳OA与绳OB垂直时）减小到最小值，为Mgsinα（α为绳OB与竖直方向的夹角），然后又逐渐增大到Mgtanα，如图所示，绳OA中的张力与大小相等。故选C。

【答案】C

【点评】（1）此类题的特点是合力一定，某一分力方向不变，讨论这一分力的大小和另一分力的大小及方向。这类动态变化问题，根据平行四边形（三角形）定则，应用图解法更简单、直观。

（2）两分力垂直时出现极值问题。

命题点四、力的正交分解法

例4、在同一平面内共点的四个力、、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。

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

【解析】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轴上的合力和，

有cos 37°cos 37°=27 N

sin 37°+sin 37°-F4 =27 N

因此，如图乙所示，合力≈38.2N，

tan 。即合力的大小约为38.2 N，方向与夹角为45。斜向上。

【答案】合力的大小约为38.2 N，方向与Fi夹角为45。斜向上。

【点评】应用正交分解法将各力先分解，再合成，在建立直角坐标系时尽量使各力与坐标轴的夹角为特殊角。

教材深度拓展

一、图解法分析糊体动态变化的受力情况

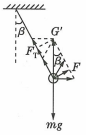
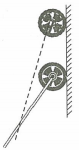
利用图解法解决动态平衡问题的基本方法：对研究对象在状态变化过程中的状态进行受力分析，依据某一参量的变化，在同一图中作出物体在若干状态下的平衡力图（力的平行四边形），再由动态的力四边形各边长度变化及角度变化确定力的大小及方向的变化情况。

利用图解法的关键：规范地作出力的矢量三角形或平行四边形，并根据题目条件的变化确定图的变化趋势或其变化的临界状态。

例1、[单选]如图所示，用长为L的轻绳悬挂一质量为m的小球，对小球再施加一个力，使绳和竖直方向成β角并绷紧，小球处于静止状态，此力最小为( )

A．mgsinβ B． mgcosβ

C．mgtanβ D．mgcotβ

【解析】以小球为研究对象，则小球受重力mg，绳拉力，施加外力F，应有F与合力与mg等大反向，即F与的合力为G’=mg，如图所示，在合力G'一定，其中一分力方向一定的前提下，另一分力的最小值由图解法分析可知F应垂直绳所在直线，故F=mgsinβ，选项，A正确。

【答案】A

【归纳总结】在分析力的动态变化问题时，应明确哪个力是恒力，哪个力是变力，哪个力方向不变，方向变化的力的空间范围如何，然后用图解法解题。力的分解遵循平行四边形定则，若一个分力的方向确定不变，而另一个分力的方向不断改变，则两个分力的大小也不断改变。

例2、[2013．天津卷·单选]如图所示，小球用细绳系住，绳的另一端固定于O点。现用水平力F缓慢推动斜面体，小球在斜面上无摩擦地滑动，细绳始终处于直线状态，当小球升到接近斜面顶端时细绳接近水平，此过程中斜面对小球的支持力以及绳对小球的拉力的变化情况是( )

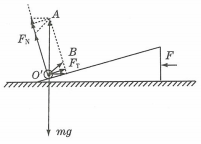
A．保持不变，不断增大

B．不断增大，不断减小

C．保持不变，先增大后减小

D．不断增大，先减小后增大

【思路建立】要注意采用动态分析法。在小球所受的重力、斜面的支持力、细绳的拉力三个力中，重力大小和方向都不变，斜面的支持力方向不变，而绳的拉力大小和方向都变化。

【解析】选小球为研究对象，其受力情况如图所示，用平行四边形定则作出相应的“力三角形O’AB”，其中O’A的大小、方向均不变，AB的方向不变，推动斜面体时，逐渐趋于水平，B点向下转动，根据动态平衡，先减小后增大，不断增大，选项D正确。

【答案】D

例3、[2016．江西高安中学测试·单选]如图所示是给墙壁粉刷涂料用的“涂料滚”示意图。使用时，用撑竿推着粘有涂料的“涂料滚”沿墙壁上下缓缓滚动，把涂料均匀地粉刷到墙上。撑竿的重力和墙壁的摩擦均不计，且撑竿足够长，粉刷工人站在离墙壁一定距离处缓缓上推“涂料滚”，设该过程中撑竿对“涂料滚”的推力为，“涂料滚”对墙壁的压力为，则( )

A．增大，减小

B．增大，增大

C．减小，减小

D．减小，增大

【解析】“涂料滚”受二个力的作用，重力mg、墙壁对“涂料滚”水平向左的弹力、撑竿对“涂料滚”的推力，重力的大小方向确定，墙壁对“涂料滚”的弹力方向确定，粉刷工人站在离墙壁某一距离处缓缓上推“涂料滚”，“涂料滚”受力始终平衡，这三个力构成矢量三角形，使撑竿与墙壁间的夹角越来越小。则矢量图变化如右图所示，由图可知，撑竿与墙壁间的夹角越来越小，、均减小，和等大反向，因此、均减小，选项C正确。

【答案】C

高考零距离

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 常考考点 | 常设题型 | 考题难度 |
| 力的分解 | 选择题 | 中 |

命题角度一、已知两分力方向的分解

考例1、[江苏卷·单选]如图所示，石拱桥的正中央有一质量为m的对称楔形石块，侧面与竖直方向的夹角为α，重力加速度为g。若接触面间的摩擦力忽略不计，则石块侧面所受弹力的大小为( )

A． B．

C．mgtanα D．mgcotα

【读题】从题干看：

(1)此题的研究对象是对称楔形石块。

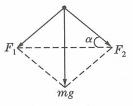
(2)研究对象的质量为m，侧面与竖直方向的夹角为α。

(3)不计接触面间的摩擦力。

从选项看：求石块侧面所受的弹力。

【思路建立】

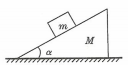




【解析】石块受到的重力产生两个作用效果，即压紧两侧接触面，把mg沿垂直于两侧面的方向分解为、，如图所示。由几何关系可知，==，侧面受石块压力大小等于，根据物体间的相互作用 力大小相等，石块受侧面弹力大小等于。

【答案】A

命题角度二、力的正交分解

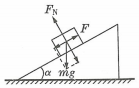
考例2、[2013．北京卷·单选]如图所示，倾角为α、质量为M的斜面体静止在水平桌面上，质量为m的木块静止在斜面体上。下列结论正确的是( )

A．木块受到的摩擦力大小是mgcosα

B．木块对斜面体的压力大小是mgsinα

C．桌面对斜面体的摩擦力大小是mgsinαcosα

D．桌面对斜面体的支持力大小是(M+m)g

【解析】如图所示，将重力分解，由于木块处于静止状态，则沿斜面方向：摩擦力F =mgsinα，垂直斜面方向：正压力=mgcosα，可见，选项A、B错误。

取斜面体和木块为一个整体研究，竖直方向上二力平衡，则桌面对斜面体的支持力为（M+m）g，选项D正确。

由于系统在桌面上没有运动趋势，则桌面对斜面体无摩擦力，选项O错误。

【答案】D

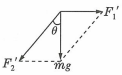
命题角度三、按作用效果分解

考例3、[广东卷·单选]如图所示，质量为m的物体悬挂在轻质支架上，斜梁OB与竖直方向的夹角为θ。设横梁OA和斜梁OB作用于0点的弹力分别为和，以下结果正确的是( )

A．=mgsinθ B．=

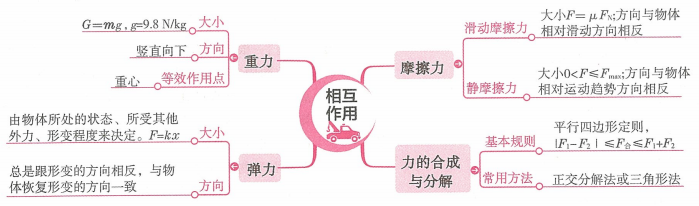
c．=mgcosθ D．=

【思路建立】力产生怎样的作用效果？不能无原则的想象，可以考虑用假设法确定两分力的方向。

【解析】重力mg产生两个效果，分别沿AO方向拉横梁AO和沿OB方向压斜梁OB，则分解为图所示的两个分力和。依题意，=mgtanθ，=，=mgtanθ，=。

【答案】D

## 第三章综合复习关键点



思想方法

“具体——抽象”

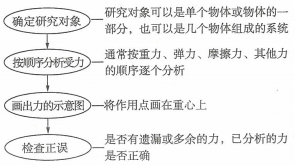
从大量生活实例中抽象出“力是物体间的相互作用”，再把这种抽象具体形象化——用有向线段进行描述，通过这种方法，把对力的计算转化为几何问题来处理。

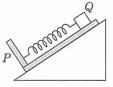
“等效替代”方法

合力和分力可以等效替代，作用效果一致。这是物理学中研究实际问题时常用的方法。

专题突破

受力分析

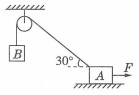


例1、[单选]L形木板P（上表面光滑）放在固定斜面上，轻质弹簧一端固定在木板上，另一端与置于木板上表面的滑块Q相连，如图所示。若P、Q一起沿斜面匀速下滑，不计空气阻力，则木板P的受力个数为 ( )

A3 B．4 C．5 D．6

【解析】先把P、Q看成一个整体进行分析，在重力、斜面的支持力、斜面的摩擦力三个力作用下处于平衡状态。隔离Q进行分析，在重力、木板P的支持力、弹簧的弹力（沿斜面向上）三个力作用下处于平衡状态。由力作用的相互性可知，Q对P有压力，弹簧对P有弹力，所以P共受5个力的作用，选项C正确。

【答案】C

例2、跨过光滑定滑轮的轻绳，两端各拴一个物体，如图所示。物体A和B重均为20 N，水平拉力F=12 N。若物体A和B均处于静止状态，试分析物体A和B的受力情况，并计算各力的大小。

【解析】两物体的受力情况如图所示，物体A和B均处于静止状态，它们所受合力均为0。

物体B受重力和拉力，则==20 N。

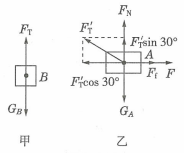
物体A受重力 =20 N，水平拉力F=12 N。

绳子拉力==20 N。

水平面支持力— sin 30°=10 N

FT的水平分力为cos 30°≈17 N。

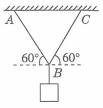
白于爵向左的水平分力比水平向右的水平拉力F大5 N，所以物体A还受到5N的静摩擦力的作用，其方向水平向右。



【答案】见解析

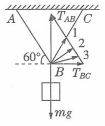
平衡问题的处理方法

|  |  |
| --- | --- |
| 合成法 | 物体受三个共点力的作用而平衡，则任意两个力的合力一定与第三个力大小相等，方向相反 |
| 分解法 | 物体受三个共点力的作用而平衡，将某一个力按力的作用效果分解，则其分力和其他两个力满足平衡条件 |
| 正交分解法 | 物体受到三个或三个以上力的作用时，将物体所受的力分解为相互垂直的两组，每组力都满足平衡条件 |
| 力的三角形法 | 对受三个力作用而平衡的物体，将力的矢量图平移使三力组成一个矢量三角形，根据正弦定理、余弦定理或相似三角形等数学知识求解未知力 |

例3、 [单选]如图所示，两根等长的绳子AB和BC在结点B吊一重物静止，两根绳子与水平方向夹角均为60°。现保持绳子AB与水平方向的夹角不变，将绳子BC逐渐缓慢地变化到沿水平方向，在这一过程中，绳子BC拉力的变化情况是( )

A．增大 B．先减小后增大

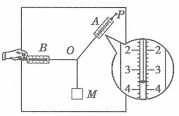
C．减小 D．先增大后减小

【解析】以结点B为研究对象，分析受力情况，根据三力平衡条件知，绳AB的拉力与绳BC的拉力的合力与重力大小相等、方向相反，作出将绳子BC逐渐缓慢地变化到沿水平方向过程中多个位置力的合成图，由几何知识得，绳子BC拉力先减小后增大。故选项B正确。

【答案】B

【点拨】此题采用图解法分析动态平衡问题，明确三力特点是基础，作图是方法，运用几何知识分析力的变化是关键。

探究力的合成法则

例4、某同学用如图所示的实验装置来探究“力的合成方法”，弹簧测力计A挂于固定点P，下端用细线挂一重物M。弹簧测力计B的一端用细线系于O点，手持另一端水平向左拉，使结点O静止在某位置。分别读出弹簧测力计A和B的示数，并在贴于竖直木板的白纸上记录O点的位置和拉线的方向。

(1)本实验用的弹簧测力计示数的单位为N，则图中A的示数为 N。

(2)下列不正确的说法是（请填写选项前对应的字母） 。

A．应测量重物M所受的重力

B．弹簧测力计应在使用前校零

C．拉线方向应与木板平面平行

D．改变拉力大小，进行多次实验，每次都要使O点静止在同一位置

【解析】(1)由图示可知，弹簧测力计分度值为0.2 N，其示数为3. 60 N。

(2)实验通过作出三个力的图示，来验证“力的平行四边形定则”，因此重物M的重力必须要知道，A正确。

弹簧测力计是测力的大小，所以要准确必须在使用之前校零，B正确。

拉线方向必须与木板平面平行，这样才能确保力的大小的准确性，C正确。

当结点O位置确定时，弹簧测力计A的示数也确定，由于重物的重力已确定，两力大小与方向均一定，因此弹簧测力计B的大小与方向也一定，所以不能改变拉力大小多次实验。故D错误。

【答案】(1)3.60 (2)D

# 第四章 牛顿运动定律

## 第1节 牛顿第一定律

教材内容精解

重点难点解读

一、理想实验的魅力

力与运动关系的不同认识

|  |  |
| --- | --- |
| 代表人物 | 对力和运动关系的看法 |
| 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，物体就处于静止状态 |
| 伽利略 | 如果没有摩擦阻力，运动的物体将保持这个速度一直运动下去 |
| 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 |

伽利略的理想斜面实验

（事实）如图所示，两个对接的斜面，让静止的小球沿一个斜面滚下，小球将滚上另一个斜面。

（推论）如果没有摩擦，小球将上升到释放时的高度。

（推论）减小第二个斜面的倾角，小球在这个斜面上仍然要达到原来释放时的高度。

（推论）继续减小第二个斜面的倾角，最后变成水平面，小球将沿水平面永远运动下去。

（结论）物体在水平面上做匀速运动时并不需要外力来维持。

伽利略的思想方法与意义

伽利略的思想方法

伽利略的理想斜面实验虽然是想象中的实验，但这个实验反映了一种物理思想，它是建立在可靠的事实基础之上的，以事实为依据，以抽象为指导，抓住主要因素，忽略次要因素，从而深刻地揭示了自然规律。

斜面实验的意义

1．第一次确立了物理实验在物理研究中的基础地位。

2．揭示了力不是维持物体运动的原因。

【特别提示】

1、“理想实验”在自然科学理论研究中有着重要的作用，但是理想实验方法也有一定的局限性。

2、“理想实验”只不过是一种逻辑推理的思维过程，它的作用只限于逻辑上的证明与反驳，而不能用来作为检验认识正确与否的标准。

二、牛顿物理学的基石—一腻性定律

牛顿第一定律

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力迫使它改变这种状态。

对牛顿第一定律的理解

牛顿第一定律揭示了一切物体都具有保持原来匀速直线运动状态或静止状态的性质，即一切物体都具有惯性，所以牛顿第一定律又叫惯性定律。

牛顿第一定律定性揭示了运动和力的关系，它说明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。

牛顿第一定律是牛顿在总结前人观念的基础上得出的，是在理想实验的基础上加以科学推理和抽象得到的。

牛顿第一定律无法由实验直接验证。它所描述的是一种理想状态。

物体的运动状态与运动状态的改变

描述物体运动状态的物理量是速度，运动状态是否改变由速度来衡量，物体的速度（大小或方向）改变了，我们就说物体的运动状态改变了。

物体运动状态的变化有以下三种情况：

①速度方向不变，只有大小改变；

②速度大小不变，只有方向改变；

③速度的大小和方向都改变。运动的物体不一定受力，但物体的运动状态改变时一定受到力的作用。

三、惯性与质量

惯性的定义

物体保持原来匀速直线运动状态或静止状态的性质叫做惯性。

惯性的“三性”

|  |  |
| --- | --- |
| 普遍性 | 一切物体皆有惯性，惯性是物体的固有属性 |
| 相关性 | 惯性仅与物体的质量有关，与受力或运动情况等无关 |
| 唯一性 | 质量是惯性大小的唯一量度 |

