目录

LU MU

第一章　力、物体的平衡 …… (001)

第Ⅰ单元　力学中的三种常见力·物体受力分析 …… (001)

第Ⅱ单元　力的合成与分解·共点力作用下的物体的平衡 …… (006)

※第Ⅲ单元　力矩·有固定转动轴物体的平衡 …… (009)

章末综合讲练 …… (012)

第二章　直线运动 …… (018)

第Ⅰ单元　描述运动的基本概念 …… (018)

第Ⅱ单元　匀速直线运动·匀变速直线运动 …… (021)

章末综合讲练 …… (026)

第三章　牛顿运动定律 …… (030)

第Ⅰ单元　牛顿运动定律 …… (030)

第Ⅱ单元　动力学的两类基本问题·※失重和超重 …… (034)

章末综合讲练 …… (039)

第四章　曲线运动　万有引力定律 …… (044)

第Ⅰ单元　运动的合成和分解·平抛运动 …… (044)

第Ⅱ单元　圆周运动 …… (048)

第Ⅲ单元　万有引力定律·人造地球卫星 …… (052)

章末综合讲练 …… (057)

第五章　动量 …… (063)

第Ⅰ单元　动量和冲量·动量定理 …… (063)

第Ⅱ单元　动量守恒定律 …… (066)

章末综合讲练 …… (071)

第六章　机械能 …… (075)

第Ⅰ单元　功·功率 …… (075)

第Ⅱ单元　动能定理·机械能守恒定律 …… (079)

第Ⅲ单元　动量和能量 …… (083)

章末综合讲练 …… (088)

第七章　机械振动和机械波 …… (093)

第Ⅰ单元　机械振动 …… (093)

第Ⅱ单元　机械波 …… (097)

章末综合讲练 …… (102)

第八章　分子热运动　能量守恒 …… (107)

章末综合讲练 …… (111)

第九章　气体 …… (116)

第Ⅰ单元　气体状态参量·※气体实验定律 …… (116)

第Ⅱ单元　※理想气体状态方程·分子动理论 …… (121)

章末综合讲练 …… (125)

第十章　电场 …… (131)

需要全本请访问 www.ertongbook.com

LU MU 目录

第Ⅰ单元　库仑定律·电场强度……(131)
第Ⅱ单元　电势能·电势差·※电场中的导体……(135)
第Ⅲ单元　电容·带电粒子在电场中的运动……(139)
章末综合讲练……(143)
第十一章　恒定电流……(149)
第Ⅰ单元　部分电路·电功和电功率……(149)
第Ⅱ单元　闭合电路欧姆定律……(153)
第Ⅲ单元　电表·电阻的测量……(156)
章末综合讲练……(160)
第十二章　磁场……(165)
第Ⅰ单元　磁感应强度·安培力……(165)
第Ⅱ单元　磁场对运动电荷的作用……(170)
章末综合讲练……(175)
第十三章　电磁感应……(181)
第Ⅰ单元　电磁感应现象·楞次定律……(181)
第Ⅱ单元　法拉第电磁感应定律·自感……(185)
第Ⅲ单元　电磁感应定律的应用……(189)
章末综合讲练……(193)
第十四章　交变电流　电磁振荡和电磁波……(199)
第Ⅰ单元　交变电流……(199)
第Ⅱ单元　电磁振荡·电磁波……(204)
章末综合讲练……(207)
第十五章　光的反射和折射……(211)
第Ⅰ单元　光的直线传播·※光的反射……(211)
第Ⅱ单元　光的折射·全反射……(214)
章末综合讲练……(218)
第十六章　光的本性……(222)
章末综合讲练……(226)
第十七章　原子和原子核……(230)
第Ⅰ单元　原子的结构·能级……(230)
第Ⅱ单元　原子核反应·核能……(233)
章末综合讲练……(236)
第十八章　物理实验……(242)

第一章　力、物体的平衡

备课札记

知识点与高考要求

知　识　点	要求程度
1. 力是物体间的相互作用，是物体发生形变和物体运动状态变化的原因. 力是矢量. 力的合成与分解.	B
2. 重力是物体在地球表面附近所受到的地球对它的引力. 重心.	B
3. 形变和弹力. 胡克定律.	B
4. 静摩擦，最大静摩擦力.	A
5. 滑动摩擦. 滑动摩擦定律.	B
6. 力矩.	B
7. 共点力作用下的物体的平衡	B
8. 力矩的平衡	B

说明：(1) 关于力的合成与分解，在计算方面只要求会应用直角三角形知识求解.

(2) 不要求知道静摩擦因数.

(3) 知识点 8 是新教材增加的内容.

内容概要与考查特点

本章内容是力学的基础知识. 力是贯穿于整个物理学的重要概念，对物体进行受力分析是解决力学问题的基础和关键. 力在合成与分解时所遵守的平行四边形定则，也是所有的矢量都遵守的普遍法则. 平衡条件($F_{合}=0$ 和 $M_{合}=0$)更是广泛应用于力、热、电等各部分内部的题目求解当中.

近几年的高考针对本章内容单独命题的情况较少，主要是与其他内容(牛顿定律、动量、功和能、气体的压强、电磁学等)结合起来进行考查. 力矩、静摩擦力、力的合成与分解都是高考热点内容.

本章知识内容可分成三个单元组织复习：(Ⅰ) 力学中的三种常见力；物体受力分析. (Ⅱ) 力的合成与分解；共点力作用下的物体的平衡. (Ⅲ) 力矩；有固定转动轴物体的平衡.

第Ⅰ单元　力学中的三种常见力 · 物体受力分析

概念规律方法

一、力的概念

1. (1) 力是物体对物体的作用，力不能脱离物体而独立存在. (2) 力的作用效果：使物体发生形变或使物体运动状态发生变化. (3) 力是矢量. 大小、方向、作用点是力的三要素. (4) 力的单位：牛顿(N).

2. 力的分类：(1) 按力的性质分，可分为重力、弹力、摩擦力、分子力、电磁力、核力等. (2) 按力的效果分，可分为压力、支持力、动力、阻力、向心力、回复力等.

二、力学中的三种常见力

1. 重力：由于地球对物体的吸引而使物体受到的力. 大小 $G=mg$；方向竖直向下；作用点即为物体的重心.

2. 弹力：直接接触的物体间由于发生弹性形变而产生的力.

弹力方向的确定：(1) 压力、支持力的方向总是垂直于接触面，指向被压或被支持的物体. (2) 绳的拉力方向总是沿着绳指向绳收缩的方向.

弹力大小的确定：(1) 弹簧在弹性限度内遵从胡克定律 $F=kx$. (2) 一般情况下应根据物体的运动状态，利用牛顿定律或平衡条件来计算.

3. 摩擦力：相互接触的物体间发生相对运动或有相对运动趋势时，在接触面处产生的阻碍物体间相对运动的力.

(1) 静摩擦力：静摩擦力的大小可在 0 与最大值 F_m 之间变化. 一般应根据物体的运动状态由平衡条件或牛顿定律来计算，方向与物体间相对运动趋势的方向相反.

(2) 滑动摩擦力：大小 $F_f=\mu N$，方向与物体间相对运动的方向相反.

三、物体受力分析

对物体进行受力分析是解决力学问题的基础，是研究力学问题的重要方法. 受力分析的程序是：

1. 根据题意选取研究的对象. 选取研究对象的原则是要使对问题的研究尽量简便. 研究对象

备课札记

可以是单个物体或物体的某一部分，也可以是由几个物体组成的系统.

2. 把研究对象从周围的物体中隔离出来. 为防止漏掉某个力，要养成按一般步骤分析的好习惯. 一般应先分析重力；然后环绕物体一周，找出跟研究对象接触的物体，并逐个分析这些物体对研究对象的弹力和摩擦力；最后再分析其他场力（电场力、磁场力等）.

3. 每分析一个力，都要想一想它的施力物体是谁，这样可以避免分析出某些不存在的力. 如竖直上抛的物体并不受向上的推力，而刹车后靠惯性滑行的汽车也不受向前的“冲力”.

4. 画完受力图后要进行定性检验，看一看根据你画的受力图，物体能否处于题目中所给的运动状态. 如图 1—1 所示.

难点疑点辨析

1. 重力是由于地面附近的物体受到地球的万有引力而产生的，但并不等同于该引力. 因为此引力除产生重力外，还要提供物体随地球自转所需的向心力. 因物体在地球上不同纬度处随地球自转所需向心力大小不同，故同一物体在地球上不同纬度处重力大小不同. 不过由于此原因引起的重力变化不大，一般情况下，可不考虑地球的自转效应.

2. 弹力产生的条件是“接触且有形变”. 若物体间虽然接触但无拉伸或挤压，则并无弹力产生. 但由于形变一般很小，难于观察，因而判断弹力是否存在常需采用“反证法”，由已知运动状态和其他条件，利用平衡条件或牛顿运动定律分析推理. 例如，要判断图 1—1 中静止在水平面上的球是否受到斜面对它的弹力作用，可先假设有弹力 F_{N2} 存在，则此球在水平方向所受合力不为零，必加速运动，与所给静止状态矛盾，说明此球与斜面间虽接触，但并不挤压，并不存在弹力 F_{N2}.

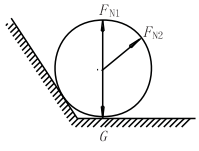


图 1—1

3. 静摩擦力大小、方向的确定既是本单元的重点，也是难点. 判断物体间有无静摩擦力及确定静摩擦力方向时常用的方法是：

（1）假设法. 即假设接触面光滑，看物体是否会发生相对运动；若发生相对运动，则说明物体原来的静止是有运动趋势的静止. 且假设接触面光滑后物体发生的相对运动方向即为原来相对运动趋势的方向，从而确定静摩擦力的方向.

（2）根据物体所处的运动状态，应用力学规律判定. 如图 1—2 中物块 A 和 B 在外力 F 作用下一起沿水平面向右以加速度 a 做匀加速直线运动时，若 A 的质量为 m，则很容易确定 A 受的静摩擦力大小为 ma，方向水平向右.

