



高中化學課的論證教學

- 以解離說發展為例

Teaching argumentation skill in chemistry high school courses

— An example using theory of electrolytic dissociation

國教院測驗與評量中心研究教師
中山女高 曹雅萍 Tsao Ya-Ping





論證簡介



相關科學史整理



解釋與論證



課程與評量



論證簡介





科學解釋和論證的差異

解釋(explanation)：為物質世界事件提供因果解釋，增進理解
an explanation should make sense of a phenomenon based on other scientific facts

要解釋的特徵或現象通常被表述為一個問題，解釋的本質上是對問題的回答：將新的實體(entities)或屬性(properties)帶入，以提供因果關係的描述。

例如：為什麼恐龍滅絕了？

解釋：因為一顆巨大的隕石將大量的灰塵和灰燼拋入大氣層（描述性陳述），導致地球表面溫度突然下降（描述性陳述）。

Osborne, J.F. and Patterson, A. (2011), Scientific argument and explanation: A necessary distinction?. Sci. Ed., 95: 627-638. <https://doi.org/10.1002/sce.20438>



科學解釋和論證的差異

論證(argument)：證明對知識的主張或說服；
試圖使用數據和理由來證明信念的合理性

a claim to be justified

Consequently, there is always a substantial degree of tentativeness associated with any argument.

對於任何特定的現象往往有多種解釋。其中一些解釋是完全錯誤的，而另一些解釋可能無法解釋。而論證則連貫的、合理的和全面的判斷這個解釋是否比另一個競爭性解釋更好。



科學解釋和論證的差異

論證：可靠的前提推理到一個試探性的結論，目的是試圖說服聽眾相信結論的有效性。

例如：太陽24小時內東升西落(可靠前提)→地心說或日心說

建構解釋：要解釋的內容是毫無疑問的，需要從假設的前提推理得出一個明確的結論。

例如：

達爾文提出物種自然變異(假設前提)解釋地球生物為何具有多樣性。

Osborne, J.F. and Patterson, A. (2011), Scientific argument and explanation: A necessary distinction?. Sci. Ed., 95: 627-638. <https://doi.org/10.1002/sce.20438>



DNA結構

論證和解釋的重疊

- **解釋性假設的成立與否取決於論證過程**，經由時間的推移與科學社群的論證，假設才會轉變為科學家通常認為的解釋。
- 這種轉變既需要時間因素，也需要科學社群對對解釋性假設進行批判性評估，並且**只有當它可以通過反復的批評與證明**（每一次批評都被證明是可廢止的）時，才可成為一個普遍接受的解釋。
- 此即為什麼**批判**對於科學和知識建構行為如此重要的原因之一

Osborne, J.F. and Patterson, A. (2011), Scientific argument and explanation: A necessary distinction?. Sci. Ed., 95: 627-638. <https://doi.org/10.1002/sce.20438>



DNA結構

論證和解釋的重疊： 以 Watson 和 Crick 的論文為例

假設前提

- 遺傳信息是由細胞核的 DNA 攜帶的，
- DNA由雙螺旋結構組成

解釋：

以雙螺旋DNA結構，說明DNA如何解開、複製，從而傳遞遺傳訊息。

已知事實

- 遺傳信息可代代相傳



DNA結構

論證和解釋的重疊： 以 Watson 和 Crick 的論文為例

事實證據

- 鹼基對比例
- Rosalind Franklin X-ray數據

解釋：
雙螺旋結構為何可以符合實驗數據

Watson 和 Crick
DNA雙螺旋結構

反駁：
三螺旋結構為何是錯誤的

Linus Carl Pauling
DNA三螺旋結構



論證簡介

科學革命的結構





被取代的科學理論

化學 [編輯]

- **熱質說**：熱是一種稱為熱質的無質量的氣體。[詹姆斯·普雷斯科特·焦耳](#)導體發熱的實驗顯示熱是一種能量的形式。^[11]
- **燃素說**：任何物質在燃燒時會釋放出燃素。[安東萬-羅倫·德·拉瓦節](#)在1777年的《燃燒概論》^[12]和1778年的《酸性概論》^[13]中指出燃燒是物質和空氣中約占五分之一的氧氣反應的結果。
- **古典元素**：是構成世界上所有物質的最基本實體或能量，最廣為人知的是[亞里斯多德](#)的五元素說：火、水、土、氣、[乙太](#)。1661年[羅伯特·波義耳](#)駁斥此論並指出自己對元素的定義。而於1789年[安東萬-羅倫·德·拉瓦節](#)亦定義了元素並總結出33種（雖部分為能量或化合物）。^{[14]:636-637}
- **約翰·道耳頓的原子理論第二點**：同種元素的原子具有相同的大小，質量和性質。不同元素的原子是不同的，即元素性質由組成它們的原子決定。隨同位素及同素異形體的概念被否定。

物理 [編輯]

- **外射說**：[柏拉圖](#)認為視力源於眼睛發出的射線。^[15][海什木](#)為首位解釋視力源於光從物件反射至眼睛的人。^[16]
- **亞里斯多德物理學**：延續了近兩千年的物理理論，而[海什木](#)、[阿維森納](#)、[讓·布里丹](#)、[伽利略](#)、[笛卡兒](#)、[牛頓](#)等的發現使人們逐漸認識到其謬誤。^[17]
- **托勒密的的折射定律**：被[斯涅耳定律](#)取代。
- **發射理論**：[華特·里茲](#)等於20世紀初提出的若干理論以解釋[邁克耳孫-莫雷實驗](#)，並質疑了在所有慣性參考系中光速不變的理論。後為多數科學家所否定。^{[18][19]}



科學革命的結構

孔恩認為：

常態科學與典範：每個學科在特定年代，都會有該學科成員共同的信仰、價值觀和經典實驗方法，孔恩將其稱為「典範（paradigm）」，而科學家們大多利用當時的典範來解決自然界的謎題。

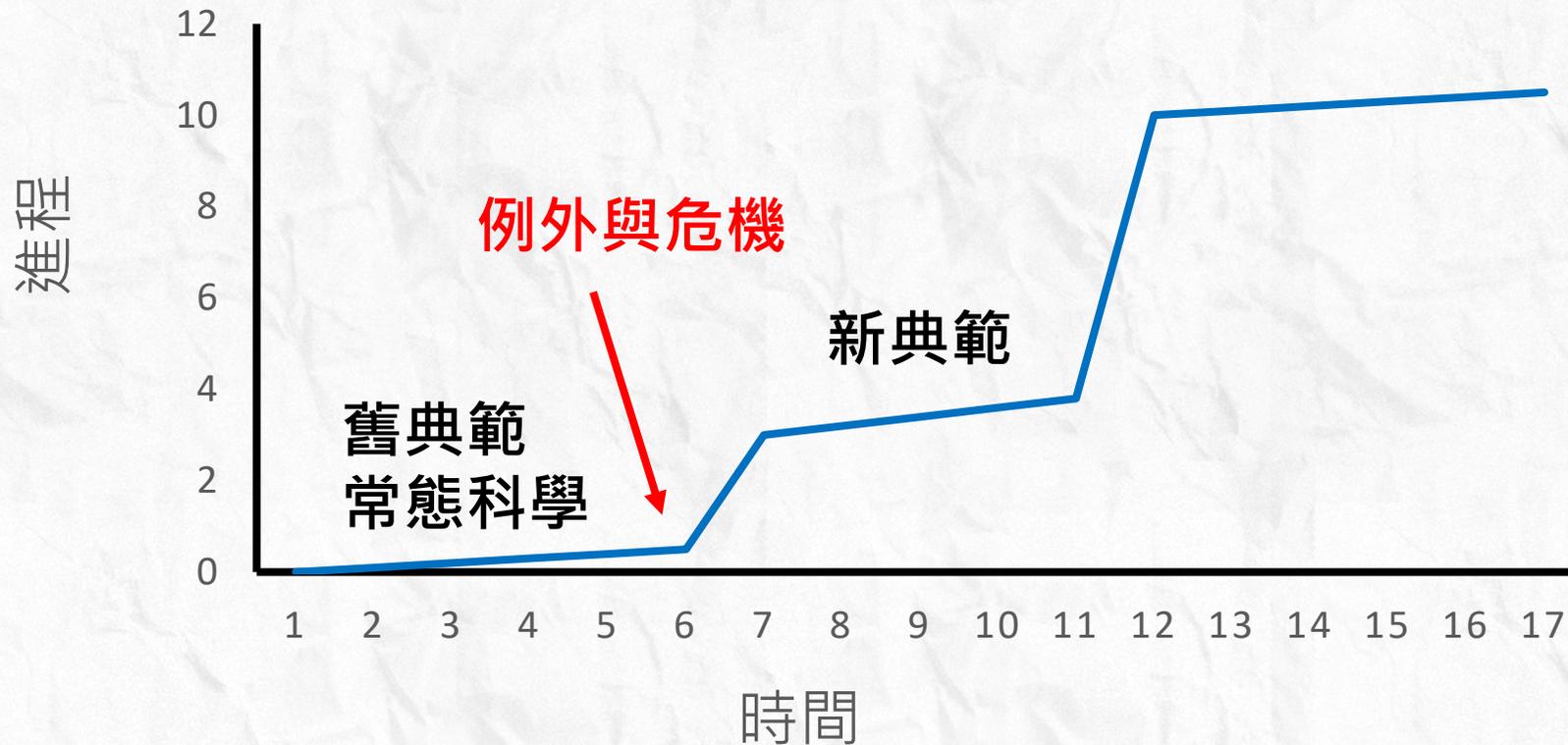
典範革命：現實世界中總會存在一些用當代的科學認知無法解釋的「例外」，一旦例外越來越多，科學家就會開始懷疑典範的正確性。而當典範受到挑戰的「危機」時也正是吹響科學革命號角的時候了。科學家便會跳脫原本的思考模式，建立起新的理論體系，並形成一新典範來取代舊有的價值觀，並引發一場科學革命，這就是孔恩所說的「典範轉移」。



