

第十九講

化學第十冊目錄

第十九講

第十八講習題解答	1—6
第十八講試題解答	6—9
第一一九章 蛋白質(附摘要,教材問答,習題及複習題)	10—17
第一二〇章 元素週期表(附摘要,教材問答,習題及複習題)	18—23
第一二一章 原子構造(附摘要,教材問答,習題及複習題)	24—34
第一二二章 同位素(附摘要,教材問答,習題及複習題)	35—39
第一二三章 放射性(附摘要,教材問答,習題及複習題)	40—46
第十九講內容一覽	46—48
試題	48—49
第一二四章 核反應	50—55

第二十講

第十九講習題解答	57—59
第十九講試題解答	59—61
第一二四章(續) 核反應(附摘要,教材問答,習題及複習題)	62—68
試題	68
第二十講習題解答	68—69
第二十講試題解答	69—70
第七至二十講總試題	70—76
第七至二十講總試題解答	76—91

第十八講習題解答

第一一三章

1. 參看第17講第[488]節
 - a). 夏唐奈 (Chardonnet) 人造絲今日已無重要性。
 - b). 黏液人造絲。纖維素以鈉鹼液處理後使與二硫化碳混和。將所成之黃原酸鹽再溶於鈉鹼液中，從噴嘴壓噴至紡績槽內，其中多盛硫酸鹽，如硫酸氫鈉是。
 - c). 銅鉍人造絲。將纖維素溶於施威澤氏試劑中，該試劑係由氫氧化銅與氨製成。靜置24小時後，將其壓入含有鈉鹼液與甘油之紡績槽中。
 - d). 醋酸纖維人造絲。以醋酸處理纖維素使生成三醋酸纖維酯，將其溶解於丙酮中。然後用噴洒法將溶液壓噴至溫熱之空氣中，丙酮氣化而餘留三醋酸纖維酯之細絲。醋酸纖維人造絲與天然絲最為相近。
2. 乳酪纖維乃由白色之乳酪製造，法將乳酪與鈉鹼液一同研磨使之溶解。以少許硫酸中和後，純淨之蛋白質即自行析出，再溶於鈉鹼液中使成紡績溶液；用噴洒法將其壓噴至含有硫酸與福爾馬林溶液之沉澱槽中。
3. 原先木材僅用作建築材料，今日則視為極有價值之原料，許多重要質素均可用不同方法由木材製取。如由乾餾而得木炭、木煤氣、木浴、木醋、甲醇及丙酮。由木紙漿又可製成含有木素之廉價包裹紙及新聞紙。若經亞硫酸氫鈣共煮以破壞木素，則得純淨之亞硫酸纖維素。由是而發展三種工業，即純淨紙張、人造絲及人造羊毛是。在亞硫酸鹽工場取出之母液，含有可以發酵為醇之葡萄糖。

第一一四章

1. 氰代甲烷 CH_3CN ，氰代乙烷 $\text{C}_2\text{H}_5\text{CN}$ ，氰代丙烷 $\text{C}_3\text{H}_7\text{CN}$ 。

2. 乙醯胺： $\text{CH}_3\text{C}\begin{smallmatrix} \text{O} \\ // \\ \text{NH}_2 \end{smallmatrix}$ ，丙醯胺： $\text{C}_2\text{H}_5\text{C}\begin{smallmatrix} \text{O} \\ // \\ \text{NH}_2 \end{smallmatrix}$

3. CH_4	甲 烷	CH_3CH_3	乙 烷
CH_3Cl	氯甲烷	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$	氯乙烷
CH_3OH	甲 醇	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	乙 醇
$\text{HC}\begin{smallmatrix} \text{O} \\ // \\ \text{H} \end{smallmatrix}$	甲 醛	$\text{CH}_3\text{C}\begin{smallmatrix} \text{O} \\ // \\ \text{H} \end{smallmatrix}$	乙 醛
HCOOH	甲 酸	CH_3COOH	乙 酸
CH_3CN	乙 腈	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$	丙 腈
$\text{CH}_3\text{C}\begin{smallmatrix} \text{O} \\ // \\ \text{NH}_2 \end{smallmatrix}$	乙醯胺	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}\begin{smallmatrix} \text{O} \\ // \\ \text{NH}_2 \end{smallmatrix}$	丙醯胺
CH_3COOH	乙 酸	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	丙 酸

