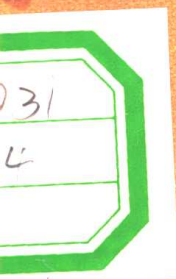
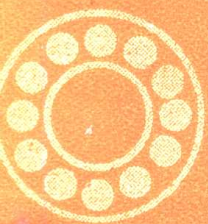


力学知识

科学大众编辑部编

科学技术出版社



总号：1172

力学知識

編 者：科 学 大 众 編 輯 部

出 版 者：科 学 技 术 出 版 社

(北京市西便門外蘇家園)

北京市書刊出版業營業許可證出字第091号

发 行 者：新 华 書 店

印 刷 者：北 京 市 通 州 区 印 刷 厂

开 本：787×1092 1/32 印張：2-1/2

1959年10月第 1 版 字 数：45,000

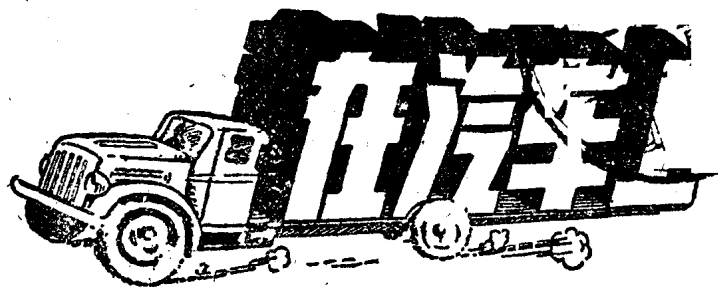
1959年10月第 1 次印刷 印 数：8,045

統一書号：13051·225

定 价：(7) 2角3分

目 次

在汽車上	1
談力	7
战胜摩擦力	16
从不倒翁談起	23
你知道彈性力嗎?	29
从划龙船談起	33
跳傘的科学	40
秋千和伏虎	45
机械的萌芽	50
談談拋射	56
从人造卫星談起——向心力和离心力	62
伟大的万有引力	68
附: 重量和質量	73
自然界的宪法——能量守恒定律	74



現在我們是在市內公共汽車上。离开上班時間已經不遠，車上擠滿了焦急的乘客。忽然，一輛自行車，緊挨着汽車頭部一幌而過。司機趕緊踩下制動踏板，車子霍地停了下來。整車乘客都不由自主地向前傾側。於是車廂里發生了一場小小的風波。

“唉，你不好抓住扶手嗎？”一個被人踩痛了腳背的女乘客說（圖1）。

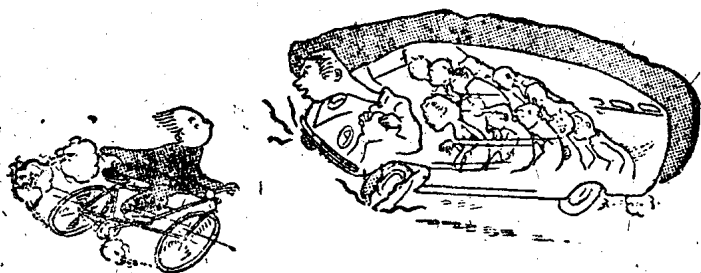


圖1 在緊急制車的時候。

車廂前部的乘客們，以責怪的眼光瞅着那輛逐漸消失在胡同里的自行車，並且替這個冒失鬼着實捏了一把冷汗。但是一些在車廂後部的不明真相的乘客，卻噹噹咕咕地議論起來，紛

紛教落着司機的駕駛技術。於是售票員馬上解釋說：“這是緊急剎車啊！”

在城市公共汽車上，這種事件並不是罕見的。學過一些物理學的人都知道，引起這場風波的，雖然是那個騎自行車的冒失鬼；但是，直接使乘客們吃苦頭的，卻不是他，更不是那個冤枉的司機，而是物質的一種特性——慣性。

打開英國學者伊薩克·牛頓(1643—1727)的名著“自然哲學之數學原理”這本書，我們就會讀到這樣一段話：“第一定律：每一物體倘非有外力影響之使其改變狀態，則該物體仍保持其原來靜止的或等速直線運動的狀態。”

物質的這種特性，就是所謂慣性。而這段話就是牛頓第一定律，也叫做慣性定律。

當然，慣性這個詞兒是從外文譯來的。在原文里，它的本意是：懶惰或遲鈍。因此，在過去它是譯作“惰性”的。現在，“惰性”這個名詞，在物理學上已經很少有人使用，但是它卻在我們的日常生活中扎下了根。比如，在談到許多事情需要督促的時候，我們往往就會說：“人是有一定的惰性的。”

