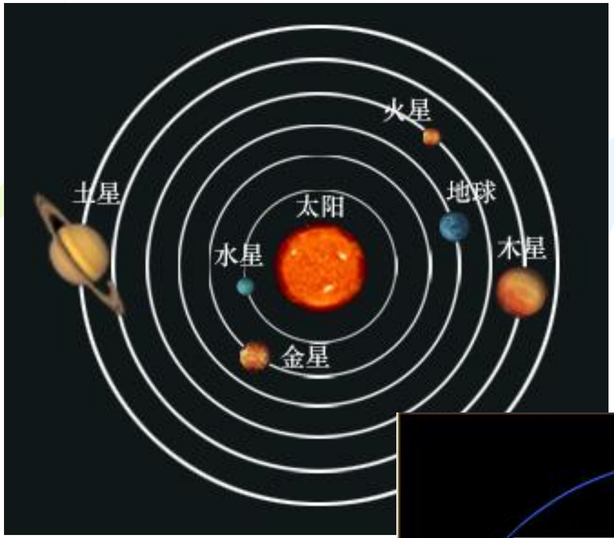
一　万有引力

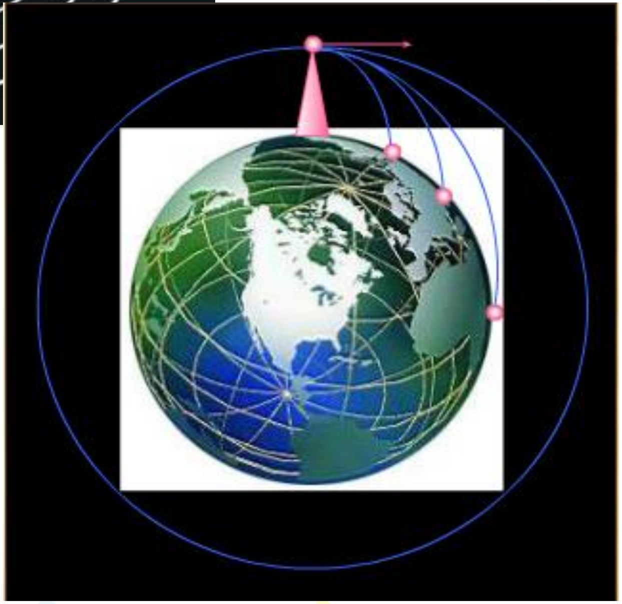
万有引力的发现：

历史背景：

1）苹果落地的故事：

2）苹果为什么会落地？





3）若苹果长到月球那么高是否还会还会落到地面？ 为何月球不会落地？

4）如果苹果也有足够大的水平初速度，也不会落地。

5）苹果所受到的重力和月球受到地球对其的引力可能是同种力。

万有引力定律：

1.内容：宇宙间任意两个有质量的物体间都存在相互吸引力，其大小与两物体的质量乘积成正比，与它们间距离的平方成反比。

2.表达式：

$$F=\frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

3.引力常数：

引力常数的测定： $G=6.67\times10^{-11}N\bullet m^2/kg^2$

4.适用条件：

适用于两个质点间的万有引力大小计算，
对于质量分布均匀的球体，r就是它们球心间的距离。

5.对万有引力的理解：

普遍性： 任何客观存在的有质量的物体之间都存在着这种吸引力。

相互性： 两个物体相互作用的引力是一对作用力与反作用力，
它们等大反向，分别作用于两个物体上。

宏观性： 对质量巨大的天体间才现实的意义；分析地球表面物体受力时
不需考虑。

特殊性： 两个物体间的万有引力只与它们本身质量有关；
与它们间的距离有关。

粗略的计算一下两个质量为50kg，相距0.5m的人之间的引力？

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$= 6.67\times10^{-7}\frac{50\times50}{0.5^2}$$