第一一五章

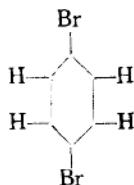
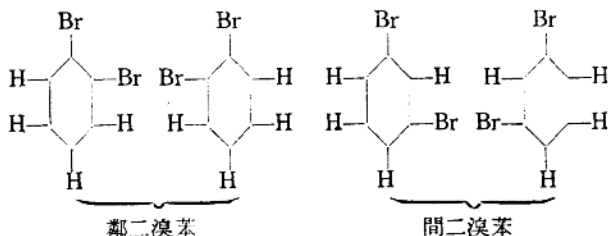
1. 苯於1825年為法拉第氏所發現，1832年米齊里 (Mitscherlich) 氏測定其分子量。翁弗道本 (Unverdorben) 及龍艾 (Runge) 二氏製得其第一個化合物。1865 年，凱柯來 (Kekulé) 創立苯之分子構造學說。荷夫曼 (August Wilhelm Hofmann) 為煤浴染料方面卓越之研究者。
2. 根據凱柯來氏之理論，苯之分子係由三個乙炔分子組合而成。其 6 個碳原子各佔正六角形之一角，故為環形結構。各碳原子互相以雙鍵及單鍵交替結合。而且其雙鍵中之一價鍵，又有與其對角上之碳原子遙相結合之可能。此外另有一種理論，謂苯之碳原子具有石墨之結構，各按蜂房之形狀排列而僅以單鍵結合。其第四價鍵則伸至另一平面之蜂房上，苯即以此種方式結合而成(註)。
3. 將煤浴分餾。在 170°C 以下餾出的為第一部分，即輕油。其中含有苯，甲苯及二甲苯。至 230°C 為第二部分，即中油。至 270°C

(註) 近年來又有以諧振 (Resonanz) 之理論，來說明苯分子之構造者，請讀者參閱 Packer and Vanghan: Organic Chemistry 504-506(1958) (譯者)。

爲第三部分，即重油。270°C 以上餾出的爲第四部分，即蔥油，乃染料工業之原料。殘渣爲瀝青，可以製成鋪路用之柏油及油毛氈。

第一一六章

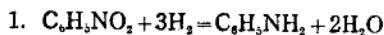
1. 在苯環中加入兩個原子，可得30種不同之化合物。由於其位置上之關係，此30種化合物實際分成三類同質異性物。在1,2或1,6位置者稱爲鄰位化合物。在1,3或1,5位置者爲間位化合物，及在1,4位置者爲對位化合物：



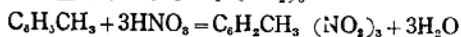
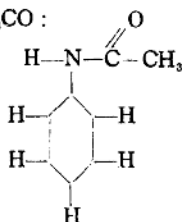
對二溴苯

2. $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{HNO}_3 = \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 苯 + 硝酸 = 硝基苯 + 水
3. $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{C}_6\text{H}_5\text{HSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 苯 + 硫酸 = 苯磺酸 + 水

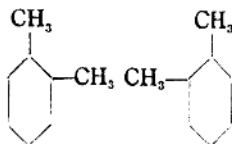
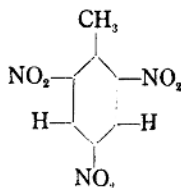
第一一七章



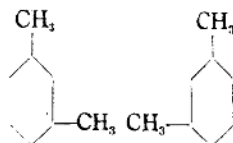
硝基苯 + 氫 = 苯胺 + 水



甲苯 + 硝酸 = 三硝基甲苯 + 水



鄰萘

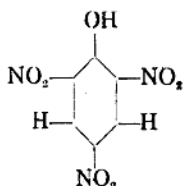


間萘

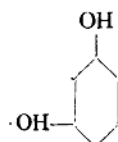
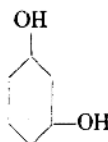
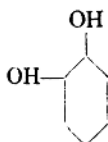
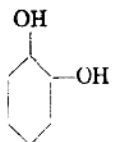


