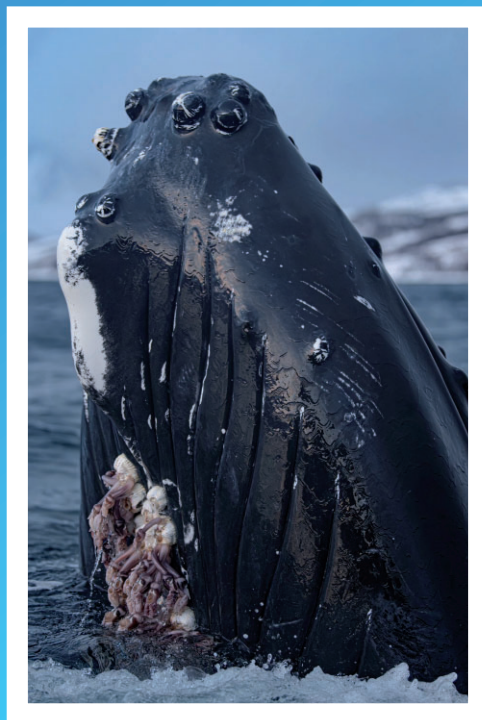


# Reference Booklet for Biology

## S6-S7 – 4 Periods



**FR**

Version 3

# Notes à inclure dans le livret de référence de biologie S6-S7 – 4 périodes

## Objet

Ce livret est conçu comme un aide-mémoire pour les élèves, afin de faciliter l'évaluation de la compréhension et de l'application des concepts à la lumière du système de notation basé sur les compétences.

Celui-ci se rapporte au programme de biologie de 4 périodes des niveaux S6 et S7 dont la référence est **2020-12-D-27 – Biology 4 Periods Syllabus – S6-S7**.

Ce livret n'est pas destiné à remplacer l'ancien recueil de documents Eurobio. C'est une aide à utiliser lors des évaluations davantage que pendant les cours en classe.

## Autorisation d'utilisation

Ce livret est destiné à tous les élèves de S6 et S7 du cours de biologie de 4 périodes, tout au long de leurs 2 années de cet enseignement.

Il est recommandé aux enseignants de parcourir ce document en classe afin de familiariser les élèves avec ses contenus et aspect graphiques, en signalant les points où cet aspect graphique diffère de celui utilisé en classe.

Les élèves sont autorisés à utiliser le livret pour toutes les évaluations et tous les examens.

Des copies en couleur seront distribuées à tous les élèves pour tous les examens de biologie en S6 et S7, y compris les examens de pré-bac et les examens écrits et oraux du Baccalauréat européen.

## **Acknowledgements**

Most of the diagrams in this booklet have been adapted from Eurobio (©Schola Europea) and were drawn by Dr Steven Weinberg. Some of the diagrams were drawn by John Watson.

A few of the small images in the Geological Record were adapted from other sources shown below.

Humans (Neogene):

<https://commonslibrary.org/standing-in-solidarity-with-people-of-colour/>

Flower (Cretaceous): Nature Open Access, Creative Commons:

<https://www.nature.com/articles/ncomms16047>

Archaeopteryx (Jurassic):

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Archaeopteryx\\_lithographica.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Archaeopteryx_lithographica.JPG)

Lystrosaurus (Triassic): <https://en.wikipedia.org/wiki/Triassic>

Cycas sp. (Triassic): Cycas [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cycus\\_tici.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cycus_tici.jpg)

Cone (Permian): <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gymnospermae.jpg>

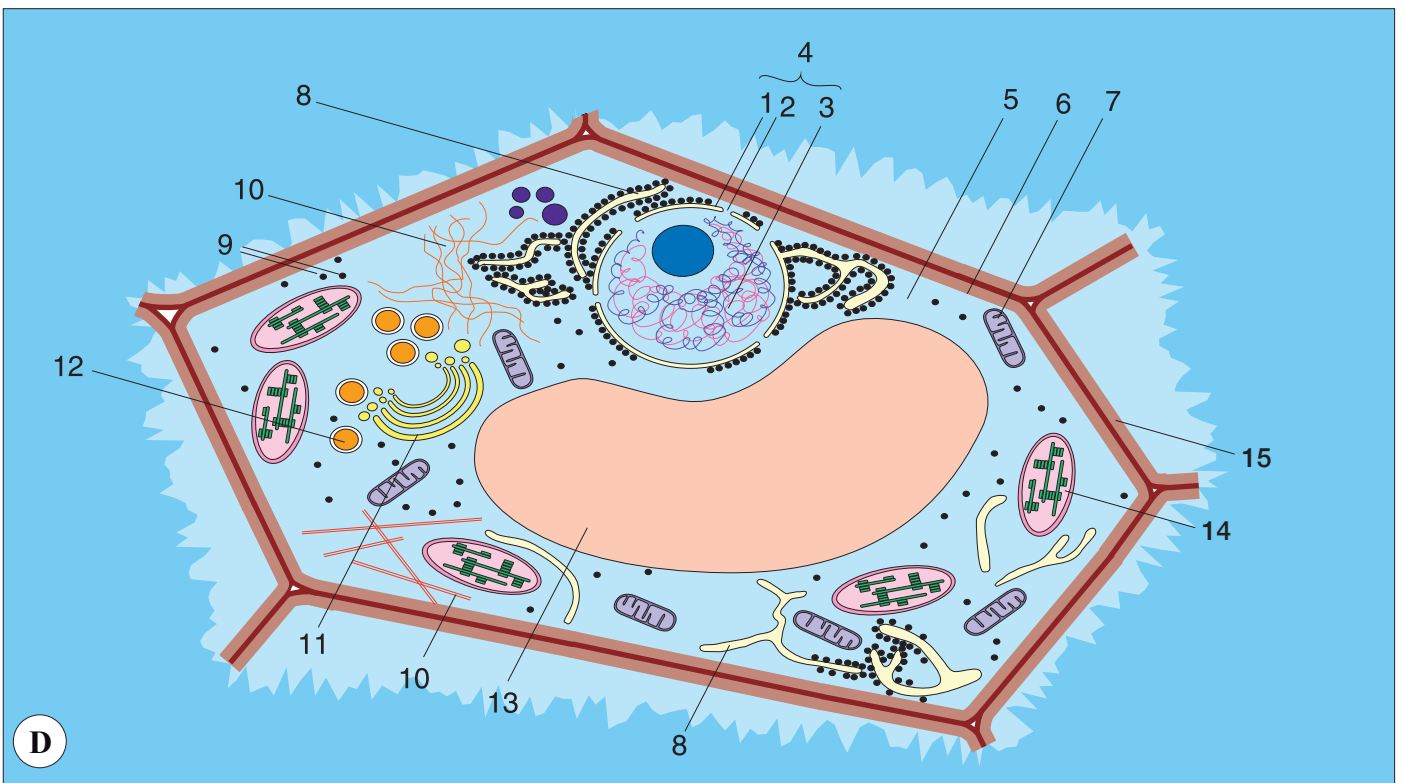
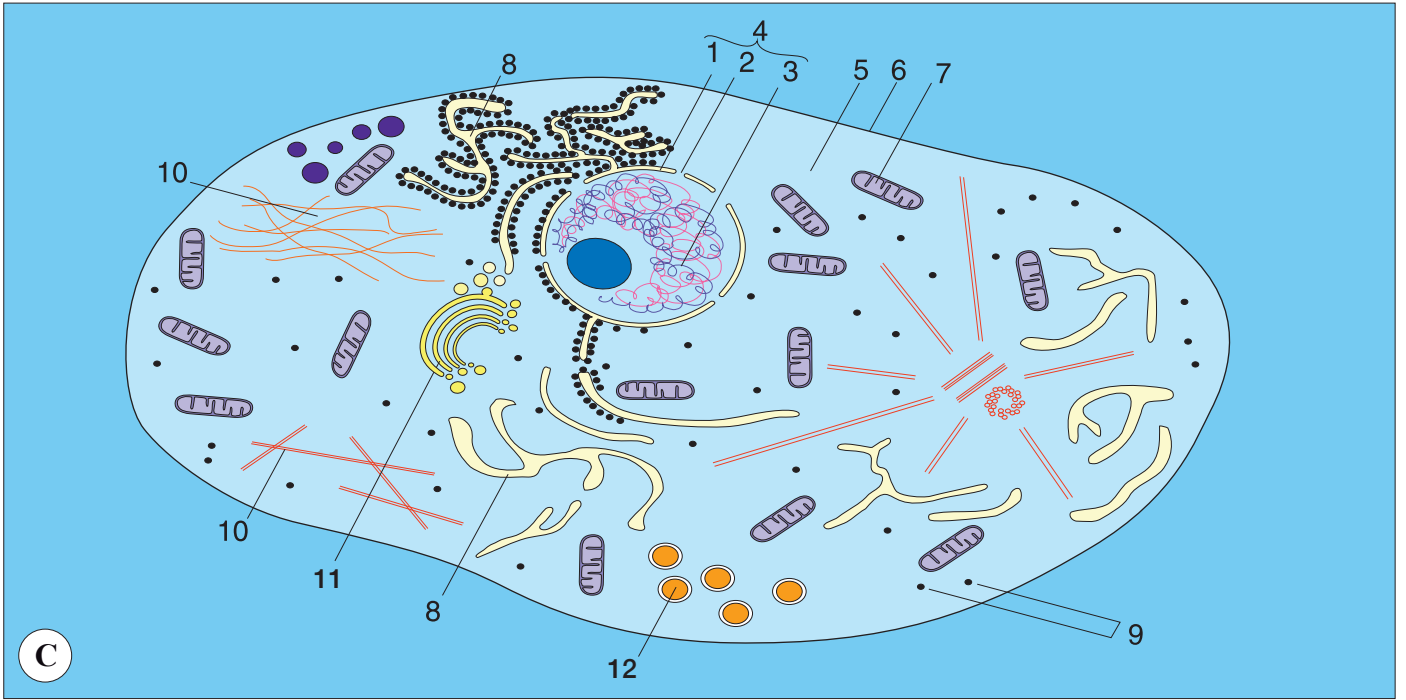
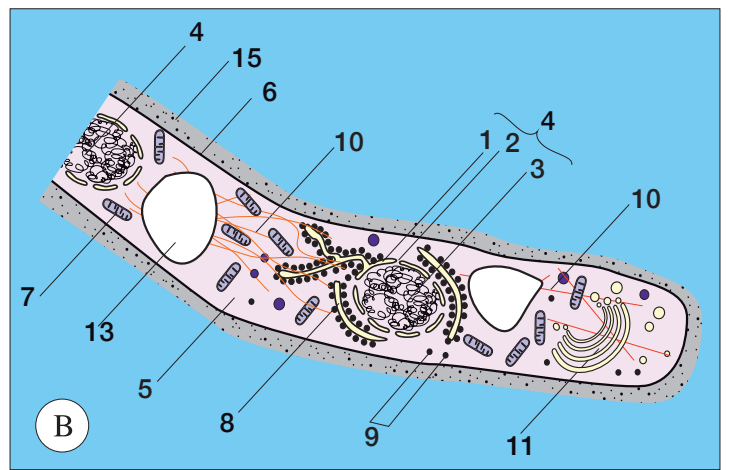
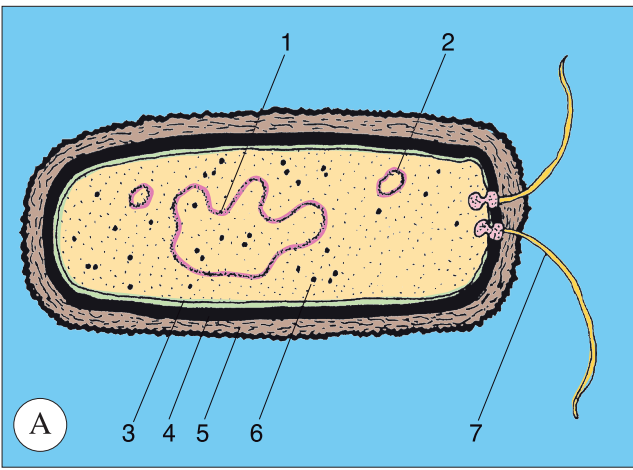
Lepidodendron (Carboniferous):

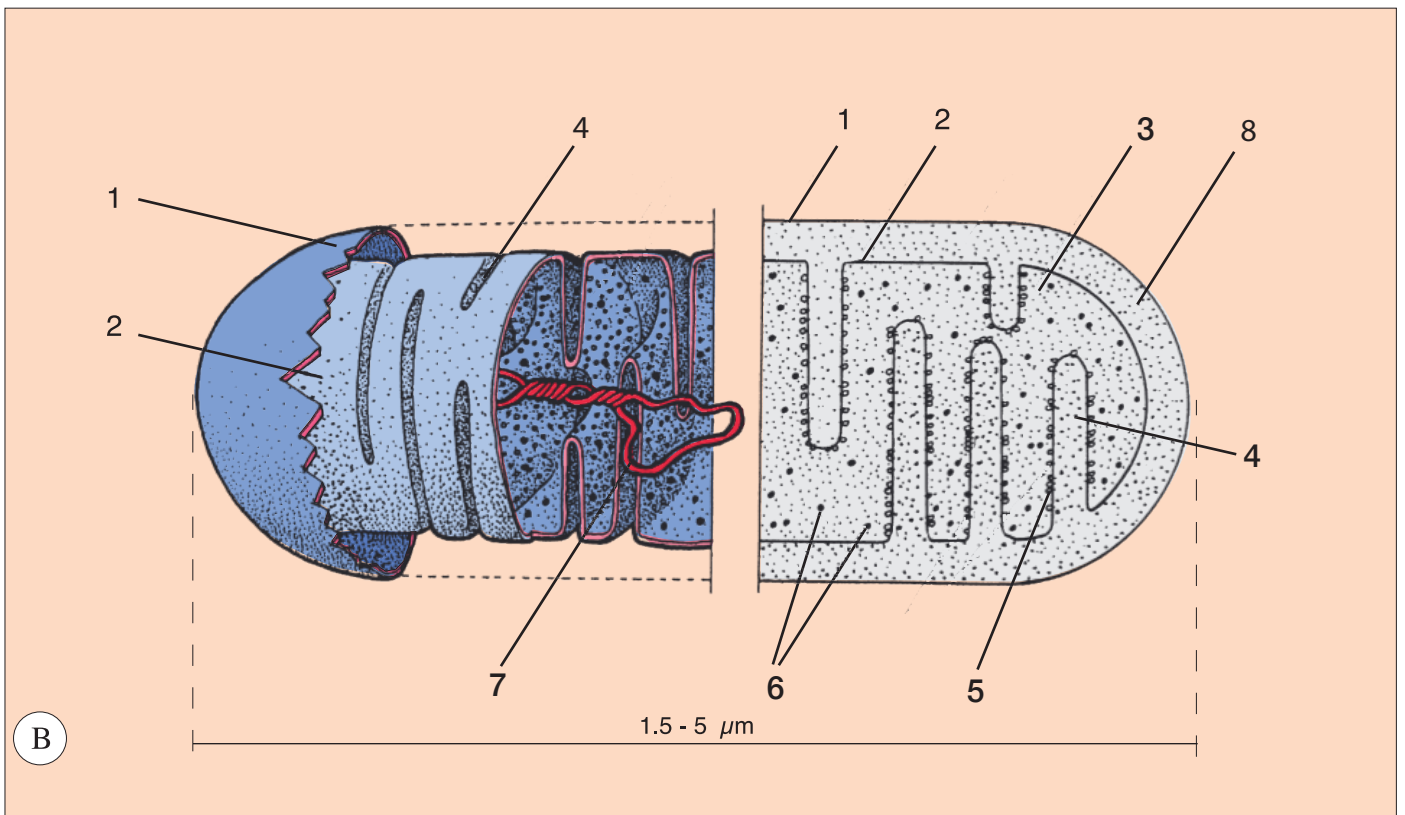
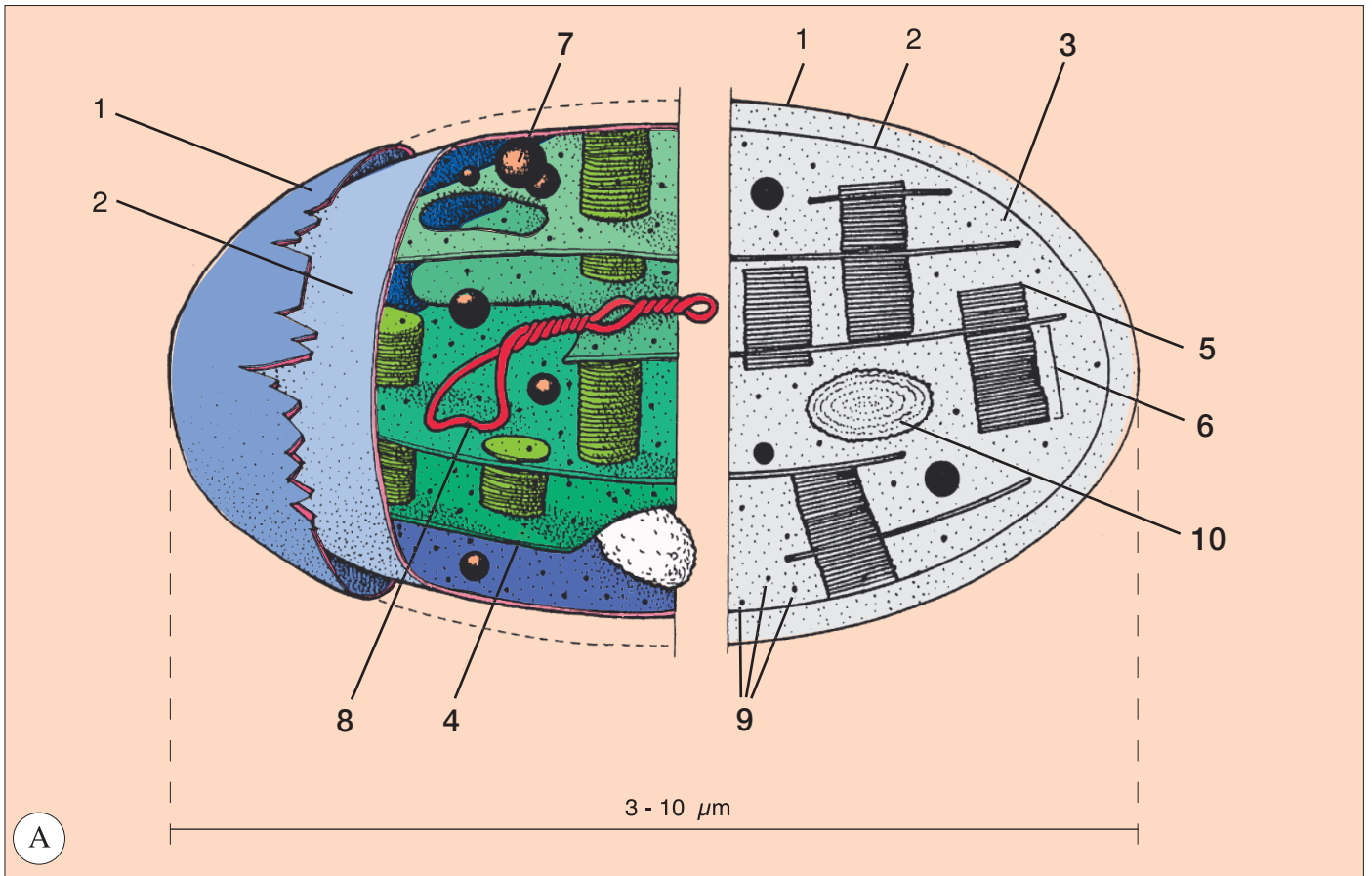
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lepidodendron.png>

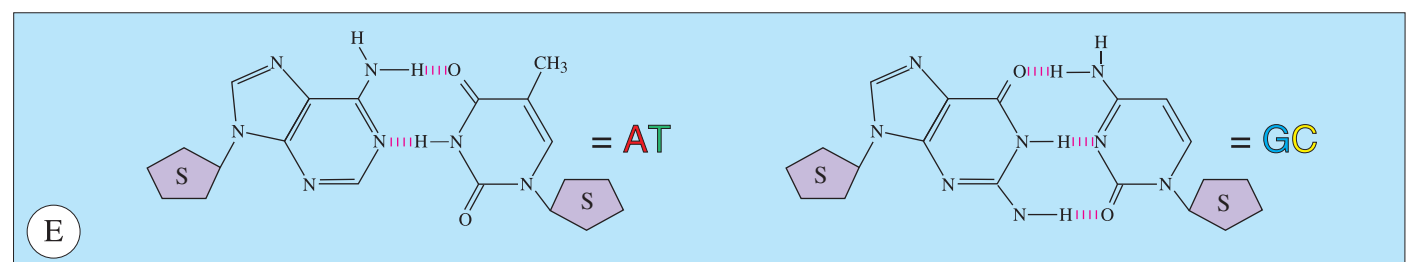
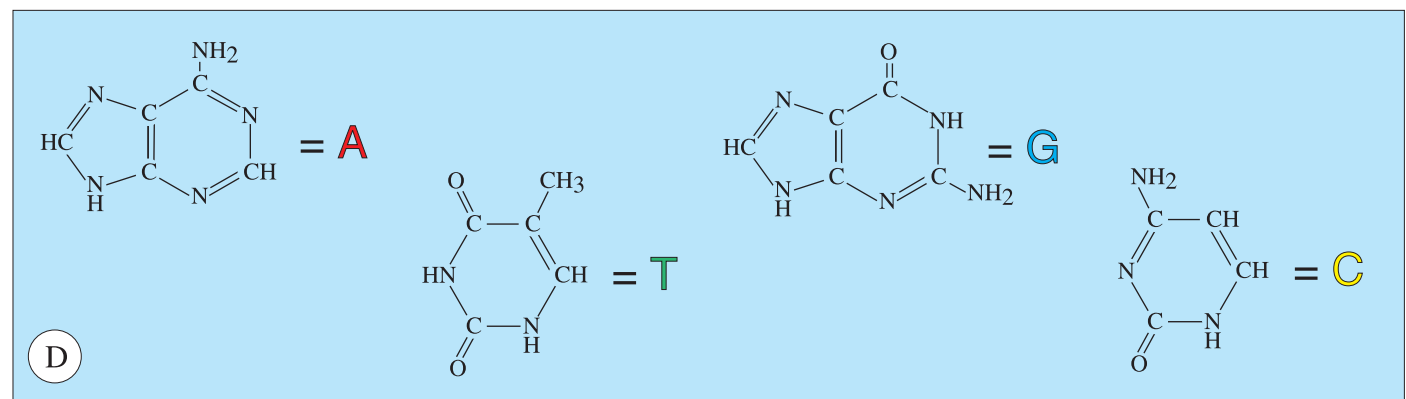
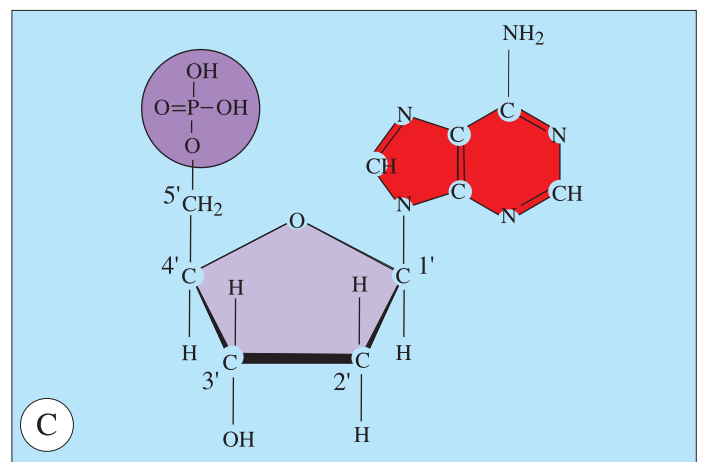
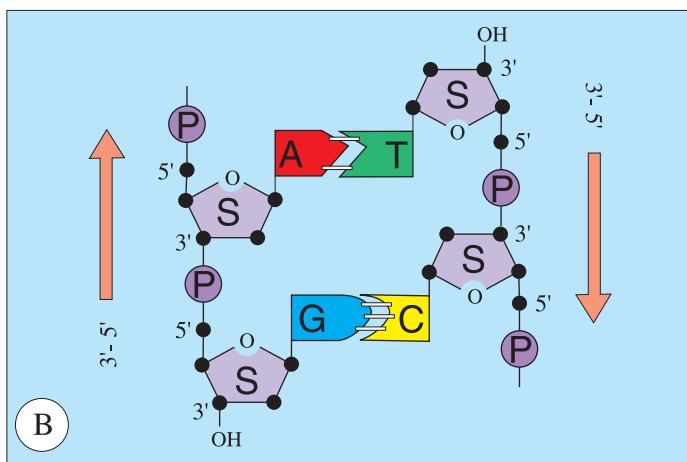
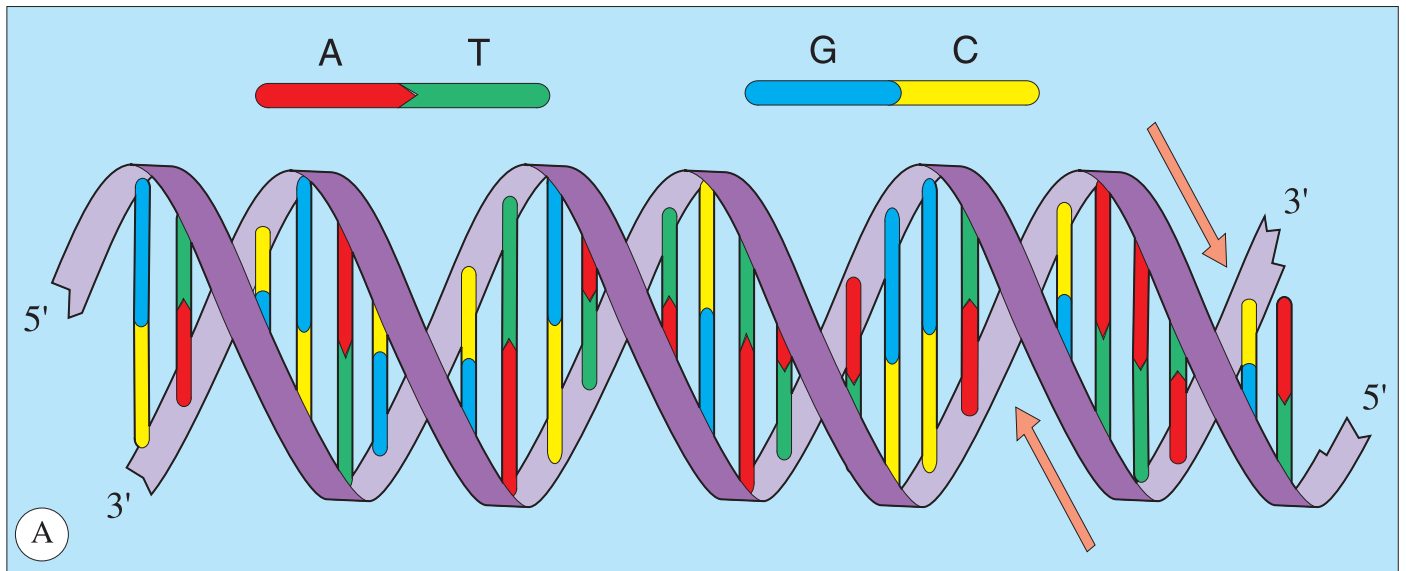
Meganeura (Carboniferous): <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Meganeura.jpg>

