

TIME Magazine U.S.

Current Issue	Archive	Covers	Subscribe
-------------------------------	-------------------------	------------------------	---------------------------

TIME 100 Persons Of The Century

Monday, June 14, 1999

**More on
TIME.com**



Before Wall Street: America's Top 10 Protest Movements



Chicago Ideas
Week 2011:
Intelligence
Squared

PRINT EMAIL REPRINTS SHARE

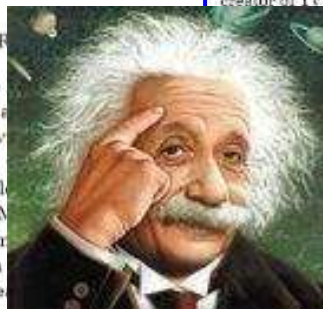
Tweet

LEADERS & REVOLUTIONARIES APPEAL

--David Ben-Gurion, Israel's first Prime Minister --Winston Churchill, British Prime Minister --Mahatma Gandhi, modern India --Mikhail Gorbachev, Soviet Union --Adolf Hitler, German dictator --Ho Chi Minh, Vietnam --Pope John Paul II, religious leader --Ayatollah Khomeini, leader of Iran's revolution --Martin Luther King Jr., civil rights leader --Vladimir Ilyich Lenin, Russian Revolution --Nelson Mandela, South African anti-apartheid leader --Mao Zedong, leader of communist China --Ronald Reagan, U.S. President --Eleanor Roosevelt, U.S. First Lady --Franklin D. Roosevelt, U.S. President and New Deal architect --Theodore Roosevelt, U.S. President and environmentalist --Margaret Thatcher, British Prime Minister --Margaret Sang, Indian independence crusader --Margaret Thatcher, British Prime Minister --Mao Zedong, leader of communist China --Tiananmen Square rebel --Lech Walesa, Polish Solidarity leader

ARTISTS & ENTERTAINERS JUNE 8, 1998

--Louis Armstrong, jazz musician --Lucille Ball, Beatles, rock musicians --Marlon Brando, actor - designer --Charlie Chaplin, comic genius --Le Co



Enrico Fermi, atomic physicist --Alexander Fleming, bacteriologist --Sigmund Freud, psychoanalyst --Robert Goddard, rocket scientist --Kurt Godel, mathematician --Edwin Hubble, astronomer --John Maynard Keynes, economist --The Leakey Family, anthropologists --Jean Piaget, child psychologist --Jonas Salk, virologist --William Shockley, solid-state physicist --Alan Turing, computer scientist --James Watson & Francis Crick, molecular biologists --Ludwig Wittgenstein, philosopher --The Wright Brothers, visionary aviators

IS & ENTERTAINERS JUNE 8, 1998

Armstrong, jazz musician – Lucille
star – The Beatles, rock musicians –
Brendo, actor – Coco Chanel, designer
Chaplin, comic genius – Le
er, architect – Bob Dylan, folk
– T.S. Eliot, poet – Aretha Franklin,
musician – Martha Graham, dancer and
ographer – Jim Henson, puppeteer and
of TV's Muppets – James Joyce,
Picasso, artist – Rodgers &
Broadway showmen – Bart
on character – Frank Sinatra,
Spielberg, moviemaker – Igor
rah Winifred, TV talk-show host