$$= 6.67\times10^{-7}\text{（N）}$$

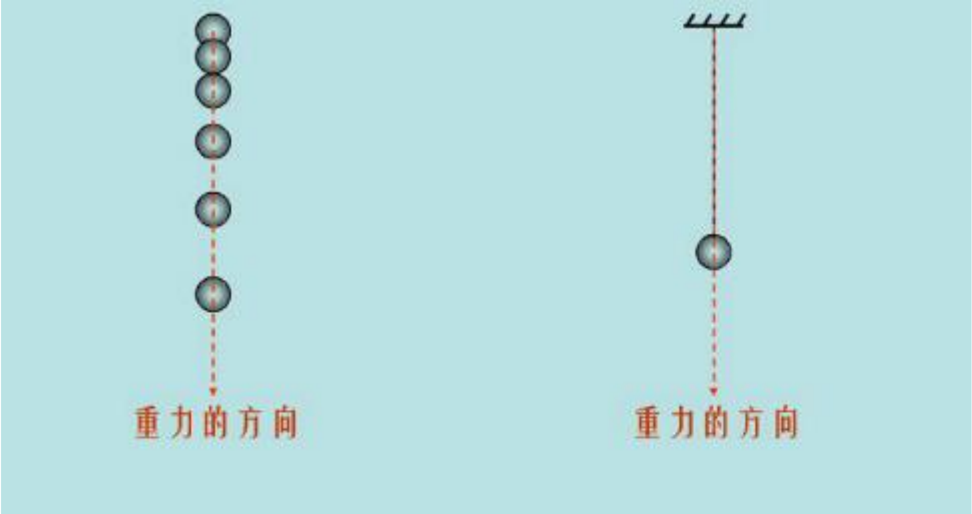
一粒芝麻重的几千分之一!!!

★ 重力　　$P = mg,$

在不考虑地球自转时，可认为物体受到的重力和万有引力相等

$$g = \frac{Gm_E}{R^2} \approx 9.80\,\mathrm{m \cdot s^{-2}}$$

方向，竖直向下



人造卫星绕地球运动的向心力由地球对其的万有引力或卫星受到的重力提供

$$G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r} \Rightarrow \therefore v=\sqrt{\frac{GM}{r}}=\sqrt{\frac{GM}{(R+h)}}$$

$$\omega=\frac{v}{r}=\sqrt{\frac{GM}{r^3}}$$

$$G\frac{Mm}{r^2}=m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r$$

$$T=\sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$$

同步卫星

角速度、周期：与地球的自转周期相同（24小时）且只能位于赤道上方

$$G\frac{Mm}{(R+h)^2}=m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2(R+h)$$

$$h=\sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}-R$$

$$h=3.6\times10^7\,m$$

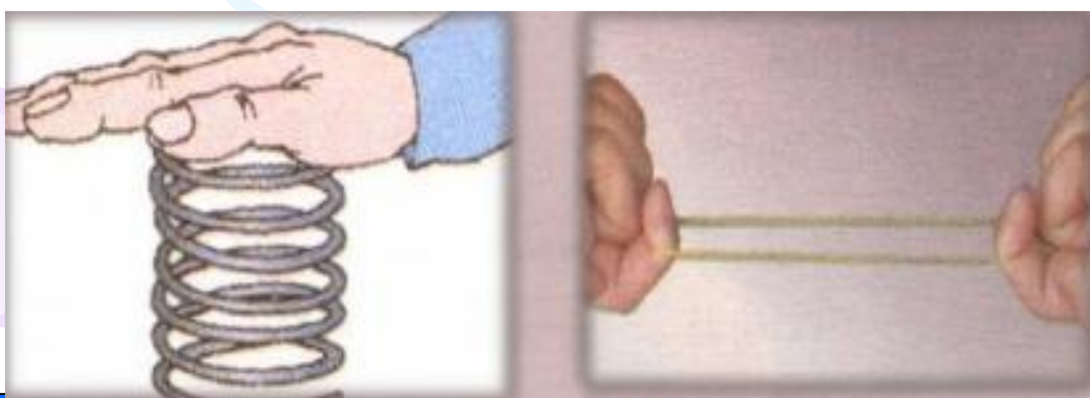
二　弹性力　（压力，张力，弹簧弹性力等）

指物体发生弹性形变时出现在物体内部的一种反抗形变的力

弹力的大小：与使材料发生形变的外力大小总是相等的

弹力的方向：总是指向使物体恢复原状的方向

弹簧弹性力　$f=-kx$



三　摩擦力

静摩擦力：两个物体的接触间存在着一种它们要发生相对运动的摩擦

滑动摩擦力：一个物体在另外一个物体表面发生滑动时接触面间产生阻碍它们相对运动的摩擦

滚动摩擦力：一个物体在另外一个物体表面发生滑动时接触面间产生阻碍它们相对运动的摩擦

摩擦力的分类

物体在将要运动时，在接触面阻碍物体运动的力叫静摩擦力

$$F_{\mathrm{f0}} \leq F_{\mathrm{f0m}} \quad F_{\mathrm{f0m}} = \mu_0 F_{\mathrm{N}}$$