不過，說物體有“懶惰”的特性，這倒不是怎麼符合實際的。慣性定律固然告訴我們，物體有保持原來的靜止狀態的特性。但是，這個定律也告訴我們，物體有保持原來的等速直線運動的狀態的特性。老是那樣跑著，甚至老是那樣飛跑著，那很難說是懶惰的吧！

總而言之，物體“習慣”於自己原來的狀態，如果沒有外力作用，它不會自動地改變：運動的仍舊運動（快慢不改變，方向也不改變），靜止的仍然靜止。這樣看來，叫“慣性”的確是比叫“惰性”要恰當些。

有些人喜歡把自然規律的發現，歸結為一個天才科學家的

智慧，說是他看到某種自然現象忽然靈機一動，便成功了。最有名的故事是：牛頓躺在一棵蘋果樹下，看見蘋果落地，就領悟出萬有引力定律來了。這樣地看問題自然是不正確的。

每個自然科學規律的發現，都有一定的發展過程。它們是發現者的心血澆灌而開放的花朵。他們虛心學習，接受前人遺產；他們不懈地實驗、思考和實踐。而他們所取得的成果，又為後人開辟道路。萬有引力定律的發現是這樣，慣性定律的發現也是這樣。

在牛頓誕生前一年去世的意大利學者伽利略(1564—1642)早就說過：物體不能改變自己的運動狀態。然而伽利略還遠不是第一個注意到了慣性的學者呢！

因此，慣性定律的發現，還得歸功於古今中外千千萬萬普通人的觀察和實踐。可不是嗎，自然科學正是人類與自然作鬥爭的經驗總結呀！

我們在日常生活中，也隨時隨地都可以發現慣性現象。

現在讓我們回到公共汽車上去吧。

靜止的東西不會無緣無故自己動起來；這一點幾乎是不用解釋的了。比如我們的汽車，不開動發動機就寸步難行。

我們的汽車在急速行進。如果，突然地把發動機关掉，對於緊挨車頭橫穿馬路的冒失鬼，仍然是有危險性的。這正是由於它具有慣性。只有緊急剎車，用一種力量來克服慣性，才有可能避免車禍的發生。我們在車上的乘客，緊貼着車廂地板的腳，這時就隨着車子驟然停止，而我們的上身，由於慣性的作用，向前倒過去了。在車子驟然加快的时候，我們就會向後仰，同樣是由於慣性。

在汽車拐弯的時候，我們會東歪西倒。這也是由於腳已經隨着汽車拐弯了，而慣性卻使我們的身子一直往前衝。因此，

售票員也就在這時候特別關照我們，他提出了警告：“扶好，拐彎了！”

“車未停妥，切勿上下。”許多公共汽車門口上寫着這幾個大字。由於慣性，我們跳上沒有停穩的車子，就會被車子撞傷；而從沒有停穩的車上跳下來，我們就會跌倒。

但是，我們從來沒有看見過運動狀態（快慢和方向）真正永遠不變的東西，這又是怎麼回事呢？

這就是由於外力的複雜作用。

在宇宙間，充滿着各色各樣的力：萬有引力，摩擦力，彈性力，電力和磁力等等。每一個物體都要受到複雜的外力作用。比如我們的汽車，就要受到變化着的輪胎和地面間的摩擦力、內部機件之間的摩擦力、發動機的牽引力、刹車的摩擦力、空氣阻力和重力等等的作用，因此車子運動狀態就經常在變化着。急速行進中的汽車，关掉發動機後；就算不用刹車，地面和車輪間、內部機件間的摩擦力以及空氣阻力，也終究要使汽車慢慢地停下來。

既然世界萬物都要受到外力的作用，那麼我們怎麼能夠知道物體不受外力作用的情況呢？我們怎麼能夠相信慣性定律是正確的呢？

讓我們仍然拿汽車作例子來說明。

在地球上，靜止和等速度的直線運動（當然這只是近似的），是建立在各種力彼此抵消的基礎之上的。比如我們的汽車開到一個車站停了下來。這時候汽車的重力和地面的反作用力彼此抵消。而當我們的汽車作等速直線運動的時候，發動機的牽引力就與地面和車輪間、內部機件間的摩擦力和空氣阻力彼此抵消。