ERS MARCH 29, 1999

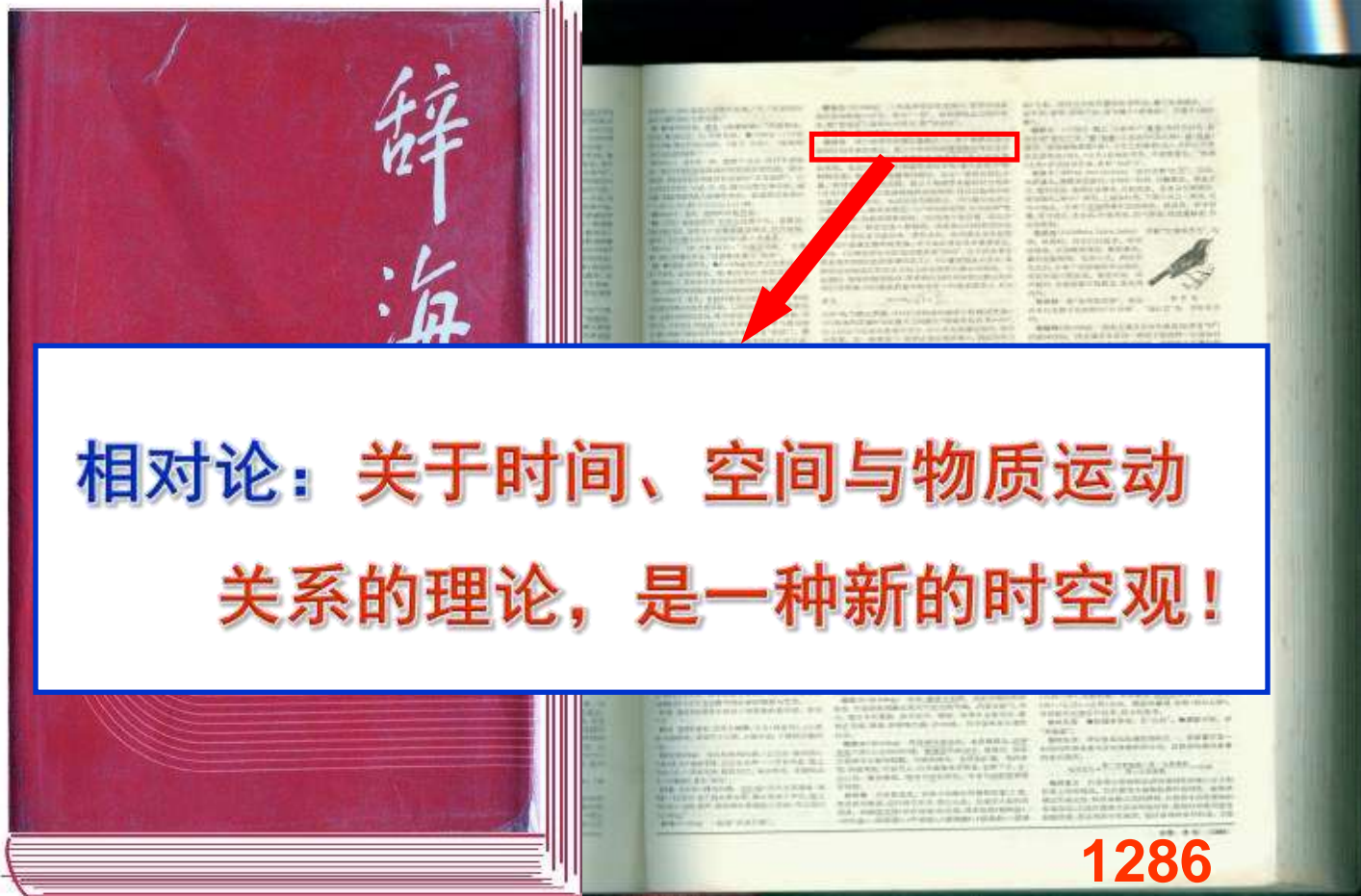
s pioneer --Tim Berners-Lee, Internet
n, environmentalist --Albert Einstein,
orth, inventor of electronic television --



“你的电影《摩登时代》，
世上人人都能看懂。你会是
个伟人的。”

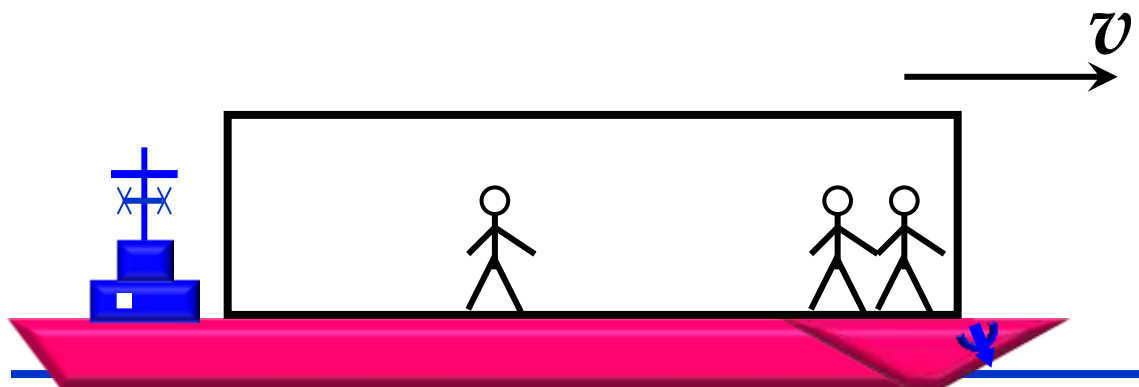


“我更加钦佩你。‘相对
论’世上没人能懂，但你
已是一个伟人了。”



思考：

“将你和你的朋友关在一艘封闭的船舱里，
请你设计一个力学实验来判定船是**静止**还是做**匀速直线**运动！（器材不限）”

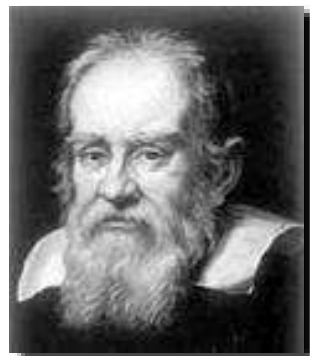


§ 20-1 力学相对性原理 伽利略变换

一、力学相对性原理

伽利略（1632年）

力学规律在所有惯性系中都具有相同的形式。



Galileo

惯性系：

牛顿运动定律在其中有效的参考系，且 $\vec{a} = 0$ 。



相同的形式：相同的数学表达式。

二、伽利略变换

事件： 空间的一点 时间的一瞬（时空点）

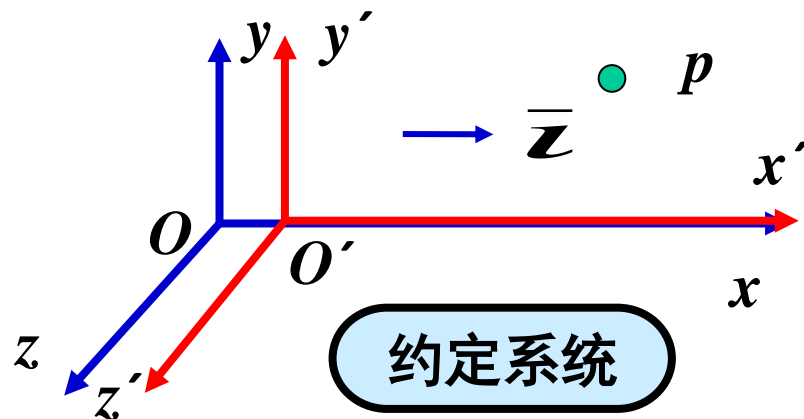
S (静)系: (x, y, z)

