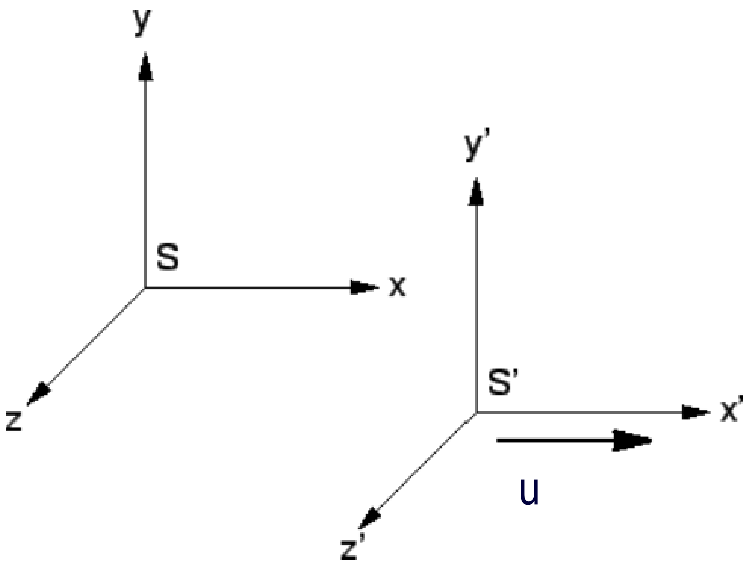
伽利略变换

飞机上某个质点：

以飞机上坐标系为坐标

x’
y’
z’
t



飞机相对地面匀速飞行，速度为u
以地面上的坐标系来衡量飞机上某个质点
x
y
z
t’

$$x = x' + ut$$

$$y = y'$$

$$z = z'$$

$$t = t'$$

伽利略变换

普遍的矢量形式

$$\vec{r} = \vec{r}' + \vec{u}t$$

推论1：

$$\vec{r}_1 - \vec{r}_2 = \vec{r}_1' - \vec{r}_2'$$

一把尺子 在飞机上和在地面上看长度是一样的

空间绝对性

$$t_1 - t_2 = t_1' - t_2'$$

时间绝对性　地面和飞机上的钟走的一样

速度和加速度变换

惯性系K'相对惯性系K以恒定速度 $\vec{u}$ 运动

坐标变换： $\vec{r} = \vec{r}\,' + \vec{u}t$

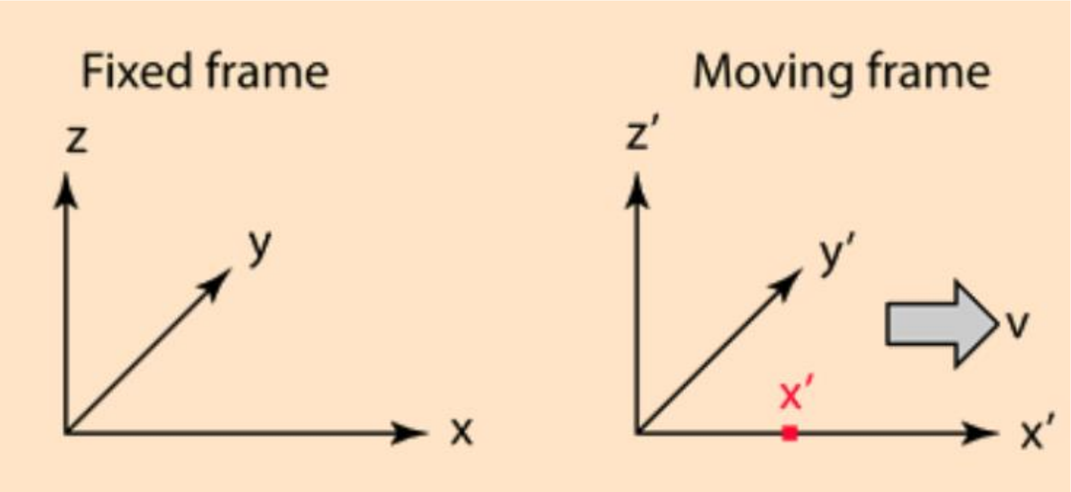
速度变换： $\dfrac{d\vec{r}}{dt} = \dfrac{d\vec{r}\,'}{dt} + \vec{u}$ $\qquad \vec{v}_k = \vec{v}_{k'} + \vec{u}$

加速度变换： $\dfrac{d^2\vec{r}}{dt^2} = \dfrac{d^2\vec{r}\,'}{dt^2}$ $\qquad \vec{a}_k = \vec{a}_{k'}$ （速度$\vec{u}$恒定）

力： $\vec{F}_k = m\vec{a}_k = m\vec{a}_{k'} = \vec{F}_{k'}$

牛顿第二定律成立的参照系是惯性系。凡是相对一个惯性系作匀速直线运动的参照系也是惯性系。

洛伦兹变换



$$\boxed{x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \qquad t = \frac{t' + \frac{vx'}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}}$$

