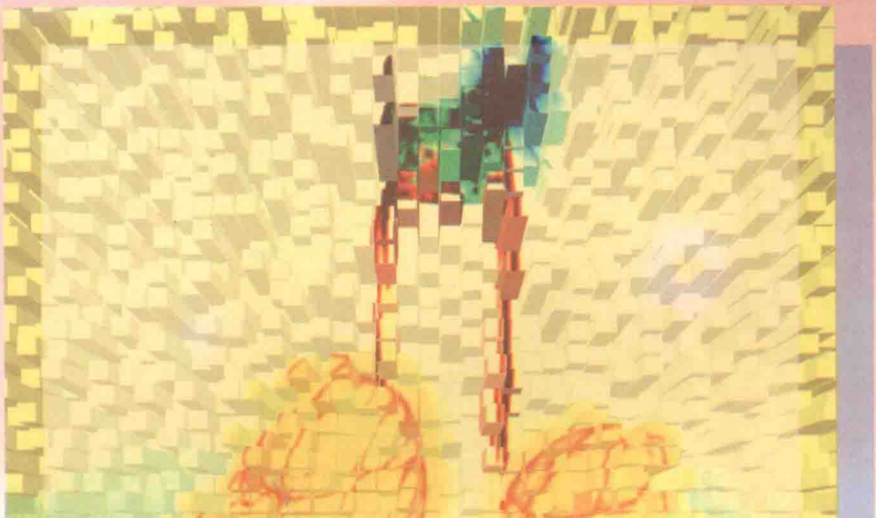
星级题库

高中物理

典型试题训练与测试

☆北京市海淀区高级教师编写组 主编☆



海南国际新闻出版中心

北京市海淀区高级教师编写组主编

星级题库

——典型试题训练与测试

高中·物理

海南国际新闻出版中心

《星级题库》编委会：

主　编　张光珞（北京市海淀区高级教师编写组）
编　委　（以姓氏笔画为序）

才立娟　王苑新　王玖琴　王永新　田　兵
白云楼　吕佳良　许林林　孙　石　杨树国
李淑桂　李跃湘　宋兆丽　张光珞　陈泰来
苗秀凤　徐庆金　姜　西　徐友英　董文颖
满英杰　翟丽辉　翟晓宾　戴桂君

星级题库
典型试题训练与测试
〔高中物理〕
主　编：张光珞　　责任编辑：于明江
*
海南国际新闻出版中心出版发行
（570206. 海口市海府一横路 19＃华宇大厦 1201＃）
各地新华书店经销
长春市南关区胶印印刷厂印刷
1997 年 9 月第 1 版　1997 年 9 月第 1 次印刷
开本：787×1092 毫米　1/16　　印张：17
字数：447 千字　　印数：1－8 000
ISBN 7－80609－603－5/G・402
定价：18.50 元

出版说明

《星级题库》是由北京海淀区高级教师编写组组织具有多年教学经验的教师结合目前教改趋势，围绕新教材编写而成。全套书分为小学语文、数学；初中语文、数学、物理、化学、英语；高中语文、数学、物理、化学、英语三类十二种。

每种书分成两大部分，前部分按知识板块分成若干单元，在每一单元下划分小知识点，每一知识点以典型题的形式给出，并附有详细的讲解及题解；后半部为典型试题题库、综合测试题及参考答案。

在内容编排上，以星级标注难易程度，内容由浅及深，由基本到综合：一星为基本概念、基本知识；二星为重点知识；三星为难点问题；四星为竞赛掌握问题；五星为综合性问题。便于学生对所学知识达到融会贯通。

本套书题型丰富、新颖，知识点兼顾，内容条块结合，安排合理、科学。适合学生自学、练习，尤其是参加升学考试及各类竞赛之前模拟之用，同时也可为教师教学提供帮助。

目　　录

典型试题题解

典型试题题库

典型试题题解

第一部分　力　学

力　物体的平衡

主要内容：力和力矩的概念，力的矢量运算的平行四边形法则（三角形法则），物体在共点力作用下的平衡和有固定转动轴的物体的平衡。

重点掌握：正确地进行受力分析，利用共点力平衡条件解决问题。

例 1* 下列说法中正确的是　　（　　）

A. 两物体相互接触时，接触处不一定产生弹力

B. 在弹性限度内，弹簧的长度跟弹力成正比

C. 由公式 $f=\mu N$ 得 $\mu=\frac{f}{N}$，可见物体间的摩擦系数与它所受的摩擦力成正比，与物体间的正压力成反比

D. 摩擦力的方向总是与运动方向相反，起着阻碍物体运动的作用

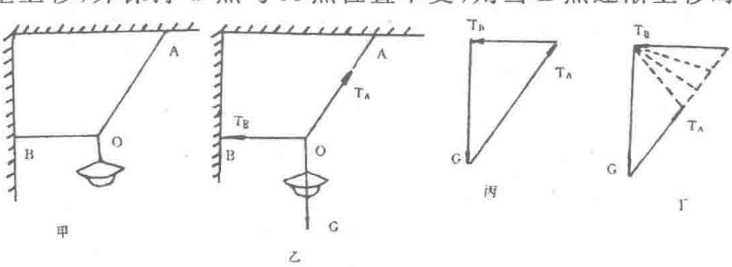
【分析】 该问题考察对弹力、摩擦力特征的掌握情况。这是正确进行受力分析的基础。

弹力产生的条件有二，其一是物体间相互接触，其二是接触部位发生形变。具体可分为正压力、支持力、绳的拉力和弹簧的弹力等，其中正压力和支持力方向垂直于接触面的切面指向受力物体，绳的拉力沿着绳指向绳收缩的方向，弹簧的弹力沿着弹簧且与弹簧形变方向相反。正压力、支持力和绳的拉力的大小与物体所处状态有关，而弹簧的弹力在弹性限度内满足胡克定律 $f=kx$，x 为弹簧的形变量，而不是弹簧的长度，即 f 与弹簧的形变量成正比。所以 B 错，A 正确。

摩擦力产生的条件有三，其一是接触物体间有压力存在，其二是接触面粗糙，其三是接触物体间有相对运动或相对运动趋势。摩擦力的方向沿接触面的切线方向，与相对运动或相对运动趋势方向相反，阻碍相对运动。滑动摩擦力的大小与正压力成正比，满足 $f=\mu N$，其中 μ 为滑动摩擦系数，由相互接触的物体材料性质和表面情况等因素决定，与摩擦力 f、正压力 N 无关，但可以利用 $\mu=\frac{f}{N}$ 测量和计算。静摩擦力的大小根据平衡条件判断，一般在 0 到最大静摩擦力之间。所以 C、D 错。

