

# 普通物理

思考题解答

湖南师范学院物理系

# 普通物理思考题解答

郭 一 编  
谢 泉 主审  
黄宗镇

湖南师范学院物理系

一九八一年十月

# 前 言

在普通物理教学中，我们发现不少学生对思考题的解答往往感到比计算题困难。而对思考题的讨论能加深对物理概念的理解，能更准确地掌握物理规律及公式，也有助于求解计算题，对于提高学生分析问题和解决问题的能力很有帮助。

本书内容包括普通物理力学、气体分子运动论、热力学基础、电磁学、波动、光学、量子物理的思考题解答 500 多个。题目主要选自苏曾燧编《普通物理思考题集》；程守洙等编《普通物理学》；南京工学院等编《物理学》。另有一部分自编的思考题，书末有本书题号与上述三本书题号对照表。

本书适用对象是大专院校理、工、农、医等专业学生，电视大学、业余大学和函授教育有关师生，大专院校基础物理课教师，中学物理教师，普通物理学自学者。

在编写过程中，编者曾同普通物理教研室化学系教学小组共同讨论了其中许多问题，从中吸取了一些很好的意见。黄宗镇付教授为本解答提供了许多宝贵资料。完稿以后，由谢泉付教授、黄宗镇付教授主审。参加审阅工作的还有骆宏梯、彭圣儒、朱久运、易心洁、杨介甫等同志。他们提出了许多中肯的见解，编者参照他们的意见，将初稿作了多次修改。化学系七七届同学在使用本解答的初稿时，为本书的定稿和誊写做了许多工作。在此，对上述同志一并表示感谢。

本书内容涉猎较广，编者水平有限，所作解答只能起到抛砖引玉的作用，书中不妥或错误之处，恳请读者批评指正。

编者 一九八〇年三月

# 目 录

第一章	牛顿运动定律	( 1 )
第二章	功和能	( 31 )
第三章	动量	( 44 )
第四章	刚体的转动	( 50 )
第五章	相对论基础	( 61 )
第六章	气体分子运动论	( 64 )
第七章	热力学基础	( 85 )
第八章	真空中的静电场	( 109 )
第九章	导体和电介质中的静电场	( 127 )
第十章	电流和电场	( 158 )
第十一章	真空中的磁场	( 176 )
第十二章	磁介质中的磁场	( 204 )
第十三章	电磁感应	( 213 )
第十四章	电磁场	( 255 )
第十五章	振动和波	( 264 )
第十六章	光的干涉	( 283 )
第十七章	光的绕射	( 299 )
第十八章	光的偏振	( 312 )
第十九章	热辐射	( 320 )
第二十章	光的量子性	( 326 )
第二十一章	原子、半导体、原子核	( 332 )
附 录	题号对照表	( 342 )

# 第一章 牛顿运动定律

1-1 物体在某一时刻开始运动，经时间 $\Delta t$ 以后，经过一曲折路径回到出发点，此时速度的大小与初速度相同，但方向不同。问

- (1) 在 $\Delta t$ 内的平均速度是否为零？
- (2) 在 $\Delta t$ 内的平均加速度是否为零？

答

(1) 平均速度是在 $\Delta t$ 时间内物体的位移与时间的比值，依题意，位移为零，平均速度为零。

(2) 平均加速度是在 $\Delta t$ 时间内，物体的速度增量 $\Delta \vec{V}$ 与时间 $\Delta t$ 的比值。依题意，如图1-1所示，在 $\Delta t$ 时间内速度增量 $\Delta \vec{V}$ 不为零，平均加速度不为零。

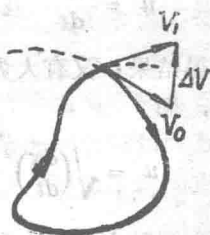


图1-1

1-2 质点作变速运动时，在某一时间间隔内有了位移，速度也发生了改变。在怎样的情况下

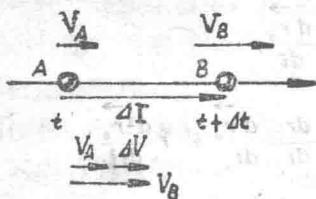


图1-2(a)