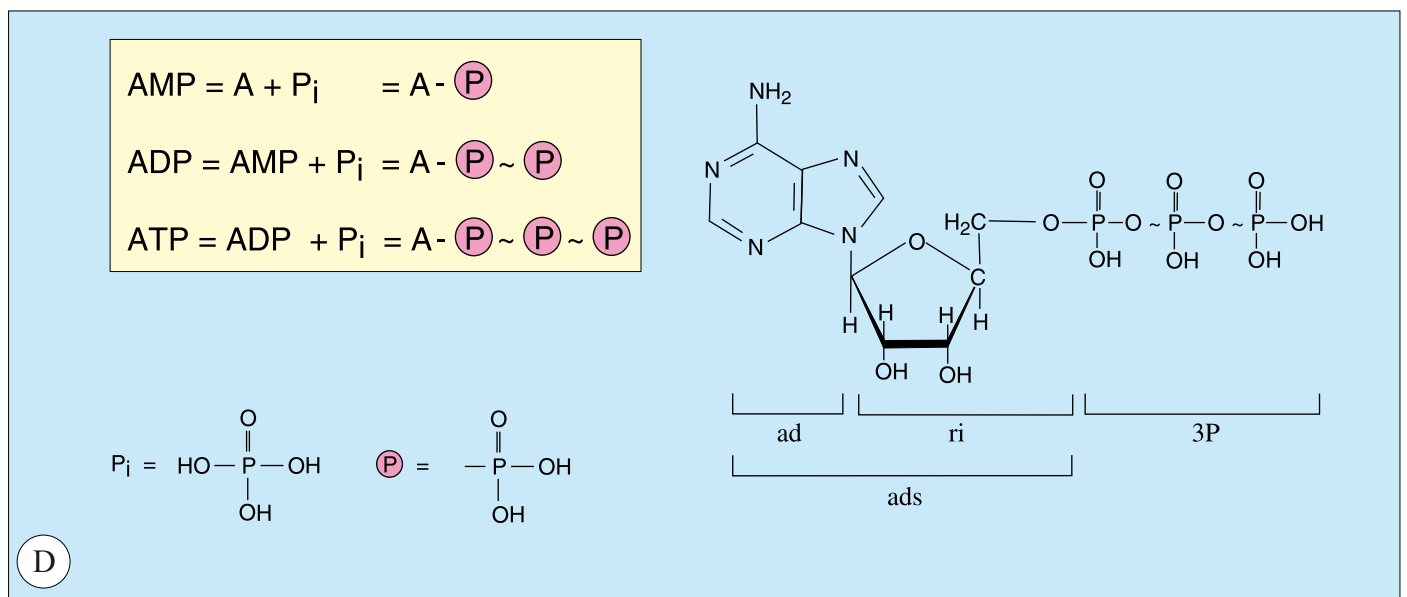
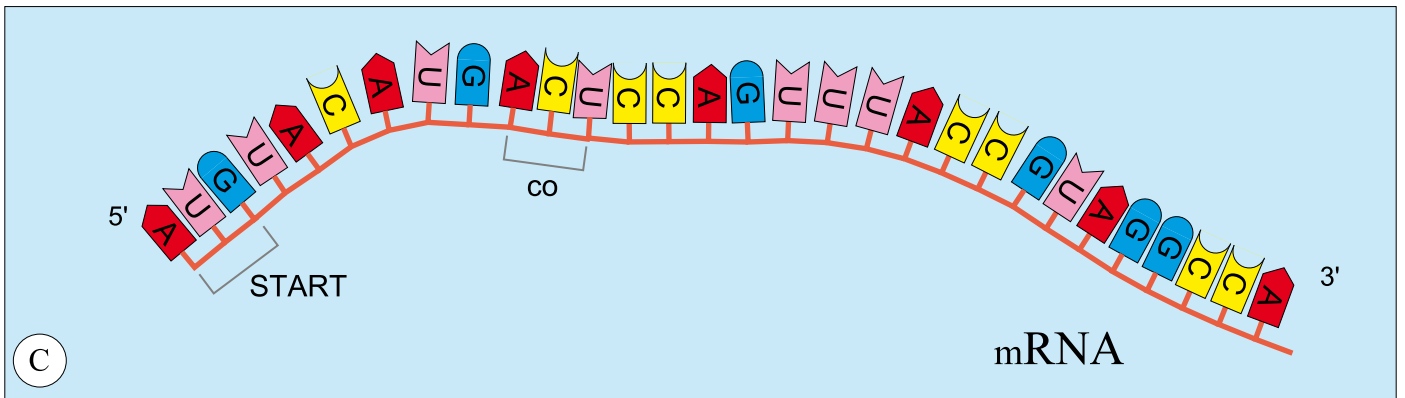
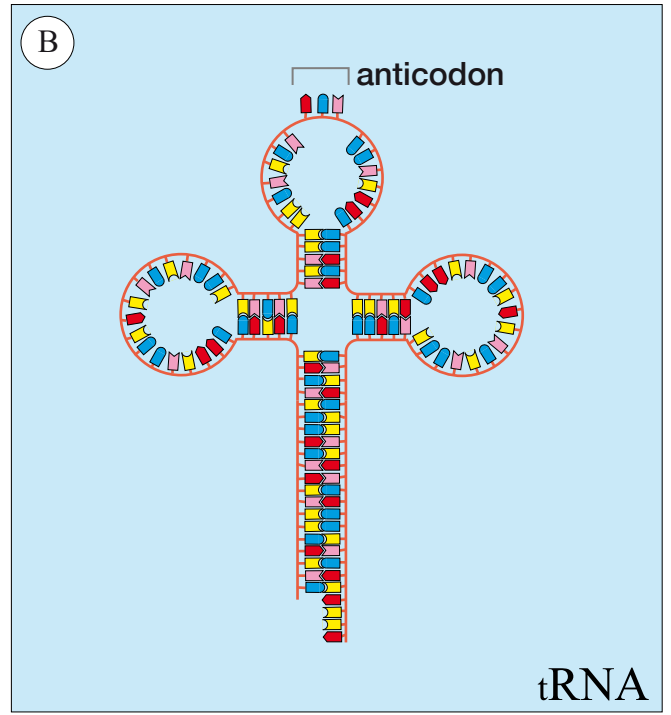
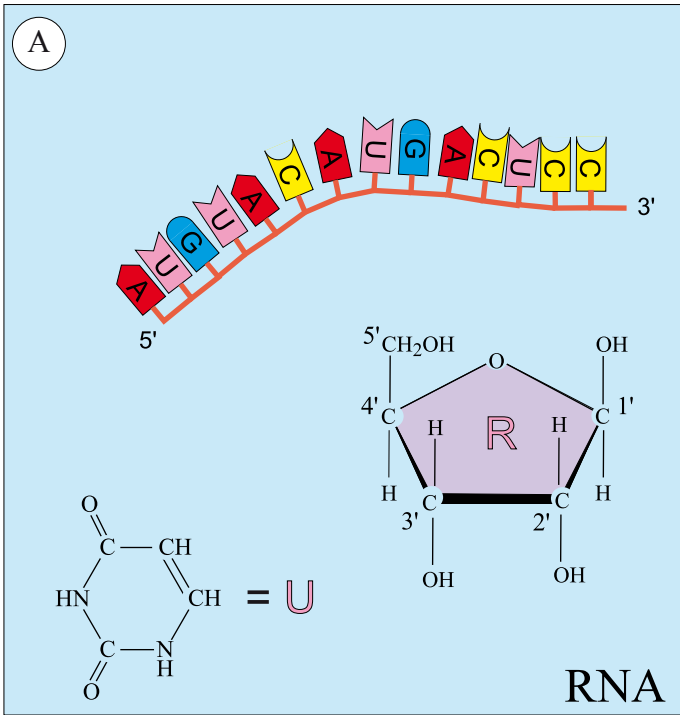
Archaeognatha (Devonian): <https://bugguide.net/user/view/7>

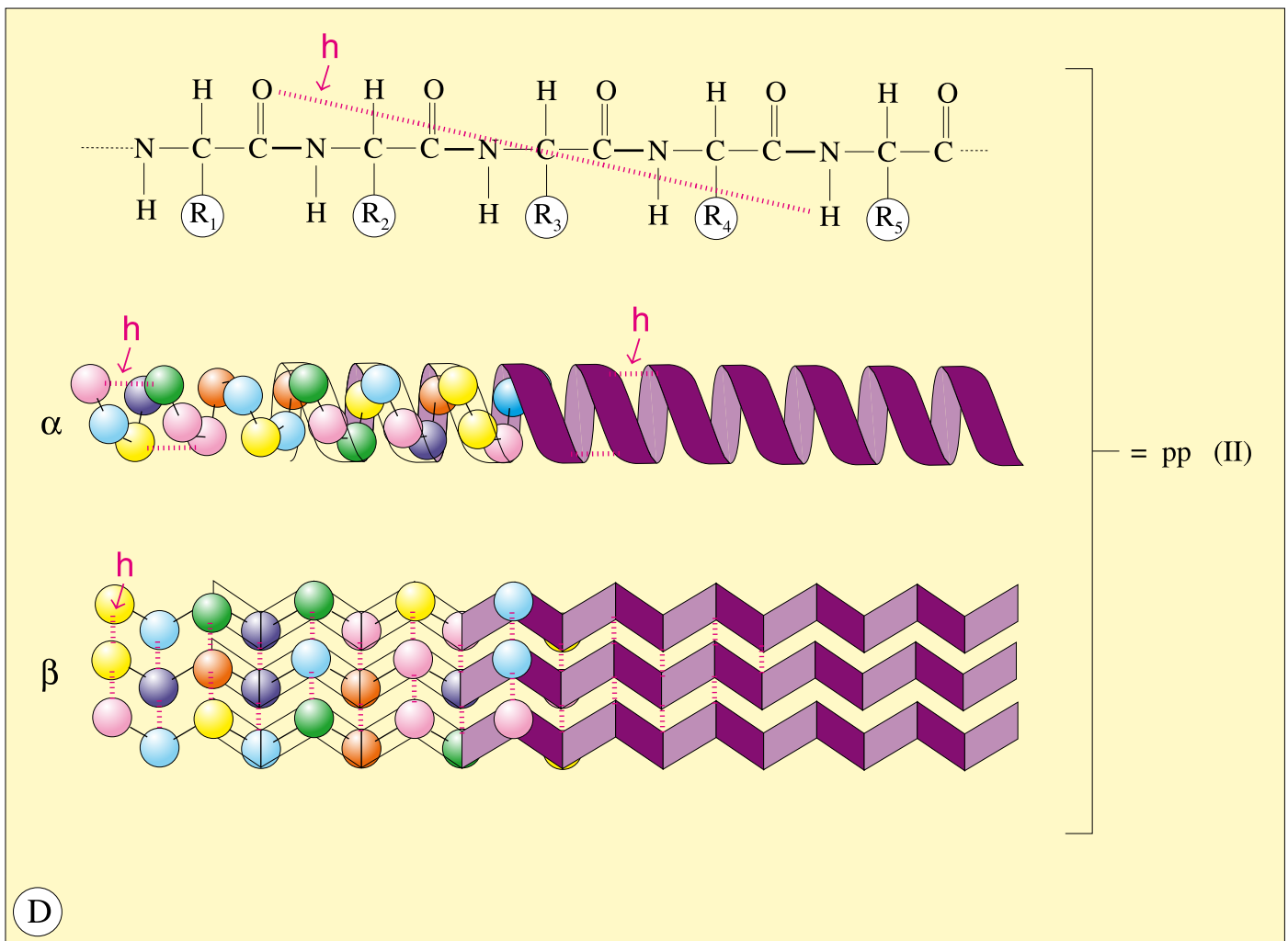
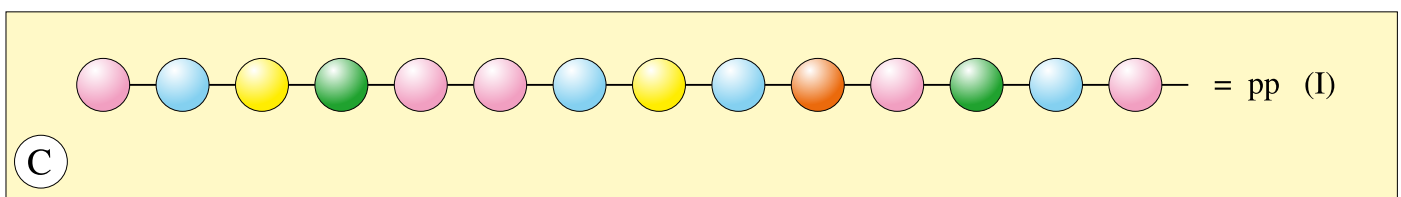
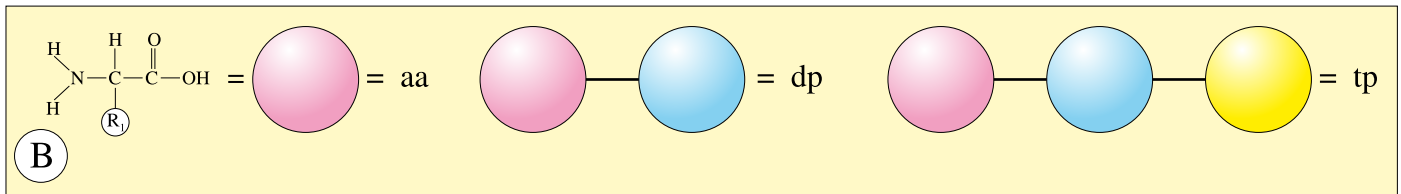
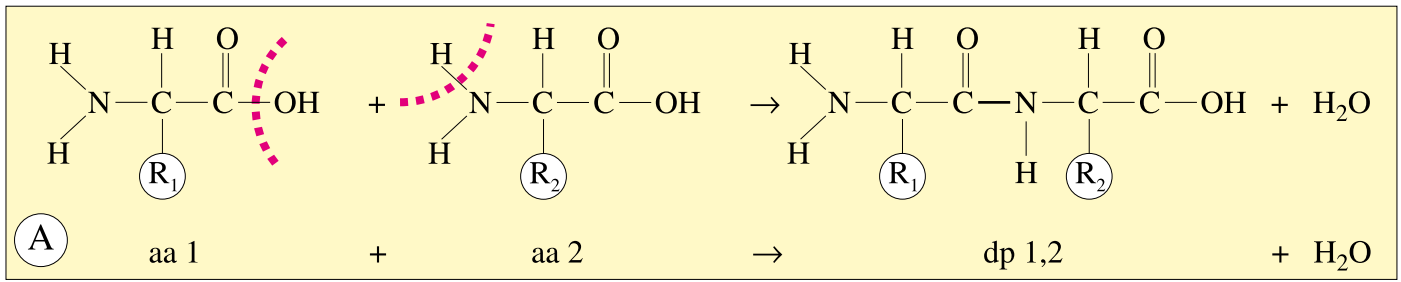
Cooksonia (Silurian): <https://en.wikipedia.org/wiki/Cooksonia>



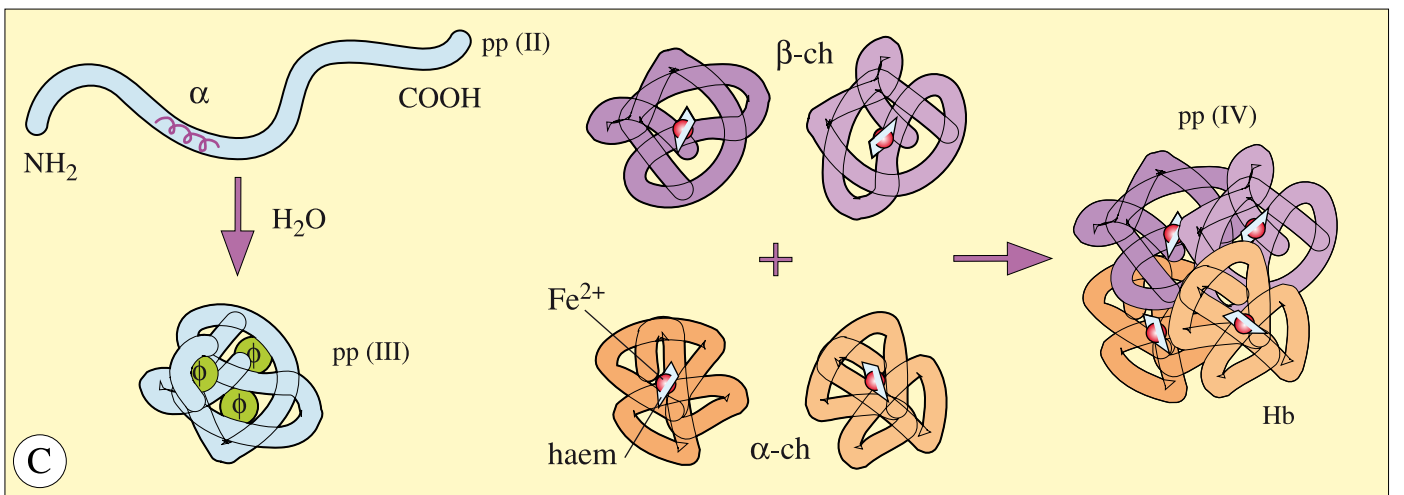
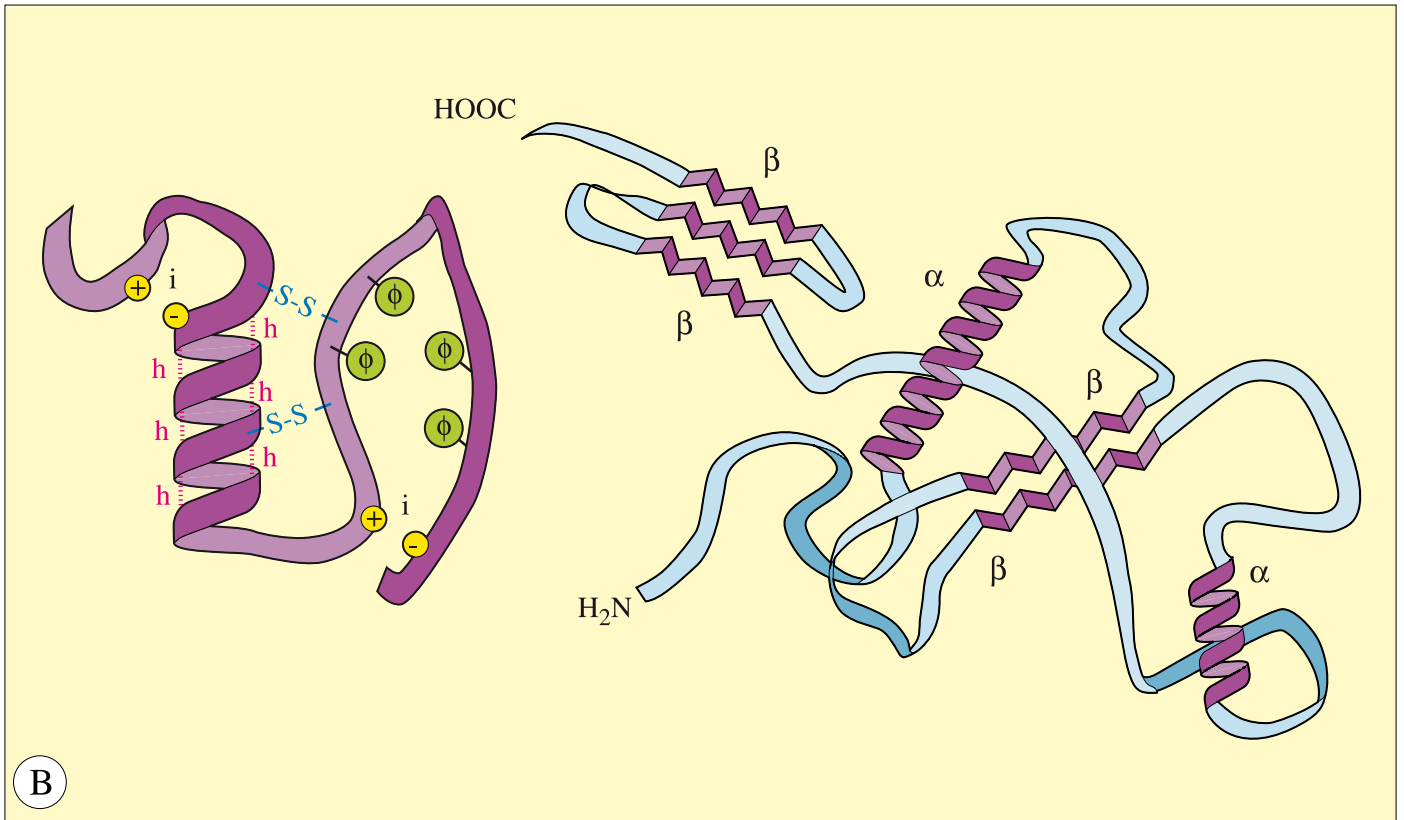
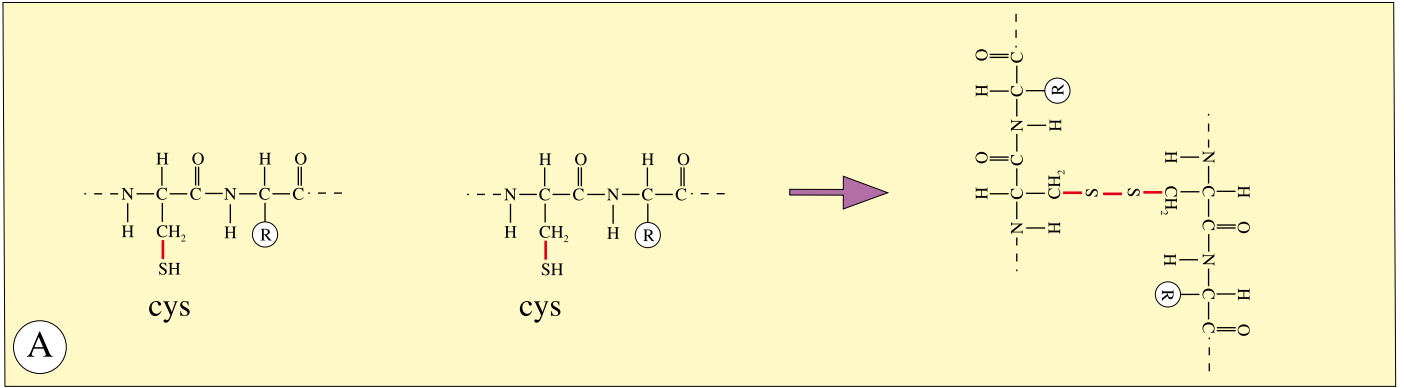