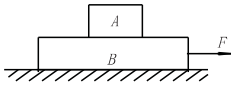


图 1—2

4. 滑动摩擦力阻碍的是物体间的相对运动，并不总是阻碍物体的运动. 它也可能作为动力，对物体做正功. 例如，在运行的传送带上放一初速为零的工件 A（如图 1—3），则在工件 A 未达到与传送带速度相等前，A 相对传送带向左滑动，但相对地仍为向右运动. 所以工件所受滑动摩擦力的方向与工件的运动方向是一致的. 此滑动摩擦力是动力，对工件做正功.

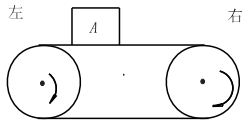


图 1—3

5. 对物体受力分析时应注意以下几点：（1）不要把研究对象所受的力与它对其他物体的作用力相混淆.（2）对于作用在物体上的每一个力，都必须明确它的来源，不能无中生有.



图 1—4

（3）分析的是物体受到哪些“性质力”（按性质分类的力），不要把“效果力”与“性质力”混淆重复分析. 例如，有人认为在竖直面内做圆周运动的物体运动至最高点时（图 1—4）受三个力的作用：重力、绳的拉力和向心力. 实际上这个向心力是重力与绳拉力的合力，是“效果力”，不属于单独某一性质的力，不能重复分析.

典型例题解析

[例1] 下列说法中，正确的是

A. 竖直向上抛出的物体，物体竖直上升，是因为受了一个竖直向上的升力作用

B. 放在斜面上的物体会沿斜面下滑，是因为受了一个下滑力作用

C. 放在水中的木块浮于水面，是因为受了浮力作用

D. 施力物体同时也是受力物体

解析：力是物体间的相互作用，分析物体的受力时一定要分析清楚谁是施力物体，谁是受力物体. 找不到施力物体的力是不存在的. 竖直向上抛出的物体，在运动过程中只受重力作用，“升力”是不存在的，因为找不到它的施力物体. 物体沿斜面下滑的原因是因为其合外力的方向沿斜面向下，并不是存在“下滑力”缘故. 试想如果存在“下滑力”，那么它的施力物体又是谁呢？地球施加物体的只有一个重力. 浮力的施力物体是水，正是由于浮力的存在，且当它大小等于重力时，物体才能浮于水中. 力是物体间的相互作用，因此施力物体一定是受力物体. 综合上述分析，正确的选项为 CD.

说明：在分析物体的受力情况时，要从力的定

义入手，要明确各力的特点，不能凭主观感觉简单地认定物体应该受某种力.

[例2] 如图 1—5 所示. 小车上固定着一根弯成 α 角的曲杆，杆的另一端固定一个质量为 m 的球. 试分析下列情况下杆对球的弹力的大小和方向：① 小车静止；② 小车以加速度 a 水平向右运动.

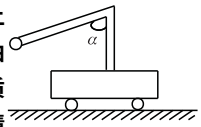


图 1—5

解析：(1) 接触面间的弹力方向是一直垂直于接触面，但固定在杆上的物体所受的弹力其大小和方向都是可变的，其方向可能沿杆也可能不沿杆，故则需利用平衡条件或牛顿第二定律来计算. 小车静止时，根据物体平衡条件知，杆对球产生的弹力方向竖直向上，且大小等于球的重力 mg.

(2) 选小球为研究对象. 小车以加速度 a 向右运动时，小球所受重力和杆的弹力的合力一定水平向右，此时，弹力 F 的方向一定指向右上方，只有这样，才能保证小球在竖直方向上保持平衡，水平方向上具有向右的加速度. 假设小球所受弹力方向与竖直方向的夹角为 θ(如图 1—6)，根据牛顿第二定律有 $F\sin\theta = ma$，$F\cos\theta = mg$.

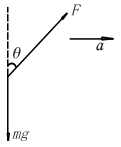


图 1—6

解得 $F = m\sqrt{g^2 + a^2}$，$\mathrm{tg}\theta = \dfrac{a}{g}$.

思考：(1) 小车如何运动时，弹力的方向才沿杆的方向？

(2) 试比较一下绳、杆、弹簧的弹力方向，它们各有何特点？

[例3] 把一重为 G 的物体，用一个水平的推力 $F = kt$(k 为恒量，t 为时间) 压在竖直的足够高的平整的墙上(图 1—7)，从 $t = 0$ 开始物体所受的摩擦力 F_f 随 t 的变化关系是下图中的哪一个？

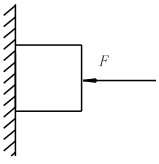
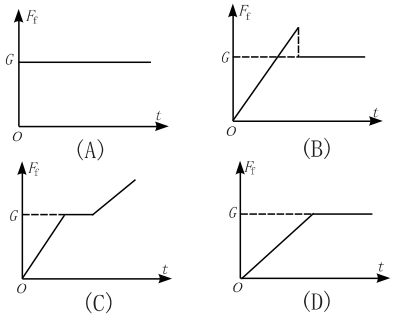


图 1—7



解析：选物体为研究对象，按重力、弹力、摩擦力等顺序画出物体的受力情况示意图如图 1—8 所示，在确认无误后分析摩擦力随时间的变化情况：物体在竖直方向上只受重力 G 和摩擦力 F_f 的作用. 由于 F 从零开始均匀增大，所以物体整个过程的大体运动情况应该是：先加速下滑，再减速下滑、最后静止不动. 在解题过程中，要掌握“先粗后细”的原则. 开始一段时间 $F_f < G$，物体加速下滑. 当 $F_f = G$ 时，物体速度达到最大值. 之后 $F_f > G$，物体向下做减速运动，直至速度减为零.

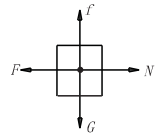


图 1—8

在整个运动过程中，摩擦力为动摩擦力，其大小为 $F_f = \mu N = \mu F = \mu kt$，即 F_f 与 t 成正比，是一段过原点的直线.

当物体速度减为零之后，动摩擦变为静摩擦，其大小由平衡条件可知 $F_f = G$. 所以物体静止后的图线为平行于 t 轴的线段. 故本题正确答案为 B.

思考：(1) 试具体描述一下物体的运动情况，并粗画出其速度图像.

(2) 在运动过程中，物体的速度何时最大？加速度何时最大？

[例4] 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—9 所示，若细线竖直，试分析棒的受力情况.

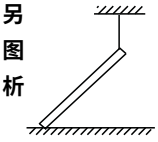


图 1—9

解析：取棒为研究对象，它只受三个力的作用，其中重力 G 竖直向下，支持力 F_N 垂直于地面竖直向上，绳子拉力 F_T 沿绳垂直向上. 如图 1—10 所示.

虽然地面不光滑，棒并不受静摩擦力的作用. 因为重力 G、支持力 F_N 和拉力 F_T 均沿竖直方向，所以棒在水平方向上没有运动趋势，也就不受静摩擦力了.

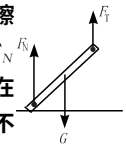


图 1—10

思考：(1) 若悬线不竖直，棒的受力情况可能如何？

(2) 若水平面光滑，悬线可能不竖直吗？

小结：对此类题目的分析，多数同学从想当然出发，只要没告诉地面是否光滑，不考虑题目所告诉的物理状态，就认为有摩擦. 希望同学们在画受力图时要养成这样的好习惯；不管题目难易，都要遵循前面讲的受力分析的程序.

单元同步练习

巩固性题组

▶1. 关于力的概念，下列哪些说法是正确的

(A) 力是使物体产生形变和改变运动状态的原因

备课札记

需要全本请访问 www.ertongbook.com

备课札记

(B) 一个力必定联系着两个物体，其中每个物体既是受力物体又是施力物体

(C) 只要两个力的大小相同，它们产生的效果一定相同

(D) 两个物体相互作用，其相互作用力可以是不同性质的力

答案：AB

▶2. 关于物体的重心，下列说法中正确的是

(A) 重心就是物体上最重的一点

(B) 形状规则的物体的重心，一定在它的几何中心

(C) 重心是物体所受重力的作用点，故重心一定在物体上

(D) 用细软线将物体悬挂起来，重心一定在悬线所在直线上

解析：物体的重心位置跟物体的质量分布情况和物体的形状有关，故 B 错．D 项可借助于二力平衡来解释．

答案：D

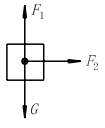
▶3. 卡车上装着一只始终与它相对静止的集装箱，不计空气阻力，下列说法正确的是

(A) 当卡车开始运动时，卡车对集装箱的静摩擦力使集装箱随卡车一起运动

(B) 当卡车匀速运动时，卡车对集装箱的静摩擦力使集装箱随卡车一起运动

(C) 当卡车匀速运动时，卡车对集装箱的静摩擦力等于零

(D) 当卡车制动时，卡车对集装箱的静摩擦力等于零



解析：集装箱随汽车一起由静止加速运动时，假设二者的接触面是光滑的，则汽车加速时，集装箱由于惯性要保持原有静止状态．因此它将相对于汽车向后滑动，而实际集装箱没有滑动，说明只有相对汽车向后滑的趋势，所以集装箱受到向前的静摩擦力．故 A 对．集装箱随汽车一起匀速运动时，二者无相对滑动，假设集装箱受水平向右的摩擦力，则其受力如图所示，跟木箱接触的物体只有汽车，汽车最多对它施加两个力(支持力 F_1 和摩擦力 F_2)，由二力平衡条件知：F_1 与 G 抵消，但没有力与 F_2 抵消．力是改变物体运动状态的原因，木箱在 F_2 的作用下，速度将发生变化，不能做匀速直线运动，这与题意矛盾，故 B 错．汽车刹车时，速度减小，假设木箱与汽车的接触面是光滑的，则集装箱相对汽车向前滑动，而实际没动，说明集装箱受到向后的摩擦力．故 D 错．