論證簡介

科學革命的結構

典範革命：





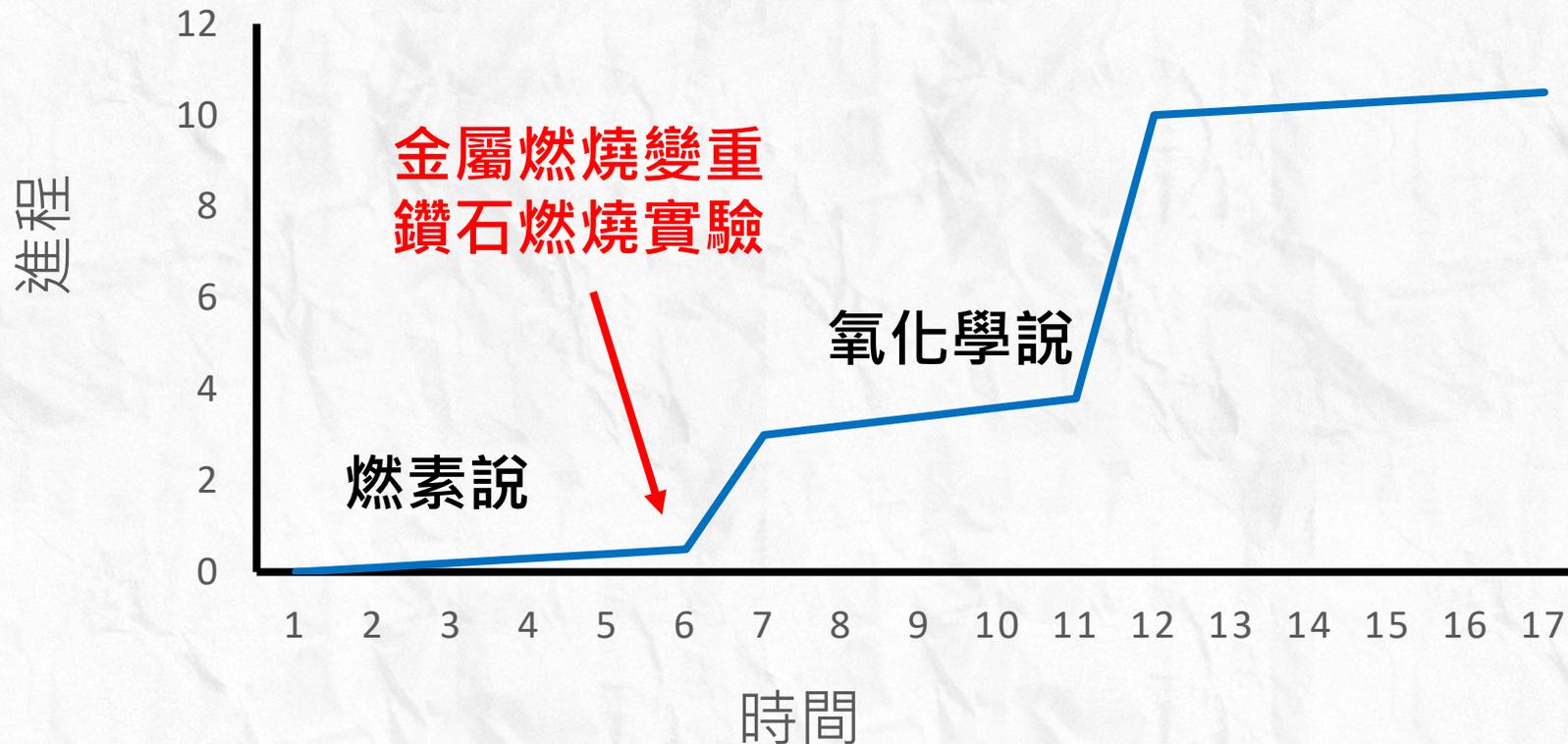
論證簡介

科學革命的結構

推論？主張？
如何論證？

今日的真理，可能就是明日的灰燼
真理只是尚未被推翻的假設

典範革命：





科學解釋和論證的差異

科學教育的目標之一：

幫助學生在科學中為想法或知識主張，尋找證據和理由。

協助學生參與這種實踐，可能有助於將他們對科學的看法，從靜態事實的科學，轉變為知識是建構而得的社會過程科學。

科學知識是建構而得，經由不斷論證累積而得。



科學解釋和論證的差異

學生與教師面臨的困難：

使用科學原理來證明為什麼他們的證據支持他們的主張

為了幫助中學生和教師科進行學解釋，McNeill, K. L., & Krajcik, J.(2007)開發了一個教學模型採用 Toulmin 的論證模型進行科學解釋。

科學解釋框架包括三個組成部分：

主張 claim (關於問題的結論)

證據 evidence (支持主張的數據)

推論 reasoning (基於科學原理的理由，證明證據支持該主張的原因)



