

G·W·SH

高中物理十九讲

福州市中学物理教学研究会

福建教育出版社

高中物理十九讲

福州市中学物理教学研究会 编

福建教育出版社

高中物理十九讲

福州市中学物理教学研究会编

福建教育出版社出版

福建省新华书店发行

七二二八工厂印刷

787×1092毫米 1/32 14.5印张 302千字

1984年3月第一版 1984年3月第一次印刷

印数: 1—75,300

书号: 7159·892 定价: 1.21元

前 言

《高中物理十九讲》是对中学生开展课外物理讲座的参考用书。它有助于中学生在学习物理课本的基础上，牢固掌握物理基础知识，加深对知识的理解，增强分析问题和解决问题的能力。编写时特别注意知识的系统性与内在联系。每一讲后面，附有一定数量的典型例题与习题，以帮助读者打开思路、开阔眼界，收到举一反三、融会贯通的效果。

书中有*和**号的部分，是中学物理教材中对要求学生较高和更高的内容，仅供读者参考。

本书也可供应届高中毕业生和知识青年复习中学物理知识使用。还可作为中学物理教师教学参考资料。

本书在汇编时，虽经反复修改讨论，因水平有限，缺点和错误在所难免，希望得到广大读者的批评指正。

福州市中学物理教学研究会编写组

1983年9月

目 录

一、力 物体的平衡	(1)
二、变速运动	(26)
三、牛顿运动定律	(51)
四、圆周运动 万有引力	(75)
五、机械能	(100)
六、动量	(128)
七、简谐振动和简谐波	(156)
八、流体静力学	(170)
九、热学	(182)
十、电场	(217)
十一、稳恒电流	(249)
十二、磁场	(276)
十三、电磁感应	(303)
十四、交流电	(335)
十五、无线电基础与电子技术基础	(358)
十六、光的本性	(369)
十七、几何光学	(392)
十八、原子物理	(420)
十九、实验复习	(437)

一 力 物体的平衡

一、力

(一)力是物体对物体的作用。有受力物体必有施力物体，谈力时，必须明确是哪个物体受力，哪个物体施力。

(二)力的作用效果：(1)改变物体的运动状态（即产生加速度），(2)引起物体形变。

(三)力是矢量。力有大小、方向和作用点三个要素。

(四)力的单位：牛顿和千克力。1千克力=9.8牛顿。

二、反作用力、平衡力

(一)物体间的作用是相互的，有作用力必有反作用力。作用力和反作用力总是等值、反向、共线，并且分别作用在两个物体上，所以不能互相平衡。作用力和反作用力总是成对地出现，它们同时存在，同时消失，而且同属于一种性质的力（例如作用力是弹力时，反作用力必定也是弹力）。

(二)力可以使物体的运动状态发生变化。但是当物体同时受到几个力的作用时，也可能由于它们共同作用的结果，使物体的运动状态并没有变化。这种情况叫做力的平衡。

最简单的力的平衡是二力平衡，如图1—1所示，在 F_1 和 F_2 共同作用下，物体保持运动状态不变，那么 F_1 和 F_2 就是一对的平衡力。它们也是等值、反向、共线，但是它们共同作用在同一个物体上。

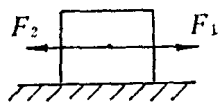


图1—1

(三)一个力的大小和方向，可以通过它的反作用力或它的平衡力求。这是一种常用的方法。例如，“物体的重量等于它静止时压在水平支持面上的力”，就是用这种方法来证明的。如图1—2所示，设支持面对物体的支持

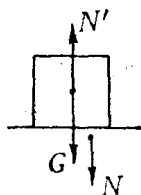


图1—2

力 N' 。因为 N' 是重力 G 的平衡力， $G = N'$ ；又因为 N' 也是物体对支持面的压力 N 的反作用力， $N' = N$ 。因此， $G = N$ ，即静止在水平支持面上的物体，它的重量等于它压在支持面上的力。

