

我们那些课儿

——物理应该可以讲得好玩——

复旦大学

王 迅

xunwang@fudan.edu.cn

2010.10.06

1



2

我从2003年开始，成为一名代课教师，给一年级学生，包括理科各系以及工科、医科，上大学物理（普通物理），每学期上20—36节课。

课堂上接触学生数千人，作过几次教学方面的无记名问卷调查。

有了一些实践体会和第一手材料，我才敢于到这个会上来作发言，同大家切磋交流。

3

1. 缘起

2. 名家之言

3. 哪里来的念头？

4. 寓教于乐——物理应该可以讲得好玩

5. 从给学生学物理的乐趣到 让学生自己寻找物理学中的乐趣

4

一、缘 起

• 我们系为大学物理课配备了豪华的教师阵容

面向全校各专业大一本本科生开设的大学物理课，上下二学期，有11个大班，学生人数每届超过1000人，工作量占全系本科教学总工作量的35%。

我们对这门课程，投入了本系教师中的大部分精英，包括全部6名长江特聘教授，8名国家杰出青年基金获得者，共有25位正副教授主讲。其中教授16人占全系教授总数的40%，博导17人，占全系博导总数的50%。

系主任、分党委书记、国家重点实验室的正副主任都是任课教师的骨干。

这样的阵容，在我系历史上是前所未有的。

5

• 但是，教学上依然存在“危机”



中华读书报

文化 | 教育 | 科技 | 卫生 | 理论 | 评论 | 观察 | 国际 | 国内 | 京华 | 经济 | 军事 | 法制 | 体育 | 书评 | 人物 | 数码 | 美术

本頁位置：中华读书报 文章来源：中华读书报 日期：2009年8月12日

大学课堂怎么了？

■王雪峰

前一段时间我去听一位教授讲课，发生了一件让我们都感到尴尬的事情——很多学生在睡觉，教授不得不两次叫醒其中的两位。但是，情况没有好转，仍有学生在教室里大做其黄粱美梦。

上课睡觉，这种情况在大学里已经是公开的秘密了。大学生睡眠不足并非哪所学校的特有现象。2008年1月中国政法大学发生“杨帆门事件”

，因为上课秩序，老师和学生发生了冲突；而2007年7月发生的海淀艺术职业学校“导师”视频事件，更加让教师痛心疾首。我们不禁要问，我们的课堂怎么了？

但是，教学上依然存在“危机”