CER架構

推論

將主張和證據聯繫的理由。並說明為什麼證據可以且如何支持主張，並使用適當**科學原理**來支持該主張的證據。

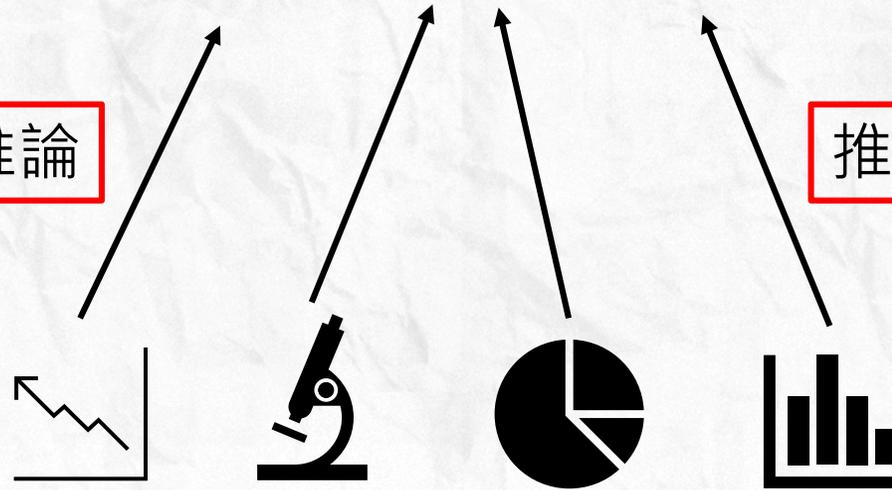
問題

主張

為了解決問題所提出的結論

推論

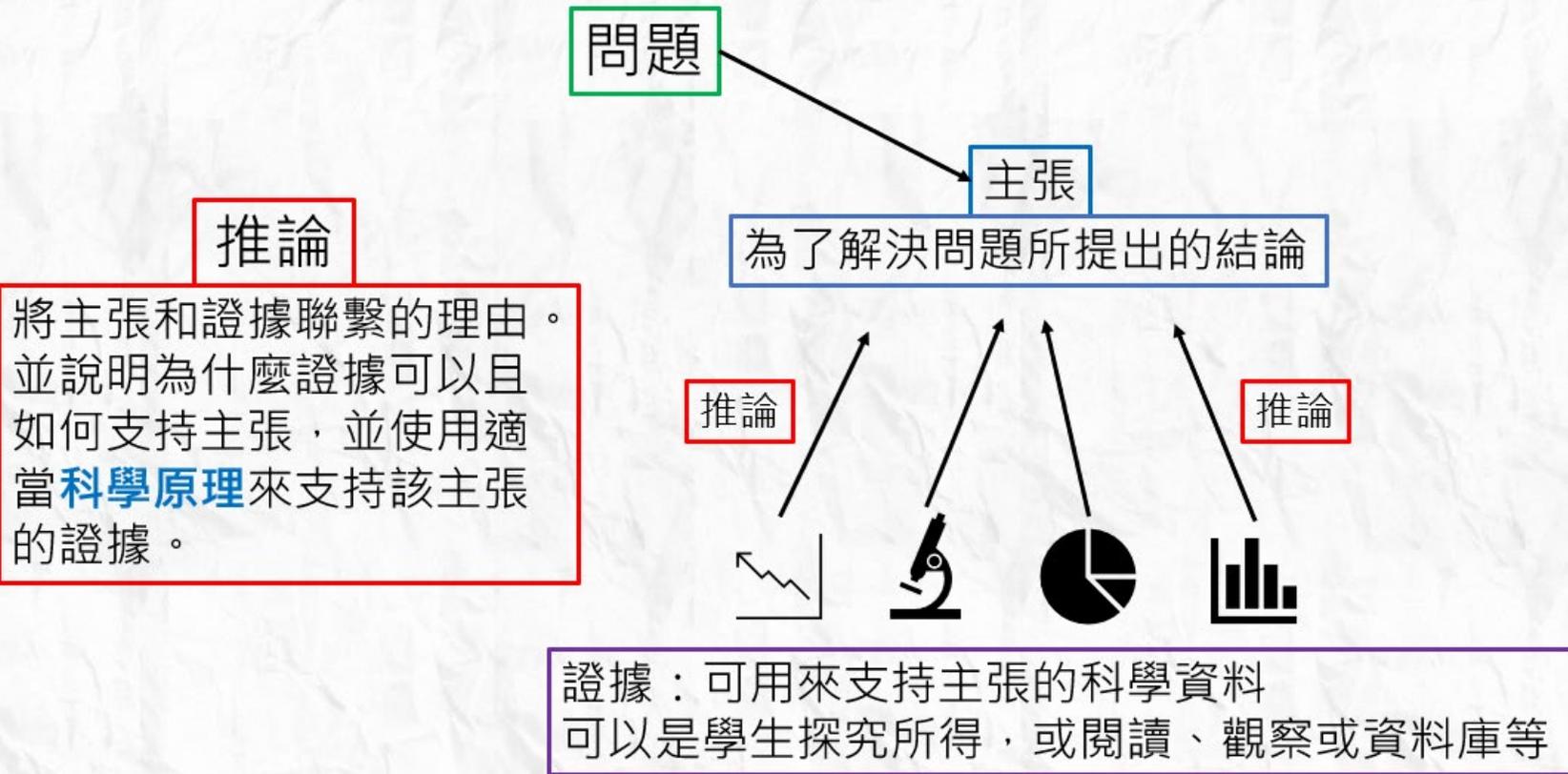
推論



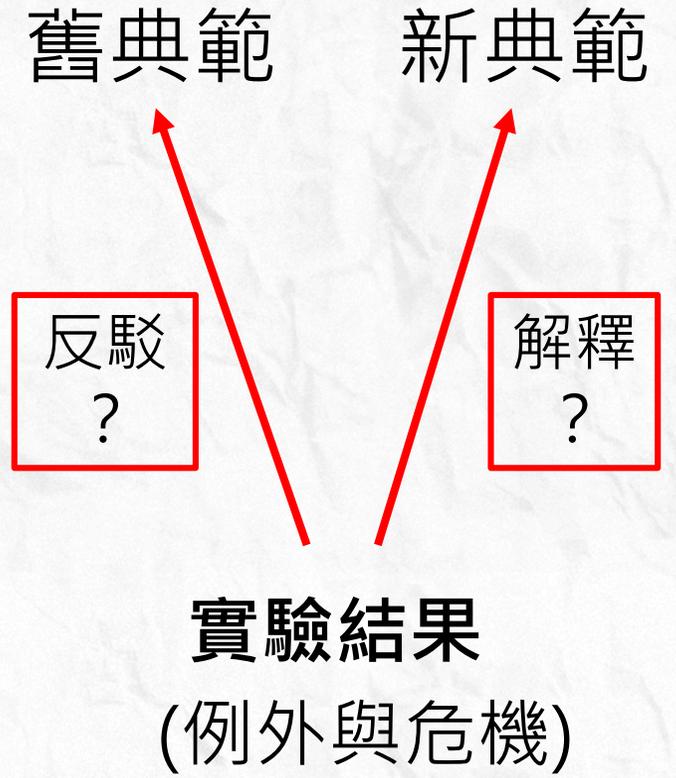
證據：可用來支持主張的科學資料
可以是學生探究所得，或閱讀、觀察或資料庫等



課程設計想法



推論
將主張和證據聯繫的理由。並說明為什麼證據可以且如何支持主張，並使用適當**科學原理**來支持該主張的證據。





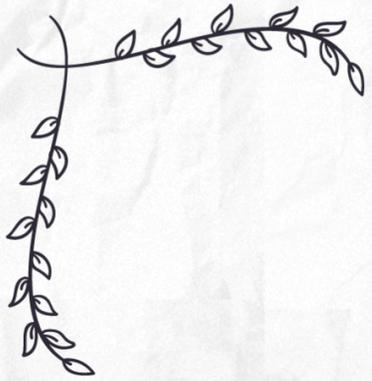
CER架構

舊典範：法拉第對電解質導電原因的想法

新典範：阿瑞尼斯對電解質電導原因的想法

新的實驗結果(例外與危機)：

依數性質、電解質稀釋解離度變化、電壓和電導度的關係



相關科學史整理

電化二元論

依數性質(例外與危機)

阿瑞尼斯解離說





相關科學史整理

電化二元論

依數性質(例外與危機)

阿瑞尼斯解離說





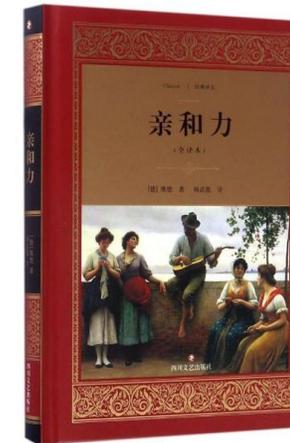
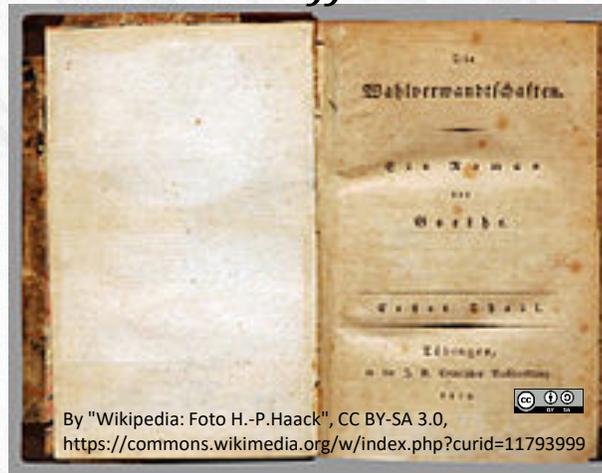
原子為什麼會結合？

1616年：
引起化學反應的“力”

- 親和性概念：始於科學開始之前的魔法
- 1600年：化學、語文學比喻式詞語



Elective Affinities





原子為什麼會結合？

化學親和力

1718年

*TABLE DES DIFFERENTS RAPPORTS
observees entre differentes substances*

Mém. de L'Acad. 1768. Pl. 8. pag 222.

☾	⊖	⊙	⊕	▽	⊖	⊕	SM	♁	♂	♁	♀	☾	♂	♁	▽
⊖	♀	♂	♁	⊕	⊖	⊕	⊕	⊖	⊙	☾	♀	♁	♁	♂	▽
⊕	♁	♀	⊖	⊙	⊙	⊙	⊕	♂	☾	♀	PC	♀	♁	♁	⊖
▽	♀	♁	⊕	⊖	⊖	⊖	⊙	♀	♁						
SM	☾	♀	▽		⊕		⊕	♁	♀						
	♀	☾	♂		♁			☾	♁						
			♀					♁	♁						
			☾					♀							
	⊙							⊙							

☾ Esprits acides

⊖ Acide du sel marin.

⊙ Acide nitreux

⊕ Acide nitriolique.

♁ Sel alkali fixe.

♁ Sel alkali volatil.

▽ Terre absorbante

SM Substances metalliques

♁ Mercure

♁ Regule d'Antimoine.

⊙ Or

☾ Argent

⊙ Cuirro

♁ Fer

♁ Plomb.

♁ Etain.

♁ Zinc

PC Pierre Calaminaire.

♁ Soufre mineral

♁ Principes huileux ou soufre Principes

⊕ Esprit de vinaigre

▽ Eau.

⊖ Sel.

▽ Esprit de vin et Esprits ardents

Figure 4.1 Geoffroy's table of affinity



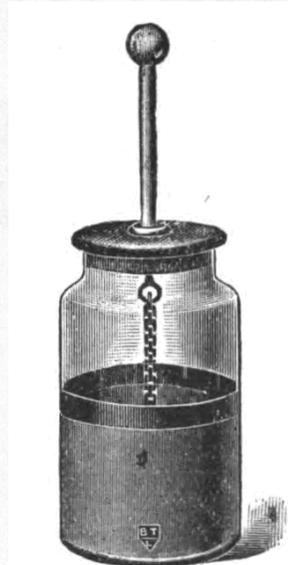
電學的發展



By Benjamin West - uwe3TyGK4QGSgc at Google Cultural Institute maximum zoom level, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=21864232>

1752年 富蘭克林風箏實驗

萊頓瓶



By Robert Alexander Houstoun - Downloaded August 13, 2013 from Robert Alexander Houstoun 1919 Elements of Physics, Longmans, Green and Co., New York, p. 176, fig. 170 on Google Books, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=27758170>

XCV. *A Letter of Benjamin Franklin, Esq; to Mr. Peter Collinson, F. R. S. concerning an electrical Kite.*

Philadelphia, Oct. 1, 1752.

Read Dec. 21 1752. **A**S frequent mention is made in the public papers from Europe of the success of the Philadelphia experiment for drawing the electric fire from clouds by means of pointed rods of iron erected on high buildings, &c. it may be agreeable to the curious to be informed, that the same experiment has succeeded in Philadelphia, tho' made in a different and more easy manner, which any one may try, as follows :

Make a small cross, of two light strips of cedar ; the arms so long, as to reach to the four corners of a large thin silk handkerchief, when extended : tie the corners of the handkerchief to the extremities of the cross ; so you have the body of a kite ; which being

(Philosophical Transactions)

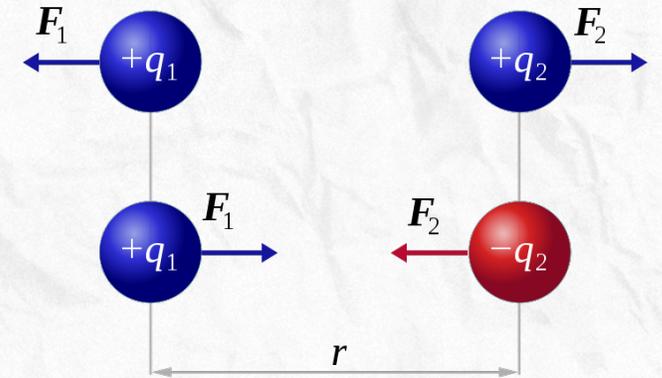
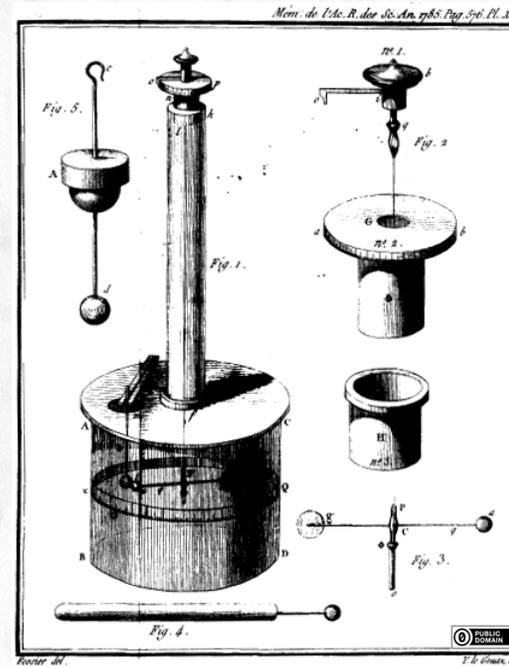


