



上海科技大学  
ShanghaiTech University

# 生物医学工程学导论

Introduction to Biomedical Engineering

曹国华

上海科技大学生物医学工程学院

2022.09.15

# Lecture 2: BME工程学基础 (I)

□“面条塔”挑战赛

□工程学与科学

□BME工程学基础

# “面条塔”挑战赛

## 目标：

18分钟内，搭建最高的面条塔，用于支撑一个棉花糖

## 材料：

- 20 根面条
- 1 米长胶带
- 1 个棉花糖

## 规则：

- 与身边同学组队，每队3-4人
- 仅可使用以上材料，且不可补充
- 棉花糖最高端与支撑桌面的距离为每队成绩

00 : 18 : 00

Change Clock Type

Digital

Duration: 00 18 00

TimeUp Reminder (Optional): -- -- --

Choose Sound Effect Tick

Choose TimeUp Sound Alarm

☐ Enable Count Up ☐ Combine With Bar Clock

Start

Pause

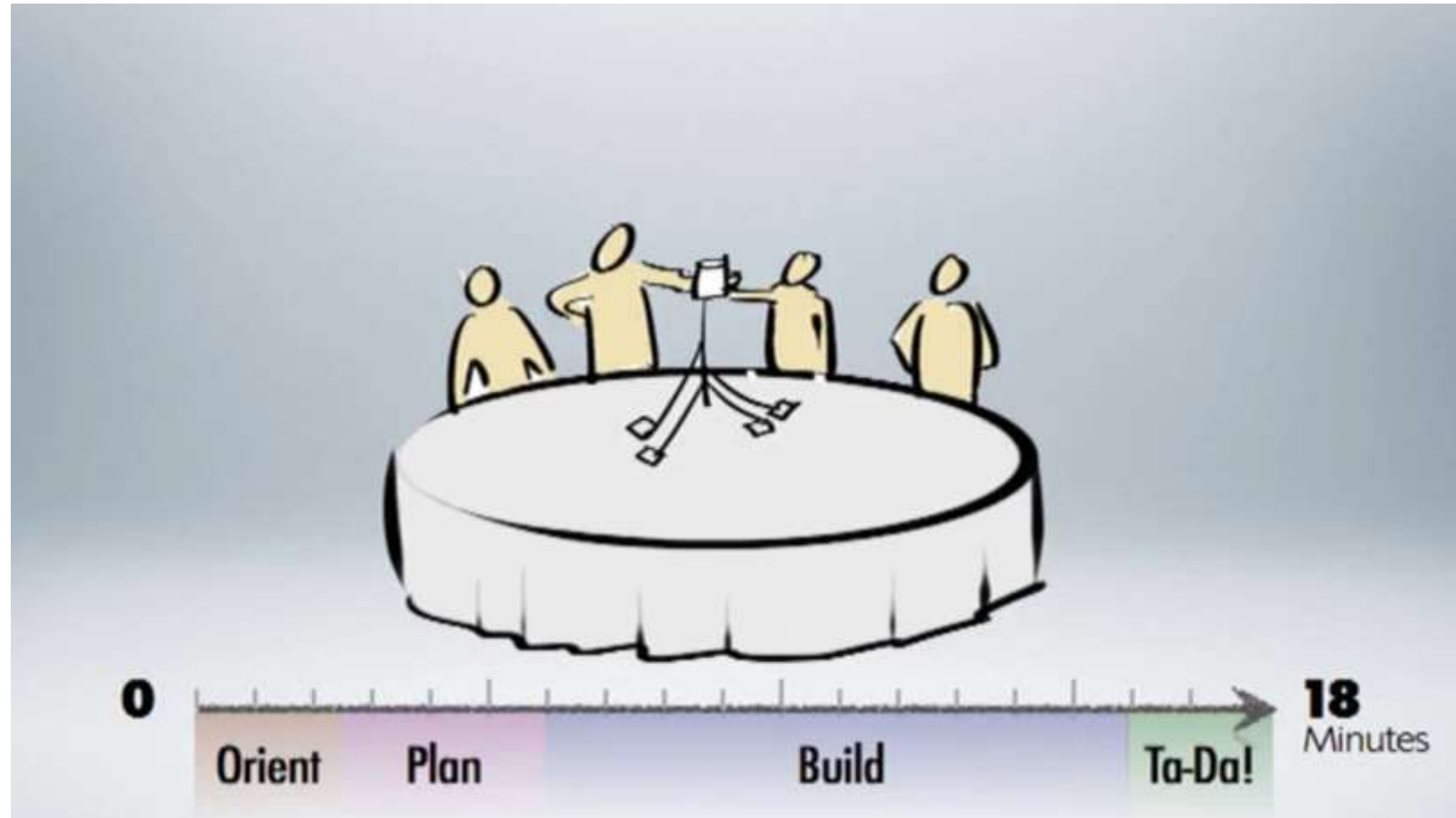
Stop

Reset

# 2022 ‘面条塔’挑战赛事成绩

队伍	成绩	队伍	成绩
1队		11队	
2队		12队	
3队		13队	
4队		14队	
5队		15队	
6队		16队	
7队		17队	
8队		18队	
9队		19队	
10队		20队	