此外，使一個放在地上的物體，比如汽車，由靜止到運

劲，不仅要化费力气来克服摩擦力和空气阻力，还要化费力气来使它增加速度。而另一方面，地面越平，汽车内部的摩擦力越小；汽车的外壳流线型越好，急速行进中的汽车，在关掉发动机之后，滑跑过的距离就越长。

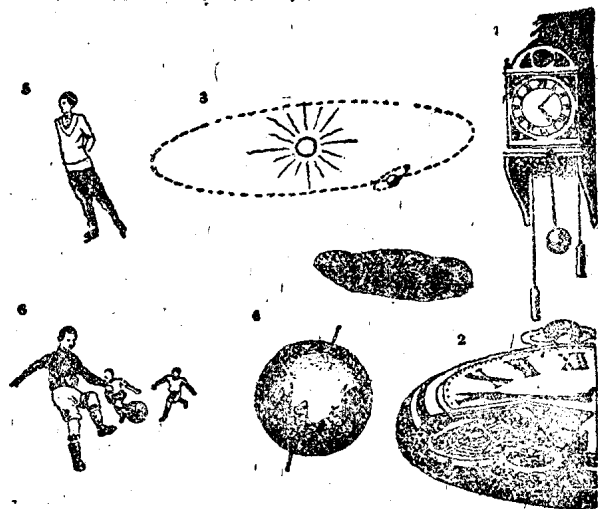


图2 如果没有惯性……

1. 钟摆不会摆动；
2. 表的平衡轮不动；
3. 地球不能绕太阳运行，月球也不能绕地球运行；
4. 地球不能自转；
5. 滑冰成为不可能的事；
6. 足球会怎么也踢不出去。

所有这一类事实，都会使我们推想到惯性定律是正确的。而自然科学的功绩，事实上也就是在于透过种种自然现象的迷雾，把这个错综复杂的大自然理出头绪来呀！

另一方面，我们在生活和生产实践中，按照惯性定律来办事，都十分合适。这也使这个定律得到间接的证明。

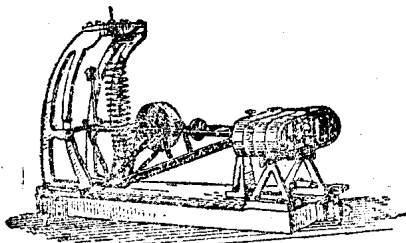
惯性固然会使我们大吃苦头，但是要是没有惯性，那才是

真正糟糕的事。跑步和滑冰将成为不可能，球类全玩不成，内燃机和蒸汽机不会转动，钟表停下来，日月星辰停止运行，……那简直是一个难以想象的世界(图2)。

在这里我们涉及了机器的飞轮和表的平衡轮的转动、钟摆的摆动、日月星辰的运行。还应该指出，这是另一种惯性。在前面我们没有考虑到物体的转动。物体的转动也是有惯性的：如果不受到外力的作用，原来不转动的物体不会自己转动起来，原来转动的物体就老是在等速度地转动。

我们经常要和惯性打交道，经常在利用它。其中有些利用方式是非常巧妙的。这里我们可以举两个例子。

地震学家利用惯性现象做成了一种地震仪，这是一个固定于挂在弹簧上的架上的金属重物。当发生地震的时候，仪器底



盘开始跟着土地振动，而由于惯性，重物就与底盘作相对的振动。这个振动就可以记录下来(图3)。

机械学家利用惯性现象做成机器的飞轮(图4)。曲柄和飞轮使内燃机和蒸汽机的转动成为可能，这就象推磨一样。比如内燃机，燃油气体在气缸内的爆发是一次

一次的。第一次爆发的力量，推动曲柄并带动飞轮。飞轮由于惯性便转过了一圈，再把废气排出，承受第二次爆发的力量。

图3 地震仪。

在风力发动机上，飞輪更被用作所謂“慣性蓄能器”。风力是有时候大有时候小的，但是由于飞輪的慣性，在风大的时候，发动机轉速不会很快地增加，而在风力小的时候，轉速不会很快地减小。这样就使发动机平稳地运转。在这里，飞輪积蓄动能，就象水库积蓄水一样。

