



## 命题调研

# 命题研究与备考策略

### 一、新课标高考要求

近年来随着高考改革的不断深入,物理试卷在遵循高考内容改革的总原则及依据 2007 新课标《考试说明》的基础上,题型、题量继续保持稳定,注重对基础知识的考核,不会出现“繁、难、偏、怪”的试题,强调基础知识的灵活运用与迁移;突出了对学生能力的全面考查,特别是有关创新能力的考查;注重将物理基础知识与生产、生活及现代科技的应用相结合,具有鲜明的时代特征和物理学科特色,对现行中学物理教学改革起到了良好的推动和导向作用。

### 二、07 高考命题趋势

#### 1. 立足基础,回归课本,推陈出新

高考物理近年来特别注意立足基础知识的考查,回归课本、推陈出新表现得很明显。其实纵观历年的高考题百分之八十的题目是我们平时练习的题目的改编,所以拿到高考题后,感觉百分之八十似曾相识,但又有一点点不同,原因就在这里。所以在复习中应立足基础,回归课本,踏实地复习好每一个知识点,不要偏快、偏难和偏新。

#### 2. 关注热点,注重实际,体现创新

物理学科是一门自然学科,它与生产、生活以及科技的发展密切相关,强调理论联系实际,凸现 STS 精神,考查学生运用所学知识解决实际问题的水平和能力,是高考物理学科一贯重视的原则,尤其是近几年表现得更为突出。取材源于日常的生产、生活。以 2006 年高考题为例,如:2006 年理科综合四川卷第 14 题是我国自行研制的“枭龙”战机起飞问题,考查的是学生对匀变速直线运动过程的掌握情况;第 23 题是“荡秋千”问题,考查的是学生对在偏角较小情况下的单摆的掌握情况和在摆角较大的情况下圆周运动的最低点的受力情况的分析。2006 年广东卷第 5 题考查的是由我国自行设计、研制的世界第一套全超导核聚变实验装置(又称“人造太阳”)的核反应方程;第 6 题考查铺铁轨时,每两根钢轨接缝处都必须留有一定的间隙,匀速运行列车在车轨上行驶时的共振问题。2006 年理科综合全国卷 I 第 16 题,是以我国将要发射一颗绕月运行的探月卫星“嫦娥”1 号为载体,考查了学生对卫星的三个宇宙速度掌握的情况;第 23 题考查的是建立几何图形,利用声音来测量云层的高度;第 24 题以传送带传送煤块时在传送带上留下了一段黑色痕迹为背景,考查了传送带上物体的多个运动过程的问题。解决这类问题的关键是要建立相应的物理模型。

水沸点的高低,受许多条件的影响。一般来说,水里溶解有某物质,水的沸点就会升高,溶解的物质越多,沸点也就越高;这就是淡水比盐水先开的原因。



### 3. 给予信息,设置情境,考查能力

信息给予题,简称信息题.这类考题立意高、选材活,具有鲜明的时代气息,对学生的能力和素质,尤其是阅读理解能力、分析推理能力、理论联系实际的能力、心理适应和承受能力均提出了较高的要求.

以2006年高考题为例,例如:2006年江苏卷第10题是有关沙河抽水蓄能发电的工作原理问题,解答该题的关键是能看明白图片所蕴含的物理意义,并能利用图片所告知的信息解题;第18题是以有关银河系的知识为载体,考查了学生对核反应和质能方程掌握的情况.2006年广东卷第13题是有关风力发电的问题,在利用风的动能转化为电能过程中,需要建立物理模型来求风的动能,该题所求的发电机页片的长度,其实就是建立模型,求风柱的横截面积,这样的题目,我们在平时也训练过,不仅是风柱的动能,类似的还有水柱的动能,该题实际上是老题的改编.2006年上海卷第23题,考查的是电偶极子模型,电偶极子是近几年常考的模型,可以将电势能、力矩平衡、电场力做功综合起来进行考查,是对库仑定律、电场强度、电势能、带电粒子在电场中的运动、力矩及力矩平衡的综合考查,本题的难点是同学不明白电偶极子电势能为零的位置是与电场垂直.第(3)问也容易漏掉相反的情境,注重对学生思维严密性的考查和对基础知识的综合应用能力的考查.

这些试题都是属于要求考生“能读懂一般性科普类文章,理解有关文字、图、表的主要内容及特征,并能与已学的知识结合起来解决问题”的试题.

2007年的高考题将进一步地向生活、生产和前沿科技靠近,这类题目将进一步加强,但考查的仍是基础知识,只是对考查基础知识的迁移、应用和拓展能力进一步加强.

### 4. 加强实验,重视实践,突出设计

实验题在高考物理中一直占有相当重要的地位,高考物理力图通过笔试的形式考查学生的实验能力.同时,也希望通过考查一些简单的、设计性的实验来鉴别考生独立地解决新问题的能力、创新意识和实践能力等.近年来高考物理实验题至少在三个以上,题型已不拘泥于单独的实验题部分,而是将实验内容渗透到选择与填空题中,既有单选题、多选题,又有作图题、填空题、连线题;另外,考查的内容也不只是局限于过去的学生实验,还要考查演示实验.

以2006年高考题为例,06年江苏卷第13题是对电学实验中的“测电源的电动势和内阻”、“灵敏电流计的改装”和“半偏法测电阻”的综合考查,这一设计实验的难度非常大.06年广东卷第12题,也考查的是“测电源的电动势和内阻”的实验,但该题考查的角度是“实验误差分析”、“实验步骤”和“利用表格处理数据”.06年上海卷第17题,考查的是测量小灯泡的伏安特性曲线.06年理科综合全国卷Ⅱ第22题,也考查的是描绘小灯泡的伏安特性曲线.06年理科综合全国卷Ⅰ第22题第(2)问考查的是利用半偏法测量电压表的内阻的步骤设计和器材选择.电学设计实验历来是高考实验的重中之重,几乎每年必考,也是学生主要的失分点,所以在复习中应引起足够

的重视。

实验内容的考查已游离于课本,常用新的物理情境考查传统的实验。2007年的实验设计将更具有挑战性,实验在生产和生活中的应用地位,将在高考题中进一步得到体现。

### 三、07年高考物理的命题特点与备考策略

#### 1. 夯实基础,回归课本,突出知识梳理

高考物理学科复习要抓好学科基础知识的落实,以教材为线索,以《考试大纲》中覆盖的知识点作为重点,注重基本概念和基本规律的复习,不仅要理解它们的含义,弄清楚它们的本质,而且要理解这些概念和规律的产生背景、适用条件、相关概念和规律之间的关系,最终要会运用这些概念和规律来分析和解决实际问题。通过复习要能读懂自然科学方面的资料,能看懂图表所包含的信息,读懂图示的意义,并能从中找出规律是非常重要的。复习要突出知识的梳理,形成知识结构,把学科知识和学科能力紧密结合起来,提高学科内部的综合能力。在复习中还要针对高中所学的重点知识以及对历年高考的重点、热点、难点、易错点进行归纳分析,课本上的知识要全面复习,但要抓住主干知识,突出重要考点,分清主次,因为高考考的知识是对高中所学知识的抽样,这种抽样源于命题老师对物理学科基本理论框架的认识水平,他们常常会考虑以下问题:哪些概念和规律对培养学生的物理素养是重要的;哪些对继续进入高等学校学习物理相关专业是必不可少的;哪些对培养学生的分析能力、逻辑思维能力是有启迪作用的等等。与此同时,还要注重总结解决问题的方法,达到开拓思路、发展思维、优化科学素质的目的;要培养分析问题的思维技巧,掌握对问题转化的策略,提高物理建模能力;养成善于审题,善于分析类比,善于从关键词句中寻找解决问题的突破口,养成多角度考虑问题的习惯。

#### 2. 联系实际,拓宽视野,提高应用能力

近年来高考试题不少来源于现实生活中的有关理论问题和实际问题,更加真实、全面地再现和模拟现实。试题要求学生的,主要不是对事物的局部或某一侧面进行描述,而是注重对事物整体的结构、功能和作用的认识,以及对事物发展变化过程的分析理解。所涉及的知识,以多样性、复杂性和综合性为特点,体现了科学知识的应用价值,推动了科学知识的普及,有利于培养学生创新意识和实践能力,打破了过去那种建立在理想化模型基础上强调紧扣课本的命题思想,加强了知识应用的考查。基于以上命题特点,同学们在做好基础知识复习的基础上还要多关注社会、观察自然现象、关心科技动态、增强环保意识、联系生活实际去拓宽视野,发挥想象和创新的潜能。联系实际的对象包括自然现象、科学实验中、现代生活中、各种产业部门中的实际问题。解这类问题的关键是要善于挖掘出实际问题的本质内涵,进行模型化处理,把不熟悉的问题转化为熟悉的问题,再注意知识和方法的灵活应用,问题就迎刃而解。因此认识到,解题的关键在于从问题中抽象出模型,模型是连接理论知识和应用的桥梁,背景知识、实验事实和实验材料是构建模型的基础,而抽象、等效、假设、类比等则是构

在针上蒙上一层油,这层油会给针罩上一层薄薄的油膜。油膜有股张力,它能够使针不沾水,浮在水面上。



建模型的基本方法,学会如何“脱衣脱帽”提取有用信息,转换成熟悉的物理模型的方法,形成解题思路.在复习的过程中还应该把教材中的“思考与讨论”、“做一做”、“阅读材料”、课本后的专题以及边框中的文字叙述等,都认真的阅读思考.要经常对知识进行归纳、整理,形成知识结构、做到融会贯通,才能顺畅地解决实际问题.此外,还要关心自然科学发展的最新成就和成果及其对社会发展的影响,通常这些内容课本中是没有的,常出现在报刊、杂志和广播电视等新闻媒体中.注意学科知识在现代生活、现代生产和现代科技中的应用,以提高学生独立解决问题的能力 and 创新能力.

### 3. 重视实验,注重原理,强化设计能力

在高考物理复习中,要抓好实验的复习,要对每一个实验(包括演示和分组实验、课后小实验)都要认真弄懂实验原理,熟悉实验器材,掌握实验方法和步骤,对实验中出现的现象要仔细观察、认真分析,并能处理实验中出现的非预见性现象,能准确记录数据、处理数据,通过真正动手去做实验,得出正确结论.此外,还要进一步向设计性和开放性实验靠近,强化自己的实验设计能力.设计实验时,首先要明确实验目的,如果是测量性的,就根据实验仪器的功能,找到恰当的物理规律,把被测的物理量与实验仪器所能测的物理量联系起来,设计方案即可.近年高考中尤以电学设计性实验为多,主要设计思想有电表的量程选择,电流表、电压表的内外接选择,滑动变阻器的限流、分压接法选择,电表的另用(作待测电阻,电流表作电压表使用)等.

### 4. 讲究策略,规范解题,加强应试技巧

在高考物理复习中,还要特别注意加强应试技巧:第一、应试时要有信心.第二、要注意答题顺序,要按照先易后难的顺序来答题,不要把宝贵的时间花到自己很难答出的题目上,这就是说,按照试卷题号的顺序审题,会一题就先做一题,一时不会的题目,先跳过去,继续往下答,直到将全卷过一遍,然后再按照这个方法,把第一遍没做出来的题目再过一遍,把会做的全都做好后,如果还有时间,则集中精力去突破最后的难题,如果没有时间,起码已经把会做的题全做完了.第三、重视审题,读题时要注意及时记录题中信息,必要时还要作图帮助记录有关信息,此外,通过作图还可以使自己尽快地找到解题的突破口.第四、要注意解题策略,对于选择题,若是单选题,在没有充分把握的情况下,也不要空着,可凭直觉选一个,若是多选题,通常选对其中一个选项,就能拿到一半左右的分,因此,对于无把握的选项就不要选上,否则,连这一半的分都得不到;对于填空题,若是文字填空,要注意把意思表达清楚,遇到数值填空,则要注意单位,对有有效数字要求的,要严格按规定的有效数字填;尤其是计算题,在认真审题的基础上,更要注意规范解题,特别注意要有“必要的文字说明”,包括:①要指明研究对象;②要准确画出受力图、运动示意图、电路图、光路图等有关图象;③要指明物理过程及其始、末状态;④要指明正方向或零位置;⑤要指明所用定律的名称和条件;⑥要指明隐含条件或临界条件;⑦物理量要尽量用题中的符号,自设符号要说明含义;⑧应用的公式应是标准形式,求得的结果应有文字方程和代入题给数据的算式,最后结果应有准确的数值和单位;⑨对题目要求的结论要全面准确地作

答. 第五、遇到新题型,不要紧张,要沉着应对. 第六、要注意卷面整洁、清晰,使人一目了然,否则会导致不必要的丢分.

总之,2007 高考物理学科在命题范围的控制上,凡涉及学科基本知识的掌握程度及相关内容的测试,都遵循于《课程标准》和 2007《考试大纲》,但在应用上则不拘泥于大纲;在试题设计上,逐步增加应用型和能力型试题,命题取材更加联系我国和世界经济、科技、教育和文化事业的发展. 高考物理测试强调的是基础,考查的重点是能力和素质,只要能在复习备考中注意夯实基础、联系实际、重视实验、培养能力,就一定能在 2007 年的高考中取得满意的成绩.

两艘船平行地向前航行时,两船舷中间的水比两船外侧的水流得快,因此两船内侧船舷受到水的压力,比两船外侧船舷受到的压力小,导致两船相撞.





## 重点突破

### 重点 1 运动的描述



#### 重点解读

##### 一、高考要求:

1. 认识质点、参考系和坐标系的概念,了解这三者描述物体运动的重要意义;
2. 理解时间和时刻、路程和位移概念的区别与联系;
3. 理解速度和速率、平均速度和瞬时速度的区别,并能分析生活中物体运动的快慢;
4. 理解加速度、平均加速度和瞬时加速度对描述物体运动的意义,并能分析生活中物体运动变化的快慢.

##### 二、应对策略:

1. 对质点的理解要准确,同一物体在研究不同的运动的情况下,有的可以看作质点,有的就不能看作质点.质点是中学物理学习的第一个理想模型,后面陆续学习了重心、光滑平面(即 $\mu=0$ )、点电荷、弹簧振子等,在复习中要注意前串后挂.
2. 时刻与时间的区别,路程和位移的区别,矢量和标量的区别,直线运动中位置和位移的区别,平均速度、瞬时速度、平均速率和瞬时速率的区别,速度 $v$ 、速度的变化量 $\Delta v$ 、加速度 $a$ 的区别是本部分复习的重点,尤其是加速度.
3. 位移、平均速度、瞬时速度、速度的变化量 $\Delta v$ 、加速度 $a$ 均为矢量,它们的叠加都满足平行四边形和三角形法则,尤其在相对运动的解题中,应充分注意这一点.
4. 本部分高考考查的热点在于利用直线运动的相关知识来测量某两物体之间的距离或某物体的速度,通常用光、声音或无线电波等直线传播作为知识考查的载体.该类题目画好几何路途是正确解题的保障,该类题目在复习中应引起足够的重视.



#### 典例调研

题型一 同一物体在不同的运动中能被看作质点的条件

规律方法 能否把物体看作质点依据以下两条原则:

- ①转动的物体,在研究其自转时,不可以看作质点;
- ②当研究物体位置变化的情况时,若物体各点的运动情况都相同、物体的几何尺寸相对于研究的距离可以忽略不计或物体的大小、形状对所研究问题的影响可以忽略不计的情况下,都可以当作质点来处理.

【调研 1】 (06 课改区检测) 下列关于质点的说法中, 正确的是

- A. 体积很小的物体都可看成质点
- B. 质量很小的物体都可看成质点
- C. 不论物体的质量多大, 只要物体的尺寸跟物体间距离相比甚小时, 就可以看成质点
- D. 只有低速运动的物体才可看成质点, 高速运动的物体不可看成质点

解析 一个实际物体能否看成质点, 跟它体积的大小、质量的大小以及运动速度的快慢无关, 主要决定于这个物体的尺寸和它与周围物体间距相比是否能忽略, 同时还跟所要研究问题的性质有关. 本题的答案选 C.

【误区警示】 并非小物体就一定可以看成质点, 大物体就不能看成质点, 物体能否被看作质点, 必须对问题进行具体分析.

【知识深化】 质点与物体异同: 质点是一个理想模型, 没有体积大小, 没有形状, 也不是几何上的“点”, 是一个不占空间的含有质量的抽象模型; 物体是一种实际的物质, 有质量也有体积、形状、占据空间. 二者共性是质点在一定条件下可以代替物体作机械运动状态分析的研究对象.

#### 题型二 选择适当的参考系简化计算

规律方法 对参考系的理解: 参考系的选取可以是任意的, 在实际问题中, 参考系的选择原则应以观测方便和使运动的描述尽可能简单为基本原则.

【调研 2】 百货大楼一、二楼间有一正以恒定速度向上运动的自动扶梯, 某人以相对梯的速度  $v$  沿梯从一楼向上跑, 数得梯子有  $N_1$  级; 到二楼后他又反过来以相对梯的速度  $v$  沿梯向下跑至一楼, 数得梯子有  $N_2$  级. 那么, 该自动扶梯实际为 \_\_\_\_\_ 级.

解析 设电梯相对于地的速度为  $v_0$ , 自动扶梯实际有  $N$  级. 则人向上跑相对地的速度为  $v + v_0$ , 人向下跑相对地的速度为  $v - v_0$ .

分别对上跑过程和下跑过程有  $\frac{N_1}{v} = \frac{N}{v + v_0}$        $\frac{N_2}{v} = \frac{N}{v - v_0}$

联立两式解得  $N = \frac{2N_1N_2}{N_1 + N_2}$ .

【技巧点拨】 本题中以电梯为参考系, 人上楼的时间为  $\frac{N_1}{v}$ , 下楼的时间为  $\frac{N_2}{v}$ , 而上楼和下楼时以地面为参考系, 则上楼的时间为  $\frac{N}{v + v_0}$ , 下楼的时间为  $\frac{N}{v - v_0}$ , 中间的联系是上楼时不论选择的参考系怎样, 时间都相同, 同理下楼时联系的纽带仍是时间相同.



## 题型三 明确路程和位移的区别

**规律方法** 路程是与质点的运动轨迹有关的,位移的大小则取决于初位置和末位置的位置;路程和位移的大小一般是不相等的,只有当质点做单向直线运动时路程才和位移的大小相等;路程只有大小,没有方向,位移既有大小又有方向.

【调研3】 一个实心长方体小木块,体积是  $a \times b \times c$ ,如图 1-1-1 所示,有一质点自 A 点运动到 B 点,求:

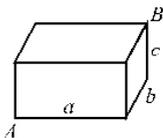


图 1-1-1

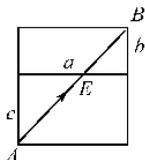


图 1-1-2

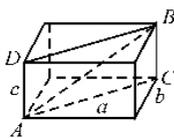


图 1-1-3

- (1) 最短路程;
- (2) 质点位移的大小.

**解析** (1) 路程最短就是质点通过的路径最短,将木块的两个面展开,如图 1-1-2 所示,则由 A 到 B 是直线时距离最短

故最短路程为  $\sqrt{a^2 + (b+c)^2}$ .

(2) 质点的位移总是从初位置指向末位置,即为立体图中的 A、B 两点间的距离.如图 1-1-3 所示

$$AC = DB = \sqrt{a^2 + b^2} \quad AB = \sqrt{AC^2 + BC^2} = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$$

所以位移的大小为  $\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$ .

**【发散拓展】** 在确定最短路程时,在上表面正确找点不容易,但将两侧展平之后,很容易找到几何关系.在计算位移时,注意将立体转成平面后再计算.这种解题的思维方法,在以后的题目中用的不多,但将立体图形展开求解最短路程的方法却可开拓视野,提高能力.

## 题型四 平均速度、瞬时速度、平均速率和瞬时速度的区别

**规律方法** 平均速率是运动物体运动的路程与运动时间的比值;平均速度是运动物体运动的位移与运动时间的比值;平均速率不小于平均速度的大小.

【调研4】 (06 广州模拟) 如图 1-1-4 所示,一质点沿半径  $r = 20 \text{ cm}$  的圆周自 A 点出发,逆时针运动 2 s,运动  $\frac{3}{4}$  周到达 B 点,求:

- (1) 质点的位移和路程;
- (2) 质点的平均速度.

**解析** (1) 质点的位移是由 A 指向 B 的有向线段,大小为 AB

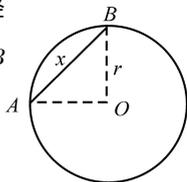


图 1-1-4

的长度,由几何关系得  $x = \sqrt{2}r = 28.3 \text{ cm}$ ,方向由  $A$  指向  $B$

质点的路程为质点实际经过的  $\frac{3}{4}$  圆周的长度即  $l = \frac{3}{4} \cdot 2\pi r = 94.2 \text{ cm}$ .

(2) 据平均速度的定义,平均速度等于位移除以时间  $v = \frac{x}{t} = 14.2 \text{ cm/s}$ .

**【误区警示】** 由该题可以看出,运动物体的位移可以是零,但物体的路程不可能为零;由此知,运动物体的平均速度可能是零,但运动物体的平均速率不可能是零.

**【知识深化】** ① 计算平均速度的公式有两个,一是定义式:  $\bar{v} = \frac{x}{t}$ ,普遍适用于各种运动;二是:  $\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$ ,只适用于匀变速直线运动.

② 平均速率不是平均速度的大小,一般情况下大于平均速度的大小,只有在单向直线运动中二者大小才相等.

③ 平均速度与平均速率的区别:平均速度 =  $\frac{\text{位移}}{\text{时间}}$ ,平均速率 =  $\frac{\text{路程}}{\text{时间}}$ ,平均速度是矢量,平均速率是标量,其大小在数值上可能相等,也可能不等.

**【互动研习 1】** 当该质点正好沿着该圆周运动了 2 周,上面问题的答案又如何呢?

题型五 速度、速度的变化量、加速度的区别

规律方法 ① 加速度是描述物体速度变化快慢的物理量,速度变化的快慢可用

速度变化率  $\frac{\Delta v}{\Delta t}$  表示;加速度与速度变化量  $\Delta v$  无关, $\Delta v$  大, $a$  不一定大.

② 加速度不是速度增加,加速度大小与速度大小无关,只要速度发生变化(大小或方向),无论速度是增大还是减小,都有加速度.

③ 判断物体是加速还是减速的依据是加速度  $a$  的方向与初速度  $v_0$  的方向的关系,同向则加速,反向则减速.

**【调研 5】** (06 年黄冈模拟) 有下列几种情境,请根据所学知识选择对情境的分析和判断的正确说法

- ① 点火后即将升空的火箭;
  - ② 高速公路上沿直线高速行驶的轿车为避免事故紧急刹车;
  - ③ 运动的磁悬浮列车在轨道上高速行驶;
  - ④ 太空的空间站在绕地球做匀速转动.
- A. 因火箭还没运动,所以加速度一定为零  
 B. 轿车紧急刹车,速度变化很快,所以加速度很大  
 C. 高速行驶的磁悬浮列车,因速度很大,所以加速度也一定很大  
 D. 尽管空间站匀速转动,加速度也不为零

解析 判断加速度是否存在的依据是看合外力是否为零,而不是看速度大小.

人身上最高可能带有 5 万到 6 万伏的静电,但通常只能持续很短的时间,而且静电放电的过程很快,电荷总量很少,所以不会对人造成伤害.



加速度是表示速度变化快慢的物理量,其大小由速度的变化量  $\Delta v$  及发生这个变化所用的时间  $\Delta t$  共同决定,速度变化快(即单位时间内速度变化量大),加速度一定大,所以选项 B 正确;一个物体运动速度大,但速度不发生变化,如匀速直线运动,它的加速度为零,所以选项 C 是错误的;曲线运动的速度方向发生了变化,速度就发生了变化,所以一定有加速度,所以 D 项正确;速度为零,加速度不一定为零,如竖直上抛的物体运动到最高点时,速度等于零,但加速度不为零而等于  $g$ ,所以选项 A 是错误的。

**【技巧点拨】** 合外力使物体获得了加速度,合外力的大小和方向决定了加速度的大小和方向,加速度的大小和方向与速度的大小和方向无直接的关系,和速度的变化率  $\frac{\Delta v}{\Delta t}$  有关。物体获得加速度以后,加速度和初速度就决定了物体速度变化的规律。

**【知识深化】** 对加速度定义式  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  进一步的理解:

①  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  式中的  $\Delta v$  指在时间  $\Delta t$  内速度的变化量。当  $\Delta t \rightarrow 0$  时,公式求出的是这一时刻的瞬时加速度;当  $\Delta t$  为一段较长时间时,公式求出的是这一段时间的平均加速度。

② 在  $v-t$  图象中,图象的斜率在数值上等于加速度的大小。

③ 加速度  $a$  的方向与速度变量  $\Delta v$  的方向相同,与初、末态速度方向可能都不同,如圆周运动等。

题型六 利用回声、光或电磁波来测量物体间的距离

**规律方法** 测量物体间的距离时,都是利用了声音、光或电磁波直线传播的特点,在解答这类问题时,画好声音、光或电磁波传播的几何路线图是关键,这样可以很快地理清解题思路。

**【调研 6】** (06 年全国理综 I) 天空中有近似等高的浓云层,为了测量云层的高度,在水平地面上与观察者的距离为  $d = 3.0 \text{ km}$  处进行一次爆炸,观察者听到直接由空气传来的爆炸声和由云层反射过来的爆炸声的时间差为  $\Delta t = 6.0 \text{ s}$ 。试估算云层下表面的高度。已知声音在空气中传播速度的大小为  $v = \frac{1}{3} \text{ km/s}$ 。

**解析** 如图 1-1-5 所示,  $A$  表示爆炸处,  $O$  表示观察者所在处,  $h$  表示云层下表面的高度。用  $t_1$  表示爆炸声直接传到  $O$  处所用的时间,则有  $d = vt_1$  ①

用  $t_2$  表示爆炸声经云层反射到达  $O$  处所用的时间,因为入射角等于反射角,故有

$$2\sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 + h^2} = vt_2 \quad ②$$

$$\text{已知 } \Delta t = t_2 - t_1 \quad ③$$

$$\text{联立①②③式可得 } h = \frac{1}{2} \sqrt{(v\Delta t)^2 + 2dv\Delta t}$$

$$\text{代入数值得 } h = 2.0 \times 10^3 \text{ m.}$$

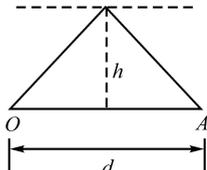


图 1-1-5

【误差警示】 在解答该类问题时,因为只有接受到光、声音或波的反射才能测量出距离来,所以计算出来的距离是发射点到反射点距离的两倍。

### 题型七 有关纸带的简单问题的处理

规律方法 由打点的疏密程度来判断小车的运动情况;由  $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  求平均速度;在匀变速直线运动中,可用某段时间内的平均速度替代此段时间中点时刻的瞬时速度。

【调研 7】 在研究物体做初速度为零的直线运动的某次实验中,交流电的频率是 50 Hz,纸带的记录如图 1-1-6 所示,图中前几个点模糊,因此从 A 点开始每 5 个点取一个计数点。试根据纸带求解以下问题:

- (1) 纸带的哪一端与物体相连?
- (2) 相邻计数点间的时间间隔是多少?
- (3) BD 段对应的平均速度是多大?
- (4) C 点瞬时速度的大小?

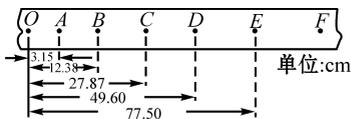


图 1-1-6

解析 (1) 由物体的初速度为零,可判断纸带

左端与物体相连。

(2) 由交流电频率为 50 Hz 知,相邻两点的时间间隔为 0.02 s,每 5 个点取一个计数点,则计数点间的时间间隔  $\Delta t = 5T = 0.1$  s。

(3) 由纸带可知:  $x_{BD} = (49.60 - 12.38)$  cm = 0.372 m  $t_{BD} = 2\Delta t = 0.2$  s

由平均速度公式  $\bar{v} = \frac{x}{t} = \frac{x_{BD}}{t_{BD}} = \frac{0.372}{0.2}$  m/s = 1.86 m/s。

(4) C 点瞬时速度近似等于 BD 段的平均速度,故  $v_C = 1.86$  m/s。

【发散拓展】 在研究物体运动规律时,经常用打点计时器打点的方法通过纸带记录物体运动的位置(位移)和时间,在分析纸带数据时要注意:①纸带数据给出方式;②计数点与打点的时间关系,如频率为 50 Hz 的交流电每 5 个打点取 1 个计数点,和每隔 4 个打点取一个计数点的时间间隔都为 0.1 s。

【互动研习 2】 如图 1-1-7 所示,是一辆汽车加完油后,刚从油站里面出来时,由于油箱漏油,油滴滴在地面上的情况,请你分析一下汽车速度的变化情况和汽车行驶的方向。

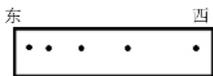


图 1-1-7



### 强化闯关

- (T1 强化\*) 下列说法正确的是
  - 运转中的地球不能看作质点,而原子核可以看作质点
  - 研究火车通过路旁一根电线杆的时间时,火车可看作质点
  - 研究 2004 年奥运会乒乓球女单冠军张怡宁打出的乒乓球时,不能把乒乓球看

有时自来水管在邻近的水龙头放水时,会发出阵阵的响声。这是水从水龙头冲出时引起水管共振的缘故。



## 作质点

D. 研究在平直的高速公路上飞驰的汽车的的速度时,可将汽车看作质点

2. (T2 强化)下列说法中与人们的日常习惯相吻合的是

A. 测量三楼内日光灯的高度,选择三楼地板为参考系

B. 测量井的深度,以井底为参考系,井深为 0 米

C. 以卡车司机为参考系,卡车总是静止的

D. 以路边的房屋为参考系判断自己是否运动

3. (T3 强化)如图 1-1-8 所示,某物体沿半径为 40 cm 的圆轨道运动,某时刻从 A 点出发,沿弧 ACB 经过一段时间到达 B 点(内接  $\triangle ABC$  为等边三角形). 求物体在这段时间里通过的路程与位移.

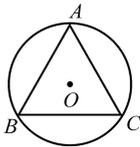


图 1-1-8

4. (T4 强化)三个质点 A、B、C 的运动轨迹如图 1-1-9 所示,三个质点同时从 N 点出发,同时到达 M 点. 下列说法正确的是

A. 三个质点从 N 到 M 的平均速度相同

B. B 质点从 N 到 M 的平均速度方向与任意时刻瞬时速度方向相同

C. 到达 M 点的瞬时速率一定是 A 的大

D. 三个质点从 N 到 M 的平均速率相同

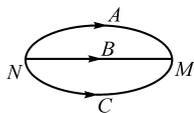


图 1-1-9

5. (T5 强化)西甲联赛正如火如荼地进行,足球以 8 m/s 的速度飞来,皇马运动员罗纳尔多把它以 12 m/s 的速度反向踢出,踢球时间为 0.2 s,设球飞来的方向为正方向,则足球在这段时间内的加速度是

A.  $-200 \text{ m/s}^2$     B.  $200 \text{ m/s}^2$     C.  $-100 \text{ m/s}^2$     D.  $100 \text{ m/s}^2$

6. (T6 强化)1999 年 9 月 21 日,我国台湾省南投地区发生 7.6 级地震. 已知地震波分三种:纵波,速度  $v_p = 9.9 \text{ km/s}$ ;横波,速度  $v_s = 4.5 \text{ km/s}$ ;面波,位于震源,速度  $v_t < v_s$ ,在浅源地震中破坏力最大. 台中市地震台测得收到的纵波与横波的时间差为 7.6 s,则地震台离震源有多远?

7. (T7 强化)(1)如图 1-1-10 所示的纸带,是某人练习使用打点计时器时得到的,纸带的右端连接打点计时器,从点痕的分布情况可以断定纸带的运动情况是\_\_\_\_\_.

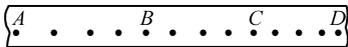


图 1-1-10

(2)若所用电源频率为 50 Hz,从打下 A 点到打下 D 点,共 13 个点痕,历时\_\_\_\_\_ s,位移为\_\_\_\_\_ m,这段时间内纸带运动的平均速度是\_\_\_\_\_ m/s,CD 段的平均速度是\_\_\_\_\_ m/s.

\* T1 强化意为题型一的强化,后依此类推.

## 【参考答案】

互动研习答案提示:

1. 质点的位移为零 质点的路程为  $2 \cdot 2\pi r = 251.2 \text{ cm}$  平均速度为零.

2. 汽车刚从油站出来,所以,汽车将做加速运动,油滴的间距将会越来越大,所以汽车

是自东向西加速前进的。

强化闯关参考答案:

1. CD 当研究地球公转时,由于地球直径比地球与太阳之间的距离小得多,可以忽略不计,可把地球看作质点,当研究地球的自转引起的昼夜交替等现象时,就不能把地球看作质点,研究电子绕原子核的运动情况,因为原子核的半径只相当于原子半径的万分之一,所以可以把原子核看作质点,但若研究有关原子核结构的问题,就不能把原子核看成质点,选项 A 错;研究火车通过路旁的一根电线杆的时间时,因电线杆的粗细比火车的长度小得多,故电线杆可看作质点,而火车不能看作质点,选项 B 错;奥运会冠军张怡宁打出的乒乓球虽小,但飞旋多变,不能看作质点,C 正确;在平直的高速公路上飞驰的汽车,尽管车轮是在转动,但我们研究的是汽车的速度,对整个车的运动来讲,车轮的转动不是研究的主要问题,可将车看作质点,D 正确。

2. AD 在解本题时很多同学受生活习惯的影响,往往错误地认为参考系只能选地面,其实不然,如 A 选项。

3. 物体走过的圆心角的大小为  $240^\circ$ ,即物体走过了  $\frac{2}{3}$  圆周,所以物体的路程等于  $s =$

$$\frac{2}{3} \times 2\pi r = \frac{160\pi}{3} \text{ cm. 位移的大小为 } 40\sqrt{3} \text{ cm, 方向由 } A \text{ 到 } B.$$

4. A 三个质点运动的初、末位置相同,故位移相同,又时间一样,故平均速度相同;B 质点沿  $NM$  直线运动但有可能往返,故不能断定平均速度方向与任意时刻的瞬时速度方向相同;C、D 项无法判定。

5. C 设球飞来的方向为正方向,则  $v_0 = 8 \text{ m/s}$ ,  $v_t = -12 \text{ m/s}$ ,  $t = 0.2 \text{ s}$ ,  $a = \frac{v_t - v_0}{t}$ , 解得  $a = -100 \text{ m/s}^2$ 。

6. 把地震波的传播看成是匀速传播,设震源离台中市地震台的距离为  $s$ ,

$$\text{有 } \frac{s}{v_s} - \frac{s}{v_p} = t, \text{ 得 } s = \frac{v_p v_s t}{v_p - v_s} = \frac{9.9 \times 4.5}{9.9 - 4.5} \times 7.6 \text{ km} = 62.7 \text{ km}.$$

7. (1) 由毫米刻度尺可测得  $x_{AB} = 2.45 \text{ cm}$ ,  $x_{BC} = 2.00 \text{ cm}$ ,  $x_{CD} = 1.54 \text{ cm}$ ,则在误差范围内有  $\Delta x_1 = x_{AB} - x_{BC} = 0.45 \text{ cm}$

$$\Delta x_2 = x_{BC} - x_{CD} = 0.46 \text{ cm} \quad \Delta x_1 \approx \Delta x_2$$

故物体做匀减速直线运动。

(2)  $T = 0.02 \text{ s}$ , 故  $t_{AD} = (N - 1)T = (13 - 1) \times 0.02 \text{ s} = 0.24 \text{ s}$ ;

$$x_{AD} = x_{AB} + x_{BC} + x_{CD} = 5.99 \text{ cm}, v_{AD} = \frac{x_{AD}}{t_{AD}} = \frac{5.99 \times 10^{-2}}{0.24} \text{ m/s} = 0.25 \text{ m/s};$$

$$v_{CD} = \frac{x_{CD}}{t_{CD}} = \frac{1.54 \times 10^{-2}}{0.08} \text{ m/s} = 0.19 \text{ m/s}.$$

这是因为吊扇转动时空气对吊扇叶片有向上的反作用力. 转速越大,此反作用力越大。



## 重点 2 匀变速直线运动的规律



### 重点解读

一、高考要求:

1. 理解和掌握匀变速运动的规律,能够熟练地运用规律来分析和解决有关问题;
2. 理解自由落体运动和重力加速度,掌握运用自由落体运动的规律来分析和解决生活中的实际问题.

二、应对策略:

近几年来考查最频繁的是匀变速直线运动的规律,在新课标能力立意命题的原则下,与实际生活和生产密切相关的问题,新高考考查的几率将大大提高,应特别注意对有关交通运输、现代科技、测量运动物体的速度和物体之间距离等题型的归纳和总结.在复习的过程中,熟练地掌握匀变速运动的公式、规律和它们之间的关系,并能灵活地运用和变通,是解决该部分问题的关键.



### 典例调研

题型一 匀变速运动的基本公式的应用

规律方法 基本公式中的  $v_0$ 、 $v_t$ 、 $a$  都是矢量,在直线运动中,若规定正方向后,它们都可用带正、负号的代数值表示,把矢量运算转化为代数运算.通常情况下取初速度方向为正方向.

【调研 1】 卡车原来用  $10 \text{ m/s}$  的速度匀速在平直公路上行驶,因为道口出现红灯,司机从较远的地方即开始刹车,使卡车匀减速前进.当车减速到  $2 \text{ m/s}$  时,交通灯转为绿灯,司机当即放开刹车,并且只用了减速过程的一半时间卡车就加速到原来速度,从刹车开始起到恢复原速过程用了  $12 \text{ s}$ . 求:

- (1) 减速与加速过程中的加速度;
- (2) 开始刹车后  $2 \text{ s}$  末及  $10 \text{ s}$  末的瞬时速度.

解析 (1) 卡车先做匀减速运动,再做匀加速运动,其运动简图如图 1-2-1 所示,设卡车从  $A$  点开始减速,则  $v_A = 10 \text{ m/s}$ ,用  $t_1$  时间到达  $B$  点,从  $B$  点又开始加速用时间  $t_2$  到达  $C$  点,设初速的方向为正方向,则  $v_B = 2 \text{ m/s}$ ,  $v_C = 10 \text{ m/s}$

$$\text{且 } t_2 = \frac{1}{2}t_1, t_1 + t_2 = 12 \text{ s}$$

$$\text{可得 } t_1 = 8 \text{ s}, t_2 = 4 \text{ s}$$



图 1-2-1



由  $v_t = v_0 + at$  得, 在  $AB$  段,  $v_B = v_A + a_1 t_1$  ①

在  $BC$  段,  $v_C = v_B + a_2 t_2$  ②

联立①②两式, 代入数据得  $a_1 = -1 \text{ m/s}^2$ ,  $a_2 = 2 \text{ m/s}^2$ .

(2) 2 s 末的速度为  $v_1 = v_A + a_1 t' = 10 \text{ m/s} - 1 \times 2 \text{ m/s} = 8 \text{ m/s}$

10 s 末的速度为  $v_2 = v_B + a_2 t'' = 2 \text{ m/s} + 2 \times (10 - 8) \text{ m/s} = 6 \text{ m/s}$ .

**【发散拓展】** 解决运动学问题要善于由题意画出运动简图, 利用运动简图解题时不论是思维上还是解题过程的叙述上都将变得简洁, 可以起到事半功倍的作用.

### 题型二 用匀变速直线运动的有关推论解题

**规律方法** 平均速度公式  $\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$  中的“ $v_0 + v_t$ ”是矢量和, 不是代数和, 应满足平行四边形定则. 若  $v_0$  和  $v_t$  在一条直线上时, 可以通过规定正方向, 把矢量运算转化为代数运算.

**【调研2】** 为了安全, 在公路上行驶的汽车之间应保持必要的距离. 已知某高速公路的最高限速为  $120 \text{ km/h}$ , 假设前方车辆突然停止, 后车司机从发现这一情况, 经操纵刹车, 到汽车开始减速所经历的时间(反应时间)  $t = 0.5 \text{ s}$ , 刹车时汽车的加速度大小  $a = 4 \text{ m/s}^2$ , 则该高速公路上汽车间的距离至少为多少?

**解析** 在司机反应时间里汽车做匀速直线运动, 刹车后做匀减速直线运动, 设减速运动时间为  $t_0$ ,  $v_0 = 120 \text{ km/h} = 33.3 \text{ m/s}$ , 则由  $v_t = v_0 + at$ , 可得  $t_0 = 8.3 \text{ s}$

则在这段时间里所发生的位移

$$s = v_0 t + \frac{v_0 + v_t}{2} t_0 = 33.3 \times 0.5 \text{ m} + \frac{33.3}{2} \times 8.3 \text{ m} = 154.8 \text{ m}.$$

**【知识深化】** 推论  $\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}$  的适用范围: 此式只适用于匀变速直线运动, 不论是匀加速直线运动还是匀减速直线运动都是适用的, 但对非匀变速直线运动是不适用的, 非匀变速直线运动的平均速度只能用定义式  $\bar{v} = \frac{s}{t}$  来计算.

**【调研3】** 列车从车站出发做匀加速直线运动, 某人在站台上测得第1节车厢(即车头)从身旁通过的时间为  $6 \text{ s}$ , 求第5节、第  $n$  节车厢从身旁通过所需要的时间(忽略两车厢间的距离).

**解析** 设每节车厢长度为  $L$ , 列车起动加速度为  $a$ , 如果从身旁通过1节、2节、 $\dots$ 、 $(n-1)$  节、 $n$  节车厢的时间依次为  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $\dots$ 、 $t_{n-1}$ 、 $t_n$ , 则由位移公式

$$L = \frac{1}{2} a t_1^2 \quad t_1 = \sqrt{2L/a}$$

$$2L = \frac{1}{2} a t_2^2 \quad t_2 = \sqrt{4L/a} \quad \dots \quad nL = \frac{1}{2} a t_n^2 \quad t_n = \sqrt{2nL/a}$$

故第1节、第2节、 $\dots$ 、第  $n$  节车厢依次从身旁通过所需的时间为



Http://www.tesoon.com

$$t_{\text{I}} = t_1 = \sqrt{2L/a} \quad t_{\text{II}} = t_2 - t_1 = \sqrt{4L/a} - \sqrt{2L/a} \cdots$$

$$t_{\text{N}} = (\sqrt{n} - \sqrt{n-1}) \sqrt{2L/a}$$

$$t_{\text{I}} = \sqrt{2L/a} = 6 \text{ s, 故第 5 节车厢通过时所需时间}$$

$$t_{\text{V}} = t_5 - t_4 = (\sqrt{5} - \sqrt{4}) \sqrt{\frac{2L}{a}} = 6(\sqrt{5} - 2) \text{ s}$$

第  $n$  节车厢通过时所需时间

$$t_{\text{N}} = t_n - t_{n-1} = (\sqrt{n} - \sqrt{n-1}) \sqrt{\frac{2L}{a}} = 6(\sqrt{n} - \sqrt{n-1}) \text{ s.}$$

【发散拓展】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,用比例法求解要比方程组法更简单.比例法是常用的一种解题方法,只要通过物理规律建立起物理量之间的一种正反比关系,就可用比例法求解.

【知识深化】匀变速直线运动的有关推论

1. 适合所有的匀变速直线运动的推论

①  $v_t^2 - v_0^2 = 2as$  (该推论中不含有时间  $t$ )

② 平均速度:  $\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2}$  ( $v_1, v_2$  分别为初速度和末速度)

$\bar{v} = v_1 + a \frac{t}{2}$  (匀变速直线运动的平均速度也等于中间时刻的瞬时速度)

③  $s_2 - s_1 = (2-1)aT^2, s_n - s_m = (n-m)aT^2$  (连续相邻相等时间内的位移差为一常数  $aT^2$ )

2. 只适合初速度为零的匀变速直线运动的推论

初速度为零的匀加速直线运动(设  $T$  为等分时间间隔):

①  $1T$  末、 $2T$  末、 $3T$  末、…瞬时速度之比为  $v_1 : v_2 : v_3 : \cdots = 1 : 2 : 3 : \cdots$ ;

②  $1T$  内、 $2T$  内、 $3T$  内、…位移之比为  $s_1 : s_2 : s_3 : \cdots = 1^2 : 2^2 : 3^2 : \cdots$ ;

③ 第一个  $T$  内、第二个  $T$  内、第三个  $T$  内、…、第  $n$  个  $T$  内位移之比为  $s'_1 : s'_2 : s'_3 : \cdots : s'_n = 1 : 3 : 5 : \cdots : (2n-1)$ ;

④ 通过连续相等的位移所用时间之比为  $t_1 : t_2 : t_3 : \cdots : t_n = 1 : (\sqrt{3} - \sqrt{2}) : \cdots : (\sqrt{n} - \sqrt{n-1})$ .

题型三 应用公式  $v_t^2 - v_0^2 = 2ax$  解答刹车类问题

规律方法 逆向过程处理(逆向思维)是把过程的“末端”作为“初端”反向研究问题的方法,如把物体做末速度为零的匀减速直线运动看成反向的匀加速直线运动,这种方法一般用于末状态已知的情况.逆向思维在物理解题中很有用.

【调研 4】(06 广州模拟)汽车驾驶员手册规定:具有良好刹车的汽车,以  $v_1 = 80 \text{ km/h}$  的速度行驶时,应在  $s_1 = 56 \text{ m}$  的距离内被刹住;以  $v_2 = 48 \text{ km/h}$  的速度行驶



时,应在  $s_2 = 24 \text{ m}$  的距离内被刹住. 假设两种情况下刹车后的加速度大小相同, 驾驶员在这两种情况下的反应时间相同, 则反应时间约为

- A. 0.5 s      B. 0.7 s      C. 0.9 s      D. 1.2 s

**解析** 驾驶员的反应时间指的是从发现情况到操纵刹车的时间. 在反应时间  $\Delta t$  内, 汽车仍按原来的速度做匀速运动, 其位移用公式  $s = vt$  计算. 刹车后汽车做匀减速运动, 其位移用公式  $0 - v_0^2 = 2(-a)s$ , 即  $s = \frac{v_0^2}{2a}$  计算. 刹车距离为这两部分位移的大小之和.

设刹车后汽车的加速度大小为  $a$ , 由题设条件知

$$v_1 \Delta t + \frac{v_1^2}{2a} = s_1 \quad \text{①} \quad v_2 \Delta t + \frac{v_2^2}{2a} = s_2 \quad \text{②}$$

联立①②两式, 解得加速度  $a = \frac{v_1 v_2 (v_1 - v_2)}{2(s_1 v_2 - s_2 v_1)}$ , 代入①式, 得反应时间

$$\Delta t = \frac{s_1}{v_1} + \frac{s_2 v_1 - s_1 v_2}{v_2 (v_1 - v_2)} = 0.73 \text{ s.}$$

**【发散拓展】** 解决这类问题的一般思路: ①要搞清汽车的运动过程, 先做匀速运动, 后做匀减速运动; ②使用公式时要注意  $v_0$ 、 $a$  的方向性, 通常以车行方向为正方向, 刹车过程中的加速度为负值; ③为避免正、负号的错误, 可以对刹车至停止的过程逆向观察, 变为一个初速度为零的匀加速运动, 直接得出位移大小  $s = \frac{v_0^2}{2a}$ ; ④解汽车刹车、飞机降落在跑道上滑行等末速度为零的匀减速直线运动类问题时, 必须判定运动物体所经历的实际运动时间, 然后再根据具体条件求解.

#### 题型四 求运动时间类问题

**规律方法** 处理同一或相同物体在不同的物理情境下的运动时间长短问题的方法可以分为下面的几种: 建立物理模型法、公式计算法、极限法、画  $v-t$  图象法.

**【调研5】** 小明家要盖新房子, 小明家处在多雨的地区. 已知房子的宽度一定, 要想下雨时, 让雨水在房顶上的时间最短, 则新房的房顶应与水平面的夹角为

- A.  $30^\circ$       B.  $45^\circ$       C.  $60^\circ$       D.  $80^\circ$

**解析** 本题的物理情境可等效成右面的模型, 如图 1-2-2 所示, 有三个相同底面的光滑斜面 A、B、C, 光滑斜面与水平面的夹角  $\theta$  大小分别为  $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$ . 今有三个相同小球同时从斜面的顶端由静止释放, 问三小球谁先抵达斜面底端?

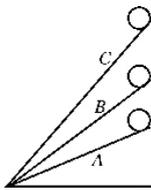


图 1-2-2

设任一斜面的长为  $s$ , 斜面的底边长为  $L$ . 三小球在斜面上均做初速度为零, 加速度

$a = g \sin \theta$  的匀加速运动, 由公式  $s = \frac{1}{2} at^2$ ,  $s = \frac{L}{\cos \theta}$  得小球运动的时间为  $t$



$$= \sqrt{\frac{4L}{g} \cdot \frac{1}{\sin 2\theta}}$$

由三角函数知识得,当  $\theta = 45^\circ$  时,时间有最小值,  $t_{\min} = 2\sqrt{\frac{L}{g}}$ ,  
即该小球运动到底端的时间最短.由此得新房房顶与水平面的夹角  
应为  $45^\circ$ ,答案应选 B.