解　A 正确。

例 2**** 一盏电灯用绳子 OA 和 OB 悬挂在天花板和墙壁之间，如图甲所示。现改变绳子 OB 的长度，使 B 点沿墙壁上移，并保持 O 点与 A 点位置不变，则当 B 点逐渐上移时，绳子 OA、OB 中的拉力如何变化？

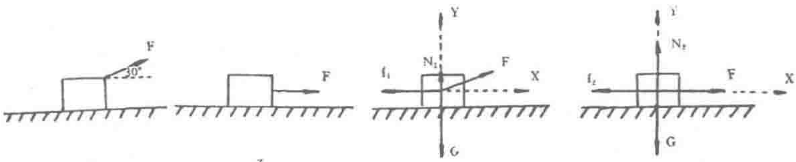


【分析】 此题属三个共点力平衡问题。物体在三个共点力的作用下平衡时，合力为零的条件可理解为其中的一个力一定是另外两个力合力的平衡力，用三角形法则可得，三个力首尾相接，必组成

封闭矢量三角形。

解　受力分析如图乙所示。重力 G、OA 绳拉力 T_A、OB 绳拉力 T_B 组成图丙中的封闭三角形。在 O、A 两点位置不变，B 点上移的过程中，矢量 G 的大小、方向均不变，矢量 T_A 方向不变、大小变化，而矢量 T_B 方向、大小均改变，变化情况如图丁所示。由图丁可以看出，随 B 点上移，绳 OA 中的拉力减小，绳 OB 中的拉力先减小后增大，当 T_B 与 T_A 垂直即 $OB \perp OA$ 时，T_B 最小。

例 3***** 如图甲、乙所示。用与水平方向成 30°角的力 F 拉物体时，物体匀速前进。当此力 F 沿水平方向拉该物体时，物体仍然匀速前进。求：物体与水平面间的滑动摩擦系数。



甲　乙　丙　丁

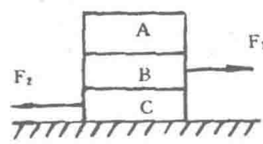
【分析】　对于四个及四个以上共点力平衡问题，一般采用正交分解法求解。

解　对物体进行受力分析如图丙、丁。斜向上拉物体时，支持力为 N_1、摩擦力为 f_1，水平拉物体时分别为 N_2、f_2。选水平、竖直为正交轴，由物体匀速运动处于平衡有：

$F \cdot \cos30° = f_1$……①　$F \cdot \sin30° + N_1 = G$……②　$f_1 = \mu N_1$……③　$F = f_2 = \mu N_2 = \mu G$……④

①②③④联立有：$\mu G \cdot \cos30° = \mu(G - \mu G \cdot \sin30°)$，$\mu = \dfrac{1-\cos30°}{\sin30°} = 2-\sqrt{3} = 0.268$

例 4** 如图所示，重力都为 G＝10 牛的物体 A、B、C，叠放于水平桌面上。水平向右的拉力 $F_1 = 2$ 牛，作用于 B 上；水平向左的拉力 $F_2 = 3$ 牛，作用于 C 上。三物体均处于静止状态。则 A 和 B、B 和 C、C 和桌面间的摩擦力各为多少？



【分析】　A、B、C 接触面都为水平，如果存在摩擦力，则方向一定沿水平。根据三物体均处于静止状态，利用各自水平方向平衡合力为零的条件，判断摩擦力情况，并从上往下，以受力较少的物体 A 开始。

解　对 A，只与 B 有一个接触面，如果 B 对 A 有摩擦力的话，A 在水平方向只受一个力作用，无法平衡。所以，A 和 B 间不存在摩擦力。

对 B，A 对 B 无摩擦力，而 B 受一水平向右的 $F_1 = 2$ 牛的拉力作用，要想平衡，C 必须施给 B 一个水平向左的静摩擦力 f_{CB} 作用，且 $f_{CB} = F_1 = 2$ 牛。即 B 和 C 间存在有摩擦力，大小为 2 牛，对 B f_{CB} 方向向左。

对 C，B 对 C 有摩擦力，大小 $f_{BC} = f_{CB} = 2$ 牛，方向与 f_{CB} 相反，水平向右。除此之外，C 还受一水平向左的拉力 $F_2 = 3$ 牛作用，$F_2 > f_{BC}$，C 相对桌面有向左的运动趋势，受到一个桌面施给它的水平向右的静摩擦力 $F_c = F_2 - f_{BC} = 3-2 = 1$ 牛，即 C 和桌面间存在向右的静摩擦力，大小为 1 牛。

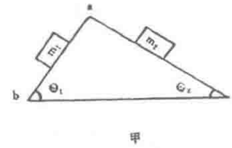
例 5**** 在粗糙的水平面上有一个三角形木块 abc，在它的两个粗糙斜面上分别放两个质量为 m_1 和 m_2 的木块，且 $m_1 > m_2$，如图甲所示。若三角形木块和两个物体都是静止的，则粗糙水平面对三角形木块　(　　)

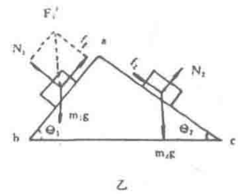
A. 有摩擦力的作用，方向水平向右　　B. 有摩擦力的作用，方向水平向左

C. 有摩擦力作用，但方向不定，因为 m_1、m_2、θ_1、θ_2 的数值均未给定

D. 以上结论都不对

【分析】　判断静摩擦力的有无及方向一般采用虚拟法。即假设不存在静摩擦力，观察其受力情况，考察接触面切面方向的合力是否为零。





用隔离体法对三角形木块进行受力分析之前,应先对 m_1、m_2 进行受力分析,然后判断出 m_1、m_2 对三角形木块作用力的方向。

以 m_1 为例,其受三个力作用:支持力 N_1、静摩擦力 f_1 和重力 G_1,其中 N_1 和 f_1 为三角形木块作用于 m_1 的力。由 m_1 静止的平衡条件可知,N_1 与 f_1 的合力F'_1 与 G_1 等值反向。由牛顿第三定律可知,m_1 施于三角形木块的合力 F_1 则与 G_1 等值同向(如图乙)。同理,m_2 施于三角形木块的合力 F_2 与 G_2 等值同向。

由此可以判定,三角形木块受到四个力作用:重力 G、地面支持力 N、m_1 施给的力 F_1、m_2 施给的力 F_2,该四力方向都在竖直方向上。故在水平方向上,三角形木块无运动趋势,虽然水平面粗糙,但对它没有静摩擦力的作用。D 正确。

另:此题可以用整体法求解。即将三个木块看成一个整体(因无相对运动),受四个外力作用:G_1、G_2、G、N,都在竖直方向上,在水平方向上无外力作用,无运动趋势,故无摩擦力。

例 6*****如图所示,在倾角 $\theta=60°$的斜面上,一个质量 $m=1Kg$ 的物体,用倔强系数 $k=10N/m$ 的弹簧平行斜面吊住,此物体放在 P Q 间任何位置均能静止,且 $AP=22cm$,$AQ=8cm$,求斜面对物体的最大静摩擦力为多少牛顿?

