

6

超重和失重

问题

站在体重计上向下蹲，你会发现，在下蹲的过程中，体重计的示数先变小，后变大，再变小。当人静止后，保持某一数值不变。这是为什么呢？



重力的测量

在地球表面附近，物体由于地球的吸引而受到重力。测量重力常用两种方法：一种方法是，先测量物体做自由落体运动的加速度 g ，再用天平测量物体的质量，利用牛顿第二定律可得

$$G = mg$$

另一种方法是，利用力的平衡条件对重力进行测量。将待测物体悬挂或放置在测力计上，使它处于静止状态。这时物体所受的重力和测力计对物体的拉力或支持力的大小相等，测力计的示数反映了物体所受的重力大小。这是测量重力最常用的方法。

超重和失重

人站在体重计上向下蹲的过程中，为什么体重计的示数会变化呢？

体重计的示数反映了人对体重计的压力。根据牛顿第三定律，人对体重计的压力与体重计对人的支持力 F_N 大小相等，方向相反。

如图 4.6-1，选取人为研究对象。人体受到重力 mg 和体重计对人的支持力 F_N ，这两个力的共同作用使人在下蹲的过程中，先后经历加速、减速和静止三个阶段。

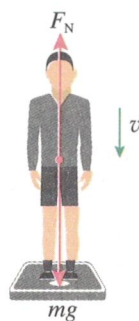


图 4.6-1

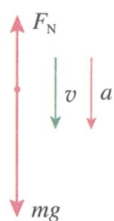


图 4.6-2

设竖直向下方向为坐标轴正方向。

人加速向下运动的过程中（图 4.6-2），根据牛顿第二定律，有

$$mg - F_N = ma$$

$$F_N = m(g - a) < mg$$

即体重计的示数小于人所受的重力。

物体对支持物的压力（或对悬挂物的拉力）小于物体所受重力的现象，叫作**失重**（weightlessness）现象。

同理，人减速向下运动的过程中（图 4.6-3），加速度方向与运动方向相反，有

$$mg - F_N = -ma$$

$$F_N = m(g + a) > mg$$

此时，体重计的示数大于人受到的重力。

物体对支持物的压力（或对悬挂物的拉力）大于物体所受重力的现象，叫作**超重**（overweight）现象。

当人相对于体重计静止不动时，有

$$F_N = mg$$

思考与讨论

人站在力传感器上完成下蹲动作。观察计算机采集的图线。图 4.6-4 呈现的是某人下蹲过程中力传感器的示数随时间变化的情况。

很明显，图线直观地描绘了人在下蹲过程中力传感器的示数先变小，后变大，再变小，最后保持某一数值不变的全过程。

如图 4.6-5，图线显示的是某人站在力传感器上，先“下蹲”后“站起”过程中力传感器的示数随时间的变化情况。

请你分析力传感器上的人“站起”过程中超重和失重的情况。

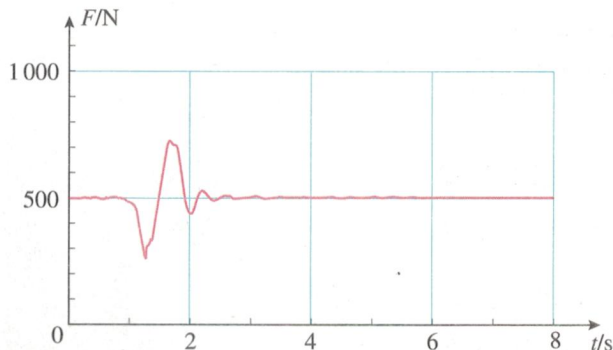


图 4.6-4 下蹲过程

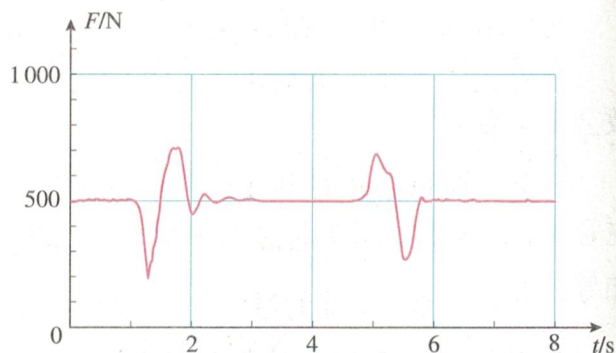


图 4.6-5 下蹲、站起两个过程

可见,人的运动状态对体重计上显示出的结果是有影响的。那么,如果站在体重计上的人既不蹲下,也不站起,体重计上的示数就不会变吗?