對萘





6. 苯二酚: $C_6H_4(OH)_2$



對二酚
(氫醌)

隣二酚 (兒茶酚)

間二酚 (雷鎖辛)

第一一八章

1. $C_6H_5CH_3$ 甲苯 (萌)

$C_6H_5CH_2Cl$ 氯化苄

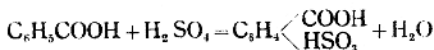
$C_6H_5CH_2OH$ 苄醇

$C_6H_5C\begin{smallmatrix} O \\ // \\ H \end{smallmatrix}$ 苯甲醛

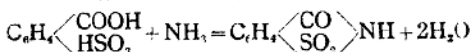
C_6H_5COOH 苯甲酸

$C_6H_4OHCOOH$ 柳酸 (隣羧基苯甲酸)

2. 糖精: $C_6H_4\begin{smallmatrix} CO \\ \diagup \diagdown \\ SO_2 \end{smallmatrix}NH$:

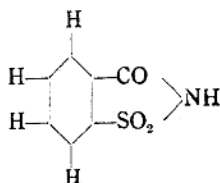


苯甲酸 + 硫酸 = 鄰磺基苯甲酸 + 水



鄰磺基苯甲酸 + 氨 = 糖 精 + 水

(磷磺脲苯甲醯亞胺圖)

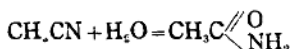
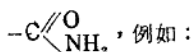


第十八講試題解答

1. 德國必須輸入者為羊毛、棉花、亞麻、大麻、黃麻及絨。
2. 德人須用蕁麻纖維及紙張製成代替品。
3. 第一次世界大戰後始研究人造纖維之製造問題。
4. 人造羊毛所用之原料為纖維素。
5. 棉花及亞麻；又木材中則與木素一同存在。
6. 人造羊毛一如人造絲，係按照黏液人造絲、銅銨人造絲及醋酸纖維人造絲之製法，由纖維素製成。
7. 製人造絲時須紡成長纖維，而製人造羊毛須將其切成短纖維。
8. 乾燥以後，短纖維即自行皺縮而成棉絨狀物。
9. 所謂“Lanital”紡績用纖維，係一種由乳酪製成之人造纖維。
10. 將潔白之乳酪與鈉鹼液一起研磨使成溶液，以硫酸中和後，將析出之蛋白質再溶於鈉鹼液中，然後壓噴至沉澱槽而成纖維。
11. 沉澱槽中含有硫酸及福爾馬林。後者可使蛋白質凝固。
12. 由人造質素亦同樣能製成紡績用纖維。此種人造纖維與天然纖維完全不同。
13. **PeCe** 纖維可抵抗酸及鹼。
14. 賽羅芬係由黏液人造絲液經狹窄之縫隙壓入沉澱槽中而製成。
15. 木材不僅為一種建築材料，且為一重要之原料，可用以製成許多其他質素。如由乾餾而得木炭、木煤氣、木澱、木醋、甲醇及內

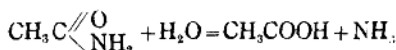
酶。利用亞硫酸鹽之處理方法，可得純淨之纖維素，是為三大工業之原料，即造紙、人造絲與人造羊毛之工業。又可從其廢液中獲得糖及醇等副產物。