【分析】 此物体在 P、Q 间任何位置均能静止,说明 P、Q 两位置为物体处于最大静摩擦状态的位置。注意:(1)P、Q 两位置最大静摩擦力大小相等,令其为 f,方向相反,其中 P 点时弹簧被拉长,弹力 F_1 沿斜面向上,f 沿斜面向下;Q 位置时,弹簧被压缩,弹力 F_2 沿斜面向下,f 沿斜面向上。(2)弹簧弹力与形变量成正比,必须设弹簧原长为 L_0,再求 P、Q 二位置时的形变量。

解 物体所受重力沿斜面向下的分力 G'在两位置处相等,由平衡条件得:

P 点:$F_1=G'+f$……①　　Q 点:$F_2+G'=f$……②

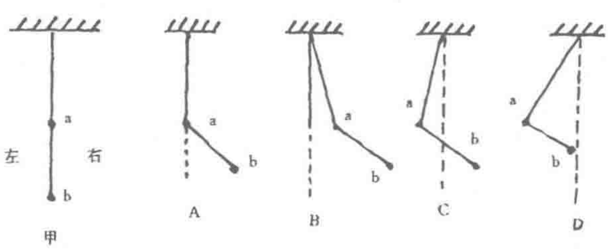
又　$F_1=k(0.22-L_0)$,$F_2=k(L_0-0.08)$

①、②联立,并消去 G'得:$2f=F_1+F_2=k\times(0.22-0.08)$

$\therefore f=0.14\times k/2=0.07\times k=0.7(N)$

解完此题发现:m 与 θ 已知条件可不用,即不必将 G'求出,而是联立解方程时消去,使计算过程简化,这属解题技巧。

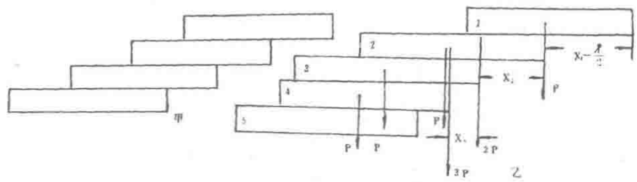
例 7****用轻质细线把两个质量未知的小球悬挂起来,如图甲所示。今对小球 a 持续施加一个向左偏下 30°的恒力,并对小球 b 持续施加一个向右偏上 30°的同样大小的恒力,最后达到平衡,则表示平衡状态的图可能是(A)、(B)、(C)、(D)中的哪一个?



【分析】 此题如果用隔离体法分析，既复杂又容易出现错误，而用整体法则准确快捷。

将 a、b 视为一个整体，a、b 间拉力为内力。此时，整体受力情况为：上端绳的拉力 T、作用在 a、b 两球上的恒力 F_a、F_b、两球的重力 G_a、G_b。其中 F_a、F_b 大小相等方向相反，其合力为零，系统处于平衡状态，则合外力为零，要求上端绳的拉力 T 与 G_a、G_b 的合力相平衡。即 T 一定竖直向上、大小等于 G_a+G_b。而绳拉力方向一定沿着绳，所以上端绳应取竖直方向。即应为 A 图。

例 8★★★★如图甲所示，将许多同样的长方形砖叠放在一起，每一块砖都压住下面的砖并伸出一部分，问各砖能伸出的最大长度分别为多少(设每块砖长 L)？

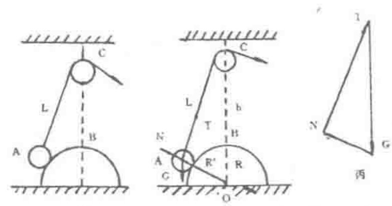


【分析】 解此题需明确：(1)每块砖的重力作用线都通过砖的中心；(2)从上面第一块砖考虑，伸出最大长度时，其重力作用线恰通过第二块砖的边缘，重叠放置后上面几块重力合力的作用线恰通过下一块砖的边缘；(3)从第二块砖开始建立力矩平衡方程求解。

解 受力分析如图乙所示。第一块砖最多伸出 $X_1=\frac{L}{2}$；第二块砖最多伸出 X_2，则有 $P\cdot X_2=P\cdot(\frac{L}{2}-X_2)$，得 $X_2=\frac{L}{4}$；第三块砖最多伸出 X_3，则有 $2P\cdot X_3=P\cdot(\frac{L}{2}-X_3)$，得 $X_3=\frac{L}{6}$；以此类推，第四块砖伸出 X_4，则有 $3P\cdot X_4=P(\frac{L}{2}-X_4)$，得 $X_4=\frac{L}{8}$；可见，第 n 块砖伸出的长度为 $X_n=\frac{L}{2n}$。

例 9★★★★光滑的半球形物体固定在水平地面上，球心正上方有一光滑的小滑轮，轻绳的一端系一小球，靠放在半球上的 A 点，另一端绕过定滑轮后用力拉住，使小球静止，如图甲所示，现缓慢地拉绳，在使小球沿球面由 A 到 B 的过程中，半球对小球的支持力 N 和绳对小球的拉力 T 的大小变化情况是 ( )

A. N 变大，T 变小　B. N 变小，T 变大　C. N 变小，T 先变小后变大　D. N 不变，T 变小



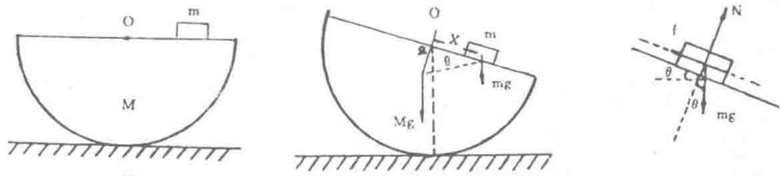
【分析】 小球受三个力作用：重力 G、绳的拉力 T 和半球的支持力 N。并且 G 竖直向下，N 通过两球球心指向小球，T 沿绳拉小球的方向。小球在这三个力作用下平衡，三力组成图丙中的封闭三角形，而该三角形与图乙中的△AOC 相似，可得：$\frac{G}{h+R}=\frac{N}{R'}=\frac{T}{L}$　$\therefore N=\frac{GR'}{h+R}$，$T=\frac{GL}{h+R}$