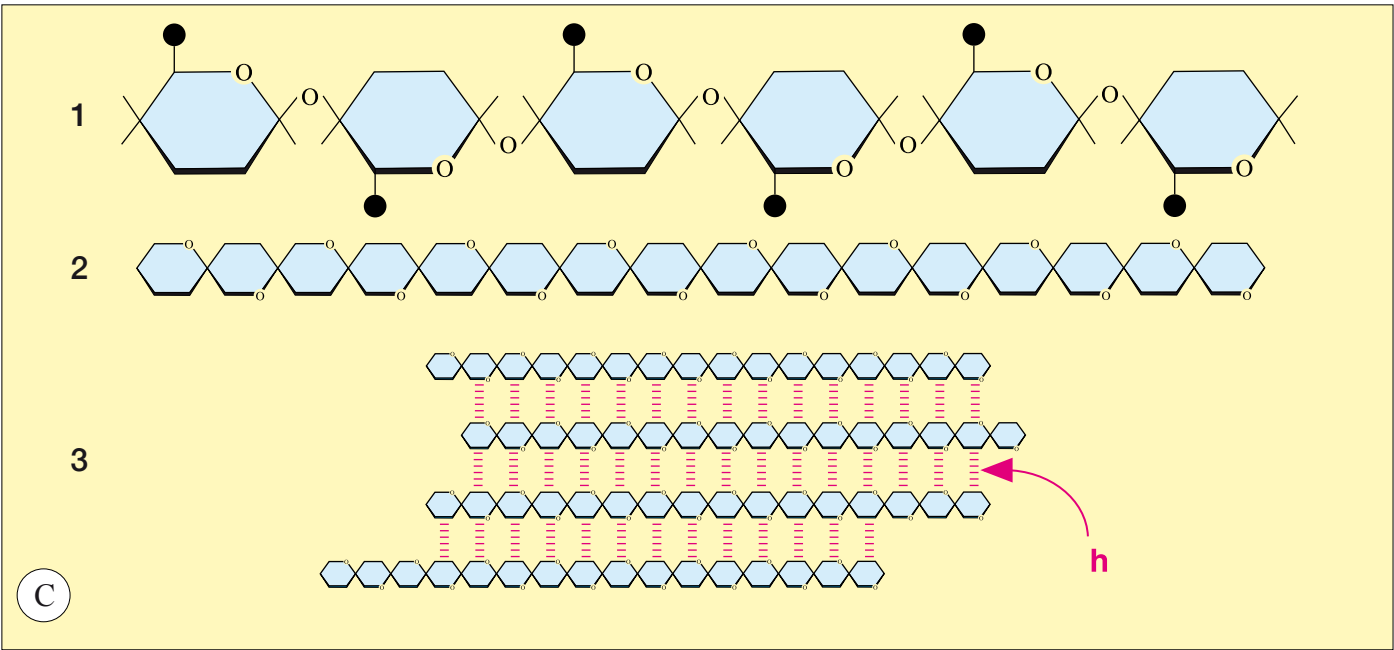
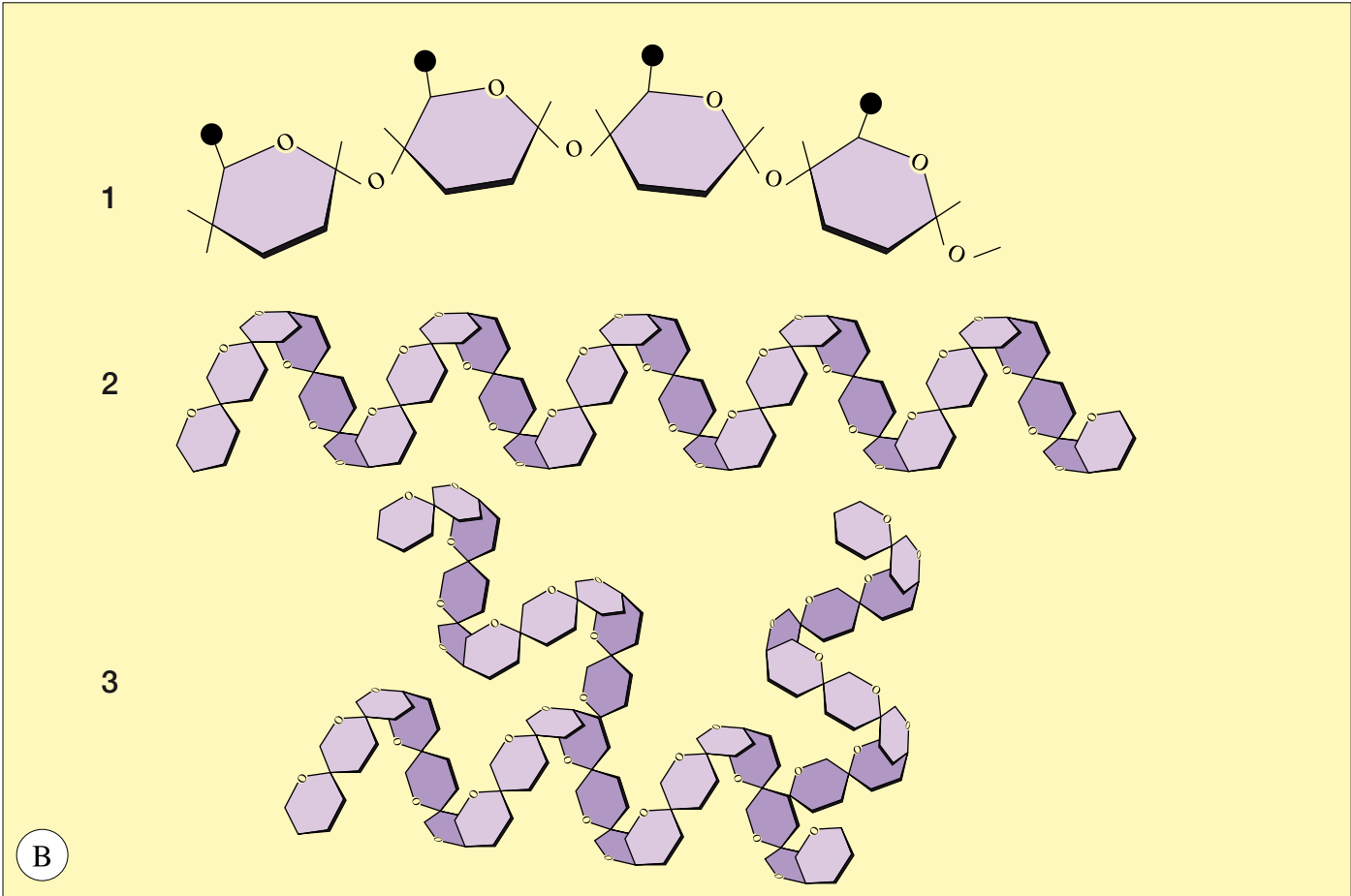
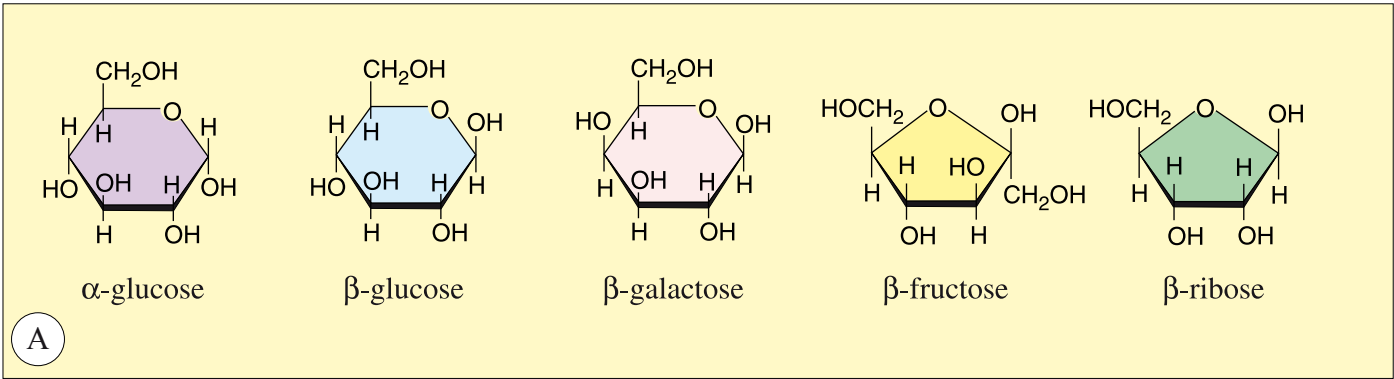


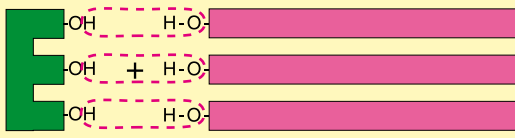
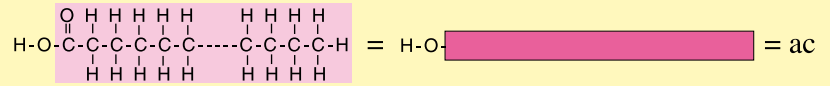
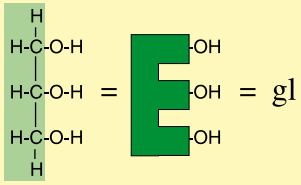




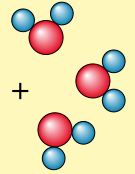
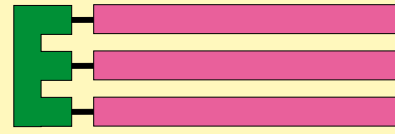








→



1 gl +

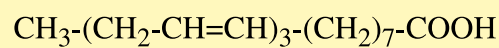
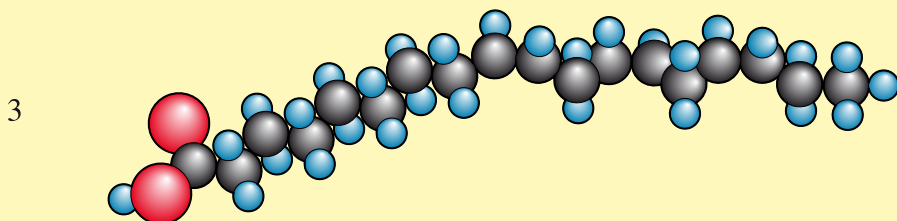
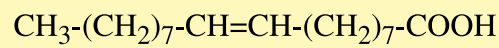
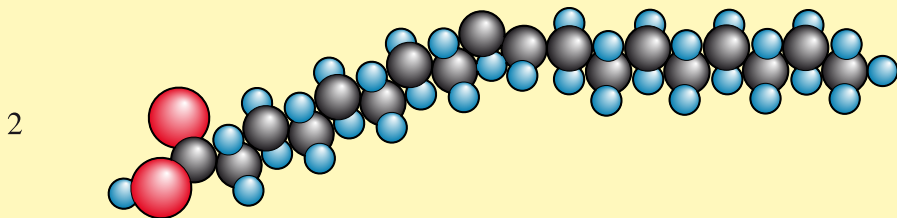
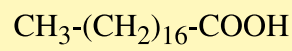
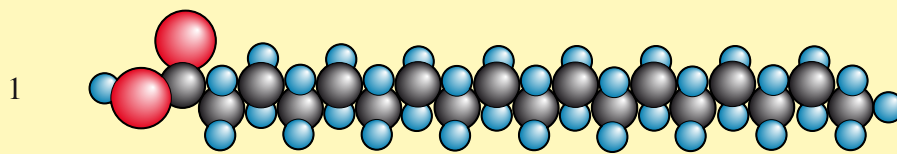
3 ac

→

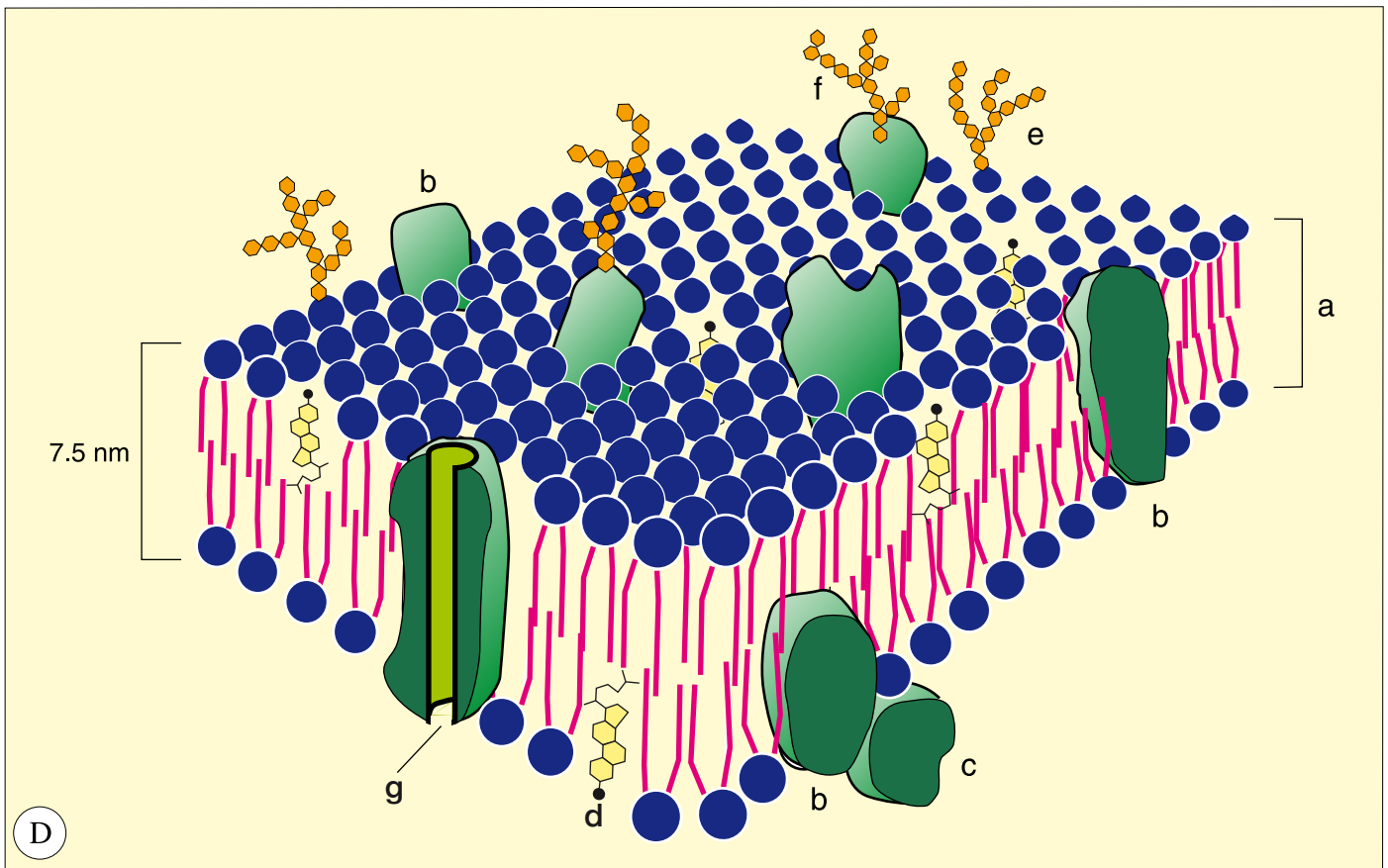
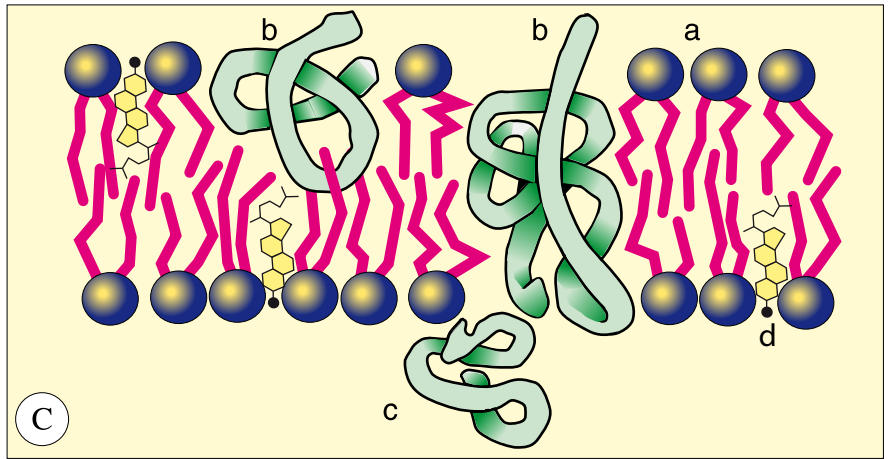
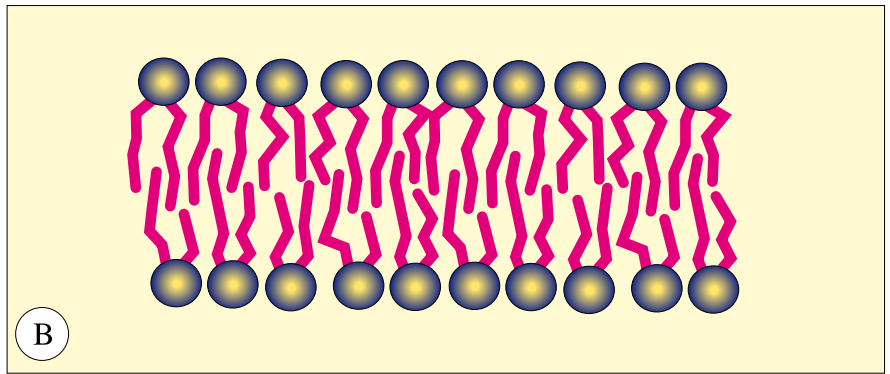
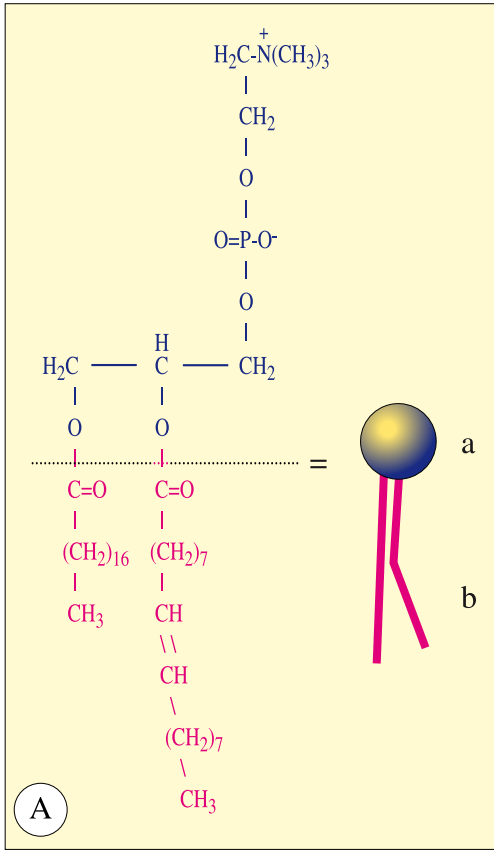
1 trg

