

电子图书



信息技术的结晶

人类文明的载体

网络的基本资源

学 生 趣 味 百 科 博 览
——物理天地·化学魔方

物 理 天 地

冰上拔河

拔河是在陆地上，在冰上拔河会出现什么现象呢？当队员使劲儿拉绳子的时候，脚就必须使劲儿往前蹬，但是冰的摩擦力很小，所以人往往要滑倒，这样绳子就松开了。因此，冰上拔河两边队员越用力，绳子越拉不紧，当然更难分胜负了。那么，如何能使绳子拉得紧紧的呢？

答：有一种办法：双方队员顺著相同的旋转方向、按圆周轨道滑行。这样，由于圆周运动的物体产生一个离心力，可以使绳子绷得紧紧的。

一根稻草压死一头牛

你有没有听说过：一根稻草把一头牛给压死了？你若不信，我给你讲讲，这里面学问还大着呢？

答：首先，力是可以叠加的。这种叠加不是简单的算术叠加。比如：一个1牛顿的力加上另一个2牛顿的力，必然等于3牛顿力，这是算术叠加；而力的叠加是几何的叠加。也就是说，如果两个力的方向一样，可以是数值的相加；两个力成一角度，那么合力的大小和方向用平行四边形对角线法则来求。一头牛身负几百斤稻草，这些稻草的重力都是竖直向下的，所以可以数值相加，但是当稻草加到牛所能承受的极限时，如果再加上一根稻草，那么牛必然会压死的。所以说，压死牛并不是一根稻草的功劳，而是它是关键性的。

再者，从实际经验来看，一般都是用牛来拉车，而不会用牛直接来驮草。这样，受力的情况就非常复杂了。见图所示：稻草连车的重量为 P ，牛的自重为 Q ，它们离轮胎的支点 O 的距离分别为 a 和 b 。在这两个重力作用下，地面对轮胎的反作用力为 N ，牛的前掌和后掌受到地面的反作用力分别为 M_1 和 M_2 。牛向前方拉车，用的力为 R ，它可以分解成垂直向上的力 F 和水平向前的力 S ，而牛拉车前进，前掌、后掌和轮子的摩擦力分别为 U_1 、 U_2 和 T 。为此，有以下关系式成立：

垂直方向力的平衡： $P + Q = M_1 + M_2 + N + F$

水平方向力的平衡： $S = T + U_1 + U_2$

力矩平衡： $F \cdot c = P \cdot a + Q \cdot b + Sf - M_1e - M_2d$

当 F 和 S 两个力都超出了牛的承受板限时，牛就会被压死，或者倒下去一厥不振。

第三层意思：这个例子常常在哲学讲课中用到，这就是：“从量变到质变。”这个规律在物理学中也普遍适用，比如，水降到 0°C 就变为冰，而增加到 100°C ，却变为水蒸气。

两条成语

有两条成语，我们都不以为然、习以为常，而并不去仔细琢磨。那就是“咬紧牙关”和“一发千钧”。实际上还真有科学根据。

人每天要吃饭咀嚼，所以咀嚼肌伴随人的一生。它也是人体中最强的一对肌肉。据测量，咀嚼肌收缩时可以负担 800 牛顿的力。正因力如此，杂技演员表演各种高难度的动作，比如空中用牙叼人，或者叼花倒立，只要“咬紧牙关”，他（她）就可以承担一个人的重量。

无独有偶，《红灯记》里李玉和在敌人面前是“铁嘴钢牙”，闭口不吐密电码，也正是发挥了共产党员咀嚼肌的功能。

说到“一发千钧”，你可以找一根与头发丝粗细相仿的细铜丝比较一下，把它们拉断几乎用的相同的力量，可见，头发丝是相当结实的。正因为如此，在古代战争中，利用妇女的头发编成绳子，拉战车、系吊桥，起了巨大的作用。

妇女的长发非常珍贵，主要是既柔美又坚韧。假如她的头发又非常长，岂不更稀贵了吗！据《吉斯尼世界记录》记载，美国的黛安妮的头发竟长达 3 米多。然而世界上头发最长的记录并不是妇女，而是男人。我国四川的吴华银老人，他蓄发 56 年，头发已长达 3.84 米。另据传，印度的一位僧侣，头发竟长达 7.92 米。看来，他能把“101 毛发精”给气死。

旋转板

战军制作了一块旋转板，它上面放着一个重量为 P 的物体。当板旋转到与水平面成 α 角的时候，物体开始下滑。如果板旋转到竖直位置，必须在物体上施加多大的正压力，才能防止它下滑？

答：在板与水平面成 α 角的时候，物体的重力 P 可分解为两部分：物体对板的正压力 N 和下滑力 F ，它们的关系可写为：

$$\frac{F}{N} = \operatorname{tg}\alpha$$

由于此时物体刚刚下滑，摩擦力 $f = F$ ，而摩擦力的定义是摩擦系数 μ 乘上正压力 N ，所以

$$f = \mu N$$

于是：

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{F}{N} = \frac{f}{N} = \frac{\mu N}{N} = \mu$$