“惯性”与“力”

|  |  |
| --- | --- |
| 物体不受力时 | 惯性的体现：保持原来的运动状态，有“惰性”的意思 |
| 物体受力时 | 惯性的体现：质量越大，惯性越大，运动状态改变的“抵抗性”，越大，运动状态越难改变 |

状元速记

1．力和运动的关系：亚里士多德认为——力维持物体的运动；伽利略认为——物体的运动不需要力维持。

2.牛顿第一定律的核心：物饰不受外力时——静止或匀速直线运动；物体受力时——运动状态发生改变。

3．惯性是物体的属性，质量是惯性大小的唯一量度。

经典例题诠释

命题点一、伽利略的理想斜面实验

例1、理想实验有时能更深刻地反映自然规律。伽利略设想了一个理想实验，如图所示的斜面实验，其中有一个是实验事实，其余是推论。

①减小第二个斜面的倾角，小球在这个斜面上仍然要达到原来的高度。

②两个对接的斜面，让静止的小球沿一个斜面滚下，小球将滚上另一个斜面。

③如果没有摩擦，小球将上升到原来释放时的高度。

④继续减小第二个斜面的倾角，最后使它成一水平面，小球要沿水平面永远运动下去。

请将上述理想实验的设想步骤按照正确的顺序排列（只要填写序号即可）。

在上述的设想步骤中，有的属于可靠的事实，有的则是理想化的推论。下列关于事实和推论的分类正确的是( )

A①是事实，②③④是推论B②是事实，①③④是推论

C③是事实，①②④是推论D④是事实，①②③是推论

【解析】体会伽利略的理想实验，可知排列顺序为②③①④，分类正确的是选项B。

【答案】②③①④B

【点评】对理想实验的理解，应注意以下几点：

①真实实验是一种实践活动，是可以通过一定的实验器材和实验方法来实现的实验。

②理想实验是一种思维活动，是抽象思维中设想出来的、无法做到的实验。

③理想实验是以可靠事实为基础的实验。

命题点二、对牛顿第一定律的理解

例2、[单选]做自由落体运动的物体，如果下落过程中某时刻重力突然消失，物体的运动情况将是( )

A．悬浮在空中不动

B．速度逐渐减小

C．保持一定速度向下做匀速直线运动

D．无法判断

【解析】物体自由下落时，仅受重力作用，重力消失以后，物体将不受力，根据牛顿第一定律的描述，物体将以重力消失瞬间的速度向下做匀速直线运动，故选项C正确。

【答案】C

【点评】理解牛顿第一定律，应牢牢抓住两点：

①力是改变物体运动状态的原因；

②惯性有维持物体原来运动状态的性质。

命题点三、对惯性的理解

例3、[单选]下列说法中正确的是( )

A．掷出的铅球速度不大，所以其惯性很小

B．用力拍出的乒乓球速度很大，因此其惯性很大

C．相同的两辆车，速度大的比速度小的难以停下，是因为速度大的车惯性大

D．相同的两辆车，速度大的比速度小的难以停下，是因为速度大的车运动状态变化大

【解析】惯性的大小仅由质量来决定，铅球质量大，不管速度怎样，其惯性也大；而乒乓球则与其相反，尽管速度大，但质量小，其惯性也小，所以选项A、B错误。

对于选项C、D，相同的两辆车，惯性相同，要让速度大的车停下来，其运动状态变化大，因此较难停下，所以选项C错误，选项：D正确。

【答案】D

【点评】有关惯性大小的问题分析，要强化“质量是惯性大小的唯一量度”的观念。

例4、汽车速度越大，刹车时滑行距离越远，故有的同学认为速度越大惯性越大，对吗？

【解析】根据运动学公式及

可知，汽车初速度越大，刹车位移x和刹车时间t就越长。这与汽车质量无关，而质量是惯性大小的量度，质量大惯性就大，质量改变惯性也改变。如果速度大惯性就大，那么静止的物体就没有惯性。显然这种观点是错误的。

【答案】见解析

命题点四、惯性现象的分析

例4、[单选]交通法规中规定，坐在小汽车前排的司机和乘客都应系上安全常，这主要是为了减轻在下列哪种情况出现时可能对人造成的伤害( )

A．车速太快 B车速太慢 C．紧急刹车 D．突然启动

【解析】小汽车车速太快或太慢时，只要速度不发生变化，人就不会向前冲或向后仰，所以不会使人受伤，故选项A、B不符合题意。

当紧急刹车时，车停止而人由于惯性向前冲，安全带可以防止人向前冲而受伤，故选项C符合题意。

突然启动时，人会向后仰，有靠背支撑，安全带不起作用，故选项D不符合题意。

【答案】C

教材深度拓展

对惯性理解的四大误区

误区一、误认为运动的物体有惯性，静止的物体没有惯性

静止的物体总要保持静止（反抗从静到动），运动的物体总要保持运动（反抗从动到静），这就是物体具有惯性的体现。所以说，不论物体静止还是运动都具有惯性。

误区二、误认为运动速度大的物体惯性大

惯性的大小；物体运动速度的大小元关，它只与物体的质量大小有关，质量越大的物体惯性越大。例如，静止的篮球比静止的汽车容易运动起来；具有相同速度的篮球和汽车，篮球比汽车更容易停下来。

误区三、误认为重力越小，惯性越小

例如，同一物体在月球表面受到的引力只有在地球表面的六分之一，宇航员在月球上即使背上一个质量很大的背包也感觉不到沉重，但走起路来却要十分小心，不能突然移动或突然停止。因为背包的重力小了，但惯性并没有减小（因背包的质量没有减小）。质量很大的背包具有很大的惯性，当行走的宇航员突然停下来时，背包由于具有惯性将会继续向前运动，宇航员就会向前倾倒。

误区四、误认为惯性是一种特殊的力

产生这种想法的原因是认为物体的运动需要力来维持。事实上，如果正在运动的物体所受的外力瞬时消失，物体是不会停止运动的，而是以外力消失时刻的速度做匀速直线运动。这充分说明物体不需要任何外力来维持。

【特别注意】对惯性的理解，必须把握以下几点：

1、当物体所受合外力为零时，物体总能保持静止状态或匀速直线运动状态。

2、物体做变速运动过程中，当某时刻合外力为零后，物体一定保持此时速度的大小和方向做匀速直线运动。

3、要改变物体运动速度的大小和方向，必须有外力的作用。所以物体总有保持原来运动状态不变的性质，是物体本身固有的属性，即惯性，惯性是维持物体运动状态不变的原因。

二、惯性、惯性定律的区别与联系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 惯性 | 惯性定律 |
| 基本含义 | 物体的一种属性 | 物体运动的规律 |
| 理解要点 | ①与是否运动无关，与速度大小无关  ②与是否受力无关  ③与所在位置无关（在地球、月球上都一样）  ④只与质量有关 | ①物体的运动具有“惰性”，“力”是改变这种“惰性”的唯一原因  ②惯性越大，运动状态越难改变 |
| 与力的关系 | ①无关  ②惯性不是一种特殊的力 | 强调了“力”的作用效果——改变运动状态（产生加速度） |
| 联系与区别 | ①由于物体具有惯性，所以运动不需要力来维持  ②惯性是物体的属性，惯性定律是物体的运动规律 | |

高考零距离

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 常考考点 | 常设题型 | 考题难度 |
| 惯性 | 选择题 | 低 |

命题角度一、对理想斜面的认识

考例1、[2014．北京卷·单选]伽利略创造的把实验、假设和逻辑推理相结合的科学方法，有力地促进了人类科学认识的发展。利用如图所示的装置做如下实验：小球从左侧斜面上的O点由静止释放后沿斜面向下运动，并沿右侧斜面上升。斜面上先后铺垫三种粗糙程度逐渐降低的材料时，小球沿右侧斜面上升到的最高位置依次为1、2、3。根据三次实验结果的对比，可以得到的最直接的结论是( )

A．如果斜面光滑，小球将上升到与0点等高的位置

B．如果小球不受力，它将一直保持匀速运动或静止状态

C．如果小球受到力的作用，它的运动状态将发生改变

D．小球受到的力一定时，质量越大，它的加速度越小

【读题】(1)小球沿左侧斜面向下运动，然后滑上右侧斜面，斜面越粗糙，小球在右侧上升的高度越低。

(2)根据实验结果判断得到的最直接的结论。

【思路建立】小球在斜面上运动，最直接的结论应该是粗糙程度和小球上升的高度有关。

【解析】根据题意，铺垫材料的粗糙程度降低时，小球上升的最高位置升高，当斜面绝对光滑时，小球在斜面上没有能量损失，因此可以上升到与O点等高的位置，而B、C、D三个选项，从题目不能直接得出。所以选项A正确。

【答案】A

命题角度二、力与运动的关系

考例2、 [2013．海南卷·多选]科学家关于物体运动的研究对树立正确的自然观具有重要作用。下列说法符合历史事实的是( )

A亚里士多德认为，必须有力作用在物体上，物体的运动状态才会改变

B．伽利略通过“理想实验”得出结论：运动的物体必具有一定速度，如果不受力，它将以这一速度永远运动下去

C．笛卡儿指出：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

D．牛顿认为，物体具有保持原来匀速直线运动状态或静止状态的性质

【解析】

A错误：爱亚里士多德认为，必须有力作用在物体上，物体才能运动。

B正确：伽利略通过“理想实验”得出结论：力不是维持物体运动的原因，即运动的物体必具有一定速度，如果它不受力，将以这一速度永远运动下去。

C正确：笛卡儿指出：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，符合历史事实。

D正确：牛顿认为，物体具有保持原来匀速直线运动状态或静止状态的性质，符合事实。

【答案】BCD

## 第2节 实验：探究加速度与力、质量的关系

教材内容精解

重点难点解读

一、加速度与力、质量的关系

加速度与力的关系

实验方法——控制变量法

在该实验中有三个变量，为了研究问题方便，可使一个量不变，观察另外两个量的变化情况，这种方法称为控

制变量法。

加速度与力的关系

实验的基本思路：测量质量m一定的物体在不同的力

F作用下的加速度a，分析a与F的关系。

加速度与质量的关系

实验的基本思路：F一定，测量不同质量m的物体

在同一力F作用下的加速度a，分析a与m的关系。

猜想：F相同，m越大，a越小，是否有“a与m成反比”或“a与成反比”？

若a与m成反比，则a与成正比。

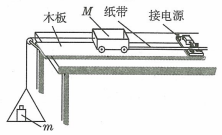
二、制定实验方案

两个物理量的测定

根据纸带计算或比较加速度a的方法

|  |  |
| --- | --- |
| 公式法 | 时，由得： |
| 推论法 | 由得： |
| 比较法 | ，，由得： |

测量小车所受到的拉力

如图所示，当小车质量远大于砝码质量时，即M >>m时，可认为mg。

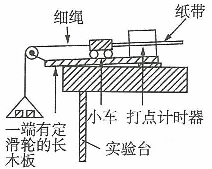
实验方案举例

方案1 用打点计时器进行实验探究

探究过程

1．用天平测出小车和小盘（包括其中重物）的质量分别为m、，并把数值记录下来。

2．按下图所示安装实验器材。



3．平衡摩擦力：把长木板不带滑轮的一端下面垫一 薄木块，反复移动薄木块的位置，直至使未连接小盘的小车在斜面上保持匀速直线运动状态，这时小车拉着纸带运动时受到的摩擦力恰好与小车所受重力沿斜面向下的分力相平衡。

4．将小盘（含重物）通过细绳系在小车上，先接通电源再放开小车，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此时所挂小盘（含重物）的重力。

5．保持小车的质量不变，增减小盘中的重物，重复步骤4多做几次实验，每次小车从同一位置释放，并记录好相应纸带和小盘（含重物）的重力。

6．保持小车所受的合力（即小盘和重物的总重力）不变，在小车上加重物，并测出小车和放上重物后的总质量，先接通电源再放开小车，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。

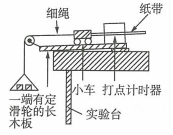
7．继续在小车上加放重物，重复上述步骤。

8．多做几次实验，记录好相应纸带相小车与重物的总质量。

9．分别用或等等方法求得加速度a，将得到的数据填入相应表格中，以便进行数据验证。

方案2 “比较法”进行实验探究

原理：采用下图所示的装置，两小车后端各系一条细绳，一起被一个夹子夹着而使小车静止。打开夹子，两小车同时开始运动，关上夹子，两小车同时停下来，用刻度尺测出两车位移，位移之比即为它们的加速度之比。



1．探究加速度与力的关系：

小车质量为200 g，两车上面均可加100 g左右的砝码。保持其中一个小盘和重物的总质量不变，另一个小盘和重物的总质量逐渐加大，但不要过大，测出每次的小盘和重物的总质量与对应的纸带距离。用得到的数据描绘图线，横轴用两车拉力之比表示，纵轴用加速度之比表示，其中，在误差范围内图像应为一条倾斜直线。

2．探究加速度与质量的关系：

一小车的质量固定为300 g，另一小车的质量可自200 g起，逐渐增加砝码至700～800 g，小车质量过大，会造成夹子夹不住车后的细绳，产生较大的位移误差，牵引小车的小盘和重物的总质量不变（以30 g~40 g为宜），测出每次小车的质量和对应的位移。用得到的数据描绘图线，横轴用两车质量之比表示，纵轴用加速度之比表示，其中，误差范围内图像应为一条倾斜直线。

五点注意

平衡摩擦力时不要挂小盘，整个实验平衡了摩擦力后，不管以后是改变小盘中重物的质量，还是改变小车上所加砝码的质量，都不需要重新平衡摩擦力。

实验时要先接通电源后放开小车。

实验中必须满足小车和小车上所加砝码的总质量远大于重物和小盘的总质量。只有如此，重物和小盘的总重力才可视为与小车受到的拉力相等。

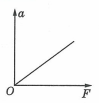
每次开始时小车应尽量靠近打点计时器（或尽量远离带滑轮的一端），且在小车到达滑轮前应按住小车。

作图像时，要使尽可能多的点落在所作直线上，不在直线上的点应尽可能对称分布在所作直线两侧，离直线较远的点应该舍去不予考虑。

三、实验数据处理

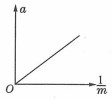
两种处理数据的方法

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 计算法 | m一定时，是否成立 | |
| F一定时，是否成立 | |
| 图像法 | 横坐标为F  纵坐标为a | 观察a -F图像是否为过原点的直线 |
| 横坐标为  纵坐标为a | 观察图像是否为过原点的直线 |

结论

当m不变时，得到的a-F图像如右图所示。

图像表明：当m一定时，在误差允许范围内，a与F成正比。

当F不变时，得到的图像如左图所示。图像表明：当F一定时，在误差允许范围内，a与m成反比。

状元速记

1．实验方法——控制变量法(F一定，分析a与m的关系；m一定，分析a与F的关系)。

2．实验的注意事项——平衡摩擦力、小车的释放位置、小车与砝码质量关系及作图要求等。

3．数据处理方式——计算比值或作图（a -F图像与图像）。

4．得出结论——F一定，，m一定，。

经典例题诠释

命题点一、控制变量法探究a与F、m的关系

例1、[单选]通过小车在拉力作用下的加速运动，来探究加速度、力、质量三者之间的关系，下列说法符合实际的是( )

