

# 送你一朵玫瑰花， 讓你忘不了麥斯威爾方程組

## 鬍子拉拉談科學的美

鬍子拉拉（鄒忠毅）

中國文化大學光電物理系

# 大綱

- 動機
- 形式美與內容美
- 數學的美
- 科學的美
- 送你一朵花，讓你忘不了老麥



# 動機

- 對於物理愛好者來說，物理學（包含現象、規律、理論。。。）充滿了美，值得花一輩子時間細細品味與鑽研。

# 動機

- 另一方面，對於許多非理工科系的同學來說，物理學是非常困難與抽象的。
- 也因為如此，許多同學不喜歡物理，避之唯恐不及，更別說能體會物理學的美了。

# 動機


- 問題：

如何讓大眾體會  
科學(特別是物理)的美，並  
進而喜歡科學(還有理工宅)？



# 悠遊於自然與人文之間

哇！



我太太是世界  
上最美的女人，  
因為。。





生日特刊


我媽媽是世界上最美的女人，  
因為。。

玫瑰花大放送



內容美與形式美

主觀美與客觀美


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


博士の愛した数式



一首詩有什麼美？

# 好詩的條件

- 看起來好看，讀起來好聽
- 敘事優美，說了一個好故事
- 意境深遠，讓人有所啟發



你對物理(學、課、人...)  
的看法?

玫瑰花大放送



# 電磁現象

<http://demo.phy.tw/>

[閃電](#)

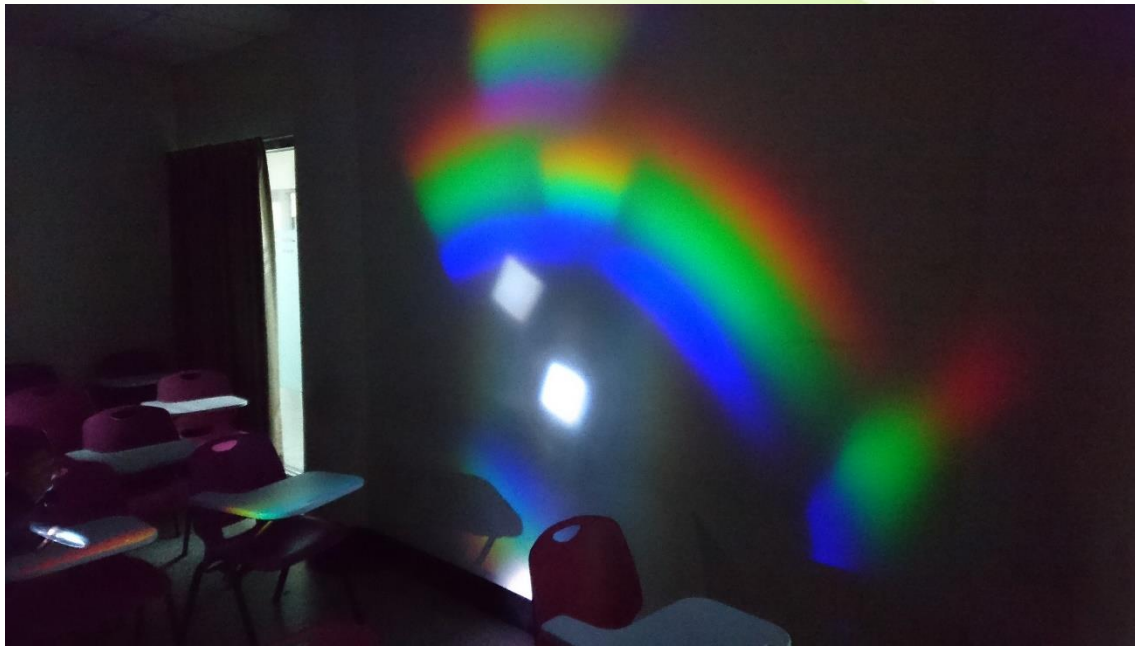
[文化大學 彩虹](#)

[Tesla Coil](#)

[Aurora](#)

[Plasma](#)

[Solar wind](#)



# 教室裡的彩虹



# 麥斯威爾方程式：

## 一首描述電磁現象的詩

Name	Integral equations	Differential equations
Gauss's law	$\oiint_{\partial\Omega} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \iiint_{\Omega} \rho dV$	$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$
Gauss's law for magnetism	$\oiint_{\partial\Omega} \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = 0$	$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$
Maxwell–Faraday equation (Faraday's law of induction)	$\oint_{\partial\Sigma} \mathbf{E} \cdot d\boldsymbol{\ell} = -\frac{d}{dt} \iint_{\Sigma} \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S}$	$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$
Ampère's circuital law (with Maxwell's addition)	$\oint_{\partial\Sigma} \mathbf{B} \cdot d\boldsymbol{\ell} = \mu_0 \iint_{\Sigma} \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \iint_{\Sigma} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S}$	$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \left( \mathbf{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right)$



