目录



第一篇　力　学

第 1 讲　力　常见的三种力 ……（ 5 ）
第 2 讲　力的合成与分解 ……（ 9 ）
第 3 讲　共点力作用下物体的平衡……（ 12 ）
第 4 讲　描述直线运动的基本概念……（ 17 ）
第 5 讲　匀变速直线运动的规律及其应用……（ 20 ）
第 6 讲　自由落体运动　*竖直上抛运动 ……（ 25 ）
第 7 讲　牛顿第一、第三定律　惯性 ……（ 28 ）
第 8 讲　牛顿第二定律……（ 30 ）
第 9 讲　牛顿第二定律的应用……（ 34 ）
第 10 讲　运动的合成与分解　平抛运动……（ 39 ）
第 11 讲　圆周运动……（ 42 ）
第 12 讲　万有引力定律及其应用……（ 47 ）
第 13 讲　功　功率……（ 51 ）
第 14 讲　动能　动能定理……（ 54 ）
第 15 讲　机械能守恒定律……（ 58 ）
第 16 讲　冲量和动量　动量定理……（ 62 ）
第 17 讲　动量守恒定律及其应用……
第 18 讲　简谐运动及其描述……
第 19 讲　简谐运动的能量　受迫振动　共振……（ 74 ）
第 20 讲　机械波的产生及其传播……（ 77 ）
第 21 讲　波的干涉与衍射……（ 83 ）
第 22 讲　力学实验……（ 86 ）

第二篇　热　学

第 23 讲　分子热运动　能量守恒……（ 98 ）

第三篇　电　学

第 24 讲　库仑定律　电场强度 ……（109）

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第 25 讲　电势差　电势　电势能 …… (113)
第 26 讲　电容　电容器 …… (119)
第 27 讲　带电粒子在匀强电场中的运动 …… (123)
第 28 讲　电阻定律　电功　电功率 …… (128)
第 29 讲　闭合电路欧姆定律 …… (132)
第 30 讲　电阻的测量 …… (137)
第 31 讲　磁场及磁场对电流的作用 …… (143)
第 32 讲　磁场对运动电荷的作用 …… (148)
第 33 讲　带电粒子在电磁场中的运动 …… (154)
第 34 讲　电磁感应现象　楞次定律 …… (160)
第 35 讲　法拉第电磁感应定律及其应用　自感现象 …… (166)
第 36 讲　电磁感应中的综合问题 …… (173)
第 37 讲　交变电流　电感和电容对交变电流的影响 …… (180)
第 38 讲　变压器　电能的输送 …… (186)
第 39 讲　电磁场和电磁波 …… (191)
第 40 讲　电学实验 …… (195)

第四篇　光学　原子物理

第 41 讲　光的反射和折射　全反射及光的色散 …… (208)
第 42 讲　光的波动性　光电效应 …… (213)
第 43 讲　原子和原子核 …… (219)

第五篇　高考热点与冲刺

第 44 讲　高考热点综合题解题方法技巧 …… (226)
第 45 讲　高考冲刺兵法要诀 …… (235)



第一篇 力 学

【考纲诠释导读】

一、高考热点聚焦

高考重点考什么？

力学所要解决的中心课题是力和物体运动的关系.力学知识不仅自成体系,而且贯穿整个物理学的始终.通过力学知识的学习与运用,能够全面考查学生的理解能力、推理能力、设计和完成实验的能力、获取知识的能力和分析综合能力.力学知识是物理学的主干知识、高考的重点内容.近几年高考物理试题,力学分值约占全卷的40%.

力、质点、位移、速度、加速度、功、能、冲量和动量是力学中最基本、同时也是最重要的概念,围绕这些基本力学概念命题的高考试题可以较好地考查考生的理解能力.如2001年全国高考“理综”第23题,2002年广东省高考第2题,2003年上海市高考第4题,2004年全国高考“理综”湖北卷第18题,2004年上海卷第5题,2004年北京卷第20题等.

牛顿运动定律、动能定理、机械能守恒定律、动量守恒定律是力学中重要的基本规律,这些规律的理解和运用非常重要,相关的高考试题能全面考查考生的分析、综合能力.高考压轴题多与这些规律的运用有关.如2003年全国高考“理综”第34题,2003年江苏省高考第20题,2004年全国高考“理综”浙江卷第25题,2004年上海卷第21题,2004年全国高考“理综”湖北卷第25题,2004年全国高考老课程卷第25题等.

物理思维方法和常见物理分析方法也是学习的重要内容,如理想化的方法、力的合成与分解、运动的合成与分解等等.理解并运用这些思维方法和分析方法,能使我们获取知识的能力大大提高.

二、高考能力要求

高考怎么考？

(一)理解能力

1.理解自然科学的基本概念、原理和规律.

2.定量描述、解析和说明自然科学的现象和规律,清楚认识和应用概念、规律的表达形式(包括文字表达和数字表达).

【例1】 (2001年全国“理综”)下列是一些说法,其中对这些说法判断正确的是 ( )

①一质点受两个力作用且处于平衡状态(静止或匀速),这两个力在同一段时间内的冲量一定相同.

②一质点受两个力作用且处于平衡状态(静止或匀速),这两个力在同一段时间内做的功或者都为零,或者大小相等、符号相反.

③在同样的时间内,作用力和反作用力的功大小不一定相等,但正负号一定相反.

④在同样的时间内,作用力和反作用力的功大小不一定相等,正负号也不一定相反.

A.①② B.①③ C.②③ D.②④

【解析】 本题是一道非常基础的试题,但它考查了考生对牛顿第三定律、物体的平衡、冲量、功等基本概念和规律的理解程度.

当质点受两个力作用,且处于静止或匀速直线运动的平衡状态时,作用在这个质点上的两个外力必定大小相等,方向相反,否则它们的合力不为零,质点就不能处于平衡状态.根据冲量的定义,当时间一定时,冲量的大小和方向取决于力的大小和方向.因此,这两个力在同一段时间内的冲量必定大小相等,方向相反,说明这两个冲量是不相同的,所以说法①是错误的.质点处于静止状态时,在任一段时间内,质点没有位移,故这两个力在同一段时间内对质点做的功都为零.当质点处于匀速直线运动状态时,两个力必大小相等,方向相反.设其中一个力的方向与质点的位移方向的夹角为θ,则另一个力的方向与质点位移方向的夹角必为$\pi+\theta$.由功的定义,可以推论出这两个力在同一段时间内对质点做的功一定大小相等,符号相反,所以说法②是正确的.

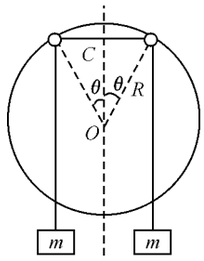
根据牛顿第三定律，作用力和反作用力大小相等，方向相反，作用时间相同. 由于作用力和反作用力是分别作用在两个物体(或同一物体的两个部分)上，而这两个物体的位移之间一般说来并无什么普遍的规律，因此，作用力的功和反作用力的功之间无论在大小或正负上都没有什么普遍的规律. 因此，说法④是正确的，而说法③是错误的.

【答案】 D

(二)推理能力

能够根据已知的知识和题目给定的事实和条件，抽象、归纳相关信息，对自然科学问题进行逻辑推理和论证，得出正确的结论或作出正确的判断，并能把推理过程正确地表达出来.

【例 2】 (2004 年江苏)如图Ⅰ－1 所示，半径为 R、圆心为 O 的大圆环固定在竖直平面内，两个轻质小圆环套在大圆环上，一根轻质长绳穿过两个小圆环，它的两端都系上质量为 m 的重物，忽略小圆环的大小.



图Ⅰ－1

(1)将两个小圆环固定在大圆环竖直对称轴的两侧 $\theta=30°$ 的位置上(如图). 在两个小圆环间绳子的中点 C 处，挂上一个质量 $M=\sqrt{2}m$ 的重物，使两个小圆环间的绳子水平，然后无初速释放重物 M. 设绳子与大、小圆环间的摩擦均可忽略，求重物 M 下降的最大距离.

(2)若不挂重物 M，小圆环可以在大圆环上自由移动，且绳子与大、小圆环间及大、小圆环之间的摩擦均可以忽略，问两个小圆环分别在哪些位置时，系统可处于平衡状态？

【解析】 (1)重物向下先做加速运动，后做减速运动，当重物速度为零时，下降的距离最大. 设下降的最大距离为 h，由机械能守恒定律得

$$Mgh=2mg[\sqrt{h^2+(R\sin\theta)^2}-R\sin\theta]$$

解得 $h=\sqrt{2}R$

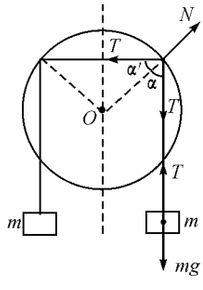
(另解 $h=0$ 舍去)

(2)系统处于平衡状态时，两小环的可能位置为：

a. 两小环同时位于大圆环的底端.

b. 两小环同位位于大圆环的顶端.

c. 两小环一个位于大圆环的顶端，另一个位于大圆环的底端.