因为 R′、R、h、G 为定值，而 L 在减小，所以 N 为定值，而 T 与 L 成正比，在减小。

注意：缓慢地拉绳，告诉我们小球在任意位置都处于平衡状态，小球与半球体间弹力处处存在。但并不意味拉力 T 不变。

解 D 正确

例 10★★★如甲图示，一半径为 R、质量为 M 的均质半球体，放在光滑的水平桌面上，在半球体的平面上轻放一质量 $m=M/8$ 的小物体，已知半球体的重心在 O 点下方 $L=3R/8$ 处，小物体与半球体之间的摩擦系数 $\mu=0.2$，为使半球体倾斜后小物体不下滑，而半球体平衡，小物体到球心的距离应该是多少？



甲　　　　　　乙

【分析】 小物体不下滑，即相对于 M 静止，可以看成一个整体，利用力矩平衡列方程。同时，小物体不下滑，隔离 m，可用共点力平衡列方程。所以解此题采用了整体法和隔离法相结合的解题方法。

解 整体受力分析和隔离体 m 受力分析如图乙所示。整体以与地面的接触点 C 为转轴，力矩平衡有：$Mg \cdot L \cdot \sin\theta = mg \cdot x \cdot \cos\theta$ ①

隔离 m 在斜面上静止共点力平衡有：$N = mg \cdot \cos\theta$ ②

$$f = \mu N = mg \cdot \sin\theta \qquad ③$$

由②、③得：$mg \cdot \cos\theta = \dfrac{mg \cdot \sin\theta}{\mu}$ 代入① 得：$X = \dfrac{MgL \cdot \sin\theta}{mg \cdot \cos\theta} = \dfrac{\mu MgL \cdot \sin\theta}{mg \cdot \sin\theta} = \dfrac{\mu ML}{m}$

$$\therefore X = \frac{0.2M \cdot (3R/8)}{M/8} = 0.6R$$

直线运动

主要内容：质点、位移、路程、速度、加速度等概念，匀速直线运动和匀变速直线运动及其规律，自由落体运动和竖直上抛运动，相对运动。

重点掌握：在正确理解基本概念基础上，利用匀变速直线运动的规律（公式和图象）解决实际问题。

例 1★★★★一列队伍长 L，行进速度 v。为了传达一个命令，通讯员从队伍尾端跑到队伍排头，他的速度大小为 v'，然后又立即用跟队伍行进时相同的速率返回队伍尾端。求：(1)通讯员从离开队伍到回到排尾共用多少时间？(2)通讯员归队处跟开始离开队伍处之间的距离是多少？(3)这段时间里队伍前进了多少距离？

【分析】 此题属于相对运动问题。解此类问题时，可根据需要选择不同的参照物。

解 (1)以行进中的队伍作为参照物，通讯员离队向排头跑时的速度大小为 $(v'-v)$，跑到排头所需时间 $t_1 = \dfrac{L}{v'-v}$。返回时，他相对于队伍的速率为 2v，回到排尾所需时间 $t_2 = \dfrac{L}{2v}$。因此，他从离开排尾到重新回到排尾共需时间 $t = t_1 + t_2 = \dfrac{L}{v'-v} + \dfrac{L}{2v} = \dfrac{v'+v}{2v(v'-v)} \cdot L$。

(2)以地面为参照物。通迅员离开排尾跑到排头位移为 S_1，若以向前方向为正方向，则 $S_1 = v't_1$，而他返回到排尾时的位移 $S_2 = -vt_2$，他在时间 t 内的位移

$$S = S_1 + S_2 = v't_1 - vt_2 = \frac{v'L}{v'-v} - v \cdot \frac{L}{2v} = \frac{L \cdot (v'+v)}{2(v'-v)}$$

(3)这段时间里队伍前进的距离 $S' = v \cdot t = v \cdot (t_1 + t_2) = \dfrac{L(v'+v)}{2(v'-v)}$

可见，通迅员与整个队伍在这段时间里相对于地面的位移相同，他相对于队伍位置没变。

例 2★★★质点由静止开始作加速度不断减小而方向不变的变加速运动时，其位移和速度如何变化？

【分析】 加速度反映了速度变化的快慢情况。在直线运动中，加速度与速度同向时，质点作加速运动，当加速度与速度反向时，则作减速运动，加速度的数值等于单位时间内的速度改变量。此题

中，加速度的方向始终与速度同向，所以速度开始阶段在增大，但由于加速度大小减小，导致单位时间内速度的增加值逐渐减小，当加速度减小为零时，速度达到最大值后做匀速直线运动。运动方向始终没变，为单向直线运动，所以位移始终在增大。

例 3★★★一物体作初速度为零的匀加速直线运动。(1)它在第 1 秒末、第 2 秒末、第 3 秒末的即时速度之比是多少？(2)它在 1 秒内、2 秒内、3 秒内位移之比是多少？(3)它在第 1 秒内、第 2 秒内、第 3 秒内的平均速度之比是多少？(4)它通过第 1 个 1 米、第 2 个 1 米，第 3 个 1 米所用时间之比是多少？

【分析】 此题关键是理解第 3 秒末、3 秒内、第 3 秒内的含义。从考察的时刻零时刻起，将时间以 1 秒连续划分，第 3 个 1 秒时间内称为第 3 秒内；这 1 秒时间的开始点称第 3 秒初，末尾点称第 3 秒末；从零时刻起，经过 3 秒时间，称为 3 秒内，此 3 秒的末尾点称为 3 秒末。可见第 3 秒末、3 秒末和第 4 秒初指的是同一时刻；第 3 秒内时间段为 1 秒；3 秒内时间段为 3 秒。

解 初速度为零的匀加速直线运动有：$S=\frac{1}{2}at^2, v=at$

(1)第 1 秒末、第 2 秒末、第 3 秒末的即时速度之比为

$v_1 : v_2 : v_3 = a\times1 : a\times2 : a\times3 = 1:2:3$

(2)1 秒内、2 秒内、3 秒内的位移之比为

$S_1 : S_2 : S_3 = \frac{1}{2}a\times1^2 : \frac{1}{2}a\times2^2 : \frac{1}{2}a\times3^2 = 1^2 : 2^2 : 3^2 = 1:4:9$