〔思考题〕

1. 在以下三种说法中，哪一种是错误的？为什么？

- a) 马拉车时，马只施力不受力，车只受力不施力，所以马才能拉车前进；
- b) 甲车在下坡时，不慎与停在坡上的乙车相碰，则甲车碰乙车的是下滑力，而乙车碰甲车的是弹力；
- c) A 带的电量是 B 带的电量的两倍，所以 A 对 B 的库仑力是 B 对 A 的库仑力的两倍。

2. 用手直握一个瓶子，使瓶子在竖直方向上处于静止。那么，手对瓶子的握力和瓶子的重力的关系是：a) 一对平衡力；b) 作用反作用；c) 大小相等；d) 以上都不对。

三、力的合成和分解

(一) 如果一个力作用在物体上，它产生的效果跟几个力共同作用的效果相同，这个力就叫做那几个力的合力，而那几个力就叫做这个力的分力，求几个力的合力叫做力的合成，求一个力的分力叫做力的分解。

(二) 共点力的合成和分解应该按平行四边形法则来进行的。如图1—3所示，设两力分别为 F_1 和 F_2 ，则合力大小为

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

当 F_1 和 F_2 一定时, F 随 $\cos\theta$ 的增大而增大,随 θ 的增大而减少。当 θ 从 0° 增大到 180° 时,则 F 从 $(F_1 + F_2)$ 减少到 $(F_1 - F_2)$ 。

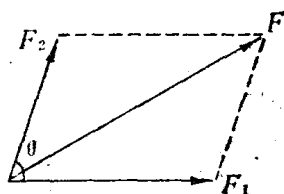


图 1-3

〔思考题〕

3. 已知共点力 $F_1 = 3\text{ N}$

和 $F_2 = 4\text{ N}$, 它们的夹角为 θ (θ 在 0° 与 180° 之间)。求 θ 为何值时, 它们的合力 $F = 5\text{ N}$?

4. 把一个一定的力, 分解成夹角为 θ 的两个分力 F_1 和 F_2 , 并且使 $F_1 = F_2$ 。那么: (1) F_1 (或 F_2) 必随着 θ 的增大而_____, (2) 当 $\theta =$ _____时, $F_1 = F_2 = F$ 。

(三)解答力的合成和分解问题时, 首先, 从力的实际效果去考虑: 哪些力要合成, 或者是哪一个力要分解; 其次, 从力的实际效果来确定合力或分力的方向; 第三, 作出力的平行四边形; 最后求出结果。

*(四)求多力的合力, 应用正交解法最方便。具体步骤: 首先, 选取坐标, 把各力分解为 x 轴方向上和 y 轴方向上的两个垂直分量; 其次, 分别求出 ΣF_y 和 ΣF_x ; 最后求出合力的大小:

$$F = \sqrt{(\Sigma F_y)^2 + (\Sigma F_x)^2}$$

和合力的方向与 $+x$ 轴间的夹角 $\theta = \arctg \frac{\Sigma F_y}{\Sigma F_x}$ 。

〔例一〕细绳的一端固定在天花板上, 另一端悬挂着重量为 G 的小球。小球经推动后, 在水平面上作匀速圆周运动 (如图 1-4 所示)。这个装置叫做锥摆。求细绳与竖直线

的夹角为 θ 时，小球所受的向心力。

解一：小球受到两个力：重力 G 和细绳的拉力 T 。它们共同作用的效果是使小球产生向心加速度。因此， G 和 T 的合力 F 就是向心力，它的方向是沿着水平且指向圆心。