可见，与滑动摩擦系数 μ 相对应， α 称为摩擦角。

当板在竖直位置时，要使物体保持平衡而不下滑，必须使摩擦力 $f' > P$

$$f' = \mu T$$

$$\mu T > P \text{ 或 } T > \frac{P}{\operatorname{tg}\alpha}$$

当施加正压力大于 $\frac{P}{\operatorname{tg}\alpha}$ 时，物体不下滑。

空中婚礼

电视中播放西方一对运动员，选择了一个良辰吉日，从飞机上跳下，在空中举行婚礼。只见他们坠落到一定高度以后，平稳地游动，互相拉手、接吻，自由自在……奶奶边看边为他们擦着一把汗，怕他们摔死；润兰边看边

纳闷：他们从飞机上跳下来作自由落体运动，速度会越来越大，怎么还会自由自在？

答：新郎、新娘从飞机中跳下时，确实是遵从自由落体运动的规律。但是在下落时遇到有空气阻力，空气阻力随速度的平方成正比，因此，当自由落体的速度急剧增加时，受到的阻力增加得更快，于是重力和空气阻力达到平衡，速度也保持不变，也就是说，物体在不受外力作用下，保持静止或保持匀速直线运动。新郎、新娘匀速下落，他们可以自由自在地做各种动作。

按照空气阻力的公式： $R = C_D \frac{1}{2} \rho v^2 S$

其中 v 为速度， S 为迎风面积， C_D 为阻力系数。当流线形物体 $C_D = 0.1 \sim 0.06$ ，而平板物体 $C_D = 2$ ，因此，这一对新人跳下后应尽量使身体摆平，手脚分开，这样既可以增加迎风面积和阻力系数，又可以保持平衡。当然，新郎、新娘必须在快要落地之前迅速打开降落伞，不然的话，这种平稳的下落速度也是相当大的，足以使喜剧变成悲剧。

餐桌上的游戏

夏天，玲玲一家到海滩度假。一次在海边的餐厅，他们坐在一个小圆桌周围，正等着服务员上最后一道菜。爸爸忽然对玲玲说：“玲玲，我让你做个游戏。你把左、右两只手的食指，分放在一根筷子的两端。第一，要求你两个手指一齐向筷子中间靠拢；第二，要找到筷子的重心。”

玲玲第一个要求怎么也做不到，不是左边的手指停了，就是右边的手指停了，反正要保持两个手指同时移动简直不可能。于是，爸爸放弃了第一个要求。接着，玲玲找到了筷子的重心，爸爸还比较满意。

你解释一下：为什么两个手指不能一齐移动呢？另外，再说明一下，玲玲的重心是怎么找到的呢？

答：由于开始筷子的重心是未知的，所以压在两个手指上正压力必定不完全相同，这样，两个手指所受的最大静摩擦也不一样大。最大静摩擦小的那个手指，就先移动了。等它往重心处移动一点，正压力随之增加，最大静摩擦也随之增大。相比之下，另一端的最大静摩擦就小了，另一端的那个手指就可向中间移动。这样，依次类推，忽左忽右，最后两个手指碰到一起，这就是筷子的重心位置。

一指禅

海灯法师的绝招“一指禅”，能用一个手指倒立，支承全身的重量。小福子看得入了迷，她想：假如，海灯法师左右手指都能“一指禅”，那么，海灯法师的重心是否能找到？

答：她一定以为这很简单。当右手一指倒立时，从手指接触地的那一点向上引一条竖直线；再当左手一指倒立时，也从手指接触地的那一点向上引一条竖直线。这两条竖直线相交的那个点，就是海灯法师的重心。

这个回答不完全，这样求出的重心只能说是海灯法师倒立时的重心，或者也可以说是海灯法师直立时举着一个胳膊时的重心（因为这两种方式海灯法师的形状是一样的，只是方位变化了，而重心只跟形状有关。）这样求出

的重心并不等于他正常站立时的重心。

由此可见，一个物体当它内部质点的分布发生变化时，其重心也随之变化了。就像用一块橡皮泥可以捏成各种形状，而各种形状的重心都不尽相同。

死读书

“死读书，读死书，读书死。”这三段式道出了一定的哲理。

孔子是我国古代伟大的教育家，他就反对死读书。一次他为了讲清这个道理，做了一个物理实验，他用一只特制的木壶，当没水的时候，壶就倒了；当装了一半水的时候，壶就很稳；但水装得满满的，壶又不稳了。于是他说：知识不可没有，但也不能贪多不消化，死读书更糟糕。

你能猜得出这个壶是什么样的结构的吗？它是利用什么物理原理呢？

答：这是凿成半空的一个木壶。由图可知它的重心随着装水的多少而在移动，在空壶和满壶的情况，正好是重心落在壶底外面，所以壶就倒了。这里，前提很重要，必须是木头制成，如果是铁壶，那么即使水装满了，也倒不了。