(3)第 1 秒内、第 2 秒内、第 3 秒内的平均速度之比为

$\overline{v_1} : \overline{v_2} : \overline{v_3} = S_{\mathrm{I}} : S_{\mathrm{II}} : S_{\mathrm{III}} = S_1 : (S_2-S_1) : (S_3-S_2) = 1:(4-1):(9-4) = 1:3:5$

(4)根据 $t=\sqrt{\frac{2S}{a}}$，它通过 1 米、2 米、3 米的时间为 t_1、t_2、t_3，通过第 1 个 1 米、第 2 个 1 米，第 3 个 1 米的时间为 t_{I}、t_{II}、t_{III}，则有 $t_{\mathrm{I}}=t_1, t_{\mathrm{II}}=t_2-t_1, t_{\mathrm{III}}=t_3-t_2$

所以，$t_{\mathrm{I}}=\sqrt{\frac{(2\times1)}{a}}=\sqrt{\frac{2}{a}}$(秒)　　$t_{\mathrm{II}}=\sqrt{\frac{(2\times2)}{a}}-\sqrt{\frac{(2\times1)}{a}}=\sqrt{\frac{2}{a}}(\sqrt{2}-1)$(秒)

$t_{\mathrm{III}}=\sqrt{\frac{(2\times3)}{a}}-\sqrt{\frac{(2\times2)}{a}}=\frac{\sqrt{2}}{a}(\sqrt{3}-\sqrt{2})$(秒)

$\therefore t_{\mathrm{I}} : t_{\mathrm{II}} : t_{\mathrm{III}} = 1 : (\sqrt{2}-1) : (\sqrt{3}-\sqrt{2})$

例 4★★★一物体做初速度为零的匀加速直线运动，从开始运动起，物体分别通过连续三段位移的时间之比是 1∶2∶3，求这三段位移的大小之比？

【分析】 解此题方法较多，我们利用上题的结果，计算起来非常简单。

解 将总时间等分为(1+2+3)=6 段，这每一段时间内的位移比为：

$S_1 : S_2 : S_3 : S_4 : S_5 : S_6 = 1:3:5:7:9:11$

故 $S_{\mathrm{I}} : S_{\mathrm{II}} : S_{\mathrm{III}} = S_1 : (S_2+S_3) : (S_4+S_5+S_6) = 1:(3+5):(7+9+11) = 1:8:27$

例 5★★★★一个物体做匀加速直线运动，在某时刻的前 t_1 秒内的位移大小为 S_1 米，在此时刻的后 t_2 秒内的位移为 S_2 米。求物体加速度的大小为多少米/秒^2？

【分析】 此题给出的条件是中间某一时刻的前后过程，在 t_1 和 t_2 时间内并不知初、末状态。所以，从 t_1、t_2 时间内入手并不能求解，必须从中间这一时刻入手。

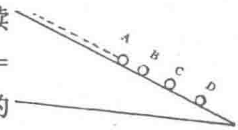
解 设中间这某一时刻物体速度为 v，则从此时刻往前 t_1 秒时刻的速度为 $v-at_1$，从此时刻往后 t_2 秒时刻的速度为 $v+at_2$，由 $S=\bar{v}t=\frac{v_0+v_t}{2}t$ 知：

$S_1=\dfrac{(v-at_1)+v}{2}\cdot t_1$，即：$\dfrac{S_1}{t_1}=v-\dfrac{1}{2}at_1$ ①

$S_2=\dfrac{v+(v+at_2)}{2}\cdot t_2$，即$\dfrac{S_2}{t_2}=v+\dfrac{1}{2}at_2$ ②

②－①：$\dfrac{S_2}{t_2}-\dfrac{S_1}{t_1}=\dfrac{a}{2}(t_2+t_1)$，得：$a=\dfrac{2(S_2t_1-S_1t_2)}{t_1t_2(t_1+t_2)}$

例 6*****从斜面上某一位置，每隔 0.1 秒钟放下一颗相同的小球，在连续放下几颗以后，对在斜面上滚动的小球摄下照片，如图测得 AB＝15cm，BC＝20cm，试求：(1)小球滚动的加速度？(2)拍摄时 B 球的速度 v_B＝？(3)D 与 C 的距离？(4)A 球上面正在滚动的球还有几颗？



【分析】 释放后各小球都做匀变速直线运动。C 球较 D 球、B 球较 C 球、A 球较 B 球……都落后 0.1 秒。作匀变速直线运动的物体，从任意时刻起在各个连续相等时间间隔 T 内的位移成等差级数，公差为 aT^2。所以$\overline{BC}-\overline{AB}=aT^2$。

解 (1)$a=\dfrac{\triangle S}{T^2}=\dfrac{\overline{BC}-\overline{AB}}{T^2}=\dfrac{20\times10^{-2}-15\times10^{-2}}{0.1^2}=5(m/s^2)$

(2)B 为从 A→C 的中间时刻，所以 $v_B=\bar{v}_{A-C}=\dfrac{S_{AC}}{t_{AC}}=\dfrac{\overline{BC}+\overline{AB}}{T+T}=\dfrac{20\times10^{-2}+15\times10^{-2}}{2\times0.1}=1.75$ (m/S)

(3)$v_C=v_B+aT=1.75+5\times0.1=2.25(m/s)$，$v_D=v_C+aT=2.25+5\times0.1=2.75(m/s)$

$\overline{CD}=\dfrac{v_C+v_D}{2}\cdot T=\dfrac{2.25+2.75}{2}\times0.1=0.25(m)=25(cm)$

或$\overline{CD}=\overline{BC}+[\overline{BC}-\overline{AC}]=20+(20-15)=25(cm)$

(4)由$\dfrac{v_A+v_C}{2}=v_B$ 得：$v_A=2v_B-v_C=2\times1.75-2.25=1.25(m/s)$

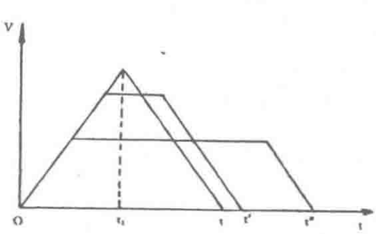
而 $v_A=at_A$ $\therefore t_A=\dfrac{v_A}{a}=\dfrac{1.25}{5}=0.25(s)$