物体在滑动过程中，在接触面阻碍物体运动的力叫滑动摩擦力

$$F_{\mathrm{f}} = \mu F_{\mathrm{N}}$$

一般情况 $\mu \approx \mu_0$

物体在滚动过程中，在接触面阻碍物体运动的力叫滚动摩擦力

摩擦力的方向与物体相对运动方向相反

增大摩擦力的方法

1、增大接触面的粗糙程度

2、增大压力

把弓重一些压弦，增大压力，增大摩擦。从而使小提琴拉的更响。

减少摩擦的方法

加润滑油

气垫船

变滑动为滚动

实用的惯性系:

1、FK4系：以1535颗恒星平均静止位形作为基准

目前最好

2、太阳系：太阳中心为原点，坐标轴指向恒星

绕银河中心的向心加速度~$1.8*10^{-10}m/s^2$

3、地心系：地心为原点，坐标轴指向恒星

绕太阳的向心加速度~$6*10^{-3}m/s^2$（g的10^{-3}）

4、地面系（实验室系）：坐标轴固定在地面上

赤道处自转向心加速度~$3.4*10^{-2}m/s^2$

电磁力

电磁力： 存在于静止电荷之间的电性力以及存在于运动电荷之间的磁性力，本质上相互联系，总称为电磁力。

分子或原子都是由电荷系统组成，它们之间的作用力本质上是电磁力。例如：物体间的弹力、摩擦力，气体的压力、浮力、粘滞阻力。

强力

强力： 亚微观领域，存在于核子、介子和超子之间的、把原子内的一些质子和中子紧紧束缚在一起的一种力。

$$\text{作用范围:} < 10^{-15}\,\mathrm{m}\begin{cases}10^{-15} \sim 0.4\times10^{-15}\,\mathrm{m} & \text{引力}\\ < 0.4\times10^{-15}\,\mathrm{m} & \text{斥力}\end{cases}$$

弱力

弱力： 亚微观领域内的另一种短程力，导致β衰变放出电子和中微子的重要作用力。

四种基本相互作用

力的种类	相互作用的物体	力的强度	力程
万有引力	一切质点	10^{-38}	无限远
弱力	大多数粒子	10^{-13}	小于 10^{-17} m
电磁力	电荷	10^{-2}	无限远
强力	核子、介子等	1 *	10^{-15} m