我所做的调查统计显示：

- 上课从不打瞌睡的学生平均只占9%。
- 而根本不来上课的学生比例占据30-50%。

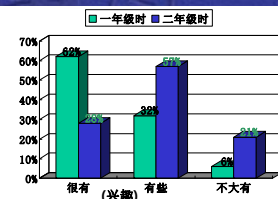
为什么？

一个重要原因是：缺乏兴趣！

根据对06、07和08级物理系学生的问卷调查统计：
物理系学生对学物理的兴趣率逐年下降。

经过一年多后，很有兴趣的学生比例从62%下降到只有28%。

其它系学生对大学物理课没有兴趣的，平均超过20%，个别系甚至达1/3。



学生对上课缺乏兴趣的部分原因：

我们的课堂教学，确有须要改进之处。主要问题是：

(1) 上课进度偏快，学生听不懂

07级11个班级中，有6个班级一半以上学生认为进度偏快，使得学生听懂程度不高。

课堂上基本能听懂的学生平均只占26%，没有一个班级超过50%的，有二个班的学生中听懂一半以下，基本听不懂和没有听的学生占了68%和70%。

(2) 教师的讲课不够生动精采

课堂上抓不住学生的注意力，学生中少部分打瞌睡外，另外一部分不听或做别的事情。全神贯注听讲的不超过50%。

9

我想做一名好的授课教师上课至少要做到：

1. 让学生听得懂
2. 让学生听得有兴趣(有劲)。

能做到第一点，就算是上课及格了，没有浪费学生的上课时间。

在第一点的基础上能做到第2点，就会成为受学生欢迎的教师。

10

物理课的目标和定位

- 激发学生学物理的兴趣和热情。
- 奉献给学生一个学期精彩的物理课。让学生认识“改变世界的物理学”。
- 传授给学生物理学的基础知识和思考问题的方法。

什么都想上给学生听，灌输太多，效果会适得其反。

我国物理学界的泰斗之一、多位名师均出自其门下的叶企孙先生，他的教学原则是：

只教给学生最基本的知识
理论与实验并重
重质不重量

11

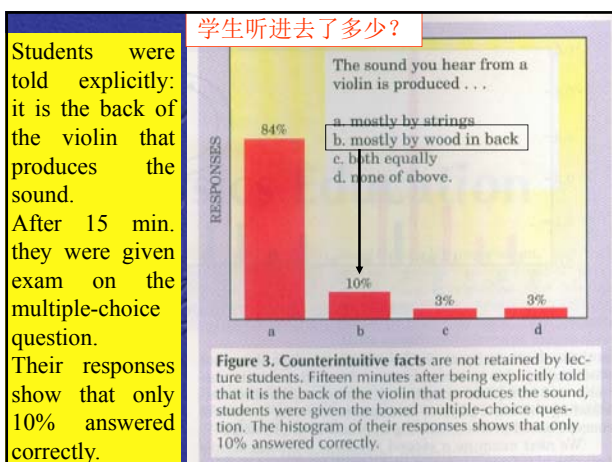
讲得太多的话

Students in lecture
are apt to suffer from
cognitive overload

Mr Osborne, may I be
excused?

My brain is full.





1. 缘起
2. 名家之言
3. 哪里来的念头?
4. 寓教于乐---物理应该可以讲得好玩
5. 从给学生学物理的乐趣到
让学生自己寻找物理学中的乐趣

14

二、名家之言

美国Columbia大学教授张寿武:

“在给学生讲课时,我宁愿在黑板上出错,也要把最精彩的东西讲出来,如果让我在黑板上的完整与精彩之间作选择,我觉得**精彩比完整更重要**。”

陆谷孙(全国教学名师、复旦大学杰出教授):

“**课堂上没有笑声的课不是好课。**”

陈琳(北京外国语大学教授、国家英语课程标准专家组组长):

“如果说,兴趣是最好的老师,那么能够激发出学习兴趣是教育的更高境界。”

15

1. 缘起
2. 名家之言
3. 哪里来的念头?
4. 寓教于乐---物理应该可以讲得好玩
5. 从给学生学物理的乐趣到
让学生自己寻找物理学中的乐趣

16

三、哪里来的念头?



中央电视台新闻频道《面对面》
董倩专访当年明月



18

明朝那些事儿 ——历史应该可以写得好看——

作者：当年明月

石悦，一位28岁的公务员，大学学的是法律，白天上班，晚上在博客中写作，完成了7册通俗读物。

在《天涯》《新浪》网上登载的点击率达到100万/月以上，出版后的销量超过500万册。

读者和网民的评价：

- 历史原来是可以这样写的。
- 《明朝的那些事》一是好看，二是正好起到了普及历史的功能，并且普及的还是正史。
- 历史是如此生动活泼，丰富多彩！为什么到了历史学家手里就变得枯燥无味了呢？……历史学家就不能把生动活泼的历史呈现给大众吗？

19

《明朝那些事儿》启发一位叫寒木钓萌的，用手机写了一部20余万字的书《有关八戒的那些事儿》。副标题是“**物理真的很有趣、很神奇**”。

这是一部写物理的书，此物理就是让许多人听了就头疼的那个学科。

20



少年儿童出版社
2009年1月出版
定价：18.00元

看到如此贴近生活的物理学和科学家，网友们兴奋不已，短短数月，便有了超过2000的跟帖，其中，出镜率最高的评语就是“**物理原来这么有趣**”！

这句话成为寒木钓萌一直坚持写下去的动力，大家一直看下去的动力，也是一些人看过后自己开始学习物理的动力，更是少年儿童出版社将它结集出版的动力。

寒木钓萌**让许多人第一次体验到学习物理的乐趣**。

**要问：哪里来的念头？
就是这里来的**

22

明朝那些事儿 ——历史应该可以写得好看——

我们那些课儿 ——物理应该可以讲得好玩——

23

1. 缘起
2. 名家之言
3. 哪里来的念头？
4. 寓教于乐——物理应该可以讲得好玩
5. 从给学生学物理的乐趣到
让学生自己寻找物理学中的乐趣

24

四、寓教于乐

---物理应该可以讲得有趣

一位06级数学系的学生曾发给我Email说:

“在复旦所有上过的课程中，国关学院的林老师给我的印象最为深刻，林老师的课创造出了一种充满灵感的气氛，每上完他的一堂课，精神上仿佛都得到了一次巨大的提升。”

“对理科教学来说，我想道理也应该是一样的，我觉得一堂课应该能提升学生的‘物理品味’。”

物理课能不能做到？

想一些招数

使学生课堂上增添兴趣、理解概念、加深印象

- (1) 通俗的类比,
- (2) 有趣的漫画,
- (3) 形象化的动画或视频,
- (4) 有关的科学和人物故事,
- (5) 编一些诗句或口诀,
- (6) 其他。

有些办法是物理学所特有的!