A．通过同时改变小车的质量m及受到的拉力F的研究，能归纳出加速度、力、质量三者之间的关系

B．通过保持小车的质量不变，只改变小车受到的拉力的研究，就可以归纳出加速度、力、质量三者之间的关系

C．通过保持小车受力不变，只改变小车的质量进行分析研究，就可以得出加速度、力、质量三者之间的关系

D．先不改变小车的质量，研究加速度与力的关系；再不改变小车受到的拉力，研究加速度与质量的关系；最后归纳出加速度、力、质量三者之间的关系

【解析】探究加速度与力、质量的关系时，先使质量不变，研究加速度与力的关系；再使受到的拉力不变，研究加速度与质量的关系；最后总结出加速度、力、质量三者之间的关系。所以，只有选项D正确。

【答案】D

【点评】研究三个及三个以上的物理量之间的关系，要采用控制变量法

命题点二、实验方案设计与实验操作

例2、[2016．浙江温州中学高一期末·单选]某同学做“探究加速度与力和质量的关系”实验，如图所示是他正要释放小车时的情形，对此另一同学提出了实验改进的几点建议：

①应把长木板的右端适当垫高，以平衡摩擦阻力；

②应调整滑轮高度使细绳与长木板表面平行；

③应将打点计时器接在直流电源上；

④应使小车离打点计时器稍远些。

其中合理的是( )

A①② B．①④ C．②③ D．①②④

【解析】

①正确：将不带滑轮的木板一端适当垫高，在不挂沙桶的情况下使小车恰好做匀速运动，以使小车的重力沿斜面的分力和摩擦力抵消，那么小车受到的合力就是绳子的拉力。

②正确：调节滑轮高度，使拉小车的细绳和长木板平行，让力的方向和位移方向在同一直线上，避免拉力误差。

③错误：在探究“加速度与力和质量的关系”实验中，打点计时器使用频率为50 Hz的交流电。

④错误：开始释放时，应使小车靠近打点计时器一侧。

【答案】A

命题点三、实验注意事项

例3、[单选]在“探究加速度与力、质量的关系”的实验中，当力一定（小盘和重物的重力不变），探究加速度与质量的关系时，以下说法中正确的是( )

A平衡摩擦力时，应将小盘和重物用细绳通过定滑轮系在小车上

B．每次改变小车的质量时，不需要重新平衡摩擦力

C．实验时，先放开小车，再接通打点计时器的电源

D．求小车运动的加速度时，可用天平测出小车的质量m和小盘与重物的总质量，直接用公式a=求出

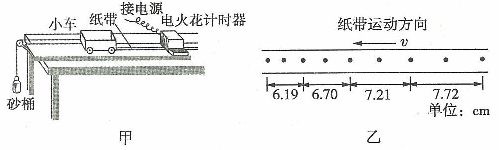
【解析】在平衡摩擦力时，不应将小盘和重物通过定滑轮系在小车上，而是在长木板不带滑轮的一端垫上薄木块并调整到恰当的位置，使小车能在长木板上带着纸带匀速下滑，改变小车质量后，不需要重新平衡摩擦力，故选项A错误，选项B正确。

操作时应先接通打点计时器的电源，再放开小车，故选项C错误。

牛顿第二定律（下节学习）是本实验要达到的目标，不能把它作为理论依据来计算加速度，其加速度只能从纸带提供的数据通过计算得出，故选项D错误。

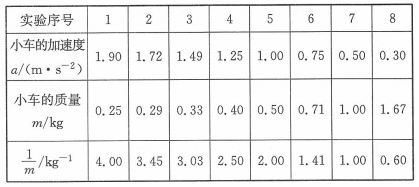
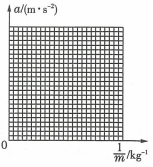
【答案】B

命题点四、实验数据处理

例4、某同学设计了一个探究加速度a与物体所受合力F及质量m关系的实验，图甲为实验装置简图(交变电流的频率为50 Hz)。

(1)图乙为某次实验得到的纸带，根据纸带可求出小车的加速度大小为 m/（结果保留两位有效数字）。

(2)保持砂和砂桶的总质量不变，改变小车质量m，分别得到小车的加速度a与质量m及对应的数据如下表：



请在如图所示的方格坐标系中画出图线，并依据图线求出小车的加速度a与质量倒数之间的关系式是 。

【解析】(1)在连续相等的时间间隔内，从纸带上可得到四段位移的大小，可以选用公式法计算加速度。

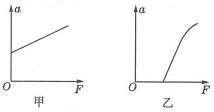
由题图乙可知=6.19 cm，=6. 70 cm， =7. 21 cm，=7. 72 cm，电火花计时器的打点周期T= =0. 02 s，

=≈3.2m/

(2)在坐标系中描点连线得图线如图所示，可得。

【答案】(1)3.2 (2)如图所示

命题点五、实验误差分析

例5、某同学利用小盘和重物牵引小车的方法，验证质量一定时加速度a与合力F的关系，根据实验数据作出了如图甲、乙所示的a—F图像，产生甲图像不过原点的原因是 ；产生乙图像不过原点且弯曲的原因是 。

【解析】甲图中，F=0，a≠0，说明小车重力沿木板的分力大于摩擦力，木板倾角过大，即平衡摩擦力过度。乙图中，F≠0，a=0，说明小车重力沿木板的分力小于摩擦力，即平衡摩擦力不足或未平衡摩擦力；当F较大，即小盘和重物的总质量较大时，小车的质量远大于小盘和重物的总质量这一条件得不到满足，图线变成曲线。

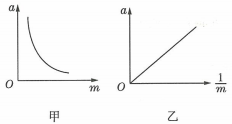
【答案】木板垫得过高 木板的倾角过小（或未垫木块平衡摩擦力），小盘和重物的总质量较大

教材深度拓展

一、描绘图像而不描绘a-m图像的原因

在探究拉力一定的条件下，物体的加速度跟物体质量的关系时，凭几组数据难以直接得出结论。但图像很直观，因此，我们可以借助图像寻求加速度与质量的关系。

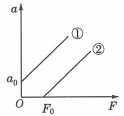
若以a为纵坐标，m为横坐标，描出的图线是一条曲线，如图甲所示，难以判断它们之间是不是反比例关系。实际上“a与m成反比”就是“a与成正比”，如果以为横坐标、加速度a为纵坐标建立坐标系，根据的图像是不是过原点的直线，就能判断加速度a是不是与质量m成反比，如图乙所示。采用图像，检查图线是不是过原点的倾斜直线就容易多了。这种“化曲为直”的方法是实验研究中经常采用的一种有效方法，在以后的学习中也会用到。



二、本实验应重点关注以下几点

平衡摩擦力时不要挂小盘，而且平衡了摩擦力后，不管以后是改变小盘和重物的质量还是改变小车的质量，都不需要重新平衡摩擦力。

如果没有平衡摩擦力或摩擦力没有平衡好，实验中作出的a-F或图像均不过原点。

如出现图中的直线①，说明平衡摩擦力时，平衡过度了，即拉力F=0时，已产生加速度，其加速度是由重力的分力与摩擦力的合力产生的。

若出现图中的直线②，说明平衡摩擦力不够或根本没有平衡摩擦力，因为拉力为时才产生加速度。

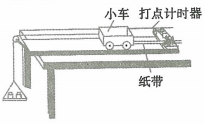
实验中必须满足小车的质量远大于小盘和重物的总质量。小盘和重物的总重力约等于小车所受的合外力，但会带来一定的误差。小车的质量与小盘和重物的总质量相差越大，这种误差越小。

作图像时，要使尽可能多的点落在所作直线上，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。

小车应靠近打点计时器且先接通电源待打点计时器工作稳定后再放开小车。

本实验误差种类及减小方法可总结如下：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 产生原因 | 减小方法 |
| 偶然误差 | 质量测量不准、计数点间距测量不准 | 多次测量求平均值 |
| 小车所受拉力测量不准 | ①准确平衡摩擦力  ②使细绳和纸带平行于木板 |
| 作图不准 | 使尽可能多的点落在直线上或均匀分布在直线两侧，误差较大的点舍去 |
| 系统误差 | 小盘及重物的总重力代替小车所受的拉力 | 使小盘和重物的总质量远小于小车的质量 |

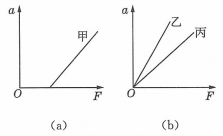
例、在探究加速度与力、质量的关系实验中，采用如图所示的实验装置，小车及车中砝码的质量用m表示，盘及盘中重物的总质量用表示，小车的加速度可由打点计时器打在纸带上的点计算出。

(1)当m与的大小关系满足 时，才可以认为绳对小车的拉力大小等于盘及盘中重物的总重力。

(2)一组同学在做加速度写质量的关系实验时，保持盘及盘中重物的质量一定，改变小车及车中砝码的质量，测出相应的加速度，采用图像法处理数据。为了比较容易地确定出加速度a与质量m的关系，应该作a与 的图像。

(3)如图(a)为甲同学根据测量数据作出的a-F图线，说明实验存在的问题是\_\_\_\_。

(4)乙、丙同学用同一装置做实验，画出了各自得到的a-F图线如图(b)所示，两个同学做实验时的哪一个物理量取值不同？



【解析】从实验原理入手，对照本实验的操作要求，弄清各图像的物理意义，讨论实验中处理数据的方法。

(1)当m>>时，才可以认为绳对小车的拉力大小等于盘及盘中重物的总重力。

(2)因由实验画出的a-m图线是一条曲线，难以判定它所对应的函数式，从而难以确定a与m的定量关系，所以在实验中应作图像来分析实验结果。

(3)图(a)为甲同学根据测量数据作出的a-F图线，图线没有过原点，而是与F轴交于一点，说明没有平衡摩擦力或平衡摩擦力不够。

(4)乙、丙同学用同一装置做实验，画出了各自得到的a-F图线，两图线的斜率不同，说明两个同学做实验时的小车及车中砝码的质量不同。

【答案】(1) m>> (2) (3)没有平衡摩擦力或平衡摩擦力不够 (4)小车及车中砝码的质量不同

高考零距离

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 常考考点 | 常设题型 | 考题难度 |
| 探究加速度与力、质量的关系 | 实验题 | 中 |

命题角度一、定性分析a与m或F的关系

考例1、[2014．全国I卷]某同学利用图 (a)所示实验装置及数字化信息系统获得了小车加速度口与钩码的质量m的对应关系图，如图(b)所示。实验中小车（含发

射器）的质量为200 g，实验时选择了不可伸长的轻质细绳和轻定滑轮，小车的加速度由位移传感器及与之相连的计算机得到。回答下列问题：

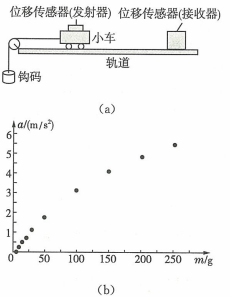
(1)根据该同学的结果，小车的加速度与钩码的质量成

（选填“线性”或“非线性”）关系。

(2)由图(b)可知，a-m图线不经过原点，可能的原因是

。

(3)若利用本实验装置来验证“在小车质量不变的情况下，小车的加速度与作用力成正比”的结论，并直接以钩码所受重力mg作为小车受到的合外力，则实验中应采取的改进措施是 ，钩码的质量应满足的条件是\_\_\_\_。



【读题】(1)题图(a)为探究加速度与力的关系的实验

装置。

(2)题图(b)为小车加速度与钩码质量相对应的各坐标点，各点不在一条直线上。

【思路建立】(1)将题图(b)中各点连线，观察图线是否为直线。

(2)a-m图线不经过坐标原点，跟横轴相交，这说明了什么问题？

(3)本实验中，小车质量和钩码质量有条件限制吗？

【解析】这是探究加速庋与力的关系的实验，即探究小车加速度与钩码质量的关系，所以该实验必须平衡摩擦力，并且要保证钩码的质量远小于小车（含发射器）的质量。

(1)由图像可知小车的加速度与钩码的质量成非线性

关系。

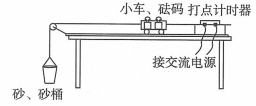
(2)a-m图线不经过原点，在m轴上有截距，即挂上钩码后小车加速度仍为零，可能的原因是存在摩擦力。

(3)本实验直接以钩码所受重力mg作为小车受到的合外力，则应采取的措施是调节轨道的倾斜程度以平衡摩擦力，钩码的质量应满足的条件是远小于小车的质量。

【答案】(1)非线性 (2)存在摩擦力 (3)调节轨道的倾斜程度以平衡摩擦力 远小于小车的质量

命题角度二、实验步骤与数据分析

考例2、[安徽卷改编]图为探究加速度与力、质量的关系的实验装置示意图。砂和砂桶的总质量为m，小车和砝码的总质量为M。实验中用砂和砂桶总重力的大小作为细线对小车拉力的大小。



(1)实验中，为了使细线对小车的拉力等于小车所受的合外力，先调节长木板一端滑轮的高度，使细线与长木板平行。接下来还需要进行的一项操作是( )

A．将长木板水平放置，让小车连着已经穿过打点计时器的纸带，给打点计时器通电，调节m的大小，使小车在砂和砂桶的牵引下运动，从打出的纸带判断小车是否做匀速运动

B．将长木板的一端垫起适当的高度，让小车连着已经穿过打点计时器的纸带，撤去砂和砂桶，给打点计时器通电，轻推小车，从打出的纸带判断小车是否做匀速运动

C．将长木板的一端垫起适当的高度，撤去纸带以及砂和砂桶，轻推小车，观察判断小车是否做匀速运动

(2)实验中要进行质量m和M的选取，以下最合理的一组是( )

A. M=200 g,m=10 g、15 g、20 g、25 g、30 g、40 g

B. M= 200 g,m.= 20 g、40 g、60 g、80 g、100 g、120 g

C. M=400 g,m=10 g、15 g、20 g、25 g、30 g、40 g

D. M=400 g,m=20 g、40 g、60 g、80 g、100 g、120 g

(3)下图是实验中得到的一条纸带，A、B、C、D、E、F、G为7个相邻的计数点，相邻的两个计数点之间还有四个点未画出，量出相邻的计数点之间的距离分别为：=4. 22 cm、=4.65 cm、=5.08 cm、=5.49 cm、=5.91 cm，=6.34 cm。已知打点计时器的工作频率为50 Hz，则小车的加速度a=\_\_\_\_ m/。（结果保留两位有效数字）



【解析】(1)在探究加速度与力、质量的关系实验中，为了使细线对小车的拉力等于小车所受的合外力，则需要平衡摩擦力，并使细线与长木板平行。平衡摩擦力的方法是只让小车牵引纸带（撤去砂及砂桶），纸带穿过打点计时器，并垫高长木板不带滑轮的一端．打点计时器接通电源工作。如果打出纸带上的点迹分布均匀，则说明小车做匀速运动。故选项B正确，选项A、C错误。

(2)实验中，为使细线对小车的拉力等于砂及砂桶的总重力，则M>>m，且尽可能地多做几组。故选项C最合理。

(3)根据题意，相邻计数点间的时间间隔为T=0.1 s，

根据得，

所以小车的加速度

=≈0.42m/

【答案】(1)B (2)C (3)0. 42

## 第3节 牛顿第二定律

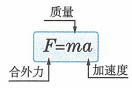
重点难点解读

一、牛顿第二定律和力的单位

内容

物体加速度的大小跟它受到的作用力成正比、跟

它的质量成反毙，加速度的方向跟作用力的方向

相同。

公式：

力的单位

在国际单位制中，力的单位是牛顿，符号是N，它是根据牛顿第二定律定义的：使质量为1 kg的物体产生1 m/加速度的力为1N。即1N=1 kg•m/。

F =kma中k的含义

根据F =kma知，，在国际单位制中k=1。

二、对牛顿第二定律的理解

牛顿第二定律的“性质”

|  |  |
| --- | --- |
| 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= rna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， |