S' (动)系: (x', y', z')

$t = t' = 0$, o, o' 点重合

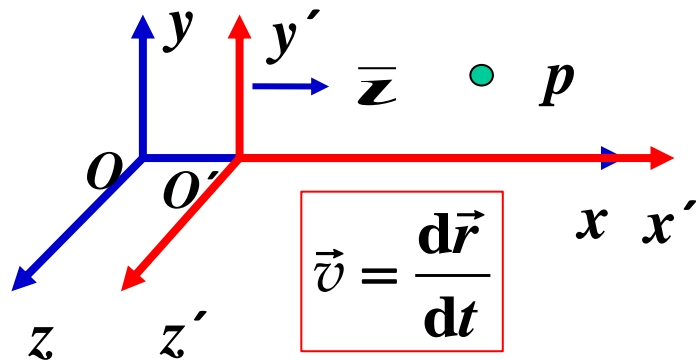
事件 p : S 系: $p(x, y, z, t)$

S' 系: $p(x', y', z', t')$



$$S \text{系} \rightarrow S' \text{系} \quad \begin{cases} x' = x - u t \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = t \end{cases}$$

正变换



$$S' \text{系} \rightarrow S \text{系} \quad \begin{cases} x = x' + u t' \\ y = y' \\ z = z' \\ t = t' \end{cases} \quad \begin{cases} v'_x = v_x - u \\ v'_y = v_y \\ v'_z = v_z \end{cases} \quad \begin{cases} v_x = v'_x + u \\ v_y = v'_y \\ v_z = v'_z \end{cases} \quad \vec{a}' = \vec{a}$$

