

大学物理

College Physics C

主讲教师： 时红艳

QQ 群： 939984921

二区演示实验室： B320

Email: shi.hong.yan@hit.edu.cn



大学物理C (72学时)

课程考核要求：

- 平时作业15%；
- 随堂小测验15%；
- 研究性作业10%；
- 期中考试30%；
- 期末考试30%.

答疑： 每周五12:30-13:30，主楼二楼玻璃房答疑室（西侧）

主要教材及参考书：

张宇, 赵远. 大学物理 . 高等教育出版社 . 2015

- 毛骏健. 大学物理学. 高等教育出版社. 2006
- 程守洙、江之永. 普通物理学（第五版）. 高等教育出版社. 1998
- 马文蔚. 物理学（第六版）. 高等教育出版社. 2003
- 张三慧. 大学物理学（第二版）. 清华大学出版社. 1999
- 休 D. 杨, 罗杰 A. 弗里德曼. 西尔斯物理学. 机械工业出版社. 2003

绪 论

- ❖ 一、什么是物理学
- ❖ 二、物理学研究范畴
- ❖ 三、物理学对人类文明进步的影响
- ❖ 四、为什么要学习物理学？
- ❖ 五、物理课程应学习什么？
- ❖ 六、怎样学好物理学？

一、物理学

物理学是研究物质世界的构成、演化及其规律的学科。

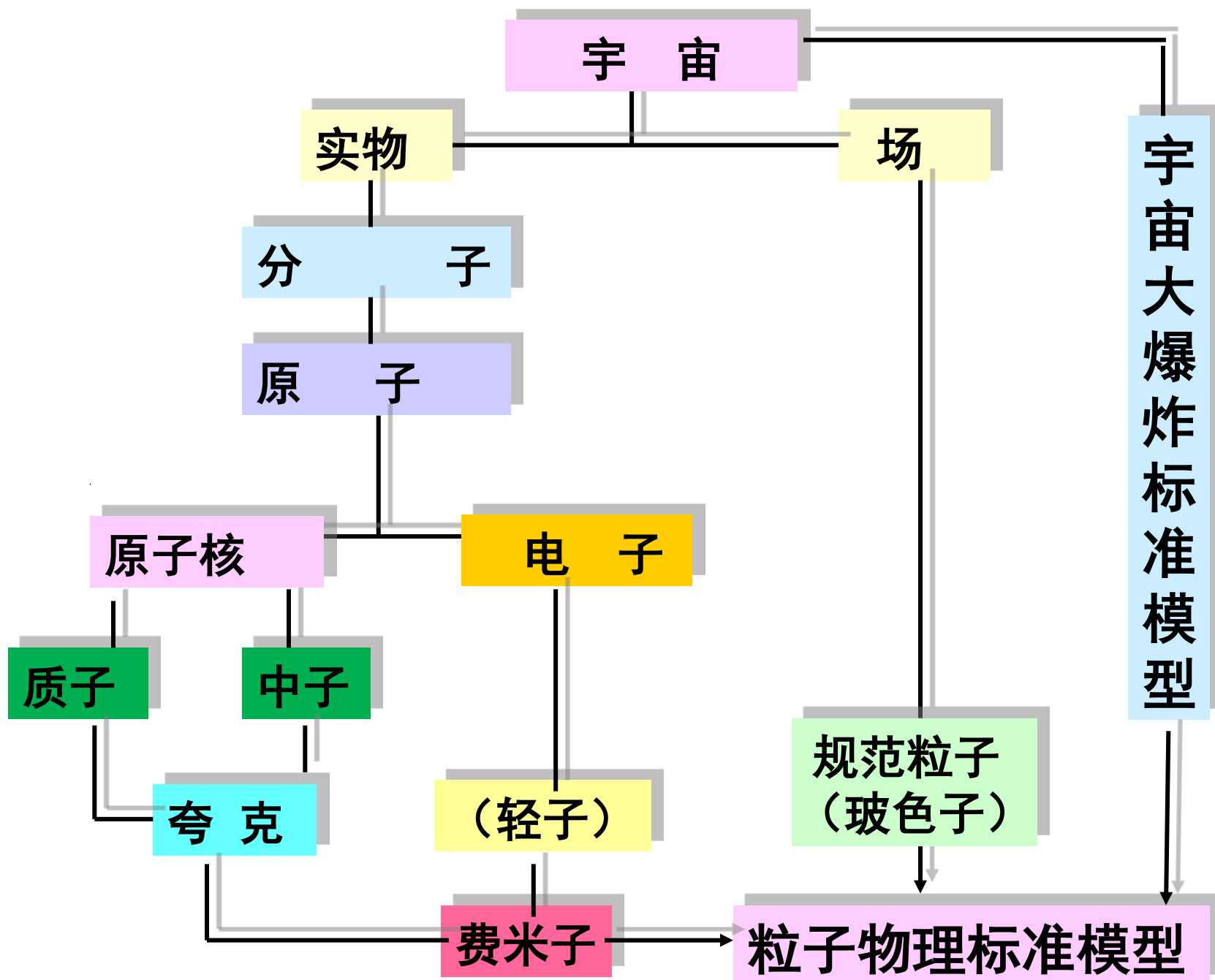
1. 物质世界的基本结构

实物粒子： 在空间占有一定的有限体积，具有不可入性；

场： 充满空间，没有不可入性。

二者共同点： 场和实物粒子都具有能量和动量，具有不连续的微观结构。

1. 物质世界结构



粒子物理标准模型

粒子分类：(62种)

规范玻色子(13种)
费米子(48种)
Higgs粒子(1种)

