



中央研究院

原子與分子科學研究所

# 科學家到底在玩什麼？

系列演講暨體驗活動

園丁無法命令植物長大

種子訓練營

但可欣賞植物長大





魏金明 Lab

表面與  
奈米結構  
之理論計算

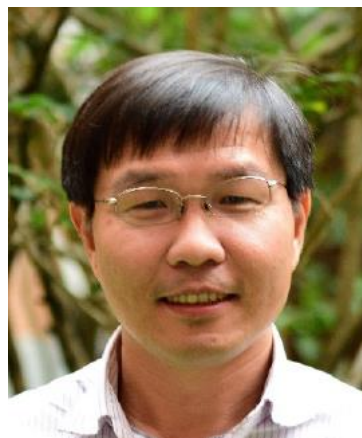
用電腦做工具  
來學科學



林志民 Lab

大氣化學  
儀器設計

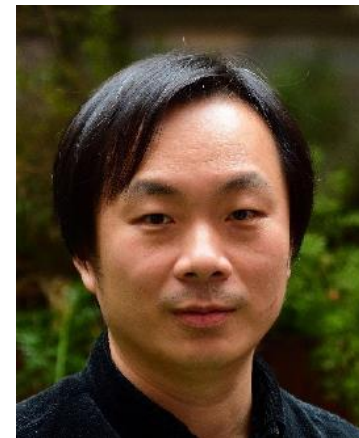
用電子訊號做  
工具來學科學



陳應誠 Lab

冷原子  
慢光

用光做工具  
來學科學



余慈顏 Lab

膜蛋白  
核磁共振光譜  
類澱粉沉積症

用細菌做工具  
來學科學

日期 時間	7/3 (一)	7/4 (二)	7/5 (三)	7/6 (四)	7/7 (五)
9:00~10:00	開場 林志民	共同實驗 2 林志民	專題實作	專題	成果發表 1、2
10:00~10:10	下課				
10:10~11:10	共同課程 1 林志民	共同課程 3 余慈顏	專題	專題	成果發表 3、4
11:10~11:20	下課				
11:20~12:20	共同課程 1 林志民	共同課程 3 余慈顏	專題	專題	成果發表 5、6
12:20~1:20	午餐				
1:20~1:50	參觀 L411	參觀 L221	參觀 玻璃工廠	參觀 L219	
2:00~3:00	共同課程 2 陳應誠	共同課程 4 魏金明	專題	專題	
3:00~3:10	下課				
3:10~4:10	共同課程 2 陳應誠	共同課程 4 魏金明	專題	專題	
4:10~4:20	下課				
4:20~5:20	共同實驗 1 陳應誠 參觀 L330	參觀電腦機房 選定專題	專題	專題	

大哉問: *Can we teach (learn) creativity?*

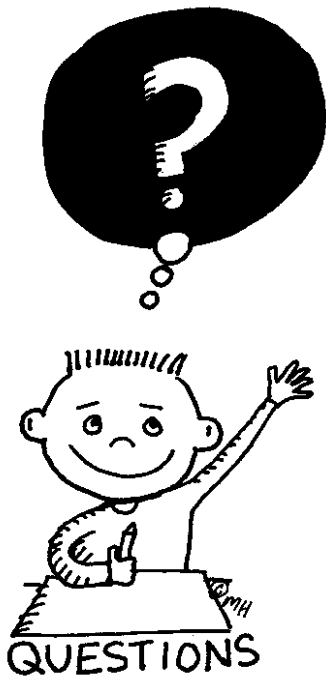
*If yes, how?*

*Prepare to be Wrong.* 錯誤是學習的契機

Ask Questions. 問問題可增進學習的效率

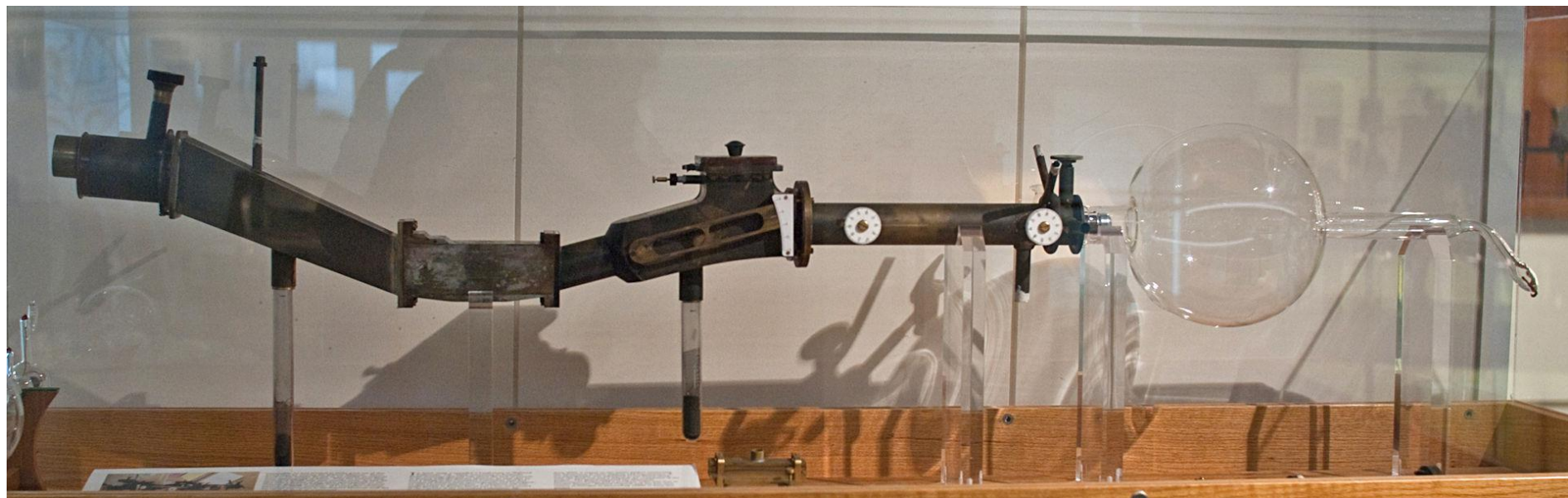
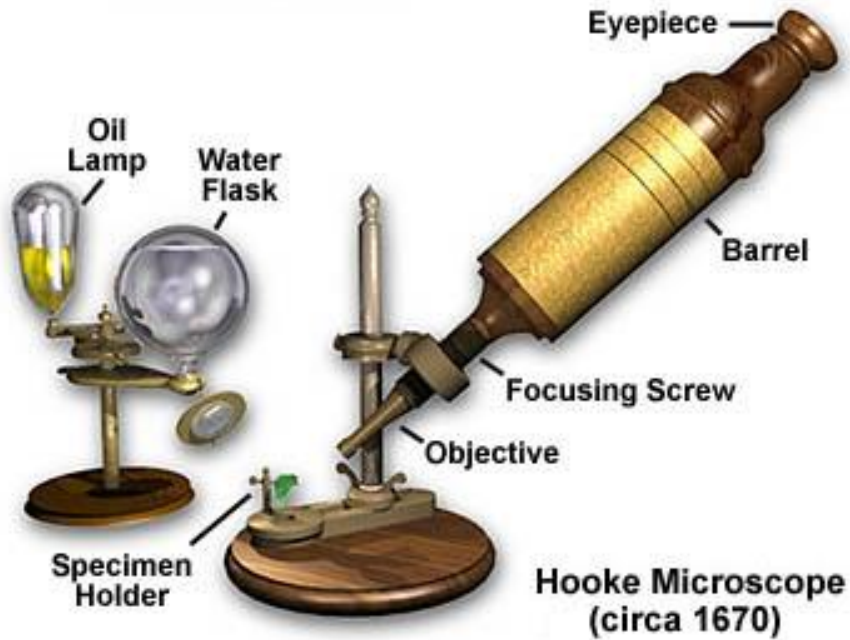
思考、思考、再思考