旋转灯光

林凡的爸爸建议：除夕快到了，办一个家庭卡拉OK，要宝宝设计一个转盘，转盘上挖掉一个圆孔，把转盘放在吊灯底下，转盘一转，灯光也就旋转起来了。

假如，在转盘上，离圆心1处挖掉一个圆，其重量为转盘的 $\frac{1}{5}$ 。那么挖掉这块以后转盘的重心在什么位置？

答：如图所示，挖掉部分的重心为K，剩余转盘的重心为M，K和M分别离O的距离为1和x，那么K、M、O三点必然是在一直线上。

我们知道：挖掉的和剩留的两部分合在一起，其重心是O。那么，以O为支点，K和M处重量产生的力矩应该相等。所以有：

$$\frac{4}{5}m \cdot x = \frac{1}{5}m \cdot 1$$

其中，m为转盘未挖孔前的重量。因此，得到

$$x = \frac{1}{4}1$$

即离圆心O为 $\frac{1}{4}1$ 处为剩余部分的重心。

神 剑

人们把宇宙运载火箭比作为“神剑”。运载火箭和人造卫星要保持发射和飞行过程中稳定，最基本的一条要保持每一舱段的重心在其轴线上。看来，重心这个很简单的概念与尖端科学技术联系是如此密切。

科学工作者在设计中往往要正确地配重，来达到整体的重心在轴线位置。当然，配重可能是增加配重块，也可能是挖掉一部分无用的重量。假如

在某一舱段有五台仪器分别在 A、B、C、D、E 位置，如何证明它们整体的重心是在轴线上？

答：设 A、B、C、D、E 各点仪器的重量分别为 P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 、 P_5 ，把圆盘通过圆心画出互相正交的 x 和 y 轴。

以 y 轴为基准， y 轴左右两部分产生的力矩必须相等，这样：

$$m_1x_1 + m_2x_2 = m_3x_3 + m_4x_4 + m_5x_5$$

再以 x 轴为基准， x 轴左右两部分产生的力矩也必须相等，这样：

$$m_1y_1 + m_5y_5 = m_2y_2 + m_3y_3 + m_4y_4$$

如果上述两个式子成立，那么整个舱段的重心就在轴线上。

同理，如果挖去一块，也是可以按照同样的办法来进行验证。

飞车走壁

贺梅是个飞车新秀，她能在陡峭的圆桶壁上驾驶着摩托车盘旋，还表演各种惊险的动作。为什么她不会掉下来？演员在表演时关键的是应该掌握好平衡？还是掌握好速度？

答：圆桶壁一般都是下部直径小，往上直径逐渐变大，圆桶壁往往与地面成 75° 角。

演员能够在位置 A 处作圆周运动，主要是壁板给予演员的弹力 N 能分解成水平分力 N_x 和垂直分力 N_y ，其中 N_x 正好是使演员作圆周运动的向心力， N_y 正好与演员的重力相平衡。因此，有关系式：

$$\begin{cases} N_x = N \cdot \sin \theta = \frac{mv^2}{R} \\ N_y = N \cdot \cos \theta = mg \end{cases}$$

由上述两式，得：

$$v = (R \cdot g \cdot \tan \theta)^{\frac{1}{2}}$$

假如 A 点处 $R = 5$ 米， $v = (5 \times 9.8 \times \tan 75^\circ)^{\frac{1}{2}} = 13.5$ 米 / 秒

摩托车只要能达到 13.5 米 / 秒的速度，它就能沿桶壁盘旋。因此，演员表演时，掌握好速度比起掌握平衡更重要。

风从哪边来？

当你站着不动的时候，你一定很容易判断风从哪边来？但是当你行走的时候，如何判断呢？比如，当你以 50 米 / 分的速率向北走，你感到风是从正西方吹来的。当你以 100 米 / 分的速率加快步伐时，你感到风变成西北方向了。那么，实际上风是从哪边吹来？风速是多大？

答：在没有风的情况下，当你向北走，你会感到风从北方向你吹来。这是运动的相对性决定的。由于你把自己作为参照系统，所以风对你有个相对运动，其速率正好与你行走的速率一样大。

回到本题，当你以 50 米 / 分速率向北走，等于给风增加了一个向南的同样大小的速度。因此，你感到风从西面吹来，实际风向应是西南风，速度

大小是行走速度的 $\sqrt{2}$ 倍，即70米/分。

自然，当加倍速度往北走时，你感到风变成了西北方向。由示意图可以很清楚地表明这两种情况下的速度合成。表示以50米/分行走的情况；表示以100米/分行走的情况。

龟兔赛跑

在云贵交界的小路上，由于兔子轻敌败给了乌龟。回家以后，兔子细细回想是怎么败的。它记得，在它跑到全程的 $\frac{1}{10}$ 处，回头一看，乌龟还落在老远慢慢地爬着，于是它打了一个盹儿。等它醒来的时候，发现乌龟离终点只有 $\frac{1}{10}$ 的路程了。但是它想，它跑的速度是乌龟的8倍，它相信还是能追上的。结果却并没有追上，让乌龟得了冠军。请你帮它分析一下，为什么它确实追不上了？