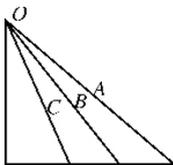


图 1-2-3

**【技巧点拨】** 利用题目中蕴涵的物理情境与某个典型物理模型的相同性为连接点,从而找到解题的突破口.

**【互动研习 1】** 如果模型为如图 1-2-3 所示,则用时最短的边为哪一条?

**【调研 6】** 如图 1-2-4 所示,已知  $e$  为过圆的直径的一光滑竖直面,另有光滑斜面  $a$ 、 $b$ 、 $c$ ,光滑斜面与水平面的夹角  $\theta$  的大小分别为  $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$ .今有三个相同的小球同时从斜面的顶端由静止释放,问三小球谁先抵达斜面底端?

**解析** 作辅助线如图上的虚线所示,设任一斜面的长为  $s$ ,圆的半径为  $R$ ,斜面的底边长为  $L$ .三小球在斜面上均做初速度为零,加速度  $a = g \sin \theta$  的匀加速运动,由三角形知识得  $s = 2R \sin \theta$ ,再结合  $s = \frac{1}{2}at^2$  得小球运动的时间为

$$t = \sqrt{\frac{4R \sin \theta}{g \sin \theta}} = \sqrt{\frac{4R}{g}} \quad \text{①}$$

由①式可以看出,三小球在三平面上的运动的时间只与圆的半径  $R$  和重力加速度  $g$  有关,故三小球同时到达斜面底端.

**【技巧点拨】** 物理解题的过程,不仅仅是解题,在解完后还要回头整理总结,把题目中有用的规律、方法升华出来,为以后的解题提供有力的武器.

**【互动研习 2】** 如果题目的图改为如图 1-2-5 所示,答案又如何呢?

**题型五** 由  $v = \frac{s_1 + s_2}{2T}$ ,  $a = \frac{\Delta s}{T^2}$  求匀变速直线运动的瞬时速度、加速度

**规律方法** (1)在匀变速直线运动中,某段时间中间时刻的瞬时速度应等于该段时间内的平均速度;(2)物体做匀加速直线运动,加速度为  $a$ ,物体在每个连续相等的时间间隔内的位移分别为  $s_1$ 、 $s_2$ 、 $s_3$ 、 $\dots$ 、 $s_{N-1}$ 、 $s_N$ .根据匀变速直线运动的规律有  $s_2 - s_1 = s_3 - s_2 = \dots = s_N - s_{N-1} = aT^2$ ,即两连续相等的时间间隔内的位移之差是一常数,由此可得  $s_m - s_n = (m - n)aT^2$ .

**【调研 7】** (06 课改区检测)利用打点计时器研究一个约 1.4 m 高的商店卷帘窗

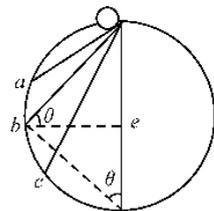


图 1-2-4

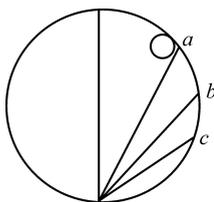


图 1-2-5



的运动,将纸带粘在卷帘窗的底部,纸带通过打点计时器时随卷帘在竖直平面内向上运动.打印后的纸带数据如表格所示.纸带中的A、B、C、D、…之间的时间间隔依次均是0.1 s,如图1-2-6所示,则AD段的加速度为\_\_\_\_\_ m/s<sup>2</sup>,AK段的平均速度为\_\_\_\_\_ m/s.

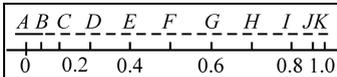


图1-2-6

间隔	AB	BC	CD	DE	EF	FG	GH	HI	IJ	JK
间距(cm)	5.0	10.0	15.0	20.0	20.0	20.0	20.0	17.0	8.0	4.0

解析 由表所给的数据可知,在AD段上

$$\Delta s = CD - BC = BC - AB = 5 \text{ cm (常数)}$$

这段时间的运动可看作匀加速运动,加速度  $a = \frac{\Delta s}{T^2} = \frac{0.05}{0.1} = 0.5 \text{ m/s}^2$

AK段上的平均速度  $\bar{v} = \frac{s_{AK}}{t} = \frac{1.39}{1.0} \text{ m/s} = 1.39 \text{ m/s}$ .

【发散拓展】 用逐差法求加速度:

(1) 时间间隔为偶数:把  $2n$  个间隔分成前  $n$  个第一组和后  $n$  个为第二组,利用这两组的位移之差  $\Delta s$  和时间间隔  $(nT)$  进行处理,起到了减小误差的目的,即  $a = \frac{\Delta s}{(nT)^2}$ .

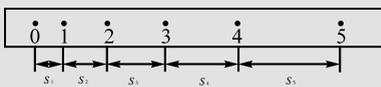


图1-2-7

(2) 时间间隔为奇数:如图1-2-7所示,将中间的  $s_3$  先拿去,这样,就变成了偶数个时间间隔的问题了

$$a = \frac{1}{2}(a_1 + a_2) = \frac{1}{2} \left( \frac{s_4 - s_1}{3T^2} + \frac{s_5 - s_2}{3T^2} \right) = \frac{(s_5 + s_4) - (s_1 + s_2)}{6T^2}$$

$$\text{然后再求: } a_3 = \frac{s_3 - s_1}{2T^2}$$

$$\text{最后获得的加速度为: } a = \frac{1}{2}(a + a_3)$$

这样即充分用到了每组数据,又充分利用了逐差法来减小误差.

### 题型六 相对运动的计算

规律方法 (1) 现有A、B两个运动物体,A物体的速度为  $v_1$ ,加速度为  $a_1$ ,B物体的速度为  $v_2$ ,加速度为  $a_2$ ,若选择B物体为参考系,则A物体的速度  $\vec{v} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$ ,加速度  $\vec{a} = \vec{a}_1 - \vec{a}_2$ ;

(2) 现有A物体相对于B物体的速度为  $v_{AB}$ ,加速度为  $a_{AB}$ ;B物体相对于C物体的速度为  $v_{BC}$ ,加速度为  $a_{BC}$ ,A物体相对于C物体的速度为  $v_{AC}$ ,加速度为  $a_{AC}$ ;则  $\vec{v}_{AC} = \vec{v}_{AB} + \vec{v}_{BC}$ ,  $\vec{a}_{AC} = \vec{a}_{AB} + \vec{a}_{BC}$ .



【调研8】 电梯以加速度  $a = 2g$  从静止由地面开始向上做匀加速直线运动, 内有细绳吊着的小球距电梯的底板  $2\text{ m}$ , 电梯向上运动了  $2\text{ s}$ , 绳突然断了, 小球落到底板上时, 小球相对地面上升了\_\_\_\_\_  $\text{m}$ , 小球落到底板上需要时间\_\_\_\_\_  $\text{s}$ .

解析 以电梯为参考系, 小球相对电梯向下做匀加速运动(相对初速为零), 小

球相对电梯的加速度  $a_{\text{相}} = 3g$ ,  $h_{\text{相}} = \frac{1}{2} a_{\text{相}} t^2$ , 所以  $t = \sqrt{\frac{2h_{\text{相}}}{a_{\text{相}}}} = \sqrt{\frac{2 \times 2}{3 \times 10}} = \sqrt{\frac{2}{15}}\text{ s}$   
 $= 0.365\text{ s}$

以地面为参考系, 在前  $2\text{ s}$  内, 电梯及小球上升的高度

$$h_1 = \frac{1}{2} a t_1^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 10 \times 2^2\text{ m} = 40\text{ m}$$

此时它的速度  $v = a t_1 = 2 \times 10 \times 2\text{ m/s} = 40\text{ m/s}$

小球以初速  $v = 40\text{ m/s}$  做竖直上抛运动, 在  $t = \sqrt{\frac{2}{15}}\text{ s}$  内的位移为

$$h_2 = v t - \frac{1}{2} g t^2 = 40 \times 0.365 - \frac{1}{2} \times 10 \times \frac{2}{15}\text{ m} = 13.93\text{ m}$$

所以小球相对地面上升了

$$h = h_1 + h_2 = 40 + 13.93\text{ m} = 53.93\text{ m}.$$

【技巧点拨】 本题以电梯为参考系研究小球的运动时, 因为小球的初速度相对电梯为零, 故可将小球看作向下做匀加速运动, 从而使问题的解答简化.

【知识深化】 规律(1) 速度  $\vec{v} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$ , 加速度  $\vec{a} = \vec{a}_1 - \vec{a}_2$ ; 规律(2) 速度  $\vec{v}_{AC} = \vec{v}_{AB} + \vec{v}_{BC}$ , 加速度  $\vec{a}_{AC} = \vec{a}_{AB} + \vec{a}_{BC}$  中的各个矢量自身都带有正负性, 与正方向相同取正号, 与正方向相反取负号. 例  $\vec{v} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$ , 设  $v_1$  的方向为正方向, 则如果  $v_2$  的方向与  $v_1$  的方向相同,  $v$  的大小为  $v = v_1 - v_2$ ; 如果  $v_2$  的方向与  $v_1$  的方向相反,  $v$  的大小为  $v = v_1 - (-v_2) = v_1 + v_2$ .

#### 题型七 竖直上抛和自由落体运动

规律方法 (1) 自由落体运动是一种初速度为零的匀变速直线运动, 一切匀变速直线运动的规律都适合;

(2) 竖直上抛运动的处理方法:

①分段法: 上升过程为  $a = -g, v_t = 0$  的匀减速直线运动; 下落过程是自由落体运动.

②整体法: 从全程来看, 加速度方向始终与初速度的方向相反, 所以可把竖直上抛运动的上升和下降阶段统一看成是一个匀减速直线运动. 将全程看作是初速为  $v_0$ , 加速度为  $-g$  的匀减速直线运动. 由  $v_t = v_0 - gt$  得到:  $v_t > 0$  时, 物体正在上升,  $v_t < 0$  时, 物体正在下降; 由  $h = v_0 t - gt^2/2$  得到:  $h > 0$  时, 物体在抛出点的上方,  $h < 0$  时, 物体在抛出点的下方.

【调研9】(06黄冈调研)以速度  $v_0 = 20 \text{ m/s}$  竖直上抛一小球,两秒后以相同的初速度在同一点竖直上抛另一个小球,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,则两球相碰处离出发点的高度是  
A. 10 m      B. 15 m      C. 20 m      D. 不会相碰

解析 设第二小球抛出后经时间  $t$  两球相遇

**解法一:** 根据位移相等有  $v_0(t+2) - \frac{1}{2}g(t+2)^2 = v_0t - \frac{1}{2}gt^2$

解得  $t = 1 \text{ s}$ , 代入位移公式  $h = v_0t - \frac{1}{2}gt^2$

解得  $h = 15 \text{ m}$ . 正确答案应选 B.

**解法二:** 根据速度对称性, 上升阶段与下降阶段经过同一位置的速度大小相等、方向相反, 即  $-[v_0 - g(t+2)] = v_0 - gt$

解得  $t = 1 \text{ s}$ , 代入位移公式可得  $h = 15 \text{ m}$ .

**解法三:** 设第一球达最高点所用时间为  $t'$ , 则根据时间对称性有  $t = t' - 1$

解得  $t = 1 \text{ s}$ , 代入位移公式可得  $h = 15 \text{ m}$ .

【发散拓展】取初速度方向为正方向, 则竖直上抛运动的加速度  $a = -g$ . 将  $a = -g$  代入匀加速直线运动的公式中即可得到竖直上抛运动的公式:  $v_t = v_0 - gt$ ,  $h = v_0t - \frac{1}{2}gt^2$ ,  $v_t^2 - v_0^2 = -2gh$ .

【知识深化】 竖直上抛运动的特点: ①物体上升到最高点所用时间与物体从最高点落回到原抛出点所用时间相等:  $t_{\uparrow} = t_{\downarrow} = v_0/g$ , 物体在上升过程中从某点到达最高点所用的时间, 和从最高点落回到该点所用的时间相等; ②上升的最大高度  $h = \frac{v_0^2}{2g}$ ; ③物体上抛时的初速度与物体又落回原抛出点时的速度大小相等, 方向相反; ④在竖直上抛运动中, 同一个位移对应两个不同的时刻和两个等大反向的速度.

#### 题型八 综合应用问题

**规律方法** 高考信息题的考查角度主要有: (1) 提供的知识背景, 要求在理解这些知识的基础上用科学研究的一般方法来解决; (2) 给出新的实际问题的情境, 而用到的知识和方法都是已有的; (3) 不要求用所给信息完整地处理整个问题, 只对局部环节进行考查. 如只考查提出问题的能力、观察比较的能力、分析得出结论的能力. 解决这类问题的关键是获取并处理这些信息, 预计以后的几年中, 信息题仍会是热点和亮点.

【调研10】如图1-2-8所示的是某市一所学校前的一条东西向的马路. 一辆小汽车以速度  $v_1$  向东行驶, 一位学生正由南向北从斑马线上横过马路. 汽车司机发现学生处于图中位置  $D$  时, 经  $t_0 = 0.7 \text{ s}$  作出反应紧急刹车, 但仍将步行



图 1-2-8



至  $B$  处的学生撞倒,汽车最终停在位置  $C$ 。

该市规定小汽车在市内行驶的速度不得超过  $60 \text{ km/h}$ 。为了判断汽车司机是否超速行驶及学生是否抢道,警方派出一辆警车以速度  $v_{\max} = 14.0 \text{ m/s}$  行驶在同一马路的同一地段,做一次模拟试验。在肇事汽车开始刹车的位置  $A$  紧急刹车,经  $14.0 \text{ m}$  后停下。警方在事故现场测得  $AB = 17.5 \text{ m}$ 、 $BC = 14.0 \text{ m}$ 、 $DB = 2.2 \text{ m}$ 。经检查,肇事汽车刹车性能良好。假设警车和肇事汽车与此路面的摩擦因数相同。请你协作判断:

- (1) 该肇事汽车是否违章超速?
- (2) 该被撞学生有否抢道?

解析 (1) 设警车与肇事汽车刹车滑行的加速度大小均为  $a$ , 其位移分别为  $s = 14.0 \text{ m}$ ,  $s' = AB + BC = 31.5 \text{ m}$ , 两车的末速度  $v_i = 0$

由位移和速度的关系知  $v_{\max}^2 = 2as$ ,  $v_A^2 = 2as'$

$$v_A = \sqrt{\frac{s'}{s} v_{\max}^2} = \sqrt{\frac{31.5}{14.0}} \times 14.0 \text{ m/s} = 21.0 \text{ m/s} = 75.6 \text{ km/h}$$

它已远远超过规定的最高车速  $60 \text{ km/h}$ , 故该肇事车已严重违章。

(2) 设肇事汽车在  $B$  点的速度为  $v_B$ , 同理

$$\frac{v_A^2}{v_B^2} = \frac{AB + BC}{BC} = \frac{17.5 + 14.0}{14.0} = 2.25$$

得  $v_B = \sqrt{\frac{1}{2.25}} v_A = \frac{1}{1.5} \times 21.0 \text{ m/s} = 14.0 \text{ m/s}$ 。肇事车从开始刹车滑行至出事点  $B$

的时间  $t_1 = \frac{AB}{\frac{1}{2}(v_A + v_B)} = \frac{17.5}{\frac{1}{2}(21.0 + 14.0)} \text{ s} = 1.0 \text{ s}$

学生从  $D$  步行至  $B$  的时间  $t_2 = t_0 + t_1 = (0.7 + 1.0) \text{ s} = 1.7 \text{ s}$

所以学生在斑马线上的步行速度为

$$v_2 = \frac{DB}{t_2} = \frac{2.2}{1.7} \text{ m/s} \approx 1.29 \text{ m/s} \approx 4.6 \text{ km/h}$$

可见学生以正常速度在斑马线上步行,并没有跟汽车抢道。这次事故,驾驶员应该负全部责任。

**【技巧点拨】** 肇事汽车、警车均采用的是紧急刹车,所以肇事汽车、警车与地面间的摩擦均为滑动摩擦,由  $a = -\mu g$  可以知道,肇事汽车、警车均做匀减速运动,且加速度相同,这是解答该题的关键。



### 强化闯关

1. (T1 强化) 以  $54 \text{ km/h}$  的速度行驶火车,因前方有一危重病人需要上车,需要在中途停车。如果停留的时间是  $1 \text{ min}$ , 刹车引起的加速度大小是  $30 \text{ cm/s}^2$ , 起动产生的加速度大小是  $50 \text{ cm/s}^2$ , 求火车因临时停车所延误的时间。



温馨提示

惟分型 考试流于重本本、条文的弊端,牢牢地打下“分数第一”的心理基础,在这种惟分心理支配下,只得为“分”而奋力拼搏。

2. (T2 强化) 一辆汽车在笔直的公路上做匀变速直线运动, 该公路每隔 15 m 安置一个路标, 汽车通过两相邻路标 A、B 用了 2 s, 通过两相邻路标 B、C 用了 3 s, 求汽车通过 A、B、C 三个路标时的速度.

3. (T3 强化) 一列货车以 10 m/s 的速度沿平直铁路匀速行驶, 司机发现前方有障碍物后立即刹车, 货车以加速度 0.2 m/s<sup>2</sup> 做匀减速直线运动. 经过 1 min 货车的位移是多少?

一位同学的解法是: 由  $t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$  代入位移公式, 得

$$x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = [10 \times 60 + \frac{1}{2} \times (-0.2) \times 60^2] \text{ m} = 240 \text{ m}$$

请对这一解法作出评价, 并提出你的解法.

4. (T4 强化) 有一竖直上抛的小球, 当空气阻力可以忽略时, 落回地面所需时间为  $t_1$ , 若空气的阻力不可忽略时, 落回地面所需时间为  $t_2$ , 则

A.  $t_1 < t_2$     B.  $t_1 > t_2$     C.  $t_1 = t_2$     D. 无法判断

5. (T5 强化) 从斜面上某一位置, 每隔 0.1 s 释放一个小球, 在连续释放几颗小球后, 对在斜面上滚动的小球拍下照片, 如图 1-2-9 所示, 测得  $s_{AB} = 15 \text{ cm}$ ,  $s_{BC} = 20 \text{ cm}$ , 求

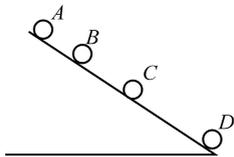


图 1-2-9

- (1) 小球的加速度;
- (2) 拍摄时 B 球的速度;
- (3) 拍摄时  $s_{CD}$  的大小;
- (4) A 球上面滚动的小球还有几颗?

6. (T7 强化) (1) 航空母舰是大规模战争中的重要武器, 灵活起降的飞机是它主要的攻击力之一. 民航客机起飞时要在 2.5 min 内使飞机从静止加速到 44 m/s, 而舰载飞机借助助推设备, 在 2 s 内就可把飞机从静止加速到 83 m/s, 设起飞时飞机在跑道上做匀加速运动, 则供客机起飞的跑道长度约是航空母舰的甲板跑道长的

A. 800 倍    B. 80 倍    C. 400 倍    D. 40 倍

(2) 航空母舰上的飞机起飞时, 航空母舰以一定速度航行以保证飞机能安全起飞. 某航空母舰上的战斗机起飞过程的最大加速度是 4.5 m/s<sup>2</sup>, 速度需大于 60 m/s 才能起飞. 该航空母舰甲板长 225 m, 为了使飞机能安全起飞, 航空母舰的最小速度为 \_\_\_\_\_ m/s, 方向为 \_\_\_\_\_.

7. (T8 强化) 一气球从地面以 10 m/s 的速度匀速竖直上升, 4 s 末一小石块从气球上吊篮的底部自由落下, 取  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , 不计空气阻力, 求石块离开气球后在空中运行的平均速度和平均速率.

8. (T8 强化) 2004 年 1 月 25 日, 继“勇气”号之后, “机遇”号火星探测器再次成功登陆火星. 在人类成功登陆火星之前, 人类为了探测距离地球大约  $3.0 \times 10^5 \text{ km}$  的月球, 也发射了一种类似四轮小车的月球探测器. 它能够在自动导航系统的控制下行走, 且每隔 10 s 向地球发射一次信号. 探测器上还装着两个相同的减速器(其中一个备



用的),这种减速度器可提供的最大加速度为  $5 \text{ m/s}^2$ . 某次探测器的自动导航系统出现故障,从而使探测器只能匀速前进而不再能自动避开障碍物,此时地球上的科学家必须对探测器进行人工遥控操作. 下表为控制中心的显示屏的数据:

收到信号时间	与前方障碍物距离(单位:m)
9:10 <sub>20</sub>	52
9:10 <sub>30</sub>	32
发射信号时间	给减速度器设定的加速度(单位: $\text{m/s}^2$ )
9:10 <sub>33</sub>	2
收到信号时间	与前方障碍物距离(单位:m)
9:10 <sub>40</sub>	12

已知控制中心的信号发射与接收设备工作速度极快. 科学家每次分析数据并输入命令最少需要 3 s. 问:

(1) 经过数据分析,你认为减速度器是否执行了减速命令?

(2) 假如你是控制中心的工作人员,应采取怎样的措施? 加速度需满足什么条件? 请计算说明.

### 【参考答案】

互动研习答案提示:

1. 设小球离地面的高度为  $h$ , 各斜边与水平间的夹角为  $\theta$

$$\text{则各斜面的长度为 } x = \frac{h}{\sin \theta}$$

$$\text{小球在斜面上加速度的大小为 } a = g \sin \theta$$

$$\text{根据公式 } x = \frac{1}{2} at^2, \text{ 得 } t = \frac{1}{\sin \theta} \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

由此可以看出当斜边与水平面的夹角越大, 所用时间越短, 所以用的时间最短的是 C 边.

2. 设各斜面与水平方向的夹角为  $\theta$ , 则  $x = 2R \sin \theta = \frac{1}{2} at^2, a = g \sin \theta$

$$\text{解得 } t = \sqrt{\frac{4R}{g}}, \text{ 三个小球同时到达底端.}$$

强化闯关参考答案:

1. 火车速度  $v = 54 \text{ km/h} = 15 \text{ m/s}$

$$\text{从刹车到停止做匀减速运动所用的时间 } t = \frac{v}{a} = 50 \text{ s}$$

$$\text{所经过的位移 } x = vt - \frac{1}{2} at^2 = 375 \text{ m}$$



从起动到达速度  $v$  做匀加速运动所用的时间  $t' = \frac{v}{a'} = 30$  s

所经过的位移  $x' = \frac{1}{2} a' t'^2 = 225$  m

火车停留时间  $t_0 = 60$  s

火车以速度  $v$  通过上述两段位移所需的时间  $T = \frac{x + x'}{v} = 40$  s

火车因临时停车延误的时间  $\Delta t = t + t' + t_0 - T = 100$  s.

2. 设汽车通过  $A$ 、 $B$ 、 $C$  三个路标时的速度分别为  $v_A$ 、 $v_B$ 、 $v_C$ . 由匀变速直线运动的平均速度公式得

$$\frac{v_A + v_B}{2} = \frac{s_{AB}}{t_1}, \quad \frac{v_B + v_C}{2} = \frac{s_{BC}}{t_2}, \quad \frac{v_A + v_C}{2} = \frac{s_{AB} + s_{BC}}{t_1 + t_2}$$

可解得  $v_A = 8.5$  m/s,  $v_B = 6.5$  m/s,  $v_C = 3.5$  m/s.

3. 此同学的解法是错误的, 原因是此同学没有考虑到货车从减速到速度为零所用的时间可能小于 1 min. 刹车后, 货车匀减速滑行的时间为

$$t = \frac{v_i - v_0}{a} = \frac{0 - 10}{-0.2} \text{ s} = 50 \text{ s}$$

因此, 不能直接把 1 min 代入公式计算位移. 可以直接用平均速度公式计算位移, 即

$$x = \bar{v}t = \frac{v_0 + v_i}{2}t = \frac{v_0}{2}t = \frac{10}{2} \times 50 \text{ m} = 250 \text{ m}.$$

4. A 利用极限思想: 如果空气的阻力等于小球的重力, 小球最后会静止在空中, 不能落回地面, 即  $t_2$  为无穷大. 由此不难推得  $t_1 < t_2$ .

5. (1) 由  $a = \frac{\Delta s}{T^2}$  得小球的加速度  $a = \frac{s_{BC} - s_{AB}}{T^2} = 5 \text{ m/s}^2$ .

(2)  $B$  点的速度等于  $AC$  段上的平均速度, 即  $v_B = \frac{s_{AC}}{2T} = 1.75 \text{ m/s}$ .

(3) 相临相等时间的位移差恒定, 即  $s_{CD} - s_{BC} = s_{BC} - s_{AB}$ , 所以  $s_{CD} = 2s_{BC} - s_{AB} = 0.25 \text{ m}$ .

(4) 设  $A$  点小球的速度为  $v_A$ , 由于  $v_A = v_B - at = 1.25 \text{ m/s}$

可得  $A$  球的运动时间为  $t_A = \frac{v_A}{a} = 0.25 \text{ s}$ , 所以在  $A$  球上方滚动的小球还有 2 颗.

6. D (1) 由题意知, 航空母舰舰载机和民航客机在加速阶段均做的是匀加速直线

运动, 所以  $x_{\text{民航}} = \bar{v}t = \frac{v_i}{2}t = \frac{44}{2} \times 2.5 \times 60 \text{ m} = 3\,300 \text{ m}$

$$x_{\text{航母}} = \bar{v}t = \frac{v_i'}{2}t = \frac{83}{2} \times 2 \text{ m} = 83 \text{ m}$$

所以  $\frac{x_{\text{民航}}}{x_{\text{航母}}} = \frac{3\,300}{83} \approx 40$  倍.

(2) 以航母为参考系, 设航母相对海面的速度大小为  $v'$ , 则航母上的飞机相对航母的速度大小为  $v_{\text{相对}} = v - v'$ , 且开始加速时, 航母上的飞机相对航母的速度为零, 则



$$(v - v')^2 - 0 = 2ax$$

把  $v = 60 \text{ m/s}$ ,  $a = 4.5 \text{ m/s}^2$ ,  $x = 225 \text{ m}$  代入上式

得  $v' = 15 \text{ m/s}$ , 方向和飞机加速的方向相同.

7. 石块离开气球后, 有一个向上的初速度, 其加速度即为重力加速度, 与物体的初速度方向相反, 所以石块做匀减速直线运动, 到达最高点后, 开始返回, 在返回时做自由落体运动.

石块离开气球后的初速度为  $v_0 = 10 \text{ m/s}$ , 上抛到最高点时速度为 0

$$\text{故上抛的最大高度 } h = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{10^2}{20} = 5 \text{ m}$$

$$\text{上抛到最高点所用时间 } t_1 = \frac{v_0}{g} = \frac{10}{10} = 1 \text{ s}$$

最高点离地面的高度  $H = 5 + 10 \times 4 = 45 \text{ m}$

从最高点自由下落到地面所用时间

$$t_2 = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 45}{10}} \text{ s} = 3 \text{ s}$$

画出物体的运动简图, 如图 1-2-10 所示. 石块离开气球后在空中

运行的位移  $s = 10 \times 4 = 40 \text{ m}$ , 方向竖直向下, 石块离开气球后在空中运行的时间  $t$

$= 1 \text{ s} + 3 \text{ s} = 4 \text{ s}$ , 石块离开气球后在空中运行的平均速度  $\bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{40}{4} = 10 \text{ m/s}$ , 石

块离开气球后在空中运行的路程  $L = 45 + 5 = 50 \text{ m}$ , 石块离开气球后在空中运行的

平均速率  $\bar{v}' = \frac{L}{t} = \frac{50}{4} = 12.5 \text{ m/s}$ .

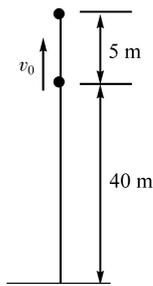


图 1-2-10

8. (1) 设在地球和月球之间传播电磁波需时为  $t_0$ , 则  $t_0 = \frac{s_{\text{月地}}}{c}$

从前两次收到的信号可知: 探测器的速度  $v_1 = \frac{52 - 32}{10} = 2 \text{ m/s}$

由题意可知, 从发射信号到探测器收到信号并执行命令的时刻为  $9:10_{34}$ . 控制中心第三次收到的信号是探测器在  $9:10_{39}$  发出的

从后两次收到的信号可知探测器的速度  $v_2 = \frac{32 - 12}{10} = 2 \text{ m/s}$

可见, 探测器速度未变, 并未执行命令而减速. 减速器出现故障.

(2) 应启用另一个备用减速器. 再经过  $3 \text{ s}$  分析数据和  $1 \text{ s}$  接收时间, 探测器在  $9:10_{44}$  执行命令. 从探测器在  $9:10_{39}$  发出信号到探测器在  $9:10_{44}$  执行命令, 探测器向前行进了  $10 \text{ m}$ , 此时距前方障碍物距离  $s = 2 \text{ m}$ . 设定减速器加速度为  $a$ , 则有  $s =$

$$\frac{v^2}{2a} \leq 2 \text{ m}, \text{ 可得 } a \geq 1 \text{ m/s}^2$$

即只要设定加速度  $a \geq 1 \text{ m/s}^2$ , 便可使探测器不与障碍物相撞.

## 重点3 重力、弹力、摩擦力

## 重点解读

## 一、高考要求:

1. 重力的方向、大小和重心的概念及其应用;
2. 弹力产生的条件的应用、方向的判断、大小的计算及胡克定律应用;
3. 摩擦力有无的判断,摩擦力方向的确定和大小的计算;
4. 两种摩擦力在具体情况中的分析.

## 二、应对策略:

纵观近几年的高考题,这部分知识必定出现,大部分是和其他的知识综合出题,主要涉及到摩擦力和弹簧的弹力.单独出题时往往以摩擦力为主.所以弹力中的胡克定律的应用和摩擦力的各类问题是这部分的重点和难点.

在复习中应弄清摩擦力产生的条件,动、静摩擦力方向的判断,动、静和最大静摩擦力大小的计算方法,弄清动、静和最大静摩擦力的区别和联系,应掌握好整体法求摩擦力的方法.

## 典例调研

## 题型一 体系重心的确定

**规律方法** (1)重心不是最重的点:各部分所受重力的效果,与只作用在重心处各部分所受重力的合力是等效的,因此可以认为物体各部分所受重力集中于重心.但实际上物体的各部分都受重力,重力并不只作用于重心上,重心也不是物体上最重的点;(2)物体的重心可以不在物体上:由于重心是一个等效作用点,它就可以不在物体上.如球壳的重心在球心,并不在壳体上.

**【调研1】** 如图1-3-1所示,一被吊着的空心的均匀球壳内装满了细砂,底部有一阀门,打开阀门让细砂慢慢流出的过程中,球壳与细砂的共同重心将会

- A. 一直下降
- B. 一直不变
- C. 先下降后上升
- D. 先上升后下降

**解析** 在装满细砂时,球壳和细砂的共同重心在球心.随着细砂的流出,球壳的重心不变,但是细砂的重心在下降,二者的共同重心在下降,当细砂流完时,重心又回到了球心,可见重心应是先下降后上升,故C正确.

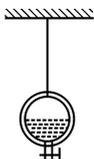


图1-3-1



【发散拓展】任何一个物体有且仅有一个重心. 重心的位置与物体的形状和质量分布有关, 形状和质量分布发生变化时, 将会引起重心的变化.

### 题型二 弹力有无及方向的判定

**规律方法** 弹力有无的判定方法: (1) 利用假设法判断: 要判断物体在某一接触处是否受到弹力作用, 可假设把在该处与物体接触的另一物体去掉, 看物体是否保持原来的状态, 从而判断物体在该处是否受到弹力作用; (2) 利用力的作用效果直接分析弹力的有无.

弹力方向的判定方法: (1) 明确产生弹力的物体; (2) 找出使物体发生形变的外力方向; (3) 确定该物体产生弹力的方向.

【调研2】(06天津模拟) 如图1-3-2所示, 一个光滑的带正电的小球用细线悬吊着, 且处在方向竖直向下的匀强电场中, 电场强度的大小为  $E$ , 小球的下面与斜面接触, 细线保持竖直状态, 关于小球受力的个数, 下列说法正确的是

- A. 1 个  
B. 2 个  
C. 3 个  
D. 2 个或 3 个

**解析** 小球悬吊着, 小球一定受重力作用, 小球处于静止状态, 必定所受合外力为 0.

**解法一:** 假设法: 假设存在斜面给小球斜向上的弹力. 当撤去斜面后, 小球仍保持静止, 且绳仍保持竖直状态. 因此, 此弹力并不存在, 小球只受绳子向上的拉力和重力、电场力的作用.

**解法二:** 利用力的作用效果: 如果存在斜面给小球斜向上的弹力, 小球静止时, 细线将不能保持竖直状态, 因此, 小球只受重力、电场力和绳对球竖直向上的拉力. 应选 C.

【发散拓展】也可以根据弹力的产生条件来判断弹力的有无: ①物体间是否直接接触; ②接触处是否有相互挤压或拉伸; ③形变是否是弹性形变.

【调研3】(上海高考改编题) 三个相同的支座上分别搁着三个质量和直径都相同的光滑圆球  $a$ 、 $b$ 、 $c$ , 支点  $P$ 、 $Q$  在同一水平面上,  $a$  的重心位于球心,  $b$ 、 $c$  的重心分别位于球心的正上方和正下方, 如图1-3-3所示, 三球皆静止, 支点对  $a$ 、 $b$ 、 $c$  球的弹力分别为  $F_a$ 、 $F_b$ 、 $F_c$ , 则

- A.  $F_a = F_b = F_c$   
B.  $F_a > F_b > F_c$   
C.  $F_a < F_b < F_c$   
D.  $F_a > F_b = F_c$

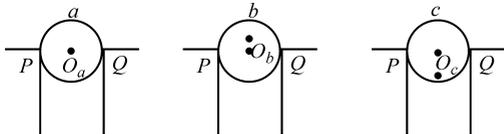


图 1-3-3

**解析** 相互作用的物体属于点、点接触, 弹力的方向与过接触点的切面垂直, 且指向球心, 与重心位置无关, 故三种情况下弹力方向是一致的, 均与  $a$  相同过球心. 所以选项 A 正确.

【误点警示】  $P$ 、 $Q$  两点弹力方向的判定不要受重心位置不同的影响,由弹力的方向的判定方法知道,点和球面的接触点的弹力的方向在点和球心的连线上,和重心的位置无关。

【知识深化】 几种常见弹力的方向:①压力或支持力的方向总是垂直于接触面而指向被压或被支持的物体;②绳的拉力是绳对所拉物体的弹力,方向总是沿着绳而指向绳收缩的方向;③弹簧对作用的物体的弹力方向与弹簧的形变方向相反;④轻杆两端受到拉伸或挤压时会出现弹性拉力或压力,拉力或压力的方向沿细杆方向,因为此时轻杆只有两端受力,在这两个力作用下杆处于平衡,则这两个力必共线,即沿杆的方向,当杆受力较复杂时,杆中弹力的方向要具体问题具体分析;⑤两物体接触并产生弹性形变时,弹力的方向垂直于接触面或公切面,且指向受力物体,与物体形变的方向相反。

### 题型三 摩擦力方向的判定

规律方法 ①摩擦力的作用效果是阻碍物体的相对运动或相对运动的趋势,而不是阻碍物体的运动;②摩擦力的方向和物体的相对运动或相对运动趋势的方向相反。

【调研4】 如图1-3-4所示是传送带示意图, $O_1$ 是主动轮, $O_2$ 是从动轮,两轮水平放置。当主动轮顺时针匀速转动时,重10 N的物体同传送带一起运动,若物体与传动带间最大静摩擦力为5 N,则物体所受传动带摩擦力的大小和图中传送带上  $P$ 、 $Q$  两处所受摩擦力的方向是

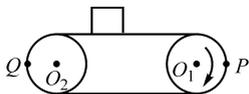


图1-3-4

- A. 5 N, 向下、向下      B. 0, 向下、向上  
C. 0, 向上、向上      D. 0, 向下、向下

解析 物体在皮带上做匀速直线运动,故水平方向不受外力,摩擦力为0;主动轮在  $P$  点相对传动带有向下的运动趋势,传动带给予它的摩擦力方向是向上的,它对传动带则施加向下的摩擦力;传动带在  $Q$  点相对从动轮有向上运动的趋势,从动轮则对传动带有向下的摩擦力。综上所述,D选项正确。

【发散拓展】 静摩擦力方向的判断是摩擦力学习中的一个难点,我们常用假设法来判断静摩擦力的方向。

假设法:假定两物体间的接触面是光滑的,判断出物体相对接触面的运动方向,该运动方向即为物体相对运动趋势的方向,则物体受到的静摩擦力的方向与物体相对运动趋势的方向相反。

【调研5】 如图1-3-5所示, $A$ 为长木板,在水面上以速度  $v_1$  向右运动,物块  $B$  在木板  $A$  的上面以速度  $v_2$  向右运动,下列判断正确的是

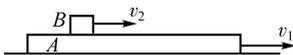


图1-3-5

- A. 若是  $v_1 = v_2$ ,  $A$ 、 $B$  之间无滑动摩擦力  
B. 若是  $v_1 > v_2$ ,  $A$  受到了  $B$  所施加向右的滑动摩擦力  
C. 若是  $v_1 < v_2$ ,  $B$  受到了  $A$  所施加向右的滑动摩擦力



D. 若是  $v_1 > v_2$ , B 受到了 A 所施加向左的滑动摩擦力

解析 当  $v_1 = v_2$  时, A、B 之间无相对运动, 它们之间肯定没有滑动摩擦力; 当  $v_1 > v_2$  时, 以 B 为参考系, A 向右运动, 它受到 B 施加的向左的滑动摩擦力, B 则受到 A 施加的向右的滑动摩擦力; 当  $v_1 < v_2$  时, 以 A 为参考系, B 向右运动, B 受到 A 施加的向左的滑动摩擦力, A 则受到 B 施加的向右的滑动摩擦力. 综上所述, 只有 A 选项正确.

【技巧点拨】 如果 A、B 两物体间有了相对运动, 则选其中的一个物体 A 为参考系, 则 B 物体相对 A 物体的运动方向就可以判断出来了, 再由滑动摩擦力的方向与相对运动的方向相反来判断滑动摩擦力的方向.

#### 题型四 胡克定律的应用

规律方法 弹簧弹力的大小为  $F = kx$ . 计算时应注意单位统一到国际单位, 并注意  $F = kx$  中的  $x$  为弹簧的形变量(伸长量或缩短量), 而不是指弹簧的长度.

【调研 6】 一根大弹簧内套一根小弹簧. 大弹簧比小弹簧短 0.2 m, 它们的一端平齐并且竖直固定, 另一端处于自由状态. 当压缩此组合时, 测得弹力与压缩距离之间的关系如图 1-3-6 所示. 则大弹簧的劲度系数  $k_1$  与小弹簧的劲度系数  $k_2$  分别是多少?

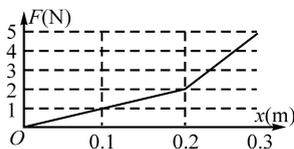


图 1-3-6

解析 由图象可知, 只压小弹簧时, 有  $2 = k_2 \times 0.2$ , 则  $k_2 = 10 \text{ N/m}$ , 然后压缩大小弹簧组合, 小弹簧形变量为 0.3 m, 大弹簧形变量为 0.1 m. 由胡克定律, 这时小弹簧弹力  $F_2 = k_2 \times 0.3 = 3 \text{ N}$ , 大弹簧弹力  $F_1 = 5 - 3 = 2 \text{ N}$ , 又由  $F_1 = k_1 x_1 = 2 \text{ N}$ , 即  $2 = k_1 \times 0.1$ , 则  $k_1 = 20 \text{ N/m}$ . 则大弹簧的劲度系数  $k_1 = 20 \text{ N/m}$ 、小弹簧的劲度系数  $k_2 = 10 \text{ N/m}$ .

【技巧点拨】 因为大弹簧的长度小于小弹簧的长度, 所以压缩的时候, 先压到的是小弹簧, 压缩到大弹簧的临界点表现在图象上是图线发生了转折.

#### 题型五 摩擦力大小的计算

规律方法 (1) 静摩擦力的求法: ①根据物体处于平衡状态求解  $F_{\text{静}} = F_{\text{外}}$ ; ②根据作用力和反作用力的关系求解; ③根据牛顿第二定律求解.

(2) 滑动摩擦力的求法: ①根据物体处于平衡状态来求  $F_{\text{滑}} = F_{\text{外}}$ ; ②根据公式来求  $F_{\text{滑}} = \mu F_N$ ; ③根据牛顿第二定律来求.

【调研 6】 如图 1-3-7 所示, 用一水平外力  $F$  将木块压在竖直墙上, 使木块保持静止不动. 当水平外力增大时, 则木块

- 对墙的压力增大, 所受静摩擦力不变
- 对墙的压力增大, 所受静摩擦力增大
- 对墙的压力不变, 所受最大静摩擦力增大
- 对墙的压力增大, 所受最大静摩擦力增大

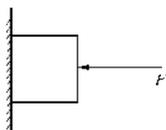


图 1-3-7

**解析** 木块在水平外力增大时仍处于静止状态,水平方向对墙的压力大小等于水平外力  $F$ ,因此对墙的压力随  $F$  增大而增大, C 错;在竖直方向受向上的静摩擦力  $f$  与向下的重力  $G$ ,由二力平衡条件知  $f = G$ ,与  $F$  无关,因此静摩擦力不变,故选项 A 正确, B 错误;最大静摩擦力与压力成正比,将随  $F$  增大而增大,故 D 正确。

**【误点警示】** 静摩擦力大小与正压力无关,但最大静摩擦力大小与正压力成正比,即  $f = \mu F_N$ ,其中  $\mu$  为静摩擦因数,它取决于接触面的材料和接触面的粗糙程度。

**【调研7】** 如图 1-3-8 所示,质量为  $m$  的木块放在粗糙的水平地面上,木块与水平地面间的动摩擦因数为 0.5,水平推力  $F$  作用于水平木块上,但没把木块推动,则图 1-3-9 中能正确反映木块受到的摩擦力  $f$  与水平推力关系的是

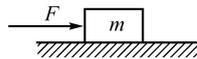


图 1-3-8

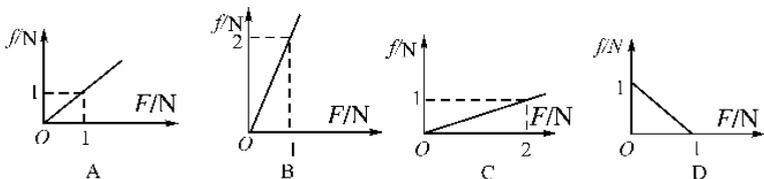


图 1-3-9

**解析** 施加推力  $F$  后,物体没有滑动,说明物体受到静摩擦力的作用,由受力平衡知  $f_{\text{静}} = F$ ,故选项 A 正确。

**【误点警示】** 在求摩擦力的大小时,第一件事情就是“分清要求的摩擦力是静摩擦力还是滑动摩擦力”,然后再求。

#### 题型六 摩擦力的突变问题

规律方法 摩擦力有四类突变:

- (1) 静静“突变”:物体在摩擦力和其他力的作用下处于静止状态,当作用在物体上的其他力的合力发生变化时,如果物体仍然保持静止状态,则物体受到的静摩擦力的大小和方向将发生突变。
- (2) 静动“突变”:物体在摩擦力和其他力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”成滑动摩擦力。
- (3) 动静“突变”:在摩擦力和其他力作用下,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”成静摩擦力。
- (4) 动动“突变”:物体沿传送带下滑时,如果物体速度  $v$  和传送带速度  $v_0$  相同,则物体不受摩擦力作用;如果物体速度  $v$  小于传送带速度  $v_0$ ,物体受到的摩擦力起动力作用;如果物体速度  $v$  大于传送带速度  $v_0$ ,物体受到的摩擦力起阻力作用.当物体速度达到临界状态时,摩擦力的方向将发生“突变”,或者在有和无之间“突变”。

**【调研8】** 长直木板的上表面的一端放有一铁块,木板由水平位置缓慢向上转



动(即木板与水平面的夹角  $\alpha$  变大),另一端不动,如图 1-3-10 所示.则铁块受到的摩擦力  $F$  随角度  $\alpha$  的变化图象可能正确的是图中 1-3-11 中的(设最大静摩擦力等于滑动摩擦力).

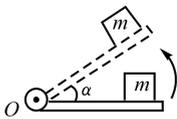


图 1-3-10

解析 设木块与水平面间的夹角增大到  $\theta$  时,铁块开始滑动,显然当  $\alpha < \theta$  时,铁块与木板相对静止,由力的平衡条件可知,铁块

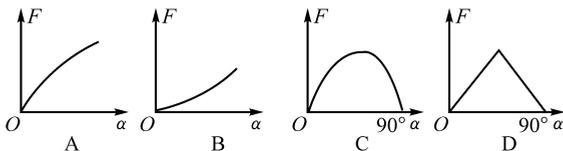


图 1-3-11

受到的静摩擦力的大小为  $F = mg \sin \alpha$ ; 当  $\alpha \geq \theta$  时铁块与木板间的摩擦力为滑动摩擦力,设动摩擦因数为  $\mu$ ,由滑动摩擦力公式和牛顿第三定律得,铁块受到的摩擦力为  $F = \mu mg \cos \theta$

通过上述分析知道:  $\alpha < \theta$  时,静摩擦力随  $\alpha$  角增大按正弦函数增加;当  $\alpha \geq \theta$  时,滑动摩擦力随  $\alpha$  角增大按余弦规律减小,所以正确选项为 C.

**【技巧点拨】** 物体所受的滑动摩擦力可以突变为静摩擦力,静摩擦力也可以突变为滑动摩擦力,解决这类问题的关键是找出摩擦力突变的临界点.

**【调研 9】** 如图 1-3-12 所示,已知传送带与水平方向的夹角  $\alpha = 37^\circ$ ,以  $10 \text{ m/s}$  的速度逆时针转动.在传送带的上端放一质量  $m = 0.5 \text{ kg}$  的物块,它与传送带间的动摩擦因数  $\mu = 0.5$ .已知传送带顶端到底端的长度  $L = 16 \text{ m}$ ,则物体从顶端传到底端所用的时间为多少?(取  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

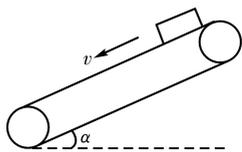


图 1-3-12

解析 从物体放到传送带顶端到其速度达到  $10 \text{ m/s}$  之前,物体相对传送带斜向上运动,受到的摩擦力沿传送带向下,如图 1-3-13 (a) 所示,由正交分解法知其加速度为

$$a_1 = \frac{mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha}{m} = 10 \text{ m/s}^2$$

经时间  $t_1 = \frac{v}{a_1} = 1 \text{ s}$ ,物体与传送带的速度相同,

其间,物体沿传送带斜向下的位移  $s_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = 5 \text{ m}$

物体与传送带的速度相等后,由于  $mg \sin \alpha >$

$\mu mg \cos \alpha$

物体仍做加速运动,物体相对传送带斜向下运动,所受的摩擦力沿传送带向上,如图 1-3-13 (b) 所示,此时加速度为  $a_2 = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = 2 \text{ m/s}^2$ ,设到达低端的

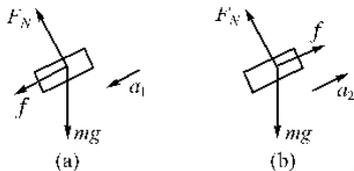


图 1-3-13

时间为  $t_2$ , 则  $10t_2 + \frac{1}{2}a_2t_2^2 = 11$ , 解得  $t_2 = 1 \text{ s}$ ,  $t_2 = -10 \text{ s}$  (舍去). 故物体从传送带的顶端运动到底端的时间  $t = t_1 + t_2 = 2 \text{ s}$ .

【技巧点拨】物体在传送带上受到重力、弹力、摩擦力作用, 物体在达到与传送带相同速度时, 它所受摩擦力的方向会发生变化, 从而使物体的加速度也发生变化.

### 强化闯关

1. (T1 强化) 如图 1-3-14 所示, 一个半径为  $R$  的圆球, 其重心不在球心  $O$  上, 将它置于水平地面上, 则平衡时球与地面的接触点为  $A$ , 若将它置于倾角为  $30^\circ$  的粗糙斜面上, 则平衡时 (静摩擦力足够大) 球与斜面的接触点为  $B$ , 已知劣弧  $AB$  对应的圆心角为  $60^\circ$ , 则圆球重心离球心  $O$  的距离是\_\_\_\_\_.

