

科學圖書大庫

自然科學叢書之三

化學

(六至十冊合訂本)

湯元吉 主編



徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會
監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國六十七年十一月二十八日三版

自然科學叢書之三

化學

(六至十冊合訂本)

本叢書不分售，全套10冊基本定價 9.40

主編者 湯元吉 台糖公司董事長

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號
7815250 號

發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 1 5 7 9 5 號

承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話 9719739

2011-4-16

我們的工作目標

文明的進步，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力。在整個社會長期發展上，乃對人類未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，自應各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同將人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之收穫，已超越以往多年累積之成果。昔之認為若幻想者，今多已成為事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，尤為社會、國家的基本使命。培養人才，起自中學階段，此時學生對基礎科學，如物理、數學、生物、化學，已有接觸。及至大專院校專科教育開始後，則有賴於師資與圖書的指導啟發，始能為蔚為大器。而從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啟導後學，旨趣崇高，彌足欽佩！

本基金會係由徐銘信氏捐資創辦；旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利，民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，惜學成返國服務者十不得一。另曾贈送國內數所大學儀器設備，輔助教學，尚有微效；然審情度理，仍嫌未能普及，遂再邀請國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。以主任委員徐銘信氏為監修人，編譯委員王洪鎰氏為編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱工作。「科學圖書大庫」首期擬定二千種，凡四億言。門分類別，細大不捐；分為叢書，合則大庫。為欲達成此一目標，除編譯委員外，本會另聘從事

翻譯之學者五百餘位，於英、德、法、日文出版物中精選最近出版之基本或實用科技名著，譯成中文，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，內容嚴求深入淺出，圖文並茂。幸賴各學科之專家學者，於公私兩忙中，慨然撥冗贊助，譯著圖書，感人至深。其旅居國外者，亦有感於為國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬多寡，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，其報國熱忱，思源固本，至足欽仰！

今科學圖書大庫已出版一千餘種，都二億八千餘萬言；尚在排印中者，約數百種，本會自當依照原訂目標，廣續進行，以達成科學報國之宏願。

本會出版之書籍，除質量並重外，並致力於時效之爭取，舉凡國外科學名著，初版發行半年之內，本會即擬參酌國內需要，選擇一部份譯成中文本發行，惟欲實現此目標，端賴各方面之大力贊助，始克有濟。

茲特闡誠呼籲：

自由中國大專院校之教授，研究機構之專家、學者，與從事工業建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究之學人、留學生；

大專院校及研究機構退休之教授、專家、學者

主動地精選最新、最佳外文科學名著，或個別參與譯校，或就多年研究成果，分科撰著成書，公之於世。本基金會自當運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。尚祈各界專家學人，共襄盛舉是禱！

徐氏基金會 敬啓

中華民國六十四年九月

序

居今日而欲致國家於富強之林，登斯民於康樂之境，其道無他，要在教育、文化、經濟諸方面力求進步而已。自然科學之研究與發展，屬於文化領域之一環，同時亦為國防建設之主動力，其在教育設施方面，實佔有甚大之比重，久為識者所共喻。