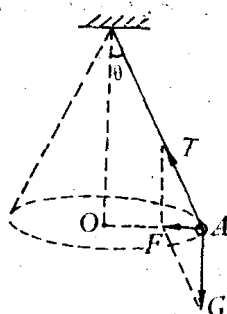


图 1-4

作力的平行四边形，求得向心力为

$$F = G \tan \theta$$

解二：小球受到重力 G 有两个效果：（1）拉紧细绳，（2）使小球产生向心加速度，因此， G 的分力 G_1 就是向心力（如图 1-5 所示）。

作力的平行四边形，求得向心力为

$$G_1 = G \tan \theta。$$

〔说明〕两种解法结果一样，这并不奇怪，因为 G 分解为 G_1 和 G_2 之后（如图 1-5 所示），如果再与 T 合成，则其中 G_2 与 T 平衡

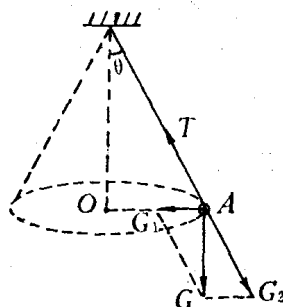


图 1-5

了，所以剩下的只是 G_1 。可见， G_1 也可以说是 G 和 T 的合力。把某一个力看为“合力”，还是看为“分力”，并不是问题的本质，而是解决问题的方法。

〔例二〕如图 1-6 所示，在相距 6 米的两墙壁同一高度的 A 、 B 两处拴上一条绳子，然后在绳子的中点挂上一个 20

千克的重物，结果绳被拉下30厘米。求这时绳所受的拉力（绳的重量不计）。

解：作用在绳子中点的作用力 $F (=G)$ ，产生两个效果：对绳 OA 段的拉力 F_1 ；对绳 OB 段的拉力 F_2 。作力的平行四边形，由图 1—6 可知： $\triangle AOC \sim \triangle F_1OD$ ，则

$$\frac{F/2}{F_1} = \frac{CO}{AO},$$

$$\therefore F_1 = F \times \frac{AO}{2CO} = 20 \times \frac{3}{2 \times 0.3} = 100 \text{ (千克)}$$

答：绳的 OA 段和 OB 段都受到拉力 100 千克。

*〔例三〕三个大人和一个小女孩沿河岸拉一条船，并使它向正东行驶。三个大人的拉力分别为 $F_1 = 50\text{kg}$ 、 $F_2 = 30\text{kg}$ 、 $F_3 = 30\text{kg}$ ，方向如图 1—7 所示。求小孩对船施加的最小的力应该是多少？方向怎样？

解：正交解法，以正东为 $+x$ 轴方向，以正北为 $+y$ 轴方向，如图 1—8 所示。因为船偏离正东方向的只能是各力在 y 轴方向上的分量，而与在 x 轴方向上的分量无关，所以解答本题时，只要研究在 y 轴方向上的分量。

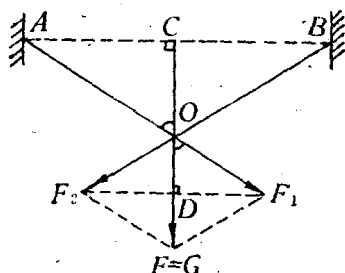


图 1—6

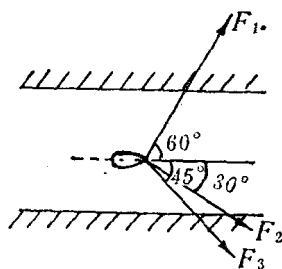


图 1—7

三个大人在 y 轴方向上的分量分别为:

$$F_{1y} = 50 \sin 60^\circ \approx 43 (kg)$$

$$F_{2y} = 30 \sin 30^\circ = 15 (kg)$$

$$F_{3y} = 30 \sin 45^\circ \approx 21 (kg)$$

它们的合力为:

$$\begin{aligned} \Sigma F_y &= F_{1y} - F_{2y} - F_{3y} \\ &= 43 - 15 - 21 = 7 (kg) \end{aligned}$$