逆变换

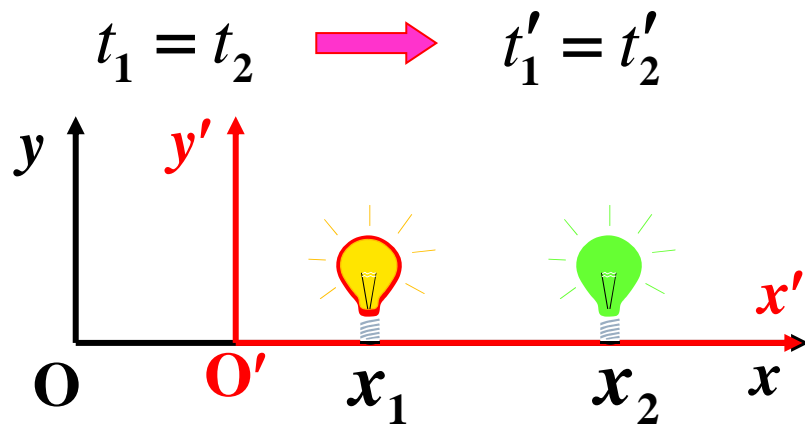
经典力学认为： 时间与空间无关是独立的 质量是不变量

力学相对性原理 $\vec{F} = m\vec{a} \leftrightarrow \vec{F}' = m'\vec{a}' \quad m = m'$

三、经典力学的时空观

参考系变换下的不变量叫绝对量，改变量叫相对量。

1. 同时性是绝对的



2. 时间间隔的测量是绝对的

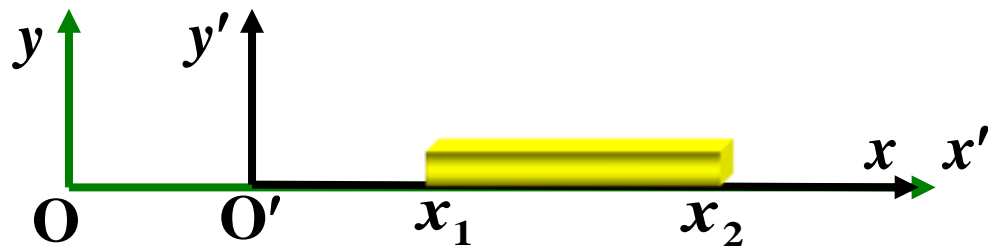
$$S\text{系: } \Delta t = t_2 - t_1$$

$$S'\text{系: } \Delta t' = t'_2 - t'_1$$

$$\rightarrow \Delta t' = \Delta t$$

3. 空间间隔的测量是绝对的

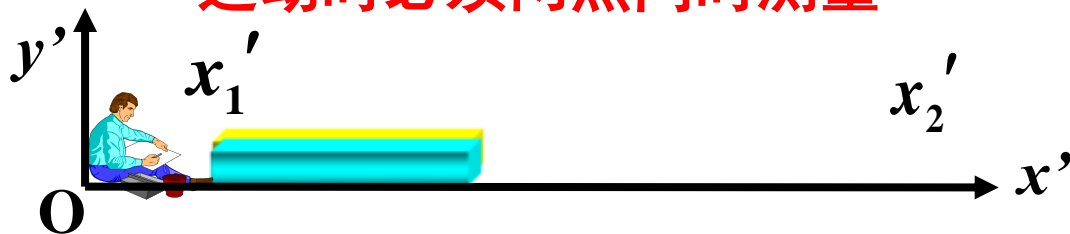
长度：空间两点间距离



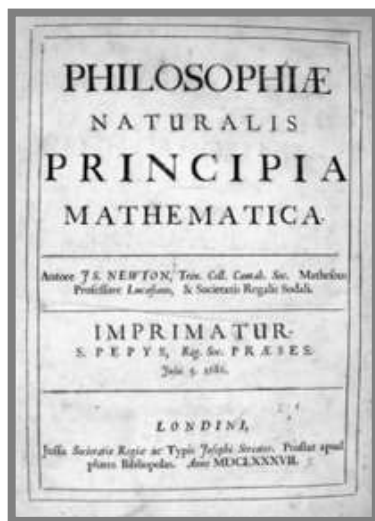
$$S \text{系: } l = x_2 - x_1 \quad x' = x - ut \quad \begin{aligned} x'_1 &= x_1 - ut_1 \\ x'_2 &= x_2 - ut_2 \end{aligned}$$

$$S' \text{系: } l' = x'_2 - x'_1 = x_2 - ut - (x_1 - ut) = x_2 - x_1 = l$$

运动时必须两点同时测量



1687年，牛顿在《自然哲学的数学原理》一书中对时间和空间作如下表述：



《自然哲学的数学原理》

绝对的、真实的、纯数学的**时间**，就其自身和其本性而言，是永远均匀流动的，**不依赖于任何外界事物**。

绝对的**空间**，就其本性而言，是与**外界事物无关**而永远是相同和不动的。

时间、空间都是绝对的，并且独立于运动之外。

例：一小车以速度 \vec{u} 沿 X 轴运动，人在小车上打开手电筒，灯光在小车中 (S' 系) 以光速 C 传播，则地面的人 (S 系) 测得的光速为多大？

解：由

$$\begin{cases} v_x = v'_x + u \\ v_y = v'_y \\ v_z = v'_z \end{cases}$$

地面上的人测得的光速为

$$v_x = v'_x + u = c + u > c$$

可见在伽利略变换下光速是没有限度的

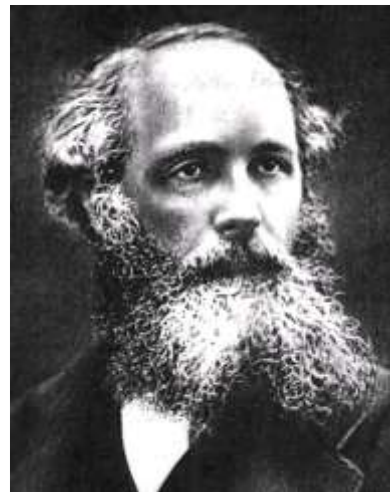
四、经典理论的困难

1、矛盾的产生

1865年 麦克斯韦建立电磁场理论

$$\left\{ \begin{array}{l} \nabla^2 E = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} \\ \nabla^2 H = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 H}{\partial t^2} \end{array} \right. \quad \text{波动微分方程:} \quad \nabla^2 y = \frac{1}{u^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$$

$$\text{光速(常量): } u = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} = c$$



Maxwell
(1831—1879)

2、以太假说

以太 (Ether) :

古希腊，由亚里士多德提出。



亚里士多德

(前384年—前322年)

整个宇宙空间都充满着以太这种绝对静止的特殊媒质，光就是靠这种媒质来传播！

以太参考系就是宇宙中的绝对参考系，光只在以太参考系中速度为 c 。

3、迈克尔逊—莫雷实验

静系(以太参考系):

光对以太速度为 \vec{c}

动系(地球参考系):

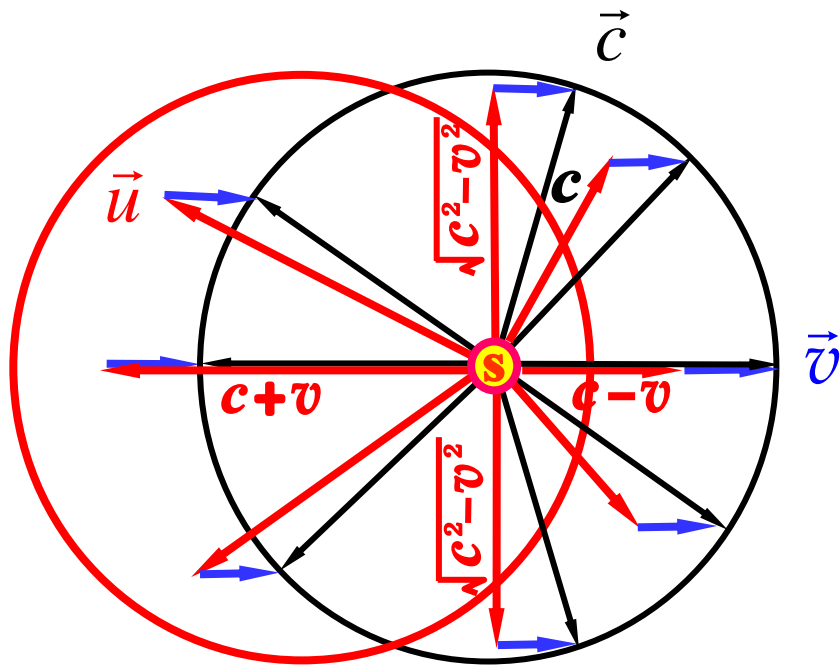
地球对以太速度 \vec{v}

光对地球的速度为 \vec{u}

$$\vec{u} = \vec{c} - \vec{v}$$

验证思路:

光对地球的相对运动符合上述规律, 则以太存在。



静系 (以太参考系):

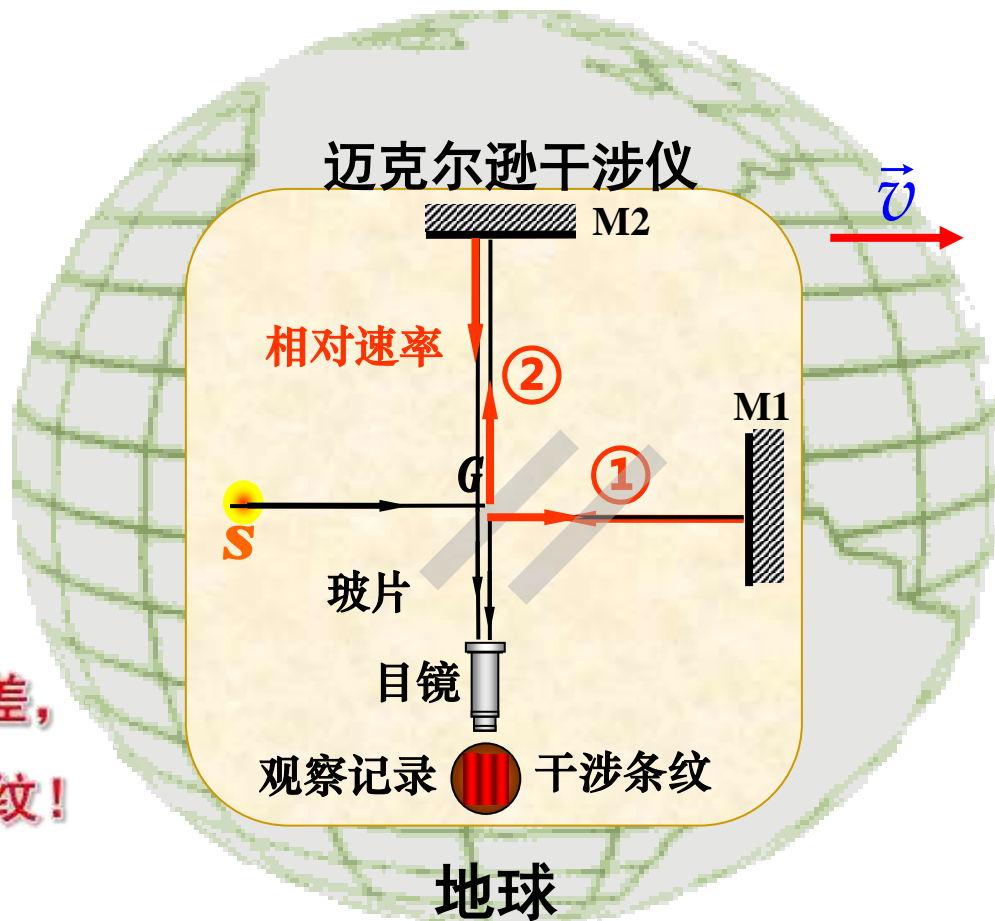
光对以太速度为 \vec{c}

动系 (地球参考系):

地球对以太速度 \vec{v}

光对地球的速度为 \vec{u}

由于①②存在时间差,
产生光程差和干涉条纹!