# The Gaming Process



# 商学院毕业生

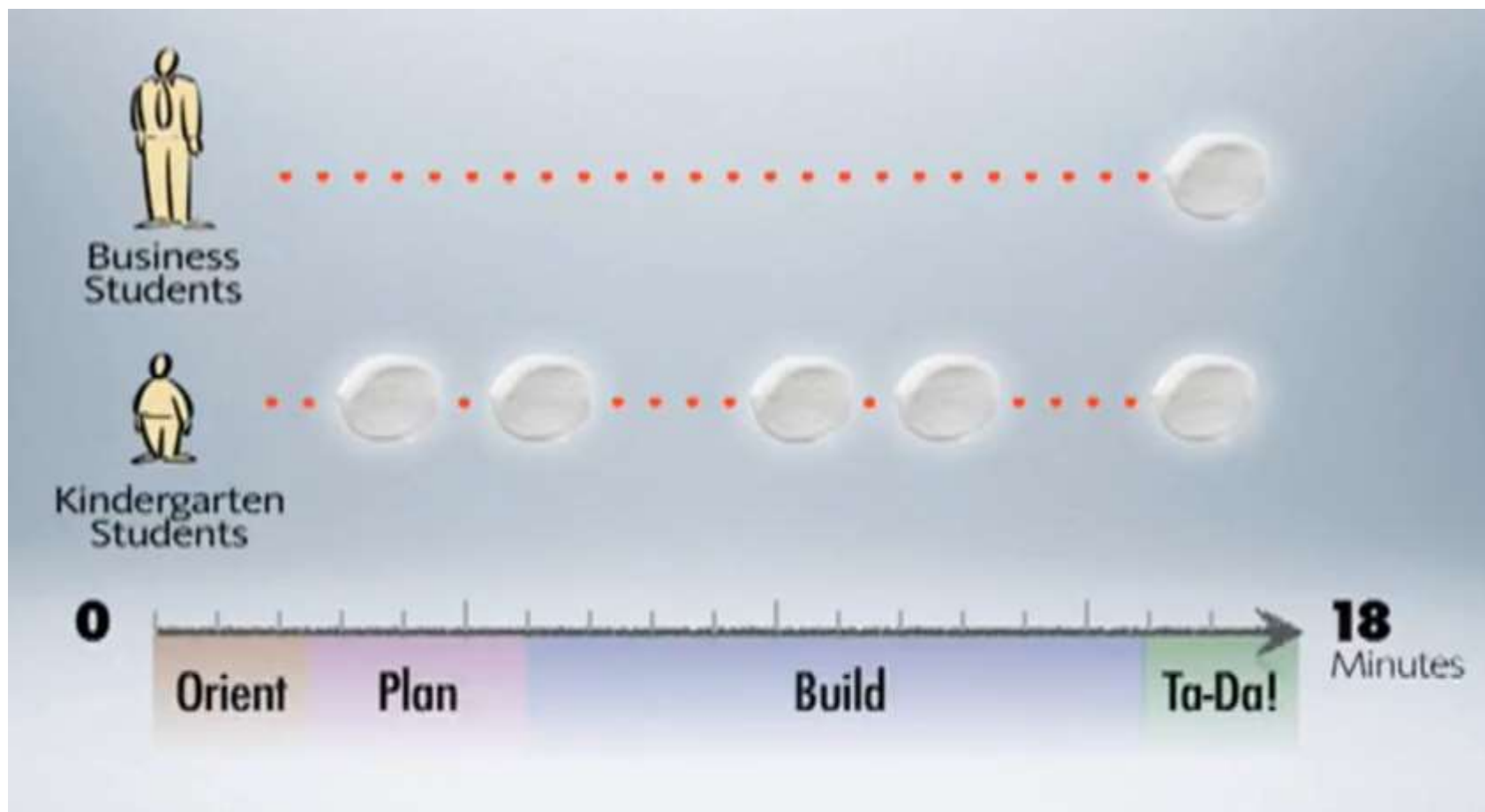


# 幼儿园毕业生

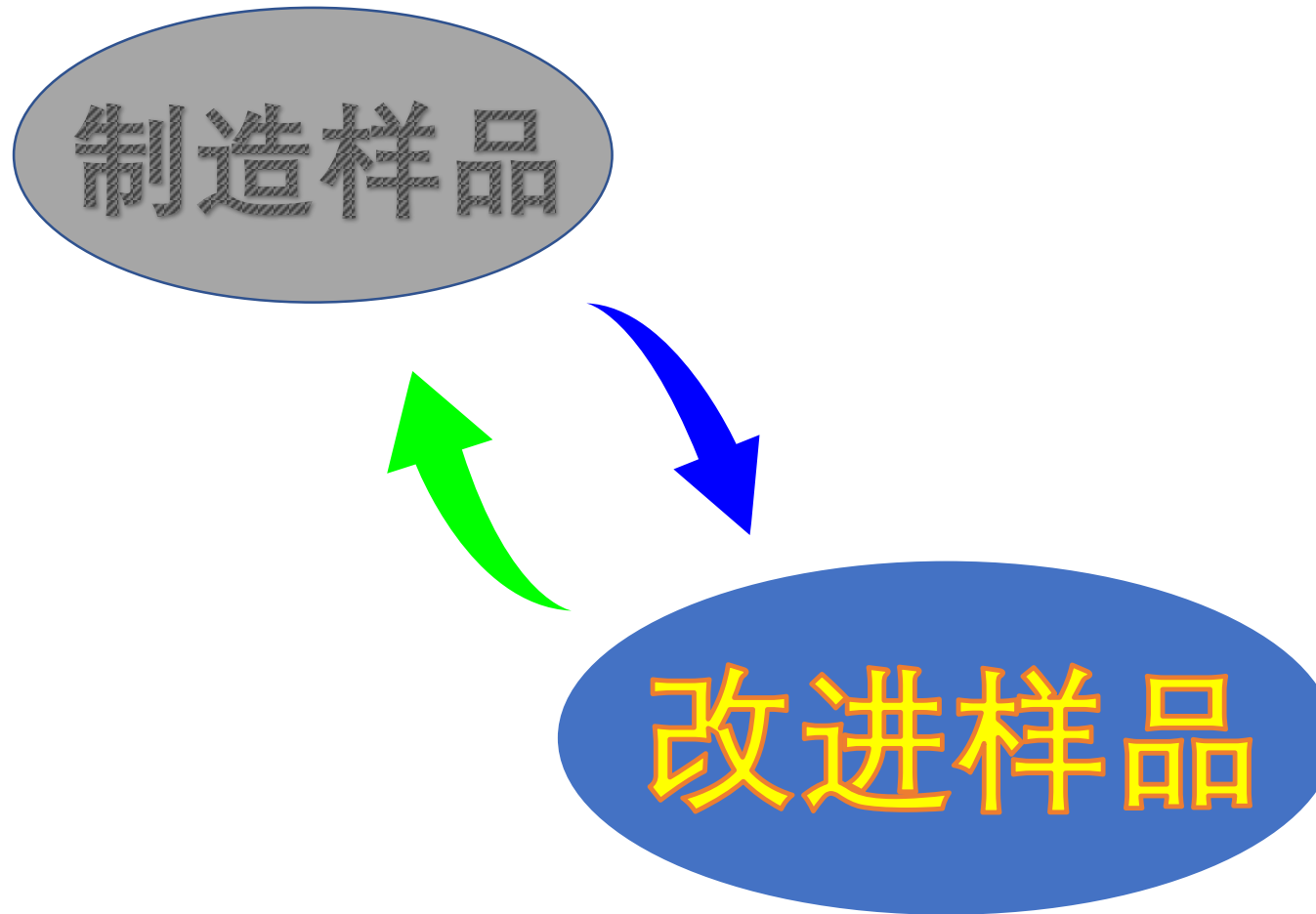




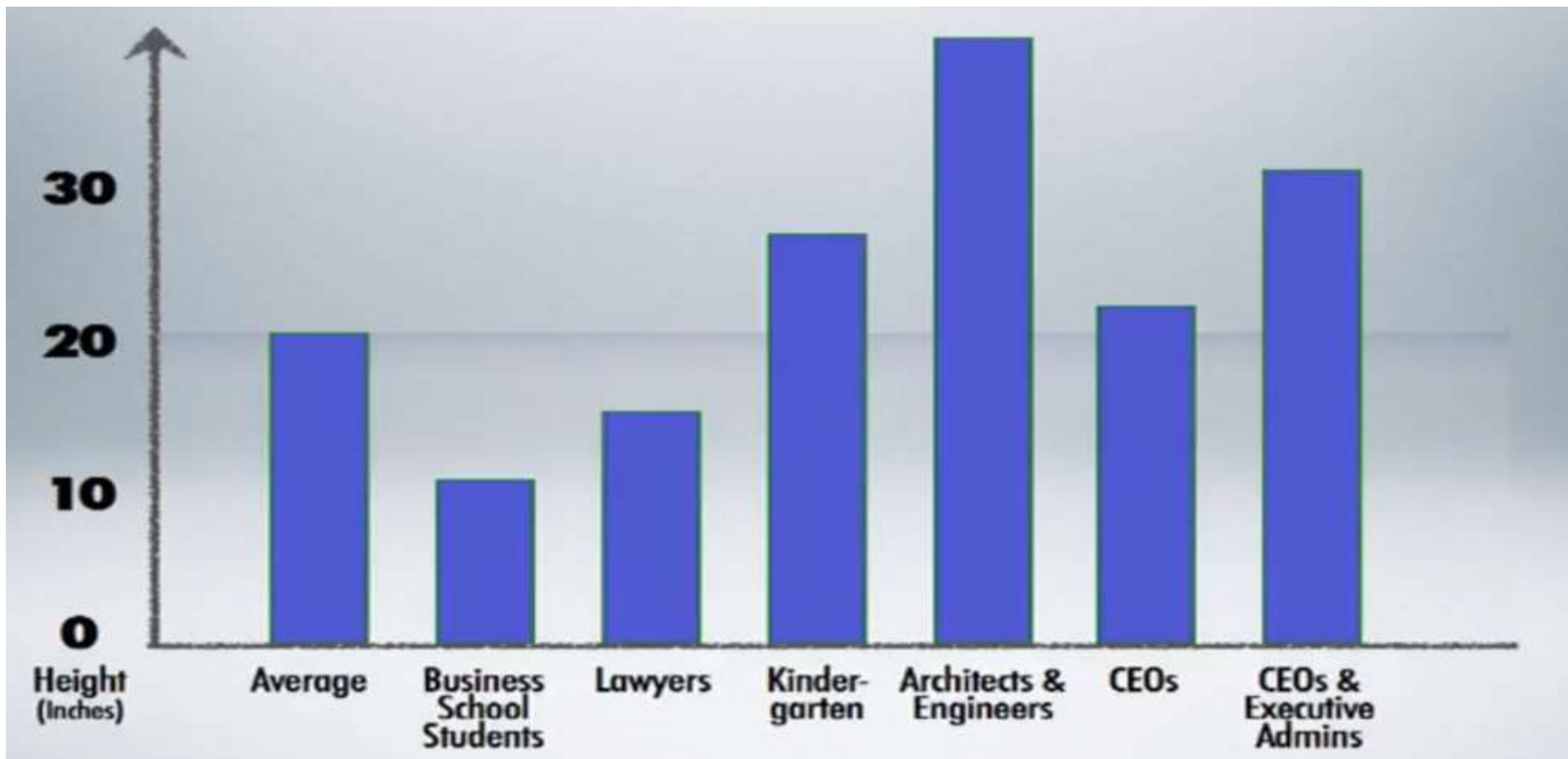
# 为什么幼儿园学生做得比商学院学生好？



# 工程思维!

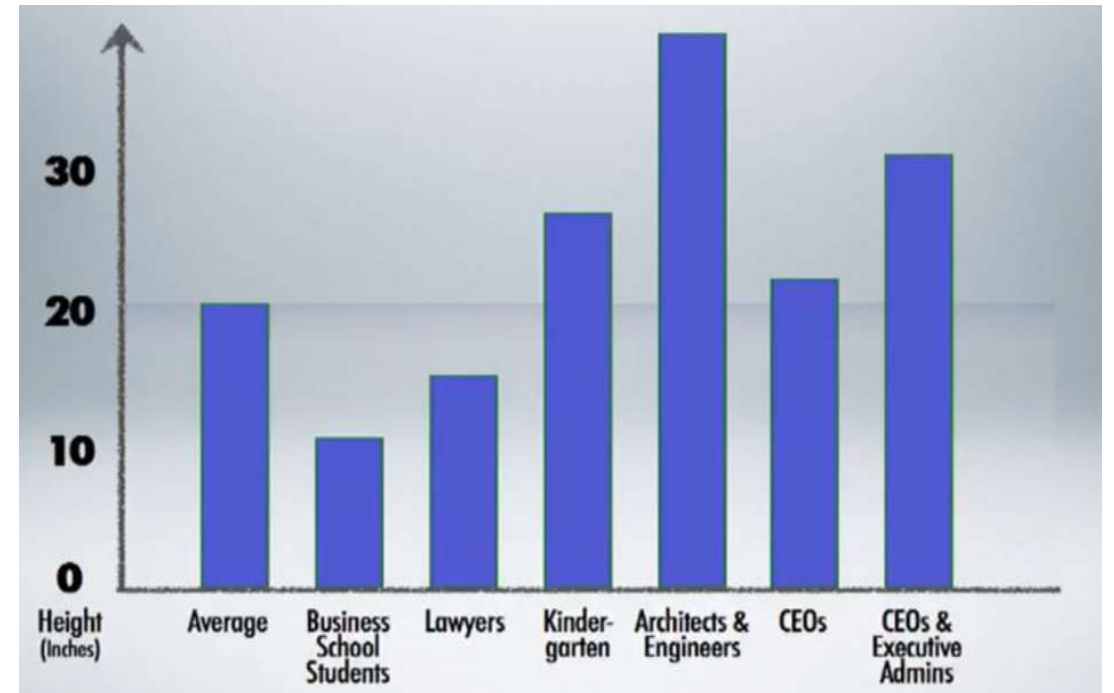


# “面条塔”挑战赛不同人群结果比较



# 反思 Reflection

- 合作
  - 正确合作带来优势
  - 合作的本质是什么?
- 工程学
  - 工程迭代思维
    - 从制造样品到改进样品多次迭代
  - 工程学基础



# Lecture 2: BME工程学基础 (I)

□“面条塔”挑战赛

□工程学与科学

□BME工程学基础

# Types of Engineers 工程专业类别

- ☐ Aerospace
- ☐ Agricultural
- ☐ Architectural
- ☐ Automotive
- ☐ Biological