即 A 球到图中位置时用了 0.25 秒，而每隔 0.1 秒放下一球。所以，在 A 球上方正在滚动的还有两个球。

例 7****汽车由 A 地从静止出发，沿平直公路驶向 B 地。汽车先以加速度 a_1 作匀加速运动，中间可作匀速运动，最后以加速度 a_2 作匀减速运动，到 B 地恰好停下。已知 A、B 两地相距为 S，求汽车行驶完全程的最短时间和最大速度。

【分析】 本题关键是根据驶完全程用时最短的条件，判定汽车的行驶方式——中间匀速行驶的时间多长？用公式法分析较繁琐，而用 v－t 图象分析判定、计算，直观、形象，物理意义鲜明，计算简捷。

解 汽车运动的 v－t 图象如图所示，不同的图线对应汽车匀速行驶的时间不同。但汽车的位移，即不同的图线与横轴所围的面积都是 S，应相等。由图可见，汽车匀速行驶的时间越长，则由 A 到 B 所用时间就越长。所以，汽车的行驶方式应为：先加速运动，后减速运动，中间无匀速运动。



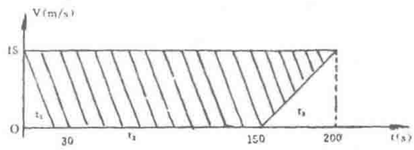
设汽车加速运动时间为 t_1，减速运动时间为 t_2，则 t_1 时间内的平均速度$\overline{v_1}$和 t_2 时间内的平均速度$\overline{v_2}$相等，且为最大速度 v_m 的一半。那么驶完全程的整段时间 $t=t_1+t_2$ 内的平均速度也为 $v_m/2$。

$\overline{v_1}=\overline{v_2}=\dfrac{v_m}{2}=\bar{v}$ 得：$v_m=2\bar{v}=2\cdot\dfrac{S}{t}$，而 $t_1=\dfrac{v_m}{a_1}$，$t_2=\dfrac{v_m}{a_2}$

$\therefore t=t_1+t_2=\dfrac{v_m}{a_1}+\dfrac{v_m}{a_2}=v_m\cdot[\dfrac{1}{a}+\dfrac{1}{a_2}]=\dfrac{2S}{t}\cdot\dfrac{a_1+a_2}{a_1a_2}$，解得 $t=\sqrt{\dfrac{2S(a_1+a_2)}{a_1a_2}}$

例 8★★★★在正常情况下，火车以 15m/s 的速度匀速开过一个小站。现因需要，必须在这一小站停留。火车将到小站时以 $-0.5m/s^2$ 的加速度做匀减速运动，停留 2 分钟后，又以 $0.3m/s^2$ 的加速度出小站一直到恢复原来的速度，求因列车停靠小站而延误的时间。

【分析】 因列车停靠小站而延误的时间，就是从减速开始到加速结束所用时间与正常行驶同样路程所用的时间之差。



解 图象法。$t_1=\frac{-v}{a_1}=\frac{-15}{-0.5}=30(s)$

$t_2=2\times60=120(s)$，$t_3=\frac{v}{a_3}=\frac{15}{0.3}=50(s)$，运动过程的 v－t 图象如图。图中阴影部分就是由于停靠小站而延误的路程△S。

$\triangle S=\frac{200+(150-30)}{2}\times15$，延误时间△t，$\triangle t=\frac{\triangle S}{v}=\frac{\triangle S}{15}=\frac{200+120}{2}=160(s)$

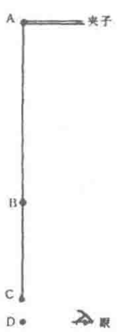
公式法。$t_1=30(s)$，$t_2=120(s)$，$t_3=50(s)$

$S_1=\frac{o^2-v^2}{2a_1}=\frac{-15^2}{2\times(-0.5)}=225(m)$，$S_2=\frac{v^2-o^2}{2a_2}=\frac{15^2}{2\times0.3}=375(m)$

$S=S_1+S_2=225+375=600(m)$，$t_0=\frac{S}{v}=\frac{600}{15}=40(s)$

$\triangle t=t_1+t_2+t_3-t_0=30+120+50-40=160(s)$

例 9★★★★如图所示，绳子 AC 全长 7.0 米，于 A 端用细夹子夹住，呈悬垂状。此绳的 AB 段为线绳，BC 段为麻制绳，在 C 点的正下方 0.2 米处的 D 点旁边有一人用眼观察并计时。当夹子松开，绳子自由下落过程中，线制绳从他眼前通过所用时间是 0.4 秒，重力加速度 g 取 10 米/秒²，试计算线制绳的长度。



【分析】 解此题的关键：(1)当绳开始下落时，绳上所有点都做初速度为零，加速度为 g 的自由落体运动；(2)考察对象为 AB 段线制绳。

解 设 AB 段绳长为 L_1，BC 段绳长为 L_2，B 点自由下落到 D 所用时间为 t，

考察 B 点有：$L_2+0.2=\frac{1}{2}g\cdot t^2$ ①

考察 A 点运动，到 D 点所用时间为 t＋0.4，有：

$$L_1+L_2+0.2=\frac{1}{2}g(t+0.4)^2 \quad ②$$

而 $L_1+L_2=7.0$ 米，将其值代入②式可求得：t＝0.8 秒再代入①式得出：

$L_2=\frac{1}{2}\times10\times0.8^2-0.2=3.0$(米)，则有 $L_1=7.0-L_2=7.0-3.0=4.0$(米)

例 10★★★★在地面上以初速度 $2v_0$ 竖直上抛一物体后，又以初速度 v_0 从同一地点竖直上抛另一物体，若要使两物体能在空中相碰，则两物体抛出的时间间隔必须满足什么条件？(不计空气阻力)。

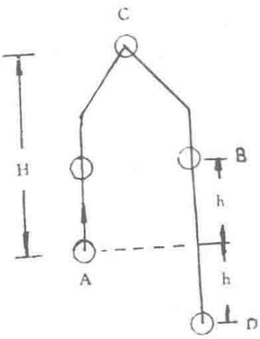
【分析】 对本题应分析，最快相遇为：第二物体抛出瞬时第一物体回到原点与之相碰；最慢相遇为：第二物体抛出后返回原点前，第一物体下落追上它，与之相碰。两物体抛出的时间间隔应介于上述两种情况下时间间隔之间。

解 令第一、二种情形时间间隔为$\triangle t_1$、$\triangle t_2$，则应有：$t_1=2\cdot\frac{2v_0}{g}$，$t_2=0$，$\triangle t_1=t_1-t_2=\frac{4v_0}{g}$.