合外力、加速度、速度的关系

当合外力方向与速度方向相同时，即加速度方向与速度方向相同时，物体做加速运动，反之做减速运动。

加速度的方向（或合外力的方向）与运动方向（或速度方向）无关。

物体的运动情况取决于物体所受的合外力和物体的初始条件（即初速度）的关系，很多同学容易忽视初始条件，从而导致不能正确地分析物体的运动过程。

定义式，即加速度定义为速度变化量与所用时间的比值，则揭示了加速度取决于物体所受的合外力与物体的质量，即是加速度的决定式。

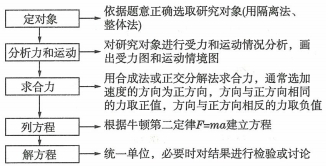
牛顿第一定律不是牛顿第二定律的特例

牛顿第一定律并不是牛顿第二定律F=0时的特殊情况，因为牛顿第一定律描述了物体不受外力时的运动状态，是一种理想情况，有其自身的物理意义和独立地位，同时还引入了惯性的概念。

牛顿第一定律是牛顿第二定律的基础，第一定律指出了力和运动的关系：力是改变物体运动状态的原因，完善了力的内涵，但没有说明力是怎样改变物体运动状态的，而第二定律则进一步定量地给出了决定物体加速度的因素，揭示了力和物体加速度之间的定量关系。

三、应用牛顿第二定律解题的步骤与方法

解题的一般步骤



解题的常用方法

矢量合成法

当物体只受两个力作用时，应用平行四边形定则求出两个力的合力，然后由牛顿第二定律可求出加速度的大小和方向，加速度的方向与物体所受合力的方向相同。

正交分解法

当物体受到三个或三个以上力的作用时，常用正交分解法求物体所受的合力，然后应用牛顿第二定律求加速度。在实际应用中常将力进行分解，通常以加速度a的方向为x轴正方向，建立直角坐标系，将物体所受的各个力分解在x轴和y轴上，分别得到x轴和y轴上的合力和。根据力的独立作用原理，各个方向上的力分别产生各自的加速度，得方程 =ma，=0。

状元速记

1．牛顿第二定律表达式：F=ma。

2．关注a与F的矢量性（两者同方同）、瞬时性（两者同时产生、同时消失）。

3．利用牛顿运动定律解题的步骤：确定研究对象；分析力和运动特点；列式求解。

经典例题诠释

命题点一、对牛顿第二定律的理解

例1、[2012．海南卷·单选]根据牛顿第二定律，下列叙述正确的是( )

A．物体加速度的大小跟它的质量和速度大小的乘积成反比

B．物体所受合力必须达到一定值时，才能使物体产生加速度

C．物体加速度的大小跟它所受作用力中的任一个力的大小成正比

D．当物体质量改变但其所受合力的水平分力不变时，物体水平加速度大小与其质量成反比

【解析】由牛顿第二定律知，物体加速度的大小跟物体的质量成反比，跟所受合力的大小成正比，故可判断选项A、C错误。

物体所受合力的大小只要不为0，物体就有加速度，选项B错误。

牛顿第二定律在某一方向上受力仍然适用，选项D正确。

【答案】D

命题点二、运动和力的关系

例2、[2016．杭州二中高一期末·单选]轻弹簧下端挂一重物，手执弹簧上端使物体向上做匀加速运动。当手突然停止时，物体的运动情况是( )

A．立即向上做减速运动

B．上升过程中先加速后减速

C．上升过程中加速度越来越大

D．上升过程中加速度越来越小

【解析】手停止运动前，物体向上做匀加速运动，加速度向上，根据牛顿第二定律知：弹簧对物体的弹力大于物体的重力。当手突然停止时，弹簧的弹力不能突变，开始阶段，弹力仍大于重力，则物体做加速运动，随着物体向上运动，弹簧的伸长量逐渐减小，弹力减小，当弹簧的弹力小于物体的重力后，物体所受的合力向下，开始做减速运动。所以物体在上升过程中先加速后减速。

【答案】B

命题点三、牛顿第二定律的基本应用

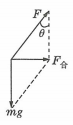
例3、如图所示，沿水平方向做匀变速直线运动的车厢中，悬挂小球的悬线偏离竖直方向0=37°角。小球和车厢相对静止，小球的质量为1 kg。(g取10，sin 37°=0.6，cos 37°=0.8)求：

(1)车厢运动的加速度；

(2)悬线对小球的拉力大小。

【思路建立】(1)小球所受合力的方向与加速度的方向相同吗？

(2)小球受两个力作用，采用矢量合成法还是正交分解法分析力？

【解析】(1)由于车厢沿水平方向运动，且小球和车厢相对静止，所以小球加速度（或所受合力）的方向水平向右。

选小球为研究对象，受力分析如图所示，

由牛顿第二定律得 =mgtanθ=ma，

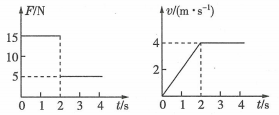
小球的加速度a=gtan 37°=g=7.5 m/。

(2)悬线对小球的拉力大小为

=N=12.5N

【答案】(1)7.5 m/ (2)12.5 N

例4、粗糙的水平地面上一物体在水平拉力作用下做直线运动，水平拉力F及运动速度可随时间变化的图像分别如图所示。重力加速度g取10 m/。求：



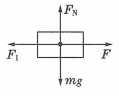
(1)前2s内物体运动的加速度和位移；

(2)物体的质量m和物体与地面间的动摩擦因数μ。

【解析】(1)由v-t图像可知，物体在前2s内做匀加速直线运动，前2s内物体运动的加速度为

m/

前2s内物体运动的位移为=4m

 (2)物体受力如图所示。

对于前2s，由牛顿第二定律得F =ma，=μmg

2s后物体做匀速直线运动，由二力平衡条件得F’=

由F一t图像知F=15 N，F’=5 N

代入数据解得m=5 kg，μ=0.1。

【笞案】(1)2 m/ 4 m (2)5 kg 0.1

【点评】解答本题时应注意以下三点：

①根据图像将物体的运动过程及受力进行分段分析；

②弄清每一段的受力特点和运动特点；

③分析物体是否还受其他力的作用。

教材深度拓展

一、牛顿第一、第二定律的区别与联系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 牛顿第一定律 | 牛顿第二定律 |
| 要点 | ①物体不受外力或所受外力为零时，物体将保持原来的运动状态  ②力是改变物体运动状态的原因  ③一切物体都具有惯性 | ①物体加速度和力的大小关系  ②物体加速度和质量的大小关系 |
| 联系与区别 | 牛顿第二定律是对牛顿第一定律的第二个要点的量化和补充 | |
| 牛顿第一定律定性说明了物体本身具有的属性，牛顿第二定律则说明了三个物理量的定量关系 | |
| 牛顿第一定律的范围比牛顿第二定律广泛 | |

二、牛顿第二定律的瞬时应用

两种“模型”

根据牛顿第二定律知，加速度与合力存在瞬时对应关系。分析物体的瞬时问题，关键是分析瞬时前后的受力情况和运动状态，再由牛顿第二定律求出瞬时加速度，此类问题应注意两种基本模型的建立。

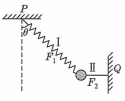
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | “绳”或“线”类 | “弹簧”或“橡皮筋”类 |
| 不同 | 只能承受拉力，不能承受压力 | 弹簧既能承受拉力，也能承受压力；橡皮筋只能承受拉力，不能承受压力 |
| 将绳和线看做理想化模型时，无论受力多大（在它的限度内），绳和线的  长度不变，但绳和线的张力可以发生突变 | 由于弹簧和橡皮筋受力时，其形变较大，形变恢复需经过一段时间，所以弹簧和橡皮筋的弹力不可以突变 |
| 相同 | 质量和重力均可忽略不计，同一根绳、线、弹簧或橡皮筋两端及中间各点的弹力大小相等 | |

解决此类问题的基本方法

分析原状态（给定状态）下物体的受力情况，求出各力大小（若物体处于平衡状态，则利用平衡条件；若处于加速状态，则利用牛顿运动定律）。

分析当状态变化时（烧断细线、剪断弹簧、抽出木板、撤去某个力等），哪些力变化，哪些力不变，哪些力消失（被剪断的绳、弹簧中的弹力，发生在被撤去物体接触面上的弹力都立即消失）。

求物体在状态变化后所受的合外力，利用牛顿第二定律，求出瞬时加速度。

例1、[多选]如图所示，质量为m的小球与弹簧Ⅰ和水平细绳Ⅱ相连，Ⅰ、Ⅱ的另一端分别固定于P、Q两点。小球静止时，Ⅱ中拉力的大小为，Ⅱ中拉力的大小为，当仅剪断Ⅰ、Ⅱ其中一根的瞬间，小球的加速度a应是( )

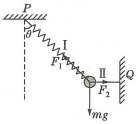
A．若剪断Ⅰ，则a=g，方向竖直向下

B．若剪断Ⅱ，则，方向水平向左

C．若剪断Ⅰ，则，方向沿Ⅰ的延长线方向

D．若剪断Ⅱ，则a=g，方向竖直向上

【思路建立】对物体进行受力分析时，既要分析运动状态变化前的受力，又要分析运动状态变化瞬间的受力，从而根据牛顿第二定律确定加速度。

【解析】没有剪断Ⅰ、Ⅱ时小球受力情况如图所示。在剪断Ⅰ的瞬间，由于小球的速度为0，绳Ⅱ上的力突变为0，则小球只受重力作用，加速度为g，选项A正确，选项C错误。

若剪断Ⅱ，由于弹簧的弹力不能突变，与重力的合力大小仍等于，所以此时加速度为a=，方向水平向左，选项B正确，选项D错误。

【答案】AB

例2、[2017．福建泉州南安一中期末·单选]如图所示，竖直放置在水平面上的轻质弹簧上放着质量为2 kg的物体A，系统处于静止状态。若将一个质量为3 kg的物体B竖直向下轻放在A上的一瞬间，则B对A的压力大小为(g取10m/)( )

A．30 N B．0 N

C．15 N D．12 N

【解题指导】关注几点：①物体A在弹簧上静止，弹簧的弹力是多少？②物体B轻放于物体A上，“轻放”是什么意思？③题目求解的是“一瞬间”压力的大小，此压力是变化的吗？

【解析】开始时弹簧的弹力等于A的重力，即F=g=

20 N，物体A放到B上的瞬间，弹簧弹力不变，对整体分析，根据牛顿第二定律得

=6 m/，

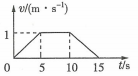
隔离B分析，有g-N=a，则N= (g-a) =3×(10-6) N=12 N。

【答案】D

高考零距离

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 常考考点 | 常设题型 | 考题难度 |
| 牛顿第二定律的应用 | 选择题 | 中或难 |

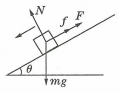
命题角度一、结合v-t图像，利用F= ma分析力F的变化

考例1、[2016．海南卷·单选]沿固定斜面下滑的物体受到与斜面平行向上的拉力F的作用，其下滑的速度—时间图线如图4-3 -11所示。已知物体与斜面之间的动摩擦因数为常数，在0～5 s、5～10 s、10～15 s内F的大小分别为、和，则( )

A. < B.> C. > D.=

【读题】物体沿斜面下滑，有三个状态，分别是加速、匀速、减速。摩擦力、拉力方向都沿斜面向上，分析在0～5 s，5～10 s，10～15 s内F的大小关系。

【思路建立】根据物体的运动情况分析受力情况，关键是由速度—时间图像分析物体在各段时间内的加速度。

【解析】根据v-t图像可以知道，在0～5s内加速度大小为0.2 m/，方向沿斜面向下；在5～10 s内，加速度=0;在10～15 s内加速度大小为 =0.2 m/，方向沿斜面向上。受力分析如图所示。

在0～5 s内，根据牛顿第二定律：mgsinθ-f-=m，

则： = mgsinθ-f -0. 2m;

在5～10 s内：mgsinθ-f-=m，

则：= mgsinθ-f；

在10～15 s内： f+- mgsinθ=m，

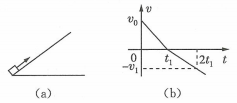
则： = mgsinθ-f+0. 2m

故可以得到： >> ，故选项A正确。

【答案】A

命题角度二、结合v-t图像，灵活应用F=ma

考例2、[2015．全国I卷·多选]如图 (a)所示，一物块在t=0时刻滑上一固定斜面，其运动的v-t图线如图(b)所示。若重力加速度及图中的、、均为已知量，则可求出( )



A斜面的倾角

B．物块的质量

C．物块与斜面间的动摩擦因数

D\_物块沿斜面向上滑行的最大高度

【读题】①通过图像可知物块在斜面上的运动情况。

②判断：有哪些量可根据图像所给的信息求出。

【思路建立】①思考v-t图像“斜率”和“面积”表示的物理意义。

②分析向上滑行和向下滑行时的受力有何不同。

③判断应用什么规律分析求解。

【解析】由题图(b)可以求出物块上升过程中的加速度为，下降过程中的加速度大小为。物块在上升和下降过程中，由牛顿第二定律得mgsinθ+m，mgsinθ-m，由以上各式可求得sinθ=，滑动摩擦为，

而=μ=μmgcos日，由以上分析可知，选项A、C正确。

由v-t图像中横轴上方的面积可求出物块沿斜面上滑的最大距离，从而可以求出物块沿斜面向上滑行的最大高度，选项D正确。

【答案】ACD

命题角度三、利用F=ma分析连接体问题

考例3、[2015．全国Ⅱ卷·多选]在一东西向的水平直铁轨上，停放着一列已用挂钩连接好的车厢。当机车在东边拉着这列车厢以大小为a的加速度向东行驶时，连接某两相邻车厢的挂钩P和Q间的拉力大小为F；当机车在西边拉着车厢以大小为a的加速度向西行驶时，P和Q间的拉力大小仍为F。不计车厢与铁轨间的摩擦，每节车厢质量相同，则这列车厢的节数可能为( )

A8 B．10 C．15 D.18

【读题】(1)车厢分为两部分，以加速度a向东运动或以加速度a向西运动时，两部分之间的拉力都为F。

(2)判断车厢可能的节数。

【思路建立】(1)机车向东或向西运动时，依据什么关系列式？

(2)根据列出的方程，找出机车车厢数量之间满足的关系，判断车厢节数的可能性。

【解析】设该列车厢分为P、Q两部分。该列车厢有n节，Q部分为节，每节车厢质量为m，当加速度为a时，对Q有F=ma；当加速度为a时，对P有F=

(n- )ma，联立得2n= 5。当=2，=4,6时，n=5，n=10，n=15，由题中选项得该列车厢节数可能为10或15，选项B、C正确。

【答案】BC

## 第4节 力学单位制

教材内容精解

重点难点解读

一、基本单位和导出单位

基本单位

基本量的单位叫做基本单位。

如长度、质量、时间的基本单位是米(m)、千克(kg)、秒(s)。

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。例如取长度单位为m，时间单位为s，由加速度的关系式a可知它的单位是m/。