不剝奪你思考的趣味



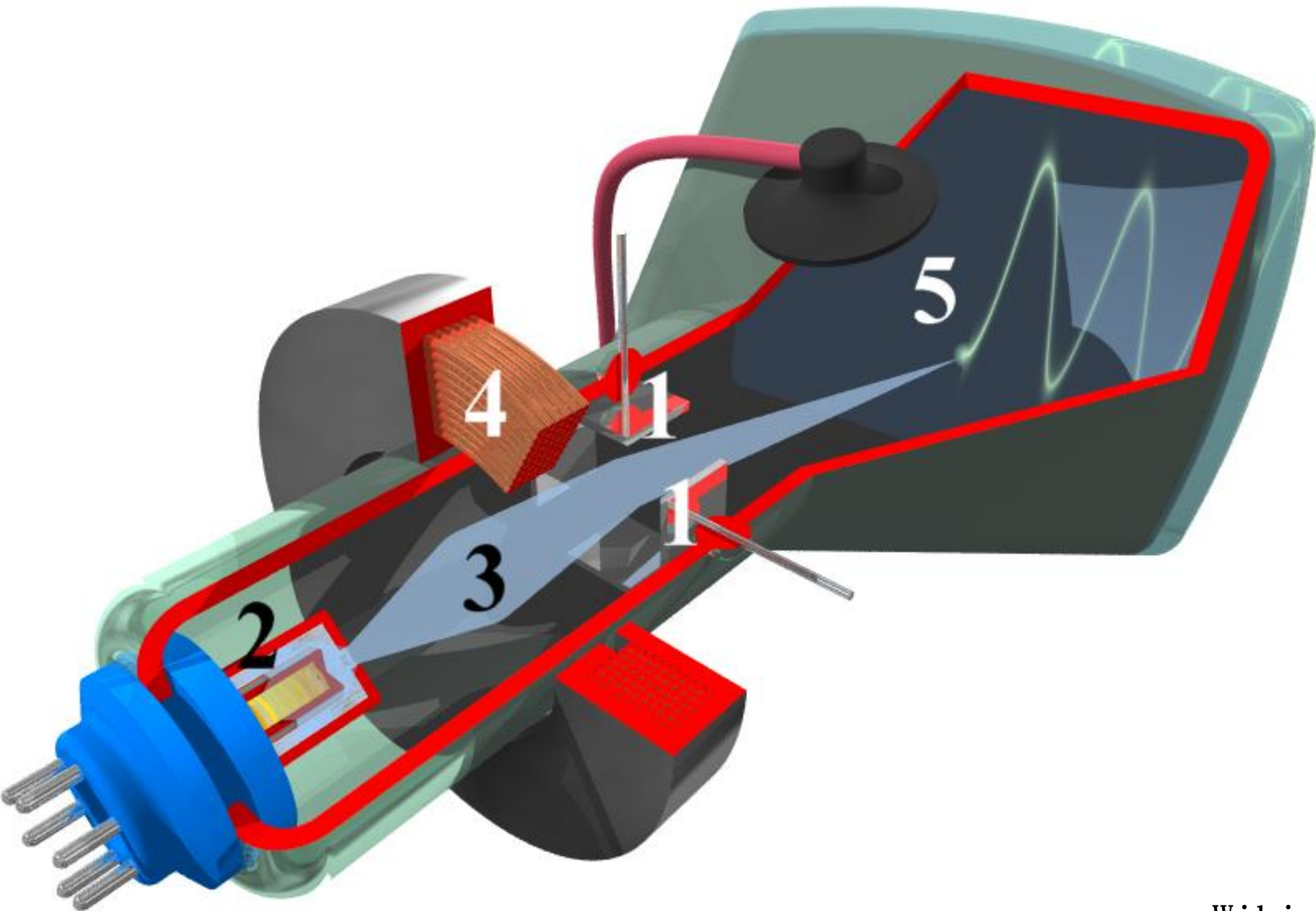
眼睛











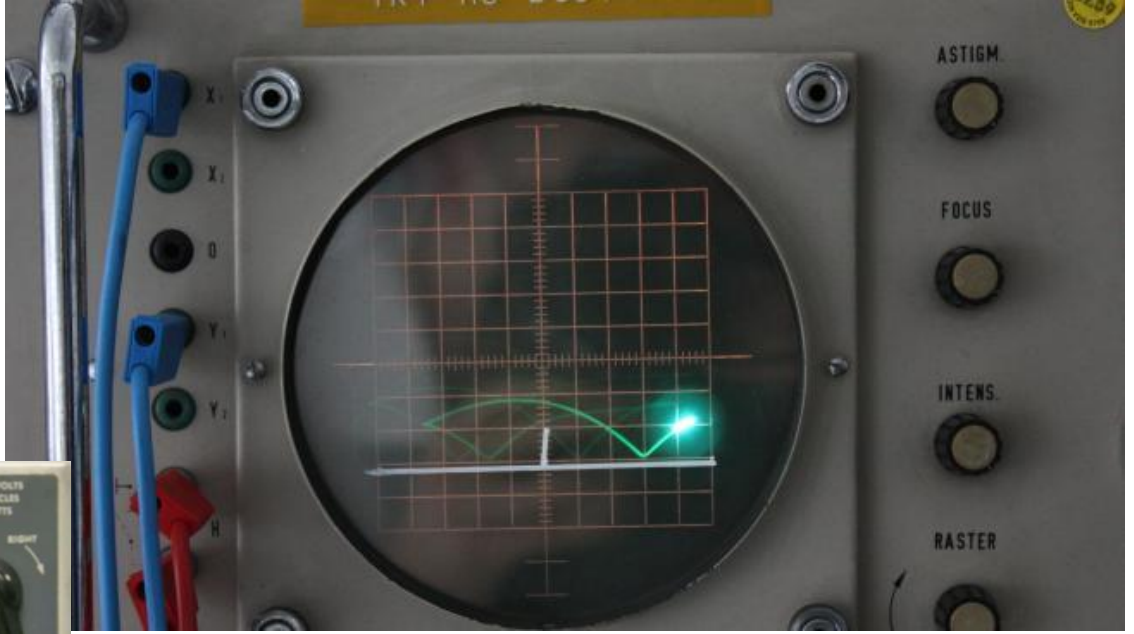
# Break

## Liquid nitrogen (LN2) Balloon

Questions:

- 1) What is the temperature of LN2?
- 2) Why it is OK for your hand to touch LN2 for a short period of time?
- 3) *When an inflated balloon touch LN2, it shrinks. Which part (lower part or upper part) shrinks first?*

# 示波器：電子世界的眼睛



Tennis for Two on a DuMont  
Lab Oscilloscope Type 304-A  
1958.  
Wiki

## 張文亮著 電學之父—法拉第的故事「第十五章電磁感應交響曲」

... 他用一個圓形的軟鐵，左右兩邊各繞上圓形的線圈，左端線圈接上伏特電池，右端線圈接上電流檢流器。法拉第的想法是左端的導線可以產生電流，電流在垂直方向產生磁力，因此把導線繞成圓形線圈後，線圈的中央可以產生最強磁力。左端的磁應該可以傳到右端的線圈而產生電流。一八二一年，法拉第就把這實驗裝置做好，左端接上伏特電池，右端檢流器指針輕微抖動一下，然後就不動了。顯然右端沒有電流通過；**法拉第在實驗裝置旁，等了很久，檢流器指針像隻死人的手指，動也不動一下。實驗結束，導線離開伏特電池，檢流器指針又輕微抖動一下，重歸寂然。**

法拉第想可能是... 電力不夠... 他又在軟鐵上多繞了幾層線圈... 用不同的角度去纏繞線圈，用不同尺寸的軟鐵，甚至用更靈敏的電子檢流器，結果還是一樣。但是法拉第在實驗備忘錄上寫著：「十年的努力實驗，依然沒有結果。沒有結果，也是成果，因為已經愈來愈接近真實的答案了。」...

法拉第回到實驗室，將線圈自軟鐵取下。法拉第拿著一塊細長磁鐵，小心翼翼地隔空，穿入線圈中，磁鐵與線圈沒有接觸，應該會感應吧！法拉第看著線圈上檢流器的指針。時鐘上的指針，一秒鐘、一秒鐘，滴滴答答的過去，檢流器的指針卻動也不動。唉！實驗還是失敗了！法拉第將磁鐵自線圈中取，出放在桌上，上樓去睡覺了。**不過他彷彿看到，如同以前做過千百次的實驗，每次實驗結束了，檢流器的指針會突然輕微地振動一下，為實驗畫下神秘的休止符。這是怎麼一回事？**

**Trigger:** 決定按快門的時機 (抓住瞬間波形)



**Demo:** 示波器內建參考方波、電池之電壓、

小馬達發電、聲波

交流電之波形(用衰減探棒)、

氣球靜電、雜訊、...