* 以距源 10^{-15} m 处强相互作用的力强度为 1

温伯格
萨拉姆
格拉肖

→ 弱相互作用、电磁相互作用 → 电弱相互作用理论

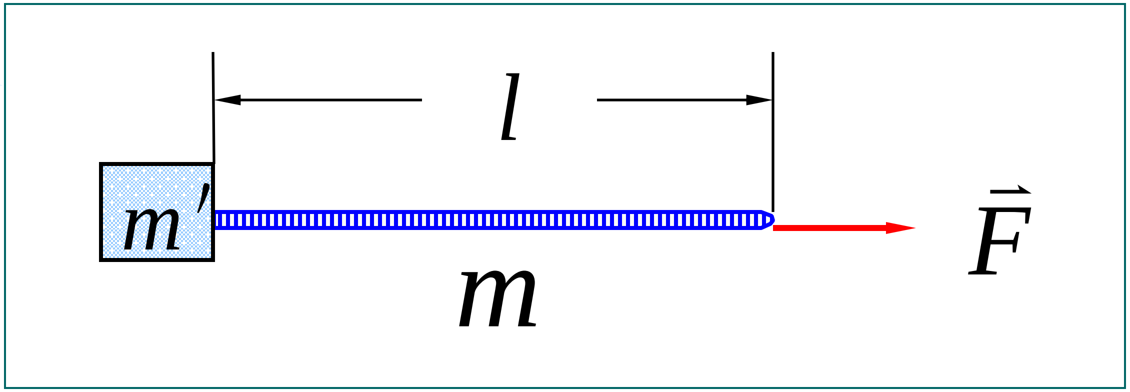
三人于1979年荣获诺贝尔物理学奖．

鲁比亚，范德米尔实验证明电弱相互作用，1984年获诺贝尔奖．

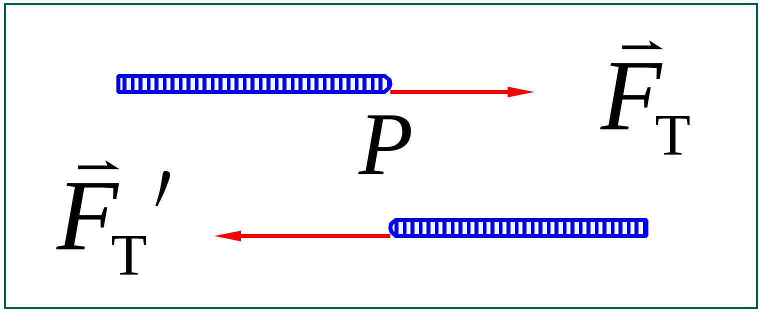
电弱相互作用
强相互作用
万有引力作用

→ “大统一”（尚待实现）

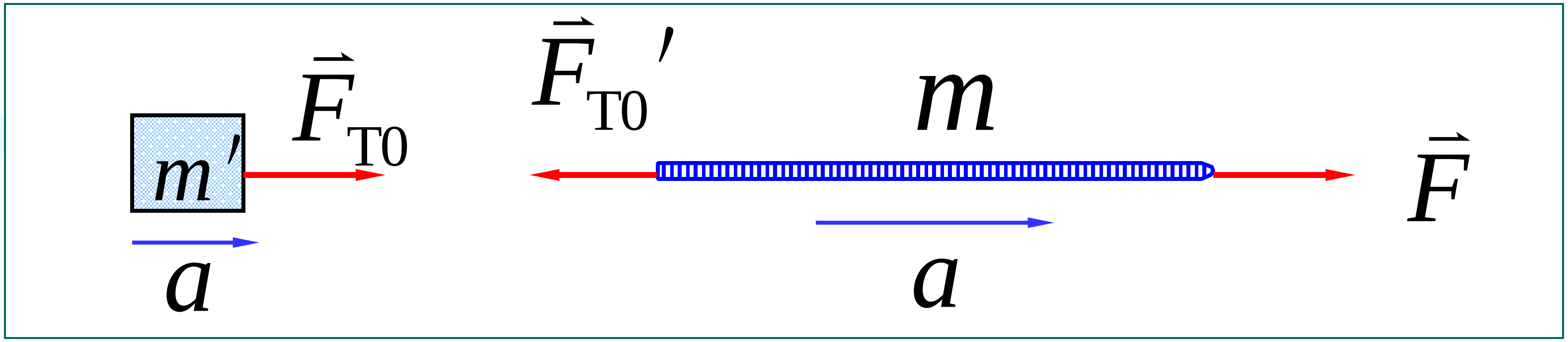
例1 质量为 m 、长为 l 的柔软细绳，一端系着放在光滑桌面上质量为 m'的物体，如图所示．在绳的另一端加如图所示的力 $\vec{F}$．绳被拉紧时会略有伸长（形变），一般伸长甚微，可略去不计． 现设绳的长度不变，质量分布是均匀的．求：（1）绳作用在物体上的力；（2）绳上任意点的张力．