粒子间相互作用

强相互作用

电磁相互作用

弱相互作用

引力相互作用

2. 物质存在的唯一形式——运动

最基本、最普遍的运动形式及转化规律

机械运动 热运动 电磁运动（光）

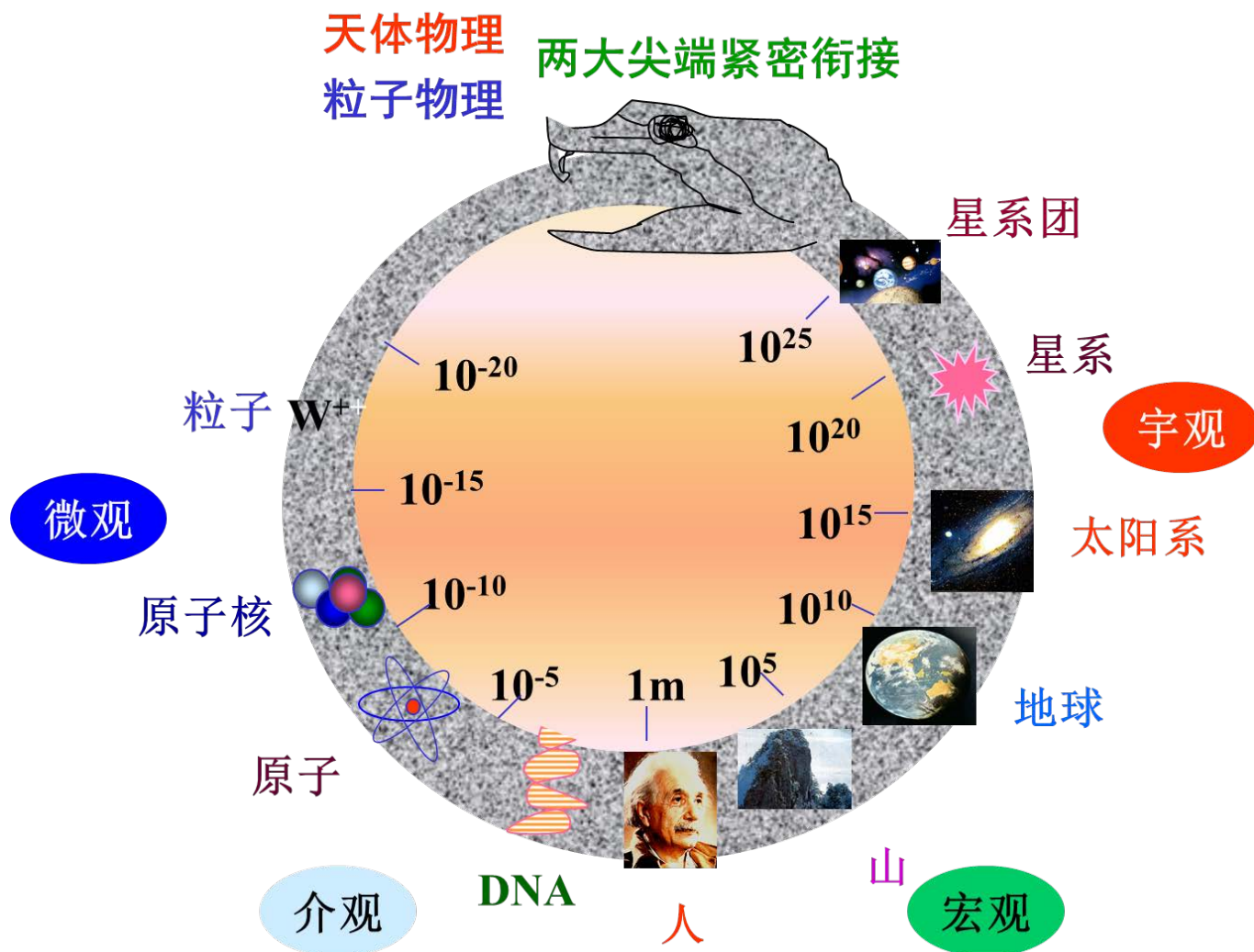
原子和原子核内部的运动

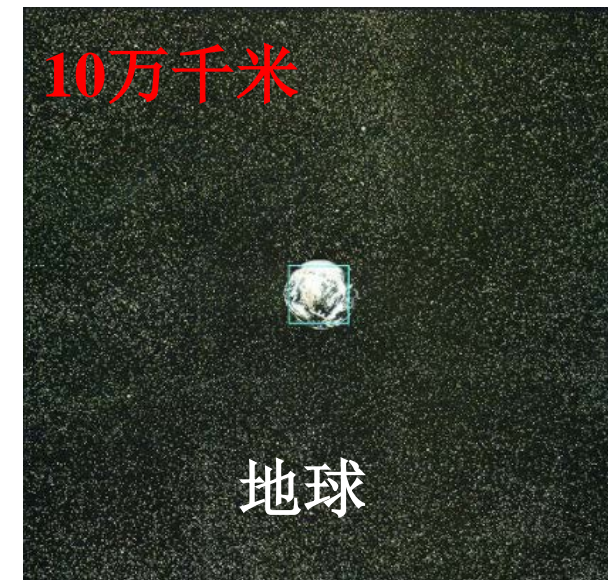
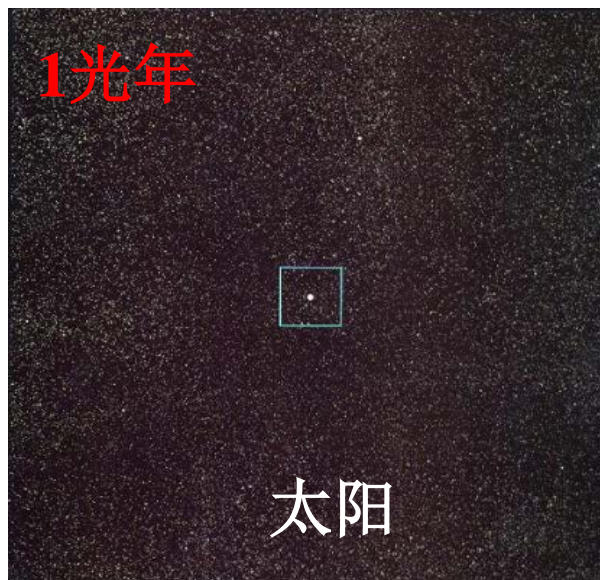
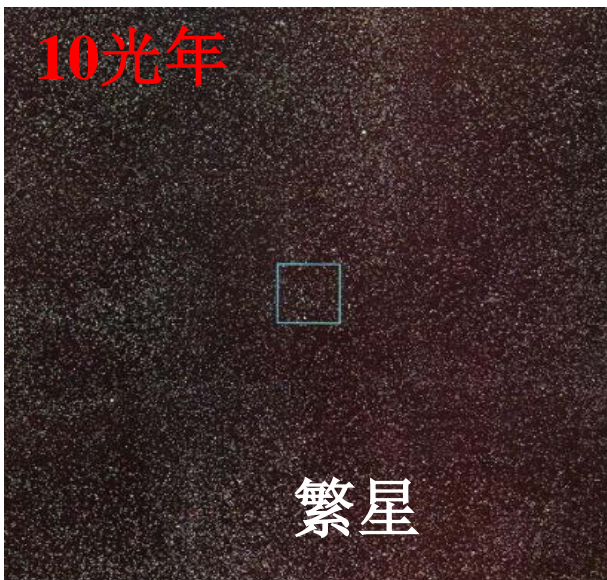
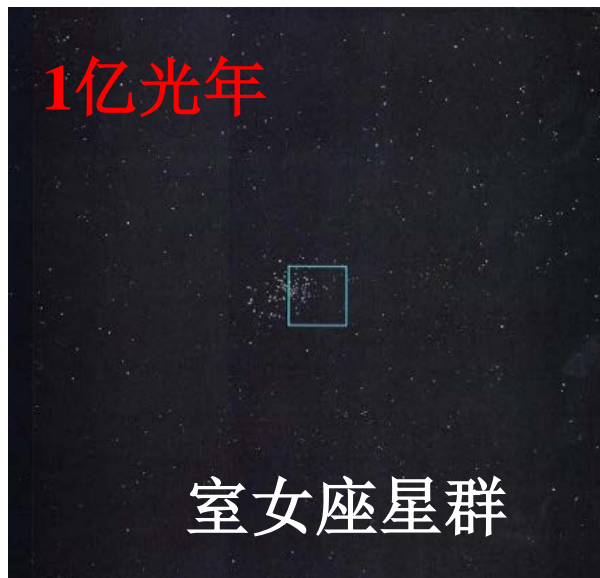
二、物理学研究范畴

1. 物质角度

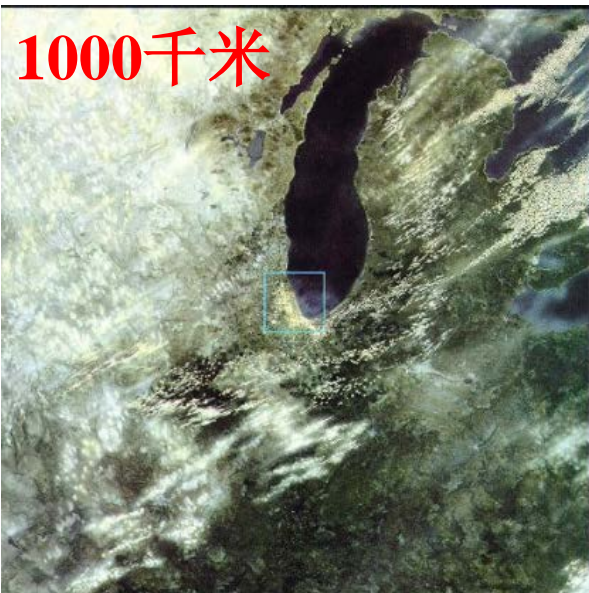
空间尺度 (相差 10^{47})

10^{27} m (约470亿光年) (宇宙可观测半径) —— 10^{-20} m (夸克)





