



Biomolekuły (3)

Bogdan Walkowiak

*Zakład Biofizyki
Instytut Inżynierii Materiałowej
Politechnika Łódzka*

Monomery i Polimery ⁽¹⁾

Biomolekuły dzielimy na 4 klasy:

- białka
- kwasy nukleinowe
- wielocukry
- lipidy

Każda klasa zawiera małe cząsteczki (= **monomery**),
Połączone ze sobą i tworzące duże cząsteczki (= **polimery**);

Kilka typów monomerów pozwala utworzyć miliardy różnych polimerów

Monomery i Polimery ⁽²⁾

Reakcje kondensacji: wiązanie monomerów wiązaniem kowalencyjnym z jednoczesnym uwolnieniem cząsteczki wody H_2O i formowaniem polimeru.

Zachodzi w trakcie procesu **biosyntezy**.

Ogólna formuła: $A-OH + H-B \rightarrow A-B + H_2O$

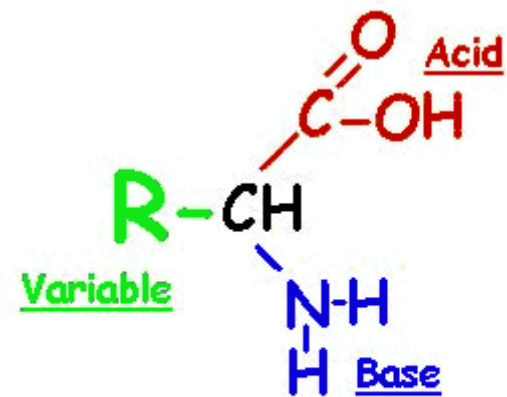
Reakcje hydrolizy: odwrotność reakcji kondensacji. Rozpad wiązania kowalencyjnego w obrębie polimeru w obecności wody i uwolnienie dwóch mniejszych cząsteczek.

Zachodzi w trakcie procesu **trawienia**.

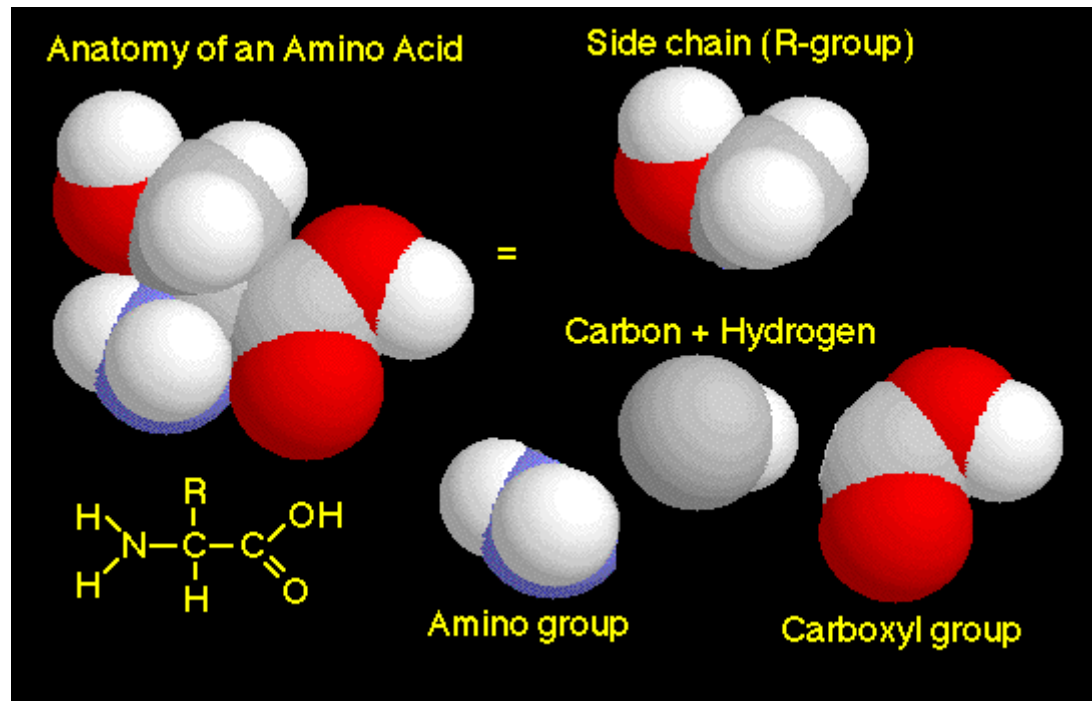
Ogólna formuła: $A-B + H_2O \rightarrow A-OH + H-B$

A i B mogą być aminokwasami, nukleotydami, cukrami prostymi, etc.