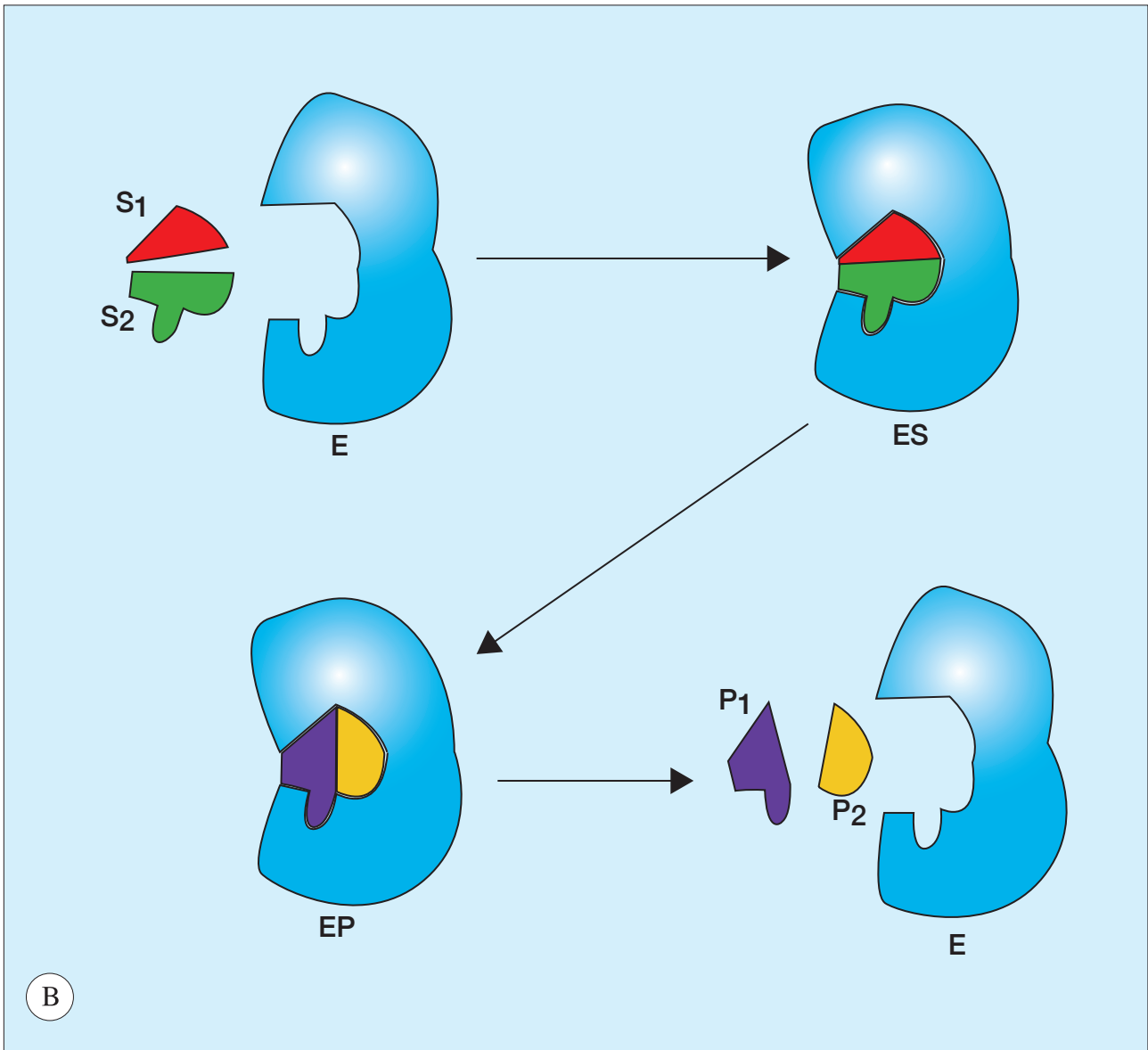
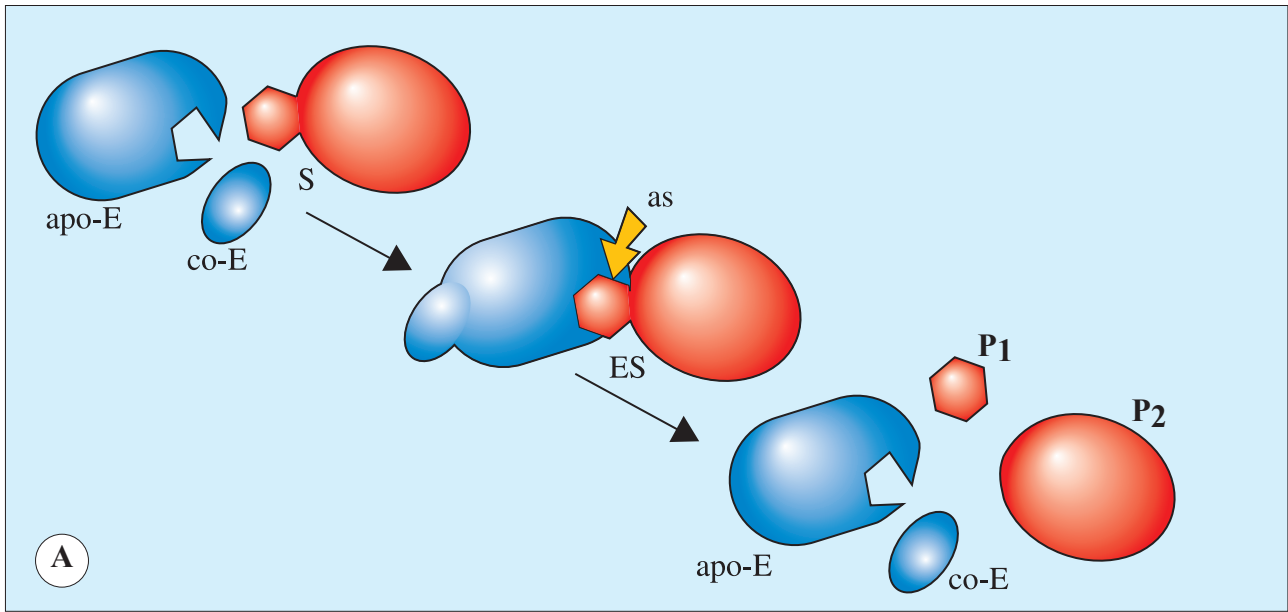
+ 3 H<sub>2</sub>O

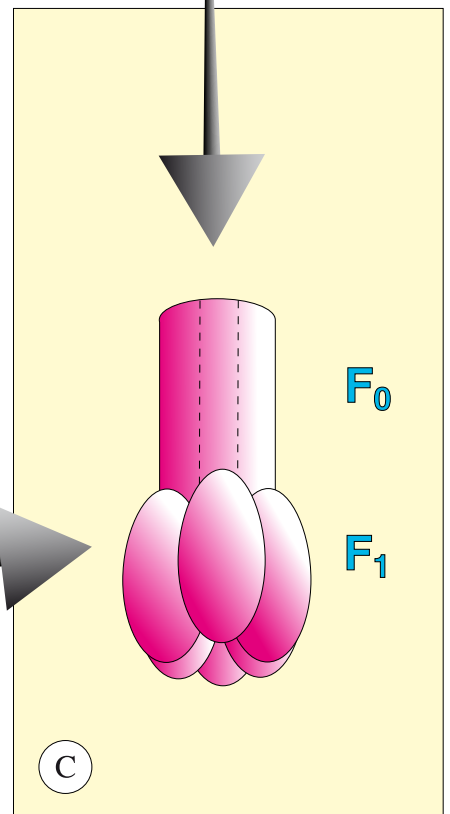
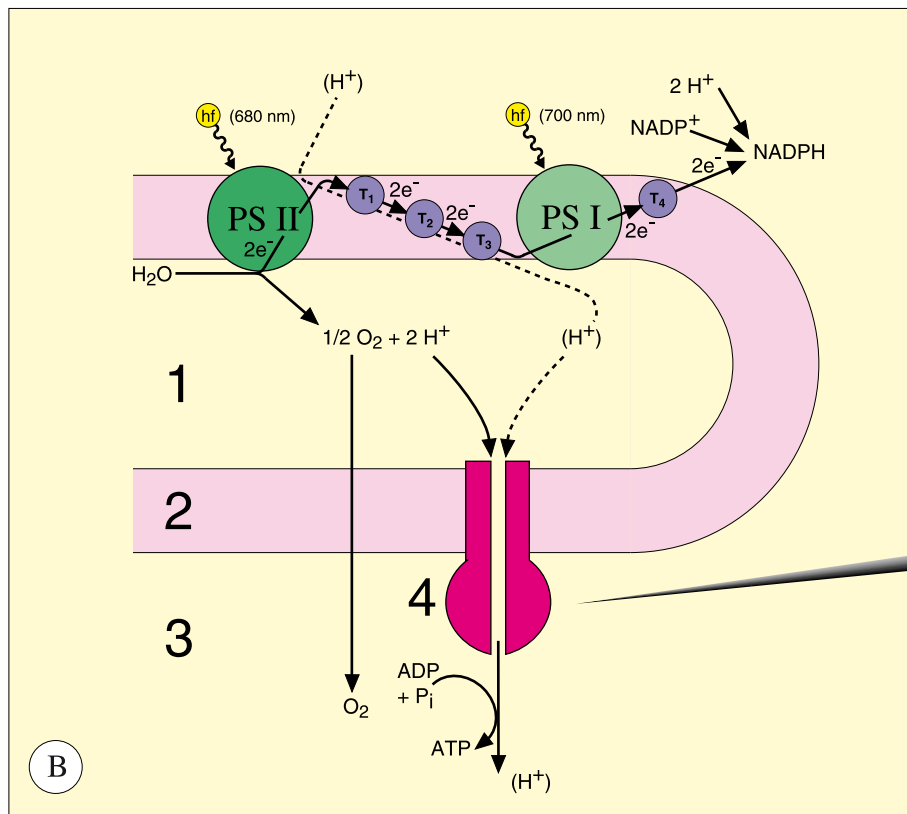
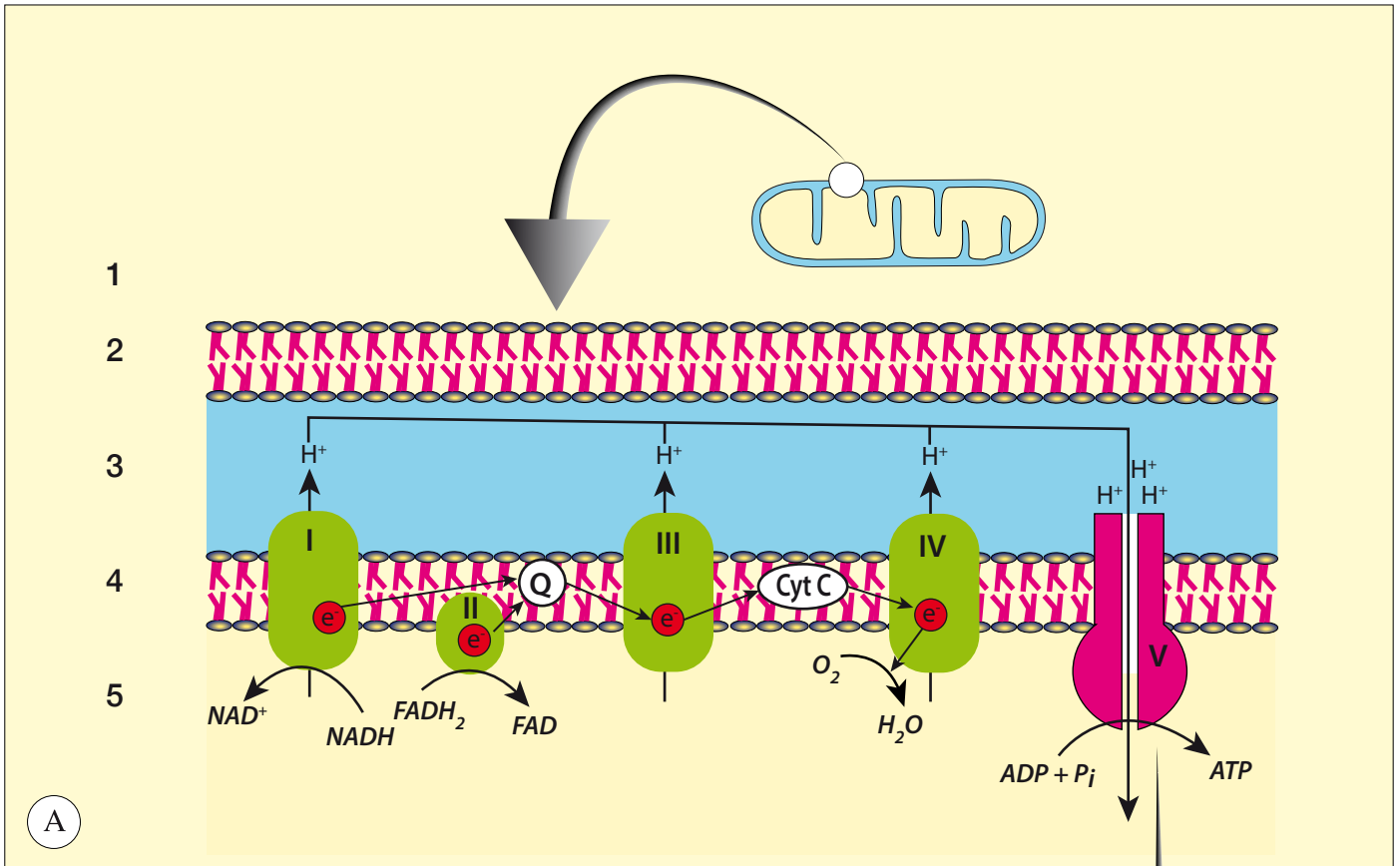
A