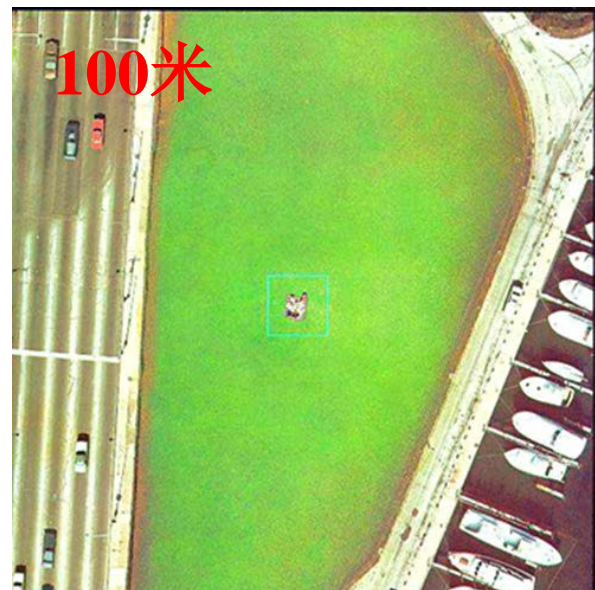
1000千米



100千米



100米



10米

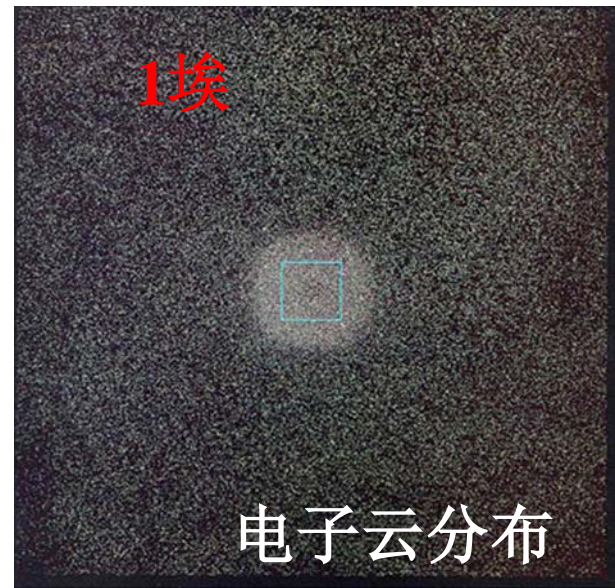
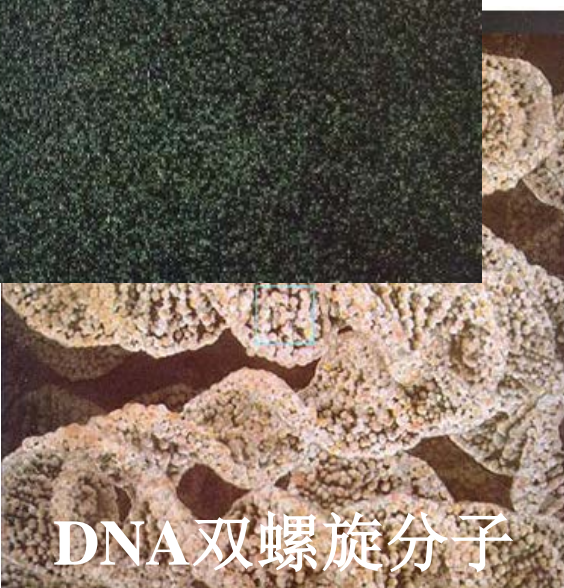
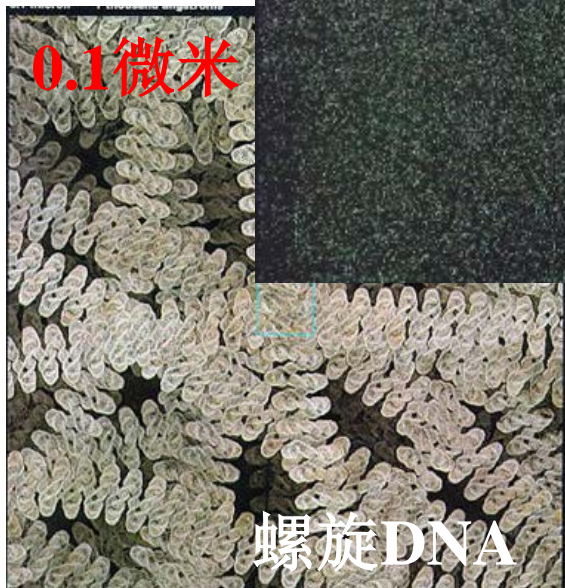
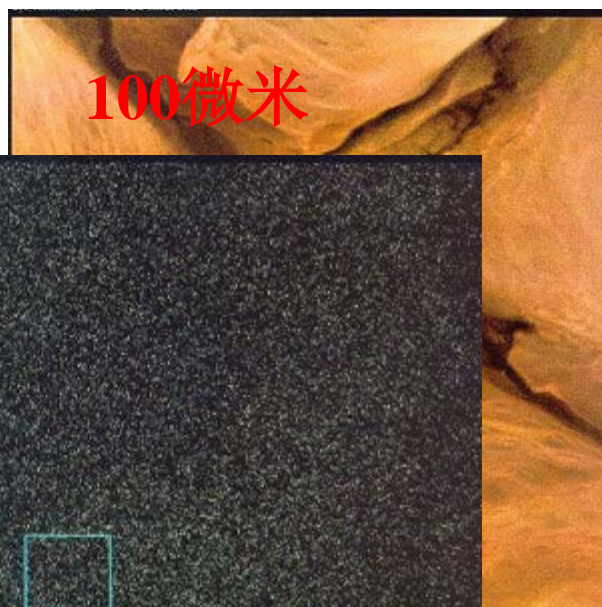
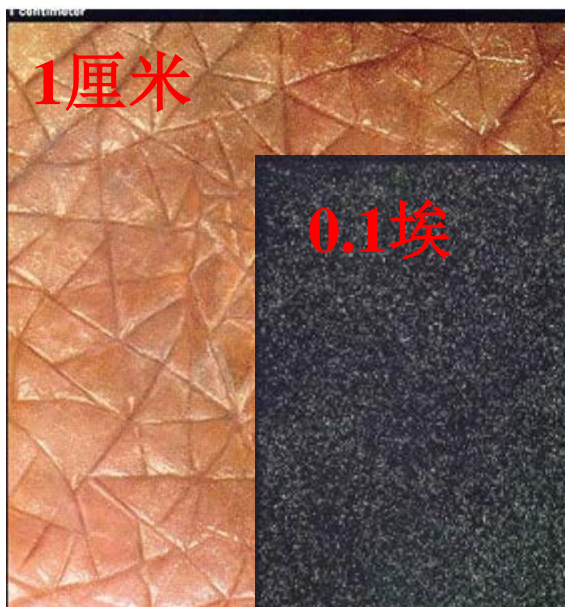


1米



0.1米





时间尺度 (相差 10^{45})

10^{18} s (138.2亿年) (宇宙年龄) —— 10^{-27} s (硬 γ 射线周期)

时间层次;

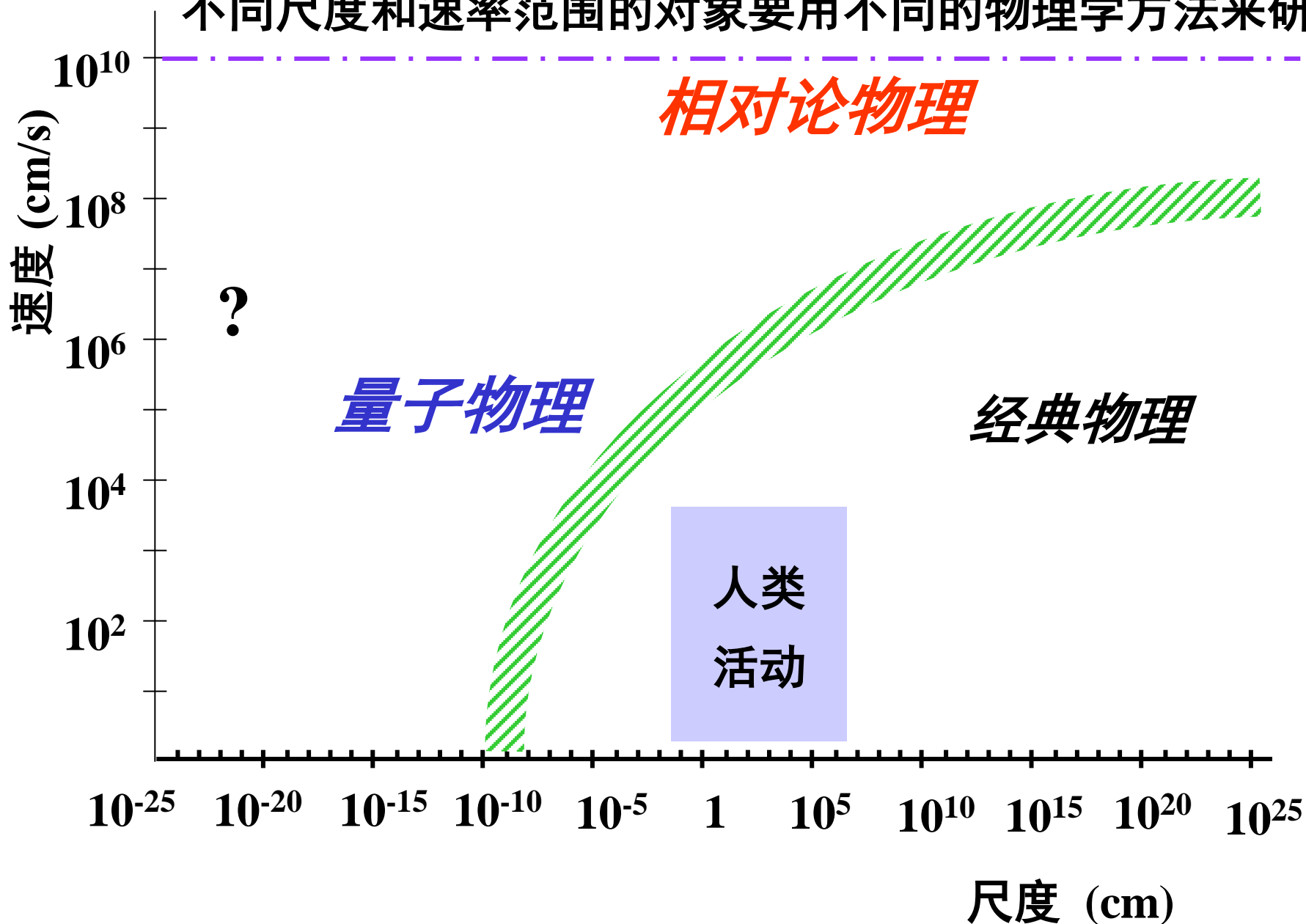
宇宙年龄	10^{18} 秒
地球年龄	10^{17} 秒
人类文明史	10^{11} 秒
人的寿命	10^9 秒
地球公转周期	3×10^7 秒
百米	10^1 秒
钟摆周期	10^0 秒
μ 子寿命	10^{-6} 秒
Z^0 寿命	10^{-25} 秒

普朗克时间; $t_P = l_P / c$ 10^{-44} 秒

速率范围

0 (静止) — $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ (光速)