答案：AC

▶4. 运动员用双手握住竖直的竹竿匀速攀上和匀速下滑时，他所受到的摩擦力分别为 $F_{上}$ 和 $F_{下}$，那么它们的关系是

(A)$F_{上}$ 向上，$F_{下}$ 向下，$F_{上}=F_{下}$

(B)$F_{上}$ 向下，$F_{下}$ 向上，$F_{上}>F_{下}$

(C)$F_{上}$ 向上，$F_{下}$ 向上，$F_{上}=F_{下}$

(D)$F_{上}$ 向上，$F_{下}$ 向下，$F_{上}>F_{下}$

解析：匀速攀上，匀速滑下时，所受摩擦力方向均向上，且大小等于重力．

答案：C

▶5. 如图 1—11，A、B 两物块叠放在一起，被一水平向右的外力 F 作用于 A 而一起向右做匀速运动，有关 A、B 受力情况的下列说法正确的有

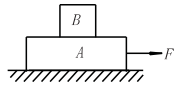


图 1—11

(A)B 不受摩擦力作用

(B)A 受四个力作用

(C)A 竖直方向受三个力作用

(D)A 水平方向受三个力作用

解析：A 在竖直方向上受三个力：重力、支持力和 B 对 A 的压力，在水平方向上受两个力，水平拉力和地面对 A 的摩擦力．由于 A、B 间没有相对运动趋势，故 A、B 间无摩擦力作用．

答案：AC

▶6. 质量为 m 的物体，放在质量为 M 的斜面体上，斜面体放在水平粗糙的地面上，m 和 M 均处于静止状态，如图 1—12 所示．当在物体 m 上施加一个水平力 F，且 F 由零逐渐加大到 F_m 的过程中，m 和 M 仍保持静止状态．在此过程中，下列判断哪些是正确的？

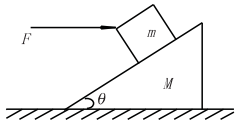


图 1—12

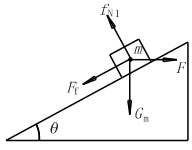
(A) 斜面体对 m 的支持力逐渐增大

(B) 物体 m 受到的摩擦力逐渐增大

(C) 地面受到的压力逐渐增大

(D) 地面对斜面体的摩擦力由 0 逐渐增大到 F_m

解析：分析 m 受力情况，利用正交分解、列方程



$F_{N1}=G_m\cos\theta+F\sin\theta$

$F_f=F\cos\theta-G_m\sin\theta$

F 增大，F_{N1} 增大；

$$\begin{cases}\text{当 } F=0 \text{ 时，} F_f=-G_m\sin\theta\\ \text{当 } F=\dfrac{G_m\sin\theta}{\cos\theta} \text{ 时，} F_f=0\\ \text{当 } F>\dfrac{G_m\sin\theta}{\cos\theta} \text{ 时，} F_f \text{ 随 } F \text{ 增大而增大}\end{cases}$$

所以摩擦力先减小后增大；选择整体为研究对象，知 D 对．

答案：AD

▶7. 如图1—13所示，水平地面上的木箱，在水平向右的恒力 $F_1 = 100\text{N}$ 和水平向左的恒力 $F_2 = 20\text{N}$ 作用下静止不动，这时木箱受到地面的静摩擦力方向_____，大小为_____ N. 若撤去 F_1，这时木箱在水平方向上受到的合力为_____.

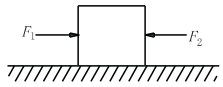


图1—13

解析：同时施加 F_1 和 F_2 时，物体静止，受到的静摩擦力 $F_1' = F_1 - F_2 = 80\text{ N}$，撤掉 F_1，$F_2 = 20\text{ N}$，当然更推不动物体，此时静摩擦力 $F_2' = F_2 = 20\text{ N}$. 方向向右.

答案：向左，80 N，0

▶8. 如图1—14，A、B 叠放在一起，用一根细绳通过一定滑轮相连，现给 B 施一水平向右的拉力使 B 沿 A 向右运动，试分析 A、B 两物体的受力，画出受力图.

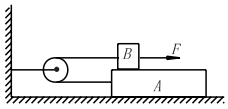
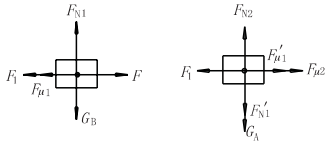


图1—14

解析：对 B：　　对 A：



▶9. 如图1—15所示，在两块固定木板间，夹着质量为 3 kg 的木块 A，所加压力为 50 N，木块和木板间的动摩擦因数为 0.4. 问：木块 A 受哪几个力的作用？大小如何？若要使木块 A 匀速向上运动，则 A 物体应受到多大的竖直向上的拉力？

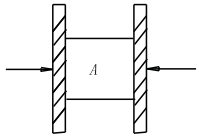


图1—15

解析：木块受到大小是 $G = 3\times 10 = 30\text{ N}$ 的重力，有向下运动的趋势，木板和木块间粗糙且相互挤压，可知木块要受到向上的摩擦力 F_{f1}、F_{f2}，$F_{f1} = F_{f2} = \dfrac{G}{2} = 15\text{ N}$，若向上匀速运动，摩擦力为滑动摩擦力，方向向下.

分析受力得 $F_{拉} = G + 2F_f = 30 + 2\times \mu F_N = 70\text{ N}$

答案：70 N

▶10. 一轻弹簧原长 L_0，一端固定，在另一端施力 F 时，可将弹簧拉长至 L_1. 今从弹簧自由端剪去 $\dfrac{1}{3}$，要仍将弹簧拉长至 L_1，弹簧自由端施加的外力为多大？

解析：弹簧自由端剪去 $\dfrac{1}{3}$，还余原来的 $\dfrac{2}{3}$，则劲度系数变为原来的 $\dfrac{3}{2}$ 倍，设劲度系数为 k，则

$$\begin{cases} F = k(L_1 - L_0) & ① \\ F' = \dfrac{3}{2}k\left(L_1 - \dfrac{2}{3}L_0\right) & ② \end{cases}$$

由 ①② 得：

$$F' = \frac{3L_1 - 2L_0}{2(L_1 - L_0)}$$

提高性题组

▶11. 用一水平力 F 将两铁块 A 和 B 紧压在竖直墙上而静止，如图1—16所示，对此，下列说法中正确的是

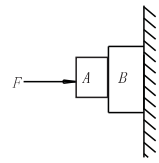


图1—16

(A) 铁块 B 肯定受 A 给它的竖直向上的摩擦力

(B) 铁块 B 肯定受墙给它的竖直向上的摩擦力

(C) 铁块 A 肯定受 B 给它的竖直向上的摩擦力

(D) A 与 B 之间的摩擦力方向是无法判断的

解析：A 在竖直方向上受两个力：重力，摩擦力，摩擦力只能是 B 对它施加的. 对 B，在竖直方向上，受重力和两个摩擦力，且墙对 B 的摩擦力大小等于 AB 重力之和.

答案：BC

▶12. 如图1—17所示，一根弹簧其自由端 B 在末悬挂重物时指针正对刻度 5，在弹性限度内，当挂上 80 N 重物时指针正对刻度 45，若要指针正对刻度 20 应挂重物是

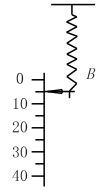


图1—17

(A) 40N

(B) 30N

(C) 20N

(D) 不知弹簧的劲度系数 k 的值，无法计算

解析：由 $\begin{cases} k(45-5) = 80 \\ k(20-5) = G \end{cases}$

得 $G = 30\text{ N}$

答案：B

▶13. 图1—18为皮带传动装置示意图，A 为主动轮，B 为从动轮，如不计皮带自重且皮带不打滑，在 A、B 都沿顺时针方向转动的过程中，带上 a、b、c 三处张力是_____处最大，_____处次之，_____处最小.

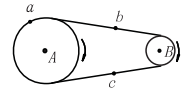


图1—18

解析：由于 A 为主动轮，在 C 处张力作用下，带动 B 轮转动.

答案：c；a；b；

备课札记

备课札记

第Ⅱ单元　力的合成与分解·共点力作用下的物体的平衡

概念规律方法

一、力的合成与分解

1. 合力与分力的关系是等效替代关系.

2. 力的合成与分解都遵循平行四边形定则. 计算时首先要根据题目要求按照力的平行四边形定则作出力的合成或分解的图示，再根据数学知识解三角形求解合力与分力. 主要要求解直角三角形问题，对于较简单的斜三角形问题，也应能利用正弦定理、余弦定理或相似三角形的知识求解，但不作为重点.

3. 二力(F_1、F_2)合成的合力(F)的取值范围为：$|F_1-F_2|\leqslant F\leqslant(F_1+F_2)$.

4. 把一个已知力分解为两个互成角度的分力，如果没有条件限制，可以分解为无数对分力. 要得到确定的答案，必须给出一些附加条件. 如已知两个分力的方向，已知一个分力的大小及方向等. 在实际问题中，要根据力产生的实际作用效果或处理问题的方便来决定如何分解.

5. 力的正交分解：在很多问题中，常把一个力分解为互相垂直的两个分力. 特别在物体受多个力作用时，把物体受到的各力都分解到互相垂直的两个方向上去，然后分别求每个方向上的力的代数和. 这样就可把复杂的矢量运算转化为互相垂直方向上的简单的代数运算.

二、共点力作用下的物体的平衡

1. 平衡状态：物体处于静止或做匀速直线运动状态，即 $a=0$，叫做平衡状态.

2. 平衡条件：共点力的平衡条件为 $F_{合}=0$，或写成分量形式为 $F_{x合}=0$，$F_{y合}=0$.

3. 二力平衡时，二力等值反向共线；三力(非平行)平衡时，三力共面共点.

难点疑点辨析

1. 合力的大小依赖于两分力间的夹角，它可能比任何一个分力都小，也可能比任何一个分力都大. 如图1—19所示，由余弦定理可得合力的大小为

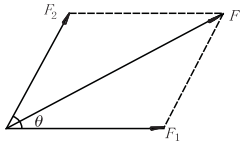


图1—19

$$F=\sqrt{F_1^2+F_2^2+2F_1F_2\cos\theta}$$

由上式不难得出：(1) 当 $\theta=0°$ 时，$F=F_1+F_2$；(2) 当 $\theta=90°$ 时，$F=\sqrt{F_1^2+F_2^2}$；(3) 当 $\theta=120°$ 且 $F_1=F_2$ 时，$F=F_1=F_2$；(4) 当 $\theta=180°$ 时，$F=|F_1-F_2|$. 总之在 θ 从0增大到 $180°$ 的过程中，随着两分力夹角 θ 的逐渐增大，合力 F 的值逐渐减小.

