# 第四章 6 超重与失重

## 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？

体重计的示数称为视重，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。

*mg*

*F*N

*v*

图4.6-1

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

*v*

*a*

*mg*

*F*N

图4.6-2

*mg*－*F*N＝*ma*

*F*N＝*m*（*g*－*a*）< *mg*

即体重计的示数所反映的视重（力）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

*v*

*a*

*mg*

*F*N

图4.6-3

*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。

0

500

1000

*F*/N

*t*/s

4

6

2

8

图4.6-4 下蹲过程

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。

0

500

1000

*F*/N

*t*/s

4

6

2

8

图4-6-5 下蹲、站起两个过程

请你分析力传感器上的人“站起”过程中超重和失重的情况。

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/s2的加速度匀加速上升时，求人对电梯的压力。*g*取9.8 m/s2。

**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。

*F*N

*mg*

*v*

*a*

图4.6-6

**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×（9.8＋0.25）N＝603 N

根据牛顿第三定律，人对电梯地板的压力为

*F*N′＝－*F*N＝－603 N

人对电梯的压力大小为603 N，方向竖直向下。

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*，人对电梯的压力将大于人所受的重力，出现超重现象。

同理，如果电梯加速下降（或减速上升），*F*N′ < *G*，人对电梯的压力将小于人的重力，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，这种现象被叫作完全失重状态。

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。

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，物体将飘浮在空中，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”……

图4.6-7 航天员在天宫二号上展示水球的实验

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

本节共5道习题。第1题以塑料瓶为素材，通过对生活现象的探究，定性解释失重现象。第2题以蹦极运动为背景，通过对不同阶段运动情况分析，判断运动员在不同阶段是处于超重状态还是失重状态，加深对超重和失重的理解。第3题通过定量计算让学生理解超重，感受在火箭加速阶段航天员的身体器官要承受的压力。第4题以体验超重和失重的升降机为背景，从定性和定量两个方面理解超重和失重，加深对力和运动的关系的理解与灵活应用。第5题通过测量电梯中的加速度，引导学生探究常见生活现象中所蕴含的物理规律，应用所学物理知识解释实际问题，达到学以致用的目的。

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？

**参考解答**：当水瓶自由下落时，小孔没有水喷出，是因为水和水瓶都处于完全失重状态，水和水瓶下落的加速度都等于重力加速度，下落的快慢程度相同，故水不会从瓶中流出。

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？

**参考解答**：下降过程中，弹性绳被拉直前的自由落体运动阶段，以及弹性绳被拉直后运动员下降速度增加的阶段，因加速度方向向下，故均处于失重状态；弹性绳被拉直后，运动员下降速度减小的阶段，因加速度方向向上，故处于超重状态。

3．火箭发射时，宇航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 3.5 *g*，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？

**参考解答**：45 N

提示：加速时 *F* – *mg* = *ma*。将 *a* = 3.5*g*、*mg* = 10 N 代入，解得 *F* = 45 N。

4．一种巨型娱乐器械可以使人体验超重和失重状态（图4.6-8）。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。若座舱中某人用手托着质量为0.2 kg 的手机，当座舱落到离地面 50 m 的位置时，手的感觉如何？当座舱落到离地面 15 m的位置时，手要用多大的力才能托住手机？

图4.6-8

**参考解答**：4．50 m时手机对手没有压力；5.32 N

提示：当座舱落到离地面 50 m 的位置时，仍在自由下落，手机处于完全失重的状态，所以会感觉到手机没有对手施加压力。

座舱自由下落的高度为 *h*1 = 76 m − 28 m = 48 m。制动过程下落的高度为 *h*2 = 28 m。设运动过程中的最大速度为 *v*，制动过程的加速度大小为 *a*，则 2*gh*1 = *v*2 = 2*ah*2。解得 *a* = *g* = ×9.8 m/s2 = 16.8 m/s2。所以当座舱落到离地面 15 m 的位置时，处于向下匀减速运动状态，向上的加速度为 16.8 m/s2。设对手机的托力为 *F*，根据牛顿第二定律 *F* – *mg* = *ma*，解得 *F* = *m*(*g* + *a*) = 0.2×(16.8 + 9.8)N = 5.32 N。

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。

**参考解答**：方法1：设重物的质量为 *m*，电梯加速度大小为 *a*，以竖直向上为正方向，根据牛顿第二定律，电梯加速上升时 *G*1 – *mg* = *ma*，电梯减速上升时 *G*2 – *mg* = *m*（− *a*）。联立解得 *a* = *g*。

方法2：*a*-*t* 图像如图所示。