Aminokwasy

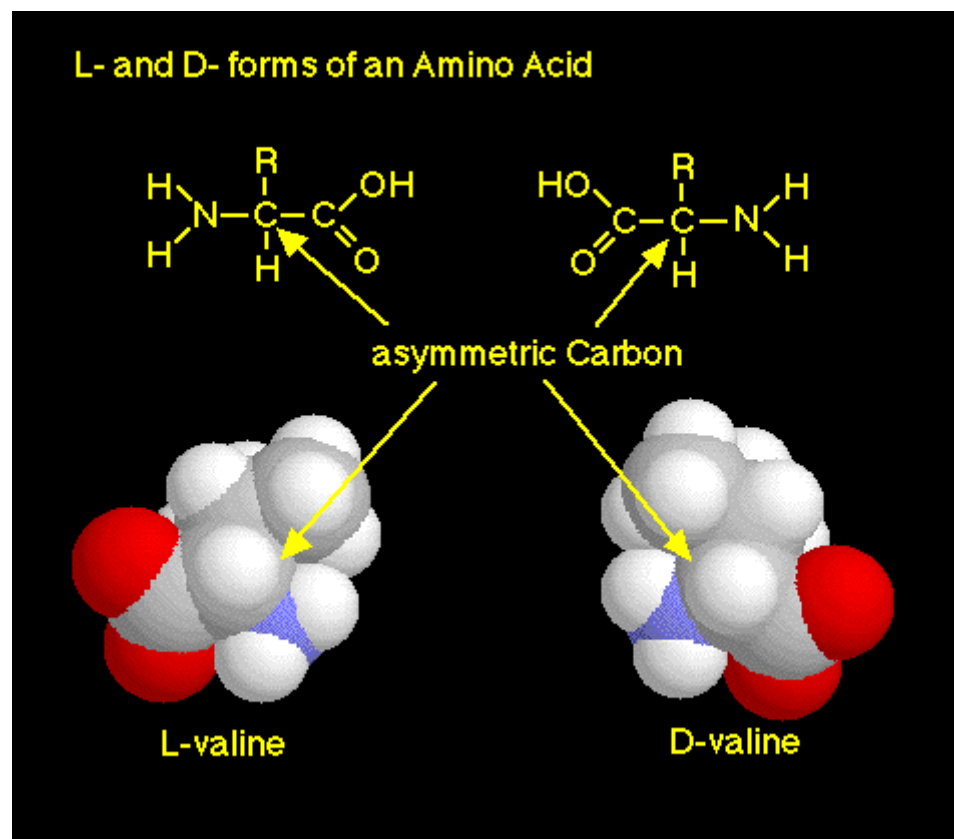


A theoretical amino acid



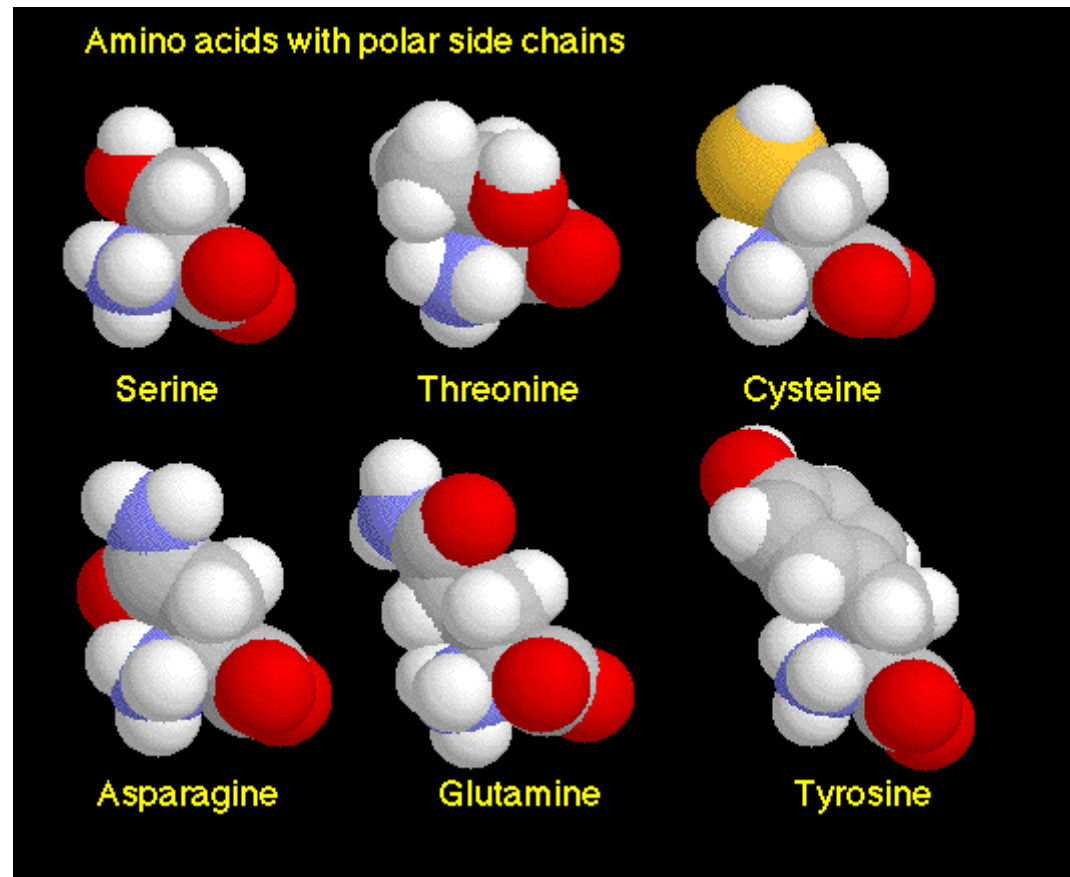
Source: INTERNET

Aminokwasy - formy izomeryczne



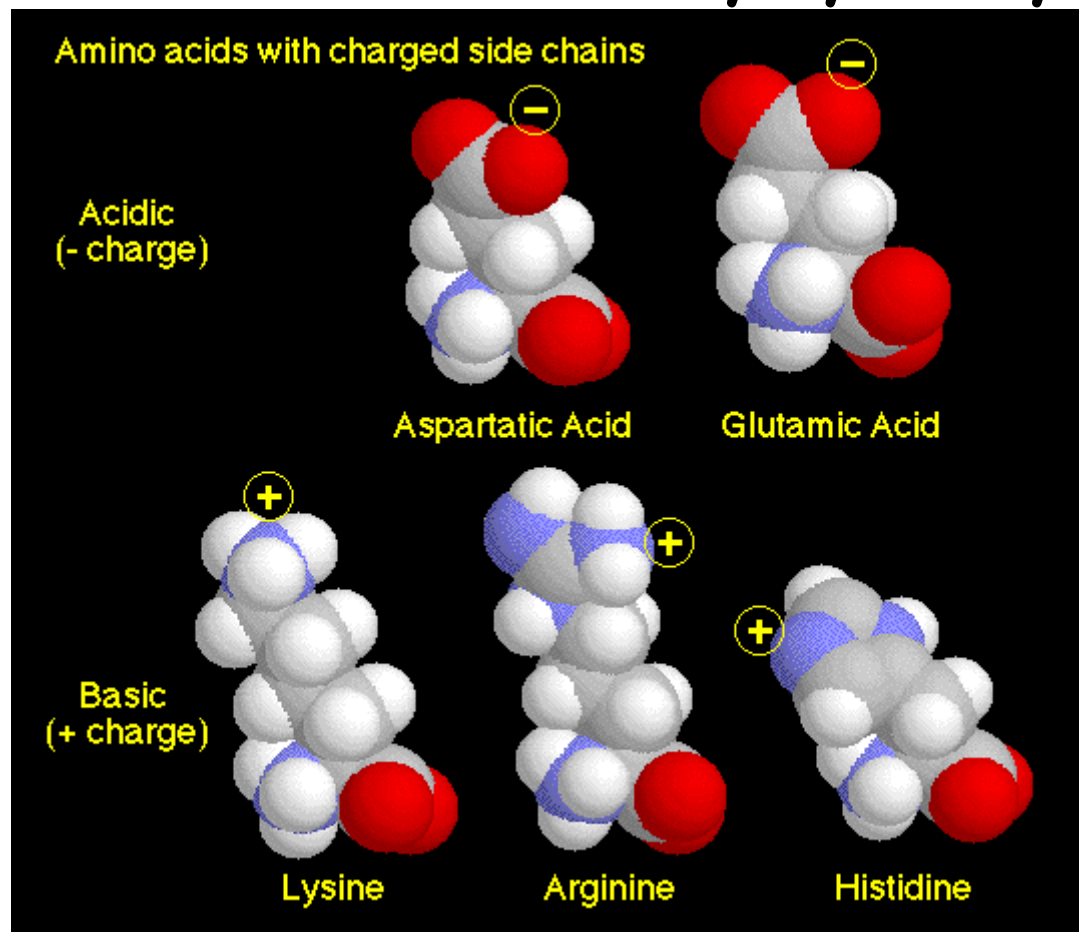
Source: INTERNET

Aminokwasy z grupami polarnymi



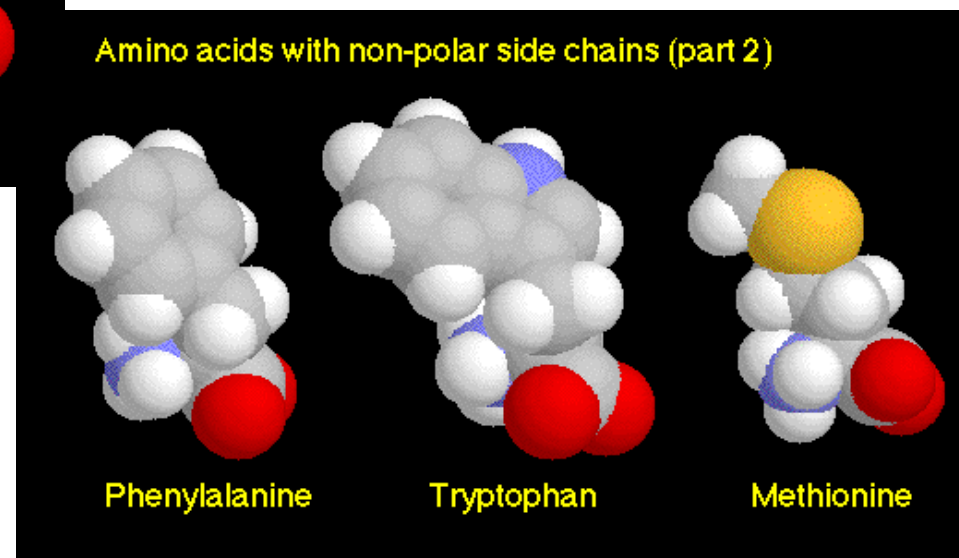
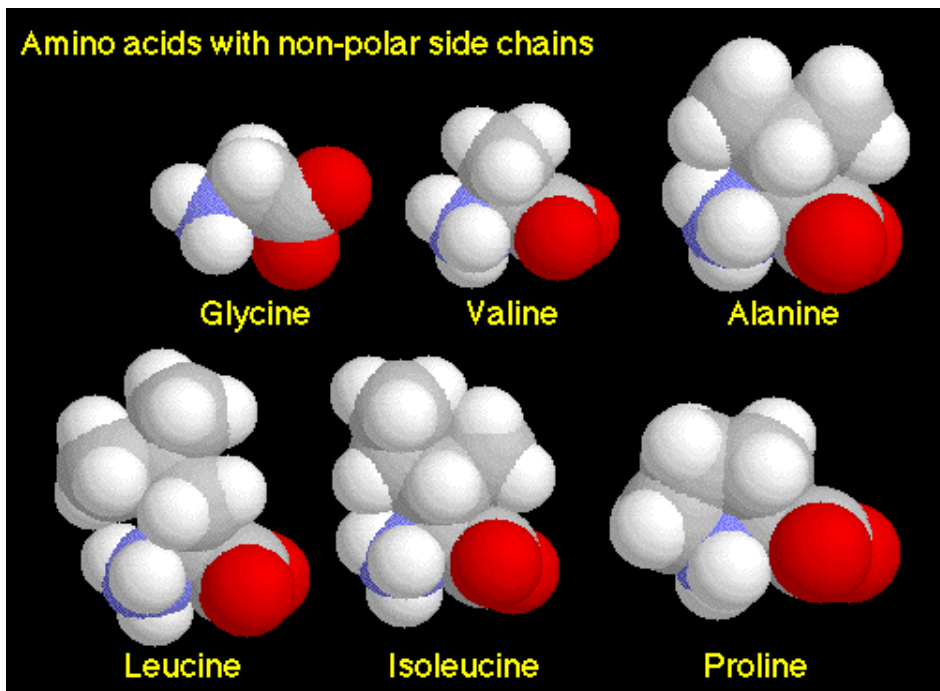
Source: INTERNET

Aminokwasy z grupami obdarzonymi ładunkiem elektrycznym



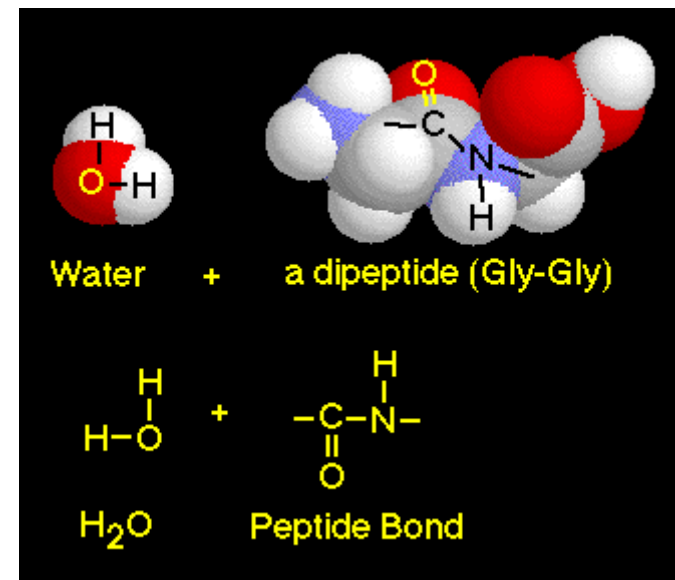
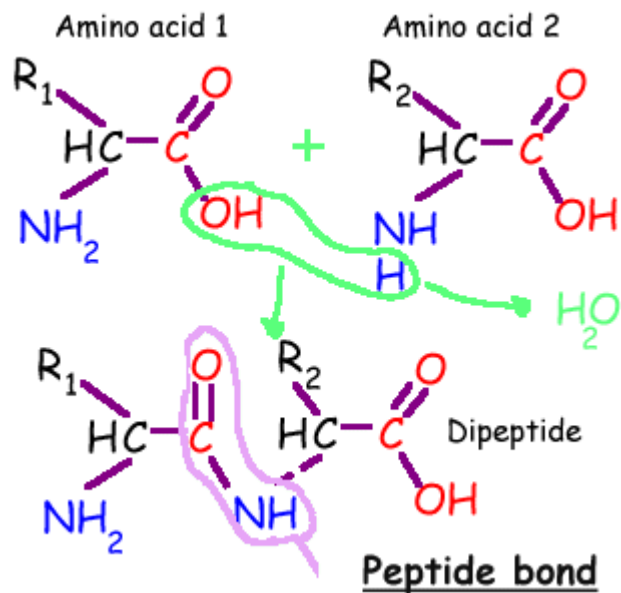
Source: INTERNET

Aminokwasy z grupami niepolarnymi



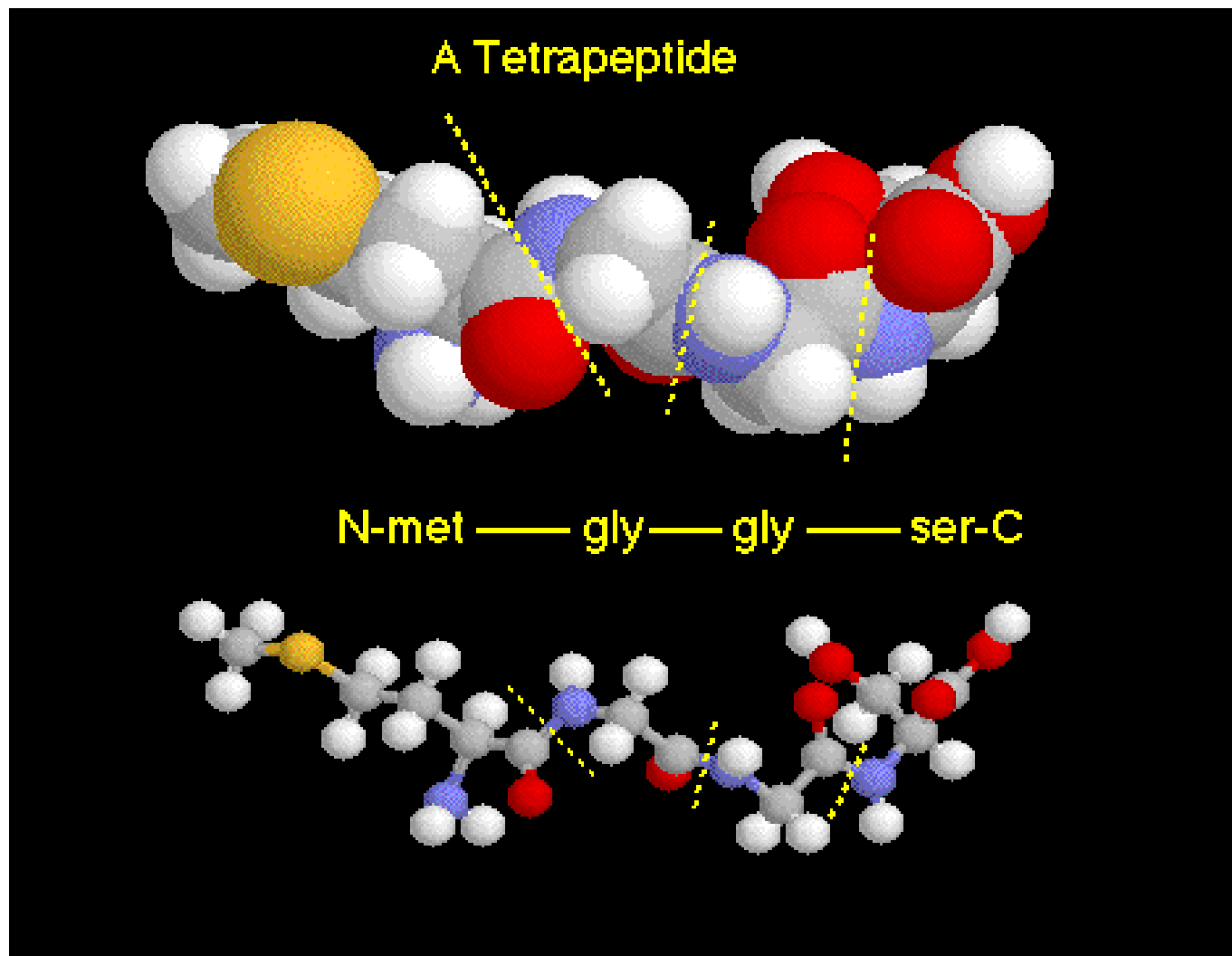
Source: INTERNET

Peptydy i wiązanie peptydowe



Source: INTERNET

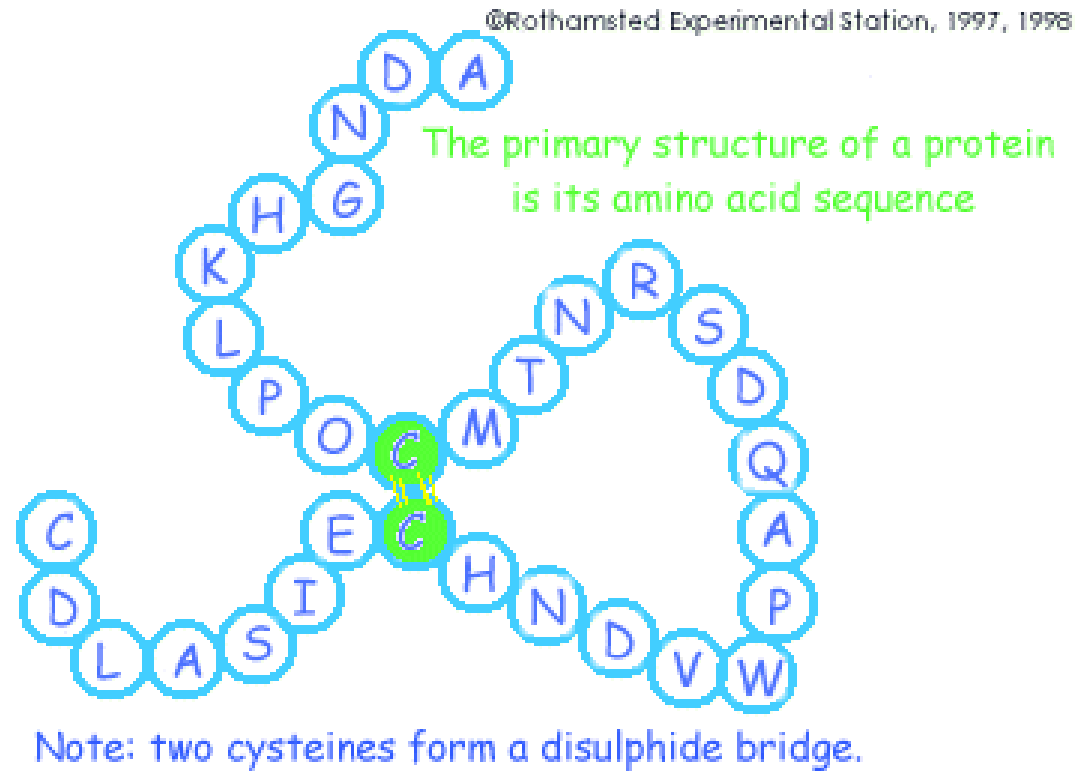
Tetrapeptydy



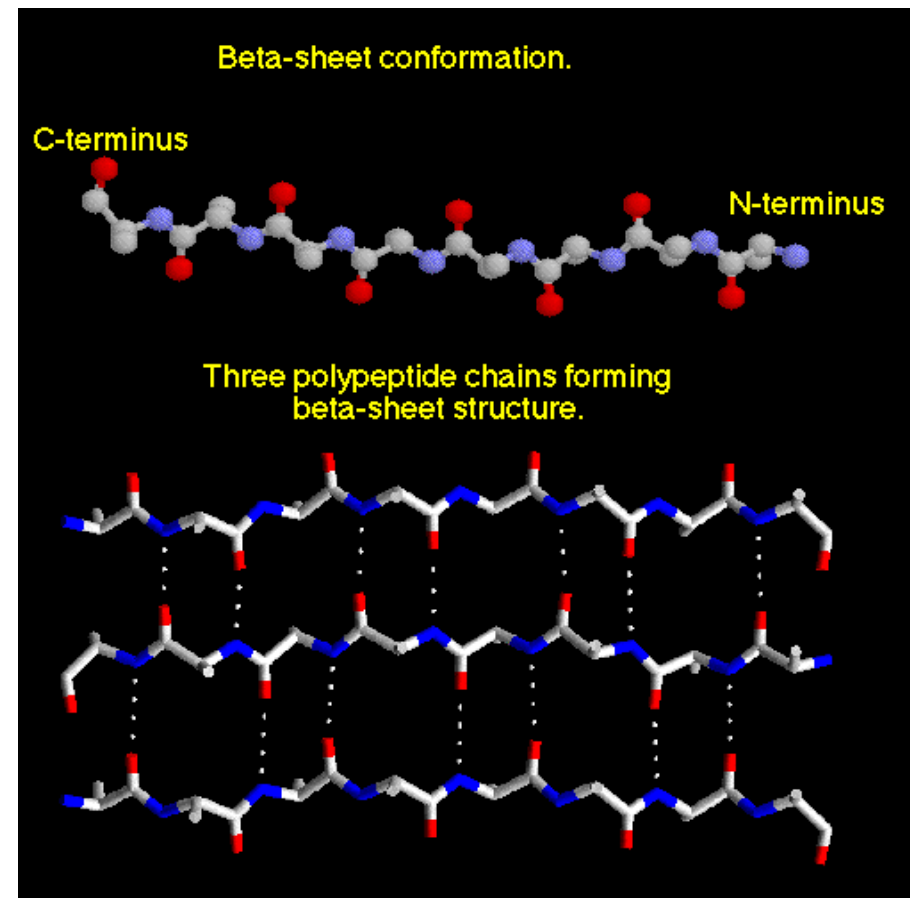
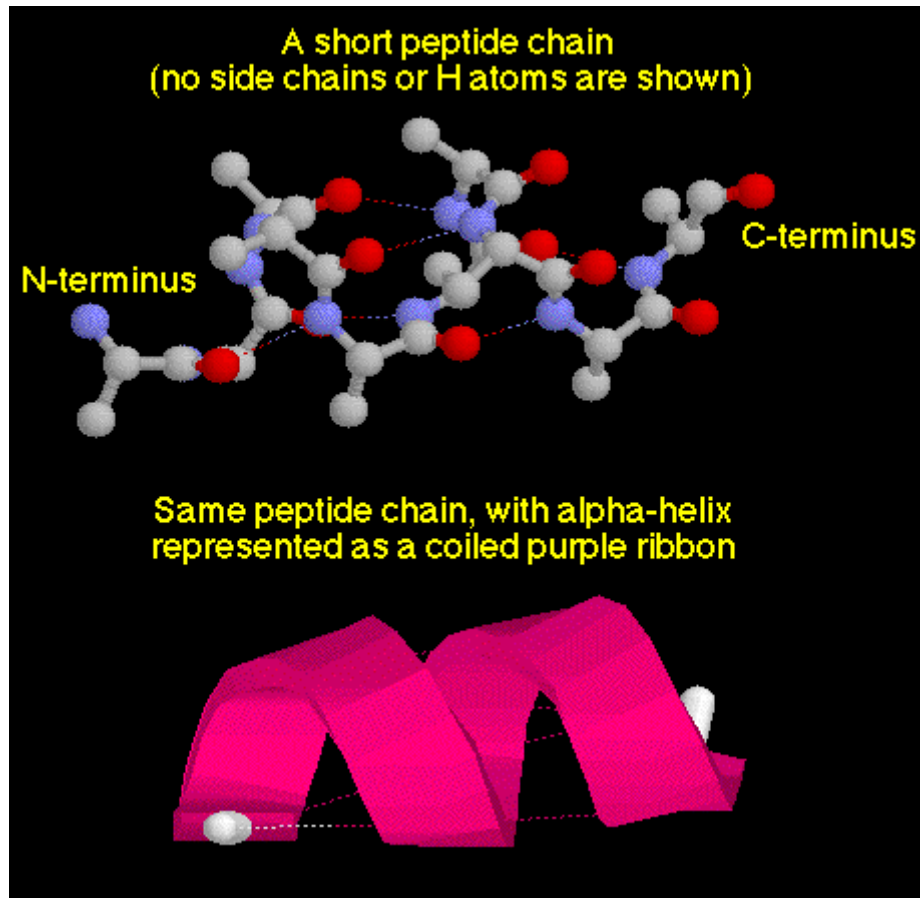
Source: INTERNET