Some cartoons

讲相速度和群速度时



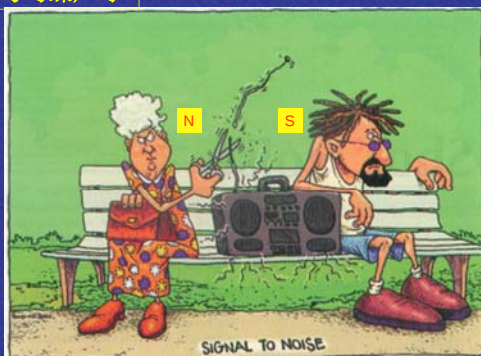
讲SI单位时

天文学家都喜欢用非SI单位，他们中许多人依然用埃而不用纳米。



Am I a nine giga-angstrom (10^8 nm) waist or a ten?

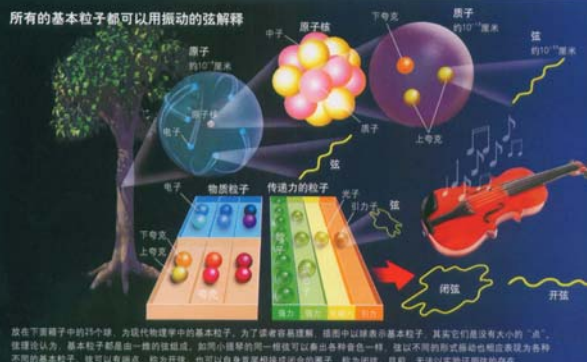
讲信号与躁声时



Noise --- a nuisance or a signal? Depends on who you ask.
Shot noise --- a physical useful resource at low T and nanoscale.

讲振动时

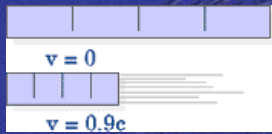
所有的基本粒子都可以用振动的弦解释



String theory: Theory of everything (万物之理)
Theory of anything (任意之理)

讲相对论时

Length contraction



Moving ruler becomes shorter

动尺变短

Moving clock runs slow

动钟变慢

Time dilation



Mass increase due to very high speeds



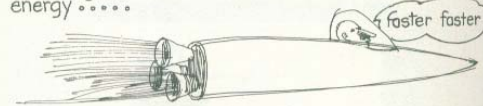
Mass at 0% of the speed of light = 10kg

Mass at 99.5 % of the
speed of light = 100kg

Moving guy gets heavy

动猪变重

Albert argues that as you give an object more and more energy



..... instead of going faster and faster
it gets heavier and heavier!

So even if you gave a rocket 1,000,000,000,
 000,000,000,000,000,000,000,000
 000,000,000,000,000,000,000,000
 000,000,000,000,000,000,000,000
 000 foot pounds of thrust, it would still be going less than the speed of light!

162

Relativity of time 时间的相对性---动钟变慢



天上一日 人间一年

吴承恩(1501-1582)懂相对论吗?

34

动画和视频

Spaceship Moving at the 10 % the Speed of Light



Spaceship Moving at the 86.5 % the Speed of Light



Spaceship Moving at the 99 % the Speed of Light



Spaceship Moving at the 99.99 % the Speed of Light

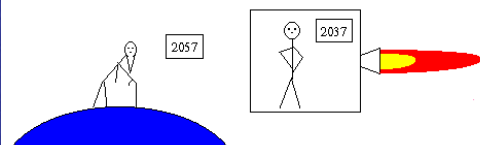


Twin Paradox

one set of twins leaves the Earth in a rocketship bound for the stars



60 years later the rocket returns to with the astronaut only 40 years old due to time dilation