洛伦兹变换是狭义相对论中
的基础方程

http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Relativ/ltrans.html

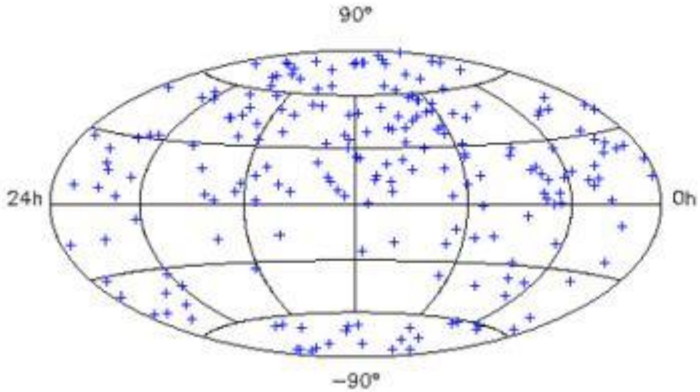
惯性系与准惯性系 惯性力

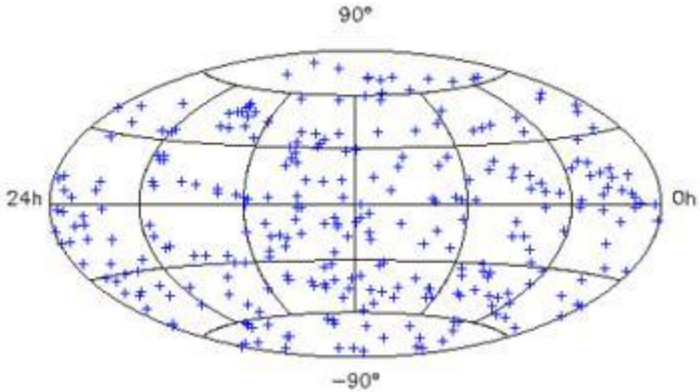
不存在绝对的惯性参照系

地心系：地球赤道加速度3.4$\times 10^{-2} m/s^2$

日心系：地球公转轨道加速度$6\times 10^{-3} m/s^2$

银河系中心：太阳向心加速度$3\times 10^{-10} m/s^2$

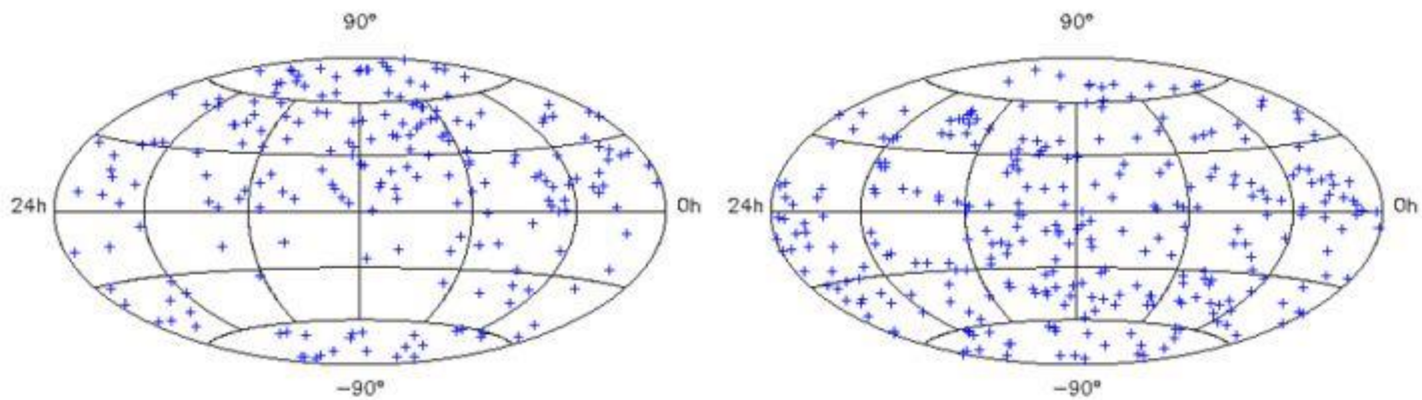




准惯性系

International Celestial Reference System (ICRS) 国际天球参考系

国际天球参考系



International Celestial Reference System (ICRS) 国际天球参考系

国际天球参考系（International Celestial Reference System，ICRS）是国际天文学联合会（IAU）目前采用的天球参考系统标准。它的原点是太阳系的质心，轴的指向在太空中是"固定的"。

国际天球参考系的外星系定义是参考国际天球参考架（目前是ICRF3）[1]，基于数以百计分布在整个天空的系外星系电波源，主要是类星体。因为这些电波源的距离都非常遥远，以我们目前的技术可以视为是固定不动的；它们的位置是通过特长基线干涉测量法（VLBI）以最高的精确度测量得到的，大多数的位置都精确至0.001角秒或更好[2]。

平动非惯性系中的惯性力

火车桌子上有个球，球与桌面没有摩擦

$\vec{r}$:以地面为参照系（惯性系）

$\vec{r}\,'$：以火车为参照系（非惯性系）

$$\vec{r} = \vec{r}\,' + \int \vec{u}(t)dt$$

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d\vec{r}\,'}{dt} + \vec{u}(t)$$

$$\frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = \frac{d^2\vec{r}\,'}{dt^2} + \frac{d\vec{u}(t)}{dt}$$

$$\vec{a} = \vec{a}\,' + \vec{a}_0$$

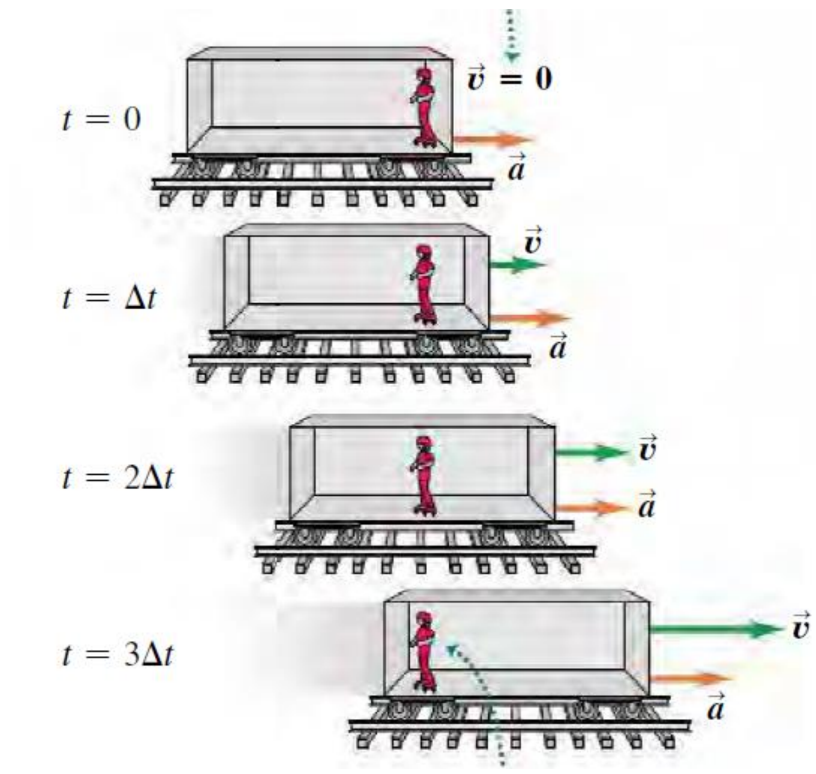
火车往前加速，从地面上看，球保持不动（水平方向不受力)

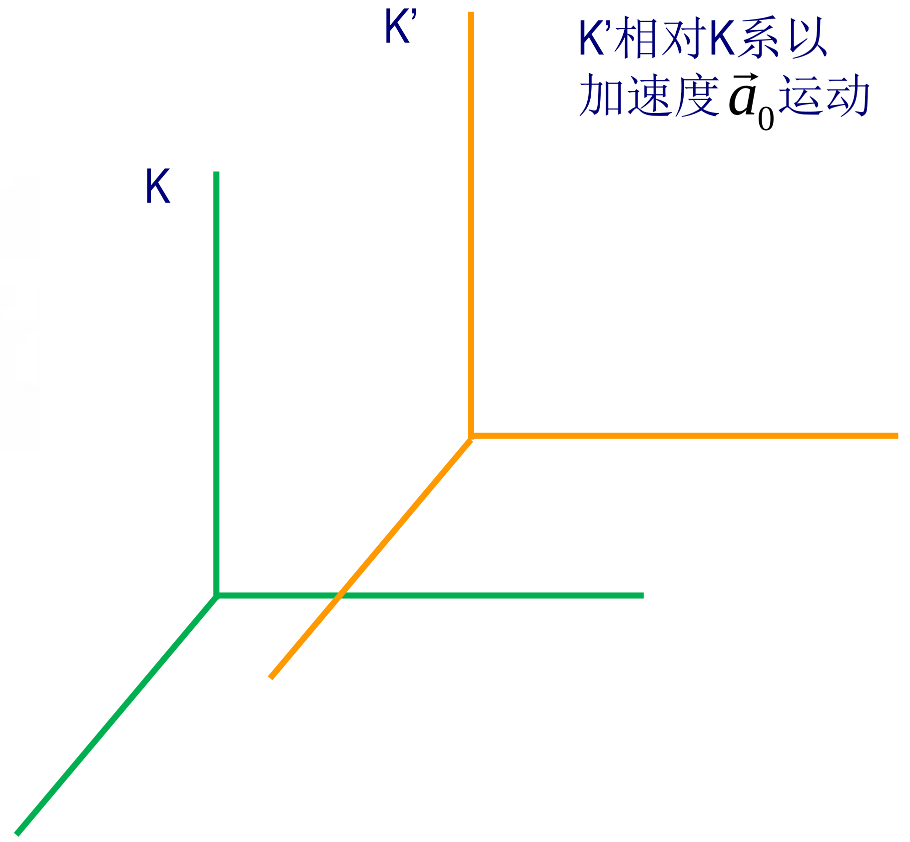
火车上看（非惯性系)，球往后加速，加速度等于火车的加速度。

从火车上看，球受到一个往后的力（并不是真实的力，称为惯性力，大小为质量m乘以非惯性系相对于惯性系的加速度a_0）。

$\vec{a}\,' = \vec{a} - \vec{a}_0 = 0 - \vec{a}_0 = -\vec{a}_0$，$\vec{F}_i = -m\vec{a}_0$(惯性力）