不同尺度和速率范围的对象要用不同的物理学方法来研究



2. 运动形式

机械运动 —— 经典牛顿力学

机械能

分子热运动 —— 热力学、分子运动论

热能

电磁运动 —— 电磁学、电动力学

电磁能

原子和原子核运动以及微观粒子运动等 —— 粒子物理学

核能

3. 运动和物质的联系——能量

三、物理学对人类文明进步的影响

1. 中国古代科技史

历史上，我国在科技发展中的重要贡献——磁、火药、小孔成像、浑仪和简仪、地动仪等等；

2. 18-19世纪：第一次科学革命

a) 1687年 牛顿《论自然哲学之数学原理》发表
标志着物理学真正成为一门精确的科学；

力学原理

机械振动和波

热力学与统计物理

波动光学

电磁学

经典物理大厦

b) 18世纪：第一次工业革命

经典的牛顿力学和经典热力学完善和发展基础上；
→1769年，瓦特发明蒸汽机

c) 19世纪：第二次工业革命

经典的电磁学理论不断完善的基础之上→ 电动机
和发电机→使人类社会进入工业电气化时代；

19世纪末，20世纪初，经典物理大厦上空的乌云



黑体辐射、光电效应、原子的不连续光谱、固体在低温下的比热等等

3. 20世纪：第二次科学革命 (物理学激动人心的年代)

爱因斯坦创立了相对论；

普朗克、爱因斯坦、玻尔 德布罗意、
海森伯、薛定谔、 玻恩等人共同努力
创立了量子论和量子力学。

奠定了近代物理学的理论基础。

1905年的奇迹 爱因斯坦奇迹年

6篇论文，在三个领域作出了四个有划时代意义的贡献。

(1) **光量子论**，提出光量子假说。

(2) **分子动理论**，三篇有关布朗运动的论文，为解决原子是否存在的问题做出了突出贡献。

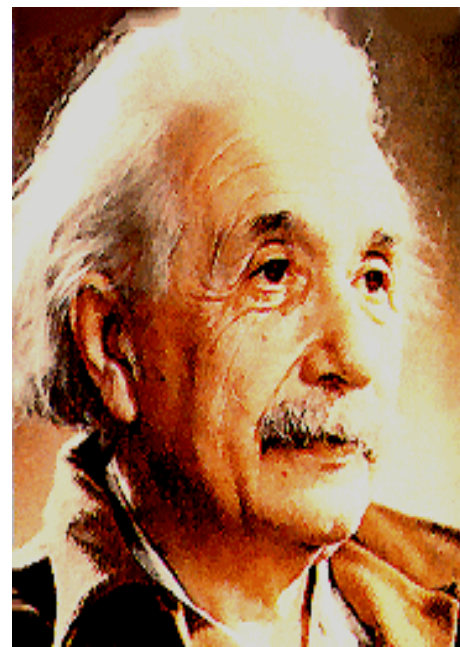
(3) **创立狭义相对论**，《论动体的电动力学》完整地提出狭义相对性理论。

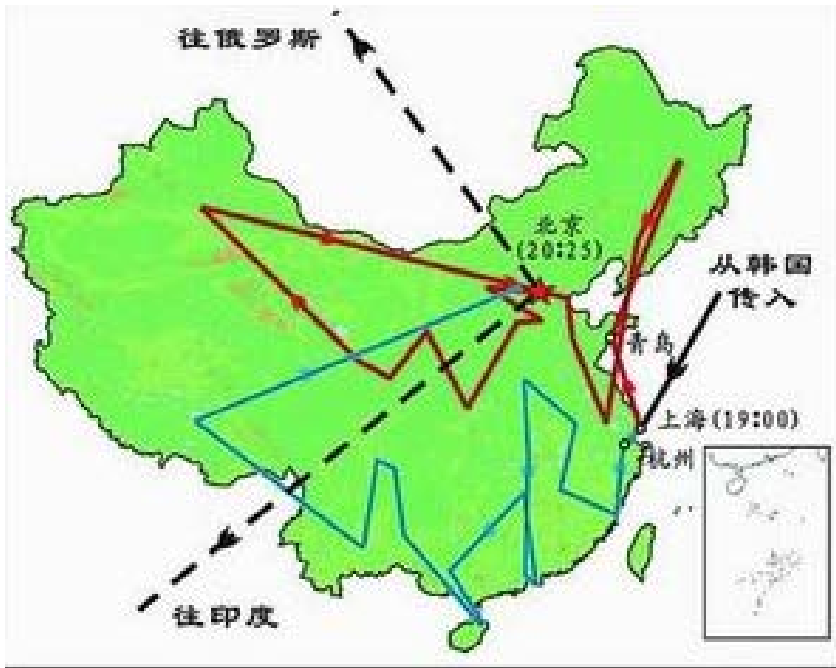
(4) **质能相当性**，《物体的惯性同它所含的能量有关吗？》解释了放射性元素（如镭）所以能释放出大量能量的原因。

2005——世界物理年



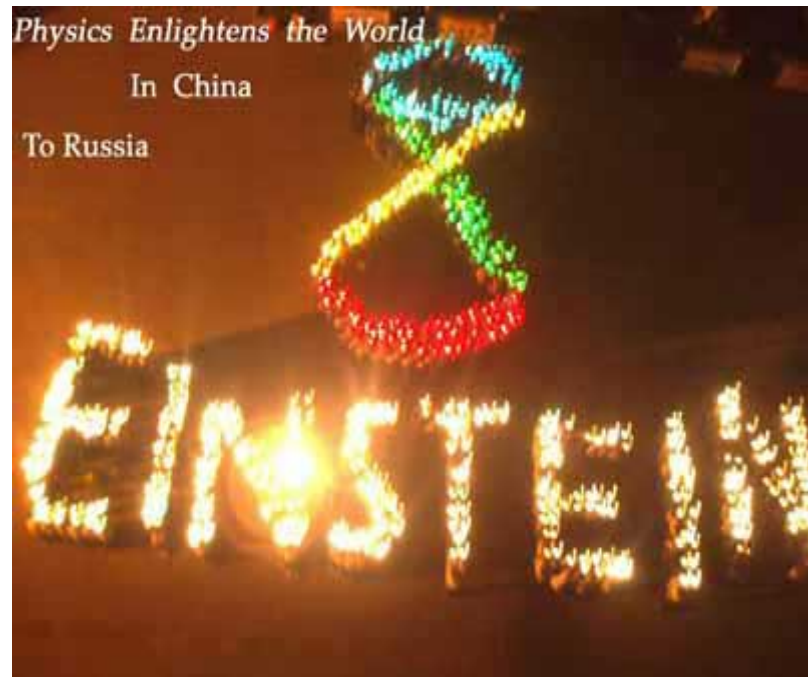
“物理照耀世界”





“物理照耀世界”

2005年4月19日，是爱因斯坦逝世50周年纪念日。一束光信号从爱因斯坦工作过的普林斯顿发出，通过大洋光缆在24小时内周游地球，最后返回美国。



什么是物理学？

物理：探索万“物”之“理”

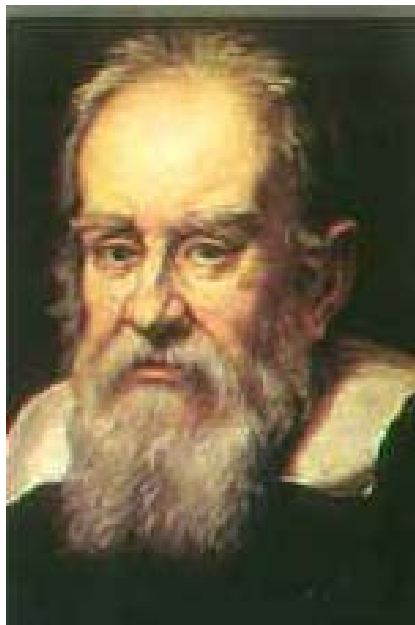
1999年3月16日-21日举行的 第23届国际纯粹物理与应用物理联合会（IUPAP）大会通过的“决议”中精辟地指出：

物理学是研究**物质、能量**和它们的**相互作用**的学科。

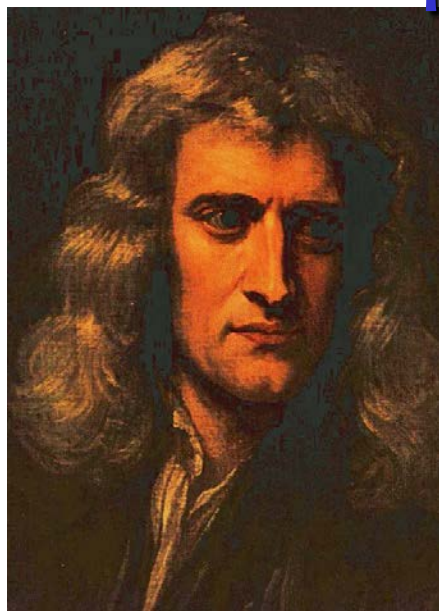
What is physics?

Physics is what physicists do !