方向为正北。

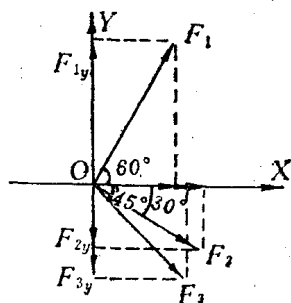


图 1-8

因此,要使船向正东行驶,小孩施加的最小的力应该是 ΣF_y 的平衡力,即大小等于 7 千克,方向为正南。

四、重力、弹力和摩擦力

(一)重力就是重量,是由于地球的吸引而使物体受到的力。重力的方向总是竖直向下,它的作用点在物体的重心上。

(二)弹力是相互接触的物体,彼此发生形变而产生的力。因此产生弹力的条件:一是接触,二是形变,只接触而不发生形变不存在弹力。

胡克定律:在弹性限度内,弹簧的弹力 f 与弹簧伸长(或压缩)的长度 x 成正比,即

$$f = kx$$

式中 k 叫做弹簧的倔强系数。

弹力的方向总是与作用在物体上使物体发生形变的外力的方向相反。具体地说:拉力是沿着绳子并指向绳子收缩的方向,压力是垂直于接触面并指向被挤压的物体。

〔思考题〕

5. 判断图 1-9 所示的四种情况下,重物 A 所受的重

力和弹力的方向。

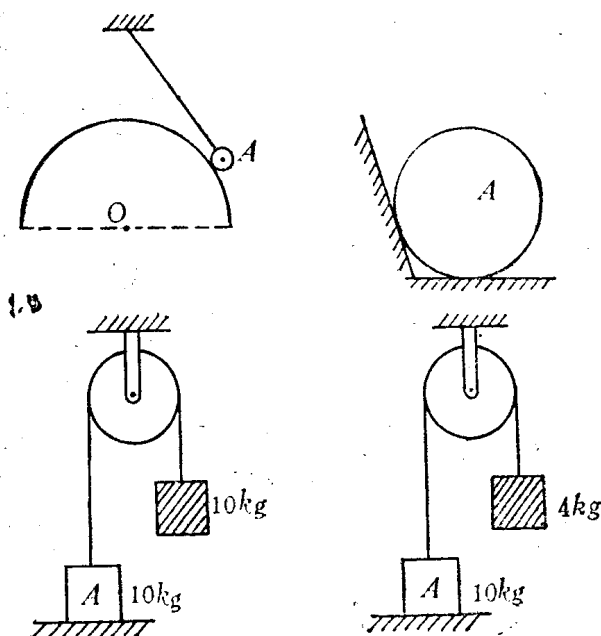


图 1—9

6. 图 1—10中, 弹簧秤的读数各是多少?

(提示: 弹簧秤的读数等于它的挂钩上所受的力)

(三) 摩擦力:

静摩擦力产生于相互接触的物体有相对运动趋势的时候, 它的大小在零至 f_m 之间, 跟正压力没有关系。

* 静摩擦力的最大值叫做最大静摩擦, 它产生于相互接触的物体, 恰好保持相对静止或且恰好开始相对运动(即处

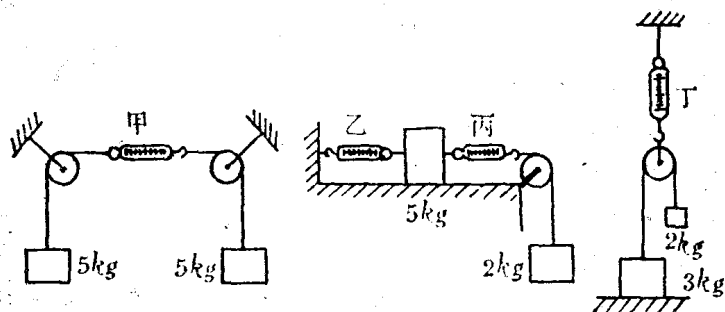


图 1-10

于静止和滑动之间)的时候,它的大小与正压力成正比,即 $f_m = \mu_0 N$ (式中 μ_0 叫做静摩擦系数)。

滑动摩擦力产生于相互接触的物体做相对运动的时候,它的大小也与正压力成正比,即 $f = \mu N$ (式中 μ 叫做滑动摩擦系数,它略小于 μ_0 ,但一般计算中,可以认为它们相等)。