回乡偶书

(唐)贺知章

少小离家老大回 乡音无改鬓毛衰
儿童相见不相识 笑问客从何处来

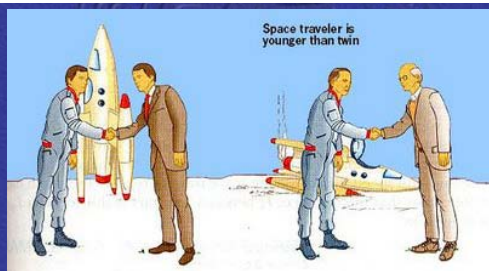
自编打油诗

李生子伴谬

少小离家老大回 容貌无改乡音变
兄长相见似相识 惊问侄从何处来

李生子伴谬

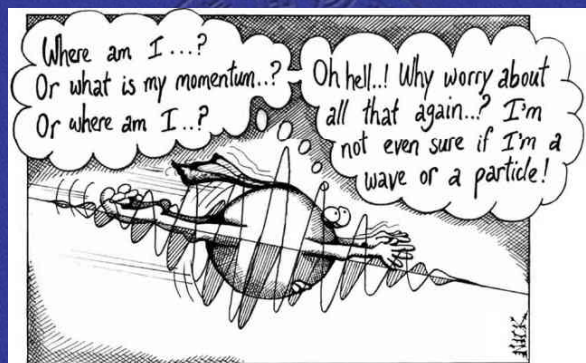
少小离家老大回 容貌无改乡音变
兄长相见似相识 惊问侄从何处来



Annalen der Physik
18, 639-641 (1905)

讲波粒二象性时

Wave-particle duality



关于光子的口诀

光是一束光子流
能量等于 $h\nu$
短波光光子能量大
强光里面光子稠

注：作于1971年执教首届工农兵学员时。

2008年资剑教授将“多”字改为“稠”字，不仅使句子押韵，而且物理意义更为正确，堪称“一字师”也。

其他尝试：

- 课间休息时放娱乐性的视频短片，消除学生的疲劳感，让他们从瞌睡状态中退耦。

如：360°秋千，空间站中的失重，座椅自动跟随读者行走的图书馆，……

43



其他尝试：

- 课间休息时放娱乐性的视频短片，消除学生的疲劳感，让他们从瞌睡状态中退耦。

- 课程中穿插一些有意思的附件和补充课件

45



补充课件

1. 基本物理量及其SI单位：质量的Si球标准。
2. 质量及其起源。
3. SI单位的电流标准。
4. 另眼看牛顿
5. 光的微粒说和波动说。
6. Maxwell妖和Boltzmann大脑。
7. 什么是负温度。
8. 时间是什么？

48

有趣的附件

1. 十九世纪末经典物理学的“危机”
2. 物理学中最伟大的方程
(Greatest equations in physics)
3. 诺奖得主的趣闻轶事
4. 超常材料---隐身外衣
(Metamaterials---Invisibility cloak)
5. Mpemba effect
6. 青蛙的磁悬浮 (Magnetic levitation of frog)
7. 微观世界的驻波---量子围栏 (Quantum corral)
8. 最美丽的实验 (Beautiful experiments)

49

十九世纪末经典物理学的“危机”

从经典物理到近代物理

---相对论和量子力学---

50

十九世纪末经典物理学的“危机”：

两朵乌云和三大发现：

物理学发展到19世纪末期，可以说是达到相当完美、相当成熟的程度

19世纪的最后一天，欧洲著名的科学家欢聚一堂。会上，英国著名物理学家W. Thomson（即Lord Kelvin）发表了新年祝词。

他在回顾物理学所取得的伟大成就时认为，科学大厦已经基本建成，后辈物理学家只要做一些零碎的修补工作。



完美的经典物理大厦

51

William Thomson 瞻望20世纪物理学：

“未来物理学真理将不得不在小数点后第六位去寻找”

“但是在物理学晴朗天空的远处，还有两朵小小的令人不安的乌云”：

两朵乌云



第一朵乌云：
Michelson-Morley实验 — 以太说破灭



第二朵乌云：
黑体辐射实验 — 紫外灾难



52

Michelson-Morley 实验 — 以太说破灭

黑体辐射实验 — 紫外灾难

奠定了现代物理大厦的基础

导致了相对论的诞生

导致了量子论的诞生

1. 缘起
2. 名家之言
3. 哪里来的念头？
4. 寓教于乐---物理应该可以讲得好玩
5. 从给学生学物理的乐趣到
让学生自己从物理中寻找乐趣

54

八、从给学生的物理的乐趣到

让学生自己从物理中寻找乐趣

- 激发出学生头脑中的“???”
- 学生从领悟、生活中的模仿到今后的创新
- Six paradoxes

学生们提出的六个疑问，多数教师回答不出。

55

六个佯谬 (Six Paradoxes) (来自学生的提问)