他们就是物理学！



(1564—1642)
意大利



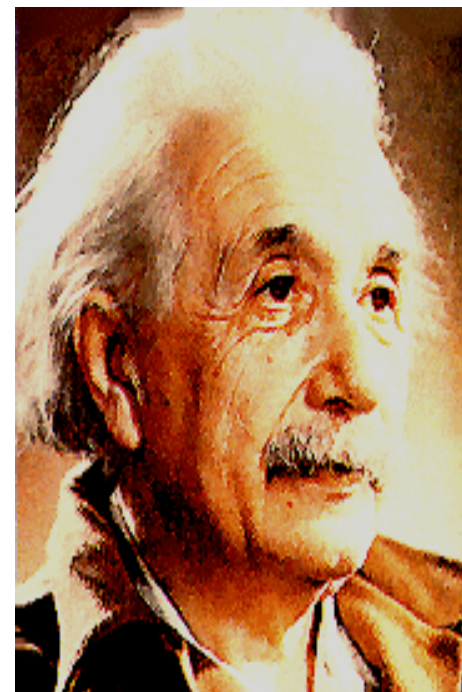
(1642—1727)
英国



(1831—1879)
英国



(1885—1962)
丹麦



(1879—1955)
德裔美国人

(1957 弱宇称不守恒)



杨振宁

(1997 用激光冷却进行
低温下俘获原子的方法)



朱棣文



李政道

(1998 强磁场中的
分数分子电荷)



崔琦

(1976 发现J/ ψ 粒子)



丁肇中

(2009 光纤在光学通
信中应用)



高锟

第五届Solvay会议 1927

他们就是物理学



4. 以相对论和量子力学为基础迅速发展的现代工业技术

20世纪前半叶，核物理的发展把人类带入了原子能时代。

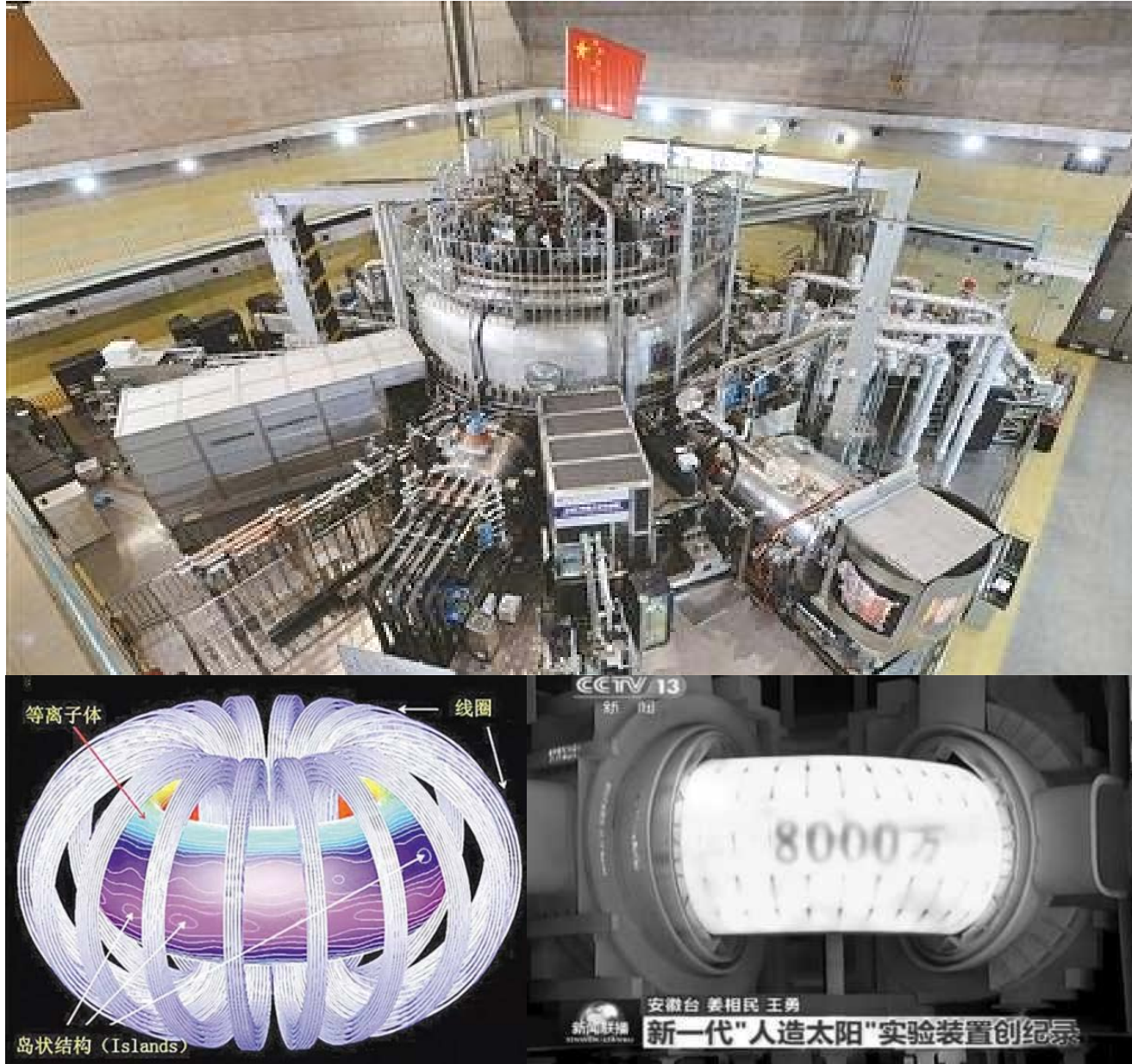
20世纪后半叶，电子计算机的发展把人类带入了信息时代。



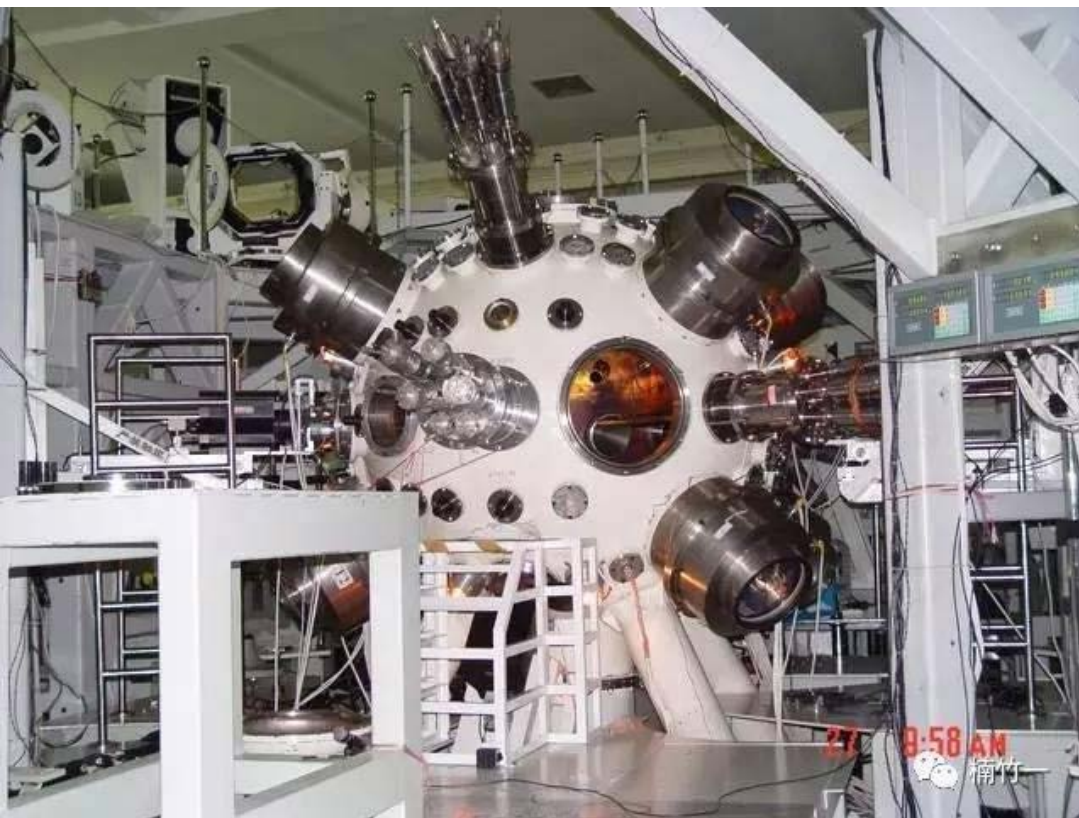
1942年世界上第一个核反应堆运行成功



欧洲核子研究中心(CERN)座落在日内瓦，粒子加速器；
大环是周长27 km的LHC大型强子对撞机；
中环是质子同步加速器；
四个环形探测器，LHCb于2012年发现Higgs粒子



中科院等离子体物理研究所的合肥科学岛，中国“人造太阳”——全超导托卡马克核聚变（磁约束聚变）实验装置



中国神光(神光II靶室)——惯性约束聚变，利用激光热核点火实现激光核聚变



行星发动机：石头中所包含的重元素进行核聚变反应是否可行？

20世纪物理学一个重大贡献 —— 激光

1960年制成第一台**红宝石**激光器(美国休斯飞机公司，梅曼)

此后几十年制成各种类型、覆盖各种频段的激光器

其应用已拓展到各个领域：激光通讯、光学信息处理、光学信息存储、激光探测、激光熔炼、激光切割、激光外科手术、激光武器等等。



美国机载激光(ABL)