答：当兔子跑到B点（全程的 $\frac{1}{10}$ 处）时，乌龟才跑到A点。等乌龟从A点跑到C点（C为离终点只有 $\frac{1}{10}$ 路程）时，兔子正在睡觉。兔子醒了以后，乌龟从C点起爬，而兔子从B点起跑。由于BD等于全程的 $\frac{9}{10}$ ，所以BD=9，CD=1，尽管兔子的速度是乌龟的速度的8倍，但是等乌龟跑到终点，兔子才追赶到C点，离终点还差 $\frac{1}{10}$ 路程，所以兔子失败了。

一盏路灯

如果夜晚你从路灯下向前以匀速 v 行走，你会发现你的影子迅速变长，地面上影端的速度 V 要比行走速度 v 快得多。假设路灯高 H 米，人高 h 米，试求 V 应该等于什么？

答：如图，假设人开始站在路灯的正下方， t 时刻后，人由A走到B，他在地面上的影端同时由A移到C，那么有：

$$AB=vt \quad AC=Vt$$

由 $\triangle ODE \sim \triangle OAC$

$$\frac{AC}{AB} = \frac{DE}{OA} = \frac{OD}{OA - DA}$$

$$\text{故 } \frac{Vt}{vt} = \frac{H}{H-h} \quad V = \frac{H}{H-h} v$$

由此，影端的速度为人行走速度的 $\frac{H}{H-h}$ 倍。

跟着感觉走

学了牛顿第二定律知道：物体间力的作用是相互的，作用力与反作用力大小相等、方向相反。这才恍悟：打人和挨打的受力相等，打别人并不占便宜。可是，感性认识告诉我们：挨打的总感觉到皮肉痛苦，那又怎么解释呢？

答：让我们索性跟着感觉走，来寻找问题的答案。

你有没有这样的感觉：鸡蛋与石头相碰，必定鸡蛋倒霉。那是因为：尽管它们受力相等，但是承受力的物质不一样，它们承受力的限度不一样。同样，打人总是用拳头打对方薄弱的部位，自然对挨打的不利。

飞行员还有这样一种感觉：如果飞机在高空飞行中遇到一只小鸟，由于相对速度很大，小鸟具有很大的动能，甚至能击穿飞机。这就使我们联想到：主动进攻者具有一个动能，他往往是有利的。

树与风

两个秀才在晚亭相聚吟唱，忽然一阵秋风，吹得杨树飒飒作响。王秀才一阵感慨，吟道：“树欲静而风不止。”刘秀才唱得更凄凉：“树大招悲风。”我敢断言，他们必定不认识西洋才子牛顿。如果按作用力和反作用力原理来解释的话，谁的说法更对呢？

答：秋风是作用力，作用在杨树上，杨树产生一个反作用力，作用到空气，使空气压缩、振动，于是树叶飒飒作响。因此，王秀才说得在理。刘秀才之意是：有树才有风，这是不对的，没有树照样可以刮风。

作用力和反作用力，尽管是一对矛盾，共生共灭，但必然有一个是主动，另一个是被动。绝不能混淆。比如，物体的重力是作用力，桌子的反抗是反作用力。假如说：“由于桌子对重物有一个作用力，于是重物对桌子产生一个反作用力，这个反作用力就是物体的重力。”这样说，岂不是要笑掉大牙！

背道而驰

甲和乙背靠背站在 h 米高的高台上。乙面向西，有一座玻璃制作的与地面成 30° 角的滑梯；甲面向东，下面是一个柔软的沙坑。一声哨响，甲和乙同时背道而驰：乙顺滑梯滑下；甲向正前方跳出。问他们俩谁先到达地面？（假设滑梯不计摩擦力）

答：设乙的质量为 m ，重力加速度为 g ，由于滑梯与地面成 30° 角，故滑梯的长度为 $2h$ 。

乙受到的重力为 mg ，它在斜面方向产生的下滑力应为

$$mg \cdot \sin 30^\circ = \frac{1}{2} mg$$

由牛顿第三定律 $F = m \cdot a$

$$\frac{1}{2} mg = ma, \quad \therefore a = \frac{1}{2} g$$

又由路程的公式

$$2h = \frac{1}{2} at^2, \quad 2h = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} g \cdot t^2$$
$$\therefore t = 2\sqrt{\frac{2h}{g}}$$

猴一家

猴一家来到一个滑轮下，公猴在左边，母猴背着小猴在右边，双方同时顺着绳子，以匀加速度向上攀爬。假如公猴的质量为 M ，母猴加小猴以后质量比公猴多 m ，滑轮高为 h 。那么，当公猴在 t 秒时到达滑轮时，母猴它们距滑轮还有多远？