注意点:

1. 摩擦力的存在和它的方向都跟相互接触物体的相对运动有直接联系。因此,判定相对运动及其方向是解决摩擦力的关键。判定的方法是:先假设摩擦力不存在,再按照受力情况和惯性的表现,加以判定。

*2. 计算摩擦力时,如果物体的运动状态不明,应该先进行判定,以弄清它是处于静止状态,还是处于滑动状态,或者是处于静止和滑动之间的临界状态。

〔思考题〕

7. 在水平道路上运动的汽车,当它分别作如下三种运动时,放在车厢地板上的物体是否受到摩擦力?如果有,它

的方向是怎样的？

(a)加速前进, (b)匀速前进, (c)减速前进。

8. 如图1—11所示, 传动皮带上的A和B两点, 所受的摩擦力的方向是怎样的? 请标在图上。

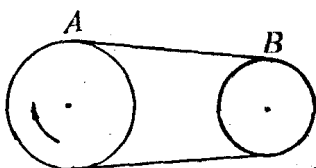


图1—11

9. 在图1—12中, 已知物体A与斜面之间的摩擦系数为0.1, 求物体A所受的摩擦力大小和方向。

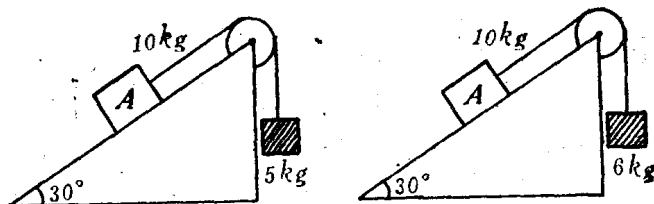


图 1—12

〔例四〕在水平转台上有个物体A, 随着转台做匀速转动, 问物体与转台间有怎样的相对运动趋势? 并从而确定物体受到的静摩擦力的方向。

解: 如图1—13所示, 设在极短时间内, A随转台转到B。因为它们匀速转动, 所以在运动方向上(即切线方向上)它们没有相对运动趋势, 但是在垂直于运动方向上(即向心方向上), 它们有相对运动趋势。这可以这样来判定的: 设A没有受到摩擦力, 由于惯性它将运

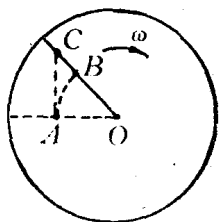


图1—13

动到C，但实际上A受到摩擦力而运动到B，可见A对转台说来它的运动趋势是从B指向C。因此，A受到的摩擦力是指向圆心。

〔例五〕如图1—14所示，方形木块重20N，它与木板之间的摩擦系数为0.2，力 $F=100\text{N}$ 。

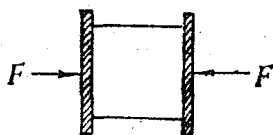


图 1—14

问：①从上方取出木块，至少用多大的力？从下方取出木块，至少用多大的力？②保持木块静止，而把 F 加倍，则木块所受的静摩擦力是原来的多少倍？*最大静摩擦力是原来的多少倍？

解：①从上方取出木块时； $f = \mu N = \mu F = 0.2 \times 100 = 20$ (N)，方向向下，如图1—15①所示。因此，需力至少为： $F_{\text{拉}} = G + 2f = 20 + 2 \times 20 = 60$ (N)。

从下方取出木块， f 仍等于20N，但方向向上，如图1—15②所示。因此，需力至少为： $F_{\text{拉}} = 2f - G = 2 \times 20 - 20 = 20$ (N)。