二、单位制

单位制

基本单位和导出单位在一起组成了单位制。选择的基本物理量不同或选择的基本物理量的基本单位不同就组成了不同的单位制。

例如在力学中曾出现过厘米、克、秒制和米、千克、秒制两种不同的单位制。在工程技术领域还有英尺、秒、磅制等单位制。

国际单位制

国际单位制中的七个基本物理量和相应的基本单位如下表。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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（公斤） | kg |
| 时间 | t | 秒 | S |
| 电流 | I | 安[培] | A |
| 热力学温度 | T | 开[尔文] | K |
| 物质的量 | N，（ν） | 摩[尔] | mol |
| 发光强度 | I，（） | 坎[德拉] | cd |

力学中的国际单位制

在力学范围内，国际单位制中的基本量有三个：长度、质量和时间，它们的单位分别是米(m)、千克（kg）、秒(s)。其他物理量的单位为导出单位，常见的如下表。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 物理量 | 符号 | 导出单位名称 | 导出单位符号 | 和基本单位的关系 |
| 速度 | v | 米/秒 | m/s | —— |
| 加速度 | a | 米/ | m/ | —— |
| 力 | F | 牛顿 | N | kg•m/ |
| 功 | W | 焦耳 | J | kg•/ |
| 压强 | p | 帕斯卡 | Pa | kg/（m• |

单位制在物理计算中的作用

根据单位制中的基本单位和导出单位，可以利用物理公式推导出其他物理量的单位，并确定该公式的比例常数。例如，在国际单位制中，根据牛顿第二定律，使质量为1 kg的物体产生1m/加速度的力为1N，即1 N=1 kg•m/，这时F=kma中，k=1，所以F=ma。

根据物理量的单位可以发现错误。在查阅资料或进行计算的过程中，如果发现某公式在单位上有问题，或者所求结果的单位与采用单位制中该量的单位不一致，那么该公式或计算结果肯定是错误的。

简化计算过程的单位表达。在解题时，计算过程中不用写出各个量的单位，只要在式子末尾写出所求量的单位即可。

【拓展】物理公式与数学公式的区别。

学习物理，不能把物理公式单纯当成数学公式去理解，因为物理公式不仅表示各量间的数值关系，还表示它们的单位关系、方向关系和特定的因果关系。

经典例题诠释

命题点一、对单位制的理解

例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\_\_\_\_。

(2)在国际单位制中，被选定的基本量有 。

(3)在国际单位制中的基本单位有 ，属于导出单位的有 。（均选填字母的代号）

【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”。

【答案】

(1)A、D、E、H、I (2)E、H、I (3)F、J B、C

【点评】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。

命题点二、物理量单位的推导与判断

例2、选定了长度的单位m、质量的单位kg、时间的单位s之后，就足以导出力学中其他所有的物理量的单位，但导出时必须依据相关的公式。现有一个物理量，其表达式为A=，其中M是质量，r是长度，又已知G的单位是N••，据此能否推知A是什么物理量？

【解析】A=相应的单位是====m/s

该表达式是速度的单位，所以物理量A是速度。

【答案】速度，推导过程见解析

【技巧】物理量的每一个单位都可用国际单位制中的基本单位来表示，因此利用等式左右两边单位相等，既可以把等式左、右两侧的单位化成国际单位制中的基本单位判断表达式是否正确，也可以判断表达式中的某个物理量或常数的单位。

## 第5节 牛顿第三定律

教材内容精解

重点难点解读

一、作用力和反作用力

力的作用是相互的

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 实例分析 | 说明 |
| 重力 | 苹果受重力作用落向地面的同时，地球也受苹果的作用力 | ①研究对象为受力物体的同时也为施力物体  ②受到的力与反作用的力同时存在 |
| 弹力 | 吊环给运动员向上的弹力的同时，运动员也给吊环向下的力 |
| 摩擦力 | 板擦对黑板产生摩擦力的同时，黑板对板擦也产生摩擦力 |
| 结论 | 两个物体间的作用力是相互的，是施力物体的  同时也一定是受力物体 | |

作用力和反作用力

两个物体间相互作用的这一对力，叫做作用力和反作

用力。

只要有力发生，就一定有受力物体和施力物体。

物体间力的作用是相互的，说明力是成对出现的。

作用力和反作用力是相对的，其中一个力是作用力，另一个力就是反作用力。

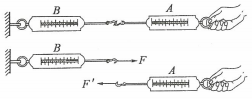
人走路时受到三个力的作用，即重力、地面的支持力和地面对人的摩擦力，力的作用总是相互的，这三个力的反作用力分别是人对地球的吸引力、人对地面的压力和人对地面的摩擦力，所以人走路时与地球间有三对作用力和反作用力。

二、牛顿第三定律

实验探究

如图所示，把两个弹簧测力计A和B连接在一起，用手拉弹簧测力计A，A对B的作用力为F，B对A的作用力为F’。

实验结论：弹簧测力计A无论快拉还是慢拉，拉力大还是小，F和F’始终大小相等，方向相反。



定律内容

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。

表达式

F= -F’（式中的“-”号表示作用力F与F'的方向相反）。

牛顿第三定律的“六性”

|  |  |
| --- | --- |
| 同时性 | 作用力与反作用力总是同时产生、变化或消失，成对出现 |
| 等值性 | 作用力与反作用力总是大小相等，与作用效果无关 |
| 同性质 | 作用力与反作用力一定是同种性质的力 |
| 异体性 | 作用力与反作用力分别作用在两个不同的物体上 |
| 共线性 | 作用力与反作用力总在一条直线上，但方向相反 |
| 普遍性 | 牛顿第三定律的成立与物体大小、形状及运动状态无关 |

【特别提示】牛顿第三定律的意义：牛顿第一定律、牛顿第二定律是对单个物体（质点）而言的，只解决了一个物体运动规律的问题，牛顿第三定律解决了物体间的相互作用问题，因此，牛顿第一定律、牛顿第二定律和牛顿第三定律的结合才能比较全面地反映机械运动的特点。

三、物体的受力分析

受力分析

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

受力分析的常用方法

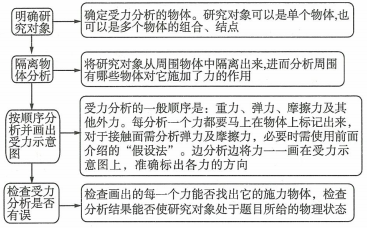
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 整体法 | 隔离法 | 假设法 |
| 概念 | 将加速度相同的几个物体作为一个整体来分析的方法 | 将研究对象与周围物体分隔开来分析的方法 | 对研究对象的某个力作出假设存在或不存在，然后根据对物体运动状态是否改变判断该力是否存在的方法 |
| 选用原则 | 研究系统外的物体对系统整体的作用力或系统整体的加速度 | 研究单个物体所受的作用力 | 不能确定某力  是否存在时 |
| 注意问题 | 受力分析时不要再考虑系统内物体间的相互作用 | 一般隔离受力较少的物体 | 要结合物体运动状态的变化分析 |

【特别提示】

1、整体法、隔离法、假设法在受力分析时要灵活选用，有时为了研究问题方便，这些方法要交叉使用。

2、当某一个力不易直接分析时，可以转换研究对象，分析该力的反作用力，根据其反作用力的大小和方向来确定该力的大小和方向。

受力分析的一般步骤



【特别提示】受力分析中最易出现的错误是漏掉一些力、添加一些实际上不存在的力。为防止这种错误的出现，一定要严格按照上面所说的顺序分析。防止添加力的方法：即每个力都应有施力物体，若不存在施力物体，则该力不存在。防止漏力的方法：分析完后复查各接触处，即“再到接触处去找力”。

受力分析时应注意的六个问题

受力分析时，必须确定研究对象，并把研究对象从周围环境中隔离出来，建立恰当的物理模型。

只分析研究对象所受的力，不分析研究对象对其他物体施加的力。

例如以A物体为研究对象，则要找出“甲对A”“乙对A”……的力，而“A对甲”“A对乙”……的力就不是A物体所受到的力。

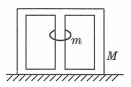
对于分析出的物体受到的每一个力，都必须明确其来源，即每一个力都应找出其施力物体，不能无中生有，也不能丢三落四，既不能少力，也不能多力。

只分析根据性质命名的力，如重力、弹力、摩擦力等，不分析根据效果命名的力，如下滑力、动力、阻力等。

区分内力和外力。对几个物体的整体进行受力分析时，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，要画在受力示意图上。

画受力示意图时，一般把物体看做质点，可把物体受到的各个力的作用点都画在其重心上。

状元速记

1．作用力与反作用力的特点：大小相等、方向相反、两力在一条直线上、作用在不同物体上。

2．作用力与反作用力的性质——相同。 ………

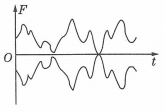
3．作用力、反作用力与一对平衡力的关系。

①相同点——大小关系（相等）、方向关系（相反）、空间关系（共线）。

③不同点——作用对象、作用效果、力的性质。

经典例题诠释

命题点一、对作用力与反作用力的理解

例1、 [单选]如图是利用计算机记录的卫星发射时火箭和卫星之间的作用力和反作用力的变化图线，根据图线可以得出的结论是( )

A．作用力大时，反作用力小

B．作用力和反作用力的方向总是相反的

C．作用力和反作用力是作用在同一个物体上的

D．牛顿第三定律在物体处于非平衡状态时不再适用

【解析】图像中的两条图线对应的纵坐标大小相等、一正一负，故选项A错误，选项B正确。

作用力与反作用力分别作用在两个相互作用的物体上，选项C错误。

在任何情况下，两物体之间的作用力和反作用力都遵守牛顿第三定律，选项D错误。

【答案】B

命题点二、对牛顿第三定律的理解与应用

例2、[多选]跳高运动员从地面跳起，下列说法中正确的是( )

A．运动员对地面的压力等于运动员受到的重力

B．地面对运动员的支持力大于运动员对地面的压力

C．地面对运动员的支持力大于运动员受到的重力

D．地面对运动员的支持力的大小等于运动员对地面的压力的大小

【解析】跳高运动员要从地面跳起，必须具有竖直向上的加速度，根据牛顿第二定律可以理解为运动员必定受到了向上的合外力。运动员在地面上时，受到本身的重力和地面对他的支持力的作用，因为合外力向上，则地面对运动员的支持力必定大于运动员的重力；地面对运动员的支持力与运动员对地面的压力是一对作用力与反作用力，必定大小相等、方向相反。根据以上分析可知选项C、D正确。

【答案】CD

命题点二、牛顿第三定律的综合应用

例3、一个箱子放在水平地面上，箱内有一固定的竖直杆，在杆上套着—个环，箱子与杆的质量为M，环的质量为m，如图所示。已知环沿杆以加速度a匀加速下滑，则此时箱子对地面的压力大小为多少？

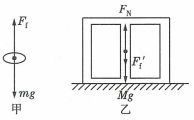
【解析】环在竖直方向受力如下图甲所示，根据牛顿第二定律得mg- =ma ①

箱子受力如图乙所示

根据平衡条件得Mg+-=0 ②

由牛顿第三定律得=F; ③

解①②③式得=(M+m)g-ma，



根据牛顿第三定律，箱子对地面的压力为

=（M+m）g-ma。

【答案】(M+m) g-ma

【点评】本题转换研究对象，先求出了地面对箱子的支持力，但最后需要说明箱子对地面的压力，这一步容易疏漏。

命题点四、物体的受力分析

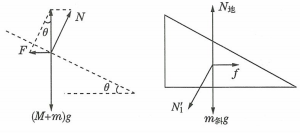
例4、[单选]下表面粗糙、其余面均光滑的斜面置于粗糙水平地面上，物体A放在斜面上，斜面与物体A的倾角相等，小物体B放在A上，在水平向左大小为F的恒力作用下，A、B及斜面均处于静止状态，如图所示。现将小物体B从A的上表面取走，则( )

A．仍保持静止 B．A对斜面的压力不变

C斜面可能向左运动 D．斜面对地面的压力变小

【解析】设A、B的质量分别为M和m，以A、B整体

为研究对象受力分析如左图所示



根据平衡条件有：F= (M+m) gtanθ，取走质量为m的B后，因为沿斜面方向Fcosθ=(M+m) gsinθ>Mgsinθ，所以A将向上滑动，故选项A错误。

B在A上时，斜面对A的支持力N=Fsinθ+(M+m)gcosθ，当取走质量为m的B后，斜面对A的支持力=F sinθ+Mgcosθ，根据牛顿第三定律知，A对斜面的压力减小，故选项B错误。

以斜面为研究对象，受力分析如右图所示。B在A上时，斜面受到地面的静摩擦力f=F=(M+m) gtanθ，取走质量为m的B后，A对斜面的压力减小，压力在水平方向的分力减小，地面对斜面的静摩擦力减小，所以斜面仍保持与地面静止，故选项C错误。

以斜面A和物体B整体为研究对象，B在A上时，地面对斜面的支持力等于斜面、A、B三者重力之和，

取走质量为m的B后，支持力等于斜面和A的重力

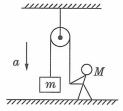
之和，故选项D正确。

【答案】D

教材深度拓展

一、一对作用力与反作用力和一对平衡力的比较

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 一对作用力与反作用力 | 一对平衡力 |
| 作用对象 | 两个力分别作用在两个物体上 | 两个力作用在同一物体上 |
| 涉及物体 | 两个力涉及两个物体 | 两个力涉及三个物体 |
| 叠加特点 | 不可以求合力，两个力的作用效果不可抵消，不可叠加 | 可以求合力，且合力一定为零，两个力的作用效果可相互抵消，可叠加 |
| 力的性质 | 两个力的性质一定相同 | 两个力的性质不一定相同 |
| 作用效果 | 两个力的作用效果分别表现在相互作用的两个物体上，各自独立产生作用效果 | 两个力共同作用的效果是使物体处于平衡状态 |
| 依赖关系 | 两个力一定同时产生、同时变化、同时消失，不可单独存在 | 不存在依赖关系，撤去一个力时另一个力可依然存在，只是受力不再平衡 |
| 共同点 | 大小相等、方向相反、作用在同一条直线上 | |

例1、[单选]质量为M的人站在地面上，用绳通过滑轮将质量为m的重物从高处放下，如图所示。若重物以加速度a下降（a<g），则人对地面的压力为( )

A．(M+m) g-ma B．M( g-a) -ma

C．(M-m) g+ma D．Mg-ma

【思路建立】



【解析】以重物为研究对象，受力分析如图甲所示。

由牛顿第二定律得mg- F=ma，

所以绳子上的拉力F= mg-ma。

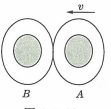
以人为研究对象，受力分析如图乙所示。

由平衡条件得F+ =Mg，所以=Mg-F=Mg+ma-mg，由牛顿第三定律知，人对地面的压力等于地面对人的支持力，所以=(M-m) g+ma。

【答案】C

二、生活中的神奇现象

如果你是一个有心人，会发现生活中有很多神奇现象，其中有些现象可以用物理知识加以解释。

例2、有人做过这样一个实验：如图所示，把生鸡蛋A快速向另一个完全一样的静止的生鸡蛋B撞去（用同一部位撞击），结果每次都是被撞击的鸡蛋B被撞破，这是为什么呢？

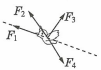
【解析】以上现象不是巧合，这里面有两个物理学原理：牛顿第三定律和惯性。假设用鸡蛋A去碰静止的鸡蛋B，由于鸡蛋A在碰撞前有速度，碰撞瞬间蛋壳停下了，由于惯性，A鸡蛋里面的物质仍然有向原来运动方向运动的趋势，虽然两鸡蛋接触处的碰撞力大小相等，但接触处A蛋壳还受到鸡蛋里面物质对它的作用力，使A蛋壳所受合外力小于B蛋壳所受合外力，所以A蛋壳不会破，而B蛋壳会破。

【答案】见解析

高考零距离

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 常考考点 | 常设题型 | 考题难度 |
| 牛顿第三定律 | 选择题 | 低 |