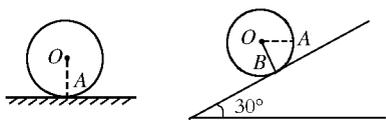


图 1-3-14

2. (T2 强化) 如图 1-3-15 所示, 容器内盛有水, 器壁  $AB$  呈倾斜状, 有一小物块  $P$  处于图示状态, 并保持静止, 则该物体受力情况正确的是

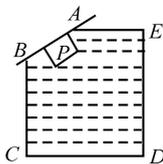


图 1-3-15

- A.  $P$  可能只受一个力
- B.  $P$  可能只受三个力
- C.  $P$  不可能只受两个力
- D.  $P$  不是受到两个力就是受到四个力

3. (T3 强化) 如图 1-3-16 所示, 在一粗糙水平面上有三个质量分别为  $m_1$ 、 $m_2$ 、 $m_3$  的木块 1、2 和 3, 中间分别用一原长为  $L$ 、劲度系数为  $k$  的轻弹簧连接起来, 木块与地面间的滑动摩擦因数为  $\mu$ , 现用一水平力向右拉木块 3, 当木块一起匀速运动时, 1 和 3 两木块之间的距离为 (不计木块 2 的宽度)



图 1-3-16

- A.  $L + \mu m_2 g / k$
- B.  $L + \mu (m_1 + m_2) g / k$
- C.  $2L + \mu (2m_1 + m_2) g / k$
- D.  $2L + 2\mu (m_1 + m_2) g / k$

4. (T4 强化) 如图 1-3-17 所示, 在粗糙的水平面上放一三角形木块  $a$ , 若物体  $b$  在  $a$  的斜面上加速下滑,  $a$  保持静止则

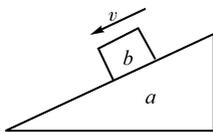


图 1-3-17

- A.  $a$  没有相对水平面运动的趋势
- B.  $a$  有相对于水平面向右运动的趋势
- C.  $a$  有相对于水平面向左运动的趋势
- D. 因未给出所需数据, 无法对  $a$  是否运动或有无运动趋势作出判断

5. (T5 强化) 如图 1-3-18 所示, 一木板  $B$  放在水平地面上, 木块  $A$  放在  $B$  上面,  $A$  的右端通过轻弹簧固定在竖直墙上, 用力  $F$  向左拉  $B$ , 使  $B$  以速度  $v$  向左匀速运





可能是2个或4个,不可能受3个或1个力。

3. C 设物体2左右两边弹簧的伸长量分别为  $x_1$ 、 $x_2$ , 弹力分别为  $F_1$ 、 $F_2$ , 对  $m_1$  来说, 它在水平方向受弹力  $F_1 = kx_1$ 、滑动摩擦力  $\mu m_1 g$  作用而平衡, 则

$$kx_1 = \mu m_1 g, \text{ 即 } x_1 = \mu m_1 g / k$$

对  $m_1$ 、 $m_2$  整体来说, 它在水平方向受弹力  $F_2 = kx_2$ 、滑动摩擦力  $\mu(m_1 + m_2)g$  作用而平衡, 则  $kx_2 = \mu(m_1 + m_2)g$ , 即  $x_2 = \mu(m_1 + m_2)g/k$

于是1和3两木块之间的距离为  $2L + x_1 + x_2 = 2L + \mu(2m_1 + m_2)g/k$ .

4. B 因为整体只有  $b$  部分物体有水平向左的加速度, 由此可以知道, 整体在水平方向上受到合外力的方向水平向左, 因  $a$ 、 $b$  间的摩擦力和弹力均为系统的内力, 所以系统在水平方向的合外力只能由水平面对  $a$  物体的静摩擦力提供, 静摩擦力的方向和物体运动趋势的方向相反, 由此可以知道物体  $a$  有相对于水平面向右运动的趋势。

5. D 当外力  $F$  将  $B$  拉出的过程中, 静止的  $A$  水平方向受到向右的弹簧弹力  $T$  与向左的滑动摩擦力  $f$ , 由二力平衡条件知  $T = f$ ,  $f$  的大小与相对运动速度及  $B$  的受力无关(当  $B$  受力  $2F$  时,  $B$  将被加速拉出); 木块  $B$  的上下表面均受滑动摩擦力作用, 上表面是向右的  $T$ , 因而  $B$  受到滑动摩擦力大小一定大于  $T$ ; 地面受的滑动摩擦力取决于  $B$  与地面间的动摩擦因数和  $B$  对地面的压力, 与  $T$  的关系不确定。

6. 物块受到的重力沿斜面方向分力的大小为  $m_Q g \sin 30^\circ = \frac{1}{2} m_Q g > m_p g$ ,  $Q$  处于静止状态, 所以  $Q$  受到静摩擦力的作用, 且方向沿斜面向上。

逐渐增大  $P$  物块的质量, 则物块受到的静摩擦力逐渐减小, 当  $\frac{1}{2} m_Q = m_p$  时, 物块  $Q$  受到的摩擦力为零。

当  $\frac{1}{2} m_Q < m_p$  时, 物体受到的静摩擦力将逐渐增大, 且静摩擦力的方向沿斜面向下。

当  $m_p$  的质量增大到一定程度时, 物块  $Q$  运动起来, 物块  $Q$  受到的滑动摩擦力将不再发生变化, 恒为  $f = \mu m_Q g \cos \theta = \frac{\sqrt{3}}{2} \mu m_Q g$ 。

7. A 木块在木板上滑动, 它们之间是滑动摩擦力, 木板静止在桌面上, 但它有运动趋势, 故受到的摩擦力是静摩擦力。隔离木板, 木板受到木块的滑动摩擦力大小为  $\mu mg$ , 方向向左, 受到桌面的静摩擦力方向向右, 由平衡条件得:  $F_f = \mu mg$ 。

8. 两弹簧的弹力大小相等, 有  $k_1 x_1 = k_2 x_2$ 。对滑轮和物体组成的系统有:  $k_1 x_1 + k_2 x_2 = mg$ , 滑轮下降的高度  $h = \frac{1}{2}(x_1 + x_2)$ , 联立以上三式可解得:  $h = \frac{mg(k_1 + k_2)}{4k_1 k_2}$ 。



## 重点4 力的合成和分解 共点力的平衡



## 重点解读

一、高考要求:

1. 合力与分力概念的理解;
2. 平行四边形定则的运用;
3. 力的各种分解法的掌握;
4. 合力与分力的等效代替.

二、应对策略:

1. 力的合成与分解和共点力的平衡,是整个高中物理学习的基础,在复习时应引起足够的重视.

2. 应熟练掌握矢量合成法则——平行四边形定则和三角形定则;受力分析中,灵活运用整体法和隔离法;明确力的各种分解方法.



## 典例调研

题型一 力与分力的关系

规律方法 由平行四边形定则可知, $F_1$ 、 $F_2$ 的夹角变化时, $F$ 的大小和方向:(1) 两分力同向时,合力最大, $F = F_1 + F_2$ ,方向与两分力的方向一致;(2) 两分力反向时,合力最小, $F = |F_1 - F_2|$ ,其方向与较大的一个分力方向相同;(3) 合力的取值范围: $|F_1 - F_2| \leq F \leq F_1 + F_2$ ;(4) 夹角越大,合力就越小.

【调研1】 关于两个大小不变的共点力 $F_1$ 、 $F_2$ 与其合力 $F$ 的关系,下列说法中正确的是

- A.  $F$ 大小随 $F_1$ 、 $F_2$ 间夹角的增大而增大
- B.  $F$ 大小一定大于 $F_1$ 、 $F_2$ 中最大者
- C.  $F$ 大小随 $F_1$ 、 $F_2$ 间的夹角的增大而减小
- D.  $F$ 大小不能小于 $F_1$ 、 $F_2$ 中最小者

解析 合力 $F$ 的取值范围为 $|F_1 - F_2| \leq F \leq F_1 + F_2$ ,所以 $F$ 可以大于 $F_1$ 、 $F_2$ 中最大者,也可以小于 $F_1$ 、 $F_2$ 中最小者,B、D错误.当两分力夹角为 $0^\circ$ 时,合力最大等于两分力之和,夹角增大合力减小,当夹角为 $180^\circ$ 时,合力最小为两分力之差,故A错,C正确.

【误差警示】合力可能大于某一分力,也可能小于某一分力,并不是合力一定大于分力,分力一定小于合力。

### 题型二 物体受力分析的方法

规律方法 (1)受力分析的基本思路:把指定物体(研究对象)在特定的物理情境中所受到的所有外力找出来,并画出受力图,这就是受力分析。

(2)受力分析的顺序:先找重力,再找接触力(弹力、摩擦力),最后分析其他力(电磁力、浮力等)。

(3)受力分析的三个判断依据:①从力的概念判断,寻找对应的施力物;②从力的性质判断,寻找产生的原因;③从力的效果判断,寻找是否产生形变或改变运动状态(是静止、匀速运动还是有加速度)。

(4)受力分析方法:①隔离法和整体法:将研究对象与周围物体分隔或将相对位置不变的物体系统作为一个整体来分析;②假设法:在未知某力是否存在时,可先对其作出存在(或不存在)的假设,然后再根据该力存在(或不存在)对物体运动状态是否产生影响来判断该力是否存在。

【调研 2】(06 苏州模拟)如图 1-4-1 所示,重力为  $G$  的长木板  $AB$ ,  $A$  端靠在光滑墙壁上,  $AB$  上又放置一木块  $m$ , 整个系统处于静止状态,请画出木板  $AB$  的受力图。

解析 在  $A$  处,由于墙面是光滑的,那么木板  $AB$  在  $A$  处只受向右的(支持力)弹力  $F_1$ ;在  $B$  处,受

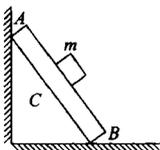


图 1-4-1

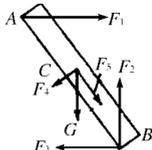


图 1-4-2

地面竖直向上的弹力  $F_2$  (支持力);假设地面光滑,则木板  $AB$  可向右滑动,所以地面给木板  $B$  端有向左的静摩擦力  $F_3$ ;在  $C$  处,  $m$  对木板有一个垂直木板向下的(压力)弹力  $F_4$ ;又因为  $m$  静止在木板  $AB$  上,  $m$  受到木板  $AB$  斜向上的静摩擦力,所以木板  $AB$  受到  $m$  施加的斜向下的静摩擦力  $F_5$ ;木板  $AB$  受重力  $G$ 。受力如图 1-4-2 所示。

【发散拓展】受力分析需注意:①研究对象的受力图,通常只画出根据性质命名的力,不要把按效果分解的分力或合成的合力分析进去,受力图完成后再进行力的合成或分解;②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,原来的内力变成了外力,要画在受力图上;③在难以确定物体的某些受力情况时,可先根据(或确定)物体的运动状态,再运用平衡条件或牛顿运动定律判定未知力。

### 题型三 物体受力不在同一平面内问题的分析

规律方法 对于这类物体受力不在同一平面内的问题,一定要在斜面和竖直平面内分别进行分析,因为这是一个立体问题,若只在斜面内分析,不在同一平面内的重力  $G$ 、斜面的支持力  $F$  和摩擦力  $f$  容易混淆。

【调研 3】(06 课改区检测)如图 1-4-3 所示,在倾角  $\theta = 30^\circ$  的粗糙斜面上放

但运动如果太过激烈或时间超过 1 小时,身体反而会制造一些荷尔蒙,抑制免疫系统的活动。

酷暑  
贴士



一个物体,物体重为  $G$ ,静止在斜面上

(1) 如果用一个与斜面底边平行的力  $F = \frac{G}{3}$  推该物体,

物体仍静止在斜面上,求物体受到的摩擦力的大小;

(2) 如果用一个与斜面底边平行的力  $F = \frac{G}{2}$  推该物体,物

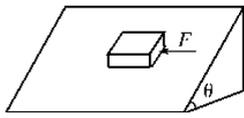


图 1-4-3

体正好在斜面上做匀速直线运动,则求物体与斜面间的动摩擦因数及物体的运动方向。

**解析** (1) 在沿斜面的平面上,物体受到与斜面底边平行的力  $F$ ,沿斜面向下的重力的分力  $G \sin \theta$ 、静摩擦力  $f$ ,由受力平衡知,静摩擦力  $f$ ,大小等于力  $F$  与重力的分力  $G \sin \theta$  的合力,即  $f = \sqrt{(G \sin \theta)^2 + F^2} = \frac{\sqrt{13}}{6}G$ 。

(2) 因物体在推力  $F$  的作用下做匀速直线运动,所以物体和斜面间存在滑动摩擦力,且物体重力沿斜面的分力  $G \sin 30^\circ$ 、物体受到的推力  $F$  和斜面对物体的滑动摩擦力  $f$  三力平衡,则  $f = \sqrt{F^2 + (G \sin 30^\circ)^2} = \frac{\sqrt{2}}{2}G$ ,由  $f = \mu F_N$  得  $\mu = \frac{f}{F_N} = \frac{\sqrt{2}G}{2G \cos 30^\circ} = \frac{\sqrt{6}}{3}$ 。

设摩擦力  $f$  与斜面底边的夹角为  $\alpha$ ,则由力的平衡列式子得  $f \cos \alpha = F, f \sin \alpha = G \sin 30^\circ$ ,由上两式得  $\tan \alpha = 1$ ,即  $\alpha = 45^\circ$ 。

**【技巧点拨】** 由上面的例题可以得出,在两个物体的同一接触面上,不可能同时存在两个摩擦力。即在两个物体同一接触面上的两个方向上,不可能同时存在两个静摩擦力或两个动摩擦力或一个动摩擦力和一个静摩擦力。

#### 题型四 轻质绳、轻质杆的区别

**规律方法** 轻绳只能被拉伸,因此绳的弹力只能是沿绳方向的拉力。轻杆既可以发生拉伸或压缩形变,也可以发生弯曲或扭转变形,所以轻杆的弹力不是一定沿杆的方向,而有多种可能,我们常常不能根据杆是否发生形变或发生哪种形变来确定弹力的方向。

**【调研 4】** 如图 1-4-4(a) 所示,小车上固定一硬杆  $ABC$ ,  $C$  端固定一质量为  $m$  的小球,已知  $\alpha$  角恒定,当小车水平向左做变加速直线运动时,  $BC$  杆对小球作用力的方向

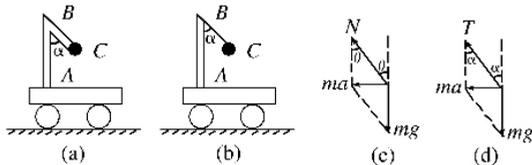


图 1-4-4

- A. 一定沿  $BC$  杆向上      B. 一定竖直向上  
C. 可能水平向左      D. 随加速度的大小而改变

若将图 1-4-4(a) 中的杆改为轻绳, 如图 1-4-4(b) 所示, 其他条件不变, 轻绳对小球作用力的方向又怎样?

**解析** (1) 小球受力情况如图 1-4-4(c) 所示, 设小车向左运动的加速度的大小为  $a$ , 杆对小球作用力与竖直方向的夹角为  $\theta$ , 则有  $mg \cot \theta = ma$ , 可见  $\theta$  随小车加速度  $a$  的改变而改变. 当  $\cot \theta = \cot \alpha$  时, 杆对小球作用力的方向才沿  $BC$  杆向上. 所以选项 D 正确.

(2) 杆改为轻绳后小球的受力情况如图 1-4-4(d) 所示, 因轻绳只能施加沿绳方向的拉力, 故拉力与竖直方向的夹角为  $\alpha$ , 应选择 A.

**【发散拓展】** 由于理想化的绳不可伸长, 即无论绳受到的拉力多大, 绳子的长度不变, 所以轻绳张力可突变. 而轻弹簧受拉力或压力时, 其形变较大, 发生和恢复形变都需要一段时间, 所以轻弹簧弹力不可突变, 只能渐变.

**题型五 挂钩、滑轮和固定点的区别**

**规律方法** 通过挂钩、滑轮和光滑杆两端的绳的拉力是相等的.

**【调研 5】** (06 上海模拟) 水平横梁的一端插在墙壁内, 另一端固定一定滑轮, 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  $m = 10 \text{ kg}$  的重物,  $\angle CBA = 30^\circ$ , 如图 1-4-5 所示, 则滑轮受到绳子的作用力为 ( $g = 10 \text{ N/kg}$ )

- A. 50 N      B.  $50\sqrt{3}$  N  
C. 100 N      D.  $100\sqrt{3}$  N

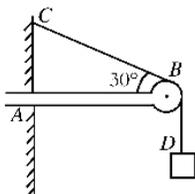


图 1-4-5

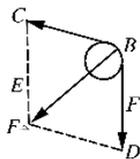


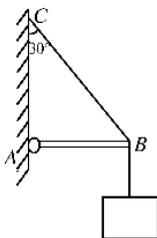
图 1-4-6

**解析** 滑轮受力如图 1-4-6 所示, 悬挂重物的绳的拉力是  $F = mg = 100 \text{ N}$ , 故小滑轮受到绳的作用力沿  $BC$ 、 $BD$  方向, 大小都是  $100 \text{ N}$ . 从图中看出  $\angle CBE = \angle DBE = 60^\circ$ , 即  $\triangle CBE$  是等边三角形, 故  $F_{\text{合}} = 100 \text{ N}$ , 应选 C.

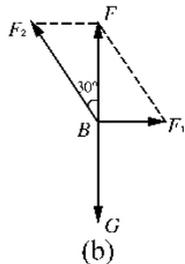
解答完该题后请看下面的一道例题

如图 1-4-7(a) 所示, 一质量不计的杆  $A$  端用铰链固定在墙壁上,  $B$  端用轻绳悬挂在墙壁的  $C$  点, 已知绳与竖直墙壁之间的夹角为  $30^\circ$ , 悬挂物的质量  $M = 6 \text{ kg}$ , 求物体对杆和绳的力为多大?

**解析** 设杆对  $B$  点的力为  $F_1$ , 绳对  $B$  点的力为  $F_2$ , 由于  $B$  点在竖直方向上静止, 则  $F_1$ 、 $F_2$  的合力  $F$  为悬挂物重力  $G =$



(a)



(b)

图 1-4-7



$Mg = 60 \text{ N}$  的平衡力,受力分析如图 1-4-7(b),有  $F = G = 60 \text{ N}$ ,  $F_1 = F \tan 30^\circ = 20$

$$\sqrt{3} \text{ N}, F_2 = \frac{F}{\cos 30^\circ} = 40\sqrt{3} \text{ N}.$$

所以物体对杆和绳的作用力大小分别为  $F_1 = F \tan 30^\circ = 20\sqrt{3} \text{ N}$ ,  $F_2 = \frac{F}{\cos 30^\circ} = 40\sqrt{3} \text{ N}$ .

**【误点警示】** 很多学生在解答这两道题目时,很容易犯错误,根本的原因是没明白:绳跨过滑轮时,两段绳上的拉力大小相等,而如果绳是打结固定的,则不同段绳上拉力的大小不一定相等.

#### 题型六 力的正交分解

**规律方法** 当物体受到多个力作用,并且这几个力只共面不共线时,其合力用平行四边形定则求解很不方便.为此,我们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  $F_x$  和  $F_y$ ,然后就可以由  $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$  求合力.

**【调研6】** 有三个共点力  $F_1 = 30 \text{ N}$ ,  $F_2 = 20 \text{ N}$ ,  $F_3 = 10 \text{ N}$ ,  $F_1$  与  $F_2$  成  $120^\circ$  角,  $F_1$  与  $F_3$  成  $75^\circ$  角,  $F_3$  与  $F_2$  成  $165^\circ$  角,求这三个力合力的大小.

**解析** 根据题意画出三个共点力的示意图,将  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$  分解到坐标轴上,如图 1-4-8 所示,则  $F_{1x} = F_1 \cos 30^\circ = 15\sqrt{3} \text{ N}$ ,  $F_{1y} = F_1 \sin 30^\circ = 15 \text{ N}$ ;  $F_{2x} = F_2 \cos 30^\circ = 10\sqrt{3} \text{ N}$ ,  $F_{2y} = F_2 \sin 30^\circ = 10 \text{ N}$ ;  $F_{3x} = F_3 \cos 45^\circ = 5\sqrt{2} \text{ N}$ ,  $F_{3y} = F_3 \sin 45^\circ = 5\sqrt{2} \text{ N}$

则  $x$  轴上的合力  $F_x = F_{1x} + F_{3x} - F_{2x} = 15.7 \text{ N}$ ;同理,  $F_y = F_{1y} + F_{2y} - F_{3y} = 10.9 \text{ N}$   
 $F_x$  和  $F_y$  的合力  $F$  就是力  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$  的合力

所以:  $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{15.7^2 + 10.9^2} \text{ N} = 19.1 \text{ N}$ .

**【发散拓展】** 正交分解法的步骤:①以力的作用点为原点建立直角坐标系,标出  $x$  轴和  $y$  轴.如果这时物体处于平衡状态,则两轴方向可根据方便自己选则;②将与坐标轴不重合的力分解为  $x$  轴方向和  $y$  轴方向的两个分力,与两轴重合的力就不用再分解了;③列出  $x$  轴方向上各分力的合力和  $y$  轴方向上各分力的合力的两个方程,然后再求解.

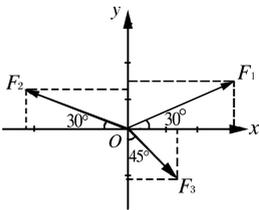


图 1-4-8

## 题型七 按力实际需要分解

**规律方法** 在实际问题中,力产生的效果会受环境条件的制约,也就是说这个力作用处是面、是杆、是绳产生的效果是不同的,那么在分解中既要遵循平行四边形定则,又要注意力所作用物体的性质及空间结构.如斜面上物体受重力作用,重力产生的效果只能沿斜面和垂直斜面两个方向;支架上悬挂物其拉力产生的效果只能沿着支撑杆(绳)和垂直支撑杆(绳)的方向.

【调研 7】(06 课改区检测)如图 1-4-9 所示,三角形支架自重不计,已知  $AB = 30 \text{ cm}$ ,  $BC = 25 \text{ cm}$ ,  $AC = 45 \text{ cm}$ ,在  $A$  点悬挂一个重力为  $1\,000 \text{ N}$  的物体.求  $AB$  杆受到的拉力和  $AC$  杆受到的压力.

**解析** 绳子的拉力作用在支架上,其效果受到限制,只能拉和压,实际分解如图 1-4-9,在数学方法上采用相似形有关知识用力的三角形与支架三角形之间的对应边之比可以很方便的求出两个力

$$\frac{F_1}{G} = \frac{AB}{BC} = \frac{30}{25}$$

$$F_1 = \frac{6}{5} \times 1\,000 \text{ N} = 1\,200 \text{ N}$$

$$\frac{F_2}{G} = \frac{AC}{BC} = \frac{45}{25} \quad F_2 = \frac{9}{5} \times 1\,000 \text{ N} = 1\,800 \text{ N}.$$

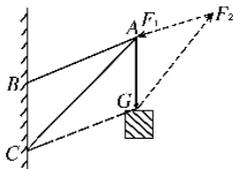


图 1-4-9

【技巧点拨】此题采用三角函数知识求解将非常麻烦,当解题遇到困难时,一定要反思一下,物理方法和数学方法是否选择得当.

## 题型八 分解的理论分析

**规律方法** 这类问题只从理论上讨论分力与分力、分力与合力的关系在假定条件下的可能性,解决这类问题只需遵循平行四边形定则,强调数学知识应用,如下面几种情形:(1)已知合力和两个分力的方向,力的分解有唯一解;(2)已知合力和一个分力  $F_1$  的大小和方向,力的分解有唯一解;(3)已知合力和两个分力的大小,力的分解有唯一解;(4)已知合力  $F$  和一个分力  $F_1$  的方向,力的分解有无数个解,如同时要使另一分力  $F_2$  取值最小,则有唯一解,此时两分力  $F_1$ 、 $F_2$  的方向必互相垂直,且  $F_2 = F \sin \theta$  ( $\theta$  为合力与  $F_1$  的夹角);(5)已知合力  $F$  和一个分力  $F_1$  的方向与另一个分力  $F_2$  的大小,则:当  $F_2 = F \sin \theta$  时,将与情况(4)相同;当  $F_2 < F \sin \theta$  时,无解;当  $F_2 > F \sin \theta$  时,存在两个解.同学们可以借助示意图帮助理解.

【调研 8】一个大人和一个小孩分别在河的两岸,沿河岸拉一条船前进,大人的拉力  $F_1 = 400 \text{ N}$ ,方向与河岸成  $30^\circ$  角,要使船在河流中沿河岸行驶,求小孩对船施加的最小力的大小和方向.

**解析** 为了使船沿河岸航行,必须使大人和小孩对船的拉力的合力沿河岸方向,要满足这一条件,  $F_1$  与  $F_2$  (小孩对船的拉力) 与合力  $F$  必须构成一个封闭的三角形,

其奥妙在于红色可见光波长最长,可大量吸收日光中的紫外线,保护皮肤不受伤害.

酷暑  
贴士

由于合力  $F$  的大小不确定,故  $F_2$  的取值可以有无数多个,如图 1-4-10 所示,当  $F_2$  与  $F$  垂直时,  $F_2$  有最小值,其值为:  $F_{2\min} = F_1 \sin 30^\circ = 400 \times \frac{1}{2} \text{ N} = 200 \text{ N}$ ,方向与河岸

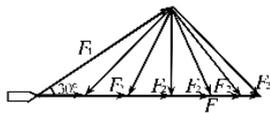


图 1-4-10

垂直。

**【技巧点拨】** 当已知一个分力的大小和方向及合力的方向,求另一分力的极值时,常用上题的方法(画示意图)求解。

### 强化闯关

1. (T1 强化) 物体同时受到同一平面内的三个共点力的作用,下列几组力的合力不可能为零的是

- A. 5 N, 7 N, 8 N                      B. 5 N, 2 N, 3 N  
C. 1 N, 5 N, 10 N                    D. 10 N, 10 N, 10 N

2. (T2 强化) 均匀长棒一端搁在地面上,另一端用细线系在天花板上,如图 1-4-11 所示受力分析示意图中,正确的是

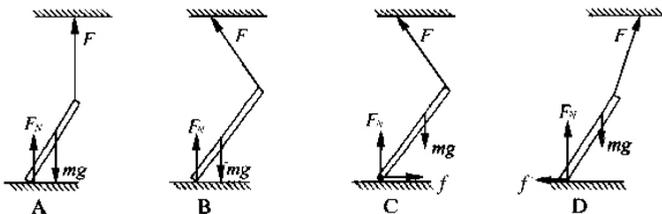


图 1-4-11

3. (T3 强化) 如图 1-4-12 所示,半径为  $r=0.2 \text{ m}$  的圆柱体绕水平轴  $OO'$  以角速度  $\omega=9 \text{ rad/s}$  匀速转动,将一质量为  $m=1 \text{ kg}$  的物体 A 放在圆柱体的上方,并用光滑挡板挡住使它不能随着圆柱体一起转动。现用平行于水平轴的、 $F=2 \text{ N}$  的力推物体,可使物体以  $v_0=2.4 \text{ m/s}$  的速度向右匀速滑动。试求物体与圆柱体间的动摩擦因数  $\mu$ 。

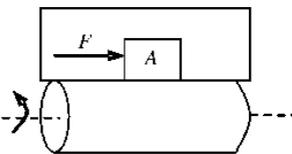


图 1-4-12

4. (T4 强化) 如图 1-4-13 所示,当小车匀速向左运动时,杆对小球的作用力的方向为

- A. 竖直向上                              B. 水平向左  
C. 水平向右                              D. 沿杆的方向

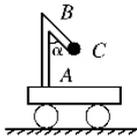


图 1-4-13

5. (T5 强化) 如图 1-4-14 所示,长为  $5 \text{ m}$  的细绳的两端分别系于竖立在地面上相距为  $4 \text{ m}$  的两等高杆的顶端 A、B,绳上挂一个光滑的轻质挂钩,其

下连着一个重为 12 N 的物体. 平衡时, 绳中的张力  $T = \underline{\hspace{2cm}}$ .

6. (T6 强化) 如图 1-4-15 所示, 力  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$ 、 $F_4$  是同一平面内的共点力. 其中  $F_1 = 20 \text{ N}$ 、 $F_2 = 20 \text{ N}$ 、 $F_3 = 20\sqrt{2} \text{ N}$ 、 $F_4 = 20\sqrt{3} \text{ N}$ , 各力之间的夹角在图中已标出, 求这四个共点力合力的大小和方向.

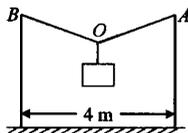


图 1-4-14

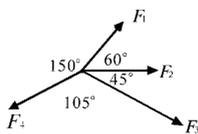


图 1-4-15

7. (T7 强化) 如图 1-4-16 所示, 重为  $G$  的光滑球在倾角为  $30^\circ$  的斜面上, 分别与被与斜面夹角为  $60^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $150^\circ$  的挡板 1、2、3 挡住时, 斜面与挡板所受的压力分别多大?

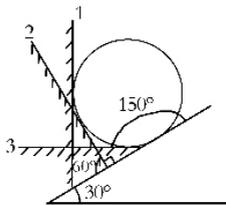


图 1-4-16

8. (T8 强化) 如图 1-4-17 所示, 将力  $F$  分解为  $F_1$  和  $F_2$  两个分力, 已知  $F_1$  的大小和  $F_2$  与  $F$  之间的夹角  $\alpha$ , 且  $\alpha$  为锐角, 则

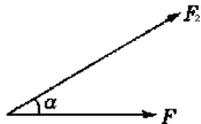


图 1-4-17

- 当  $F_1 > F \sin \alpha$  时, 一定有两解
- 当  $F_1 = F \sin \alpha$  时, 有惟一解
- 当  $F_1 < F \sin \alpha$  时, 无解
- 当  $F > F_1 > F \sin \alpha$  时, 一定有两解

### 【参考答案】

强化闯关参考答案:

- C 三力合成, 若前面两力的合力可与第三力大小相等, 方向相反, 就可以使这三力合力为零, 这样只要使第三力的大小在其他两力的合力范围之内, 就可能使合力为零, 即第三力  $F_3$  满足  $|F_1 - F_2| \leq F_3 \leq F_1 + F_2$ . A、B、C、D 各组力中, 只有 C 中的三力合力不可能为零.
- ACD 要使杆平衡, 则杆既要在水平方向上合外力等于零, 也要在竖直方向上合外力等于零, 满足这一条件的有 A、C、D.
- 从上往下看物体在水平面内受力  $F$ 、挡板弹力  $F_N$  和摩擦力  $f$  作用, 其方向应如图 1-4-18 所示. 由物体的平衡条件得

$$f = \frac{F}{\cos \alpha}$$

$$\cos \alpha = \frac{v_0}{v_{\text{相对}}} = \frac{v_0}{\sqrt{v_0^2 + (r\omega)^2}}, \text{ 所以}$$

$$f = F \cdot \frac{\sqrt{v_0^2 + (r\omega)^2}}{v_0} = 2 \times \frac{\sqrt{2.4^2 + (0.2 \times 9)^2}}{2.4} \text{ N} = 2.5 \text{ N}$$

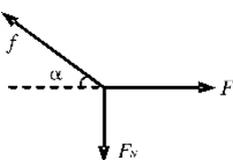


图 1-4-18

由于物体与圆柱体间压力的大小等于物体重力,所以  $\mu = \frac{2.5}{10} = 0.25$ .

4. A 当小车匀速向左运动的时候,小球处于平衡状态,所以小球受到的重力和杆对小球的的作用力是一对平衡力,所以杆对小球的的作用力是竖直向上的.
5. 因为绳上挂的是轻质光滑的挂钩,相当于一滑轮.

所以挂钩受到两个大小相等的绳给的拉力,如图 1-4-19(甲)所示.由  $OB$  与  $OD$  关于  $OO'$  对称,得  $A, O, D$  在同一直线上,  $AD$  长为 5 m,所以  $\sin \alpha = \frac{4}{5}$ ,  $\cos \alpha = \frac{3}{5}$

以  $O$  点为研究对象,受力如图 1-4-19(乙)所示,  $2T \cos \alpha = G$ ,所以  $T = 10$  N.

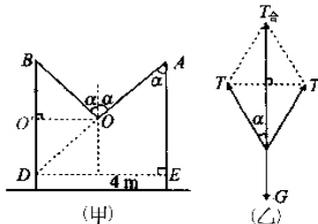


图 1-4-19

6. 建立合适的直角坐标系,使各力与坐标轴的夹角为特殊角,本题以  $F_2$  的方向为  $x$  轴的正方向,如图 1-4-20 所示.

将  $F_1, F_3, F_4$  向两坐标轴上分解得

$$F_{1x} = F_1 \cos 60^\circ \text{ N} = 10 \text{ N} \quad F_{1y} = F_1 \sin 60^\circ \text{ N} = 10\sqrt{3} \text{ N}$$

$$F_{3x} = F_3 \cos 45^\circ \text{ N} = 20 \text{ N} \quad F_{3y} = F_3 \cos 45^\circ \text{ N} = -20 \text{ N}$$

$$F_{4x} = F_4 \sin 60^\circ \text{ N} = -30 \text{ N}$$

$$F_{4y} = F_4 \cos 60^\circ \text{ N} = -10\sqrt{3} \text{ N}$$

$$\text{在 } x \text{ 轴上的合力为 } F_x = F_{1x} + F_2 + F_{3x} + F_{4x} = 20 \text{ N}$$

$$\text{在 } y \text{ 轴上的合力为 } F_y = F_{1y} + F_{3y} + F_{4y} = -20 \text{ N}$$

四个力的合力为  $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = 20\sqrt{2}$  N,合力的方向和  $F_3$  的方向一致.

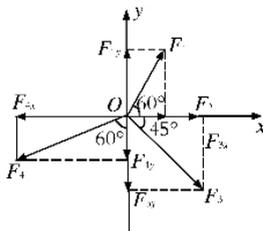


图 1-4-20

7. 如图 1-4-21(a) 所示,据球受重力的作用效果,同时挤压斜面和挡板,故确定了重力的两个分力方向分别垂直斜面和挡板.所以能分解  $G$  得到其二分力大小:  $G_1 =$

$$\frac{G}{\cos 30^\circ} = \frac{2\sqrt{3}}{3}G$$

$$G_2 = G \tan 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3}G$$

因斜面与挡板所受压力的大小和方向与  $G_1, G_2$  相同,分别为:

$$N_1 = \frac{2\sqrt{3}}{3}G \quad N_2 = \frac{\sqrt{3}}{3}G.$$

如图 1-4-21(b) 所示,与上同理得:斜面所受压力  $N_1' = G_1' = G \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}G}{2}$ ,

挡板所受压力  $N_2' = G_2' = G \sin 30^\circ = \frac{G}{2}$ .

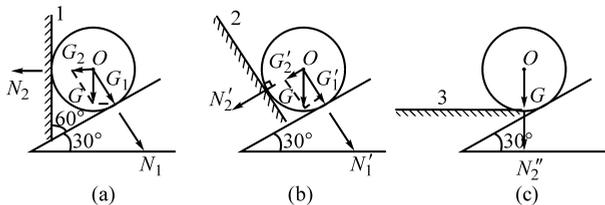


图 1-4-21

如图 1-4-21(c) 所示,此时斜面不受压力,挡板所受压力  $N$  大小方向与  $G$  相同,即大小  $N_2'' = G$ 。

8. BCD 将一个力分解为两个分力,由三角形法则知分力与合力构成闭合三角形。当  $F_1 < F \sin \alpha$  时,三个力不能构成闭合三角形,故不可能分出这样的分力  $F_1$ ,选项 C 正确;当  $F_1 = F \sin \alpha$  时,可构成惟一一个直角三角形,故选项 B 正确;当  $F > F_1 > F \sin \alpha$  时, $F_1$ 、 $F_2$  与  $F$  可构成两个矢量三角形,有两解,故选项 D 正确;当  $F_1 > F \sin \alpha$  时,由于不能确定  $F_1$  是否大于  $F$ ,当  $F_1 \geq F$  时,有惟一解,当  $F_1 < F$  时,有两组解,故选项 A 错。

## 重点5 牛顿运动定律

### 重点解读

#### 一、高考要求:

1. 掌握应用牛顿第二定律解题的基本思路和方法;
2. 知道超重和失重的概念,理解超重和失重的物理实质,能运用牛顿第二定律解决有关超、失重的问题;
3. 掌握牛顿第一定律,能用牛顿第一定律解释有关的现象;
4. 知道惯性的概念,知道质量是惯性大小的惟一量度,学会正确的解释惯性现象;
5. 学会用牛顿第二定律公式进行有关问题的计算;
6. 掌握牛顿第三定律,能用牛顿第三定律解决相关的问题。

#### 二、应对策略:

牛顿运动定律是力学的基本规律,是力学的核心知识,在整个物理学中占有非常重要的地位,是高考命题的热点。在新课程标准能力立意命题的原则下,将结合现实生活、生产和科学事件中有关的问题进行命题,如在各种运载工具的起动、刹车、碰撞等过程中,应用牛顿第二定律来处理一些运动和力的综合问题;在电、磁场中应用牛顿第二定律来处理一些带电粒子的运动和力的综合问题。在复习中牢固的掌握牛顿



定律处理问题的各种题型、方法和步骤,才能以不变应万变。



### 典例调研

题型一 对惯性和牛顿第一定律的理解

规律方法 ①质量是物体惯性大小的量度;

②牛顿第一定律定性揭示了力和运动的关系. 如果物体的运动状态发生了变化,那么物体必受到了不为零的合外力.

【调研1】 就一些实际生活中的现象,某同学试图从惯性角度加以解释,其中正确的是

- A. 采用了大功率的发动机后,某些一级方程式赛车的速度甚至能超过某些老式螺旋桨飞机的速度. 这表明,可以通过科学进步使小质量的物体获得大惯性
- B. 射出枪膛的子弹在运动相当长一段距离后连一件棉衣也穿不透,这表明它惯性小了
- C. 货运列车运行到不同的车站时,经常要摘下或加挂一些车厢,这会改变它的惯性
- D. 摩托车转弯时,车手一方面要控制适当的速度,另一方面要将身体稍微向里倾斜,通过调控人和车的惯性达到行驶目的

解析 采用了大功率的发动机后,某些一级方程式赛车的速度甚至能超过某些老式螺旋桨飞机的速度,原因是功率变大了,但惯性不变,A 错;射出枪膛的子弹在运动相当长一段距离后连一件棉衣也穿不透,原因是子弹具有的动能过小,但惯性不变,B 错;摩托车转弯时,车手一方面要控制适当的速度,另一方面要将身体稍微向里倾斜,调控人和车的重心位置,但整体的惯性不变,D 错. 只有 C 对.

【发散拓展】 物体的惯性只和物体的质量有关,和地理位置、运动状态等都无关.

【调研2】 根据牛顿第一定律,以下说法正确的是

- A. 牛顿第一定律说明力是改变物体运动状态的原因
- B. 在宇宙飞船内物体不存在惯性
- C. 物体运动状态发生了改变,必定受到外力的作用
- D. 歼击机在进入战斗状态时要丢掉副油箱,这样做是为了减小惯性,有利于运动状态的改变

解析 力是改变物体运动状态的原因,牛顿第一定律说明了这一点,A、C 正确;质量是惯性大小的惟一量度,宇宙飞船内物体仍存在惯性,和物体是否处于超、失重无关,B 错;歼击机在进入战斗状态时要丢掉副油箱,这样做是为了减小惯性,有利于运动状态的改变,D 对.

【发散拓展】 ①速度是描述运动状态的物理量,运动状态的改变是指速度发生改变,速度的大小和方向中只要有一个发生变化,就表示物体的运动状态改变了;②力对运动的影响是外力的作用结果是使物体的速度发生改变。

### 题型二 已知运动求力

规律方法 在运动和力的问题中,对物理过程和情境的分析很重要。所以当你解题陷入僵局时,不妨拿起笔来描绘一下物体运动过程的草图,画一个某状态下物体的受力分析图,你可能会从中得到解题的突破口。

【调研3】 汽车在光滑的路面上运动,其空载时的质量是  $4 \times 10^3$  kg,它能运载的最大质量是  $3 \times 10^3$  kg。汽车空载时,在  $2.5 \times 10^4$  N 牵引力作用下加速前进,那么满载时以同样加速度前进,需要的牵引力是多少?

解析 **解法一:**由空载时车的质量和牵引力算出加速度,然后根据加速度和满载时的总质量,再由牛顿第二定律算出牵引力

空载时  $m_1 = 4 \times 10^3$  kg,  $F_1 = 2.5 \times 10^4$  N,由牛顿第二定律得加速度

$$a = \frac{F_1}{m_1} = \frac{2.5 \times 10^4}{4 \times 10^3} \text{ m/s}^2 = 6.25 \text{ m/s}^2$$

满载时,总质量为  $m_1 + m_2 = 7 \times 10^3$  kg,同理由牛顿第二定律得牵引力

$$F_2 = (m_1 + m_2)a = 7 \times 10^3 \times 6.25 \text{ N} = 4.375 \times 10^4 \text{ N}.$$

**解法二:**根据牛顿第二定律  $F = ma$  可知,当加速度  $a$  相同时,物体所受的合外力与其质量成正比。因此可以不必先算出加速度的大小,直接由比例关系求解。即由

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \text{ 直接得 } F_2 = \frac{m_1 + m_2}{m_1} F_1 = \frac{4 + 3}{4} \times 2.5 \times 10^4 \text{ N} = 4.375 \times 10^4 \text{ N}.$$

【知识深化】 根据牛顿第二定律,当加速度  $a$  相同时,各个物体(或各个部分)所受的合外力与其质量成正比。用公式可表示为

$F_1 : F_2 : F_3 : \dots : F_n = m_1 : m_2 : m_3 : \dots : m_n$  或  $F_i : F_{\text{合}} = m_i : \Sigma m$ , 式中  $F_i$  表示质量为  $m_i$  的物体所受的合外力,  $F_{\text{合}}$  表示总质量为  $\Sigma m = m_1 + m_2 + \dots + m_n$  的整个物体系统所受的合外力。利用合外力与质量的这种比例关系解题,常会带来很大的方便。

### 题型三 已知力求运动

规律方法 加速度是动力学基本问题的中间量,因此,在解此类问题时,应注意对加速度的分析和求解。需要注意的是,在利用运动学公式进行运算时各矢量的方向。设定正方向后,对已知方向的物理量的正、负号直接代入运算式中。

【调研4】 2005年12月19日,一场突然降临的大雪,使北京的街道出现了严重的堵车情况,有些地方甚至发生了交通事故。究其原因,主要是大雪覆盖路面后,被车轮挤压,部分融化为水,在严寒的天气下,又马上结成了冰;汽车在光滑的冰面上行驶,刹车后难以停下。据测定,汽车橡胶轮胎与普通路面间的动摩擦因数是0.7,与冰面间的动摩擦因数只有0.1。对于没有安装防抱死(ABS)设施的普通汽车,在规定的



速度下急刹车后,车轮立即停止转动,汽车在普通的水平路面上滑行 14 m 才能停下。那么,汽车以同样速度在结了冰的水平路面上行驶,急刹车后滑行的距离是多少?

解析 设汽车初速度为  $v_0$ , 质量为  $m$ ; 轮胎与普通路面之间的动摩擦因数为  $\mu_1$ , 减速时加速度大小为  $a_1$ , 最大滑行距离为  $x_1$

$$\text{由牛顿第二定律知 } \mu_1 mg = ma_1 \quad \text{①}$$

$$\text{由运动学公式得 } 0 - v_0^2 = 2a_1 x_1 \quad \text{②}$$

$$\text{由①②两式得汽车在普通路面上刹车滑行距离为 } x_1 = \frac{v_0^2}{2\mu_1 g} \quad \text{③}$$

又设轮胎与冰面之间的动摩擦因数为  $\mu_2$ , 减速时加速度为  $a_2$ , 最大滑行距离为  $x_2$

$$\text{由牛顿第二定律得 } \mu_2 mg = ma_2 \quad \text{④}$$

$$\text{由运动学公式得 } 0 - v_0^2 = 2a_2 x_2 \quad \text{⑤}$$

$$\text{由④⑤两式得汽车在冰面上的最大滑行距离 } x_2 = \frac{v_0^2}{2\mu_2 g} \quad \text{⑥}$$

$$\text{由③⑥两式得 } \frac{x_2}{x_1} = \frac{\mu_1}{\mu_2}$$

$$\text{带入数值 } \mu_1 = 0.7 \quad \mu_2 = 0.1 \quad x_1 = 14 \text{ m}$$

$$\text{可得 } x_2 = 98 \text{ m}^2.$$

【技巧点拨】 此题是已知受力情况求解运动情况,须以受力情况运用牛顿第二定律求出加速度,再依据运动学公式通过已知的运动条件进行解答。

#### 题型四 关于作用力和反作用力的理解

规律方法 作用力与反作用力总是成对出现,同时产生、同时消失。所谓作用力和反作用力是人为的名称,究竟哪个力为作用力,哪个力为反作用力,可任意选择,没有主次之分;平衡力是作用在同一物体上的两个力,作用力和反作用力是作用在两个物体上的两个力,平衡力可以是不同性质的两个力。而作用力和反作用力一定是相同性质的两个力。

【调研5】 公元 2003 年 10 月 15 日 9 时,地处西北戈壁荒滩的酒泉卫星发射中心,用“长征”二号 F 型火箭发射了“神舟”五号载人航天飞船,杨利伟代表中国人民成功地登上太空,下面关于飞船与火箭上天的情形,叙述中正确的是

- 火箭尾部向下喷气,喷出的气体反过来对火箭产生一个反作用力,从而让火箭获得了向上的推力
- 火箭尾部喷出的气体对空气产生一个作用力,空气的反作用力使火箭获得飞行的动力
- 火箭飞出大气层后,由于没有空气,火箭虽然向下喷气,但也无法获得前进的动力
- 飞船进入运行轨道之后,与地球之间仍然存在一对作用力与反作用力



**解析** 火箭升空时,其尾部向下喷气,火箭箭体与被喷出的气体是一对相互作用的物体,火箭向下喷气时,喷出的气体同时对火箭产生向上的反作用力,即为火箭上升的推力,此动力并不是由周围的空气对火箭的反作用力提供的,因而与是否飞出大气层,是否在空气中飞行无关,因而 B、C 选项错误, A 项正确;当火箭载飞船进入轨道后,飞船与地球之间依然存在着相互吸引力,即地球吸引飞船,飞船也吸引地球,这是作用力和反作用力,故 D 项正确。

**【技巧点拨】** 分析作用力与反作用力时必须准确地找出“相互作用”的一对物体;飞船与地球之间的作用力是相互的,满足作用力和反作用力之间的关系。

**题型五 对国际单位制的理解和应用**

**规律方法** ①选用的基本单位不同,导出单位就不同,这样基本单位和导出单位组成的单位制就不同;

②在物理学中有七个基本物理量,其中力学中有三个,它们是质量、长度和时间的单位。物理学中所有物理量的单位都是由基本单位导出的,所有力学中的物理量都可以由它们导出;

③利用基本单位和物理公式导出新的物理量的单位。把所有量的单位转化为最基本的单位,然后利用公式进行乘、除运算,最后得到的单位即为要求的单位。

**【调研6】** 声音在空气中传播的速度  $v$  与空气的密度  $\rho$  及压强  $p$  有关,下列速度的表达式( $k$  为比例系数,无单位)中正确的是

$$A. v = \sqrt{\frac{kp}{\rho^2}}$$

$$B. v = \sqrt{\frac{kp}{\rho}}$$

$$C. v = \sqrt{\frac{kp}{\rho^2}}$$

$$D. v = \sqrt{kpp^2}$$

**解析** 物理公式在确定了物理量的数学关系的同时,也确定了物理量的单位关系,本题中虽对速度  $v$  与压强  $p$  和密度  $\rho$  的关系未作任何提示,但可以用单位关系来检验它们的数量关系。故可以把压强  $p$  和密度  $\rho$  的国际单位用基本单位导出,再带入上述选项,看哪一项得出的结果是速度的国际单位“m/s”。压强  $p$  的单位用  $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 \cdot \text{m}^{-2} = 1 \text{ kg/m} \cdot \text{s}^2$ , 密度  $\rho$  的单位为  $\text{kg/m}^3$ ,  $k$  无单位

带入 B 项,  $\sqrt{\frac{p}{\rho}} = \sqrt{\frac{\text{kg/m} \cdot \text{s}^2}{\text{kg/m}^3}} = \sqrt{\text{m}^2/\text{s}^2}$ , 即速度单位。故选项 B 正确。

**【误区警示】** 对物理单位的运算和掌握能使我们走很多捷径,单位制应用是物理解题和科学研究常用到的方法和内容。本题通过对所学过的单位制的学习将有关物理知识应用于新的物理情境之中,有利于考查“知识与技能,过程与方法”以及创新意识、迁移能力和发散思维能力。



## 题型六 用超重和失重的观点解题

规律方法 ①物体处于失重和完全失重状态时,物体的重力并没有改变.改变的只是物体对支持面的压力或者对竖直悬绳的拉力;

②完全失重状态不限于自由落体运动,只要物体具有竖直向下的等于  $g$  的加速度就处于完全失重状态;

③在完全失重状态下,由于重力产生的一切现象都不存在了.例如物体对水平支持面没有压力、对竖直悬线没有拉力、不能用天平测物体的质量、液柱不产生压强、浸没在液体中的物体不受浮力等等.