# 用實測教導模型歸納與分析 —以訊號之反射實驗為例

林志民

中央研究院原子與分子科學研究所  
國立臺灣大學化學系

如果小的時候只會考試，我怕

老了連試都考不好



相當多的研究是無法預知結果的，而是從現有的實驗結果，做分析與歸納，找出規律，進而建立物理模型，再而能預測類似實驗的結果或做出新穎的設計。

個人發現，學生普遍欠缺此類經驗。學生的物理模型，多由書本或教師告知而來；學生研究工作中的預測或設計，常由老師代勞。畢竟，此類工作極依賴經驗(但沒有人生下來就有經驗)，大部分的學生無法立即進行上述的研究流程。

為此，本人設計了一套題目，要求學生在一週內，由自己的實驗結果建立模型，並互相驗證，優者可試著做出新設計。**有趣的是，在此練習中，愈年輕的學生反應愈好。**



My Goal is

*To Simulate a Research Process  
with Real Experiments.*

*There is no substitution for experiments.*

# A Research Process:

To measure something new

To describe and explain the measurements

To build a model

To test the model by more experiments

To predict new things with the model

# *Why Simulation?*

Faster < 1 week

Lower cost < 10,000 NTD

More exact < 10% error

# Why 訊號之反射實驗？

When I was young, ...

It is not easy to find the answer on Web.

Difficult enough ...

yet EASY enough ...

It happens everyday.

只給實驗目標、不給步驟

要求學生自行決定測量範圍

逐時檢查實驗操作與結果：

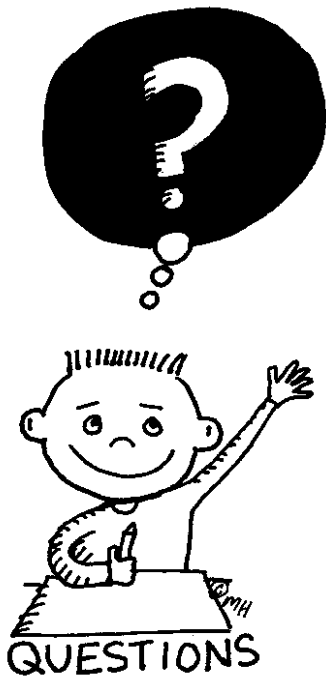
- 1) 避免錯得太遠 (小錯是好的)
- 2) 確定達到該有的精確度
- 3) 協助養成良好的實驗習慣

*Prepare to be Wrong.* 錯誤是學習的契機

Ask Questions. 問問題可增進學習的效率

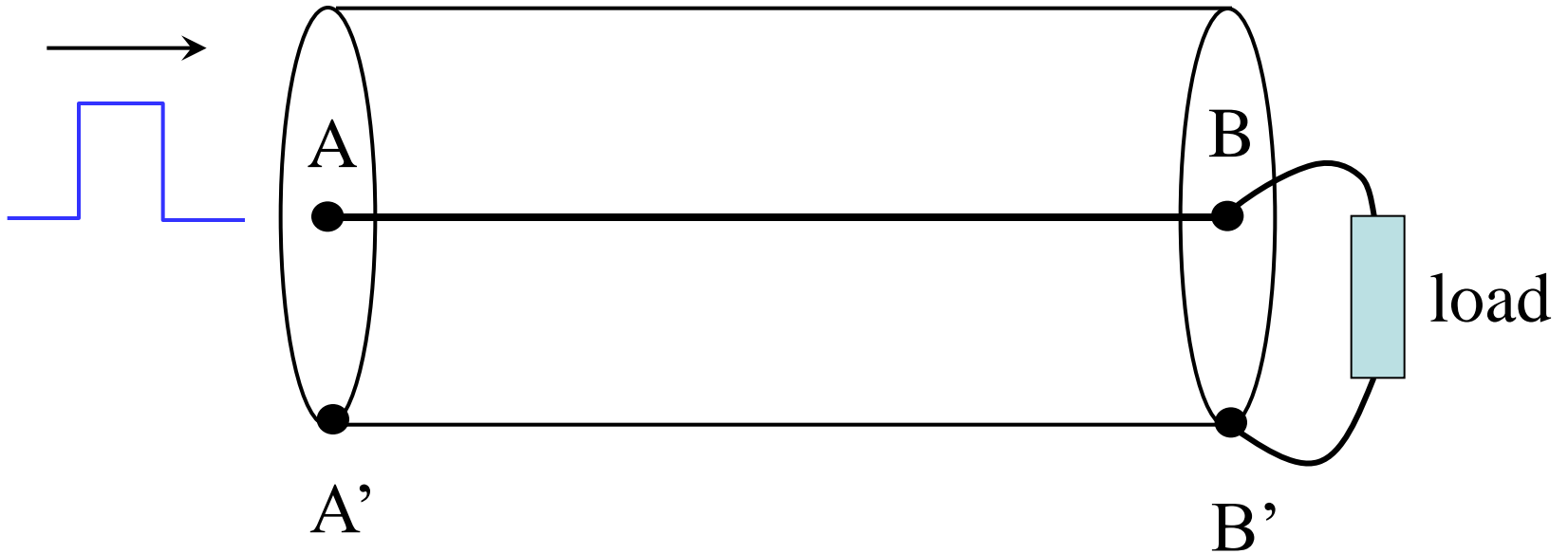
思考、思考、再思考

思考的趣味



break

(Long) Coaxial Cable ( $Z_0 = 50 \Omega$ )



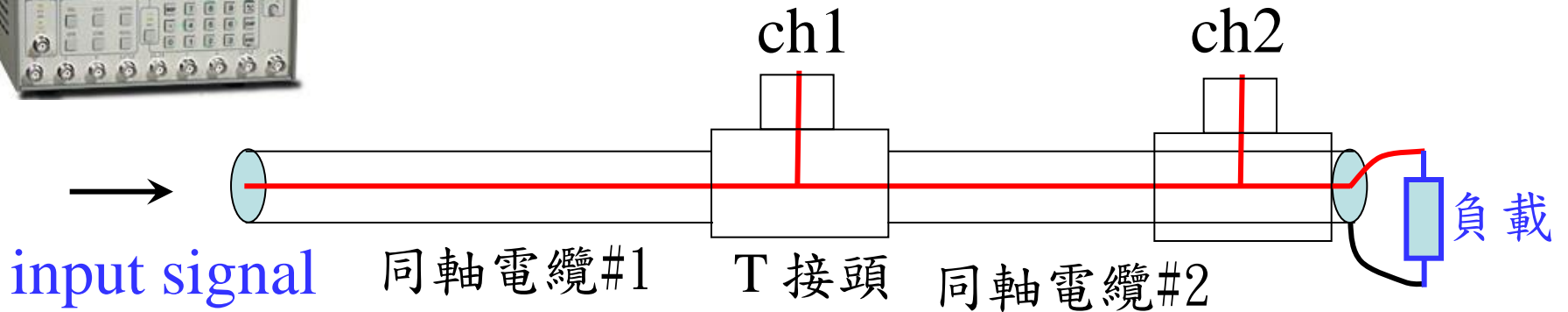
To Monitor: Waveforms at A/A' and B/B'



