

Chapter

13

膠體溶液性質與凝析

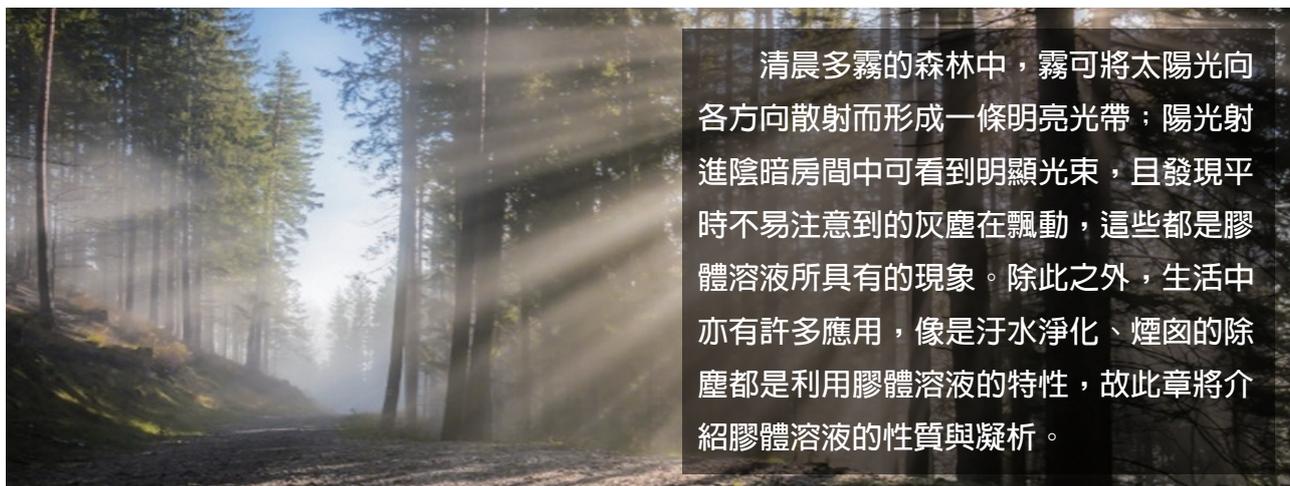
學習目標

1. 認識膠體溶液與其製備方法。
2. 了解膠體溶液的特性。
3. 了解膠體溶液的凝析作用。

授課節數 4

本章綱要

- 13-1 理論基礎
 1. 膠體溶液的配製
 2. 膠體溶液特性的觀察
 3. 膠體溶液的凝析
- 13-2 實習活動



清晨多霧的森林中，霧可將太陽光向各方向散射而形成一條明亮光帶；陽光射進陰暗房間中可看到明顯光束，且發現平時不易注意到的灰塵在飄動，這些都是膠體溶液所具有的現象。除此之外，生活中亦有許多應用，像是汙水淨化、煙囪的除塵都是利用膠體溶液的特性，故此章將介紹膠體溶液的性質與凝析。

13-1 理論基礎

膠體溶液的配製

一、溶液

1. 溶液為由兩種以上純物質所形成的均勻混合物，習慣上，溶液的成分中被溶解的物質或量少者稱為溶質，相不改變者或同相時量多者稱為溶劑。
2. 溶液可依溶質的顆粒大小分類：
 - (1) **真溶液 (true solution)**：粒子直徑小於 1 nm，溶質溶解於溶劑中，形成安定且不產生沉澱之混合物。
 - (2) **膠體溶液 (colloidal solution)**：粒子直徑約 1 ~ 1000 nm，可均勻分散於溶劑中，形成安定而且不產生沉澱之均勻混合物。
 - (3) **懸浮液 (suspension)**：粒子直徑大於 1000 nm，與溶劑形成不安定且會產生沉澱之不均勻混合物。

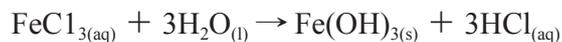
二、膠體溶液

1. 膠體溶液又稱分散系，分散在溶劑內的溶質稱為**分散相 (dispersed phase)**，而將溶質粒子分散開的溶劑則稱為**分散媒 (dispersed medium)**。
2. 常見膠體溶液