【调研 7】图 1-5-1 所示,三个质量均为  $M$  的相同形状的劈块放在地面上,另三个相同木块(质量为  $m$ ),分别从劈块顶沿斜面下滑,由于动摩擦因数不同,第一个加速下滑,第二个匀速下滑,第三个减速下滑,三个劈块均不动.设下滑过程中劈块对地面的压力分别是  $N_1$ 、 $N_2$ 、 $N_3$ ,则

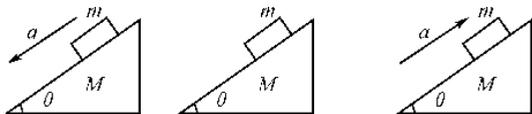


图 1-5-1

A.  $N_1 > N_2 > N_3$

B.  $N_1 = N_2 = N_3$

C.  $N_1 < N_2 < N_3$

D.  $N_2 < N_1 < N_3$

解析 ①当物体  $m$  加速下滑时, $a$  可以分解为水平方向的分量  $a_x = a \cos \theta$  和竖直向下的分量  $a_y = a \sin \theta$ . 这时因物体有了竖直向下的加速度的分量,所以物体  $m$  处于失重状态,即整体处于失重状态,所以整体对地面压力的大小为

$$N_1 = Mg + m(g - a \sin \theta)$$

②当物体  $m$  匀速下滑时,整体处于平衡状态

$$N_2 = Mg + mg$$

③当物体  $m$  减速下滑时, $a$  可以分解为水平方向的分量  $a_x = a \cos \theta$  和竖直向上的分量  $a_y = a \sin \theta$ . 这时因物体有了竖直向上的加速度分量,所以物体  $m$  处于超重状态,即整体处于超重状态,所以整体对地面压力的大小为

$$N_3 = Mg + m(g + a \sin \theta)$$

由此可以得到  $N_1 < N_2 < N_3$ , 答案选 C.

【技巧点拨】当物体有竖直向下的加速度或向下的加速度分量时,物体处于失重状态;当物体有竖直向上的加速度或向上的加速度分量时,物体处于超重状态.

【调研 8】一电梯从静止开始上升,挂在电梯顶板下的弹簧秤上悬吊着一个质量为  $3 \text{ kg}$  的物体,前  $5 \text{ s}$  内弹簧秤示数为  $36 \text{ N}$ ,第  $2$  个  $5 \text{ s}$  内,弹簧秤示数为  $30 \text{ N}$ ,最后  $5 \text{ s}$  内弹簧秤示数为  $24 \text{ N}$ ,且第  $15 \text{ s}$  末电梯停止.你能从观察到的这些数据求出电梯上升的高度吗?(取  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

解析 设向上的方向为正方向

前5 s内物体处于超重状态: $mg < 36 \text{ N} = m(g + a_1) = 3(10 + a_1)$

解得  $a_1 = 2 \text{ m/s}^2$   $x_1 = \frac{1}{2}a_1 t_1^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 5^2 = 25 \text{ m}$

第2个5 s内物体处于平衡状态: $mg = 30 \text{ N}$

$x_2 = a_1 t_1 \times t_2 = 2 \times 5 \times 5 = 50 \text{ m}$

后5 s内物体处于失重状态: $mg > 24 \text{ N} = m(g - a_2) = 3(10 - a_2)$

解得  $a_2 = 2 \text{ m/s}^2$   $x_3 = \frac{1}{2}a_2 t_3^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 5^2 = 25 \text{ m}$

物体上升的总高度为: $x = x_1 + x_2 + x_3 = (25 + 50 + 25) \text{ m} = 100 \text{ m}$ .

**【技巧点拨】** 本题也可以根据物体运动的特点画出物体的速度—时间图象,求出速度图象与时间轴所夹的面积即为物体上升的高度.

题型七 正交分解法在牛顿第二定律中的应用

规律方法 ①应用牛顿第二定律解题时,即可以将力分解,也可以将加速度分解;②建立恰当的直角坐标系的原则是:让尽可能多的量(包括力和加速度)落在坐标轴上.

**【调研9】** 如图1-5-2所示,倾角为 $\theta$ 的斜面固定在升降机内,质量为 $m$ 的物体静止于斜面上.当升降机以加速度 $a$ 运动时( $a$ 方向向上),物体与斜面保持相对静止,则此时物体受到的支持力和摩擦力分别为多少?

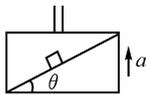


图 1-5-2

解析 **解法一:**对力进行分解

对斜面上物体的受力分析如图1-5-3所示

以加速度方向为 $y$ 轴,建立坐标系,根据牛顿第二定律有

$$f \sin \theta + F_N \cos \theta - mg = ma$$

$$F_N \sin \theta - f \cos \theta = 0$$

$$\text{解得 } F_N = m(g+a) \cos \theta \quad f = m(g+a) \sin \theta.$$

**解法二:**分解加速度,如图1-5-4所示

将加速度分解为沿斜面和垂直斜面的两个分量

$$a_N = a \cos \theta \quad a_f = a \sin \theta$$

由牛顿第二定律得  $F_N - mg \cos \theta = ma_N$   $F_f - mg \sin \theta = ma_f$

由上两式解得  $F_N = m(g+a) \cos \theta$   $f = m(g+a) \sin \theta$ .

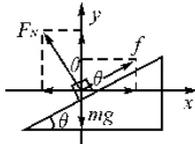


图 1-5-3

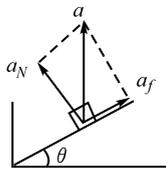


图 1-5-4

**【知识深化】** 一般解题步骤:(1)确立研究对象,对其进行受力分析;(2)建立恰当的直角坐标系,再把不在坐标轴上的量(包括力和加速度)进行分解;(3)根据平衡条件或牛顿定律列出方程并求解.

在建立直角坐标系后,要把不在坐标轴上的量分解到坐标轴上,显然需要分解的量越多,列出的方程越复杂,解方程也越复杂,因此要使尽可能多的量在坐标轴上.





## 强化闯关

1. (T1 强化) 如图 1-5-5, 质量不相等的两木块 A 和 B, 紧靠在一起放在水平光滑的桌面上, 且  $m_A < m_B$ , 在水平外力  $F$  作用下, AB 一起向右运动, 经过一段时间撤去  $F$ , 对两木块以后的运动情况分析正确的是

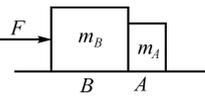


图 1-5-5

- A. 木块 B 的惯性大, 在继续向右运动中将与 A 分开
- B. 两木块不分开, 它们的惯性大小相同
- C. 木块 B 的惯性大, 但它们不会分开
- D. 撤去外力后由于 A、B 间的相互作用, 木块 A 减速, 木块 B 加速, 直至分开

2. (T2 强化) 如图 1-5-6 所示, 质量  $M = 4 \text{ kg}$  的长木板, 长  $L = 1.4 \text{ m}$ , 静止在光滑的水平面上, 其右端静置一个质量  $m = 1 \text{ kg}$  的小滑块 (可视为质点). 小滑块与木板间的动摩擦因数为  $\mu = 0.4$ , 今用一水平力  $F = 28 \text{ N}$  向右拉木板, 要使小滑块从木板上掉下来, 此力作用时间至少要多少? (不计空气阻力,  $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$ )

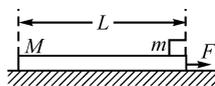


图 1-5-6

3. (T3 强化) 在宇航训练程序中, 一位  $80 \text{ kg}$  的宇航员被绑在一个质量为  $220 \text{ kg}$  的火箭运载器内, 如图 1-5-7 所示, 这个运载器被安放在一条无摩擦的长直轨道上, 开动火箭发动机使之

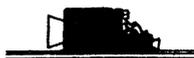


图 1-5-7

很快地加速运载器, 在  $2.0 \text{ s}$  内它的速度由  $0$  增加到  $100 \text{ m/s}$ , 接着以这个速度运行  $7.0 \text{ s}$ , 然后再减速, 马达突然制动, 经  $4.0 \text{ s}$  停下来, 设喷射燃料的质量和运载器的质量比较可以忽略.

- (1) 计算向前的推力多大;
- (2) 计算施加在运载器中乘客上的制动力;
- (3) 计算沿导轨运行的路程.

4. (T4 强化) 甲、乙两位小朋友站在水平地面上做手拉手比力气的游戏, 结果甲把乙拉了过来, 对这个过程中作用于双方力的关系, 下列说法正确的是

- A. 甲拉乙的力一定比乙拉甲的力大
- B. 甲与地面间的摩擦力大于乙与地面间的摩擦力
- C. 甲拉乙的力与乙拉甲的力大小始终相等
- D. 只有在甲把乙拉动的过程中, 甲的力才比乙的力大, 在可能出现的短暂相持过程中, 两人的拉力一样大

5. (T5 强化) 一物体在  $2 \text{ N}$  的外力作用下, 产生  $10 \text{ cm/s}^2$  的加速度, 求该物体的



质量.下面有几种不同的求法,其中单位运用正确、简洁而又规范的是

$$A. m = \frac{F}{a} = \frac{2}{10} \text{ kg} = 0.2 \text{ kg}$$

$$B. m = \frac{F}{a} = \frac{2 \text{ N}}{0.1 \text{ m/s}^2} = 20 \frac{\text{kg} \cdot \text{m/s}^2}{\text{m/s}^2} = 20 \text{ kg}$$

$$C. m = \frac{F}{a} = \frac{2}{0.1} = 20 \text{ kg}$$

$$D. m = \frac{F}{a} = \frac{2}{0.1} \text{ kg} = 20 \text{ kg}$$

6. (T6 强化) 如图 1-5-8, 在平直轨道上运动的车厢中的光滑水平桌面上用弹簧拴着一个小球, 弹簧处于自然长度. 当旅客看到弹簧的长度变长时, 对火车运动状态的判断可能是

- 火车向右方运动, 速度在增加中
- 火车向右方运动, 速度在减小中
- 火车向左方运动, 速度在增加中
- 火车向左方运动, 速度在减小中

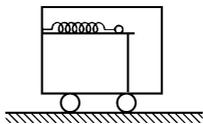


图 1-5-8

7. (T7 强化) 如图 1-5-9 所示, 自动扶梯与水平面的夹角为  $\theta$ , 上面站着质量为  $m$  的人, 当自动扶梯以加速度  $a$  加速向上运动时, 求扶梯对人的弹力  $F_N$  和扶梯对人的摩擦力  $F_f$ .

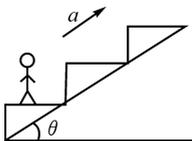


图 1-5-9

### 【参考答案】

强化闯关参考答案:

- C 在撤去力  $F$  之前,  $A$  和  $B$  两木块的速度相同, 撤去外力后, 木块  $A$  和  $B$  仍保持原来的运动状态, 两木块以共同的速度前进, 不会分开.
- 由受力分析和牛顿第二定律

$$\text{对 } m: a_m = \frac{f}{m} = \mu g = 4 \text{ m/s}^2, \text{ 方向向右}$$

$$\text{对 } M: a_M = \frac{F-f}{M} = \frac{28-4}{4} \text{ m/s}^2 = 6 \text{ m/s}^2, \text{ 方向向右}$$

设外力  $F$  作用于  $M$  上的时间为  $t_0$  时撤去, 此时  $M$  的即时速度为  $v_M = a_M t_0 = 6t_0$

之后  $M$  将在  $f$  作用下减速, 加速度为  $a'_M = \frac{-f}{M} = -1 \text{ m/s}^2$

$m$  仍在  $M$  上加速滑动, 临界条件为当  $m$  加速与  $M$  减速至两者速度相等时,  $m$  恰好



滑至  $M$  的最左端,故  $m$  向右加速历时为  $t$ ,  $M$  减速历时为  $t - t_0$ . 有

$$a_m t = a_M t_0 + a'_M (t - t_0), \text{ 即 } 4t = 6t_0 - t + t_0, \text{ 得 } t = \frac{7}{5}t_0$$

$$\text{由位移关系有 } 1.4 = \frac{1}{2}a_m t^2 + a_M t_0 (t - t_0) + \frac{1}{2}a'_M (t - t_0)^2 - \frac{1}{2}a_m t^2$$

将  $t = \frac{7}{5}t_0$  代入上式中,解得  $t_0 = 1 \text{ s}$ .

3. (1) 由加速度的定义式知,运载器的加速度为  $a_1 = \frac{v - v_0}{t_1} = \frac{100 - 0}{2} \text{ m/s}^2 = 50 \text{ m/s}^2$

由牛顿第二定律得运载器所受推力为

$$F_1 = (M + m)a_1 = (80 + 220) \times 50 \text{ N} = 1.5 \times 10^4 \text{ N}.$$

(2) 运载器的制动加速度为  $a_3 = \frac{v' - v'_0}{t_3} = -25 \text{ m/s}^2$ , 方向与速度方向相反.

运载器中乘客所受的制动力为  $F_2 = ma_3 = 80 \times (-25) \text{ N} = -2.0 \times 10^3 \text{ N}$   
方向与初速方向相反.

(3) 运载器沿导轨运行的位移是其三段运动中位移之和,开始的  $2.0 \text{ s}$  内匀加速运

$$\text{动的位移为 } x_1 = \frac{1}{2}a_1 t_1^2 = \frac{1}{2} \times 50 \times 2.0^2 \text{ m} = 100 \text{ m}$$

$$\text{在中间 } 7.0 \text{ s 内匀速运动的位移为 } x_2 = vt_2 = 100 \times 7.0 \text{ m} = 700 \text{ m}$$

$$\text{最后 } 4.0 \text{ s 内匀减速运动的位移为 } x_3 = -\frac{1}{2}a_3 t_3^2 = \frac{1}{2} \times 25 \times 4.0^2 \text{ m} = 200 \text{ m}$$

运载器的总位移是:  $x = x_1 + x_2 + x_3 = 1000 \text{ m}$

4. C 因为甲、乙两位小朋友手拉手比力气时,他们之间的拉力是一对作用力与反作用力,无论是在相持阶段,还是甲把乙拉动的过程,二人之间的相互作用力总是大小相等的,故 A、D 错误, C 正确. 在两人的相持阶段,对每一个人来说,拉力与摩擦力相等,因此甲、乙二人与地面之间的摩擦力大小相等,方向相反,故 B 错误. 而之所以甲把乙拉了过来是由于地面对二人的最大静摩擦力不同. 甲所受地面的最大静摩擦力较大.

5. D 在进行数量运算的同时,也要把单位带进运算. 带单位运算时,每一个数据均要带上单位,且单位换算要准确. 也可以把题中的已知量的单位都用国际单位表示,计算的结果就用国际单位表示,这样在统一已知量的单位后,就不必一一写出各个量的单位,只在数字后面写出正确单位即可. 在备选的四个选项中 A、C 均错, B 项解题过程正确,但不简洁,只有 D 项运算正确,且简洁而又规范.

6. BC 由于弹簧变长,则小球受到向左的弹力  $F$ , 由牛顿第二定律知,  $a$  的方向与  $F$



的方向相同,因此小球加速度向左. 应有两种可能性:速度向左时,速度增大;速度向右时,速度减小.

7. **解法一:**对人进行受力分析,建立如图 1-5-10 所示的直角坐标系,人的加速度方向正好沿  $x$  轴正方向,由题意可得:

$$x \text{ 轴: } F_f \cos \theta + F_N \sin \theta - mg \sin \theta = ma$$

$$y \text{ 轴: } F_N \cos \theta - F_f \sin \theta - mg \cos \theta = 0$$

$$\text{解得 } F_N = mg + ma \sin \theta, F_f = ma \cos \theta.$$

**解法二:**建立如图 1-5-11 的直角坐标系,由于人的加速度方向是沿扶梯向上的,这样建立直角坐标后,在  $x$  方向和  $y$  方向各有一个加速度的分量,其中  $x$  方向的加速度分量  $a_x = a \cos \theta$ ,  $y$  方向的加速度分量  $a_y = a \sin \theta$  根据牛顿定律有

$$x \text{ 轴: } F_f = ma_x \quad y \text{ 轴: } F_N - mg = ma_y$$

$$\text{解得: } F_N = mg + ma \sin \theta, F_f = ma \cos \theta.$$

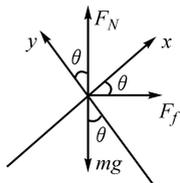


图 1-5-10

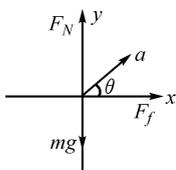


图 1-5-11





## 难点阐释

### 难点 1 运动图象 追击与相遇



#### 难点点拨

一、高考要求:

1. 能够通过图象识别物体运动的性质;
2. 能够通过图象认识图象的截距、斜率、覆盖面积的意义;
3. 能用运用图象解决实际问题;
4. 能用多种方法解答追击与相遇问题;

二、应对策略:

1. 该知识点单独命题的几率不大,但可以与牛顿运动定律、动能、电场、电磁感应等知识联合考查。

2. 在复习过程中应注意对概念和规律以及形成过程的理解,弄清知识的来龙去脉,不仅要知其然,还要知其所以然。在解决问题过程中要注意分析物体的运动情境,必要时画出草图帮助分析,同时注意对解题方法、思路的总结,提高复习效率。



#### 典例调研

题型一 “位移—时间”图象

规律方法 “位移—时间”图象上每一点处的斜率代表该点的速度,斜率的大小表示速度的大小,斜率的正负表示速度的方向。

【调研 1】(06 课改区检测)如图 2-1-1 所示是 A、B 两运动物体的“位移—时间”图象则下列说法正确的是

- A. 两物体在同一直线上运动
- B. 两物体在  $t_2$  时刻相遇
- C. 两物体向相反的方向运动
- D. 如果以正方向为前方,则开始时,物体 B 在物体 A 的前方

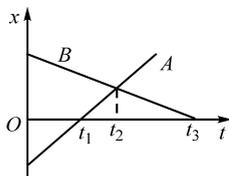


图 2-1-1

解析 因题给图象是“位移—时间”图象,所以由图象的特点可以知道物体做的是在同一直线上的运动,且在  $t_2$  时刻两物体相遇;因物体 A 运动图象的斜率为正值,

即物体 A 沿正方向运动,物体 B 运动图象的斜率是负值,即物体 B 沿负方向运动;以正方向为前方,物体 A 初始坐标为负,物体 B 的初始坐标为正,所以开始计时,物体 B 在物体 A 的前方,答案 A、B、C、D.

**【知识深化】** 因位移是矢量,故“位移—时间”图象上只能表示物体运动的两个方向, $t$  轴上方代表的是“正方向”, $t$  轴下方代表的是“负方向”,所以“位移—时间”图象只能描述物体做“直线运动”的情况,如果运动物体做曲线运动,则画不出物体“位移—时间”图象.

**【调研 2】** 如图 2-1-2 所示为甲、乙、丙三个物体的“位移—时间”图象,下列说法正确的是

- A. 甲、丙两物体的运动轨迹为曲线,乙物体的运动轨迹为直线
- B. 甲、乙、丙三个物体的运动轨迹均为直线
- C. 甲做减速运动,乙做匀速运动,丙做加速运动
- D. 甲、乙、丙的平均速度相等

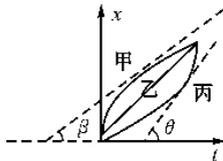


图 2-1-2

**解析** 因“位移—时间”图象只能表示正、负两个方向,故“位移—时间”图象只能表示物体做直线运动的情况;从图上可以看出最后甲、乙、丙三物体的位移相等,所用时间相同,故三物体的平均速度相等. 因“位移—时间”图象上每一点的切线与时间轴夹角的正切为该点的瞬时速度,结合题给图象知甲做减速运动、丙做加速运动、乙做匀速运动. 所以答案 B、C、D.

**【知识深化】** ①“位移—时间”图象没有时间  $t$  的“负轴”,因时间没有负值,画图要注意这一点;②“位移—时间”图象更精确地说应是“位置—时间”图象,纵轴  $x$  表示物体沿某一直线运动的坐标,横轴表示运动物体在该位置坐标所对应的时刻;③图象与纵坐标轴的交点表示运动物体出发点的坐标;④两图象相交,表示两物体在同一直线上运动时有了相同的坐标,即两物体相遇了.

题型二 坐标图

**规律方法** 表示物体位置的坐标图,图象表示物体实际运动的路线,在坐标图上不能表示出运动物体运动的时间.

**【调研 3】** 如图 2-1-3 为甲、乙、丙三个军事小分队进行军事行动路线的图象,下列说法正确的是

- A. 甲、丙两分队的运动路线为曲线,乙分队的运动路线为直线
- B. 甲、乙、丙三分队的位移相等
- C. 甲、乙、丙三分队的平均速度相等
- D. 甲、乙、丙三分队运动的路程相等

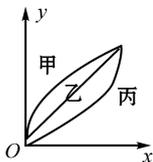


图 2-1-3

**解析** 题图既不是运动物体的“位移—时间”图象,也不是“速度—时间”图象,而是表示物体位置的坐标图,图象表示物体实际运动的路线,由此可以看出,甲、丙两小分队运行的轨迹为曲线,乙运行的轨迹为直线,三小分队的路程不等;三小分队的

难点  
阐释



起始位置相同,故三小分队的位移相同;因三小分队的运动时间长短不知,故三小分队的平均速度大小不能比较.所以答案为 A、B.

**【误区警示】** 对于坐标图,千万不要和“位移—时间”图象混淆了.“位移—时间”图象描述的是做直线运动的物体在不同时刻相对于起始点的位移;而坐标图描述的是物体相对于坐标原点的位置,在坐标图上体现不出来时间来.

### 题型三 “速度—时间”图象

**规律方法** 因速度是矢量,故“速度—时间”图象上只能表示物体运动的两个方向, $t$ 轴上方代表的是“正方向”, $t$ 轴下方代表的是“负方向”,所以“速度—时间”图象只能描述物体做直线运动的情况,如果做曲线运动,则画不出物体的“速度—时间”图象;“速度—时间”图象没有时间 $t$ 的“负轴”,因时间没有负值,画图要注意这一点.

**【调研 4】** (原创题)如图 2-1-4 为同时、同地出发的甲、乙、丙三个物体的“速度—时间”图象,下列说法正确的是

- 甲、乙、丙三物体的平均速度相等
- 甲、丙两物体做曲线运动,乙做直线运动
- 甲物体先加速后减速,丙物体一直做加速运动
- 甲、丙两物体都做加速运动,甲物体的加速度一直减小,丙物体的加速度一直增大

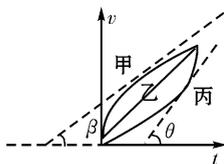


图 2-1-4

**解析** “速度—时间”只能表示物体做直线运动的情况,甲、乙、丙三个物体的运动轨迹都为直线;“速度—时间”图象与时间轴所夹的“面积”表示物体的位移,由题图可以看出,甲的位移最大,乙的位移其次,丙的位移最小,故三物体的平均速度不相等,甲的最大;“速度—时间”图象上每一点的切线与时间轴夹角的正切为该点的瞬时加速度,结合题给图象知,甲的加速度一直减小,丙的加速度一直增大.所以答案应选 D.

**【知识深化】** “速度—时间”图象上每一点处的斜率代表该点的加速度,斜率的大小表示加速度的大小,斜率的正负表示加速度的方向.

**【调研 5】** (06 江苏模拟)一枚火箭由地面竖直向上发射,其“速度—时间”图象如图 2-1-5 所示,由图象可知

- $0 \sim t_a$  时间内火箭的加速度小于  $t_a \sim t_b$  时间内的加速度
- 在  $0 \sim t_b$  时间内火箭是上升的,在  $t_b \sim t_c$  时间内火箭是下落的
- $t_b$  时刻火箭离地面最远
- $t_c$  时刻火箭返回地面

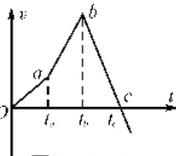


图 2-1-5

**解析** 在  $0 \sim t_c$  的整段时间内,虽然火箭的速度大小有变化,但其值始终为正值,即火箭一直向上运动, $t_c$  时刻离地面最远.从图象的斜率看, $0 \sim t_a$  段的斜率小于  $t_a \sim t_b$  段的斜率,即  $0 \sim t_a$  时间内火箭的加速度小于  $t_a \sim t_b$  时间内的加速度.所以答案应选 A.

【知识深化】“速度—时间”图象与时间轴所夹的“面积”表示物体的位移, $t$ 轴上方的“面积”为正, $t$ 轴下方的“面积”为负,运动物体的总位移等于正、负面积之代数和。

题型四 “速率—时间”图象

规律方法 ①因速率是标量,所以“速率—时间”图象没有速率“ $v$ ”的负轴;②因速率没有方向,所以“速率—时间”图象即可以描述物体做直线运动的情况,也可以描述物体做曲线运动的情况;③“速率—时间”图象上每一点切线的斜率表示运动物体在该点时速率的大小。

【调研 6】如图 2-1-6 所示,竖直平面内有一个光滑的圆形轨道,小圆环套在轨道上并以相同的初速度从轨道的最左端  $A$  点开始运动,经下半轨道到达最右端  $B$  点的时间为  $t_1$ ,经上半轨道到达  $B$  点的时间为  $t_2$ ,则下面说法正确的是

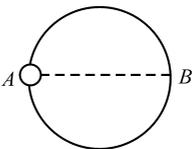


图 2-1-6

- A.  $t_1 < t_2$
- B.  $t_1 > t_2$
- C.  $t_1 = t_2$
- D. 无法确定

解析 圆环从  $A$  点不论从轨道的上半部分还是从轨道的下半部分到达  $B$  点,小环两次做的均是曲线运动,不难画出小球两次运动的“速率—时间”图象.由机械能守恒知,小圆环两次运动的初、末速度大小和路程相等,图象与  $t$  轴所围的“面积”表示小球运动的路程,据题意及分析作出小环的“速率—时间”图象如图 2-1-7 所示,由图可以知  $t_1 < t_2$ .

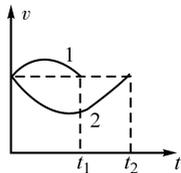


图 2-1-7

【知识深化】 $v-t$  图象中有“速度—时间”图象和“速率—时间”图象两种.“速度—时间”图象与时间轴所围的“面积”表示运动物体的位移,“速率—时间”图象与时间轴所围的“面积”表示运动物体的路程。

【互动研习 1】根据“速率—时间”图象的特点,你能解答下面的题吗?

如图 2-1-8 所示,物体由高度相同不同路径的光滑斜面滑下,物体通过两条路径的长度相等,通过  $C$  点前后速度大小不变.试分析判定物体沿哪一路径滑下所用时间较短.

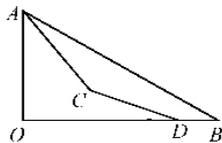


图 2-1-8

题型五 加速运动的物体甲与匀速运动的物体乙之间的追击

规律方法 解追击、相遇问题的基本思路是:

- (1) 根据对两物体运动过程的分析,画出物体的运动示意图;
- (2) 根据两物体的运动性质,分别列出两个物体的位移方程,注意要将两物体运动、时间的关系反映在方程中;
- (3) 由运动示意图找出两物体位移间的关联方程;
- (4) 联立方程求解。



【调研7】(改编题)一辆汽车在十字路口等绿灯,当绿灯亮时汽车以  $3 \text{ m/s}^2$  的加速度开始行驶,恰在这时一辆自行车以  $6 \text{ m/s}$  的速度匀速从汽车边驶过,试求: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?此时相距多少?

解析 **解法一:**用分析法求解

汽车开动速度逐渐增大,而自行车速度是定值.当汽车速度小于自行车速度时两者的距离是在增大,反之是距离在减小,因此两者速度相等时它们相距最远,此时有

$$v_{\text{汽}} = at = v_{\text{自}}, \text{即 } t = \frac{v_{\text{自}}}{a} = 6/3 = 2 \text{ s}, \Delta s = v_{\text{自}}t - \frac{1}{2}at^2 = 6 \times 2 - \frac{1}{2} \times 3 \times 2^2 = 6 \text{ m}.$$

**解法二:**用相对运动求解

选匀速运动的自行车为参考系,则从运动开始到相距最远这段时间内,汽车相对此参考系的各个物理量为:  $v_0 = v_{\text{汽}} - v_{\text{自}} = (0 - 6) \text{ m/s} = -6 \text{ m/s}$

$$v_t = v_{\text{汽}} - v_{\text{自}} = (6 - 6) \text{ m/s} = 0 \text{ m/s}$$

$$a = a_{\text{汽}} - a_{\text{自}} = (3 - 0) \text{ m/s}^2 = 3 \text{ m/s}^2$$

$$\text{则所需时间 } t = \frac{v_{\text{自}}}{a} = 6/3 = 2 \text{ s}$$

$$\text{相对距离 } \Delta s = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2a} = \frac{0 - (-6)^2}{2 \times 3} \text{ m} = -6 \text{ m}. \text{ (负号表示汽车落后于自行车)}$$

**解法三:**用数学求极值法求解

$$\text{在汽车追上自行车之前经 } t \text{ 秒二者相距 } \Delta s = v_{\text{自}}t - \frac{1}{2}at^2 = 6t - \frac{3t^2}{2}$$

$$\text{由二次函数求极值的条件,当 } t = -\frac{b}{2a} = -\frac{6}{2 \times (-3/2)} = 2 \text{ s}$$

$$\text{时,有极大值 } \Delta s = \frac{-b^2 + 4ac}{4a} = 36/6 = 6 \text{ m}.$$

**解法四:**用图象法求解

自行车和汽车的位移可由  $v-t$  图象 2-1-9 中图线、时刻线及时间轴围成的面积表示.矩形表示自行车位移,三角形表示汽车位移.位移差即打斜线部分为最大时,两者速度相等:  $v_{\text{汽}} = v_{\text{自}}$

$$\text{此刻时间为 } t = \frac{v_{\text{自}}}{a} = 6/3 = 2 \text{ s}$$

$$\text{最大间距 } \Delta s = 6 \times 2 - \frac{1}{2} \times 3 \times 2^2 = 6 \text{ m}.$$

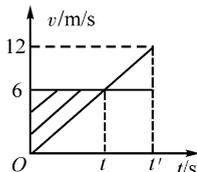


图 2-1-9

【知识深化】初速度为零的匀加速运动的物体甲追赶同方向的匀速运动的物体乙时,一定能追上,在追上之前两者有最大距离的条件是两物体速度相等,即  $v_{\text{甲}} = v_{\text{乙}}$ .

【互动研习2】若汽车甲以  $3 \text{ m/s}^2$  由静止做匀加速直线运动,汽车乙落后 2 秒钟从同一地点出发,以  $4 \text{ m/s}^2$  做匀加速直线运动,两车方向一致,问乙车追上甲车前,两车的最大距离为多少?

题型六 同方向匀速运动物体和匀减速运动物体之间的追及

规律方法 分析追击、相遇问题应注意:

(1) 分析追击、相遇问题时,一定要抓住一个条件,两个关系:一个条件是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.两个关系是时间关系和位移关系,其中通过画草图找到两物体位移之间的数量关系,是解题的突破口.因此,在学习中一定要养成画草图分析问题的良好习惯,这会对帮助我们理解题意、启迪思维大有裨益;

(2) 若被追赶的物体做匀减速运动,一定要注意追上前该物体是否停止运动;

(3) 仔细审题,注意抓住题目中的关键字眼,充分挖掘题目中的隐含条件.如“刚好”、“恰巧”、“最多”、“至少”等,往往对应一个临界状态,满足相应的临界条件.

【调研 8】(改编题)如图 2-1-10 所示,汽车正以 10 m/s 的速度在平直的公路上前进,突然发现正前方有一辆自行车以 4 m/s 的速度做同方向的匀速直线运动,汽车立即关闭油门做加速度大小为  $6 \text{ m/s}^2$  的匀减速运动,汽车恰好不碰上自行车,求关闭油门时汽车离自行车多远?

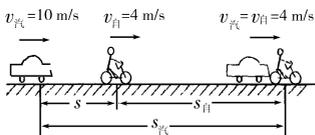


图 2-1-10

解析 解法一:利用公式求解汽车减速到 4 m/s 时发生的位移和运动的时间分

$$\text{别为 } s_{\text{汽}} = \frac{v_{\text{汽}}^2 - v_{\text{自}}^2}{2a} = 7 \text{ m}, t = \frac{v_{\text{汽}} - v_{\text{自}}}{a} = 1 \text{ s}$$

这段时间自行车发生的位移  $s_{\text{自}} = v_{\text{自}} t = 4 \text{ m}$

汽车关闭油门时离自行车的距离  $s = s_{\text{汽}} - s_{\text{自}} = 3 \text{ m}$ .

解法二:利用  $v-t$  图象进行求解

如图 2-1-11 所示,直线 1、2 分别是汽车与自行车的运动图象,其中划斜线部分的面积表示当两车车速相等时汽车比自行车多发生的位移,即为汽车关闭油门时离自行车的距离  $s$ .

图象 1 的斜率即为汽车减速运动的加速度,所以应有  $s =$

$$\frac{(v_{\text{汽}} - v_{\text{自}})^2}{2a} = 3 \text{ m}.$$

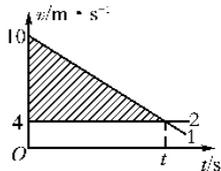


图 2-1-11

解法三:利用相对运动

以自行车为参考系,设汽车和自行车运动的方向为正方向

则由  $v_{\text{汽自}} = v_{\text{汽}} - v_{\text{自}} = (10 - 4) \text{ m/s} = 6 \text{ m/s}$

$a_{\text{汽自}} = a_{\text{汽}} - a_{\text{自}} = -6 \text{ m/s}^2$

$$s = s_{\text{汽自}} = \frac{0 - v_{\text{汽自}}^2}{2a_{\text{汽自}}} = 3 \text{ m}.$$



【知识深化】 ①匀速运动的物体甲追赶同方向做匀加速运动的物体乙时,存在一个恰好追上或恰好追不上的临界条件是两物体速度相等,即  $v_{\text{甲}} = v_{\text{乙}}$ . 此临界条件给出了一个判断此种追赶情形能否追上的方法,即可通过比较两物体处在同一位置时的速度大小来分析. 具体方法是:假定在追赶过程中两者能处在同一位置,比较此时的速度大小,若  $v_{\text{甲}} > v_{\text{乙}}$ ,则能追上,若  $v_{\text{甲}} < v_{\text{乙}}$ ,则追不上,如果始终追不上,当两物体速度相等时,两物体的间距最小;

②匀减速运动的物体追赶同方向的匀速运动的物体时,情形跟上述相类似. 两物体恰能相遇的临界条件是两物体处在同一位置时,两物体的速度恰好相同.

题型七 加速度均不为零的物体之间的追及

规律方法 对此类问题的求解. 除了要透彻理解基本物理概念,熟悉运动学公式外,还应仔细审题,挖掘题文中隐含的重要条件,并尽可能地画出草图以帮助分析,确认两个物体运动的位移关系、时间关系和速度关系. 在头脑中建立起一幅物体运动关系的图景. 借助于  $v-t$  图象来分析和求解往往可使解题过程简捷明了.

【调研9】 (改编题) 一辆轿车违章超车,以 108 km/h 的速度驶入左侧逆行道时,猛然发现正前方 80 m 处一辆卡车正以 72 km/h 的速度迎面驶来,两车司机同时刹车,刹车加速度大小都是  $10 \text{ m/s}^2$ . 两司机的反应时间(即司机发现险情到实施刹车所经历的时间)都是  $\Delta t$ . 试问  $\Delta t$  是何数值,才能保证两车不相撞?

解析 设轿车行驶速度为  $v_1$ , 卡车行驶速度为  $v_2$ , 则  $v_1 = 108 \text{ km/h} = 30 \text{ m/s}$ ,  $v_2 = 72 \text{ km/h} = 20 \text{ m/s}$ . 在反应时间  $\Delta t$  内两车行驶的距离分别为  $s_1$ 、 $s_2$ , 则  $s_1 = v_1 \Delta t$  ①

$$s_2 = v_2 \Delta t \quad \text{②}$$

$$\text{轿车、卡车刹车所通过的距离分别为 } s_3, s_4, \text{ 则 } s_3 = \frac{v_1^2}{2a} = \frac{30^2}{2 \times 10} \text{ m} = 45 \text{ m} \quad \text{③}$$

$$s_4 = \frac{v_2^2}{2a} = \frac{20^2}{2 \times 10} \text{ m} = 20 \text{ m} \quad \text{④}$$

$$\text{为保证两车不相撞, 必须 } s_1 + s_2 + s_3 + s_4 < 80 \text{ m} \quad \text{⑤}$$

将①②③④代入⑤解得  $\Delta t < 0.3 \text{ s}$ .

【技巧点拨】 追及问题是运动学中较为综合且有实践意义的一类题,它往往涉及两个以上物体的运动过程,每个物体的运动规律又不尽相同,所以分析好物体的运动过程才是解答该类问题的关键.

【调研10】 甲、乙两车同时同向运动,开始运动时两车相距  $s$ ,乙在前面做加速度为  $a_1$ 、初速度为零的匀加速运动,甲在后面做加速度为  $a_2$ 、初速度为  $v_0$  的匀加速运动,试讨论两车在运动过程中相遇次数与加速度的关系.

解析 由于两车同时同向运动,故有

①当  $a_1 < a_2$  时,可得两车在运动过程中始终有  $v_{\text{甲}} > v_{\text{乙}}$ ,由于原来甲在后,乙在前,所以甲、乙两车的距离在不断缩短,经过一段时间后甲车必然超过乙车,且甲超过乙后相距越来越远,因此甲、乙两车只能相遇一次.



②当  $a_1 = a_2$  时, 始终有  $v_{甲} > v_{乙}$ , 因此甲、乙两车也只能相遇一次.

③当  $a_1 > a_2$  时,  $v_{甲}、v_{乙}$  的大小关系随着运动时间的增加而发生变化, 刚开始,  $a_1 t$  和  $a_2 t$  相差不大且甲有初速  $v_0$ , 所以  $v_{甲} > v_{乙}$ ; 随着时间的推移,  $a_1 t$  和  $a_2 t$  相差越来越大, 当  $a_1 t - a_2 t = v_0$  时,  $v_{甲} = v_{乙}$ ; 接下来  $a_1 t - a_2 t > v_0$ , 则有  $v_{甲} < v_{乙}$ . 若在  $v_{甲} = v_{乙}$  之前, 甲车还没有超过乙车, 则随后由于  $v_{甲} < v_{乙}$ , 甲车就没有机会超过乙车, 即两车不相遇; 若在  $v_{甲} = v_{乙}$  时, 两车刚好相遇, 则随后  $v_{甲} < v_{乙}$ , 甲车又要落后乙车, 这样两车也只能相遇一次; 若在  $v_{甲} = v_{乙}$  前, 甲车已超过乙车, 即已相遇过一次, 随后由于  $v_{甲} < v_{乙}$ , 甲、乙距离又缩短, 直到乙车反超甲车时, 再相遇一次, 则两车能相遇两次.

【技巧点拨】 这类问题并不难, 需要的是细心, 首先把可能的情况想全, 然后逐一认真从实际情况出发来分析, 以得到正确的结果.



强化闯关

1. (T1 强化) 沿同一条直线运动的  $a、b$  两个质点, 在  $0 \sim t_0$  时间内的  $x-t$  图象如图 2-1-12 所示. 根据图象, 下列说法正确的

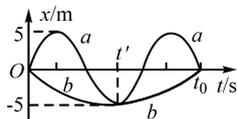


图 2-1-12

- A. 质点  $a$  做周期性往返运动
- B. 时刻  $t'$ ,  $a、b$  的位移相同
- C. 在  $0 \sim t'$  时间内,  $a、b$  的位移相同
- D. 在  $0 \sim t_0$  时间内,  $a$  通过的路程是  $b$  通过路程的 3 倍, 但

位移相同

2. (T2 强化) 下面对图象 2-1-13 的说法正确的是

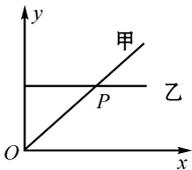


图 2-1-13

- A. 甲、乙两物体一定在  $P$  点的相遇
- B. 甲物体做匀加速运动, 乙物体做匀速运动
- C. 甲、乙两物体曾经经过同一个点  $P$
- D. 甲、乙两物体可能在  $P$  点相遇

3. (T3 强化) 一质点沿某一条直线运动时的“速度—时间”图象如图 2-1-14 所示, 则以下说法中正确的是

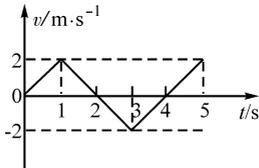


图 2-1-14

- A. 第 1 s 末质点的位移和速度都改变方向
- B. 第 2 s 末质点的位移改变方向
- C. 第 4 s 末质点的位移为零
- D. 第 3 s 末和第 5 s 末质点的位置相同

4. (T4 强化) 甲、乙、丙三辆汽车以相同的速度经过某一路标, 从此时开始甲一直做匀速直线运动, 乙车先加速后减速, 丙车先减速后加速, 它们经过下一个目标时的速度也相同, 则

- A. 车甲先通过下一个目标
- B. 车乙先通过下一个目标
- C. 车丙先通过下一个目标
- D. 无法确定

5. (T5 强化) 甲、乙两辆汽车行驶在一条平直的公路上, 甲车在乙车的后面做速度为  $v$  的匀速运动, 乙车在前面做初速度为零的匀加速直线运动, 加速度为  $a$ , 两车同向而行, 开始时两车在运动方向上相距  $s$ , 若使两车可相遇两次, 求  $v$ 、 $a$ 、 $s$  所满足的关系式.

6. (T5 强化) 汽车 A 以  $v_1 = 20 \text{ m/s}$  的初速做匀减速直线运动, 经  $40 \text{ s}$  停下来. 汽车 A 开始运动的同时, 在其前方  $180 \text{ m}$  处有汽车 B 以  $v_2 = 6 \text{ m/s}$  的速度与 A 同向做匀速运动. 试求两车能否相撞?

7. (T6 强化) 两辆完全相同的汽车, 沿水平直路一前一后匀速行驶, 速度均为  $v_0$ , 若前车突然以恒定的加速度刹车. 在它刚停住时, 后车以前车刹车时的加速度开始刹车, 已知前车在刹车过程中所行驶的距离为  $s$ , 若要保证两辆车在上述情况中不相撞, 则两车在匀速行驶时保持距离至少应为

- A.  $s$                       B.  $2s$                       C.  $3s$                       D.  $4s$

### 【参考答案】

互动研习答案提示:

1. 物体由  $A \rightarrow B$  做初速为零的匀加速直线运动, 到  $B$  时速度为  $v_i$ ; 物体由  $A \rightarrow C$  做初速为零的匀加速直线运动, 加速度较  $AB$  段的大; 由  $C \rightarrow D$  做匀加速直线运动, 初速度为  $AC$  段的末速度, 加速度较  $AB$  段的小, 到  $D$  时速度大小为  $v_i$ . 物体运动的“速率—时间”图象如图 2-1-15 所示. 根据通过的路径长度相等知, 两条图线与横轴所围面积相等. 所以沿  $A \rightarrow C \rightarrow D$  路径滑下用的时间较短.

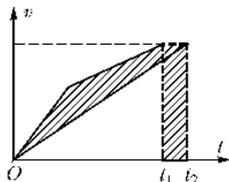


图 2-1-15

2. 两车速度相等时, 相距最远. 图象法 (公式法、相对运动法略), 由图 2-1-16 知:

$$v = t \cdot \tan \alpha = a_{\text{甲}} t \quad v = (t-2) \tan \beta = a_{\text{乙}} (t-2)$$

$$\text{解得 } t = 8 \text{ s}, v = 24 \text{ m/s}$$

$$\Delta s = \frac{1}{2} \times 2 \times v = 24 \text{ m}.$$

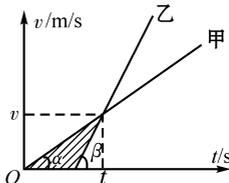


图 2-1-16

强化闯关参考答案:

1. ABCD 由题中图象可以看出:  $t=0$  时,  $a$ 、 $b$  的位移均为零, 表明  $a$ 、 $b$  同时从同一点开始运动,  $a$  向正方向运动,  $b$  向相反的方向运动,  $a$  做周期性的往返运动,  $b$  有可能也做周期性的运动; 时刻  $t'$ ,  $a$ 、 $b$  的位移均为  $-5 \text{ m}$ ; 在  $0 \sim t'$  时间内,  $a$ 、 $b$  的位移都是  $-5 \text{ m}$ , 也相同; 在  $0 \sim t_0$  时间内,  $a$  运动的路程是  $30 \text{ m}$ ,  $b$  运动的路程是  $10 \text{ m}$ , 它们在时刻  $t_0$  都回到了出发点, 在  $0 \sim t_0$  时间内,  $a$ 、 $b$  的位移均为零.

2. CD 该图为坐标图, 由图可以看出甲、乙两物体可能在同一时刻经过了  $P$  点, 也可能在不同时刻经过了  $P$  点, 但甲乙两物体一定都经过了  $P$  点.

3. CD 由题图可直接看出,速度方向发生变化的时刻是第 2 s 末、第 4 s 末,而位移始终为正值,前 2 s 内位移逐渐增大,第 3 s、第 4 s 内又逐渐减小,第 4 s 末位移为零,以后又如此变化. 第 3 s 末与第 5 s 末的位移均为 1.0 m. 故选项 C、D 正确.

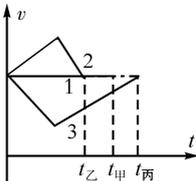


图 2-1-17

4. 由三车的初、末速度相同,“路程”相等,即表示“速率”的图线与  $t$  轴所夹的“面积”相同. 按照如此原则,画出三辆车的“速率—时间”图象,图象 1 为车甲的运动图象,图象 2 为车乙的运动图象,图象 3 为车丙的运动图象,如图 2-1-17 所示,从图象上很容易看出  $t_乙 < t_甲 < t_丙$ ,故答案选 B.

5. 设甲车和乙车在经过时间  $t$  后相遇

甲车在  $t$  时间里通过的位移  $s_1 = vt$ ,乙车在  $t$  时间里通过的位移  $s_2 = \frac{1}{2}at^2$

要使两车相遇,须有:  $s_1 = s_2 + s$ , 即  $vt = \frac{1}{2}at^2 + s$

整理得:  $t^2 - \frac{2v}{a}t + \frac{2s}{a} = 0$

时间  $t$  应有两实数解,即  $\Delta = b^2 - 4ac > 0$

得  $\frac{4v^2}{a^2} - 4 \cdot \frac{2s}{a} > 0$ , 即  $v > \sqrt{2as}$ .

6. 当 A 车减速到与 B 车同速时是 A 车逼近 B 车距离最多的时刻,这时若能超过 B 车则相撞,否则不相撞

据题意  $a = \frac{v_1}{t} = \frac{20}{40} = 0.5 \text{ m/s}^2$ , 由  $v_1^2 - v_2^2 = 2as_1$  可求出 A 车减速到与 B 车同速时的

位移  $s_1 = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2a} = \frac{400 - 36}{2 \times 0.5} = 364 \text{ m}$

$t = \frac{v_1 - v_2}{a} = 28 \text{ s}$

此时间内 B 车的位移为  $s_2 = v_2 t = 6 \times 28 = 168 \text{ m}$

$\Delta s = 364 - 168 = 196 \text{ m} > 180 \text{ m}$ , 所以两车能相撞.

7. B 两车初速度、加速度及刹车时间都相等,故刹车位移也相同. 因此前车停下时,后车应开始刹车,其运动草图如图 2-1-18 所示.

平均速度法: 两车恰不相撞的条件是后车必须在前车刹车处

开始刹车,而前车刹车后行驶的距离为  $s = \bar{v}t = \frac{v_0}{2}t$

在前车刹车过程中,后车匀速行驶至前车刹车处,则  $\Delta s = v_0 t = 2s$ .

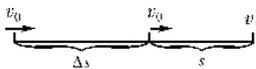


图 2-1-18

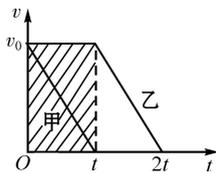


图 2-1-19



图象法:如图 2-1-19 所示,甲、乙两图象分别为前后两车的  $v-t$  图象,前车刹车后,两车的位移可由图中“面积”的数值来表示,则前车刹车时,两车间距在数值上等于图中划斜线部分的面积,可见  $\Delta s = 2s$ .

## 难点 2 共点力平衡条件的应用



### 难点点拨

一、高考要求:

1. 物体在共点力作用下的平衡,平衡条件的应用;
2. 整体法与隔离法的熟练运用;
3. 动态平衡问题和极值问题的掌握.