巴西華僑徐君銘信，身繫異邦，心繫祖國，鑒於自然科學之發展與夫建國前途所關之鉅，嘗思盡一己之力，為邦人士格物致知之助。比年以來，其慨捐於國內學術機構者，固已為數不貲。前歲之冬，復搜購德國著名函授學校之數學、物理、化學、生物等優良課本約五百萬言寄臺，經東海大學吳校長德耀與滙院長步頤之介紹，欲以逐譯刊行，嘉惠學子之任，委諸元吉，自維學殖荒落，本不敢承，惟感於徐君所見者大，所志者遠，殊不宜過拂其意，爰勉受義務主編及統籌出版之命。嗣經先後約請江鴻（數學總執筆人）、宋渺、李煥榮、南登岐、孫慶年（物理學總執筆人）、張清彭、陳喜棠、許巍文、黃友訓、傅貽椿、熊俊（生物學總執筆人）、廖可奇、劉泰序、鍾恩寵、呂德懋（以姓氏筆劃為序）諸君分任逐譯，復承臺灣新生報謝總社長然之、王社長嘯生及顏副總經理伯勤慨允由該社擔任印刷及發行工作，其事遂舉。願以個人精力時間，均屬有限，一年以還，竭知盡能，時以能否符合信達雅之準則為慮，幸賴各方碩彥陳力就列，各自精獻，得如預期出書，以餉讀者，實為元吉精神上莫大之收穫。今後倘蒙文教先進及讀者不吝匡翼，俾在吾國科學發展史上日呈緝熙光明之象，遂徐君之初願於萬一，並使其今後仍就此途徑邁進之志事，（徐君近復精選英文本初級科學百科全書，交由科學勵進中心*譯印。）永感吾道不孤，邪許同聲，則尤元吉一瓣心香，朝夕禱祝者也。茲值本書出版伊始，謹誌涯略，並向協助譯印諸君子敬致感謝之忱。

湯元吉序於臺北

*該中心為一不以營利為目的之財團法人，其宗旨在於促進科學教育、發展科學研究及介紹科學新知。現任董事為李熙謀、錢恩亮、趙連芳、林致平、徐銘信、李先聞、戴運軌、鄭望厚、湯元吉等九人。

引 言

魯斯汀教授法之化學講義，其所取教材，旨在輔導一般學子藉自修而熟悉世間最重要的質素和最重要的作用，使之信賴化學上的基本法則和理論，進而窺知一般化學領域之知識。修習本化學講義的學子，僅須具備國民小學之教育程度即可。課程內容相當於中等學校之教本，由淺入深，以達於高中畢業程度。

本教材包括無機化學與有機化學二部份。

編輯要旨

- 一・本叢書包括數學、物理、化學、生物等四種。
- 二・本叢書物理、化學、生物等三種，均係採用德國魯斯汀(Rustin)函授學校之課本；數學一種，則係採用德國馬特休斯(Mathesius)函授學校之課本，分別邀請專家逐譯。
- 三・本叢書之供應對象，主要為中等以上學校之學生、自行進修人士及從事教授各該有關課業之教師，故其內容亦以適合上述各界人士之需要為主旨。
- 四・原書內於每一相當節段，均附有習題、複習題、試題及論文作業等，可使在學者增加反覆研討之機，自修者亦易得無師自通之樂。本叢書對於前三者均已予以保留，俾利讀者之研習。至於論文作業題目，本係該函授學校對於所屬學生之另一種教學措施，學生於作成論文後，校方尚需負修改之責，與本叢書旨趣未盡相同，故均於正文內予以省略，惟為存真起見，一俟本叢書出齊後，當彙印單行本，以供讀者參考。
- 五・本叢書因係依據原書格式譯輯而成，故未能於每一學科之首冊中編列總目，擬俟全書出齊後，另行編印專冊，以供讀者檢閱。
- 六・本叢書數學原文，每講約為六萬字，而其餘各書字數自二萬餘字至四萬餘字不等，且各講自成段落，不能分割，故為便利讀者及減輕讀者負擔，只能將其每二講或三講合印為一冊，字數遂在七萬餘字至九萬餘字之間。
- 七・本叢書所有各種科學名詞，一律採用國立編譯館輯譯，教育部審

定公布之名詞；但主編者認為必要時，亦偶用其他譯名代替之；其為上述公布名詞中所無者，則出於主編者或譯者之創擬。該項替代或創擬之名詞，是否妥善無疵，未敢自是，尚冀海內專家學者不吝賜教。

