

附錄 機遇在新發現中發揮作用的實例

- (1) 伽伐尼發現電流
- (2) 奧斯特發現電磁原理
- (3) 倫琴發現 X 射線
- (4) 柏琴抽提奎寧
- (5) 貝爾納發現肝糖合成機制
- (6) 梅杜克發現波爾多混合劑
- (7) 拉蒙發現福馬林
- (8) 弗萊明發現青黴素
- (9) 昂加爾發現 PABA 抗斑疹傷寒藥效
- (10) 馬血清中的生長因子
- (11) 雪貂也會感染流行感冒
- (12) 丙烯乙二醇的滅菌功能
- (13) 硼酸可增進蔬果生長
- (14) 選擇性除草劑的發現
- (15) 低濃度二氧化碳保鮮肉品
- (16) 禁食的副療效
- (17) 埃利希的結核桿菌染色法
- (18) 甘油細胞保存法
- (19) 實驗的環境會影響結果

(1) 伽伐尼發現電流

電流的發現者不是物理學家，而是一位生理學家伽伐尼。他解剖了一隻青蛙，放在靜電機旁的桌上，在伽伐尼外出片刻的時候，有人用解剖刀觸及蛙腿神經，並注意到蛙腿神經因此而收縮。另一人發現神經收縮時，靜電機發出火花。當伽伐尼注意到這個奇怪的現象時，他興奮地作了研究，深入研究後發現了電流。

(2) 奧斯特發現電磁原理

一八二二年，丹麥物理學家奧斯特 (Oersted) 在一次報告會快結束時；把當時正巧帶著的一根導線的兩端與一個伏特電池連接，放在磁針的上方，與磁針平行。起初，他故意使導線與磁針垂直，但沒有什麼情況發生。然而，當他偶然將導線平放並與磁針平行時，他驚奇地發現磁針改變了位置。出於敏銳的洞察力，他反轉了電流且發現磁針向相反的方向偏轉。這樣，完全憑借機遇，奧斯特發現了電和磁之間的關係，並為法拉第發明電磁發電機開闢了道路。正是在講述這段故事時，巴斯德說了他著名的話：『在觀察的領域裏，機遇只偏愛那種有備而來的頭腦。』電磁原理的發現，比任何其他發現對現代文明的貢獻也許都更大。

(3) 倫琴發現 X 射線

倫琴發現 X 射線時，正在做高真空放電實驗，他當時使用氰亞鉑酸鋇來檢測不可見的射線。但是沒有想到這種射線會透過不透明的材料。完全是由於機遇，他注意到桌上

真空管旁的氡亞鉑酸鋇，雖用黑紙與真空管隔開，卻發出了螢光。他後來說：『我是偶然發現射線穿過黑紙的。』

(4) 柏琴抽提奎寧

柏琴 (W.H. Perkin) 年僅十八歲時，試圖用重鉻酸鉀氧化烯丙基-*o*-甲苯胺的方法來提取奎寧。他失敗了，但他很想知道如同樣的氧化物與一較簡單的鹼相作用會出現什麼情況。他選用了硫酸苯胺，這樣，第一次提取出苯胺染色劑。然而機遇發生的作用還不僅於上述的事實；如果不是由於他的苯胺中包含了 *p*-甲苯胺雜質，這種反應也就不會出現了。

(5) 貝爾納發現肝糖合成機制

十九世紀上半葉，人們堅信動物是不能製造碳水化合物、脂肪或蛋白質的，這些都需從植物加工而成的食物中獲取。當時人們認為一切有機化合物都是在植物中合成，而動物只能起分解作用。貝爾納著手研究糖的代謝作用，特別要找出糖在那一部位分解。他用含糖高的食物餵養實驗狗，然後檢查肝臟流出的血液，看看糖的分解是否在肝臟中進行。他發現血液中糖分很高。然後他明智地用無糖食物餵養另一只狗，來做一個近似的實驗。使他驚奇的是：他發現對照狗肝臟的血液也有很高的糖分。他意識到，與當時的觀點相反，肝臟也許確實從非糖物質中製造出了糖分。由此他做了一系列徹底的實驗，充分證明了肝臟的肝糖生合成作用。這個發現之所以做出，首先歸功於貝爾納掌握實驗的每一步驟時都是按部就班，一絲不苟的；其次，由於他能夠意識到與該問題盛行的觀念不符的結果是重要的，並因此深入追這一線索。