- (1) 一个电子水平射入充好电后撤去电源的平行电板容器，水平方向不受力，而垂直方向受到加速后增加了这个方向的动能，能量是否不守恒了？
- (2) 充好电的平行板电容器，用一根超导导线连接放电，原来储存的静电能是以什么形式释放的？
- (3) 一充好电的电容器，用超导线与另一相同电容器并联，并联前后电容上的贮能减小，能量到哪里去了？
- (4) 两个沿相同方向传播的一维简谐波，它们的频率和振幅A均相同。若位相相反，那末叠加后振幅为零，波的能量哪里去了？

56

- (5) 单色光从真空进入一透明介质后，频率 ν 不变，而光速由 c 变为 v ，因此，光子的能量 $h\nu$ 不变，而动量则由 $h\nu/c$ 变为 $h\nu/v$ ，那么，使光子动量改变的作用(力)是什么？为什么其动量改变了而能量不变？当光通过介质回到真空，光速又变为 c ，动量又变为 $h\nu/c$ ，其作用又是什么？

- (6) 一装有理想气体的刚性绝热容器，以光速运动。那么，所有气体分子的速度都必须达到光速，即：它们之间的相对速度、和它们相对于容器的速度都是0。整个体系中的所有微粒全部保持相对静止。这时，容器中的气体是否还存在热运动？它的温度是否变成绝对零度。

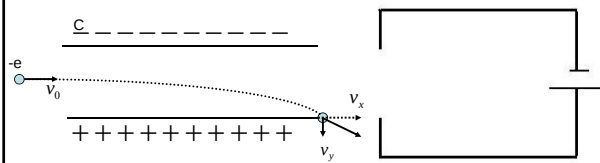
57

佯谬问题 (1)

一水平放置的平行电板容器，两极加电压充电后将电源撤去。一个电子以水平 (x) 方向的初速度 v_0 运动，进入平行板后受到垂直 (y) 方向电场力后在 y 方向得到加速度。

在离开平行板时， y 方向速度由0变为 v_y ， x 方向速度为 $v_x=v_0$ 不变。

问：能量是否不守恒了？为什么？



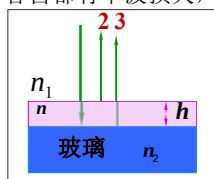
58

3.6 薄膜的颜色；增透膜和高反射膜

利用薄膜干涉来提高光学器件的透光率。

玻璃片的折射率为 n_2 ，上方的空气折射率为 n_1 ，中间夹了厚 h 、折射率 n ($n_1 < n < n_2$) 的“低膜”。

从低膜表面反射的光线2和从玻璃表面反射的光线3，各自都有半波损失，相互之间则没有。



当膜的厚度 $nh = \lambda/4, 3\lambda/4, \dots$ 时，2和3相位差 π ，成为暗场。

9月30日（上周四）代课

学生提问：第一束光怎么知道后面一束反射光要造成消相干，因此只透视而不反射???

59

八、从给学生的物理的乐趣到

让学生自己从物理中寻找乐趣

- 激发出学生头脑中的“???”
- 学生从领悟、生活中的模仿到今后的创新
- Six paradoxes

学生们提出的六个疑问，多数教师回答不出。

- 发掘学生的才能

60

给学生看了《Physics World》2004年由读者投票评选出的Greatest Equations，其中有Einstein的 $E = mc^2$ 。

The greatest equation in physics

In October 2004 readers of Physics World voted for their favorite equation in the scientific equivalent of Pop Idol.

The following equations are listed in order of the number of people who proposed them.

The first two received about 25 mentions each out of a total of about 120; the rest received between two and 10 each.

61

1. Maxwell's equations:

$$\oint \vec{D} \cdot d\vec{A} = \int \rho dV \quad \nabla \cdot \vec{D} = \rho$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \quad \nabla \cdot \vec{B} = 0$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = - \int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{A} \quad \nabla \times \vec{E} = - \vec{B}/t$$

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{s} = \int (\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) \cdot d\vec{A} \quad \nabla \times \vec{H} = \vec{D}/t + \vec{J}$$

1. Euler's equation: $e^{i\pi} + 1 = 0$

3. Newton's second law: $F = ma$

4. Pythagoras's theorem: $a^2 + b^2 = c^2$

5. Schrödinger's equation: $H\psi = E\psi$

62

6. Einstein's equation: $E = mc^2$

Should be the greatest one!