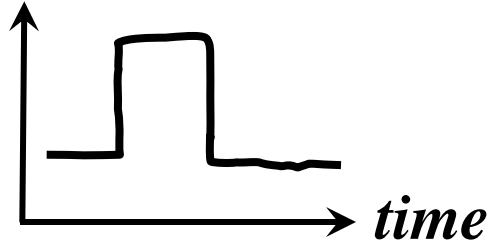
訊號產生器



示波器

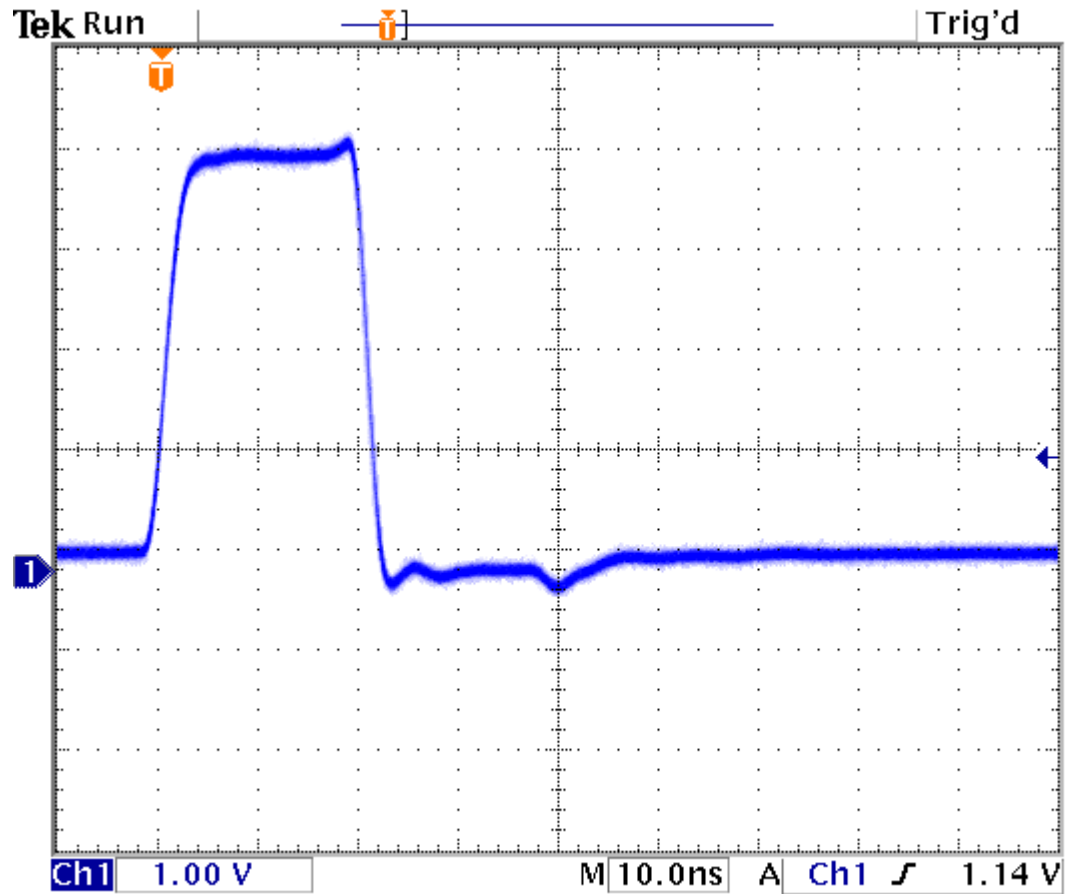


Voltage



Demo:

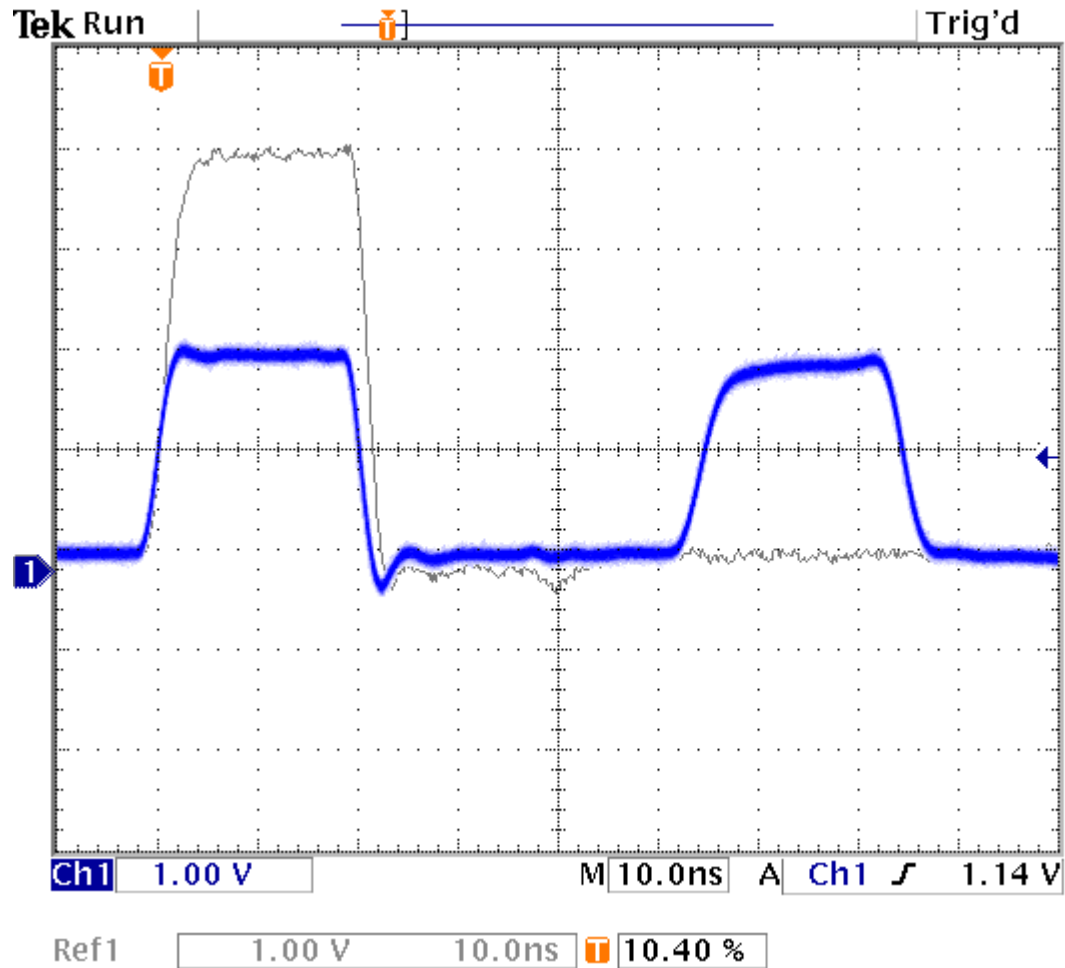
Only cable #1



Ref1 1.00 V 10.0ns 10.40 %

19 Aug 2012  
18:01:19

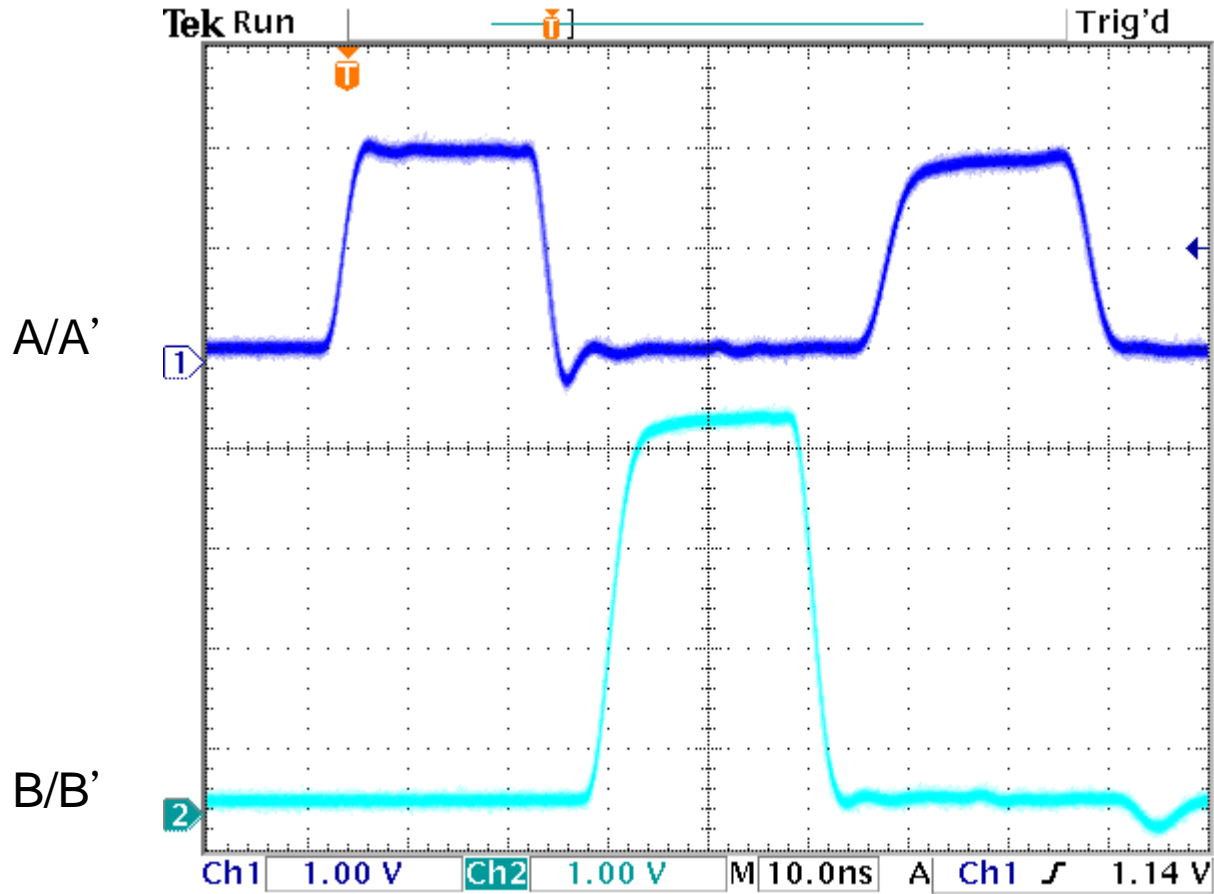
cable #1 and cable #2



19 Aug 2012  
18:02:00

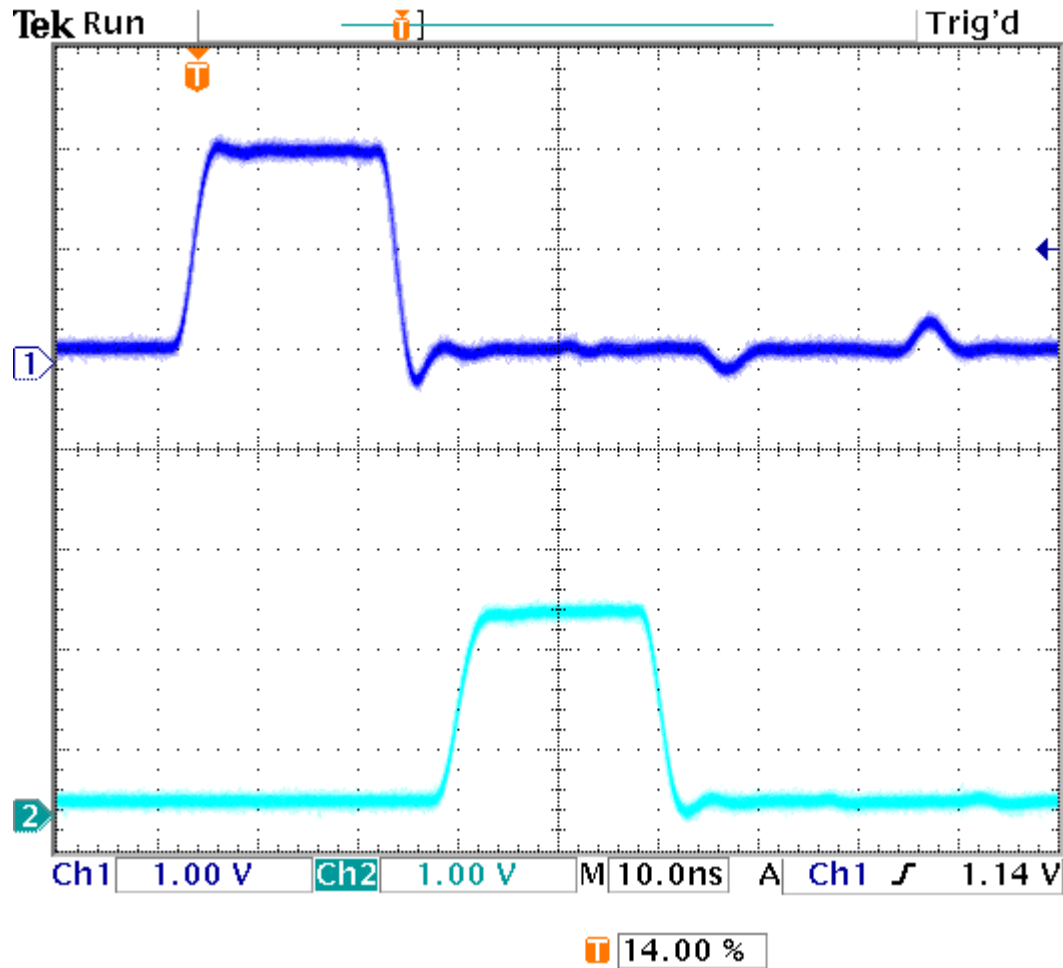
Not only surprise. We require the student to perform analysis

Load = open ( $\infty \Omega$ )



19 Aug 2012  
17:42:16

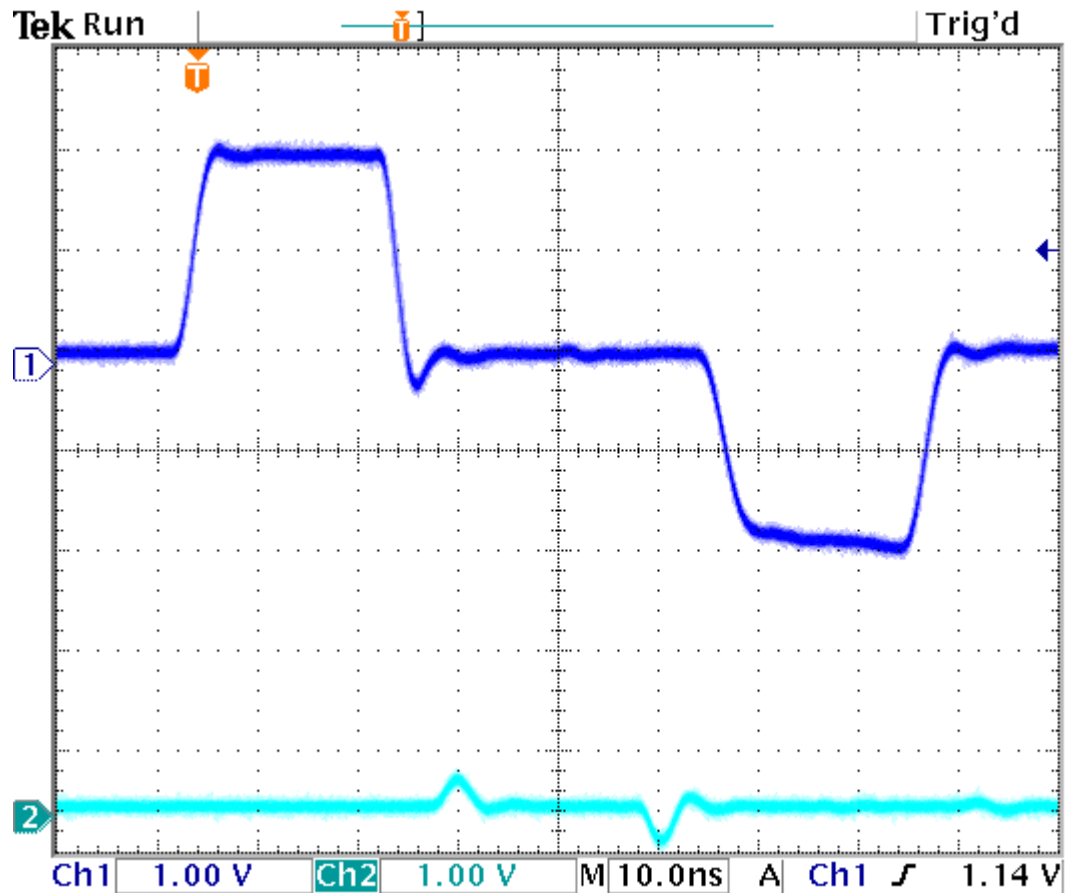
Load = 50  $\Omega$  (impedance matched)