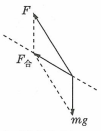
命题角度一、力与运动的矢量性

考例1、[2015．上海卷·单选]如图所示，鸟沿虚线斜向上加速飞行，空气对其作用力可能是( )

A． B． C ． D．

【读题】鸟沿虚线斜向上加速飞行，分析空气对鸟的作用力的方向。

【思路建立】乌在飞行过程中，除鸟的重力、空气对鸟的作用力外，鸟还受其他力的作用吗？鸟受到的力的合力应该沿什么方向？

【解析】鸟受重力、空气作用力的作用，合力的方向沿虚线斜向上，与鸟运动方向一致，图中空气的作用力只有才符合要求，如图所示，故选项B正确，选项A、C、D错误。

【答案】B

命题角度二、F=ma的应用

考例2、[2015．上海卷·单选]如图所示，一质量为m的正方体物块置于风洞内的水平面上，其一面与风速垂直，当风速为时刚好能推动该物块。已知风对物块的推力F∝，其中v为风速、S为物块迎风面积。当风速变为2时，刚好能推动用同一材料做成的另一正方体物块，则该物块的质量为( )

A．4m B．8m C ．32m D．64m

【读题】质量为m的正方体物块放在水平面上，风力与风速、受力面积的关系为F∝，风速为时刚好吹动；当风速为2时刚好吹动同种材料制成的另一物块M，分析两物块的质量关系。

【思路建立】①物块的质量与其边长是什么关系？

②风力与边长是什么关系？

③物块在水平方向受几个力的作用？

④物块所受力的合力为多少？

【解析】设质量为m的正方体物块的边长为a，则受力面的面积为，风力为F∝，由平衡条件知，，当风速变为2时，则有，其中b为质量为M的正方体物块的边长。解得b=4a，=64，选项D正确。

-【答案】D

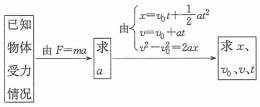
## 第6节 用牛顿运动定律解决问题（一）

教材内容精解

重点难点解读

一、从物体的受力情况确定运动情况

基本思路



解题的一般步骤

确定研究对象，对研究对象进行受力分析和

运动分析，并画出物体的受力示意图。

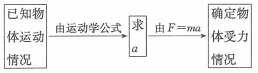
根据力的合成与分解的方法，求出物体所受的合力（包括大小和方向）。

根据牛顿第二定律列方程，求出物体的加速度。

结合给定的物体运动的初始条件，选择运动学公式，求出所需的运动参量。

二、从物体的运动情况确定受力情况

基本思路



解题的一般步骤

确定研究对象，对研究对象进行受力分析和运动分析，并画出物体的受力示意图。

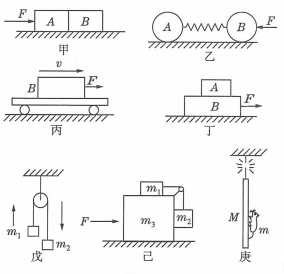
选择合适的运动学公式，求出物体的加速度。

根据牛顿第二定律列方程，求出物体所受的合力。

根据力的合成与分解的方法，由合力和已知力求出未知力。

三、牛顿第二定律在连接体问题中的应用

在研究力和运动的关系时，经常会涉及相互联系的物体之间的相互作用，这类问题称为“连接体问题”。连接体一般是指由两个或两个以上有一定联系的物体构成的系统。如图所示的这些情景。



解决连接体问题的关键是合理选取研究对象，即灵活应用整体法和隔离法，并对所选取的研究对象进行正确的受力分析。解决连接体问题的基本方法：整体法与：隔离法。

整体法与隔离法的选用

求各部分加速度相同的连接体的加速度或合力时，优先考虑“整体法”，如果还要求物体之间的作用力，再用“隔离法”。

如果连接体中各部分加速度不同，一般选用“隔离法”。在实际应用中，应根据具体情况，灵活交替使用这两种方法，不应拘泥于固定的模型。

状元速记

1．两类基本问题：①已知受力情况分市斤运动特点；②已知运动特点分析受力情况。

2．力和运动联系的桥梁——加速度。

3．解题思路：



经典例题诠释

命题点一、已知物体的受力求运动情况

例1、[2016．浙江省杭州二中高一期末]如图所示，一足够长的木板静止在水平面上，质量M=0.4 kg，长木板与水平面间的动摩擦因数=0.1，一质量m=0.4kg的小滑块以=1.8 m/s的速度从长木板的右端滑上长木板，滑块与长木板间动摩擦因数0.4，小滑块可看成质点，重力加速度g取10m/，求：

(1)小滑块刚滑上长木板时，长木板的加速度大小和小滑块加速度大小；

(2)小滑块与长木板速度相等时，小滑块相对长木板滑行的距离L；

(3)从小滑块滑上长木板到最后静止下来的过程中，小滑块运动的总距离s。

【解析】(1)小滑块对长木板的滑动摩擦力大于地面对长木板的滑动摩擦力，长木板向左加速运动；小滑块向左减速运动，根据牛顿第二定律，对长木板有：

mg(M+m)g=M ；对滑块有：mg = m

代入数据得： =2m/， =4 m/

(2)小滑块与长木板速度相等时，有：-t=

代入数据得：t=0.3 s

小滑块运动的距离为：

长木板运动的距离为：==0. 09 m

昕以：L==0. 27 m

(3)此后小滑块与长木板一起做匀减速运动，此时：v= =0.6 m/s

据牛顿第二定律：(M+m)g= (M+m)

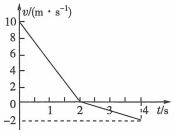
加速度的大小为： =1 m/

运动的距离为：=0.18 m

所以小滑块滑行的距离为：S=+ =0. 54 m

【答案】(1)2 m/和4 m/ (2)0. 27 m (3)0. 54 m

命题点二、已知物体的运动情况求受到的力

例2、质量为4 kg的物体在一恒定水平外力F作用下，沿水平面做直线运动，其速度与时间的关系图像如图所示。g取10 m/，试求：

(1)恒力F的大小；

(2)物体与地面间的动摩擦因数μ。

【解析】由图像可知物体0～2 s做匀减速直线运动，设加速度大小为，2～4 s做反向匀加速直线运动，设加速度大小为。且恒力F与初速度方向相反。

由v-t图像得加速度大小分别为：=5 m/， =1 m/

由牛顿第二定律得：F +μmg=m F-μmg=m

联立解得：F==12 N

动摩擦因数μ==0.2

【答案】(1)12 N (2)0.2

【点评】由运动学规律求加速度，要特别注意加速度的方向，从而确定合外力的方向，不能将速度的方向和加速度的方向混淆。

命题点三、应用牛顿第二定律处理连接体问题

例3、如图所示，两个用轻线相连的位于光滑水平面上的物块，质量分别为和，拉力和方向相反，与轻线沿同一水平直线，且>。试求在两个物块运动过程中轻线的张力

【解析】设两物块一起运动的加速度为a，则有

- =( +)a ①

根据牛顿第二定律，

对质量为的物块有- =a ②

由①②两式得

【答案】

【技巧】对加速度相同的连接体问题，求合力或加速度时优先考虑整体法，求它们间的相互作用力时，再用隔离法，如果连接体中各部分的加速度不同，一般采用隔离法。

教材深度拓展

一、牛顿运动定律与图像

牛顿运动定律与图像结合的问题是高考考查的重点，图像通常有三种情形：

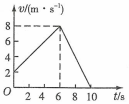
①v-t图像；

②F-t图像；

③a-t图像。

解决这类题目的关键是结合题意，准确捕捉图像所表达的物理信息，明确各物理量随时间的变化规律，寻找适当的表达式求解。

v-t图像与牛顿运动定律

例1、质量为2 kg的物体在水平推力F的作用下沿水平面做直线运动，一段时间后撤去F，其运动的v-t图像如图所示。g取10 m/，求：

(1)物体与水平面间的动摩擦因数μ；

(2)水平推力F的大小；

(3)0～10 s内物体运动位移的大小。

【解析】(1)设物体做匀减速运动的时间为，初速度为，末速度为，加速度大小为，则

m/=2 m/

设物体所受的摩擦力为，根据牛顿第二定律，有

=m，即μmg= m

则

(2)设物体做匀加速直线运动的时间为，初速度为，末速度为（=），加速度大小为，则

m/

根据牛顿第二定律，有F- m

则F=μmg +m=6 N

(3)解法一：由匀变速直线运动位移公式，得

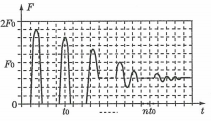
=+46 m

解法二：根据v-t图像围成的面积，得

=46 m

【答案】(1)0.2 (2)6 N (3)46 m

F-t图像与牛顿运动定律

例2、[单选]“蹦极”就是跳跃者把一端固定的长弹性绳绑在踝关节等处，从几十米高处跳下的一种极限运动。某人做蹦极运动，所受绳子拉力F的大小随时间t变化的情况如图所示。将蹦极过程近似为在竖直方向的运动，重力加速度为g。据图可知，此人在蹦极过程中的最大加速度约为( )

A．g B．2g

C 3g D．4g

【解析】如图所示，据二力平衡条件可知，人的重力

大小约为，即mg= ①

人在最低点时绳的拉力大小约为，由牛顿第二定律

得： -mg=ma ②

由①②两式得a=2g，故选项B正确。

【答案】B

二、传送带问题

例3、如图所示，传送带保持以1 m/s的速度顺时针转动。现将一质量m=0.5 kg的物体从离传送带很近的a点轻轻地放上去，设物体与传送带间的动摩擦因数μ=0.1，a、b间的距离L=2.5 m，则物体从a点运动到b点所经历的时间为多少？(g取10 m/)

【解析】对物体，根据题意容易得：

当速度达到1 m/s时，所用的时间s=1s，通过的位移m=0.5m<2.5m。在剩余位移 =L-=2.5 m-0.5 m=2 m中，因为物体与传送带间无摩擦力，所以物体以1 m/s的速度随传送带做匀速运动，所用时间=2s。

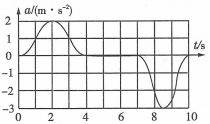
因此共需时间t=+ =3s。

【答案】3s

高考零距离

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 常考考点 | 常设题型 | 考题难度 |
| 牛顿第二定律 | 选择题、计算题 | 中 |

命题角度一 由运动情况分析受力特点

考例1、[2015．江苏卷·多选]一人乘电梯上楼，在竖直上升过程中加速度盘随时间t变化的图线如图所示，以竖直向上为a的正方向，则人对地板的压力( ) 

A． t=2 s时最大 B．t=2 s时最小

C．t-8.5 s时最大 D．t=8.5 s时最小

【读题】人乘电梯上楼，已知加速度随时间的变化图线，规定向上为加速度的正方向，分析人对地板的压力情况。

【思路建立】①人对地板的压力与地板对人的支持力是什么关系？

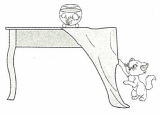
②加速度有正、负，其区别是什么？

③结合什么规律求解？

【解析】人受重力mg和支持力的作用，由牛顿第二定律得- mg=ma。由牛顿第三定律得人对地板的压力’= =mg+ma。当t=2 s时a有正向最大值，最大；当t=8.5 s时，a有负向最大值，最小，选项A、D正确。

【答案】AD

命题角度二、力和运动的关系

考例2、[2016．江苏卷·多选] 如图所示，一只猫在桌边猛地将桌布从鱼缸下拉出，鱼缸最终没有滑出桌面。若鱼缸、桌布、桌面两两之间的动摩擦因数均相等，则在上述过程中( )

A．桌布对鱼缸摩擦力的方向向左

B．鱼缸在桌布上的滑动时间和在桌面上的相等

C．若猫增大拉力，鱼缸受到的摩擦力将增大

D．若猫减小拉力，鱼缸有可能滑出桌面

【读题】①鱼缸、桌布、桌面两两之间的动摩擦因数均相等；②将桌布从鱼缸下快速拉出，分析鱼缸的受力情况及运动情况；③拉力变化时，分析鱼缸运动特点的变化情况。

【思路建立】①鱼缸受怎样的力？加速度方向如何判断？

②拉力增大时，鱼缸的受力是否发生变化？

③拉力减小时，鱼缸的运动怎样分析？

【解析】鱼缸相对于桌布有向左运动的趋势，故应受到向右的摩擦力，选项A错误。

由于鱼缸与桌布和桌面之间动摩擦因数相等，鱼缸在桌布上运动和在桌面上运动时加速度的大小相等，根据v-at，鱼缸在桌布上和在桌面上的滑动时间相等，选项B正确。

鱼缸与桌布之间的摩擦力为滑动摩擦力，猫增大拉力，鱼缸所受的摩擦力不变，选项C错误。

若猫减小拉力，鱼缸可能随桌布一起运动，而滑出桌面，选项D正确。

【答案】BD

命题角度三知受力特点分析运动情况

考例3、[2014．全国Ⅰ卷]公路上行驶的两辆汔车之间应保持一定的安全距离。当前车突然停止时，后车司机可以采取刹车措施，使汽车在安全距离内停下而不会与前车相碰。通常情况下，人的反应时间和汽车系统的反应时间之和为1s。当汽车在晴天干燥沥青路面上以108 km/h的速度匀速行驶时，安全距离为120 m。设雨天时汽车轮胎与沥青路面间的动摩擦因数为晴天时的。若要求安全距离仍为120 m，求汽车在雨天安全行驶的最大速度。

【解析】设路面干燥时，汽车与地面间的动摩擦因数为，刹车时汽车的加速度大小为，安全距离为s，反应时间为，由牛顿第二定律和运动学公式得 mg= m ①

②

式中，m和分别为汽车的质量和刹车前的速度。

设在雨天行驶时，汽车与地面间的动摩擦因数为μ，依题意有 ③

设在雨天行驶时汽车刹车的加速度大小为a，安全行驶的最大速度为v，由牛顿第二定律和运动学公式得

μmg=ma ④

⑤

联立①②③④⑤式并代入题给数据得v=20 m/s(或72 km/h)

【答案】20 m/s

## 第7节 用牛顿运动定律解决问题（二）

教材内容精解

重点难点解读

一、共点力的平衡条件

平衡状态

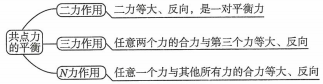
|  |  |
| --- | --- |
| 平衡状态 | ①静止；②匀速直线运动 |
| 静止 | v=0、a=0同时具备的情形 |
| 匀速直线运动 | 速度的大小、方向皆不变化 |
| 说明 | ①静止的物体v=0;  ②v=0的物体不一定静止，如竖直上抛到达最高点的情况 |

共点力的平衡条件

平衡条件



由平衡条件得出的三个结论



【说明】当物体处于平衡状态时，沿任意方向物体所受的合力均为0。

共点力平衡条件的应用

共点力作用下物体平衡问题的求解方法。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 方法 | 应用规律 | 适用类型 |
| 合成法 | 平行四边形定则 | 三力平衡，且有两力垂直，合力与第三个力大小相等，方向相反 |
| 图解法 | 平行四边形定则 | 动态平衡问题，适用于定性分析的题目 |
| 正交分解法 | 平行四边形定则 | 多力且方向已知，建立坐标系，利用、求解 |
| 相似三角形法 | 平行四边形定则 | 非直角三角形中边长与力成比例关系的题目 |