二、应对策略:

共点力平衡条件的应用是以往高考的热点,多以选择题的形式出现. 在新课程标准及能力立意命题的原则下,出题人会考虑在创新的情境中考核该知识点. 所以,在复习的过程中,掌握多种处理共点力平衡问题的方法,并能灵活运用非常重要.



### 典例调研

题型一 应用共点力的平衡条件解题

规律方法 ① 物体的平衡分为两种情形:静态平衡(物体保持静止)、动态平衡(物体做匀速直线运动),二者的共同点是保持运动状态不变,加速度为零.“保持静止”是指速度为零且长时间内保持这一状态不发生变化;

② “瞬时静止”指某一瞬间速度为零,但加速度不为零,物体并非处于平衡状态. 平衡状态的实质是速度不变(速度为零不变,即保持静止,速度不为零且保持不变,即匀速直线运动)、加速度为零.

【调研 1】如图 2-2-1 所示,当绳子的悬点  $A$  缓慢向右移动到  $A'$ ,悬挂物的位置保持不变,绳子  $AO$  和  $BO$  拉力的合力是怎么变化的?

解析 对悬挂物受力分析,由题意知, $A$  点在移动的过程中,悬挂物处于平衡状态,因  $F_3$  的大小等于  $G$ ,方向保持竖直向下. 悬点  $A$  在移动的过程中, $O$  点处于平衡状态, $F_3$  是  $F_1$ 、 $F_2$  合力的平衡力,由此知  $F_1$ 、 $F_2$  大小虽然发生变化,但两个力的合力没有发生变化.

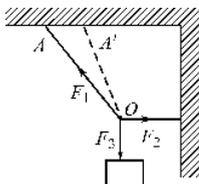


图 2-2-1

【知识深化】当物体处于平衡状态时,它所受的某一个力与它所受的其余力的合力大小相等、方向相反,作用在同一直线上。

【调研2】(原创题)如图2-2-2所示,均匀杆AB长为2 m,质量为2 kg,用两根轻质细绳AO、BO悬挂于水平横梁的O点, $AO \perp BO$ , $\angle A = 60^\circ$ ,求当横杆平衡时,AO与水平横梁的夹角 $\alpha$ 为多少?

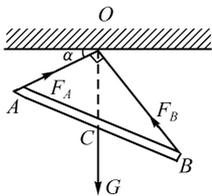


图2-2-2

解析 杆AB受重力 $G$ 、拉力 $F_A$ 、 $F_B$ 三个力的作用处于平衡状态, $F_A$ 、 $F_B$ 的作用线交与O点.平衡的三力必共点,则重力的反向延长线必过O点,如图2-2-2所示.因为 $\triangle AOB$ 是直角三角形, $\angle A = 60^\circ$ , $\angle B = 30^\circ$ ,所以 $AO = \frac{AB}{2}$ .杆的重心C位于杆的中点,因此AC长度等于AO,那么 $\angle AOC = 60^\circ$ .又因OC与横梁垂直,则 $\angle \alpha = 30^\circ$ .

【技巧点拨】当物体受到三个互成角度的力(非平行力)作用而平衡时,这三个力必在同一平面内,且三个力的作用线或作用线的延长线必相交于一点。

【技巧点拨】当物体受到三个互成角度的力(非平行力)作用而平衡时,这三个力必在同一平面内,且三个力的作用线或作用线的延长线必相交于一点。

题型二 构建矢量三角形,用正弦定理求力的大小

规律方法 建立合理的力的矢量三角形,三个边分别为 $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$ , $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$ 所

对的角分别为 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ ,则 $\frac{F_1}{\sin \alpha_1} = \frac{F_2}{\sin \alpha_2} = \frac{F_3}{\sin \alpha_3}$ .

【调研3】如图2-2-3所示,小球被轻质细绳系着,斜吊着放在光滑的斜劈上,小球的质量为 $m = 5 \text{ kg}$ ,斜劈的斜面与水平的夹角 $\theta = 45^\circ$ ,细绳与斜面的夹角 $\alpha = 37^\circ$ ,则细绳对小球拉力的大小是多少?(已知 $\sin 37^\circ = 0.6$ , $g$ 取 $10 \text{ m/s}^2$ )

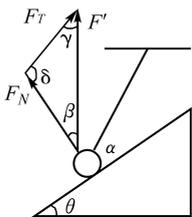


图2-2-3

解析 小球受到重力 $mg$ 、绳上的拉力 $F_T$ 与斜劈的支持力 $F_N$ 三个力的作用,由力的平衡知识知, $F_T$ 与 $F_N$ 的合力 $F'$ 与 $mg$ 等大反向,由几何知识易得出 $\gamma = 8^\circ$ , $\beta = 45^\circ$ , $\delta = 127^\circ$ ,由三角形的正

弦定理得 $\frac{F_T}{\sin \beta} = \frac{F'}{\sin \delta}$ ,带入数值得 $F_T = \frac{125\sqrt{2}}{4} \approx 44.2 \text{ N}$ .

【发散拓展】解三个共点力作用下物体平衡问题的常用方法有:(1)力的合成法:先利用平行四边形定则将任两个力合成,则这个合力与第三个力等大反向;(2)矢量三角形法:物体受同一平面内三个互不平行的力作用平衡时,这三个力的矢量箭头首尾相接,构成一个矢量三角形,据此可求得未知力;(3)相似三角形法:通常寻找一个力的矢量三角形与一个结构(几何)三角形相似,这一方法也仅能处理三力平衡问题;(4)正弦定理法:三力平衡时,三个力可构成一封闭三角形,若由题设条件寻找到角度关系,则可用正弦定理列式求解;(5)三力汇交原理:如果一个物体受到三个不平行外力的作用而平衡,这三个力的作用线必在同一平面上,而且必为共点力。



### 题型三 构建矢量三角形,处理最值问题

**规律方法** 构建矢量三角形求最值的常用情况有:①物体受三个力作用而处于平衡状态,三个力中已知一个力的大小及方向和另一个力的大小(或方向),求第三个力的最值问题;②已知一个力  $F_1$  的大小及方向和另一个力  $F_2$  的大小(或方向),求它们合力的最值或  $F_2$  分力的最值问题.当已知另一个力的大小时常用作辅助圆的方法.

【调研5】(06江苏模拟)如图2-2-4(甲)所示,在轻质细线的下端悬挂一个质量为  $m$  的小球,若用一个大小为  $F$ 、方向不确定的力来拉小球,使细线偏离竖直方向的夹角  $\alpha$  最大,则求拉力  $F$  的方向.

**解析** 因  $F$  的大小不变,方向不确定,故  $F$  在以小球的球心为圆心,以  $F$  的大小为半径的圆上,但不论  $F$  的方向如何, $F$  与绳上的拉力  $F_T$  的合力  $F'$  不变, $F'$  与小球的重力大小相等,方向相反.由图2-2-4(乙)我们可以看出,当绳上的拉力  $F_T$  与圆相切时,夹角  $\alpha$  最大,由

$$F = F' \sin \alpha \text{ 得 } \alpha = \arcsin \frac{F}{F'} = \arcsin \frac{F}{mg}.$$

【知识深化】其实这种求最值的方法也可以应用到求其他矢量的最值问题中,如求速度、位移、加速度、电场强度的最值等.

### 题型四 构建矢量三角形,利用图解法处理动态平衡问题

**规律方法** 所谓图解法就是通过平行四边形的邻边和对角线的长短关系或变化情况,作一些较为复杂的定性分析,从图上就能看出结果,得出结论.

【调研6】(06课改区检测)如图2-2-5所示,三段细线吊着一个重物, $OB$ 线水平, $OA$ 线与竖直方向的夹角为  $\theta$ . $OC$ 线下拴着重物, $O$ 为结点.现保持  $O$  点不动(即  $\theta$  角不变),让  $OB$  线沿顺时针方向转  $90^\circ$ .在此过程中, $OB$  线的拉力大小将

- A. 逐渐减小                      B. 逐渐增大  
C. 先减小后增大                D. 先增大后减小

**解析** 以结点  $O$  为研究对象, $O$  在三个共点力作用下处于平衡状态. $OC$  线拉力的大小与方向等于重力是确定的. $OA$  线拉力的方向始终不变, $OB$  线拉力的大小和方向都在变化.这种情形下判断  $OB$  线拉力的变化最适合用“图解法”.图解法是指根据平行四边形定则或三角形定则在同一个图中画出不同状态下力的矢量图,然后根据有向线段的长度变化(表示力的大小的变化)判断各个力的变化情况.为便于比

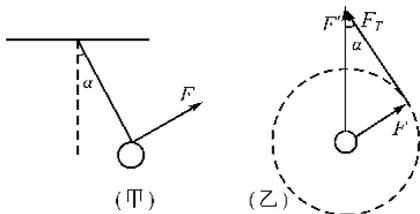


图2-2-4

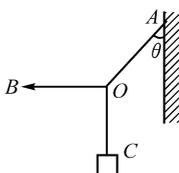


图2-2-5

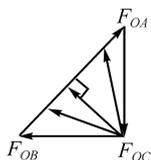


图2-2-6

较,更多是根据三角形定则画出矢量三角形.如图 2-2-6 所示,由平衡条件和三角形定则知  $O$  点所受三个力  $F_{OC}$ 、 $F_{OB}$ 、 $F_{OA}$  依次首尾相连构成一个闭合三角形.由图 2-2-6 可知  $OB$  线拉力大小  $F_{OB}$  先减小后增大,而且当  $F_{OB} \perp F_{OA}$  时,  $F_{OB}$  最小. 应选 C.

【知识深化】 图解法最适于解决三力平衡问题,特点是其中一个力是恒力,还有一个力的方向(或大小)保持不变.

题型五 找出几何三角形,利用三角形相似解题

规律方法 在利用矢量三角形解决力学问题时,应找出一个“几何三角形”和“力的矢量三角形”,在这两个三角形相似的基础上,根据有向线段的长度表示力的大小,则两三角形对应边的长度的比值相等,这样就可以求某一个力的大小或各个力之间的关系.

【调研 7】 如图 2-2-7 所示,通过一个光滑挂钩的细绳的两端拴有两个带同种电荷的小球  $A$  和  $B$ ,两小球在库仑力的作用下处于平衡状态,已知两段绳  $L_1$  和  $L_2$  长度的比值为 2:1,则  $A$  球和  $B$  球的质量比为

- A. 2:1      B. 1:2      C. 1:3      D. 3:1

解析 设小球  $A$ 、 $B$  的质量分别为  $m_1$ 、 $m_2$ . 小球  $A$  受到库仑力  $F_1$ , 绳的拉力  $F_2$  和重力,小球  $A$  处于平衡状态,由受力平衡知,  $F_1$  和  $F_2$  的合力  $F_3$  大小等于  $m_1g$ , 方向竖直向上;

同理知,小球  $B$  受到的库仑力  $F_1'$  和绳上拉力  $F_2'$  的合力  $F_3'$  大小等于  $m_2g$ , 方向竖直向上. 由几何知识不难得出,力  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$  构成的矢量三角形与几何三角形  $AOO'$  相似; 力  $F_1'$ 、 $F_2'$ 、 $F_3'$  构成的矢量三角形与几何三角形  $BOO'$  相似,由三角形相似,列等式

$$\frac{F_2}{L_{OA}} = \frac{F_3}{L_{OO'}} \quad \text{①} \quad \frac{F_2'}{L_{OB}} = \frac{F_3'}{L_{OO'}} \quad \text{②}$$

$$\text{①②两式相比得} \frac{F_2}{L_{OA}} \cdot \frac{L_{OB}}{F_2'} = \frac{F_3}{F_3'}$$

因  $F_2$  与  $F_2'$  大小相等,  $L_{OA} = 2L_{OB}$

得  $2F_3 = F_3'$ ,  $2m_1 = m_2$ , 故答案应选 B.

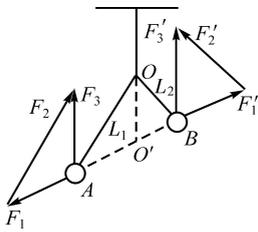


图 2-2-7

【技巧点拨】 解答此类问题的关键是找出两个三角形,尤其是“几何三角形”,应根据已知边长的关系建立“几何三角形”.

题型六 建立直角坐标系,利用正交分解处理共点力的平衡问题

规律方法 共点力作用下物体的平衡条件:由  $F_{\text{合}} = 0$  知,每一方向上的合力均为零,则平衡条件又可表述为  $\sum F_x = 0$ ,  $\sum F_y = 0$  (应用于正交分解法求解平衡问题).

【调研 8】 如图 2-2-8 所示,物体的质量为 2 kg,两根轻细绳  $AB$  和  $AC$  的一端连接于竖直墙上,另一端系于物体上,且  $AC$  绳水平时,两绳所成角为  $\theta = 60^\circ$ . 在物体上另施加一个方向与水平线成  $\theta = 60^\circ$  的拉力  $F$ ,若要使绳都能伸直,求拉力  $F$  的大小



范围.

解析 作出 A 的受力示意图,并建立直角坐标如图 2-2-9 所示,由平衡条件有:

$$F \cos \theta - F_C - F_B \cos \theta = 0 \quad F \sin \theta + F_B \sin \theta - mg = 0$$

由以上两式得

$$F = \frac{mg}{\sin \theta} - F_B \quad ① \quad F = \frac{F_C}{2 \cos \theta} + \frac{mg}{2 \sin \theta} \quad ②$$

要使两绳都能绷直,需有  $F_B \geq 0$  ③  $F_C \geq 0$  ④

由①③两式得  $F$  有最大值  $F_{\max} = \frac{mg}{\sin \theta} = \frac{40\sqrt{3}}{3}$  N; 由②④

两式可得  $F$  有最小值  $F_{\min} = \frac{mg}{2 \sin \theta} = \frac{20\sqrt{3}}{3}$  N. 故  $F$  的取值范围

为  $\frac{20\sqrt{3}}{3}$  N  $\leq F \leq \frac{40\sqrt{3}}{3}$  N.

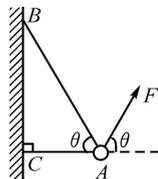


图 2-2-8

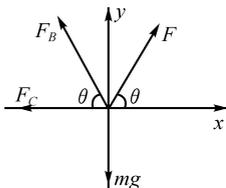


图 2-2-9

【技巧点拨】建立恰当的直角坐标系的原则是:让尽可能多的量(包括力和加速度)落在坐标轴上.

题型七 用极端假设法处理共点力的平衡问题

规律方法 把某个没有给定数值的力推向极端(“极大”或“极小”)来分析,从而得出“恰好出现”或“恰好不出现”的结果.

【调研 9】(06 江苏模拟)如图 2-2-10 所示,倾角为  $\theta$  的粗糙斜面上的物体  $M$  在沿斜面向上的力  $F$  的作用下处于静止状态,则斜面作用于物体的静摩擦力

- A. 方向可能沿斜面向上    B. 方向可能沿斜面向下  
C. 大小可能等于零        D. 大小可能等于  $F$

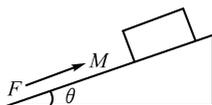


图 2-2-10

解析 现用极限法来分析各种可能性.

①当  $F$  足够大时,会使物体有向上的滑动趋势,此时物块受到的静摩擦力沿斜面向下,所以 B 正确;②当  $F$  足够小时,物体有向下的滑动趋势,受到的静摩擦力的方向沿斜面向上,所以 A 正确;③在第(2)情况中有方程  $F + f = mg \sin \theta$ . 因  $F$  大小未知,所以由此方程可讨论当  $f = 0$  或  $f = F$  时方程仍然成立,所以 C、D 正确. 故应选 A、B、C、D.

【知识深化】当物体受几个力作用,出现临界状态(平衡态恰好出现变化或恰好不出现变化)时,采用极限分析法.

【互动研习 1】若物体恰好能沿斜面匀速滑动,则斜面作用于物体的摩擦力的大小为

- A.  $F_f = F$     B.  $F_f = F - mg \sin \theta$     C.  $F_f = mg \sin \theta - F$     D. 0

题型八 用整体法和隔离法分析系统的平衡问题

规律方法 通常在分析外力对整体的作用时,用整体法;在分析系统内部各物体之间的相互作用时,用隔离法.

【调研 10】 (06 课改区检测) 在粗糙水平面上放着一个三角形木块  $abc$ , 在它的两个粗糙斜面上分别放有质量为  $m_1$  和  $m_2$  的两个物体,  $m_1 > m_2$ , 如图 2-2-11 所示, 若三角形木块和两物体都是静止的, 则粗糙水平面对三角形木块

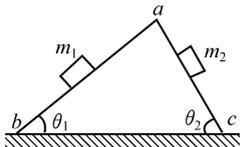


图 2-2-11

- A. 有摩擦力的作用, 摩擦力的方向水平向右
- B. 有摩擦力的作用, 摩擦力的方向水平向左
- C. 有摩擦力的作用, 但摩擦力的方向不能确定
- D. 以上结论都不对

解析 由于三角形木块和斜面上的两物体都静止, 可以把它们看成一个整体, 如图 2-2-12 所示, 竖直方向受到重力  $(m_1 + m_2 + m)g$  和支持力  $F_N$  作用处于平衡状态, 水平方向无任何运动趋势, 因此不受地面的摩擦力作用. 故应选 D.

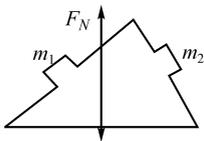


图 2-2-12

【发散拓展】 整体法和隔离法是处理多个物体组成的体系最重用的方法, 作受力分析时, 应注意不能混淆力的作用对象 (特别是物体间的作用力、反作用力的作用对象). 整体法和隔离法是相对的, 解题时不能把二者对立起来, 而应该把二者结合起来灵活应用. 为使解答简单, 一般来说应首先使用整体法, 若不能解决, 再考虑使用隔离法. 对于连接体的平衡问题, 往往采用整体法和隔离法相结合.

【调研 11】 如图 2-2-13 所示, 质量为  $m$  的木块受外力  $F_{外}$  的作用在置于桌面的木板上滑行, 木板静止, 它的质量  $M = 3m$ , 已知木块和木板间、木板与桌面间的动摩擦因数皆为  $\mu$ , 则木板所受桌面的摩擦力大小为

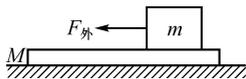


图 2-2-13

- A.  $\mu mg$
- B.  $2\mu mg$
- C.  $3\mu mg$
- D.  $4\mu mg$

解析 本题若采用整体受力分析则解答较麻烦. 因为,  $m$  与  $M$  两者的运动状态不同. 应先取  $m$  研究, 求出摩擦力, 然后再取  $M$  研究.

对  $m$ , 所受滑动摩擦力  $F = \mu mg$ ; 对  $M$ , 受力平衡, 所受桌面摩擦力是静摩擦力, 大小为  $F' = \mu mg$ , 选项 A 正确.

【技巧点拨】 两物体运动状态不同, 也能采用整体法研究, 但较麻烦, 故常采用隔离法.

题型九 弹簧上的共点力平衡问题

规律方法 解答此类问题的方法是利用胡克定律  $F = kx$ . 可根据弹簧的形变计算出力, 或根据共点力的平衡条件计算出弹簧的弹力. 再根据胡克定律计算出弹簧的形变量.



【调研 12】(06 广西模拟)如图 2-2-14 所示,在倾角  $\theta = 60^\circ$  的斜面上,一个质量为  $1 \text{ kg}$  的物体,用劲度系数为  $k = 100 \text{ N/m}$  的弹簧平行于斜面吊住此物体放在斜面上,只有当物体位于  $B$ 、 $C$  两点间任意位置时才能静止,且  $AC = 20 \text{ cm}$ ,  $AB = 6 \text{ cm}$ ,斜面对物体的最大静摩擦力为

- A.  $8 \text{ N}$       B.  $7 \text{ N}$       C.  $5\sqrt{3} \text{ N}$       D.  $5 \text{ N}$

解析 由于物体在  $B$ 、 $C$  两点间任意处均静止,说明在  $B$ 、 $C$  两点的摩擦力最大,即为最大静摩擦力  $f_{\max}$ .

设弹簧原长为  $L_0$ ,则在  $C$  点处弹簧的弹力为  $F_1 = k(L_C - L_0)$

在  $B$  点处弹簧的弹力为  $F_2 = k(L_0 - L_B)$ .

由于物体在  $B$ 、 $C$  两点静止,沿斜面方向的合力为零.假设弹簧在  $C$  点被拉伸,在  $B$  点被压缩.则有:

$$\text{在 } C \text{ 点: } k(L_C - L_0) = mg \sin \theta + f_{\max} \quad ①$$

$$\text{在 } B \text{ 点: } f_{\max} = mg \sin \theta + k(L_0 - L_B) \quad ②$$

解①②得  $f_{\max} = 7 \text{ N}$ ,故选项 B 正确.

【技巧点拨】解答本题必须加深对静摩擦力和胡克定律的理解,会利用物体平衡条件求解.分析题干可知:物体在  $B$ 、 $C$  两点间任意位置均静止,说明物体受力平衡,这是解题的切入点,根据物体所受平衡力的条件列出方程便可求解.

【互动研习 2】物体与斜面间的最大静摩擦力为  $7 \text{ N}$ ,则  $B$ 、 $C$  间的长度是多大?

#### 题型十 斜面上的自锁现象

规律方法 把质量为  $m$  的物体放在斜面上,慢慢地增大斜面的倾角  $\theta$ ,当倾角增大到一定程度时,物体开始滑动.在物体即将开始滑动时,静摩擦力最大.根据物体平衡条件可得:  $mg \sin \theta = \mu mg \cos \theta$ ,  $\mu = \tan \theta$ ,由此可知:  $\theta = \arctan \mu$  时  $\theta$  角被称为摩擦角.显然,当斜面的倾角小于  $\theta$  时,在斜面上无论放多重的物体,由于重力沿斜面向下的分力始终与静摩擦力平衡,并且小于最大静摩擦力,物体不会滑动.这就是斜面上的“自锁现象”.

【调研 13】(原创题)一块砖静止在斜面上,设想把它分成大小相等的  $P$  和  $Q$  两块,如图 2-2-15(甲)所示,则这两半块砖对斜面的压力大小相比较,则

- A.  $P$  较大      B.  $Q$  较大  
C. 两者相等      D. 无法判定

解析 整块砖在斜面上保持静止,即处于平衡状态,它共受到  $G$ 、 $f$ 、 $F_N$  三个力的作用,根据三力平衡原理,这三个力必是共点力,这个点只能是  $C$  点,因此受力示意图如图 2-2-15(乙)所示.

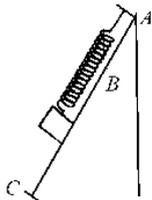


图 2-2-14

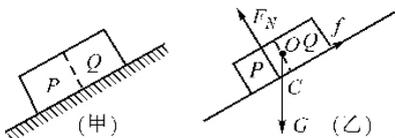


图 2-2-15

支持力  $F_N$  实际是“面作用力”，即是发生在砖与斜面的整个接触面上，画出的箭头，代表的是整个接触面上的支持力的合力。如果整个接触面上的支持力是均匀分布的，其合力的作用点应在接触面的中心位置，但现在在  $C$  点，即在中间偏下的位置，这说明斜面对砖的下半部（即  $P$ ）的支持力大于对上半部（即  $Q$ ）的支持力。根据牛顿第三定律， $P$  对斜面的压力较大，应选  $A$ 。

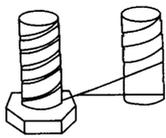


图 2-2-16

**【知识深化】** 一些实际问题中的螺丝就是利用斜面自锁原理制造的。如图 2-2-16 所示，螺丝上的螺纹相当于斜面，并且螺纹斜面倾角小于摩擦角。这样当用它紧固机器零件时，螺帽尽管受到很大的压力，仍然不会移动。

题型十一 运用数学的知识解信息迁移题

规律方法 解答该类问题的关键是：找出题目中告诉的物理模型或条件与实际所学知识的连接点，从而对知识进行迁移。

**【调研 13】** 在电视节目中，我们常常能看到一种精彩的水上运动——滑水板。如图 2-2-17 所示，运动员在快艇的水平牵引力作用下，脚踏倾斜滑板在水上匀速滑行。设滑板是光滑的，运动员与滑板的总质量  $m = 70 \text{ kg}$ ，滑板的总面积  $S = 0.12 \text{ m}^2$ ，水的密度  $\rho = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 。

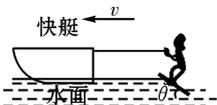


图 2-2-17

理论研究表明：当滑板与水平方向的夹角为  $\theta$ （板前端抬起的角度）时，水对板的作用力大小  $F_N = \rho S v^2 \sin^2 \theta$ ，方向垂直于板面。式中  $v$  为快艇的牵引速度， $S$  为滑板的滑水面积。求：为使滑板能在水面上滑行，快艇水平牵引滑板的最小速度。

解析 选取滑板与运动员为研究对象，为使问题简化，采用理想化处理，可不计水对滑板的阻力。受力图如图 2-2-18 所示。

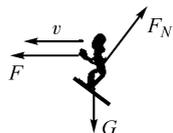


图 2-2-18

由物体的平衡条件可得

$$F_N \cos \theta - mg = 0, \text{ 又因为 } F_N = \rho S v^2 \sin^2 \theta$$

可得牵引速度为  $v = \sqrt{mg / (\rho S \sin^2 \theta \cos \theta)}$

即在运动员与滑板的质量和滑板的总面积  $S$  一定时，维持滑板平衡所需的牵引速度大小仅由滑板与水平方向的夹角  $\theta$  决定，或者说，快艇对运动员与滑板的牵引速度  $v$  是滑板倾角  $\theta$  的函数。当  $\theta$  取某一值时，牵引速度有最小值。下面我们就用求函数极值的方法求解最小速度问题。

$$\text{令 } K = \sin^2 \theta \cos \theta$$

$$\text{则有 } K^2 = \frac{1}{2} \sin^2 \theta \sin^2 \theta (2 \cos^2 \theta)$$

由数学中的基本不等式  $abc \leq (\frac{a+b+c}{3})^3$  可得

$$K^2 \leq \frac{1}{2} \left( \frac{\sin^2 \theta + \sin^2 \theta + 2 \cos^2 \theta}{3} \right)^3 = \frac{1}{2} \left( \frac{2}{3} \right)^3$$



当且仅当  $2\cos^2\theta = \sin^2\theta$ , 即  $\theta = \arctan\sqrt{2} = 54.7^\circ$  时,  $K$  有最大值  $K_{\max} = \frac{2\sqrt{3}}{9}$

故快艇最小速度的表达式为  $v_{\min} = \sqrt{\frac{3\sqrt{3}mg}{2\rho S}}$

代入数据, 得  $v_{\min} = 3.9 \text{ m/s}$ .

**【技巧点拨】** 本题关键是将物理问题转换为数学问题来讨论从而很快解决问题.

### 强化闯关

1. (T1 强化)  $AO$ 、 $BO$  两根轻绳的上端分别固定在天花板上, 下端结于  $O$  点, 施加一力  $F$  使两绳在竖直平面内绷紧, 两绳和天花板的夹角如图 2-2-19 所示, 问当  $F$  与  $OB$  之间的夹角  $\alpha$  为多大时, 绳上  $AO$  的拉力等于  $F$ ?

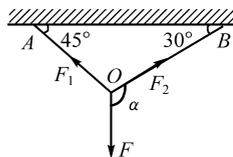


图 2-2-19

2. (T3 强化) 如图 2-2-20 所示, 在轻质细线的下端悬挂一个质量为  $m$  的物体  $A$ , 若用力  $F$  拉物体, 使细线偏离竖直方向的夹角为  $\theta$  角, 且保持  $\theta$  角不变, 求拉力  $F$  的最小值.

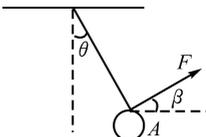


图 2-2-20

3. (T4 强化) 如图 2-2-21 所示, 半圆形支架  $BAD$ , 两细绳  $OA$  和  $OB$  结于圆心  $O$ , 下悬重为  $G$  的物体, 使  $OA$  绳固定不动, 将  $OB$  绳的  $B$  端沿半圆支架从水平位置逐渐移至竖直位置  $C$  的过程中, 分析  $OA$  绳和  $OB$  绳的拉力如何变化?

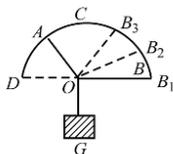


图 2-2-21

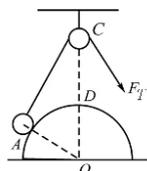


图 2-2-22

4. (T5 强化) 如图 2-2-22 所示, 一个表面光滑的半球固定在水平面上, 其球心的正上方一定高度处固定一小滑轮, 一根

细绳一端拴一小球, 置于球面上  $A$  点, 另一端绕过定滑轮. 现缓慢的拉动细绳的一端, 使小球从  $A$  点运动到  $D$  点, 在此过程中, 小球所受球面的支持力  $F_N$  及细绳对小球的拉力  $F_T$  的变化情况

- A.  $F_N$  变大,  $F_T$  变小      B.  $F_N$  变小,  $F_T$  变大  
C.  $F_N$  不变,  $F_T$  变小      D.  $F_N$  变大,  $F_T$  不变

5. (T6 强化) 如图 2-2-23 所示, 质量为  $m$  的重物用一动滑轮悬挂在细绳上. 细绳两端分别固定在两堵竖直墙上的  $A$ 、 $B$  两点, 已知  $B$  点在  $A$  点之上, 把  $B$  端缓慢向下移动的过程中, 细绳上的张力 (不计绳重及滑轮与绳之间的摩擦)

- A. 不变      B. 先变小后变大

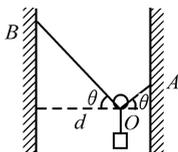


图 2-2-23

- C. 先变大后变小      D. 无法确定

6. (T7 强化) 如图 2-2-24 所示, 均匀光滑的小球放在光滑墙壁与倾斜的木板间, 当木板与墙的夹角  $\alpha$  变大 ( $\alpha < 90^\circ$ ) 时

- A. 墙与小球间的弹力变大  
B. 墙与小球间的弹力变小  
C. 木板与小球间的弹力变小  
D. 木板与小球间的弹力变大

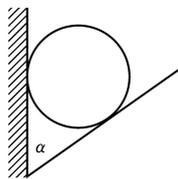


图 2-2-24

7. (T8 强化) 如图 2-2-25 所示, 两块同样的条形磁铁 A、B, 质量均为  $m$ , 将它们竖直叠放在水平桌面上, 用弹簧秤通过一根细绳竖直向上拉磁铁若弹簧秤的读数为  $mg$ , 则 B 对 A 的弹力  $F_1$  及桌面对 B 的弹力  $F_2$  分别为

- A.  $F_1 = 0, F_2 = mg$       B.  $F_1 = mg, F_2 = 0$   
C.  $F_1 > 0, F_2 < mg$       D.  $F_1 > 0, F_2 = mg$

8. (T9 强化) 如图 2-2-26 所示, 两根原长相同的轻质弹簧 A、B 竖直悬挂, 其下端用一根跨过动滑轮的细绳连在一起, 不计绳与滑轮的质量, 两弹簧原来均无形变, 求在动滑轮下挂一质量为  $m$  的砝码后, 动滑轮下降了多少? 已知弹簧劲度系数分别为  $k_1, k_2$ , 弹簧始终在弹性形变内.

9. (T10 强化) 如图 2-2-27 所示, 修建铁路、公路的路堤和路堑时, 允许的边坡倾角最大值叫作“自然休止角”. 如果边坡倾角超过自然休止角  $\alpha$  会导致路基不稳定, 下列关于自然休止角  $\alpha$  与土壤颗粒之间的动摩擦因数  $\mu$  的关系式正确的是

- A.  $\tan \alpha > \mu$       B.  $\tan \alpha < \mu$   
C.  $\tan \alpha = \mu$       D.  $\alpha$  与  $\mu$  无关

10. (T11 强化) 如图 2-2-28 所示是一种浮桥, 由铁链连接许多木板条组成, 是一种浮在水面的软桥, 可以让一定速度的车辆、拖拉机或坦克通过. 若车辆停在桥上, 则桥将沉入水中, 这是由于车以一定速度前进时, 桥面发生弯曲, 车下方形成一个斜面, 斜面也以同样的速度推进, 这时木板打击水面, 产生反作用力将车托了起来, 这个反作用力方向与斜面垂直, 大小为  $F = \frac{1}{2} \pi k \rho v^2 ab$ , 式中  $\rho$  为水的密度,  $v$  为车速,  $a$  为斜面部分长度,  $b$  为木板宽度,  $k$  为比例常数. 可以看出, 车速越高反作用力  $F$  越大.

图中斜面与水平面间的夹角为  $\theta$ , 设某拖拉机以  $1.0 \text{ m/s}$  速度前进时,  $\theta = 10^\circ$ , 当它以  $1.1 \text{ m/s}$  速度前进时  $\theta'$  为多大?

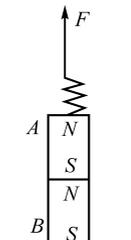


图 2-2-25

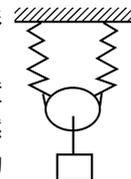


图 2-2-26

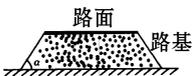


图 2-2-27

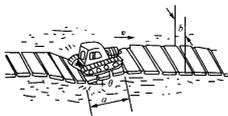


图 2-2-28



11. 如图 2-2-29 所示, 质量为  $m$  的物体靠在粗糙的竖直墙上, 物体与墙之间的动摩擦因数为  $\mu$ , 若要使物体沿着墙匀速运动, 则外力  $F$  的大小可以是

- A.  $\frac{mg}{\sin \alpha}$                       B.  $\frac{mg}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha}$   
 C.  $\frac{mg}{\sin \alpha - \mu \cos \alpha}$               D.  $\frac{mg}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}$

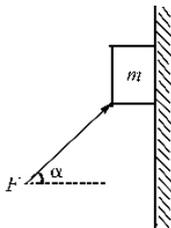


图 2-2-29

### 【参考答案】

互动研习参考答案:

1. ABC 物体能沿斜面匀速滑动, 物体可能上滑, 也可能下滑

上滑时  $F_f = F - mg \sin \theta$ , 下滑时  $F_f = mg \sin \theta - F$ , 此时若  $F = \frac{1}{2} mg \sin \theta$ , 则  $F_f = F$ .

$$2. BC = x_C - x_B = \frac{mg \sin \theta + f_m}{k} - \frac{mg \sin \theta - f_m}{k} = 0.14 \text{ m.}$$

强化闯关参考答案:

1. 对  $O$  点受力分析,  $O$  点处于平衡状态, 设绳  $AO$  上的拉力大小为  $F_1$ , 绳  $BO$  上拉力的大小为  $F_2$ ,  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F$  构成封闭三角形如图 2-2-30 所示, 由正弦定理得

$$\frac{F_1}{\sin (180^\circ - \alpha)} = \frac{F}{\sin 75^\circ}, \text{ 因 } F_1 = F, \text{ 得 } 180^\circ - \alpha = 75^\circ, \text{ 即 } \alpha = 105^\circ.$$

2. 以  $A$  物体为研究对象, 绳的张力  $F_T$  与对  $A$  的拉力  $F$  的合力  $F'$  与物体  $A$  的重力等大反向, 由于绳的张力  $F_T$  的方向不变, 根据图解 2-2-31 可以看出, 当  $F$  垂直于力  $F_T$  时,  $F$  取得最小值,  $F_{\min} = F' \sin \theta$ , 因  $F' = mg$ , 故

$$F_{\min} = mg \sin \theta.$$

3. 因为绳结  $O$  受到重物的拉力  $T$ , 才使  $OA$  绳和  $OB$  绳受力, 故将拉力  $T$  分解为  $T_A$  和  $T_B$ ,  $OA$  绳固定, 则  $T_A$  的方向不变, 在  $OB$  向上靠近  $OC$  的过程中取  $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$  三个位置, 两绳受力如图 2-2-32, 由图可以看出:  $T_A$  是逐渐变小, 而  $T_B$  是先变小后增大, 当  $OB$  和  $OA$  垂直时,  $T_B$  最小.

4. C 对小球受力分析, 如图 2-2-33, 由力的平衡知,  $F_T$  与  $F_N$  的合力  $F'$  与重力等大反向, 由几何知识不难得出力  $F_T$ 、 $F_N$  和  $F'$  构成的力的矢量三角形与几何三角形  $AOC$  相似.

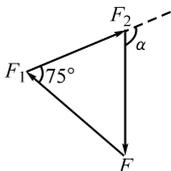


图 2-2-30

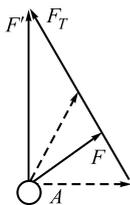


图 2-2-31

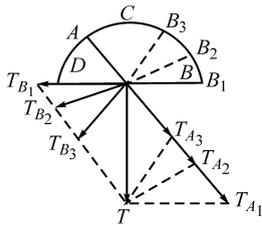


图 2-2-32

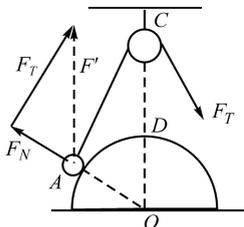
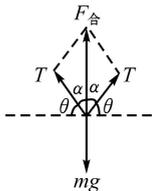


图 2-2-33

设半球的半径长为  $R$ , 滑轮中心到半球顶端的距离为  $h$ , 滑轮  $C$  与小球间的距离为  $L$ , 由三角形相似, 列等式  $\frac{F_N}{R} = \frac{F_T}{L} = \frac{F'}{R+h}$ , 因  $\frac{F'}{R+h}$  比值不变, 半径  $R$  一定, 所以  $F_N$  大小不变, 绳长  $L$  逐渐减小, 所以  $F_T$  逐渐减小。

5. A 由于不计绳子本身的重力及滑轮与绳之间的摩擦, 挂上重物后整根细绳张力大小处处相等。它们的合力大小为  $mg$ , 方向竖直向上。由菱形特点知绳与竖直方向的夹角必定相等, 如图 2-2-34 所示, 设均为  $\alpha$ 。设绳长为  $L$ , 两墙之间的距离为  $d$ , 则由几何关系知



$$AO\cos\theta + BO\cos\theta = d, \text{ 即 } L\cos\theta = d, \text{ 得 } \cos\theta = \frac{d}{L}$$

而  $L, d$  不变, 所以  $B$  点沿墙缓慢向下移动的过程中  $\theta$  角恒定。则由图 2-2-34 受力分析图可知绳的张力  $T$  可由下式求出:  $2T\sin\theta = mg$ ,

$$\text{得 } T = \frac{mg}{2\sin\theta}, mg \text{ 与 } \theta \text{ 均保持不变, 故 } T \text{ 的大小不变。}$$

6. BC 小球在重力  $G$ 、墙对小球的弹力  $N_1$ 、木板对小球的弹力  $N_2$  的作用下处于平衡, 由题图可知, 在  $\alpha < 90^\circ$  的情况下,  $N_1 > 0, N_2 > G$ , 在  $\alpha = 90^\circ$  的极端情况下,  $N_1 = 0, N_2 = G$ 。所以在  $\alpha$  增大的情况下,  $N_1, N_2$  匀减小。
7. D 因为桌面对  $B$  的弹力  $F_2$  为外力对系统的作用, 所以应该用整体法。对  $A, B$  系统有平衡方程  $F + F_2 = 2mg$ , 所以  $F = 2mg - F_2 = mg$ ;
- 而  $B$  对  $A$  的弹力为  $A$  受力, 所以用隔离法。对  $A$  有平衡方程  $F + F_1 = mg + F_3$  ( $F_3$  为  $B$  对  $A$  的吸引力), 则  $F_1 = mg + F_3 - F = mg + F_3 - mg = F_3 > 0$ 。
8. 设弹簧  $A$  的伸长量为  $\Delta x_1$ , 弹簧  $B$  的伸长量为  $\Delta x_2$ , 则由平衡条件得

$$k_1 \Delta x_1 = \frac{mg}{2} \quad \Delta x_1 = \frac{mg}{2k_1} \quad \text{①}$$

$$k_2 \Delta x_2 = \frac{mg}{2} \quad \Delta x_2 = \frac{mg}{2k_2} \quad \text{②}$$

$$\text{设滑轮下降的距离为 } \Delta x, \text{ 则 } \Delta x = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2}{2} = \frac{mg(k_1 + k_2)}{4k_1 k_2}.$$

9. C 要使颗粒不下滑, 则  $\tan\alpha = \mu$ 。
10. 将水对木板的反作用力  $F$  分解为水平方向的  $F_1$  和竖直方向的  $F_2$ ,  $F_2$  的大小等于拖拉机的重力  $G$ ,  $F_1$  为拖拉机前进时受到的阻力, 所以  $F = \frac{G}{\cos\theta} = \frac{1}{2} \pi k \rho v^2 ab$
- 当  $G, \rho, a, b, k$  一定时, 拖拉机的速度增大,  $\cos\theta$  要减小,  $\theta$  将增大, 即  $\frac{\cos\theta'}{\cos\theta} = \left(\frac{v}{v'}\right)^2$
- 得  $\cos\theta' = 0.814$ , 即  $\theta' = 35.5^\circ$ 。

11. CD 当物体沿墙向下运动时, 分析物体受力情况如图 2-2-35 所示, 列平衡方程为



$$\begin{cases} F_N = F \cos \alpha \\ mg = F \sin \alpha + \mu F_N \end{cases}$$

$$\text{得 } F = mg / (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

同理,当物体沿墙向上运动时,所受摩擦力方向向下,则

$$\begin{cases} F_N = F \cos \alpha \\ mg + \mu F_N = F \sin \alpha \end{cases}$$

$$\text{得 } F = mg / (\sin \alpha - \mu \cos \alpha).$$

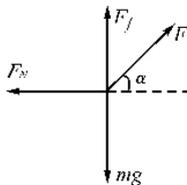


图 2-2-35

### 难点 3 牛顿第二定律的综合应用



#### 难点点拨

一、高考要求:

1. 知道运动定律的使用范围及应用条件;
2. 掌握牛顿定律,熟练应用牛顿定律解决动力学的两大基本问题;
3. 理解超重和失重,并能对生活中的超重和失重作出合理的解释.

二、应对策略:

牛顿运动定律是力学的基本规律,是力学的核心知识,在整个物理学中占有非常重要的地位,是高考命题的热点.同时还会结合实际生活、生产和科学事件中有关的问题进行命题.

第一、应用牛顿定律解决力学问题的关键是对研究对象进行受力分析.首先是选取研究对象,有时需要整体法,有时需要隔离法,具体的方法需要自己在解题过程中去体验和总结.

第二、要注意选择适当的坐标系,这样会对建立方程和求解带来方便.通常选取一个坐标轴与加速度一致的方向来建立坐标系.同时要注意根据实际情况灵活地建立坐标系.

第三、要注意加速度与合外力的瞬时对应关系.

第四、要注意力的独立作用原理在解题过程中的应用,即某方向上的力在该方向上产生加速度与其他力是否存在无关.在力较多正交分解比较麻烦时,可以考虑分解加速度,不同方向上加速度分量对应该方向上的力(合力),再列出动力学方程,可以减少运算量.



#### 典例调研

题型一 牛顿第二定律的整体应用

规律方法 设系统内有两个物体,质量分别为  $m_1$  和  $m_2$ ,受到的合外力为  $F_{\text{合}}$ ,

则  $F_{\text{合}} = m_1 a_1 + m_2 a_2$

①上述结论对多个物体组成的系统也是成立的,即为  $F_{\text{合}} = m_1 a_1 + m_2 a_2 + \dots + m_n a_n$ ;

②正交分解可得  $F_{\text{合}x} = m_1 a_{1x} + m_2 a_{2x} + \dots + m_n a_{nx}$ ,  $F_{\text{合}y} = m_1 a_{1y} + m_2 a_{2y} + \dots + m_n a_{ny}$ ;

③解答该类问题的关键是:连接体各部分的速度和加速度的大小相等。

【调研 1】如图 2-3-1,在光滑水平面上有物体 B,物体 A 置于物体 B 上,且  $m_A = m_B$ ,A 受到水平力  $F_1$ ,B 受水平力  $F_2$ , $F_1 > F_2$ ,物体 A、B 保持相对静止,试求物体 B 受到物体 A 对它的摩擦力的大小和方向。

解析 用整体法结合隔离法,对整体有

$$F_1 - F_2 = 2ma, \text{ 则 } a = \frac{F_1 - F_2}{2m}$$

对 A 物体,如果 A 和 B 间的静摩擦力为零,则

$$a_A = \frac{F_1}{m} \neq \frac{F_1 - F_2}{2m}, \text{ 所以 A 必定受到向左的静摩擦力 } F$$

$$\text{ 则有 } F_1 - F = ma, F = F_1 - \frac{F_1 - F_2}{2} = \frac{F_1 + F_2}{2}$$

$$B \text{ 受到 A 对它的静摩擦力向右,大小为 } F = \frac{F_1 + F_2}{2}.$$

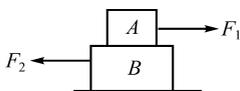


图 2-3-1

【知识深化】对连接体问题,在解题过程中选取研究对象很重要,有时以整体为研究对象,有时以单个物体为研究对象.整体作为研究对象可以将不必要的相互作用力去掉,单个物体为作为研究对象主要解决相互作用力.单个物体的选取应以其接触的物体最少为原则.另外,需指出的是,在应用牛顿第二定律解题时,有时需要分解力,有时需要分解加速度,具体情况具体分析,不要形成只分解力的认识。

题型二 用牛顿第二定律求解瞬时性问题

规律方法 牛顿第二定律的核心是加速度与合外力的瞬时对应关系,做变加速运动的物体,其加速度时刻都在变化,某时刻的加速度叫瞬时加速度,而加速度由合外力决定,当合外力恒定时,加速度也恒定,合外力变化时,加速度也随之变化,且瞬时力决定瞬时加速度.解决这类问题要注意:(1)确定瞬时加速度关键是正确确定瞬时合外力;(2)当指定某个力变化时,是否还隐含着其他力也发生变化;(3)整体法和隔离法的合理运用。

【调研 2】一个轻弹簧,B 端固定,另一端与细绳的一端共同拉住一个质量为  $m$  的小球,细绳的另一端 A 也固定,如图 2-3-2 所示,且 AC、BC 与竖直方向的夹角分别为  $\theta_1$  和  $\theta_2$ ,则烧断细绳的瞬间,小球的加速  $a_1 =$  \_\_\_\_\_,若弹簧在 C 处与小球脱离,则脱离瞬间小球的加速度  $a_2 =$  \_\_\_\_\_。



**解析** 当细绳烧断的瞬间,弹簧由于来不及发生形变,弹簧的弹力不能发生突变,将暂时保持不变,但是当弹簧在  $C$  处脱开时,细绳上的弹力则可以发生突变.对每个瞬时进行受力分析,即可分析求出其加速度的大小.

设小球静止时,细绳上的弹力为  $F_1$ ,弹簧上的拉力为  $F_2$ ,由三力平衡的正弦定理可得:

$$\frac{mg}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} =$$

$$\frac{F_1}{\sin \theta_2} = \frac{F_2}{\sin \theta_1}$$

$$F_1 = \frac{\sin \theta_2}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} mg, F_2 = \frac{\sin \theta_1}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} mg$$

图 2-3-2

当细绳烧断的瞬间,小球所受的合力与  $F_2$  大小相等、方向相反,由牛顿第二定律可得小球加速度  $a_1 = \frac{F_2}{m} = \frac{\sin \theta_1}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} g$ ,方向与  $F_2$  相反.

当弹簧在  $C$  处脱开时,细绳上的拉力由  $\frac{\sin \theta_2}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} mg$  突变为  $mg \cos \theta_1$ ,由牛顿第二定律可得小球的加速度  $a_2 = g \sin \theta_1$ ,方向是沿垂直细绳  $AC$  向下的方向.

**【知识深化】** 轻线、轻绳与轻弹簧、橡皮绳的本质差异:

“绳”和“线”一般都是理想模型,具有如下几个特点:

**轻:**即绳和线的质量和重力均可视为等于零,由此特点可知,同一根绳或线的两端及其中间各点的张力大小相等.

**软:**即绳和线只能承受拉力,不能承受压力,由此特点可知,绳上作用力的方向是沿着绳子且背离受力物体的方向.

**不可伸长:**即无论绳所受拉力多大,绳子的长度不变,由此特点可知,绳子中的张力可以突变.

“弹簧”和“橡皮绳”,也是理想化模型,由于弹簧和橡皮绳受力时,其形变较大,发生形变需要一段时间,所以弹簧和橡皮绳中的弹力不能突变,但是当弹簧或橡皮绳本身被剪断时,它们所受的弹力则立即消失.

**题型三 用牛顿定律解决临界问题**

**规律方法** 临界状态是物理问题中常遇到的一种情境,研究时,首先要抓住临界条件,然后从受力分析入手,列出相关方程进行求解.分析临界条件时,宜用隔离法,必要时,再将分析结果应用到整体中去.

**【调研3】** (改编题)如图 2-3-3 所示,质量  $m = 1.0 \text{ kg}$  的滑块,在拉力  $F$  作用下,沿粗糙水平面加速运动,滑块与水平面间的动摩擦因数  $\mu = 0.75$ ,为使滑块以加速度  $a = 2.5 \text{ m/s}^2$  前进,求:拉力  $F$  与水平面间的夹角为多大时最省力? 拉力的最小值是多少?