19 Aug 2012  
17:36:19

Delay is due to the length of the cable

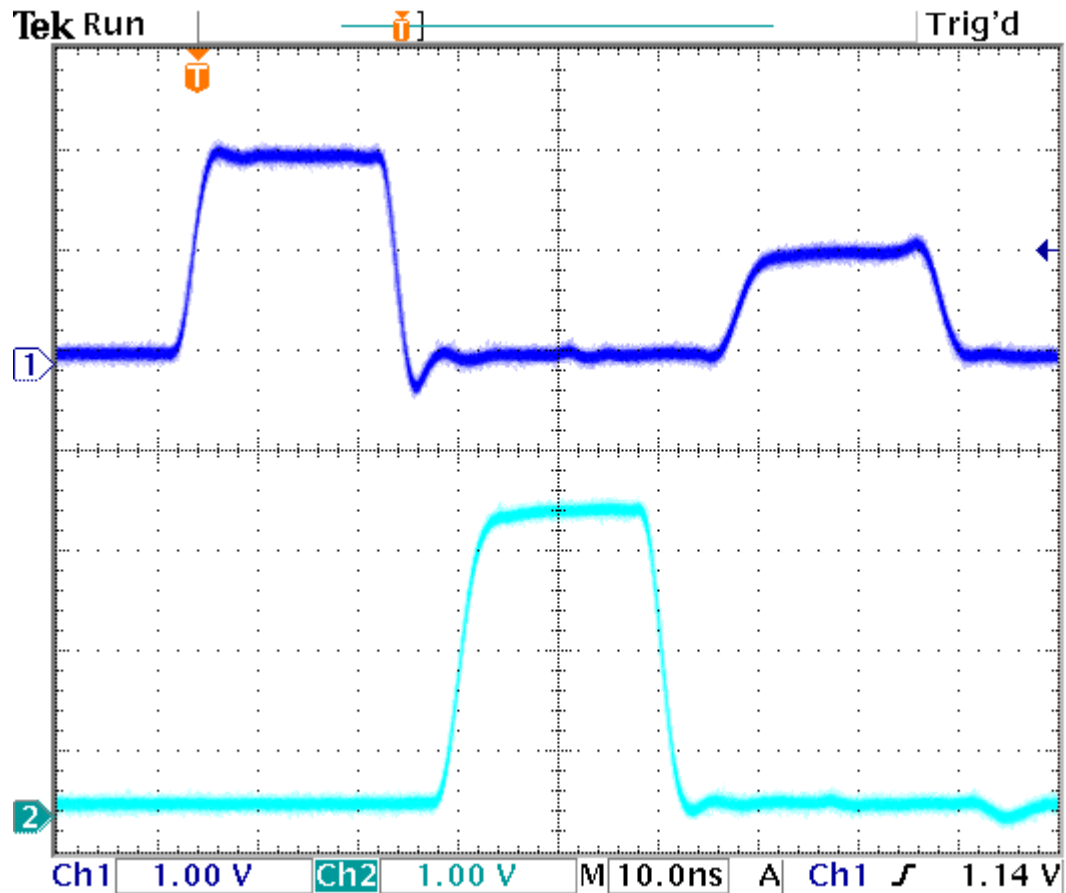
Load = short ( $0 \Omega$ )



14.00 %

19 Aug 2012  
17:44:52

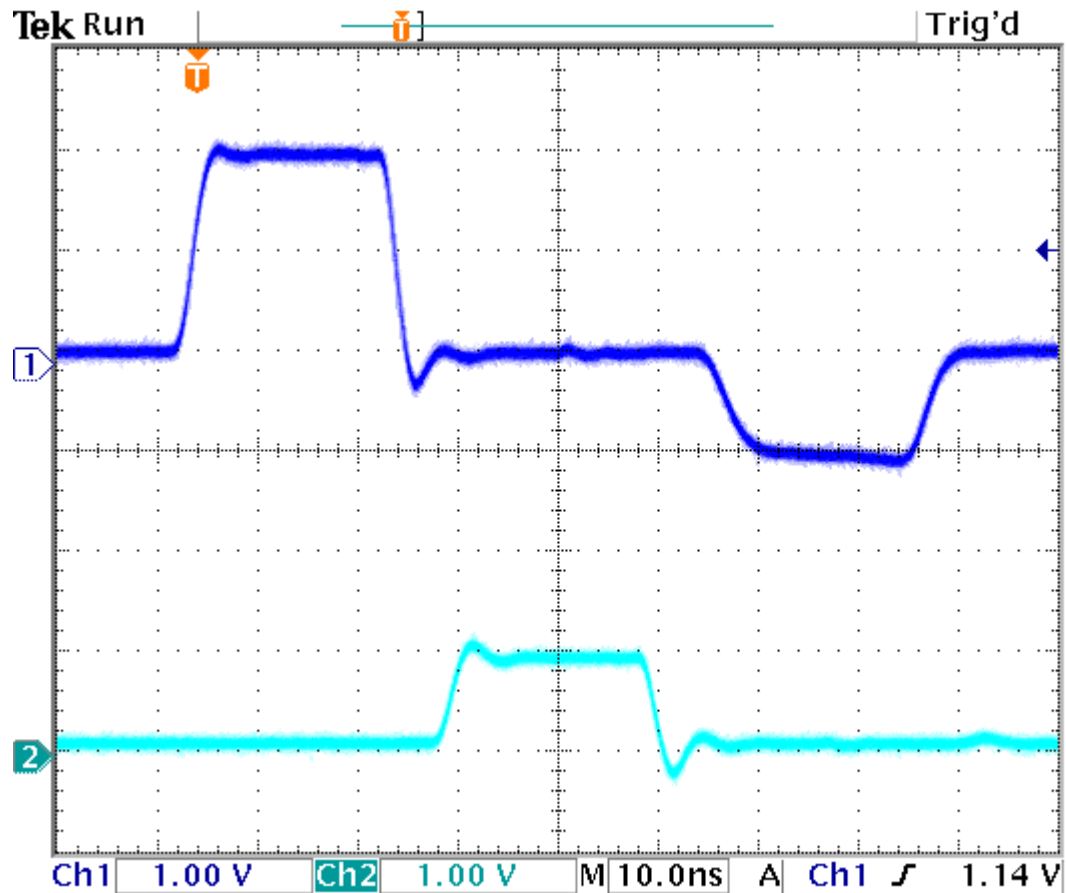
Load = 172  $\Omega$



14.00 %

19 Aug 2012  
17:46:17

Load = 15  $\Omega$



14.00 %

19 Aug 2012  
17:48:38



## Essential Concepts:

### 1. Length matters at short time scales.

Length of a coaxial cable causes time delay.

For non-coaxial cable, using very short wires to approximate the ideal case.

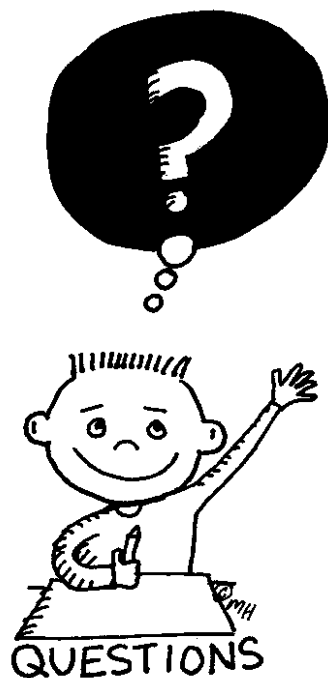
## Helpful Tips (要先驗證或測量)

- (1) 電波之傳遞需要時間(速率=?)
- (2) 電波在電纜中傳遞，當還沒到達末端時，  
電波本身會覺得電纜是無限長的
- (3) 電荷不會憑空消失(Where the charges go?)
- (4) 電阻的運作遵守歐姆定律， $\Delta V=IR$ ，  
 $\Delta V$ 為電阻兩端之電壓差

共同目標=? 在玩中學科學

如何達到? 操作 思考 問問題

可增進學科學的效率



# 產生高電壓短脈衝方波的經濟方法

## A New Economic Method to Generate Fast High Voltage Pulse

科儀新知第二十六卷第二期 93.10

65

鍾介文、林志民

Jieh-Wen Tsung, Jim Jr-Min Lin

利用電荷在傳輸線 (此為同軸電纜) 中等速傳輸的特性，將一定長度的同軸電纜充電至高壓後，再用快速電晶體開關瞬間將電荷導向與傳輸線匹配的負載，即可產生方波，其寬度由傳輸線的長度與訊號傳遞的速度來決定。此裝置可以輸出極高瞬間功率的脈衝，實測輸出至 50  $\Omega$  負載之最高電壓達 1380 V，最短脈寬小於 20 ns。此法取材容易，造價低廉，產生脈衝的波形相當接近理想的方波，且穩定度極佳，具有不下於高價儀器的品質，應有很高的應用價值。

