

高等學校教學用書



膠體物理化學

上冊

C. M. 李帕托夫著

南京大學膠體化學教學小組等譯

高等教育出版社



本書係根據蘇聯國立化學科技書籍出版社(Государственное научно-техническое издательство химической литературы)出版的李帕托夫(С. М. Липатов)著“膠體物理化學”(Физикохимия коллоидов) 1948 年版譯出。原書經蘇聯高等教育部審定為高等學校化學專業用教科書。

全書計十二章,分上下兩冊出版。

參加本書上冊翻譯工作的有南京大學膠體化學教學小組倪則璠、裘家奎、戴安邦、須沁華、南京工學院物理化學教學小組楊浩芳、南京工學院化學教研組吳能遠同志。

膠體物理化學

上 冊

С. М. 李帕托夫著

南京大學膠體化學教學小組等譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇五四號)

京華印書局印刷 新華書店總經售

書號13010•15 開本 850×1168 1/32 印張 16 3/16 字數 159,000

一九五四年九月北京第一版

一九五六年八月北京第二次印刷

印數 4,501—6,500 定價(8) 0.75

上册目錄

緒言	1
第一章 膠體科學的基本概念	3
1. 膠體科學的確定及其意義	3
2. 基本名詞。膠體科學發展的兩個時期	4
3. 分散程度與膠體體系的系統分類	8
4. 膠體分散度範圍內的特徵	13
第二章 膠體體系的光學性質	16
1. 丁達爾現象及其意義	16
2. 超顯微鏡與粒子大小的測定	18
3. 乳光度的測定	21
4. 光的吸收與色彩	23
5. 粒子的形狀與膠體體系的光學性質	24
第三章 溶膠體的分子動力性質	28
1. 氣體壓力和滲透壓力	28
2. 滲透壓力和擴散之間的關係	31
3. 膠體的滲透壓力	40
4. 布朗運動	50
5. 漲落理論	56
6. 氣壓公式和動力穩定性	59
7. 沉積	64
8. 膠體體系的黏度	70
第四章 表面現象與吸附作用	93
1. 表面能與分子力	93
2. 表面張力與潤濕現象	99

3. 表面張力測定法	99
4. 液體的總表面能	101
5. 溶液的表面張力與吸附作用	103
6. 表面活性物質和它們的結構	106
7. 表面作用獨立性原理	113
8. 表面膜	117
9. 吸附層的物態方程式	120
10. 溫度對吸附層的影響	123
11. 固-液分界面的表面張力和溶解度	126
12. 吸附的分子運動說。固體液體(氣體)分界面上的吸附	128
13. 表面層中的電現象	139
14. 潤濕熱和吸附熱	140
15. 吸附的動力學	145
16. 吸附和化學防禦	148
17. 活性炭當作催化劑	153
18. 在固體表面上的化學反應	154
19. 乳濁液和泡沫	160
第五章 膠體的形成。溶膠的製備方法及其淨化	166
1. 緒言	166
2. 新相的形成	167
3. 溶膠製備的條件	172
4. 膠體溶液的製備方法	177
5. 固體物質的分散法	182
6. 膠體溶膠的淨化方法	186

人名對照表

下冊目錄

第六章 膠體粒子結構理論(膠團).....	191
1. 研究工作的概述	191
2. 膠團結構的現代理論	192
3. 應用化學理論於複雜情況	195
4. 穩定劑的作用	197
第七章 膠體的電化學	200
1. 電泳與內滲	200
2. 動電現象的理論	202
3. 動電現象的實驗證驗	206
4. 擴散電層的理論	208
5. 溶膠的導電性	214
第八章 凝結和膠體的穩定性	219
1. 關於凝結的一般概念	219
2. 對於凝結作用的不同觀點及其發展	220
3. 快速凝結的動力學	223
4. 緩慢凝結的動力學	228
5. 多分散系的凝結	231
6. 凝結的一般理論	235
7. 觸變作用和聚凝作用	238
8. 膠體的保護和增感作用, 乳濁液和懸濁液	245
9. 憎液膠體體系的穩定性	248
第九章 親液膠體與聚合物	256
1. 親液膠體與聚合物的基本特徵	256
2. 高聚化合物及其所組成的親液體系	257
甲) 聚合物的形成和它們的性質	257