图Ⅰ－2

d. 除上述三种情况外，根据对称性可知，系统如能平衡，则两小圆环的位置一定关于大圆环的竖直对称轴对称. 设平衡时，两小圆环在大圆环的竖直对称轴两侧 α 角的位置上(如图Ⅰ－2 所示).

对于重物 m，受绳子拉力 T 与重力 mg 的作用，有

$$T=mg$$

对于小圆环，受到三个力的作用，水平绳子的拉力 T、竖直绳子的拉力 T、大圆环的支持力 N. 两绳子的拉力沿大圆环切向的分力大小相等，方向相反，故有

$$T\sin\alpha=T\sin\alpha'$$

得 $\alpha=\alpha'$，而 $\alpha+\alpha'=90°$，所以 $\alpha=45°$

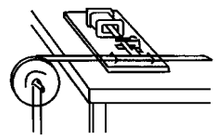
(三)设计和完成实验的能力

1. 独立完成实验的能力.

2. 能根据要求灵活运用已学过的自然科学理论、实验方法和仪器，设计简单的实验方案并处理相关的实验问题.

【例 3】 (2002 年广东)一个有一定厚度的圆盘，可以绕通过中心垂直于盘面的水平轴转动. 用下面的方法测量它匀速转动时的角速度.

实验器材：电磁打点计时器，米尺，纸带，复写纸片.


图Ⅰ－3

实验步骤：

(1)如图Ⅰ－3 所示，将电磁打点计时器固定在桌面上，将纸带的一端穿过打点计时器的限位孔后，固定在待测圆盘的侧面上，使得圆盘转动时，纸带可以卷在圆盘侧面上.

(2)启动控制装置使圆盘转动，同时接通电源，打点计时器开始打点.

(3)经过一段时间，使圆盘停止转动和打点，取下纸带，进行测量.

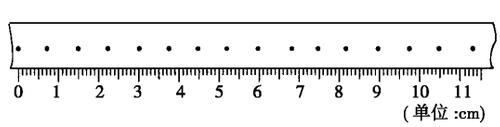
①由已知量和测得量表示的角速度的表达式为 $\omega=$ _____. 式中各量的意义是：_____

_____

_____.

②某次实验测得圆盘半径 $r=5.50\times10^{-2}$ m，得到的纸带的一段如图Ⅰ－4 所示. 求得角速度为 _____

_____.



图Ⅰ－4

【解析】 这道题中的实验虽然不是课本中的实验，但其主要实验仪器和相关知识内容是我们熟悉的.

在纸带上选取相距较远的两个点，其位置坐标记为 x_1、x_2，则纸带移动速度 $v=\frac{x_2-x_1}{T(n-1)}$，又 $v=\omega r$，所以 $\omega=\frac{x_2-x_1}{T(n-1)r}$. 本题中 T 为电磁打点计时器打点的时间间隔，但题中未标明 $T=0.02$ s，少数考生无法计算②的结果. 当打点计时器接在 50 Hz 交流电上时，T 才等于 0.02 s，若交流电的频率不是 50 Hz（如欧美、日本的交流电频率为 60 Hz），则 T 不等于0.02 s.

【答案】 ①$\frac{x_2-x_1}{T(n-1)r}$；T 为电磁打点计时器打点的时间间隔，r 为圆盘的半径，x_1、x_2 是纸带上选定的两点分别对应的米尺上的刻度值，n 为选定的两点间的打点数（含两点）

②6.8 rad/s（6.75～6.84 都对）

（四）获取知识的能力

1. 了解自然科学发展的最新成就和成果及其对社会发展的影响. 这方面的知识通常不是课本中已有的，但又与人类进步、社会发展紧密相关，常出现在报章杂志和广播电视等新闻媒体中.

2. 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，并能与已学过的知识结合起来解决问题，包括在阅读物理方面的资料时要着重了解所提出的新概念、新理论、新发现、新技术和新方法，同时还要能读懂图示的物理意义以及有关物理量之间的定性与定量函数关系.

【例 4】 （2001 年科研测试题）“和平号”空间站已于当年 3 月 23 日成功地坠落在南太平洋海域，坠落过程可简化为从一个近圆轨道（可近似看作圆轨道）开始，经过与大气摩擦，空间站的绝大部分经过升温、熔化，最后汽化而销毁，剩下的残片坠入大海. 此过程中，空间站原来的机械能中，除一部分用于销毁和一部分被残片带走外，还有一部分能量 E' 通过其他方式散失（不考虑坠落过程中化学反应的能量）.

（1）试导出以下列各物理量的符号表示散失能量 E' 的公式.

（2）算出 E' 的数值（保留两位有效数字）.

坠落开始时空间站的质量 $M=1.17\times10^5$ kg；

轨道离地面的高度为 $h=146$ km；

地球半径 $R=6.4\times10^6$ m；

坠落空间范围内重力加速度可看作 $g=10$ m/s^2；

入海残片的质量 $m=1.2\times10^4$ kg；

入海残片的温度升高 $\Delta T=3000$ K；

入海残片的入海速度为声速 $v=340$ m/s；

空间站材料每 1 kg 升温 1 K 平均所需能量 $c=1.0\times10^3$ J；

每销毁 1 kg 材料平均所需能量 $\mu=1.0\times10^7$ J.

【解析】 本题是一道理论联系实际的试题，从讨论的对象来看是一道陌生题，但其中涉及的物理内容是中学物理的重点内容：能量的转化与守恒. 本题考查的要点是看考生能否根据试题提供的物理情景，经过自己的分析、理解，搞清楚其中所涉及的物理状态和物理过程，然后进一步正确列出多种形式的能量及变量. 本题考查学生能否读懂试题，理解题意，弄清物理过程及物理量的变化，把能量守恒的一般规律在题给的具体状态和过程中运用.

【解答】 （1）根据题给条件，从近圆轨道到地面的空间中重力加速度 $g=10$ m/s^2. 若以地面为重力势能零点，坠落过程开始时空间站在近圆轨道的势能为

$$E_p=Mgh \qquad ①$$

以 v 表示空间站在近圆轨道上的速度，由牛顿定律可得 $M\frac{v^2}{r}=Mg$ ②

其中 r 为轨道半径，若以 $R_{地}$ 表示地球半径，则

$$r=R_{地}+h \qquad ③$$

由②、③式可得空间站在近圆轨道上的动能为

$$E_k=\frac{1}{2}Mg(R_{地}+h) \qquad ④$$

由①、④式得，在近圆轨道上空间站的机械能

$$E=Mg\left(\frac{1}{2}R_{地}+\frac{3}{2}h\right) \qquad ⑤$$

在坠落过程中，用于销毁部分所需的能量为

$$Q_{汽}=(M-m)\mu \qquad ⑥$$

用于残片升温所需的能量 $Q_{残}=cm\cdot\Delta T$ ⑦

残片的动能为 $E_{残}=\frac{1}{2}mv^2$ ⑧

以 E' 表示其他方式散失的能量，则由能量守恒得

$$E=Q_{汽}+Q_{残}+E_{残}+E' \qquad ⑨$$

由此得 $E'=Mg\left(\frac{1}{2}R_{地}+\frac{3}{2}h\right)-(M-m)\mu-\frac{1}{2}mv^2-cm\cdot\Delta T$ ⑩

（2）以题给数据代入得 $E'=2.9\times10^{12}$ J

（五）分析综合能力

1. 定量描述自然科学的现象和规律，包括用数学知识处理问题、化学计算，以及用简单的图表和数据描述生命活动的特征等方面.

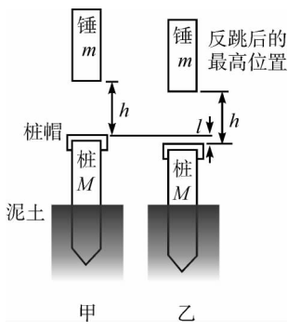
2. 通过分析和综合，能够用自然科学的基础知识解释和说明人类生活和社会发展中遇到的某些问题.

3. 通过分析和综合，能够运用自然科学的知识对有关见解、实验方案及解决问题的方案、过程和结果进行评价.