你瞧，曾使我們在汽車里吃苦头的慣性，可又給我們带来多大的益处啊！

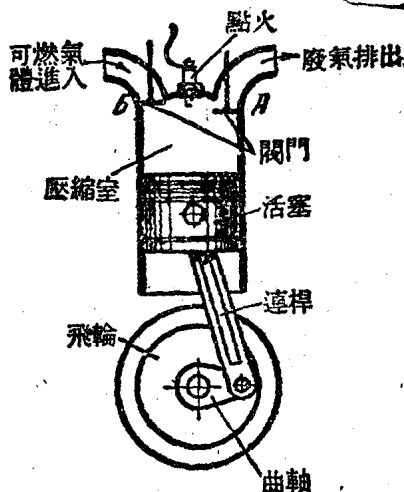


图4 带飞輪的活塞式內燃机。



墨子的話

远在春秋战国时代(公元前722—前221年)，我国的杰出学者墨子(墨翟)，曾經說过这样一句話(图5)：“力，刑之所以奋也。”根据若干学者的意見，“刑”字当物体講，而“奋”字当开

始运动或运动加快講。因此，整句話的意思，就是：力是物体开始运动或者运动加快的原因。

讀了這句話，我們不能不感嘆墨子對於力的理解的深刻。要知道，他是生在二千多年以前，比經典力學的奠基人伽利略和牛頓還早得多啊！

實際上，如果理解了靜止物體開始運動或運動加快，是由於力的作用；那麼，就很容易理解運動物體速度減慢或者停止下來，也是由於力的作用。

墨子當時是不是也理解到這一點，已經無從查考。但是，對我們說來，要懂得這一點，那就便當得多了：只須學一學牛頓第二定律就行啦！這個定律說：運動的變化，與所加的力成正比，並且變化是沿着力作用方向發生。

牛頓的第一、第二兩條定律是密切相關、不可分割的。第一定律是告訴我們，如果沒有外力的作用，物體的運動狀態不會改變；而第二定律卻告訴我們，物體受到外力的作用，它的運動狀態就要改變。這正是一個問題的两个方面。

運動狀態的變化，是拿所謂“加速度”做標準的。加速度有方向，這個方向是同外力作用的方向一致的，它說明着物體的運動路綫往哪個方向改變；加速度也有數值，這個數值說明在單位時間內物體速度改變多少。比如，物體從高處落下來，受到重力的作用，得到一個“加速度” 9.8米/秒^2 ，這個數值對於任何物體都是一樣的，它又叫做“重力加速度”。這個加速度的方向，同重力的方向一致：垂直向下；而它的數值 9.8米/秒^2 ，就表示物體下落的時候，每秒要增加每秒 9.8米 的速度（圖6）。

牛頓第二定律，用公式表示起來，就更加簡明了：

$$F=ma$$

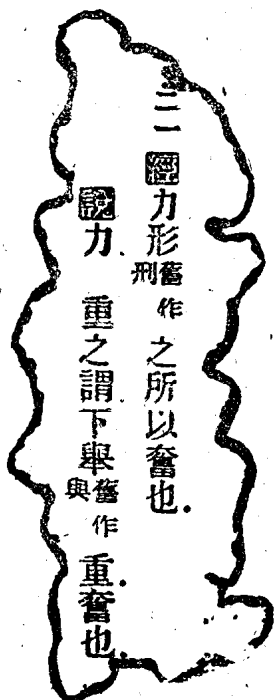


图5 “力，刑之所以奮也。”
(采自梁启超的“墨经校释”)。

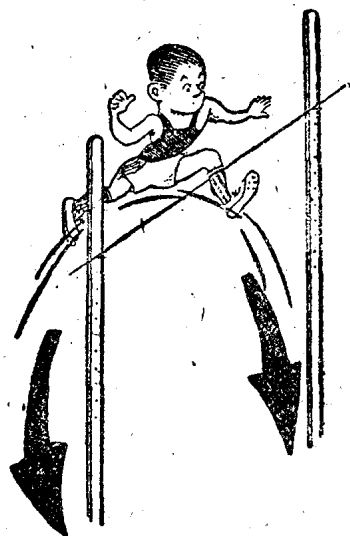


图6 由于重力的作用，跳高的人产生重力加速度，往上跳的时候，重力加速度使人减速。越过横杆跳下的时候，重力加速度使人加速。

在这里， F 是作用力， m 是物体的质量， a 是加速度。这个公式显然告诉我们，对于同一个物体，得到的加速度与受到的力成正比。

让我们仍然拿重力作例子，来说明这一点。

天文学家计算表明，同是一个人，如果他跑到火星上去，那么受到的重力，大约只有在地球上的38%；而跑到月亮上去，更会减少到只有在地球上的16%。从公式 $F=ma$ 可以知道，重力加速度将同样地减少：在火星上，将只有 $9.8\text{米/秒}^2 \times 38\%$