16. 醯胺係由氰化物用水處理而成，氰基 $-C\equiv N$ 即變為醯胺基



氰代甲烷 + 水 = 乙醯胺

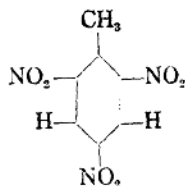
17. 醯胺再以水處理（皂化）便得酸，例如：



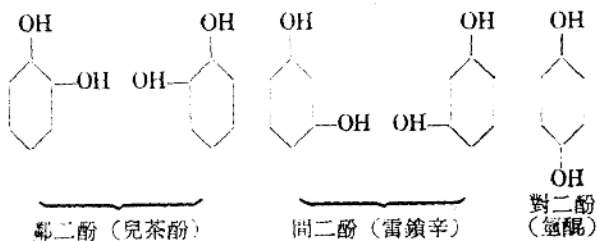
乙醯胺 + 水 = 乙酸 + 氨

18. 此種製法有一優點，即由氰基之加入，可使該烴增加一個碳原子。
19. 所謂芳香族化合物乃苯之衍生物。
20. 其分子構造之理論為凱柯來氏所創。
21. 其一彼假設苯係由三個乙炔分子組合而成。各碳原子排列成一正六角形，各以單鍵及雙鍵交替結合。其二該雙鍵中之一個價鍵又能與對角上之碳原子遙相結合。第三種理論則以石墨之結構來說明苯之構造。
22. 主要係由煤塔製取。
23. 由第一部分得輕油，第二部分得中油，第三部分得重油，第四部分得蔥油。
24. 可能有 6 種一氯苯。
25. 共有 30 種二氯苯。
26. 此 30 種二氯苯實際僅能分成三類同質異性物，即鄰位、間位、及對位是。
27. 置換在 1,2 或 1,6 位置上者為鄰位化合物。
置換在 1,3 或 1,5 位置上者為間位化合物。
置換在 1,4 位置上者為對位化合物。

28. 硝基化合物含有硝基 NO_2 。
29. 磺酸化合物含有磺酸基 HSO_3 。
30. 苯胺由硝基苯還原而得。
31. 若認為由苯基 C_6H_5 -代入氮中之氫原子而成者，可稱為苯胺。若視為胺基 NH_2 取代苯中之氫原子，則可稱為胺基苯。
32. 苯之一個氫原子為甲基所取代者，謂之蒾。
33. 三硝基甲苯 $\text{C}_6\text{H}_2\text{CH}_3(\text{NO}_2)_3$ ：

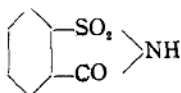


34. 蒾應稱為二甲基代苯。
35. (苯)酚含有羥基。
36. (苯)酚顯有酸及第三醇之性質。
37. 三硝基酚為一種炸藥，俗稱苦味酸。
38. 苯二酚：



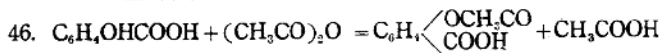
39. 苯醇含有第一醇特有之原子團。
40. 苦杏仁油含有醛基。
41. 苯甲酸 $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ 。
42. 糖精為鄰硝基苯甲酸之醯亞胺。

43. 糖精：



44. 柳酸之學名爲鄰羧基苯甲酸。

45. 阿司匹靈爲柳酸之乙醯衍生物（乙醯柳酸）。



柳 酸 + 乙 酸 酐 = 阿 司 匹 靈 + 乙 酸

47. 五倍子酸含有三個羧基，即爲 3, 4, 5- 三羧基苯甲酸。

48. 其位置爲 1, 3, 4, 5。

49. 鄰-苯二甲酸含有兩個羧基，故爲二元酸。

50. 鄰-苯二甲酐爲合成靛藍時之中間產物。

第一一九章

蛋 白 質

A. 課 程

[518] **蛋白質之存在** 所謂蛋白質，乃有機化合物之一屬，爲人類營養品中之最重要者。因爲存在於雞蛋白中，故以蛋白質名之。雞蛋白中，除蛋白質外，僅含水分故可視爲一種膠體溶液。蛋白質爲動物不可或缺之成分，存在於血液、細胞液及乳汁中者，均爲溶解狀態；其在肌肉纖維、皮膚、角、蹄、骨、羽毛、豆類及穀類種子中者，則爲固態。