【例 5】 （2004 年全国理综湖北，25） 柴油打桩机

需要全本请访问 www.ertongbook.com

的重锤由气缸、活塞等若干部件组成，气缸与活塞间有柴油与空气的混合物．在重锤与桩碰撞的过程中，通过压缩使混合物燃烧，产生高温高压气体，从而使桩向下运动，锤向上运动．现把柴油打桩机和打桩过程简化如下：



图Ⅰ－5

柴油打桩机重锤的质量为 m，锤在桩帽以上高度为 h 处（如图Ⅰ－5 甲）从静止开始沿竖直轨道自由落下，打在质量为 M（包括桩帽）的钢筋混凝土桩子上．同时，柴油燃烧，产生猛烈推力，锤和桩分离，这一过程的时间极短．随后，桩在泥土中向下移动距离 l．已知锤反跳后到达最高点时，锤与已停下的桩帽之间的距离也为 h（如图Ⅰ－5 乙）．已知 $m=1.0\times10^3$ kg，$M=2.0\times10^3$ kg，$h=2.0$ m，$l=0.20$ m，重力加速度 $g=10$ m/s^2，混合物的质量不计．设桩向下移动的过程中泥土对桩的作用力 F 是恒力，求此力的大小．

【解析】　锤自由下落，碰桩前向下的速度为

$$v_1=\sqrt{2gh} \qquad ①$$

碰后，已知锤上升高度为 $(h-l)$，故刚碰后向上的速度为 $v_2=\sqrt{2g(h-l)}$　②

设碰后桩的速度为 v，方向向下，由动量守恒

$$mv_1=Mv-mv_2 \qquad ③$$

桩下降的过程中，根据功能关系

$$\frac{1}{2}Mv^2+Mgl=Fl \qquad ④$$

由①、②、③、④式得

$$F=Mg+\frac{mg}{l}\left(\frac{m}{M}\right)[2h-l+2\sqrt{h(h-l)}]$$

代入数值，得　$F=2.1\times10^5$ N

三、高考考向预测

2006年将考什么？

1．物理学基础知识和基本技能仍然是高考考查的核心内容，考点可能更集中于主干知识，不过分强调知识覆盖面，考查方式也可能更灵活、开放．

2．常见物理思维方法和分析方法即科学素质也将成为高考考查的一个方向．

3．力学实验可能仍将源于课本实验．

四、高考复习建议

如何提高复习效率？

1．要立足课本，狠抓双基落实．力学知识是物理学的基石，复习过程中，首先要加强阅读课本、完成课本习题，注重理解像力、质点、位移、速度、加速度、冲量、动量、动能等最基本的力学概念；掌握牛顿运动定律、动量定理、动量守恒定理、动能定理、机械能守恒定律、功能关系、能量守恒定律等最基本的力学规律的运用；学会力的合成与分解、受力分析、运动的合成与分解等最基本的研究方法和技能，具备最基础的能力．

2．注重力学解题方法的归纳与比较．力学的核心问题是研究力与运动的关系，高中生由于受数学知识所限，主要研究典型的力与运动的关系．如恒力作用下的匀速圆周运动；方向变，大小按特殊规律变化的简谐运动．力作用于物体上产生的效果可以从三个不同角度描述：①力作用在物体上产生加速度，进而改变物体的速度，加速度与力瞬时对应；② 力作用于物体上一段时间，将对物体有冲量，进而改变物体的动量；③ 力作用于物体上，在一定位移内将对物体做功，进而改变物体的能量．与之对应，处理力学问题有两种不同的思路和方法：① 以牛顿运动定律为基础，结合运动学知识求解力学问题；② 以动量定理、动能定理为基础，结合动量守恒定律、机械能守恒定律及功能关系求解力学问题．这是力学最基本的框架和解题思路．第一种方法是大多数同学最习惯的方法，而第二种方法往往由于不涉及运动过程中的加速度及时间，因而比较简便，同时，也可以处理用牛顿运动定律不能处理的变力问题．复习过程中，要注意对题目进行归纳与比较，使能力得到提高．

第1讲 力 常见的三种力

一、考点内容全解

本讲考什么？

(一)力的概念:力是物体之间的相互作用

力的概念是对人们在日常生活和生产劳动中的推、拉、提、压的感觉加以推广而抽象出来的,力不能脱离物体而存在.力作用于物体产生的效果取决于力的大小、方向和作用点——力的三要素.常常用一根带箭头的线段来直观地表示力——力的图示.

从力的性质看,力学中常见的有三种力:重力、弹力、摩擦力.

【例1】 如图1-1所示,质量为m的物体A以一定初速度沿粗糙斜面上滑,物体A在上滑过程中受到的力有 ( )

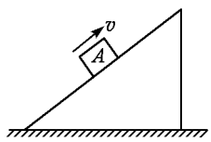


图1-1

A. 向上的冲力,重力,斜面的支持力,沿斜面向下的摩擦力

B. 重力,斜面的支持力,下滑力

C. 重力,对斜面的正压力,沿斜面向下的摩擦力

D. 重力,斜面的支持力,沿斜面向下的摩擦力

【解析】 分析物体受力情况是解力学问题的基础,而正确理解力的概念是分析受力情况的关键.许多同学在解答此题时,往往对题中给出的"向上的冲力"和"下滑力"把握不清楚.由于日常生活"经验"的影响.他们认为,物体能沿斜面向上运动,必受到向上的"冲力",这显然是对"力不能脱离物体而存在"没有理解,因为找不到对物体施加这一"冲力"的另一物体.物体沿斜面向上运动是因为惯性."下滑力"是重力的一个分力.物体A受到的作用力有:由于地球的吸引而产生的重力mg,方向竖直向下;物体A压斜面而使斜面发生微小形变,发生了形变的斜面对物体A产生的支持力N,方向垂直斜面向上;物体A与斜面接触且相对斜面向上运动,故受到沿斜面向下的滑动摩擦力f.如图1-2所示.

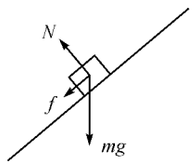


图1-2

【答案】 D

【特别提示】 学习物理切忌凭感觉,想当然!力是物体与物体间的相互作用,力不能脱离物体而存在,如果说某一物体受到一个力的作用,必然有另一个物体对该物体施加这一作用,否则,这一个力是不存在的.

(二)重力:由于地球的吸引而使物体受到的力

物体的重力并非就是地球对物体的吸引力.物体重力的大小与物体的质量成正比,可由弹簧测力计来测量;方向总是竖直向下;重力的作用点叫重心,重心不一定在物体上.

【例2】 关于物体的重力,下列说法中正确的是 ( )

A. 物体的重力就是地球对物体的吸引力

B. 物体静止时,对水平支持物的压力等于物体的重力

C. 重心就是物体内最重的一点,可用悬挂法求出重心的位置

D. 物体的重心可以不在物体上

【解析】 物体的重力与地球对物体的吸引力不是同一个力,故A错;重心是从效果上看,物体各部分重力的集中作用点,重心不一定在物体上,故C错.

【答案】 BD

(三)弹力:发生(弹性)形变的物体,由于要恢复原状,对跟它接触的物体产生的力

弹力产生于直接接触且发生弹性形变的物体之间.因挤压而产生的弹力(如压力或支持力)的方向总是垂直于接触面指向被压或支持的物体;因拉伸而产生的弹力(如绳的拉力)总是沿绳的收缩方向.弹力与形变的关系,一般说来比较复杂.此外,弹力还与物体的运动状态有关.弹簧的弹力与弹簧的形变量成正比,即$f=kx$,式中k称为弹簧的劲度系数.

【例3】 (上海市高考题)三个质量和直径都相等的光滑圆球a、b、c分别放在三个相同的支座上,支点P、Q在同一水平面上,a球的重心O_a位于球心,b球和c球的重心O_b、O_c分别位于球心的正上方和球心的正下方,如图1-3所示,三球均处于平衡状态.支点P对a球的弹力为N_a,对b球的弹力为N_b,对c球的弹力为N_c,则 ( )

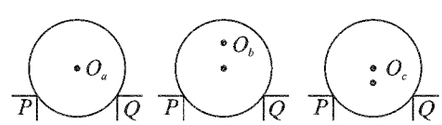


图1-3

A. $N_a=N_b=N_c$　　B. $N_b>N_a>N_c$

C. $N_b<N_a<N_c$　　D. $N_a>N_b=N_c$

【解析】 三种情况下，支点 P、Q 对球的弹力的作用线均通过球心，圆球重力的作用线也通过球心，故球所受三力为共点力，三种情况下受力完全相同.

【答案】 A

【特别提示】 分析受力情况是研究物理问题的基础和前提. 很多看起来不一样的情形，其本质是一样的.

二、能力提升技巧

考试技巧在哪里？

摩擦力：相互接触的物体间，由于有相对运动或相对运动趋势而产生的相互作用

1. 滑动摩擦力：一个物体在另一个物体表面上相对于另一个物体滑动的时候，受到另一个物体阻碍它 相对滑动的力.

滑动摩擦力的方向总跟接触面相切，并且跟物体的相对运动的方向相反；滑动摩擦力的大小跟一个物体对另一个物体表面的垂直作用力成正比，即

$$F_f=\mu F_N$$

式中 μ 是比例常数，叫动摩擦因数，它的数值跟相互接触的两个物体的材料有关，还跟接触面的情况有关.

【例 4】 甲、乙、丙三个相同的物体，甲受水平拉力 F_1 作用，乙受推力 F_2 作用，丙受拉力 F_3 作用，均在水平面上运动，如图 1－4 所示. 若它们与地面间的动摩擦因数相同，则它们受到的摩擦力 (　　)

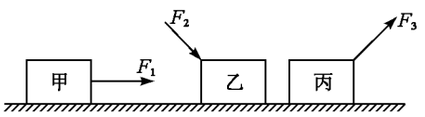


图 1－4

A. 一样大　　B. 甲最大

C. 乙最大　　D. 丙最大

【解析】 分析甲、乙、丙三个物体的受力情况，如图 1－5 所示.