乙) 親液膠粒的結構。梅耶爾與馬爾克的見解和進一步的發展	262
3. 高聚合物鏈的形狀	271
第十章 軟膠的吸水和膨脹	280
1. 軟膠的吸水	280
2. 軟膠的膨脹	283
甲) 概論	283
乙) 膨脹作用的理論和膨脹現象的熱力學	285
丙) 膨脹第二階段的理論	292
丁) 膨脹時的膠溶作用	295
戊) 軟膠中的吸附現象	296
己) 沉澱法則及其應用的限制	297
庚) 電解質存在時親液膠體的膨脹、普羅克特爾-威爾遜理論	298
第十一章 親液膠體的溶解及解膠	304
1. 各種溶解的特徵	304
2. 溫度對於溶解度的關係	305
3. 聚結物形成的條件及親液膠體的膠溶作用	310
4. 聚合物溶液的熱力學性質	316
5. 高聚合物溶液的黏度	323
6. 電解質對於親液膠體水化作用和穩定度的影響	323
甲) 包里和婁白的觀點、蛋白質的等電點和等離子點	329
乙) 克萊特的觀點	336
第十二章 軟膠的形成及其性質	341
1. 溶膠的膠凝作用	341
甲) 液膠轉化成爲軟膠的現象之研究	341
乙) 膠凝作用的理論	351
2. 離漿作用	356
3. 溶膠轉變爲軟膠時的滯後現象	364
人名譯名對照表	(1—2)

緒 論

近年來膠體科學發展的特徵顯然是其基本原理向着更高深的物理化學的論證方面進展。

屬於這種情況的不僅是膠體科學的基本部分——表面現象的化學和物理學，而且也是許多其他對透澈理解各種膠體過程的機構而具有重要意義的部分，例如，膠體粒子的形成。溶膠的凝結及其穩定性以及觸變現象。這些過程在現代工業技術內皆起着重大的作用。

無論在國外或特別在蘇聯，塑料工業的飛速發展在本質上反映了關於親液膠體和高分子化合物化學理論的發展。高分子化合物的研究更形成膠體化學的一個普通部門，就是高分子化合物的物理化學。近年來膠體科學的領域已經獲得了如此廣大的物理化學和熱力學的基礎以致可說它的發展已達到全新的階段。

因此，親液膠體部分除了具有實用意義而外，也具有重大的理論意義，因而在膠體的課本內保有它的適當地位。

當編輯膠體化學(或較正確地說膠體物理化學)教程時，自然發生教材選擇的問題。在蘇聯的高等學校內膠體化學實際上是學生必須完成的化學教育。其實，在內容方面，因為膠體科學往往被看作只是許多經驗規律和事實的總和，所以在物理化學教程與膠體化學教程之間存在着很大的距離。但是這種看法並不符合於這門科學的實際情況。因此，著者選擇了另一個方式，即刪去了許多個別而主要為純經驗的觀測和事實的敘述，並且努力儘可能地運用比過去較多的數學分析方法詳