(6) 梅杜克發現波爾多混合劑

在梅杜克 (Medoc) 為了嚇唬小偷，葡萄藤架上噴灑石灰和硫酸銅的混合液。後來，米勒德特 (Millardet) 注意到偶然灑上混合劑的葡萄藤葉不長霉。根據這一線索，發現了波爾多 (Bordeaux) 混合劑，可用於保護果樹和葡萄藤免受霉菌引起的疾病的侵襲。[譯註：波爾多為法國西南部商港。波爾多混合劑即是將硫酸銅加入石灰乳中形成的殺菌劑。]

(7) 拉蒙發現福馬林

福馬林 (甲醛水溶液) 具有破壞毒質中的毒性而不影響其抗原性的特性。這是拉蒙 (Ramon) 在將防腐劑加入濾液之中以便保存濾液時偶然發現的。

(8) 弗萊明發現青黴素

大家都知道青黴素是怎樣發現的。當時弗萊明正在進行葡萄球菌平皿培養，實驗過程中需要多次啟開，從而培養物受到了污染，這種情況是常見的。弗萊明注意到，某個菌落周圍的葡萄球菌菌落都死了。許多細菌學家不會覺得這有什麼特別了不起，因為當時早就知道有些細菌會阻得其他細菌的生長。然而弗萊明看到了這種現象可能具有

的重大意義，予以深入研究，發現了青黴素。雖然將其發展成為一種藥物是以後弗洛里進一步研究的結果。當時出現的那種黴菌並不是常見的黴菌；還有，此後為了找出其他抗生素，在全世界範圍內進行了非常廣泛的研究，但時至今日仍未發現任何與青黴素有同樣價值的東西。當我們領悟到這些，更可看出機遇的因素在這一發現中所起的突出作用了。還有一點值得一提，當時弗萊明如果不是在一座擁有大量灰塵，從而容易發生污染的舊房子裏這種『不利』條件下工作，那麼這個發現可能也就做不出來了。

(9) 昂加爾發現 PABA 抗斑疹傷寒藥效

昂加爾 (J. Ungar) 發現，如在青黴素中加入對氨基苯甲酸 (PABA) 溶液，則青黴素對某些細菌的療效會稍微提高。他對當時為什麼做這樣的試驗未加解釋，但可能因為已經知道是細菌生長的一種基本要素的緣故。後來，格雷夫 (Greiff)、平克頓 (Pinkerton)、和莫拉格斯 (Moragues) 又對 PABA 作了試驗，看它能否提高青黴素對斑疹傷寒立克次體的抑制效能。他們發現 PABA 本身就對斑疹傷寒微生物有顯著的療效。他們說：『這一結果是完全出乎意料的。』這一研究的結果確立了 PABA 可用作治療斑疹傷寒的珍貴藥物，而在這以前對這種疾病是沒有有效藥物的。

在假設一章中，我已經敘述了如何根據一個不正確的假設發現六〇六和磺胺藥的。還有兩種同樣著名的藥物，也完全由於它們正好是被試驗物質中的雜質而被發現。密切參與這項工作的科學家告訴我這兩項發現的經過，但請我不要發表，因為小組裏其他成員可能不願意透露他們發現這兩種藥物的情況。惠特比 (Lionel Whitby) 爵士給我說了一個性質略微不同的故事。一次，他正在試驗當時的新藥磺胺比啶，接種了肺炎雙球菌的實驗鼠白天服藥有療效，但夜間沒有療效。一天晚上，有人請惠特比吃飯，歸途中他先去實驗室看看實驗鼠的情況，在那裏他漫不經心地又給實驗鼠服了一次藥。服藥的實驗鼠抗肺炎菌的情況比以往任何實驗鼠都好。十周以後，惠特比才意識到就是半夜多服的那一次藥造成了這樣好的效果。從此，不論是實驗鼠還是人，在用磺胺治療時，都必須日夜服藥，效果比過去的方法好得多。

(10) 馬血清中的生長因子

我在研究羊腐蹄病時，曾幾次試圖製成一種使傳染因子能夠在其中生長的培養基。根據推理，我在培養基中使用了羊血清，但每次結果都呈陰性。最後我得到了一次陽性反應，在檢查筆記時發現，由於羊血清已經用完，在那組培養基中我用了馬血清代替。根據這一線索，我很容易就分離出並證實了致病物質：一種只在馬血清而不在羊血清中生長的有機體，憑機遇作出了與推理不符的新發現。

(11) 雪貂也會感染流行感冒

人體流行性感冒病毒能夠感染雪貂，這一發現是人體呼吸道疾病研究的里程碑。在安排對流行性感冒的研究時，準備試驗病毒感染的動物中也包括雪貂。但是，尚未到對雪貂進行試驗的預定時間，就有人報告說：有一群雪貂患了病，病狀很像雪貂管理人員所得的流行性感冒。根據這一間接證據，就立即對雪貂進行了試驗，發現雪貂也能