Struktura pierwszorzędowa

Białka charakteryzują się wieloma poziomami strukturalnymi. Najbardziej podstawową jest struktura pierwszorzędowa, czyli kolejność aminokwasów. Należy zauważyć, że kolejność aminokwasów zapisujemy od N-końca do C-końca (konwencja).



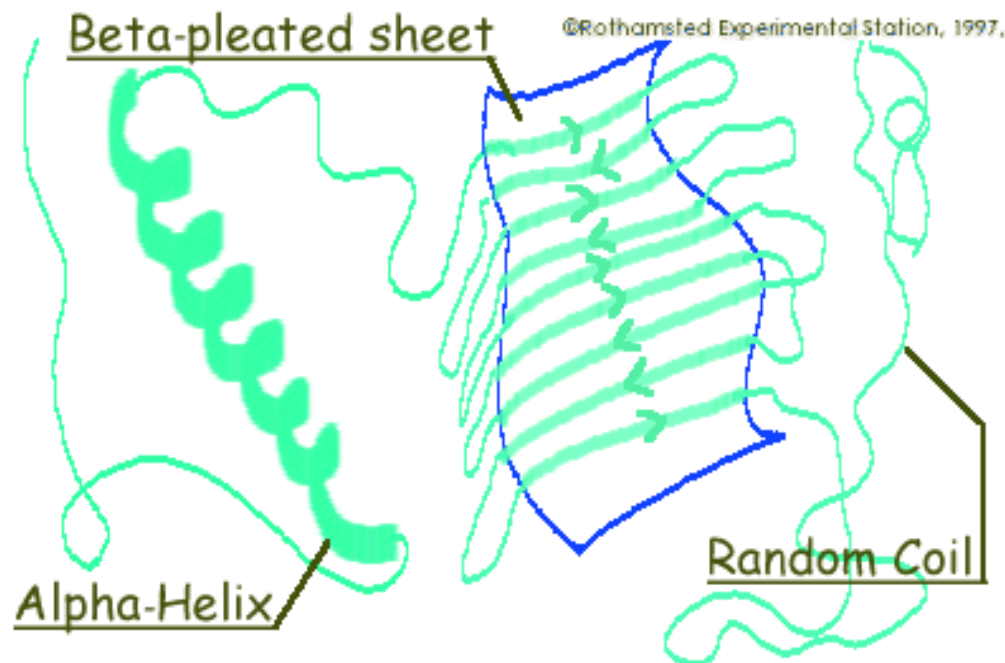
Struktury pierwszo- i drugorzędowe



Source: INTERNET

Struktura drugorzędowa

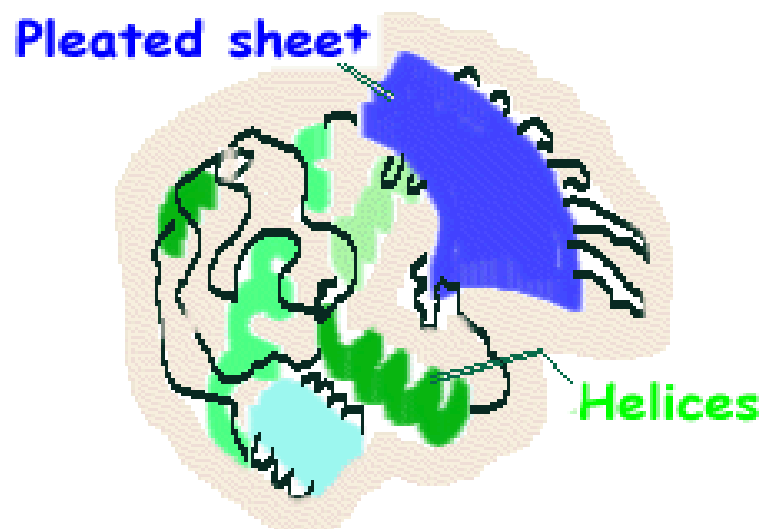
Struktura drugorzędowa odpowiada pewnym powtórzeniom strukturalnym. Wyróżniamy dwa typy struktury drugorzędowej: alfa-helisa i beta-płaszczyna.



The secondary structure is observed in a localised portion of a protein.

Struktura trzeciorzędowa

Struktura trzeciorzędowa jest 3-wymiarową strukturą wynikającą ze zwijania polipeptydu w kontakcie z polarnymi cząsteczkami wody.



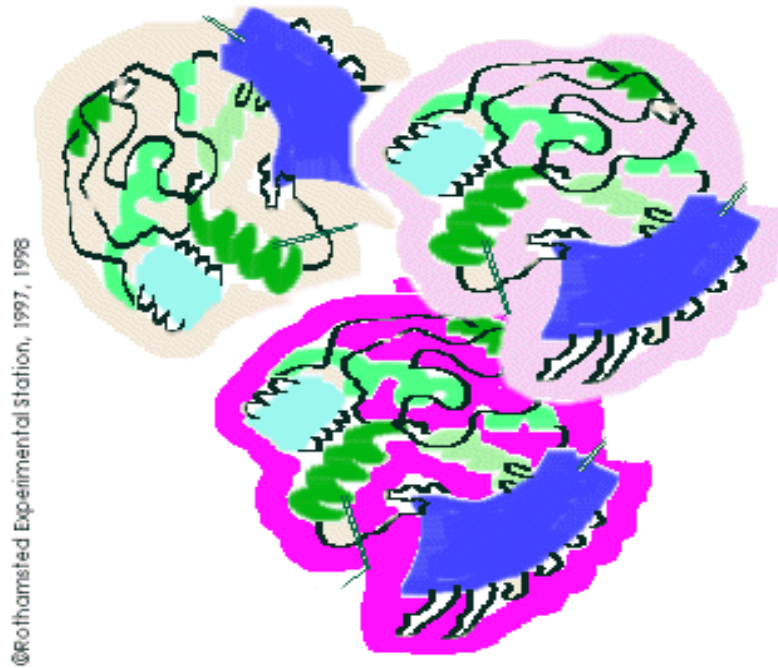
The tertiary structure is the way the secondary structures fold onto themselves to form a protein or a subunit of a more complex protein.

©Rothamsted Experimental Station, 1997, 1998

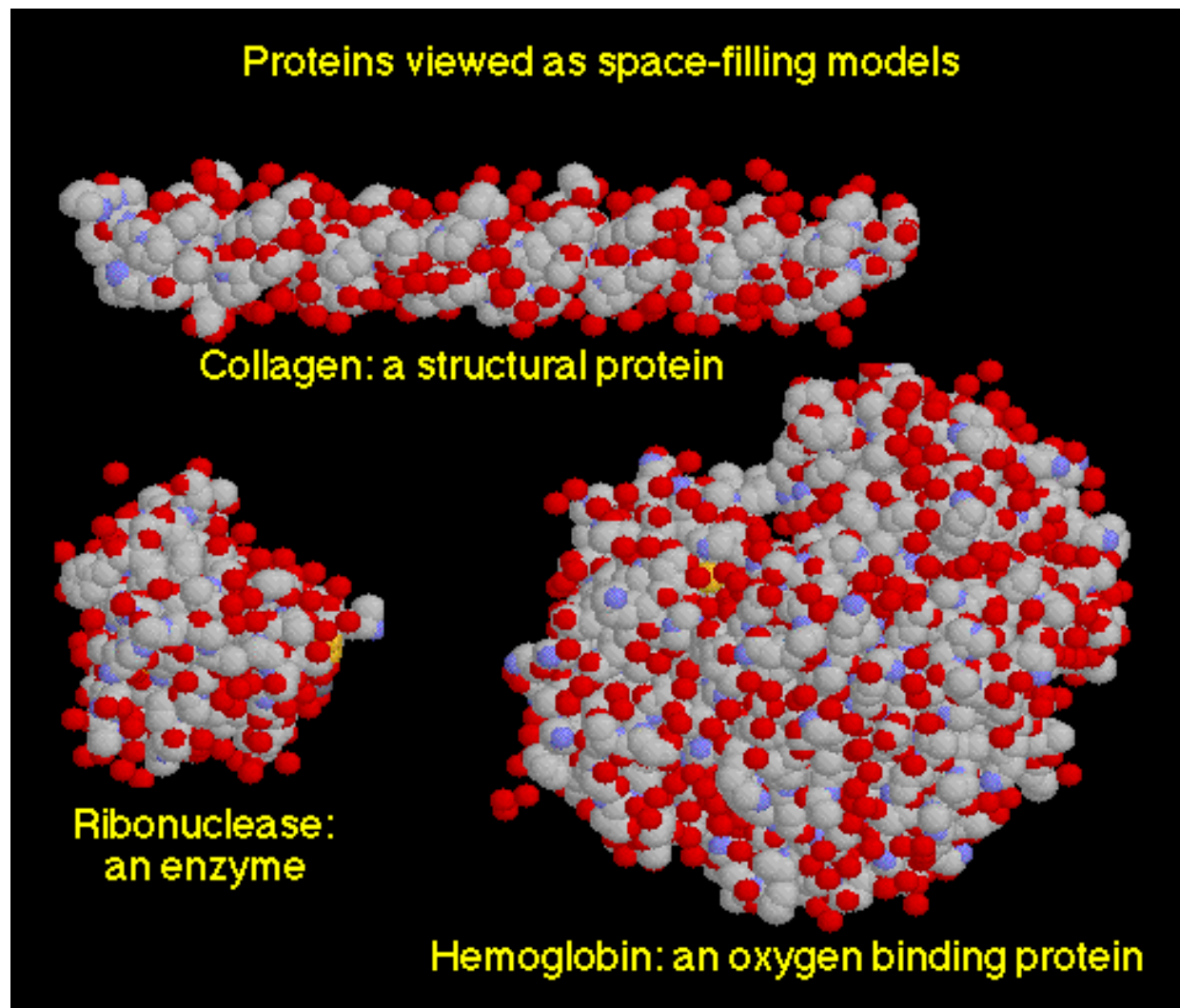
Struktura czwartorzędowa

Czwartorzędowa struktura jest kombinacją dwóch lub więcej łańcuchów polipeptydowych zwiniętych w wyniku kontaktu z wodą. Oddziaływanie między łańcuchami jest podobne jak w strukturze trzeciorzędowej, ale ma miejsce pomiędzy łańcuchami sąsiednich domen.

Only proteins with more than
one chain have a quaternary structure



Typy białek

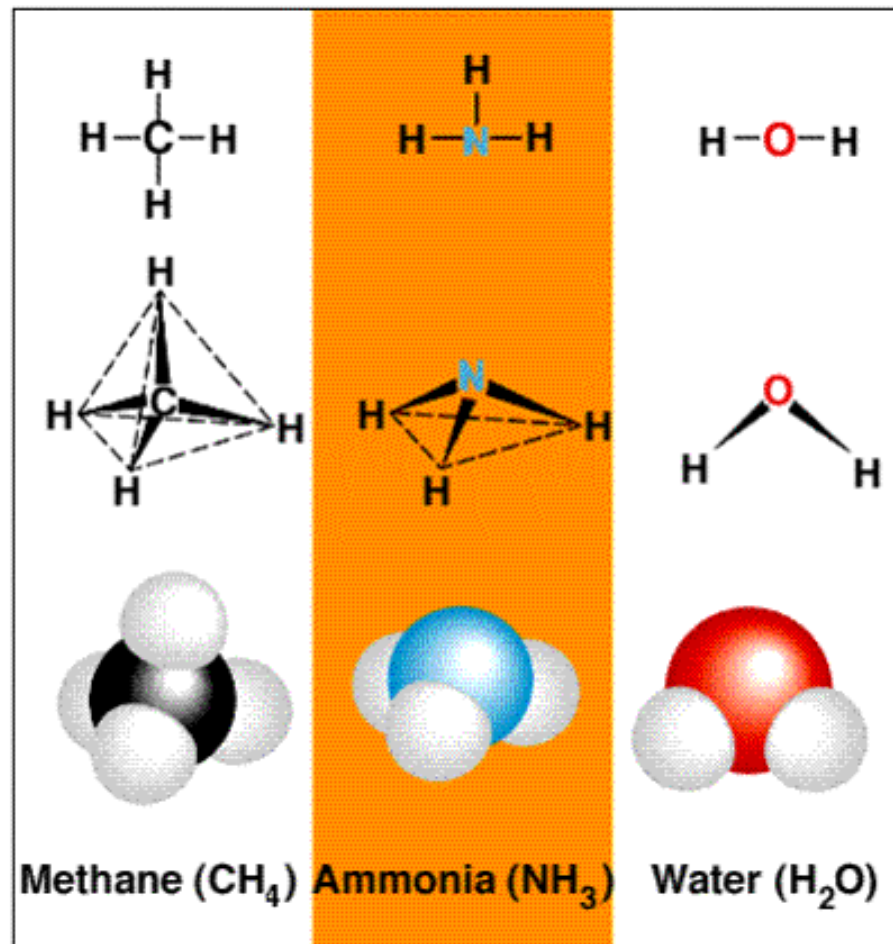


Source: INTERNET

Wiązania chemiczne

Vander/ Sherman/ Luciano *Human Physiology*, 7th edition. Copyright © 1998 McGraw-Hill Companies, Inc. All Rights Reserved.