2. 求解平衡问题常用的方法：

(1) 有不少三力平衡问题，既可从平衡的观点(根据平衡条件建立方程)求解——平衡法，也可从力的分解的观点(将某力按其作用效果分解)求解——分解法. 两种方法可视具体问题灵活选用. 但平衡法是求解平衡问题的基本方法. 特别对三个以上力的平衡问题，分解法失效，平衡法照样使用.

(2) 相似三角形法：通过力三角形与几何三角形相似求未知力. 对解斜三角形的情况更显优越.

(3) 力三角形图解法：当物体所受的力变化时，通过对几个特殊状态画出力图(在同一图上)对比分析，使动态问题静态化，抽象问题形象化，问题将变得易于分析处理.(如第一章第Ⅱ单元中例2).

典型例题解析

[例1] 如图1—20(a)所示，轻绳 AC 与水平面夹角 $\alpha=30°$，BC 与水平面夹角 $\beta=60°$，若 AC、BC 能承受的最大拉力不能超过100N，那么重物 G 不能超过多少？(设悬挂重物 G 的绳 CD 强度足够大)？

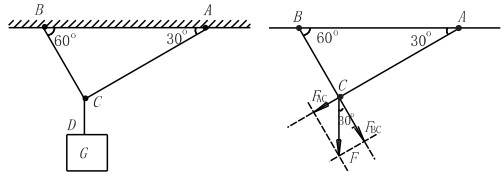


图1—20

解析：此类问题的研究对象只能选结点 C，因为 C 点受 AC、BC 的拉力与重物 G 联系起来. 由于 C 点只受三个力且合力为零，所以最简单的求解方法就是力的合成或分解.

由于重物静止时对 C 点的拉力 $F=G$，拉力产生两个效果：对 BC 的拉力 F_{BC} 和对 AC 的拉力 F_{AC}，其力的矢量关系如图1—21(b)所示. 从图中关系可以看出 $F_{BC}>F_{AC}$，即当重力 G 增加时，F_{BC} 先达到100N. 因此重力 G 的极限值就等于 $F_{BC}=100$N 时所对应的 F 的数值，由几何关系得：

$$F=\frac{F_{BC}}{\cos30°}=\frac{200\sqrt{3}}{3}(\text{N})$$

所以重物的重力 G 不能超过 $\frac{200\sqrt{3}}{3}$N.

思考：1. 本题用的分解方法求解，请你再用力的合成或平衡条件求解，并比较一下有何不同？

2. 若 AC、BC 能承受的最大拉力分别为 100N 和 200N，本题又该如何分析？

[例2] 如图 1—21 所示，把球夹在竖直墙 AC 和木板 BC 之间，不计摩擦，球对墙的压力为 F_{N1}，球对板的压力为 F_{N2}. 在将板 BC 逐渐放至水平的过程中，下列说法中，正确的是

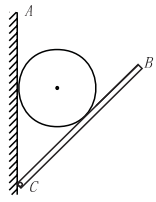


图 1—21

(A) F_{N1} 和 F_{N2} 都增大

(B) F_{N1} 和 F_{N2} 都减小

(C) F_{N1} 增大，F_{N2} 减小

(D) F_{N1} 减小，F_{N2} 增大

解析：虽然题目中的 F_{N1} 和 F_{N2} 涉及的是墙和木板的受力情况，但研究对象还只能取球. 由于球处于一个动态平衡过程，F_{N1} 和 F_{N2} 都是变力，画受力图可以先画开始时刻的，然后再根据各力的关系定性或定量地讨论某力的变化规律.

球所受的重力 G 产生的效果有两个：对墙的压力 F_{N1} 和对板的压力 F_{N2}. 根据 G 产生的效果将其分解. 如图 1—22 所示，则 $F_1 = F_{N1}$，$F_2 = F_{N2}$. 从图中不难看出，当板 BC 逐渐被放平的过程中，F_{N1} 的方向保持不变而大小逐渐减小，F_{N2} 与 G 的夹角逐渐变小，其大小也逐渐减小. 因此本题的正确答案为 B.

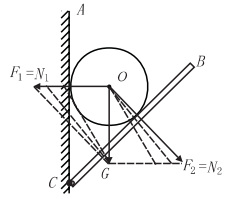


图 1—22

说明：利用图解法分析动态平衡问题，具有直观、简便等优点，但使用中有两点需要注意：

1. 本方法所适用的基本上都是“三力平衡”问题，且物体所受的三力中，有一个恒力(如 G)，还有一个是方向不变仅大小变的力(如 F_{N1})，另一个则是大小和方向都变的力(如 F_{N2}). 否则，用图解法分析不一定简便.

2. 作图时要规范，也可仅讨论其中的一个三角形，要特别注意方向变化的那个力，要切实搞清其方向变化的范围.

[例3] 倾角为 θ 的斜面与水平面保持静止，斜面上有一重为 G 的物体 A，物 A 与斜面间的动摩擦因数为 μ，且 $\mu < \mathrm{tg}\theta$. 现给 A 施以一水平力 F，如图 1—23 所示，设最大静摩擦力与滑动摩擦力相等，求水平推力 F 多大时，物 A 能在斜面上静止？

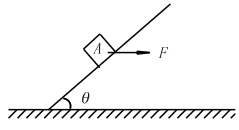


图 1—23

解析：物体静止在斜面上的条件是合外力为零. 由于静摩擦力可以变，所以所求的推力应是一个范围，推力的最大值对应的状态应该是 A 恰不沿斜面向上滑动. 推力最小所对应的状态虽然没较明确的给出，但 $\mu < \mathrm{tg}\theta$ 这个条件又隐含着什么呢？物体匀速下滑时有 $G\sin\theta = \mu G\cos\theta$，即 $\mu = \mathrm{tg}\theta$，所以 $\mu < \mathrm{tg}\theta$ 时物体处于加速下滑状态. 所以 F 的最小值应对应于物体恰不下滑的状态. 求解过程如下：

由于 $\mu < \mathrm{tg}\theta$，所以不施力时，A 将沿斜面加速下滑. 若推力较小，A 有沿斜面下滑的趋势，则静摩擦力沿斜面向上，受力分析如图 1—24 所示. 则：

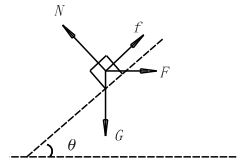


图 1—24

沿斜面方向：$F\cos\theta + F_f - G\sin\theta = 0$ ①

垂直于斜面方向：$F_N - F\sin\theta - G\cos\theta = 0$ ②

又：$F_f < \mu N$ ③

由 ①②③ 式解得：$F \geqslant \dfrac{\sin\theta - \mu\cos\theta}{\cos\theta + \mu\sin\theta} \cdot G$

若推力 F 较大，A 有沿斜面上滑的趋势，静摩擦力沿斜面向下. 在沿斜面方向上应有：

$F\cos\theta - F_f - G\sin\theta = 0$ ④

由 ②③④ 式可解得：$F \leqslant \dfrac{\sin\theta + \mu\cos\theta}{\cos\theta - \mu\sin\theta} \cdot G$

所以物体能在斜面上静止的条件是：

$$\frac{\sin\theta - \mu\cos\theta}{\cos\theta + \mu\sin\theta} \cdot G \leqslant F \leqslant \frac{\sin\theta + \mu\cos\theta}{\cos\theta - \mu\sin\theta} \cdot G$$

说明：(1) 在利用平衡条件 $F_x = 0$ 和 $F_y = 0$ 列方程时，对一些较简单的模型(如位于平面或斜面上的物体)，虽进行的是正交分解，也可以不画出坐标系，而直接在某个方向上列方程即可.

(2) 在确定 f 的方向时，可以设想 F 太小或太大会引起什么样的效果. 这样可以更简便地确定 A 恰不下滑或恰不上滑的条件. 方程式 ③ 可写成 $F_f = \mu N$，先分别解出 F 的两个临界值，然后再最后确定其范围. 这也是求物理量取值范围的常用方法.

(3) 请讨论：μ 满足什么条件，无论 F 多大都不能推物体 A 向上滑.

单元同步练习

巩固性题组

▶1. 作用于同一质点上的三个力，大小分别是 20 N、15 N 和 10 N，它们的方向可以变化，则该质点所受这三个力的合力

(A) 最大值是 45 N　　(B) 可能是 20 N

(C) 最小值是 5 N　　(D) 可能是零

解析：合力的取值范围是：$0 \leqslant F \leqslant |F_1 + F_2 + F_3|$

答案：ABD

备课札记

需要全本请访问 www.ertongbook.com

备课札记

▶2. 在 x 轴和 y 轴上固定两根轻杆，在坐标原点两杆相接，如图 1—25 所示，在坐标原点（相接点）上加一外力 F，要使两杆都受力，而一杆上为张力，另一杆上为压力，则 F 的指向

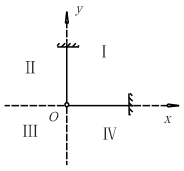


图 1—25

(A) Ⅰ 象限　　(B) Ⅱ 象限
(C) Ⅲ 象限　　(D) Ⅳ 象限

答案：BD

▶3. 重为 100 N 的物体在水平地面上向右运动，同时受到一个向左的 5 N 的水平力 F 作用，若物体和水平地面间的动摩擦因数为 0.1，则水平面对物体的摩擦力的大小和方向是

(A)10 N，水平向左　　(B)5 N，水平向右
(C)15 N，水平向左　　(D)5 N，水平向左

解析：滑动摩擦力的方向总是与物体相对运动的方向相反．

答案：C

▶4. 建筑工人要将建筑材料运送到高处，常在楼顶装置一个定滑轮（图中未画出），用绳 AB 通过滑轮将建筑材料提到某一高处，为了防止建筑材料与墙壁相碰，站在地面上的工人还另外用绳 CD 拉住材料，使它与竖直墙面保持一定的距离 L，如图 1—26 所示，若不计两根绳的重力，在建筑材料提起的过程中，绳 AB 和 CD 的拉力 F_1 和 F_2 的大小变化情况是