細地闡明膠體科學的趨勢與理論。由於同樣的原因，關於親液膠體與高分子化合物的理論也是比較完全地按照現代科學理論加以敘述。

這樣敘述的方法是在與列賓捷爾院士作了關於教程綱領和教材敘述方法的詳細討論以後而採用的。膠體的教學大綱也是他編訂的。這個大綱，除了少數例外，就是本書內容的基礎。

在編輯本書時，著者在基本上利用了許多原始著作；所引用的數學結論都與原著作人所提出的相同。同時爲了求得一致，有時文字符號加以改變。在若干情形下並且把引到結論的中間的計算也列出來。一般地說，這些計算在原始著作裏皆付缺如。有時一個同樣的方程式是用兩個方法導出：動力學方法和熱力學方法。所敘述的理論也有時不是對它完全沒有異議，而是它的證明比較簡單或是它爲問題解答的唯一方法。有這種情形的部分則用小一號的字排印，以供願意進一步了解這種初次而暫時爲解答這類問題的唯一嘗試的學者們的參考。

在化學科學博士普奇洛娃的“膠體化學實驗作業指南”一書出版以後，著者認爲再寫膠體實驗作業的細節就是白費工夫。

著者努力盡量地表揚俄國學者在膠體科學的基本問題上所作的研究。偉大的十月革命以後，這門科學在蘇聯開始了廣泛的發展，現在已經獲得這樣大的成就使蘇聯科學家的著作在全世界的化學文獻裏佔着重要的地位。

最後著者對於校閱人列賓捷爾院士和烏克蘭蘇維埃社會主義共和國科學院院士杜曼斯基細心地校閱原稿與提示意見表示深切的感謝。

第一章 膠體科學的基本概念

1. 膠體科學的確定及其意義

如所週知，恩格斯曾確定物理學主要為分子的機械學，而化學則為原子的物理學。需要着重指出的是這個定義“決不包括現代物理學和化學的全部領域”。恩格斯稱化學為原子的物理學以後曾強調地說明把化學還原到原子機械學去的不可能，因為在化學內，我們處理的不僅是量，而且是質；可是機械學所處理的則僅是量。

從上述觀點看，關於膠體的理論則不僅是化學，而是包含着科學的兩個領域：膠體的物理學，就是分子及其聚集體的機械學，及膠體的化學，實質上就是具有某些條件的原子物理學。這些原子在聚集體表面層內必定處於特殊的地位。

由所述可見膠體的物理學是致力於研究膠體體系的性質，如隨着粒子大小與多寡不同而不斷改變的擴散作用和滲透壓力，而膠體化學則研究在分界表面上的反應，同時也確定使得膠體溶液有別於真溶液的特殊性質。

膠體的理論就如電化學、光化學等是物理化學的一章。在所有高等學校內，膠體化學是分出成為一個獨立的學程，這是很重要的理由的，其中主要的是膠體對於現代工業有極端重要的關係。實際上在今天很難舉出這樣一個工業部門在某種限度內從未應用過膠體科學的基本原理或它的研究方法。像橡膠、紡織、人造纖維、塑料、製革、製膠、食品、爆炸物這類的工業部門在基本上是與膠體（生橡膠、棉花、羊毛、人造的與自然的絲、生皮、膠、蛋白質、碳水化合物等）有關係的。因此，這類物質的製備和淨化都是以膠體科學的定律為基礎。許多生產工作如冶金、製造苯胺染料、肥皂、藥物和製煉石油等皆廣泛地應用着膠體