**解析** 取滑块  $m$  为研究对象,受力图如图 2-3-3 所示,取水平方向为  $x$  轴,竖

直方向为  $y$  轴, 据牛顿第二定律列方程, 有:  $F_x = ma$  得  $F \cos \theta - F' = ma$  ①

$F_y = 0$  得  $F \sin \theta + F_N - mg = 0$  ②  $F' = \mu F_N$  ③

联立①②③求得  $F = \frac{m(\mu g + a)}{\cos \theta + \mu \sin \theta}$ , 由数学知识可得

$$\cos \theta + \mu \sin \theta = \sqrt{1 + \mu^2} \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{1 + \mu^2}} \cos \theta + \frac{\mu}{\sqrt{1 + \mu^2}} \sin \theta \right)$$

$$\text{令 } \tan \phi = \frac{1}{\mu}, \text{ 即 } \sin \phi = \frac{1}{\sqrt{1 + \mu^2}}, \cos \phi = \frac{\mu}{\sqrt{1 + \mu^2}},$$

所以  $\cos \theta + \mu \sin \theta = \sqrt{1 + \mu^2} \sin(\phi + \theta)$

$$F = \frac{m(\mu g + a)}{\sqrt{1 + \mu^2} \sin(\phi + \theta)}$$

当  $\sin(\phi + \theta) = 1$  即  $\phi + \theta = 90^\circ$  时,  $F$  有最小值

$$\text{故 } \theta = 90^\circ - \phi = 90^\circ - \arctan \frac{4}{3} = 37^\circ \text{ 时, } F_{\min} = \frac{m(\mu g + a)}{\sqrt{1 + \mu^2}} = 8 \text{ N.}$$

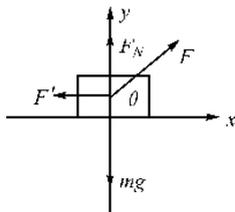


图 2-3-3

**【知识深化】** 在临界极值问题上, 常用“最大值”、“最小值”、“恰好”、“刚好”、“变化范围”等词语指明或暗示要求的极值或范围. 求解临界和极限值这一类问题时, 一般用极端分析法, 即把问题(物理过程)推到极端, 分析在极端情况下可能出现的状态和满足的条件, 应用规律列出极端情况下的方程, 从而暴露出临界条件.

**题型四 用牛顿定律解决传送带上的问题**

**规律方法** 传送带与滑块之间有相对滑动, 则不论传送带转动的方向如何, 传送带与滑块之间的滑动摩擦力的大小不变. 弄清物体在传送带各个阶段的运动和受力情况是关键.

**【调研 4】** 如图 2-3-4 所示, 传送带与水平面夹角为  $\theta = 37^\circ$ , 以速度  $v = 10 \text{ m/s}$  匀速运行着. 现在传送带的 A 端轻轻放一个小物体(可视为质点), 已知小物体与传送带之间的动摩擦因数为  $\mu = 0.5$ , A、B 间距离  $s = 16 \text{ m}$ . 则当传送带轮子顺时针方向转动时, 小物体从 A 端运动到 B 端的时间为多少? (已知  $\sin 37^\circ = 0.6$ ,  $\cos 37^\circ = 0.8$ , 取  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

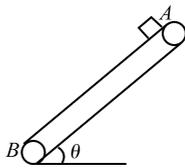


图 2-3-4

**解析** 轮子顺时针方向转动时, 带动皮带绕轮顺时针方向转动, 因此皮带作用于小物体的摩擦力沿皮带向上, 物体的受力情况如图 2-3-5 所示. 小物体沿皮带下滑的加速度为

$$\begin{aligned} a &= (mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta) / m \\ &= g(\sin \theta - \mu \cos \theta) \\ &= 10 \times (0.6 - 0.5 \times 0.8) \text{ m/s}^2 \\ &= 2 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

小物体从 A 端运动到 B 端的时间  $t$  为:

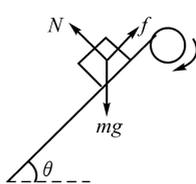


图 2-3-5

难点阐释



$$t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \times 16}{2}} \text{ s} = 4 \text{ s}.$$

【技巧点拨】 本题求解的关键是根据相对运动方向正确判断摩擦力的方向. 在此类题目中, 物体的运动可能有以下两种情形: 一是全过程中始终处于匀加速运动状态; 二是先经过一段匀加速运动后, 再做匀速直线运动.

【互动研习 1】 轮子逆时针方向转动时, 该题又如何解答?

题型五 牛顿定律与图象问题的综合

规律方法 物理图象是形象描述物理过程和物理规律的有力工具, 也是解决物理问题的一种手段. 对于力与运动关系的定性分析问题和多过程的复杂问题, 若采用  $v-t$  图象, 建立清晰的物理情境, 不仅能把物理问题化难为易, 而且可以拓宽研究物理问题的思路和方法.

【调研 5】 (06 潍坊模拟) 电梯地板上有一个质量为 200 kg 的物体, 它对地板的压力随时间变化的图象如图 2-3-6 所示. 则电梯从静止开始向上运动, 在 7 s 内上升的高度为多少?

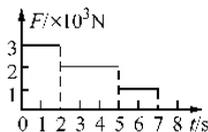


图 2-3-6

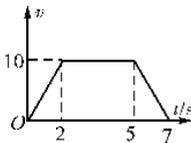


图 2-3-7

解析 由物体的受力情况不难画出物体运动的  $v-t$  图象如图 2-3-7 所示, 则在  $v-t$  图象上, 物体的位移等于面积之和, 所以物体上升的高度  $h = \frac{1}{2} \times (7+3) \times 10 = 50 \text{ m}$ .

【技巧点拨】 以物体为研究对象, 在运动过程中只可能受到两个力的作用: 重力  $mg = 2000 \text{ N}$ , 地板支持力  $F$ . 在  $0 \sim 2 \text{ s}$  内,  $F > mg$ , 电梯加速上升, 在  $2 \sim 5 \text{ s}$  内,  $F = mg$ , 电梯匀速上升, 在  $5 \sim 7 \text{ s}$  内,  $F < mg$ , 电梯减速上升. 从图象上获取信息, 分析问题, 是一种较高能力要求, 在近年高考中有所侧重, 应引起足够重视.

【调研 6】 一宇宙空间探测器从某一星球的表面垂直升空, 假设探测器的质量恒为  $1500 \text{ kg}$ , 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 2-3-8 表示其速度随时间的变化规律.

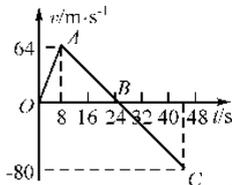


图 2-3-8

(1) 升高后  $8 \text{ s}$ ,  $24 \text{ s}$ ,  $44 \text{ s}$ , 即在图象上 A、B、C 三点探测器的运动情况如何?

- (2) 求探测器在该行星表面达到的最大高度;
- (3) 计算该行星表面的重力加速度;

(4) 假设行星表面没有空气, 计算发动机的推动力;

(5) 事实上尽管发动机推动力不变, 但由于燃料的消耗, 探测器质量是变化的. 在原坐标图上再画一条图线(草图)说明在此情况下速度是如何随时间变化的. 在草图上标出与前面 A、B、C 三点相应点的位置.

**解析** (1) 升空后探测器做初速度为零的匀加速直线运动, 8 s 末发动机关闭, 此时速度最大, 此后做匀减速直线运动, 24 s 末速度减为零, 此时探测器离行星表面最高; 再后探测器返回, 做自由落体运动, 44 s 末落地, 速度为 80 m/s.

(2) 由(1)可知 24 s 末探测器距行星表面最高, 据运动图象可得  $h_m = \frac{1}{2} \times 24 \times 64 = 768 \text{ m}$ .

(3) 由 8 s ~ 44 s 计算图线的斜率可得该行星表面的重力加速度  $g = 4 \text{ m/s}^2$ .

(4) 对 0 ~ 8 s 过程中运用牛顿第二定律可得如下方程:

$$F - mg = ma \quad \text{而} \quad a = \frac{64}{8} = 8 \text{ m/s}^2$$

故  $F = m(g + a) = 1\,500(4 + 8) = 1.8 \times 10^4 \text{ N}$ .

(5) 由于燃料的消耗, 探测器质量变小, 故加速阶段的加速度  $a = \frac{F - mg}{m} = \frac{F}{m} - g$  不断增大. 而当关闭发动机后, 探测

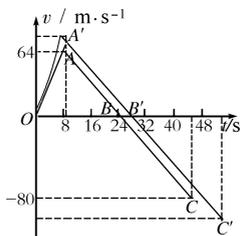


图 2-3-9

器的质量不再变化, 仅受重力作用, 加速度不变, 其速度图象和与 A、B、C 三点相应的位置如图 2-3-9 及图中的 A'、B'、C' 所示.

**【知识深化】** 利用图象分析问题, 应注意的几点: ①要确认该图象横、纵坐标各代表的物理量及其单位; ②明确该图象的物理意义; ③然后要明确图象中的斜率、截距、交点、折点、面积的物理意义等; ④再将题目中的物理情境与图象结合起来分析, 依照遵循的物理规律或公式, 列式求解或作出正确判断.

题型六 牛顿定律处理力和运动的动态分析

**规律方法** 力和运动的动态分析是动力学解题的关键, 特别是对物体进行受力分析和运动情境的建立, 更值得同学们重视.

**【调研 7】** 如图 2-3-10 所示, 水平传递带 AB = 5 m, 以  $v = 4 \text{ m/s}$  匀速运动, 小物体与皮带间的动摩擦因数  $\mu = 0.2$ .

(1) 将小物体轻轻放于 A 点, 求物体从 A 点沿传递带到 B 点所需时间;

(2) 若小物体以水平向右初速度 4.4 m/s 冲上 A 点, 求物体从 A 点运动到 B 点所需时间;

(3) 若小物体以水平向左初速度 3 m/s 冲上 B 点, 它能否被传到 A 点? 若能, 求从 B 到 A 的时间. 若不能, 它能否返回 B 点? 若能, 求它返回 B 点的时间;

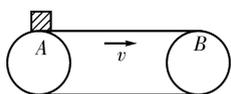


图 2-3-10



(4) 若小物体以水平向左速度  $v_0 = 4.4 \text{ m/s}$  冲上  $B$  点呢?

解析 (1) 物体受滑动摩擦力向右, 物体向右加速, 其加速度  $a = \mu g = 2 \text{ m/s}^2$ , 设经  $t_1$  的时间加速到与皮带等速, 则  $t_1 = \frac{v}{a} = 2 \text{ s}$ , 滑动摩擦力消失, 此时位移  $s_1 = \frac{v^2}{2a} = 4 \text{ m}$ . 剩下  $s_2 = 5 - 4 = 1 \text{ m}$ , 物体做匀速运动, 设又经  $t_2$  到达  $B$  点, 则  $t_2 = \frac{s_2}{v} = 0.25 \text{ s}$

总时间  $t = t_1 + t_2 = 2.25 \text{ s}$ .

(2) 因为  $v_0 = 4.4 \text{ m/s} > 4 \text{ m/s}$ , 所以物体受的滑动摩擦力向左, 物体减速, 经  $t_1$  减速到与皮带等速时, 滑动摩擦力消失,  $t_1 = \frac{v_0 - v}{a} = 0.2 \text{ s}$  (其加速度仍为  $a = \mu g = 2 \text{ m/s}^2$ ), 此时位移为  $s_1 = \frac{v_0^2 - v^2}{2a} = 0.84 \text{ m}$ . 剩下  $4.16 \text{ m}$  物体匀速运动, 到达  $B$  所用时间  $t_2$  为  $1.04 \text{ s}$ , 所以总时间为  $t = t_1 + t_2 = 1.24 \text{ s}$ .

(3)  $v_0 = 3 \text{ m/s}$ , 物体受滑动摩擦力向右, 物体减速, 加速度仍为  $a = 2 \text{ m/s}^2$ . 设它减速到零时的最大位移是  $s_m$ , 则  $s_m = \frac{v_0^2}{2a} = 2.25 \text{ m} < 5 \text{ m}$ , 所以未到  $A$  点就返回向右匀加速运动, 其加速度为  $a = 2 \text{ m/s}^2$ , 所以回到  $B$  点速度大小仍为  $3 \text{ m/s}$ . 总时间  $t = \frac{2v_0}{a} = 3 \text{ s}$ .

(4) 同(3)分析, 物体向左的最大位移  $s_m = \frac{v_0^2}{2a} = 4.84 \text{ m}$ , 所以未到  $A$  就返回向右加速运动, 当速度达到  $4 \text{ m/s}$  (与皮带等速) 后匀速运动, 直到抵达  $B$  点. 物体匀变速运动的时间  $t_1 = \frac{v - (-v_0)}{a} = 4.2 \text{ s}$

匀变速运动的位移  $s' = \frac{v_0^2 - (-v)^2}{2a} = 0.84 \text{ m}$

匀速运动时间  $t_2 = \frac{0.84}{4} = 0.21 \text{ s}$

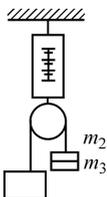
所以总时间  $t = t_1 + t_2 = 4.41 \text{ s}$ .

【知识深化】 正确进行受力分析, 注意摩擦力的方向与两接触物体的运动速度有关, 所以在分析物体运动时, 随时注意摩擦力方向是否改变, 摩擦力是否为零. 物体运动是由合外力和初始状态 (主要是初速度) 决定. 当合外力与初速度同向, 物体做加速运动; 当合外力与初速度反向, 物体做减速运动. 正确分析出物体运动性质后, 即可用相应的运动方程求解.

#### 题型七 用超重和失重的观点解题

规律方法 (1) 在近地面处, 如果物体向上加速或向下减速运动, 物体具有向上的加速度或向上的加速度分量  $a_{\uparrow}$ , 则物体处于超重状态, 物体的“视重”  $G' = m(g + a_{\uparrow})$ ; (2) 如果物体向下加速或向上减速运动, 物体具有向下的加速度或向下的加速度分量  $a_{\downarrow}$ , 则物体处于失重状态, 物体的“视重”  $G' = m(g - a_{\downarrow})$ .

【调研 8】如图 2-3-11 所示,滑轮的质量不计,已知三个物体的质量关系是: $m_1 = m_2 + m_3$ ,这时弹簧秤的读数为  $T$ .若把物体  $m_2$  从右边移到左边的物体  $m_1$  上,弹簧秤的读数  $T$  将

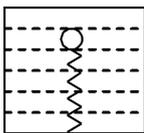


- A. 增大  
B. 减小  
C. 不变  
D. 无法判断

解析 (1)若仅需定性讨论弹簧秤读数  $T$  的变化情况,则当  $m_2$  从右边移到左边后,左边的物体加速下降,右边的物体以大小相同的加速度加速上升,由于  $m_1 + m_2 > m_3$ ,故系统的重心加速下降,系统处于失重状态,因此  $T < (m_1 + m_2 + m_3)g$ .而  $m_2$  移至  $m_1$  上后,由于左边物体  $m_1$ 、 $m_2$  加速下降而失重,因此跨过滑轮的连线张力  $T_0 < (m_1 + m_2)g$ ;由于右边物体  $m_3$  加速上升而超重,因此跨过滑轮的连线张力  $T_0 > m_3g$ .(2)若需定量计算弹簧秤的读数,则将  $m_1$ 、 $m_2$ 、 $m_3$  三个物体组成的连接体使用隔离法,求出其间的相互作用力  $T_0$ ,而弹簧秤读数  $T = 2T_0$ ,即可求解.就本题应选 B.

【知识深化】对体系而言,如果整体的一部分处于超重或失重状态,则整体就处于超重或失重状态.设处于超重或失重部分物体的质量为  $m$ ,在竖直方向上的加速度或加速度分量为  $a$ ,其余部分的质量为  $M$ ,则整体的视重  $G' = Mg + m(g \pm a)$ ,整体处于超重时,取“+”号,整体处于失重时取“-”号.

【调研 9】(06 课改区检测)如图 2-3-12 所示,小球的密度小于水的密度,球固定在弹簧的上端,弹簧的下端固定于杯底,它们完全没在水中.当装置静止时,弹簧的伸长量为  $\Delta x$ ,当整个装置自由下落时,弹簧的伸长量将



- A. 仍为  $\Delta x$   
B. 小于  $\Delta x$   
C. 大于  $\Delta x$   
D. 等于零

解析 当整个装置自由下落时,球、水都处于完全失重状态,水对球的浮力为零,所以  $\Delta x = 0$ ,弹簧恢复到原长,故答案应选 D.

【知识深化】当物体竖直向下的加速度或向下的加速度分量等于  $g$ ,物体处于完全失重状态,物体对支持物的压力(对悬线的拉力)都将变为零.单摆停止摆动、浮力消失、液体不再产生压强、与重力有关的测量仪器都不能使用,但物体的重力仍不会改变.

强化闯关

1. (T1 强化)如图 2-3-13 所示, $m$  和  $M$  保持相对静止,一起沿倾角为  $\theta$  的光滑斜面下滑,则  $M$  和  $m$  间的摩擦力大小是多少?

2. (T2 强化)如图 2-3-14 所示,在光滑的水平面上,质量分别为  $m_1$  和  $m_2$  的木块 A 和 B 之间用轻弹簧相连,在拉力  $F$  作用下,以加

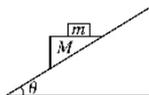


图 2-3-13

难点  
阐释



速度  $a$  做匀加速直线运动,某时刻突然撤去拉力  $F$ ,此瞬时  $A$  和  $B$  的加速度分别为多少?



图 2-3-14

3. (T3 强化) 如图 2-3-15 所示,水平木板上有高为  $h$  的台阶,圆柱体半径为  $5h$ ,现给木块以水平方向的加速度  $a$ ,当  $a$  为多大时,圆柱体恰好对水平木板无压力(一切摩擦不计).

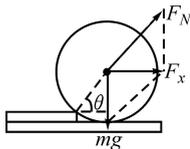


图 2-3-15

4. (T4 强化) 如图 2-3-16 所示,物块随传送带一起向下以加速度  $a$  做匀加速运动,则下列说法中正确的是

- ①物块受到的支持力的方向一定垂直皮带指向物体
- ②物块受到的静摩擦力的方向一定沿皮带斜向下
- ③物块受到的静摩擦力的大小可能等于  $mg\sin\alpha$
- ④物块受到的重力和摩擦力合力方向一定沿斜面方向

- A. ①②
- B. ①③
- C. ②④
- D. ③④

5. (T5 强化) 在光滑水平地面上有一质量为  $1\text{ kg}$  的木块,原来静止于  $O$  点.现用大小为  $1\text{ N}$  的水平向东的恒力  $F_1$  推它,经过  $2\text{ s}$  后换成大小仍为  $1\text{ N}$ ,而方向水平向北的水平恒力  $F_2$  推它,再经  $2\text{ s}$  后,换成另一恒力,使木块在此力作用下又经  $2\text{ s}$  后速度变为零.求此力的方向及速度为零的位置.

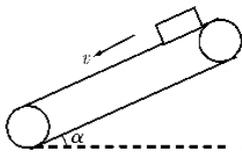


图 2-3-16

6. (T6 强化) 如图 2-3-17 所示,将质量为  $10\text{ kg}$  的球挂在倾角  $\theta = 30^\circ$  的光滑斜面上,求:

- (1)斜面的加速度至少多大时,球对斜面压力为零?
- (2)当斜面以大小为  $\frac{1}{3}g$ ,方向如图所示的加速度  $a$  运动时,

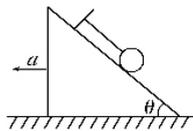


图 2-3-17

绳的张力和斜面对球的支持力各多大? ( $g = 9.8\text{ m/s}^2$ )

7. (T7 强化) 如图 2-3-18 所示,在水平面上静止一个装水的容器中漂浮着一个木块,当容器竖直向上加速运动时,木块将

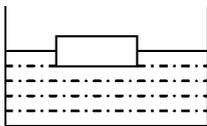


图 2-3-18

- A. 上浮一些
- B. 下沉一些
- C. 无法判断
- D. 即不上浮也不下沉

### 【参考答案】

互动研习答案提示:

1. 小物体沿皮带下滑的加速度为:  $a_1 = g(\sin\theta + \mu\cos\theta)/m = 10\text{ m/s}^2$

小物体加速到皮带运行速度  $v = 10\text{ m/s}$  的时间为:  $t_1 = \frac{v}{a_1} = \frac{10}{10}\text{ s} = 1\text{ s}$

在这段时间内,小物体沿皮带下滑的距离为:  $s_1 = \frac{1}{2}a_1t_1^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 1^2\text{ m} = 5\text{ m}$

此后,小物体沿皮带继续加速下滑时,它相对于皮带的运动方向向下,因此皮带对小物体的摩擦力沿皮带向上,其加速度变为: $a_2 = g(\sin \theta - \mu \cos \theta) = 2 \text{ m/s}^2$   
 它从该位置起运动到  $B$  端的位移为: $(s - s_1) = 16 \text{ m} - 5 \text{ m} = 11 \text{ m}$

由  $s - s_1 = vt_2 + \frac{1}{2}a_2t_2^2$  得: $11 = 10t_2 + t_2^2$ , 解得:  $t_2 = 1 \text{ s}$

所以,小物体从  $A$  端运动到  $B$  端的时间为: $t = t_1 + t_2 = 2 \text{ s}$ .

强化闯关参考答案:

1. 因为  $m$  和  $M$  保持相对静止,所以可以将  $(m + M)$  整体视为研究对象. 受力如图 2-3-19, 根据牛顿第二定律列方程

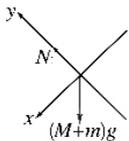


图 2-3-19

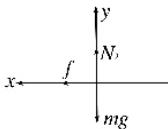


图 2-3-20

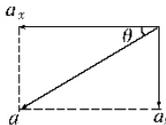


图 2-3-21

$$(M + m)g \sin \theta = (M + m)a \quad \text{①}$$

解得  $a = g \sin \theta$ , 沿斜面向下

因为要求  $m$  和  $M$  间的相互作用力,再以  $m$  为研究对象,受力如图 2-3-20, 根据牛顿第二定律列方程  $f = ma_x$  ②

因为  $m$ 、 $M$  的加速度是沿斜面方向,需将其分解为水平方向和竖直方向的加速度分量,如图 2-3-21 所示,有  $a_x = a \cos \theta$  ③

由式②③解得  $f = mg \sin \theta \cdot \cos \theta$ , 方向沿水平方向向左,  $m$  受向左的摩擦力,  $M$  受向右的摩擦力.

2. 首先研究整体, 求出拉力  $F$  的大小,  $F = (m_1 + m_2)a$ . 突然撤去  $F$ , 以  $A$  为研究对象, 由于弹簧在短时间内弹力不会发生突变, 所以  $A$  受力不变, 其加速  $a_1 = a$ ; 以  $B$  为研究对象, 在没有撤去  $F$  时刻有:  $F - F' = m_2a$ , 而  $F = (m_1 + m_2)a$ , 所以  $F' = m_1a$  撤去

$$F, \text{ 则有 } -F' = m_2a_2, \text{ 所以 } a_2 = -\frac{m_1}{m_2}a.$$

3. 圆柱体对水平木板没压力是一种临界状态, 而临界条件是水平木板对圆柱的支持力  $F_N = 0$ , 以圆柱体为研究对象, 其只受重力和台阶尖角的作用力. 如题图所示, 由几何关系可知  $\sin \theta = \frac{5h - h}{5h} = \frac{4}{5}$ , 则  $\cos \theta = \frac{3}{5}$

$$F_x = mg \cot \theta = ma, \text{ 所以 } a = g \cot \theta = \frac{3}{4}g.$$

4. B 由所学知识很容易判断出选项①正确; 设物块所受的摩擦力为  $f$ , 沿斜面方向运用牛顿第二定律, 即  $mg \sin \alpha + f = ma$ , 由此式不难看出: 设沿斜面向下的方向为正方向, 当  $a = g \sin \alpha$  时,  $f = 0$ ; 当  $a < g \sin \alpha$  时,  $f$  沿斜面向下; 当  $a > g \sin \alpha$  时,  $f$  沿



斜面向上,摩擦力  $f$  的大小随  $a$  大小的变化而变化。

5. 物块在第 1 个 2 s 向东做初速度为零的匀加速直线运动,由牛顿第二定律得加速度

$$a = \frac{F}{m} = 1 \text{ m/s}^2, 2 \text{ s 末速度为 } v_{\text{东}} = at = 2 \text{ m/s}, \text{方向沿正东方向}; \text{第二个 } 2 \text{ s 内物块}$$

向北做初速度为零的匀加速直线运动,且末速度大小为  $v_{\text{北}} = 2 \text{ m/s}$ ,沿正东方向第二个 2 s 内做匀速直线运动. 以向东为  $x$  轴,向北为  $y$  轴作  $x$ 、 $y$  轴方向的速度图象,如图 2-3-22、2-3-23 所示. 因 6 s 末物块速度为零,故第 3 个 2 s 内  $x$ 、 $y$  轴方向的速度图象必须都与时间轴相交,如图所示,其图形分别为等腰梯形和等腰三角形. 故离  $O$  点的距离

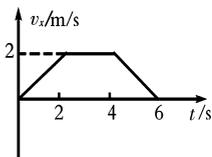


图 2-3-22

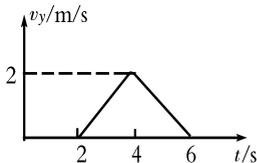


图 2-3-23

$$s_x = \frac{1}{2} \times (6+2) \times 2 = 8 \text{ m}$$

$$s_y = \frac{1}{2} \times 4 \times 2 = 4 \text{ m} \quad s = \sqrt{s_x^2 + s_y^2} = \sqrt{4^2 + 8^2} = 4\sqrt{5} \text{ m}$$

由题意可知,最后 2 s 所加力在  $x$ 、 $y$  轴方向产生的加速度与前面加速度大小相等,方向相反,根据矢量合成平行四边形法则,可得  $F$  与  $x$  轴正方向的夹角为  $225^\circ$ ,即与正东方向成  $225^\circ$  夹角。

6. 对球受力分析,其受重力  $mg$  和绳张力  $F$  与斜面支持力  $F_N$  的作用,随斜面一起向左加速运动,加速度越大,  $F_N$  越小,当  $a$  达到某一值时,  $F_N$  刚好为零,这时的加速度为一临界值,当斜面的加速度大于这个值时,球将离开斜面,绳不再与斜面平行. 小于这个值,球压在斜面上,可根据球的受力分析及运动状态来求绳的张力及斜面支持力。

(1) 对小球受力分析,如图 2-2-24 所示

$$\text{则有 } F \cos \theta - F_N \sin \theta = ma \quad \textcircled{1}$$

$$F \sin \theta + F_N \cos \theta - mg = 0 \quad \textcircled{2}$$

$$\text{由 } \textcircled{1}\textcircled{2} \text{ 可以求出 } F = m(\cos \theta + g \sin \theta) \quad \textcircled{3}$$

$$F_N = m(g \cos \theta - a \sin \theta) \quad \textcircled{4}$$

从④中可以看出,当  $a = g \cot \theta$  时,  $F_N = 0$

欲使斜面压力为零,加速度至少是  $a_0 = g \cot \theta = 17.0 \text{ m/s}^2$

(2) 由③式可得  $F = m(\cos \theta + g \sin \theta) = 78.9 \text{ N}$

由④式可得  $F_N = m(g \cos \theta - a \sin \theta) = 69.9 \text{ N}$

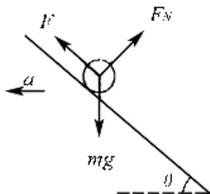


图 2-3-24

7. D 很多同学在解答该题时认为,当容器向上加速时,水处于超重状态,木块排开那部分水的“重力”变大,即木块受到的浮力变大,故错选 A. 其实,当升降机竖直向上加速时,不仅水处于超重状态,木块也同样处于超重状态,根据重力等效法可知,木块、水的重力加速度都等效为  $g' = g + a$ ,即仍有浮力  $F'$  等于重力(视重)  $G'$ . 可见当液体竖直向上做匀加速运动时,木块浸入水中的深度不变,木块并不是上浮一些,但注意,此时  $F_{\text{浮}} \neq \rho_{\text{水}} V_{\text{排}} g$ ,而应为  $F_{\text{浮}} = \rho_{\text{水}} V_{\text{排}} (g + a)$ . 同理,当木块竖直向下做匀加速运动时,  $F_{\text{浮}} = \rho_{\text{水}} V_{\text{排}} (g - a)$ .





## 视野开拓

### 视点 1 STS 问题



#### 视点导读

##### 一、高考要求:

STS 问题的题干以日常生活、生产及现代科技中的某个事件、问题为情境提供一些信息,让考生通过阅读、理解、思考和分析从中筛选出相关信息,把实际问题抽象为物理过程,建立物理模型,然后应用题干中的相关信息去解决问题.是考查学生理解能力、分析能力与灵活运用知识解决实际问题能力的好题型.信息的载体多样化,可以是文字、公式、图象、表格和函数图象等.这类题要求学生首先要读懂题目的材料,并从中挖掘出所需的有用信息,理解命题的意图,接着更为重要的是要运用已有的知识,结合题中提供的信息,灵活机动地进行知识的演绎归纳、综合分析、迁移变化,最后准确地作答.

##### 二、应对策略:

##### 1. 解此类题的一般方法:

- (1) 认真阅读题目,提炼有用信息.
- (2) 运用已有物理知识对有用信息抽象并简化为物理过程.
- (3) 综合分析建立物理模型,运用物理模型确定解题方法.



#### 典例调研

##### 题型一 交通类问题

**规律方法** 从最基本的概念、规律和方法出发考虑这类问题,必要时画示意图,而且要选择好的角度,这可以大大降低思考的难度,尤其对于涉及对象较多或空间想象能力要求较高的题目.

【调研 1】为了打击贩毒,我边防民警在各交通要道上布下了天罗地网.某日,一辆运毒汽车高速驶进某检查站,警方示意停车,毒贩见势不妙,高速闯卡.由于原来车速已很高,发动机早已工作在最大功率状态,此车闯卡后在平直公路上的运动可近似看作匀速直线运动,它的位移可用  $s_1 = 40t$  来描述.运毒车过卡的同时,原来停在旁



边的大功率警车立即启动追赶. 警车从起动到追上运毒车的运动可看作匀加速直线运动, 其位移可用  $s_2 = 2t^2$  来描述, 在追赶过程中, 哪一时刻警车与运毒车的距离最远? 相距多远?

**解析** 由题可知, 运毒车的速度为  $40 \text{ m/s}$ , 由于开始时运毒车的速度大于警车车速, 故两车有相对运动, 它们之间的距离加大, 当两车的速度相等时, 瞬间没有相对运动, 此时两车的距离最大, 之后警车的速度大于运毒车的速度, 两车的距离又减小. 设运毒车的速度为  $v_1$ , 警车的速度为  $v_2$ , 当经时间  $t'$  时  $v_1 = v_2$ , 此时两车距离检查站的位移分别为  $s_1$ 、 $s_2$ ,  $\Delta s$  为两车间的最大距离. 由  $s_2 = 2t^2$  知警车的加速度为  $4 \text{ m/s}^2$ . 根据  $v_1 = v_2$  知  $40 = at'$ , 得  $t' = 10 \text{ s}$ , 所以  $\Delta s = s_1 - s_2 = 200 \text{ m}$ .

当然也可直接讨论函数  $\Delta s = s_1 - s_2 = 40t - 2t^2$ , 当  $t = 10 \text{ s}$  时有极大值  $\Delta s = 200 \text{ m}$ .

**【技巧点拨】** 在讨论两个物体的运动时, 如果涉及到相距最近或相距最远等问题, 利用讨论极值的方法分析, 解题会显得轻车熟路, 易如反掌.

### 题型二 建筑类问题

**规律方法** 解答此类问题的关键是分清物体的状态, 并正确地对物体进行受力分析, 合理地建立坐标系, 列方程解题.

**【调研 2】** 在建筑工地上, 有六人一起打夯, 其中四个人牵绳, 绳跟竖直方向成  $60^\circ$  角, 扶夯的两人用力方向竖直向上.

(1) 设每人用力  $F$  均为  $300 \text{ N}$ , 每次用力时间为  $0.2 \text{ s}$ , 夯重  $400 \text{ N}$ , 求夯上升的高度;

(2) 设夯落地时跟地面接触的时间为  $0.1 \text{ s}$ , 求夯每次打击地面所受到的平均作用力. ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ , 不计空气阻力)

**解析** (1) 夯加速上升时的加速度为  $a_1$ , 由牛顿第二定律得

$$2F + 4F \cos 60^\circ - mg = ma_1$$

$$a_1 = \frac{4F - mg}{m} = \frac{4 \times 300 - 400}{40} \text{ m/s}^2 = 20 \text{ m/s}^2$$

$$\text{加速上升的高度为 } h_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = \frac{1}{2} \times 20 \times 0.2^2 \text{ m} = 0.4 \text{ m}$$

$$\text{速度为 } v_1 = a_1 t_1 = 20 \times 0.2 \text{ m/s} = 4 \text{ m/s}$$

$$\text{夯减速上升的高度为 } h_2 = \frac{v_1^2}{2g} = \frac{16}{2 \times 10} \text{ m} = 0.8 \text{ m}$$

$$\text{夯上升的高度为 } H = h_1 + h_2 = 1.2 \text{ m}.$$

(2) 夯从最高点落到地面时的速度为

$$v_2 = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \times 10 \times 1.2} \text{ m/s} = 2\sqrt{6} \text{ m/s}$$

夯打击地面时, 夯的加速度大小为

$$a_2 = \frac{\Delta v}{\Delta T} = \frac{2\sqrt{6}}{0.1} \text{ m/s}^2 = 20\sqrt{6} \text{ m/s}^2$$



Http://www.tesoon.com

对夯,由牛顿第二定律得  $F - mg = ma$

夯打击地面时所受的平均作用力为

$$F = m(g + a) = 40 \times (10 + 20\sqrt{6}) \text{ N} = 2\ 360 \text{ N}.$$

**【技巧点拨】** 对于夯的受力分析要搞清楚,求出夯的合力;对于夯的整个运动过程一定要弄明白,夯上升的过程是一个先匀加速后竖直上抛的过程。

### 题型三 体育类问题

**规律方法** 联系体育运动的实际问题,要分析实际运动员的空间、时间特征.力学问题总与时间和空间有关,这类问题也不例外,因此从空间上,要关注场景的细节,正确把握力的特征;从时间上,要分析实际现象如何一步一步演变,把这个演变的过程和典型的物理过程相对照,寻求转化。

**【调研3】** (06长沙高三调研)滑雪是冬天的一项极具刺激性的体育运动.如图3-1-1(甲)所示,滑雪者踏着雪橇(它们的总质量为75 kg)在倾角  $\theta = 37^\circ$  的斜面上向下滑动,在运动过程中受到的空气阻力与速度成正比.现测得雪橇运动的  $v-t$  图象如图3-1-1(乙)所示,图中的  $AB$  直线是曲线的切线,  $B$  点坐标为  $(4, 15)$ ,  $CD$  是曲线的渐近线.试求:

- (1)雪橇开始做什么运动,最后做什么样的运动?
- (2)当雪橇的速度为  $5 \text{ m/s}$  时,它的加速度为多大?
- (3)空气的阻力系数  $k$  和雪橇与斜坡间的动摩擦因数  $\mu$ . ( $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$ ,  $\sin 37^\circ = 0.6$ )

**解析** (1)由图象可以知道,雪橇开始做加速度逐渐减小的加速运动,最后做匀速直线运动。

(2)当雪橇的速度为  $5 \text{ m/s}$  时,雪橇的加速度等于  $AB$  线的斜率即

$$a = \frac{15-5}{4-0} \text{ m/s}^2 = 2.5 \text{ m/s}^2.$$

(3)当雪橇的速度为  $5 \text{ m/s}$  时,由牛顿第二定律得:

$$mgsin 37^\circ - \mu mg \cos 37^\circ - kv = ma$$

当匀速时,  $v' = 10 \text{ m/s}$

$$\text{即 } mgsin 37^\circ = \mu mg \cos 37^\circ + kv'$$

联立上几式解得  $k = 37.5, \mu = 0.125$ .

**【技巧点拨】** 本题的运动情况是由图象提供的,要明确图象的特征、交点及切线的物理意义,以便准确把握物体的运动情况和受力情况之间的关系。

**【调研4】** 如图3-1-2所示为一攀崖运动员,正在竖直崖壁上攀登,由于身背很重的行装,重心上移至肩部的  $O$  点,总质量为  $75 \text{ kg}$ .此时手臂与身体垂直.手臂与崖壁夹角为  $60^\circ$ ,求此时手受到的拉力和脚受到的作用力.(设手受到的拉力和脚受到的作用力均通过重心  $O$ ,  $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$ )

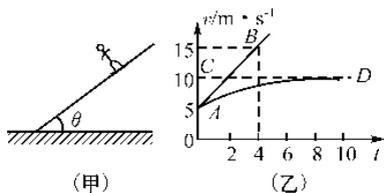


图3-1-1

解析 以人为研究对象,对人受力分析如图3-1-3所示

由受力平衡得

$$F_x = 0, \text{即 } F_{\text{手}} \sin 60^\circ - F_{\text{脚}} \sin 30^\circ = 0$$

$$F_y = 0, \text{即 } F_{\text{手}} \sin 30^\circ + F_{\text{脚}} \sin 60^\circ = G$$

$$\text{联立解得 } F_{\text{手}} = 375 \text{ N}, F_{\text{脚}} = 375 \sqrt{3} \text{ N.}$$

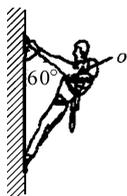


图3-1-2

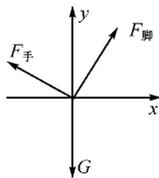


图3-1-3

【技巧点拨】 本题以运动员攀岩为载体,考查了同学们对受力和简单的正交分解的掌握情况,在此题的解答过程中,正确地判断弹力的方向是解答该题的关键。

#### 题型四 科技类问题

规律方法 这类问题必要时应提出疑问,并探求结果的意义。面对题目给出的实际现象,应能抓住现象的本质特征,分析原因、原因的原因……,抓住了这串因果链,实际上就是找到了解题思路,向物理问题的转化也就自然实现了。

【调研5】 (06南昌高三调研)某科研火箭从一无大气层的行星的一个极竖直向上发射,由火箭传来的无线电信息表明:在火箭发射的一段时间 $t$ 内(火箭喷气过程),火箭上所有物体对支持物的压力或对其悬挂装置的拉力是火箭发射前的1.8倍,除此之外,在落回行星表面前的所有时间内,火箭里的物体处于失重状态,问从火箭发射到落回行星表面经过多少时间?行星引力大小随距行星表面高度的变化可忽略不计。

解析 设行星表面的重力加速度为 $g'$ ,则时间 $t$ 内火箭以恒定加速度 $a = 0.8g'$ 做匀加速运动,上升的高度和达到的速度分别为

$$h = \frac{1}{2}at^2 = 0.4g't^2, v_0 = 0.8g't$$

以后火箭做初速度为 $v_0$ 的竖直上抛运动,落到行星表面的时间为 $t'$

$$-h = v_0t' - \frac{1}{2}g't'^2, \text{得 } t' = 2t$$

故火箭从发射到落回行星表面所需要的总时间 $t_{\text{总}} = t' + t = 3t$ 。

【技巧点拨】 火箭的运行分为匀加速上升和竖直上抛运动两个阶段,匀加速上升阶段,因为物体处于超重状态,应用牛顿第二定律可以求出加速度,并运用运动学的相关知识求出加速上升的距离。从竖直上抛到落到地面的整个过程是匀减速运动,应用了统一的公式 $h = v_0t - \frac{1}{2}gt^2$ 。

#### 题型五 生活类问题

规律方法 物理知识的应用在我们的生活中无处不在,细心地观察和总结,小小的生活用品中蕴含着大的物理知识。

【调研6】 生活中的物理知识无处不在,如图3-1-4是我们衣服上的拉链的一部分,在把拉链拉开的时候,我们可以看到有一个三角形的东西在两链中间运动,



使很难直接分开的拉链很容易地拉开,关于其中的物理原理以下说法正确的是

- A. 在拉开拉链的时候,三角形的物体增大了分开拉链的力  
 B. 拉开拉链的时候,三角形的物体只是为了将拉链分开并没有增大拉力  
 C. 拉开拉链时,三角形的物体增大了分开拉链的力,但合上拉链时减小了合上的力  
 D. 以上说法都不正确



图 3-1-4

解析 在拉开拉链的时候,三角形的物体在两链间和拉链一起运动. 手的拉力在三角形的物体上产生了两个分力,如图 3-1-5 所示,分力大于手的拉力,所以很难直接分开的拉链很容易被三角形物体分开. 因此答案为 A.

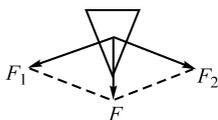


图 3-1-5

【技巧点拨】 此题结合生活的实际问题考查了力的分解,以生活中的拉链为载体,考查了分力和合力大小关系的问题.

#### 题型六 生产类问题

规律方法 弄清产品或生产器械的受力情况、运动过程,正确地受力分析,建立相关的力的方程或运动的方程解题.

【调研 7】 有一种机械装置,叫做“滚珠式力放大器”,其原理如图 3-1-6 所示,斜面 A 可以在水平面上滑动,斜面 B 以及物块 C 都是被固定的,它们均由钢材制成,钢珠 D 置于 A、B、C 之间,当用水平力 F 推斜面 A 时,钢珠 D 对物块 C 的挤压力  $F'$  就会大于 F,故称为“滚珠式力放大器”. 如果斜面 A、B 的倾角分别为  $\alpha$ 、 $\beta$ , 不计一切摩擦力以及钢珠自身的重力,求这一装置的力放大倍数(即  $F'$  与 F 之比).

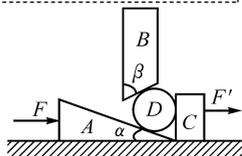


图 3-1-6

解析 以斜面 A 为研究对象,受力如图 3-1-7 所示,则 A、D 之间的弹力为

$$F'_A = F_A = \frac{F}{\sin \alpha} \quad (1)$$

以钢珠 D 为研究对象,受力如图 3-1-8, 则

$$F'' = F_A \sin \alpha + F_B \cos \beta \quad (2)$$

$$F_A \cos \alpha = F_B \sin \beta \quad (3)$$

$$\text{将①代入②} \quad F'' = F + F_B \cos \beta \quad (4)$$

$$\text{将①代入③} \quad F \cot \alpha = F_B \sin \beta \quad (5)$$

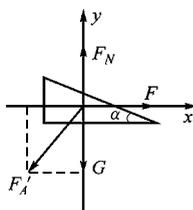


图 3-1-7

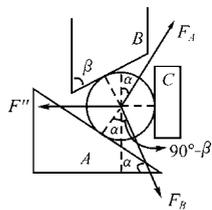


图 3-1-8

由牛顿第三定律知道  $F'' = F'$

由④⑤消掉  $F_B$  可得  $\frac{F'}{F} = 1 + \cot \alpha \cdot \cot \beta$ .

**【技巧点拨】** 该题看起来非常麻烦,其实是一道有关共点力合成的好题.当然该题也可以用共点力的有关推论或正弦定理解答.

### 题型七 传感器类问题

**规律方法** 对于传感器问题,题目中一定会提供一幅图象,如力随时间变化的图象,或是位移随时间变化的图象,或是物体运动的速度随时间变化的图象,所以弄清图象的本质,从中提取有关信息和所学的知识建立联系,就是解答该类问题的关键.

**【调研 8】** 一位蹦床运动员仅在竖直方向上运动,弹簧床对运动员的弹力  $F$  的大小随时间  $t$  的变化规律通过传感器用计算机绘制出来,如图 3-1-9 所示.重力加速度  $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$ ,试结合图象,求运动员在运动过程中的最大加速度.

**解析** 由图象可知,运动员的重力为

$$mg = 500 \text{ N}, \text{ 则运动员质量 } m = 50 \text{ kg}$$

弹簧床对运动员的最大弹力为

$$F_m = 2500 \text{ N}$$

由牛顿第二定律得  $F_m - mg = ma_m$

则运动员的最大加速度为  $a_m = 40 \text{ m/s}^2$ .

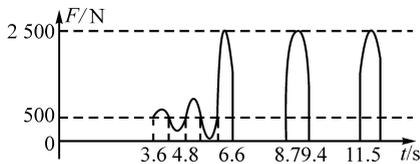


图 3-1-9

**【技巧点拨】** 该题告知的是弹簧床对运动员的弹力随时间变化的图象,由图象可以直接读出弹力,由牛顿第二定律就可以求出物体的最大加速度了.

## 视点集训

1. (T1 强化)某高速公路边交通警示牌有如图 3-1-10 所示标记,其意义是指车辆的\_\_\_\_\_速度不得超过  $90 \text{ km/h}$  (填“瞬时”或“平均”),若车辆驾驶员看到前车刹车也相应刹车的反应时间为  $1 \text{ s}$ ,假设车辆刹车加速度相同,安全距离是两车不相碰所必须保持的距离的 2 倍,则车辆行驶在这条公路上的安全距离为\_\_\_\_\_ m.



图 3-1-10

2. (T2 强化)在建筑装修中,工人用质量为  $5.0 \text{ kg}$  的磨石 A 对地面和斜壁进行打磨,已知磨石 A 与地面和斜壁之间的动摩擦因素  $\mu$  均相同. ( $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$ )

(1) 当 A 受到水平方向  $F_1 = 25 \text{ N}$  的推力打磨地面时, A 恰好在水平地面上做匀速直线运动,求 A 与地面间的动摩擦因素  $\mu$ ;

(2) 若用 A 对倾角  $\theta = 37^\circ$  的斜壁进行打磨(如图 3-1-11),当对 A 加竖直向上推力  $F_2 = 60 \text{ N}$ ,则磨石 A 从静止开始沿斜壁向上运动  $2 \text{ m}$  (斜壁长为  $2 \text{ m}$ ) 所需的时间为多少? ( $\sin 37^\circ = 0.6$ ,  $\cos 37^\circ = 0.8$ )

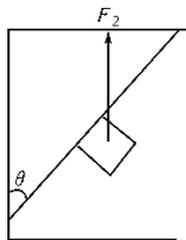


图 3-1-11



3. (T3 强化) (06 黄冈模拟) 如图 3-1-12 所示, A、B 两同学在直跑道上练习  $4 \times 100$  m 接力, 他们在奔跑时有相同的最大速度. B 从静止开始全力奔跑需 25 m 才能达到最大速度, 这一过程可看作匀加速运动, 现在 A 持棒以最大速度向 B 奔来, B 在接力区伺机奋力奔出. 若要求 B 接棒时奔跑达到最大速度的 80%, 则:

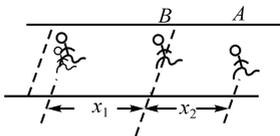


图 3-1-12

(1) B 在接力区需跑出的距离  $x_1$  为多少?

(2) B 应在离 A 的距离  $x_2$  为多少时起跑?

4. (T3 强化) 百米赛跑时运动员的速度从始至终是不变的吗? 如果有变化, 你估计是怎样变化的? 某位运动员的百米赛跑的成绩是 10.57 s, 按照你的估计画出他在这段时间的  $v-t$  图象的草图. 如果是没有受过训练的同学跑百米, 他的  $v-t$  图象的形状可能有什么不同?

5. (T4 强化) 飞机沿水平方向前进时, 升力与飞机的速度大小成正比, 比例系数为  $k$ . 假设飞机起飞过程中获得的牵引力是恒定的, 要想使质量为  $m$  的飞机在长为  $s$  的跑道上完成起飞, 请问飞机的牵引力大小至少为\_\_\_\_\_。(忽略一切运动阻力)

6. (T5 强化) 质量  $m = 30$  kg 的电动自行车, 在  $F = 180$  N 的水平向左的牵引力的作用下, 沿水平面从静止开始运动. 自行车运动中受到的摩擦力  $F' = 150$  N. 在开始运动后的第 5 s 末撤消牵引力  $F$ . 求从开始运动到最后停止, 总共通过的路程.

7. (T5 强化) 一位同学的家住在一座 25 层的高楼内, 他每天乘电梯上楼. 随着所学物理知识的增多, 有一天他突然想到, 能否用所学物理知识较为准确地测出这座楼的高度呢? 在以后的一段时间内他进行了多次实验测量, 步骤如下:

经过多次仔细观察和反复测量, 他发现电梯启动后的运动速度符合如图 3-1-13 所示的规律, 他就根据这一特点在电梯内用台秤、重物和秒表测量这座楼房的高度. 他将台秤放在电梯内, 将重物放在台秤的托盘上, 电梯从第一层开始启动, 经过不间断地运行, 最后停在最高层. 在整个过程中, 他记录了台秤在不同时间

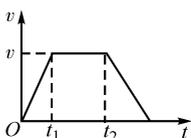


图 3-1-13

段内的示数, 记录的数据如下表所示. 但由于  $0 \sim 3.0$  s 段的时间太短, 他没有来得及将台秤的示数记录下来, 假设在每个时间段内台秤的示数都是稳定的, 重力加速度  $g$  取  $10$  m/s<sup>2</sup>.