$=3.7\text{米/秒}^2$;在月亮上,将只有 $9.8\text{米/秒} \times 16\% = 1.6\text{米/秒}^2$ 。

在这样小的重力加速度下,每个人跳起来,都将比奥林匹克跳高冠军高明得多:一跳就可以有几米高(图7)。杰出的俄罗斯学者齐奥尔科夫斯基(1857—1935),在他的科学幻想小说“在月球上”,就曾经生动地描写过这种飘飘然的遭遇;

“我用力跳了一下,本打算跳得稍微高一点看一看室内的情况。哎哟!谁知我的头撞到天花板上,碰伤了。屋子本来很高,我没想会撞到天花板。今后我可不能这样莽撞啦!”

什么是质量

刚才我们提到了“质量”这个概念,它是我们经常要说起的。然而正是它,却往往使初学物理学的人,感到很难捉摸;它和重量的区别,也往往不容易搞清楚。



图7 在月球上,每一个人都是跳高能手。

这也是难怪的,因为在物理学上,质量和重量采用了相同的单位,比如同样采用千克^①,甚至对于同一个物体说来,质量

^① 在现在的中学教科书上,已经把质量和重量的单位标出一些区别,例如把质量单位叫做“千克”,而把相应的重量单位叫做“千克力”。

和重量，在数值上也可以是一样的。比如你的身体，如果重量是55千克，那么說成質量是55千克，往往是不会錯的。事实上，在日常生活中，我們根本不理会物体的質量，我們只是說它有多少重。

但是，在科学技术上，这就不行了。这里必須有一个質量的概念，而且不允許将它同重量混淆起来。

質量和重量的确也是不同的两回事。

說来奇怪，質量竟是物体的慣性的度量，而且它是从牛頓第二定律推导出来的。

我們知道，由于物体具有慣性，我們要改变它的运动状态，就要加上作用力。但是，我們还不止一次地发现，要改变各个物体的运动状态，难易是不同的。这也就是說，各个物体有大小不同的慣性。比如，这里有两輛卡車，一輛滿載貨物，另一輛是空的；如果它們用同样的速度前进，那么要刹住滿載的卡車，要比刹住空的卡車困难些(图8)。这时候我們就說，滿載的卡車質量比空的卡車大。而公式 $F=ma$ ，更从数量上告訴我們物体的質量的意义。如果将这个公式两边除一个 a ，那就得到 $\frac{F}{a}=m$ 。这个式子說明了，物体的質量，是用它得到或失去单位的加速度所需要加上的作用力来衡量的。

我們知道，在实践中，物質的質量是用天平或杆秤来衡量的。一个物体，如果没有什么物理的、化学的和生物的变化，

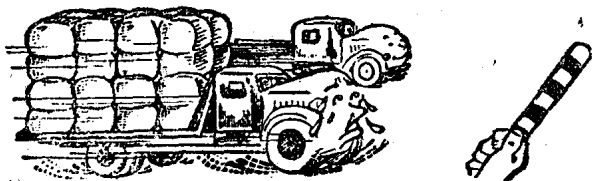


图8 刹住滿載的卡車比刹住空卡車要難些。

那么不管拿到世界上那个角落里去，用天平和杆秤称起来，質量总是不改变的。即使拿到月亮、火星上去称，質量也是不改变的。

但是，質量也并不是什么永恒不变的东西。伟大的德国学者爱因斯坦(1879—1955)的研究，証明了物体的質量和它的运动速度有关系。物体运动的时候，比靜止的时候質量要有一些增益。速度越大，增益越大。我們日常生活中碰到的运动物体，速度和光速比起来非常小，質量增益也就很少，可以不去管它。但是象在原子核物理学实验那样的場合下，質量增益就不容許忽視了。在这里，象电子那样的带电粒子，它本身的質量很小，而运动速度往往可以同光速相比。如果物体运动速度达到了光速的 $\frac{9}{10}$ ，它的質量就会比靜止的时候增加一倍多。