- ☐ Chemical
- ☐ Civil
- ☐ Computer
- ☐ Electrical
- ☐ Environmental
- ☐ Marine
- ☐ Mechanical
- ☐ Materials
- ☐ Mining
- ☐ Nuclear
- ☐ Ocean
- ☐ Petroleum
- ☐ Systems
- ☐ Textile
- ☐ Transportation

# Chemical Engineering 化学工程

设计产品和过程



# Civil Engineering 土木工程

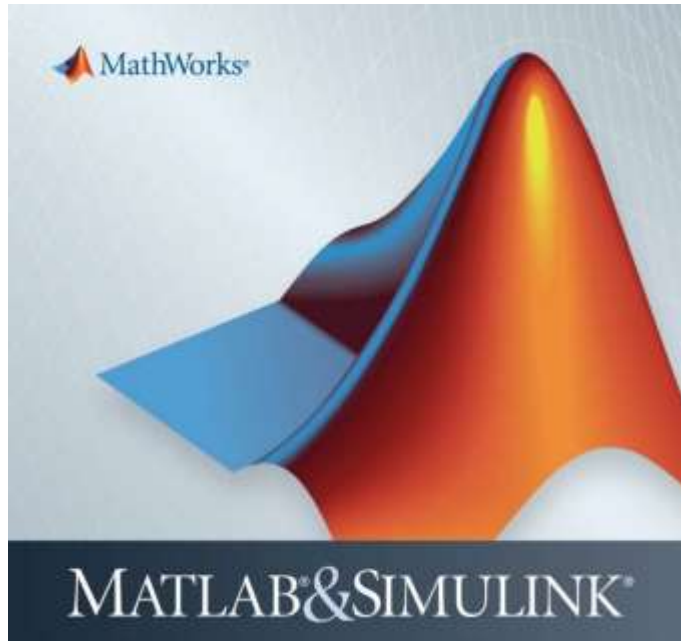
路、桥、建筑



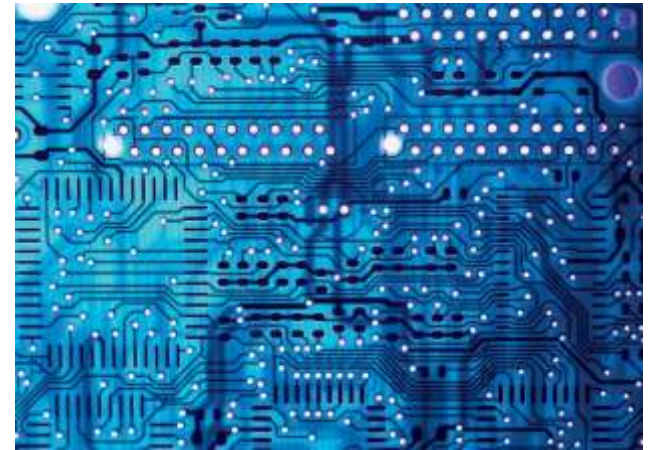
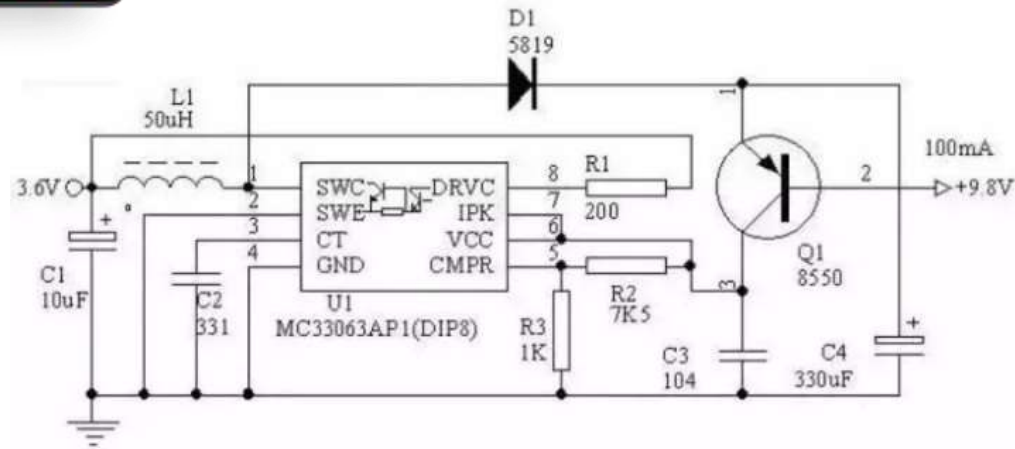


# Computer Engineering 计算机工程

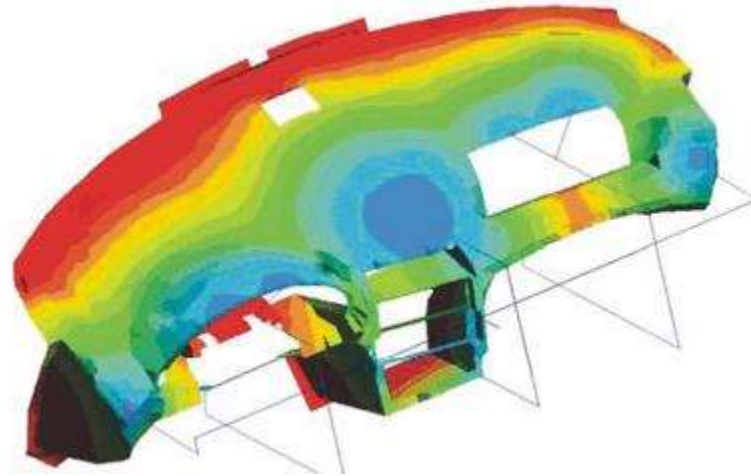
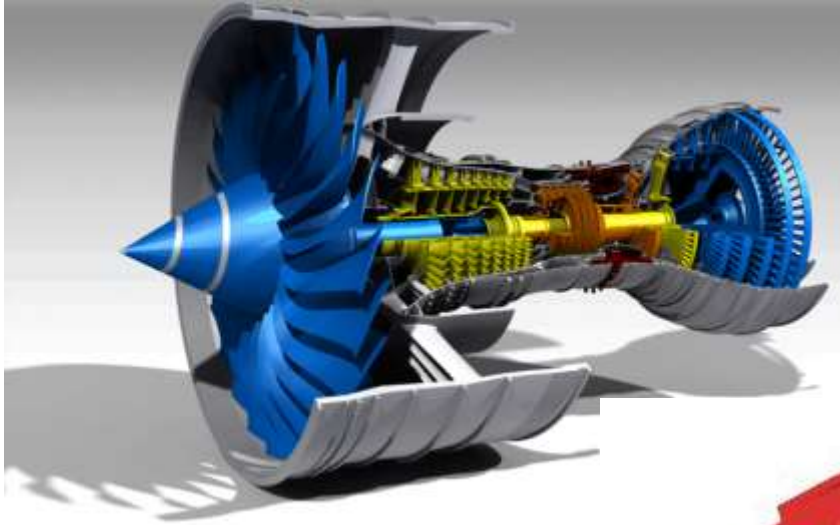
计算机程序与软件