答：由于滑轮上绳子对力的传递，所以公猴与母猴用的力应该是一样大小的，这个力等于绳子的张力 T 。

如果公猴和母猴产生的加速度分别用 a 和 a' 表示，那么，根据牛顿第三定律，有下面两个计算公式：

$$\begin{cases} T - Mg = Ma \\ T - (M + m)g = (M + m)a' \end{cases}$$

由 式和 式联立，消去 T ，得到：

$$a' = \left(\frac{M}{M + m}\right)a - \left(\frac{m}{M + m}\right)g$$

由于在 t 秒时，公猴已爬到滑轮处，故

$$h = \frac{1}{2}at^2$$

假设 t 秒，母猴刚爬到 h' 处，那么

$$h' = \frac{1}{2}a't^2$$

这时，母猴离滑轮处的距离 x 可表达为

$$x = h - h'$$

将 式代入

$$x = h - \frac{1}{2}a't^2$$

再将 式代入

$$x = h - \frac{1}{2}\left[\left(\frac{M}{M + m}\right)a - \left(\frac{m}{M + m}\right)g\right]t^2$$

$$x = h - \frac{M}{(M + m)}\left(\frac{1}{2}at^2\right) + \frac{m}{2(M + m)}gt^2$$

将 式代入，得：

$$x = h - \frac{M}{(M + m)} \cdot h + \frac{m}{2(M + m)}gt^2$$

$$x = \frac{m}{(M + m)} \cdot h + \frac{m}{2(M + m)} \cdot gt^2$$

$$x = \frac{m}{(M + m)}\left(h + \frac{1}{2}gt^2\right)$$

如果 m ， M ， h 和 t 已知的话， x 的距离是很容易求出来的。

图物相符

牛牛画图遇到的是这样的问题：一个小球从静止顺着斜面滚下，到达 B 点后顺着平面继续滚动，但由于摩擦力的作用，滚到 C 点静止不动了。要画出它的速度图。牛牛思索了一下，不费力气地画出了速度随时间变化的图。画完以后，她感到很满意，因为“图物相符”嘛！请你纠正她的错误，正确的到底应该怎样画？

答：小球从静止顺斜面滚下，这是一个匀加速运动，初速为零。到达 B 点后速度最大。接着由于摩擦力的作用又作匀减速运动，到达 C 点时速度又降为零。因此牛牛的速度图是错误的，她犯了“形而上学”的毛病。正确的图应该是呈三角形形状。

不同的感觉

小森和小林是孪生兄弟，他们又都是荡秋千的能手。老师说过：荡秋千中的学问也大着呢，其中有加速度的问题。他们要亲身体验一下，加速度是怎么回事？结果，他们谈了不同的感觉。

小森说：我觉得从最高点 A 往下荡的时候，心脏觉得很沉重；可是往上荡到最高点 B 时，心脏又好像浮了起来。所以，我认为 A 点的时候加速度最大，B 点时加速度最小。

小林说：我在最高点 A 时，好像停在那里不动；可是到最低点 O 时，觉得速度飞快；到了 B 点时，又回到静止状态。所以，我认为在 A 和 B 点时加速度为零。O 点时加速度最大。

请你公正的评判一下，森、林二人谁说得对呢？

答：人在秋千上受到两个力的作用：重力 P 和秋千绳索的张力 T 。在 A 点这两个力形成一个合力 F_1 ，是与速度方向一致的，是一个正的加速度。随着人向下荡秋千，绳子和重力的夹角越来越大，接近 180° ，而合力越来越小，所以加速度也越来越小。到达 O 点时， T 和 P 成一直线，合力为零，这时加速度也为零，但是这时候速度是最大。

当从 O 点向 B 点运动时， T 和 P 的合力逐渐变大，到达 B 点时，其合力 F_2 数值最大，但是力的方向与速度方向相反所以在 OB 段，加速度是负值。B 点时的加速度为负的最大值。

由此，小林的说法是完全错的。因为速度和加速度是两个概念，速度最大并不一定加速度最大，速度为零也不一定加速度为零。

小森的说法对了一半，A 点时心脏压力很大，证明是加速度最大。B 点时心脏悬浮的感觉，加速度数值仍然最大，只是加速度的方向与运动方向相反的缘故。

凹好？凸好？

茜露想象能力很强，比如，她觉得桥不应设计成拱形向上的，而应该设计成凹形的为好。因为汽车在向下行驶之前具备一定的势能，这个势能可以帮助它顺利地到达桥的那端。可是拱形向上的桥却没有这个优点。你说，她讲的有没有道理？

答：桥设计成拱形向上的理由，是因为汽车经过桥中部的时候，桥所承

受的压力较小；而相比之下，凹形桥承受的压力较大。

由于汽车经过一个弧形的时候，需要有一个向心力 F ，它是由重力 Mg 和支承力 N 合成的。

在拱形桥： $F=Mg-N$ $N=Mg-F$

在凹形桥： $F=N-Mg$ $N=F+mg$

由上述两式可见，拱形桥的 N 较小， N 是桥对汽车的支承力，其大小等于汽车对桥的压力。所以拱形桥对桥的结构强度设计上有利。至于茜露的理由是对汽车而言，为了汽车能利用势能节约一点汽油，反而改变桥的设计，这岂不是本末倒置了吗！