科學的方法。因此，不掌握膠體的知識就不可能提出有關於這些不同生產工作的現代技術的問題。

在任何科學部門內沒有一個像在膠體科學內有這許多的專刊用來研討各種不同生產過程的技術改進問題。我們在這裏僅列舉主要的幾種。在製革工業領域內有索科洛夫的“生膠質物理化學”和米哈依洛夫的“鞣質膠體化學”。在橡膠工業領域內，有馬爾加里托夫的“橡膠與生橡膠的物理化學”專刊、多加德金的“生橡膠的物理與化學”和茹科夫的許多創作。食品工業有杜曼斯基編輯的“食品工業內的膠體”彙集、庫哈任科的“製糖工業內的膠體”、庫爾曼的“麵包烤製的膠體”、納查羅夫的“澱粉的膠體化學”。在蛋白質方面有塔木德的“蛋白質的物理化學”專集與包里的“蛋白質膠體化學”的譯本。在染色理論與紡織工業方面，李帕托夫的“染色的膠體化學原理”。瓦爾科的“紡織工藝的膠體化學原理”譯本以及培斯可夫的許多創作論文。關於礦物的浮選作用，有列賓捷爾的“浮選的物理化學”；由他著作的還有關於在金屬切削、鑽探、印刷方面的膠體應用的專集，以及關於乳濁液和懸濁液的物理化學。在攝影術內膠體的應用有拉比諾維奇所著的幾本“攝影術的科學基礎”小冊子加以敘述；在人造纖維工業內介紹膠體應用的有尼基丁的“膠體溶液與纖維素酯”專集、李帕托夫的“高聚化合物”書以及李帕托夫、卡爾金與羅戈文的許多著作。柯貝科的“電介質的物理化學性質”以及其他類似的專集都是用於敘述各種不同可塑物體的物理化學性質的。這個極不完全的列舉可以充分表明在膠體領域內理論問題是如何與工業的實際問題密切地互相交織着，並且在十月革命以後膠體科學得到了怎樣突飛猛進的發展。我們介紹對實際問題有興趣的讀者去參閱所列舉的專書。

2. 基本名詞。膠體科學發展的兩個時期

在最近 25—30 年中發展達最高點的膠體科學是發生於上世紀的

六十年代，是在英國化學家格萊姆開始其最初的系統研究的時候。格萊姆的工作可以分為兩個獨立的部分。屬於他工作的第一部分的是他對於溶解於水內的物質擴散作用的研究。他工作的第二部分是關於膠體溶液的製備方法。

格萊姆發現所有的物質，按照它們自己的擴散能力，可以分為兩類：

- 1) 容易擴散的物質(糖、食鹽等)和
- 2) 難於擴散的物質(蛋白質、焦糖等)。格萊姆研究的結果列於第1表內。

細察這些數據，格萊姆注意到屬於容易擴散這一類的物質是在正常情況下結晶很好的物質，而另一類擴散緩慢的物質普通不具有結晶構造，並且當提濃時就形成黏滯而少流動性的體系。按照擴散作用的特徵來研究這兩類物質，格萊姆認為它們代表兩個完全不同的世界——晶體世界和膠體世界。

根據格萊姆的觀念這兩類物質中每一類的各個物理和化學性質都受着所屬類特有形式的限制。它們是不同的物質世界，因而有理由成立相當的不同的化學部門。

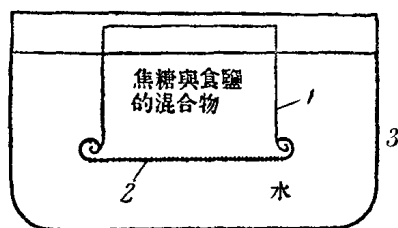
另一個重要而與擴散作用相近似並使膠體區別於晶體的性質，也是為格萊姆所發現，就是膠體溶液不能透過各種動物或植物的薄膜。

這種現象除具有純科學的趣味而外還有作為研究膠體體系一個極簡單方法的重要的實際意義。因此，格萊姆的方法應當較為詳細地加以敘述。

取廣口玻璃筒1(第1圖)並在其底端縛一未滲透膜2——羊皮紙

第1表 各種物質的擴散作用

物 質 名 稱	擴散時間 比較的單位
鹽酸.....	1.00
食鹽.....	1.33
糖.....	7.00
硫酸鎂.....	7.00
蛋白質.....	99.00
焦糖.....	48.00



第 1 圖 格萊姆的滲析器

- 1— 內皿(玻筒); 2— 半滲透膜
3— 外皿。

從晶體分開,而且特別可貴的是使製備純淨的膠體溶液有了可能,並且可以把膠體與晶體的混合物分為其組成部分。

在人造纖維工業內,滲析方法是廣泛地用於從纖維素分解產物的混合液內清除用於作絲光處理的鹼。這些分解產物粒子的大小是近似膠體。用這個方法就使貴重的 NaOH 得以收回。