平动非惯性系中的惯性力





K'相对K系以加速度$\vec{a}_0$运动

K系（惯性系）：$\vec{F}=m\vec{a}$

K'系中，$\vec{a}'=\vec{a}-\vec{a}_0$

牛顿定律不满足

$$m\vec{a}'=m\vec{a}-m\vec{a}_0=\vec{F}-m\vec{a}_0=\vec{F}+\vec{F}_i$$

$\vec{F}_i=-m\vec{a}_0$(惯性力）

平动非惯性系中的惯性力

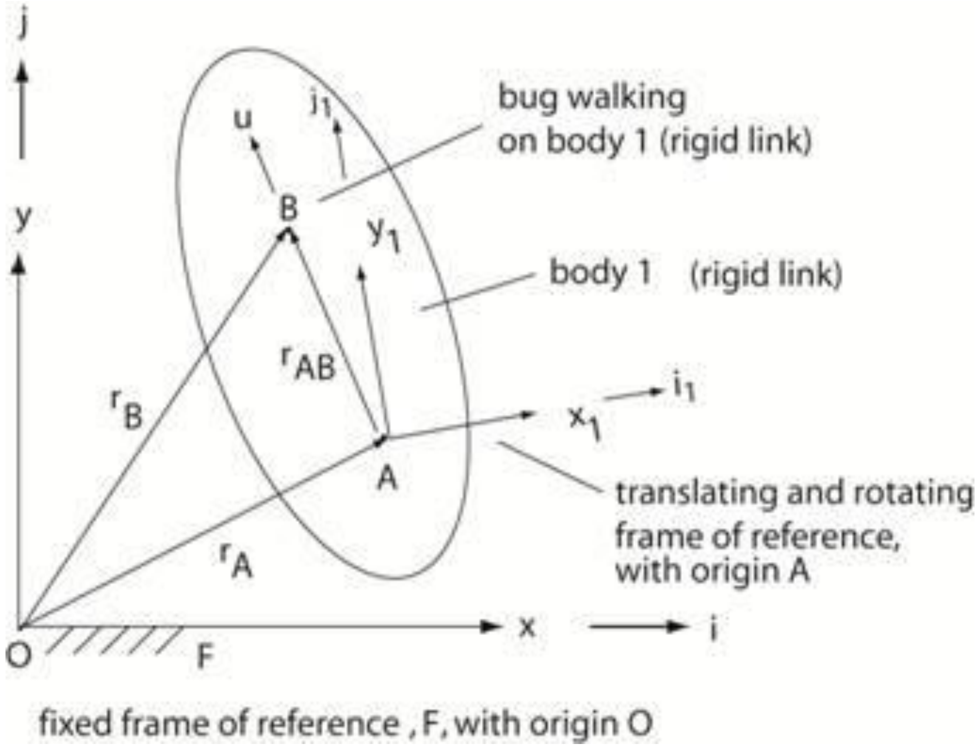
牛顿定律

$$\vec{F}=m\vec{a}=\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$$

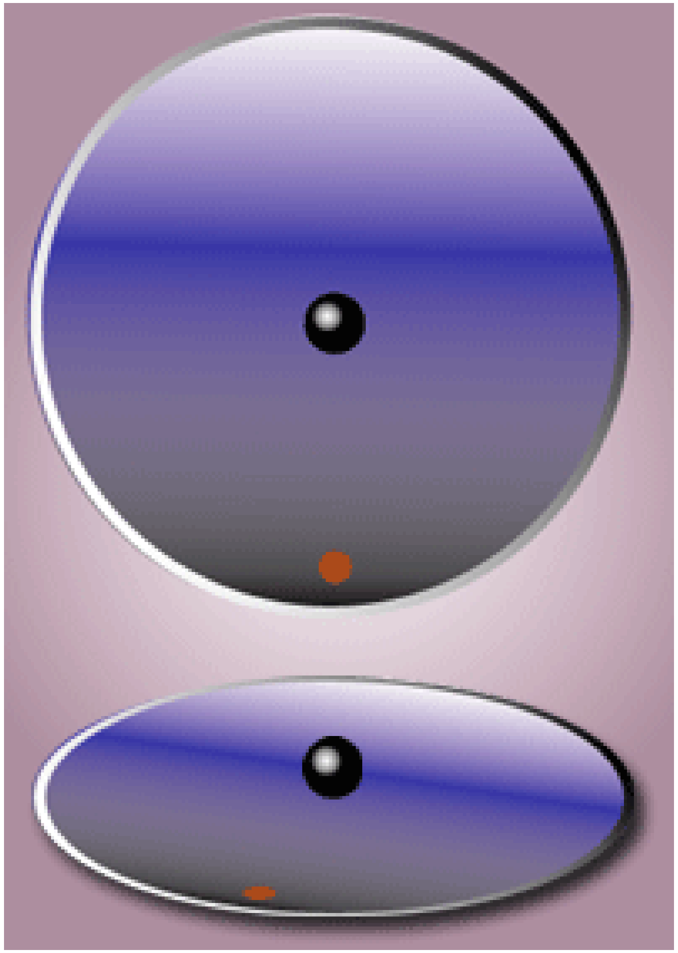
$d\vec{r}$?　　$\frac{d\vec{r}}{dt}$?　　$\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$?