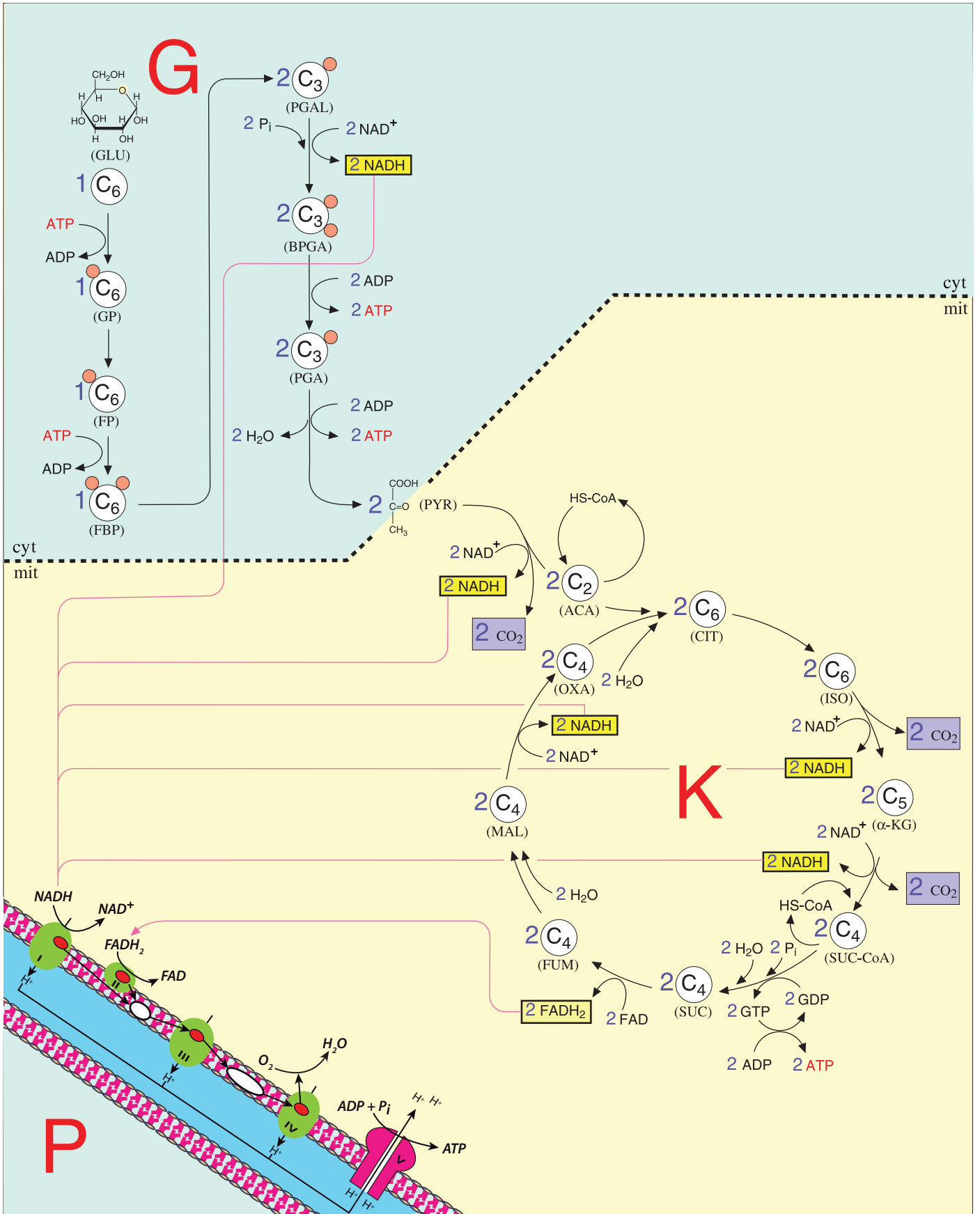


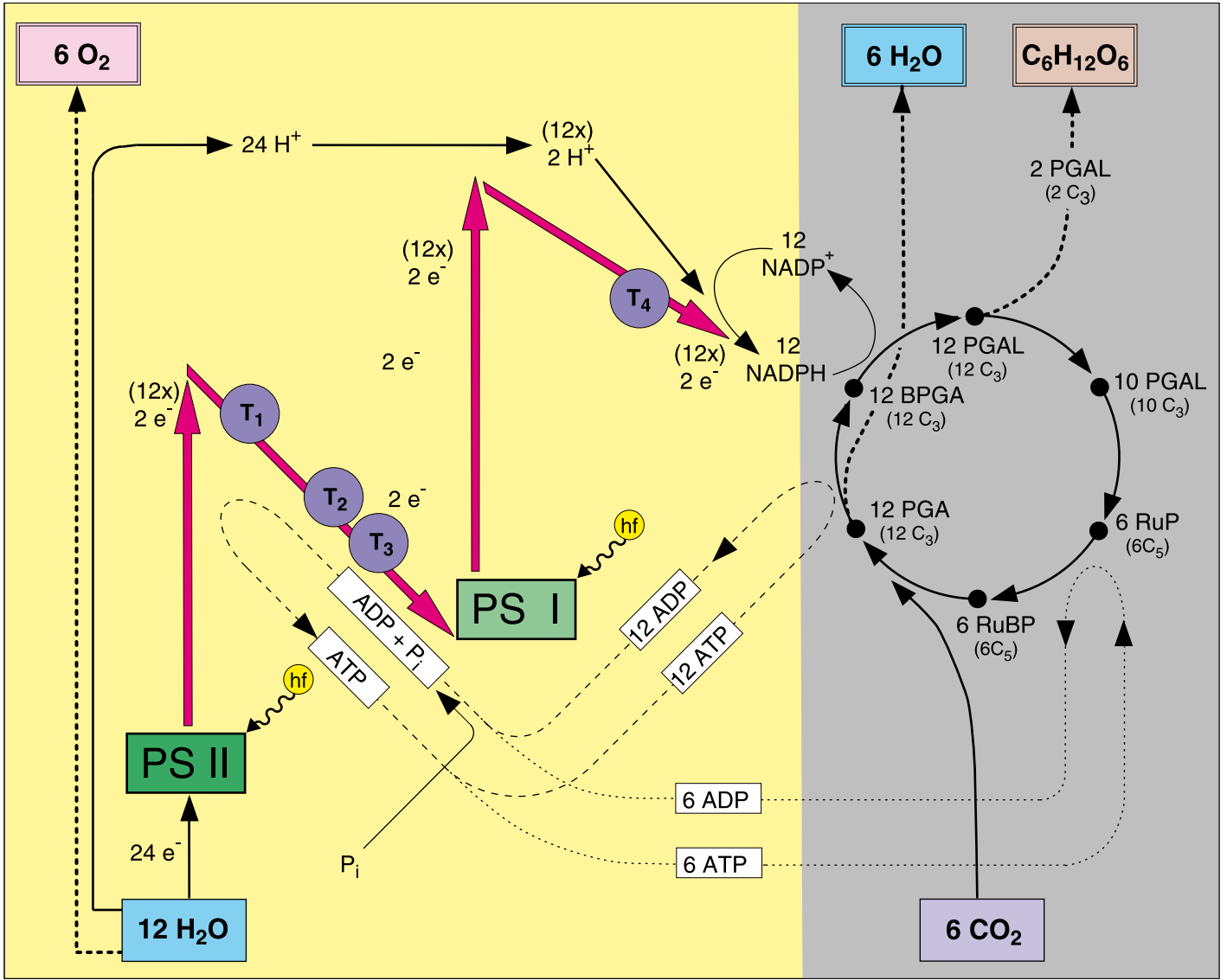
B



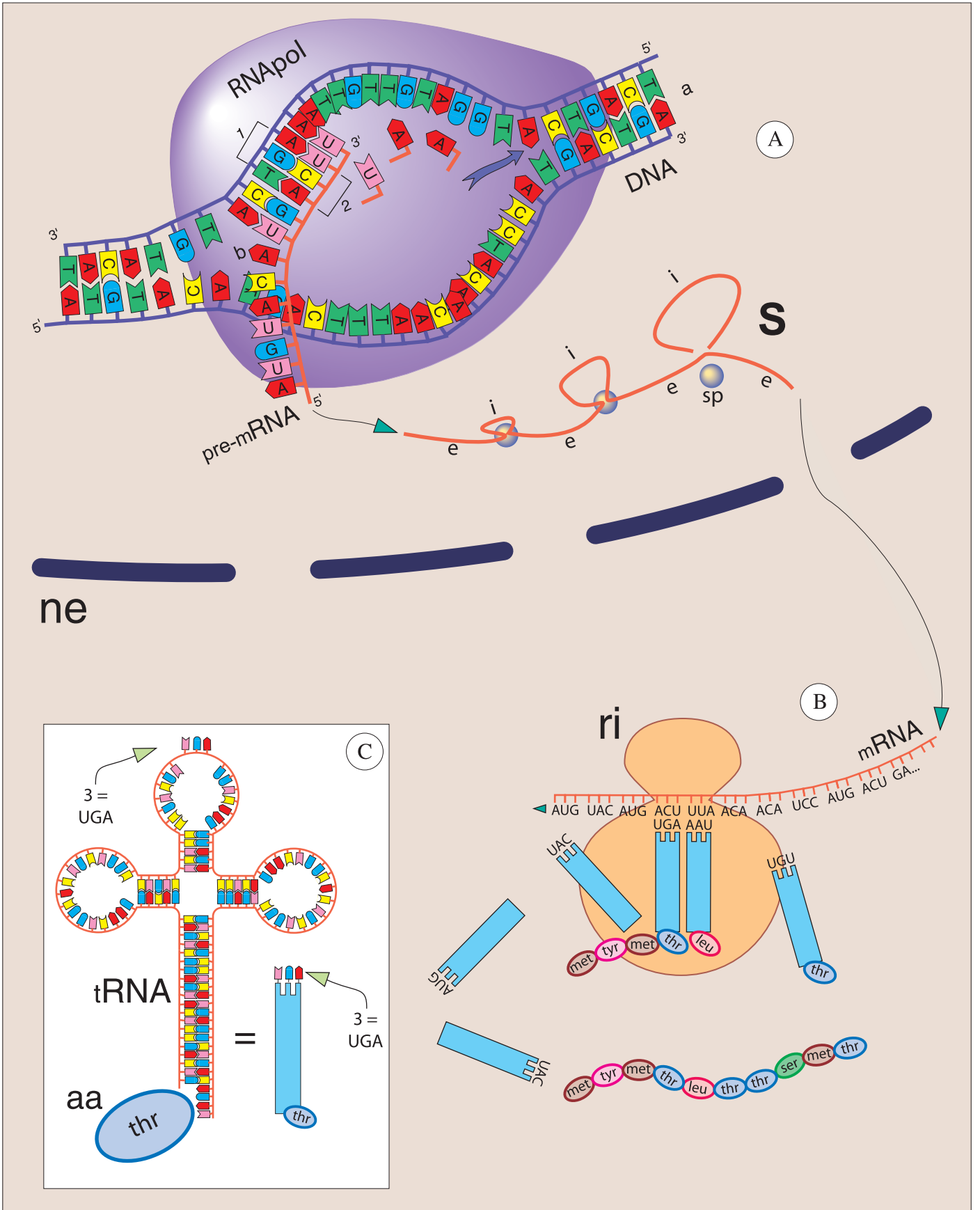


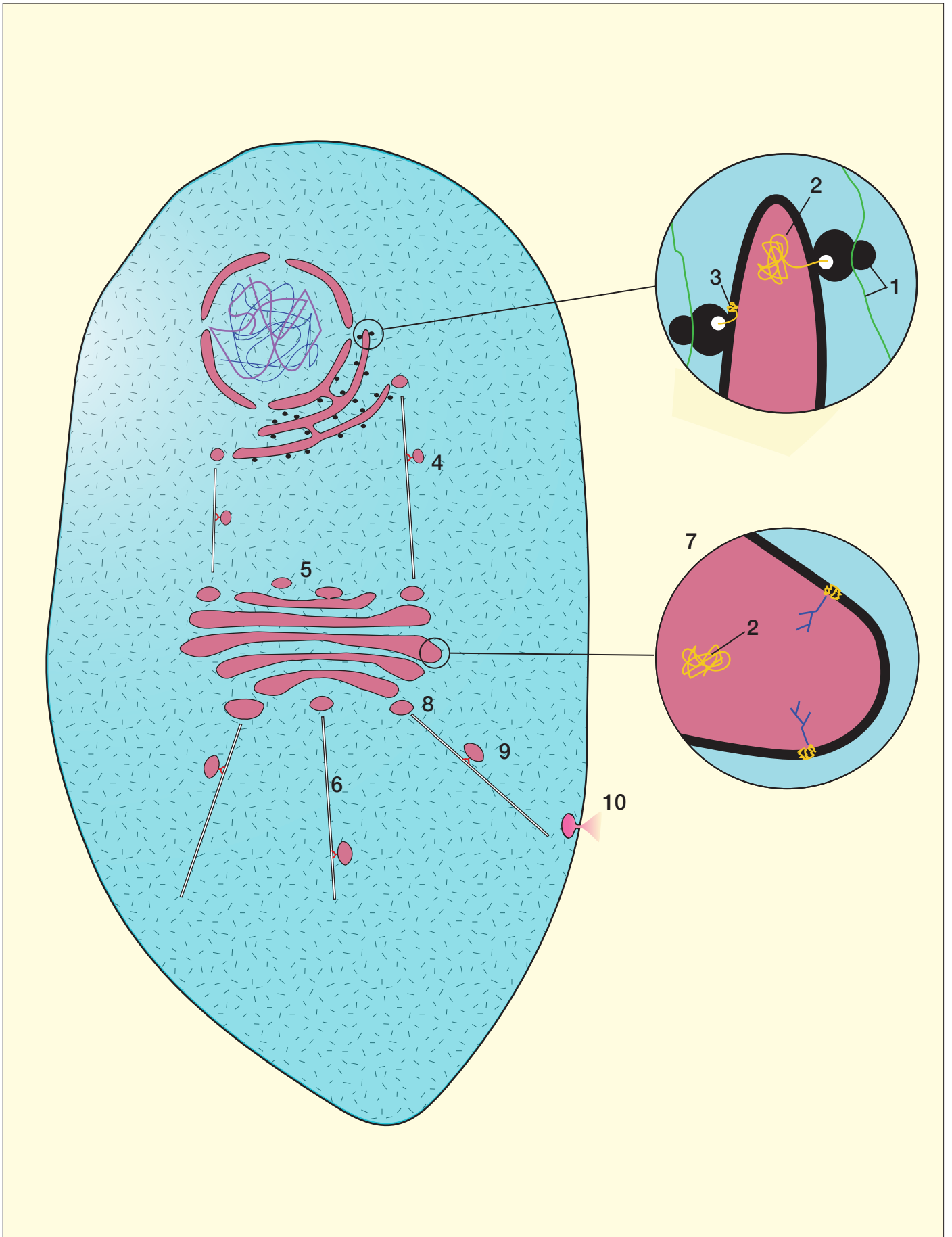






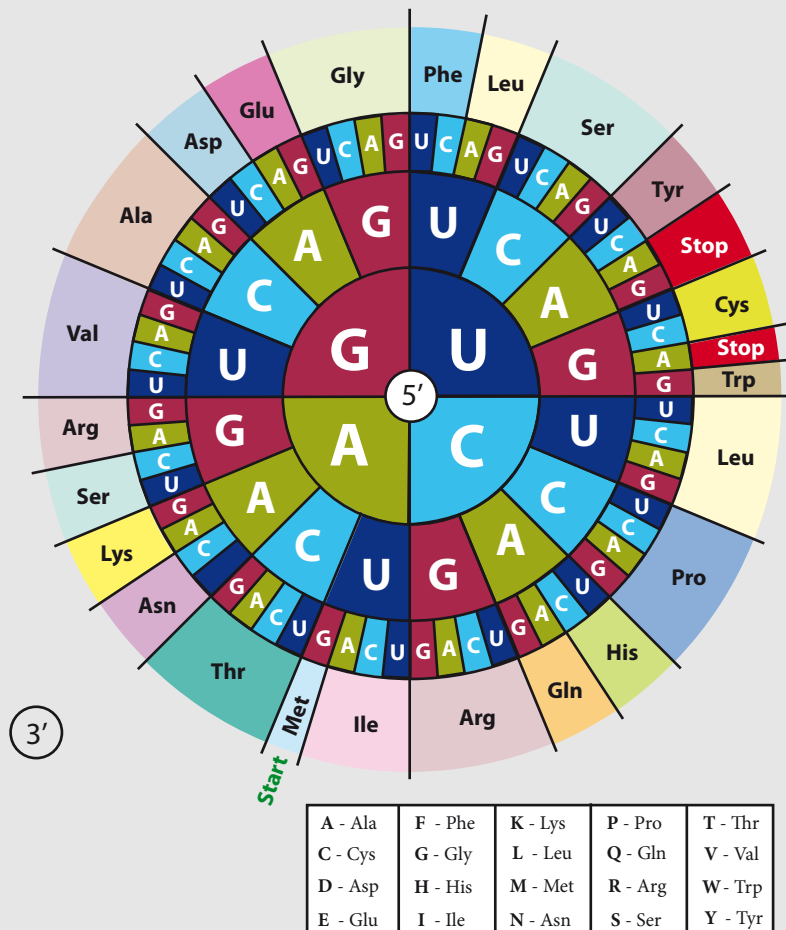


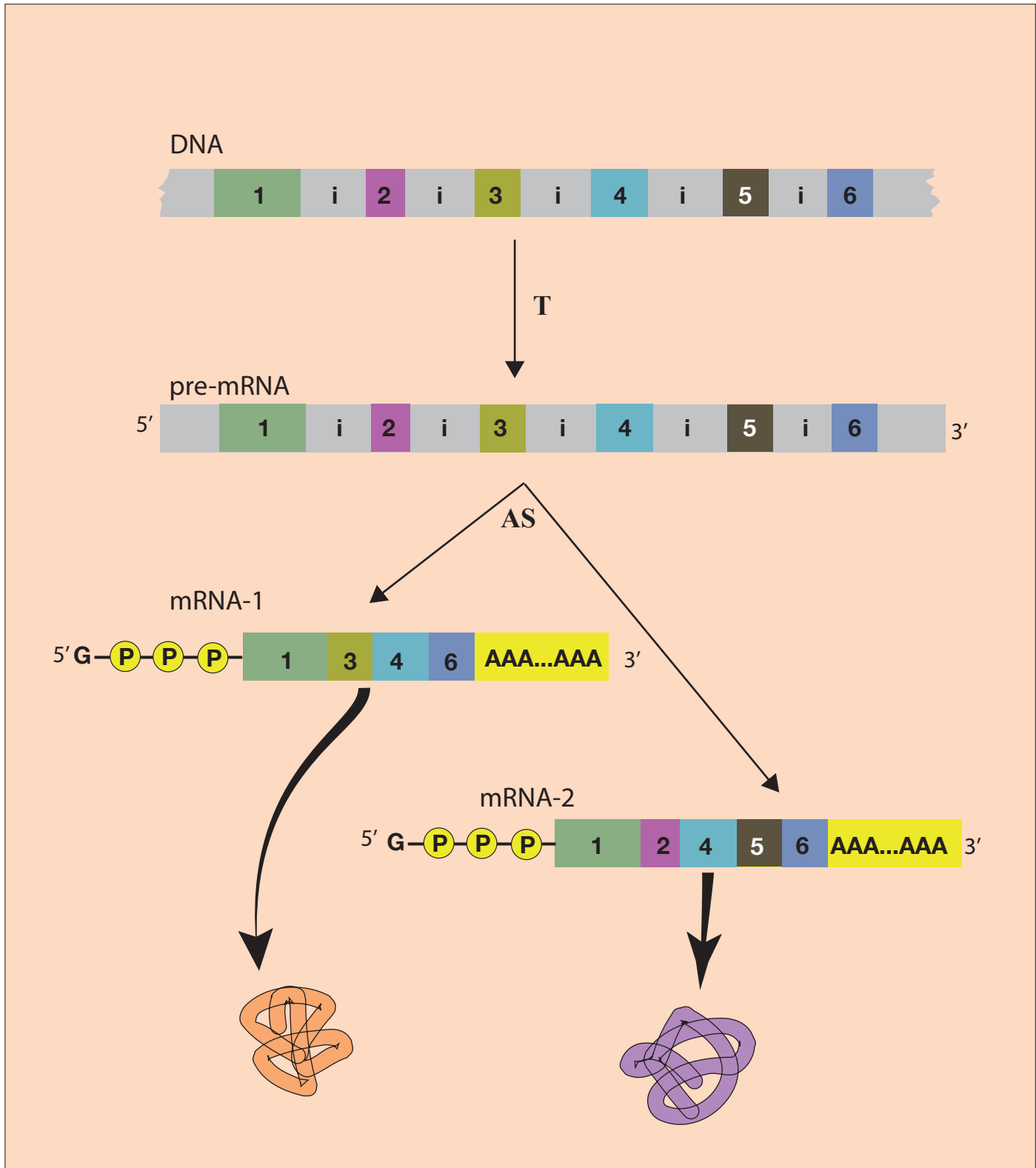


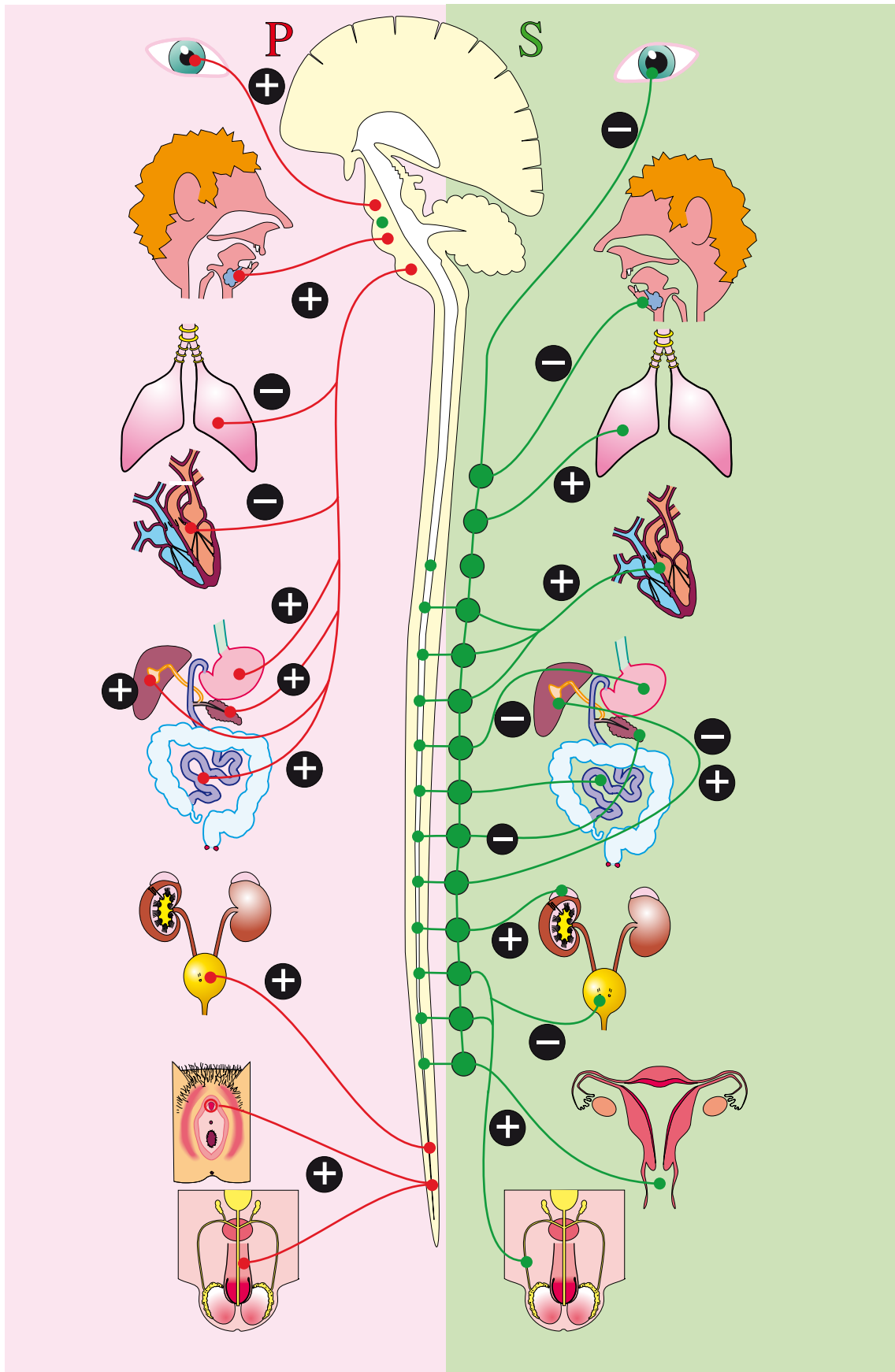


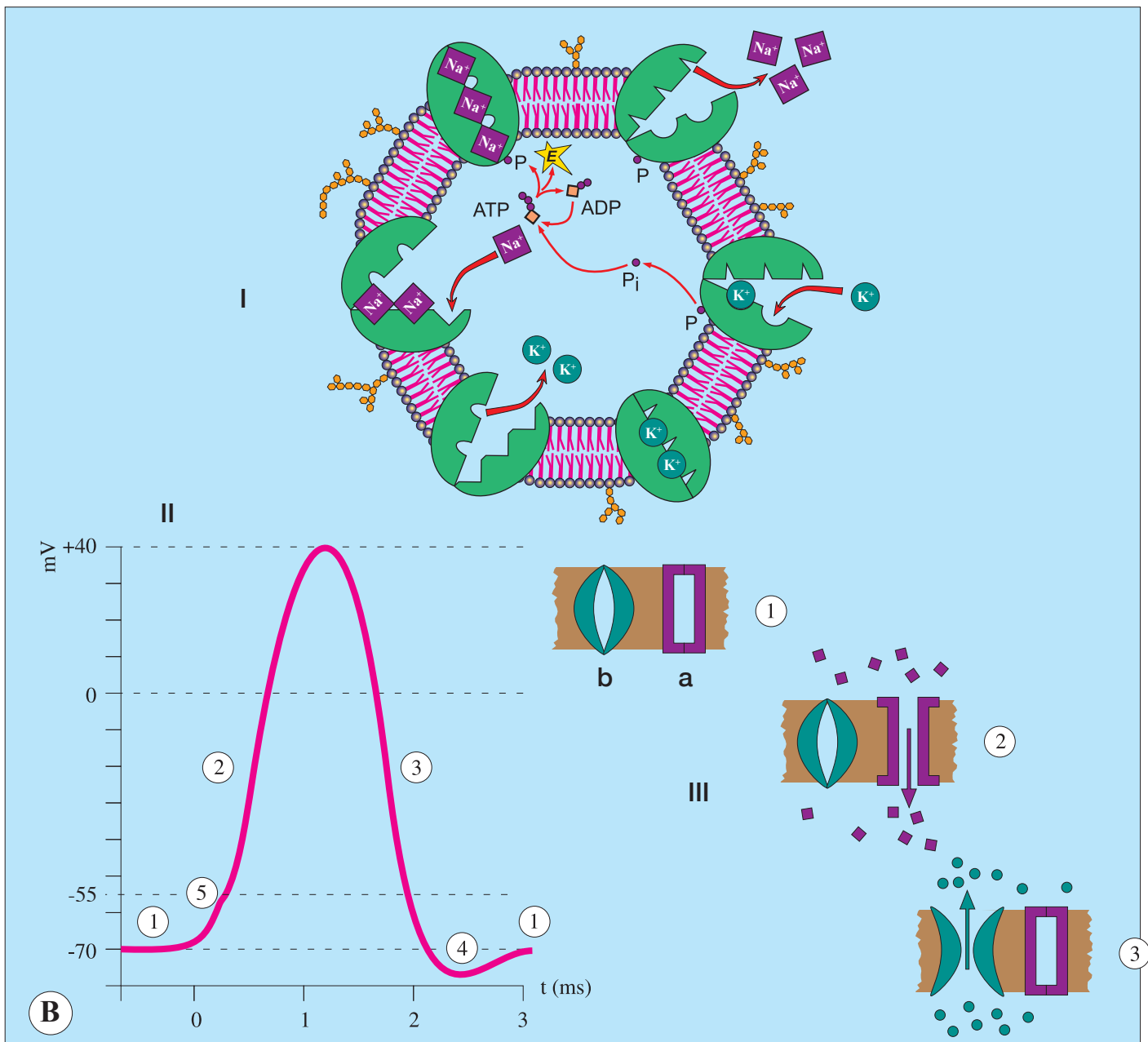
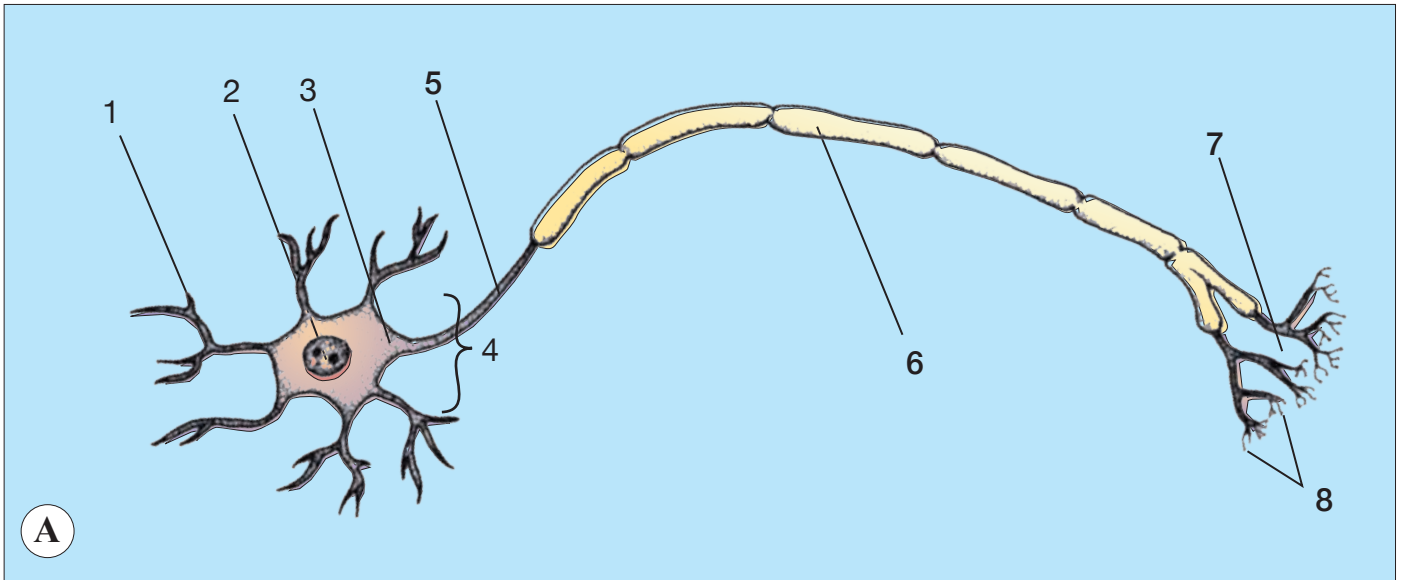
	U	C	A	G	
<b>U</b>	Phe	Ser	Tyr	Cys	U
	Phe	Ser	Tyr	Cys	C
	Leu	Ser	(STOP)	(STOP)	A
	Leu	Ser	(STOP)	Trp	G
<b>C</b>	Leu	Pro	His	Arg	U
	Leu	Pro	His	Arg	C
	Leu	Pro	Gln	Arg	A
	Leu	Pro	Gln	Arg	G
<b>A</b>	Ile	Thr	Asn	Ser	U
	Ile	Thr	Asn	Ser	C
	Ile	Thr	Lys	Arg	A
	Met (START)	Thr	Lys	Arg	G
<b>G</b>	Val	Ala	Asp	Gly	U
	Val	Ala	Asp	Gly	C
	Val	Ala	Glu	Gly	A
	Val	Ala	Glu	Gly	G

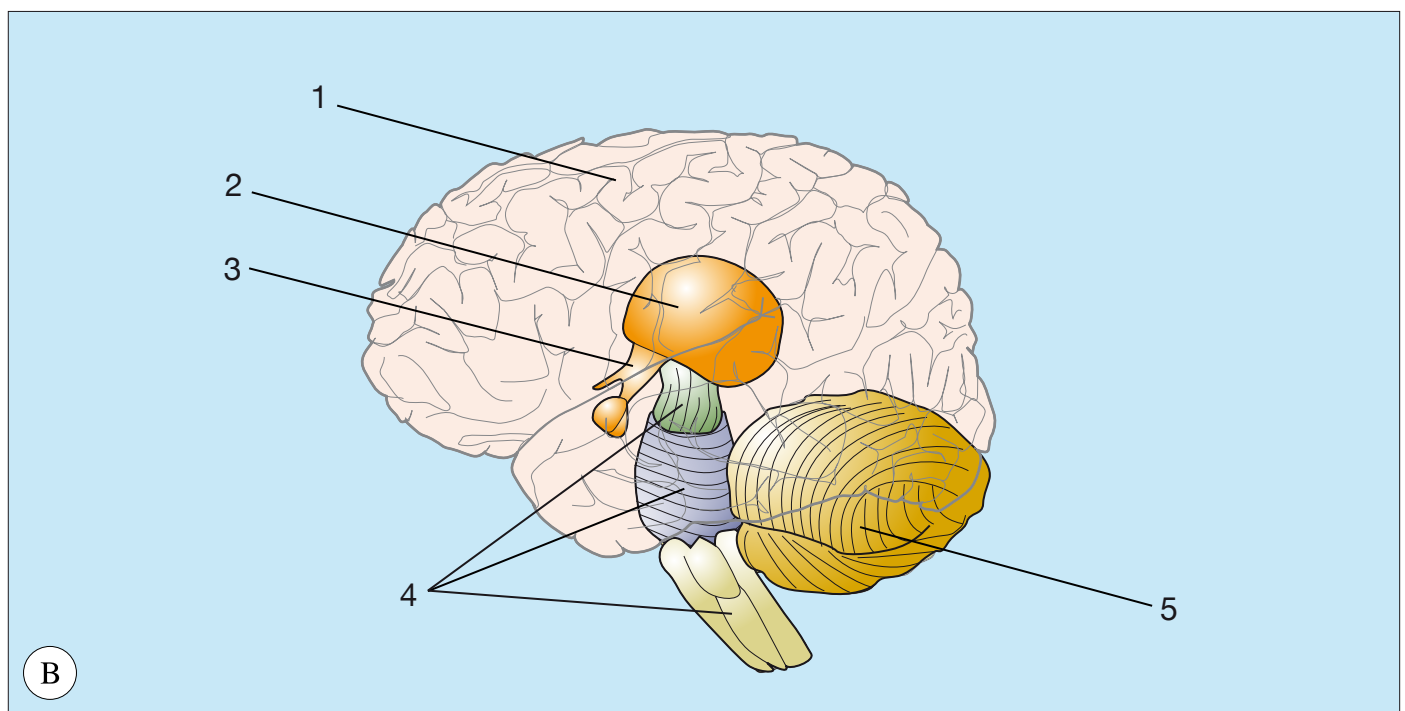
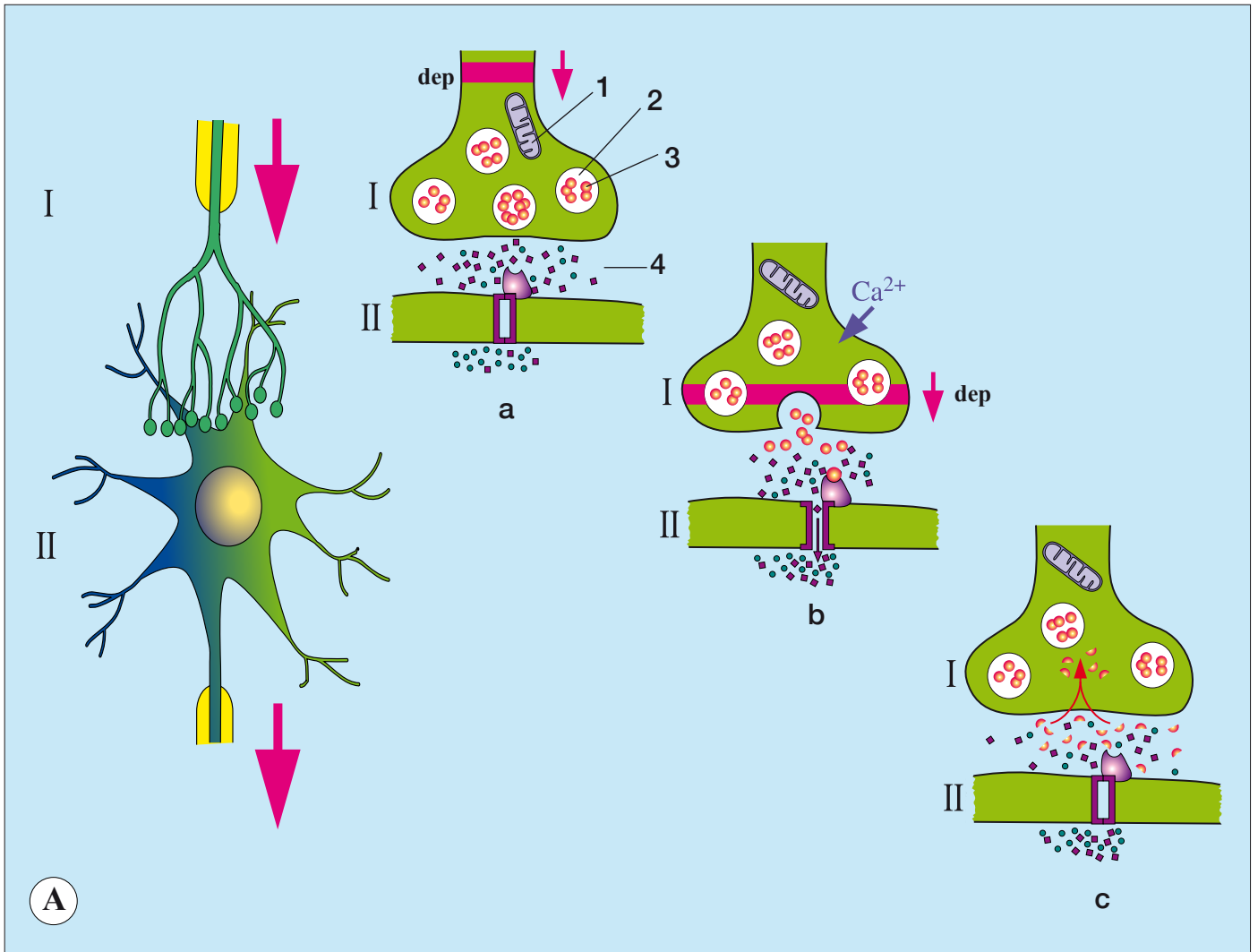
$$U = 1 (5') \quad U = 2 \quad U = 3 (3')$$