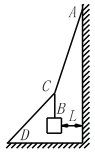


图 1—26

(A)F_1 增大，F_2 增大
(B)F_1 增大，F_2 不变
(C)F_1 增大，F_2 减小
(D)F_1 减小，F_2 减小

解析：由共点力平衡的条件知：F_1 与 F_2 的合力与物体重力 G 等大反向．由平行四边形定则可得，A 对．

答案：A

▶5. 如图 1—27 所示，一个重为 G 的木箱放在水平地面上，木箱与水平面间的动摩擦因数为 μ，用一个与水平方向成 θ 角的推力 F 推动木箱沿地面做匀速直线运动，则推力的水平分力等于

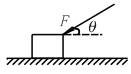
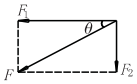


图 1—27

(A)$F\cos\theta$
(B)$\mu G/(\cos\theta-\mu\sin\theta)$
(C)$\mu G/(1-\mu\operatorname{tg}\theta)$
(D)$F\sin\theta$

解析：F 产生两个效果：使物体水平向前，同时使物体压紧水平面；如图，可将 F 分解为沿水平方向的分力 F_1 和沿竖直方向的分力 F_2．因为木箱匀速运动，所以水平方向，竖直方向上的合力均为零．



故 $F\cos\theta=\mu(G+F\sin\theta)$　　①

解得 $F=\mu G/(\cos\theta-\mu\sin\theta)$　　②

由 ①② 得 AC 对．

答案：AC

▶6. 某运动员在单杠上做引体向上的动作，使身体匀速上升．第一次两手距离与肩同宽，第二次两手间的距离是肩宽的 2 倍，比较运动员两次对单杠向下的作用力的大小；其结果为_____．

解析：运动员两次对单杠向下的作用力都是 mg．

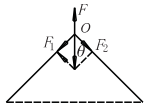
答案：mg

▶7. 一组力作用于一个物体，其合力为零．现把其中的一个大小为 20 牛的力的作用方向改变 90° 而大小不变，那么这个物体所受力的合力大小是_____．

答案：$20\sqrt{2}$N

▶8. 在雨后乡间的大道上，有一汽车的后轮陷在湿滑的路面上而抛锚，尽管司机加大油门后轮仍无法起动，于是司机找出一根长绳，一端系在路旁的树上，另一端系在车上，并使绳绷紧，然后在绳的中央，沿垂直于绳的方向用力拉绳，就可以把车拉出，试分析其原因．

解析：如图分析 O 点受力，



$$F_1=F_2=\frac{F}{2\cos\theta}$$

在 $\theta\to 90°$ 时，$\cos\theta\to 0$，则 F_1、F_2 很大，即可克服车受的阻力．

▶9. 用细绳 AC 和 BC 吊起一重物，两绳与竖直方向的夹角如图 1—28 所示，AC 能承受的最大拉力为 150 N，BC 能承受的最大拉力为 100 N．为使绳子不断裂，所吊重物的质量不得超过多少？

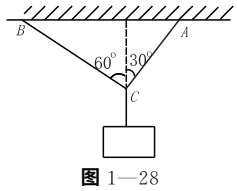
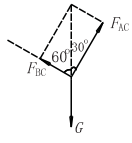


图 1—28

解析：重物受到的三个力的方向已确定．



当 AC、BC 中有一个绳的拉力达到最大拉力时，设 F_{AC} 已达到 $F_{AC}=150$ N，已知

$F_{BC}=F_{AC}\operatorname{tg}30°=86.6\text{ N}<100\text{ N}$.

$$G=\frac{F_{AC}}{\cos 30}=\frac{150}{\frac{\sqrt{3}}{2}}=173\text{ N}.$$

$G=173$ N 时，$F_{AC}=150$ N，而 $F_{BC}<100$，AC 要断．

$\therefore G\leqslant 173$ N

$m \leqslant 17.3$ kg.

答案：$m \leqslant 17.3$ kg

▶10. 在研究两个共点力合成的实验中得到如图 1—29 所示的合力 F 与两个分力的夹角 θ 的关系图.

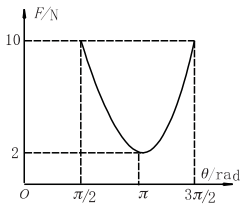


图 1—29

求：(1) 两个分力大小各是多少？

(2) 此合力的变化范围是多少？

解析：由图像知：$\theta = \frac{\pi}{2}$ 时，

$F_1^2 + F_2^2 = 10^2$，

$\theta = \pi$ 时，$F_1 - F_2 = 2$（令 $F_1 \geqslant F_2$）

解此两式知 $F_1 = 8$ N　$F_2 = 6$ N，故合力 $F_{合}$ 的变化范围是：2 N $\leqslant F_{合} \leqslant$ 14 N

答案：(1) $F_1 = 8$ N，$F_2 = 6$ N

(2) 2N $\leqslant F_{合} \leqslant$ 14 N

提高性题组

▶11. 压榨机如图 1—30 所示，B 为固定铰链，A 为活动铰链. 在 A 处作用一水平力 F，C 块就以比 F 大得多的力压 D. 已知 $L = 0.5$ 米，$h = 0.1$ 米，$F = 200$ 牛，C 与左壁接触面光滑，求 D 受到的压力.

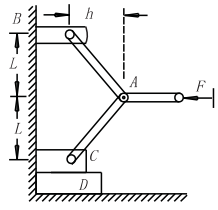


图 1—30

解析：将水平力 F 沿两杆 AB、AC 方向分解，可知两分力大小；然后再将沿 AC 方向的力分解为水平方向和竖直方向，竖直方向的分力即为所求. 两次分解.

答案：500 N

▶12. 如图 1—31，两根固定的光滑硬杆 OA、OB 成 θ 角，在杆上各套一轻环 P、Q，P、Q 用线相连，现用一恒力 F 沿 OB 方向拉环 Q，则当两环稳定时，轻线上的张力多大？

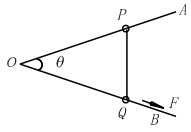


图 1—31

解析：由于杠是光滑的，所以 P 环只受两个力作用：杆的弹力和绳的拉力，稳定时这两个力合力为零，它们等大反向，所以稳定时绳一定垂直于 OA 杆，Q 环共受三个力作用：绳的拉力 F'，杆的弹力 F_N 及恒力 F，由平衡条件得：$F = F'\sin\theta$，则绳的拉力 $F' = \frac{F}{\sin\theta}$

答案：轻绳上的张力为 $F/\sin\theta$

▶13. 1999 年，中国首次北极科学考察队乘坐我国自行研制的“雪龙”号科学考察船对北极地区海域进行了全方位的卓有成效的科学考察. 这次考察获得了圆满的成功，并取得一大批极为珍贵的资料. “雪龙”号科学考察船不仅采用特殊的材料，而且船体的结构也应满足一定的条件，以对付北极地区的冰块与冰层，它是靠本身的重力压碎周围的冰块，同时又应将碎冰块挤向船底. 如果碎冰块仍挤在冰层与船体之间，船体由于受巨大的侧压力而可能解体. 为此，如图 1—32 所示，船体与铅垂面之间必须有一倾斜角 θ. 设船体与冰块间的动摩擦因数为 μ，试问使压碎的冰块能被挤向船底，θ 角应满足什么条件？

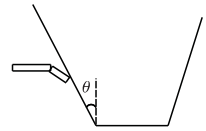
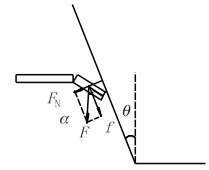


图 1—32

解析：由于冰块的重力和浮力的方向均在竖直方向上，所以，只有当 F_f 和 F_N 的合力 F 与船体的夹角 α 小于 θ 时，冰块才能被挤向船底.



又 $\tan\alpha = \frac{F_N}{F_f} = \frac{F_N}{\mu F_N} = \frac{1}{\mu} < \tan\theta$

$\therefore \theta > \arctan\frac{1}{\mu}$

答案：$\theta > \arctan\frac{1}{u}$

※ 第 Ⅲ 单元　力矩 · 有固定转动轴物体的平衡

概念规律方法

一、力矩

1. **力臂**：从转动轴到力的作用线的垂直距离.

2. **力矩**：力 F 与力臂 L 的乘积，叫做力对转轴的力矩，即 $M = FL$. 单位：牛 · 米（不是焦），符号 N · m.

力矩反映了力对物体的转动作用，是使物体转动状态变化的原因. 根据转动作用的方向，常分为逆时针力矩和顺时针力矩.

二、力矩的平衡

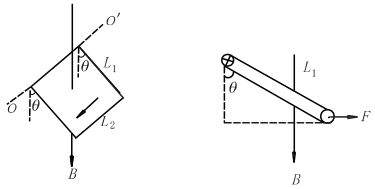
有固定转动轴的物体的平衡条件是力矩的代数和等于零，其数字表达形式为 $M_1 + M_2 + M_3 + \cdots\cdots = 0$ 或者 $M_{合} = 0$

备课札记

备课札记

难点疑点辨析

1. 计算某个力的力矩，关键是要能正确地找出该力的力臂. 找力臂时应注意：(1) 区分力的作用点与力的作用线；(2) 明确转轴的方位；(3) 必要时应进行图形的转换. 譬如，图 1—33(甲) 所示的矩形通电线圈在匀强磁场 B 中，要求其受的磁力矩. 若直接利用图甲分析，很难看出力的作用线与转动轴的确切关系，为便于找出磁力的力臂，可把图(甲) 转画成图(乙) 所示的平面图，则很容易看出磁力的力臂为 $L_1\cos\theta$.



(甲) (乙)

图 1—33

2. 用力矩平衡条件解题的基本方法

(1) 确定研究对象，选定转动轴.

(2) 分析转动轴之外物体所受的力，并作好力的作用线，找准力臂.

(3) 确定各力的力矩的大小和方向，根据平衡条件列出方程并求解.