在製革工業內分析丹寧時,滲析方法使之分為兩個部分: 1) 透過滲析膜孔的低分子量部分和 2) 留於滲析器內的高分子量部分。

對鞣革的理論說,這種分離具有重大的意義,因為它使我們能夠測出粒子的大小對於丹寧的鞣革性質的影響。

至於說到格萊姆工作的第二部分就是所說的膠體溶液的製備方法。根據這些工作格萊姆得到這樣的結論: 許多被認為不溶解的物質在適當條件下皆可以變為溶解的狀態,而且這樣的溶液從外表看來常與普通真溶液沒有任何區別。例如,格萊姆製得了矽酸與鎢酸、氫氧化鐵與氫氧化鋁以及一些其他物質的溶液。從外表看,這些溶液完全透明,而且均勻;但是按照它們的擴散能力與滲析作用則屬於格萊姆所稱為膠體的這一類物質。這些膠體溶液有別於普通的真溶液,故格萊姆稱之為“溶膠”。

膠體不僅可以溶解於水內,也可以溶解於其他溶劑內,例如,於酒精或乙醚內,因此,膠體溶液是按照溶劑的種類而給以簡單的名稱。例如,水的膠體溶液稱為水溶膠,酒精的——乙醇溶膠,乙醚的——乙

的或膠棉所製的薄膜。將玻筒裝滿蔗糖和食鹽的混合溶液,並將其浸於有水的大皿 3 內。經過若干時候,我們可以很明確地測出食鹽是已經透過薄膜而進入玻筒週圍的水內。但是無論這個實驗延長多久,蔗糖總不透過薄膜而入水內。這個方法格萊姆稱之為滲析,不僅可使膠體

醚溶膠，等等。

格萊姆發現了新的在他以前從未研究過的一類物質，這一工作引起了對於這些物質研究的極大興趣。但是格萊姆認為膠體是物質的一個特殊種類，他就使後來的人要尋找這類新的物質。和這種在當時科學界內盛行的看法相反的是俄國的膠體科學家，他們沿着創立一般規律性的道路前進。例如，早在 1869 年波爾卓夫在極可靠的工作中探討了膠體的擴散速度。他在另一點也與格萊姆相反，就是對膠體體系的觀點，他不僅認為這類體系是多相的而且斷定膠體粒子的結晶構造。由他的工作第一次確定了不同膠體粒子的大小與它們的擴散速度之間存在着反比的關係。但是他的繼承人沒有沿着這個途徑進行。格萊姆意見的影響有如此之大以致用了約 40 年的時間（從 1865 年到 1904 年）纔看出並證明他的觀念的局限性和他的分類的毫無根據。更令人奇怪的是不論是格萊姆或特別是他的繼承者都曾經把不同的物質製為膠體形態，不僅常以無定形狀態存在於自然界的物質是可以製為膠體，而且具有明顯的晶體結構的物質如 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 等也是如此。很久以後，齊格蒙第也發見他所製備的金膠溶液的膠體粒子是有晶體的結構，但是關於一般膠體粒子的構造他並沒有從此得到充分明確的結論。用了 40 年不斷的工作纔把改正格萊姆的見解所需要的基礎建立起來。最後俄國科學家韋曼發展了正確的觀念，而把格萊姆的主張徹底打破。

在二百多種不同的物體中，韋曼證明了任何物質既可以製成晶體狀態，也可以製成膠體狀態。因此，膠體和晶體不是代表不同種類的物質，而是表示同一物質的兩個不同狀態。膠體和晶體的狀態是物體一般的狀態——這是韋曼用了五個年頭從事研究的結論。膠體科學從此就得着繼續的更富有成果的發展的可能性。