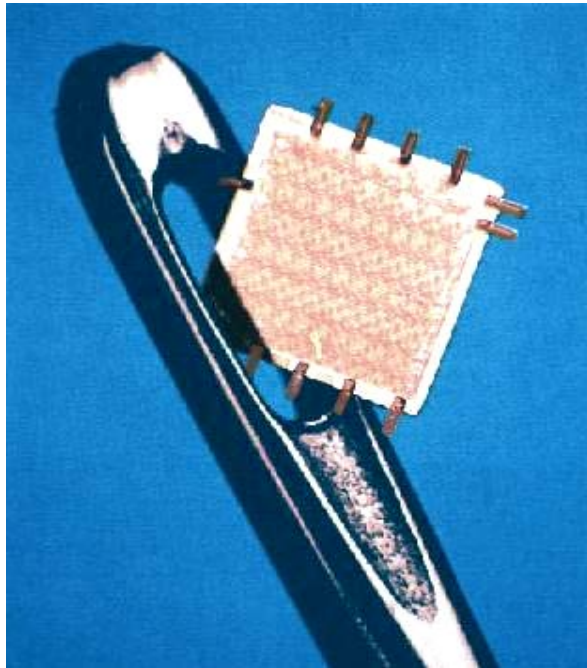
20世纪物理学给社会的最大冲击----

以半导体为基础的电子信息技术-----信息时代

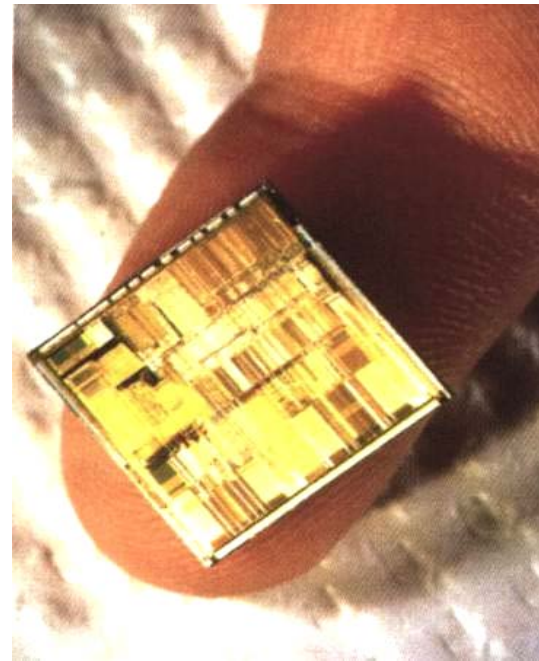
第三次工业革命

最有竞争力的新技术来源于基础研究室

超大规模集成电路的研究生产技术 从物理基础研究实验移植



在一毫米见方的单晶硅片上制成的集成电路可以穿过针眼。



90年代中期Intel公司，奔腾(Pentium)芯片上包含500万个晶体管，刻蚀线宽不到微米。

而目前刻蚀线宽最小到10nm。

物理学渗透到其它学科

物理与化学的结合：

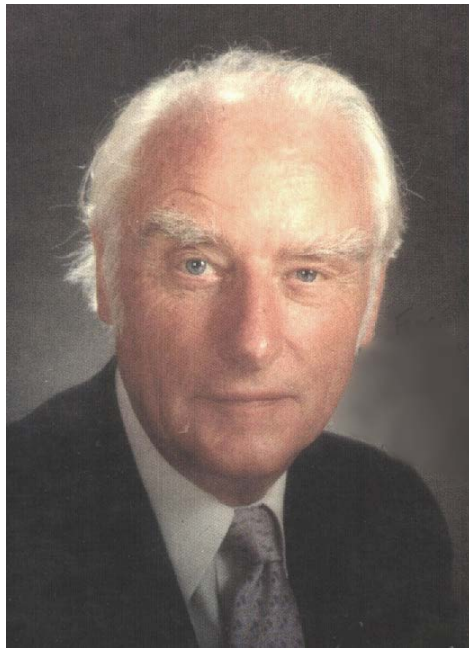
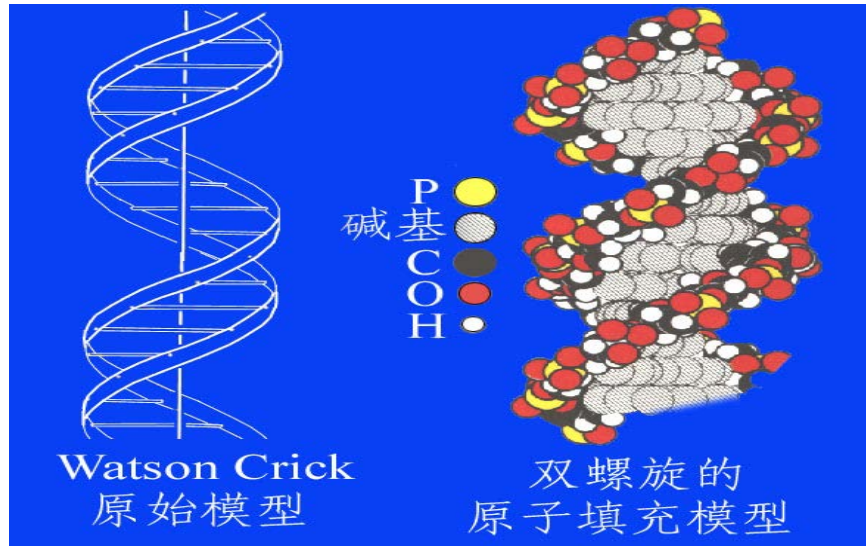
量子化学、激光化学、分子反应动力学等等

1998年，在给Jolm A. Pople和Walter Kolm颁发诺贝尔化学奖的颁奖公报中宣布“化学不再是纯实验科学了”，因为在他们的工作中用到了“电子密度泛函理论和量子化学计算方法”。

1999年，A.H.Zewail 成功地应用超快激光技术（飞秒激光）研究原子的微观运动，获得诺贝尔化学奖。

飞秒~ 10^{-15} 秒

物理与生命科学： DNA分子双螺旋结构的发现



Francis Crick（克里克） & James Watson（沃森）

物理、化学、生物的结合： 多学科融合发展

2014年诺贝尔化学奖（超分辨荧光成像）授予物理学家



Eric betzig

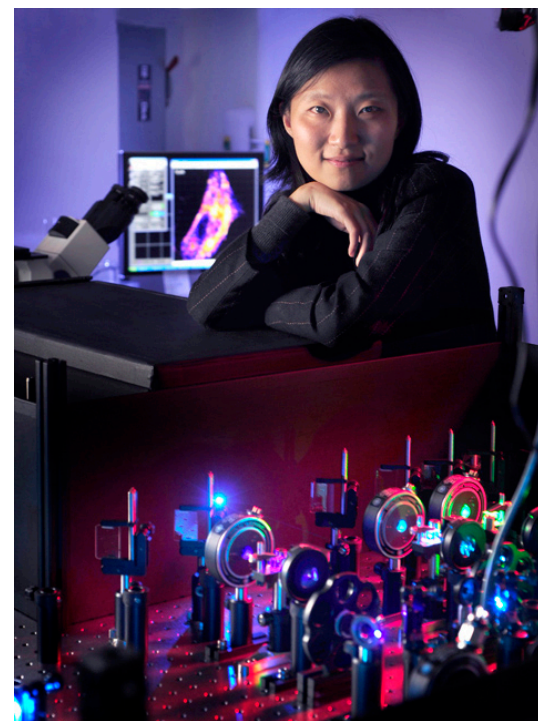


Stefan Hell



William Moerner

应用于生物、化学、物理领域



庄晓威(美籍华裔)³⁶

物理学与经济学

利用**布朗运动模型**和**随机微分方程**导出 Black—Scholes 期权定价公式，获1997年诺贝尔经济学奖。



M.S.Scholes & F.S.Black

四、为什么要学习物理学？

物理学是一切自然科学的基础

物理学是现代技术革命的先导

物理学是认识世界，掌握世界的思维方法



五、物理课程应学习什么？

如果总是沉浸在数学推导中是无法**享受物理**的！

细看物理愁如海——宋 陈浮良
细推物理需行乐——唐 杜甫

- ✓ 提高科学素养和能力
- ✓ 学习物理学思维方式
模型、统计、类比、逻辑、假说等思维方式
- ✓ 提高自我获取知识的能力
- ✓ 培养探索与创新精神

从繁杂的公式推导运算中解脱出来，远观物理学的美！

努力塑造自己、成为适应现代科学技术发展需求人才——

工程科学家型：善于从战略思想上把当代科学成就和工程技术联系起来，出概念、出思想。

革新发明家型：能创造性的运用当代科技知识建造工程系统，发明新方法、创造新产品。

现场工程专家型：在现场从事建造、操作和维护复杂设备和工程系统的正常工作。

管理规划专家型：在领导或管理部门工作，但活动仍以技术为背景。

特点是：（1）往往涉及边缘科学，知识面广；

（2）对新技术、新方向有敏锐的鉴别识别力；

（3）对方针政策有深刻理解。

六、怎样学好物理学？

※重视预习、复习。 培养自学能力

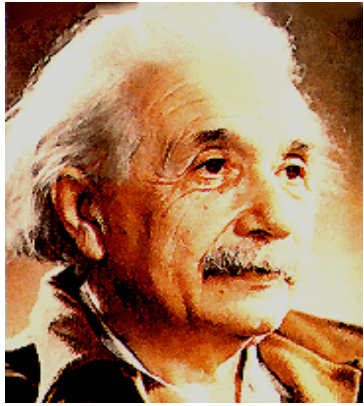
※重视基本概念的理解。 培养独立思考的能力

※认真完成作业。 培养自己分析问题和解决问题能力

要勤于思考，悟物穷理，建立自己的物理图像

书山有路勤为径

学海无涯悟作舟



结束语

发展独立思考和独立创新的一般能力，应当始终放在首位，而不应当把知识放在首位。如果一个人掌握了他的学科的基础理论，并且学会了独立思考与工作，他必定会找到自己的道路。而且比起那些主要以获取细节知识为训练内容的人来，他一定会更好地适应进步和变化。