在不同参照系下的行为？

转动非惯性系中的惯性力-离心力和科里奥利力



转动非惯性系中的惯性力-离心力和科里奥利力



竖直悬挂的圆盘上，球光滑的滑下，从盘面固定一点看，球轨迹偏转了。

地球上的科里奥利效应

北半球： 沿运动的方向偏右

南半球： 沿运动的方向偏左

转动非惯性系中的惯性力

如果随非惯性坐标系
旋转，但相对非惯性坐标系
静止，则只有惯性离心力。

$$\mathbf{F}_r = m w^2 \mathbf{r}$$

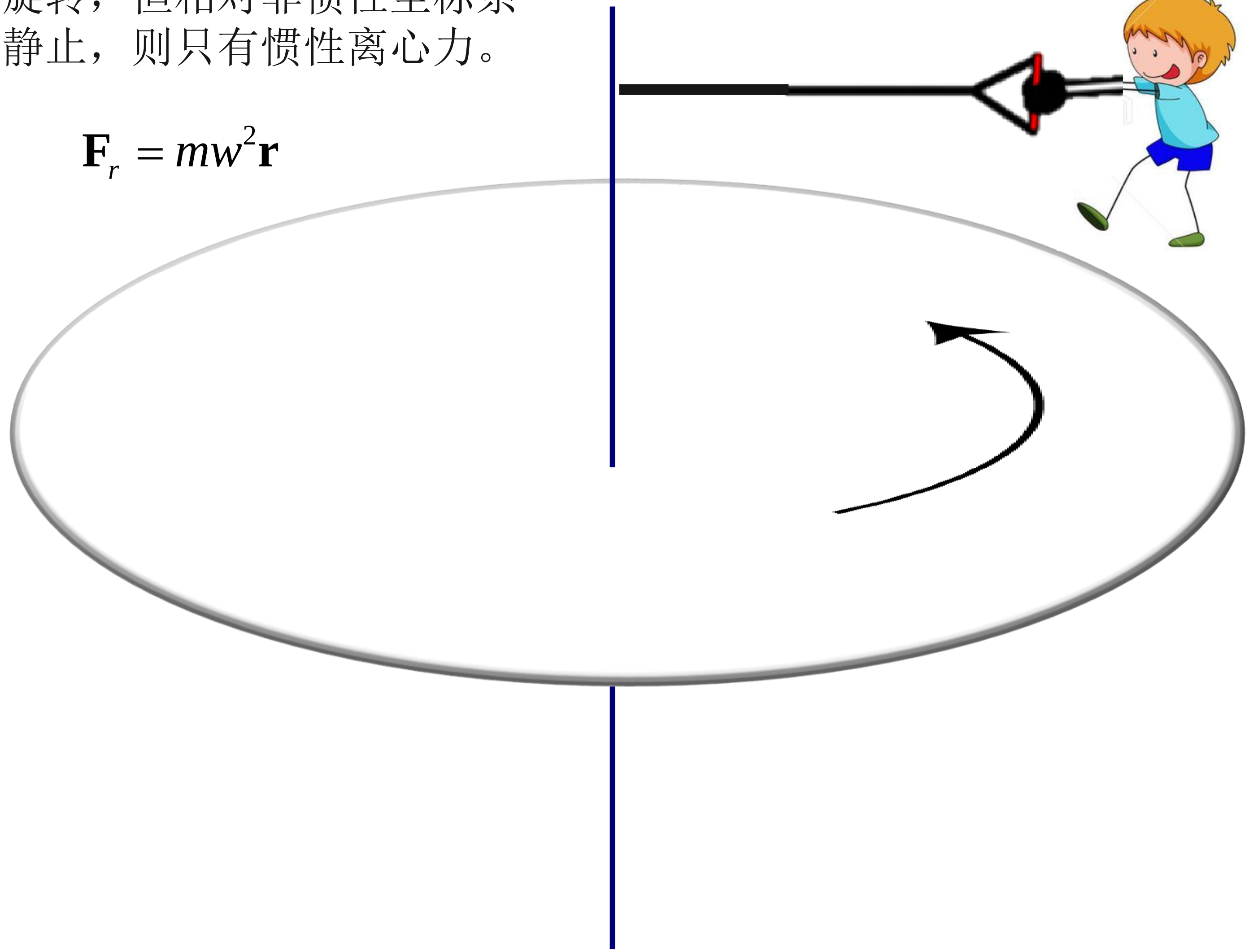
如果相对旋转
坐标系运动，
则还有科里奥利力。

natgeotv.com

转动非惯性系中的惯性力

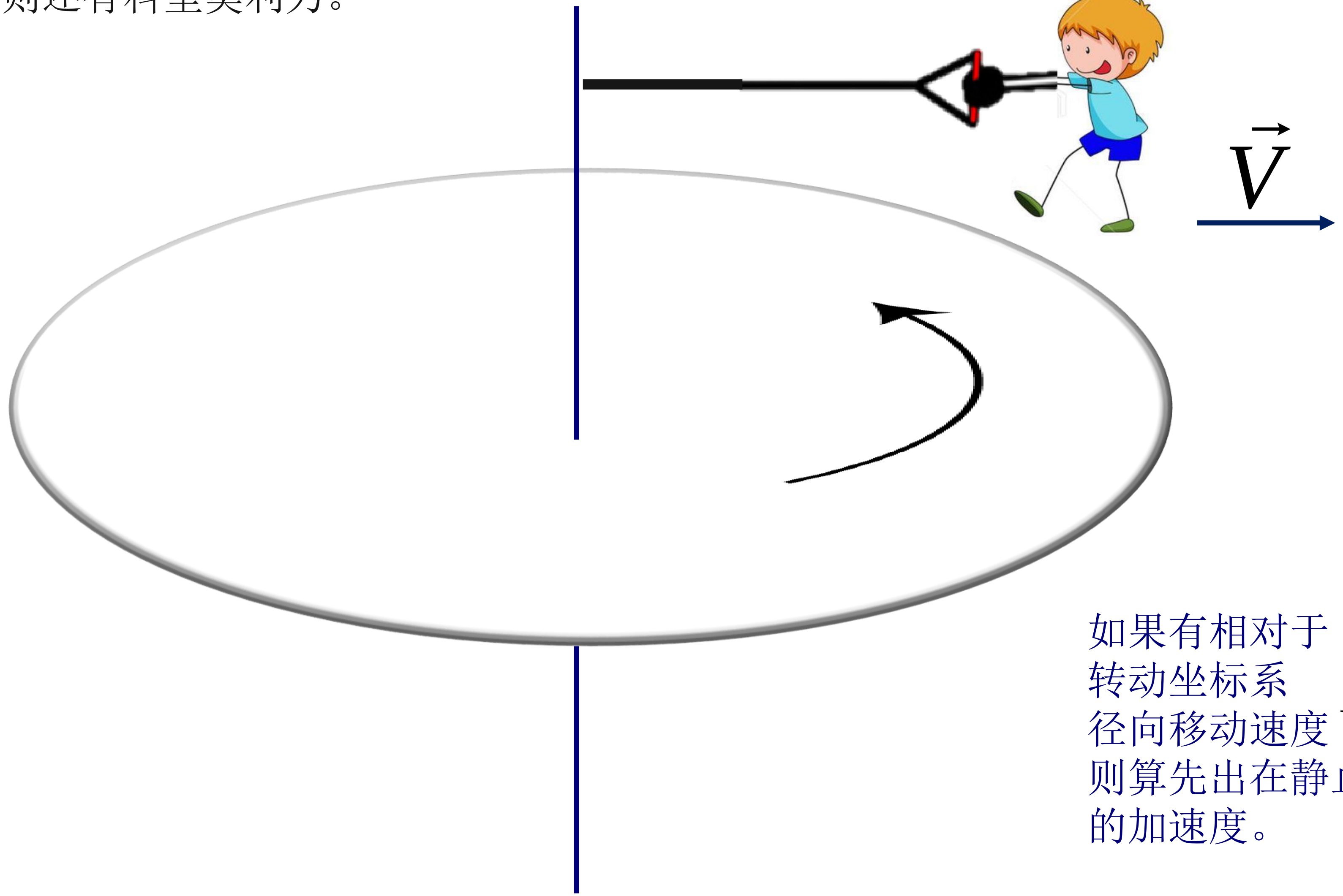
如果随非惯性坐标系
旋转，但相对非惯性坐标系
静止，则只有惯性离心力。

$$\mathbf{F}_r = mw^2\mathbf{r}$$



转动非惯性系中的惯性力

如果随相对于非惯性系还有速度 $\boldsymbol{V}$
则还有科里奥利力。



如果有相对于
转动坐标系
径向移动速度 $\vec{V}$
则算先出在静止坐标系
的加速度。

转动非惯性系中的惯性力

任意一个矢量在静止参照系s下对时间的微分,等于在旋转坐标系中

$$\left(\frac{d\vec{A}}{dt}\right)_s = \left(\frac{d\vec{A}}{dt}\right)_r + \vec{\omega}\times\vec{A}$$

$$\vec{A} = x\hat{i} + y\hat{j} + k\hat{z}$$

推导见
http://people.envsci.rutgers.edu/broccoli/dynamics_lectures/lect_06_dyn12_mom_eq_rot.pdf