$$G \rightarrow M_1 \rightarrow G$$

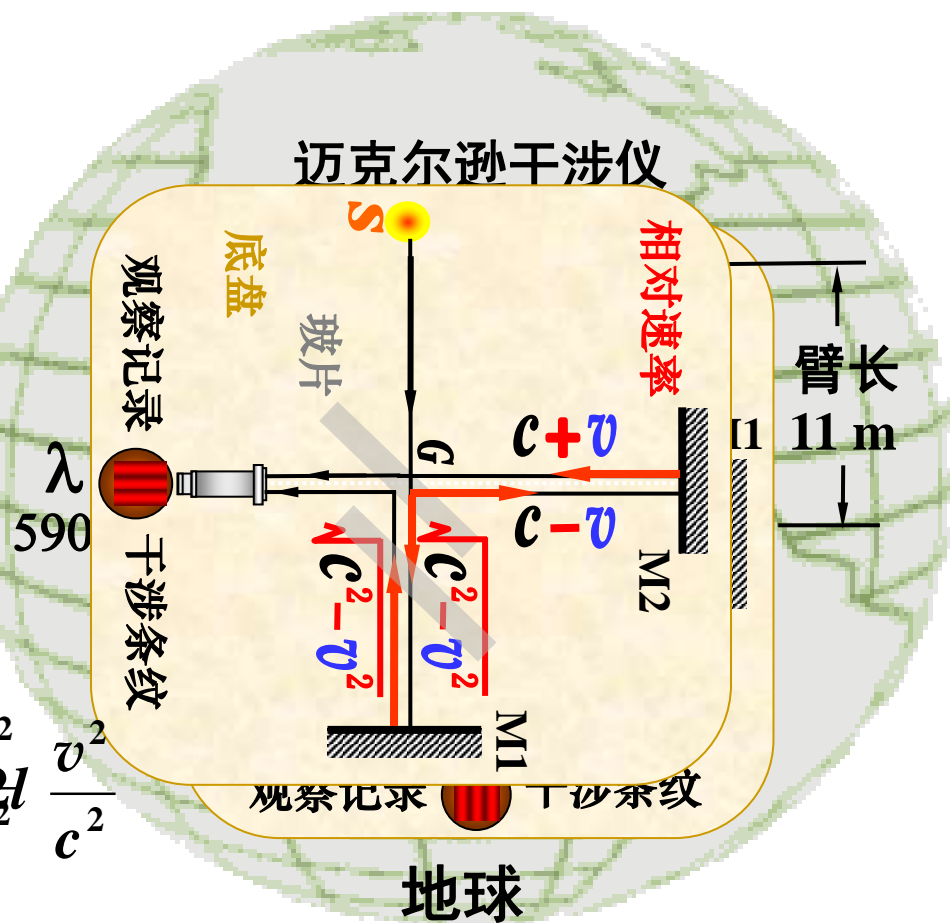
$$t_1 = \frac{l}{c-v} + \frac{l}{c+v}$$

$$G \rightarrow M_2 \rightarrow G$$

$$t_2 = \frac{2l}{\sqrt{c^2 - v^2}}$$

总路程差：

$$\Delta s = \frac{2c(t_2 - t_1)}{\lambda} = \frac{2l}{\lambda c^2} \frac{v^2}{c^2}$$



代入数据： $l = 11\text{m}$, $\lambda = 590\text{nm}$, $v = 3 \times 10^4 \text{ m/s}$

（光源为钠光灯， v 取地球绕太阳公转速度）

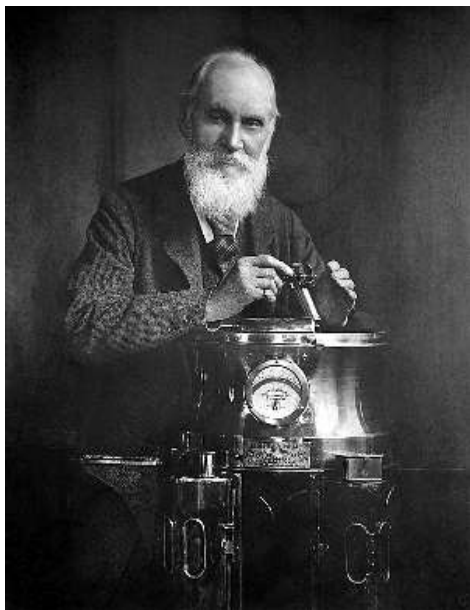
理论计算：

$N = 0.4$ 条, 仪器可测量精度: 0.01 条

实验结果： $N = 0$

经过不同季节、不同时间、不同地点的反复观测，
都没有发现预期的条纹移动。

结论： 以太找不到, 以太不存在！



Kelvin
(1824—1907)

