

物理解题天才

多解

全

攻

新课标

略

高中力学热学

开拓思路
创新解法
凝聚精华
提升能力

GAOZHONG LIXUE REXUE DUOJIE QUANGONGLUE
丁钢 编著
广西教育出版社

物理解题天才

多解

全

攻略

新课标

高中力学热学

GAOZHONG LIXUE REXUE DUOJIE QUANGONGLUE
丁钢 编著 广西教育出版社

物理解题天才
高中力学热学多解全攻略
丁 钢 编著

☆

广西教育出版社出版
南宁市鲤湾路 8 号
邮政编码:530022 电话:5850219
本社网址 <http://www.gep.com.cn>
读者电子信箱 master@gep.com.cn
全国新华书店经销 广西新华印刷厂印刷

*

开本 890×1240 1/32 9.50 印张 188 千字
2003 年 3 月第 3 版第 3 次印刷
印数:15 001—25 000 册
ISBN 7-5435-3131-3/G·2350 定价:14.50 元
如发现印装质量问题,影响阅读,请与承印厂联系调换

前言

素质教育是大势所趋,提高自身素质是每个人的期望。高中物理以其极为丰富的内涵和广泛的应用以及特有的魅力激起了很多同学的学习兴趣,但在具体的习题面前可能又会因一时找不到入门的方法而徘徊在大门之外。本书的意图是帮助高中学生去取得能开启这些大门的钥匙,获得解决问题的途径和方法。

在研究和解决问题的过程中,不仅需要相应的知识,还需要运用科学方法,要有解决问题的能力,总而言之需要有创新意识。但一个人的创新意识不是从天上掉下来的,而是在不断求索、不断进取的过程中逐渐培养起来的。本书特别注重通过对问题做多角度分析,总结思维方法和思维途径,以达到扩展思路,激发创新潜能的目的。

从2002年起,高中物理已全部使用了新教科书。本书力图反映新教学大纲和新教科书的要求和特点,在选题、解题和评题上颇费了一番心思:(1)较多地选用有启发性的典型题,包括近年的高考试题,通过对这些题的分析求解以加深对知识的理解,熟悉各种科学方法的应用以及了解高中学生在物理科学上应达到的能力水平;(2)选用了信息题、开放题等新题型,由此可以了解题型变化的动向,开阔视野,跟上形势;(3)在解题和评题中强化了知识和方法,注重了多种能力的培养,并适当补充了一些教科书外的知识和方法,以利学生综合能力的提高。

如果本书能给读者一些有益的帮助,那将是作者最大的心愿。希望读者在使用本书时,力求切实打好基础,重在理解和分析,在解决问题当中提高能力。

由于作者学识有限,书中疏误之处在所难免,请不吝赐教。

丁 钢

目录

1	一、力 物体的平衡
29	练习一
30	二、直线运动
72	练习二
73	三、牛顿运动定律
94	练习三
96	四、曲线运动 万有引力定律
127	练习四
129	五、动量
158	练习五
159	六、机械能
237	练习六
240	七、机械振动和机械波
256	练习七
258	八、气体的性质
292	练习八
294	1 练习题参考答案和提示



一、力 物体的平衡

1. 如图 1-1 所示, 有三个物块 A、B、C 叠放在一起, 放置于水平地面上. 当用大小为 F 的水平力作用于物块 B 时, 三个物块都保持静止. 求 A、B、C 三个物块受的摩擦力.

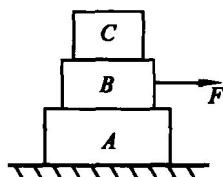


图 1-1

故障 因物块保持静止状态, 所受的摩擦力为静摩擦力. 产生静摩擦力有四个条件: 物体相互接触, 接触面不光滑, 接触面间有正压力, 物体间有相对运动的趋势. 还可根据物体处于静止状态时所受的合力为零以及物体间的相互作用力关系应符合牛顿第三定律, 进行综合分析. 分析时, 可选取受力简单的对象入手.



解法 用力的平衡条件对各物体隔离求解.

先以 C 为研究对象, 如 C 受到 B 施予的摩擦力, 则 C 在水平方向上所受的合力不为零, C 不可能保持静止, 与题意相矛盾, 即可判断 B、C 间无摩擦力.

以 B 为研究对象, 为使 B 保持静止, B 必受到 A 所施予的方向向左的摩擦力 f , 从二力平衡条件可知, 其大小 $f=F$. 如图 1-2 所示.