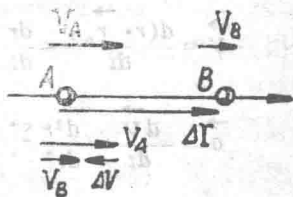


图1-2(b)

速度增量的方向和位移的方向一致？又在怎样的情况下不一致？

答 当质点作直线运动时，在加速阶段，如图 1—2(a) 所示，速度增量  $\Delta \vec{V}$  的方向与位移  $\Delta \vec{r}$  的方向一致。在减速阶段，如图 1—2(b) 所示，速度增量

$\Delta \vec{V}$  的方向与位移  $\Delta \vec{r}$  的方向相反。

当物体作曲线运动时，如图 1—2(c) 所示。速度增量方向与位移方向也是不一致的。

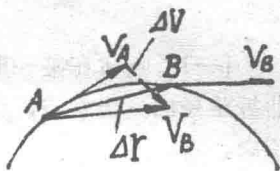


图 1—2(c)

1—3 设质点的运动方程为  $x = x(t)$ ,  $y = y(t)$ , 在计算质点的速度和加速度时，有人先求出  $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ , 然后根据

$$u = \frac{dr}{dt} \quad \text{及} \quad a = \frac{d^2r}{dt^2}$$

而求得结果；又有人先计算速度和加速度的分量，再合成求得结果，即

$$u = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2} \quad \text{及} \quad a = \sqrt{\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2y}{dt^2}\right)^2}$$

你认为两种方法那一种正确？两种差别何在？

答 处理这个问题的关键是要注意到位移、速度和加速度的矢量性。考虑到速度和加速度的矢量性

$$\vec{V} = \frac{d(r \cdot \vec{r}_0)}{dt} = \frac{dr}{dt} \vec{r}_0 + r \frac{d\vec{r}_0}{dt},$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{d^2r}{dt^2} \vec{r}_0 + 2 \frac{dr}{dt} \frac{d\vec{r}_0}{dt} + r \frac{d^2\vec{r}_0}{dt^2},$$

而按第一种方法处理，丢掉了后面几项，所以是错误的。速度和加速度又可表为：

$$\vec{V} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d(x\vec{i} + y\vec{j})}{dt} = \frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dt}\vec{j}$$

$$\vec{a} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = \frac{d^2(x\vec{i} + y\vec{j})}{dt^2} = \frac{d^2x}{dt^2}\vec{i} + \frac{d^2y}{dt^2}\vec{j}$$

其中  $\vec{i}$  和  $\vec{j}$  是  $x$  轴和  $y$  轴的单位向量，是恒向量，且互相垂直。故速度和加速度的模是

$$u = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2}$$

$$a = \sqrt{\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2y}{dt^2}\right)^2}$$

由此可见，第二种方法是正确的。

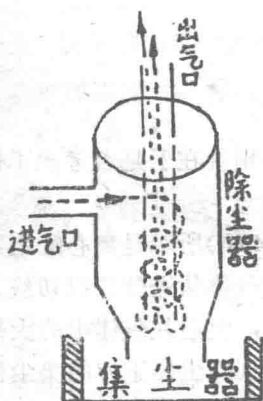
上述分析表明，两种方法的差别就在于是否考虑了位移、速度和加速度的矢量性。

1—4 如图1—4(a)和图1—4(b)所示是离心除尘器的示意图和切面图，夹杂着灰尘杂质的气体从进气管以切线方向进入除尘器，气体的运动如虚线所示，夹杂在气体中的大部分灰尘和杂质，则先后被甩到器壁并掉到除尘器下方的集尘器。最后由出气口排出的气体，其除尘效率可以达到60%—80%，试解释其除尘原理。

答 在除尘器中，灰尘同气体一道进入除尘器，灰尘或“小气团”周围气体对它的水平压力差是灰尘及“小气团”作圆周运动的向心力。这种压力差完全决定于灰尘或“小气团”的体积，相同体积的灰尘和“小气团”以相同速度运动时，所受的向心力相同，灰尘质量大于“气团”质量，灰尘作圆周运动的半径就大于“气团”作圆周运动的半径，容易甩到器壁。之后，在重力作用下掉入集尘器。再者，任何灰尘杂质都受到