若說在膠體科學發展的第一期內的研究工作者們抱定的任務是搜尋具有膠體性質的物質並找出它們作為這類物質的最典型特性，那末，

研究所有可能不同大小粒子體系的最普通的特徵就是在第二期內的基本課題。

3. 分散程度與膠體體系的系統分類

我們已經知道，膠體溶液——溶膠——與真溶液的區別是在擴散作用的緩慢和不能透過各種植物的及動物的薄膜。試問：這類溶液的性質應作如何解釋？爲要回答這個問題，我們應該，在一方面，思索一下，我們如何理解擴散現象，而在另一方面，考查一下，什麼是滲析膜。現在就讓我們分析這兩個問題。

我們知道，當任何物質溶解時，例如 NaCl 溶於水內， NaCl 即分解爲具有繼續不已而毫無秩序地運動的分子和離子，換句話說，這些離子和分子得到了一定量的動能。若在溶液的上面倒一層清水，則在分界面兩邊的能量分配就不均勻。溶解物質的粒子就要力求轉移到清水內，以使濃度均等。這種運動的速度（擴散速度）首先是所決於粒子的大小。一般地說，粒子愈小，運動愈快，滲透入上面水層也將愈快。反之，粒子愈大，運動將愈慢。

暫且根據這個簡單的論點，我們可以說：膠體溶液與晶體溶液之間的區別就在於粒子的大小。膠體溶液含有的粒子比晶體溶液所含有的較大。

從考查滲透膜的性質我們也達到完全相似的結論。什麼是滲析器的膜？簡單地說，它就是和普通濾紙一樣。它的網絡有非常微細的孔，雖用現代的光學儀器也不能看出。

如果晶體能以自由透過這些小孔——這表示這些孔的大小是超過或者近似晶體分子的大小。如果膠體不透過這些小孔——這表示這些孔的大小較之膠體粒子的大小要小得多。

因此，膠體與晶體之間的基本區別現在對於我們來說是很清楚了。這個區別歸結到粒子大小的區別。

但是上面已說過同一物質，既可以成為晶體狀態，也可以成為膠體狀態；因此，我們必須把所得的結論加以補充：在膠體溶液內的粒子不是分散物質的分子，而是分子的聚集體，也就是說，分子互相聯繫起來的集團。在這種集團裏的分子數可以是極不相同的。有的膠體溶液，其中的粒子近似分子的大小。反之，也有這樣的膠體溶液，其中的粒子大到可以用普通的顯微鏡看見。在此我們理解到膠體體系的極基本特性之一。

當我們看到食鹽在水內的溶液，我們說這個溶液是單相的。我們稱這液體單相混合物為真溶液。這個體系任何部分的性質都是一樣的。我們如此說，首先是因為在這種情況下溶解物質的分子與溶劑分子大小的區別是很少的。

當我們轉到膠體溶液的研究時，就不可以忽略這種區別。在膠體溶液內，溶劑分子與膠體粒子之間的區別已可說是大到有真實的物理的分界面的存在。但是這種情況是一個體系的多相性的標誌，所以我們首先就斷定膠體體系是多相的體系。這個分界面積的大小是粒子大小的函數，決定膠體的很多性質。因此，有些研究工作者認為膠體粒子的大小就是膠體體系基本的特徵。

不過在膠體化學內通常不用膠體粒子的絕對表面積，而用比面，就是粒子表面積與其體積的比率：

$$\frac{\text{表面積}}{\text{體積}} = \frac{s}{v} = S_0.$$

這與物理學內所用的物質的比重很相似。因此，粒子的比面就是表示這個體系分裂程度特性的一個數量，稱為分散度。

再一次着重地說：分散度僅僅是膠體狀態特性之一。膠體體系的不少性質是隨着分散度而改變。

現在看一下：膠體溶液中粒子的分散度是怎樣的，而當繼續分裂時它們的分散度又是如何改變的。

假定我們有一個立方體形的粒子並假定立方體每邊長等於1厘米。根據以上所述，這個立方體的比面可用下列等式表示之：

$$S_0 = \frac{s}{v} = \frac{6l^2}{l^3} = \frac{6}{l},$$

式內 l = 立方體的邊長。

若是把這個立方體分裂，使其每邊等於 0.1 厘米，則比面等於 60/厘米。再加分裂，使每邊等於 0.01 厘米，則比面就等於 600/厘米；餘以此類推。第 2 表表明當立方體形的粒子繼續分裂時，它的表面積的改變以及全體體系總表面的改變。