转动非惯性系中的惯性力

$$(\frac{d\vec{A}}{dt})_s = (\frac{d\vec{A}}{dt})_r + \vec{\omega}\times\vec{A}$$

假设$\vec{\omega}$为常角速度　　首先应用于位置矢量 $\vec{r}$

$$\vec{V}_s = \vec{V}_r + \vec{\omega}\times\vec{r}$$

再次应用于速度矢量 $\vec{V}_s$

$$(\frac{d\vec{V}_s}{dt})_s = \vec{a}_s = (\frac{d\vec{V}_s}{dt})_r + \vec{\omega}\times\vec{V}_s$$

$$= \vec{a}_r + 2(\vec{\omega}\times\vec{V}_r) + \vec{\omega}\times(\omega\times\vec{r})$$

代入牛顿公式 $\vec{F} = m\vec{a}_s$

$$\vec{F} - 2m(\vec{\omega}\times\vec{V}_r) - m\vec{\omega}\times(\vec{\omega}\times\vec{r}) = m\vec{a}_r$$

科里奥利力　　惯性离心力

转动非惯性系中的惯性力

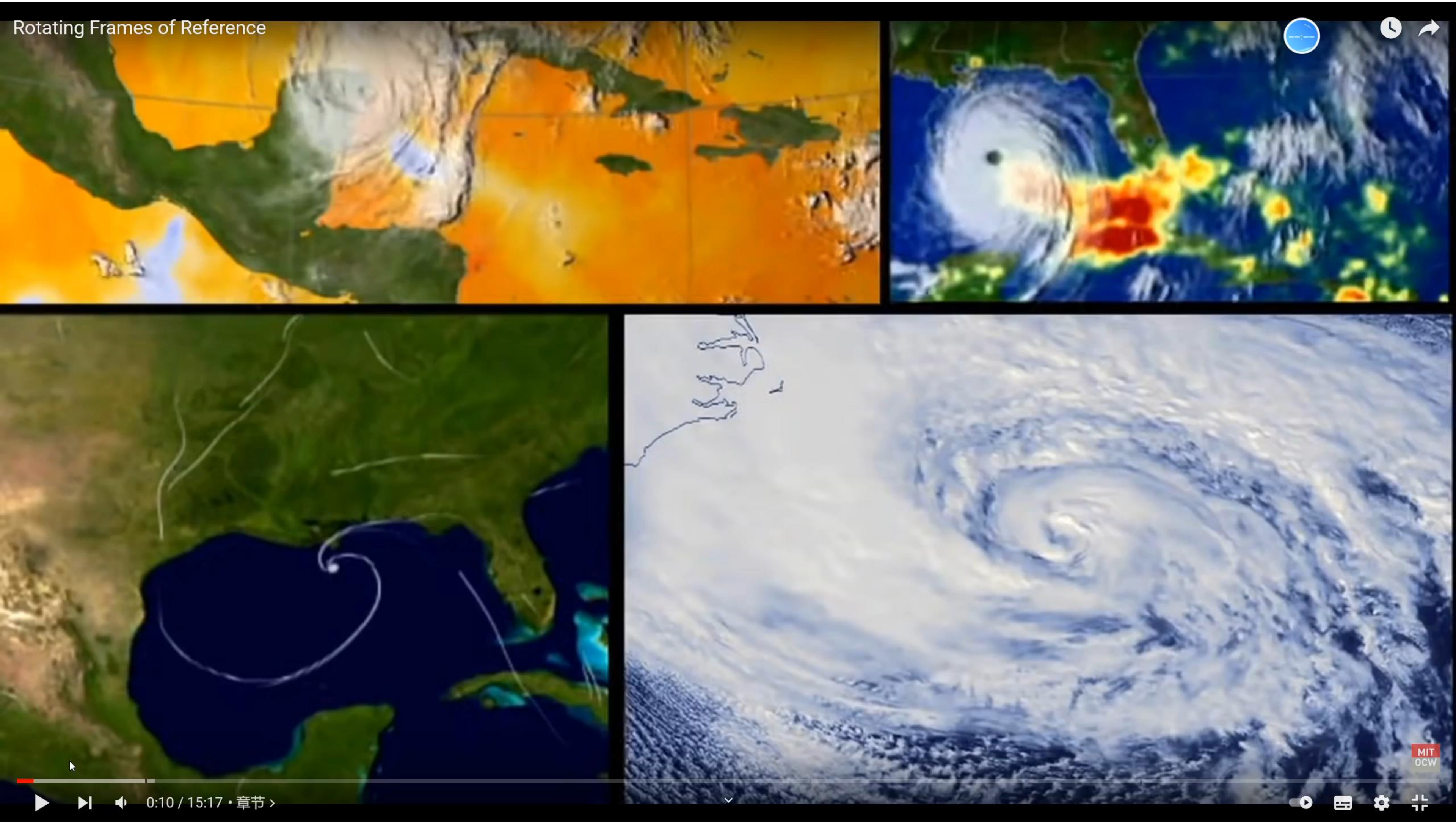
$$\mathbf{F}_r = \mathbf{F}_s + \mathbf{F}_C + \mathbf{F}_L$$