八・本叢書之逐譯工作係由多人執筆，行文屬辭，難免各具風格，主編者能力時間，均屬有限，故雖竭智盡慮，勉為整理，亦僅能使其小異而大同，尚祈讀者諒之。

九・本叢書原文篇幅浩繁，約近五百萬字，出版須依一定進度，編者勢難將譯文與原文逐一核對，倘有未盡妥洽之處，亦請讀者隨時指教，俾於再版時更正，幸甚幸甚！

主編者謹識

第十一講

化學第六冊目錄

第十一講	頁 數
第十講習題解答.....	1—5
第十講試題解答.....	5—8
第八十四章 氮（附教材問答、習題及複習題）.....	9—26
第八十五章 磷（附教材問答、習題及複習題）.....	27—33
第十講內容提要.....	33—34
試題.....	34—35
第十二講	
第十一講習題解答.....	37—39
第十一講試題解答.....	40—42
第八十六章 砷和銻（附教材問答、習題及複習題）.....	43—48
第八十七章 碳，（附教材問答、習題及複習題）.....	49—70
第十二講內容提要.....	70—71
試題.....	71—71

第十講習題解答

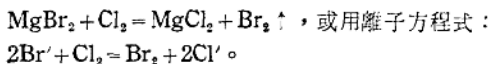
第八十一章

1. 在攝氏 0° 壓力 760 毫米時，22.41 公升的溴蒸氣重 2×79.92 克（假定全部的溴在此狀況下皆為氣體）。設壓力不變，溫度增至 60° 時，其體積為 x ，則：

$$\frac{x}{273+60} = \frac{22.41}{273}, \text{ 即 } x = \frac{22.41 \times 333}{273} = 27.3 \text{ 公升}$$

今 x 公升的溴蒸氣在攝氏 60° 壓力 760 毫米時重 $2 \times 79.92 = 159.84$ 克，故在此狀況下，1 公升的溴蒸氣重 $159.84 : x = 5.86$ 克。

2. 氯和溴化鎂作用時，其反應式為：

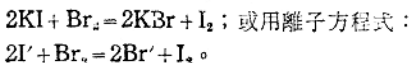


3. 根據第 292 節附表，液態溴的比重為 2.93，亦即 1 公升的液態溴重 2.93 公斤 = 2,930 克。但 22.41 公升攝氏 0° 壓力 760 毫米的氯（見上題反應式）可產生 $2 \times 79.92 = 159.84$ 克的溴；故所求氯的體積 x 可自下式算出：

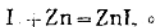
$$x : 22.41 = 2,930 : 159.84 \text{ 或}$$

$$x = \frac{2,930 \times 22.41}{159.84} = 410 \text{ 公升。}$$

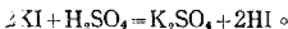
4. 溴對碘化鉀之作用，係依下式進行：



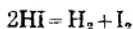
5. 碘和鋅粉作用時，其反應式如下：



6. 正常程序的反應式為：



碘化氫分解後可生成碘和氫：



初生氫可將硫酸還原：



7. 我們已經講過以下各種礦石：方解石 CaCO_3 (第六講, 第183節); 長石爲複鹽, 其成分之一恒爲矽酸鋁, 其餘則爲矽酸鉀、矽酸鈉、或矽酸鈣 (第五講第168節), 氟石 CaF_2 (第六講第186節及第十講第291節); 菱鐵礦 FeCO_3 (第六講第189節); 菱鋅礦 ZnCO_3 (第六講第209節) 和重晶石 BaSO_4 (第十講第298節)。

8. 根據氣態質素的分子量定義, 在攝氏 0° 壓力 760 毫米時 22.41 公升的氟化氫重 40 克。設攝氏 27° 壓力 760 毫米時其體積爲 x , 則由給呂薩克定律可得下式：

$$x : 300 = 22.41 : 273 \quad \text{或} \quad x = \frac{22.41 \times 300}{273} = 24.65 \text{ 公升。}$$

今 x 公升氟化氫重 40 克, 故 1 公升 (27°C , 760 毫米) 重：

$$40 : x = 1.622 \text{ 克。}$$

第八十二章

1. 攝氏 450° 壓力 760 毫米的氣體體積爲 750 立方厘米, 設壓力不變溫度降至攝氏 0° 時其體積爲 x (假定無凝結或液化現象發生), 則 x 可自下式算出：

$$x : 273 = 750 : 723, \text{ 即 } x = \frac{750 \times 273}{723} = 283.3 \text{ 立方厘米。}$$