典型例题解析

[例1] 如图 1—34 所示，直杆 OA 可绕 O 点转动，图中虚线与杆平行，杆端 A 承受两个力 F_1、F_2 的作用，力的作用线跟 OA 杆在同一竖直面内，它们对转轴 O 的力矩分别是 M_1、M_2，则力矩间的大小关系是

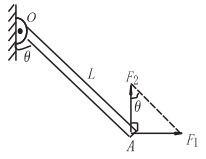


图 1—34

(A) $M_1 > M_2$ (B) $M_1 = M_2$

(C) $M_1 < M_2$ (D) 无法判断

解析：设杆长为 L，由于 F_1 的力臂为 $L\cos\theta$，F_2 的力臂为 $L\sin\theta$，根据力距的定义可得 $M_1 = F_1L\cos\theta$，$M_2 = F_2L\sin\theta$，根据图 1—35 可知，F_1 和 F_2 的大小关系为：$F_1 = F_2\,\mathrm{tg}\theta$，所以 $F_1\cos\theta = F_2\sin\theta$，因此 $M_1 = M_2$，故正确的选项为 B.

思考：(1) 若 A 端仅是一个力 F 的作用使杆静止，其方向如何才能使 F 的值最小？

(2) 若 A 端仅在 F_2 的作用下使 $\theta(\theta < 90°)$ 缓慢地变大，则 F_2 的大小是否变？它的力矩如何变？

[例2] 如图 1—35 所示，半径为 R，重为 G 的球固接有长为 $2R$ 的柄，柄的另一端用光滑铰链固定于 A 点，球与水平面间有一重为 G 的木块，木块与球之间的动摩擦因数为 μ，木板与水平面之间摩擦可以忽略，求：将木板向右抽出所需水平拉力至少多大？

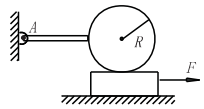


图 1—35

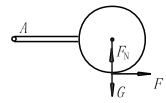


图 1—36

解析：要将木板抽出，其拉力 F 至少应等于它受的摩擦力，要求摩擦力只能取球和柄为研究对象，先受力分析，然后利用平衡条件列方程.

球和柄的受力情况如图 1—36 所示，以 A 点为轴，根据力矩的平衡有：

$$F_N \times 3R + F_f \times R = G \times 3R \qquad ①$$

又摩擦力：$F_f = \mu F_N$ ②

由 ①② 得 $F_f = \dfrac{3\mu G}{3+\mu}$

所以将木板向右抽出所需的水平拉力至少为

$$F = \frac{3\mu G}{3+\mu}.$$

思考：(1) 若将木板向左抽出，所需水平拉力 F 至少多大？

(2) F_f 的大小与木板的加速度大小是否有关？F_N 的大小与木板是否运动以及运动方向有没有关系？

[例3] 有一水果店，用秤是吊盘式杆秤，量程为 10 kg，现有一个较大的西瓜，超过此秤的量程，店员 A 找到另一秤砣，与原秤砣完全相同，把它与原秤砣结在一起作为秤砣进行称量，平衡时，双砣位于 6.5 kg 刻度处，他将此读数乘以 2 得到 13 kg 作为此西瓜的质量，店员 B 对这种称量结果表示怀疑，为了检验，他取另一西瓜，用单砣正常称是 8 kg，用双砣称量读数是 3 kg，乘以 2 得到 6 kg，这证明店员 A 的办法是不可靠的，试问：店员 A 卖给顾客的那个西瓜的实际质量是多大？

解析：杆秤的结构如图 1—37 所示，其中 O 为提扭，是平衡时的转轴. D 为杆秤的重心(不包括秤砣). A 点为 0 刻度点，秤砣放在此位置时，若吊盘中不放重物. 此时秤处于平衡状态. 杆秤的刻度和天平一样都是均匀的. 以 O 为轴根据平衡条件，当秤砣位于 O 刻度时有：

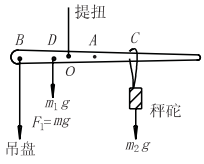


图 1—37

$$m_2g \times AO = m_1g \times OD \qquad ①$$

当用 $2m_2g$ 做秤砣时，若吊盘中不放重物则由下式成立.

$$m_1g \cdot OD = 2m_2g \cdot \frac{1}{2}AO \qquad ②$$

此情况称的 O 刻度在 $\dfrac{1}{2}AO$ 处

质量为 8 kg 的西瓜用单砣称时，设砣位于 C 处

$$8g \times BO = m_2g \cdot OC - m_1g \cdot DO \qquad ③$$

用双砣称时，双砣位于 C' 处

得 $8g \times BO = 2m_2 g \cdot OC' - m_1 g \cdot DO$ ④

由①②③④解得，用双砣时，A 点为 2kg 刻度处，但吊杆此处为 O 刻度点

由题可得 $m = 15$ kg

说明：从以上三个例题可以看出，在分析求解有关力矩的题目时，正确作出力的图示特别重要．在利用 $F_{合} = 0$ 求解问题时，物体受的力均可画在重心上．而在计算力矩时其作用点千万不可随便移动．

单元同步练习

巩固性题组

▶1. 下列有关力臂、力矩的概念的说法中，正确的是

(A) 力臂是力的作用点到转动轴的距离

(B) 力臂是力到转动轴的距离

(C) 越大的力，它的力矩也越大

(D) 力与力臂的乘积越大，它的力矩越大

解析：力臂是转动轴到力的作用线的距离，不是到作用点的距离，也不是到力的距离．则 A、B 均错．力矩是力与力臂的乘积，力大矩不一定大，则 C 错，D 正确．

答案：D

▶2. 如图 1—38 所示，直杆 OA 可绕 O 点转动，图中虚线与杆平行，杆端 A 点受四个力 F_1、F_2、F_3 和 F_4 作用，力的作用线跟 OA 杆在同一竖直平面内，它们对转轴 O 的力矩分别是 M_1、M_2、M_3 和 M_4，则力矩大小关系是

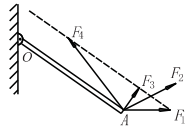


图 1—38

(A) $M_1 > M_2$　　(B) $M_2 > M_1$

(C) $M_1 = M_3 = M_4$　　(D) $M_2 > M_3 > M_4$

解析：把 F_1、F_2、F_3、F_4 均分解为垂直于杆和平行于杆的两个分量，其中平行于杆的分力的力臂为零，力矩为零．F_1、F_4 垂直于杆的两分力大小相等，等于 F_3，力臂相等，故它们的力矩相等．

答案：BC

▶3. 如图 1—39 所示，质量为 m 的均匀硬棒，可绕转轴 O 在竖直平面内转动，今在棒的另一端施力 F，若要保持角 θ 不变，在 α 角逐渐增大的过程中(棒始终保持平衡)，拉力 F 及 F 对转轴 O 的力矩 M 的大小变化情况是

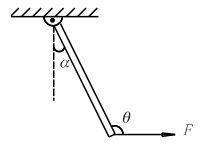


图 1—39

(A) F、M 都增大　　(B) F、M 都减小

(C) F 增大，M 减小　　(D) F 减小，M 增大

解析：因为棒始终平衡，因此拉力 F 对轴 O 的力矩始终等于重力对轴 O 的力矩，于是有 $M = G \cdot \frac{L}{2}\sin\alpha$，其中 L 为均质杆长度，随着被拉起，α 在增大，故力矩逐渐增大．另外注意到 $M = F \cdot L\sin\theta$，不难进一步判断 F 在增大．故选 A.

答案：A

▶4. 如图 1—40 所示，均匀轻质硬杆 A、B 两端各挂物体 C 和 D，O 为固定转动轴，杆处于水平平衡状态，若用一个方向不变的变力 F 缓慢地将 D 物体拉偏一定角度，则

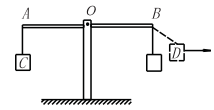


图 1—40

(A) 杆的 A 端向下倾斜

(B) 杆的 B 端向下倾斜

(C) 杆仍处于水平平衡状态

(D) 无法判定杆是否平衡

解析：把 D 由原位置拉至虚线位置的过程中，竖直分量不变，仍等于物体的重力．

答案：C

▶5. 一段木料 AB，支承在 C 点能保持平衡状态，如图 1—41 所示．若从支点 C 将其锯为两段，CA 段重 G_A，CB 段重 G_B，有

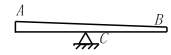


图 1—41

(A) $G_A > G_B$　　(B) $G_A < G_B$

(C) $G_A = G_B$　　(D) 无法确定

答案：A

▶6. 如图 1—42 所示，一个绕有电线的轮轴，轴半径 $r_1 = 20$ cm、轮的半径 $r_2 = 50$ cm，A 点着地，今用力 $F = 300$ N 沿如图方向拉电线，则力 F 对 A 轴的力矩大小为_____.

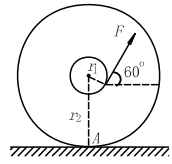
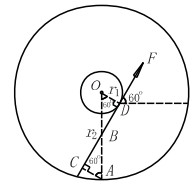


图 1—42

解析：如图所示，在 $\triangle OBD$ 中，$\overline{OB} = \frac{r_1}{\cos 60^\circ} = 2r_1 = 40$ cm，则 $\overline{AB} = r_2 - \overline{OB} = 10$ cm，则 $\triangle ABC$ 得 $\overline{AC} = \overline{AB} \cdot \cos 60^\circ = 0.05$ m，



即力 F 的力臂 $l = 0.05$ m，则力 F 对轴 A 的力矩为

$M = F \cdot l = 300 \times 0.05$ N·m $= 15$ N·m

答案：15 N·m

▶7. 如图 1—43 所示，ABC 为质量均匀的等边直角尺，重为 $2G$，C 端用铰链与墙相连，不计摩擦，当 BC 部分处于水平静止状态时加

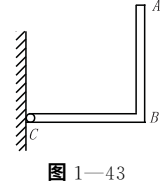


图 1—43

备课札记

备课札记

在 A 端的最小作用力是_____，方向是_____.