开尔文：（1900年）

迈克尔逊-莫雷实验是
漂浮在物理学晴朗天空的一
朵乌云。



麦克斯韦电磁场理论

力学相对性原理

伽利略变换

光速在各系中相等

矛盾

牛顿的经典时空观

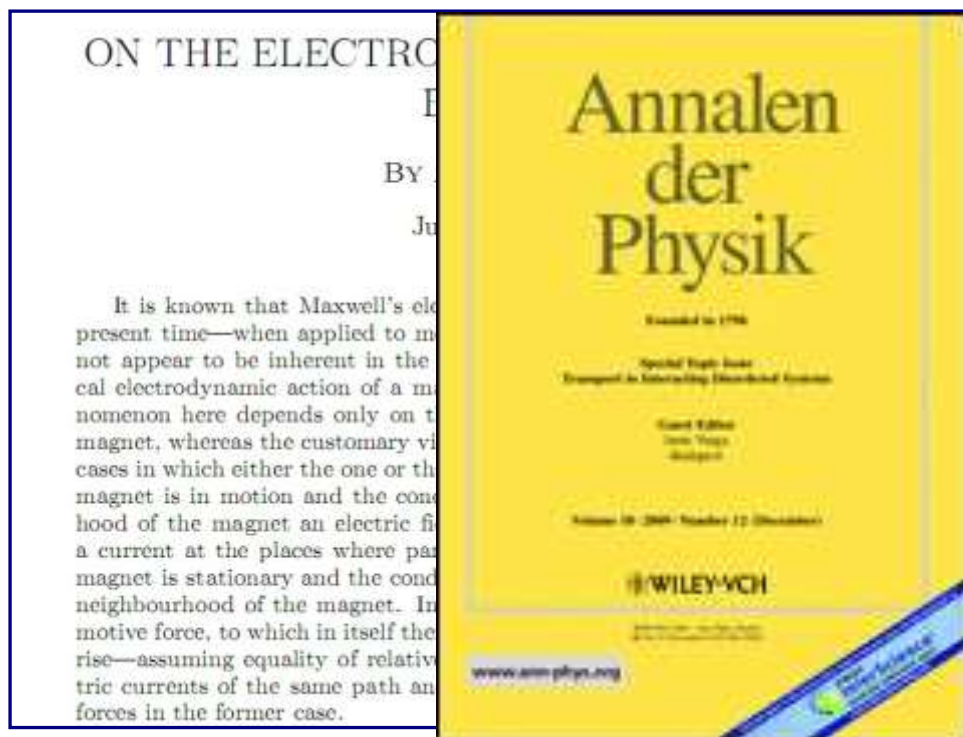


Einstein
(1879—1955)

伽利略变换
必须修正

§ 20-2 狭义相对论的基本原理 洛仑兹变换

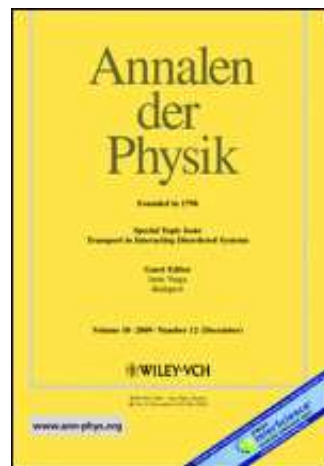
一、狭义相对论基本原理



一、狭义相对论基本原理

1、相对性原理：

物理规律在所有惯性系中都具有相同的形式。



2、光速不变原理：

在所有惯性系中，真空光速恒为 c 。

说明：

(1) 狭义相对性原理是力学相对性原理的发展

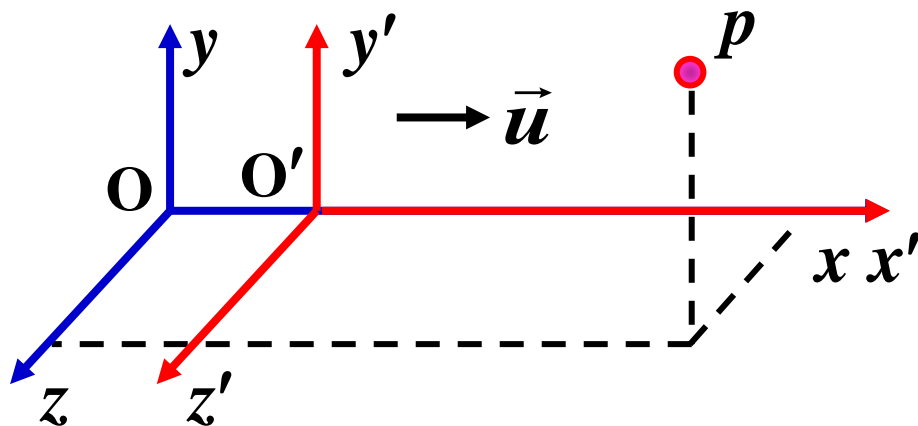
力学规律在所有惯性系中都具有相同的形式。

物理规律在所有惯性系中都具有相同的形式。

(2) 光速与方向无关，与光源的运动无关。

所有的惯性系都是等价的，而不存在特殊的绝对静止的参考系，这就否认了以太的存在，所以在迈克尔逊—莫雷实验也就不可能发现条纹的移动。而实验的零结果又刚好与光速不变原理相吻合。

二、洛伦兹变换



S 系: (x, y, z, t)

时间和空间是均匀的

S' 系: (x', y', z', t')

时空坐标间的变化是线性的

1. 洛伦兹坐标变换

$$\begin{cases} x' = \gamma(x - ut) \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \gamma(t - \frac{u}{c^2}x) \end{cases} \quad \begin{cases} x = \gamma(x' + ut') \\ y = y' \\ z = z' \\ t = \gamma(t' + \frac{u}{c^2}x') \end{cases}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad \beta = \frac{u}{c}$$

说明：

(1) 时间的测量与坐标有关，与选择的惯性系有关

时空不可分

(2) c 为极限速度

$$1 - \beta^2 \geq 0 \Rightarrow 1 - \left(\frac{u}{c}\right)^2 \geq 0 \Rightarrow \frac{u}{c} \leq 1 \quad \therefore u \leq c$$

(3) 伽利略变换是洛伦兹变换在低速条件下的近似

$$u \ll c:$$

$$\begin{cases} x' = \gamma(x - ut) \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \gamma\left(t - \frac{u}{c^2}x\right) \end{cases} \quad \beta = \frac{u}{c} \rightarrow 0: \quad \begin{cases} x' = x - ut \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = t \end{cases}$$