分散媒	分散相	分散系	例
氣體	液	液態氣溶膠	雲、霧
氣體	固	固態氣溶膠	煙、塵埃
液體	氣	泡沫	啤酒泡、肥皂泡、刮鬍泡
液體	液	乳液	鮮奶、沙拉醬、護手霜
液體	固	溶膠	牛奶、膠水、墨水
固體	氣	固態泡沫	棉花糖、海綿、浮石
固體	液	固態乳液	奶油、牛脂、果凍
固體	固	固態溶膠	合金、有色玻璃、有色寶石

三、膠體溶液製備方法

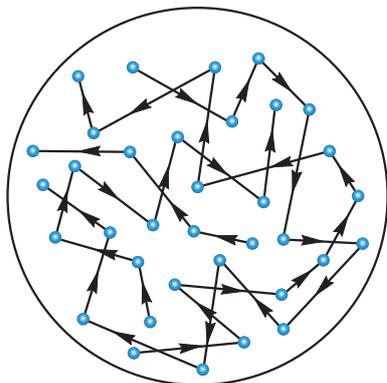
1. 分散法 (dispersion method)：將較大的分子化合物溶於分散媒，使分子分散成膠體粒子大小的範圍。
 - (1) 機械分散法：將顆粒較大的物質與分散媒混合後，再以研磨機或研鉢連續研磨，使其分裂成微小粒子。如油漆是將顏料、樹脂、溶劑等物質混合後，研磨成油漆膠體溶液。
 - (2) 解膠法：將膠體粒子加入溶劑中，使沉澱物重新分散成膠體溶液。如將氫氧化鐵沉澱加入少量稀氯化鐵溶液，經過攪拌後，沉澱即可轉化成紅棕色的氫氧化鐵膠體溶液。
 - (3) 乳化法：於不互溶之兩液體中加入乳化劑，使其可均勻混合形成膠體溶液，如保養品之製造。
 - (4) 電分解法：把欲製成之金屬溶膠的金屬棒放入水中作為兩極，通入高壓直流電使電極表面金屬氯化，再遇冷水而凝聚，使其分散於水中形成膠體溶液。
 - (5) 超音波分散法：利用超音波振盪溶液，使不互溶之物質分裂成微小粒子，互相分散形成膠體溶液。如不互溶的油和水，經超音波震動後，即可形成穩定的膠體溶液。
2. 凝聚法 (aggregation method)：將真溶液中的分子或離子利用物理或化學方法使其形成膠體溶液。
 - (1) 物理凝聚法：利用物質溶解度會隨溶劑組成影響，降低分散媒中溶質的溶解度，使溶質凝結析出並分散於溶液中，形成膠體溶液。如將硫磺溶於乙醇製成飽和溶液後過濾，將濾液加入水中，因為硫磺於水中的溶解度低，故析出的硫磺會凝聚而分散於水中。
 - (2) 化學凝聚法
 - ① 氧化法：將溶液中之溶質以氧化劑氧化，使成為微粒分散在溶液中，形成膠體溶液。如使硫化氫水溶液用二氧化硫氧化，就可得硫磺微粒之膠體溶液。
 - ② 還原法：將金屬鹽的溶液用還原劑還原，生成不溶於水的金屬原子，其集結成膠體粒子而生成膠態溶液主要用於金屬溶膠。
 - ③ 複分解法：此法為於溶液中使原有溶質發生複分解反應，生成不溶性物質，並控制化學反應的條件 (如溫度或濃度)，使生成之物質粒子大小在膠體粒子之範圍內，以製成膠體溶液。如把氯化鐵溶液，和熱水反應，生成深紅色的氫氧化鐵膠體溶液，反應式如下。