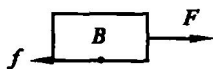


图 1-2

从牛顿第三定律可知, B 必对 A 有一方向向右的摩擦力 f' , 其大小 $f'=f=F$.

以 A 为研究对象, 为使 A 保持静止, 地面必对 A 有一方向向



左的摩擦力 f_A , 其大小 $f_A = f' = F$. 如图 1-3 所示.



解法 2 用力的平衡条件, 对物体系统

做部分隔离求解.

先以 B 、 C 整体为研究对象, 因 B 、 C 整体处于平衡状态, 从平衡条件可知, A 必对 B 、 C 整体 (也就是对 B) 有一方向向左的摩擦力 f , 用以平衡外力 F , 其大小 $f = F$, 如图 1-4 所示.

以 B 为研究对象, 因 F 与 f 已为一对平衡力, 如图 1-2 所示, C 对 B 不能再施予摩擦力的作用, 即 B 、 C 间无摩擦力.

再按解法 1 的分析可知, A 所受的摩擦力如图 1-3 所示, 摩擦力的大小 $f_A = f' = F$.

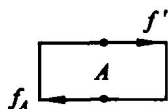


图 1-3

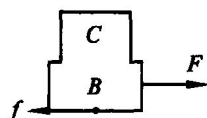


图 1-4



解法 3 用力的平衡条件, 对系统

用整体法求解.

先以 A 、 B 、 C 整体为研究对象, 因 A 、 B 、 C 整体处于平衡状态, 可知地面必对这一整体有一方向向左的摩擦力 f_A , 其大小 $f_A = F$, 如图 1-5 所示.

以 A 、 B 整体为研究对象, 因 F 与 f_A 已为一对平衡力, C 不能再对 A 、 B 整体施予摩擦力, 即 B 、 C 间无摩擦力, 如图 1-6 所示.

以 A 为研究对象, 为使 A 保持平衡, B 必对 A 有一方向向右的摩擦力 f' , 如图 1-3 所示, 其大小 $f' = f_A = F$.

从牛顿第三定律可知, A 必对 B 有一方向向左的摩擦力 f 的作用, 如图 1-2 所示, 其大小 $f = f' = F$.

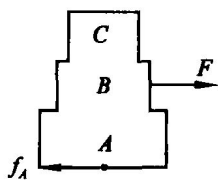


图 1-5

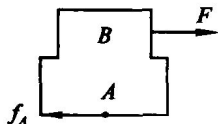


图 1-6



简评

分析物体受力有三种思路：①根据相互作用的性质（力的来源）进行分析；②根据运动状态进行分析（如果是平衡状态，其合力必为零；如果有加速度，其合力必不为零，合力方向必与加速度方向相同）；③根据牛顿第三定律进行分析。熟练掌握这些方法是学好力学的首要条件。在本题的三种解法中，分析受力时都是综合运用了平衡条件和牛顿第三定律。在方法上，解法1用隔离法，解法2、3用了整体法。三种解法在入手时所选取的对象不同，但这些对象都只有一个待求的摩擦力，使得思路易于展开。在学习过程中注意总结和积累此类经验，解题能力的提高就在其中了。

2. 在粗糙的水平面上放一个三角形木块 A ，若物体 B 在 A 的斜面上匀速下滑，如图 1-7 所示，则（ ）

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，无法判断。

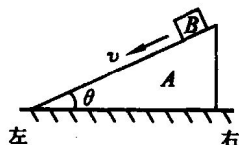


图 1-7

破题 1 物体 A 有无运动趋势，取决于物体 B 对物体 A 的作用力在水平方向的分量。物体 B 受重力 G 和斜面对 B 的支持力 N 、摩擦力 f 的作用。因 B 做匀速运动，从共点力平衡可以求出 N 和 f 的大小，其反作用力 N' 、 f' 作用于物体 A 上，求出 N' 、 f' 沿水平方向的分量，即可判断。



解法 1 用力的平衡条件求解。

做出物体 B 的受力示意图，如图 1-8 所示。从力平衡可知 N 、



f 的合力 F 必与 G 等大, 有

$$f = G \sin \theta$$

$$N = G \cos \theta$$

f 、 N 的反作用力 f' 、 N' 作用于物体 A 上, 如图 1-9 所示. 从牛顿第三定律知

$$f' = G \sin \theta \quad N' = G \cos \theta$$

f' 的水平分量

$$f_x' = f' \cos \theta = G \sin \theta \cos \theta$$

N' 的水平分量

$$N_x' = N' \sin \theta = G \sin \theta \cos \theta$$

$$\therefore f_x' = N_x'$$

$\therefore A$ 将保持静止, 而且没有相对于水平面运动的趋势. 正确选项为 A.