——爱因斯坦

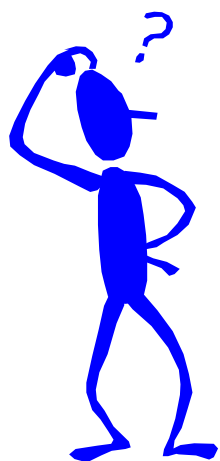
数学预备知识——一元函数的微积分

一、微分

随时间变化函数： $F(t)$

一阶导数：
$$F'(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{\Delta t}$$

二、积分
$$F(t) = \int F'(t) dt$$



$$F(t) = \begin{cases} 4t^2 + 5t^3 \\ \sqrt{t^2 + 3t^3} \\ 3\sin^3 t + 5\cos^5 t \\ 6e^3 + 2e^{-7} \\ \dots \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} M(t) = F'(t) \\ N(t) = \int F(t) dt \end{cases}$$

数学预备知识二——矢量代数的基本知识

一、标量：只有大小 例如：质量、长度、时间、密度、能量、温度等。

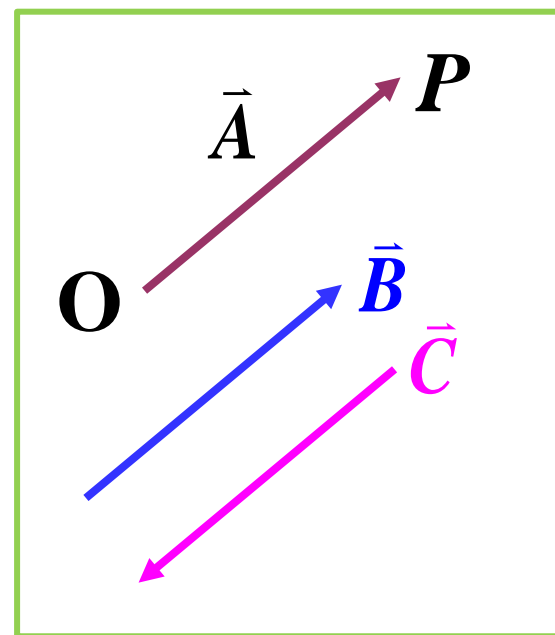
二、矢量：既有大小又有方向，并有一定的运算规则，例如：位移、速度、加速度、角速度等。

1.矢量的表示：

有向线段表示： $\vec{A} = \overrightarrow{OP}$

$\left\{ \begin{array}{l} \text{长短表示大小：} A = |\vec{A}| = |\overrightarrow{OP}| \\ \text{箭头表示方向} \end{array} \right.$

矢量相等：大小相同，方向相同



2.矢量的基本性质：空间平移不变性

$$\vec{A} = \vec{B} = -\vec{C}$$

3.几个特殊矢量：

(1) 常矢量：

其大小和方向都不随时间变化的矢量。例如：恒力。

(2) 单位矢：模为1的矢量，用于表示矢量的方向。

例： $\hat{a} = \frac{\vec{A}}{A}, \quad |\hat{a}| = 1, \quad \vec{A} = A \cdot \hat{a}$

注意

单位矢量**不一定**是常矢量

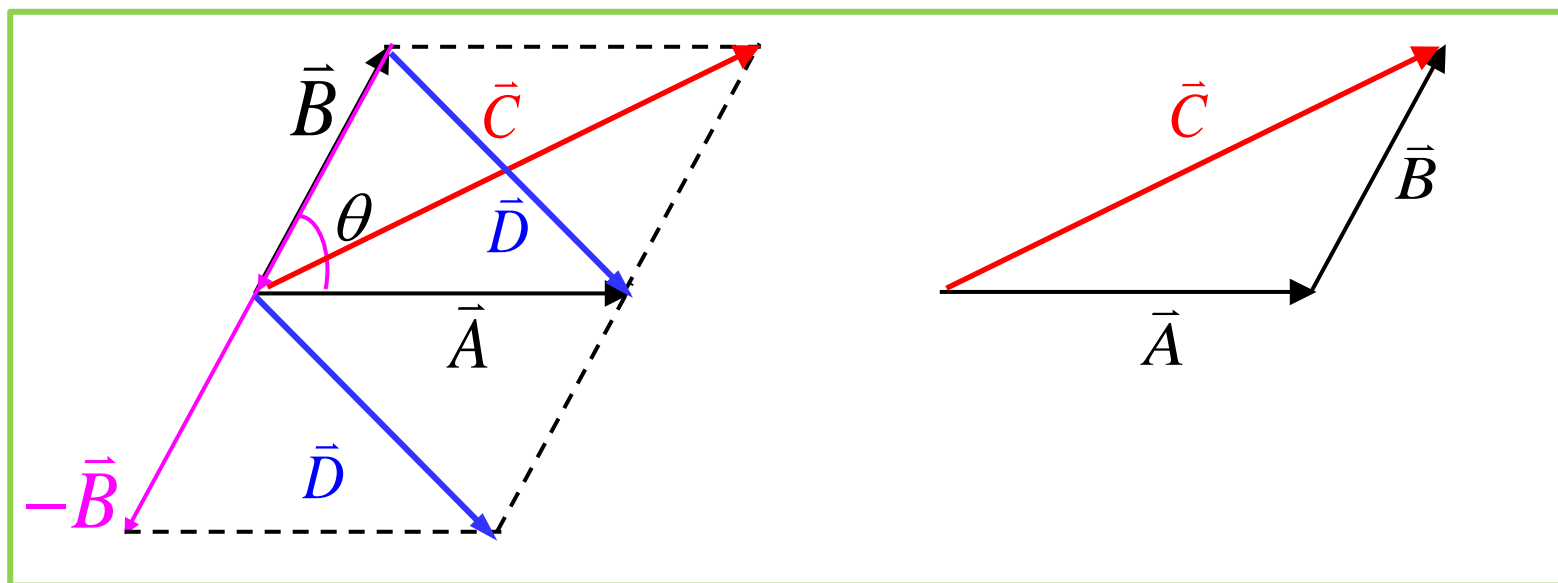
在直角坐标系中： \hat{i} ： 沿x轴正方向的单位矢量

\hat{j} ： 沿y轴正方向的单位矢量

\hat{k} ： 沿z轴正方向的单位矢量

4、矢量的运算法则：

(1) 加减法： $\vec{A} + \vec{B} = \vec{C} = (A_x + B_x)\hat{i} + (A_y + B_y)\hat{j} + (A_z + B_z)\hat{k}$
平行四边形法则 和 **三角形法则**



$$C = |\vec{C}| = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB \cos \theta}$$

$$\vec{A} - \vec{B} = \vec{A} + (-\vec{B}) = \vec{D}$$

直角坐标系下： $\vec{A} = \vec{A}_x + \vec{A}_y + \vec{A}_z = A_x\hat{i} + A_y\hat{j} + A_z\hat{k}$

(2) 矢量的积 —— 标积 和 矢积

❖ 矢量的标积 (点积)

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = AB \cos \theta$$

标积的性质:

交换律: $\vec{A} \cdot \vec{B} = \vec{B} \cdot \vec{A} = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z$

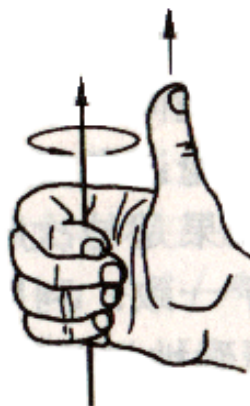
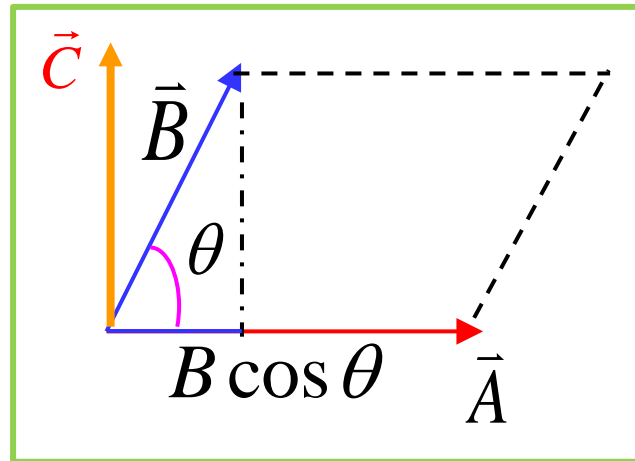
分配律: $\vec{A} \cdot (\alpha \vec{B} + \beta \vec{C}) = \alpha \vec{A} \cdot \vec{B} + \beta \vec{A} \cdot \vec{C}$