解 设想在点 P 将绳分为两段其间张力 $\vec{F}_{\mathrm{T}}$ 和 $\vec{F}_{\mathrm{T}}'$ 大小相等，方向相反



（1）



$$\begin{cases} F_{\mathrm{T0}} = F_{\mathrm{T0}}' \\ F_{\mathrm{T0}} = m'a \\ F - F_{\mathrm{T0}}' = ma \end{cases}$$

$$a = \frac{F}{m' + m}$$

$$F_{\mathrm{T0}} = \frac{m'}{m' + m} F$$

（2） $$\mathrm{d}m = m\mathrm{d}x / l$$

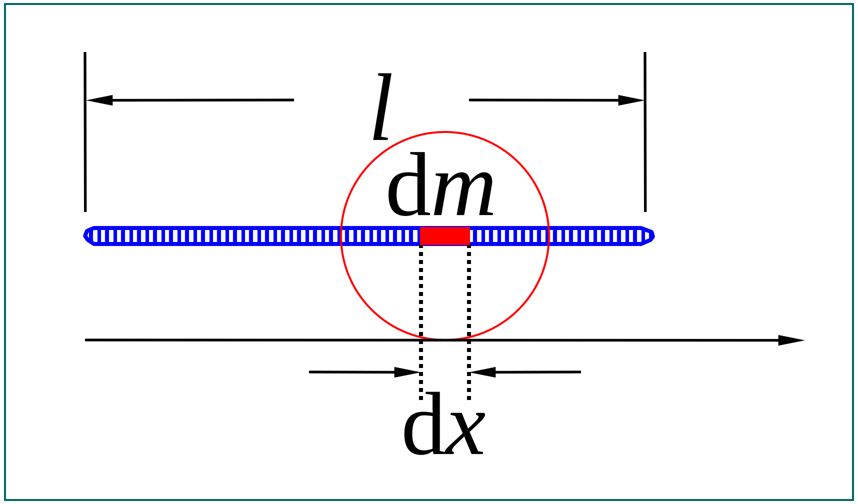
$$(F_{\mathrm{T}} + \mathrm{d}F_{\mathrm{T}}) - F_{\mathrm{T}}$$

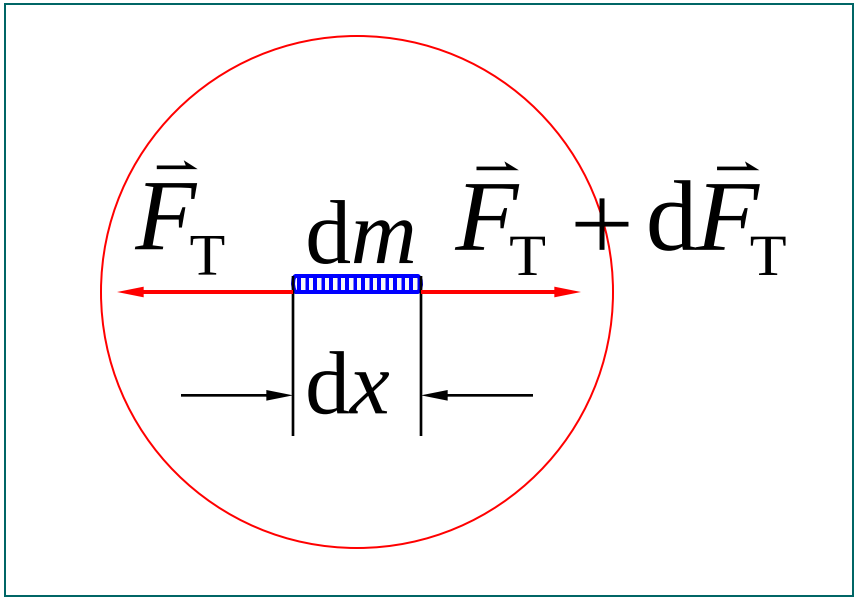
$$= (\mathrm{d}m)a = \frac{m}{l} a \mathrm{d}x$$