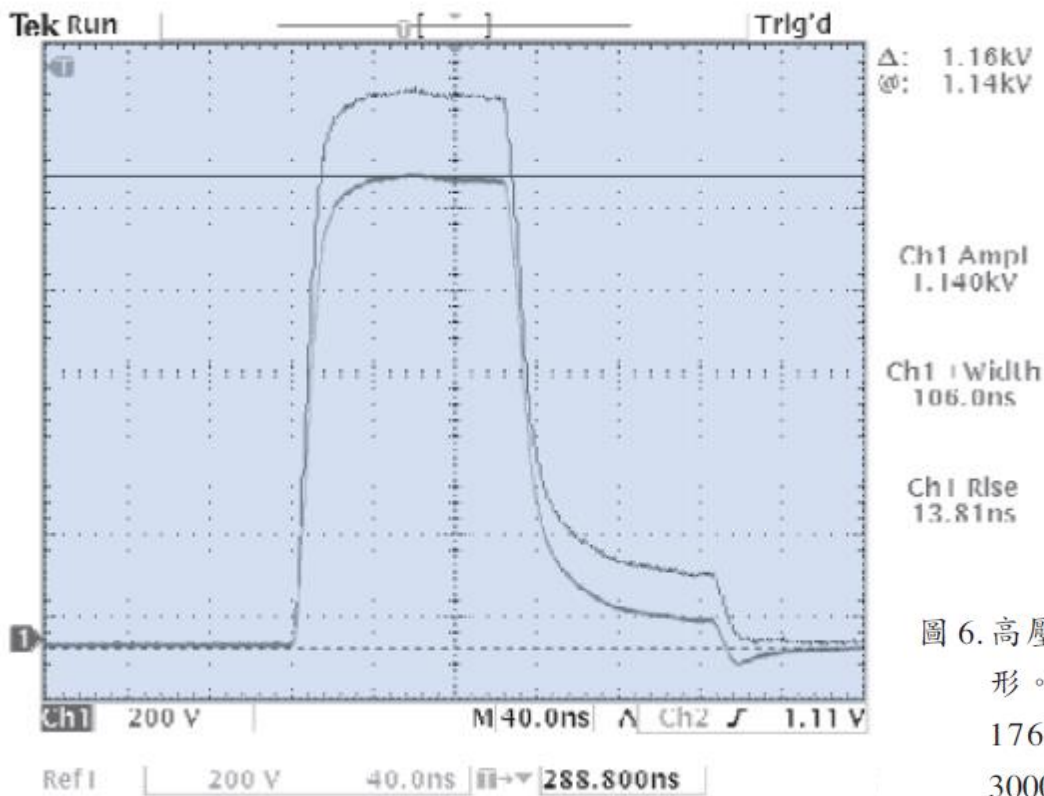
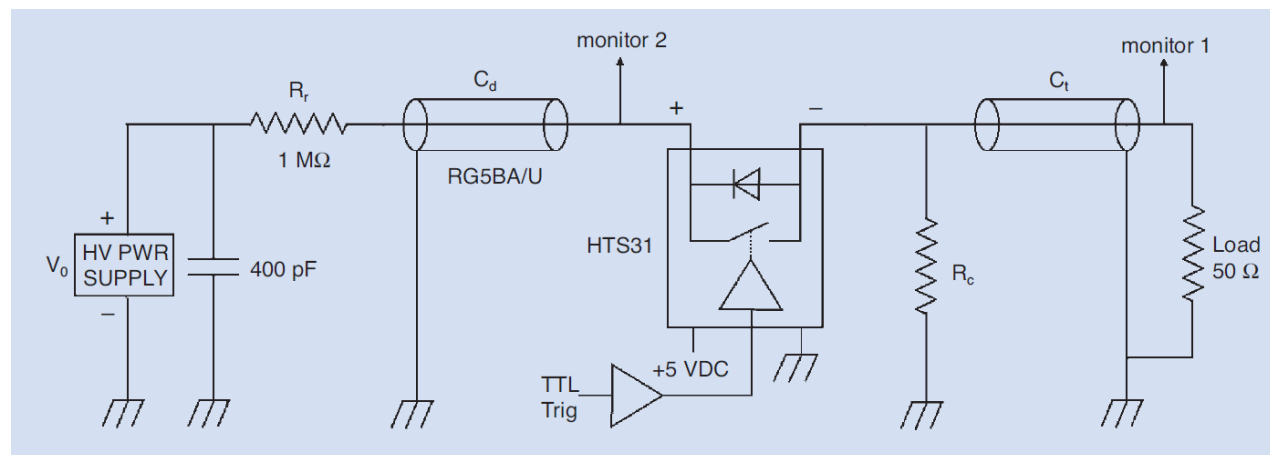


圖 6. 高壓短脈衝反射之波及其經過補償後的波形。Ref1 是未經過補償的波形，Ch1 是經過 176 Ω 阻補償後的波形。兩訊號之  $V_0$  皆為 3000 伏， $C_d$  長度為 11.579 公尺。



## ***Interesting Observation #1:***

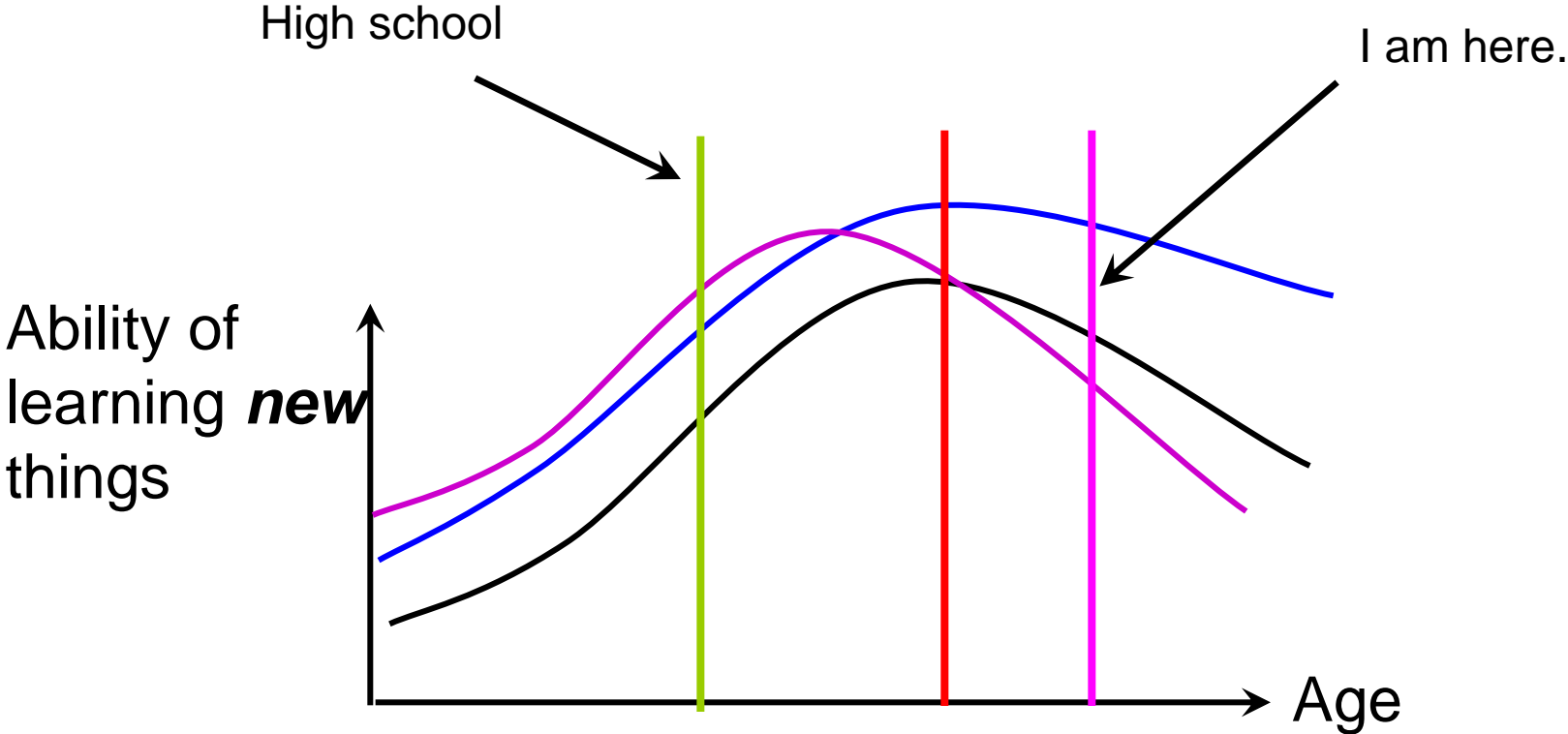
For ~ 100 students, from high school to postdoc,

Performance does not depend on previous level of education;  
Knowing calculus helps a bit but is not enough.

Persistence to think is important.

In average, the older, the worse.