向上的浮力和向下的重力作用，质量大的，所受重力也大，对某一灰尘而言，如果它所受的浮力小于重力，那么它在随气体一道在除尘器中旋转的过程中，不断地往下落，以致它不可能随气体一道升到出气口。

小“气团”也可能碰到器壁，但“气团”与器壁的碰撞多属弹性碰撞，而灰尘由于其构造上的特点多属非弹性碰撞，或者完全非弹性碰撞，故碰到器壁时有一部分就附着在器壁上。这是除尘器能除尘的另一个原因。



1-4(a)



1-4(b)

1-5 下雨时，有人坐在车内观察雨点的运动，试说明在下列各种情况中，他观察到的结果。设雨点相对于地面是匀速垂直下落的。

- (1) 车是静止的。
- (2) 车以匀速度沿着平直轨道运动。
- (3) 车以匀加速度沿着平直轨道运动。
- (4) 车以匀速率作圆周运动。



答

(1) 车是静止的时候，车内观察者看到雨点是匀速直线下落的。

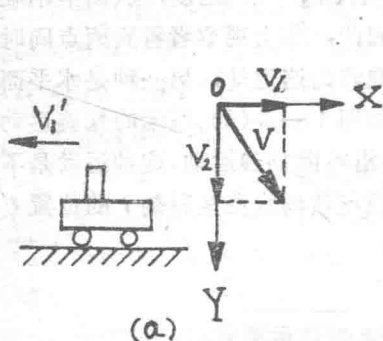


图1—5

(2) 车以匀速度沿着平直轨道运动时，车内观察者看到雨点的运动，将是匀速下落运动和与车速大小相等、方向相反的匀速运动的合运动。

即如图1—5(a)中 $\vec{V}$ 所示的匀速直线运动。

(3) 车以加速度沿着平直轨道运动时，车内观察者所见到的雨点运动，将是竖直方向的匀速运动和与车速反向的匀加速直线运动的合运动，轨道形状为抛物线。

(4) 车以匀速率作圆周运动时，如图1—5(c)所示，在车运动到如图所示的1、2、3……所对应的各个位置时，车

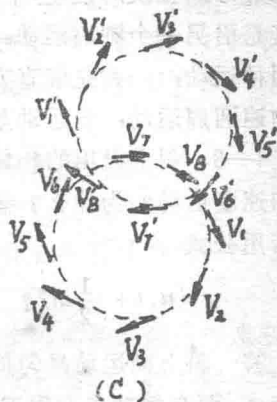


图1—5

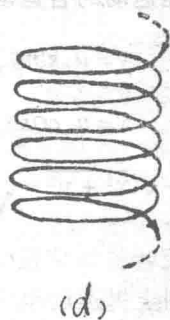


图1—5

速分别为  $\vec{V}_1, \vec{V}_2, \vec{V}_3, \dots$ 。根据运动的相对性，车上观察者在各位置见到圆外某点处的雨点分别以与  $\vec{V}_1, \vec{V}_2, \vec{V}_3, \dots$  大小相等方向相反的速度  $\vec{V}_1', \vec{V}_2', \vec{V}_3', \dots$  运动，从图中不难看出这是沿另一个圆周运动。因此，车上观察者看到雨点同时参加两种运动，一种是竖直方向的匀速运动，另一种是水平面内的匀速圆周运动，合运动是如图 1—5(d) 所示的螺旋运动。

1—6 斜上抛出的物体，沿着抛物线运动，这种运动是不是匀加速度运动？为什么？要确定该物体在某时刻  $t$  的位置  $r$ ，能否用公式

$$r = u_0 t + \frac{1}{2} a t^2 ?$$

答 斜上抛运动是匀加速运动，因为它的加速度是重力加速度  $g$ ，而在地球表面附近的重力加速度  $g$  是个恒量。

斜上抛运动可以看成是竖直方向的匀变速运动与水平方向的匀速运动的合运动，应该由公式

$$y = u_0 \sin \theta_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

和 
$$x = u_0 \cos \theta_0 t$$

或 
$$r = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(u_0 \cos \theta_0 t)^2 + (u_0 \sin \theta_0 t - \frac{1}{2} g t^2)^2}$$