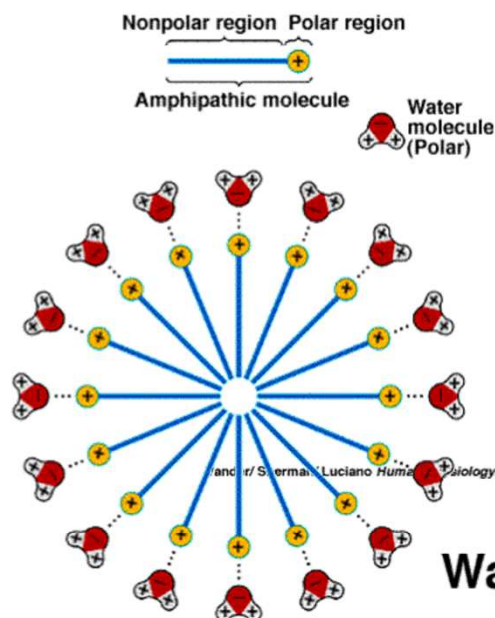
Covalent Bonds



Wiązania wodorowe i jonowe

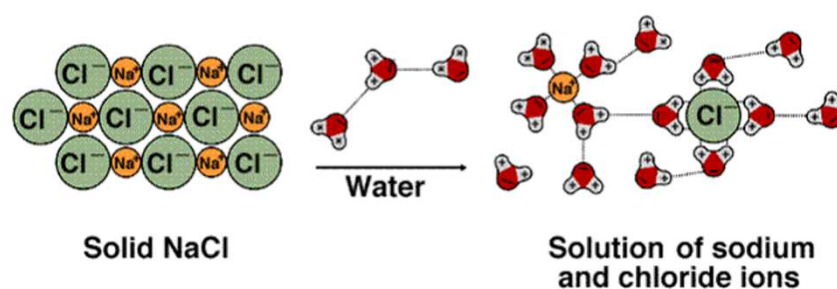
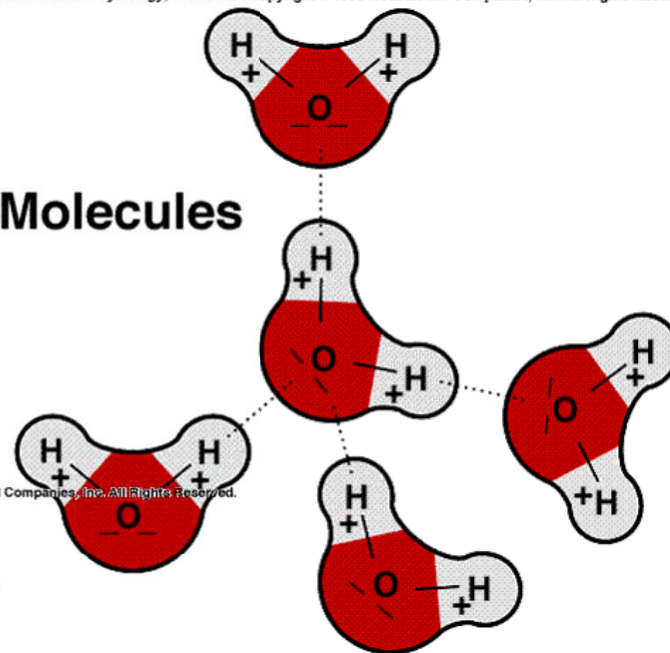
Vander/ Sherman/ Luciano *Human Physiology*, 7th edition. Copyright © 1998 McGraw-Hill Companies, Inc. All Rights Reserved.

Spherical Cluster of Water Molecules



Vander/ Sherman/ Luciano *Human Physiology*, 7th edition. Copyright © 1998 McGraw-Hill Companies, Inc. All Rights Reserved.

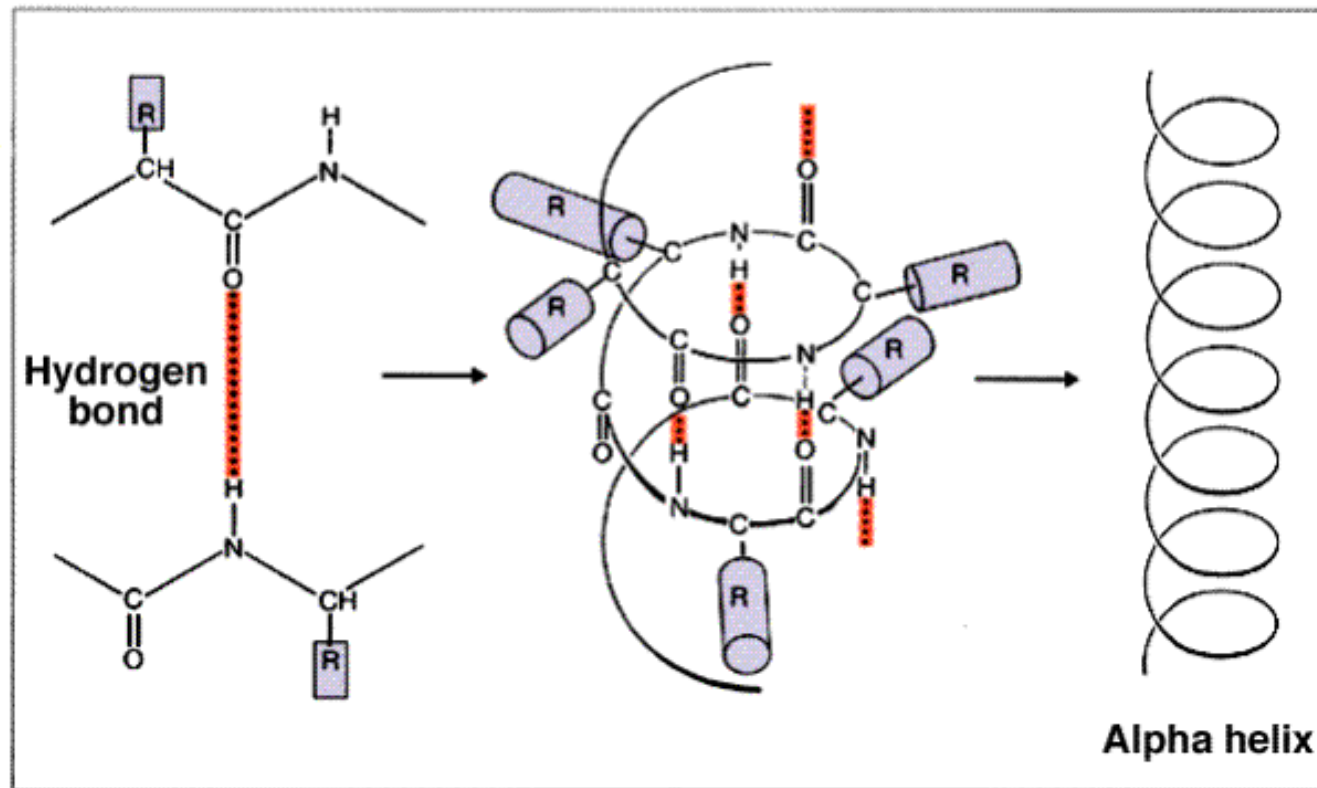
Water Molecules



Wiązania wodorowe

Vander/ Sherman/ Luciano *Human Physiology*, 7th edition. Copyright © 1998 McGraw-Hill Companies, Inc. All Rights Reserved.

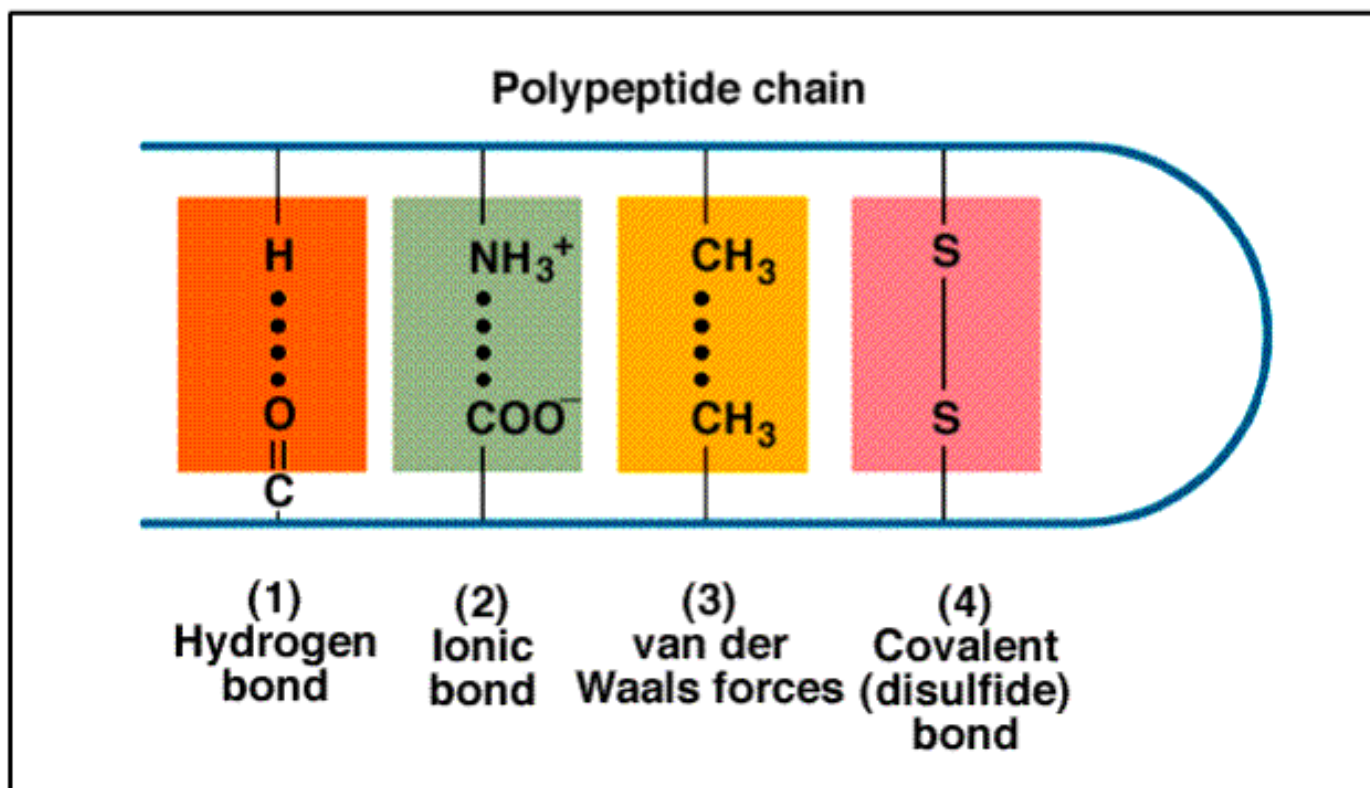
Hydrogen Bonds



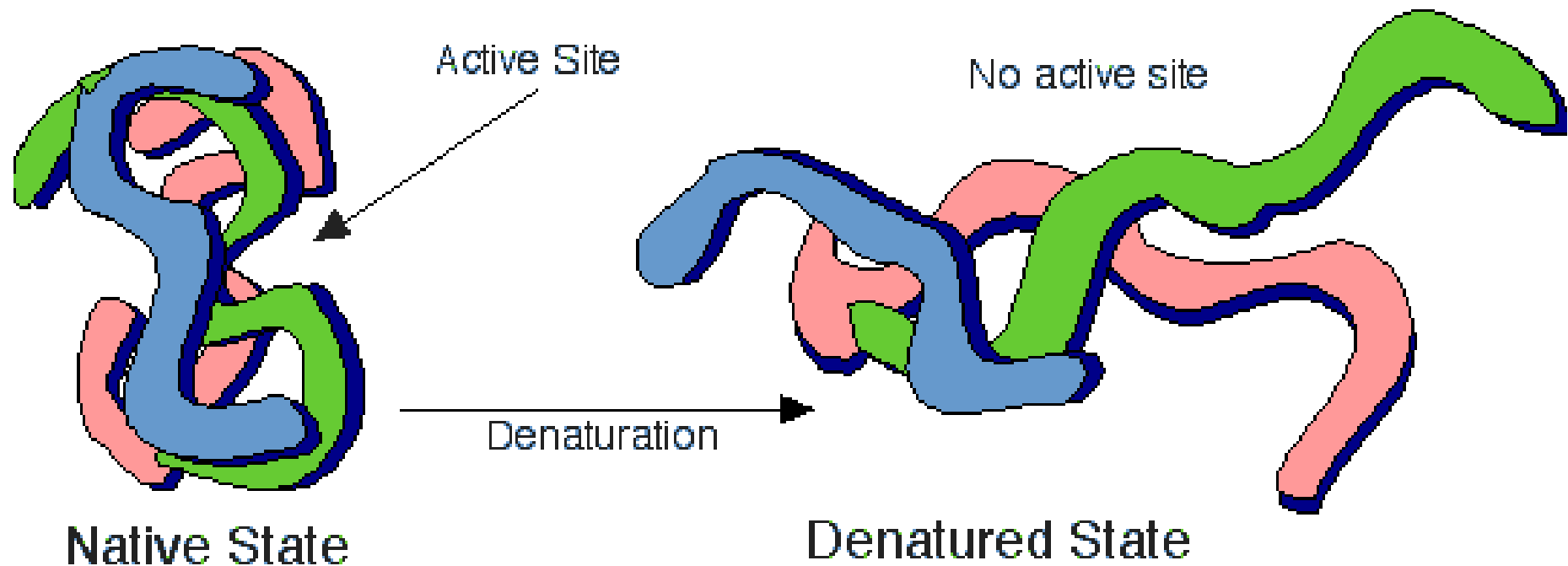
Wiązania istotne dla struktury

Vander/ Sherman/ Luciano *Human Physiology*, 7th edition. Copyright © 1998 McGraw-Hill Companies, Inc. All Rights Reserved.