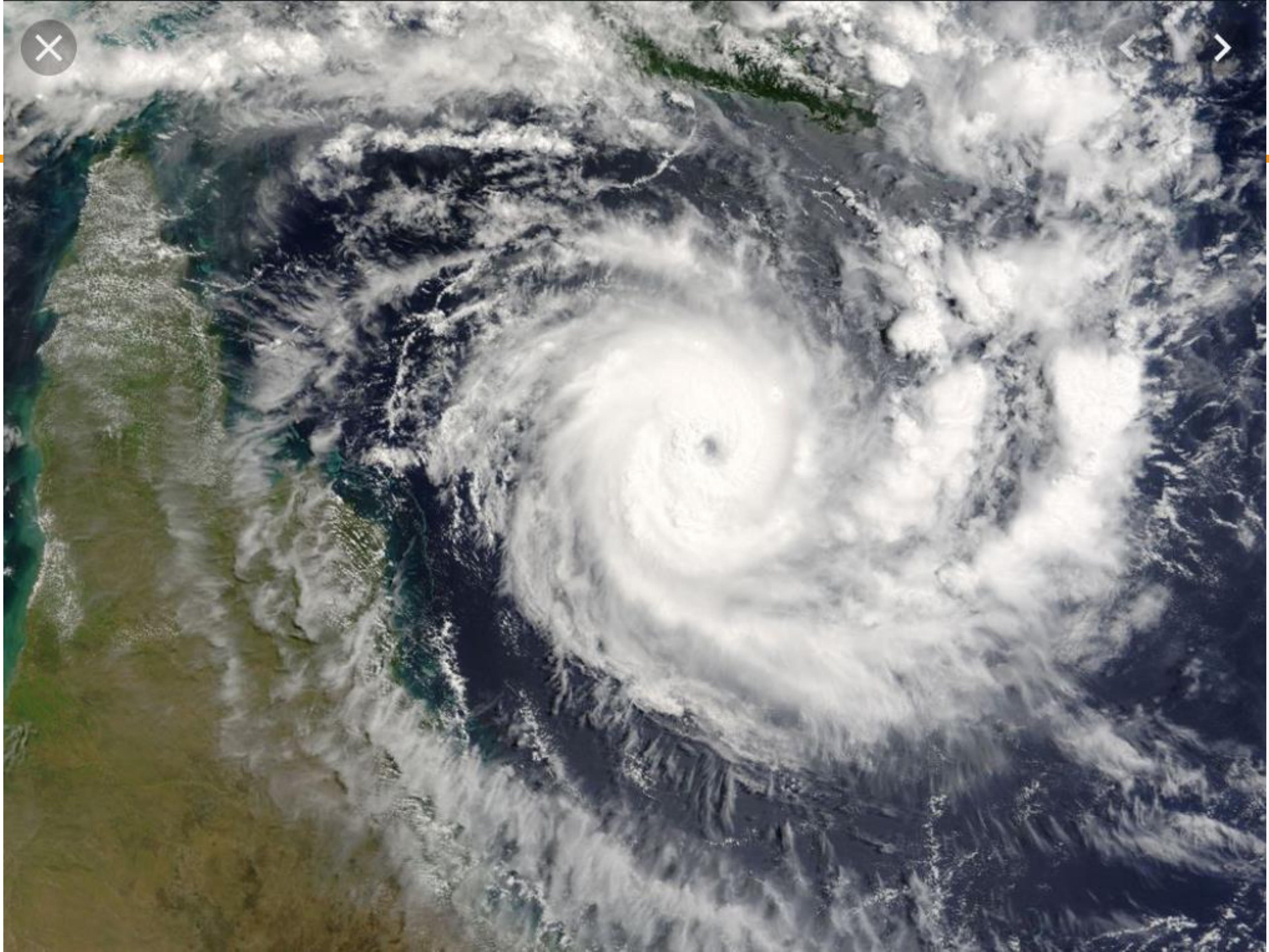
科里奥利力

$$\mathbf{F}_c = 2m\vec{V}_r \times \vec{\boldsymbol{\omega}}$$

惯性离心力

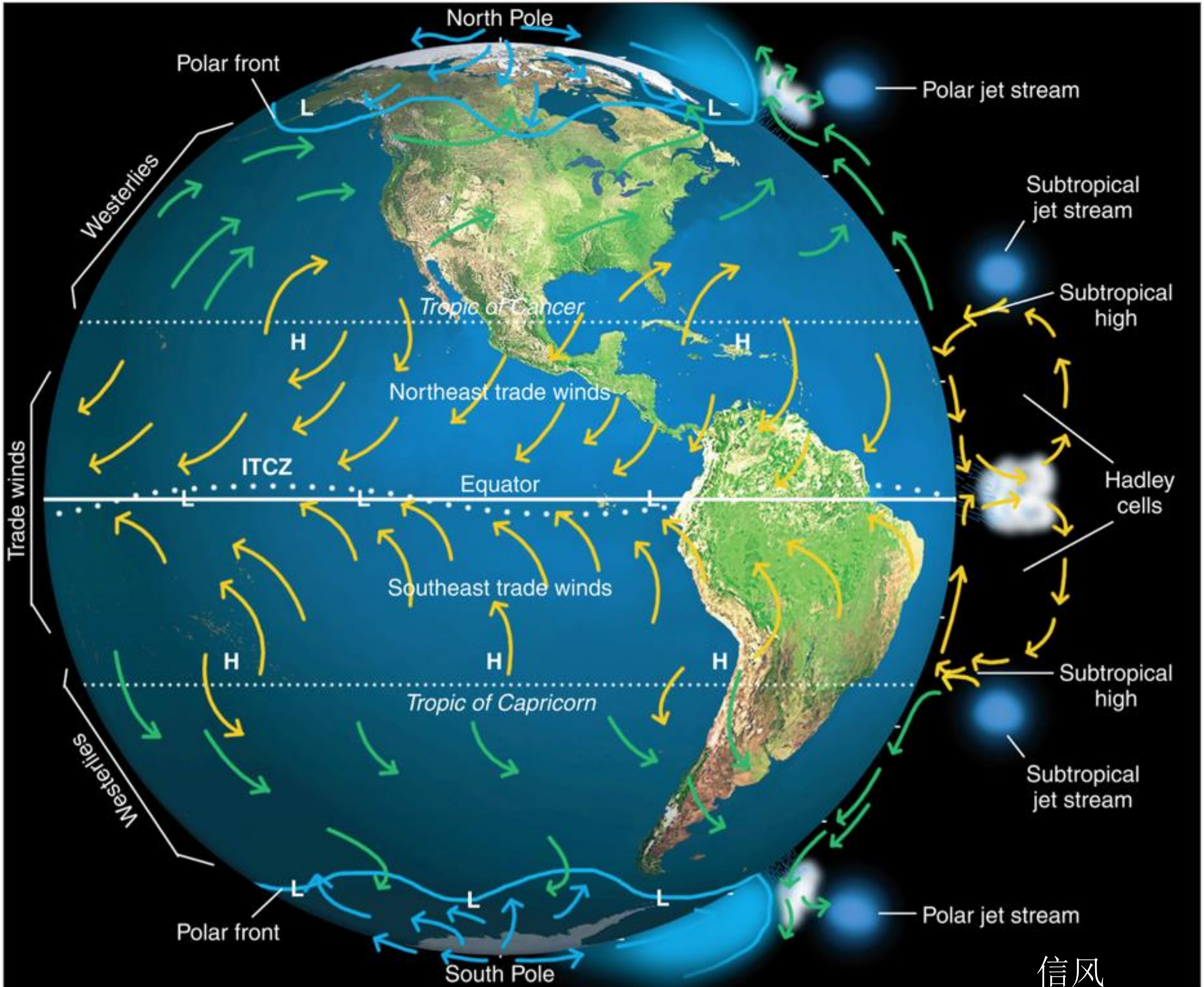
$$\vec{F}_L = m\boldsymbol{\omega}^2\vec{r}$$