$t_1'=2\cdot\frac{2v_0}{g}$，$t_2'=2\cdot\frac{v_0}{g}$，$\triangle t_2=t_1'-t_2'=\frac{2v_0}{g}$

所以时间间隔必须满足：$\frac{2v_0}{g}<\triangle t<\frac{4v_0}{g}$

例 11*** 如图所示，将一小球自 A 点竖直上抛，它经过 A 点之上 h 处的 B 点时速度的大小恰好是它落至 A 点之下 h 处的 D 点时速度的大小的一半，求小球上升的最高点 C 与抛出点 A 之间的距离 H 的大小。



【分析】 (1)小球由 A→C，竖直上抛且 $v_C=0$。小球从 C→D，自由落体。(2)竖直上抛物体在同一高度处，上升速度与下降的速度等值反向。

解 方法一：已知 $v_D=2v_B$

上升段 BC：$H-h=\dfrac{v_B{}^2-0}{2g}$ ①

对下降的 CD 段：$H+h=\dfrac{v_D{}^2-0}{2g}$ ②

$\dfrac{①}{②}$：$\dfrac{H-h}{H+h}=\dfrac{1}{4}$ $\therefore H=\dfrac{5}{3}h$

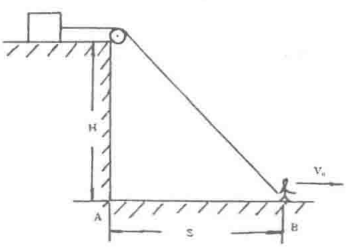
方法二：$\because v_{B上}=v_{B下}=\dfrac{1}{2}v_D$

考察 CD 段的自由落体：$v_D=gt_D$，$v_B=gt_B$ 得：$t_D=2t_B$

$\therefore S_1:S_2=t_D{}^2:t_B{}^2$ $\therefore(H-h):(H+h)=1:4$，$H=\dfrac{5}{3}h$

方法三：$\because S_Ⅰ:S_Ⅱ=1:3$ $\therefore(H-h):2h=1:3$，$H=\dfrac{5}{3}h$

例 12**** 如图所示，在高为 H 的光滑平台上，有一物体用绳子跨过定滑轮由地面上的人以匀速度 v_0 向右拉动，不计人的高度，当人从地面上平台的边缘 A 处向右走过距离 S 到达 B 点时，求(1)物体的速度；(2)物体在平台上移动的距离。



【分析】 物体的运动是变速运动，且不是匀变速。所以不能用寻找规律求解。是否可用速度分解求解，因为很难判断物体速度与人速度的谁大谁小，所以，一般不能直接分解。这类题采用微元法求解，准确简单。

解 (1)设经过一段很短的时间△t，物体前进△L，人向前运动△S。则利用直角三角形关系知：$L^2=H^2+S^2$ ①

$(L+\triangle L)^2=H^2+(S+\triangle S)^2$ ②

②－①：$2L\cdot\triangle L+\triangle L^2=2S\cdot\triangle S+\triangle S^2$

由于△t 很小，$\triangle S^2$ 和 $\triangle L^2$ 更小，可忽略。则 $2L\cdot\triangle L=2S\cdot\triangle S$

两边同除△t，有：$L\cdot\dfrac{\triangle L}{\triangle t}=S\cdot\dfrac{\triangle S}{\triangle t}$，即：$L\cdot v=S\cdot v_0$ $\therefore v=\dfrac{S}{L}\cdot v_0=\dfrac{S}{\sqrt{H^2+S^2}}\cdot v_0$

(2)物体移动距离 $\triangle L=L-H$ $\therefore\triangle L=\sqrt{H^2+S^2}-H$

运动定律

主要内容：惯性、质量等概念，牛顿运动三定律，力的独立作用原理，超重和失重。

重点掌握：力和运动的关系，应用牛顿运动定律解决动力学问题。

应用牛顿定律解题的一般步骤如下：

(1)理解题意，确定并隔离研究对象；

(2)对被隔离的研究对象进行受力分析和运动状态分析，画受力图及运动图(分析速度方向及

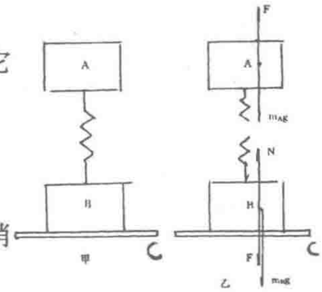
加速度方向)；

(3)建立坐标系，一般情况下选加速度方向为其中一个坐标轴的方向，而另一轴与该轴垂直；

(4)利用牛顿第二定律和运动学公式建立有关方程。对连结体问题，还应例出牵连方程；

(5)统一单位，求解方程，分析结果，必要时对结果进行讨论。

例 1***如图甲，物体 A、B 以轻质弹簧相连，静止于木板 C 上。试求撤去木板 C 的瞬间，A、B 的即时加速度(已知 A、B 质量分别为 m_A、m_B)。



【分析】 抽去木板的瞬间，板对 B 的支持力消失，但其它力不变。

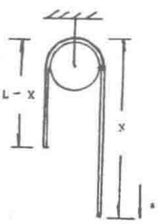
解 受力分析如图乙所示。

对 A：平衡条件知：$F=m_Ag$，

对 B：平衡条件知：$N=F+m_Bg=(m_A+m_B)g$；木板撤去后，N 消失，但弹簧形变量没变，F 仍然不变。

所以，A 的加速度 $a_A=0$，B 的加速度 $a_B=\dfrac{m_Bg+F}{m_B}=\dfrac{(m_A+m_B)}{m_B}\cdot g$，方向向下。

例 2***如图，一根柔软而均匀的链条长 L 米，每米重 λ 牛，跨在轻小而光滑的定滑轮上，一边长 X 米，另一边长(L－X)米，放开链条后，它的运动性质如何？



【分析】 运动性质未知，即不知加速度情况，所以此题采用虚拟法，假设一为 a 的正方向，最后讨论，结果为正，表明与正方向相同，为负则相反。

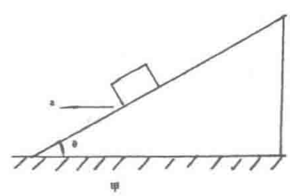
解 设 X＞L－X，则链条的右边将加速下滑，设加速度为 a，由牛顿第二定律：$F_{合}=ma$，对整个链条用整体法研究有：$\lambda X-\lambda(L-X)=\dfrac{\lambda L}{g}\cdot a$，得：$a=\dfrac{2X-L}{L}\cdot g$