It is true that an old dog cannot learn new tricks.  
It may be different for *Homo sapiens*.



by 林志民

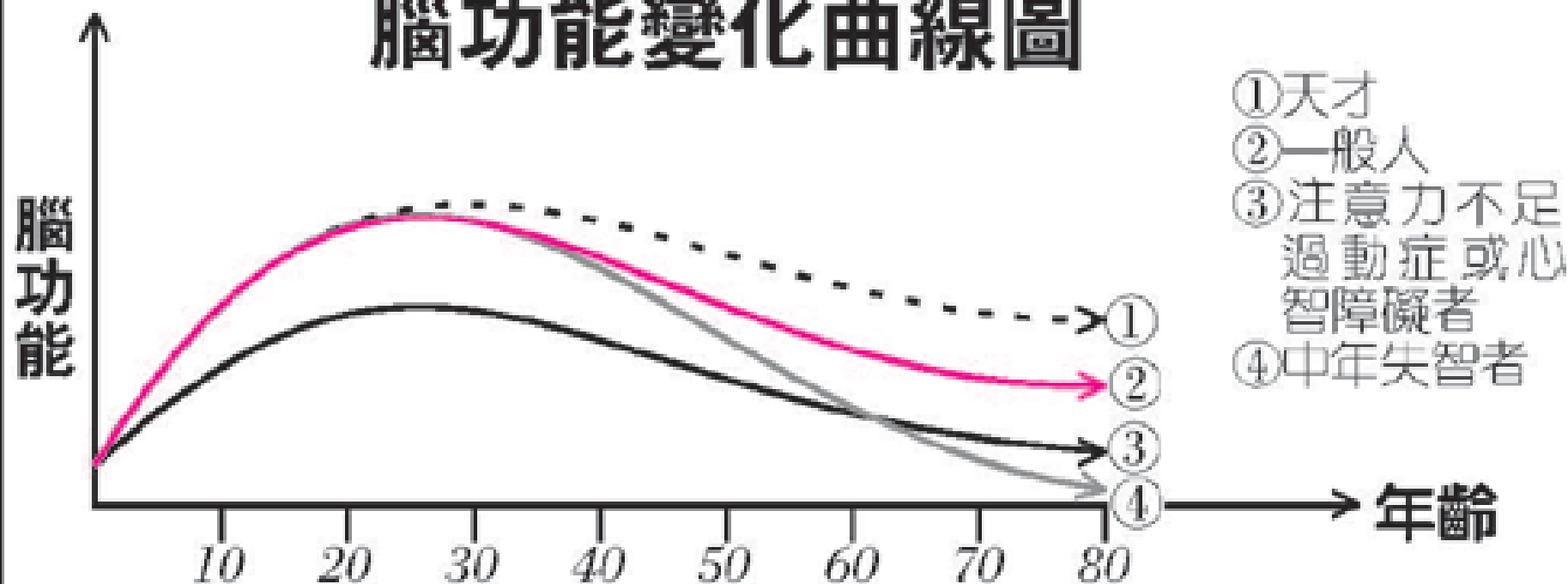
**HAD A KID TELL ME ONCE, "YOU CAN'T  
TEACH AN OLD DOG NEW TRICKS"**

**I REPLIED, "IT WAS ONLY THE YOUNG DOGS  
THAT THOUGHT THE TRICKS WERE NEW"**

hormer.net

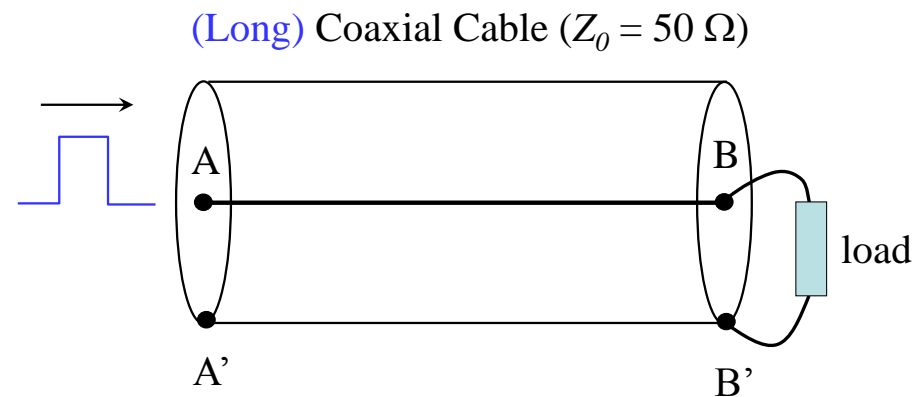


# 腦功能變化曲線圖



資料提供／葉健全醫師

- A. Measure the signal propagation speed in a coaxial cable.
- B. Measure the reflection coefficient  $\Gamma$  for a coaxial cable terminated with a resistor
- B1. Verify  $\Gamma$  is  $(R-50\Omega)/(R+50\Omega)$
- B2. Observed Vs. calculated  $\Gamma$ . What are the sources of discrepancies? Can you correct some of the errors?
- C. A model to describe your observations.
- C1. Try other terminations, e.g.,  $C$  or  $L$  or  $R+C$ .
- C2. Try other combinations of cable connections as the load, e.g., one cable T-connected to two cables.



You may learn:

Reflection at a resistive termination, ie  $\text{Load} = R$ .

Build a model from your observations.

Verify your model by doing experiments.

$\text{Load} =$  two cables connected by a T connector.

Discharge of one cable to make a square pulse.

$\text{Load} = C$ ;  $V_C(t) = Q(t)/C$ , easier for  $V_C \ll V_{\text{in}}$  or  
 $V_C = \text{constant}$ .

$\text{Load} = R+C$ ; if the model is right, it should still work.

and many others.

# Exponential decay for describing

光吸收 核衰變 熱水冷卻 化學反應 ...

## 指數函數及其斜率(slope)

例:  $y_1 = 2^x$

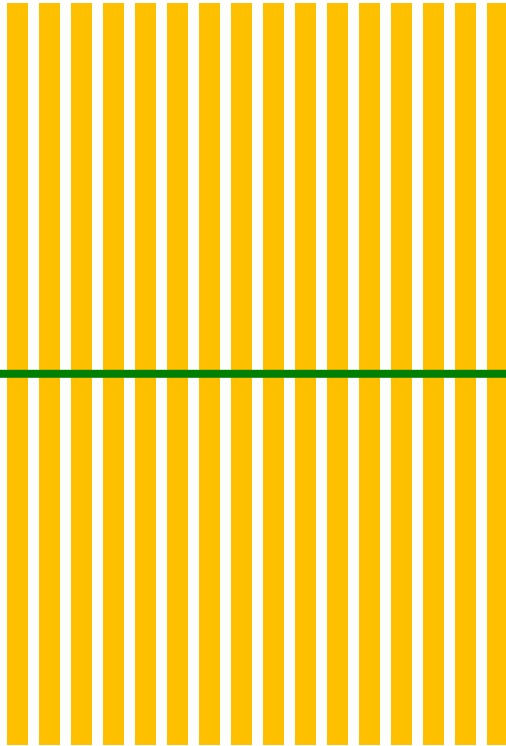
$$\begin{aligned} \text{slope} &= \frac{dy}{dx} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{2^{x+\Delta x} - 2^x}{(x + \Delta x) - x} = \frac{2^x(2^{\Delta x} - 1)}{\Delta x} = 2^x \frac{(2^{\Delta x} - 2^0)}{\Delta x - 0} \\ &= (0.693) 2^x \end{aligned}$$

Note that:  $\frac{(2^{\Delta x} - 1)}{\Delta x} = \text{slope at } x = 0$

Test this result with a calculator using a small  $\Delta x$  value like 0.001.

First-order kinetics happens very often in research and in nature (almost everywhere).

光吸收 核衰變 熱水冷卻 化學反應 ...



Demo (Fluorescent Dye)

$$\begin{aligned}100\% * 0.99 &= 99\% \\99\% * 0.99 &= 98.01\% \\98.01\% * 0.99 &= 97.03\% \\97.03\% * 0.99 &= 96.06\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}0.99^{10} &= 90.4\% \\0.99^{20} &= 81.8\% \\0.99^{40} &= 66.9\% \\0.99^{80} &= 44.8\% \\0.99^{160} &= 20.0\%\end{aligned}$$

*Thanks to  
those students who spent a lot of time  
and  
thought  
on  
these experiments.*