$$\mathrm{d}F_{\mathrm{T}} = \frac{mF}{(m' + m)l} \mathrm{d}x$$

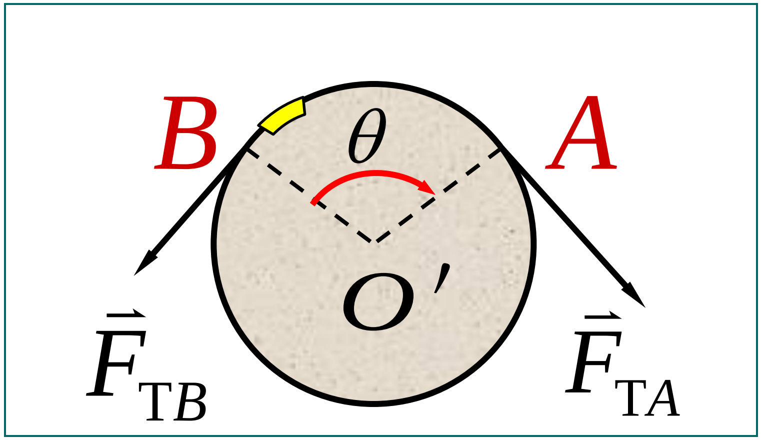
$$\int_{F_{\mathrm{T}}}^{F} \mathrm{d}F_{\mathrm{T}} = \frac{mF}{(m' + m)l} \int_{x}^{l} \mathrm{d}x$$

$$F_{\mathrm{T}} = (m' + m\frac{x}{l}) \frac{F}{m' + m}$$





例2 如图绳索绕圆柱上，绳绕圆柱张角为 θ ，绳与圆柱间的静摩擦因数为 μ ， 求绳处于滑动边缘时，绳两端的张力 $F_{\mathrm{T}A}$ 和 $F_{\mathrm{T}B}$ 间关系 .（绳的质量忽略）



解 取一小段绕圆柱上的绳

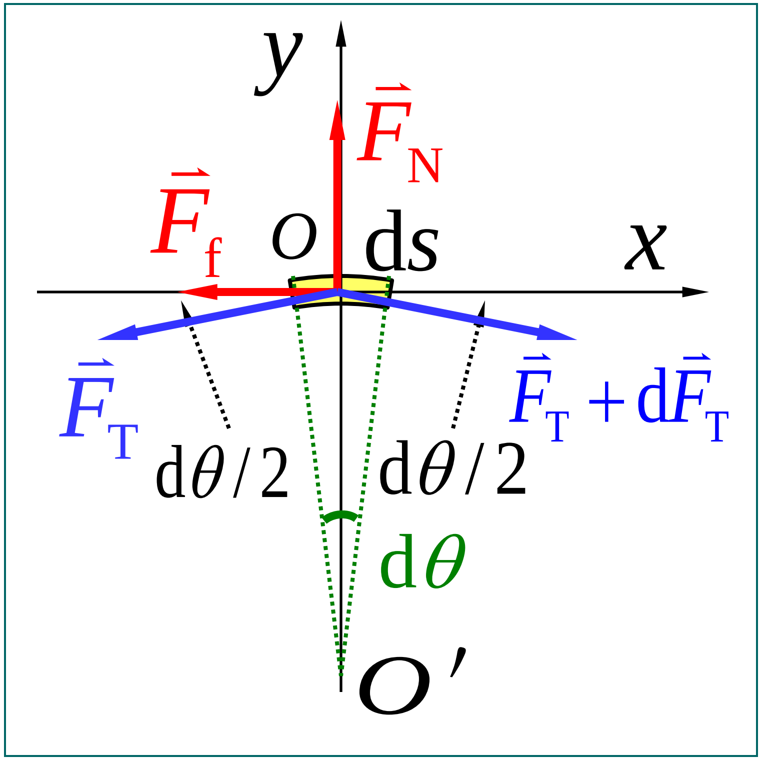
取坐标如图

ds 的张角 $d\theta$

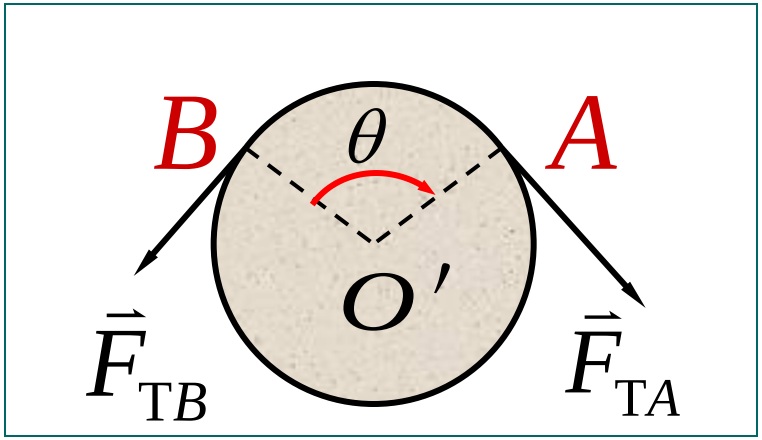
ds 两端的张力 F_{T} , $F_{\mathrm{T}}+\mathrm{d}F_{\mathrm{T}}$