[519] **蛋白質之組成** 將乾燥之蛋白質（煮熟之雞蛋、乳酪、肉）置試管中加熱，有碳生成，水滴則凝集於試管之上部。由此可知其含有碳、氫及氧。加入少許鈉石灰（苛性鈉與消石灰之混合物），再重複上述實驗，則有氨（ NH_3 ）發生，後者可使濕潤之紅色石蕊試紙變藍，故知蛋白質中又含有氮。取較多之蛋白質，乾灼之，則發生特臭之硫化氫（ H_2S ），可由醋酸鉛試紙之變黑以驗知。若用金屬鈉與之共熔亦可驗知硫之存在，以其能生成硫化鈉，溶於水中可使銀幣發生硫化銀之黑斑也。

由此可知一切蛋白質均含有碳、氫、氧、氮、硫五種元素，在某數種特殊蛋白質中，則尚含有磷。一般蛋白質之化學式迄今猶未定論，其分子量可能在5,000與2,000,000之間。紅血球中之蛋白質即血色素（Hämoglobin），經察知其分子量約爲66,000左右。

種種深入之研究，顯示蛋白質與酸及鹼之作用，能吸水而自行分解爲多種化合物，其中尤以胺基酸爲最多（見第16講第456節）。後者均可認爲係由有機酸構成，即以一價之胺基（ NH_2 ）置換其字幹部分之一個氫原子而得。其最簡單者爲胺基乙酸（ $\text{CH}_2\text{NH}_2\text{COOH}$ ），又稱**甘氨酸**（Glykokoll 或 Glyzin）。將蛋白質分解所得之大量胺基酸

混合物，分離為各個單獨成分，是為費休氏之偉大貢獻。茲列舉其由蛋白製成之數種胺基酸之名稱於後：

胺基乙酸或甘胺酸 $= \text{CH}_2\text{NH}_2\text{COOH}$ ，

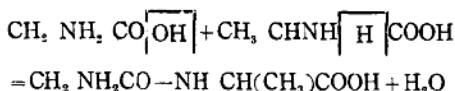
α -胺基丙酸（亦名 Alanin） $= \text{CH}_3\text{CHNH}_2\text{COOH}$ ，

α -胺基異己酸（ α -Aminoisokaprönsäure）或白胺酸（Leuzin）
 $= (\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CHNH}_2\text{COOH}$ 。

胺基丁二酸（Aminobernsteinsäure）或天冬酸（Asparönsäure）
 $= \text{COOHCHNH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ 。

基於費休氏之研究，可知**胺基酸實為蛋白質之結構基石**，同時彼又予以反證，即由胺基酸製成與蛋白質類似之化合物，名為**多縮胺酸**（Polypeptide）者，與蛋白陳（第521節）甚為相似。費休氏所製得之縮胺酸，其最高者含有18個胺基酸餘，分子量達1213。

兩個胺基酸間之結合方式，係由一酸之胺基中一個氫原子與另一酸之羧基中之 OH 結合而成水。茲以胺基乙酸與胺基丙酸為例說明之：



一個由胺基酸餘如此結合而成之化合物，仍可視作一胺基酸，且可作另一新縮胺酸之結構基石。蛋白質中酸餘之數目，可以相差甚大。故蛋白質為數之多並無止境。大多數的蛋白質均含有不對稱碳原子，若更考慮及此，則因立體異構現象（第16講第459節）而可能之蛋白質為數更多。遂致各種生物各有其獨特之蛋白質，而在生物界中，蛋白質之形式由于分子組成之差異，亦將永無窮盡。

[520] **蛋白質之性質** 幾乎所有蛋白質，均能構成膠體溶液，即由固體狀態存在於自然界中者亦然。但其溶劑則各不相同，除純水外，亦可用酸及鹼。在第13講「膠體化學」一章中所述膠體之性質，亦能在蛋白質中發現之；如加入電解質，可使大多數蛋白質凝聚而成雲朵狀之沉澱。例如在乳中加入少許乙酸（食醋），則其主要之蛋白質，乳酪，成凝結物而析出。有些蛋白質則因加熱而凝聚，如牛乳煮沸