Rotating Frames of Reference
0:10 / 15:17 • 章节 ›
MIT
OCW



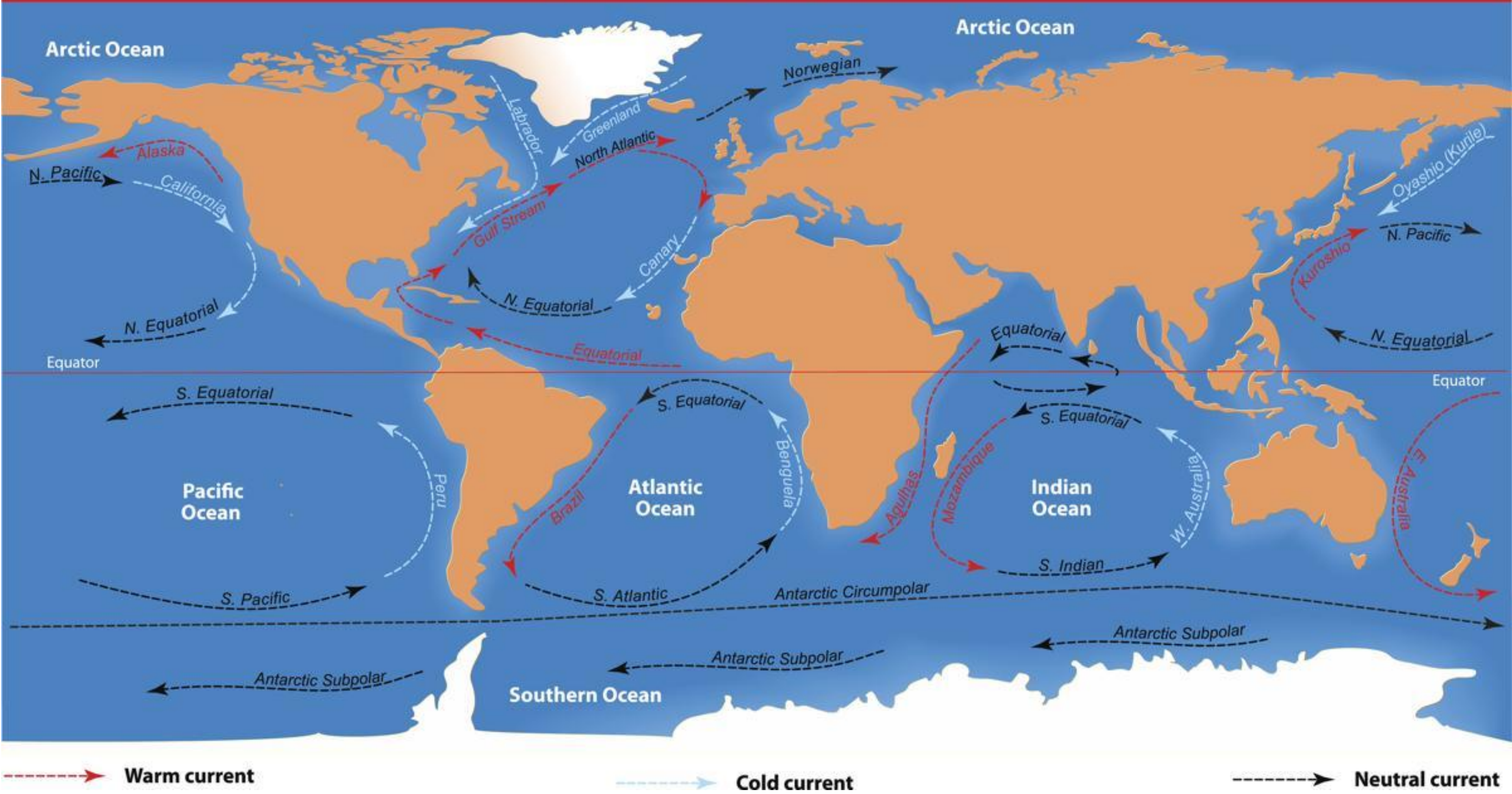

神奇的流体
www.fjjianua.com


神奇的流体

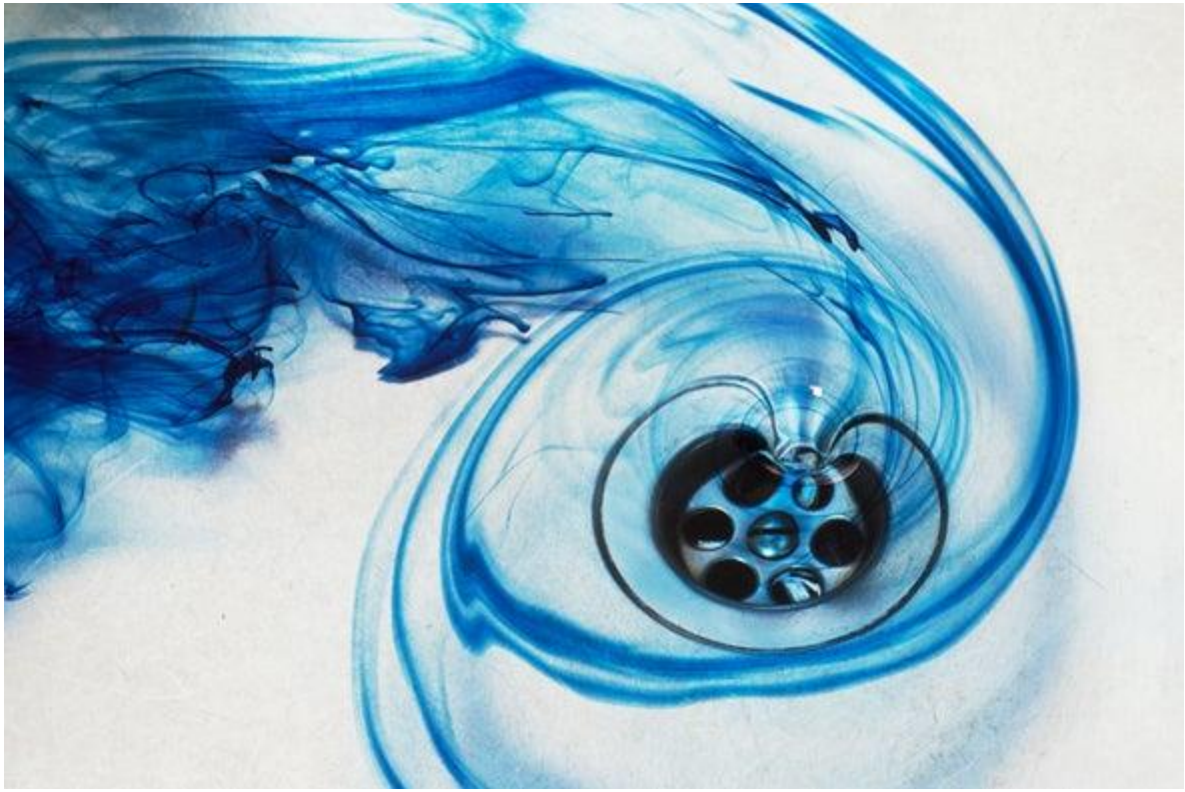

North Pole
Polar front
Polar jet stream
Westerlies
Subtropical
jet stream
Subtropical
high
Tropic of Cancer
H
Northeast trade winds
Trade winds
ITCZ
Equator
L
Hadley
cells
Southeast trade winds
Tropic of Capricorn
Westerlies
Polar front
South Pole
信风

(a)

OCEAN CURRENT



水槽中水流的方向？



水槽中流入下水道的水旋转方向也是科里奥利力造成的？

强烈的争论，很多反对意见，科里奥利力影响太小。

Golf: 微小影响

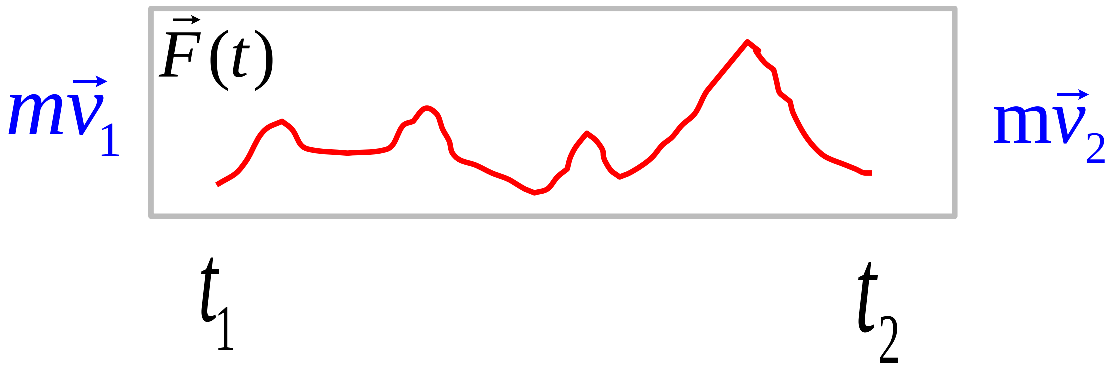
http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1402-4896/aa634e