第 2 表 立方體形粒子在分裂時表面大小的改變

立方體 邊長 厘米	由分裂而得的 立 方 體 數	總 表 面 積	比面(分散度) 厘米 ⁻¹
1	1	6厘米 ²	6
1×10^{-1} (1毫米)	10^3	60厘米 ²	6×10^2
1×10^{-2} (0.1毫米)	10^6	600厘米 ²	6×10^3
1×10^{-3} (0.01毫米)	10^9	6000厘米 ²	6×10^4
1×10^{-4} (1 μ)	10^{12}	6 米 ²	6×10^4
1×10^{-5} (0.1 μ)	10^{15}	60 米 ²	6×10^5
1×10^{-6} (0.01 μ)	10^{18}	600 米 ²	6×10^6
1×10^{-7} (1m μ)	10^{21}	6000 米 ²	6×10^7

同樣，我們可為球形粒子做一個相似的表：

$$S_0 = \frac{s}{v} = \frac{4\pi r^2}{\frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{3}{r}.$$

粒子大小在 0.1 μ 到 1m μ 範圍內的體系積為膠體。減小粒子大小，也就是增加分散度，我們就使之接近分子。反之，減小粒子的分散度就使之變為較粗大的結構。

由第 2 表可見，膠體體系的特點是有極高度發展的表面。

膠體粒子也稱為分散相。粒子所在的介體稱為分散介質。必須指

出，無論分散相或是分散介質，按照三種聚集狀態，可以是固體(固)、液體(液)或氣體(氣)。如果用第一個字標明分散介質，第二個字標明分散相，則所有可能的配合排列為以下 9 類：

- 1) 液+氣——泡沫；
- 2) 液+液——油在水內的乳濁液；
- 3) 液+固——泥土在水內的懸濁液；
- 4) 固+氣——氣體在固體內的包藏體，例如，浮石；
- 5) 固+液——液體在礦物內的包藏體；
- 6) 固+固——在礦物內的固體包藏體，有色玻璃；
- 7) 氣+氣——尚未知；
- 8) 氣+液——霧；
- 9) 氣+固——烟。

在膠體體系的這種分類中，研究得最多的是 2 和 3 類，我們現在的任務就是集中主要的注意力於這兩類。

但是應當指出，除了已經提出的按照聚集狀態的分類外，還有按照分散度的分類。贊成這種分類的意見是認為膠體化學研究的範圍應該包括超過膠體粒子大小的質點的體系。由於這個緣故，照韋曼的建議，一般地稱這些體系為分散體系，而稱膠體科學為分散體學。

我們就簡單地看一下這種分類，特別是從這種分類作出的結論。對於這些結論我們應該比較詳細地討論一下。

上面已經說過，當一個立方體繼續分裂時，不是驟然一下子由膠體的體系轉變到分子的體系，而相反的，這個轉變是逐漸連續實現的。轉變的連續性就使研究者們開始按照分散的程度把所有的物質劃分為三類：1) 具有分子分散度的真溶液（分子分散體），2) 膠體溶液（膠體分散體），最後，3) 粗粒體系——懸濁液（粗分散體）。這樣按照分散度的分類列於第 3 表。

在這種分類的基礎上，關於膠體體系佔據一個中間地位的觀念發生了。一方面是真溶液，另一方面是粗粒懸濁液（或乳濁液）。由於這