怎麼樣把電磁學的美  
傳給非理工的朋友呢？



# 美學形式原理

反覆，漸層，對稱，均衡，調和，  
對比，比例，節奏，統一，簡約。



# 老麥和玫瑰花

# 麥斯威爾方程式： 一首描述電磁現象的詩

## Differential equations

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \left( \mathbf{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right)$$

電場可由電荷產生，

單獨的磁極不存在，

磁場的變化產生電場，

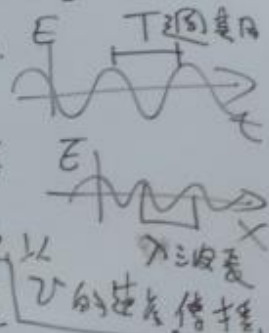
電流或變動的電場產生磁。

# Maxwell 方程的點綴與美學的形式連結

1. 統一：電磁學的最基本方程
2. 單純：最精簡的數學式
3. 對比：電與磁的關係
4. 調和：一組式子連接電與磁
5. 對稱：線積分與面積分 (散度與旋度)
6. 均恆：電荷守恆 (電流, 電場, 磁場的)
7. 漸層：時間： $\frac{d\Phi_E}{dt} \rightarrow B$ ,  $\frac{d\Phi_B}{dt} \rightarrow E$