动量和冲量

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

部分研究的系统，瞬时的力的形式是未知的。

动量变化，不再考虑瞬时的力的作用，而是终末态的状态变化。



动量

由牛顿第二定律出发：

$$\vec{F} = m\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt}(m\vec{v})$$

定义动量

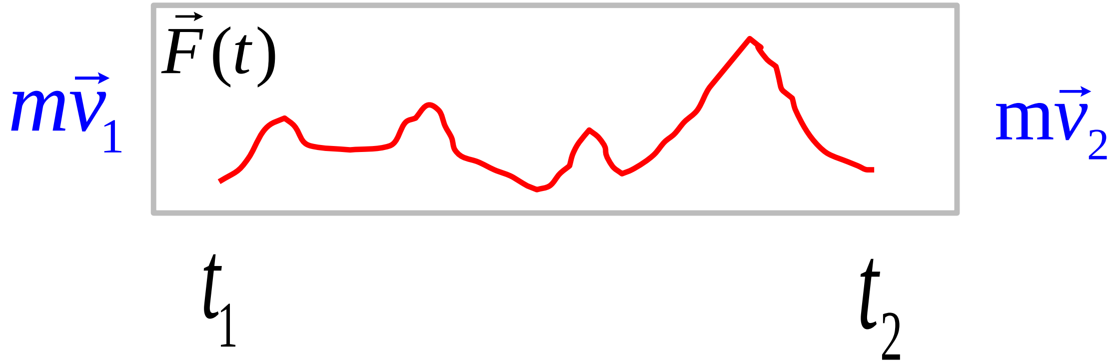
$$\vec{P} = m\vec{v}$$

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

作用在粒子上的力等于粒子的动量的变化

动量的变化

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$



$$\vec{F}dt = d\vec{p}$$

$$\int_{t_1}^{t_2} \vec{F}dt = \int_{p_1}^{p_2} d\vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1 = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1$$

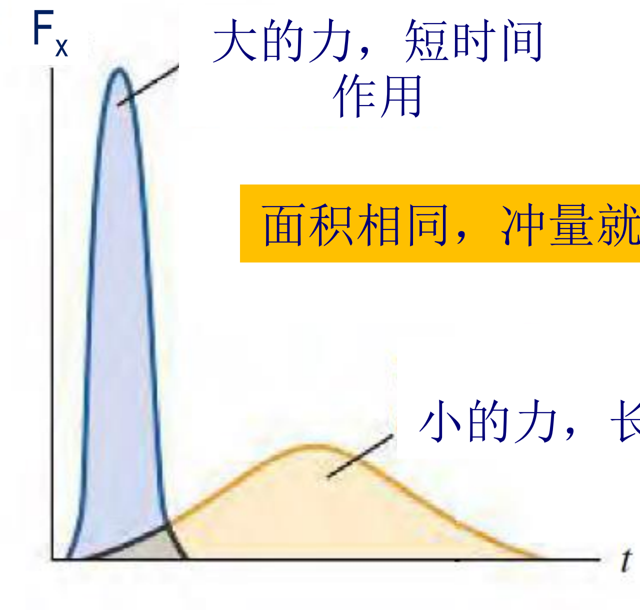
力的冲量

$$\vec{I} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt = \vec{P}_1 - \vec{P}_2$$

定义冲量：

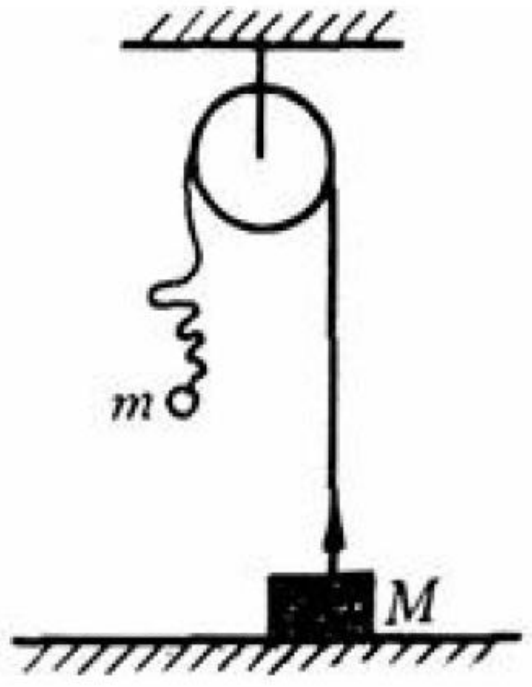
$$\vec{I} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt$$

物体所受合外力的冲量，等于动量的变化



面积相同，冲量就相同

落体提物



小球m自由落体h, 能将重物M提高多少？

1. 绳子拉紧前，小球m下落h, 其末速度为：

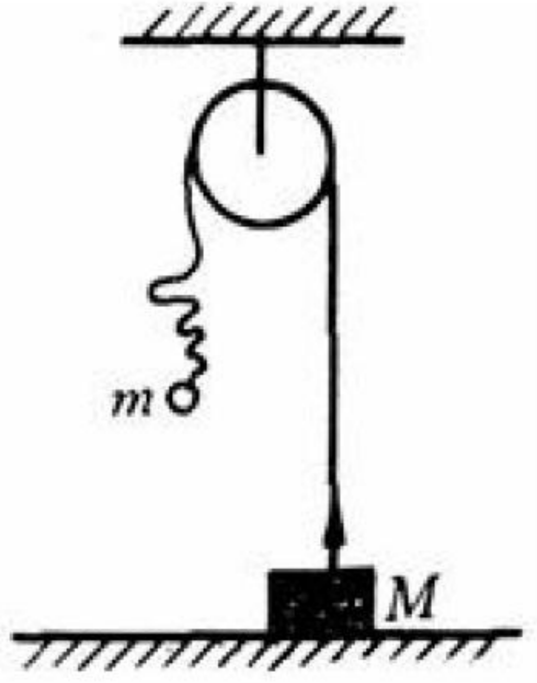
$$v = \sqrt{2gh}$$

2. 绳子拉紧时（忽略短时间内重力作用)，m和M短时间内同时达到相同末速度V,
考虑动量变化：

$$mV - mv = \int_0^t (-T)dt \qquad MV - 0 = \int_0^t Tdt$$

$$V = \frac{mv}{m+M}$$

落体提物



第三步： m和M一起做匀加速运动，初速度V, 末速度0。

$$0 - V^2 = 2\frac{(mg - T)}{m}H, (\text{对小球}m)$$

$$0 - V^2 = 2\frac{(T - Mg)}{M}H, (\text{对小球}m)$$

$$H = \frac{M + m}{M - m} \cdot \frac{V^2}{2g} = \frac{h}{(\frac{M}{m})^2 - 1}$$