②如图1—15③所示，木块静止，木块所受的静摩擦力 $f_{\text{静}}$

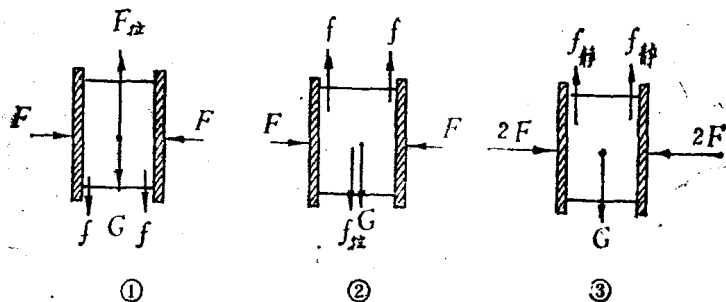


图 1—15

与正压力无关，所以不论 F 是否加倍，它总是等于 $2f_{\text{静}} = G$ 。但是，最大静摩擦力则与正压力有关， F 加倍时 f_m 也加倍。

*〔例六〕如图1—16所示，重 180N 的物体放在水平地面上，它与地面的摩擦系数 $\mu = 0.2$ ，用力 $F = 40\text{N}$ 拉物体时，地面对物体的摩擦力是多少？如果用同样的力 F 推物体，那么摩擦力又是多少？

解：图1—17是拉物体时的力图。

先把 F 分解为：

$$F_1 = F \cos 30^\circ = 40 \times 0.87 = 35(\text{N})$$

$$F_2 = F \sin 30^\circ = 40 \times 0.5 = 20(\text{N})$$

再求 N 和 f ：

$$N = G - F_2 = 180 - 20 = 160(\text{N}),$$

$$f = \mu N = 0.2 \times 160 = 32(\text{N}).$$

因为在水平方向上， $F_1 > f$ ，所以物体被拉动，这时摩擦力为滑动摩擦，它的大小等于 32N 。

图1—18是推物体时的力图。

先把 F 分解为： $F_1 = 35\text{N}$ 和 $F_2 = 20\text{N}$ 。

再求 N 和 f ：

$$N = G + F_2 = 180 + 20 = 200(\text{N})$$

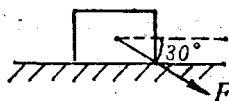
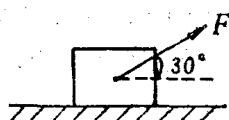


图 1—16

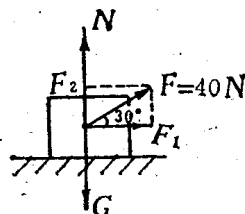


图 1—17

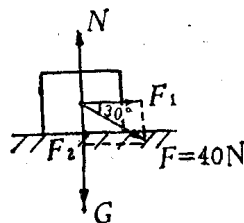


图 1—18

$$f = \mu N = 0.2 \times 200 = 40(N)。$$

因为在水平方向上， $F_1 < f$ ，所以物体没有被推动，这时摩擦力为静摩擦，它的大小为 $f_{\text{静}} = F_1 = 35(N)$ 。

五、物体的受力分析

(一)明确所要研究的那个物体，把它从周围物体中隔离出来，分析别的物体对它的作用力，并画出它的受力图。分析时，可以先考虑场力（即重力、电场力和磁场力等），再考虑接触力（即弹力、摩擦力和浮力等）。

2. 分析时应注意：①不要把物体的惯性表现误认为是受到前进力；②不要把分力和合力同时并列，例如在斜面上的物体受到重力，不能说它还受到下滑力；③不要把物体对别的物体的作用力考虑进去；④不要把物体中一部分对另一部分的内力考虑进去；⑤该忽略不计的就不必考虑。

〔思考题〕

10. 如图 1—19 所示，摆球通过平衡位置时，一共受到四个力：重力 G ，拉力 T ，前进力 F 和向心力 $T_{\text{心}}$ 对吗？为什么？

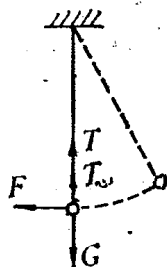


图 1—19

11. 就图 1—20 所示的各种情况，分析均匀木板条 A 的受力情况，并画好受力图。

六、物体的平衡

物体在几个力作用下，如果仍能保持静止或做匀速直线运动或做匀速转动，则物体就处于平衡状态。这时，这几个