☞ 膠體溶液特性的觀察

一、布朗運動

布朗運動 (Brownian motion) 是指膠體粒子因為受分散媒分子的不均勻連續碰撞而做出之連續且不規則的鋸齒型運動 (如圖 13-1 所示)。此為英國植物學家布朗 (R. Brown, 1773-1858) (如圖 13-2 所示) 於 1827 年所發現, 當時他以顯微鏡觀察懸浮於水中的植物花粉時, 發現花粉迸裂後發出的微粒可在水中隨機搖晃, 故而以布朗運動稱呼此現象。



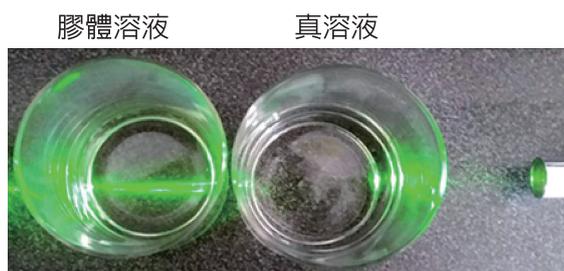
▲圖 13-1 布朗運動



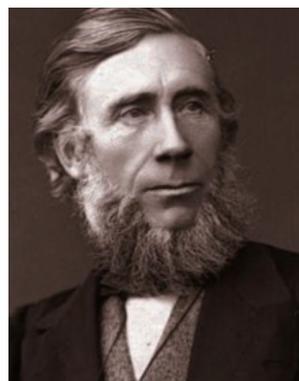
▲圖 13-2 布朗

二、廷得耳效應

當一束強光照射通過膠體溶液時, 膠體粒子會將光線向各方向散射而形成一條明亮光帶, 此效應稱為廷得耳效應 (Tyndall effect) (如圖 13-3 所示), 此為英國物理學家廷得耳 (J. Tyndall, 1820-1893) (如圖 13-4 所示) 於 1869 年所發現, 原因為膠體粒子較大, 足以散射光線, 但真溶液的粒子太小而無此現象, 故用此法可區別膠體溶液和真溶液。



▲圖 13-3 廷得耳效應

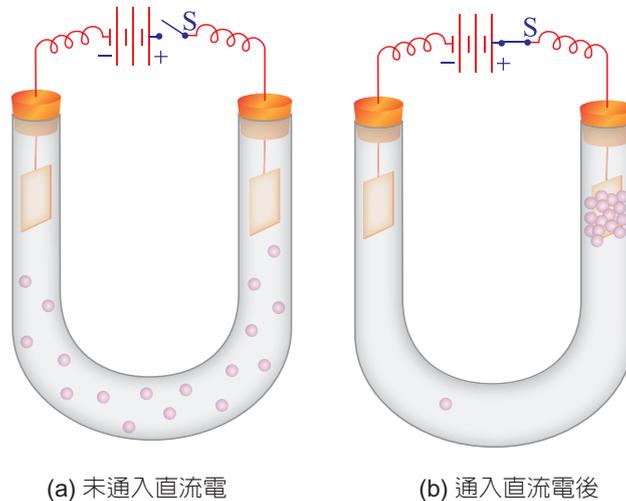


▲圖 13-4 廷得耳

三、膠體粒子的帶電性

膠體粒子因表面積大, 其表面有吸附特定離子的特性, 故表面常帶有特定的相同電荷, 通常金屬的氫氧化物如 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 、 TiO_2 帶正電、金屬硫化物如 As_2S_3 、 CdS 則帶負電, 分散介質則具有相等且相反的電荷, 故整個膠體溶液仍呈電中性。

1. 電泳 (electrophoresis)：若於膠體溶液中通入直流電，可使膠體粒子向特定電極移動，此移動現象即為電泳。以圖 13-5 為例，通入直流電後，膠體粒子都向正極移動，顯示該膠體粒子的表面帶負電，故被正極吸引。
2. 由於膠體顆粒具有相同電荷，使彼此可相互排斥而不易結合成更大顆粒，故膠體溶液可長時間靜置而不會產生沉澱。



▲圖 13-5 電泳

四、膠體粒子的穿透性

依照溶質的顆粒大小可知真溶液的粒徑最小，很容易穿過濾紙、半透膜，如細胞膜、膀胱膜、羊皮紙與賽珞凡（玻璃紙）等。膠體粒子的粒徑較大，可穿透大多濾紙，但無法穿過半透膜，懸浮液的粒徑更大，故無法穿過濾紙與半透膜。