時浮起之皮層；又新鮮雞蛋白與多量之水打和後，以布過濾，其濾液加熱時亦有固態蛋白析出。

某些一定的顯色反應可用以驗知蛋白質：

1. 米龍 (Millon) 氏反應：蛋白質與加少許硝酸之硝酸汞溶液共煮，則有紅色雲朵狀物析出。

2. 黃原酸蛋白反應 (Xanthoprotein-Reaktion)：所有蛋白質與硝酸共熱，皆呈黃色。我們在作化學實驗時，若皮膚與硝酸接觸，亦可察見此種黃色反應。

3. 貳縮脲反應：蛋白質與鈉鹼液共熱，然後逐滴加入極稀之硫酸銅溶液，則呈美觀之紫色。此一反應因與貳縮脲之顯色反應相同（見第17講第476節）而得名。

[521] 蛋白質之分類 蛋白質之化學構造猶未詳悉，故其分類純以外在之觀點而定。大概可分為下列數類：

A. 簡單蛋白質 (Protein)

此種蛋白質僅能分解為胺基酸。

1. 蛋白素 (Albumine) 多數以溶解狀態存在，在雞蛋白中為雞蛋白素 (Eialbumin)，在乳汁中為乳蛋白素 (Milchalbumin)，在血液中為血漿蛋白素 (Serumalbumin)。三者均可溶於水，其溶液於受熱時凝聚。由雞蛋白獲得之蛋白素，可用以製成表面有光彩之照相紙 (蛋白素紙 Albuminapapier)。

2. 球蛋白 (Globuline) 不溶於水，而可溶於稀鹽酸中。屬於此類者有植物中存在之植物球蛋白 (Pflanzenglobulin)，及血液中之纖維蛋白素 (Fibrinogen)。後者與空氣接觸便會凝聚，因而使出血之傷口封閉。在肌肉纖維中之肌凝蛋白素 (Myosin) 甚易凝聚，因而導致屍體僵硬。

3. 凝蛋白 (Gerüsteiweiss) 僅存在於動物體內，但不含於細胞液中。此類蛋白質中最著名者為膠元 (Kollagen)，乃骨骼軟骨及結締組織之最重要成分。與水共煮，則吸收水分而成膠水 (Leim)，為一種膠體溶液。膠體化學之名稱即由此而來 (kolla 源自希臘文，意即“膠水”)。純淨無色之骨膠稱為純膠 (Gelatine)。膠元並非結構

一致之蛋白質，而為許多相類蛋白質之混合物。在毛髮、指甲、獸蹄及羽毛中，可以發現角質（Hornstoff），或稱角素（Keratin），但均不能被酸類及酵素所侵蝕，故非為營養品。

4. 蛋白腴（Peptone）係由1至3類之蛋白質，因胃液之消化作用轉變而成，此時蛋白質分子則被分解為較簡單之化合物，迨至小腸中再被分解為胺基酸。費休氏所製成之多縮胺酸與此最後之分解產物極為相似。

B. 複合蛋白質（Proteid）

此種蛋白質可分解為A類之簡單蛋白質及其他化合物，如醣、核酸及色素等。

1. 乳酪（Kaseine）為含磷之蛋白質，主要存在於牛乳中；與酸作用，生成雲朵狀沉澱，例如醋酸（見第520節），及牛乳久置於空氣中所生之乳酸亦然；此即酸乳變厚之理由（第16講第448節）。新鮮析出之乳酪為一珍貴之營養品。1935年義大利人曾用以製成一種稱為“Lanital”之人造纖維（見第18講第493節）。

2. 血色素（Hämoglobine）為蛋白質含鐵色素所成之化合物。含於血液中之血色素在肺內吸收氧，與氧化合成為氧化血色素（Oxy-hämoglobin），後者在身體內部易將氧釋出，仍變為血色素而流入肺內。

3. 核蛋白（Nukleoproteide）為構成細胞核（Zellkern）之主要成分，亦含有磷。

摘 要

蛋白質皆為錯綜複雜之有機化合物，恒由碳、氫、氧、氮及硫等元素組成，有些且含有磷，為動植物必不可少之成分。其分子式迄未詳悉，但知胺基酸為構成蛋白質之基石。費休氏對於由胺基酸製成類似蛋白質（多縮胺酸）之研究，已獲成功。