電學的發展

1784年 庫倫定律

扭秤

庫倫定律



$$|F_1| = |F_2| = k_e \frac{|q_1 \times q_2|}{r^2}$$

By User:Dna-Dennis, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3448720>





原子為什麼會結合？

化學親和力

1718年

蛙腿
實驗

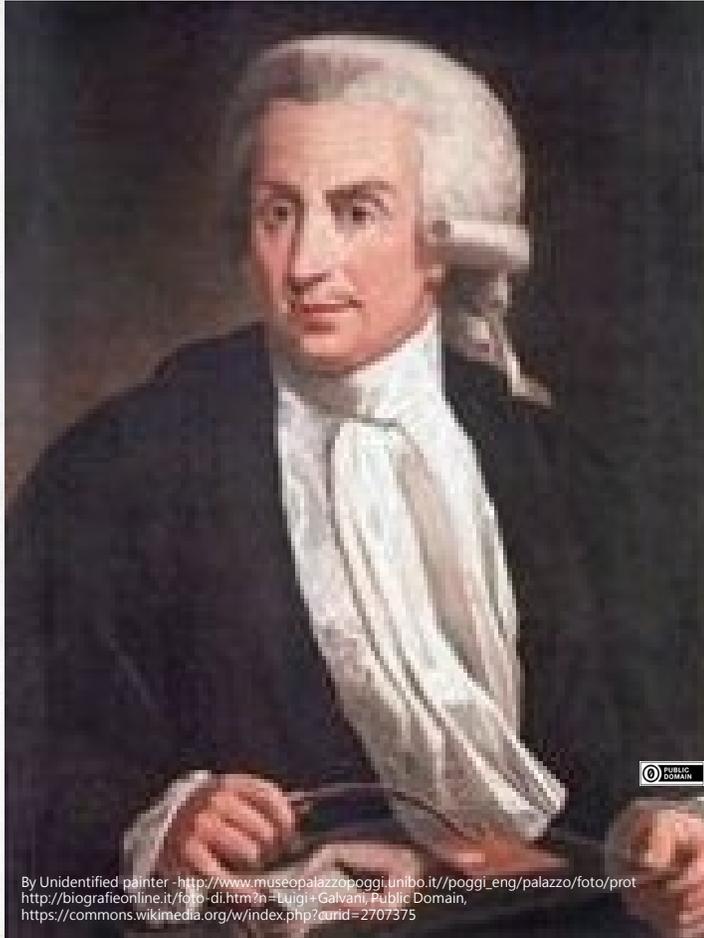
賈法尼

伏打
電池

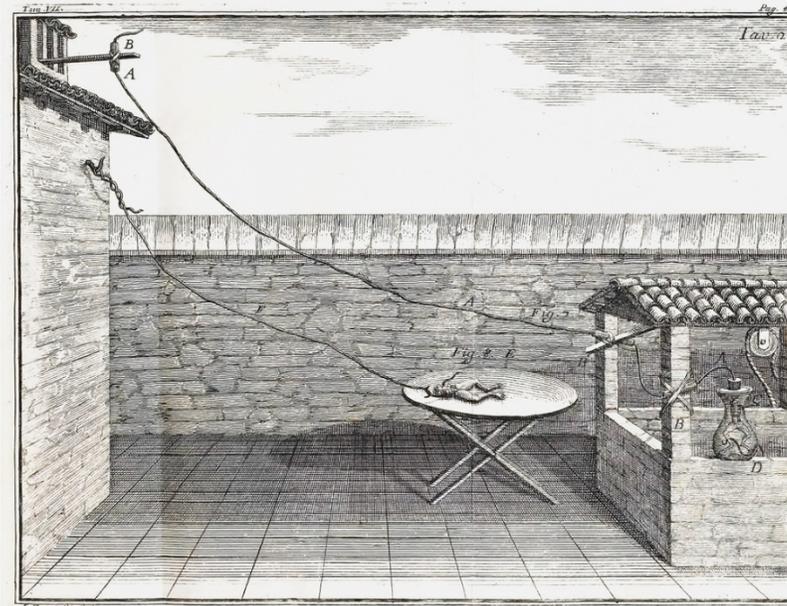


電學的發展

1780年 賈法尼青蛙實驗



By Unidentified painter - http://www.museopalazzopoggi.unibo.it/poggi_eng/palazzo/foto/prot
<http://biografieonline.it/foto-di.htm?n=Luigi+Galvani>, Public Domain,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2707375>



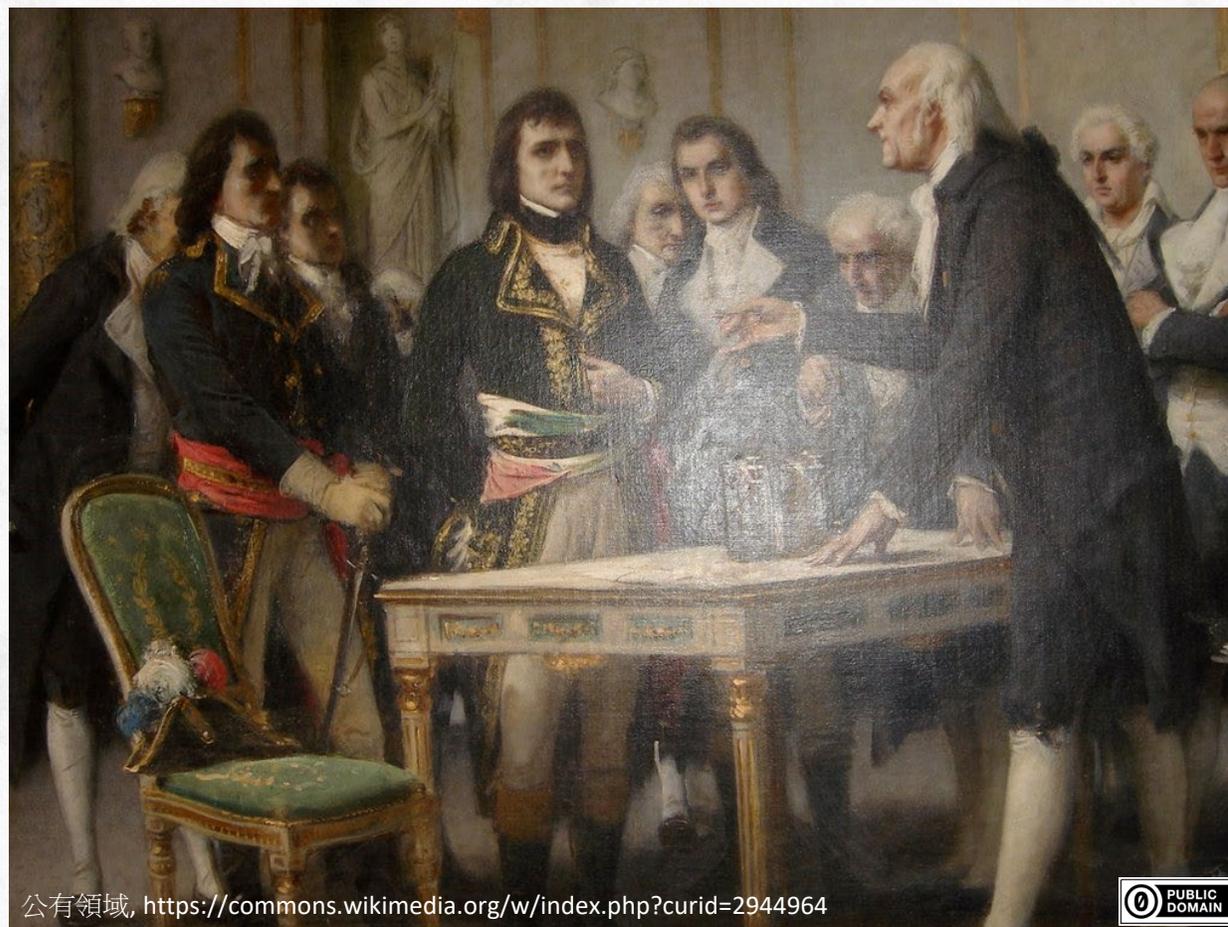
By Luigi Galvani - *De Viribus Electricitatis in Motu Musculari Commentarius*, Tav. 2, Public Domain,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=55077832>





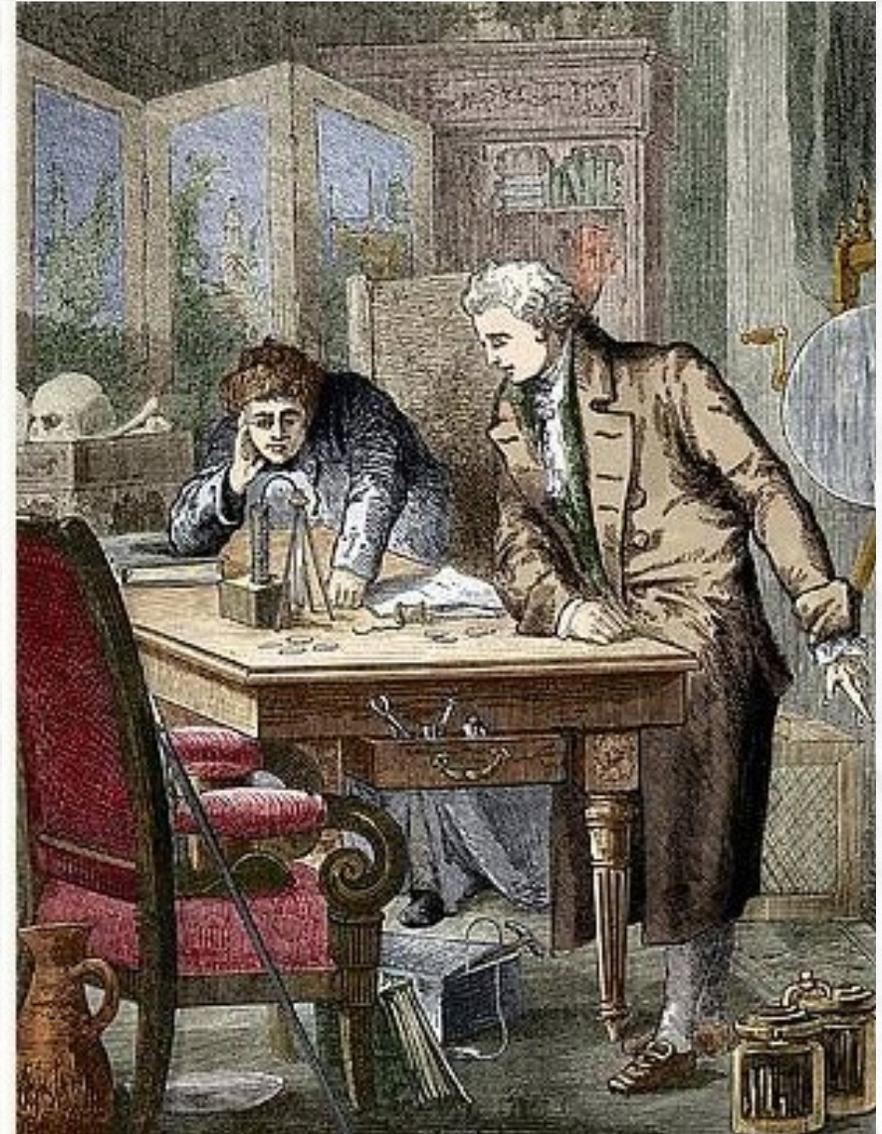
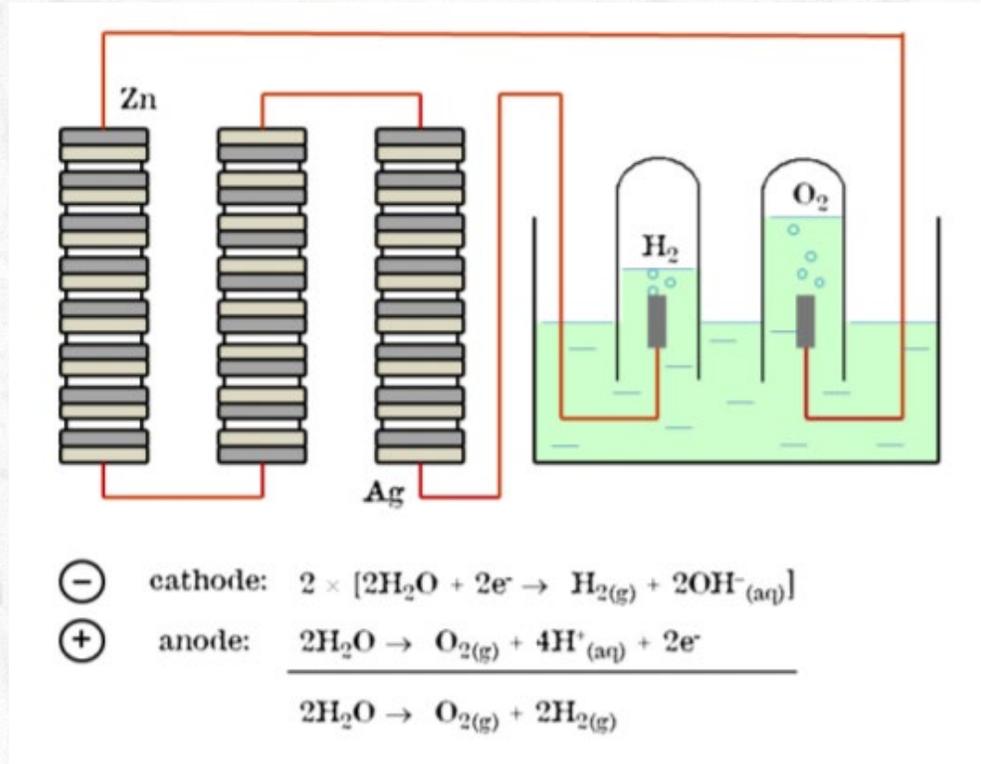
電學的發展