来确定物体的位置  $r$ 。

斜上抛运动也可以看成是  $u_0$  方向的匀速直线运动与竖直方向的自由落体运动的合运动。这时应该由公式

$$r = \sqrt{(u_0 t)^2 + (\frac{1}{2} g t^2)^2 + 2(u_0 t)(\frac{1}{2} g t^2) \cos(\theta + 90^\circ)}$$

来确定物体的位置。

可见，公式

$$r = u_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

只能用来确定作匀变速直线运动的物体的位置，不能用来确定斜上抛物体的位置，因为斜上抛是匀变速曲线运动。（如果把  $r$ ， $u_0$ ， $a$  当作矢量，此公式对于斜抛运动才是适用的）。

1—7 试分析下面的现象：

- (1) 等加速度运动是否一定是直线运动？为什么？
- (2) 变速圆周运动中，加速度的方向是指向圆心吗？
- (3) 当物体的加速度为零时，物体在作怎样的运动？

答

(1) 直线运动是速度的方位不改变的运动。而等加速度运动指的是速度增量的大小和方向都不变的运动，但不要求速度的方位也一定不能改变。可见，等加速度运动不一定是直线运动。例如，在重力场中的斜抛运动是等加速度运动，但它不是直线运动而是曲线运动。

(2) 在变速圆周运动中，只有向心加速度的方向是指向圆心的，切向加速度的方向是沿切线方向的，总加速度的方向在一般情况下不指向圆心。仅在切向加速度为零的时刻，才会指向圆心。

(3) 当物体的加速度为零时，物体是处于静止或匀速直线运动的状态。

1—8 质点作圆周运动时，如果半径增大为原来的两倍，在怎样的条件下，线速度也增加为原来的两倍？又在怎样的情况下，线速度增加为原来的  $\sqrt{2}$  倍？

答

(1) 由公式  $u = R\omega$  可知，若半径增大为原来的两倍，只有

在角速度不变的情况下，线速度才增为原来的两倍。或由公式  $u = \sqrt{aR}$  可知，若半径增大为两倍，只有在向心加速度增为原来的两倍的条件下，线速度才增为原来的两倍。

(2) 若半径增大为原来的两倍，由  $u = \sqrt{aR}$  可知，在向心加速度不变的条件下，线速度增为原来的  $\sqrt{2}$  倍。或由公式  $u = R\omega$  可知，在角速度增大为原来的  $\sqrt{\frac{2}{2}}$  倍的条件下，线速度也增为原来的  $\sqrt{2}$ 。

但必须注意，(1) 中的两个条件虽然是等效的，却不是独立的。同理，(2) 中的两个条件也是等效的，但不是独立的。

1—9 以力  $F$  拉弹簧，能把它伸长  $\Delta L$ ，如果以两个这样的弹簧组成一系统，在下述两种组合中，要使这系统同样伸长  $\Delta L$ ，要用多大的力？

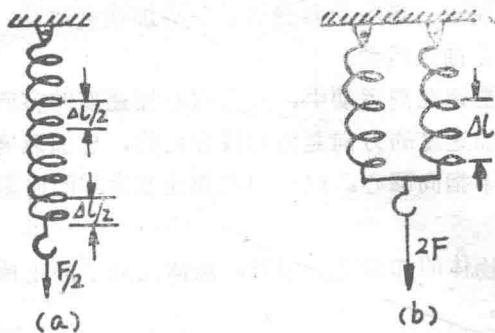


图1—9

(1) 两个弹簧串联。

(2) 两个弹簧并联。

答

(1) 两个弹簧串联时，若总伸长量为  $\Delta L$ ，则每个弹簧只

要伸长  $\frac{\Delta L}{2}$ ，根据胡克定律，作用力为原来的一半，即  $\frac{1}{2}F$ ，如图

图 1—9(a)所示。

(2) 如果并联，因为每一弹簧都伸长  $\Delta L$ ，所受力都为  $F$ ，所以两个弹簧组成的系统受力为  $2F$ 。如图 1—9(b)所示。

1—10 把沉重的石块压着杂技表演者的胸膛，再用锤子猛击石块，表演者却很安全。但如果用锤子直接打在他的身上，他就会受伤，如何解释？

答 首先定性说说锤子直接打在人身上的情况。锤子刚要接触人体时有个速度  $u$ ，锤子又有质量  $m$ ，所以锤子有动量  $mu$ ，其中  $u$  可以相当大。由于锤子打击人体的作用时间短，由公式