(723° 爲絕對溫度, 係由 273° 和 450° 相加而得。) 如實驗中 3.24 克的硫在攝氏 0° 壓力 760 毫米時仍爲氣體 (事實上不可能), 其體

積爲 283.3 立方厘米, 則 22,410 立方厘米重 $\frac{3.24 \times 22,410}{283.3} = 257$ 克。

已知硫的原子量爲 32, 故 1 個分子應含有 8 個原子。

2. 二氧化硫係按下式製得：

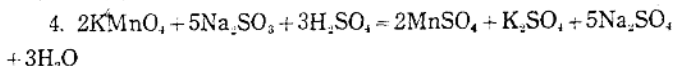


因此, 63.54 (銅原子量) 克的銅可製攝氏 0° 壓力 760 毫米的二氧化硫

22.41 公升，後者在攝氏 20° 壓力 760 毫米時的體積為 $\frac{22.41 \times 293}{273}$
 = 24.04 公升；設所求二氧化硫體積為 x，則下式即可成立：

$$x : 30 = 24.04 : 63.57 \quad \text{或} \quad x = \frac{24.04 \times 30}{63.57} = 11.34 \text{ 公升。}$$

3. 煅燒 1 分子的 FeS_2 ，可得 2 分子的 SO_2 [$\text{FeS}_2 + \cdots \text{O}_2 = 2\text{SO}_2 + \cdots$]，由此即可製得 2 分子的硫酸，換算為重量即：119.96（二硫化鐵分子量）公斤或約 120 公斤的二硫化鐵可製得 $2 \times 98 = 196$ 公斤的硫酸。一噸 90% 的黃鐵礦含二硫化鐵 900 公斤，故可製硫酸 $\frac{196 \times 900}{120}$
 = 1,470 公斤。



5. 過錳酸鉀的分子量為 $39.10 + 54.93 + 64 = 158.03$ ，亞硫酸鈉的分子量為 $46 + 32 + 48 = 126$ ，故所求亞硫酸鈉的重量 x 可自下式算出：

$$(2 \times 158.03) : (5 \times 126) = x : 12.6 \quad \text{或} \quad x = \frac{316.06 \times 12.6}{5 \times 126}$$

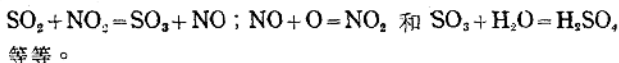
$$= \frac{316.06}{50} = 6.321 \text{ 克。}$$

6. 根據第十講第 295 節中之方程式，5 克分子量之亞硫酸鈉所需之電量為 $10 \times 96,500$ 庫倫，故 12.6 克亞硫酸鈉所需之電量為此數的 $1/50$ 即 19,300 庫倫，如 19,300 庫倫平均分配於 3 小時或 10,800 秒，則每秒通過的電量為 $19,300 : 10,800 = 1.787$ 庫倫，也即電流強度約為 1.79 安培。

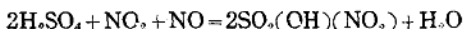
7. 用鉛室法製造硫酸時，係先將礦砂（各種含硫礦石，及煤氣爐中所用乾式淨化劑）在特製的爐中煅燒，以產生金屬氧化物和二氧化硫，例如： $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2 \uparrow$ 。煅燒時產生的氣體（當然還混有氮和氧），須先在巨室中除塵，而後導經格羅佛塔。混合氣體在此塔中循相反方向與噴淋而下之亞硝酸鹽硫酸相遇，後者則被過量的水分解為：



氧化氮的損失可加少量硝酸以爲補充。鉛室中除來自格羅佛塔的混合氣體外尚有水汽，故此處係二氧化硫、二氧化氮和水汽交互作用，其程序大致可以下列各式表示之：



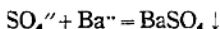
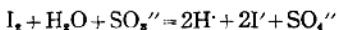
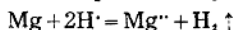
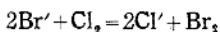
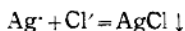
和其餘氣體（主要的是未參與反應的氮）一起逸出之氧化氮可在鉛室後面的給呂薩克塔中用硫酸收回，用過的硫酸遂又變爲亞硝酸硫酸而導回格羅佛塔：