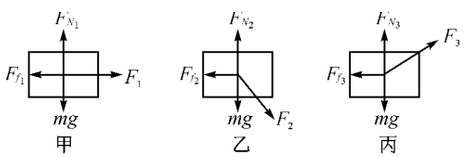


图 1－5

不难推断甲、乙、丙所受地面支持力的大小关系：$F_{N_2}>F_{N_1}>F_{N_3}$，根据 $F_f=\mu F_N$ 可知，乙所受摩擦力最大.

【答案】 C

2. 静摩擦力：相互接触的物体，由于有相对运动的趋势而产生的摩擦力.

静摩擦力的方向总是跟接触面相切，并且跟物体相对运动趋势的方向相反. 物体间的静摩擦力的大小和方向可以在一定范围内随外界条件（外力或运动状态）的改变而改变，静摩擦力的最大值叫最大静摩擦力.

【例 5】 如图 1－6 所示，物块 M 通过与斜面平行的细绳与小物块 m 相连，斜面的倾角 α 可以改变. 讨论物块 M 对斜面的摩擦力的大小，下列说法正确的是 (　　)

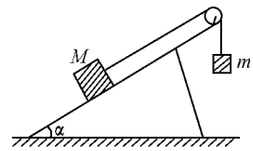


图 1－6

A. 若物块 M 保持静止，则 α 角越大，摩擦力一定越大

B. 若物块 M 保持静止，则 α 角越大，摩擦力一定越小

C. 若物块 M 沿斜面下滑，则 α 角越大，摩擦力一定越大

D. 若物块 M 沿斜面下滑，则 α 角越大，摩擦力一定越小

【解析】 题目中没有给出 $Mg\sin\alpha$ 与 mg 的大小关系，物块 M 保持静止时，分两种情形讨论：

若 $Mg\sin\alpha>mg$

则平衡时 $Mg\sin\alpha=mg+F_f$　　$\alpha\uparrow$　$F_f\uparrow$

若 $Mg\sin\alpha<mg$

则平衡时 $Mg\sin\alpha+F_f=mg$　　$\alpha\uparrow$　$F_f\downarrow$

因题目中没有给出 $Mg\sin\alpha$ 与 mg 的大小关系，所以物块 M 保持静止，无法判断静摩擦力随 α 角的变化情况. 当 M 沿斜面下滑时，M 所受滑动摩擦力为 F_f，

$F_f=\mu Mg\cos\alpha$　　$\alpha\uparrow$　$F_f\downarrow$

【答案】 D

【特别提示】 物体所受静摩擦力随物体所受其他力的变化而变化，随物体的运动状态变化而变化，分析静摩擦力的大小和方向是高考考查分析能力的途径之一.

三、基础能力测试

基础分你拿全了吗？

1. 一个球在墙角处挨着竖直墙壁 a 停放在水平地板 b 上，在图 1－7 给出的球的受力示意图中，G 表示球所受的重力，F_a 表示墙壁 a 对球的作用力，F_b 表示地板 b 对球的作用力，其中正确的图是 (　　)

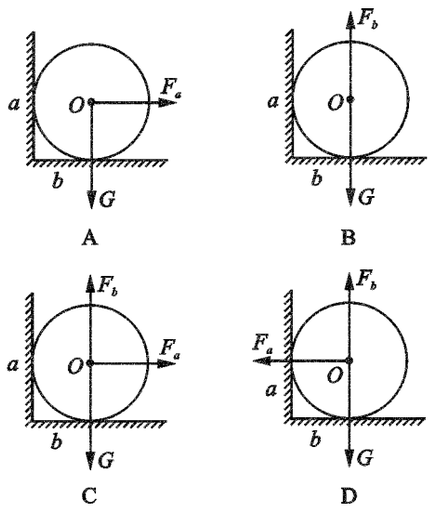


图 1－7

2. 如图 1－8 所示，四个完全相同的弹簧都处于水平位置，它们的右端受到大小皆为 F 的拉力作用，而左端的情况各不相同：①中弹簧的左端固定在墙上；②中弹簧的左端受大小也为 F 的拉力作用；③中弹簧的左端拴一小物块，物块在光滑的桌面上滑动；④中弹簧的左端拴一小物块，物块在有摩擦的桌面上滑动. 若认为弹簧的质量都为零，以 l_1、l_2、l_3、l_4 依次表示四个弹簧的伸长量，则有 （　　）

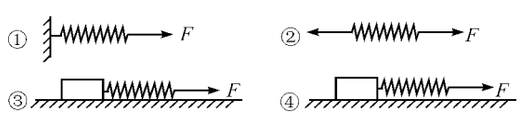


图 1－8

A. $l_2>l_1$　　B. $l_4>l_3$　　C. $l_1>l_3$　　D. $l_2=l_4$

3. 下列关于物体受静摩擦力作用的叙述中，正确的是 （　　）

A. 静摩擦力的方向一定与物体的运动方向相反

B. 静摩擦力的方向不可能与物体的运动方向相同

C. 静摩擦力的方向可能与物体的运动方向垂直

D. 静止物体所受的静摩擦力一定为零

4. 如图 1－9 所示，两木块的质量分别为 m_1 和 m_2，两轻质弹簧的劲度系数分别为 k_1 和 k_2，上面木块压在上面的弹簧上（但不拴接），整个系统处于平衡状态. 现缓慢向上提上面的木块，直到它刚离开上面的弹簧. 在这一过程中，下面的木块移动的距离为 （　　）

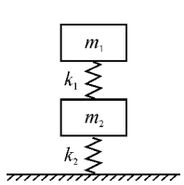


图 1－9

A. $\frac{m_1 g}{k_1}$　　B. $\frac{m_2 g}{k_1}$　　C. $\frac{m_1 g}{k_2}$　　D. $\frac{m_2 g}{k_2}$

5.（2002 年江苏）如图 1－10 所示，物体 A、B 和 C 叠放在水平桌面上，水平力 $F_b=5$ N、$F_c=10$ N 分别作用于物体 B、C 上，A、B 和 C 仍保持静止，以 F_{f_1}、F_{f_2}、F_{f_3} 分别表示 A 与 B、B 与 C、C 与桌面间的静摩擦力的大小，则 （　　）

A. $F_{f_1}=5$ N，$F_{f_2}=0$，$F_{f_3}=5$ N

B. $F_{f_1}=5$ N，$F_{f_2}=10$ N，$F_{f_3}=0$

C. $F_{f_1}=0$，$F_{f_2}=5$ N，$F_{f_3}=5$ N

D. $F_{f_1}=0$，$F_{f_2}=10$ N，$F_{f_3}=5$ N

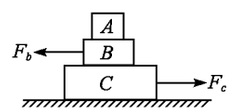


图 1－10

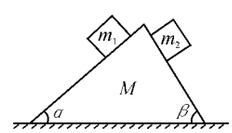


图 1－11

6. 如图 1－11 所示，将质量分别为 m_1 和 m_2 的物体分别置于质量为 M 的物体两侧，均处于静止状态，$m_1>m_2$，$\alpha<\beta$，下列说法正确的是 （　　）

A. m_1 对 M 的正压力一定小于 m_2 对 M 的正压力

B. m_1 对 M 的摩擦力一定大于 m_2 对 M 的摩擦力

C. 水平地面对 M 的支持力一定等于 $(M+m_1+m_2)g$

D. 水平地面对 M 的摩擦力一定等于零

7. 如图 1－12 所示，物体 A 在水平力 F 的作用下，紧贴竖直墙壁保持静止. 若力 F 增大，则物体 A 与墙壁间的摩擦力将 （　　）

A. 变大　　B. 变小　　C. 不变　　D. 无法判断

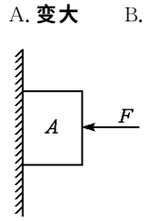


图 1－12

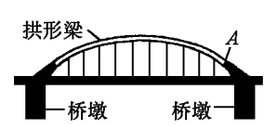


图 1－13

8.（2002 年上海春）轻轨“明珠线”的建成，缓解了徐家汇地区的交通拥挤状况. 请在图 1－13 上画出拱形梁在 A 点的受力示意图. 这种拱形桥的优点是_____.

9.（全国高考题）如图 1－14 所示，质量为 m、横截面积为直角三角形的物块 ABC，$\angle ABC=\alpha$，AB 边靠在竖直墙面上，F 是垂直于斜面 BC 的推力. 现物块静止不动，则摩擦力的大小为_____.

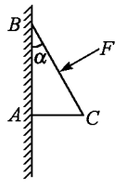


图 1－14

四、潜能挑战测试

力争上重点大学！

10. 如图 1－15 所示，质量为 M 的大圆环用轻绳悬挂于 O 点，有两个质量为 m 的小圆环，同时由大圆环顶点沿大环两侧从静止开始自由滑下，当小环滑到大环环心所处的水平面时，小环受到的滑动摩擦力均为 F_f，则此时大环对绳的拉力为_____.