$$f \cdot t = 0 - mu$$

可知，人受到的打击力  $f' = -f$  可以是相当大的，以致于人体受伤。

当锤子以同样的条件打击压在人身上的石块时，石块受到的打击力同上面的  $f'$  一样大，以致于石块可能被打碎，这就是打击力相当大的表现。然而由于石块的质量  $M$  远大于锤子的质量  $m$ ，无论从动量原理、牛顿第二定律或动量守恒定律都可以得到石块被打击后，向下的速度  $u$  很小的结论。例如，从动量原理

$$f' \cdot t = Mu - 0$$

(石块原来静止，初动量为零)。在上式中的  $f'$  可以相当大，但  $t$  小，则  $f' \cdot t$  为某个一定值；而  $M$  很大，所以  $u$  很小。

石块向下的初速度很小，为何就不致伤人呢？石块受过打击以后，得到的速度为  $u$ ，这个  $u$  就是石块跟人相互作用时的初速度。石块的末速度为零。石块的平均加速度  $\bar{a} = \frac{0 - u}{T}$ 。由

于人不是一个刚体，人的皮肤、肌肉、骨骼都有一定的弹性，事实上，上式中的 $T$ 相对而言不很小。上式中 $u$ 小， $T$ 不小，则 $a$ 很小。由 $F = (M + m)\bar{a}$ 知，人受到的力为 $F' = F$ ，此力并不大（因 $\bar{a}$ 小），表演者不会受伤。或许有人会说， $\bar{a}$ 虽小，而 $M$ 很大，所以 $F'$ 相当可观。须知石块跟人的接触面积相当大，人受的压强就更小了，不致受伤。

讨论锤打石块人不受伤时，除了应用动量原理外，联系实际，有三点至关重要：（一） $M \gg m$ ；（二）人非刚体， $T$ 大；（三）石块跟人身的接触面积大。以上三点，在一般实际情况中，都已具备，所以人不受伤。缺少上述任何一个条件，即使是锤打石块（不直接打人），人都要受伤的。不要笼统地认为只要锤打石块，人就不致受伤。

1—11 把一块砖轻轻地放在原来静止着的斜面体上，并使其放牢，如图 1—11(a)所示。如果斜面体与地面之间无摩擦，问斜面体是否沿水平面作不停的运动？（斜面体不是受到砖块的作用力吗？）

答 题设砖块放牢在斜面体上，表示砖块相对于斜面体是静止的。根据题意系统在水平方向不受外力，根据牛顿第二定律，系统的质心在水平方向没有加速度，系统原来静止，就应该保持静止。

如果有人说斜面体因受到砖块施的力，会向左或向右运动，这是错误的。因为物体给斜面的力如图1—11(b)所示有两个，一个力是正压力 $N'$ ，大小是 $mg\cos\theta$ （ $\theta$ 为斜面倾斜角， $m$ 为物体的质量），另一个是物体所受的摩擦力的反作用力 $f$ ，大小为 $mg\sin\theta$ ，方向沿着斜面向下。这两个力的合力的大小为 $mg$ ，方向竖直向下。所以物体给斜面体的作用力的方向是竖直向下的。斜面体所受重力 $Mg$ ，地面对斜面体的正压力 $N_1$ 也

是在竖直方向上。这样，斜面体在水平方向不能获得任何加速

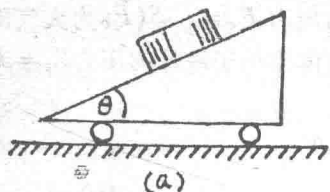


图1—11(a)

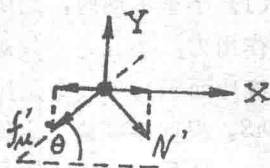


图1—11(b)

度，系统原来静止，就继续保持静止。

1—12 有人用绳子跨过一滑轮，拉绳子一端使另一端挂着的重物升高，一种方法是铅直地拉，另一种方法是斜拉；如图1—12所示。如果物体上升的过程完全相同。在这两种方法中；人所用的力是否相同？