配製膠體溶液時，適量的離子可幫助膠體溶液穩定存在，但若離子濃度過高則可能造成膠體粒子的析出，故需除去多餘的離子。一般常用透析法，即利用離子可穿過半透膜、膠體粒子無法穿透的特性將兩者分離，有時為了加快透析速度，會在半透膜兩側加入電場，稱為電透析。

☐ 膠體溶液的凝析

一、凝析的方法

膠體溶液能夠穩定分散於溶液中而不沉澱，主要是因為膠體粒子表面帶相同電荷使彼此可互相排斥而不易結合成更大顆粒，次要原因則是膠體粒子不間斷的布朗運動而克服重力造成的沉降作用。欲破壞膠體穩定性使膠體粒子可凝聚析出的常見方法如下：

1. 加入電解質以中和其電性，通常與膠體粒子帶相反電性的離子價數愈高，凝析能力愈強。以硫化砷為例，其膠體粒子帶負電，加入少許氯化鎂 ($MgCl_2$) 即可凝聚析出，但若加氯化鈉 ($NaCl$)，則可能需較大量方可使粒子凝聚析出。
2. 通電以中和其電性。

二、凝析的應用

1. 以黃豆製成的豆漿，可加入石膏使蛋白質凝聚成豆花或豆腐 (如圖 13-6 所示)。
2. 工廠煙囪 (如圖 13-7 所示) 常加裝靜電板以除去煙中的膠體微粒。
3. 自來水廠 (如圖 13-8 所示) 的淨水過程中，較大的懸浮固體可利用重力自然沉澱去除，但更微小的膠體粒子則不易下沉，故需加入硫酸鋁、聚氯化鋁等絮凝劑使水中膠體粒子可凝聚析出。
4. 河流的泥沙以膠體型態存在，排入海口時接觸到大量電解質而凝聚析出形成三角洲 (如圖 13-9 所示)。



▲圖 13-6 豆腐



▲圖 13-7 火力發電廠煙囪



▲圖 13-8 自來水廠



▲圖 13-9 尼羅河三角洲

13-2 實習活動

實驗目的

1. 熟悉膠體溶液與其製備方法。
2. 觀察膠體溶液的特性。
3. 觀察膠體溶液的凝析作用。

器材藥品

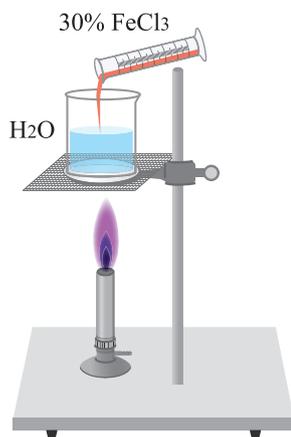
名稱	規格	數量	名稱	規格	數量
燒杯	50 mL	1 個	直流電源		1 組
燒杯	250 mL	2 個	鱷魚夾	含導線	2 組
燒杯	500 mL	1 個	賽珞凡	40 cm × 40 cm	1 張
本生燈		1 組	棉線	1 m	1 條
鐵架	含鐵環	1 組	刮勺		2 個
陶瓷纖維網		1 個	電子天平	精密度 0.01 g	1 臺
延伸夾 (含固定架)		1 組	氯化鐵溶液	30 %	10 mL
試管		10 個	洋菜粉		0.5 g
量筒	10 mL	1 個	硫磺		0.5 g
培養皿	Ø 9 cm	1 個	乙醇	95 %	5 mL
稱量紙		數張	NaCl	0.1 M	1 mL
攪拌棒		1 支	CaCl ₂	0.1 M	1 mL
滴管		5 支	Na ₂ SO ₄	0.1 M	1 mL
手電筒	含電池	1 支	K ₄ Fe(CN) ₆	0.1 M	1 mL
溫度計		1 支			