解析：直角尺处于静止状态，力矩平衡，加在 A 点的力的力臂最大时，力 F 最小，最大力臂为 AC，故最小力应垂直于 AC 斜向上．设直角尺的边长为 L，根据力矩平衡条件可得

$$F \cdot \sqrt{2}L = G \cdot \frac{L}{2} + GL$$

解得 $F = \frac{3\sqrt{2}}{4}G$

答案：$\frac{3\sqrt{2}}{4}G$ 垂直于 AC 线斜向上

▶8. 如图 1—44，均匀直板 AB 的长为 12 m、重 200 N，在距 A 端 3 m 处有固定转轴 O，板的另一端 B 被绳子吊住，使板呈水平，绳与板夹角为 30°，已知绳子承受的拉力为 200 N，今有一重为 600 N 的人在板上行走，为使板不翻倒，又不使绳被拉断，人在板上行走的范围是多大？

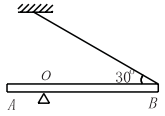


图 1—44

解析：设人在 O 点右边则

$F \cdot \sin 30° \cdot BO = G_{杆} \times 3 + G_{人} \times L_1$

得 $L_1 = 0.5$ m

当人在 O 点左边时，则 $G_{杆} \times 3 = G_{人}\ L_2$

得 $L_2 = 1$m

答案：O 点左边 1 m 处到杆右端 0.5 m 处．

▶9. 图 1—45 为一铁路过道处的拦木示意图，其中，O 为转动轴，C 为重心．已知拦木重 2100 N，$AB = 7.8$ m，$BO = 6.3$ m，$CO = 0.3$ m．欲将拦木放平，若在 A 端施力，则最少需多大的力？若在 B 端施力，则最少需多大的力？

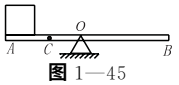


图 1—45

解析：在 A 端施加的最小力方向垂直于杆向上，大小设为 F_1，由力矩平衡条件得

$F_1 \cdot \overline{AO} = G \cdot \overline{OC}$

则可求得

$$F_1 = \frac{\overline{OC}}{\overline{AO}}G = \frac{0.3}{1.5} \times 2100\ \text{N} = 420\ \text{N}$$

在 B 端施加的最小力方向垂直于杆向下，设其大小为 F_2，由力矩平衡条件得

$F_2 \cdot \overline{OB} = G \cdot \overline{OC}$

则可求得

$$F_2 = \frac{\overline{OC}}{\overline{OB}}G = \frac{0.3}{6.3} \times 2100\ \text{N} = 100\ \text{N}$$

答案：420 N 100 N

提高性题组

▶10. 如图 1—46 所示，方桌在水平力 F 的作用下匀速运动，已知桌重 $G = 100$ N，前、后腿与地面的动摩擦因数均为 $\mu = 0.2$，桌的宽与高相等，求拉力 F、地面对前、后腿的支持力和摩擦力．

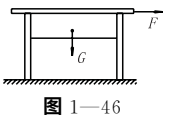


图 1—46

解析：用整体法：方桌匀速运动，所以合力等于零，拉力等于摩擦力．$F_\mu = F = \mu mg = 20$ N，分别以前后腿为转动轴，利用力矩平衡可得：摩擦力分别为 70 N、30 N.

答案：20N 70N 30N 20N

▶11. 一根长度为 L 的杆 AB 重为 G，B 端压在粗糙的地面上，A 端用一根足够牢的轻绳斜拉在地上，绳与杆的夹角为 θ，如图 1—47 所示，在离 B 端 aL 处有一个水平作用力 F，问：

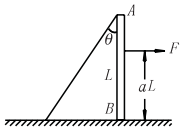


图 1—47

(1) 杆 B 端与地面之间的动摩擦因数至少为多大，才能维持杆静止；

(2) 如果 B 端与地面之间的动摩擦因数为 μ_0，那么在 AB 上有一点 D，在 AD 之间不论施加上多大的水平力 F 都不会破坏 AB 的平衡，求 D 点位置．

解析：$\mu \geqslant \frac{F(1-\alpha)\sin\theta}{F\cos\theta - G\sin\theta}$，设 D 点离 B 点的距离是 xL，则 $x = \frac{1}{1+\mu_0 \operatorname{ctan}\theta}$

章末综合讲练

高考试题类编

一、力、共点力的平衡

▶1. 三段不可伸长的细绳 OA、OB、OC 能承受的最大拉力相同，它们共同悬挂一重物，如图 1—48 所示，其中 OB 是水平的，A 端、B 端固定．若逐渐增加 C 端所挂物体的质量，则最先断的绳

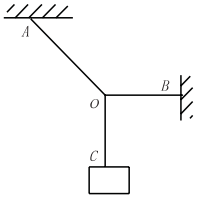


图 1—48

(A) 必定是 OA

(B) 必定是 OB

(C) 必定是 OC

(D) 可能是 OB，也可能是 OC

(1998 年全国高考)

解析：取节点 O 为研究对象，O 点受 OA、OB、OC 的张力处于平衡状态，三张力的合力必为零，其力矢组成封闭的直角三角形，OA 是斜边受力最大，必先断．选 A.

答案：A

▶2. 有一个直角支架 AOB，AO 水平放置，表面粗糙，OB 竖直向下，表面光滑. AO 上套有小环 P，OB 上套有小环 Q，两环质量均为 m，两环间由一根质量可忽略、不可伸展的细绳相连，并在某一位置平衡(如图 1—49). 现将 P 环向左移一小段距离，两环再次达到平衡，那么将移动后的平衡状态和原来的平衡状态比较，AO 杆对 P 环的支持力 F_N 和细绳上的拉力 F 的变化情况是

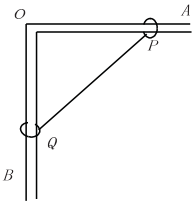


图 1—49

(A) F_N 不变，F 变大

(B) F_N 不变，F 变小

(C) F_N 变大，F 变大

(D) F_N 变大，F 变小

(1998 年上海高考)

解析：设 PQ 与 OA 的夹角为 α，则对 P 有：$mg + F\sin\alpha = F_N$，对 Q 有：$F\sin\alpha = mg$，所以 $F_N = 2mg$，$F = mg/\sin\alpha$.

答案：B

▶3. 1999 年 11 月 20 日，我国发射了“神舟号”载人飞船，次日载人舱着陆，实验获得成功，载人舱在将要着陆之前，由于空气阻力作用有一段匀速下落过程. 若空气阻力与速度的平方成正比，比例系数为 k，载人舱的质量为 m，则此过程载人舱的速度为_____.

(2000 年春季)

解析：载人舱受空气阻力为 kv^2，受的重力是 mg，因它做匀速运动，则有 $kv^2 = mg$，得 $v = \sqrt{mg/k}$.

答案：$\sqrt{mg/k}$

▶4. 如图 1—50 所示，质量为 m、横截面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_____.

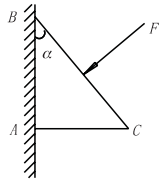
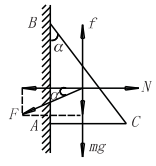


图 1—50

(2001 年全国)

解析：选物块为研究对象进行受力分析如图所示. 应用正交分解法将 F 分解到水平方向和竖直方向，物块静止不动，列平衡方程式有：$F_f = mg + F\sin\alpha$.



答案：$mg + F\sin\alpha$

▶5. 如图 1—51 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，直到它刚离开上面弹簧. 在这过程中下面木块移动的距离为

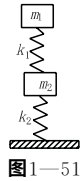


图1—51

(A) $\frac{m_1 g}{k_1}$　　(B) $\frac{m_2 g}{k_1}$

(C) $\frac{m_1 g}{k_2}$　　(D) $\frac{m_2 g}{k_2}$

(1999 年全国高考)

解析：整个系统处于平衡状态时，k_2 弹簧的弹力是 $k_2 x_1 = (m_1 + m_2)g$. 当 m_1 被提离上面的弹簧时，k_2 弹簧的弹力是 $k_2 x_2 = m_2 g$，故木块 m_2 移动的距离是 $x_1 - x_2 = \frac{(m_1 + m_2)g}{k_2} - \frac{m_2 g}{k_2} = \frac{m_1 g}{k_2}$，选 C.

答案：C

二、力矩、力矩的平衡

▶6. 如图 1—52 所示，质量不计的杆 O_1B 和 O_2A，长度均为 l，O_1 和 O_2 为光滑固定转轴，A 处有一凸起物搁在 O_1B 的中点，B 处用绳系在 O_2A 的中点，此时两短杆便组合成一根长杆. 今在 O_1B 杆上的 C 点(C 为 AB 的中点)悬挂一重为 G 的物体. 则 A 处受到的支承力大小为_____，B 处绳的拉力大小为_____.

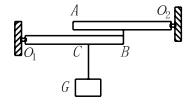
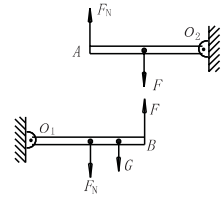


图 1—52

(1999 年上海)

解析：将 O_1B 与 O_2A 杆隔离分析受力如图所示，O_1B 在 B 点必定受向上的拉力 F，O_2A 在 B 点受向下的拉力 F，这是一对作用力与反作用力，O_2A 杆要保持平衡，在 A 点必受到 O_1B 杆的支持力 F_N. O_1B 杆受反作用力大小也为 F_N，列力矩平衡方程：



$$F_N \frac{L}{2} + G\frac{3}{4}L = F \cdot L$$

$$F_N L = F\frac{L}{2}$$

解得 $F_N = \frac{G}{2}$　$F = G$

答案：$\frac{G}{2}$　G

▶7. 图 1—53 为人手臂骨骼与肌肉的生物结构示意图，手上托着重量为 G 的物体，(1) 在方框中画出前臂受力示意图(手、手腕、尺骨和挠骨看成一个整体，所受重力不计，图中 O 点看作固定转动轴，O 点受力可以不画)；(2) 根据图中标尺估算出二头肌此时的收缩力约为_____.