1801年 伏打向
拿破崙解釋伏打堆的原理



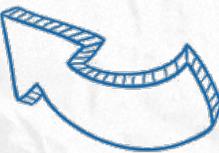


電化學的發展



Ref : John Hudson (1992) The History of Chemistry
https://en.wikipedia.org/wiki/Alessandro_Volta

尼科爾森 (W. Nicholson)
卡里斯爾 (A. Carlisle)





第一張元素列表

1789年拉瓦節第一張現代化學元素列表

- 簡單物質：光、熱、**氧**、**氮**、**氫**。
- 非金屬元素：**硫**、**磷**、**碳**、鹽酸素、氟酸素、硼酸素。
- 金屬元素：**銻**、**銀**、**砷**、**鉍**、**鈷**、**銅**、**錫**、**鐵**、**錳**、**汞**、**鉬**、**鎳**、**金**、**鉑**、**鉛**、**鎢**、**鋅**。
- 土質元素：**石灰**、**鎂土**、**鋇土**、**鋁土**、**矽土**。

23 種真正的元素

以當時技術仍無法分離的物質

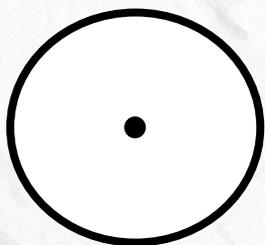
192 DES SUBSTANCES SIMPLES.
TABLEAU DES SUBSTANCES SIMPLES.

	Noms nouveaux.	Noms anciens correspondans.
	Lumière.....	Lumière. Chaleur.
	Calorique.....	Principe de la chaleur. Fluide igné. Feu.
Substances simples qui appartiennent aux trois règnes & qu'on peut regarder comme les élémens des corps.	Oxygène.....	Matière du feu & de la chaleur. Air déphlogiftiqué. Air empiréal. Air vital. Bafe de l'air vital.
	Azote.....	Gaz phlogiftiqué. Mofete.
	Hydrogène.....	Bafe de la mofete. Gaz inflammable. Bafe du gaz inflammable.
Substances simples non métalliques oxidables & acidifiables.	Soufre.....	Soufre.
	Phosphore.....	Phosphore.
	Carbone.....	Charbon pur.
	Radical muriatique.	Inconnu.
	Radical fluorique..	Inconnu.
	Radical boracique..	Inconnu.
Substances simples métalliques oxidables & acidifiables.	Antimoine.....	Antimoine.
	Argent.....	Argent.
	Arlénic.....	Arlénic.
	Bifmuth.....	Bifmuth.
	Cobolt.....	Cobolt.
	Cuivre.....	Cuivre.
	Etain.....	Etain.
	Fer.....	Fer.
	Manganèse.....	Manganèse.
	Mercuré.....	Mercuré.
	Molybdène.....	Molybdène.
	Nickel.....	Nickel.
	Or.....	Or.
Platine.....	Platine.	
Ploimb.....	Ploimb.	
Tungftène.....	Tungftène.	
Zinc.....	Zinc.	
Chaux.....	Terre calcaire, chaux.	
Magnésie.....	Magnésie, bafe du fel d'Epfom.	
Baryte.....	Barote, terre pesante.	
Alumine.....	Argile, terre de l'alun, bafe de l'alun.	
Silice.....	Terre fliceufe, terre vitrifiable.	

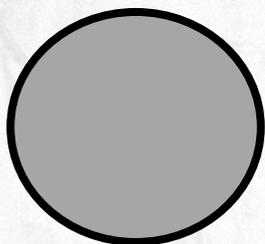


道耳頓元素表

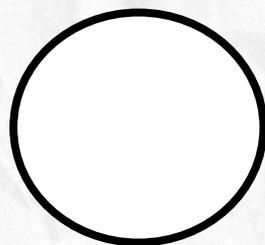
1808年道耳頓元素列表



氫



碳



氧

ELEMENTS					
	Hydrogen	1		Strontian	46
	Azote	5		Barytes	68
	Carbon	5		Iron	50
	Oxygen	7		Zinc	56
	Phosphorus	9		Copper	56
	Sulphur	13		Lead	90
	Magnesia	20		Silver	190
	Lime	24		Gold	190
	Soda	28		Platina	190
	Potash	42		Mercury	167

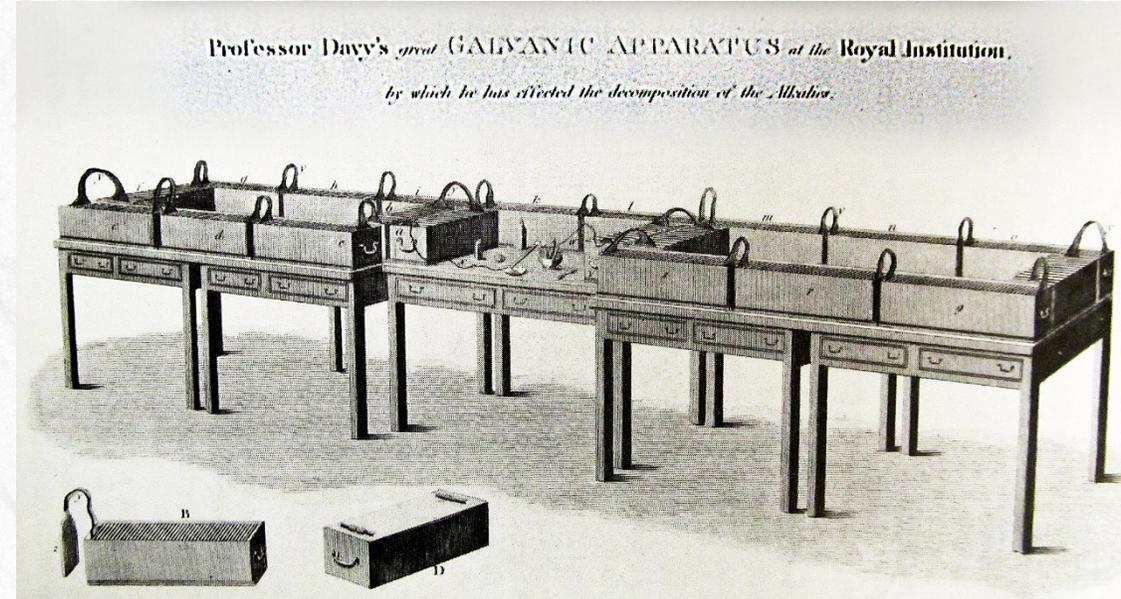
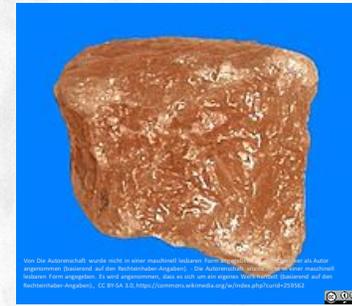


電化學的發展

以當時技術仍無法分離的物質



戴維(Humphry Davy ,
1778年 - 1829年)