實驗步驟

一、膠體溶液的配製

1. 氫氧化鐵溶液的配製

步驟



- (1) 準備 200 mL 蒸餾水置於 250 mL 燒杯中加熱至沸騰。
- (2) 取 10 mL 30% 氯化鐵溶液倒入前述燒杯中，使起水解反應，當溶液呈深紅色後即可停止加熱，此為氫氧化鐵之膠體溶液。

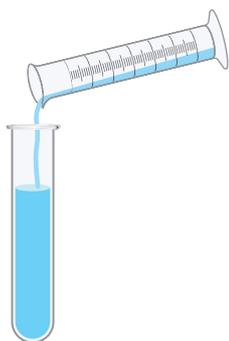
2. 洋菜溶液的配製

步驟 1



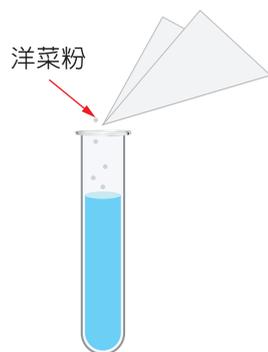
稱量 0.1 g 洋菜粉置於稱量紙上。

步驟 2



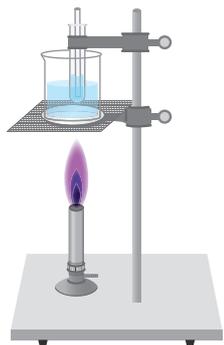
取 10 mL 蒸餾水加入試管中。

步驟 3



倒入洋菜粉於試管內。

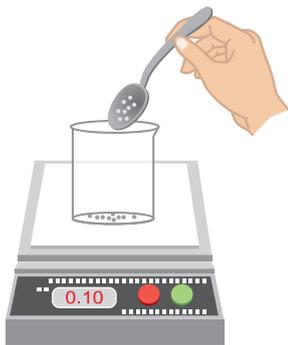
步驟 4



以水浴加熱並攪拌使洋菜溶解後，靜置冷卻，製成洋菜膠體溶液。

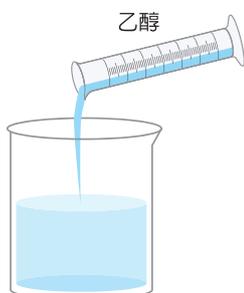
3. 硫磺溶液的配製

步驟 1



稱量 0.1 g 硫磺置於 50 mL 燒杯中。

步驟 2



以量筒取 5 mL 乙醇倒入前述之燒杯中，攪拌溶解成飽和溶液。

步驟 3



取 10 mL 蒸餾水置於試管中。

步驟 4



加入 1 mL 硫磺溶液的澄清液並搖晃試管使其均勻混合，製成硫磺膠體溶液。

二、膠體溶液特性的觀察

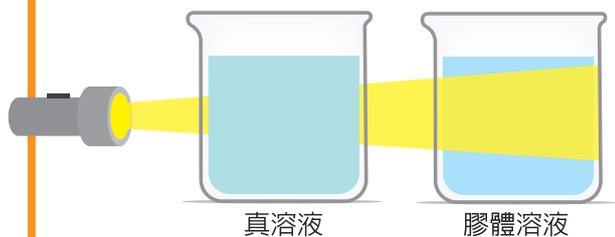
1. 廷得耳效應

步驟 1



取 10 mL 0.1 M 氯化鈉溶液倒入試管內。

步驟 2



以手電筒或雷射光照射氯化鈉溶液、氫氧化鐵溶液、洋菜溶液與硫磺溶液觀察是否具有廷得耳效應。

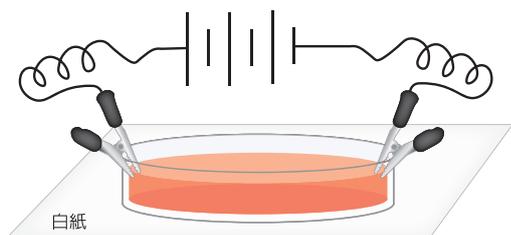
2. 膠體粒子的帶電性

步驟 1



將氫氧化鐵的膠體溶液倒入培養皿。

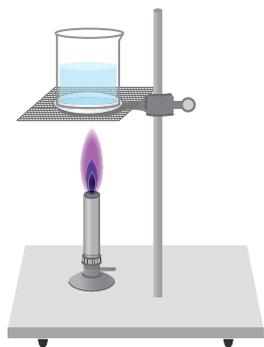
步驟 2



於培養皿兩端夾上鱷魚夾，並通入直流電觀察變化。

3. 膠體粒子的穿透性

步驟 1



以量筒取 100 mL 蒸餾水倒入燒杯中，並加熱至 $40^{\circ} \sim 50^{\circ}\text{C}$ 。

步驟 2



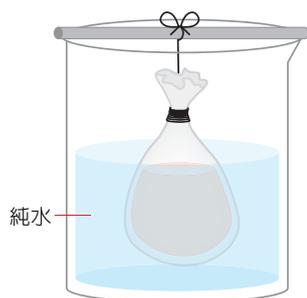
將配製之氫氧化鐵溶液倒入賽珞凡袋中。

步驟 3