# Electrical Engineering 电子工程

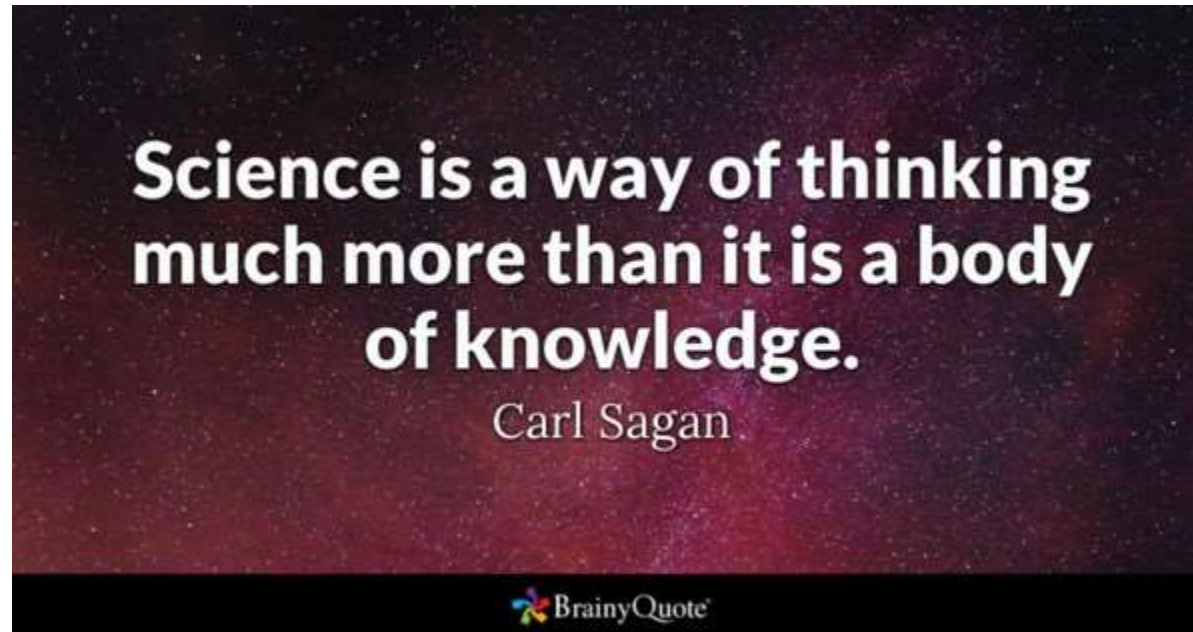


# Mechanical Engineering 机械工程



# 什么是科学？

**Science:** pursuit and organization of knowledge and understanding about the nature and social world



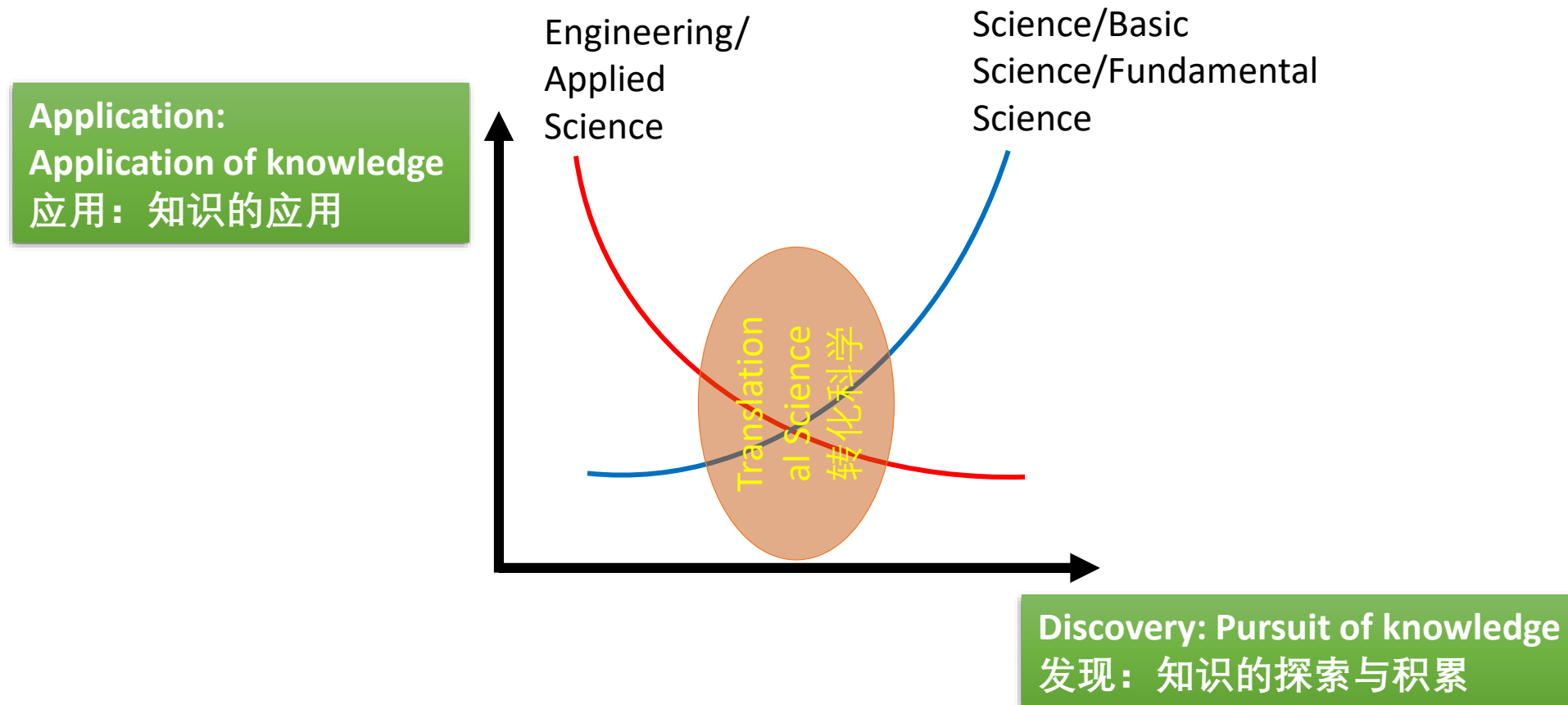


# 什么是工程？

**Engineering:** Engineering is the use of scientific principles to design and build machines, structures, and other items, including bridges, tunnels, roads, vehicles, and buildings.



# Science 科学 vs. 工程 Engineering



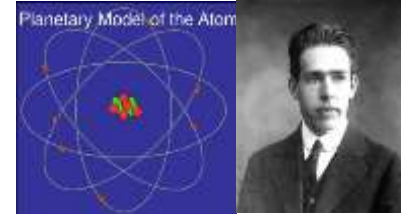
# Science or Technology: Who comes first?



Science



X 光的发现, 1901诺贝尔奖



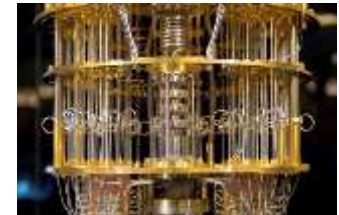
量子力学, 1922诺贝尔奖



Technology



X 光源, ~1870



现代量子计算机

**Q: 先有science还是先有technology?**

**A: 以前是technology leads to science, 现在更多的是science leads to technology?**

# Scientific Mindset 科学思维

问题类别：它的机制和原理是怎样的？  
使用科学方法

## 1. Hypothesis

An explanatory thought experiment is put forward as explanation using principles.

## 2. Experiment

Objective observation: Measurement and data, sometimes using mathematics as a tool for data analysis.

Sometimes experiments need to be repeated, and statistical analysis is carried out.

## 3. Results

Results of experiment are evidence.