时间/s	台秤示数/kg
电梯启动前	5.0
$0 \sim 3.0$	

3.0 ~ 13.0	5.0
13.0 ~ 19.0	4.6
19.0 以后	5.0

(1) 电梯在 0 ~ 3.0 s 时间段内台秤的示数应该是多少?

(2) 根据测量的数据计算该楼房每一层的平均高度.

8. (T6 强化) 汽车启动的快慢和能够达到的最大速度, 是衡量汽车性能指标体系中的两个重要指标. 汽车启动的快慢用车的速度从 0 到 100 km/h 的加速时间来表示, 这个时间越短, 汽车启动时的加速度就越大. 下表中列出了两种汽车的性能指标 (为了简化计算, 把 100 km/h 取为 30 m/s).

现在, 甲、乙两车在同一条平直公路上, 车头向着同一个方向, 乙车在前, 甲车在后, 两车相距 85 m. 甲车先启动, 经过一段时间  $t_0$ , 乙车再启动. 若两车从速度为 0 到最大速度的时间内都以最大加速度做匀加速直线运动, 在乙车开出 8 s 时两车相遇, 则:  $t_0$  应满足的条件是什么? 在此条件下, 两车相遇时甲车行驶的路程是多少?

	启动的快慢/(s) (0 ~ 30 m/s 的加速时间)	最大速度/(m · s <sup>-1</sup> )
甲车	12	40
乙车	6	50

9. (T6 强化) 用金属制成的线材 (如钢丝、钢筋) 受到拉力会伸长. 十七世纪英国物理学家胡克发现: 金属丝或金属杆在弹性限度内它的伸长与拉力成正比, 这就是著名的胡克定律. 这一发现为后人对材料的研究奠定了重要基础. 现有一根用新材料制成的金属杆, 长为 4 m, 横截面积为 0.8 cm<sup>2</sup>, 设计要求它受到拉力后伸长不超过原长的 1/1 000, 问最大拉力多大? 由于这一拉力很大, 杆又较长, 直接测试有困难, 选用同种材料制成样品进行测试, 通过测试取得数据如下:

长度	伸 长 截 面 积	拉 力			
		250 N	500 N	750 N	1 000 N
1 m	0.05 cm <sup>2</sup>	0.04 cm	0.08 cm	0.12 cm	0.16 cm
2 m	0.05 cm <sup>2</sup>	0.08 cm	0.16 cm	0.24 cm	0.32 cm
1 m	0.10 cm <sup>2</sup>	0.02 cm	0.04 cm	0.06 cm	0.08 cm

(1) 测试结果表明线材受拉力作用后其伸长与材料的长度成 \_\_\_\_\_ 比, 与材料的截面积成 \_\_\_\_\_ 比.

(2) 上述金属杆承受的最大拉力为 \_\_\_\_\_ N.



10. (T7 强化) (06 黄冈冲刺) 某实验小组, 利用 DIS 系统观察超重和失重现象. 他们在学校电梯室内做实验, 在电梯天花板上固定一个力传感器, 测量挂钩向下, 并在钩上悬挂一个重为 10 N 的钩码, 在电梯运动过程中, 计算机显示屏上显示出如图 3-1-14 所示图象, 以下根据图象分析所得结论正确的是

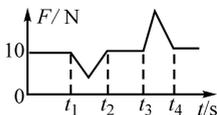


图 3-1-14

- A. 该图象显示出了力传感器对钩码的拉力大小随时间的变化情况  
 B. 从时刻  $t_1$  到  $t_2$ , 钩码处于失重状态, 从时刻  $t_3$  到  $t_4$ , 钩码处于超重状态  
 C. 电梯可能开始在 15 楼, 先加速向下, 接着匀速向下, 再减速向下, 最后停在 1 楼  
 D. 电梯可能开始在 1 楼, 先加速向上, 接着匀速向上, 再减速向上, 最后停在 15 楼

### 【参考答案】

强化闯关参考答案:

1. (1) 瞬时.

(2) 假设两车均以最大速度行驶, 因为两车刹车时加速度相同, 故两车刹车后行驶的距离相等, 因此两车恰不相撞的条件是后车必须在前车刹车处开始刹车, 驾驶员反应时间为 1 s, 后车在此期间

内行驶的位移  $s = vt = \frac{9.0 \times 10^4}{3.6 \times 10^3} \text{ m} = 25 \text{ m}$

即为两车不相撞所必须保持的距离, 所以  $\Delta s = 2s = 50 \text{ m}$ .

2. (1) 对 A 作受力分析如图 3-1-17, A 做匀速直线运动, 则

$$F_1 = f_1 \quad N_1 = mg \quad f_1 = \mu N_1$$

代入数据解得  $\mu = 0.5$ .

(2) 如图 3-1-18, A 沿斜壁向上运动过程中, 有

$$(F_2 - mg) \cos \theta - f_2 = ma$$

$$(F_2 - mg) \sin \theta - N_2 = 0$$

$$f_2 = \mu N_2$$

联立以上各式得  $(F_2 - mg) \cos \theta - \mu(F_2 - mg) \sin \theta = ma$

代入数据解得  $a = 1 \text{ m/s}^2$

又  $s = \frac{1}{2}at^2$ , 则  $t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = 2 \text{ s}$ .

3. (1) 设 A、B 的最大速度为  $v$ , B 的加速度为  $a$

$$\text{则有 } v^2 = 2a \times 25 \quad \text{①}$$

$$(0.8v)^2 = 2ax_1 \quad \text{②}$$

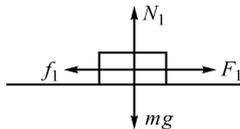


图 3-1-17

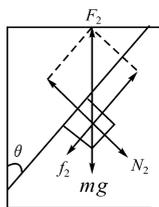


图 3-1-18

联立①②解得  $x_1 = 16 \text{ m}$ .

(2) 设  $B$  在距离  $A$  为  $x_2$  时起跑, 接棒时运动时间为  $t$ , 有

$$x_1 = \frac{0.8v + 0}{2}t \quad \text{③} \quad x_1 + x_2 = vt \quad \text{④}$$

联立③④并代入数据可得  $x_2 = 24 \text{ m}$ .

4. 运动员在百米赛跑中, 速度变化较大. 大致可以分为三个阶段: 起跑阶段, 速度从零迅速增大; 中间阶段, 这一阶段速度几乎不变; 冲刺阶段, 速度逐渐增加到最大. 如图 3-1-19(甲) 所示.

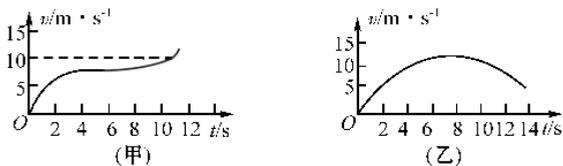


图 3-1-19

如果是没有受过训练的同学跑百米, 他的速度可能是一直增加到最大, 然后又逐渐减小. 如图 3-1-19(乙) 所示.

5. 飞机沿水平方向前进时, 升力  $F = kv$

当  $F = mg$  时, 飞机开始起飞, 升力  $F = kv = mg$

飞机在跑道上完成起飞的过程为匀加速运动过程

由运动学公式得  $v^2 = 2as$

$$\text{即 } \left(\frac{mg}{k}\right)^2 = 2as, \text{ 得 } a = \frac{(mg)^2}{2sk^2}$$

由牛顿第二定律得  $F' = ma$

$$\text{得 } F' = \frac{m^3 g^2}{2sk^2}$$

6. 加速阶段为  $F_{\text{合}} = F - F' = ma$ , 得  $a = 1 \text{ m/s}^2$

5 s 末的瞬时速度  $v = at = 5 \text{ m/s}$

减速阶段  $F' = ma'$ , 得  $a' = 5 \text{ m/s}^2$

$$\text{减速时间为 } t' = \frac{v}{a'} = 1 \text{ s}$$

所以总的路程为  $x = \frac{v}{2}t_{\text{总}} = \frac{5}{2} \times 6 \text{ m} = 15 \text{ m}$ .

7. (1) 电梯启动前, 台秤的示数为  $5.0 \text{ kg}$ , 则物体的重力  $G = mg = 50 \text{ N}$

由于表中各段时间内台秤的示数恒定, 所以在时间  $t_1$  ( $0 \sim 3.0 \text{ s}$ ) 内, 物体做匀加速运动, 在时间  $t_3$  ( $13.0 \text{ s} \sim 19.0 \text{ s}$ ) 内, 物体做匀减速直线运动,  $19.0 \text{ s}$  末速度减为零

在  $13.0 \text{ s} \sim 19.0 \text{ s}$  内, 物体所受的支持力  $F_{N3} = 46 \text{ N}$ , 由牛顿第二定律知  $mg - F_{N3} = ma_3$

不去想, 是否能够成功, 既然选择了远方, 便只顾风雨兼程; 不去想, 身后会不会袭来寒风冷雨, 既然目标是地平线, 留给世界的只能是背影.



得在时间  $t_3$  内物体的加速度  $a_3 = \frac{mg - F_{N3}}{m} = 0.8 \text{ m/s}^2$

13.0 s 末物体的速度  $v_2 = a_3 t_3 = 4.8 \text{ m/s}$

电梯在 3 s 末与在 13.0 s 末的速度相同,因此根据匀变速直线运动的规律,物体在

0~3.0 s 内的加速度  $a_1 = \frac{v_2}{t_1} = 1.6 \text{ m/s}^2$

由牛顿二定律知  $F_{N1} - mg = ma_1$

解得  $F_{N1} = 58 \text{ N}$ ,即台秤的示数为 5.8 kg.

(2) 0~3.0 s 内物体的位移  $x_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = 7.2 \text{ m}$

3.0 s~13.0 s 内物体的位移  $x_2 = v_2 t_2 = 48 \text{ m}$

13.0 s~19.0 s 内物体的位移  $x_3 = \frac{v_2}{2} t_3 = 14.4 \text{ m}$

则电梯上升的总高度,实际为 24 层的总高度  $x = x_1 + x_2 + x_3 = 69.6 \text{ m}$

平均每层楼高为  $h = \frac{x}{24} = 2.9 \text{ m}$ .

7. 设甲车匀加速运动阶段的加速度为  $a_1$ ,最大速度为  $v_{1m}$ ,位移为  $x_1$ ,加速时间为  $t_1$ ,乙车匀加速阶段的加速为  $a_2$ ,最大速度为  $v_{2m}$ ,位移为  $x_2$ ,加速时间为  $t_2$ . 由题意知  $a$

$$= \frac{\Delta v}{t}$$

$$a_1 = \frac{30}{12} \text{ m/s}^2 = 2.5 \text{ m/s}^2, a_2 = \frac{30}{6} \text{ m/s}^2 = 5 \text{ m/s}^2$$

$$t_1 = \frac{\Delta v_1}{a_1} = 16 \text{ s}, t_2 = \frac{\Delta v_1}{a_2} = 10 \text{ s}$$

$$x_1 = 320 \text{ m}, x_2 = 250 \text{ m}$$

乙车开动 8 s,运动位移  $x'_2 = \frac{1}{2} a_2 t'^2_2 = 160 \text{ m}$

相遇时甲、乙车的位移关系有  $x_{\text{甲}} = x_{\text{乙}} + 85 \text{ m}$

$$160 \text{ m} + 85 \text{ m} = 245 \text{ m} < 320 \text{ m}$$

故相遇时甲车仍在做匀加速运动

$$\text{则 } \frac{1}{2} a_1 (t_0 + 8)^2 = 160 \text{ m} + 85 \text{ m}, \text{解得 } t_0 = 6 \text{ s}$$

此时甲车行驶的路程为  $x'_1 = \frac{1}{2} a_1 (t_0 + 8)^2 = 245 \text{ m}$ .

9. (1) 取截面积相同,长度不同的两组数据来研究受拉力后伸长量与长度的关系,由两组数据可得出它们成正比关系;取长度相同,截面积不同的两组数据来研究受拉力后其伸长量与截面积的关系,由数据分析不难得出它们成反比.



(2)由以上分析可总结出材料的伸长量  $\Delta l$  与长度  $l$ 、截面积  $S$  以及拉力  $F$  的关系： $\Delta l \propto Fl/S$ , 变成等式有  $\Delta l = kFl/S$ , 其中  $k$  为常数, 任选题给表中的一组数据代入可得： $k = 8 \times 10^{-12} \text{ m/N}$ .

故当  $l = 4 \text{ m}$ 、 $\Delta l = 4 \times 10^{-3} \text{ m}$ 、 $S = 0.8 \times 10^{-4} \text{ m}^2$  时,  $F = \Delta lS/k l = 10^4 \text{ N}$ .

10. ABC 该图象显示出了力传感器对钩码的拉力大小随时间的变化情况, A 正确; 由图可以看出弹簧上的拉力先小于物体的重力, 即物体处于失重状态, 后弹簧上的拉力大于物体的重力, 即物体处于超重状态, 所以, 电梯应该是先加速下降后减速下降, 所以选项 B、C 正确.

## 视点 2 前沿热点

### 热点信息

钢铁巨龙穿越莽莽雪域高原, 青藏铁路造福沿线各族群众. 经过 10 多万筑路大军历时 5 年的艰苦奋斗, 青藏铁路格尔木至拉萨段建成, 至此世界上海拔最高、线路最长的高原铁路青藏铁路全线胜利建成通车.

青藏铁路西宁至拉萨全长 1 956 公里, 其中, 西宁至格尔木段 814 公里已于 1984 年投入运营. 2001 年 6 月开工修建的格尔木至拉萨段, 全长 1 142 公里, 海拔 4 000 米以上的地段达 960 公里, 最高点海拔 5 072 米, 经过连续多年冻土地段 550 公里, 是世界铁路建设史上最具有挑战性的工程项目. 各参建单位和广大铁路建



设者顽强拼搏, 勇克难关, 破解了多年冻土、高原缺氧、生态脆弱三大世界性工程技术难题, 使这一钢铁大动脉提前一年建成通车, 创造了多项世界铁路之最.

据介绍, 两地首发结束后, 也就是从 7 月 7 日开始, 北京西至拉萨的 T27 次列车和返程的 T28 次列车将实现每天对开. 两地售票时, 不再限制旅客只能购买至终点的车票, 旅客可根据实际需求购买到站车票.

### 链接高考

【预测 1】 T27 次列车每晚 9 点半从北京发车, 第三天晚上 8 点 58 分抵达拉萨; T28 次列车每天上午 8 点从拉萨发车, 第三天上午 8 点抵达北京.

下面是北京—拉萨火车的运营时间表

没有任何动物比蚂蚁更勤奋, 然而它却最沉默寡言.

——富兰克林

名言  
警句



车次:T27

站名	到达时间	开车时间	里程
北京西	—	21:30	0
石家庄	23:55	23:58	277
西安	09:06	09:21	1 200
兰州	15:56	16:11	1 876
西宁	19:04	19:12	2 092
格尔木	06:21	06:41	2 922
那曲	16:51	16:57	3 742
拉萨	20:58	—	4 064

则,从西宁到格尔木,火车的平均速率是多大?

解析 西宁到格尔木的距离为  $\Delta x = 2\,922 - 2\,092 = 830$  km

西宁到格尔木所用的时间为 11 小时零 9 分,共 40 140 s

所以  $v = \frac{\Delta x}{t} \approx 20.7$  m/s.

**【误点警示】** 火车从西宁到格尔木运动的时间,是从西宁发车开始计时,到格尔木车站后结束.火车在西宁站和格尔木站停留的时间不应该计算在内.

**【预测 2】** 如图 3-2-1(甲)所示是 T27 次列车进站时的速度—时间图象,图 3-2-1(乙)所示是 T27 次列车出站时的速度—时间图象.已知某一乘客的质量为 50 kg,乘客与座椅的动摩擦因数为  $\mu = 0.15$ ,车进站时,此乘客为了保证不滑出座椅,他用手扶着前方的座椅背.请问在进站过程中,此乘客与前方座椅背间的弹力为多大?出站的过程中,此乘客对座椅的作用力有多大?(假设乘客只与座椅接触并相互挤压)

解析 (1) 火车进站时的加速度大小为  $a =$

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{20}{10} \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$$

由此知乘客受到的合力大小为  $F = ma = 100$  N

而乘客受到的最大静摩擦力的大小为  $F_f =$

$$\mu mg = 0.15 \times 50 \times 10 = 75 \text{ N}$$

设人受到座椅背的弹力大小为  $F_N$

则乘客受到的合外力  $F = F_f + F_N = 100$  N

带入数据解得  $F_N = 25$  N.

(2) 火车出站时的加速度大小为  $a' = \frac{\Delta v'}{\Delta t'} = \frac{20}{20} \text{ m/s}^2 = 1 \text{ m/s}^2$

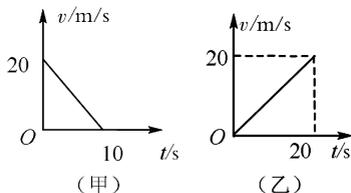


图 3-2-1

由此知乘客受到的合外力大小为  $F' = ma' = 50 \text{ N}$

由于合外力小于乘客与座椅间的最大静摩擦力,故乘客不需要借助其他的外力来保持其相对列车的静止状态,则  $F'$  即为乘客受到座椅的静摩擦.

根据作用力和反作用力,乘客对座椅的摩擦力大小为  $50 \text{ N}$

另外乘客对座椅的压力大小为  $500 \text{ N}$

所以人对座椅的作用力的大小为  $F'' = \sqrt{500^2 + 50^2} \text{ N} = 50 \sqrt{101} \text{ N}$ .

**【误点警示】** 在第二问中求乘客对座椅的作用力时,千万不要忘了是乘客对座椅的压力与乘客对座椅的静摩擦力的合力.

### 视点集训

1. T27 次列车在飞速奔驰,检测人员用测速仪来测量其行驶的时速,测速仪发射相邻两次光波之间的时间间隔为  $\Delta T = 5 \text{ s}$ .  $t = 0$  时刻在监视屏上显示的波形如图 3-2-2(甲)所示,  $t = 1\ 500 \text{ s}$  时



图 3-2-2

刻测速仪发射和接收的波形如图 3-2-2(乙)所示,监视屏上相邻刻度间的时间间隔为  $\Delta t = 10^{-4} \text{ s}$ ,光在空气中传播的速度  $c = 3.0 \times 10^8 \text{ s}$ ,则 T27 次列车的行驶速度最接近多少?

2. 青藏铁路上已建成的隧道长度达 7 000 米,包括昆仑山隧道、羊八井 1 号隧道等多个较大隧道以及众多的中小隧道共 22 处,当中以全长 1 338 米的风火山隧道的建设最具标志性意义. 设 T27 次列车的总长为 500 m,速度为  $20 \text{ m/s}$ ,则求列车在青藏铁路上行驶的过程中,穿过隧道的总时间是多少?

3. 2006 年元旦前夕,烟台、威海普降大雪,使两地的街道出现了严重的堵车情况,有些地方甚至发生了交通事故,究其原因,主要是大雪覆盖路面后,被车轮挤压,部分融化为水,在严寒的天气下,又马上结成了冰;汽车在光滑的冰面上行驶,刹车后难以停下. 据测定,汽车橡胶轮胎与普通路面间的动摩擦因数是 0.7,与冰面间的动摩擦因数只有 0.1,对于没有安装防抱死(ABS)设施的普通汽车,在规定的速度下急刹车后,车轮立即停止转动,汽车在普通的水平路面上滑行 1.4 m 才能停下,那么汽车以同样速度在结了冰的水平路面上行驶,急刹车后滑行的距离是多少呢?

4. (06 东城区质检)上海磁悬浮列车已正式运营. 据报道,列车从上海龙阳路车站到浦东机场车站,全程 30 km. 列车开出后先加速,直到最高速  $432 \text{ km/h}$ ,然后保持最大速度行驶 50 s,立即开始减速直到停止.

天才就是最强有力的牛,他们一刻不停地一天工作十八小时.

——勒南

名言  
警句



(1) 假设列车启动和减速的加速度大小相等,且恒定,列车做直线运动.试由以上数据估算磁悬浮列车运行的平均速度;

(2) 北京和天津之间的距离是 120 km,若以上海磁悬浮列车的运行方式行驶,最高时速和加速度都相同,由北京到天津要用多长时间?

### 【参考答案】

强化闯关参考答案:

1. 由题图可以知道  $t=0$  时刻列车与测速仪之间的距离

$$x_1 = \frac{1}{2}c\Delta t_1, \text{ 其中 } \Delta t_1 = 3 \times 10^{-4} \text{ s}$$

$$t=1\ 500 \text{ s 时刻列车与测速仪之间的距离 } x_2 = \frac{1}{2}c\Delta t_2, \text{ 其中 } \Delta t_2 = 1 \times 10^{-4} \text{ s}$$

$$\text{代入数值得 } x_1 = 4.5 \times 10^4 \text{ m}, x_2 = 1.5 \times 10^4 \text{ m}$$

$$\text{所以在 } 1\ 500 \text{ s 内火车行驶的距离为 } \Delta x = 3.0 \times 10^4 \text{ m}$$

$$\text{所以列车速度的大小为 } v = \frac{\Delta x}{t} = 20 \text{ m/s.}$$

2. 火车穿越隧道的过程中,火车的长度不能忽略,所以火车每进一处隧道,都要加上火车的长度,所以在火车穿越隧道的过程中,共走过的路程为  $x = 7\ 000 + 22 \times 500 \text{ m} = 18\ 000 \text{ m}$

$$\text{所以 T27 次列车在青藏铁路上穿越隧道的总时间为 } t = \frac{x}{v} = \frac{18\ 000}{20} \text{ s} = 9.0 \times 10^2 \text{ s.}$$

3. 汽车急刹车后做匀减速运动,摩擦力产生加速度

$$\text{在普通水平路面上 } \mu_1 = 0.7$$

$$\text{由牛顿第二定律 } a_1 = \frac{\mu_1 mg}{m} = \mu_1 g = 0.7g$$

$$\text{由运动学公式得 } v^2 = 2a_1 s_1 \quad \textcircled{1}$$

$$\text{在冰面上 } \mu_2 = 0.1$$

$$\text{由牛顿第二定律 } a_2 = \frac{\mu_2 mg}{m} = \mu_2 g = 0.1g$$

$$\text{由运动学公式得 } v^2 = 2a_2 s_2 \quad \textcircled{2}$$

$$\text{联立 } \textcircled{1}\textcircled{2} \text{ 两式得 } a_1 s_1 = a_2 s_2$$

$$\text{解得 } s_2 = 9.8 \text{ m.}$$

4. (1) 设列车启动、加速时间均为  $t'$ , 匀速运动时间为  $t''$

$$s = \frac{v_m}{2} t' + v_m t'' + \frac{v_m}{2} t'$$



$$3 \times 10^4 = \frac{432}{3.6}t' + \frac{432}{3.6} \times 50, \text{解得 } t' = 200 \text{ s}$$

$$\text{所以平均速度 } \bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{s}{2t' + t''} = \frac{3 \times 10^4}{450} \text{ m/s} = 66.7 \text{ m/s.}$$

(2) 设北京到天津用的时间为  $t$ , 则匀速运动时间为  $(t - 400)$

$$x = \frac{v_m}{2}t' + v_m(t - 400) + \frac{v_m}{2}t'$$

$$1.2 \times 10^5 = \frac{432}{3.6} \times 200 + \frac{432}{3.6}(t - 400)$$

$$\text{解得 } t = 1.2 \times 10^3 \text{ s} = 20 \text{ min.}$$





## 原创题探讨



### 原创调研

【调研1】 质量为  $m=2\text{ kg}$  的木块原来静止在粗糙水平地面上,现在第1、3、5、…奇数秒内给物体施加方向向右、大小为  $F_1=6\text{ N}$  的水平推力,在第2、4、6、…偶数秒内给物体施加方向仍向右、大小为  $F_2=2\text{ N}$  的水平推力,已知物体与地面间的动摩擦因数  $\mu=0.1$ ,取  $g=10\text{ m/s}^2$ ,问:

- (1) 木块在奇数秒和偶数秒内各做什么运动?
- (2) 经过多长时间,木块位移的大小等于  $40.25\text{ m}$ ?

解析 **解法一:** 以木块为研究对象,它在竖直方向受力平衡,水平方向仅受推力  $F_1$  (或  $F_2$ ) 和摩擦力  $F_f$  的作用.由牛顿第二定律可判断出木块在奇数秒内和偶数秒内的运动,结合运动学公式,即可求出运动时间

- (1) 木块在奇数秒内的加速度为

$$a_1 = \frac{F_1 - F_f}{m} = \frac{F_1 - \mu mg}{m} = \frac{6 - 0.1 \times 2 \times 10}{2} \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$$

木块在偶数秒内的加速度为

$$a_2 = \frac{F_2 - F_f}{m} = \frac{F_2 - \mu mg}{m} = \frac{2 - 0.1 \times 2 \times 10}{2} \text{ m/s}^2 = 0 \text{ m/s}^2$$

所以,木块在奇数秒内做  $a = a_1 = 2\text{ m/s}^2$  的匀加速直线运动,在偶数秒内做匀速直线运动.

- (2) 在第1 s内木块向右的位移为

$$s_1 = \frac{1}{2} a_1 t^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 1^2 \text{ m} = 1 \text{ m}$$

至第1 s末木块的速度  $v_1 = a_1 t = 2 \times 1 \text{ m/s} = 2 \text{ m/s}$

在第2 s内,木块以第1 s末的速度向右做匀速运动,在第2 s内木块的位移为  $s_2 = v_1 t = 2 \times 1 \text{ m} = 2 \text{ m}$

至第2 s末木块的速度  $v_2 = v_1 = 2 \text{ m/s}$

在第3 s内,木块向右做初速度为  $2\text{ m/s}$  的匀加速运动,在第3 s内的位移为  $s_3 =$

$$v_2 t + \frac{1}{2} a_1 t^2 = 2 \times 1 \text{ m} + \frac{1}{2} \times 2 \times 1^2 \text{ m} = 3 \text{ m}$$

至第 3 s 末木块的速度  $v_3 = v_2 + a_1 t = 2 \text{ m/s} + 2 \times 1 \text{ m/s} = 4 \text{ m/s}$

在第 4 s 内,木块以第 3 s 末的速度向右做匀速运动,在第 4 s 内木块的位移为  $s_4 = v_3 t = 4 \times 1 \text{ m} = 4 \text{ m}$

至第 4 s 末木块的速度  $v_4 = v_3 = 4 \text{ m/s} \dots$

由此可见,从第 1 s 起,连续各秒内木块的位移是从 1 开始的一个自然数列.因此,在  $n$  s 内的总位移为  $s_n = 1 + 2 + 3 + \dots + n = \frac{n(n+1)}{2}$

当  $s_n = 40.25 \text{ m}$  时,  $n$  的值为  $8 < n < 9$ . 取  $n = 8$ , 则 8 s 内木块的位移为  $s_8 = \frac{8(8+1)}{2} \text{ m} = 36 \text{ m}$

至第 8 s 末,木块的速度为  $v_8 = 8 \text{ m/s}$

设第 8 s 后,木块还需向右运动的时间为  $t_x$ , 对应的位移为

$$s_x = 40.25 \text{ m} - 36 \text{ m} = 4.25 \text{ m}, \text{ 由 } s_x = v_8 t_x + \frac{1}{2} a_1 t_x^2$$

$$\text{即 } 4.25 = 8 t_x + \frac{1}{2} \times 2 t_x^2, \text{ 解得 } t_x = 0.5 \text{ s}$$

所以,木块位移大小等于 40.25 m 时需运动的时间  $T = 8 \text{ s} + 0.5 \text{ s} = 8.5 \text{ s}$ .

**解法二:** 依据题意作物体的位移—时间图象如图 4-1-1 所示,由  $v-t$  图象不难求出物体在第 1 s、第 2 s、第 3 s、第 4 s、…、第  $n$  s 内的位移分别为 1 m、2 m、3 m、4 m、…、 $n$  m. 则前  $n$  s 内的总位移为

$$s_n = (1 + 2 + 3 + \dots + n) \text{ m} = \frac{n(n+1)}{2} \text{ m}$$

当  $s_n = 40.25 \text{ m}$  时,  $8 < n < 9$ , 前 8 s 内的位移为  $s_8 = \frac{(8+1) \times 8}{2} \text{ m} = 36 \text{ m}$

8 s 后物体的位移为:  $s_x = s - s_8 = 40.25 \text{ m} - 36 \text{ m} = 4.25 \text{ m}$

$$s_x = v_8 t_x + \frac{1}{2} a_1 t_x^2$$

求得  $t_x = 0.5 \text{ s}$ , 则物体发生 40.25 m 的位移所需时间为 8.5 s.

**【拓展 1】** 一个质量为 4 kg 的物体静止在足够大的水平地面上,物体与地面间的动摩擦因数  $\mu = 0.1$ . 从  $t = 0$  开始,物体受到一个大小和方向呈周期性变化的水平力  $F$  作用,力  $F$  随时间的变化规律如图 4-1-2 所示. 求 83 秒内物体的位移大小.  $g$

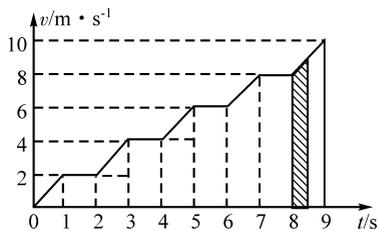


图 4-1-1

取  $10 \text{ m/s}^2$ .

解析 当物体在前半周期时由牛顿第二定律,得

$$F_1 - \mu mg = ma_1$$

$$a_1 = (F_1 - \mu mg)/m = (12 - 0.1 \times 4 \times 10)/4 \\ = 2 \text{ m/s}^2$$

当物体在后半周期时

由牛顿第二定律,得  $F_2 + \mu mg = ma_2$

$$a_2 = (F_2 + \mu mg)/m = (4 + 0.1 \times 4 \times 10)/4 = 2 \text{ m/s}^2$$

故前半周期和后半周期位移相等,均为  $x_1 = \frac{1}{2}at^2 = 0.5 \times 2 \times 2^2 = 4 \text{ m}$

一个周期的位移为  $8 \text{ m}$ ,最后  $1 \text{ s}$  的位移为  $3 \text{ m}$

则  $83 \text{ s}$  内物体的位移大小为  $x = 20 \times 8 + 4 + 3 = 167 \text{ m}$ .

【拓展 2】滑雪运动员依靠手中的撑杆用力往后推地,获得向前的动力.一运动员的质量是  $60 \text{ kg}$ ,撑杆对地面向后的平均作用力是  $300 \text{ N}$ ,力的持续作用时间是  $0.4 \text{ s}$ ,两次用力之间的间隔时间是  $0.2 \text{ s}$ ,不计摩擦阻力.若运动员从静止开始做直线运动,求  $6 \text{ s}$  内的位移是多少?

解析 运动员的加速度  $a = \frac{F}{m} = \frac{300}{60} \text{ m/s}^2 = 5 \text{ m/s}^2$

第一个  $0.4 \text{ s}$ ,运动员的位移  $s_1 = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \times 5 \times 0.4^2 \text{ m} = 0.4 \text{ m}$

第一个  $0.2 \text{ s}$ ,运动员的位移  $s_1' = at \cdot t' = 5 \times 0.4 \times 0.2 \text{ m} = 0.4 \text{ m}$

第二个  $0.4 \text{ s}$ ,运动员的位移  $s_2 = at \cdot t + \frac{1}{2}a \cdot t^2 = 5 \times 0.4^2 \text{ m} + \frac{1}{2} \times 5 \times 0.4^2 \text{ m} =$

$1.2 \text{ m} = 3s_1$

第二个  $0.2 \text{ s}$ ,运动员的位移  $s_2' = a \cdot 2t \cdot t' = 0.8 \text{ m} = 2s_1'$

第三个  $0.4 \text{ s}$ ,运动员的位移  $s_3 = a \cdot 2t \cdot t + \frac{1}{2}a \cdot t^2 = 5s_1$

第三个  $0.2 \text{ s}$ ,运动员的位移  $s_3' = a \cdot 3t \cdot t' = 3s_1'$

$6 \text{ s}$  内共有  $10$  个  $0.6 \text{ s}$ ,故总位移  $s = s_1 + 3s_1 + \dots + 19s_1 + 1s_1' + 2s_1' + \dots + 10s_1' = 62 \text{ m}$ .

【调研 2】如图 4-1-3 所示,在倾角  $\theta = 37^\circ$  的足够长的固定斜面上,有一质量  $m = 1 \text{ kg}$  的物体,物体与斜面间的动摩擦因数  $\mu = 0.2$ ,物体受到平行于斜面向上的轻细线的拉力  $F = 9.6 \text{ N}$  的作用,从静止开始运动,经  $2 \text{ s}$  绳子突然断了,求绳断后多长时间物体速度大小达到  $22 \text{ m/s}$ . ( $\sin 37^\circ = 0.6, g = 10 \text{ m/s}^2$ )

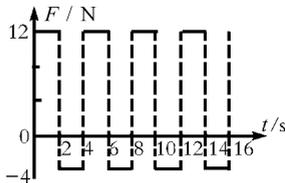


图 4-1-2

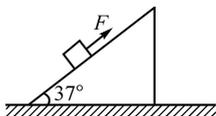


图 4-1-3

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

第一阶段:在最初 2 s 内,物体在  $F=9.6\text{ N}$  拉力作用下,从静止开始沿斜面做匀加速运动,受力分析如图 4-1-4 所示,据受力分析图可知:

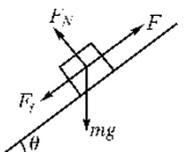


图 4-1-4

$$\text{沿斜面方向: } F - mg\sin\theta - F_f = ma_1 \quad \text{①}$$

$$\text{沿垂直斜面的方向: } F_N = mg\cos\theta \quad \text{②}$$

$$\text{且 } F_f = \mu F_N \quad \text{③}$$

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

$$2\text{ s 末绳断时物体的瞬时速度 } v_1 = a_1 t_1 = 4\text{ m/s}$$

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

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

设从断绳到物体到达最高点所需时间为  $t_2$

据运动学公式  $v_2 = v_1 + a_2 t_2$ , 其中  $v_2 = 0$

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

第三阶段:物体从最高点沿斜面下滑,设该阶段物体的加速度为  $a_3$ ,所需时间为  $t_3$

由牛顿第二定律可知:  $a_3 = g\sin\theta - \mu g\cos\theta = 4.4\text{ m/s}^2$ , 速度达到  $v_3 = 22\text{ m/s}$ , 所需时间  $t_3 = \frac{v_3 - 0}{a_3} = 5\text{ s}$

综上所述:从绳断到物体速度大小达到  $22\text{ m/s}$  所经历的总时间

$$t = t_2 + t_3 = 0.53\text{ s} + 5\text{ s} = 5.53\text{ s}.$$

【变式题】若本题的问题改为:“绳断后多长时间物体的速度大小为  $2\text{ m/s}$ ”结果又如何?

解析 绳断后物体的速度从  $4\text{ m/s}$  减小到  $2\text{ m/s}$  所用时间为:

$$t_2' = \frac{v_2' - v_1}{a_2} = \frac{2 - 4}{-7.6}\text{ s} = 0.26\text{ s}$$

物体的速度减小到零后,又反向增大到  $2\text{ m/s}$  所用时间为

$$t_3' = \frac{v_3' - 0}{a_3} = \frac{2}{4.4}\text{ s} = 0.45\text{ s}$$

Http://www.tesoon.com

$$t' = t_2 + t_3' = 0.53 \text{ s} + 0.45 \text{ s} = 0.98 \text{ s}$$

则从绳断到物体的速度大小达到  $2 \text{ m/s}$  所用的时间可以有两个,分别为  $0.26 \text{ s}$  和  $0.98 \text{ s}$ .

【拓展1】如图4-1-5所示,质量为  $10 \text{ kg}$  的物体在  $F = 200 \text{ N}$  的水平推力作用下,从粗糙斜面的底端由静止开始沿斜面运动,斜面固定不动,与水平地面的夹角为  $\theta = 37^\circ$ . 力  $F$  作用2秒钟后撤去,物体在斜面上继续上滑了  $1.25$  秒钟后,速度减为零. 求:物体与斜面间的动摩擦因数  $\mu$  和物体的总位移  $s$ . (已知  $\sin 37^\circ = 0.6$ ,  $\cos 37^\circ = 0.8$ ,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

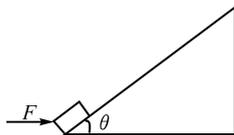


图4-1-5

解析 物体的受力情况如图4-1-6所示,设加速时的加速度大小为  $a_1$ ,末速度为  $v$ ,减速时的加速度大小为  $a_2$ ,将  $mg$  和  $F$  分解后,由牛顿运动定律得

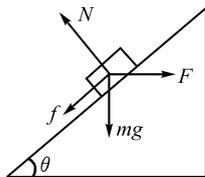


图4-1-6

$$N = F \sin \theta + mg \cos \theta$$

$$F \cos \theta - f - mg \sin \theta = ma_1$$

根据摩擦定律有  $f = \mu N$

加速过程由运动学规律可知  $v = a_1 t_1$

撤去  $F$  后,物体减速运动的加速度大小为  $a_2 = g \sin \theta + \mu g \cos \theta$

由匀变速运动规律有  $v = a_2 t_2$

有运动学规律知  $s = a_1 t_1^2 / 2 + a_2 t_2^2 / 2$

联立以上各式并代入数据得  $\mu = 0.25$ ,  $s = 16.25 \text{ m}$ .

【拓展2】如图4-1-7所示,质量为  $m$  的物体恰好能在倾角为  $\alpha$  的斜面上匀速下滑,如在物体上施加一个力  $F$  使物体沿斜面匀速上滑,为了使得力  $F$  取最小值,这个力与斜面的倾角  $\theta$  为多大? 这个力的最小值是多少?

解析 物体从斜面的上端恰好能匀速下滑,由平衡条件得

$$mg \sin \alpha = \mu mg \cos \alpha$$

$$\mu = \tan \alpha$$

在  $F$  的作用下物体沿斜面向上运动的过程中,  $F$  沿斜面的分量及物体与斜面间的滑动摩擦力均与  $\theta$  角的大小有关,在力  $F$  拉物体沿斜面匀速上升时,根据物体的平衡条件得(选沿斜面向上方向为  $x$  轴正方向,垂直于斜面向上为  $y$  轴正方向):

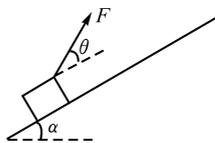


图4-1-7

$$F \cos \theta - mg \sin \alpha - f = 0 \quad ①$$

$$F \sin \theta + N - mg \cos \alpha = 0 \quad ②$$

其中  $N$  为斜面对物体的支持力,且  $f = \mu N$ . 结合①②两式可以解得

$$F = \frac{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}{\cos \theta + \mu \sin \theta} mg$$

上式中分子  $(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) mg$  是一个确定值, 则  $F$  的大小随分母变化

$$\cos \theta + \mu \sin \theta = \sqrt{1 + \mu^2} \left[ \frac{1}{\sqrt{1 + \mu^2}} \cos \theta + \frac{\mu}{\sqrt{1 + \mu^2}} \sin \theta \right]$$

$$= \sqrt{1 + \mu^2} \sin(\varphi + \theta)$$

当  $\sin(\varphi + \theta) = 1$ , 即  $\varphi + \theta = 90^\circ$  时, 分母最大,  $F$  最小

因为  $\varphi = \arctan \frac{1}{\mu}$ , 所以  $\theta = 90^\circ - \varphi = \arctan \mu$  时,  $F$  取最小值  $\frac{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}{\sqrt{1 + \mu^2}} mg =$

$$\frac{2 \sin \alpha}{\sqrt{2 + \mu^2}} mg.$$

【调研 3】如图 4-1-8 所示,  $ad$ 、 $bd$ 、 $cd$  是在竖直平面内三根固定的光滑细杆,  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  位于同一圆周上,  $a$  点为圆周的最高点,  $d$  点为最低点. 每根杆上都套着一个小滑环(图中未画出), 三滑环分别从  $a$ 、 $b$ 、 $c$  处释放(初速为 0), 用  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$  依次表示各环到达  $d$  所用的时间, 则

A.  $t_1 < t_2 < t_3$

B.  $t_1 > t_2 > t_3$

C.  $t_3 > t_1 > t_2$

D.  $t_1 = t_2 = t_3$

解析 设某一细杆与水平面的夹角为  $\theta$ , 环受力如图 4-1-9

所示(物体仅受重力和斜面弹力的作用). 正交分解后可得环所受的合外力为:  $F = mg \sin \theta$

由牛顿第二定律得滑环沿细杆下滑的加速度:  $a = g \sin \theta$  ①

设圆的半径为  $R$ , 由图 4-1-9 中几何关系可得该细杆的长度为:  $L = 2R \sin \theta$  ②

小滑环沿该细杆由静止释放匀加速下滑, 根据运动学公式有:

$$L = \frac{1}{2} at^2 \quad \text{③}$$

由以上各式解得:  $t = 2 \sqrt{\frac{R}{g}}$

上式表明: 小滑环沿细杆下滑所需时间与细杆的倾斜程度无关, 仅由半径  $R$  决定, 所以选项 D 正确.

【拓展 1】若小滑环以大小为  $v_0$  的初速度分别从  $a$ 、 $b$ 、 $c$  处沿各细杆下滑, 其他条件不变. 则三滑环到达  $d$  所用时间的关系又如何?

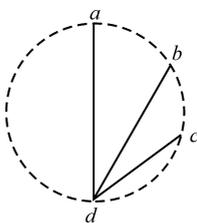


图 4-1-8

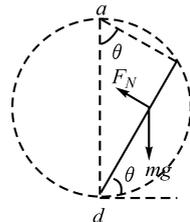


图 4-1-9



解析 小滑环以大小为  $v_0$  的初速沿各细杆匀加速下滑, 则有:  $L = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$

结合上面①②两式可得:  $2R \sin \theta = v_0 t + \frac{1}{2} g \sin \theta \cdot t^2$

解上式可得:  $t = \frac{-v_0 + \sqrt{v_0^2 + 4gR \sin^2 \theta}}{g \sin \theta}$ ,  $t = \frac{-v_0 - \sqrt{v_0^2 + 4gR \sin^2 \theta}}{g \sin \theta}$  (舍去)

上述结果表明: 初速不为零的小滑环沿光滑细杆下滑时, 所需时间与细杆的倾斜程度有关, 且细杆倾角  $\theta$  越大, 所需时间  $t$  越大. 所以有  $t_1 > t_2 > t_3$ .

【拓展2】若细杆不光滑, 且小滑环与各细杆间的动摩擦因数相同, 均为  $\mu$ , 其他条件不变. 则三滑环到达  $d$  所用的时间关系又如何?

解析 若细杆不光滑, 则小滑环沿细杆下滑时, 除受重力、弹力作用外, 还受到平行于细杆向上的滑动摩擦力作用 (如图 4-1-10 所示), 由牛顿第二定律可得小滑环的加速度为:  $a = g \sin \theta - \mu g \cos \theta$

结合上面②③两式得:  $2R \sin \theta = \frac{1}{2} g (\sin \theta - \mu \cos \theta) t^2$

所以  $t = 2 \sqrt{\frac{R \sin \theta}{g (\sin \theta - \mu \cos \theta)}} = 2 \sqrt{\frac{R}{g (1 - \mu \cot \theta)}}$

此式表明: 初速为零的小滑环沿不光滑的细杆下滑时, 所需时间与细杆的倾斜程度有关, 且细杆倾角  $\theta$  越大其所需时间  $t$  越小. 所以有  $t_1 < t_2 < t_3$ .

【拓展3】如图 4-1-11 所示, 三个圆内切于  $d$  点 ( $d$  点为圆周最低点), 切点和三圆心在同一条竖直线  $dd'$  上,  $ad$ 、 $bd$ 、 $cd$  是在竖直面内三根固定的光滑细杆,  $a$ 、 $b$ 、 $c$  分别位于三个圆周上, 且处于同一水平线上. 三滑环分别从  $a$ 、 $b$ 、 $c$  处释放 (初速为 0), 用  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$  依次表示各环到达  $d$  所用的时间, 则三滑环到达  $d$  所用的时间关系又如何?

解析 设竖直线  $dp$  长为  $h$ , 某一细杆与水平面的夹角为  $\theta$ , 则杆长为:  $L = \frac{h}{\sin \theta}$

小滑环沿各细杆由静止匀加速下滑有:  $a = g \sin \theta$  和  $L = \frac{1}{2} at^2$

由以上三式可得:  $t = \frac{1}{\sin \theta} \sqrt{\frac{2h}{g}}$

上述结果表明: 小滑环沿相同高度的光滑细杆下滑到同一点时, 所需时间与细杆的倾斜程度有关, 且细杆倾角  $\theta$  越大其所需时间  $t$  越小. 所以有  $t_1 < t_2 < t_3$ .

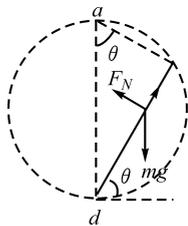


图 4-1-10

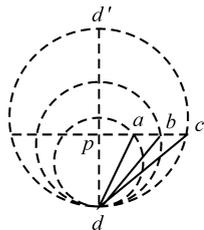


图 4-1-11

【拓展4】空间一点与  $d$  间置一光滑细杆,小滑环从该点释放(初速为0),则滑环沿细杆滑到  $d$  所需时间相等的点所构成的几何图形为

- A. 直线      B. 平面      C. 圆锥面      D. 球面

解析 由上面分析可知,在空间滑到  $d$  所需时间相等的这些点,所构成的几何图形应是一个球面,我们不妨把它叫做“等时球面”。所以选项 D 正确。

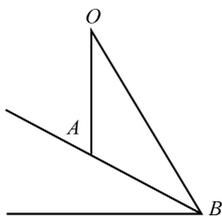


图 4-1-12

【拓展5】如图 4-1-12 所示,有一倾角未知的斜面在离底端  $B$  点 10 米的斜面上的  $A$  点竖直接着高 10 米的细杆  $OA$ ,  $OB$  为一光滑的细钢绳。一圆环自静止无摩擦沿  $OB$  滑下,不计空气阻力,求其由  $O$  滑至  $B$  所需时间。(取  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

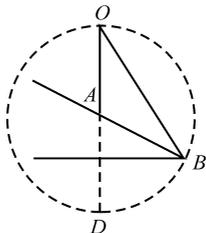


图 4-1-13

解析 以  $A$  点为圆心,以  $OA$  长为半径画圆,延长  $OA$  与圆相交于  $D$  点,如图 4-1-13 所示。可知  $OD$  为圆的直径。根据上面“等时圆”的结论不难得出:圆环从  $O$  滑至  $B$  所用时间与圆环从  $O$  落到  $D$  的时间相等,而圆环从  $O$  到  $D$  是自由落体运动,则有:

$$\overline{OD} = \frac{1}{2}gt^2$$

代入数据解得:  $t = 2 \text{ s}$

所以圆环从  $O$  滑到  $B$  的时间也是  $2 \text{ s}$ 。

【拓展6】如图 4-1-14 所示,  $AB$  是一倾角为  $\theta$  的斜面,在  $P$  与  $A$  之间放置一光滑细杆,使一圆环从  $P$  处以最短的时间到达斜面上,则细杆与竖直方向的夹角  $\alpha$  应为多少?

解析 依题意可将细杆看成光滑斜面。为了比较沿不同倾角放置的细杆的运动时间,可过  $P$  点分别向斜面  $AB$  作光滑斜面  $PC_1$ 、 $PC_2$ 、 $PC_3$ 、 $\dots$ ,再过  $P$  点作这些斜面对应的一组“等时圆”,如图 4-1-15(a) 所示,图中的“等时圆”1、2、3 的直径满足  $d_1 < d_2 < d_3$ ,故运动时间  $t_1 < t_2 < t_3$  (由调研 1 中的结论  $t = \sqrt{\frac{2d}{g}}$  可知),可见要下滑时间最短,则要求“等时圆”的直径最小,临界情况是“等时圆”与斜面  $AB$  相切,如图 4-1-15(b) 所示。

由图 4-1-15(b) 中的几何关系得:

$$\angle DOC = \theta, \alpha = \angle DPC = \frac{\theta}{2}$$

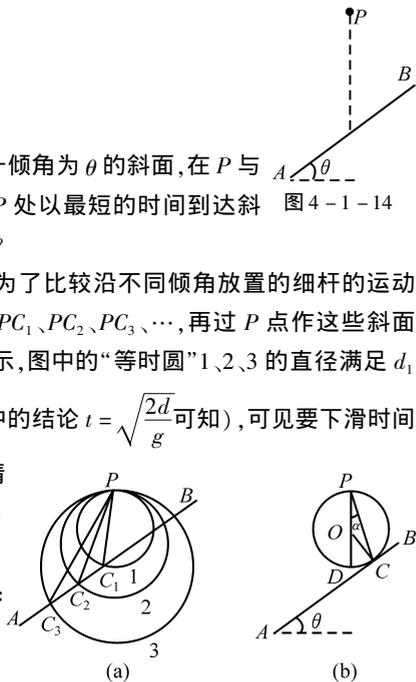


图 4-1-15



从  $P$  点沿与竖直方向成  $\alpha = \frac{\theta}{2}$  夹角的细杆  $PC$  下滑时时间最短。

【调研 4】如图 4-1-16 所示, 传输带与水平面间的倾角为  $\theta = 37^\circ$ , 传输带以  $10 \text{ m/s}$  的速率运行, 在传输带上端  $A$  处无初速地放上质量为  $0.5 \text{ kg}$  的物体, 它与传输带间的动摩擦因数为  $0.5$ , 若传输带  $A$  到  $B$  的长度为  $16 \text{ m}$ , 则物体从  $A$  运动到  $B$  的时间为多少?