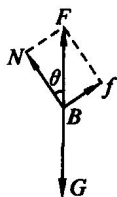


图 1-8

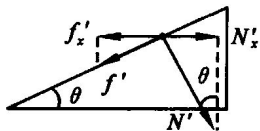


图 1-9

攻略 2 斜面对物体 B 的作用力是斜面对物体 B 的支持力与摩擦力的合力, 该合力的反作用力即是物体 B 对物体 A 的作用力, 根据该合力有无水平分量即可判断.



解法 2 用力的平衡条件分析求解.

见图 1-8, 斜面对物体 B 的作用力即 N 、 f 的合力 F , 因 B 所受的合力为零, 所以斜面对 B 的作用力 F 的方向必为竖直向上, 与 G 相平衡. 从牛顿第三定律可知, B 对 A 的作用力必沿竖直方向向下. 因 B 对 A 的作用力无水平分量, 所以 A 保持静止, 而且没有相对于水平面运动的趋势. 故正确选项为 A.

攻略 3 因物体 B 做匀速运动, 处于平衡状态, 受力与静止时相同, 可把物体 B 看做静止. 这时再把 A 、 B 看做一个整体, 用整体法分析.



解法 3 用整体法求解.

将 A 、 B 看做一个静止的整体, 由于这个整体所受的重力、地面对整体的支持力均沿竖直方向, 在水平方向无作用, 所以地面对



这个整体也无摩擦力的作用,即 A 保持静止,而且没有相对于水平面运动的趋势,即正确选项为 A.

简评

等效法是物理学的一种重要方法.在解法 2 中,用 N 、 f 的合力等效替代 N 、 f 这两个分力来分析,解法 2 就较解法 1 简捷;而在解法 3 中,先将匀速运动的物体 B 等效于静止,再将 A、B 两物体等效于一个整体,从而避开了 A、B 间相互作用力的分析,更抓住了问题的物理本质,也更简便.

3. 如图 1-10 所示,挡板 AB 和竖直墙之间夹有一光滑球,球的质量为 m . 试讨论在 θ 角缓慢变大的过程中,墙对球的弹力 N_1 、挡板对球的弹力 N_2 如何变化.

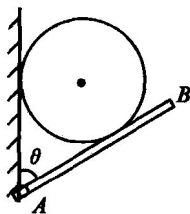


图 1-10

攻略 1 以球体为研究对象,球受重力 mg 、墙壁对球的弹力 N_1 及挡板对球的弹力 N_2 这三个共点力的作用. 由于是逐渐缓慢地增大 θ 角,故可做平衡状态处理,建立坐标系,用正交分解法求出 N_1 、 N_2 后可做定量分析.



解法 1 用正交分解法求解.

做出球的受力示意图,如图 1-11 所示,根据平衡条件有

$$F_{x\text{合}} = N_1 - N_2 \cos \theta = 0$$

$$F_{y\text{合}} = N_2 \sin \theta - mg = 0$$

可解出

$$N_1 = \frac{mg}{\tan \theta}$$

$$N_2 = \frac{mg}{\sin \theta}$$

θ 角增大时, $\sin \theta$ 、 $\tan \theta$ 都要增大,所以 N_1 、 N_2 都要减小.

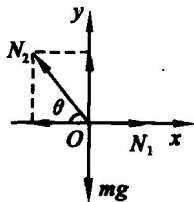


图 1-11



攻略2 球所受的 mg 、 N_1 、 N_2 三力共点平衡时, N_1 与 N_2 的合力一定与 mg 等值反向, 可用平行四边形法则做出 N_1 与 N_2 的合力后求解.



解法2 用三力平衡特点求解.

如图 1-12 所示, N_1 与 N_2 的合力 F 一定与 mg 等值反向, 且 $N_1 \perp mg$, N_1 与 N_2 间的夹角等于 θ . 从图可得

$$N_1 = \frac{mg}{\tan\theta} \quad N_2 = \frac{mg}{\sin\theta}$$

所得结果与解法 1 完全相同, 按解法 1 的分析可知, θ 角增大时, N_1 、 N_2 都减小.