感染流行性感冒。後來，人們發現當時促使對雪貂進行試驗的想法是完全搞錯了，因為那群雪貂患的不是流行性感冒，而是犬瘟熱！

(12) 丙烯乙二醇的滅菌功能

英國細菌學家發現了一種用己基間苯二酚溶於丙烯乙二醇溶液噴霧消毒空氣的有效方法。當時他們作了廣泛的研究，試驗了多種混合物，證明了這一種效果最好。選用乙二醇只是為了用它作為殺菌劑己基間苯二酚的溶劑。由於這次研究提出了運用這種方法防止空氣傳播疾病的可能，引起了人們很大的興趣。當其他人繼續這項研究時，發現混合物之所以有效，是由於乙二醇而不是由於己基間苯二酚。後來證明，乙二醇是最好的空氣滅菌劑，當初採用乙二醇只是把它當作其他被認為是更有效殺菌劑的溶劑而已，當時並未認識到乙二醇本身具有任何有價值的殺菌作用。

(13) 硼酸可增進蔬果生長

羅桑斯特 (Rothamsted) 實驗站於試驗使用各種化合物保護植物不受蟲害時，有人注意到用硼酸處理過的植物，其生長情況大大優於其他植物。戴維森 (Davidson) 和沃林頓 (Warrington) 證明，植物生長良好是由於需要硼。人們原來並不知道硼對植物營養之重要意義，印使在獲得了這個發現以後，在一段時間內仍然認為缺硼現象只是在學術上有價值。但是到後來，發現好幾種有經濟價值的植物病，如甜菜的『爛心』都是缺硼的表現。

(14) 選擇性除草劑的發現

選擇性除草劑是在研究苜蓿的根瘤菌和植物生長刺激劑時偶然發現的。人們發現，這些有益的根瘤菌通過分泌一種物質能使根毛變形。但是，當納特曼 (Nutman)、桑頓 (Thornton) 和夸斯特爾 (Quastel) 試驗這種物質對各種植物的作用時，他們驚奇地發現該物質對發芽和生長起阻礙作用。此外，他們又發現，這種毒性是有選擇性的，對雙子葉植物其中包括大多數的雜草毒性特大，而對單子葉植物，其中包括穀物和草則毒性較小，於是他們又試驗了有關的化合物：發現了一些作為選擇性的除草劑，今天在農業上有很大的價值。

(15) 低濃度二氧化碳保鮮肉品

研究食物保存技術的科學家試圖用二氧化碳代替空氣，來延長凍肉的『壽命』。據研究，二氧化碳對引起食物腐敗的微生物具有抑制生長的作用。當時發現，使用高濃度的二氧化碳會引起凍肉變色，十分難看，整個想法因此被放棄。一段時間後，同一實驗室的研究人員試驗一種冷凍法，需將二氧化碳釋放到貯存食物的房間裏，同時進行觀察，看氣體有無不利影響。使他們驚奇的是，凍肉不僅沒有變色，在低濃度的二氧化碳中，凍肉保持新鮮的時間甚至比在高濃度的二氧化碳還要長。從觀察到的這一現象發展出了現代重要的肉類『氣存』法，即使用 10~12% 的二氧化碳。在這樣的濃度下，氣體有效地延長了凍肉的『壽命』而不造成變色。

(16) 禁食的副療效

我當時正在研究羊的一種生殖器官疾病，稱為龜頭-包皮病。這是一種發病時間很長的疾病，人們認為除用外科手術根治外是無法治愈的。患羊從鄉間送到實驗室來供研究用，但使我驚奇的是，羊隻在抵達後的幾天內全部痊癒。最初我們認為送來的不是典型的患羊，但是進一步研究後發現：羊隻痊癒是由於變換環境而拒絕進食的緣故。這樣就發現了，這種用別的方法難以治療的疾病，在大部分情況下用簡單的禁食數天的方法就能治癒。

(17) 埃利希的結核桿菌染色法

埃利希用抗酸法染色結核桿菌的發現是這樣做出的：他把一些配製劑放在爐上就出去了。過了一會兒別人不在意地點燃爐子，爐子的溫度正好能夠使蠟衣的細菌著色，柯赫說：『完全是靠了這樣的偶然機會，現在從唾液中尋找桿菌已成一種普遍的做法了。』