## 4. Conclusion

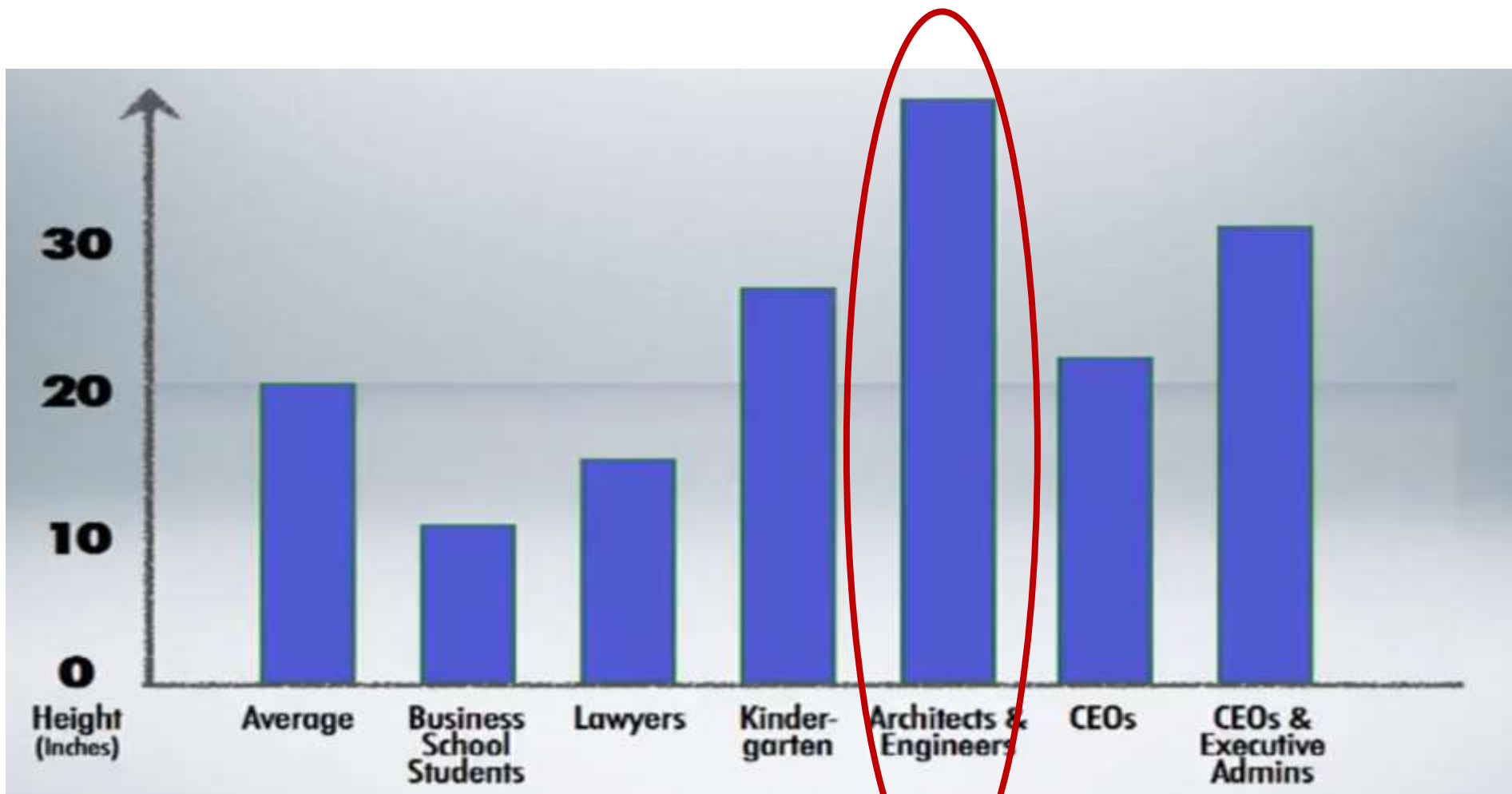


# Engineering Mindset 工程思维

问题：如何设计优秀的产品？  
使用工程学设计方法

1. Define the Problem
  - Research what's been done before
  - Lots of thinking
2. Create Criteria
  - May be known
  - May use scientific method to determine
3. Design Product
  - Computer simulations
4. Optimization
  - Improve it!
5. Build a prototype
  - Lets customers know what they are getting

# “面条塔”挑战赛不同人群结果比较



# Lecture 2: BME工程学基础 (I)

□“面条塔”挑战赛

□工程学与科学

□BME工程学基础

- 基础课程介绍
- 医学影像基础

# 美国BME专业 #1 约翰斯霍普金斯 的 BME 专业课程体系

一系列基于项目的课程，其中

- **大一：核心基础课程（BME FOUNDATION）：**
  - **数学、物理、化学、生物、编程**
- **大二：进阶课程（BME BOOTCAMP）：**
  - 系统控制、建模、模拟
- **大三：专业选修课程（BME RESIDENCY）**
- **大四：专业实践课程（BME PRACTICE）**

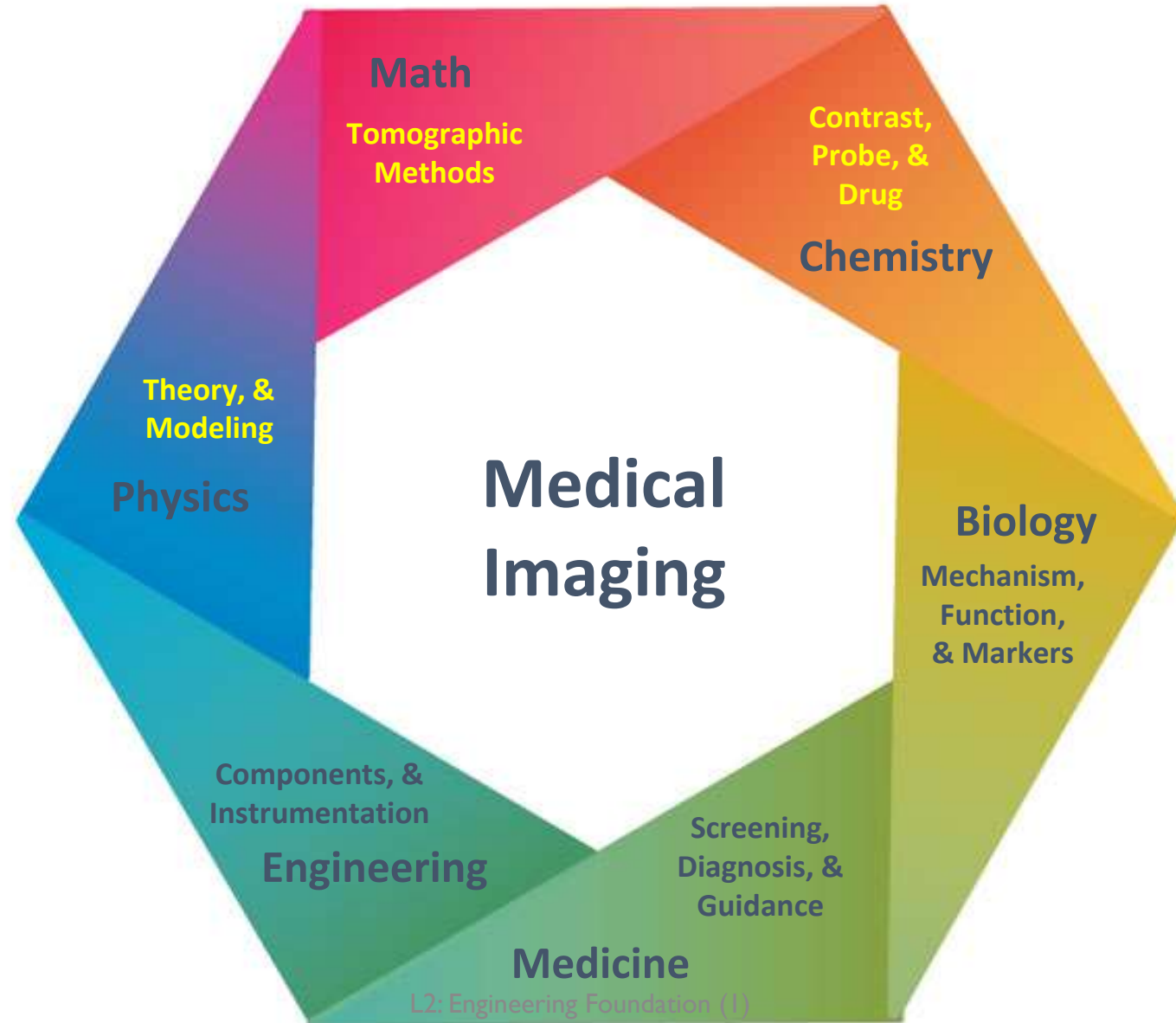
# BME本科专业课程体系

## 四、推荐性课程设置（共计学分 140）

“生物医学工程”课程地图									
学期 板块	一 (1) 22 学分(建议)	一 (2) 23 学分(建议)	一 (3)	二 (1) 23 学分(建议)	二 (2) 22 学分(建议)	二 (3)	三 (1) 20 学分(建议)	三 (2) 20 学分(建议)	四 10 学分(建议)
人文社 科通识 (28)	体育(1) + 英语	体育(1) + 英语		中国近现代史纲要(2)	世界/科技文明通论(2)		毛泽东思想概论(3)	马克思主义基本原理(3)	
	中华文明通论(3)	思想道德与法治(2)、文学与写作课程群(3)		体育(1)+ 英语					
	设计思维(3)	经济学导论(3)			体育(1) + 英语				
自然科 学通识 (37)	数学分析Ⅱ(5)/高等数学Ⅱ(4)	数学分析Ⅱ(5)/高等数学Ⅱ(4)		概率论与数理统计Ⅱ(4)-建议选修					
	线性代数(4)	普通物理Ⅱ(4)		普通物理Ⅱ+实验(4)-建议选修	普通化学Ⅱ+实验(4)-建议选修				
	信息技术导论(4)	现代生命科学导论(3)		普通化学Ⅰ(4)					
专业必 修 (27)	生物医学工程导论(3)	Python 程序设计(3)		生物医学信号与系统Ⅰ(4)	人体解剖生理学(4)	暑学期 课程		生物医学工程综合实践(3)	毕业论文(5)
				生物医学电子学Ⅰ(4)					
专业选 修 (15)					算法与数据结构 (Python) / 生物医学信号与系统Ⅱ / 生物医学电子学		生物医学影像导论 / 生物医学工程仪器Ⅰ / 生物医学智能计算 /	医学图像处理 / 生物医学传感器Ⅰ	

专业基础  
L2: Engineering Foundation (I)

# Medical Imaging 医学影像学科方向 所需基础



# (生物) 医学影像是做什么的?

**Biomedical imaging** is the science and technologies underlying the acquisition, reconstruction, processing, and interpretation of images of a biological object.