攻略3 平面共点三力平衡时, 这三力必组成一个封闭三角形, 球的重力是一定值, 在 θ 角变化时, N_1 、 N_2 的变化可用作图法求解.



解法3 用作图法求解.

如图 1-13 所示, 在 mg 、 N_1 、 N_2 所组成的封闭三角形中, mg 的大小、方向恒定, N_1 的方向恒定, 从图可知, 当 θ 角增大到 θ' 后, N_1 减小, N_2 也减小.

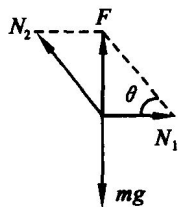


图 1-12

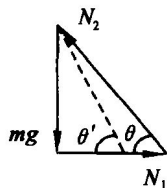


图 1-13

简评

在分析求解互成角度的共点力平衡的问题时, 解法 1 是最常用的方法, 可清楚反映各方向的平衡情况, 但在共点三力平衡时, 如果其中有两个力互成直角, 解法 2 的方法就更为简便. 如果不需做定量计算, 只需做定性讨论时, 解法 3 的作图法最为可取: 一是直观, 二是简便. 特别是在做定量分析较为繁杂的情况下, 用作图法定性分析就更显示出其优越性.



需要注意的是,不管用哪种方法,仔细作图,找准各力之间的角度关系是正确解题的前提。

4. 如图 1-14 所示,竖立在地面上相距为 $d=4\text{ m}$ 的两根柱子上拴着一长为 $L=5\text{ m}$ 的细绳,绳上有一小滑轮 O ,其下吊着重 $G=180\text{ N}$ 的物体. 求静止时 AO 、 BO 绳拉力的大小.(不计滑轮的重力及摩擦力.)

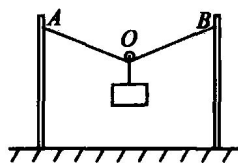


图 1-14

故障 1 以滑轮为研究对象,为共点三力平衡问题. 在不计摩擦时, AO 、 BO 两绳的拉力大小相等,在动滑轮平衡时,从力平衡可知,两绳的拉力与水平方向的夹角必相等. 这时可按共点力平衡条件,用正交分解法建立方程,其中角度可以用数学知识求出.



解法 1 用正交分解法求解.

如图 1-15 所示,两绳对 O 点的拉力大小都为 T ,平衡时,从 $F_{y\text{合}}=0$ 可知,两绳与水平方向的夹角应相等,设为 θ .

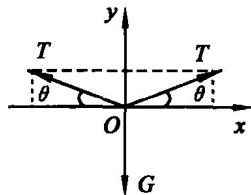


图 1-15

从 $F_{y\text{合}}=0$, 有

$$2T\sin\theta=G \quad \text{..... ①}$$

设 O 点左边绳长为 l , 则 O 点右边绳长为 $(L-l)$, 从图 1-16 可知

$$d=(L-l)\cos\theta+l\cos\theta=L\cos\theta \quad \text{..... ②}$$

即

$$\begin{aligned} d &= L \sqrt{1-\sin^2\theta} \\ \therefore \sin\theta &= \frac{\sqrt{L^2-d^2}}{L} \end{aligned}$$

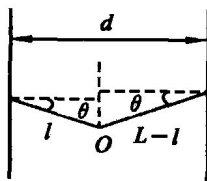


图 1-16



代入①式,可解出拉力

$$T = \frac{LG}{2\sqrt{L^2 - d^2}} = 150 \text{ N}$$

攻略2 滑轮 O 所受的三个共点力平衡时,两绳的拉力的合力必与第三个力大小相等、方向相反,根据平行四边形法则作图后即可求解.



解法2 用三力平衡特点求解.

据解法1的分析,两绳的拉力大小相等,均为 T . 平衡时,两绳对滑轮的拉力的合力 F 必与重力 G 等值反向,以两个拉力为邻边所做出的平行四边形为菱形,其对角线互相垂直,如图 1-17 所示,则有

$$G = F = 2T \sin \theta \dots\dots\dots ①$$

作 BO 的延长线交左柱于 C , 由几何关系可知

$$\overline{OA} = \overline{OC}, \overline{BC} = L$$

$$\therefore \overline{BD} = H = \sqrt{L^2 - d^2}$$

$$\therefore \sin \theta = \frac{H}{L} = \frac{\sqrt{L^2 - d^2}}{L} \dots\dots\dots ②$$

从①、②两式可解出拉力

$$T = \frac{LG}{2\sqrt{L^2 - d^2}} = 150 \text{ N}$$

攻略3 根据力平衡条件,用平行四边形法则作图后,可从相似三角形求解.