8. 比例：高斯面電通量正比於  
安培迴路積分正比於內含電流
9. 重覆：電磁的空間與時間  
分佈
10. 律動：

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f$$



電磁波在空間中以波速傳播

空間  $\nabla \cdot E = \frac{\rho}{\epsilon_0}$  → 電荷分佈影響電場昇降

內含電荷量

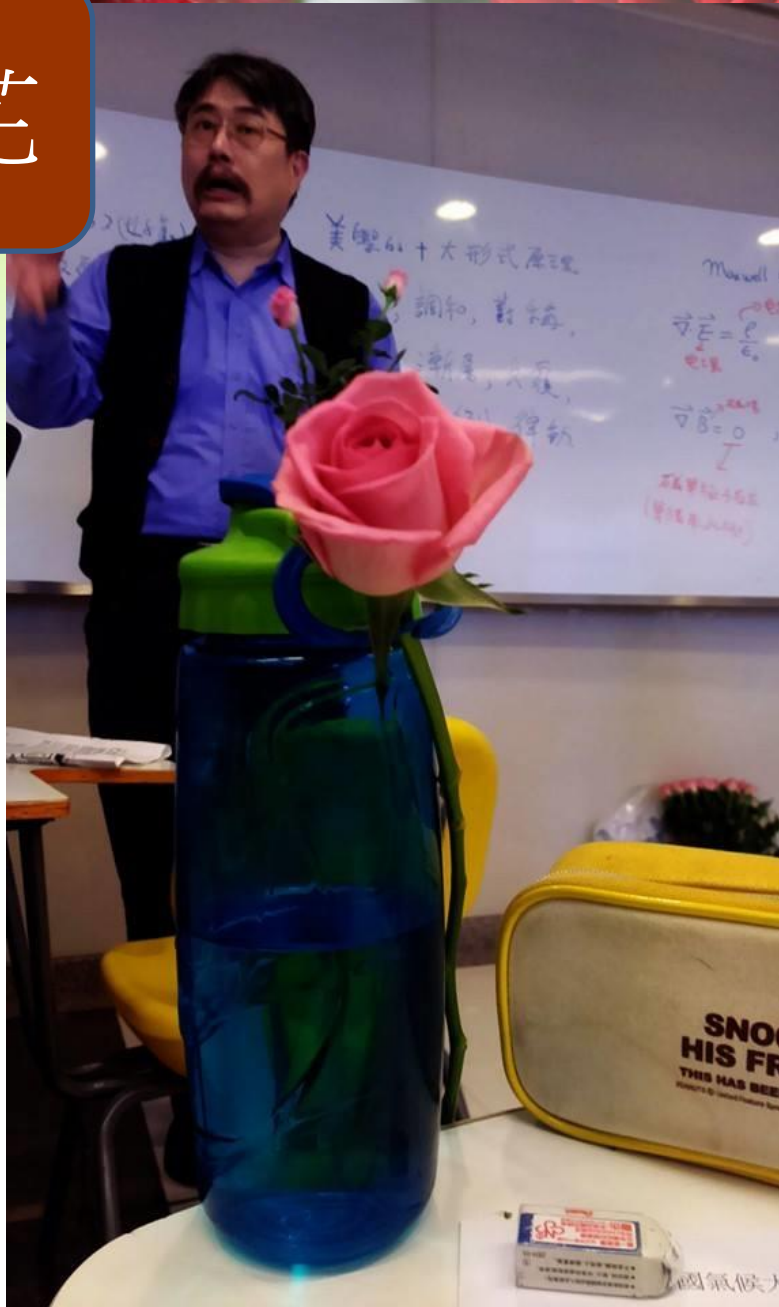
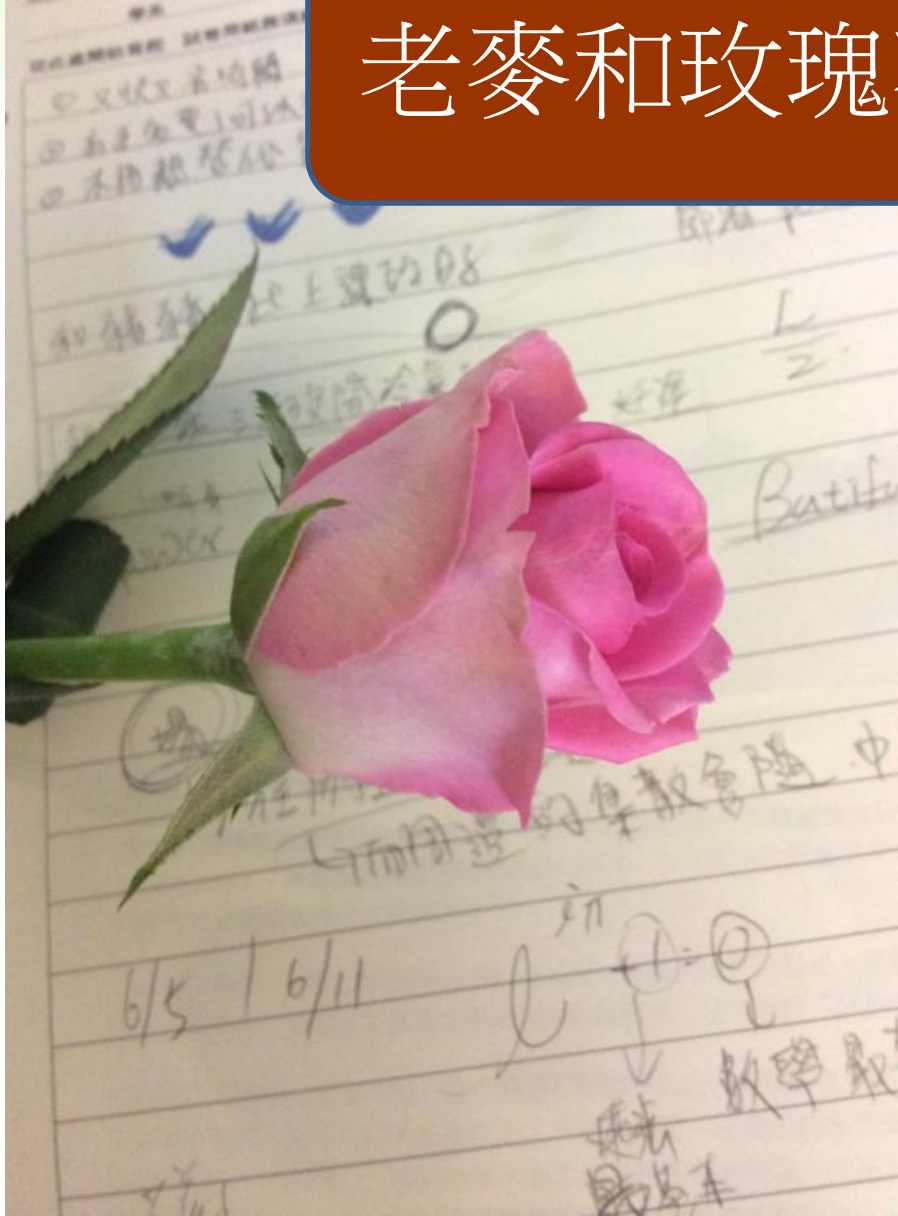
$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{q}{\epsilon_0}$$


$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{a} = 0$$

$$\oint \vec{E} \times d\vec{l} = -$$

$$\oint \vec{B} \times d\vec{l} =$$

# 老麥和玫瑰花







內容美與形式美  
主觀美與客觀美

何者重要？





我太太是世界  
上最美的女人，  
因為。。

A bouquet of vibrant red roses is arranged in a white, curved vase. The roses are in various stages of bloom, with some fully open and others just beginning to unfurl. The background is a soft, light green gradient that curves around the vase.

悠遊於自然與人文之間

謝謝