$\gamma \rightarrow 1$

2. 洛伦兹速度变换

$$v'_{x'} = \frac{dx'}{dt'} \quad v'_{y'} = \frac{dy'}{dt'} \quad v'_{z'} = \frac{dz'}{dt'} \quad \left\{ \begin{array}{l} x' = \gamma(x - ut) \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \gamma(t - \frac{u}{c^2}x) \end{array} \right.$$
$$dx' = \gamma(dx - udt)$$

$$dy' = dy \quad dz' = dz \quad dt' = \gamma(dt - \frac{u}{c^2}dx)$$

$$v'_{x'} = \frac{\gamma(dx - udt)}{\gamma(dt - \frac{u}{c^2}dx)} = \frac{(dx/dt) - u}{1 - \frac{u}{c^2} \frac{dx}{dt}} = \frac{v_x - u}{1 - \frac{u}{c^2}v_x}$$

$$v'_{y'} = \frac{v_y}{\gamma(1 - \frac{u}{c^2}v_x)} \quad v'_{z'} = \frac{v_z}{\gamma(1 - \frac{u}{c^2}v_x)}$$

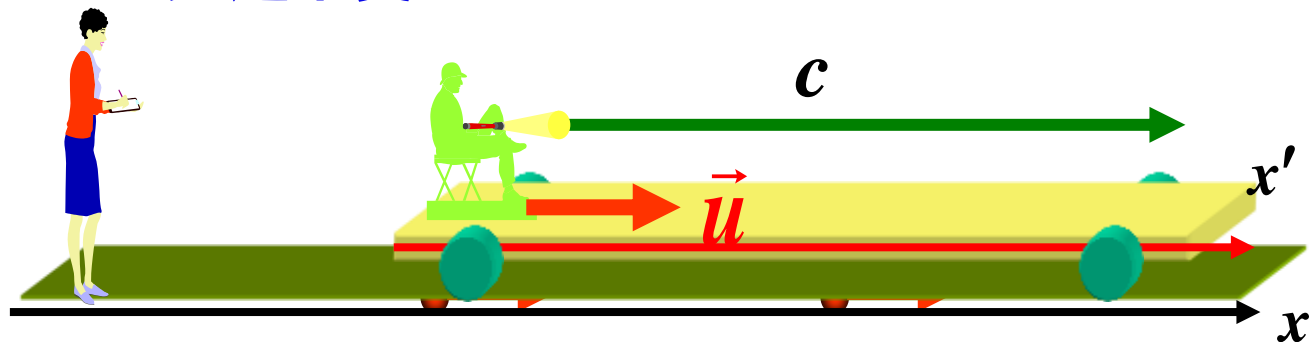
$$\left\{ \begin{array}{l} v'_{x'} = \frac{v_x - u}{1 - \frac{u}{c^2} v_x} \\ v'_{y'} = \frac{v_y}{\gamma (1 - \frac{u}{c^2} v_x)} \\ v'_{z'} = \frac{v_z}{\gamma (1 - \frac{u}{c^2} v_x)} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} v_x = \frac{v'_{x'} + u}{1 + \frac{u}{c^2} v'_{x'}} \\ v_y = \frac{v'_{y'}}{\gamma (1 + \frac{u}{c^2} v_x)} \\ v_z = \frac{v'_{z'}}{\gamma (1 + \frac{u}{c^2} v_x)} \end{array} \right.$$

说明：

(1) 伽利略变换是洛伦兹变换在低速条件下的近似

$$u, v_x \ll c \Rightarrow \frac{u}{c^2} v_x \rightarrow 0$$

(2) 光速不变



$$v'_{x'} = c$$

$$v_x = \frac{v'_{x'} + u}{1 + \frac{u}{c^2} v'_{x'}} = \frac{c + u}{1 + \frac{u}{c^2} c} = \frac{c + u}{\frac{c + u}{c}} = c$$

$$\text{极端: } v'_{x'} = c, u = c \quad v_x = \frac{c + c}{1 + \frac{c^2}{c^2}} = c$$

例： 设飞船A和B相向运动，在地面上测得A、B的速度沿x轴方向，各为 $0.9c$ 和 $-0.9c$ ，
求： (1) 在飞船B上看A相对于B的速度；
(2) 在地面上看A对B的速度。

解： (1) 地面为S系，B为S'系

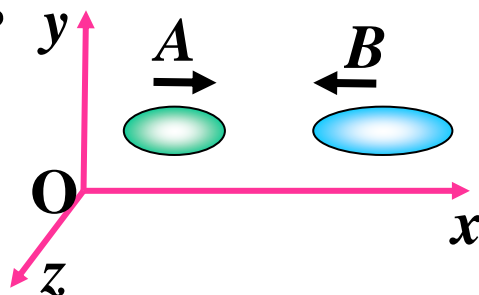
A为运动物体

$$v_x = 0.9c \quad u = -0.9c$$

$$v'_x = \frac{v_x - u}{1 - \frac{u}{c^2}v_x} = \frac{0.9c - (-0.9c)}{1 - \frac{(-0.9c) \times (0.9c)}{c^2}} = 0.994c$$

(2) 在x方向上

$$\begin{aligned} v_{AB} &= v_{A地} + v_{地B} = v_{A地} - v_{B地} \\ &= 0.9c - (-0.9c) = 1.8c \end{aligned}$$



注意：

速度变换和速度叠加的区别

已知：两物体对同一参考系的速度

1. 求：他们彼此观察到的速度

(换参考系观察) 速度变换

2. 求：该参考系观察两物体的相对速度

(没换参考系观察) 速度叠加



作业:

P181: 一.5 二.2, 三.1