解法3 利用相似比求解.

如图 1-17 所示,力的平行四边形两对角线的交点为 I , 力的三角形 OIT 与三角形 BDC 相似,则有

$$\frac{\frac{F}{2}}{T} = \frac{BD}{BC}$$

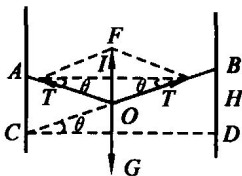


图 1-17



$$\text{即 } \frac{\frac{G}{2}}{T} = \frac{H}{L} \quad \text{①}$$

$$H = \sqrt{L^2 - d^2} \quad \text{②}$$

从①、②两式可解出两绳的拉力都为

$$T = \frac{LG}{2\sqrt{L^2 - d^2}} = 150 \text{ N}$$

简评

本题隐含有判断两绳拉力大小相等及角度 θ 相等的问题。三种解法的思路都是：选对象，分析力，画受力图，按力平衡条件列方程。解法 1、2 要应用角度 θ 的函数关系，解题较为复杂；解法 3 从相似比求解，较为简便，也是一种有效的方法。

本题中，当绳长 L 、两柱间距 d 一定时，角度 $\theta = \arccos \frac{d}{L}$ 为定值，当 G 也一定时，绳中拉力也为定值。这意味着，如果 G 、 d 、 L 一定，当 A 点或 B 点的高低位置改变时，滑轮的位置也要随之改变，但图中角度 θ 不变，绳的拉力不变。

5. 重为 G 的物块放在倾角为 α 的斜面上，物块与斜面之间的动摩擦因数为 μ ，今在物块上施加力 F 的作用， F 可与斜面成任意夹角，如图 1-18 所示，求拉动物块沿斜面上升所需力 F 的最小值及对应的 θ 角。

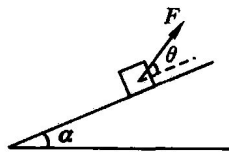


图 1-18

思路 1 物块在斜面上受到四个力的作用：重力 G 、拉力 F 、支持力 N 及滑动摩擦力 f ，当物块匀速运动时所需的力 F 较小。根据物体平衡条件求得 F 与 θ 的函数关系式，再利用数学知识分析可得 F 的极值。



解法 1 用正交分解法列式求解.

物块受力如图 1-19 所示,物块匀速运动时,沿斜面方向和垂直于斜面方向合外力均为零,有

$$F \cos \theta = G \sin \alpha + f \quad \cdots \quad ①$$

$$N + F \sin \theta = G \cos \alpha \quad \cdots \quad ②$$

$$f = \mu N \quad \cdots \cdots \cdots \quad ③$$

由①、②、③式可得

$$F = \frac{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}{\cos \theta + \mu \sin \theta} G$$

引入辅助角 φ , 令 $\tan \varphi = \mu$, 则可得

$$F = \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\theta - \varphi)} G \quad \cdots \cdots \cdots \quad ④$$

在④式中,当 $\theta = \varphi$ 时,分母 $\cos(\theta - \varphi) = 1$ (最大), F 有极小值,为

$$F_{\min} = G \sin(\alpha + \varphi)$$

此时 $\theta = \varphi = \arctan \mu$

攻略 2 此题也可以把物块看做只受三个力作用:重力 G 、拉力 F 及斜面对物块的作用力 R , R 是斜面对物块的支持力 N 与摩擦力 f 的合力. 设 R 与 N 的夹角为 φ , 则 $\tan \varphi = \frac{f}{N} = \mu$, 即不论 N 、 f 的大小如何变化,角度 $\varphi = \arctan \mu$ 是不变的. 这时可根据力平衡条件分析求解.



解法 2 化为三力平衡求解.

物块受力情况如图 1-20 所示,其中 R 为斜面对物块的支持力与摩擦力的合力,即斜面对物块的作用力.