圆柱对 ds 的摩擦力 F_{f}

圆柱对 ds 的支持力 F_{N}

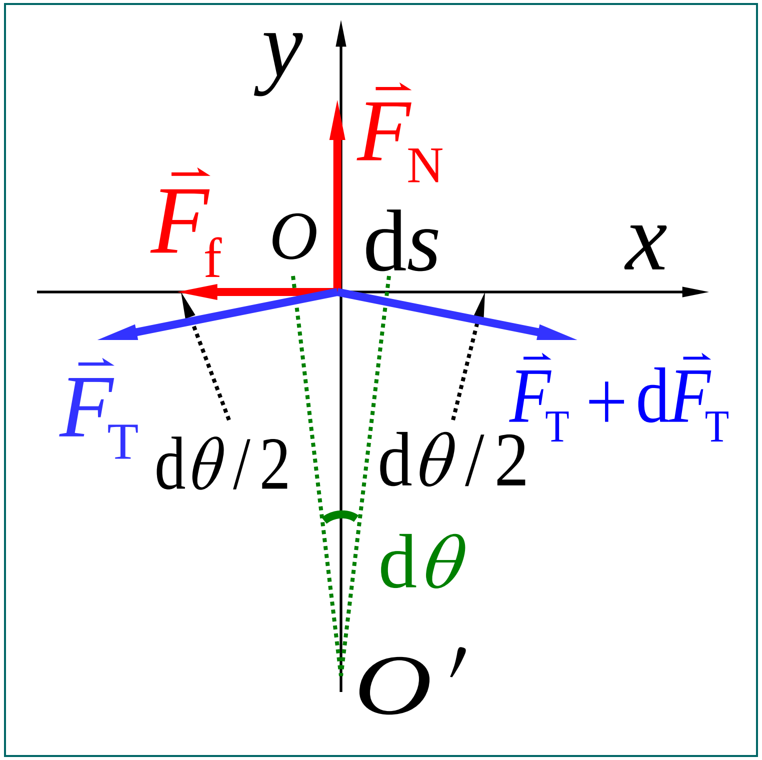


$$\begin{cases}(F_{\mathrm{T}}+\mathrm{d}F_{\mathrm{T}})\cos\dfrac{\mathrm{d}\theta}{2}-F_{\mathrm{T}}\cos\dfrac{\mathrm{d}\theta}{2}-F_{\mathrm{f}}=0\\ -(F_{\mathrm{T}}+dF_{\mathrm{T}})\sin\dfrac{\mathrm{d}\theta}{2}-F_{\mathrm{T}}\sin\dfrac{\mathrm{d}\theta}{2}+F_{\mathrm{N}}=0\\ F_{\mathrm{f}}=\mu F_{\mathrm{N}}\end{cases}$$



$$\sin\frac{\mathrm{d}\theta}{2}\approx\frac{\mathrm{d}\theta}{2}\qquad\cos\frac{\mathrm{d}\theta}{2}\approx 1$$

$$\begin{cases}dF_{\mathrm{T}}=F_{\mathrm{f}}=\mu F_{\mathrm{N}}\\ \cancel{\frac{1}{2}\mathrm{d}F_{\mathrm{T}}\mathrm{d}\theta}+F_{\mathrm{T}}\mathrm{d}\theta=F_{\mathrm{N}}\end{cases}$$



$$\int_{F_{TB}}^{F_{TA}} \frac{dF_T}{F_T} = \mu \int_0^{\theta} d\theta$$

$$F_{TB} = F_{TA} e^{-\mu\theta}$$

$$F_{TB} / F_{TA} = e^{-\mu\theta}$$

若 $\mu = 0.25$

θ	F_{TB} / F_{TA}
π	0. 46
2π	0. 21
10π	0. 00039