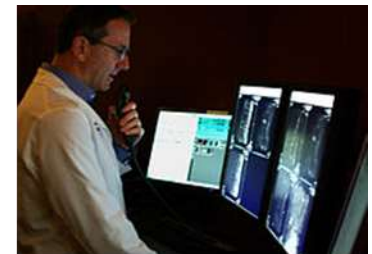
可以内视的超人



Acquisition



Reconstruction  
& Processing



Interpretation

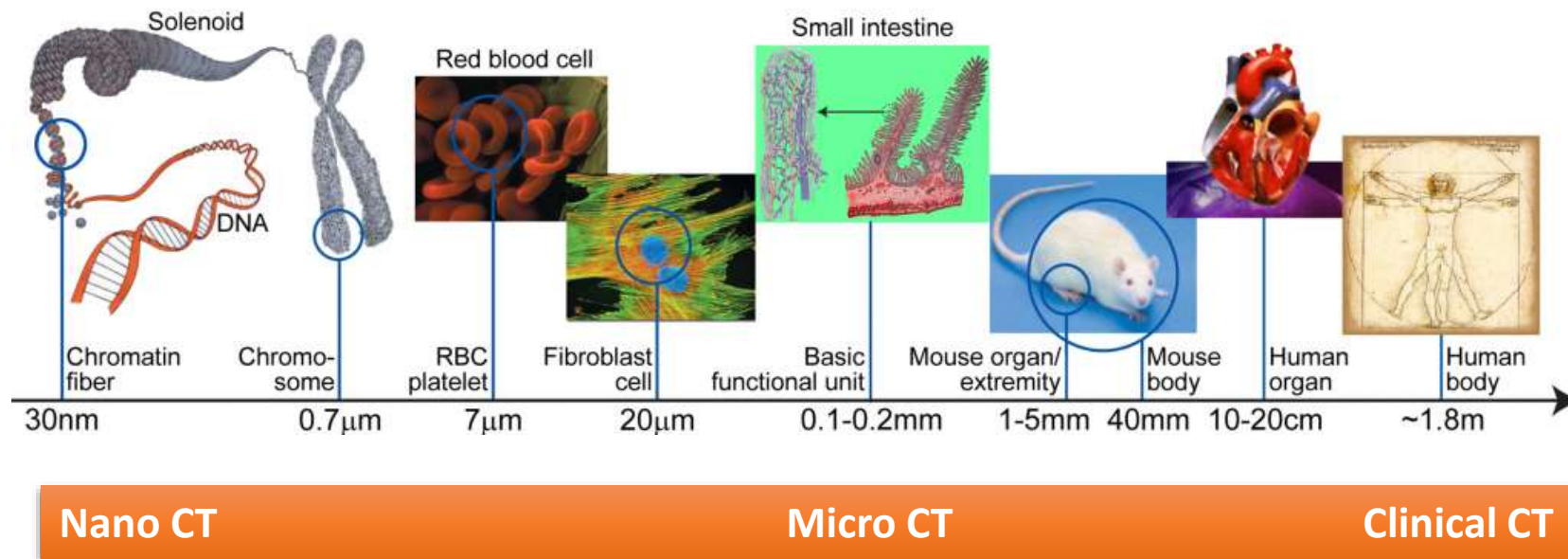


# Biomedical Imaging vs. Medical Imaging

Biomedical imaging covers much **broader** topics. In addition to medical imaging, it includes topics in biological sciences and engineering.

**Medical imaging: clinical/medical domain**

**Biomedical imaging: research domain**





# Major Medical Imaging Modalities 主要医学影像模态

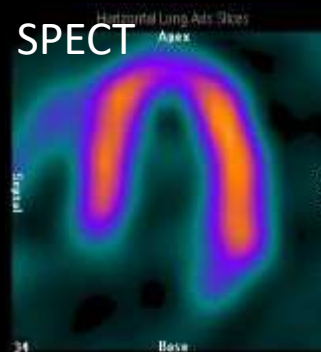
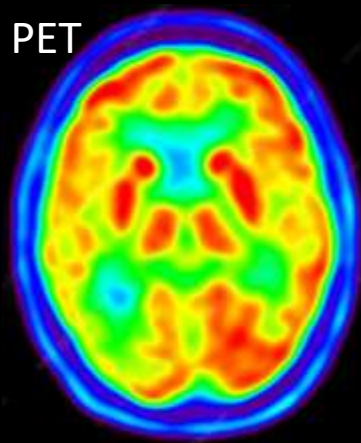
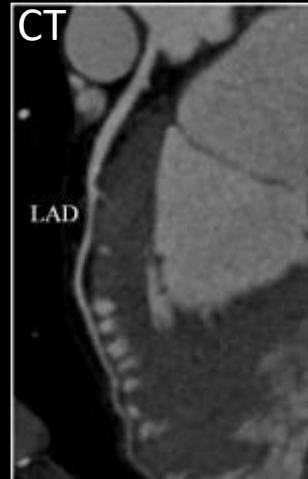
List of major medical imaging modalities:

- X-rays
- CT (Computed Tomography)
- MRI (Magnetic Resonance Imaging) 磁共振成像
- US (Ultrasound) 超声成像
- PET (Positron Emission Tomography) 正电子断层扫描成像
- SPECT (Single-Photon Emission Computed Tomography) 单光子发射断层扫描成像

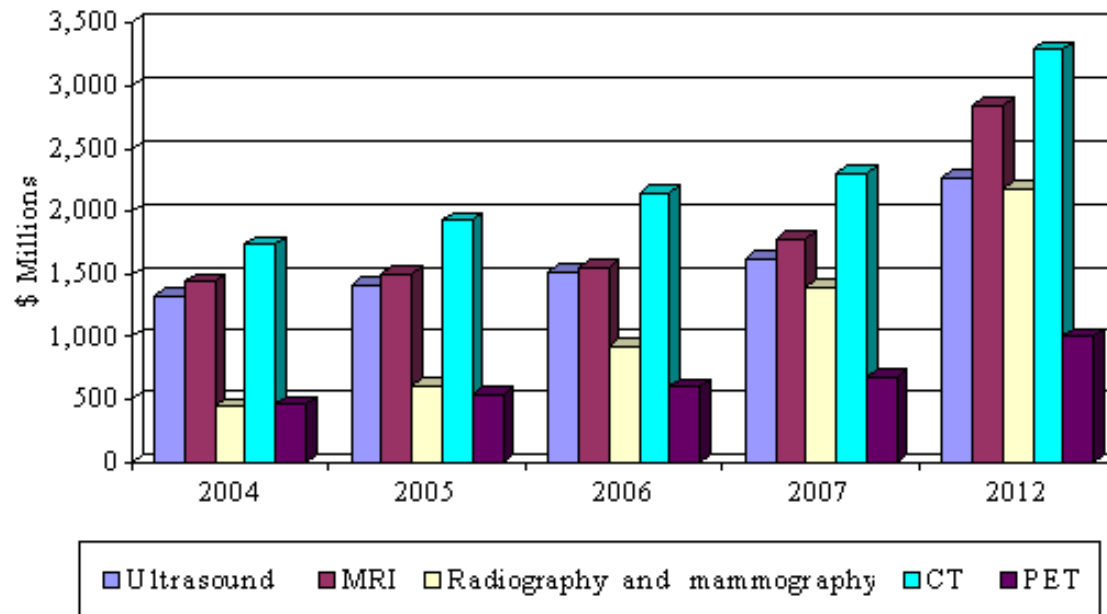
Multi-Modalities:

- PET/CT
- SPECT/CT
- PET/MRI
- ...

# Example Medical Images



# 医学影像设备市场



Number of scans each year in the U.S.,

CT: ~8000万  
MRI: ~4000万  
PET+SPECT: 1500-200万 (~75% SPECT)

中国每百万人口CT机拥有率为美国的1/2，日本的1/5。



X-ray



CT



SPECT



MRI

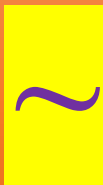


Ultrasound

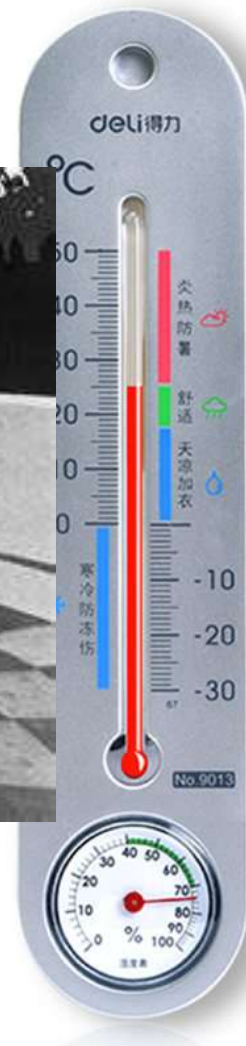


PET

## 医学影像设备



Galileo (1564-1642)

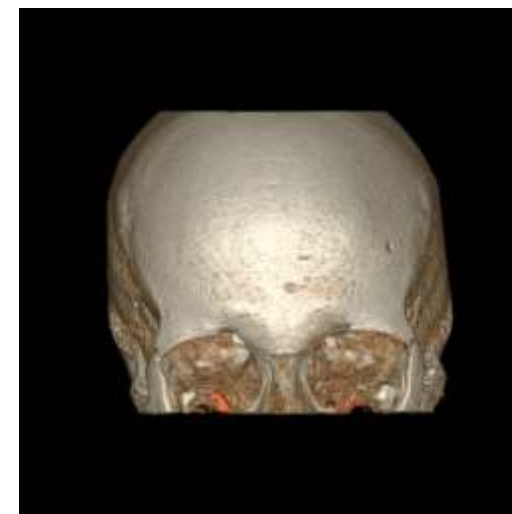
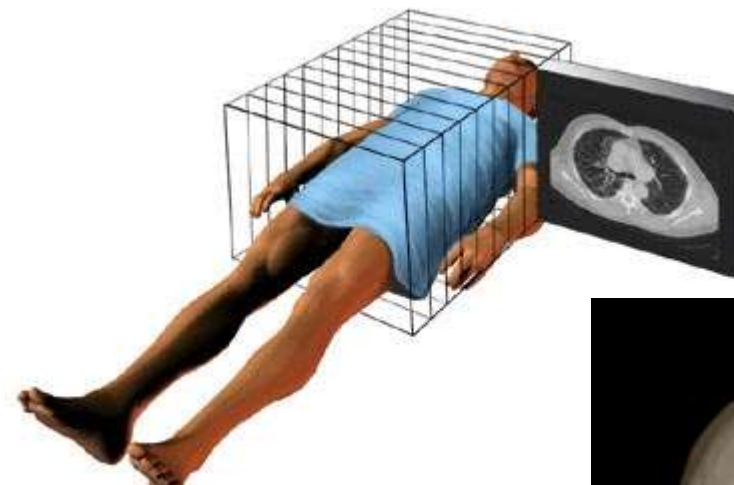