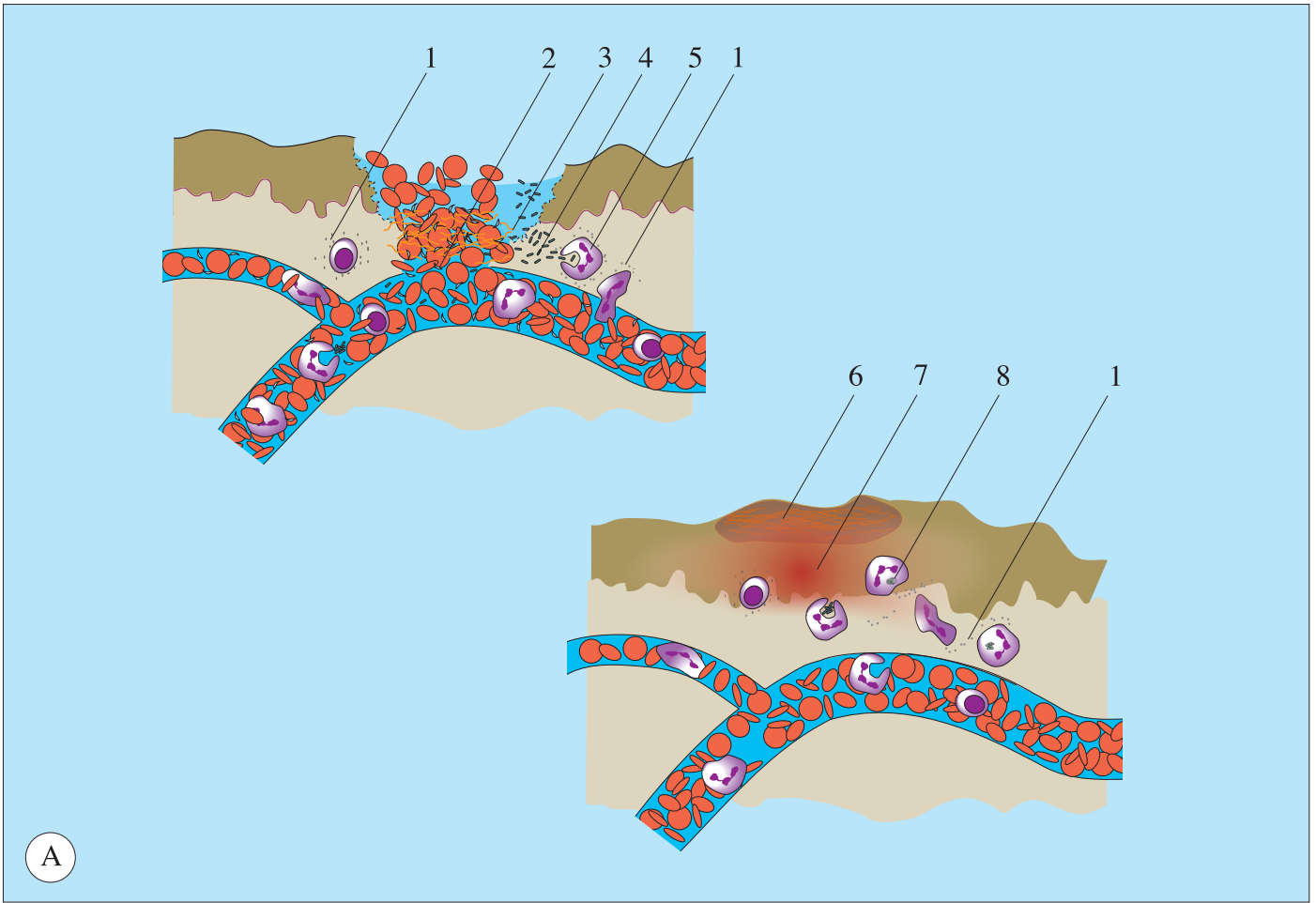




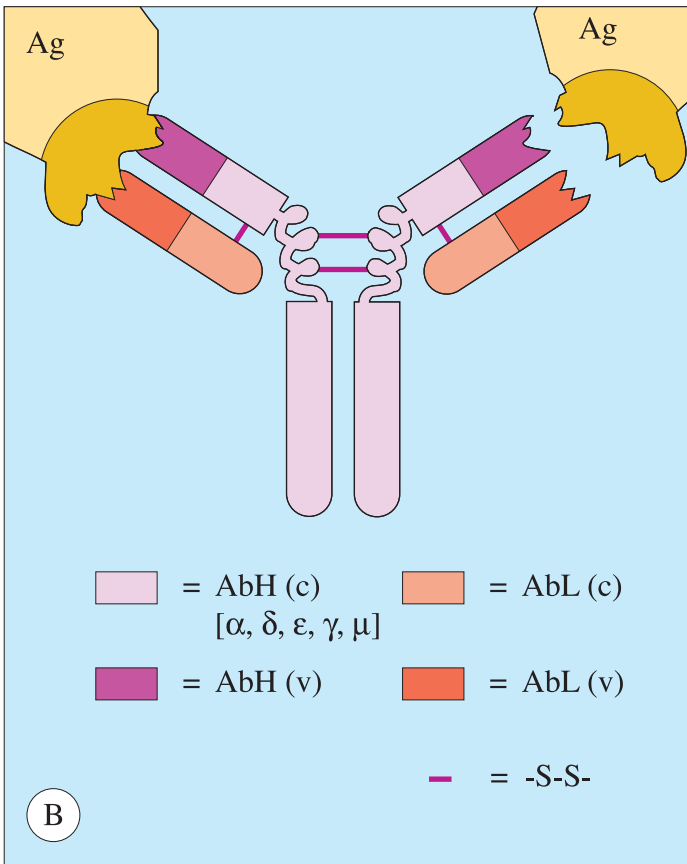




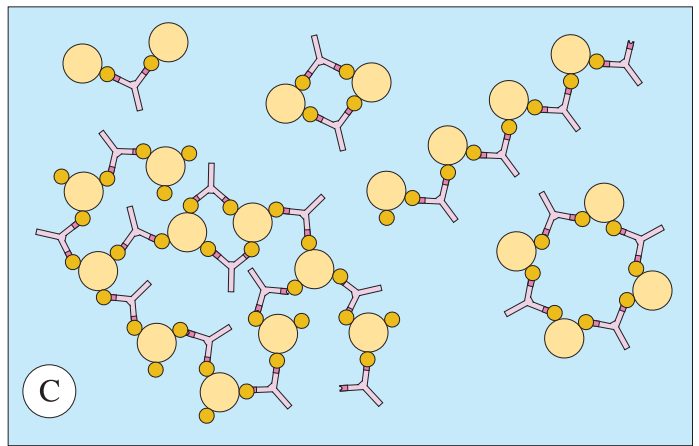




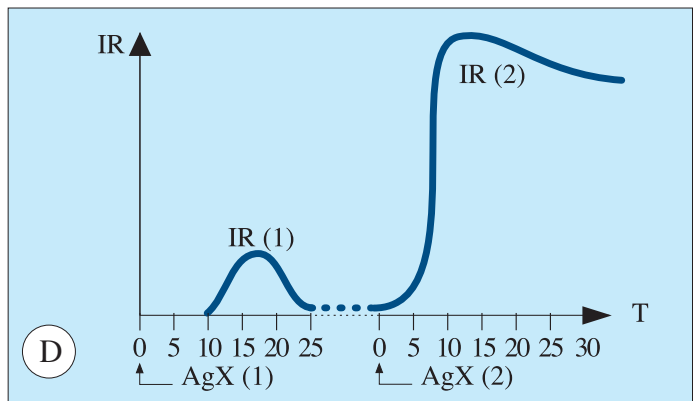
A



B



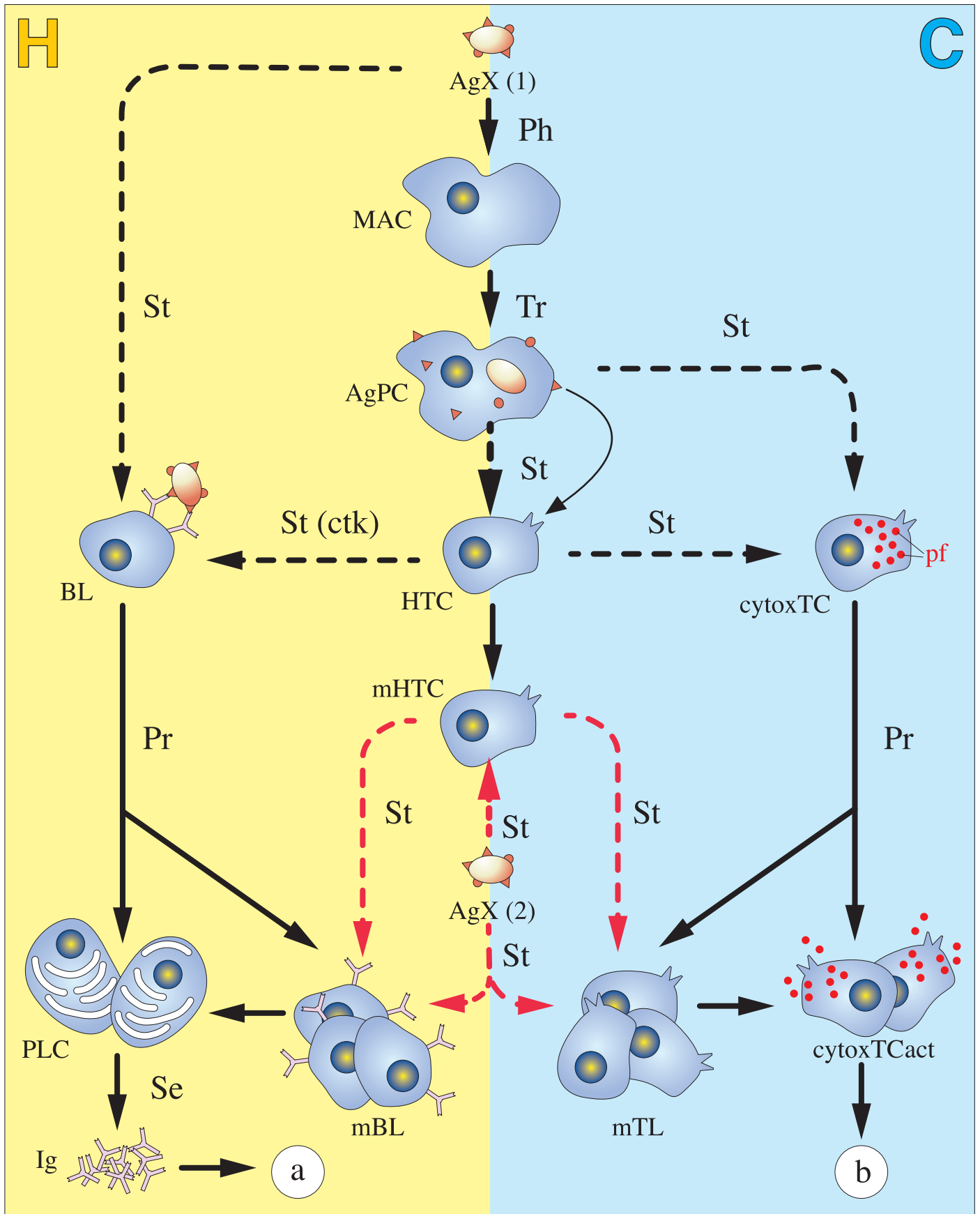
C



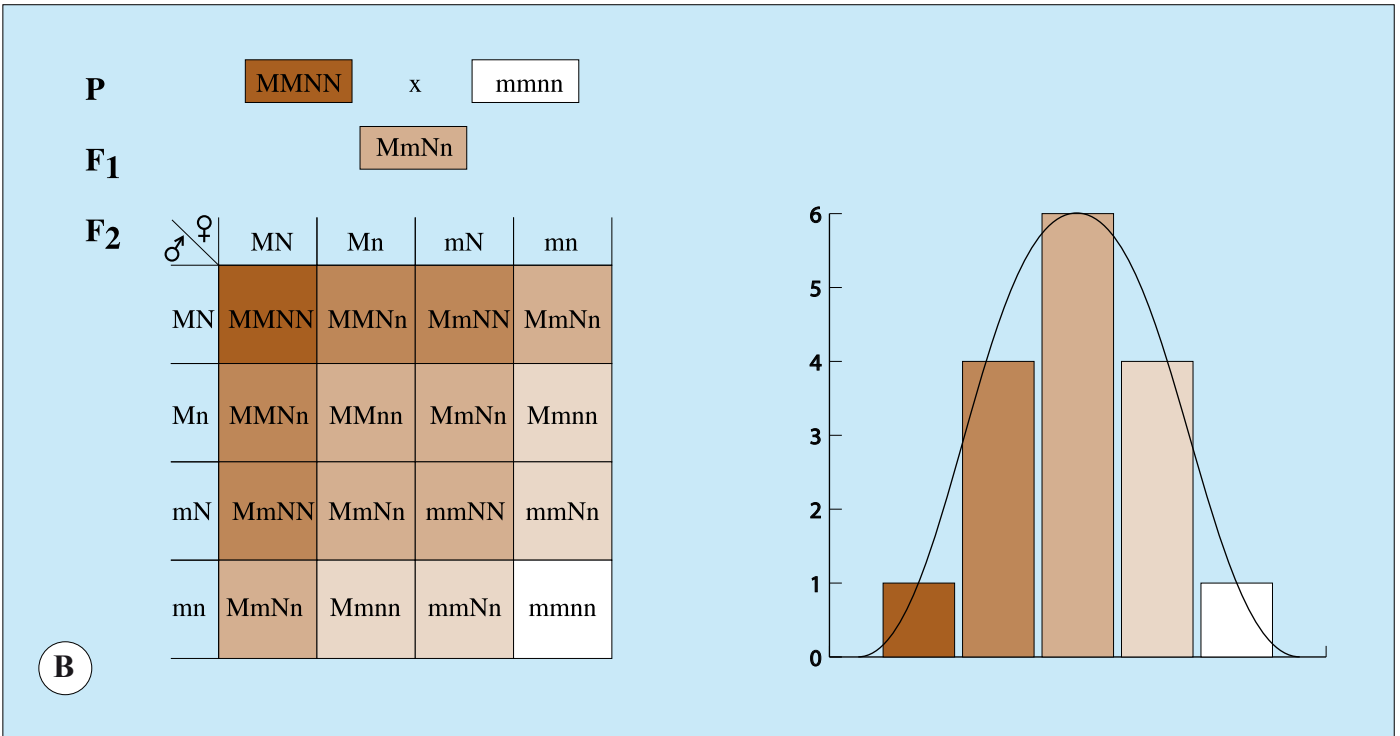
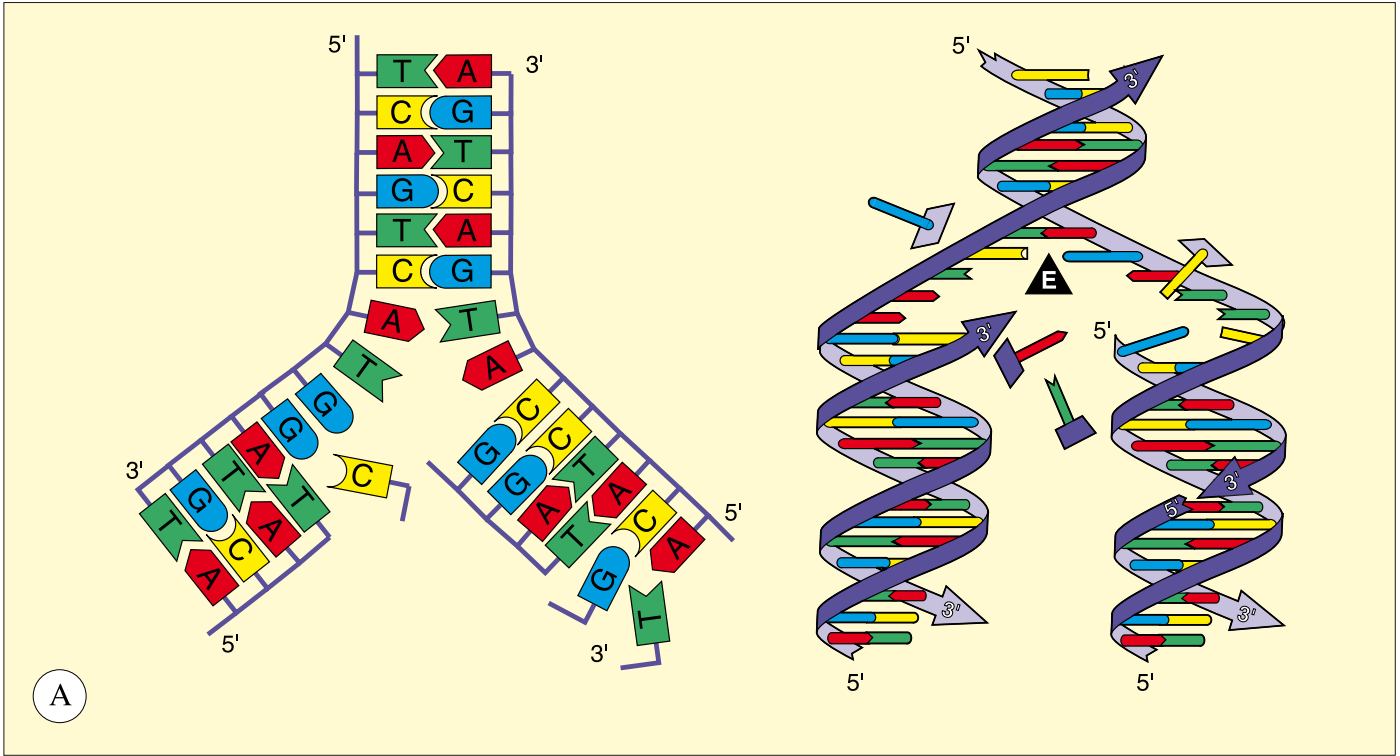
D