質量增益的发现，标志着人类对物質的認識跨进了一大步。

重量的来源

那么，重量又是什么呢？重量原来是物体所受到的重力的大小。它是由地球和物体間的引力来决定的。

我們知道，世界万物彼此之間都有一个力相互吸引着。这种力就是所謂“万有引力”。牛頓研究了万有引力，在1687年得出了“万有引力定律”。这个定律告訴我們，任何两个物体，彼此用一个力相互吸引着，这个力同这两个物体的質量的乘积成正比，而同它們之間的距离的平方成反比。用公式表示起来，就是 $F = K \frac{m_1 m_2}{r^2}$ 。在这里， F 是引力， m_1 和 m_2 是两个物体的質量， r 是两个物体之間的距离， K 是所謂万有引力恒量。当質量单位是克，距离单位是厘米，力的单位是达因的时候，

$$K = \frac{1}{15,000,000}。$$



图9 好象有一条无形的铁索，从地心通出来，束縛住我們。

間的距离越来越近——地球半径从 6,378 公里逐漸过渡到 6,357 公里。虽然这个差別不大（在两极比在赤道近 21 公里），但是多少已經影响了引力：在两极上的地心吸力，比較在赤道上多少要大一些。这完全是可以根据公式計算出来的。

不过，物体所受的重力，还不仅仅由万有引力来决定。我們知道，地球是时刻不停地繞着自己的軸綫——地軸，象陀螺那样旋轉着的。这样，如果沒有一股力拉住地面上的物体，那

根据这个定律，地球和它表面上的每一个物体（比如我們的身体）之間，自然也有引力。在这里，地球的質量可以算作集中在地心上。这就好象地心有一个力在吸引着我們。因此，万有引力在这里也叫作“地心吸力”（图 9）。然而地球是一个橢圓体，从赤道跑到两极去，我們和地心之

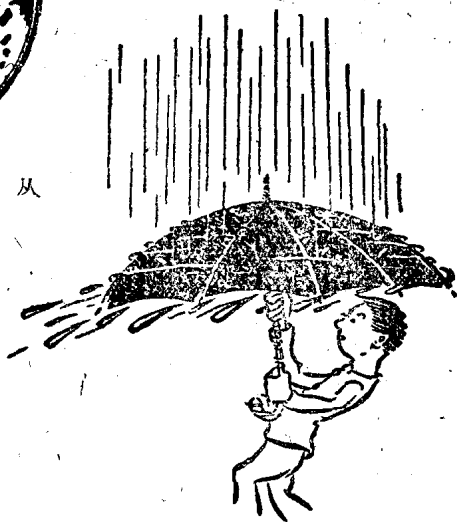


图10 雨天里旋轉雨傘的結果。

么它們就会由于本身的慣性，沿着切綫方向从地球上飞出去。这就象在雨天里，我們张着雨伞，猛一旋轉，雨水就会向四面八方飞出去一样(图10)。事实上我們沒有被拋出地球。这就是由于地心吸力中有一部分用来將我們拉住的緣故；这一部分地心引力，就起着所謂“向心力”的作用。向心力克服着地面上的物体的慣性，而使它們跟着地球自轉。不过在这里，它們的运动状态的改变，只是运动方向的改变，而速度的数值並沒有改变。地面上的物体的重力，既然有一部分是用来克服它的慣性了，那么用弹簧称起来，它的重量就要減輕。这就象我們乘着电梯下楼的情况一样，当电梯加速下降的那一刹那間，我們不是有輕飘飘的感觉嗎？这里同样是有一部分重力，用来加速了我們的身體。

科学家研究出来，作速率均匀的圓周运动的物体所需要的向心力，等于它的質量(m)、角速度(ω)的平方和圓半径(R)的乘积。用公式表示起来就是：

$$F = m\omega^2 R$$

角速度表明单位時間內轉过的角度。在上面的例子中， R 就是物体到地軸的距离。由于地球是均匀地旋轉着的，每昼夜总是轉过一圈，而且对于同一个物体來說，質量是不变的，所以地面上物体需要的向心力，就由这个物体到地軸的距离来决定。而到地軸的距离，又要由緯度来决定。在赤道，这个距离等于那里的地球半径；往两极跑，这个距离逐漸縮短；到了两极，就等于零。所以，在赤道需要的向心力最大。而在两极不需要向心力，因为在那里可以看做地球不自轉。

既然是地心吸力和向心力都与緯度有关系，那么重力也就和緯度有关。我們从两极跑到赤道，体重要減輕 $\frac{1}{191}$ 。

此外，地勢高低，地下有大的空隙或埋藏着比重較大的矿