Factors That Contribute to Polypeptide Folding

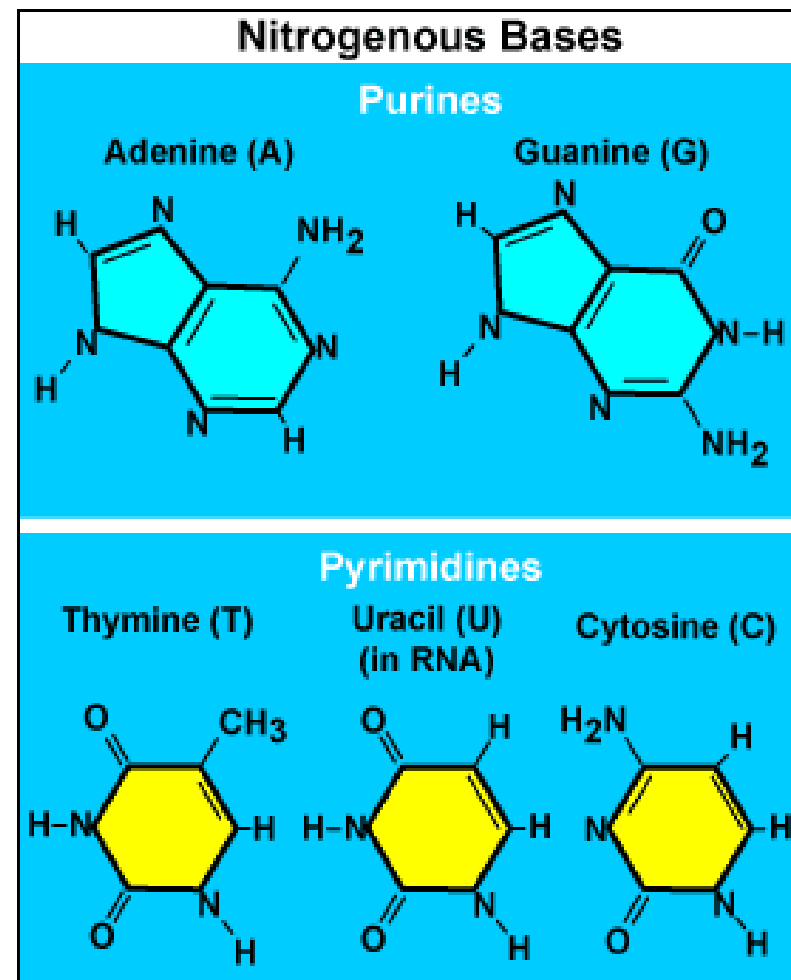
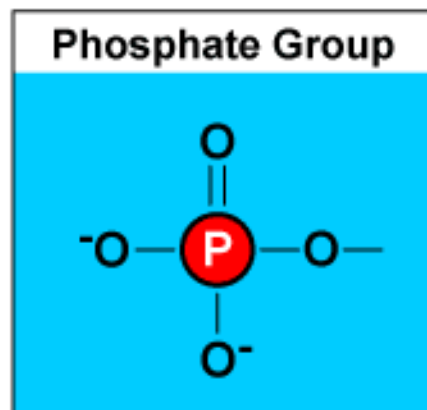
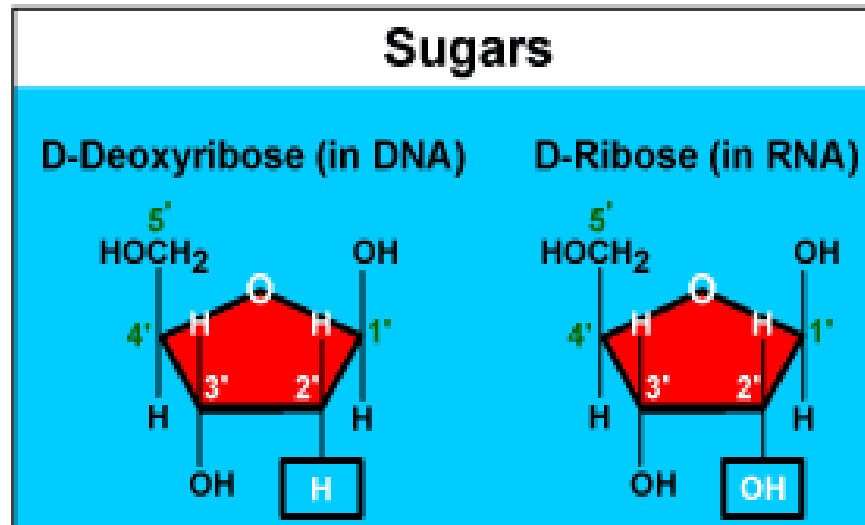


Zwijanie i rozwijanie białek



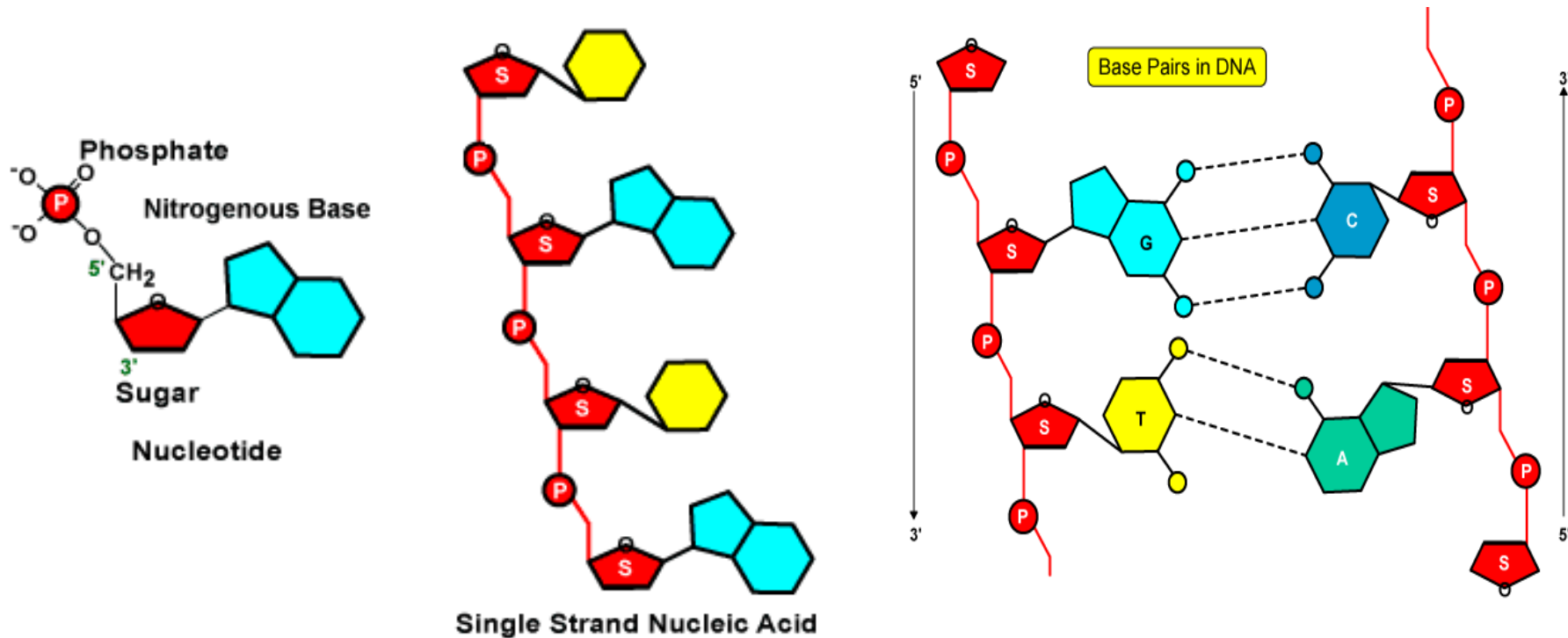
Unknown author of the graphics

Podjednostki nukleotydów



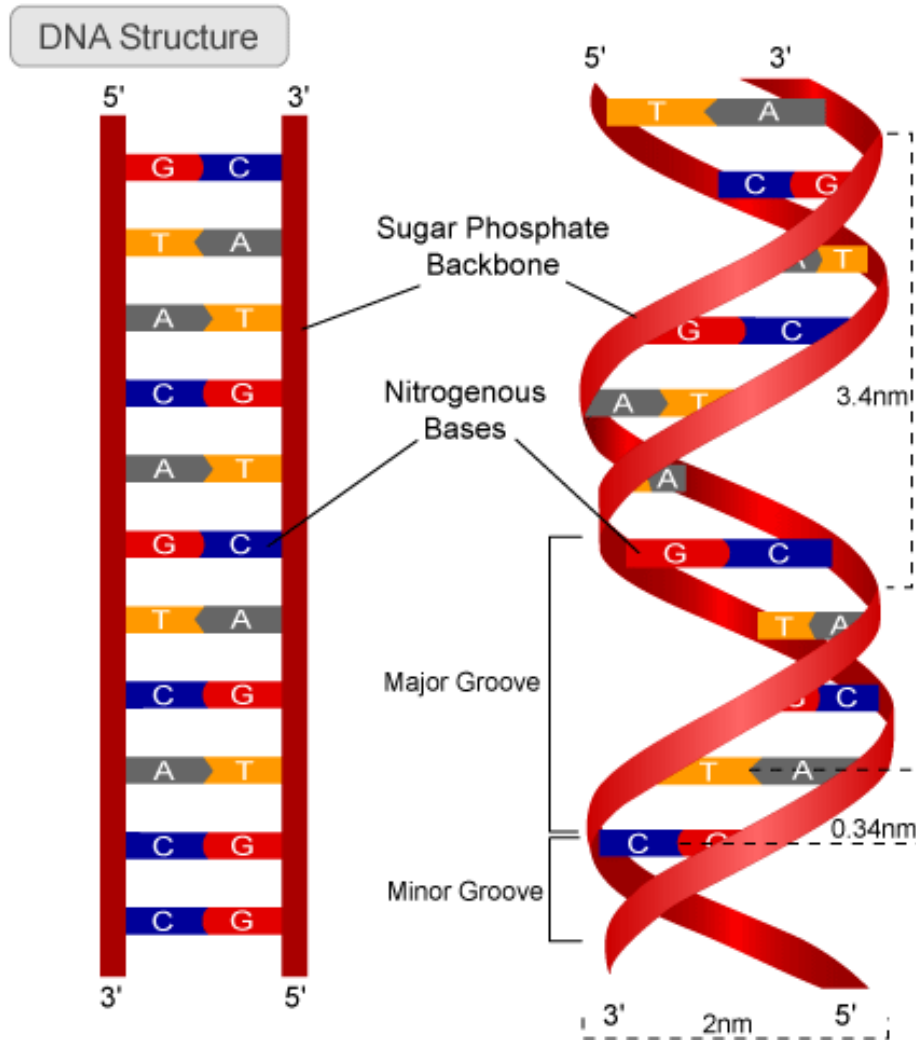
Source: INTERNET

Struktura cząsteczki DNA (1)



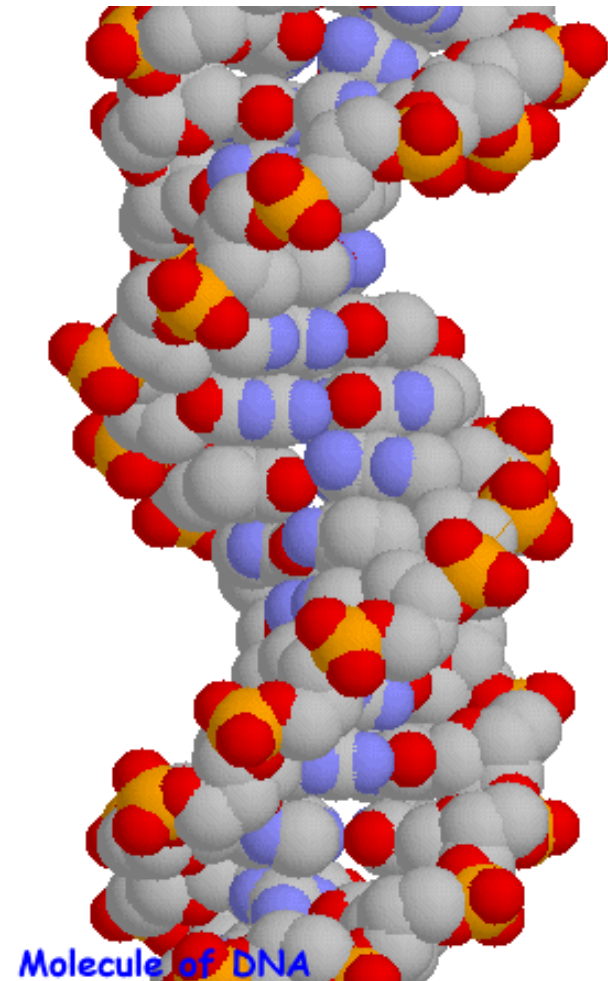
Source: INTERNET

Struktura cząsteczki DNA (2)