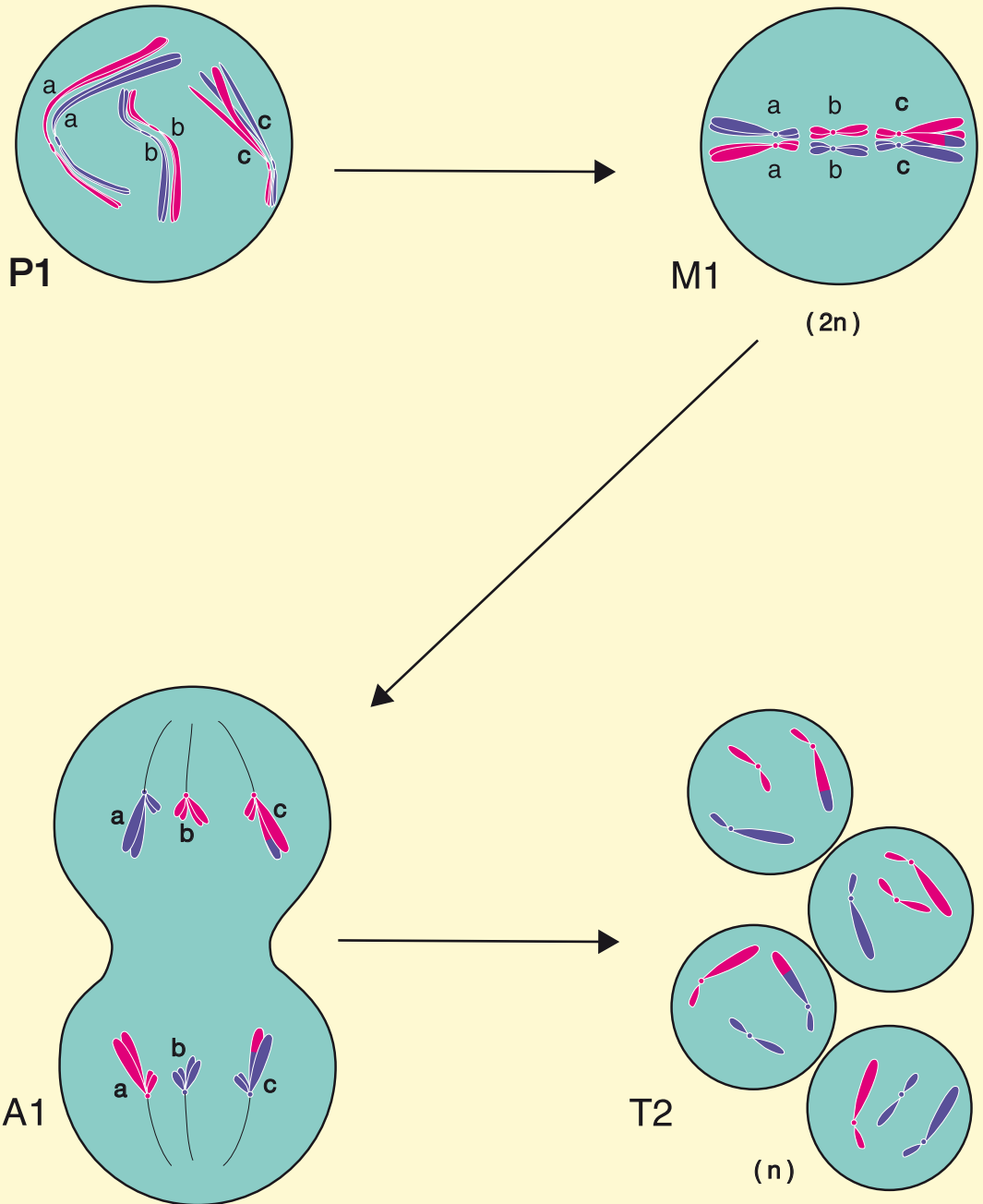
1

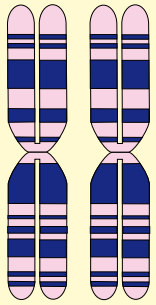




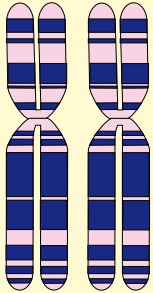
2



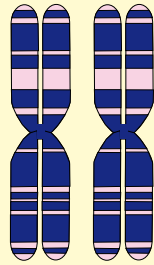




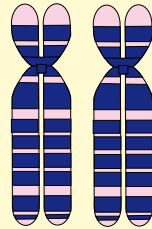
1



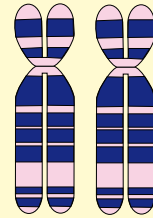
2



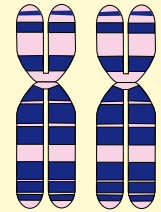
3



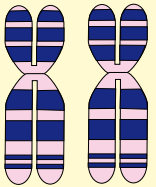
4



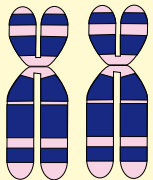
5



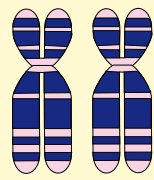
6



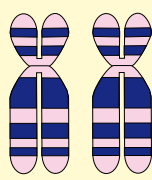
7



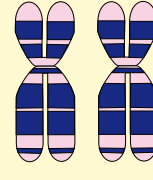
8



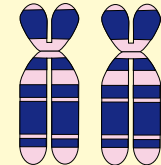
9



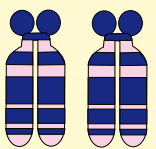
10



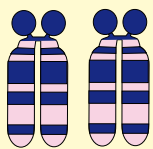
11



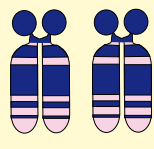
12



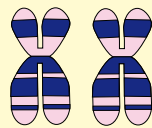
13



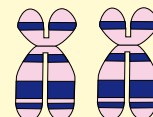
14



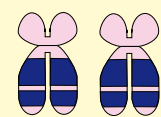
15



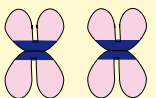
16



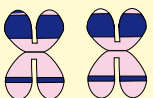
17



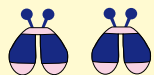
18



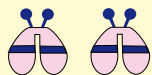
19



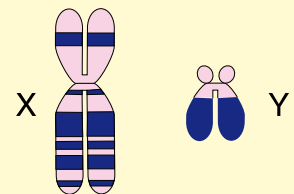
20



21

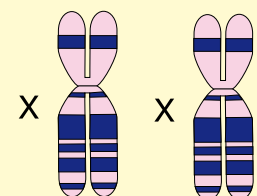


22



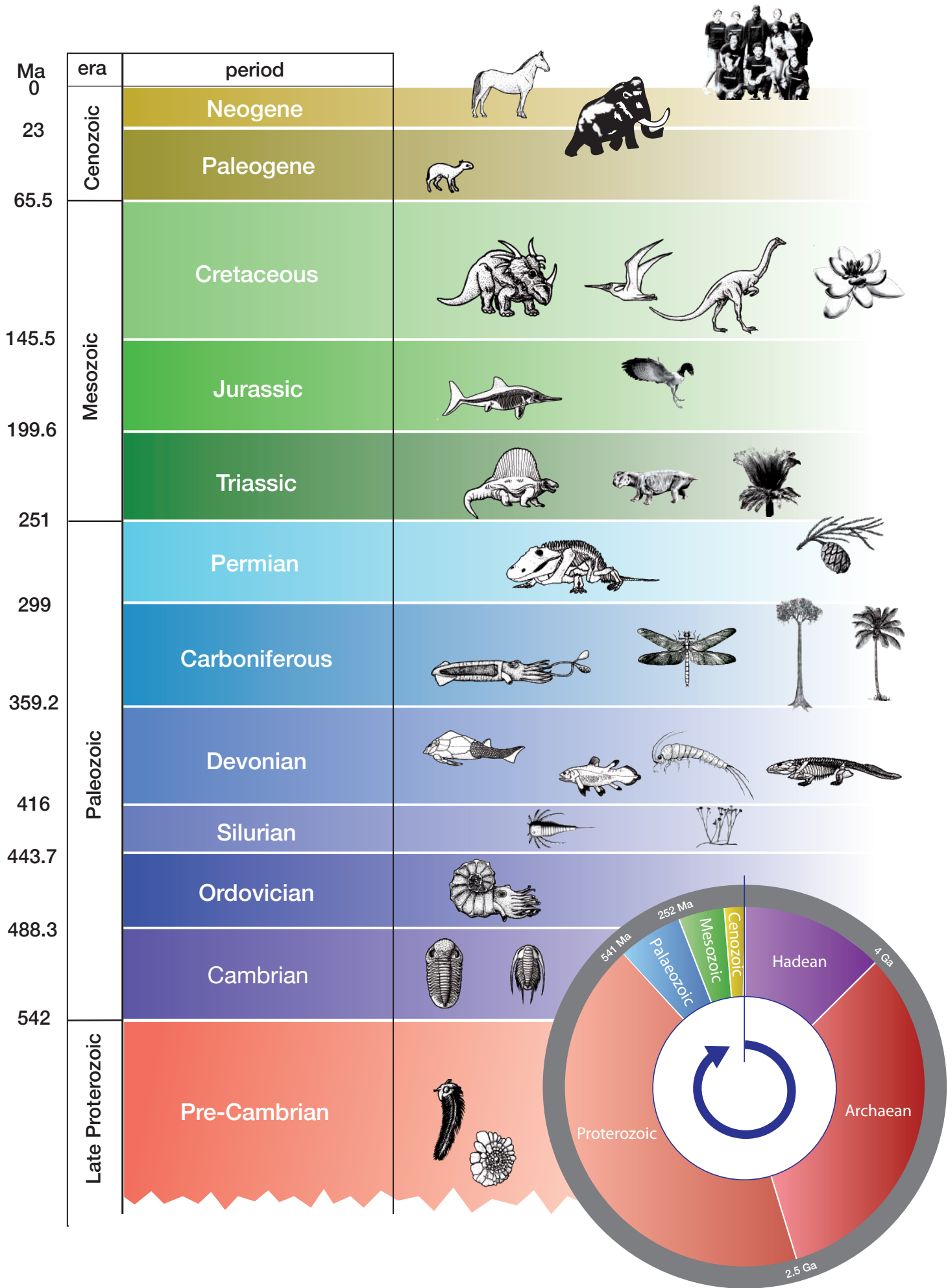
X

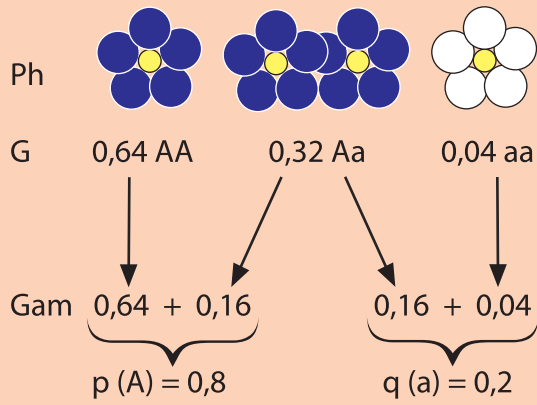
Y



X

X

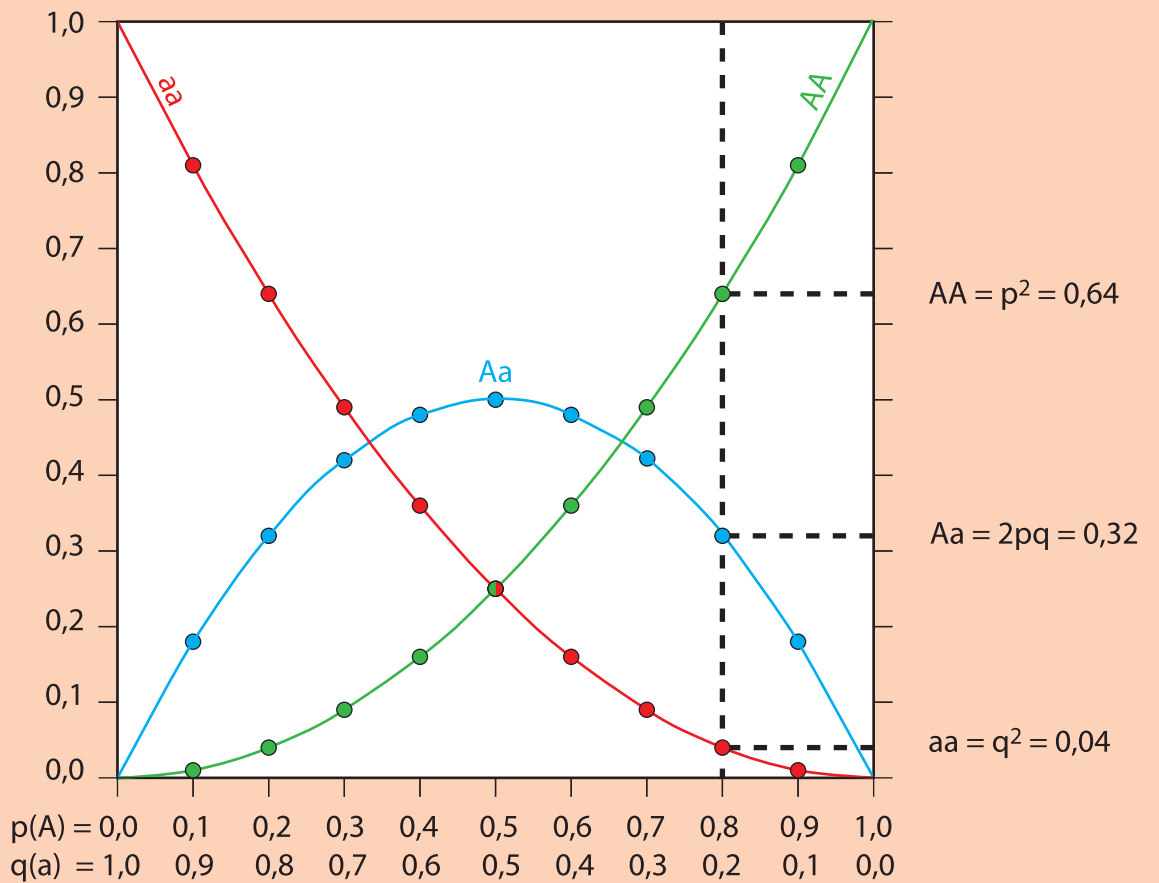


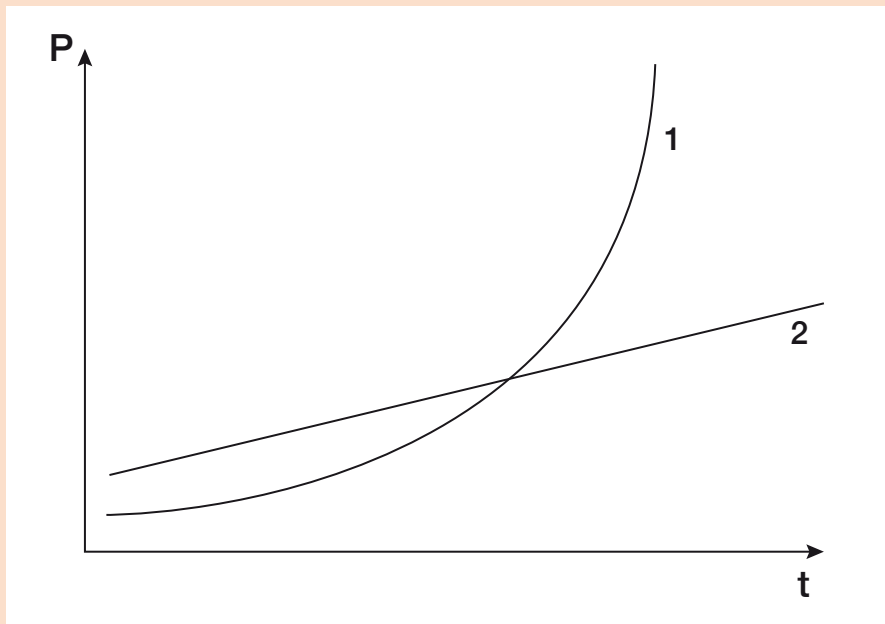


♂	♀	0,8 A	0,2 a
0,8 A		0,64 AA	0,16 Aa
0,2 a		0,16 Aa	0,04 aa

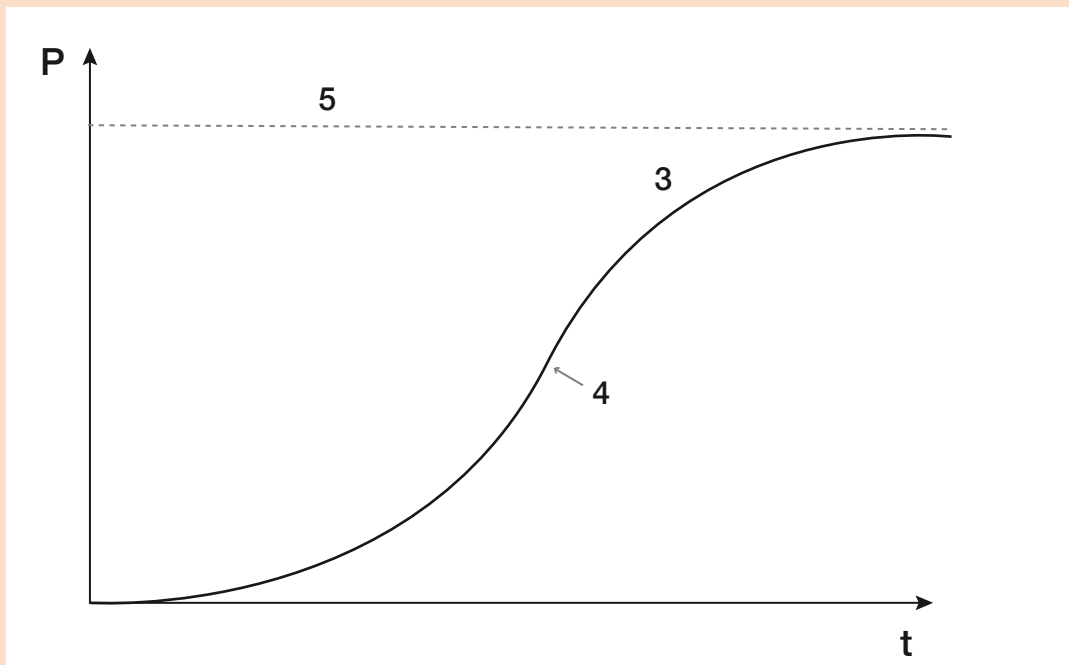
$p + q = 1$   
 $p^2 + 2pq + q^2 = 1$

} Hardy-Weinberg

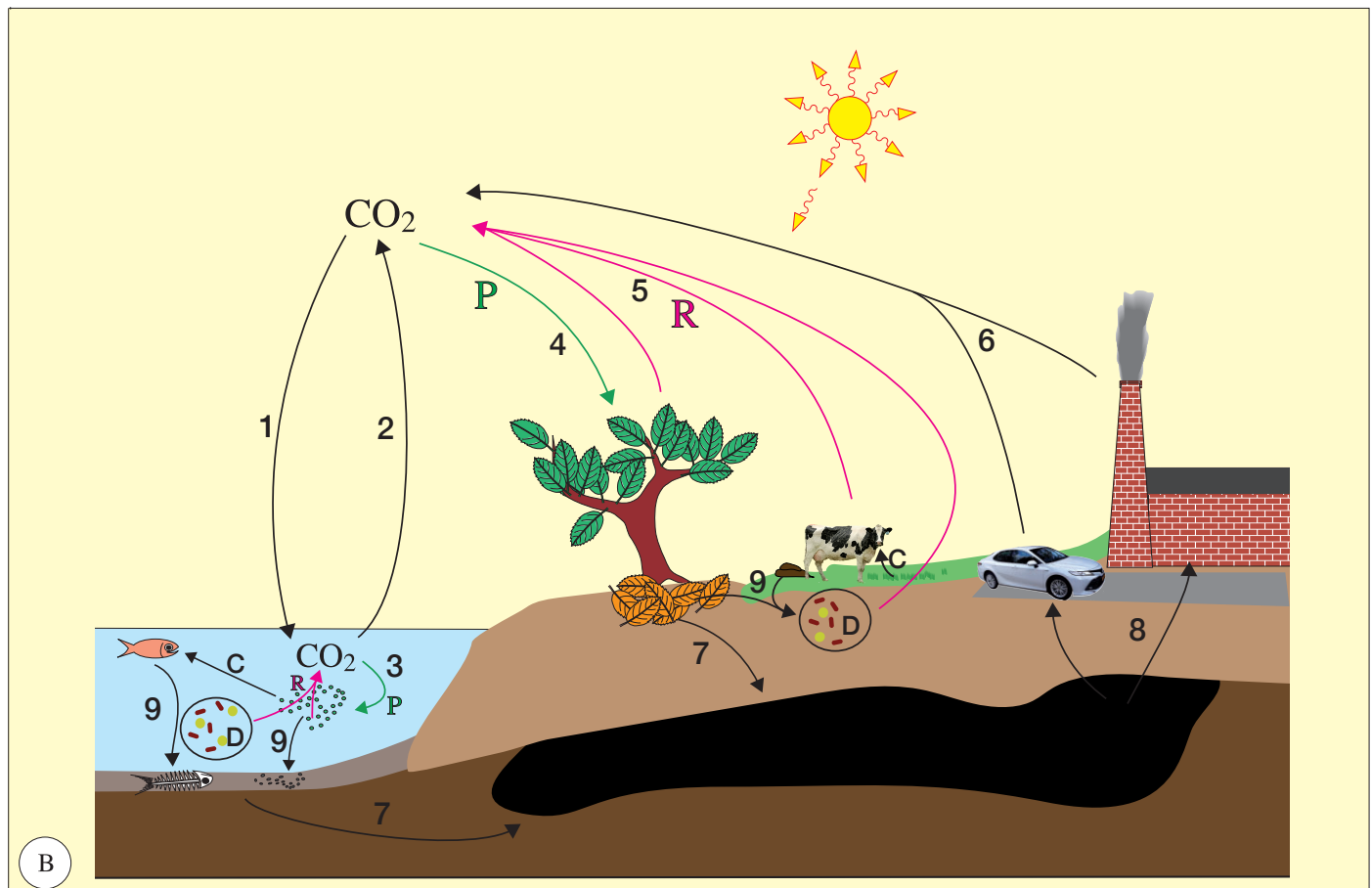
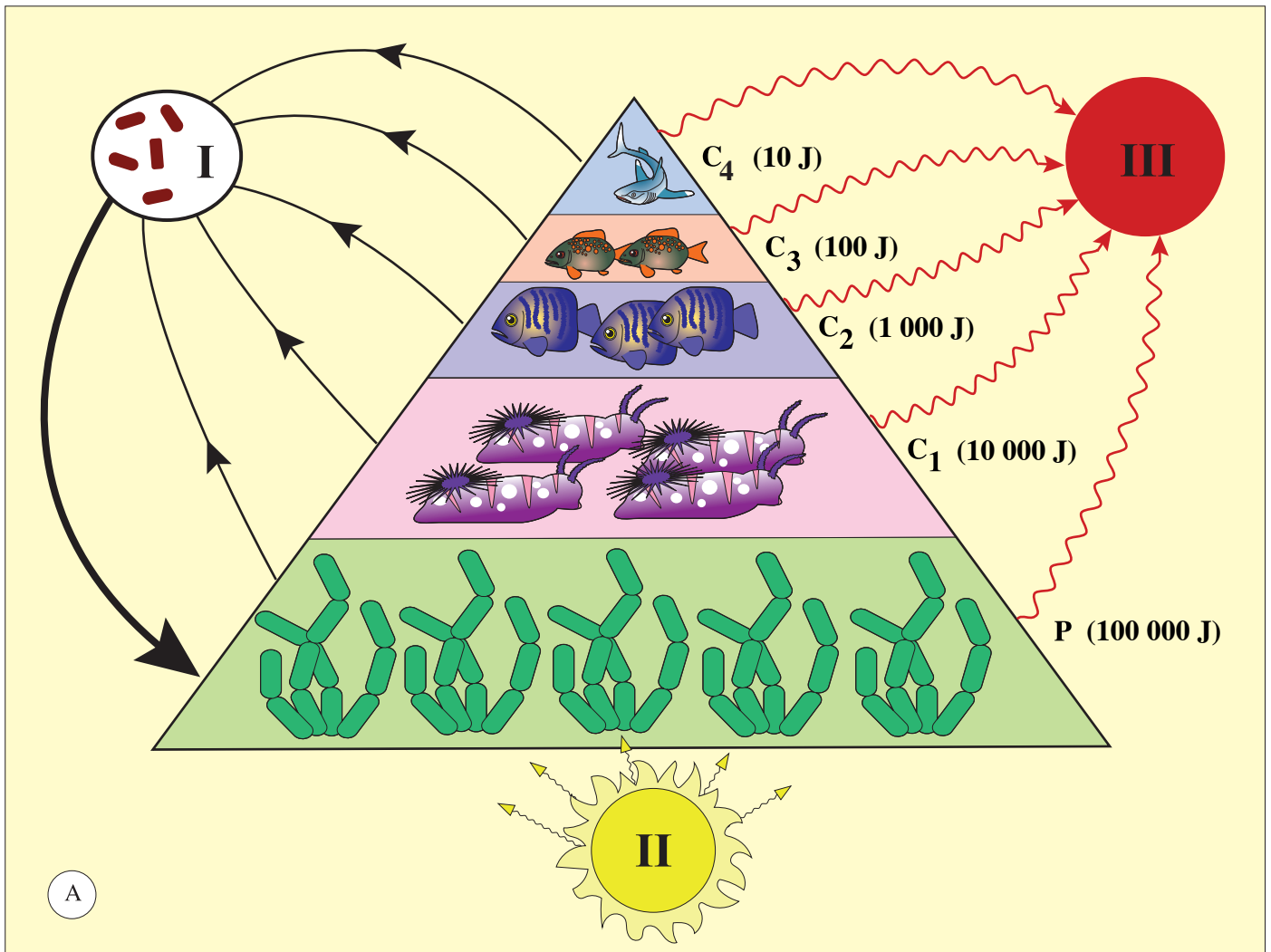