解共点力平衡问题的一般步骤：

1．选取研究对象；

2．对所选取的研究对象进行受力分析，并画出受力示意图；

3．对研究对象所受的力进行处理，建立合适的直角坐标系，对各个力进行正交分解；

4．由平衡条件列方程，、；

5．利用方程组求解，必要时需对解进行讨论。

【提示】建立直角坐标系分解各力时，应尽量使较多的力落在坐标轴上，以减少分解力的个数，从而达到简化计算的目的。

二、超重和失重

实重和视重

实重：物体实际所受的重力。物体所受的重力不会因物体运动状态的改变而变化。

视重：当物体在竖直方向上有加速度时，物体对弹簧测力计的拉力或对台秤的压力将不等于物体的重力，此时弹簧测力计或台秤的示数叫物体的视重。

【提示】由于物体在竖直方向上有加速度时视重不等于实重，所以我们在用弹簧测力计测物体的重力时，应在静止状态或匀速直线运动状态下进行。

超重和失重

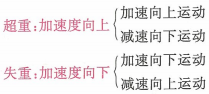
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 分类 | 超重 | 失重 | 完全失重 |
| 现象 | 视重>实重 | 视重<实重 | 视重=0 |
| 原因 | 加速度a向上 | 加速度a向下 | a=g，向下 |
| 表示式 | F -mg=ma  F >mg | mg-F=ma  F<mg | mg-F=mg  F=0 |

对超重和失重的理解

物体处于超重和失重状态时，物体的重力并未变化，只是视重变了。

发生超重或失重现象只取决于加速度的方向，与物体的速度方向、大小均无关。

超重和失重的几种不同运动形式：



超重和失重的几种不同运动形式完全失重状态的说明：一切由重力产生的物理现象都将完全消失，比如物体对支持物无压力，摆钟停止摆动，液柱不再产生向下的压强等。靠重力才能使用的仪器将失效，不能再使用（如天平、液体气压计等）。

【特别注意】物体不在竖直方向上运动，只要其加速度在竖直方向上有分量（即），则当方向为竖直向上时，物体处于超重状态；当方向为竖直向下时，物体处于失重状态。

三、从动力学角度看自由落体运动

自由落体运动的运动学特征

自由落体运动是物体只在重力作用下从静止开始下落

的运动，即物体的初速度为0，加速度为g。

自由落体运动的动力学特征

由于物体在做自由落体运动时所受的重力是一个恒力，由牛顿第二定律可知，物体下落的加速度也是恒定的，从这个角度看，自由落体运动是匀变速直线运动。

自由落体运动的加速度

由牛顿第二定律mg = ma可知，物体只在重力作用下产生的加速度a=g。

状元速记

1．平衡状态——静止（v=0、a=0）或匀速直线运动。

2．平衡条件： =0(=0、=0)。

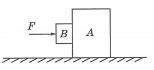
3．超重：>mg（加速度向上）。

4．失重：<mg（加速度向下）。

5．完全失重：=0，a=g。

经典例题诠释

命题点一、共点力平衡条件的应用

例1、[ 2015．山东卷·单选]如图，滑块A置于水平地面上，滑块B在一水平力作用下紧靠滑块A(A、B接触面竖直)，此时A恰好不滑动，B刚好不下滑。已知A与B间的动摩擦因数为，A与地面间的动摩擦因数为，最大静摩擦力等于滑动摩擦力。A与B的质量之比为( )

A． B． c． D．

【思路建立】①A恰好不滑动、B刚好不下滑的隐含条件是什么？②取哪个物体为研究对象？③利用什么关系列武求解？

【解析】滑块B刚好不下滑，根据平衡条件得；滑块A恰好不滑动，则滑块A与地面之间的摩擦力等于最大静摩擦力，把A、B看成一个整体，根据平衡条件得F= ( +)g，解得=。选项B正确。

【答案】B

例2、如图4-7-2所示，一个半球形的碗放在桌面上，碗口水平，O点为其球心，碗的内表面及碗口是光滑的。一根细线跨在碗口上，线的两端分别系有质量为和的小球，当它们处于平衡状态时，质量为的小m球与O点的连线和水平线间的夹角α= 60°。两小球的质量比为多少？

【解析】

（方法一）正交分解法

小球受到重力和细线的拉力，处于平衡状态，则由二力平衡条件得=g。

以小球为研究对象，受力分析如图所示，以的方向为y轴，以垂直于的方向为z轴建立坐标系。与的夹角为60°，g与y轴成30°角。

在x轴方向上，由物体的平衡条件有

gsin 30°一sin 60°=0，解得。

（方法二）合成法

以小球为研究对象，受力分析如图所示，小球受到重力 g、碗对小球的支持力和细线的拉力三力作用而处于平衡状态。则与的合力F=g，

根据几何关系可知

g=2sin 60°，而=g，所以。

【答案】

【点评】力的合成法一般只用来处理物体受三个互成角度的共点力的平衡问题，而正交分解法可用于处理三个或三个以上互成角度的共点力的平衡问题。

命题点二、超重和失重

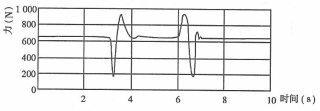
例3、[单选]如图所示是某同学站在压力传感器上，做下蹲、起立的动作时记录的压力随时间变化的图线。由图线可知，该同学的体重约为650 N，在2 s--8 s时间内( )

A．该同学做了一次下蹲再起立的动作

B．该同学做了两次下蹲再起立的动作

C．下蹲过程中人一直处于失重状态

D．下蹲过程中人先处于超重状态后处于失重状态

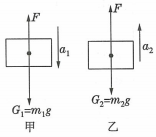


【解析】人下蹲动作分别有失重和超重两个过程，先是加速下降的失重过程，到达一个最大速度后再减速下降的超重过程，即先失重再超重；起立对应着先超重再失重，对应图像分析知．该同学做了一次下蹲再起立的动作，选项A正确，B、C、D错误。

【答案】A

例4、某人在以a=0.5 m/的加速度匀加速下降的升降机中最多可举起=90kg的物体，则此人在地面上最多可举起多少千克的物体？若此人在一匀加速上升的升降机中最多能举起 =40 kg的物体，则此升降机上升的加速度为多大？(g取10 m/)

【解题提示】设此人的最大“举力”为F，且在不同环境中这个“举力”是恒定不变的，即他在以不同的加速度运动的升降机中最大的“举力”仍为F。若以物体为研究对象对其进行受力分析，根据人举起的不同质量的物体，可推知物体所处的运动状态；反过来根据物体的运动状态，在“举力”相同时也可以推知举起物体的质量。

【解析】以物体为研究对象，对物体进行受力分析及运动状态分析，如图甲所示，设人的最大“举力”为F，由牛顿第二定律得，

所以F= =855 N。

当他在地面上举物体时，设最多可举起质量为的物体，则有 =0，

所以=85.5 kg。

此人在一匀加速上升的升降机中最多能举起 =40 kg的物体，由于 =85.5 kg> =40 kg，显然此时升降机一定处于超重状态，对物体进行受力分析和运动情况分析，如图乙所示。

由牛顿第二定律得F -g=，

所以=11.375m/

即升降机加速上升的加速度为11.375m/。

【答案】85.5 kg 11.375m/

【点评】超重和失重问题的实质是牛顿运动定律的应用，正确地进行受力分析以及运动状态的分析和熟练使用牛顿第二定律及注意加速度的方向是解决此类问题的关键。

教材深度拓展

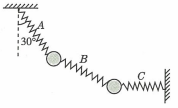
一、用整体法或隔离法解决平衡问题

整体法

对物理问题中的整个系统进行分析、研究的方法。在受力分析时，就是把几个物体视为一个整体作为研究对象，只分析这一整体所受到的力（外力），不考虑整体内部之间的相互作用力（内力）。

隔离法

隔离法是指对物理问题中的单个物体进行分析、研究的方法。在受力分析时，就是把该物体从相关的物体系统中隔离出来作为研究对象，只分析该物体所受到的力。

例1、[2013．山东卷·单选]如图所示，用完全相同的轻弹簧A、B、C将两个相同的小球连接并悬挂，小球处于静止状态，弹簧A与竖直方向的夹角为30°，弹簧C水平，则弹簧A、C的伸长量之比为( )

A .:4 B .4： C .1:2 D .2:1

【解题提示】(1)三根弹簧的劲度系数相同，求伸长量之比，即求弹簧A、C的弹力之比。

(2)选两个小球为研究对象，受力分析列平衡方程是解题的关键。本题是选两个小球作为一个整体进行研究还是分别对两个小球进行研究，哪种方法更简便一些呢？

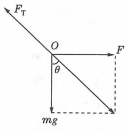
【解析】

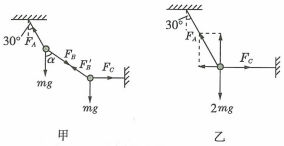
（方法一）分别对两个小球受力分析，如图甲所示。

sin 30°-sinα=0

sinα-=0

=

得 =2，即弹簧A、C的伸长量之比为2:1，选项D正确。



（方法二）将两个小球作为一个整体，进行受力分析，如图乙所示。

由平衡条件知： sin 30°=

解得 =2，即弹簧A、C的伸长量之比为2:1，

故选项D正确。

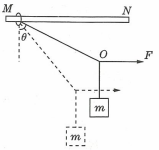
【答案】D

【说明】本题采用整体法求解比较简单。

二、动态平衡问题的分析方法

平衡问题是力学中常见的一种题型，解决平衡问题的基本思路是对物体进行受力分析，根据平衡条件F=0求解。

而动态平衡问题是指通过控制某些物理量的变化，使物体的状态发生缓慢改变，“缓慢”指物体的速度很小，可认为速度为零，所以物体在变化过程中处于平衡状态，把物体的这种状态称为动态平衡状态，解此动态平衡问题有三种典型的常见方法，分别为计算法、图解法、极限法。

例2、[单选]如图所示，轻绳的一端系在质量为m的物体上，另一端系在一个轻质圆环上，圆环套在粗糙水平杆MN上，现用水平力F拉绳上一点，使物体处于图中实线位置，然后改变F的大小使其缓慢下降到图中虚线位置，圆环仍在原来的位置不动，则在这一过程中，水平拉力F、环与杆的摩擦力和环对杆的压力的变化情况是( )

A．F逐渐增大，保持不变，逐渐增大

B．F逐渐增大，逐渐增大，保持不变

C．F逐渐减小，逐渐增大，逐渐减小

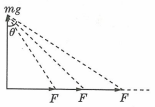
D．F逐渐减小，逐渐减小，保持不变

【解析】

（方法一）计算法

以结点O为研究对象，受力如图所示，由平衡条件可知：mg、F的合力与绳子的拉力等大反向，F大小满足关系式F=mgtanθ，在物体缓慢下降的过程中，物体的受力情况及平衡状态保持不变，所以关系式F=mgtanθ仍然成立，圆环、绳、物体组成系统，整体分析，水平方向 =F，竖直方向mg= ，但θ逐渐减小，所以F也随之减小，也随之减小， =mg不变。选项D正确。

（方法二）图解法

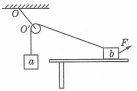
物体在三个力的作用下处于平衡状态，力F和绳子的拉力的合力与重力平衡，即F和的合力大小恒定，方向竖直向上，且F的方向保持不变，根据力的三角形法则可用图示的方法来确定力F的变化规律，如图所示，θ减小，F随之减小， =F也随之减小，=mg不变，选项D正确。

【答案】D

高考零距离

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 常考考点 | 常设题型 | 考题难度 |
| 共点力平衡条件的应用 | 选择题 | 中 |

命题角度一、共点力平衡问题

考例1、[2016．全国工卷·多选]如图所示，一光滑的轻滑轮用细绳OO’悬挂于O点；另一细绳跨过滑轮，其一端悬挂物块a，另一端系一位于水平粗糙桌面上的物块b。外力F向右上方拉b，整个系统处于静止状态。若F方向不变，大小在一定范围内变化，物块b仍始终保持静止，则( )

A．绳OO’的张力也在一定范围内变化

B．物块b所受到的支持力也在一定范围内变化

C．连接以和b的绳的张力也在一定范围内变化

D．物块b与桌面间的摩擦力也在一定范围内变化

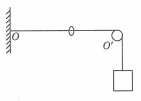
【读题】①物块a、b通过跨过滑轮的细绳连接，物块b放在粗糙的水平面上，力F斜向上拉b，整个系统始终保持静止。

②若F方向不变，大小在一定范围内变化，判断OO’的张力、连接a绳的张力、b物块所受的支持力、摩擦力是否变化。

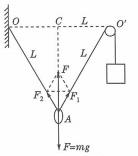
【思路建立】物块a静止，则连接曲绳的张力以及OO'的张力是否变化？当F大小变化时，应对物块b受力分析，利用什么原理分析物块b所受的支持力、摩擦力的变化情况？

【解析】因为物块b始终保持静止，所以绳OO’的张力不变，连接a和b的绳的张力也不变，选项A、C错误；拉力F大小变化，F的水平分量和竖直分量都发生变化，由共点力的平衡条件知，物块b受到的支持力和摩擦力在一定范围内变化，选项B、D正确。

【答案】BD

考例2、[2014．海南卷·单选]如图所示，一不可伸长的光滑轻绳，其左端固定于O点，右端跨过位于O’点的固定光滑轴悬挂一质量为M的物体；OO’段水平，长度为L；绳上套一可沿绳滑动的轻环。现在轻环上悬挂一钩码，乎衡后，物体上升L。则钩码的质量为( )

AM B．M C. M D.M

【读题】(1) 一轻绳左端固定于O点，右端跨过位于O’点的固定轴悬挂一质量为M的物体，绳和轴均光滑。(2)OO’段水平，长度为L。(3)绳子上套一可沿绳滑动的轻环，在轻环上悬挂一钧码，平衡后，物体上升L。(4)待求钩码的质量。

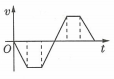
【思路建立】思考轻环上悬挂的钩码平衡后受到哪些力的作用？如何求解钩码的重力和绳的拉力即物体重力的关系？

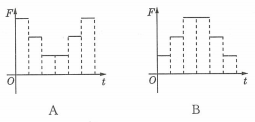
【解析】设轻环上悬挂质量为m的钩码后，环受力分析如图所示，其中= =Mg，

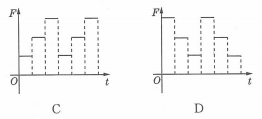
F= mg，由几何关系可得OA =O’A=L，AC=，而由三角形相似可得：，故m=M，故选项D正确。

【答案】D

命题角度二、超失重问题

考例3、[2015．重庆卷·单选]若货物随升降机运动的v-t图像如图所示（竖直向上为正），则货物受到升降机的支持力F与时间t关系的图像可能是( )



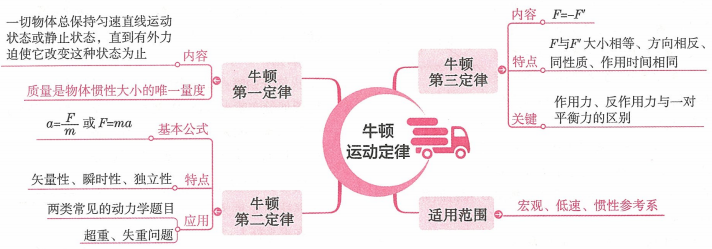


【思路建立】根据v-t图像判断F-t图像的变化情况。

【解析】根据扩￡图像可知电梯的运动情况：加速下降→匀速下降→减速下降→加速上升→匀速上升→减速上升，根据牛顿第二定律F=mg=ma可判断支持力F的变化情况：失重→等于重力→超重→超重→等于重力→失重，故选项B正确。

【答案】B

## 第四章综合复习关键点



思想方法

理想实验法

在观察斜面实验的基础上，忽略次要因素，进行合理的推想，得出结论，达到认识事物的本质。结论的得出以实验事实为基础，但不能直接用实验验证，研究牛顿第一定律的这种方法叫理想实验法。

整体与隔离的思想方法

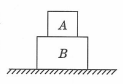
求解连接体问题时，要优先考虑整体法；如果还需要求物体之间的作用力，再用隔离法。求解连接体问题时，随着研究对象的转移，往往两种方法交叉运用。无论运用整体法还是隔离法，解题的关键在于对研究对象进行正确的受力分析。