月球上的奥运会

如果下一届奥运会在月球上举行的话，那么奥运会的大部分纪录都将刷新，你说是不是？

答：根据万有引力公式：可得到

$$\frac{g_2}{g_1} = \frac{M_2}{M_1} \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2$$

其中， M_2 ， r_2 和 g_2 分别表示月球的质量、半径和月球表面的重力加速度； M_1 ， r_1 和 g_1 分别表示地球的质量、半径和地球表面的重力加速度。

已知：地球质量是月球质量的 81 倍，地理半径是月球半径的 3.7 倍，所以：

$$g_2 = \frac{M_2}{M_1} \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \cdot g_1 = \frac{1}{81} (3.7)^2 \cdot g_1 \approx \frac{1}{6} g_1$$

也就是说：月球表面的重力加速度相当于地球表面重力加速度的 $\frac{1}{6}$ 。

由于人的能量和潜力是固有的，但是原来 180 公斤的杠铃，现在只相当于 30 公斤重了，于是举重项目纪录要翻上几番；由于人本身的重量也减轻了，于是，跳高、跳远也都将刷新纪录。

但是，也有的项目并不能刷新纪录，比如游泳，月球上根本没有水；又如自行车比赛，月球上土质疏松，无法依靠摩擦力而使自行车飞驰。

跳比走快

登月的宇航员有一个切身的体验，那就是在月球上走路很困难，倒不如双脚跳，行动更快。这是为什么呢？

答：这有两个原因：一，月球上的重力加速度仅仅是地球表面上的 $\frac{1}{6}$ ，因此，人在月球上觉得很轻飘，跳起来当然也很轻松；二，月球的密度比地球的小，所以月球的土质很疏松，人走路时容易陷进去，不如用双脚跳的办法更省力。

当一次相扑运动员

日本的相扑可称为一绝，世界上像这样斯文的格斗固然少见，就是相扑运动员的身材也实在令人惊叹。

你是否想领略一下相扑运动员自身的体验？那么，如果你能到木星去一趟的话，你会成为一个名副其实的相扑运动员。比如，你的质量是 60 千克，在木星上，你的体重将会是多少呢？（木星的质量是地球的 320 倍，木星的直径是地球的 11 倍）

答：根据万有引力的公式：

$$F = f \frac{m \cdot M}{r^2}$$

由此，地球的引力（即物体所受到的重力）：

$$F_1 = mg_1 = f \frac{m \cdot M_1}{r_1^2}$$

其中， M_1 为地球质量， r_1 为地球半径， g_1 为地球表面的重力加速度。

相应的，对于木星

$$F_2 = mg_2 = f \frac{m \cdot M_2}{r_2^2}$$

其中， M_2 为木星质量， r_2 为木星半径， g_2 为木星表面的重力加速度。

由 、 式，得：

$$\frac{g_2}{g_1} = \frac{M_2}{M_1} \cdot \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

$$\text{已知：} \frac{M_2}{M_1} = 320, \quad \frac{r_1}{r_2} = \frac{1}{11}$$

$$\text{所以，} \frac{g_2}{g_1} = 320 \times \left(\frac{1}{11}\right)^2 = 2.65$$

$$\text{又 } g_1 = 9.8 \text{ 米 / 秒}^2, \text{ 故 } g_2 = 26 \text{ 米 / 秒}^2$$

木星表面你所受到的重力将是：

$$F_2 = mg_2 = 60 \times 26 = 1560 \text{ 牛顿}$$

这个数值相当于相扑运动员在地球表面所受到的重力大小。

当一次宇航员

尽管宇宙空间已经有捷足先行登的，但是都要成为宇航员还是一件困难的事。那么有没有办法在地球上造成一种模拟的环境，来重现宇宙中失重的情况呢？来体现一下失重的心境和感觉呢？发挥你的想象提出一个方案，且不去考虑需花费多大的代价。

答：失重模拟是非常困难的，因为在地球上，人始终受着地球引力的支配。但是，可以找到近似的模拟，或许只是较短的时间来体验失重的感觉。至少有以下三种方案：

（1）建造一个高 500 米的竖井，可以使舱室从 500 米高处自由落下，当然在井的底部要考虑水或弹簧的缓冲。由于人随着舱室做自由落体运动，使其体验到失重的感觉。根据 $h = \frac{1}{2}gt^2$ ，大约可经历短暂的 10 秒种。

（2）建造一个大的中性浮力槽，所谓“中性”是指槽中液体的比重正好

与穿着宇航服的宇航员的比重一致，这样宇航员在水中的行动犹如在太空中的行动。

(3) 如果你体质非常好的话，可以做一次高空跳伞，在最初阶段不要张伞，当速度达到一定限度后，空气的浮力与重力平衡，正如空中体操或空中组花那样，那时的感觉就是失重的感觉。