<http://www.scitechantiques.com/Davy-potassium/>



電化學的發展

戴維電解裝置圖

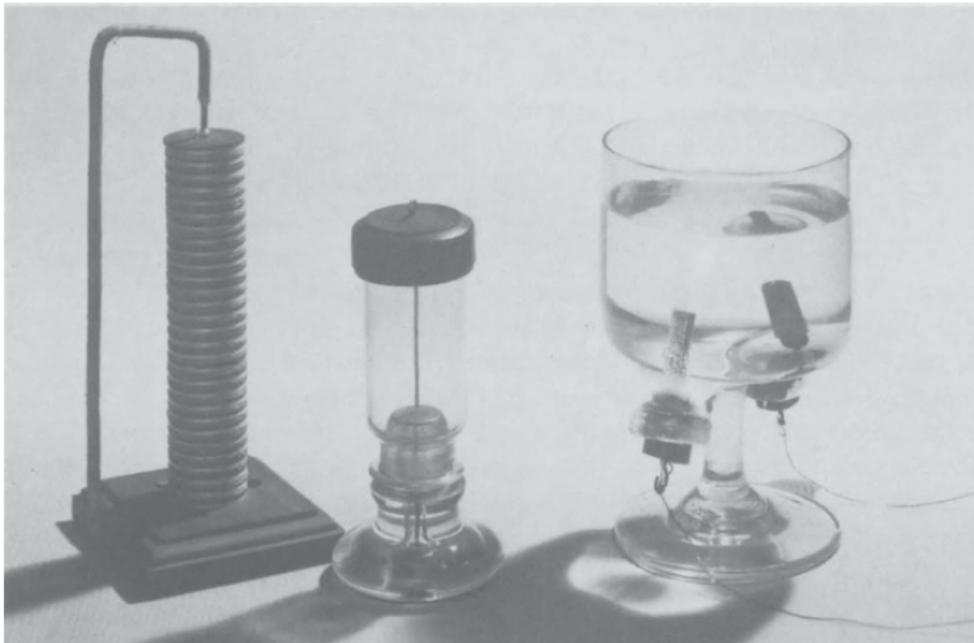


Figure 7.4 Davy's apparatus. On the left is a voltaic pile, the apparatus in the centre is that used by Davy for the isolation of potassium and sodium, and on the right is an apparatus used for the decomposition of solutions

鉀



鈉



鋇、鈣、鋇和鎂
活性大的1A和2A金屬

Ref : John Hudson (1992) The History of Chemistry

<http://www.scitechantiques.com/Davy-potassium/>



原子為什麼會結合？

化學親和力

1718年

蛙腿
實驗

賈法尼

伏打
電池

戴維
- 二元論



電化二元論

—
負電
物質

+
正電
物質

正、負電荷相吸結合成化合物

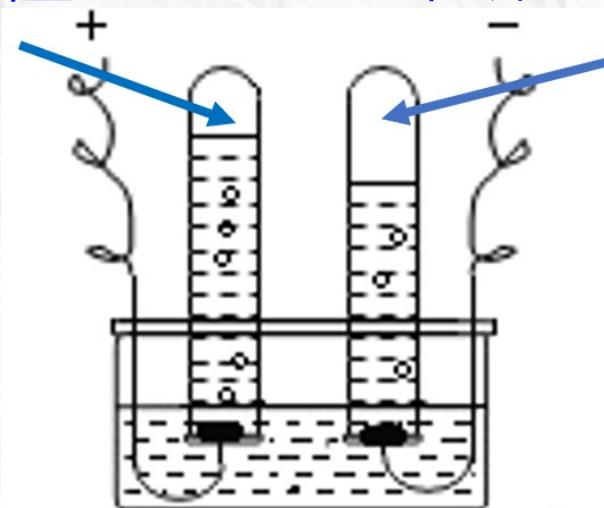
戴維 - 二元論 →

貝吉里斯 - 電化二元論

陽極

陰極

氧
(或其他負電物
質，如：酸類)



氫
(或其他正電物質，
如：金屬和鹼類)



原子為什麼會結合？

化學親和力

1718年



蛙腿
實驗

賈法尼

伏打
電池

戴維
- 二元論

貝吉里斯
- 電化二元論

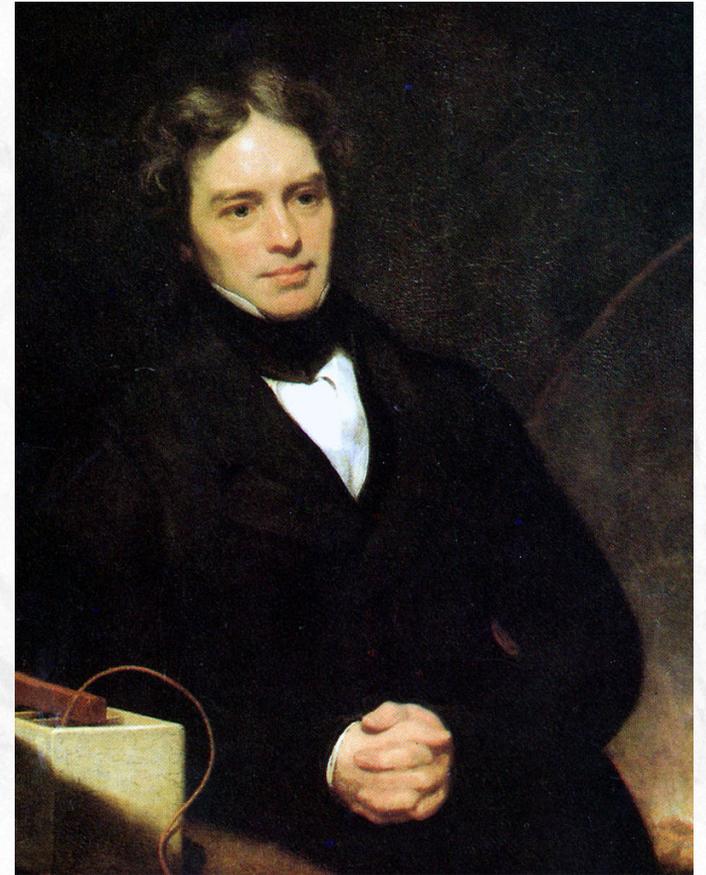


通電時發生了什麼？

法拉第

1. 通電過程中，溶於水中的分子，被不同電極給撕開
2. 中性的分子會被撕成：
帶正電的離子團和**帶負電的離子團**
3. 帶正電的離子團游向陰極；
帶負電的離子團游向陽極
4. 在陰陽極收集到兩種不同的物質

與法拉第的電學理論相當吻合

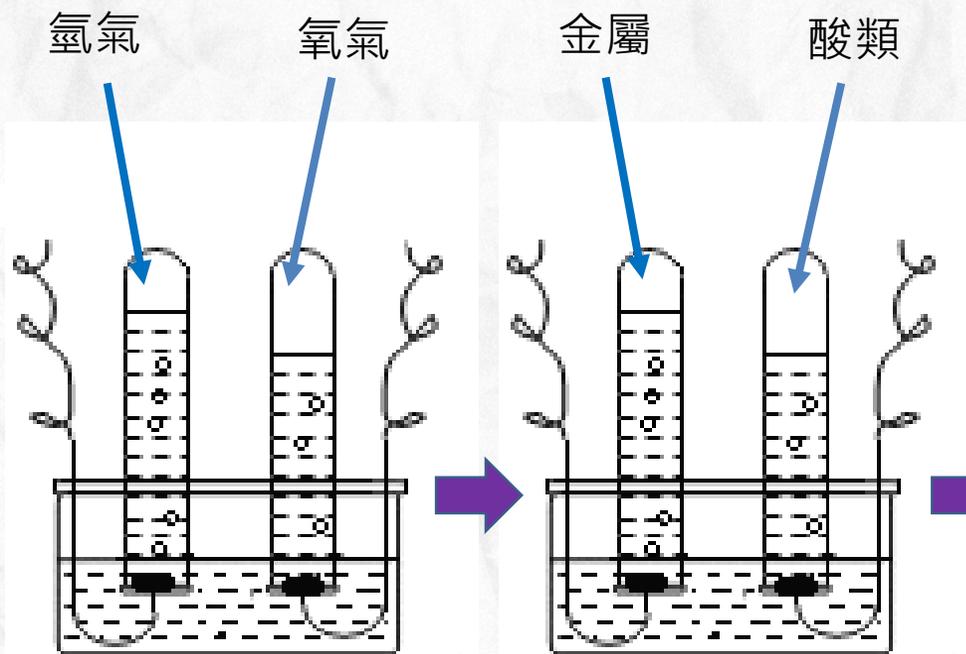


法拉第(Thomas Phillips, 1791年-1867年)



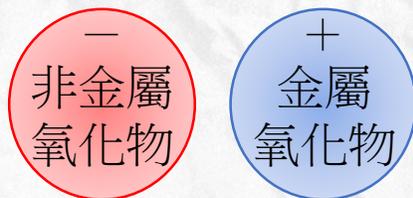
通電時發生了什麼？

因為外加電流，電解質才會解離而導電

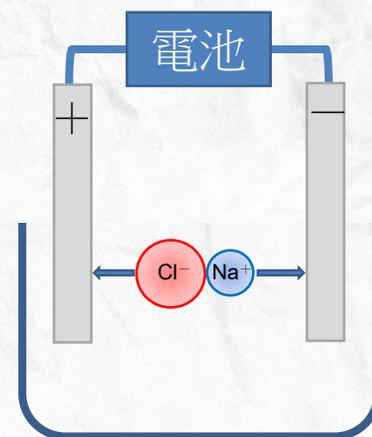


尼科爾森、卡里斯爾
電解水

戴維：二元論
電解時一極產生酸，
另一極出現金屬



貝吉里斯提出理論：電化二元論
鹼：金屬氧化物形成，帶陽電；
酸：非金屬氧化物形成，帶陰電；
互相吸引結合後形成鹽；
電解時受不同電極吸引而分開。



法拉第：
外加電流才會解離



相關科學史整理

電化二元論

依數性質(例外與危機)