7. Boltzmann equation $S = k \ln W$

8. $1 + 1 = 2$

9. Principle of least action $\delta S = 0$

10. De Broglie's equation $p = h/\lambda$

63

美国杜邦公司的资深物理学家沈致远写了一篇赞美 $E=mc^2$ 公式的文章。

美丽的公式: $E = mc^2$

沈致远

(摘自《解放日报》2005.12.3)

她丽质天生，素面朝圣，美在简约。 $E = mc^2$ 只有三个符号和一个数字：E为能量，m为质量，c为光速，c右肩上的2表示取其平方。如此简单的公式，学过代数的中学生都能理解：能量等于质量乘以光速之平方。

她系出名门，世代书香，源远流长。 $E = mc^2$ 包含三个物理量：能量、质量和光速。质量这个概念可以追溯到16世纪的伽利略和17世纪的牛顿，能量这个概念可以追溯到17世纪的笛卡儿和19世纪的焦耳，光速则和19世纪创建电磁理论的麦克斯韦的名字分不开。

64

她现身大漠，惊鸿一瞥，令人惊艳。美丽的公式“养在深闺无人识”，直到第一颗原子弹在美国新墨西哥州沙漠中试爆，一道霞光耀目，令全世界人惊艳。

她显示出逻辑思维之魅力。 $E = mc^2$ 是逻辑推理的结果。狭义相对论探究时间空间的性质，其基本原理是光速不变原理和相对性原理。从表面看，这些和质能相当公式根本不搭界。妙的是，你只要承认这两条基本原理， $E = mc^2$ 就是逻辑推理的必然结果。

65

她“动如脱兔，静若处子”。质量是静止的，能量是运动的， $E = mc^2$ 将两者联系起来——动静相通。质能相当使得原来的两个基本定律——物质不灭定律和能量守恒定律，合二为一，归结为一个包罗万象的能量守恒定律。质量和能量是同一种东西的不同形式，好比有两种货币E和m，原先认为不能互相兑换。爱因斯坦发现：E是流通货币，m是存款，两者可以兑换，兑换率是 c^2 。她开辟了一个新时代——原子能时代。就像存款可以取用一样，既然质量是物质所存储的能量，它就是能源，将之取出来就是原子能。

66

然后，我向数学系的学生征求，谁能写一篇类似的描绘欧拉公式的文章。出乎意料

最美丽的数学公式：

$$e^{i\pi}+1=0$$

孙斌

复旦大学数学学院07级

2008年6月7日0:54

王迅老师近日讲相对论，引用沈致远先生的文章赞美爱因斯坦的公式 $E = mc^2$ ，并向在座数学系同学征求一篇类似的描绘欧拉公式的文章。去年正好是欧拉诞生300周年，且试着写一下我对欧拉公式的感受，虽然也没有什么新意，但毕竟也算动了脑筋，谨以略表我对王迅老师这几次授课的感谢吧。

67

玄兮妙兮，欧拉公式，她是数学美的金科玉律。

宫商角徵羽，声韵合于五音；金木水火土，万物化于五行； $10\pi e i$ ，等式成于五数。五个最重要的常数，用加乘幂等系于一线，熔于一炉。

道生一，一生二，二生三，三生万物。自然数1，是整数的单位，是数字的始祖。

无为有处有还无。中性数0，空间原点，非正非负，亦庄亦谐，加之减之而不变，乘之则归尽，除之则无穷。

山崩一寺一壶酒，地老天荒无尽头。圆周率 π ，脍炙人口，妇孺皆诵。割圆祖率，幂级展开；无理数，超越数，正态数？计算证明，永无止境。

自然对数，顺其自然，以 e 为底，简洁方便。是欧拉首先将 e 作为专门的数学符号使用。人口增长、生存竞争、布朗运动、冷却定律…… e 无处不在，宛若美神，赋予各种函数和公式最洒脱的形式。

68

太虚幻境，即是真如福地。欧拉首先使用符号 $i = \sqrt{-1}$ ，以更深认识为数学王国又开辟出一块疆域，从此方程求根，交流电的表示……各种计算都面貌一新。