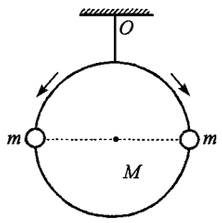


图 1－15

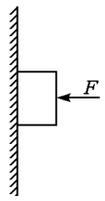


图 1－16

11. 一个物体在压力 F 的作用下静止在竖直墙壁上，如图 1－16 所示，请画出物体的受力示意图. 在作图之前，依次回答下列问题：

(1)设想墙壁是光滑的，物体还会静止在墙壁上吗？物体对墙壁的相对运动方向如何？

(2)现在物体静止在墙壁上，物体对墙壁有没有相对运动趋势？相对运动趋势的方向如何？

(3)静止在墙上的物体除了受到压力 F、重力 G 和墙壁的支持力 F_N 的作用外，还受什么力的作用？此力的方向如何？

五、标答与提示

名师为你解难！

1. B(提示：球与墙壁 a 处虽然相互接触，但此处无形变，不受弹力作用.)

2. D(提示：因四根弹簧完全相同，四根弹簧的劲度系数相等，四根弹簧的弹力均等于弹簧右端的拉力 F，由胡克定律，四根弹簧的伸长量相等.)

3. C(提示：静摩擦力的方向与物体间相对运动的方向相反，与物体本身的运动方向无关.)

4. C(提示：下面的弹簧的压缩量 $x_1=\frac{(m_1+m_2)g}{k_2}$，提起 m_1 后，压缩量变为 $x_2=\frac{m_2g}{k_2}$，故 $\Delta x=x_1-x_2=\frac{m_1g}{k_2}$.)

5. C(提示：此类问题应自上而下分析，A、B、C 均保持静止，故 A 不受摩擦力作用，即 $F_{f_1}=0$；B 水平方向受 F_b 和 F_{f_2} 两力作用而平衡，故 $F_{f_2}=F_b=5$ N；同理可得 $F_{f_3}=5$ N.)

6. CD(提示：利用整体法，M 与地面间必无摩擦力作用，地面对物体 M 的支持力等于三物体的重力之和；把重力分解成沿斜面向下的分力和压紧斜面的分力，由表达式可知选项 A、B 均错.)

7. C(提示：A 与墙壁间的静摩擦力与物体重力相等.)

8. A 点受力如图 1－17 所示；跨度大(提示：拱形梁在 A 处受力的方向应为切向. 这种桥梁的优点是梁身所受的力通过切向传递，最终将受力传递给桥墩，同时形成较大的跨度空间.)

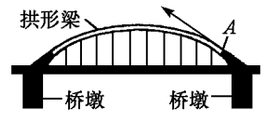


图 1－17

9. $mg+F\sin\alpha$(提示：所求摩擦力为静摩擦力.)

10. $Mg+2F_f$(提示：此时大环受到两个小环的摩擦力大小均为 F_f，方向均向下.)

11. (1)不会；　相对运动方向向下　(2)有；　相对运动趋势方向向下　(3)静摩擦力 F'；　方向向上　物体的受力示意图如图 1－18 所示

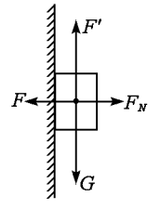


图 1－18

物理

第2讲 力的合成与分解

一、考点内容全解

本讲考什么？

若一个力作用在物体上产生的效果跟几个力同时作用在物体上产生的效果相同，这个力就叫那几个力的合力．而那几个力就叫做这一个力的分力．

(一)力的合成：求几个已知力的合力叫做力的合成

实验表明，力的合成遵循平行四边形定则：求两个互成角度的力的合力，可以用表示这两个力的线段为邻边作平行四边形，它的对角线就表示合力的大小和方向(如图 2－1)．求两个以上的力的合力时，可依次进行．

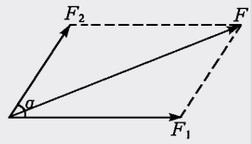


图 2－1

改变 F_1、F_2 之间的夹角 α，合力 F 的大小和方向随之改变，当 $\alpha=0°$ 时，F 最大，$F_{max}=F_1+F_2$；当 $\alpha=180°$ 时，F 最小，$F_{min}=|F_1-F_2|$．

【例 1】 关于合力与它的两个分力的关系，下列说法中正确的是 (　　)

A. 合力和它的两个分力同时作用于物体上

B. 合力的大小一定等于两个分力大小的代数和

C. 合力可能小于它的任一个分力

D. 合力的大小可能等于某一个分力的大小

【解析】 在处理力学问题时，有时需将几个力用另一个力代替，而有时需用几个力代替某一个力．但是，起替代作用的那一个力(或几个力)并没有作用在物体上，它们是一种效果替代关系，要深入理解这一点，才能灵活运用力的合成和分解为求解力学问题服务．

力是矢量，它的运算遵循矢量运算法则——平行四边形定则．由平行四边形定则可得

$$|F_1-F_2|\leqslant F_{合}\leqslant F_1+F_2$$

即合力的大小不一定等于两个分力大小的代数和，它可能小于它的任一个分力，也可能等于某一个分力的大小．

【答案】 CD

(二)力的分解：求一个已知力的分力叫做力的分解

力的分解是力的合成的逆运算，同样遵循平行四边形定则：把已知力作为平行四边形的对角线，平行四边形的两个邻边就表示这个已知力的分力．在力的分解过程中，常常要考虑到力实际产生的效果，这样才可以使力的分解具有唯一性．有时，也可将已知力沿两个互相垂直的方向分解——正交分解．

【例 2】 把重力为 G 的物体挂在图 2－2 所示的支架上，其中梁 OM 水平，则梁 OM 所受的力为_____，梁 ON 所受的力为_____．

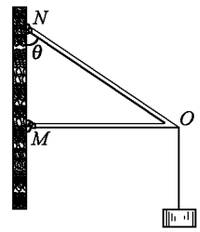


图 2－2

【解析】 物体通过绳子使支架上的 O 点受到一个向下的作用力 F，其大小等于物体的重力 G．力 F 对支架的两个梁产生的效果是什么呢？如果在 M 和 N 处加上小弹簧，可以看到 M 处的弹簧受力压缩，N 处的弹簧受力拉伸，这时力 F 产生两个效果：沿 NO 方向拉斜梁，沿 OM 方向压横梁．因此应该把力 F 分解为这样两个力，如图 2－3 所示：沿 NO 方向拉斜梁的力 F_1，沿 OM 方向压横梁的力 F_2，设斜梁跟墙的夹角为 θ，可以看出：

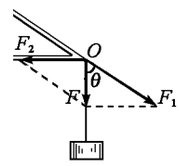


图 2－3

$$F_1=\frac{F}{\cos\theta}\qquad F_2=F\tan\theta$$

【答案】 $G\tan\theta$；$\frac{G}{\cos\theta}$

需要全本请访问 www.ertongbook.com

二、能力提升技巧

考试技巧在哪里？

（一）一般地，求多个力的合力时，可利用平行四边形定则逐一求解. 图 2－4 表示用平行四边形定则求三个共点力 F_1、F_2、F_3 的合力 F. 先求出 F_1 和 F_2 的合力，再求出这个合力与 F_3 的合力 F. 合力的大小和方向跟求合力的顺序无关.

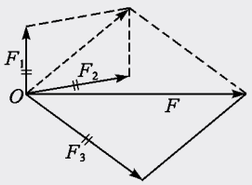


图 2－4

下题若这样求解，虽然可以，但将非常复杂，而充分利用等效的原则将其转换成两个力的合成，显然是上上之选，希望大家理解并学会运用.

【例 3】 在同一平面内的 20 N、30 N 和 40 N 三个共点力作用于物体的同一点，它们之间的夹角都是 120°，求合力的大小和方向.

【解析】 根据力的平行四边形定则，我们不难判断：同一平面内三个同样大小的力，当它们作用于物体的同一点，且互成 120°角时，它们的合力为零. 因此，我们将题中所述的力系中减去一个由共面的三个共点力组成的力系——每个力的大小都为 20 N，且互成 120°，如图 2－5 所示.

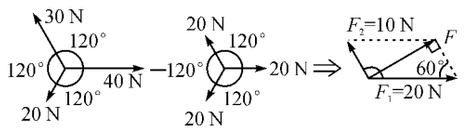


图 2－5

这样，本题就转换成两个力的合成问题：互成 120°角的 10 N 和 20 N 两个力的合成.

$F=F_1\sin60°=10\sqrt{3}$ N，方向与原 40 N 的力成 30°角.

（二）根据平行四边形对边平行而且相等的性质. 力的平行四边形还可以用更简单的作图法来代替. 在图 2－6 甲中 F 是共点力 F_1 和 F_2 的合力. 如图 2－6 乙所示，从 O 点出发，把代表 F_1 和 F_2 的线段 OA、AC 首尾相接地画出来，连接 O 和 C，从 O 指向 C 的线段就表示合力 F 的大小和方向. 上述作图法叫做三角形法. 作三角形 OBC（图 2－6 丙）同样可以求出 F_1 和 F_2 的合力 F.