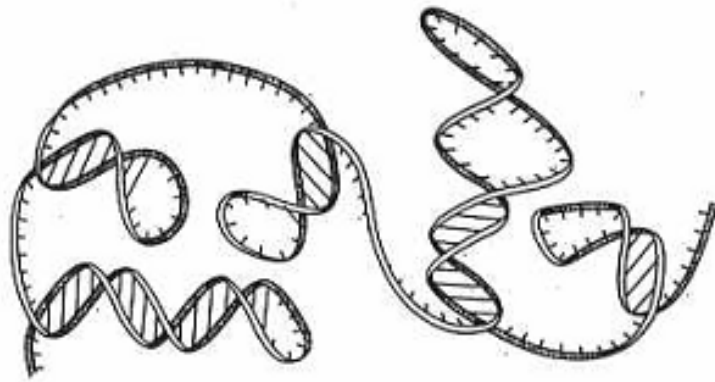
Dept. Biol. Penn State ©2004

Source: INTERNET



©Rothamsted Experimental Station, 1997, 1998

Struktura cząsteczki RNA

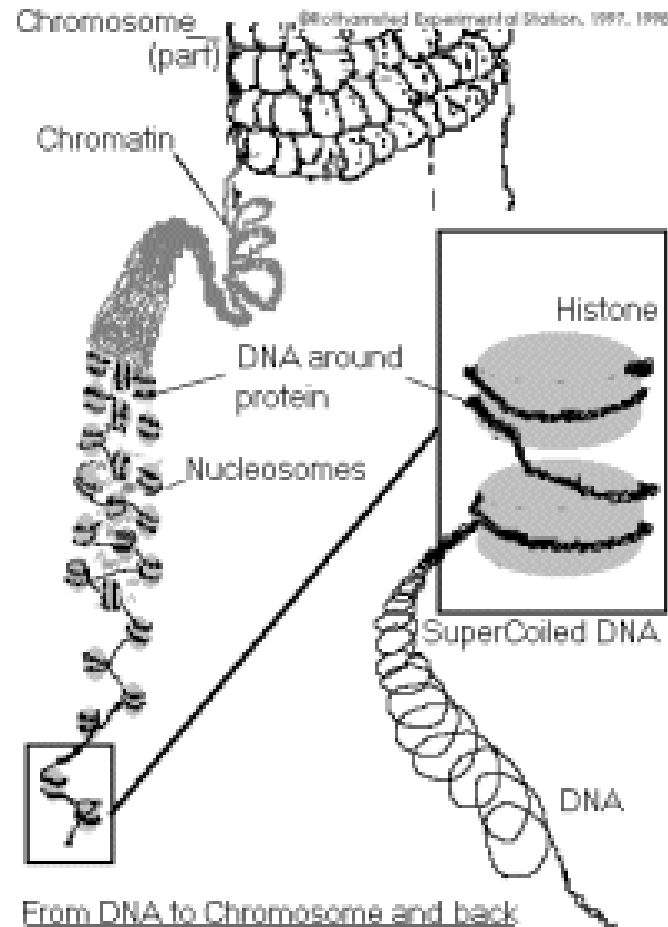


A, U, C, G

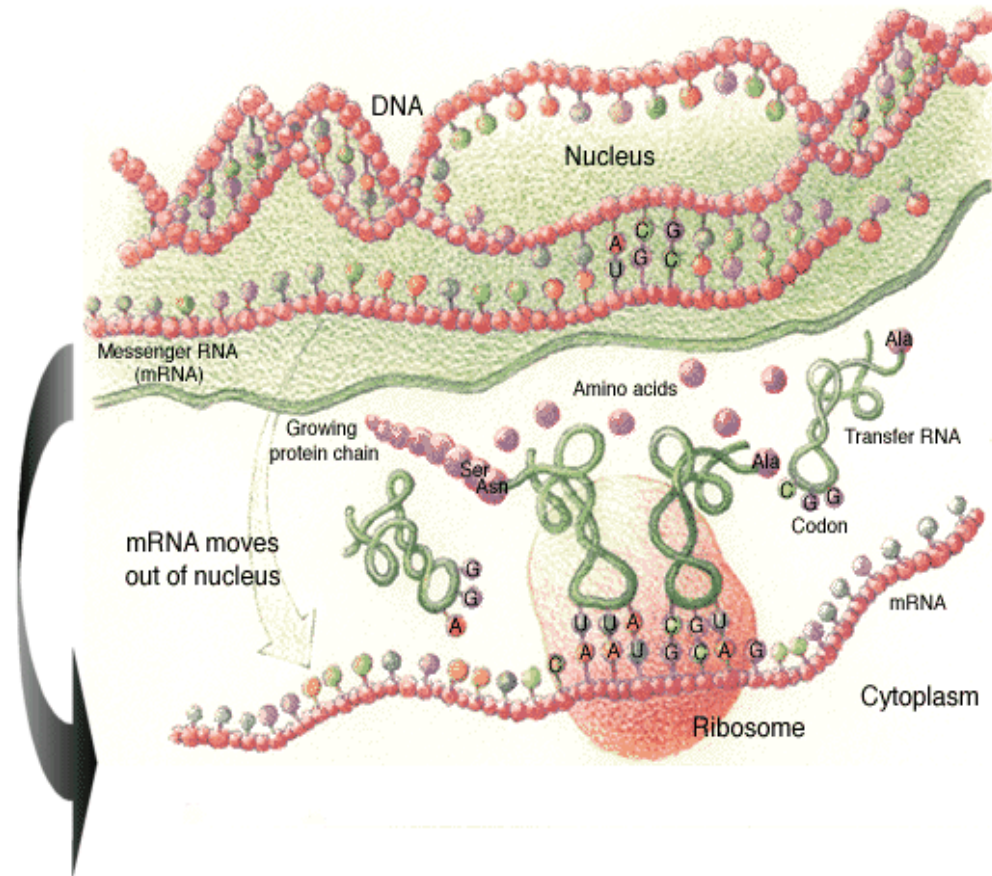


Source: INTERNET

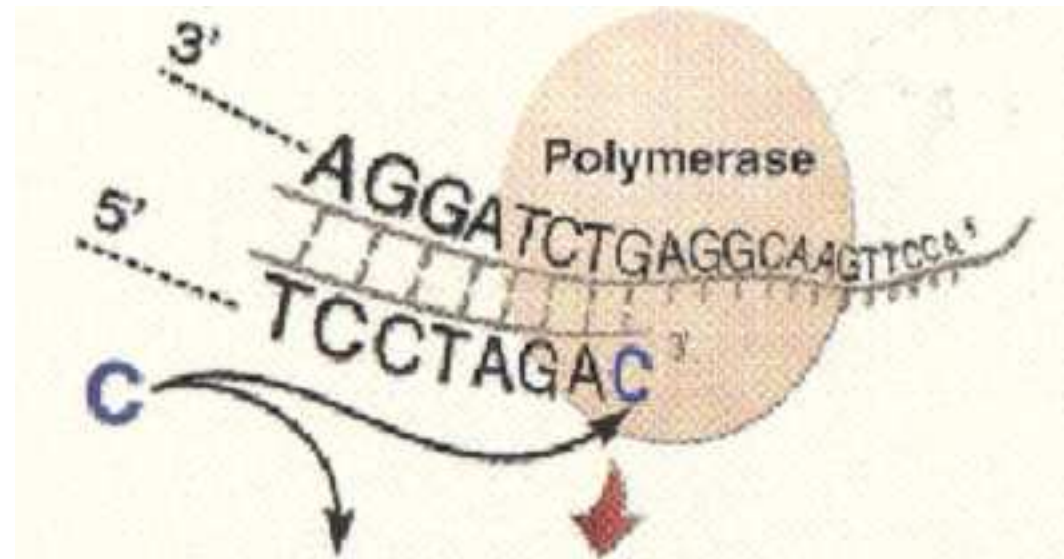
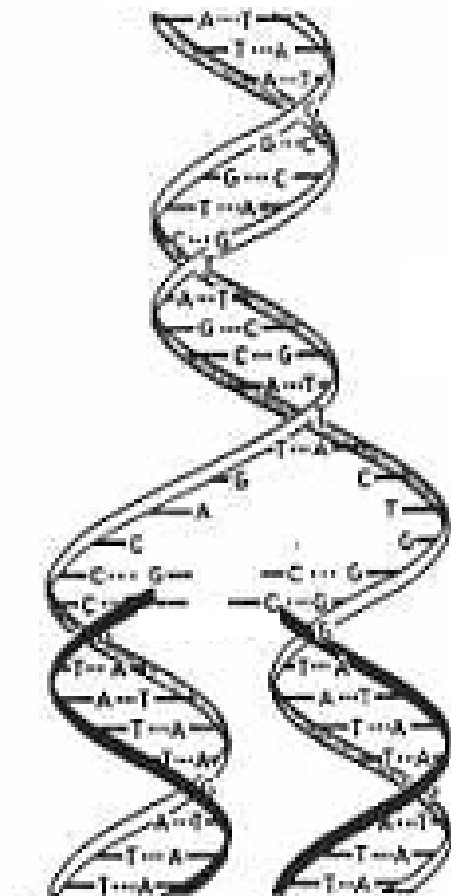
Transkrypcja i translacja



Source: INTERNET



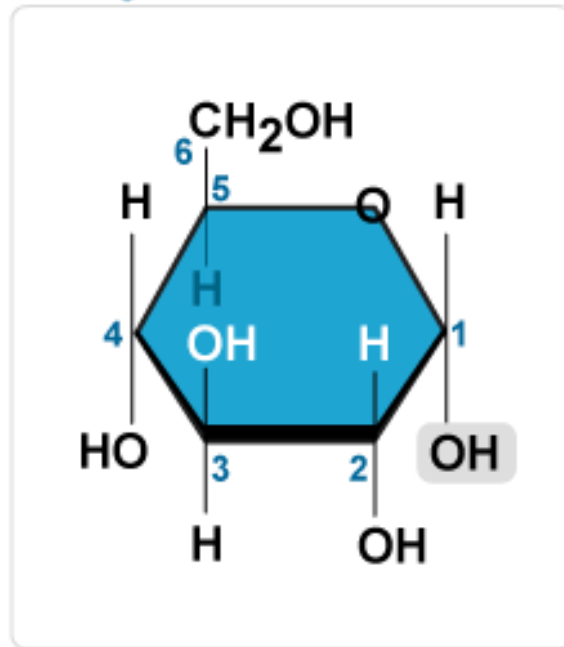
Replikacja DNA



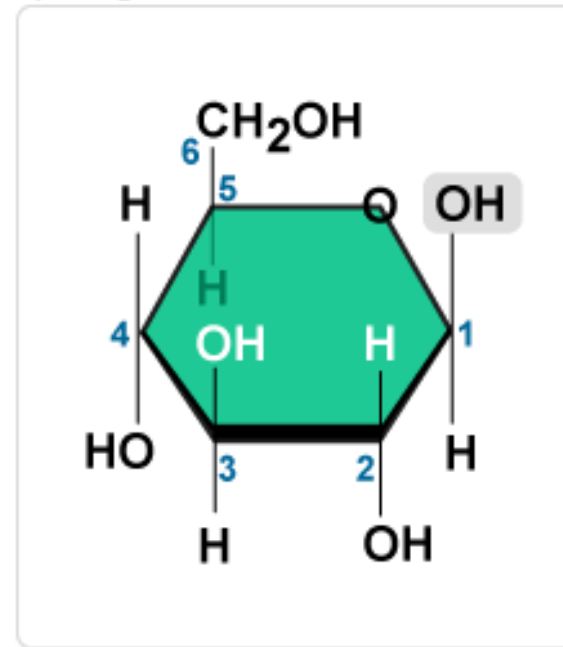
Komplementarne ale nie identyczne

Cukry proste

α -D-glucose



β -D-glucose



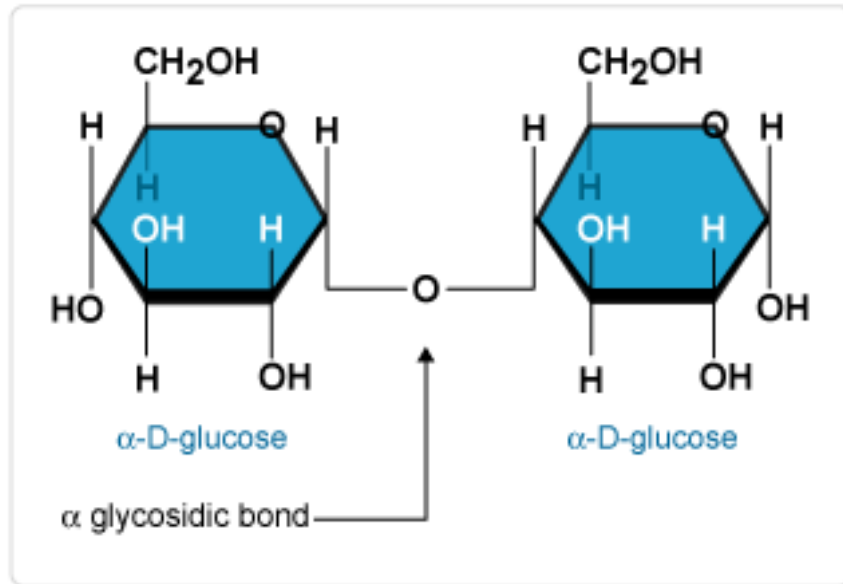
Dept. Biol. Penn State ©2002

Konfiguracja alfa i beta D-glukozy. Atomy węgla w pierścieniu są ponumerowane. Różnica wynika z orientacji grupy hydroksylowej przy pierwszym atomie węgla.

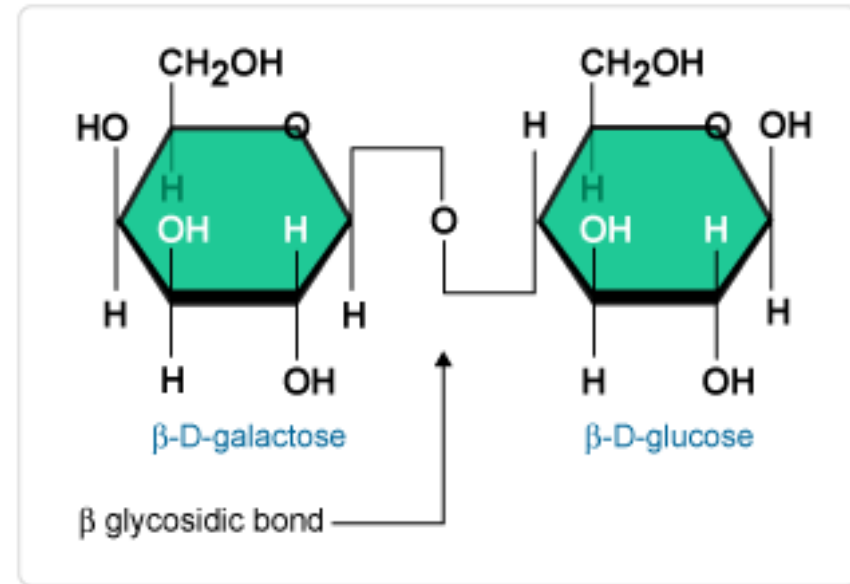
Source: INTERNET

Dwucukry

Maltose



Lactose



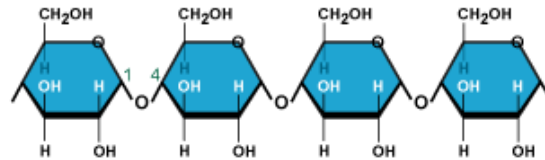
Dept. Biol. Penn State ©2002

Powszechne dwucukry maltoza i laktoza. W maltozie występuje wiązanie α -glikozydowe, natomiast w laktozie wiązanie β -glikozydowe D-glucose and β -D-galactose are shown in green.