五朵金花，各放异彩，天造地设，珠联璧合。

名兮贵兮，欧拉公式，她是数学家的智慧结晶。

她出身显赫，来历不凡，源自大师的手笔。她是复分析中欧拉得到的等式的特殊情况，这个等式是指数函数的中心。欧拉瞽目，顽强不屈，以炳烛之明，产史上之最。1907年开始出版的欧拉全集，横跨天文、物理、建筑、地质、音乐、医学、植物学、化学、神学、哲学和语言学等众多学科，卷数何止两位，至今没有出齐。拉普拉斯说欧拉“是我们每个人的老师”。

69

她端庄大方，秀外慧中，简洁包含着深刻。悬挂于巴黎发明宫数学陈列室的间墙，如莎士比亚的十四行诗，达芬奇的蒙娜丽莎，王羲之的兰亭集序，人人都可驻足欣赏，顶礼膜拜。

《数学信使》杂志将她评为最美的数学定理。2004年《物理世界》杂志，将她和麦克斯韦方程组一起列为最伟大的等式。

《欧拉神话般的公式》的作者，在书中称她为“数学美的典范”。

康斯坦斯·里德称她为“最卓越的数学公式”，而理查德·费曼把她唤作“欧拉的宝石”。

伟大的高斯更是语出惊人：“如果被告知这个公式的学生不能立即领略她的风采，这个学生将永远不会成为一流的数学家。”

70

文章的精彩程度胜过沈致远。

一年以后，又有化学系学生写了“元素周期律赋”，我们的教师看了，自叹不如。

71

元素周期律赋

秦振清

基地班08级化学系

2009.06.06 17:50

王老师，
您好。

在您的课上，您向我们展示了两篇论述了两个公式的优美文章，看了以后，一时兴起，也跟风写了一篇，凑凑热闹，这里给您过目下。里面如果有什么不当的地方，还请不吝赐教。谢谢。

72

元素周期律赋

夫太初之时天地浑，万物皆同而道未生，东皇一钟而镇鸿蒙，太阴一幡而分乾坤。天地立而道法定，然万物衍而人未知，神农尝百草而法自然，轩辕辨万象而明善恶。

大道五十，天衍四九。夫九天之外，苍穹之下，人虽察而不知；璇玑之内，毫末之上，人虽知而不察。虽有所成，难成大器。是故无法则不察，无律则不知。禹铸九鼎而治九州，封诸侯而建万国，顺其法也；纣兴宫室而乱华夏，戮贤圣而裂诸邦，逆其律也。

73

德氏（德谟克利特）创原子，波氏（波义尔）述微粒，道氏（道尔顿）有倍比，布朗自运动。门氏（门捷列夫）集大成，万物皆元素，先绘元素表，后制周期律。

昔者仓颉造字而天地动，今者门氏制律而鬼神惊，太白一梦诗赋成，门氏一觉元素阵。锂钠钾铷铯，氟氯溴碘砹，位两极而周期继。铕铥钪钒铬锰，铁钴镍铜锌，主副错而PD序。氢氦氖氟氩，惰素非懈惰，铍镁钙锶钡，碱土亦非土。硼铝镓铟铊，氮磷砷锑铋，金石本不同，但为同一族。

74

周期律既定，万物自有序。佛家有云，大千世界，万象迁易。然元素者，恒也，非增非减，不生不灭。门氏列元素而制此律，并既往而言莫测，举八荒而烁千古，镇宇内而伏万世，视之天下，莫出其右。

呜呼，一表成而万邦名，一律定而列国知，何须土木金石以记之。夫兴土木而废金石以留其名者，不亦愚乎？

75

我们的学生其实很有才能，问题是我们怎样去发掘和激励

结束语

77

杨振宁说：

有人觉得物理很难学。其实只要有了兴趣，就不觉得难了。

78

***Interest is the best
teacher***
---***Albert Einstein***

要让学生愿意上课、听课，愿意努力学习，必须要使他们对有兴趣来到课堂听课。

把兴趣引入课堂，等于是多了一位老师，帮忙来激发学生的听课和学习热情。

79

孔夫子：
知之者不如好之者，
好之者不如乐之者。

懂物理的人，不如爱好物理的人；
爱好物理的人，又不如以物理为乐的人。

80

让物理快乐起来！

——足球要快乐，物理也要快乐——

81

3Q!

3Q!



Thank

you!