控制变量法

对于多变量的问题，常常采用控制变量的方法，把多变量的问题变成单变量的问题。每次实验只有一个变量，从而研究被改变的这个物理量对所研究问题的影响，然后分别加以研究，最后再综合解决，这种方法叫控制变量法。

专题突破

临界和极值问题

例1、如图所示，两个物块A和B叠放在光滑水平面上，已知A的质量=4 kg，B的质量=5 kg，在A上施加一个水平力。当=20 N时，A、B间恰好开始发生相对运动。在撤去后，求：若要保持A、B间相对静止，对B物块能施加的最大水平力为多大？

【解析】依题意，在的作用下，A、B一起加速运动时的加速度相等。当A、B开始发生相对运动时，A、B系统的加速度为最大加速度，A对B的静摩擦力即为最大静摩擦力。由牛顿第二定律知：①

当对B施加一最大水平力时，A、B仍以共同的加速度运动，且这一加速度也为最大加速度，故B对A的静摩擦力也为最大静摩擦力，则有：=②

同理可列出比例式： ③

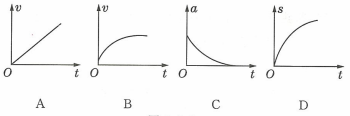
由①②③式解得：==25N。

【答案】25 N

【点拨】对此类题的分析要抓住临界条件，再据牛顿第二定律求出加速度。另外本题也说明了牛顿第二定律的合外力与加速度是顺势对应关系。

图像在动力学问题中的应用在动力学问题中，给出已知条件和信息的方式有很多，诸如文字方式、表格方式、函数方式、图像方式等，其中图像方式是常见、也是最直观的一种方式。对于此类问题，要认真分析图像，先从它的物理意义、点、线段、斜率、截距、交点、拐点、面积等方面了解图像给出的信息，再利用相关规律解答。

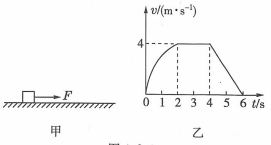
例2、[多选]已知雨滴下落时受到的空气阻力与速度大小成正比，若雨滴从空中由静止下落，下落过程中所受重力保持不变，下落过程中加速度用a表示，速度用可表示，下落距离用s表示，落地前雨滴已做匀速运动，下列图像中可以定性反映雨滴运动情况的是( )



【解析】当雨滴刚开始下落时，阻力f较小，远小于雨滴的重力G，即f<G，故雨滴做加速运动；由于雨滴下落时空气对它的阻力随雨滴下落速度的增大而增大，根据牛顿第二定律知，加速度逐渐减小，故当速度达到某个值时，阻力，会增大到与重力G相等，即f=G，此时雨滴受到平衡力的作用，将做匀速直线运动，故物体先做加速度逐渐减小的变加速直线运动，最后做匀速直线运动。故B、C正确，A、D错误。

【答案】BC

例3、[多选]在粗糙程度相同的水平地面上，物块在水平向右的力F作用下由静止开始运动，4s末撤去力F。适动的速度v与时间t的关系如图乙所示，g取10 m/，由图像可知( )



A．在2～4 s内，力F=0

B．在0～2 s内，力F逐渐变小

C．物块与地面间的动摩擦因数μ=0.2

D．0～6 s内物块运动的总位移为16 m

【解析】

A错误：在2～4 s内，物块做匀速运动，因此外力F=f≠0。

B正确：在0～2 s内，图线的斜率逐渐减小，物块做加速度逐渐减小的加速运动，根据牛顿第二定律得：F-f= ma，所以有：F=f+ma，知力F逐渐变小。

C正确：物块做匀减速运动的加速度大小为：=2 m/，根据牛顿第二定律得：f=μmg=ma，得μ==0.2

D错误：根据图像与时间轴围成的面积表示物块的位移，则知在0～2 s内的位移大于×4×2 m=4 m，在2～6 s内的位移为：×(2+4)×4 m=12 m，则0～6 s内的总位移大于16 m。

【答案】BC

动力学中的传送带问题

常见的传送带模型有两种，一种是水平方向的传送带；另一种是与水平方向成一定角度的传送带。

1．物体在水平传送带上运动的两种常见情形：

(1)物体到达传送带的另一端时速度还没有达到传送带的速度。

(2)物体到达传送带的另一端之前速度已经和传送带 相同。

2．对倾斜侍送带要分析最大静摩擦力和重力沿斜面方向的分力的关系：

(1)最大静摩擦力小于重力沿斜面的分力。

(2)最大静摩擦力大于重力沿斜面的分力。

例4、[多选]如图所示，传送带的水平部分长为L，传动速率为v，在其左端无初速度释放一木块，若木块与传送带间的动摩擦因数为μ，则木块从左端运动到右端的时间可能是( )

A． B． C． D．

【解析】

A正确：若先匀加速到传送带速度v，再匀速到右端，则，可得t=。

B错误：木块不可能一直匀速至右端。

C正确：因木块运动到右端的过程不同，对应的时间也不同，若一直匀加速至右端，则L=，可得t=

D正确：若一直加速到右端的速度恰好与传送带速度v相等，则L= ，可得t=。

【答案】ACD

例5、如图所示，质量m=1.1 kg的物体（可视为质点）用细绳拴住，放在水平传送带的右端，物体和传送带之间的动摩擦因数μ=0.5，传送带的长度L=5 m，当传送带以v=5 m/s的速度做逆时针转动时，绳与水平方向的夹角θ=37°。g取10 m/，sin 37°=0.6，cos 37°=0.8。求：

(1)传送带稳定运动时绳子的拉力T；

(2)某时刻剪断绳子，求物体运动至传送带最左端所用时间。

【解析】(1)传送带稳定运动时，物体处于平衡状态：Tcosθ=μ(mg-Tsinθ)，解得：T=5 N。

(2)剪断绳子后，根据牛顿第二定律：μmg=ma，

解得a=5 m/

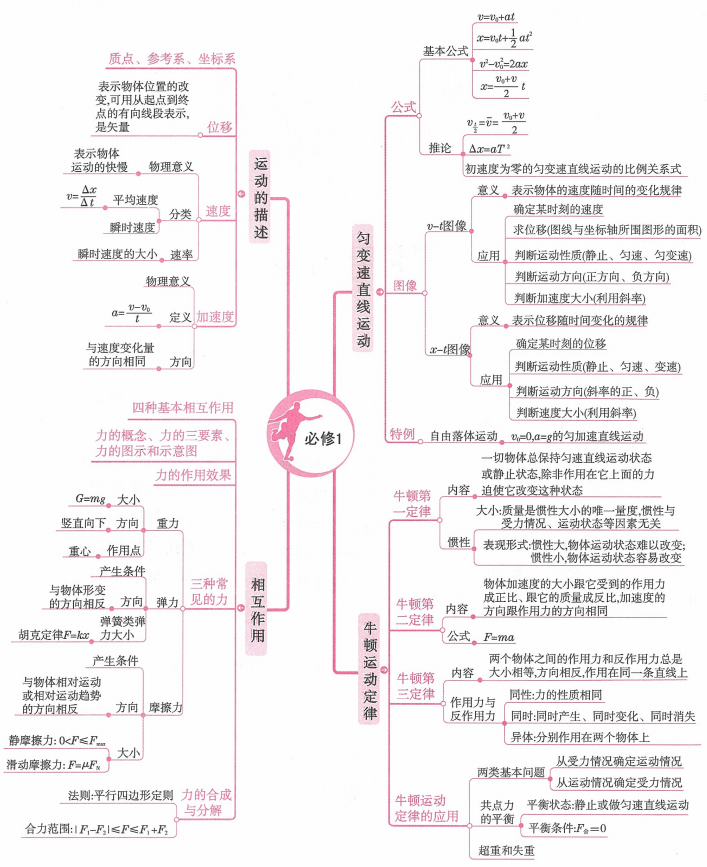
匀加速的时间=s，位移= =2.5 m，

则匀速运动的时间为= =0.5s。总时间

t= +=1.5 s。

【答案】(1)5 N (2)1.5 s

# 必修一总复习



一、匀变速直线运动的规律

基本规律

【注意】四个公式均为矢量式，应用这四个公式时先要确定正方向。

导出规律

做匀变速直线运动的物体，在一段时间内的平均速度等于物体在这段时间中间时刻的瞬时速度。

做匀变速直线运动的物体，在相邻相等时间内的位移之差Δx都相等，Δx=。

某段位移中点的瞬时速度等于初速度二次方和末速度v二次方和的一半的平方根，即。

对初速度为0的匀变速直线运动存在以下规律：

1．t s末、2t s末、3t s末、…、nt s末的瞬时速度之比为：

=1：2：3：…：n。

2．t s内、2ts内、3t s内、…、nt s内物体的位移之比满足 ：

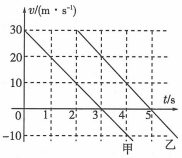
=：。

3．在连续相等时间间隔内位移之比满足：

=1：3：5：…：(2n-1)。

4．通过连续相等位移所用时间之比满足:

=1：（-1）：（-）：…：（-）。



例1、[多选]将甲、乙两小球先后以同样的速度在距地面不同高度处竖直向上抛出，抛出时间相隔2s，它们运动的v-t图像分别如图直线甲、乙所示。则( )

A． t=2 s时，两球高度相差一定为40 m

B．t=4 s时，两球相对于各自抛出点的位移相等

C．两球从抛出至落到地面所用的时间间隔相等

D．甲球从抛出至达到最高点的时间间隔与乙球相等

【解析】

A错误：甲、乙两小球抛出后均做竖直上抛运动，只是乙的运动滞后2s。因初始位置高度不同，所以无法确 定t=2 s时两小球的高度差。

B正确：v-t图像中位移的大小等于图线与t轴所围的面积，从图像中可以看出t=4 s时两球相对于各自抛 出点的位移相等。

C错误：因两球抛出时高度不同且高度差不确定，运动时间就不确定。

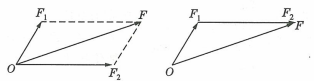
D正确：因同时抛出速度相同，所以从抛出至达到最高点的时间相同，从v -t图像知，该时间间隔均为3s。

【答案】BD

二、力的合成与分解

力的合成

运算法则：平行四边形定则（或三角形定则）。



合力的范围：∣-∣≤F≤∣+∣

力的分解

运算法则：平行四边形定则（或三角形定则）。力的分解是力的合成的逆过程。

分解方法：

1.按力的实际作用效果进行分解。

2.力的正交分解。

共点力的平衡

平衡状态：物体处于静止状态或匀速直线运动状态。

共点力的平衡条件： =0或者： =0且 =0

例2、[多选]如图所示，A、B两球质量均为m。固定在轻弹簧的两端，分别用细绳悬于O点，其中球A处在光滑竖直墙面和光滑水平墙面的交界处，已知两球均处于平衡状态，OAB恰好构成一个正三角形，则下列说法正确的是(重力加速度为g)( )

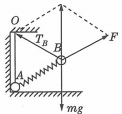
A．球A可能受到四个力的作用

B．弹簧对球A的弹力大于对球B的弹力

C．绳OB对球B的拉力大小一定等于mg

D．绳OA对球A的拉力大小等于或小于1.5mg

【解析】对球B受力分析，受重力、弹力和拉力，如下图所示。

A正确：对A球受力分析，受重力、弹簧的压力，墙壁向右的支持力、细绳OA的拉力、地面的支持力（其中地面的支持力和拉力可能只有一个）。

B错误：弹簧静止，所受合力为零，故两个球对弹簧的弹力等大、反向、共线，故弹簧对球A的弹力等于对球B的弹力。

C正确：由于三个力夹角均为120°，故弹簧的弹力等于重力mg。

D正确：根据平衡条件，绳OA对球A的拉力和地面的支持力的合力大小等于弹簧压力的竖直分力和球A的重力之和，故 +T=mg+Fsin 30°，解得T≤1. 5mg。

【答案】ACD

三、牛顿运动定律

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 牛顿运动定律 | 内容含义 | 说明 |
| 牛顿第一定律 | ①指明了惯性的概念  ②指出了力是改变物体运动状态的原因 | 一切物体总保持原来的静止状态或匀速直线运动状态的性质叫做惯性。  质量是物体惯性大小的量度。力是使物体产生加速度的原因 |
| 牛顿第二定律 | 指出了力和加速度的定量关系，即F= ma | 定量说明了加速度的决定因素是物体所受的合外力 |
| 牛顿第三定律 | 指出了物体间的作用是相互的 | 作用力和反作用力总是等大反向，同生同灭，同直线，作用在不同物体上 |

例3、[单选]细绳拴一个质量为m的小

球，小球用固定在墙上的水平弹簧支撑，

小球与弹簧不粘连，平衡时细绳与竖直方

向的夹角为53。，如图5 -1—5所示。下列

说法正确的是（已知cos 53。-0.6，

sin 53。一0.8）( )

A小球静止时弹簧的弹力大小为5 mg

B．小球静止时细绳的拉力大小为詈mg

C．细绳烧断瞬间小球的加速度立即变为g

D·细绳烧断瞬间小球的加速度壶即变为3g

【解析】烧断细绳前，对小球进行受

力分析如图5 -1-6所示，其中Fi为

弹簧的弹力，F2为细绳的拉力。

由平衡条件得

F2 cos 53.-mg,F2 sin 53.=Fi

[ 矗

解得：F2一号槲，Fi一了嘴

烧断细绳瞬间，细绳的拉力突然变为0，而弹簧的弹力不

变，此时小球所受的合力与F2等大反向，所以小球的加速

度立即变为盘一3g。

【答案】D

在消防演习中，消防队员从一

根竖直的长直轻绳上由静止滑下，经

一段时间落地。为了获得演习中的一

些数据，以提高训练质量，研究人员在

轻绳上端安装了一个力传感器并与数

据处理系统相连接，用来记录消防队

员下滑过程中轻绳受到的拉力与消防队员重力的比值随时

间变化的情况。已知某队员在一次演习中的数据如图

5 -1-7所示。问：该消防队员在下滑过程中的最大速度和落

地速度各是多少？(g取10 m/s2)

【解析】由题图可知，该消防队员先在ti =1 s内以加速度

al匀加速下滑，然后在t2 =1.5 s内以加速度a2匀减速

下滑。

在前Is内，由牛顿第二定律得mg- Fi =mai，

所以ai =g一鲁一4m／s2，

最大速度Vrnax一ai tl，

代入数据得Vma；=4 mls;

在后1.5 s内，由牛顿第二定律得F2 -mg=ma2，

得a2一鲁一g=2 m／s2，

消防队员落地时的速度：V= Vma。-a2 t2，

代入数据得v=l m/s。

【答案】4 m／s l m/s

质量为40 kg的雪橇（含人的质量）从倾角0=37。

的斜面上向下滑动（如图5 -1-8甲所示），所受的空气阻力

与速度成正比。今测得雪橇运动的v-t图像如图乙所示，

且AB是曲线的切线，B点坐标为(4，15)，CD是曲线的渐

近线。试求空气的阻力系数尼，雪橇与斜坡间的动摩擦因

数岸。（已知cos 37。一0.8，sin 37。一0.6）

Av

【解析】由口一f图像知：A点对应的加速度盘一At一

2.5 m/s2，速度v=5 m／s

D点对应的加速度为O，速度v=10 mls

沿斜面方向，由牛顿运动定律得：

mgsin O-,umgcos O-ko=ma

将A、D两点对应的加速度口、速度可的数值代入上式得：

雪橇与斜坡间的动摩擦因数p—0.125

空气的阻力系数k=20 N．s／m

【答案】20 N．s/m 0.125