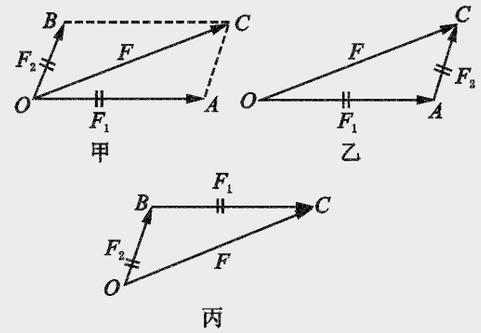


图 2－6

同理，一个力 F 分解成两个分力 F_1、F_2，它们的关系也可以用三角形法表示.

【例 4】 如图 2－7 所示，质量为 m 的球放在倾角为 α 的光滑斜面上，试分析挡板 AO 与斜面间的倾角 β 多大时，AO 所受压力最小？

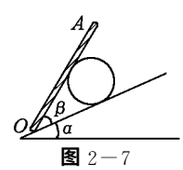


图 2－7

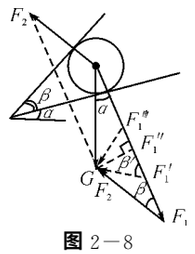


图 2－8

【解析】 以球为研究对象，球所受重力 G 产生的效果有两个：对斜面产生的压力 F_1，对挡板的压力 F_2. 根据重力的作用效果将重力 G 分解为 F_1、F_2，则 G、F_1、F_2 组成一个三角形，如图 2－8 所示.

当挡板与斜面的夹角 β 由图示位置逐渐变大时，F_1 大小改变，但方向不变，始终与斜面垂直；F_2 的大小、方向均改变（图 2－8 中画出的一系列带箭头的虚线表示变化的 F_2）. 由图可以看出，当 F_2 与 F_1 垂直，即 $\beta=90°$ 时（此时挡板垂直于斜面），挡板 AO 所受压力最小，最小压力 $F_{2\min}=mg\sin\alpha$.

三、基础能力测试

基础分你拿全了吗？

1.（1998 年全国）如图 2－9 所示，OA、OB、OC 是能承受的最大拉力相同的三根细绳，其中 OB 水平. 如果物体重力超过某一极限值时，则首先断裂的细绳是（　　）

A. OA　　B. OB　　C. OC　　D. 无法判断

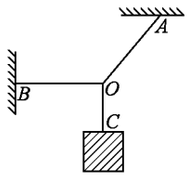


图 2－9

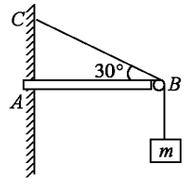


图 2－10

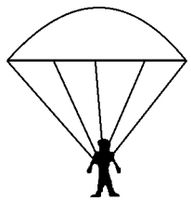
2.（1994 年上海）水平横梁的一端 A 插在墙壁内，另一端装有一小滑轮 B，一轻绳的一端 C 固定于墙壁上，另一端跨过滑轮后悬挂一质量 $m=10$ kg 的重物，$\angle CBA=30°$，如图 2－10 所示，则滑轮受到绳子的作用力为（g 取 10 m/s^2）（　　）

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

3. 跳伞运动员打开伞后经过一段时间，将在空中保持匀速降落. 已知运动员和他身上的装备总重量为 G_1，圆顶形降落伞伞面的重量为 G_2，有 8 条相同的拉线一端与飞行员相连（拉线重力不计），另一端均匀地分布在伞面边缘上（图中没有把拉线都画出来），每根拉线和竖直方向都成 30°角，如图 2－11 所示，那么每根拉线上的张力大小为（　　）

A. $\dfrac{\sqrt{3}G_1}{12}$　　B. $\dfrac{\sqrt{3}(G_1+G_2)}{12}$

C. $\dfrac{G_1+G_2}{8}$　　D. $\dfrac{G_1}{4}$


图 2－11

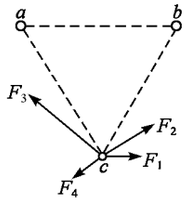


图 2－12

4.（2003 年全国）如图 2－12 所示，三个完全相同的金属小球 a、b、c 位于等边三角形的三个顶点上. a 和 c 带正电，b 带负电，a 所带电量的大小比 b 的小. 已知 c 受到 a 和 b 的静电力的合力可用图中四条有向线段中的一条来表示，它应是（　　）

A. F_1　　B. F_2　　C. F_3　　D. F_4

5. 有大小分别为 4 N、9 N、11 N 的三个力，它们彼此之间的夹角可以变化，它们的合力的最大值是多大？最小值是多大？

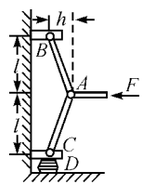


图 2－13

6. 图 2－13 是压榨机示意图，B 为固定铰链，A 为活动铰链. 在 A 处作用一水平力 F，滑块 C 就以比 F 大得多的力压 D. 已知 $l=0.5$ m，$h=0.05$ m，$F=200$ N，C 与左壁接触面光滑，问 D 受到的压力为多大（滑块和杆的重力不计）？

四、潜能挑战测试

力争上重点大学！

7. 一个滑雪人沿着山坡滑下，滑雪人的重力是 700 N，山坡的倾角是 30°，滑雪板和雪地的动摩擦因数是 0.4. 求滑雪人所受的合力.

8. 如图 2－14 所示，挡板 AB 与竖直墙壁间夹一光滑球，球的质量为 m，试讨论当 θ 角缓慢变大时，墙对球的弹力和挡板对球的弹力如何变化.

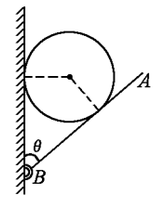


图 2－14

五、标答与提示

名师为你解难！

1. A（提示：根据力的三角形三边的大小关系可得，OA 受力最大.）

2. C（提示：定滑轮不改变力的大小，故滑轮两侧绳上拉力均为 100 N，互成 120°角，合力大小为 100 N.）

3. A（提示：运动员在空中匀速降落过程中受 8 条拉线的拉力和重力 G_1，受力分析如图 2－15 所示（图中没有把拉线都画出来），对运动员，由平衡条件可得

$8T\cos 30°=G_1$，$T=\dfrac{\sqrt{3}}{12}G_1$.）

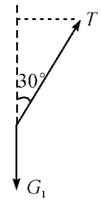


图 2－15

4. B（提示：合力应在 ac 的延长线与 cb 之间，由于 a、b 对 c 的作用力大小不等，故不可能为 F_1.）

5. 当三个力的方向相同时合力最大，为 24 N；当其中两个力的合力与第三个力大小相等、方向相反时合力最小，为零.

6. 根据平行四边形定则，作图如图 2－16 所示. 将力 F 沿 AB 和 AC 杆的方向分解，再将 AC 杆对滑块的推力沿水平和竖直方向分解，F_2 即为 D 所受的压力. 根据几何关系有

$$F_1=\frac{F}{2}\cdot\frac{\sqrt{l^2+h^2}}{h}$$

$$F_2=F_1\cdot\frac{l}{\sqrt{l^2+h^2}}=\frac{F}{2}\cdot\frac{l}{h}$$

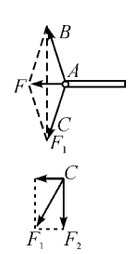


图 2－16

$$=\frac{200}{2}\times\frac{0.5}{0.05}$$

$F_{N_0}=1000$ N

7. 如图 2－17，滑雪的人受到三个力：重力 G、山坡的支持力 F_N、滑动摩擦力 F_f. 把重力 $G=mg$ 沿着平行于山坡方向和垂直于山坡方向分解成两个力 F_1 和 F_2，它们的大小是 $F_1=mg\sin\theta$，$F_2=mg\cos\theta$. 力 F_N 和 F_2 大小相等、方向相反. 滑动摩擦力的大小是：$F_f=\mu F_N=\mu mg\cos\theta$，合外力就是平行于山坡方向的力 F_1 和 F_f 的合力.

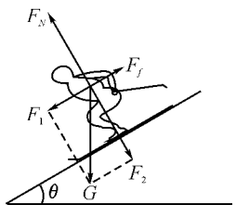


图 2－17

即　$F_{合}=mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta$

$=mg(\sin\theta-\mu\cos\theta)$

$=700(\sin30°-0.4\times\cos30°)$

$=107$(N)

8. 球的重力产生两个效果：紧压 AB 挡板和竖直墙壁. 将重力沿垂直于 AB 板和竖直墙壁方向分解，如图 2－18所示，用三角形法分析.

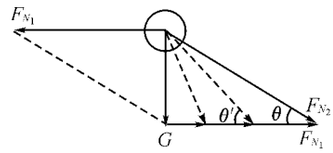


图 2－18

当 θ 逐渐增大时，F_{N_2} 的方向逐渐顺时针旋转，F_{N_1} 的方向不变，而 G、F_{N_1}、F_{N_2} 始终组成一个三角形. 故球对墙和挡板 AB 的压力逐渐减小，即墙和挡板 AB 对球的弹力逐渐减小

第 3 讲　共点力作用下物体的平衡

一、考点内容全解

本讲考什么？

(一)共点力作用下物体的平衡条件

作用于物体上同一点或力的作用线交于同一点的力叫共点力.