幾乎所有蛋白質均能構成膠體溶液，此等溶液可因酸之作用或受熱而凝聚。

驗知蛋白質之存在共有三種顯色反應：米龍氏反應：與硝酸汞生成紅色沉澱；黃原酸蛋白反應：遇硝酸呈黃色；貳縮脲反應：與氫氧化鈉及稀硫酸銅溶液作用呈紫色。

蛋白質之分類純以外在之觀點而定，可分為簡單蛋白質（蛋白素、球蛋白、凝蛋白、蛋白腴）及複合蛋白質（乳酪、血色素、核蛋白）兩類。

重要之蛋白質計有存在於雞蛋、血液及牛乳中之蛋白素（受熱即凝聚）；存在於血液中之纖維蛋白素（遇空氣即凝聚）；牛乳中含磷之乳酪（遇酸或乳酸即凝聚）；軟骨及骨骼中之膠元與水作用生成膠水，純淨者為純膠；以及存在於血液中之血色素，在肺內執行吸氧工作。

B. 教材問答

師：蛋白質係由那些元素所組成？

生：所有蛋白質均含有碳、氫、氧、氮及硫，有些更含有磷。

師：如何驗知其中含氮？

生：與苛性鈣共熱，有氨生成，可以濕潤之紅色石蕊試紙驗知。

師：以銀匙取食菜湯，日久銀匙漸變暗黑。應作何解釋？

生：蔬菜中富有蛋白質，因其含有多量之硫，與銀作用而生成黑色之硫化銀。

師：已知蛋白質之化學性質為何？

生：蛋白質之分子式迄未詳悉，但知胺基酸為蛋白質之結構基石。

師：然則胺基酸為何？

生：胺基酸是一種有機酸，其字幹部份上有一氫原子為胺基(NH_2)所取代者。

師：胺基乙酸之分子式如何？

生： $\text{CH}_2\text{NH}_2\text{COOH}$ 。

師：胺基酸彼此間如何結合而成蛋白質分子？

生：由兩個胺基酸分出一分子水而成。即由一酸之胺基中一個氫原子，與另一酸之羧基（ COOH ）中之 OH 結合成水；因而使二者聯合為一。

師：蛋白質之研究，應歸功於何人？

生：德國化學家費休氏。

師：此位化學家曾以類似方式，對另一種質素之研究亦有所貢獻，諸位知否其所處理之質素為何？

生：彼曾就醣類之結構加以說明，現稱糖為六元醇之氧化產物，即根據氏之學說。

師：關於蛋白質之溶解性，有何說明？

生：幾乎所有蛋白質均可生成膠體溶液，但須用不同之溶劑。

師：何謂膠體溶液？

生：膠體溶液是一種溶液，其所溶解顆粒之大小等級在 1μ 至 100μ 之間。

師：利用何種方法可使膠體中溶解之蛋白質析出？

生：有各種不同之方法，有的因受熱而凝聚，有的因加酸而凝聚，纖維蛋白質則因與空氣接觸而凝聚。

師：那些反應可用以驗知蛋白質？

生：有三種顯色反應可以驗知：1. 米龍氏反應，硝酸汞與蛋白質作用析出紅色之沉澱；2. 黃原酸蛋白質反應，蛋白質遇硝酸呈黃色；3. 貳縮脲反應，氫氧化鈉與稀硫酸銅溶液遇蛋白質呈紫色。

師：關於蛋白質之分類有何說明？

生：因其化學成分迄未詳悉，故純由外在觀點予以分類。

師：可分成那兩大類？

生：簡單蛋白質與複合蛋白質，前者分解時僅得胺基酸，後者分解時，除胺基酸外，尚有其他有機質素。

師：何種質素？

生：醣、核酸、色素。

師：試舉出幾個簡單蛋白質以為代表！

生：蛋白素、纖維蛋白素、膠元。