以 R 的方向为 y 轴的正方向建立直角坐标系,如图 1-21 所示,图中 F 与 x

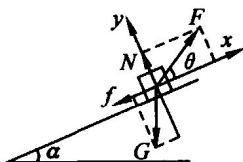


图 1-19

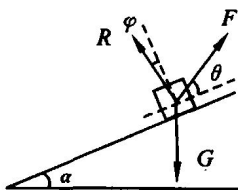


图 1-20



轴的夹角为 $(\theta - \varphi)$, G 与 y 轴的夹角为 $(\alpha + \varphi)$, 于是从力平衡条件可得

$$F \cos(\theta - \varphi) = G \sin(\alpha + \varphi)$$

(即解法 1 中的④式)

在上式中, 当 $\theta = \varphi$ 时, F 有极小值为

$$F_{\min} = G \sin(\alpha + \varphi)$$

此时 $\theta = \varphi = \arctan \mu$

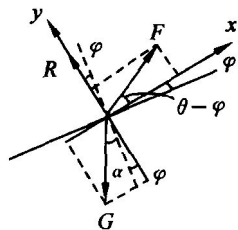


图 1-21

攻略 3 在解法 2 的受力图中, 由于 G 、 F 、 R 三个共点力平衡, 做出三力平衡的矢量图可求解.



解法 3 用共面共点三力平衡的几何法求解.

物体受力情况仍如图 1-20 所示. 因 G 、 F 、 R 三共点力平衡, 这三力必组成一个封闭的三角形. 在这一封闭的矢量三角形中, 因 G 的大小、方向为定值, 又因 $\tan \varphi = \frac{f}{N} = \mu$ 为定值, 即 R 的方向也为定值, 要使三角形中的 F 有最小值, F 的方向必须垂直于 R , 如图 1-22 所示. 从图可得, F 的极小值为

$$F_{\min} = G \sin(\alpha + \varphi)$$

其中 $\varphi = \arctan \mu$

此时从图可知

$$\theta = \varphi = \arctan \mu$$

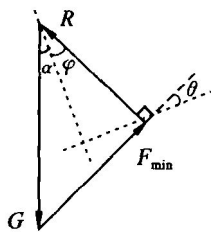


图 1-22

简评

解法 1 是常规方法, 容易形成思路, 但数学运算较麻烦. 解法 2、3 中引入了 N 、 f 的合力 R , 将四力平衡简化为三力平衡. 解法 2 中以 R 的方向为 y 轴的正方向建立直角



坐标系,使得在 x 方向列式时可不考虑 R 这一未知量,这是正确建立坐标系的一个原则,请读者加以注意.在解法 3 中,直接从矢量三角形中分析求解,更为直观简便.

当本题中斜面倾角 $\alpha=0$ 时,即为物体在水平面上的情形,其结果读者可自行得出为 $F_{\min}=G\sin\varphi$,其中 $\varphi=\arctan\mu$.

因 $\tan\varphi=\mu$,于是可知 $\sin\varphi=\frac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}}$,因此,在这种情形时答案的另一表达形式为 $F_{\min}=\frac{\mu G}{\sqrt{1+\mu^2}}$.

6. 将长方形匀质薄板锯成如图 1-23 所示的三部分,其中 B、C 两部分完全对称.现将三块拼在一起,平放在粗糙的水平面上.当与板 A 侧边缘垂直的水平力 F 作用于薄板时,薄板恰能水平向右匀速运动,且 B 与 A 及 C 与 A 之间没有相对滑动.如果已知图中 θ 角,求 A 与 B 之间的压力为多少.

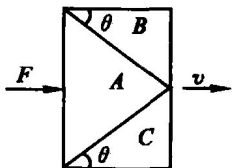


图 1-23

攻略 1 A、B 之间的压力是系统中的一对内力,用隔离法将 A、B 分别作为研究对象,做受力分析后,建立力平衡方程,联立求解.



解法 1 用力平衡条件对各部分隔离求解.

用隔离法分别以 A、B 为研究对象,作出它们水平方向的受力示意图,如图 1-24 所示,其中 N 为 A 对 B 的压力, f_B 为地面对 B 的滑动摩擦力, f_{AB} 为 A 对 B 的静摩擦力, N_B 和 N_C 分别是 B 和 C 对 A 的压力, f_A 为地面对 A 的滑动摩擦力, f_{BA} 和 f_{CA} 分别是 B 和 C 对 A 的静摩擦力,由对称性可知 $N_C=N_B$, $f_{BA}=f_{CA}$,从牛顿第三定律可知, $f_{BA}=f_{AB}$, $N_B=N$.

对于 A 块,沿运动方向上有

$$F=f_A+2N_B\sin\theta+2f_{BA}\cos\theta \cdots \cdots \textcircled{1}$$