1. 一个物体在共点力的作用下，如果保持静止或者做匀速直线运动，我们就说物体处于平衡状态.

2. 在共点力作用下物体的平衡条件是合力为零，即 $F_{合}=0$.

【例 1】　如图 3－1 所示，用光滑的粗铁丝做成一直角三角形，BC 边水平，AC 边竖直，$\angle ABC=\beta$，AB 及 AC 两边上分别套有细线系着的铜环 P、Q，当它们静止时，细线跟 AB 所成的角 θ 的大小为(细线长度小于 BC)　(　　)

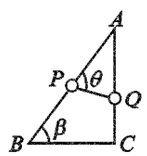


图 3－1

A. $\theta=\beta$　　B. $\theta>\frac{\pi}{2}$

C. $\theta<\beta$　　D. $\beta<\theta<\frac{\pi}{2}$

【解析】　P、Q 两环静止时，即它们处于平衡态，所受的合外力为零. 分别作出 P、Q 两环的受力图如图 3－2 中的甲、乙两图所示.

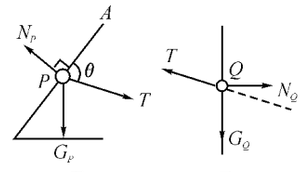


图 3－2

对于甲图中的 P 环，它受到三个力的作用：重力 G_P、细线的拉力 T 和铁丝 AB 的弹力 N_P. 由于重力和弹力的方向均被唯一的确定，要使 P 环平衡，则力 T 必须在 $\angle APN$ 之间的区域，且 T 与 N_P 的作用线不能重合. 假若重合，则 P 环所受的三个力均在同一直线的一侧，三个力的合力不可能为零. 也就是说，θ 角应满足的条件是：$\theta<\frac{\pi}{2}$.

对于乙图中的 Q 环，它也受到三个力的作用：重力 G_Q、铁丝的弹力 N_Q 和细线的拉力 T. 同样地，重力和弹力方向被唯一地确定了，那么细线的拉力的延长线只能在 $\angle N_QQG_Q$ 之间，且不能与 QN_Q 重合. 若重合，则三力均在同一条直线的一侧，它不可能平衡，也就是说 P、Q 连线不能与 AC 垂直. 故有 $\frac{\pi}{2}-\theta+\beta<\frac{\pi}{2}$，即 $\theta>\beta$.

【答案】　D

【特别提示】　本例是由物体的平衡条件和受力情

况来判断细线与 AB 所成的角 θ，虽然没有具体的计算，但是它应用了一个很重要的结论：当一个物体受到两个以上力的作用而处于平衡状态时，这些力不能分布在一条直线的同一侧，否则，物体不能处于平衡状态．

(二)共点力平衡条件的应用

如果物体仅受三个力作用而处于平衡状态，通常先求其中两个力的合力，这两个力的合力必与第三个力大小相等，方向相反，再结合数学中正弦定理、三角形相似(力三角形与几何三角形相似)求解．

【例 2】 图 3－3 表示一种简易起重机．OA 是钢绳，跟水平方向成 30°角．OB 是撑杆，跟水平方向成 60°角．提起的货物重 5.0×10^3 N．求钢绳对货物的拉力和撑杆对货物的支持力．

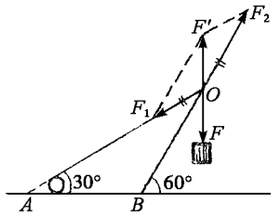


图 3－3

【解析】 取 O 点做受力点．O 点受到三个力：货物的拉力 F(等于货物的重力)、钢绳的拉力 F_1、撑杆的支持力 F_2．O 点在这三个力的作用下保持平衡．

应用平行四边形定则求出力 F_1 和 F_2 的合力 F'．从平衡条件知道，力 F' 应该与 F 大小相等方向相反，可以证明，$\triangle OF'F_1$ 是等腰三角形，它的两个等角是 30°．

利用正弦定理有

$$\frac{F_1}{\sin30^\circ}=\frac{F'}{\sin30^\circ}=\frac{F_2}{\sin120^\circ}$$

故 $F_1=F'=5.0\times10^3\,\mathrm{N}$

$$F_2=\frac{\sin120^\circ}{\sin30^\circ}F'\approx8.7\times10^3\,\mathrm{N}$$

(三)极值问题

大小恒定的两个力，它们的夹角越大，合力越小，要保证两力夹角增大而合力不变，则两个分力必然要增大．

例 3 中，绳越短则两绳夹角越大，绳上拉力越大，由于绳承受的力有极值，故绳长有极值．

绳上拉力随绳长的改变而变化，根据物体平衡条件求解出拉力随绳长改变而变化的规律，而后运用数学知识求极值，这是解极值问题的一般方法，如解法 1．

从过程中分析，找出极值对应的物理状态，对这一临界状态直接求解极值往往更能突出物理本质，如解法 2．此外，本题中利用力三角形与几何三角形相似求解的方法也要注意学习．

【例 3】 (1995 年全国)两根长度相等的轻绳，下端悬挂一质量为 m 的物体，上端分别固定在水平天花板上的 M、N 点，M、N 两点间的距离为 s，如图 3－4 所示．已知两绳所能承受的最大拉力均为 T_m，则每根绳的长度不得短于_____．

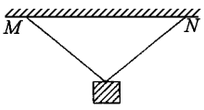


图 3－4

【解析】 解法 1　由于对称，两绳上拉力始终相等．分析悬点受力情况如图 3－5 所示．根据物体平衡条件易知：

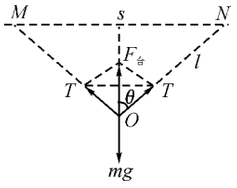


图 3－5

$F_{合}=mg$

故 $T=\dfrac{mg}{2\cos\theta}$ ①

由几何知识得：

$$\cos\theta=\frac{\sqrt{l^2-\left(\frac{s}{2}\right)^2}}{l}$$ ②

联立①、②有

$$T=\frac{l}{\sqrt{4l^2-s^2}}\cdot mg\leqslant T_m$$

所以 $l\geqslant\dfrac{T_m}{\sqrt{4T_m^2-(mg)^2}}\cdot s$

解法 2　显然，绳越短，两绳夹角越大，每根绳上的拉力越大，当绳上拉力为 T_m 时，对应绳最短，设为 l_{min}．如图 3－6 所示，根据力三角形与几何三角形相似，有

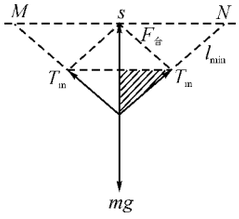


图 3－6

$$\frac{\frac{s}{2}}{\sqrt{T_m^2-\left(\frac{1}{2}mg\right)^2}}=\frac{l_{min}}{T_m}$$

$$l_{min}=\frac{T_m}{\sqrt{4T_m^2-(mg)^2}}\cdot s$$

【答案】 $\dfrac{T_m}{\sqrt{4T_m^2-(mg)^2}}\cdot s$

二、能力提升技巧

考试技巧在哪里？

整体法与隔离法

如果物体受三个以上的力的作用，通常将每一个力沿选定的两个互相垂直的方向上分解，这种方法叫正交分解.

将物体所受外力沿互相垂直的 x 轴和 y 轴方向分解，则共点力作用下物体的平衡条件可表示为各方向上的分力的合力为零. 即

$$\begin{cases}\sum F_x=0\\ \sum F_y=0\end{cases}$$

【例 4】 有三根长度均为 $l=1.00\ \text{m}$ 的不可伸长的绝缘轻线，其中两根的一端固定于天花板上的 O 点，另一端分别拴有质量皆为 $m=1.00\times10^{-2}\ \text{kg}$ 的带电小球 A 和 B，它们的电量分别为 $-q$ 和 $+q$，$q=1.00\times10^{-7}\ \text{C}$，$A$、$B$ 之间用第三根线连接起来，空间中存在大小为 $E=1.00\times10^{6}\ \text{N/C}$ 的匀强电场，场强方向沿水平向右. 平衡时，A、B 球的位置如图 3－7 所示. 现将 O、B 间的线烧断. 由于有空气阻力，A、B 球最后会达到新的平衡位置. 求最后两球的平衡位置.（不计两小球间相互作用的静电力）

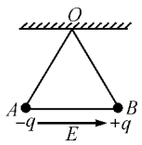


图 3－7

【解析】 解法 1　O、B 间的细线烧断后，B 球在重力、AB 线间的张力与电场力作用下将向右偏下运动，A 球在 AB 线间的张力、重力、电场力、OA 线的张力作用下运动，最后，A、B 球达到新的平衡.

如图 3－8(1)中虚线表示 A、B 小球原来的平衡位置，实线表示烧断后重新达到新的平衡位置，其中 α、β 分别表示 OA、AB 与竖直方向的夹角.