❖ 矢量的叉积 (矢积)

$$\vec{A} \times \vec{B} = \vec{C}$$

大小: $|\vec{C}| = |\vec{A} \times \vec{B}| = AB \sin \theta$ —— 平行四边形面积

方向: —— 右手螺旋法则



叉积的性质: $\vec{A} \times \vec{B} = -\vec{B} \times \vec{A}$

$$\vec{A} \times (\alpha \vec{B} + \beta \vec{C}) = \alpha \vec{A} \times \vec{B} + \beta \vec{A} \times \vec{C}$$

$$\vec{A} \times \vec{A} = \vec{0}$$

直角坐标系下:

$$\vec{A} \times \vec{B} = (A_x \hat{i} + A_y \hat{j} + A_z \hat{k}) \times (B_x \hat{i} + B_y \hat{j} + B_z \hat{k})$$

$$= \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix} = \begin{pmatrix} (A_y B_z - A_z B_y) \hat{i} \\ (A_z B_x - A_x B_z) \hat{j} \\ (A_x B_y - A_y B_x) \hat{k} \end{pmatrix}$$

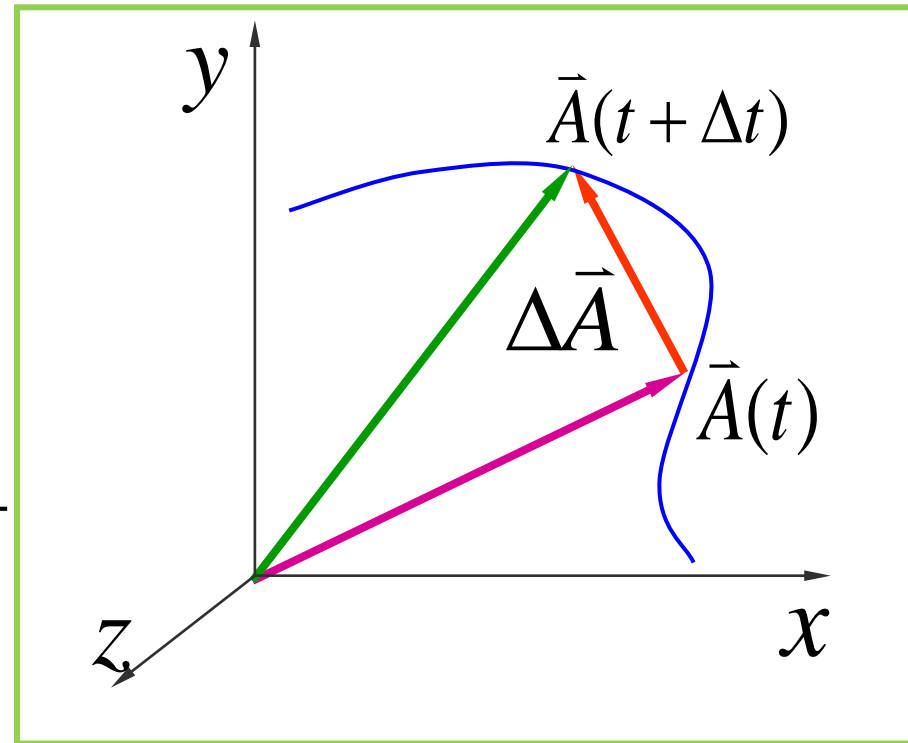
(3) 矢量的微分(对时间 t)

$t \rightarrow (t + \Delta t)$ 时间内矢量的增量:

$$\Delta \vec{A} = \vec{A}(t + \Delta t) - \vec{A}(t)$$

Δt 时间内矢量的平均变化率: $\frac{\Delta \vec{A}}{\Delta t}$

$$\begin{aligned} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{A}}{\Delta t} &= \frac{d\vec{A}(t)}{dt} \\ &= \frac{d(A_x \hat{i} + A_y \hat{j} + A_z \hat{k})}{dt} = \frac{dA_x}{dt} \hat{i} + \frac{dA_y}{dt} \hat{j} + \frac{dA_z}{dt} \hat{k} = \vec{B} \end{aligned}$$

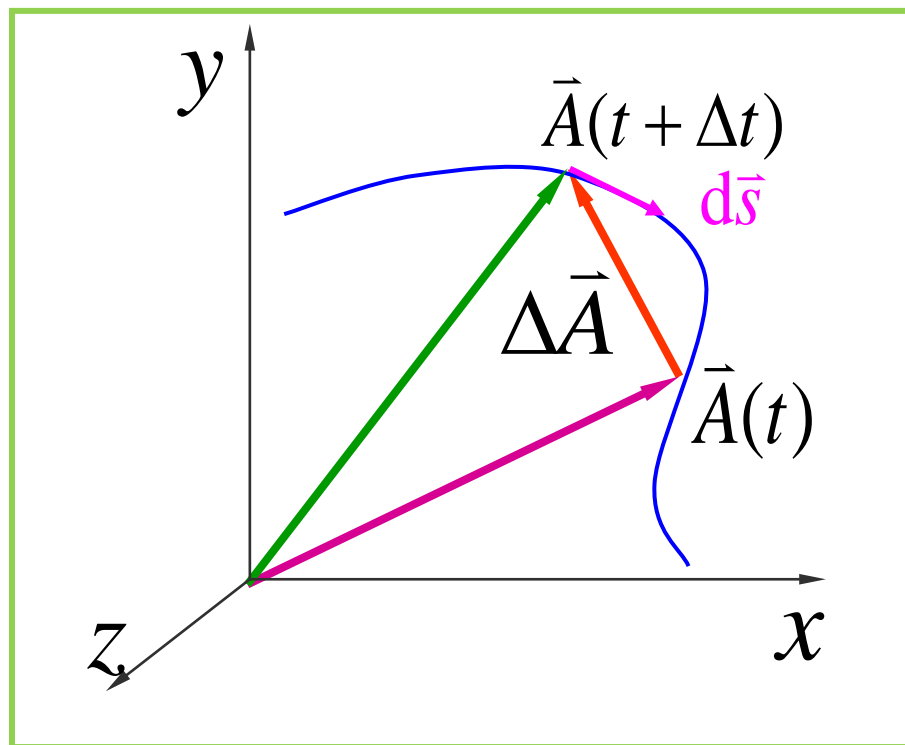


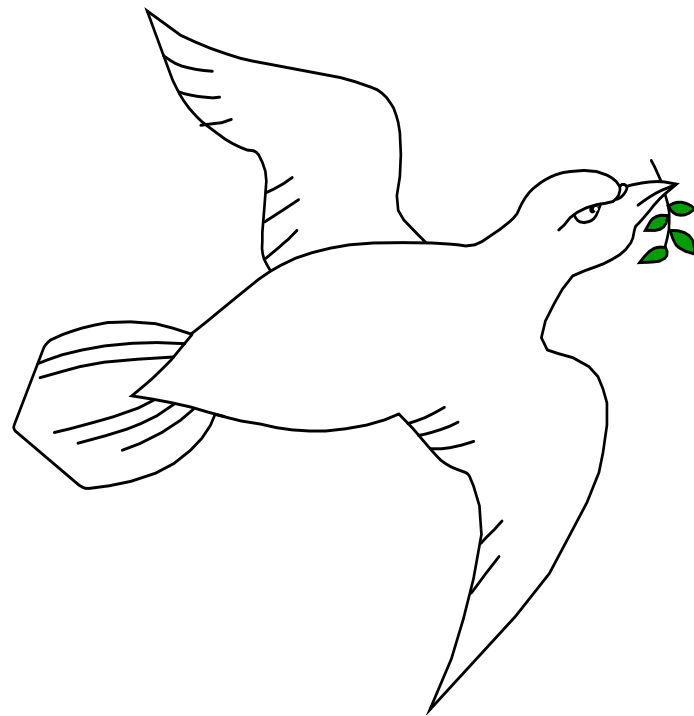
(4) 矢量的积分(对时间 t)

$$\begin{aligned} \vec{A}(t) &= \int \vec{B} dt = \int (B_x \hat{i} + B_y \hat{j} + B_z \hat{k}) dt \\ &= \left(\int B_x dt \right) \hat{i} + \left(\int B_y dt \right) \hat{j} + \left(\int B_z dt \right) \hat{k} \\ &= A_x \hat{i} + A_y \hat{j} + A_z \hat{k} \end{aligned}$$

(5) 矢量的积分(对路径)

$$\begin{aligned}\int \vec{A} \cdot d\vec{s} &= \int \left(A_x \hat{i} + A_y \hat{j} + A_z \hat{k} \right) \cdot \left(dx \hat{i} + dy \hat{j} + dz \hat{k} \right) \\ &= \int A_x dx + \int A_y dy + \int A_z dz\end{aligned}$$





矢量与标量不能相等！

所代表的物理量不同也不能相等！！！！

2019年大学物理C课前问卷调查

<https://wj.qq.com/s2/3243332/bfea/>