鉛室中所產生的稀硫酸稱爲鉛室硫酸，使之蒸發或加以三氧化硫（接觸法）即成濃硫酸。

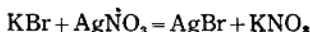
8. 含有結晶水的硫酸鈉 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 稱爲芒硝，爲美麗的單斜晶體，極易風化，易溶於水成爲過飽和溶液。硫酸鈉和其他硫酸鹽共同存在於鹽層中，其火焰呈黃色；和所有可溶的硫酸鹽一樣，硫酸鈉溶液加氯化鉍即生成顆粒細小而色澤潔白的硫酸鉍沉澱。——前此製鹽酸時，我們已講到過酸式硫酸鈉。——**硫酸鉀**亦有兩種。正鹽 K_2SO_4 和其他鹽類共存於廢鹽中，爲有價值的肥料，焰色淡紫。——**硫酸鉍**爲有價值的氮肥，工業上可大量製造。——**硫酸鎂** MgSO_4 多存在於鉀鹽層中，含有結晶水之 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 極易溶解，又名苦鹽，爲數種礦泉的主要成分，可作通便劑。——存在於自然界的**硫酸鈣** CaSO_4 爲硬石膏。含水硫酸鈣 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 稱爲石膏，是美麗的單斜晶體，難溶於水；硫酸鈣的結晶，尚有易碎石膏，雪花石膏等。——**硫酸鋇** BaSO_4 又名重晶石，極難溶於水，其細粒的沉澱可用以證明硫酸根離子或鉍離子的存在。——含有 7 分子結晶水之**硫酸鋅** ZnSO_4 稱爲結礬，硫酸鋅係由硫酸及鋅片二者發生作用而成，易溶於水。——**硫酸銅** CuSO_4 結晶含 5 分子結晶水，稱爲膽礬，呈亮藍色，爲美麗透明的三斜晶體，易溶於水，無水硫酸銅則爲白色。——**硫酸亞鐵** 結晶 FeSO_4 含 7 分子結晶水，稱爲綠礬，爲綠色晶體。

9. 今將已經講過的離子方程式選列數則如下：



第八十三章

1. 照相底片上塗的溴化銀係用溴化鉀和硝酸銀製成，其反應如下式：



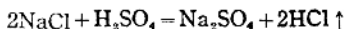
2. 銀可溶於硝酸，如將照相底片上的塗層刮下，儘量使之溶於硝酸，於濾液中加入氯離子即可證實銀離子的存在；例如，加入食鹽溶液即生白色酪狀沉澱。

3. 顯影液是一種還原劑，如摻以氧化劑則後者即被還原，其化學性質也隨之改變；例如，過錳酸鉀溶液一經摻入顯影液，其色立褪，因紫色的 $\text{MnO}_4^{\cdot}$ 離子變為幾乎無色的 Mn^{++} 離子。

4. 稀鹽酸可逐出定影液中的硫代硫酸，後者很快即分解為二硫化硫、硫和水，此時定影液因硫的逸出而混濁，濃度高時且可看到氣體發生。

第十講試題解答

1. 使硫酸和食鹽作用，並將生成的氯化氫氣體溶於水中，即得鹽酸，反應式如下：



2. 氯的製法計有 a) 電解鹽酸或食鹽溶液；b) 使鹽酸和氧化劑作用，例如褐石或過錳酸鉀；c) 使鹽酸和漂白粉作用；d) 利用空氣中的氧，使氯化氫發生觸媒氧化作用。