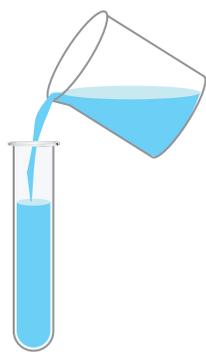
將賽珞凡袋以棉線束緊。

步驟 4



賽珞凡袋置於前述之熱水中，約 20 分鐘後取出賽珞凡袋。

步驟 5



取適量燒杯內熱水倒入試管中，以藍色石蕊試紙測試觀察。

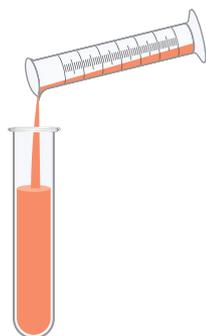
步驟 6



加入數滴 0.1 M 硝酸銀溶液於試管中觀察。

三、膠體溶液的凝析

步驟 1



取 3 支試管分別加入 5 mL 氫氧化鐵溶液。

步驟 2



於各試管中分別加入 10 滴之 0.1 M NaCl、0.1 M CaCl₂ 與 0.1 M Na₂SO₄，充分搖盪後靜置，觀察其結果。

實驗數據記錄與分析

一、膠體溶液的配製

1. FeCl_3 溶液顏色：_____
2. $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶液外觀：_____
3. 洋菜溶液外觀：_____
4. 硫磺溶液外觀：_____

二、膠體溶液特性的觀察

1. 廷得耳效應
 - (1) 下列物質是否具有廷得耳效應
 - (a) 氯化鈉溶液：_____ (有 / 無)
 - (b) 氫氧化鐵溶液：_____ (有 / 無)
 - (c) 洋菜溶液：_____ (有 / 無)
 - (d) 硫磺溶液：_____ (有 / 無)
 - (2) 上述溶液中何者為真溶液：_____，何者為膠體溶液：_____
2. 膠體粒子的帶電性
 - (1) 氫氧化鐵膠體粒子於_____ (正 / 負) 極凝聚析出
 - (2) 氫氧化鐵表面帶_____ (正 / 負) 電
3. 膠體粒子的穿透性
 - (1) 取出賽珞凡袋後的熱水，以藍色石蕊試紙測試，顏色為：_____
 - (2) 滴加硝酸銀溶液於熱水中：_____ (有 / 無) 析出沉澱物，沉澱物可能為_____

三、膠體溶液的凝析

1. 加入 1 mL 0.1 M NaCl 於氫氧化鐵膠體溶液中之現象：_____
2. 加入 1 mL 0.1 M CaCl_2 於氫氧化鐵膠體溶液中之現象：_____
3. 加入 1 mL 0.1 M Na_2SO_4 於氫氧化鐵膠體溶液中之現象：_____

問題與討論

1. 請簡述布朗運動並說明造成的原因。
2. 請簡述廷得耳效應並說明造成的原因。
3. 膠體溶液為何能夠穩定分散於溶液中而不沉澱？
4. 如何使膠體溶液凝聚析出？
5. 本實驗中氫氧化鐵膠體溶液的配製，是否可以使用自來水取代蒸餾水，為什麼？