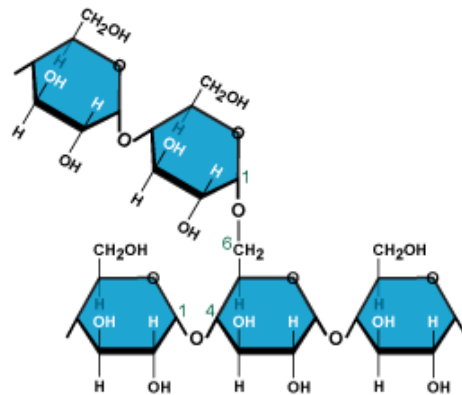
Source: INTERNET

Wielocukry (1)

α -glucose subunits

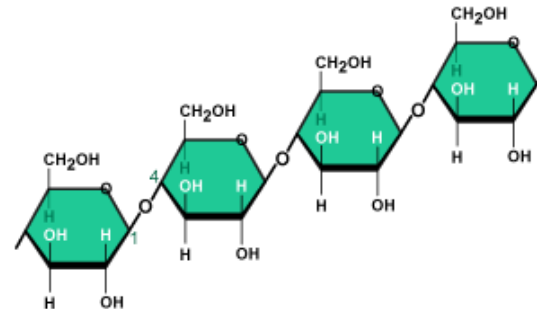


Starch: Chain of α -glucose subunits



Glycogen: Branched chain of α -glucose subunits

β -glucose subunits



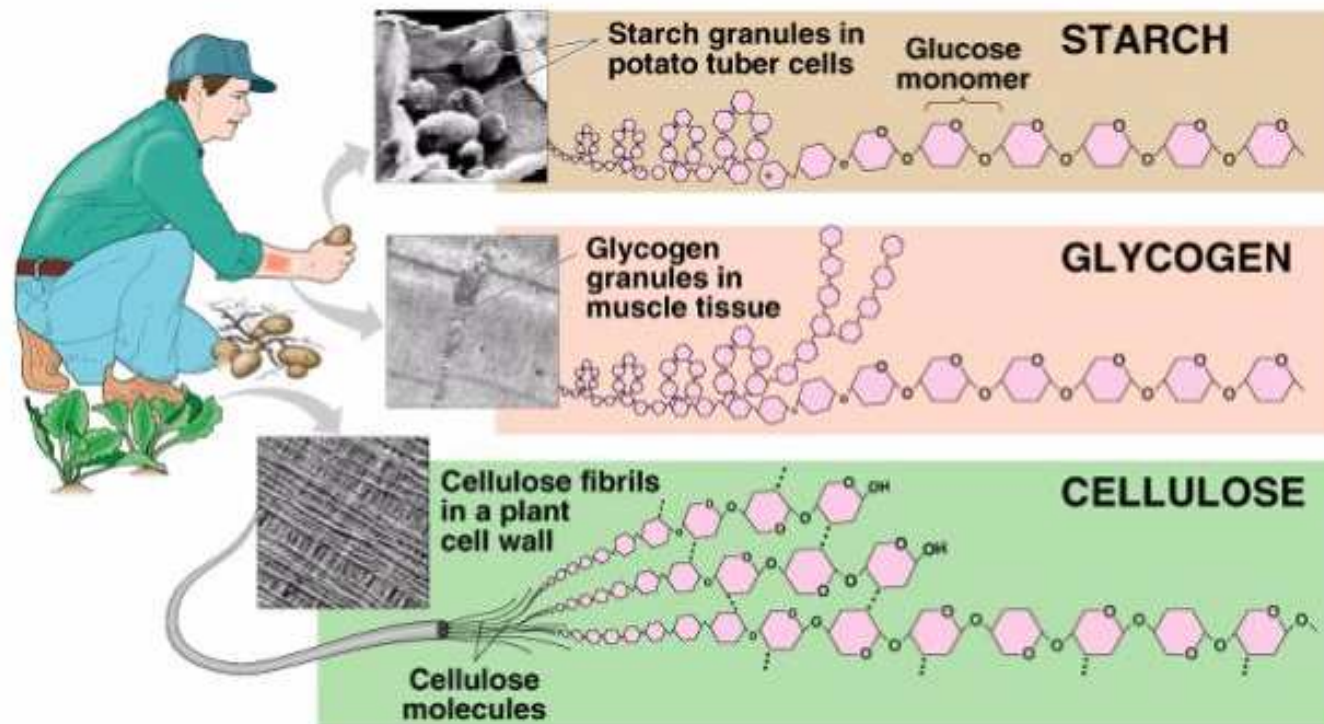
Cellulose: Chain of β -glucose subunits

Powszechnie występujące polisacharydy. Krochmal roślinny (amyloza) i glikogen zbudowane są z podjednostek α -D-glukozy połączonych wiązaniem α -glikozydowym. Krochmal jest polimerem liniowym, natomiast glikogen jest rozgałęziony. Celuloza składa się z podjednostek β -D-glukozy połączonych wiązaniem β -glikozydowym

Source: INTERNET

Wielocukry ⁽²⁾

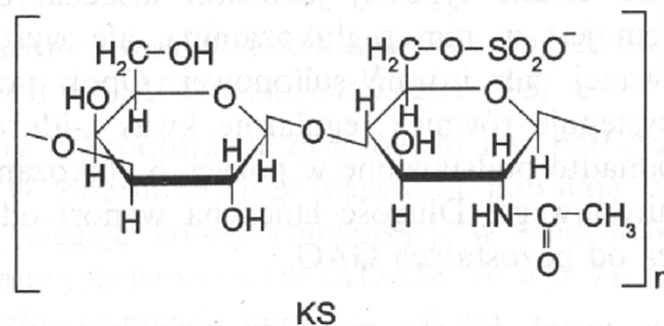
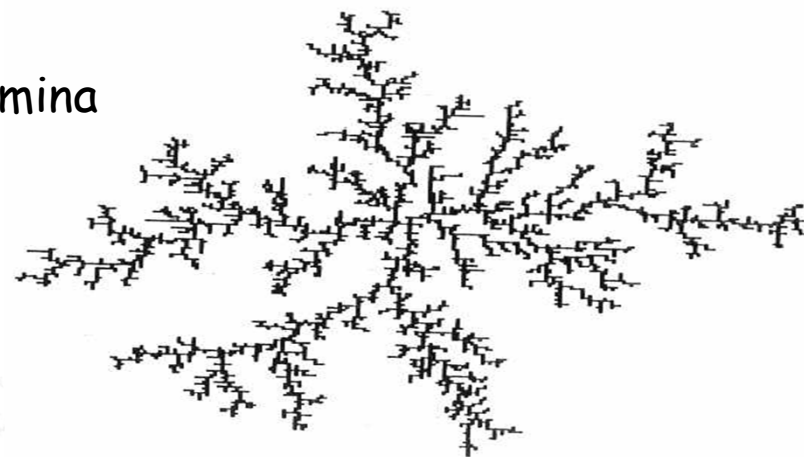
Examples of Polysaccharides



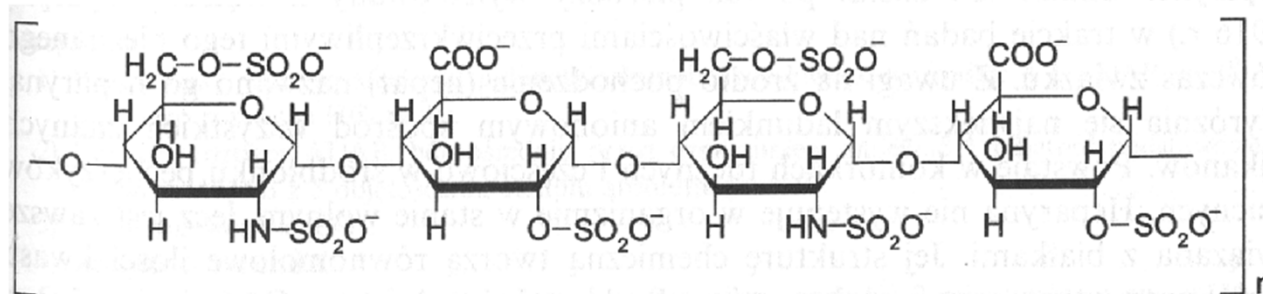
©Addison Wesley Longman, Inc.

Wielocukry ⁽³⁾

Struktura polisacharydów przypomina strukturę fraktalną.



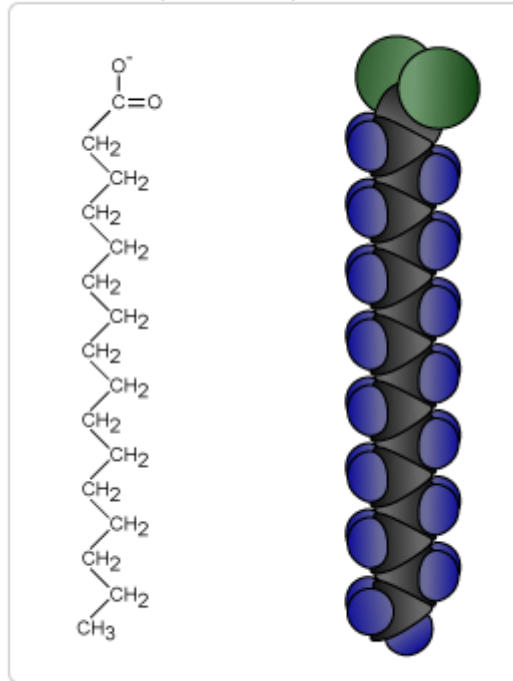
Podjednostka siarczanu keratyny



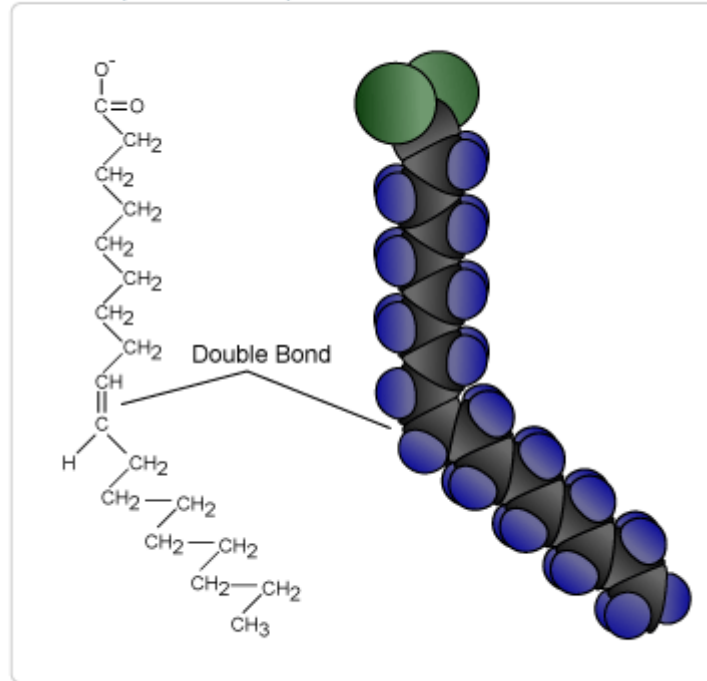
Podjednostka heparyny

Lipidy (1)

Palmitate (saturated)



Oleate (unsaturated)



Dept. Biol. Penn State ©2002

Nasycone i nienasycone kwasy tłuszczowe. Przykładowy skład chemiczny i struktura nasyconego (palmitynian) i nienasyconego (oleinian) kwasu tłuszczowego. Podwójne wiązanie w oleinianie powoduje wygięcie liniowej molekuly.

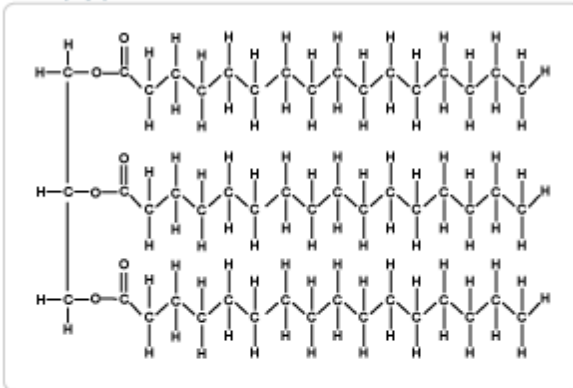
Source: INTERNET

Lipidy (2)

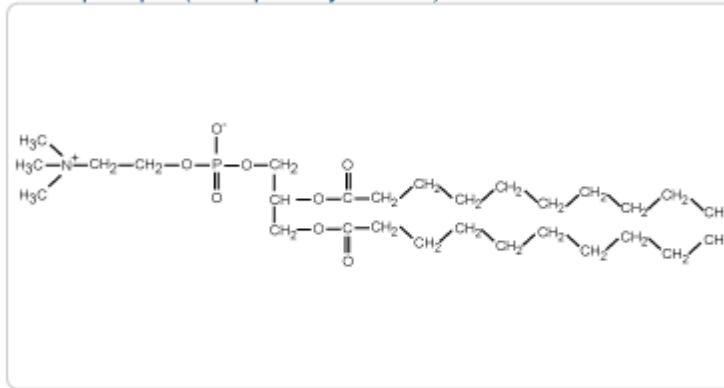
Lipids

Dept. Biol. Penn State ©2002

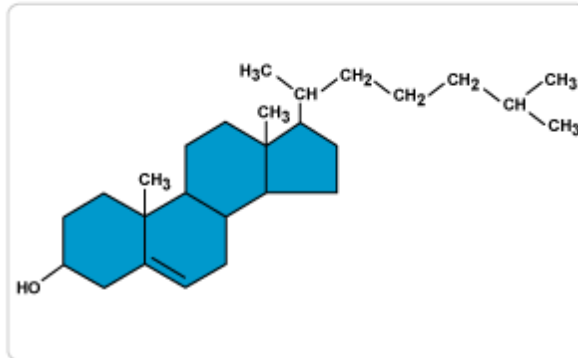
Triacylglycerol



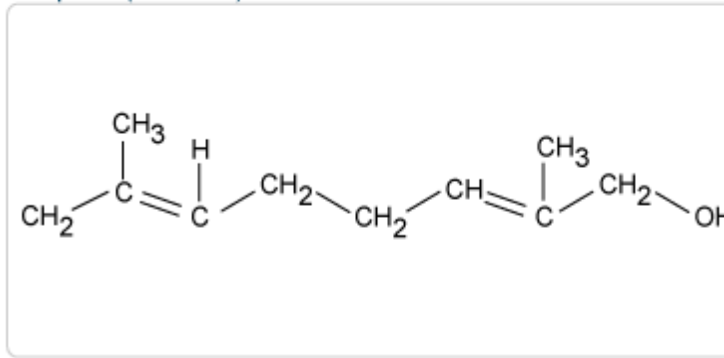
Phospholipid (Phosphatidylcholine)



Cholesterol



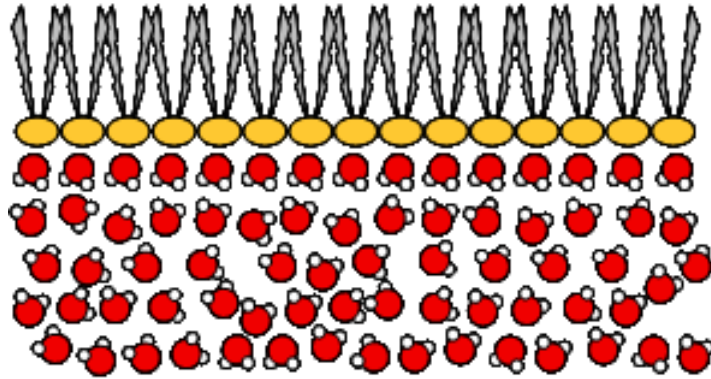
Terpene (Geraniol)



Cztery typy lipidów. Struktura chemiczna podstawowych przedstawicieli kwasów tłuszczowych. Triacyloglicerole, fosfolipidy (fosfatydylocholina), sterole (cholesterol) i terpeny (geraniol).

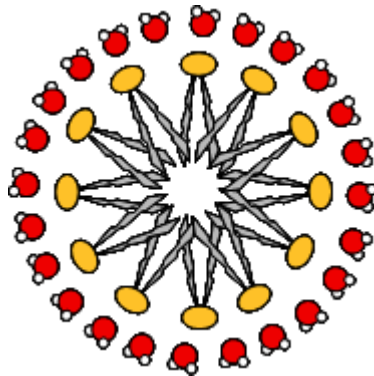
Source: INTERNET

Modele membran (1)



Monowarstwa Langmuira (1920)

Langmir pokazał, że rozpuszczone w benzenie tworzą monowarstwę na swobodnej powierzchni wody.