答 忽略绳和滑轮的质量以及摩擦力时，绳上的张力处处相等，当物体运动状态相同时，人所用的力  $F$  由公式

$$F = mg + ma$$

可知，是相等的。

1—13 一圆柱形的容器，在接近底部的壁上穿一小孔，把容器置于小车上，小孔向着车的后方。容器中盛满着水，水自小孔中射出（见图1—13(a)），问在下面的两种情况中，把水流尽所需要的时间是否相同？

- (1) 假定容器固定不动；
- (2) 假定容器因喷射的反作用力而运动。

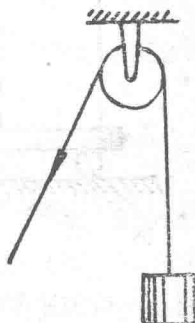


图1—12

答

(1) 小车不动时, 如图1—13(b)所示, 小孔处的液片A受两个作用力: 小孔处空气对它的压力  $F_0 = P_0 S$  ( $P_0$  为大气压,  $S$  为液片面积), 另一个是桶内液体作用于液片的压力  $F_1 = P_0 S + \rho gh S$ 。根据牛顿第二定律

$$P_0 S + \rho gh S - P_0 S = m_A a_1$$

$$a_1 = \frac{\rho gh S}{m_A} \quad (1)$$

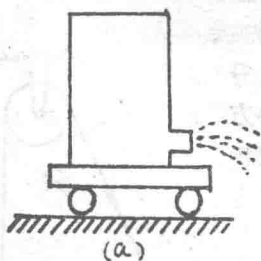


图1—13

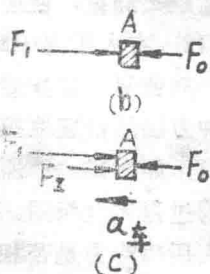


图1—13

当小车以加速度  $a_{\text{车}}$  沿水平方向朝左运动时, 液片除了受上述两力之外, 如图1—13(c)所示, 还受到一个惯性力  $F_1 = m_A a_{\text{车}}$ , 液体压强也因液面倾斜后沿升高而增加, 根据牛顿第二定律

$$P_0 S + \rho gh' S + m_A a_{\text{车}} - P_0 S = m_A a_2$$

即

$$a_2 = \frac{\rho gh' S + m_A a_{\text{车}}}{m_A} \quad (2)$$

比较方程式(1)和(2)可知

$$a_2 > a_1$$

因此, 水相对于车的速度  $u_2 > u_1$ 。把水流尽所需要的时间与水相对于车的速度有关。流速大者费时短。所以容器因喷射的反作用力而运动时, 把水流尽所需要的时间短。



1—14 物体在力  $F$  作用下作匀加速直线运动，如果力  $F$  逐渐减小，那么物体的速度和加速度将怎样改变？

答 依牛顿第二定律，物体所受的外力逐渐减小时，物体的加速度也逐渐减小。在相同的时间内，物体速度的增量也逐渐减小，但速度还是增加，只不过增加得少一些。当外力减到零时，加速度也为零，速度维持不变。

1—15 设有质量分别为  $m_1$ 、 $m_2$  和  $m_3$  的三个物体，按图 1—15(a) 放置。

(1) 他们匀速下降时，每个物体各受到多大的合力？如果匀速上升时又将如何？

(2) 当自由下落时，每个物体各受到多大的合力？如果以匀加速度  $a$  上升或下降时又如何？

(3) 当它们静止在桌面上时，每个物体受力情况又如何？

答

(1) 匀速上升或匀速下降时，物体所受到的合力都为零。

[ 参看(3)的答案 ]。

(2) 当自由下落时：

$$m_1 \text{ 受到的合力} = m_1 g$$

$$m_2 \text{ 受到的合力} = m_2 g$$

若以加速度  $a$  上升或下降时：

$$m_1 \text{ 受到的合力的大小} = m_1 a;$$

$$m_2 \text{ 受到的合力的大小} = m_2 a;$$

$$m_3 \text{ 受到的合力的大小} = m_3 a,$$

但加速度上升时，合外力向上。加速度下降时，合外力向下。

(3) 当它们静止在桌面上时，每个物体受力情况分析如下：