重點整理

1. 溶液可依溶質的顆粒大小分類：
 - (1) 真溶液：粒子直徑小於 1 nm。
 - (2) 膠體溶液：粒子直徑約 1 ~ 1000 nm。
 - (3) 懸浮液：粒子直徑大於 1000 nm。
2. 膠體溶液又稱分散系，分散在溶劑內的溶質稱為分散相，而將溶質粒子分散開的溶劑則稱為分散媒。
3. 膠體製備方法
 - (1) 分散法：將較大的分子化合物溶於分散媒，使分子分散成膠體粒子大小的範圍。
 - (2) 凝聚法：將真溶液中的分子或離子利用物理或化學方法使其形成膠體溶液。
4. 膠體溶液的特性
 - (1) 布朗運動：膠體粒子因為受分散媒分子的不均勻連續碰撞而做出之連續且不規則的鋸齒型運動。
 - (2) 廷得耳效應：當一束強光照射通過膠體溶液時，膠體粒子會將光線向各方向散射而形成一條明亮光帶。
 - (3) 電泳：膠體粒子因表面積大，其表面有吸附特定離子的特性，故表面常帶有特定的相同電荷，若於膠體溶液中通入直流電，可使膠體粒子向特定電極移動，此移動現象即為電泳。
 - (4) 膠體粒子可穿透大多濾紙，但無法穿過半透膜。
5. 膠體溶液能夠穩定分散於溶液中，主要是因為膠體粒子表面帶相同電荷而不易結合成更大顆粒，次要原因則是布朗運動。
6. 欲破壞膠體的穩定性使膠體粒子可凝聚析出的常見方法為加入電解質或通電以中和其電性使其凝聚析出。

- () 1. 下列何種方法無法製成膠體溶液？
(A) 將硫磺加入水中製成
(B) 將氯化鐵加入熱水製成
(C) 使硫化氫水溶液用二氧化硫氧化製成
(D) 將不互溶的油和水混合後，由超音波震動
- () 2. 下列溶液中，何者以手電筒照射，無廷得耳效應？
(A) 高粱酒 (B) 豆漿 (C) 墨水 (D) 醬油
- () 3. 膠體溶液的粒子直徑可能為下列何者？
(A) 5000 nm (B) 1000 nm (C) 500 nm (D) 0.1 nm
- () 4. 當一束強光照射通過膠體溶液時，膠體粒子會將光線向各方向散射而形成一條明亮光帶，此稱為什麼效應？
(A) 毛細效應 (B) 廷得耳效應 (C) 光電效應 (D) 霍耳效應
- () 5. 下列何者非膠體溶液的特性？
(A) 布朗運動 (B) 廷得耳效應 (C) 可穿過賽珞凡 (D) 可發生電泳現象
- () 6. 下列膠體溶液中，何者的膠體粒子表面帶負電？
(A) TiO_2 (B) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (C) CdS (D) $\text{Al}(\text{OH})_3$
- () 7. 下列關於膠體溶液的敘述，何者錯誤？
(A) 以強光照射有明亮光帶 (B) 容易析出沉澱物
(C) 膠體粒子可做出連續且不規則的鋸齒型運動 (D) 以上皆正確
- () 8. 下列何者屬於膠體凝析的應用？
(A) 將石膏加入豆漿中製成豆花 (B) 出海口的三角洲
(C) 工廠煙囪的除塵 (D) 以上皆是
- () 9. 膠體溶液能夠穩定分散於溶液中而不沉澱的主要原因為？
(A) 布朗運動 (B) 廷得耳效應 (C) 粒子的穿透性 (D) 粒子的帶電性
- () 10. 已知硫化砷的膠體粒子帶負電，欲使硫化砷膠體溶液凝聚析出，下列加入相同濃度的電解質，何者使用量最小？
(A) $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ (B) MgSO_4 (C) KNO_3 (D) NaCl