3. 氯酸鉀 KClO_3 係含氧基多之質素，加熱即可放出氧。用可承的摩擦氯酸鉀常發生爆炸性燃燒。將氯導入溫熱的氫氧化鉀溶液中即

得氯酸鉀；氯酸鉀可製安全火柴、爆炸物和焰火。

4. 若干溴化物加熱後可產生褐色的溴蒸氣。溴鹽溶液中導入少許氯或加氯水數滴即顯褐色；加二硫化碳於溶液中而後搖動，如二硫化碳層中呈現褐色，即證明溴的存在。

5. 溴可溶於二硫化碳、氯仿、醚和酒精，並微溶於水。

6. 碘化鉀溶液中導入氯，碘即析出。

7. 碘酒為碘的酒精溶液，可用以殺菌及消炎。甲狀腺中的碘化物有調節新陳代謝的作用。碘化銀可用於照相術。

8. 使氟石粉與硫酸作用，將生成的氟化氫氣體溶於水，即得氫氟酸。

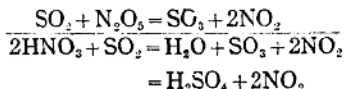
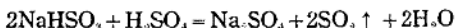
9. 溶硫於二硫化碳，將溶液緩緩蒸發，即得斜方晶硫。使熔融的硫緩緩冷卻，即得單斜晶硫。如欲獲得較好的結晶硫，可將硫凝結時生成的外壳弄穿，並將其中的液態硫傾出；將高熱的熔硫傾入冷水中，使之突然冷卻，即得彈性硫。



11. 碳酸鈉溶液中，導入二氧化硫，即得亞硫酸氫鈉：



如使亞硫酸氫鈉溶液與濃硫酸作用，則前者即發生分解作用如下式：

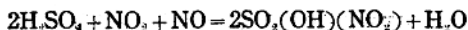


13. 二氧化硫可製硫酸和亞硫酸氫鈣；漂白絲綢和皮毛；並可用於容器及房屋的消毒。

14. 接觸法製造硫酸的步驟之一為氧和二氧化硫作用；其反應 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$ 係在催化劑（鉑石棉、氧化鐵）的影響下完成；溫度不宜過高，通常多在 400°C 左右；所用的氣體，在使用之前，須除去混在其中的雜質（砷），以免催化劑中毒。

15. 用鉛室法製造硫酸時，參與反應的質素有：二氧化硫、二氧化氮、氧和水汽。

16. 從鉛室中逸出之氮的氧化物，係在給呂薩克塔中用硫酸回收，而生成亞硝酸鹽硫酸：



17. 亞硝酸鹽硫酸在格羅佛塔中，與水汽混合而分解，並將氮的氧化物放出。

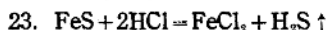
18. 將鉛室硫酸在平底鉛槽中蒸發，直到其濃度增至 80% 時，再移到白金鍋中繼續蒸發，即得濃硫酸。或則導入接觸法中所得到的三氧化硫，也可使大量鉛室硫酸變為濃硫酸。

19. 工業上製造二氧化硫多用黃鐵礦、方鉛礦或閃鋅礦；第一種礦石產於西班牙和挪威；現在製造二氧化硫亦用德國的石膏。

20. 鉻礬的分子式為 $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 。

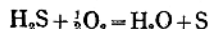
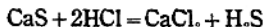
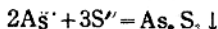
21. 德國的石膏多產於哈次山 (Harz) 南麓，其次為東圖林根 (Ostthüringen) 和德國南部。

22. 重晶石即硫酸鋇，為單斜晶體（外緣成平行四邊形）；分析時，鋇離子和硫酸根離子相遇，即生成硫酸鋇（硫酸和可溶性硫酸鹽的存在，可這樣驗證）。



稀薄的硫化氫仍有毒性，蛋類腐壞時亦有硫化氫生成，故有硫化氫臭味。硫化氫可燃，燃燒時，視空氣之充足與否，可生成硫或二氧化硫。又能溶於水而成酸。

24. 使硫化氫水和三氯化砷作用，片刻後，即生成黃色的硫化砷沉澱：



26. 曝光後的照相底片其處理程序為：（以還原劑）顯影、沖洗、