跳水健将

一名跳水健将从 5 米高的跳台跳水，大约 1 秒钟的时间落入水中。那么，如果他从 10 米高的跳台跳水，时间是不是也要增加一倍才落入水中？(假如忽略空气阻力)

答：跳水运动员往往有一个向前的初速，所以他的运动轨迹是一条抛物线。然而，他落下的时间是用自由落体的公式来计算。

在自由落体运动中，有公式： $h = \frac{1}{2}gt^2$ ，因此，落下的距离与时间的平方成正比。或者说，

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{t_2^2}{t_1^2} \rightarrow \frac{t_2}{t_1} = \left(\frac{h_2}{h_1}\right)^{\frac{1}{2}}$$

现在，距离是原来的 2 倍，那么，所需的时间仅是原来的 1.41 倍，原来用 1 秒，现用 1.4 秒。

埃菲尔铁塔的小球

一个小球从埃菲尔铁塔的塔顶自由落下，有人实地测试过，最后一秒通过 72 米的路程，那么，埃菲尔铁塔大约有多高？

答：设小球自由落体共用 $(t+1)$ 秒时间，前 t 秒路程为 h_0 米，最后 1 秒路程为 h_1 米，塔的总高度为 H 米。已知： $h_1 = 72$ 米， $h_0 = (H-72)$ 米

由自由落体路程的公式，有：

$$H - h_1 = \frac{1}{2}gt^2$$

$$H = \frac{1}{2}g(t+1)^2$$

由 式，得

$$H = h_1 + \frac{1}{2}gt^2$$

将 式代入

$$h_1 + \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2}g(t+1)^2$$

$$t = \frac{h_1}{g} - \frac{1}{2} = \frac{72}{9.8} - \frac{1}{2} = 6.85 \text{ 秒}$$

将 式代入 式，得

$$H = \frac{1}{2} \times 9.8 \times 7.85^2 = 302 \text{米}$$

可见埃菲尔铁塔大约 300 米（由于最后一秒的实测时间很难掌握非常准确）

摩托车越野

小张参加摩托车越野赛，路上经常坑坑洼洼。他摸索出一套简单的经验：只要坑前比坑后高出 1.2 米，那么摩托车所能跳过的坑宽，是按每秒计算的速度值的一半（假如摩托车速度为 10 米 / 秒，那么它能跳过 5 米）；如果坑前比坑后高出 4.9 米，那么摩托车所能跳过的坑宽正好等于按每秒计算的速度值（上例中，即 10 米）。有了这两条准则，他参赛时心中就有数了，看来他是会稳操胜券的。

但是，小张的经验是怎么得来的呢？

答：如果我们从高台上平抛一个物体，平抛的速度是 v ，高台的高度为 H 。那么物体落地的时间相当于自由落体落下 H 高度的时间。

$$\text{由 } H = \frac{1}{2}gt^2$$

$$\text{得 } t^2 = \frac{2H}{g}$$

而落下后的水平距离应相当于速度 v 在上述 t 时间内所移动的距离，即

$$s=vt$$

现在以 $t = \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, \frac{3}{4}, 1$ 秒四种情况，由 求相应的高度 H ，并由 求相应的距离 s_0 。

$$t_1 = \frac{1}{4} \text{秒} \quad H_1 = 0.3 \text{米} \quad s_1 = \frac{1}{4}v \text{米}$$

$$t_2 = \frac{1}{2} \text{秒} \quad H_2 = 1.2 \text{米} \quad s_2 = \frac{1}{2}v \text{米}$$

$$t_3 = \frac{3}{4} \text{秒} \quad H_3 = 2.8 \text{米} \quad s_3 = \frac{3}{4}v \text{米}$$

$$t_4 = 1 \text{秒} \quad H_4 = 4.9 \text{米} \quad s_4 = v \text{米}$$

把上述数据用图形表示出来，成为四条抛物线。

这就是说，坑前高出坑后 1.2 米时，按速度 v 行进，落地的水平距离可达 $\frac{1}{2}v$ （米）。如果摩托车离开高坡时不是平抛，而有一个仰角，那么只要小于 45 度的情况下，角度越大，抛得越远，直到 45° 时，平射距离为最大。所以如果有向上倾角的情况下，可以比 $\frac{1}{2}v$ 还要远的距离。由于一般大于 45° 的情况比较少，不会有太陡的现象出现。

同理，如果坑前比坑后高出 4.9 米，落地的水平距离可达速度 v 的数值大小。

影视观战

在电视屏幕上观看敌我双方的空战现场。甲为我方，乙为敌方。从乙方发射了一枚导弹，与地平线成 45° 角，在经过 $T=25$ 秒的时间，我方发射了一枚阻击导弹，它的速度是已知，为 $V=415$ 米 / 秒，导弹与地面的倾角成 60° ，在 $t_1=20$ 秒以后，两枚导弹相遇爆炸。试根据屏幕上的情况，判断敌方导弹的初速是多少？导弹相遇处离地面高度？以及敌我双方阵地的距离？