(2000 年上海)

备课札记

备课札记

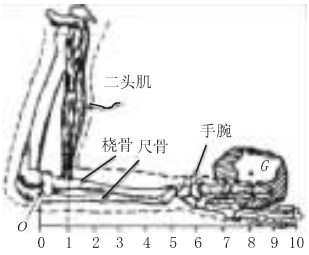
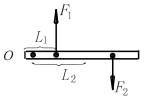


图 1—53

解析：前臂受力如图所示，由标尺读出 $L_2 = 8L_1$（$L_1 = 1, L_2 = 8$），$F_2 = G$，由力矩平衡条件得



$$F_1 L_1 = F_2 L_2$$

则二头肌此时的收缩力为 $F_1 = \frac{L_2}{L_1} F_2 = 8G$

答案：$8G$

▶8. 图 1—54 中是轮船上悬挂救生艇的装置的简化示意图，A、B 是船舷上的固定箍，以 F_{N1}、F_{N2} 分别表示固定箍 A、B 作用于吊杆的水平力的大小，已知救生艇所受的重力 $G = 1500$ N，$d = 1$ m，$l = 0.8$ m，如吊杆的质量忽略不计，则

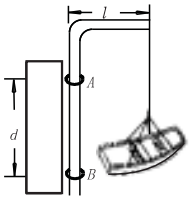


图 1—54

(A) $F_{N1} = 1200$ N，$F_{N2} = 0$

(B) $F_{N1} = 0$，$F_{N2} = 1200$ N

(C) $F_{N1} = 1200$ N，$F_{N2} = 1200$ N

(D) $F_{N1} = 750$ N，$F_{N2} = 750$ N

（2001 年理科综合）

解析：用力矩平衡解，分别以 A、B 为转动轴．

以 A 为转动轴 $F_{N2} \cdot d = G \cdot L$

以 B 为转动轴 $F_{N1} \cdot d = G \cdot L$

解得：$F_{N1} = F_{N2} = 1200$ N

答案：C

▶9. 如图 1—55 所示，光滑斜面的底端 a 与一块质量均匀、水平放置的平板光滑相接，平板长为 $2L$，$L = 1$ m，其中心 C 固定在高为 R 的竖直支架上，$R = 1$ m．支架的下端与垂直于纸面的固定转轴 O 连接，因此平板可绕转轴 O 沿顺时针方向翻转．问：

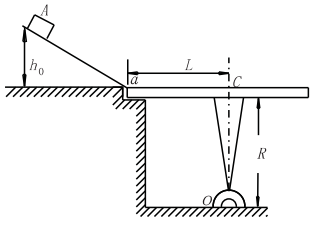


图 1—55

(1) 在斜面上离平板高度为 h_0 处放置一滑块 A，使其由静止滑下，滑块与平板间的动摩擦因数 $\mu = 0.2$．为使平板不翻转，h_0 最大为多少？

(2) 如果斜面上的滑块离平板的高度为 $h_1 = 0.45$ m，并在 h_1 处先后由静止释放两块质量相同的滑块 A、B，时间间隔为 $\Delta t = 0.2$ s，则 B 滑块滑上平板后多少时间，平板恰好翻转．（重力加速度 g 取 10 m/s^2）

（2001 年上海）

解析：(1) 设 A 滑到 a 处的速度为 v_0，滑块在斜面上运动机械能守恒，有

$$mgh_0 = \frac{1}{2} m v_0^2 \qquad ①$$

滑块在平板上做减速运动，滑到离 a 点的最大距离为 S_0，由动能定理：

$$\mu mg S_0 = \frac{1}{2} m v_0^2 \qquad ②$$

由 ①② 两式联立解得：$S_0 = h_0/\mu$ ③

A 在板上不翻转应满足的条件：摩擦力对轴 O 的力矩小于正压力力矩，即：

$$\mu mgR \leqslant mg(L - S_0) \qquad ④$$

整理解得：$h_0 \leqslant \mu(L - \mu R) = 0.2 \times (1 - 0.2) = 0.16$ m

(2) 当 $h = 0.45$ m，A、B 分别滑至 a 点的速度 V_A 和 V_B，$V_A = V_B = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 0.45} = 3$ m ⑤

设从 B 滑上平板恰好翻转的运动时间为 t，A、B 在平板上滑行的最大距离分别为 S_A 和 S_B，

$$S_A = V_A(t + \Delta t) - \frac{1}{2}\mu g(t + \Delta t)^2 \qquad ⑥$$

$$S_B = V_B t - \frac{1}{2}\mu g t^2 \qquad ⑦$$

两物体恰好在板上不翻转的条件是：

$$\mu \cdot 2mg \cdot R = mg(L - S_A) + mg(L - S_B) \qquad ⑧$$

⑥ + ⑦ 代入 ⑧ 解得：$t = 0.2$ s

答案：(1) 0.16 m (2) 0.2 s

章末综合测试

一、选择题

▶1. 如图 1—56 所示，竖直放置的轻弹簧一端固定在地面上，另一端与斜面体 P 连接，P 与斜放其上的固定挡板 MN 接触且处于静止状态，则斜面体 P 此刻所受到的外力个数有可能为

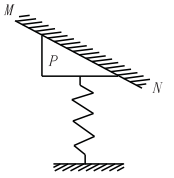


图 1—56

(A) 2 个 (B) 3 个

(C) 4 个 (D) 5 个

答案：AC

▶2. 有两个大小恒定的力，作用在一点上，当两力同向时，合力为 A，反向时合力为 B，当两力相互垂直时，其合力大小为

(A) $\sqrt{A^2+B^2}$　(B) $\sqrt{(A^2+B^2)/2}$

(C) $\sqrt{A+B}$　(D) $\sqrt{(A+B)/2}$

解析:设 $F_1 > F_2$　则 $\begin{cases} F_1+F_2=A \\ F_1-F_2=B \end{cases}$

得 $\begin{cases} F_1=\dfrac{A+B}{2} \\ F_2=\dfrac{A-B}{2} \end{cases}$　故当二力垂直时,有

$F=\sqrt{F_1^2+F_2^2}=\sqrt{(A^2+B^2)/2}$

答案:B

▶3. 如图 1—57 在粗糙水平面上放一三角形木块 a,物块 b 在 a 的斜面上匀速下滑,则

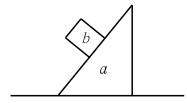


图 1—57

(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

解析:匀速运动可当作静止的情况来考虑.把 AB 看作一个整体.

答案:A

▶4. 如图 1—58 是单臂斜拉桥的示意图.均匀桥板 ao 重量为 G,三根平行钢索与桥板均成 30°角,而系点间距离 $ab=bc=cd=do$.若每根钢索受力相同,则每根钢索受力大小为

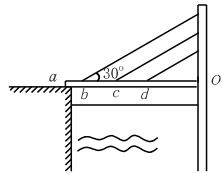
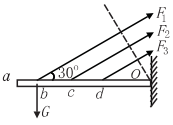


图 1—58

(A)G　(B) $\dfrac{\sqrt{3}}{6}G$

(C) $\dfrac{1}{3}G$　(D) $\dfrac{2}{3}G$

解析:桥板受力如图所示,设 ao 长为 L,则钢索拉力 F_1、F_2、F_3 对转轴 O 的力臂分别为 $\dfrac{3}{4}L\sin30°$、$\dfrac{1}{2}L\sin30°$、$\dfrac{1}{4}L\sin30°$,由力矩平衡条件得:



$\dfrac{L}{2}G=F_1\dfrac{3}{4}L\sin30°+F_2\dfrac{1}{2}L\sin30°+F_3\dfrac{1}{4}L\sin30°$

又 $F_1=F_2=F_3=F$

联立解出　$F=\dfrac{2}{3}G$

答案:D

▶5. 如图 1—59,重物 G 用 OA 和 OB 两段等长的绳子悬挂在半圆弧的架子上,B 点固定不动,A 端由顶点 C 沿圆弧向 D 移动,在此过程中,绳子 OA 上的张力将

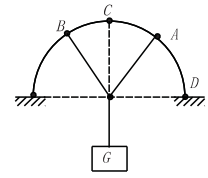


图 1—59

(A) 由大变小　(B) 由小变大

(C) 先减小后增大　(D) 先增大后减小

解析:用图解法解,由于绳受重物的拉力 F 才使 OA、OB 受到拉力,因此将拉力 F 分解.又 OB 绳固定,则 F_B 的方向不变.由平行四边形定则知,F_B 一直变大,F_A 先减小后增大.故选 C.

答案:C

二、填空题

▶6. 三轮车工人在运输比较重的货物时,往往站着蹬,脚对踏板的力(竖直向下)F 是 500 N,脚踏板的受力点为 A,距转动轴 O 的距离 AO 是 0.2 m,AO 与水平方向成 37°,如图 1—60 所示.则三轮车工人踏踏板的力 F 的力矩是_____ N·m.($\sin37°=0.6$,$\cos37°=0.8$).

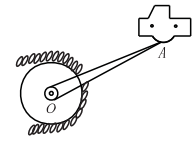


图 1—60

解析:$F\cdot\overline{OA}\cdot\cos37°$

答案:80

▶7. 用一根橡皮筋将一物块竖直悬挂,此时橡皮筋伸长了 x_1,然后用同一根橡皮筋沿水平方向拉同一物体在水平桌面上做匀速直线运动,此时橡皮筋伸长了 x_2,那么此物块与桌面间的动摩擦因数 $\mu=$_____.

解析:由于物块匀速运动,故橡皮筋的拉力 F_2 的大小与摩擦力大小相等.故 $\mu=\dfrac{F_\mu}{F_N}=\dfrac{F_2}{F_1}=\dfrac{x_2}{x_1}$

答案:$\dfrac{x_2}{x_1}$

▶8. 如图 1—61 所示装置,两根细绳拉住一球,保持两细绳间的夹角不变,若把整个装置顺时针缓慢转过 90°,则在转动过程中,CA 绳的拉力 F_1 大小的变化情况是_____,CB 绳的拉力 F_2 的大小变化情况是_____.

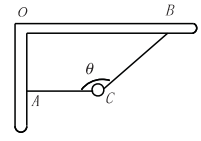
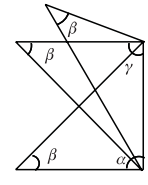


图 1—61

解析:旋转过程如图,重力 G 大小不变,由正弦定理 $\dfrac{G}{\sin\beta}=\dfrac{F_1}{\sin\alpha}=\dfrac{F_2}{\sin\gamma}$ 可得



答案:先变小后变大,一直减小

备课札记

需要全本请访问 www.ertongbook.com