解析 首先判定  $\mu$  与  $\tan \theta$  的大小关系,  $\mu = 0.5, \tan \theta = 0.75$ , 所以物体一定沿传输带对地下滑, 不可能对地静止或地对地静止。其次传输带运行速度方向未知, 而传输带运行速度方向影响物体所受摩擦力的方向, 所以应分别讨论, 不同情况下物体的受力分析如图 4-1-17 所示。

当传输带的上表面以  $10 \text{ m/s}$  的速度向下运行时, 刚放上的物体相对传输带有向上的速度, 物体所受滑动摩擦力方向沿斜坡向下

该阶段物体对地的加速度

$$a_1 = \frac{mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta}{m} = 10 \text{ m/s}^2, \text{ 方向沿斜坡向下}$$

物体赶上传输带对地的速度需时间  $t_1 = \frac{v}{a_1} = 1 \text{ s}$

在  $t_1$  内物体沿斜坡对地位移  $s_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = 5 \text{ m}$

当物体速度超过传输带运行速度时物体所受滑动摩擦力沿斜坡向上, 物体对地的

加速度  $a_2 = \frac{mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta}{m} = 2 \text{ m/s}^2$

设物体以  $2 \text{ m/s}^2$  的加速度运行剩下的  $11 \text{ m}$  位移需时间  $t_2$

则  $s_2 = vt_2 + \frac{1}{2} a_2 t_2^2$ , 即  $11 = 10t_2 + \frac{1}{2} \times 2t_2^2$

$t_2 = 1 \text{ s}$  ( $t_2' = -11 \text{ s}$  舍去)

所需总时间  $t = t_1 + t_2 = 2 \text{ s}$ 。

当传输带上表面以  $10 \text{ m/s}$  速度向上运行时, 物体相对于传输带一直具有沿斜坡向下的相对速度, 物体所受滑动摩擦方向沿斜坡向上且不变, 设加速度为  $a_3 =$

$\frac{mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta}{m} = 2 \text{ m/s}^2$

物体从传输带顶滑到底所需时间为  $t'$

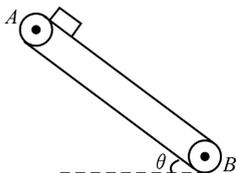


图 4-1-16

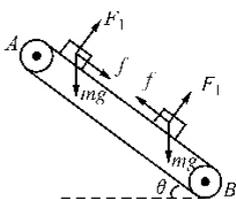


图 4-1-17

$$\text{则 } s = \frac{1}{2}a_3t'^2; t' = \sqrt{\frac{2s}{a_3}} = \sqrt{\frac{2 \times 16}{2}} \text{ s} = 4 \text{ s.}$$

【拓展1】一水平的浅色长传送带上放置一煤块(可视为质点),煤块与传送带之间的动摩擦因数为 $\mu$ .初始时,传送带与煤块都是静止的.现让传送带以恒定的加速度 $a_0$ 开始运动,当其速度达到 $v_0$ 后,便以此速度做匀速运动.经过一段时间,煤块在传送带上留下了一段黑色痕迹后,煤块相对于传送带不再滑动.求此黑色痕迹的长度.

解析 根据“传送带上有黑色痕迹”可知,煤块与传送带之间发生了相对滑动,煤块的加速度 $a$ 小于传送带的加速度 $a_0$ .根据牛顿定律,可得 $a = \mu g$

设经历时间 $t$ ,传送带由静止开始加速到速度等于 $v_0$ ,煤块则由静止加速到 $v$ ,有 $v_0 = a_0 t \quad v = at$

由于 $a < a_0$ ,故 $v < v_0$ ,煤块继续受到滑动摩擦力的作用而加速.设再经过时间 $t'$ ,煤块的速度由 $v$ 增加到 $v_0$ ,有 $v_0 = v + at'$

此后,煤块与传送带运动速度相同,相对于传送带不再滑动,不再产生新的痕迹.

设在煤块的速度从0增加到 $v_0$ 的整个过程中,传送带和煤块移动的距离分别为

$$s_0 \text{ 和 } s, \text{ 有 } s_0 = \frac{1}{2}a_0t^2 + v_0t' \quad s = \frac{v_0^2}{2a}$$

传送带上留下的黑色痕迹的长度 $L = s_0 - s$

由以上各式得 $L = v_0^2(a_0 - \mu g)/2\mu a_0 g$ .

【拓展2】如图4-1-18所示,光滑圆槽的末端与水平传送带相切.已知传送带长 $L = 8 \text{ m}$ ,滑块与传送带之间的动摩擦因数 $\mu = 0.2$ ,传送带上皮带距地面的高度 $s = 0.45 \text{ m}$ ,该滑块从离传送带上皮带高 $h = 1.8 \text{ m}$ 处由静止沿圆弧槽滑下:

(1)求下面三种情况下,滑块在传送带上运动的时间:传送带不动;传送带以 $4 \text{ m/s}$ 的速度逆时针转动;传送带以 $4 \text{ m/s}$ 的速度顺时针转动;

(2)传送带以多大的速度顺时针转动时,才能使滑块落地后的水平位移最小,最小值是多少? ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

解析 (1)设滑块从高处滑下到达传送带时的速度为 $v$ ,由机械能守恒得 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ ,代入数据得 $v = 6 \text{ m/s}$

当传送带静止不动时,滑块做初速度为 $v = 6 \text{ m/s}$ ,加速度为 $a = -\mu g = -2 \text{ m/s}^2$ 的匀减速运动,设滑块到达传送带右端时的速度为 $v'$ ,由运动学知识得 $v'^2 - v^2 = 2aL$ ,代

入数据得 $v' = 2 \text{ m/s}$ ,再由运动时间 $t_1 = \frac{v' - v}{a}$ 得 $t_1 = 2 \text{ s}$ ;

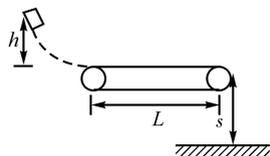


图 4-1-18



当传送带以  $4 \text{ m/s}$  的速度逆时针转动时,物体相对传送带的速度方向向右,传送带对物块的滑动摩擦力的方向向左.而滑动摩擦力的大小与传送带的速度无关,物块所受的滑动摩擦力及其相对地面的加速度与传送带静止的情况相同,故运动的时间  $t_2 = t_1 = 2 \text{ s}$ ;

当传送带以  $4 \text{ m/s}$  的速度顺时针转动时,滑块进入传送带的初速度大于传送带的速度,所以滑块相对于传送带向右做减速运动,当滑块速度等于传送带速度后,滑块随传送带一起向右做匀速运动

设滑块的速度减至等于传送带速度所用的时间为  $t_0$ ,相对地面的位移为  $s_0$ ,在传送带上匀速运行的时间为  $t_0'$ ,传送带的速度为  $v_0$ .由  $t_0 = \frac{v_0 - v}{a}$ ,代入数据得  $t_0 = 1 \text{ s}$ ,

$$\text{据题意知 } t_0' = \frac{L - s_0}{v_0}, s_0 = \frac{v_0^2 - v^2}{2a}$$

代入数据得  $t_0' = 0.75 \text{ s}$ ,所以滑块运动的总时间为  $t_0 + t_0' = 1.75 \text{ s}$ .

(2) 传送带顺时针转动时,要使滑块滑离传送带的水平位移最小,就应使它到达传送带右端时速度最小,即滑块在传送带上一直做匀减速运动.只要传送带的速度小于或等于前面计算的滑块在静止的传送带上滑至右端的速度  $v'$ ,滑块的速度就为  $v'$ .即传送带的速度  $v_0 \leq 2 \text{ m/s}$ ,滑块滑离传送带的水平距离  $s'$  最小,最小值  $s' = v't'$ ,其中

$$t' = \sqrt{\frac{2s}{g}}, \text{代入数据得 } s' = 0.6 \text{ m}.$$



### 原创精选

1. 放在光滑水平面上的物体受三个平行于水平面的共点力作用而处于静止状态,已知  $F_2$  垂直于  $F_3$ .若三个力中去掉  $F_1$ ,物体产生的加速度为  $2.5 \text{ m/s}^2$ ;若去掉  $F_2$ ,物体产生的加速度为  $1.5 \text{ m/s}^2$ ;若去掉  $F_3$ ,则物体的加速度大小为

A.  $1.5 \text{ m/s}^2$

B.  $2.0 \text{ m/s}^2$

C.  $2.5 \text{ m/s}^2$

D.  $4.0 \text{ m/s}^2$

2. 质量为  $0.8 \text{ kg}$  的物体在一水平面上运动,如图 4-1-19 所示的两条直线分别表示物体受到水平拉力作用和不受到拉力作用的  $v-t$  图象.则图象  $b$  与上述的\_\_\_\_\_状态相符.该物体所受到的拉力是\_\_\_\_\_ N.

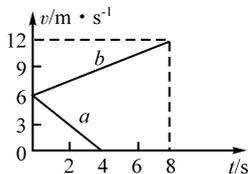


图 4-1-19

3. 小磁铁  $A$  重  $10 \text{ N}$ ,吸在一块水平放置的固定铁板  $B$  的下面,如图 4-1-20 所示.要竖直向下将  $A$  拉下来,至少要用  $15 \text{ N}$  的力,若  $A, B$  间的动摩擦因数为  $0.3$ ,现用

5 N 的水平力推 A 时, A 的加速度大小是\_\_\_\_\_  $\text{m/s}^2$ . ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

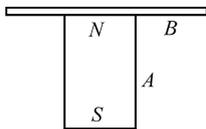


图 4-1-20

4. 如图 4-1-21 所示, 在倾角为  $\theta$  的光滑斜面上端系一劲度系数为  $k$  的轻弹簧, 弹簧下端连有一质量为  $m$  的小球, 球被一垂直于斜面的挡板 A 挡住, 此时弹簧没有形变. 若手持挡板, 使 A 以加速度  $a$  ( $a < g \sin \theta$ ) 沿斜面匀加速下滑, 求:

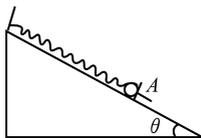


图 4-1-21

- (1) 从挡板开始运动到球与挡板分离所经历的时间;
- (2) 从挡板开始运动到球的速度达到最大, 球所经过的最小路程.

【参考答案】

1. B 由于物体受  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$  作用而处于静止状态, 故三力的合力为零. 根据题意画出三个力的示意图如图 4-1-22 所示, 去掉

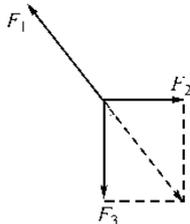


图 4-1-22

$F_1$  时,  $F_2$ 、 $F_3$  的合力大小等于  $F_1$ , 则  $F_1 = ma_1$  ①

去掉  $F_2$  时,  $F_1$ 、 $F_3$  的合力大小等于  $F_2$ , 则  $F_2 = ma_2$  ②

去掉  $F_3$  时,  $F_1$ 、 $F_2$  的合力大小等于  $F_3$ , 则  $F_3 = ma_3$  ③

又有  $F_3 = \sqrt{F_1^2 - F_2^2}$  ④

由①②③④得  $a_3 = \sqrt{a_1^2 - a_2^2} = \sqrt{2.5^2 - 1.5^2} \text{ m/s}^2 = 2.0 \text{ m/s}^2$ .

2. 由题图知, 图象 b 表示加速运动, 是受拉力作用下的  $v-t$  图象; 图象 a 表示减速运动, 是不受拉力作用下的  $v-t$  图象. 由图象 a 知  $a_{\text{减}} = 1.5 \text{ m/s}^2$ , 所以摩擦力  $F_f = ma_{\text{减}} = 1.2 \text{ N}$ ; 由图象 b 知  $a_{\text{加}} = 0.75 \text{ m/s}^2$ , 因  $F - F_f = ma_{\text{加}}$ , 所以  $F = ma_{\text{加}} + F_f = 1.8 \text{ N}$ .

3. 以小磁铁为研究对象, 受力分析如图 4-1-23 所示, 由题意知 A、B 间的弹力  $F_N = 15 \text{ N}$

$$F_{\text{推}} - \mu F_N = ma$$

$$a = \frac{F_{\text{推}} - \mu F_N}{m} = \frac{5 - 0.3 \times 15}{1} \text{ m/s}^2 = 0.5 \text{ m/s}^2.$$

4. (1) 当球与挡板分离时, 挡板对球的作用力为零, 对球由牛顿第二定律得

$$mg \sin \theta - kx = ma$$

则球做匀加速运动的位移为  $x = \frac{m(g \sin \theta - a)}{k}$

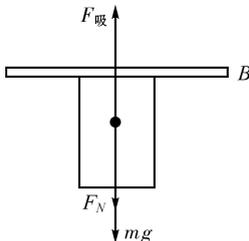


图 4-1-23



由  $x = \frac{1}{2}at^2$  得,从挡板开始运动到球与挡板分离所经历的时间为

$$t = \sqrt{\frac{2x}{a}} = \sqrt{\frac{2m(g\sin\theta - a)}{ka}}$$

(2) 球速最大时,其加速度为零,则有  $kx' = mg\sin\theta$

球从开始运动到球速最大,它所经历的最小路程为  $x' = \frac{mg\sin\theta}{k}$ .



## 高考大预测



### 命题导语

本套试卷由资深一线教师和教研员联袂精心创作而成,试题原创率极高.创作完全依据新课程标准对新高考的要求,努力捕捉最新考试动态,力图实现试题的新颖性、仿真性、训练性、导向性的最大化.以下是本套试卷的几大特色:

①坚持注重基础知识,全面考查能力,完全体现了高考的根本出发点和命题风格.注重基础知识,全面考查能力是高考一贯坚持且不可动摇的主要原则.高考要将不同能力层次的考生区分开来,但高考不可能脱离学科教育这一根本出发点而抽象空洞地考查.本卷全面落实这一原则,试题涉及到必修1中几乎所有的重点及主干知识,覆盖面广,难度适中.在能力要求方面,全面考查了理解能力、推理能力、分析综合能力和应用数学知识处理物理问题的能力.

②特别注重理论联系实际及建模能力的考查.注重理论联系实际是高考的又一突出特点,也是物理学的重要教育目标.本卷特别注重这类试题的创设,力求对高考进行最大限度的仿真,这些考题题材朴素,但选材广泛,有新意,对考生运用所学知识解决实际问题的能力要求较高.这与高考风格是完全一致的.纵观近三年物理高考题,理论联系实际的考题不仅数量上日益增多,选材也日益广泛.部分试题还要求考生能通过分析实际的物理情境抽象出物理模型,再从模型中分析出相关物理规律、各物理量的变化及相互之间的关系,进而列式求解.在这一点上,本卷与高考卷有相当高的一致性,使试题更加贴近高考,真正达到预测的目的.

③注重对考生获取信息、提炼信息、整合信息及灵活运用信息能力的考查.上述能力也是近几年高考的一个突出考查目标.考生利用所学知识或利用新信息解决问题能力的高低,在很大程度上反映了考生创造性解决问题的能力.因此,本卷设置了多个新颖陌生题,力图体现高考要求和最新命题动态,最大限度地弥补考生在该方面能力的不足.

④实验题大胆进行创新,敏锐捕捉最新动态和信息.

#### 一、选择题

1. 关于质点的位移和路程,下列说法中正确的是

一个人从另一个人的谰言中所得来的光明,比从自己的理解力、判断力中所得来的光明更为干净纯粹.

——培根



- A. 位移是矢量,位移的方向就是质点运动的方向  
 B. 路程是标量,即位移的大小  
 C. 质点沿直线向某一方向运动,则位移就是路程  
 D. 物体通过的路程不等,位移可能相同
2. 如图 5-1-1 所示,表面粗糙的固定斜面顶端安有滑轮,两物块  $P$ 、 $Q$  用轻绳连接并跨过滑轮(不计滑轮的质量和摩擦), $P$  悬于空中, $Q$  放在斜面上,均处于静止状态.当用水平向左的恒力推  $Q$  时, $P$ 、 $Q$  仍静止不动,则

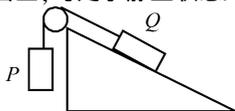


图 5-1-1

- A.  $Q$  受到的摩擦力一定变小  
 B.  $Q$  受到的合力一定变大  
 C. 轻绳上拉力一定变小  
 D. 轻绳上拉力一定不变
3. 如图 5-1-2 所示,斜面体放在墙角附近,一个光滑的小球置于竖直面和斜面体之间.若在小球上施加一个竖直向下的力  $F$ ,小球处于静止状态.如果稍增大竖直向下的力  $F$ ,而小球和斜面体都保持静止,关于斜面体对水平地面的压力和静摩擦力的大小,下列说法:①压力随力  $F$  的增大而增大;②压力保持不变;③静摩擦力随  $F$  的增大而增大;④静摩擦力保持不变.其中正确的是

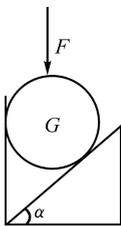


图 5-1-2

- A. 只有①③正确  
 B. 只有①④正确  
 C. 只有②③正确  
 D. 只有②④正确
4. 快艇从离岸边 100 m 远的河中向岸边行驶.已知快艇在静水中的速度图象如图 5-1-3(甲)所示,水流的速度图象如图 5-1-3(乙)所示,则

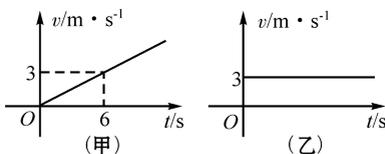


图 5-1-3

- A. 快艇的运动轨迹一定为直线  
 B. 快艇的运动轨迹可能为曲线,也可能为直线  
 C. 快艇最快到达岸边所用的时间为 20 s  
 D. 快艇最快到达岸边经过的位移为 100 m
5. 质量为  $m = 2$  kg 的某质点,做变速直线运动,从  $t = 0$  时刻开始计时,其运动规律符合方程  $s = -3t^2 - 5t$

(SI 制),下列说法正确的是

- A. 质点受到的合外力的大小为 6 N  
 B. 质点做匀减速运动  
 C. 如果质点的运动方向竖直向上,则一定处于超重状态  
 D. 当  $t = 2$  s 时,质点的速度大小为 17 m/s

6. 如图 5-1-4, 静止的传送带上, 有一木块正在匀速下滑, 当传送带突然向上启动时, 木块滑到底部所用的时间跟传送带不动时相比

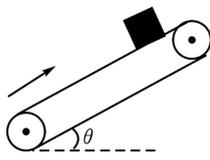


图 5-1-4

- A. 下滑时间不变
- B. 下滑时间延长
- C. 下滑时间缩短
- D. 条件不足, 无法判断

7. 如图 5-1-5 所示, 竖直放置在水平面上的轻质弹簧上叠放着两物块 A、B, A、B 的质量均为 2 kg, 它们处于静止状态, 若突然将一个大小为 10 N、方向竖直向下的力施加在物块 A 上, 则此瞬间, A 对 B 的压力的大小为 (取  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

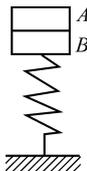


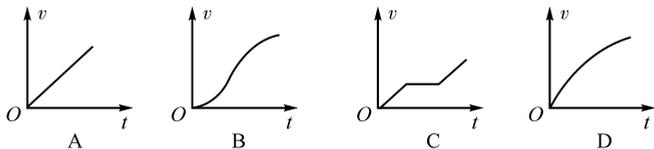
图 5-1-5

- A. 5 N
- B. 15 N
- C. 25 N
- D. 35 N

8. 如图 5-1-6 所示, 放在光滑水平面上的木块受到两个水平力  $F_1$  与  $F_2$  的作用, 静止不动, 现保持  $F_1$  不变, 使  $F_2$  逐渐减小到零, 再逐渐恢复到原来的大小. 在这个过程中, 能正确描述木块运动情况的图象是



图 5-1-6



9. 由同种材料制成的物体 A 和 B 放在很长的木板上, 随长木板一起以速度  $v$  向右做匀速直线运动, 如图 5-1-7 所示, 已知  $M_A > M_B$ , 某时刻木板突然停止运动, 下列说法正确的是



图 5-1-7

- A. 若木板光滑, 由于 A 的惯性较大, A、B 间的距离将增大
- B. 若木板光滑, 由于 A 的惯性较小, A、B 间的距离将减小
- C. 若木板粗糙, A、B 一定会相撞
- D. 无论木板是否光滑, A、B 间的相对距离保持不变

10. 静止的电梯内放了一桶水, 将一个弹簧的一端固定在桶底, 另一端紧固一个软木塞并浸没在水中, 弹簧处于伸长状态. 如图 5-1-8 所示, 当电梯以加速度  $a$  ( $a < g$ ) 下降时

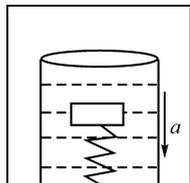


图 5-1-8

- A. 弹簧的伸长量将比静止时小
- B. 弹簧的伸长量将比静止时大



C. 弹簧的伸长量与静止时相等

D. 弹簧的伸长量为零

11. 春天有许多游客放风筝, 会放风筝的人, 可使风筝静止在空中, 以下四幅图中  $AB$  代表风筝截面,  $OL$  代表风筝线, 风向水平, 风筝可能静止的是



12. 如图 5-1-9 所示,  $A$ 、 $B$  两物体的质量分别为  $m_A$  和  $m_B$ , 且  $m_A > m_B$ , 整个系统处于静止状态, 滑轮的质量和一切摩擦均不计. 如果绳一端由  $Q$  点缓慢地向左移到  $P$  点, 整个系统重新平衡后, 物体  $A$  的高度和两滑轮间的绳与水平方向夹角  $\theta$  如何变化

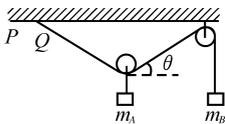


图 5-1-9

A. 物体  $A$  的高度升高,  $\theta$  角变大

B. 物体  $A$  的高度降低,  $\theta$  角变小

C. 物体  $A$  的高度降低,  $\theta$  角不变

D. 物体  $A$  的高度不变,  $\theta$  角变小

13. 物体静止在光滑水平面上, 先对物体施一水平向右的恒力  $F_1$ , 经  $t$  秒后物体的速率为  $v_1$  时撤去  $F_1$ , 立即再对它施一水平向左的恒力  $F_2$ , 又经  $t$  秒后物体回到出发点时, 速率为  $v_2$ , 则  $v_1$ 、 $v_2$  间的关系是

A.  $v_1 = v_2$

B.  $2v_1 = v_2$

C.  $3v_1 = v_2$

D.  $5v_1 = v_2$

## 二、非选择题

14. 如图 5-1-10 所示, 一质量为  $M$  的楔形木块放在水平桌面上, 它的顶角为  $90^\circ$ , 两底角为  $\alpha$  和  $\beta$ ;  $A$ 、 $B$  为两个位于斜面上的质量均为  $m$  的小木块, 已知所有的接触面都是光滑的, 现发现  $A$ 、 $B$  沿斜面下滑, 而楔形木块静止不动, 这时楔形木块对水平桌面的压力等于\_\_\_\_\_.

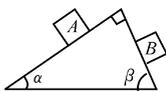


图 5-1-10

15. 在图 5-1-11 所示的装置中,  $AO$ 、 $BO$  是两根等长的轻绳, 一端分别固定在竖直墙上同一高度的  $A$ 、 $B$  两点, 用轻杆  $CO$  使  $OA$ 、 $OB$  两绳位于同一水平面内,  $\angle AOB = 120^\circ$ ,  $OD$  垂直于  $AB$ , 轻杆  $OC$  与  $OD$  在同一竖直平面内,  $C$  端用铰链固定在墙上,  $\angle COD = 60^\circ$ . 在结点  $O$  用轻绳悬挂重为  $G$  的物体, 则绳  $OA$  受到的拉力大小为\_\_\_\_\_; 杆  $OC$  受到的压力大小为\_\_\_\_\_.

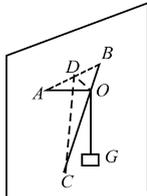


图 5-1-11

16. 如图 5-1-12 所示,置于光滑水平面上的斜劈上,用固定在斜面上的竖直挡板挡住一个光滑球. 这时斜面和挡板对球的弹力分别是  $N$  和  $T$ . 若用力  $F$  水平向左推斜劈,使整个装置一起向左加速运动,则  $N$  与  $T$  的变化情况是  $N$  \_\_\_\_\_,  $T$  \_\_\_\_\_.

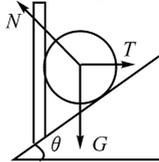


图 5-1-12

17. 如图 5-1-13 所示,轻绳  $AC$  与天花板的夹角  $\alpha = 30^\circ$ ,轻绳  $BC$  与天花板的夹角  $\beta = 60^\circ$ . 设  $AC$ 、 $BC$  绳能承受的最大拉力均不能超过 100 N,  $CD$  绳强度足够大,求  $CD$  绳下端悬挂的物重  $G$  不能超过多少?

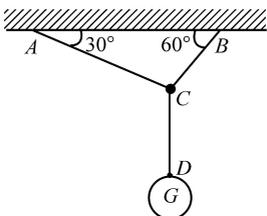


图 5-1-13

18. 光滑水平面上,足够长的木板质量为  $M = 8 \text{ kg}$ ,由静止开始在水平拉力  $F = 8 \text{ N}$  的作用下向右运动,如图 5-1-14 所示,速度达到  $1.5 \text{ m/s}$  时,将质量  $m = 2 \text{ kg}$  的物体轻轻放到木板的右端,已知物体与木板之间的动摩擦因数  $\mu = 0.2$ . 求:

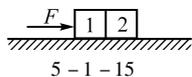


图 5-1-14

- (1) 物体放到木板上以后,经多少时间物体与木板相对静止? 在这段时间里,物体相对于木板滑动的距离为多大?
  - (2) 在物体与木板相对静止后,它们之间还有相互作用的摩擦力吗? 为什么? 如有,摩擦力多大?
19. 对超重的耐受能力,是“神舟”六号载人航天飞行过程中需要考虑的一个重要因素. 为了使飞船顺利升空,飞船需要一个加速过程. 人们把飞船加速时座椅对宇航员的支持力与宇航员静止在地球表面时所受重力的比值,称为耐受力值,用  $k$  表示. 在选拔宇航员时,要求他在此状态下的耐受力值为  $4 \leq k \leq 12$ . 宇航员费俊龙、聂海胜的  $k$  值为 10.

- (1) 试求飞船发射时的加速度值的变化范围;
- (2) 当飞船沿竖直方向加速升空时,宇航员需要承受巨大的压力. 求在他们能够承受最大压力的情况下,飞船的加速度的最大值是多少?

20. 质量分别为  $m_1$  和  $m_2$  的 1 和 2 两长方体物块并排放在水平面上,在水平向右的力  $F$  作用下,沿水平面加速运动,如图 5-1-15 所示,试就下面两种情况,求出物块 1 对物块 2 的作用力  $T$ .



5-1-15

- (1) 水平面光滑;
  - (2) 两物块与水平面间的动摩擦因数都为  $\mu$ .
21. 一跳水运动员从离水面 10 m 高的平台上跃起,举双臂直立身体离开台面,此时重心位于从手到脚全长的中点,跃起后重心升高 0.45 m 达到最高点,落水时身体竖直,手先入水(在此过程中运动员水平方向的运动忽略不计). 从离开跳台到手触水面,他可用于完成空中动作的时间是多少? ( $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$ ,结果保留两位数字)



## 【参考答案】

1. D 由初位置指向末位置的有向线段表示位移. 当质点朝一个方向做直线运动时, 位移的大小等于路程, 但不能说位移就是路程, 故选项 C 错; 如果质点做曲线运动, 则位移的大小必小于路程, 故选项 B 错; 位移的方向由起点指向终点, 与质点运动方向不一定相同, 如圆周运动中, 质点运动半周后, 位移方向沿直径, 而速度方向沿切线方向, 故选项 A 错; 质点从甲地到乙地, 可经过不同路径, 但位移是一定的, 故选项 D 正确.

【解题回顾】 只有单方向的直线运动, 物体位移的大小才等于路程.

2. D  $P$ 、 $Q$  原来处于平衡状态, 但是由于不知道  $Q$  平行于斜面的重力的分力和  $P$  的重力的大小关系, 所以  $Q$  所受的摩擦力  $F_f$  沿斜面向上还是向下, 不能作出正确的判定, 故选项 A 不正确; 而根据物块  $P$ 、 $Q$  的平衡可知, 绳的拉力大小为  $P$  的重力,  $Q$  受到的合力一定为零, 故选项 B、C 错误, 选项 D 正确.

【解题回顾】 本题若考虑不周认为  $Q$  原来所受摩擦力方向向下而误选 A; 认为  $Q$  原来所受摩擦力方向向上而误选 B; 若考虑不到整体的前、后平衡可能误选 C.

3. A 小球原来处于静止状态, 当竖直向下的力  $F$  增大时, 可等效为小球的重力增加. 由小球的平衡 (等效为小球处于斜面和挡板之间的平衡问题) 得: 竖直墙对小球的支持力增大. 再对小球和斜面体组成的整体分析: 竖直方向上, 整体对地面的压力随力  $F$  的增大而增大, ①说法正确, ②说法错误. 水平方向上由平衡知: 静摩擦力随  $F$  的增大而增大, ③说法正确, ④说法错误.

【解题回顾】 此题完全可以用常规求解方法即对物体分别进行受力分析, 再由各自的平衡状态列方程而求解. 但本题用上述的等效法求解可以看出非常简便. 所以以后解题时 (特别是这类选择题或填空题, 不要求中间求解步骤), 能用等效法时优先选用等效法.

4. C 快艇在河中向岸边行驶的过程中, 还要受到流水的影响, 即快艇同时参与两个运动, 而且两个分运动中, 一个是匀速直线运动, 另一个是匀加速直线运动, 其合运动一定是匀变速曲线运动, 故选项 A、B 错误. 快艇最快到达岸边所用的时间  $t$  可以用快艇的这个分运动来求解.

$$\text{对快艇, 由题知 } v_0 = 0 \quad a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 0.5 \text{ m/s}^2 \quad s = \frac{1}{2} at^2$$

$$\text{即 } t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = 20 \text{ s, 选项 C 正确.}$$

快艇最快到达岸边经过的位移为

$s = \sqrt{s_1^2 + s_2^2} = \sqrt{13} 600 \text{ m}$ , 故选项 D 错误.

[解题回顾] 小船渡河问题是运动的合成和分解的一个特例. 解决这类问题的关键是要掌握好运动的合成和分解中合运动与分运动的关系: (1) 等时性——合运动和分运动经历的时间相等, 可以用合运动或分运动来求分运动或合运动的时间. (2) 独立性——物体在任一方向上的运动都以各自的规律进行, 不因为其他方向的运动而受影响. (3) 等效性——各分运动叠加起来与合运动具有完全相同的效果. 小船渡河的时间可以用其分运动(小船相对于静水)求解, 而小船渡河的位移则必须用两个分运动的位移合成(借助于平行四边形定则)求解.

5. CD 由运动学公式  $s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$  和运动规律方程  $s = -3t^2 - 5t$  比较可知,  $a = -6 \text{ m/s}^2, v_0 = -5 \text{ m/s}$ , 由牛顿第二定律可知, 质点受到的合外力的大小为  $12 \text{ N}$ , A 错; 因为质点速度方向与加速度方向相同, 所以做匀加速运动, B 错; 如果质点的运动方向向上, 则是加速上升, 所以处于超重状态, C 对; 当  $t = 2 \text{ s}$  时, 质点的速度大小为  $17 \text{ m/s}$ , D 对.

[解题回顾] 新的课程标准强调“知识与技能, 过程与方法”, 本题通过学生所学物理知识, 结合运动学公式, 考查了牛顿运动定律的应用、运动性质的判断、超重失重等问题. 本题构思巧妙, 涵盖考点较多, 情境新颖, 属于学科内的综合. 既符合新的课程标准的要求, 也充分体现了新高考的能力要求, 具有较强的选拔性.

6. A 木块匀速下滑和传送带突然向上启动, 木块所受摩擦力均为滑动摩擦力, 大小方向均不变化, 木块的运动情况不会改变.

[解题回顾] 本命题涉及到牛顿第二定律和运动学的知识, 对学生分析问题、解决问题的能力要求较高. 从牛顿第二定律出发, 明白力是改变物体运动状态的原因. 再用运动学知识就可以准确作出判断了.

7. C 对于此问题, 若突然将一个大小为  $10 \text{ N}$ 、方向竖直向下的力施加在物块 A 上, 则认为此瞬间弹簧还没来得及发生形变, 仍为原来的长度, 故 A、B 作为整体所受合外力为  $F$ , 加速度大小为  $a = \frac{F}{2m} = \frac{10}{4} = 2.5 \text{ m/s}^2$ . 然后对 B 进行分析, 得  $mg + N_{AB} - F_{\text{弹}} = ma$ , 而  $F_{\text{弹}} = 2mg$ , 代入得:  $N_{AB} = mg + ma = 25 \text{ N}$ .

[解题回顾] 本命题涉及到弹簧弹力产生的特点, 同时考查了整体法和隔离法的应用. 做好本题, 要对弹簧弹力产生的特点把握准确, 知道弹力的产生是与弹簧的形变相对应的. 在一瞬间, 弹簧来不及发生形变. 这是解决本题的关键. 同时, 对运用隔离法、整体法分析问题的能力要求较高.

8. B 由于原来两个力是平衡力, 所以当  $F_2$  逐渐减小的过程中, 合力在逐渐变大, 加速度也在逐渐变大, 物体做加速度逐渐变大的加速运动. 在  $F_2$  逐渐恢复的过程中,



合力又逐渐变小,但方向不变,所以物体在原方向上做加速度逐渐减小的加速运动.最后当  $F_2$  恢复到原值的时候,物体重新处于平衡状态,做匀速直线运动.

**[解题回顾]** 本命题以牛顿第二定律和图象问题为考查内容,对考生受力分析,运用牛顿第二定律判断物体运动情况,并用图象法表示出来的能力有较高要求.

9. D 若木板光滑,当木板突然停止运动时,由于惯性, $A$ 、 $B$  两物体都将保持原有的速度继续匀速运动,则  $A$ 、 $B$  相对静止,即  $A$ 、 $B$  间的相对距离保持不变;若木板粗糙,由于物体  $A$ 、 $B$  的材料相同,则其与木板之间的动摩擦因数相同,当木板突然停止运动时, $A$  和  $B$  将以相同的初速度  $v_0$  和加速度  $\mu g$  做匀减速直线运动,则  $A$ 、 $B$  相对静止,即  $A$ 、 $B$  间的相对距离保持不变,综上所述,无论木板是否光滑, $A$ 、 $B$  间的相对距离保持不变,故 D 选项正确.

**[解题回顾]** 本题将惯性、牛顿第一定律、牛顿第二定律、匀速运动、匀变速直线运动等知识结合在一起,考查学生理解、分析、推理等能力和思维的严密性,解决本题的关键在于对上述概念和规律的深刻理解,并仔细分析物体的受力情况和运动情况.本题看似简单,可对考生的理解、分析、推理等能力和思维的严密性等也都作出了高要求.

10. A 当电梯静止时,设弹簧的弹力为  $F_1$ ,则有  $F_1 + mg = F_{\text{浮}}$ ,解得  $F_1 = F_{\text{浮}} - mg =$

$$\rho Vg - mg, \text{ 弹簧的伸长量 } x_1 = \frac{F_1}{k} = \frac{(\rho V - m)g}{k}$$

当电梯加速下降时,设弹簧的弹力为  $F_2$ ,有  $F_2 + mg - F_{\text{浮}}' = ma$ ,因为水也向下做加速运动,所以  $F_{\text{浮}}' = \rho(g - a)V$

$$\text{解得 } F_2 = ma + F_{\text{浮}}' - mg = (\rho V - m)(g - a)$$

$$\text{此时弹簧的伸长量 } x_2 = \frac{F_2}{k} = \frac{(\rho V - m)(g - a)}{k}$$

因为  $a < g$ ,所以  $x_2 < x_1$

如果  $a = g$ ,则处于完全失重状态,则正确选项为 D.

**[解题回顾]** 本命题把失重作为考查点,考查学生分析问题、解决问题的能力.意识不到水也失重,是本题的易错点.

11. B 风筝若要在空中保持静止,风筝所受的合外力必须为零.而对风筝在 A、B、C、D 四种情况进行受力分析,根据平行四边形定则和几何知识可得出:风筝能够保持静止即风筝所受的合外力为零的状态只有选项 B. 所以选项 B 正确.

**[解题回顾]** 这题涉及物体的平衡问题,是静力学中的重点内容,也是各类考试的重点.平时类似的题目做过不少,要从实质上能够准确地分析同类问题,关键是要把握物体的受力分析情况,而受力分析过程中要考虑到每个物体是否都满足平衡条件.

12. C 绳一端由  $Q$  点缓慢地向左移到  $P$  点,整个系统重新平衡后,对  $A$  的平衡知:绳中拉力始终没有发生变化.而对  $B$  物体和动滑轮的平衡知:与动滑轮相连的绳子

的夹角不能发生变化,即 $\theta$ 角不能变化,所以选项 A、B、D 均错误. 又由于绳子的左移,使得左边绳子的长度增加,故 A 高度降低. 正确选项为 C.

[解题回顾] 该题动态平衡中各力的变化情况是一类常见类型,总结其特点有:①合力大小和方向不变;②一个分力的方向不变,分析另一个分力方向变化时两个分力的大小的变化情况. 用图解法可以省去繁琐的数学运算,具有简单、直观的优点.

13. A 设物体在  $F_1$  作用下,在时间  $t$  内发生的位移为  $s$ ;则物体在  $F_2$  作用下,在时间  $t$  内发生的位移为  $-s$ ;根据平均速度的定义,以及在匀加速直线运动中平均速度

$$\text{与瞬时速度的关系,可得物体在 } F_1 \text{ 作用下的平均速度 } \bar{v}_1 = \frac{s}{t} = \frac{v_1 + 0}{2}$$

$$\text{物体在 } F_2 \text{ 作用下的平均速度 } \bar{v}_2 = \frac{-s}{t} = \frac{v_1 + (-v_2)}{2}$$

于是  $\bar{v}_2 = -\bar{v}_1$ , 得  $v_2 = 2v_1$ .

[解题回顾] 公式  $\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2}$  适用所有加速度恒定的运动,包括匀加速直线运动和匀加速曲线运动. 对于匀加速直线运动,无论物体是否做往返运动,上式都成立;对于匀加速曲线运动,注意上式的矢量性.

14. 取 A 为研究对象,受到重力、支持力的作用,加速度沿斜面向下,大小为  $g \sin \alpha$ ,同理, B 的加速度大小为  $g \sin \beta$ ,将两者的加速度沿水平方向和竖直方向分解,它们在竖直方向的分加速度分别为  $g \sin^2 \alpha$  和  $g \sin^2 \beta$ . 可得 A、B 都处于失重状态,分别失重  $mg \sin^2 \alpha$  和  $mg \sin^2 \beta$ . 因此楔形木块和两小木块组成的系统对地面的压力比处于平衡状态时少  $mg \sin^2 \alpha + mg \sin^2 \beta$ , 则  $N = Mg + 2mg - (mg \sin^2 \alpha + mg \sin^2 \beta) = Mg + mg$ .

[解题回顾] 考查牛顿第二定律与超重、失重的应用. 能灵活运用超重、失重来解题,往往会省时省力,提高准确度.

15. 本题的“难”在于涉及三维空间,但是题目也明确给出了两个平面:  $\triangle AOB$  所在的水平面及  $\triangle COD$  所在的竖直平面. 本题应从我们熟悉的平面问题入手来解.

位于水平面内的 AO、BO 两绳等长,且整个装置左右对称,可见两绳的拉力相等,设为  $T$ ,又已知  $\angle AOB = 120^\circ$ ,因此,不但能确定两绳拉力的合力的方向是沿 OD 的,而且合力的大小也等于  $T$ . 于是若 OD 为一绳,就可以取代(等效)AO、BO 两绳的作用,题目就转化为如图 5-1-16 所示装置的问题,且求出 OD 绳的拉力大小就等于求出 OA 绳的拉力大小.

不难得出:OD 绳上的拉力  $T = G \tan 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3}G$

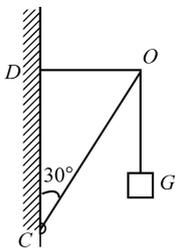


图 5-1-16



$$OC \text{ 杆所受压力: } N = G / \sin 60^\circ = \frac{2\sqrt{3}}{3}G.$$

16. 首先弄清静止时的情况,这是变化的基础.设球重为  $G$ ,斜面倾角为  $\theta$ ,这是两个不变的物理量.以球为研究对象,受力图已在题图上画出,静止时有  $N \cos \theta = G$ ,  $N \sin \theta = T$

$$\text{于是可得 } N = G / \cos \theta, T = G \tan \theta$$

当整个装置一起向左加速运动时,设斜面和挡板对球的弹力分别为  $N'$ 、 $T'$ ,以球为研究对象,则

$$N' \cos \theta = G, N' \sin \theta - T' = ma, \text{ 于是可得 } N' = G / \cos \theta, T' = G \tan \theta - ma$$

因此,  $N' = N, T' < T$ . 故  $N$  不变,  $T$  变小.

[解题回顾] 其实,这一问题,也可以这样思考:整个装置一起向左加速运动时,在竖直方向上,系统依然处于平衡状态,所以球在竖直方向所受合力仍然为零.即仍要满足  $N = G / \cos \theta$ ,正是这一约束条件,使得斜面对球的弹力  $N$  不可能发生变化,于是使得球向左加速运动,获得向左的合外力的唯一可能就是  $T$  减小了.

本题给我们的直接启示,是要树立“正交思维的意识”,即在两个互相垂直的方向上分析问题.对比和联想,特别是解题之后的再“想一想”,是提高解题能力的“事半功倍”之法.譬如:其一,本题若改为整个装置竖直向上加速运动,讨论各个力的变化情况时,绝不能简单地套用本题的结论,得出“ $N$  增大,  $T$  不变”的错误结论.同样应由竖直与水平两个方向的约束条件分析,由竖直向上加速,可得  $N$  增大;由水平方向平衡,注意到  $N$  增大,其水平方向的分量也增大,  $T = N \sin \theta$ ,也会随之增大.“正交思维的意识”是一种思维方法,而不是某一简单的结论.其二,本题还应从  $T$  减小联想下去,挡板对球的弹力  $T$  的最小值是零.若  $T = 0$ ,可得出球以及整个装置的加速度  $a = g \tan \theta$ ,这是整个装置一起向左加速运动所允许的最大加速度,加速度再大,球就相对斜面滑动了.若  $a = g \tan \theta$ ,既然  $T = 0$ ,那么挡板如同虚设,可以去掉,这样对斜劈的水平推力  $F$  的大小在知道斜劈和球的质量( $M$  和  $m$ )的前提下,也可得  $F = (M + m)g \tan \theta$ .

17. 如图 5-1-17 所示,以结点  $C$  为研究对象,根据共点力

的平衡条件有:

$$F_A \cos 30^\circ = F_B \cos 60^\circ \quad \text{①}$$

$$F_C = F_A \sin 30^\circ + F_B \sin 60^\circ \quad \text{②}$$

又因为  $G = F_C$

由①知:  $F_B = \sqrt{3}F_A$ , 则  $BC$  绳拉力先达到最大

所以当  $F_B = 100 \text{ N}$  时,物重  $G$  有最大值  $G_{\max}$

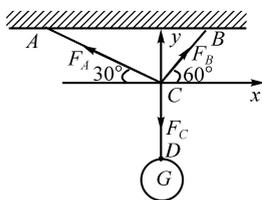


图 5-1-17

联立解得： $G_{\max} = \frac{200\sqrt{3}}{3} \text{ N}$  (或 115 N).

**[解题回顾]** 本题计算  $CD$  绳下端悬挂的物重  $G$  不能超过多少, 必须判断是哪一根绳子的拉力先达到了最大值, 然后就用这一根绳子的拉力和物体的平衡条件, 可以求出结果. 某种物理现象变化为另一种物理现象的转折状态叫做临界状态, 物体平衡的临界状态是指物体所处的平衡状态将要破坏而尚未破坏的状态. 解答平衡物体的临界问题时可用假设法. 运用假设法解题的基本步骤是: ①明确研究对象; ②画受力图; ③假设可发生的临界现象; ④列出满足所发生的临界现象的平衡方程, 然后求解.

18. (1) 物体放到木板上之后, 在它们达到相对静止之前, 它们之间在水平方向上存在相互作用的滑动摩擦力:  $F' = \mu mg = 4 \text{ N}$

物体  $m$  的加速度为:  $a_1 = \mu g = 2 \text{ m/s}^2$

木板的加速度为:  $a_2 = (F - F')/M = 0.5 \text{ m/s}^2$

设木板与物体达到相对静止所需时间为  $t$ , 则  $a_1 t = v + a_2 t$  得:

$$t = \frac{v}{(a_1 - a_2)} = 1 \text{ s} \quad s = vt + \frac{1}{2} a_2 t^2 - \frac{1}{2} a_1 t^2 = 0.75 \text{ m}.$$

(2) 物体与木板相对静止后, 在  $8 \text{ N}$  的恒力作用下, 共同加速度为  $a_3 = 0.8 \text{ m/s}^2$ , 对木板上的物体来讲, 产生加速度的力, 只能是木板对它的静摩擦力, 故:  $F'' = ma_3 = 1.6 \text{ N}$ .

**[解题回顾]** 本题是一个典型的动力学问题, 在运用牛顿运动定律结合运动学公式解题的时候, 要注意选取的参考系必须一致, 一般以地面为参考系.

19. (1) 宇航员对座椅的压力大小为  $F_N = kmg$ . 由牛顿第三定律可知, 座椅对宇航员的支持力大小为  $F'_N = kmg$ , 根据牛顿第二定律, 得  $30 \text{ m/s}^2 \leq a \leq 110 \text{ m/s}^2$ .

(2) 由题意可知, 座椅对宇航员的支持力为  $F'_N = kmg$ , 根据牛顿第二定律, 得  $F'_N - mg = ma$ , 则  $a = (k - 1)g = 9g = 90 \text{ m/s}^2$ .

**[解题回顾]** 在实际问题中正确运用牛顿运动定律, 是考生必须掌握的基本能力. 从题目中找到有用的条件是解决这类问题的关键.

20. (1) 以整个装置为研究对象, 设它们的加速度为  $a$ , 则  $a = \frac{F}{m_1 + m_2}$

再以物块 2 为研究对象, 物块 1 对 2 的作用力  $T = m_2 a = \frac{m_2}{m_1 + m_2} F$ .

(2) 与上述过程相同, 以整个装置为研究对象, 设它们的加速度为  $a'$ , 则

$$a' = \frac{F}{m_1 + m_2} - \mu g$$

再以物块 2 为研究对象, 物块 1 对 2 的作用力  $T' = \frac{m_2}{m_1 + m_2} F$ .



[解题回顾] 两种情况的结论相同,这是因为与“光滑”情况相比较,两物块在运动方向上都各增加了一个力,而这个力是与两物块的质量成正比出现的,两物块的加速度为此改变了相同的值,并非它们之间相互作用力改变造成的.反之,若两物块之间的相互作用力发生了变化,两物块在相反方向上改变了相同的值,为此它们的加速度将一个增加,一个减小,不可能在一起运动了,这与事实不符.

21. 根据题意计算时,可以把运动员看作全部质量集中在重心的一个质点,且忽略其

水平方向的运动,因此运动员做的是竖直上抛运动,由  $h = \frac{v_0^2}{2g}$  可求出刚离开台面

时的速度  $v_0 = \sqrt{2gh} = 3 \text{ m/s}$ . 由题意知整个过程运动员的位移为  $-10 \text{ m}$  (以向上

为正方向),由  $s = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$ , 解得:  $t \approx 1.7 \text{ s}$ .

[解题回顾] 把整个过程分为上升阶段和下降阶段来解,也完全可以,但解答过程要繁琐.