# 2维 & 3维 影像

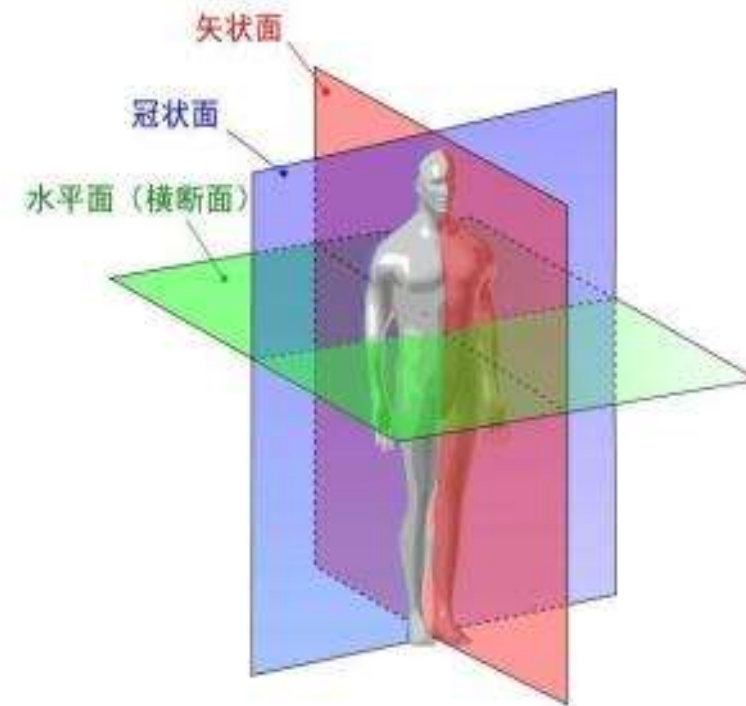
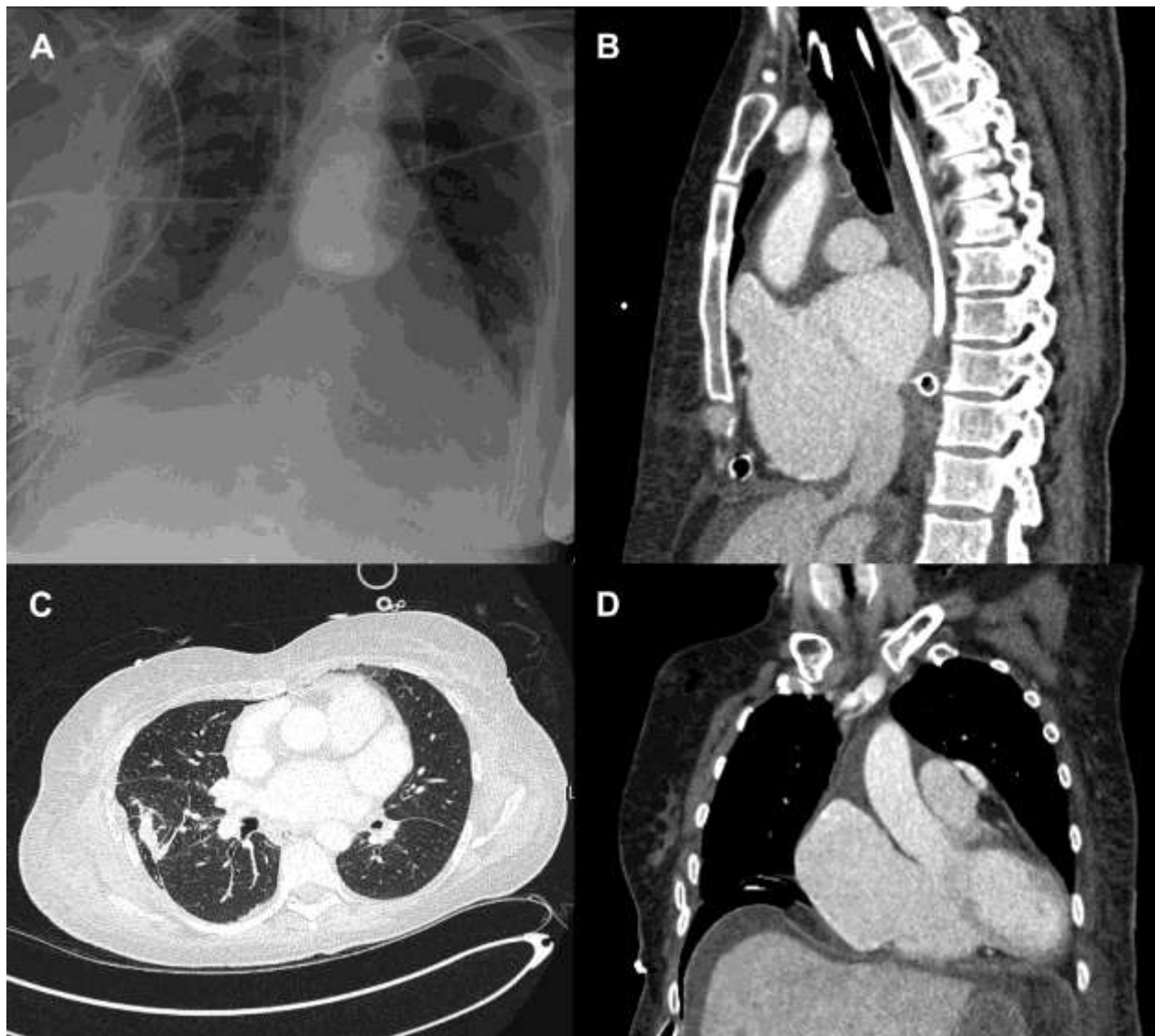
2维