讨论：(1)若 X＞L－X，即 2X＞L，$X>\dfrac{L}{2}$，$a>0$，且随 X 增加，a 增大，链条做变加速运动。

(2)若 X＜L－X，即 $X<\dfrac{L}{2}$，$a<0$，且随 X 的减小，a 增大，链条向反方向做变加速运动。

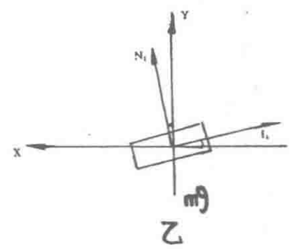
(3)若 X＝L－X，即 $X=\dfrac{L}{2}$，$a=0$，由于链条原来静止，所以，链条将静止不动。

例 3***一斜面体，倾角为 θ，在其斜面上放一质量等于 m 的物体，如图甲示，物体与斜面间的摩擦系数为 μ，要使物体与斜面保持相对静止，求斜面体向左的加速度 a 的范围。



【分析】 要使物体与斜面体保持相对静止就是说物体可能会出现两种情况：物体刚好不下滑时，斜面体的加速度为 a_1；物体刚好不上滑时，斜面体的加速度为 a_2。物体相对斜面静止，与斜面加速度相同。

解题时关键是：第一受力分析，第二正交分解。注意不同情况下摩擦力的方向。



解 刚好不下滑时，受力如图乙，建立 x，y 轴。由牛顿第二定律和正交分解得：$N_1\cdot\cos\theta+f_1\cdot\sin\theta=mg$……①

$N_1\cdot\sin\theta-f_1\cos\theta=ma_1$……②　$f_1=\mu N_1$……③

①、②、③联立得：$a_1=\dfrac{\sin\theta-\mu\cos\theta}{\cos\theta+\mu\cdot\sin\theta}\cdot g$

当物体在斜面体上刚好不上滑时，受力情况与上述的摩擦力反向，其余同向，所以有：

$N_2\cdot\cos\theta-\mu N_2\cdot\sin\theta=mg$……④　$N_2\cdot\sin\theta+\mu N_2\cdot\cos\theta=ma_2$……⑤

④、⑤联立得：$a_2=\dfrac{\sin\theta+\mu\cos\theta}{\cos\theta-\mu\sin\theta}\cdot g$

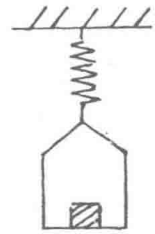
由上述结果知，物体相对斜面体静止，斜面体向左的加速度 a 的范围为：

$\dfrac{\sin\theta-\mu\cos\theta}{\cos\theta+\mu\cdot\sin\theta}\cdot g\leqslant a\leqslant\dfrac{\sin\theta+\mu\cos\theta}{\cos\theta-\mu\sin\theta}\cdot g$

例 4****一根轻弹簧上端固定，下端挂一质量为 m_0 的平盘，如图，盘中有一质量为 m 的物体，当盘静止时，弹簧的长度比自然长度伸长了 L，今向下拉盘使弹簧再伸长△L 后停止，然后松开，设弹簧总处于弹性限度内，则刚松手时盘对物体的支持力等于　　　（　　）

A. $(1+\dfrac{\triangle L}{L})mg$　　　B. $(1+\dfrac{\triangle L}{L})(m+m_0)g$

C. $\dfrac{\triangle L}{L}mg$　　　D. $(m+m_0)g\cdot\dfrac{\triangle L}{L}$



【分析】 判断题解法通常采用解析法和排除法。排除法常采用假设形式，而解析法需具体计算。

此题用排除法。假设△L＝0，则盘静止，应有支持力 N＝mg。将△L＝0 代入上述四个答案中，只有 A 使得 N＝mg，所以 A 正确。由此可见，该方法较简单，但有时可能出现偶然或无法选择。故更重要的还应是解析法。

解析法：对连结体又具有相同加速度的问题，通常采用整体法和隔离体法的交叉使用。以系统为研究对象，当盘静止时，系统的重力和弹簧的弹力平衡。即：$kL=(m+m_0)g$　　①

当再伸长△L，松手后的弹力大于系统的重力，系统有向上的加速度，应用牛顿第二定律得：

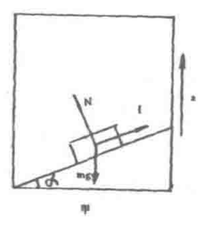
$k(L+\triangle L)-(m+m_0)g=(m+m_0)a$　　②

①、②联立得：$a=\dfrac{\triangle L}{L}\cdot g$　　③

再以物体 m 为研究对象，隔离体：m 受向上的盘的支持力和向下的重力两个力作用。因物体与盘共同运动，所以加速度亦为 a，由牛顿第二定律有：$N-mg=ma$　　④，

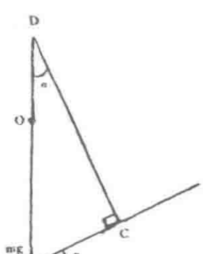
③、④联立求得：$N=(1+\dfrac{\triangle L}{L})\cdot mg$，A 正确。

例 5*****如图甲所示，在升降机的底板上固定一个倾角为 α 的斜面，斜面上放一质量为 m 的物块，当升降机以加速度 a 竖直向上运动时，物块仍与斜面保持相对静止状态。求这时物体所受斜面的支持力和静摩擦力。



甲

【分析】 牛顿第二定律告诉我们，物体所受合外力与物体在此合外力作用下产生的加速度方向一致，合外力的大小总等于 ma。根据矢量图示和合成法则，合外力可这样求得：将物体所受的各力按各自方向、大小依次相连接，最后由最初一个力的箭尾向最末一个力的箭头画一有向线段。这条有向线段就是合力，其大小与 ma 等值。这种方法对三个共点力作用的物体且合力在其中一个力方向上时最为适用。



乙

解　物块受力分析标在图甲中，有三个共点力 mg、N. f。因物块相对斜面静止，即具有与升降机相同的加速度 a，方向向上。用上述方去画出如图乙的矢量图。OB 为 mg，BC 为 f，CD 为 N，OD 为 $F_{合}=ma$。

由图乙可得：$N=(mg+ma)\cdot\cos\alpha=m(g+a)\cos\alpha$

$f=(mg+ma)\cdot\sin\alpha=m(g+a)\cdot\sin\alpha$

提示：当升降机加速度 a 方向向下时，将矢量图中的 OD 反向即可。

则有：$N=m(g-a)\cos\alpha$，$f=m(g-\alpha)\sin\alpha$