答：由我方发射导弹的初速，时间间隔，可以求得相遇的高度

$$\begin{aligned}h &= V_y t - \frac{1}{2}gt^2 \\&= \frac{1.73}{2} \times 415 \times 20 - \frac{1}{2} \times 9.8 \times 20^2 \\&= 7179.5 - 1960 = 5219.5 \text{ 米}\end{aligned}$$

由敌方发射导弹的角度以及时间间隔，又可反推得到敌方导弹的初速，设其初速为 U

$$\begin{aligned}h &= U_y t - \frac{1}{2}gt^2 \\U_y &= \frac{h}{t} + \frac{1}{2}gt \\&= \frac{h}{T+t_1} + \frac{1}{2}g(T+t_1) \\&= \frac{5219.5}{45} + \frac{1}{2} \times 9.8 \times 45 \\&= 116 + 220.5 \\&= 336.5 \text{ 米 / 秒}\end{aligned}$$

$$U = 1.4 \cdot U_y = 336.5 \times 1.4 = 471 \text{ 米 / 秒}$$

再分别求出甲、乙双方离相遇点的水平距离 l 和 m ，而总的水平距离 $L=m+l$ 。

由此，可知敌方导弹的初速为 471 米 / 秒，爆炸点离地约 5.2 公里，双方相距为 19 公里。

“抛”的巧合

一个“抛”字，有丰富的含义。古时候有“抛绣球”一说，如今又常常谦之谓“抛砖引玉”等等。这里，我们仅举两例，道出“抛”中的巧妙之处：

(1) 若某人以同样速率斜抛，不管抛的角度如何，到达地面后的速率也应相等。即换言之，斜抛时，实速率相等，必末速率相等。

(2) 若某人以不同速度平抛，到达地面的时间相同。换言之，相同高度下平抛，初速不等，但到达地面时间相等。

(3) 还请注意：上述两种情况，均与质量无关。

你怎么来证明呢？

答：(1) 设初速率为 v_0 ，末速率为 v_t ，根据能量守恒定律，初始时为

动能与势能之和，结束时仅有动能，于是：

对于两种倾角下抛掷的情况，公式 毫无两样，因此末速率是相等的。

(2) 平抛运动可以分解为水平方向的匀速运动和自由落体运动两部分，水平抛射的距离决定于平抛速度的大小，但落地的时间决定于自由落体的高度。两次平抛其初始高度相同，所以落地时间相等。

(3) 由公式 中可见，等式两边的质量可以消去，所以其质量大小对于求速率 v_t 没有影响。同样，根据伽里略在比萨斜塔的实验，不同质量的小球同时到达地面，也证明了落地时间与质量无关。

两名射手

两根等高的垂直柱，各放一个 $M=0.2\text{kg}$ 的小球，一个是木球，另一个是橡皮球。两名射手用同样的枪在同样距离下射击目标。子弹质量 $m=0.01\text{kg}$ ，只见子弹穿过木球，木球和子弹分别落在离垂直柱 20m 和 100m 处；而射击橡皮球时，子弹陷进球内。请你想想，橡皮球将落在多远处？

答：由于两支枪是一样的，所以子弹的动量在碰撞前是一样的。因此子弹碰撞球以后的动量和，在两种方式（木球和橡皮球）也应该是一样的。

由于垂直柱等高，所以平抛运动的落地时间都一样，设其为 t ，于是：其中 $S_1=100\text{m}$ ， $S_2=20\text{m}$ ， S 为橡皮球平抛落下的水平距离

因此，橡皮球连同嵌进的子弹一起，落到离垂直柱 23.8m 的地方。图上实线为橡皮球落下的轨迹。

昆明湖上

春到昆明湖，宁宁租了一条船。风平浪静、空气清新，宁宁想舒舒筋骨。于是，他在船上站定，双脚立定跳远，从 A 点跳到 B 点。他起跳用了最好的角度，结果跳了 3 米。但是，在宁宁跳起的过程中，船已向后退了 S 米，因此从地面上看，宁宁实际上并没有跳满 3 米。

假如宁宁的质量 $m=50$ 千克，船的质量 $M=100$ 千克，船在水上不计阻力，试求宁宁实际跳了多少米远？他起跳的速度为多大？

答：设宁宁起跳的速度为 V ，最好的角度，即 $\theta=45^\circ$ ，水平分速度为 $V_x=V \cdot \cos \theta$ ，垂直分速度 $V_y=V \cdot \sin \theta$ 。又设船向后的速度为 U 。

宁宁跳起的时间 t 可以用斜抛运动的公式来计算：

$$h = V_y t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$h = 0, \quad v_y t = \frac{1}{2} g t^2$$

同时，在此时间内，宁宁实际跳过的距离为 1，

$$l = V_x \cdot t$$

由动量守恒定律

船后退距离 s 即可求得：

由 和 式，得