做一做

在电梯地板上放一台体重计。站在体重计上,观察电梯启动、制动和运行过程中体重计示数的变化。

【例题】

设某人的质量为60 kg,站在电梯内的水平地板上,当电梯以 0.25 m/s^2 的加速度匀加速上升时,求人对电梯的压力。

分析 人站在电梯内的水平地板上,随电梯上升过程中受到两个力的作用:重力 mg 和地板的支持力 F_N ,受力分析如图4.6-6所示。

解 设竖直向上方向为坐标轴正方向。

根据牛顿第二定律,有

$$F_N - mg = ma$$

$$F_N = m(g + a) = 60 \times (9.8 + 0.25) \text{ N} = 603 \text{ N}$$

根据牛顿第三定律,人对电梯地板的压力 F_N' 为

$$F_N' = -F_N = -603 \text{ N}$$

人对电梯的压力大小为603 N,方向竖直向下。

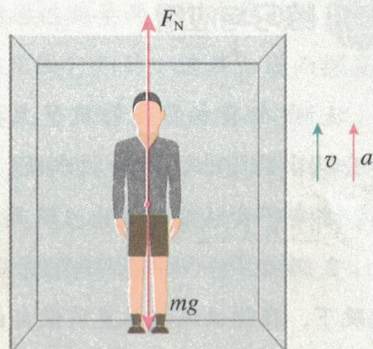


图4.6-6

这个结果说明,当人与电梯共同向上加速或向下减速运动时, $F_N' > G$,人对电梯的压力大于人所受的重力,出现超重现象。

同理,如果电梯加速下降(或减速上升), $F_N' < G$,人对电梯的压力小于人的重力,出现失重现象。

如果人在加速下降的过程中加速度 $a = g$,那么,体重计的示数为0。这时物体对支持物(或悬挂物)完全没有作用力,这种现象叫作完全失重状态。

实际中有许多领域涉及超重和失重现象。例如，火箭发射时向上的加速度很大，火箭底部所承受的压力要比静止时大得多。如果是载人航天，在火箭发射阶段，航天员要承受数倍于自身体重的压力。只有很好地研究材料、机械结构、人体自身所能承受的压力问题，才能使火箭成功发射、航天员顺利飞向太空。



图4.6-7 航天员在天宫一号目标飞行器上展示水球的实验

航天器在太空轨道上绕地球或其他天体运行时，航天器内的物体将处于完全失重状态。完全失重时，物体将漂浮在空中，液滴呈球形（图4.6-7），气泡在液体中将不会上浮，走路时稍有不慎，将会“上不着天，下不着地”……

超重和失重现象在实际中还有许多，请你通过读书、上网、请教专业人员等多种途径进一步学习和了解。

练习与应用

1. 当在盛水的塑料瓶壁上扎一个小孔时，水会从小孔喷出，但释放水瓶，让水瓶自由下落，水却不会从小孔流出。这是为什么？

2. 蹦极是一项极限体育项目。运动员从高处跳下，在弹性绳被拉直前做自由落体运动；当弹性绳被拉直后，在弹性绳的缓冲作用下，运动员下降速度先增加再减小逐渐减为0。下降过程中，运动员在什么阶段分别处于超重、失重状态？

3. 火箭发射时，航天员要承受超重的考验。某火箭发射的过程中，有一段时间的加速度达到 $3.5g$ ，平时重力为 10 N 的体内脏器，在该超重过程中需要的支持力有多大？

4. 一种巨型娱乐器械可以使人体体验超重和失重状态。一个可乘坐二十多个人的环形座舱套装在竖直柱子上，由升降机送上几十米的高处，然后让座舱自由落下。落到一定位置时，制动系统启动，到地面时刚好停下。已知座舱开始下落

时的高度为 76 m ，当落到离地面 28 m 的位置时开始制动，座舱做匀减速运动。若座舱中某人的质量为 50 kg ，当座舱落到离地面 50 m 的位置时，人对座舱的压力是多少？当座舱落到离地面 15 m 的位置时，人对座舱的压力是多少？

5. 小明住的楼房中有一部电梯，小明用了两种方法估测电梯在加速和减速过程中的加速度。

方法1 用测力计悬吊一个重物，保持测力计相对电梯静止，测得电梯上升加速时测力计读数为 G_1 ，减速时为 G_2 。小明了解到该电梯加速和减速过程的加速度大小是相同的。由此，请估算电梯变速运动时加速度有多大。

方法2 用手机的加速度传感器测量电梯上升中由起动到停止的加速度。请描述此过程电梯的 $a-t$ 图像是怎样的。再用手机实地测一下看是怎样的。