(18) 甘油細胞保存法

帕克斯 (A.S. Parkes) 博士及其同事發現，甘油能使活細胞在非常低的溫度下長時間保存。他講了下述故事說明他們是怎樣作出這一重要發現的：『一九四八年秋季，我的同事史密斯 (Audrey Smith) 博士和波爾格 (C. Polge) 先生想要重覆謝夫納 (Shaffner)、韓德森 (Henderson) 和卡德 (Card) 在一九四一年所得的結果，他們三人用果糖溶液來保護家禽的精子使其不受冷凍和融化的影響。試驗成就不大，正在等待進一步的靈感時，他們把一部分溶液放入了冷藏庫中。幾個月後重新用同樣材料繼續研究時，所有的溶液仍然呈陰性反應，只有一瓶中的家禽精子在攝氏零下 97 度的冷藏狀態中，幾乎完全保存了活性。這一奇怪的結果給人以啟示：果糖中的化學變化產生了一種物質，具有保護活細胞不受冷凍和融化影響的驚人特性。而果糖中的化學變化可能是由貯存時產生大量的黴菌所引起或促成的。然而，試驗證明：這種神秘的溶液不僅沒有包含不同於一般的糖，而且實際上根本不含糖。與此同時，進一步的生物試驗證明，在冷凍和融化以後，保存的不僅是活性，而且還有使卵子受精的能力。這時，大家有點驚慌地把剩下的少量 (10~15 mL) 奇怪溶液，送到我們的同事埃利奧特 (D. Elliott) 博士那裏去做化學分析。他的報告是：溶液包含了甘油、水和相當數量的蛋白質！這時大家才意識到：在試驗果糖溶液的同時，在對精子進行形態研究的過程裡中，使用了邁耶 (Mayer) 的蛋白，就是這位組織學家的甘油和蛋白，並把它隨同果糖溶液一起送入冷藏。顯然有幾個瓶子被搞混了，但究竟是怎麼回事我們後來也沒弄清楚。我們很快用這種新材料做了試驗，證明：蛋白不起保護作用。於是我們的低溫研究，就集中到甘油對保護活細胞不受低溫影響的作用上了。』

(19) 實驗的環境會影響結果

納爾班多夫 (A.V. Nalbandov) 博士親自寫信給我講了下述引人入勝的故事，說他自己怎樣發現了使實驗雞在切除腦垂體後繼續生存的簡單方法。『一九四〇年我開始對腦垂體切除術對雞的影響感興趣。我掌握了這種手術的技巧後，雞隻仍然死去，手術後幾

個星期內，無一倖存。移植治療和其他措施都無效，我正準備同意帕克斯和希爾 (R.T. Hill) 的意見，他們在英國也做過類似的實驗，結論是：切除腦垂體的雞無法生存。這時我不得已只好做了幾個短期的實驗，放棄了上述計劃。正在這時，有一組切除腦垂體的雞 98% 存活了三週，其中還有許多隻活的時間長達六個月。我所能想出的唯一解釋是：我的手術技巧隨着實驗的次數而提高了。大約這時，就在我準備進行長期實驗時，雞隻又開始死亡。在一星期內，新近切除垂體的雞隻和已經存活數月的雞隻統統死去了。這當然不是手術技巧的問題。我繼續實驗，因為這時我已知道在一定的情況下雞隻是可以存活的，但這個條件是什麼則完全不清楚。大約就在這個時候我又有一段成功的實驗，雞隻死亡率很低。但是，儘管對記錄作了詳細的分析（考慮並排除了疾病及許多其它因素的可能），我仍然找不出答案。你們可以想像，對於動物承受手術的能力有顯著深刻影響的東西竟然無法利用，這是多麼令人沮喪。一天深夜，我從一個晚會駕車回家途經實驗室。雖然當時是凌晨兩點，動物室裏燈還開著。我以為是那個粗心的學生忘了關，就下車去關燈。幾天以後的一個晚上，我又注意到這些燈通宵開著。詢問以後才知道，是一位看門人在晚上櫥窗鎖門以後故意開看動物室的燈，以便找到出去的門（燈的開關不在靠近門處）。進一步查詢以後證明：兩段存活率較高的實驗正是發生在這位看門人值班的時候。我很快就用對照實驗證明，切除垂體的雞隻凡養在黑暗中的都死了，但若每夜開燈兩次，每次一小時，則雞隻可一直活下去。原因是：養在黑暗中的雞隻不吃食，從而得了不治的低血糖病，而開燈屋中的雞隻吃食足夠，可以防止低血糖病。從那時起，我們要那些切除垂體的雞活多久它們就能活多久，再沒有任何困難了。