阿瑞尼斯解離說





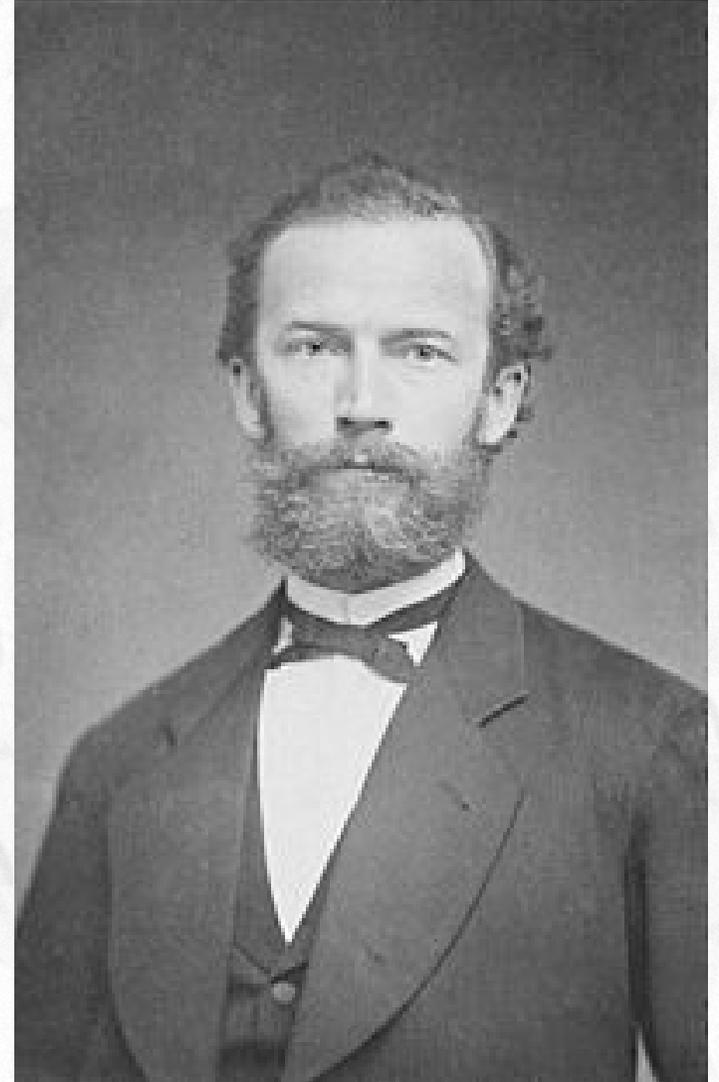
獨立遷移定律

離子的獨立遷移定律：

實驗結果發現，NaCl和KCl中的Cl離子，遷移速度相同。

亦即無論其最初的離子化合物組合是什麼，每種遷移離子都具有特定的電阻。

疑問：若電解質是在通電後才解離，則不同的異性電荷，應該會產生不同的牽制能力，電阻應該會不同？



Friedrich Wilhelm Georg Kohlrausch



依數性質

依數性質

滲透壓

有機物： $PV = nRT$

酸鹼鹽： $PV = i \times nRT$ ($i \geq 1$)

疑問：若電解質是在通電後才解離，則電解質和非電解質*i*值皆應該等於1





依數性質

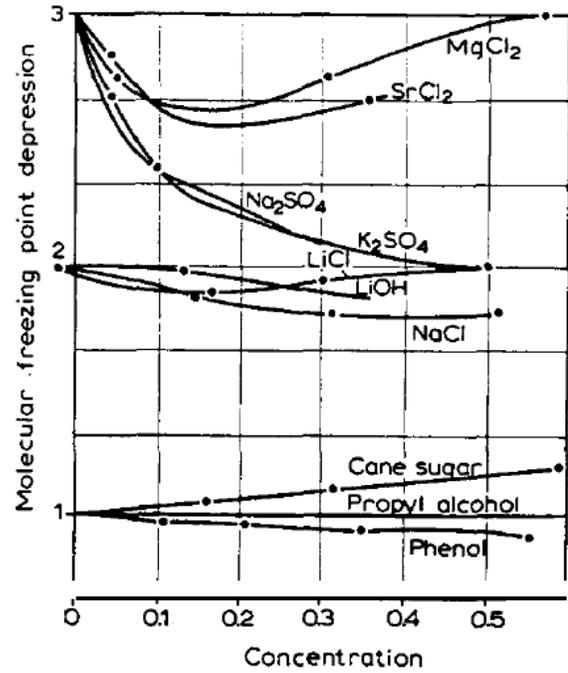


Fig. 6.

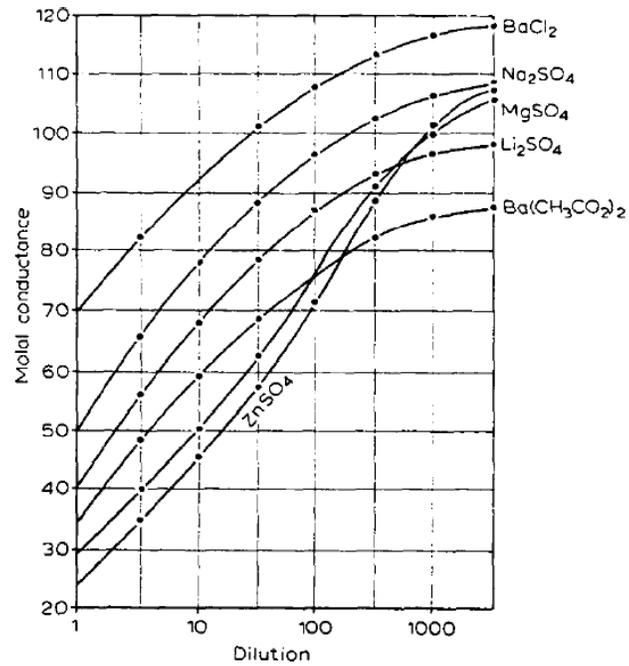


Fig.4.

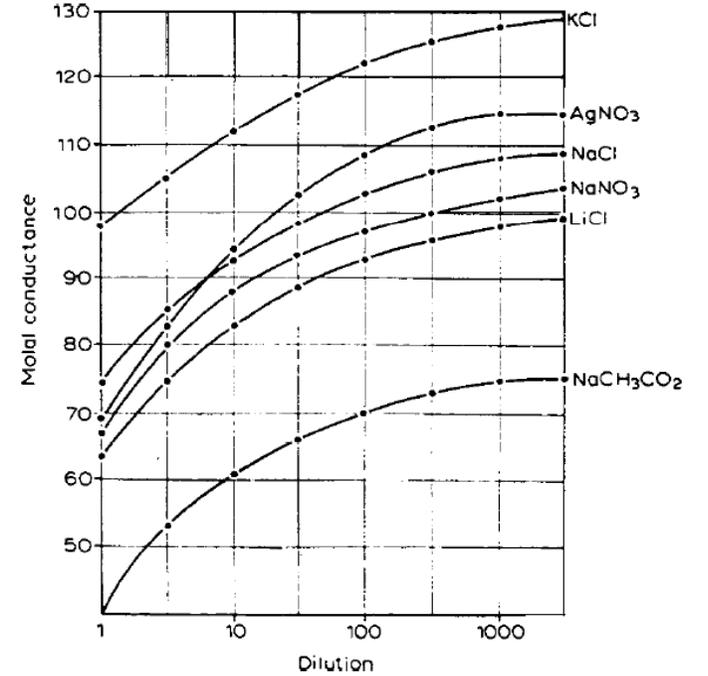


Fig.5.

疑問：且實驗結果顯示
電解質濃度越低， i 值越大？重量莫耳濃度電導率越大？

Ref : Nobel Lecture Development of the Theory of Electrolytic Dissociation
<https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/arrhenius-lecture.pdf>



相關科學史整理

電化二元論

依數性質(例外與危機)

阿瑞尼斯解離說





阿瑞尼士解離說

事實證據：

1. 電解質的依數性質
2. 正、負離子有獨立的電阻
3. 強酸和強鹼產生的中和熱相同

證據 \longrightarrow ? \longrightarrow 主張



阿瑞尼斯(Svante Arrhenius, 1859年~1927年)



解釋與論證





反駁？

實驗結果

離子的獨立遷移定律：
實驗結果發現，NaCl和KCl中的Cl離子，遷移速度相同。
亦即無論其最初的離子化合物組合是什麼，每種遷移離子都具有特定的電阻。



主張

外加電壓會使電解質解離

電解質溶於水即可解離



解釋？



實驗結果

濃度越低， i 質越大？
非電解質， $i=1$ ？

反駁？

主張

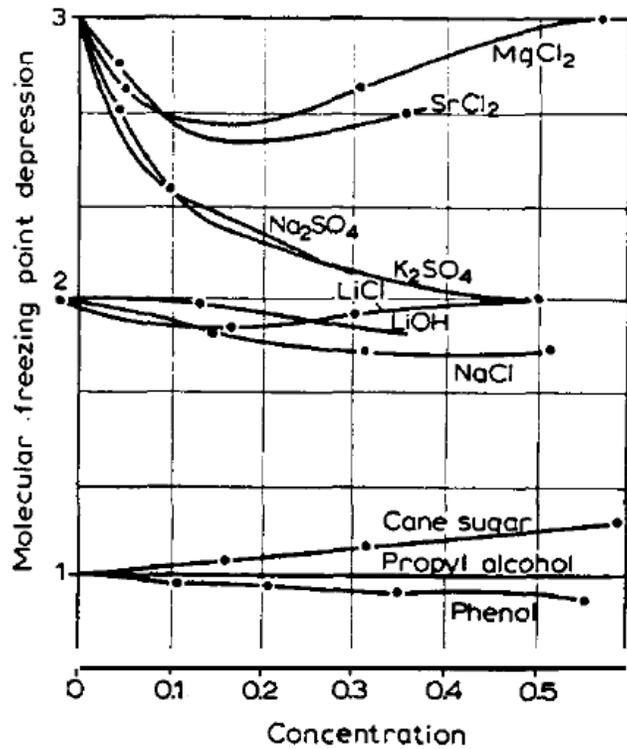


Fig. 6.

外加電壓會使電解質解離

電解質溶於水即可解離

解釋？



反駁？

主張

實驗結果

強酸和強鹼的
中和熱相同

外加電壓會使電
解質解離

電解質溶於水即
可解離

解釋？



解釋

實驗結果

強酸和強鹼的
中和熱相同

1. 因為強電解質溶於水會自動解離，所以溶液中存在可以自由移動的氫離子和氫氧離子
2. 因為會自動解離，不需要克服離子間的作用力，所以解離過程不需要吸收額外熱量(H_1 皆等於0)
3. 氫離子和氫氧離子結合成水，形成化學鍵時放熱相同(H_2)。
4. 強酸強鹼中和的反應熱為 H_1+H_2 ，應該都會相同。

主張

電解質溶於水即可解離



反駁

實驗結果

強酸和強鹼的
中和熱相同

1. 若外加電壓才可以使強電解質解離，則解離過程中，不同物質所需克服的離子間作用力不同，所以解離步驟會吸收大小不同的熱量(H1)。
2. 解離後的氫離子和氫氧離子結合成水，形成化學鍵時會放出相同熱量(H2)。
3. 強酸強鹼中和的反應熱為 $H1+H2$ ，應該不會相同。