3维

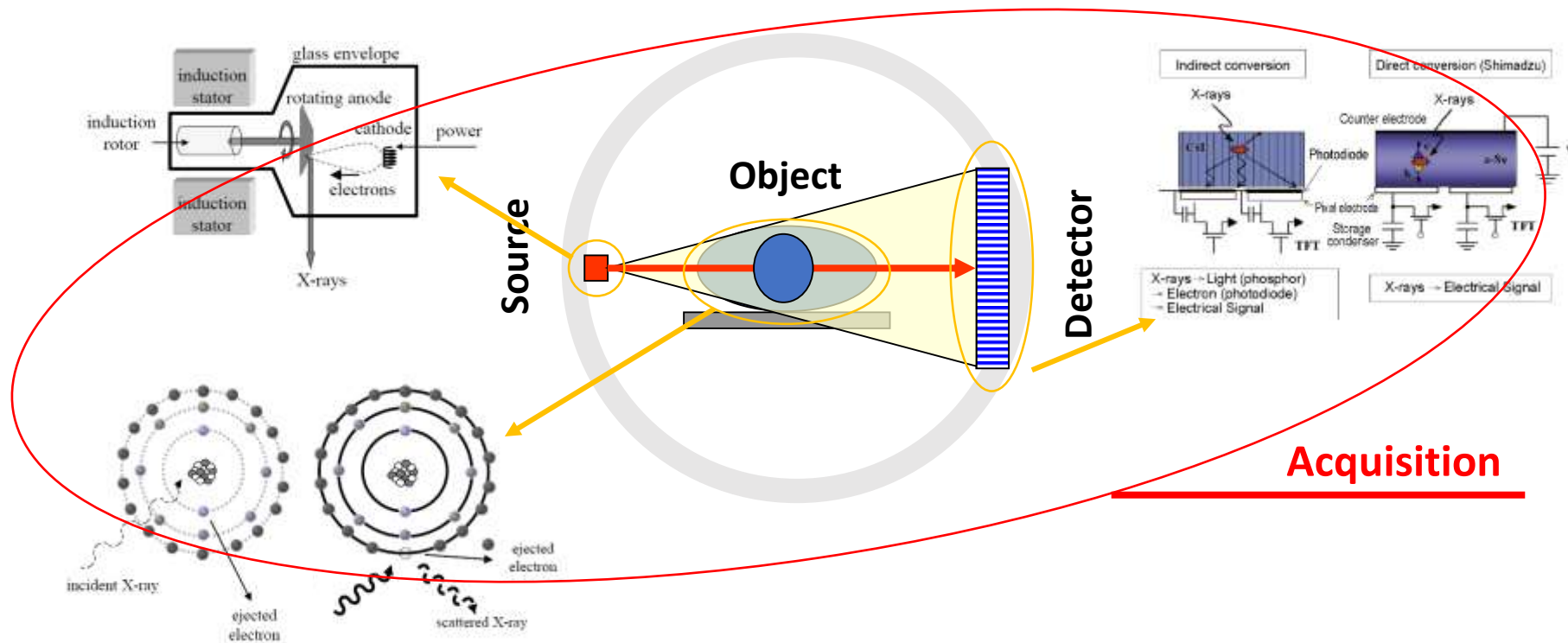




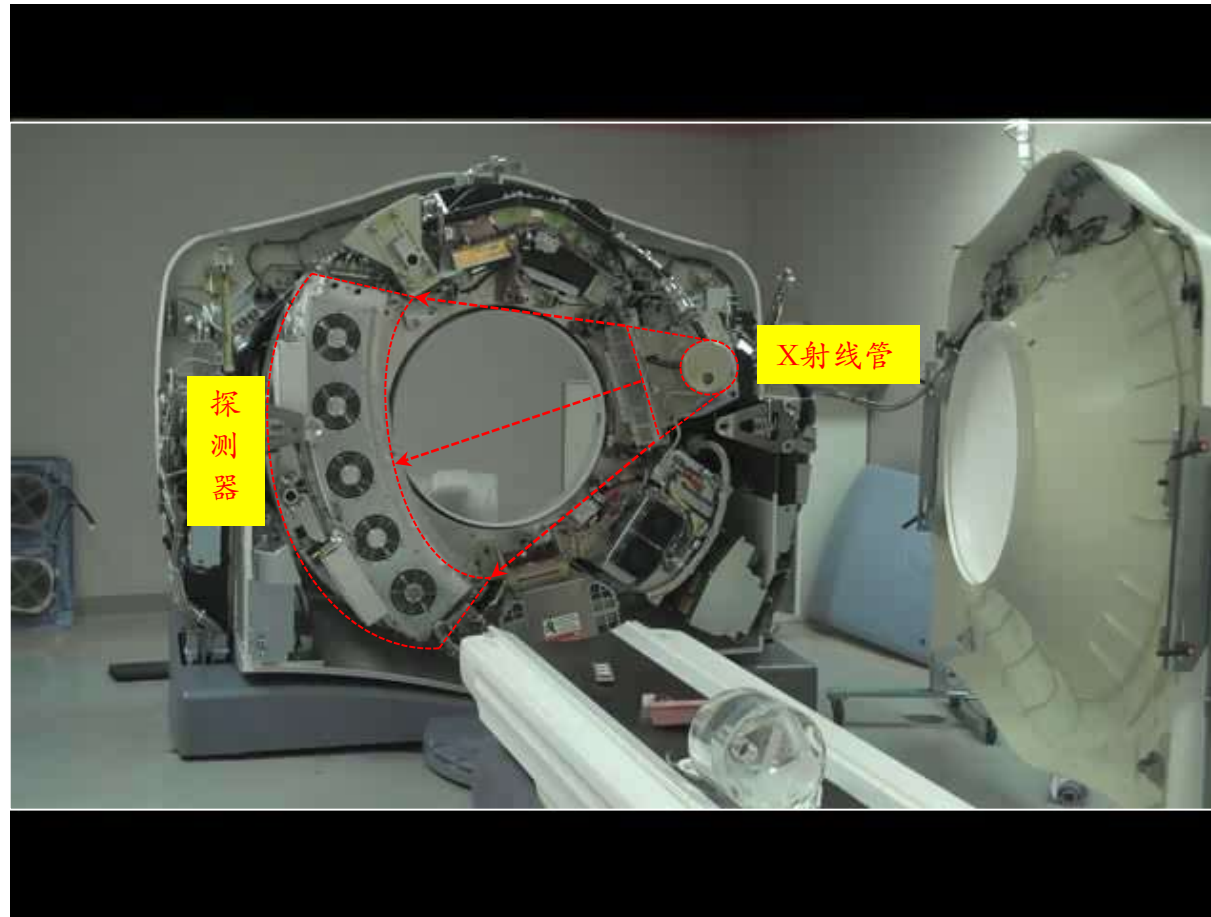


- A. 二维胸片
- B. 矢状位 (sagittal view) : 将人体纵切为左、右两部分
- C. 横断位 (axial view) : 水平面, 医生常用的视角
- D. 冠状位 (coronal view) : 也就是额状面

# CT Data Acquisition 影像数据采集



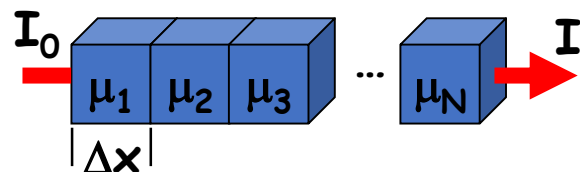
# CT如何扫描?



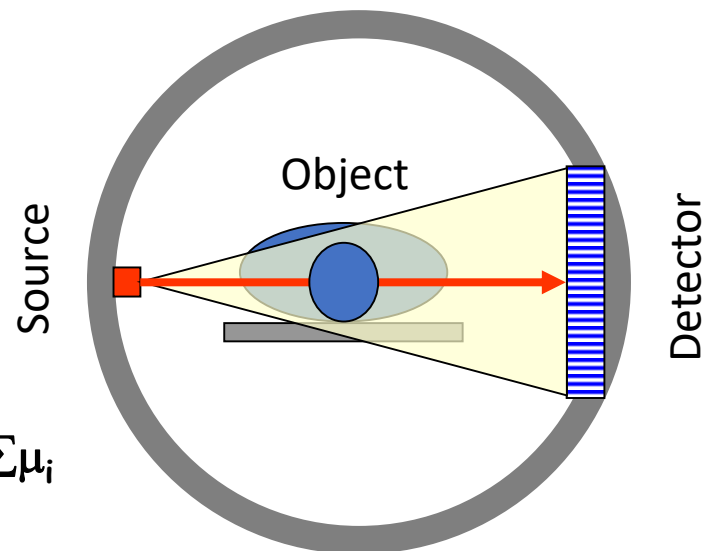


# CT Image Reconstruction 图像重建

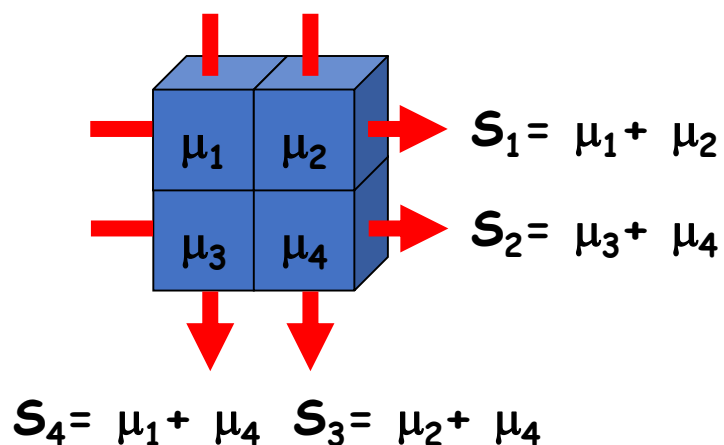
What signals do we measure?



$$I = I_0 e^{-\sum \mu_i \Delta x} \rightarrow S = 1/\Delta x \log I_0/I = \sum \mu_i$$



How do we reconstruct CT images?



Solve a system of linear equations,

$$S_1, S_2, S_3, S_4, \dots$$

to find unknowns,

$$\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \dots$$

# Image Interpretation 医生如何使用医学影像?

The screenshot displays a medical image management software interface. The top menu bar includes options like Import, Export, Email, Movie Export, Query, Send, Anonymize, Burn, Meta-Data, Delete, Viewers, 2D Viewer, ROIs, 4D Viewer, and Report. A search bar for Patient Name is visible on the right.

The main window is divided into several sections:

- Albums:** A sidebar on the left showing various album categories like Database, Cases with comments, Interesting Cases, Just Acquired (last hour), Just Added (last hour), Just Opened, Today CR, Today CT, and Today MG.
- Documents DB:** A central table listing patient data.
- Activity:** A section at the bottom left showing recent activity.

The **Documents DB** table contains the following data:

Patient name	Report	Lock	Patient ID	Age	Accession Number	Study Description	Magix
▼ Magix		—	F063TE		0	Cardiaque...ard (Adulte)	Cardiaque Cardiaque_Sta... CT 10/19/06 760 images
Cir CardiacCirc 3....CLECHEMENT 0 %						Cardiaque_standard	
Cir CardiacCirc 3....CLECHEMENT 10 %						Cardiaque_standard	
Cir CardiacCirc 3....CLECHEMENT 20 %						Cardiaque_standard	
Cir CardiacCirc 3....CLECHEMENT 30 %						Cardiaque_standard	
Cir CardiacCirc 3....CLECHEMENT 40 %						Cardiaque_standard	
Cir CardiacCirc 3....CLECHEMENT 50 %						Cardiaque_standard	
Cir CardiacCirc 3....CLECHEMENT 60 %						Cardiaque_standard	
Cir CardiacCirc 3....CLECHEMENT 70 %						Cardiaque_standard	
Cir CardiacCirc 3....CLECHEMENT 80 %						Cardiaque_standard	
Cir CardiacCirc 3....CLECHEMENT 90 %						Cardiaque_standard	
▼ Wrix		—	7rAgWJ.		0	Wrist Right	
T2 TSE AX FS RT.						T2 TSE AX FS RT.	
T1 TSE COR RT.						T1 TSE COR RT.	

Below the table, there is a grid of 10 thumbnail images showing cardiac CT scans at different phases (0% to 90% CLECHEMENT). Each thumbnail is labeled with its corresponding phase and '76 Images'.

On the right side, a large image viewer displays a detailed cardiac CT scan. The image is labeled with 'F063TE ( - , - )', 'Cardiaque Cardiaque\_Standard (Adulte)', and 'Cardiaque\_standard 10'. Technical details like 'Image size: 512 X 512', 'View size: 519 X 289', 'WL: 80 WW: 700', and 'X: 0 px Y: 0 px Value: 0.00' are visible in the top left corner of the viewer.