A 球受力如图 3－8(2)所示，重力 mg，竖直向下；电场力 qE，水平向左；细线 OA 对 A 的拉力 T_1，方向如图所示；细线 AB 对 A 的拉力 T_2，方向如图所示. 由平衡条件得

$$\begin{cases}qE=T_1\sin\alpha+T_2\sin\beta\\ T_1\cos\alpha=mg+T_2\cos\beta\end{cases}$$

B 球受力如图 3－8(3)所示，重力 mg，竖直向下；电场力 qE，水平向右；细线 AB 对 A 球的拉力 T_2，方向如图所示. 由平衡条件得

$$\begin{cases}T_2\sin\beta=qE\\ T_2\cos\beta=mg\end{cases}$$

联立以上各式并代入数据，得 $\alpha=0°$，$\beta=45°$

由此可知，A、B 球重新达到平衡的位置如图 3－8(4)所示.

解法 2　把 A、B 两球当作一整体，因 A、B 两球总电量为零，在电场中 A、B 两球所受电场力的合力必为零，故当达到新的平衡状态时，细线 OA 必沿直线竖直方向. 而单独对 B 球而言，B 球受力如图 3－8(3)所示，重力 mg，竖直向下；电场力 qE，水平向右；细线 AB 对 A 的拉力 T_2，方向如图. 由平衡条件得

$$\begin{cases}T_2\sin\beta=qE\\ T_2\cos\beta=mg\end{cases}$$

由此两式可得，AB 与竖直方向成 $45°$ 角. A、B 球最后的平衡位置如图 3－8(4)所示.

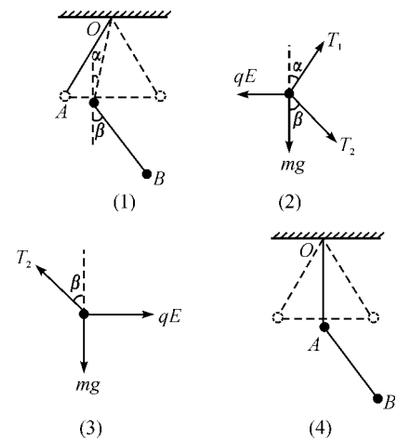


图 3－8

【特别提示】 分析物体的受力情况，首先要明确被研究的对象，即明确我们是要分析哪个物体的受力情况. 明确了被研究的对象以后，把它从周围物体中隔离出来，分析周围有哪些物体对它施加力的作用，各是什么性质的力，力的大小和方向怎样，并把它们一一画在受力图上. 这种分析方法叫做隔离法.

有时，如果几个物体相互作用而又处于相同的状态，我们也可以将它们视作一个整体，此时，这几个物体间的相互作用力可不予考虑，只分析来自于这几个物体之外的其他物体的作用力. 这种分析方法叫做整体法.

三、基础能力测试

基础分你拿全了吗？

1.（2002 年广东）图 3－9 中 a、b、c 为三个物块，M、N 为两个轻质弹簧，R 为跨过光滑定滑轮的轻绳，它们连接（如图）并处于平衡状态，则（　　）

A. 有可能 N 处于拉伸状态而 M 处于压缩状态

B. 有可能 N 处于压缩状态而 M 处于拉伸状态

C. 有可能 N 处于不伸不缩状态

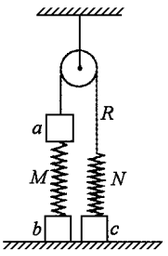


图 3－9

而 M 处于拉伸状态

D. 有可能 N 处于拉伸状态而 M 处于不伸不缩状态

2. 用三根轻绳将质量为 m 的物块悬挂在空中，如图 3－10 所示，已知绳 ac 和 bc 与竖直方向的夹角分别为 30°和 60°，则 ac 绳和 bc 绳中的拉力分别为 （　　）

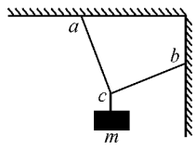


图 3－10

A. $\frac{\sqrt{3}}{2}mg$，$\frac{1}{2}mg$

B. $\frac{1}{2}mg$，$\frac{\sqrt{3}}{2}mg$

C. $\frac{\sqrt{3}}{4}mg$，$\frac{1}{2}mg$

D. $\frac{1}{2}mg$，$\frac{\sqrt{3}}{4}mg$

3. 两个相同的小球 A 和 B，质量均为 m，用长度相同的两根细线把 A、B 两球悬挂在水平天花板上的同一点 O，并用长度相同的细线连接 A、B 两小球，然后，用一水平方向的力 F 作用在小球 A 上，此时三根细线均处于伸直状态，且 OB 细线恰好处于竖直方向，如图 3－11 所示. 如果不考虑小球的大小，两小球均处于静止状态，则力 F 的大小为 （　　）

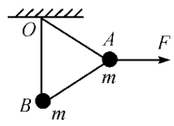


图 3－11

A. 0　　B. mg

C. $\sqrt{3}mg$　　D. $\sqrt{3}mg/3$

4. 如图 3－12 所示，在粗糙的水平面上放一三角形木板 a，若物体 b 在 a 的斜面上匀速下滑，则 （　　）

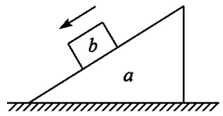


图 3－12

A. a 保持静止，而且没有相对于水平面运动的趋势

B. a 保持静止，但有相对于水平面向右运动的趋势

C. a 保持静止，但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. 如图 3－13 所示，在一根水平的粗糙的直横梁上套有两个质量均为 m 的铁环，两铁环上系有等长的细绳，共同拴着质量为 M 的小球，两铁环与小球均保持静止. 现使两铁环间距离增大少许，系统仍保持静止，则水平横梁对铁环的支持力 N 和摩擦力 f 将 （　　）

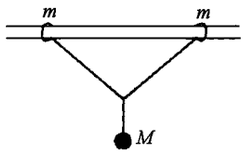


图 3－13

A. N 增大，f 不变　　B. N 增大，f 增大

C. N 不变，f 不变　　D. N 不变，f 增大

6.（2002 年全国理综）如图 3－14 所示，一个半球形的碗放在桌面上，碗口水平，O 点为其球心，碗的内表面及碗口是光滑的. 一根细线跨在碗口上，线的两端分别系有质量为 m_1 和 m_2 的小球，当它们处于平衡状态时，质量为 m_1 的小球与 O 点的连线与水平线的夹角为 $\alpha=60°$. 两小球的质量比 $\frac{m_2}{m_1}$ 为 （　　）

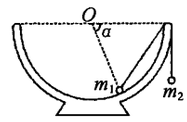


图 3－14

A. $\frac{\sqrt{3}}{3}$　　B. $\frac{\sqrt{2}}{3}$　　C. $\frac{\sqrt{3}}{2}$　　D. $\frac{\sqrt{2}}{2}$

7.（1998 年全国物理竞赛预赛）测定患者的血沉，在医学上有助于医生对病情作出判断. 设血液是由红血球和血浆组成的悬浮液. 将此悬浮液放进竖直放置的血沉管内，红血球就会在血浆中匀速下沉，其下沉速率称为血沉. 某人的血沉 v 的值大约是 10 mm/h. 如果把红血球近似看作半径为 R 的小球，且认为它在血浆中下沉时所受的粘滞阻力为 $f=6\pi\eta Rv$. 在室温下 $\eta\approx 1.8\times10^{-3}$ Pa·s. 已知血浆的密度 $\rho_0\approx1.0\times10^3$ kg/m^3，红血球的密度 $\rho\approx1.3\times10^3$ kg/m^3. 试由以上数据估算红血球半径的大小.（结果保留一位有效数字）

8. 当物体从高空下落时，空气阻力随速度的增大而增大，因此经过一段距离后，物体将匀速下落，这个速度称为此物体下落的终极速度. 已知球形物体速度不大时所受的空气阻力正比于速度 v，且正比于球的半径 r，即阻力 $f=krv$，k 是比例系数. 对于常温下的空气，比例系数 $k=3.4\times10^{-4}$ N·s/m^2. 已知水的密度 $\rho=1.0\times10^3$ kg/m^3，取重力加速度 $g=10$ m/s^2. 试求半径 $r=0.10$ mm 的球形雨滴在无风情况下的终极速度 v_T.（结果保留两位有效数字）

四、潜能挑战测试

力争上重点大学！

9. 质量为 m 的物体放在倾角为 θ 的斜面上，设 $\theta=45°$，物体与斜面间的动摩擦因数 $\mu=0.5$，一力 F_1 沿斜面向上作用于物体；另一力 F_2 沿水平方向作用于物体，均能使物体匀速沿斜面向上运动，如图 3－15 所示. F_1∶F_2 等于多少？

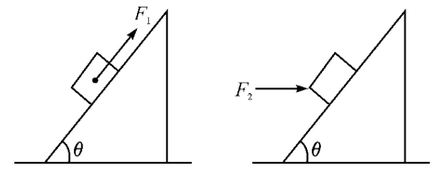


图 3－15

10. 如图 3－16 所示，质量为 m 的铁球用轻绳系在

需要全本请访问 www.ertongbook.com