主張

外加電壓會使電
解質解離



課程與評量





課程設計

歷史上關於電解質水溶液導電的現象，曾經提出下列兩種主張解釋：

[主張一]外加的電能使電解質解離成帶電粒子，所以能夠導電。

[主張二]電解質溶於水後即可解離成帶電粒子，所以能夠導電。

為了驗證以上主張，小明設計了以下實驗確認：

測量相同濃度、不同種類的強酸和強鹼之中和熱。



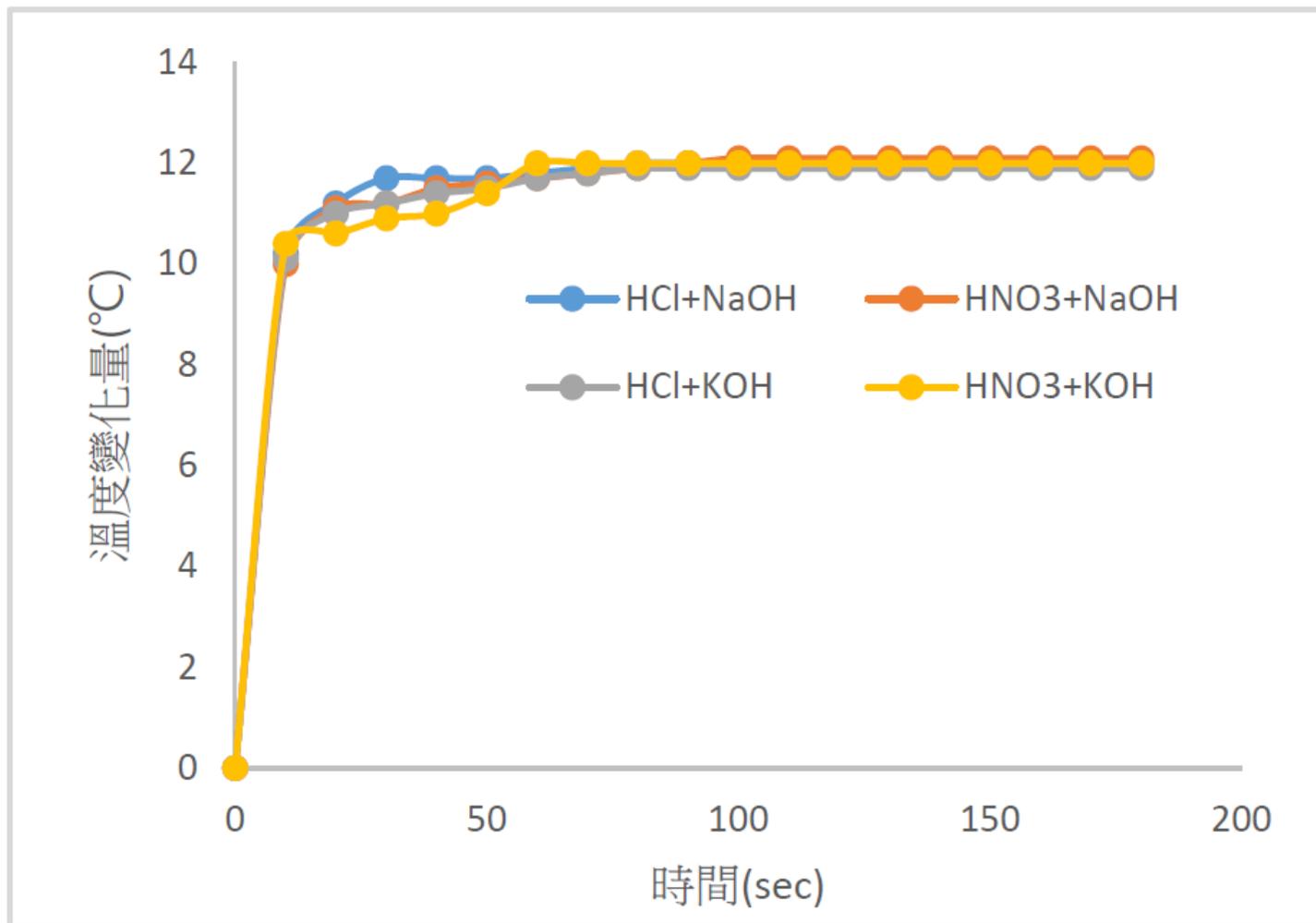
實驗步驟：可視教學時間安排，決定是否進行實驗

- 1.將卡計洗淨、擦乾，組裝完成如圖。
- 2.配製濃度為2.0 M的鹽酸、硝酸、氫氧化鉀、氫氧化鈉，靜置至室溫備用。
- 3.用量筒量取40 mL鹽酸，用另一支量筒量取40 mL氫氧化鈉水溶液。
- 4.將第一支量筒中的溶液倒入卡計的鋼杯中，並把杯蓋、溫度計及攪拌棒備妥，第二支量筒中的溶液迅速倒入鋼杯中，立即蓋好杯蓋，並插回溫度計及攪拌棒後，攪動攪拌棒使溶液均勻混合。
- 5.每隔10秒記錄溫度計的讀數，在方格紙上畫出溫度與時間的關係圖。
- 6.將鋼杯洗淨，以不同的酸鹼組合重複步驟(1)~(5)。
- 7.由實驗數據計算莫耳中和熱。





下面的圖和表格為實驗結果，根據實驗結果，你覺得哪個主張比較合理？



時間(秒)	HCl+NaOH	HNO ₃ +NaOH	HCl+KOH	HNO ₃ +KOH
0	15.8	15.8	17.9	17.9
10	26.0	26.1	28.0	28.3
20	27.0	26.9	28.9	28.5
30	27.5	27.0	29.1	28.8
40	27.5	27.3	29.3	28.9
50	27.5	27.4	29.4	29.3
60	27.6	27.5	29.6	29.9
70	27.7	27.6	29.7	29.9
80	27.8	27.7	29.8	29.9
90	27.8	27.8	29.8	29.9
100	27.8	27.9	29.8	29.9
110	27.8	27.9	29.8	29.9
120	27.8	27.9	29.8	29.9
130	27.8	27.9	29.8	29.9
140	27.8	27.9	29.8	29.9
150	27.8	27.9	29.8	29.9
160	27.8	27.9	29.8	29.9
170	27.8	27.9	29.8	29.9
180	27.8	27.9	29.8	29.9
中和熱 (kJ/mol)	50.16	50.58	49.74	50.16



反駁？

主張

實驗結果

強酸和強鹼的
中和熱相同

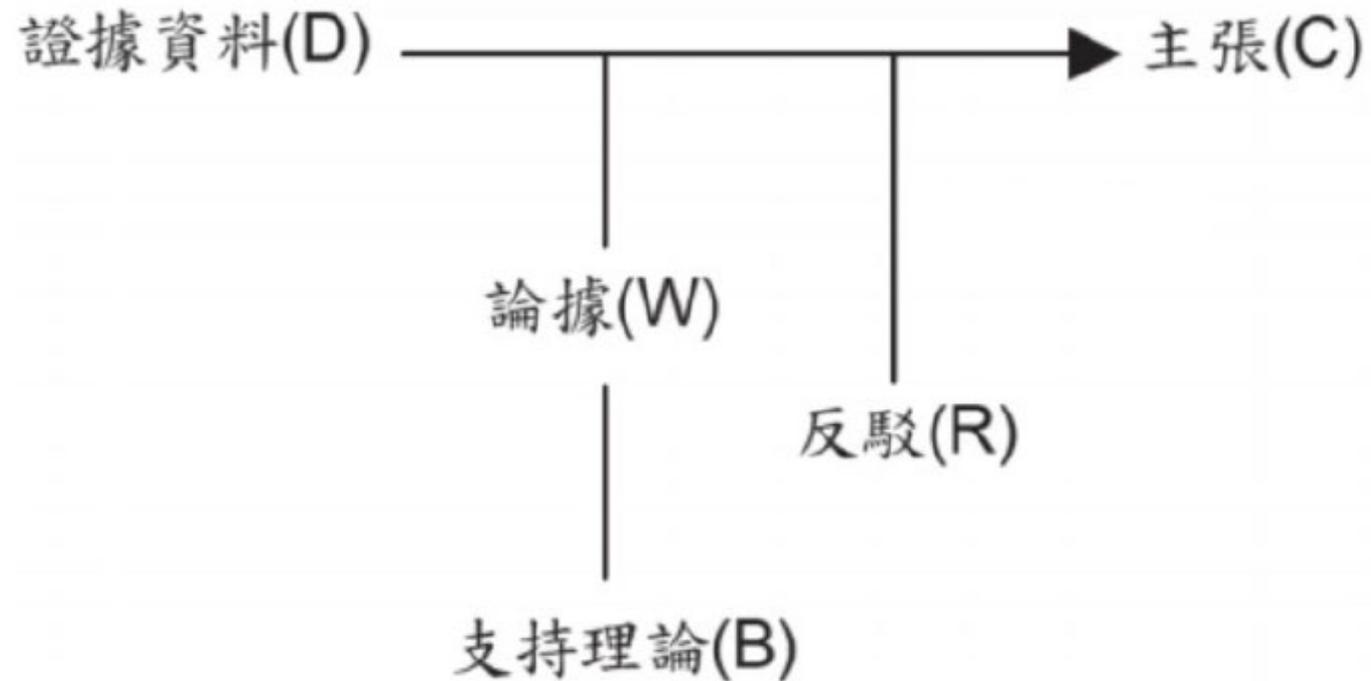
外加電壓會使電
解質解離

電解質溶於水即
可解離

解釋？



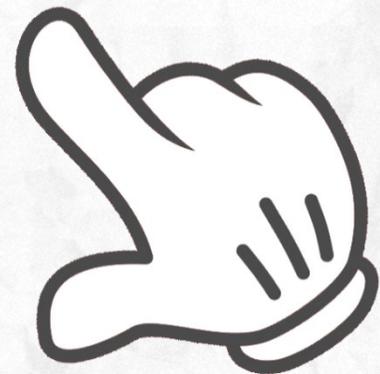
亦可請學生根據Toulmin 的論證架構，整理並寫出完整的論證過程





評量規準

解釋的推論歷程	值得期待	符合期待	超乎期待
該推論可以將主張和證據聯繫起來。 包括： 1. 對主張的充分理解。 2. 適當的和充分的科學原理。 3. 解釋所採用的證據為何可以支持主張。	對主張的說明不夠完整	可完整而準確的說明自己的主張	
	只能說出實驗結果與證據，但是無法以科學原理解釋。	可提出和自己主張相關的科學原理；並以上述科學原理解釋所採用的證據，但說明並不完整。	可提出和自己主張相關的科學原理；並以上述科學原理完整解釋所採用的證據。
	對證據的說明與主張缺乏聯繫。	可將對證據的說明與部分主張聯繫。	可將對證據的說明與主張充分聯繫



hello
Cactus.