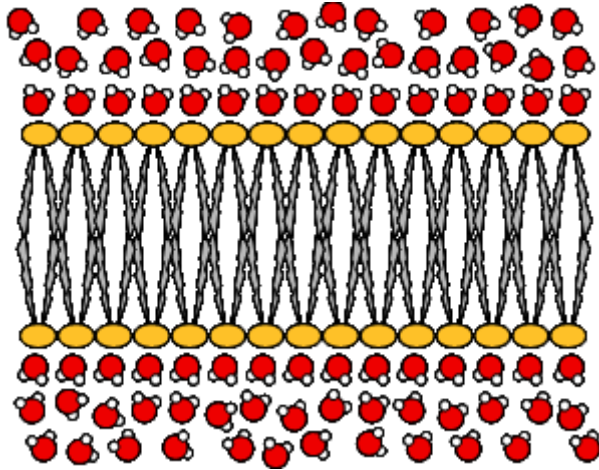


Micele

Jeżeli wytrząsnąć mieszaninę fosfolipidów i wody otrzymamy micele zawieszone w wodzie. Micele mają hydrofobowe wnętrze i hydrofilną powierzchnię.

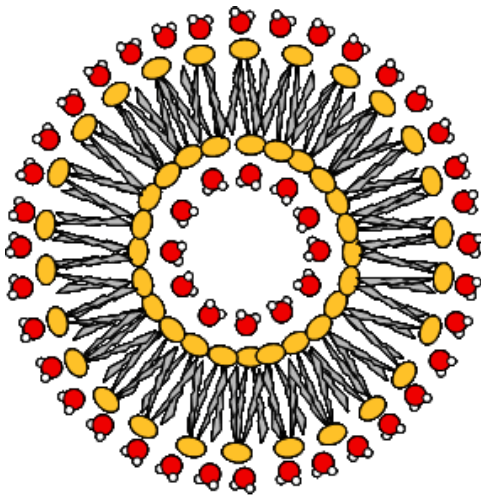
Source: INTERNET

Modele membran (2)



Dwuwarstwa Gortner'a i Grendels'a (1925)

Badacze wyekstrahowali lipidy z błon erytrocytów i nanieśli ekstrakt na powierzchnię wody. Stwierdzili, że pokryta lipidami powierzchnia miała dwukrotnie większą powierzchnię niż sumaryczna powierzchnia erytrocytów. Wynioskowali, że membrana erytrocytów jest dwuwarstwą.

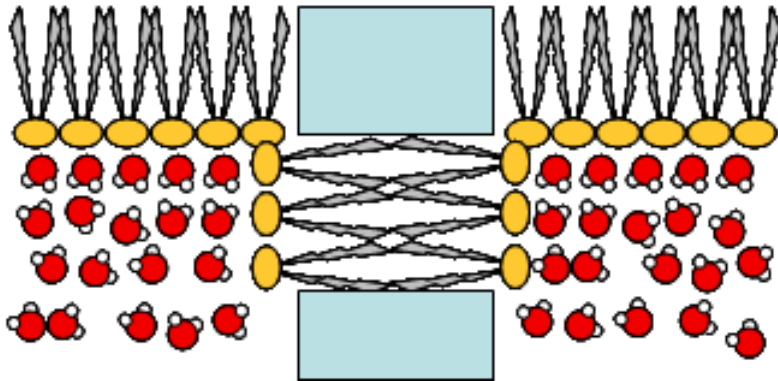


Liposomy

Wytworzone metodą sonikacji (20 kHz) posiadają wewnętrzną przestrzeń wypełnioną wodą i dostępną dla różnych substancji, w tym terapeutyków. Mogą także służyć jako model błony komórkowej.

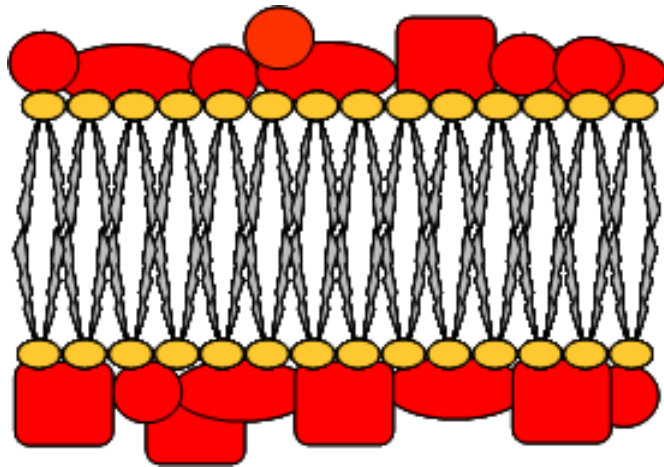
Source: INTERNET

Modele membran (3)



Czarna błona lipidowa (1930)

Wytwarzana w małym otworze umożliwiającym kontakt monowarstw hydrofobową powierzchnią. Naturalna i czarna błona mają zbliżone grubości (7-10 nm), ale naturalna błona ma wyższe przewodnictwo. Oznacza to, że naturalna błona musi mieć jeszcze inne składniki.

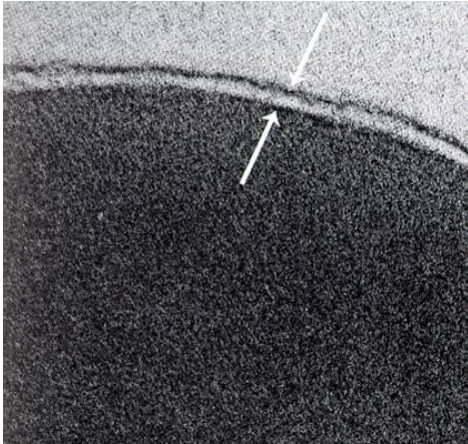


Kanapka Davison'a i Daniellis'a (1935)

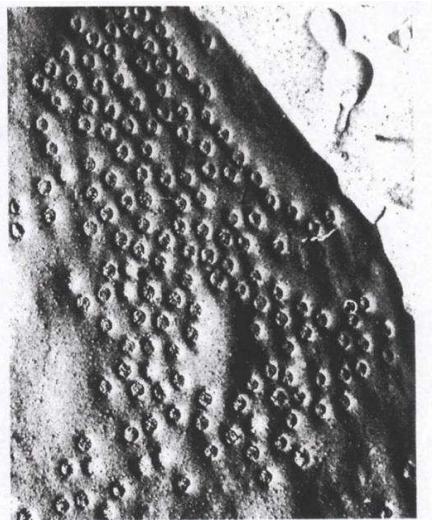
Najwcześniejszy model membrany dwuwarstwowej uwzględniający obecność białek błonowych.

Source: INTERNET

Modele membran (4)



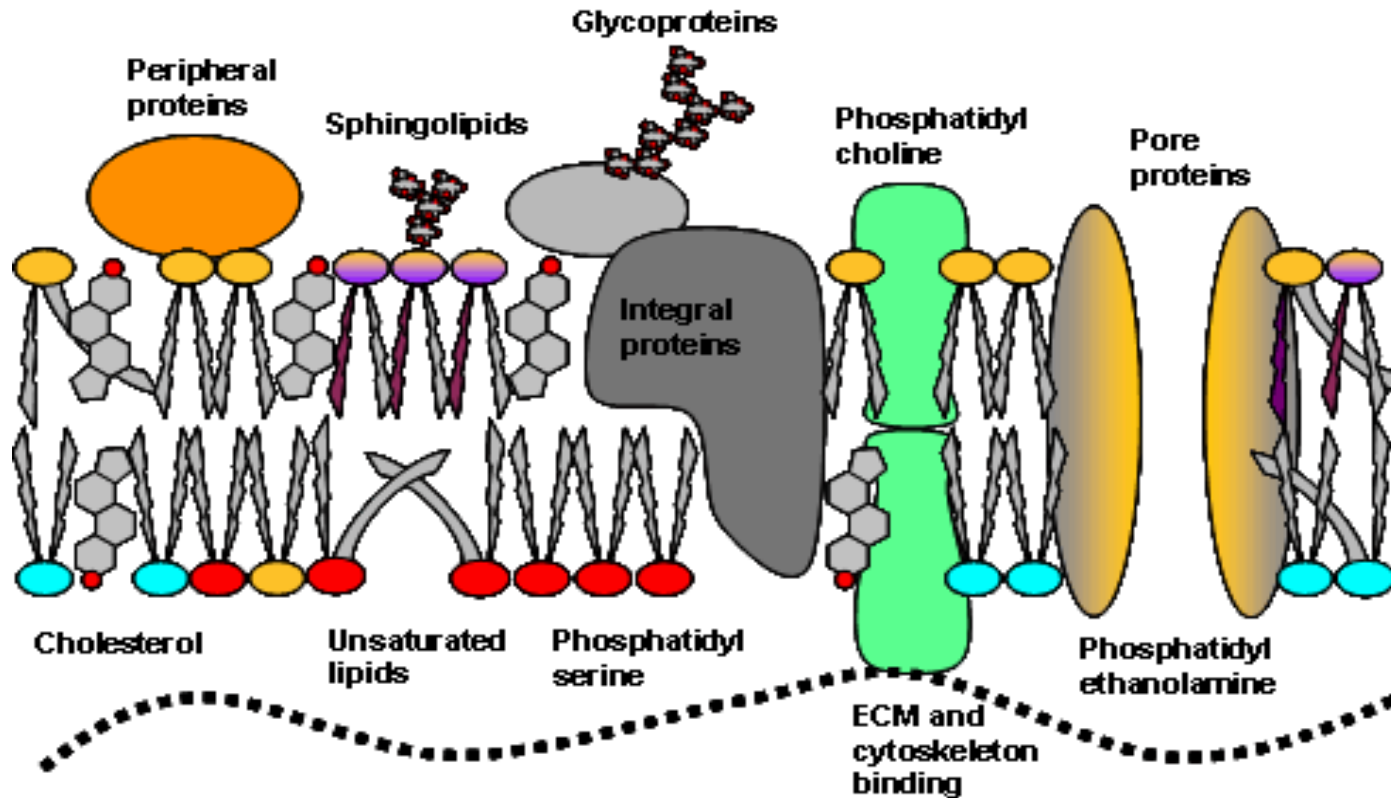
Obserwacje mikroskopowe TEM Robertson'a
Potwierdziły istnienie dwuwarstwy lipidowej o grubości 7 nm (jasny obszar) i białkami na zewnątrz (czarny obszar).



Łupanie zmrożonych membran i obserwacja z użyciem mikroskopii SEM wykazało istnienie charakterystycznych struktur w obrębie membrany. Uznano, że są to białka błonowe.

Source: INTERNET

Modele membran (5)

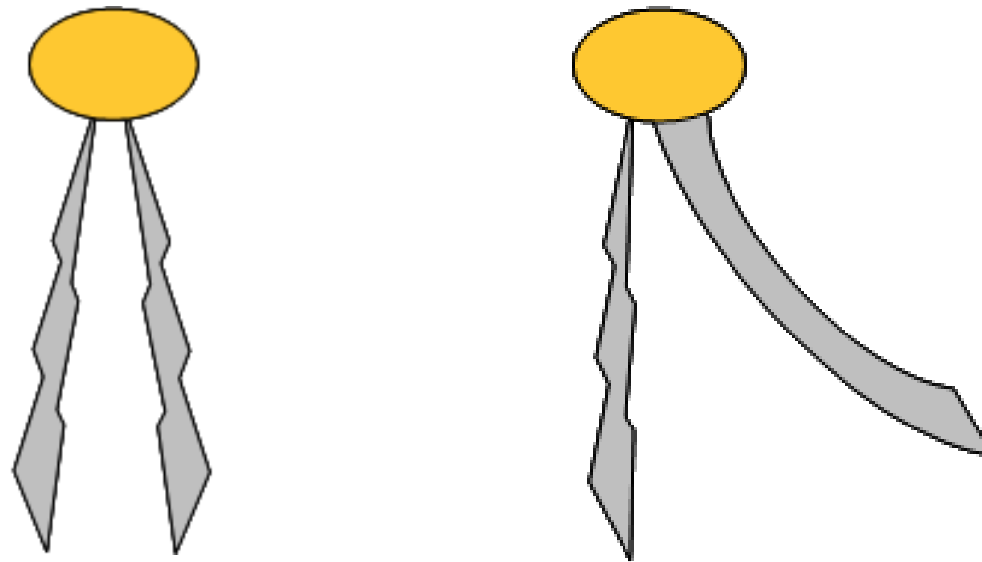


Model ciekłej mozaiki Singera i Nicholsona (1972)

Model obrazuje membranę zbudowaną z dwuwarstwy fosfolipidowej z licznymi białkami peryferyjnymi i integralnymi. Model uwzględnia obecność innych komponentów, przykładowo cholesterol, a także grup cukrowych (glikoproteiny). Uwzględnia także istnienie cytoszkieletu.

Source: INTERNET

Modele membran (6)



W nienasyconych kwasach tłuszczowych występują zagięcia łańcuchów węglowodorowych utrudniając ciasne upakowanie lipidów. Powoduje to wzrost płynności błony.

Source: INTERNET

Porównanie parametrów fizycznych

	Dwuwarstwa lipidowa	Membrana biologiczna
Grubość [nm]	6,0 – 7,5	6,0 – 10,0
Pojemność elektryczna [mF/cm ²]	0,4 – 1,0	0,5 – 1,3
Napięcie przebicia [mV]	150 – 200	100
Współczynnik napięcia powierzchniowego [N/m]	$(0,5 - 2) \times 10^{-3}$	$(0,03 - 2) \times 10^{-3}$
Oporność [$\Omega \times \text{cm}^2$]	$10^6 - 10^9$	$10^2 - 10^5$

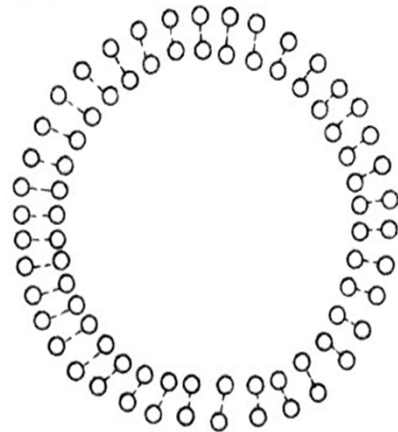
Formowanie i zastosowania liposomów

Sonikacja
20 - 50 nm

Wytrząsanie
5 - 50 μm

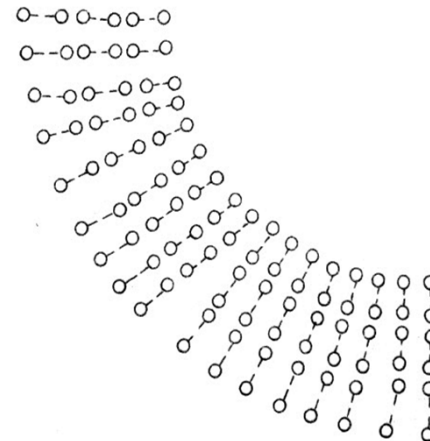
BILAYER

nm



MULTI-LAYER

μm



Zastosowania liposomów

Badanie właściwości białek błonowych

Modelowanie procesów zachodzących w błonach komórkowych

Wbudowywanie dodatkowych komponentów w błony komórkowe

Transport słabo rozpuszczalnych i łatwo utleniających się substancji do komórki

Wspomaganie odpowiedzi immunologicznej

Kosmetologia – transport substancji