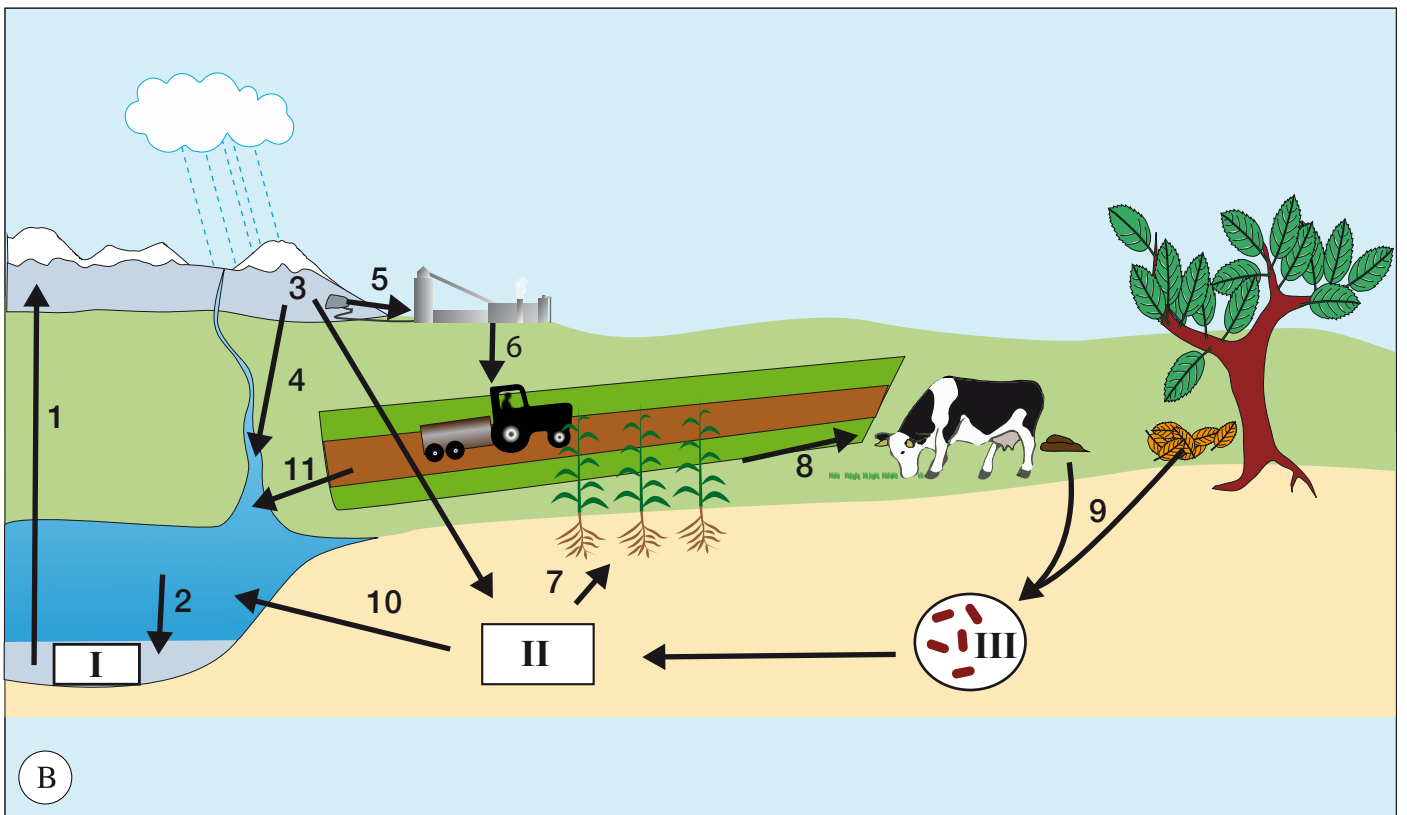
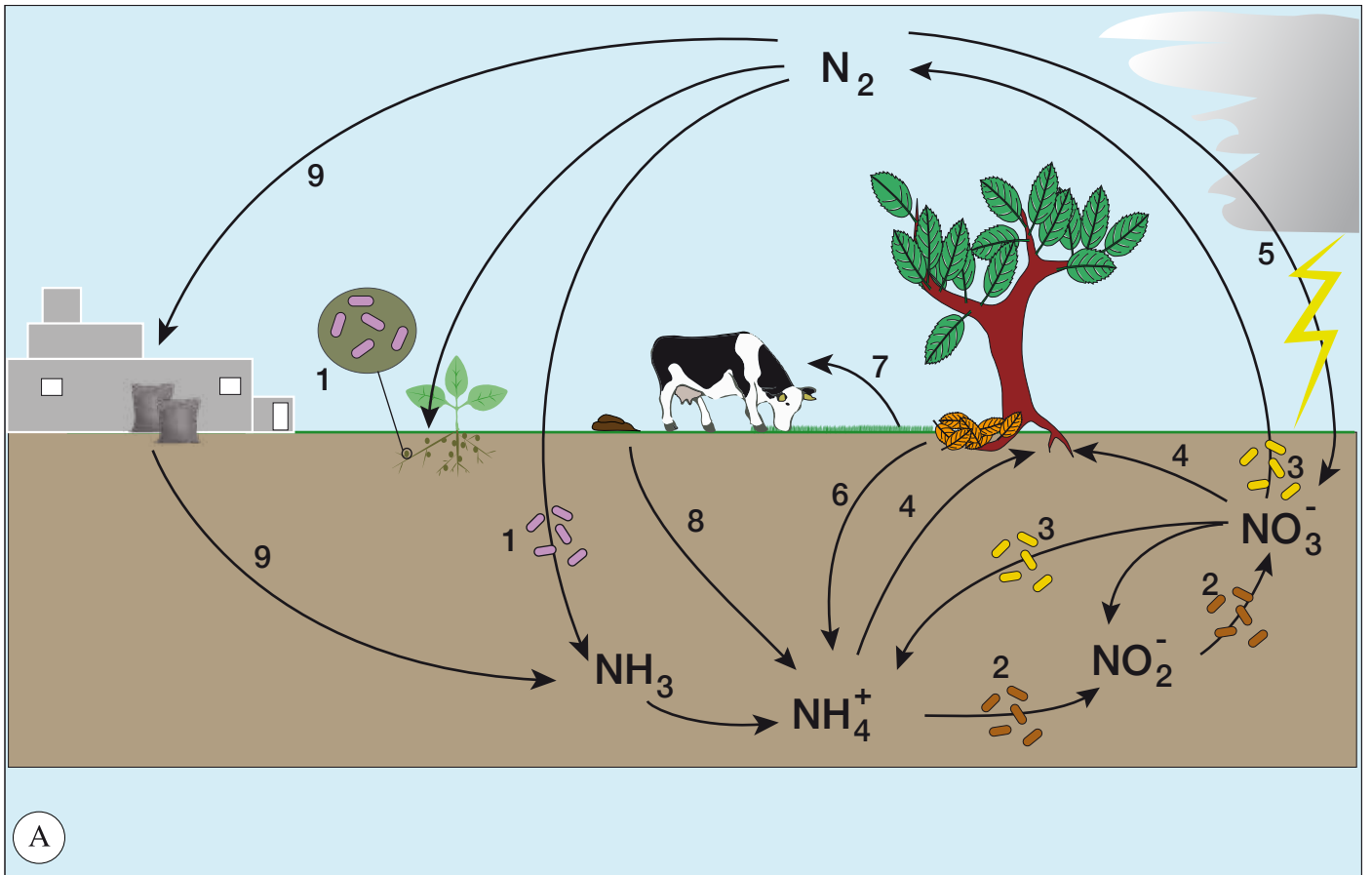
A



B







<i>A</i>	<i>Bactérie</i>
1	ADN
2	plasmide
3	membrane plasmique
4	paroi cellulaire
5	capsule (pas toutes les bactéries)
6	ribosomes
7	flagelle (pas toutes les bactéries)
<i>B-D</i>	<i>Cellule eucaryote</i>
<i>B</i>	<i>Hyphe fongique</i>
<i>C</i>	<i>Cellule animale</i>
<i>D</i>	<i>Cellule végétale</i>
1	enveloppe nucléaire
2	pore nucléaire
3	chromatine
4	noyau
5	cytosol
6	membrane plasmique
7	mitochondrie
8	réticulum endoplasmique (RE)
9	ribosome
10	cytosquelette
11	appareil de Golgi
12	lysosome
13	vacuole
14	plaste (ici un chloroplaste)
15	paroi cellulaire

**Page 2**

***Organites eucaryotes***

<i>A</i>	<i>Chloroplaste</i>
1	membrane externe
2	membrane interne
3	stroma
4	thylacoïde intergranaire
5	thylacoïde granaire
6	granum
7	gouttelette lipidique
8	ADN
9	ribosomes
10	grain d'amidon

*B* *Mitochondrie*

1	membrane externe
2	membrane interne
3	matrice
4	crête
5	Complexe ATP synthase
6	ribosomes
7	ADN
8	espace intermembranaire

**Page 3**

***Acides nucléiques 1 : ADN (acide désoxyribonucléique)***

*A* *ADN double hélice*

A	adénine
T	thymine
G	guanine
C	cytosine

*B* *structure de l'ADN*

P	phosphate
S	désoxyribose
A	adénine
T	thymine
G	guanine
C	cytosine

<i>C</i>	<i>Structure d'un nucléotide (à adénine)</i>
<i>D</i>	<i>bases nucléiques</i>
A	adénine (purine)
T	thymine (pyrimidine)
G	guanine (purine)
C	cytosine (pyrimidine)
<i>E</i>	<i>Complémentarité des nucléotides</i>
AT	adénine-thymine
GC	guanine-cytosine
S	désoxyribose

***Page 4***                      ***Acides nucléiques 1: ARN (acide ribonucléique)***

<i>A</i>	<i>structure de l'ARN :</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• simple brin</li> <li>• ribose (R)</li> <li>• uracile (U)</li> </ul>
<i>B</i>	<i>ARNt</i>
<i>C</i>	<i>ARNm</i>
co	codon
START	codon d'initiation
<i>D</i>	<i>ATP</i>
AMP	adénosine monophosphate
ADP	adénosine diphosphate
ATP	adénosine triphosphate
ad	adénine
ri	ribose
ads	adénosine
3P	triphosphate

**Page 5**

**Polypeptides**

*A*

*Acides aminés et dipeptides*

aa 1	acide aminé 1
R1	chaîne latérale 1
aa 2	acide aminé 2
R2	chaîne latérale 2
dp 1,2	dipeptide des acides aminés 1 et 2

*B*

*Polymérisation*

aa	acide aminé
dp	dipeptide
tp	tripeptide

*C*

*Structure primaire*

pp (I)	polypeptide
--------	-------------

*D*

*Structure secondaire*

h	liaison hydrogène
$\alpha$	hélice $\alpha$
$\beta$	feuillet $\beta$
pp (II)	polypeptide : structure secondaire d'une protéine

**Page 6****Protéines**

<i>A</i>	<i>Pont disulfure</i>
cys	cystéine
<i>B</i>	<i>Structure tertiaire</i>
h	liaisons hydrogène
S-S	pont disulfure
i	Liaison ionique
Φ	interaction hydrophobe
α	hélice α
β	feuillet β
<i>C</i>	<i>Structure quaternaire (hémoglobine)</i>
pp(II)	structure secondaire
pp(III)	structure tertiaire
pp(IV)	structure quaternaire
α-ch	hémoglobine chaîne alpha
β-ch	hémoglobine chaîne beta
haem	groupe hème
Fe <sup>2+</sup>	cation Fer
Hb	hémoglobine

**Page 7****Glucides**

<i>A</i>	<i>Monosaccharides</i>
<i>B</i>	<i>Alpha-glucanes (polysaccharides)</i>
1	α-glucane
2	amylose
3	amylopectine/glycogène
<i>C</i>	<i>Bêta-glucanes (polysaccharides)</i>
1	β-glucane
2	cellulose
3	microfibrille de cellulose
h	liaison hydrogène

**Page 8**

**Lipides**

<i>A</i>	<i>lipides (triglycérides)</i>
gl	glycérol
ac	acide gras
trg	triglycéride
<i>B</i>	<i>Acides gras</i>
1	acide gras saturé (acide stéarique)
2	acide gras monoinsaturé (acide oléique)
3	acide gras polyinsaturé (acide linoléique)

**Page 9**

**Membrane cellulaire**

<i>A</i>	<i>Phospholipide</i>
a	tête hydrophile
b	queues hydrophobes
<i>B</i>	<i>Bicouche phospholipidique</i>
<i>C</i>	<i>Membrane plasmique</i>
a	phospholipide
b	protéine enchâssée (intrinsèque)
c	protéine de surface (extrinsèque)
d	cholestérol
<i>D</i>	<i>Modèle de la mosaïque fluide</i>
a	Bicouche phospholipidique
b	protéine enchâssée (intrinsèque)
c	protéine de surface (extrinsèque)
d	cholestérol
e	glycolipide (surface externe)
f	glycoprotéine (surface externe)
g	protéine canal (pore)

**Page 10****Enzymes***A and B**Modèle de l'ajustement induit de la catalyse*

apo-E	apoenzyme
co-E	coenzyme
E	enzyme
S	substrat
as	site actif
S <sub>1</sub>	substrat 1
S <sub>2</sub>	substrat 2
ES	complexe enzyme-substrat
EP	complexe enzyme-produit
P <sub>1</sub>	produit final 1
P <sub>2</sub>	produit final 2

**Page 11****Phosphorylation et ATP (mitochondrie/chloroplaste)***A**Synthèse d'ATP (mitochondrie) – phosphorylation oxydative*

1	cytosol
2	membrane externe
3	espace intermembranaire
4	membrane interne (crête non représentée)
5	matrice
NAD	nicotinamide adénine dinucléotide
FAD	flavine adénine dinucléotide
Q	coenzyme Q
Cyt C	cytochrome C
I-IV	chaîne de transport des électrons
V	ATP synthase

*B**Synthèse d'ATP (chloroplaste) – photophosphorylation*

1	lumen du thylacoïde
2	membrane du thylacoïde
3	stroma
4	Complexe ATP synthase
hf	photon
PSI	photosystème I (P700)
PSII	photosystème II (P680)
T <sub>1</sub> -T <sub>4</sub>	chaîne de transport des électrons
P <sub>i</sub>	phosphate inorganique
ADP	adénosine diphosphate
ATP	adénosine triphosphate
NADP	nicotinamide adénine dinucléotide phosphate

*C**Complexe ATP synthase*



**Page 12****Schéma résumé de la respiration**

G	glycolyse
K	cycle de Krebs
P	phosphorylation oxydative
cyt	cytosol
mit	mitochondrie
GLU	glucose
GP	glucose phosphate
FP	fructose phosphate
FBP	fructose biphosphate
PGAL	phosphoglyceraldéhyde
BPGA	biphosphoglycérate
PGA	phosphoglycérate
PYR	pyruvate
ACA	acétyl coenzyme-A
HS-CoA	coenzyme-A
CIT	citrate
ISO	isocitrate
$\alpha$ -KG	alphacétoglutarate
SUC	succinate
FUM	fumarate
MAL	malate
OXA	oxaloacétate
NAD	nicotinamide adénine dinucléotide
FAD	flavine adénine dinucléotide

**Page 13****Schéma résumé de la photosynthèse**

jaune	phase photochimique (membrane du thylacoïde)
gris	phase non photochimique (cycle de Calvin, stroma)
hf	photon
PSII	photosystème II (P680)
PSI	photosystème I (P700)
T1-T4	chaîne de transport des électrons
ADP	adénosine diphosphate
P <sub>i</sub>	phosphate inorganique
ATP	adénosine triphosphate
NADP <sup>+</sup> /NADPH	nicotinamide adénine dinucléotide phosphate
BPGA	biphosphoglycérate
PGAL	phosphoglyceraldéhyde
RuP	ribulose phosphate
RuBP	ribulose biphosphate
PGA	phosphoglycérate

**Page 14**

***Synthèse des protéines***

<i>A</i>	<i>Transcription</i>
<i>B</i>	<i>Traduction</i>
<i>C</i>	<i>Structure d'une molécule d'ARNt avec un acide aminé</i>
<i>a</i>	molécule d'ADN
<i>b</i>	synthèse du pré-ARNm
<i>S</i>	épissage
<i>sp</i>	splicéosome
<i>i</i>	intron
<i>e</i>	exon
<i>1</i>	codon ADN (TGA)
<i>2</i>	codon correspondant ARNm (ACU)
<i>3</i>	anticodon correspondant ARNt (UGA)
<i>RNApol</i>	ARN polymérase
<i>mRNA</i>	ARN messenger
<i>tRNA</i>	ARN de transfert
<i>ne</i>	enveloppe nucléaire
<i>ri</i>	ribosome

**Page 15**

***Transport des protéines***

<i>1</i>	ARNm et ribosome
<i>2</i>	protéine destinée à l'export
<i>3</i>	protéine membranaire
<i>4, 5, 8 &amp; 9</i>	vésicules
<i>6</i>	cytosquelette
<i>7</i>	détail de l'appareil de Golgi
<i>10</i>	exocytose

**Page 16****Code génétique**

Ala	alanine
Arg	arginine
Asn	asparagine
Asp	acide aspartique
Cys	cystéine
Gln	glutamine
Glu	acide glutamique
Gly	glycine
His	histidine
Ile	isoleucine
Leu	leucine
Lys	lysine
Met	méthionine
Phe	phénylalanine
Pro	proline
Ser	sérine
Thr	thréonine
Trp	tryptophane
Tyr	tyrosine
Val	valine

**Page 17****Gène eucaryote**

T	transcription
AS	épissage alternatif
1-6	exons
i	introns

**Page 18****Système nerveux autonome**

P	système nerveux parasympathique
S	système nerveux sympathique
+	stimulations
-	inhibitions

<i>A</i>	<i>Motoneurone</i>
1	dendrites
2	noyau
3	cône axonal
4	corps cellulaire, soma
5	axone
6	gaine de myéline
7	arborisation axonale
8	terminaisons axonales
<i>B</i>	<i>Transmission du signal</i>
<i>I</i>	<i>Pompe sodium-potassium</i>
<i>II</i>	<i>Potentiel d'action</i>
mV	potentiel en millivolts
t (ms)	temps (millisecondes)
1	potentiel de repos
2	dépolarisation
3	repolarisation
4	hyperpolarisation
5	seuil
<i>III</i>	<i>Canaux ionique</i>
a	canal sodium
b	canal potassium

**Page 20**

***Neurone (suite) et encéphale humain***

<i>A</i>	<i>Transmission synaptique</i>
I	neurone présynaptique
II	neurone postsynaptique
<i>a-c</i>	<i>Synapse</i>
I	neurone présynaptique
II	neurone postsynaptique
dep	dépolarisation
1	mitochondrie
2	vésicules synaptiques
3	molécules de neurotransmetteurs
4	fente synaptique
<i>B</i>	<i>Encéphale Humain</i>
1	cortex cérébral
2	thalamus
3	hypothalamus
4	tronc cérébral
5	cervelet

**Page 21**

***Immunité passive et active***

<i>A</i>	<i>Réaction inflammatoire</i>
1	molécule signal
2	plaquettes (= thrombocytes)
3	fibrine
4	bactérie
5	phagocyte
6	caillot sanguin
7	inflammation
8	digestion de la bactérie dans une vacuole digestive

<i>B</i>	<i>Molécule d'anticorps</i>
Ag	antigène
AbH (c)	région constante des chaînes lourdes de l'anticorps
AbH (v)	région variable des chaînes lourdes de l'anticorps (avec une partie du site qui se lie à l'antigène)
AbL (c)	région constante des chaînes légères de l'anticorps
AbL (v)	région variable des chaînes légères de l'anticorps (avec une partie du site qui se lie à l'antigène)
-S-S-	pont disulfure
<i>C</i>	<i>Interactions anticorps-antigène</i>
<i>D</i>	<i>Réponse immunitaire spécifique dans le temps</i>
IR	intensité de la réponse immunitaire
IR (1)	réponse immunitaire spécifique primaire
IR (2)	réponse immunitaire spécifique secondaire
AgX (1)	première exposition à l'antigène X
AgX (2)	seconde exposition à l'antigène X
T	temps (jours)

***Page 22***                      ***Immunité adaptative (spécifique)***

AgX (1)	première exposition à l'antigène X
AgX (2)	seconde exposition à l'antigène X
H	Immunité humorale
C	Immunité cellulaire
1	réponse primaire
2	réponse secondaire
St	stimulation
ctk	cytokines (interleukines)
Pr	production (mitose, clonage cellulaire)
Se	sécrétion
Ph	phagocytose
Tr	transformation
MAC	macrophage
AgPC	cellule présentatrice d'antigène
HTC	lymphocyte T auxiliaire
BL	lymphocyte B
cytoxTC	lymphocyte T cytotoxique
pf	perforine
mHTC	lymphocyte T auxiliaire mémoire
PLC	plasmocyte

mBL	lymphocyte B mémoire
mTL	lymphocyte T mémoire
cytoxTCact	cellule T cytotoxique active
Ig	anticorps (immunoglobulines)

a Les anticorps se liant aux antigènes ont des actions différentes:

- Neutralisation des virus ou des bactéries en bloquant les sites de fixation viraux ou en recouvrant les toxines bactériennes
- Agglutination des particules virales ou bactériennes
- Précipitation des antigènes solubles (macromoléculaires)

Les 3 actions précitées renforcent la phagocytose par les macrophages et les granulocytes neutrophiles

b Les cellules cytotoxiques actives se lient aux cellules infectées ou aux cellules cancéreuses qu'elles lysent à l'aide de perforines.

### ***Page 23***                      ***Réplication de l'ADN et polygénie***

<i>A</i>	<i>Réplication de l'ADN</i>
<i>E</i>	hélicase

<i>B</i>	<i>Hérédité polygénique</i>
----------	-----------------------------

### ***Page 24***                      ***Méiose***

<i>P1</i>	prophase 1 (Noter le crossing-over à la paire de chromosome C)
<i>M1</i>	métaphase 1
<i>A1</i>	anaphase 1
<i>T2</i>	télophase 2

### ***Page 25***                      ***Caryotype humain***

1-22	paire de chromosomes 1 à 22 (autosomes)
X	chromosome X (chromosome sexuel)
Y	chromosome Y (chromosome sexuel)

### ***Page 26***                      ***Temps géologiques***

Ma	millions d'années
Ga	milliards d'années

**Page 27**

***Équilibre de Hardy-Weinberg***

Ph	phénotype
G	génotype (avec fréquences au sein de la population)
Gam	gamètes
p	fréquence de l'allèle A au sein de la population
q	fréquence de l'allèle a au sein de la population

**Page 28**

***Croissance des populations***

P	effectif de la population
t	temps
1	croissance exponentielle
2	croissance linéaire
3	croissance densité-dépendante
4	croissance maximale
5	capacité de l'environnement

**Page 29**

***Niveaux trophiques, cycle du carbone***

<i>A</i>	<i>Règle des dixièmes</i>
P	producteur primaire
C <sub>1</sub>	consommateur primaire
C <sub>2</sub>	consommateur secondaire
C <sub>3</sub>	consommateur tertiaire
C <sub>4</sub>	consommateur quaternaire
I	décomposeurs (matière organique → sels minéraux)
II	énergie lumineuse
III	perte d'énergie sous forme de chaleur

*B* *Cycle du carbone*

P	photosynthèse
R	respiration
D	décomposeurs
C	le consommateur mange le producteur
1	absorption du CO <sub>2</sub> par les masses d'eau
2	libération dans l'air du CO <sub>2</sub> dissout
3	absorption aquatique du CO <sub>2</sub> , photosynthèse
4	absorption continentale du CO <sub>2</sub> , photosynthèse
5	CO <sub>2</sub> produit (respiration)
6	CO <sub>2</sub> produit par les combustions des carburants fossiles
7	formation de roches carbonées
8	carburants fossiles
9	décomposition



*A*

*Cycle de l'azote*

- 1 fixation bactérienne d'azote
- 2 bactéries nitrifiantes
- 3 bactéries dénitrifiantes
- 4 absorption par les végétaux
- 5 fixation d'azote par la foudre
- 6 décomposition de la matière organique
- 7 absorption par la nourriture animale
- 8 excrétion animale
- 9 fixation industrielle d'azote

*B*

*Cycle du phosphore*

- I réserves aquatiques de phosphate
- II réserves continentales de phosphate
- III décomposeurs
- 1 soulèvement géologique
- 2 sédimentation riche en phosphate
- 3 érosion des roches
- 4 ruissellement d'eaux riches en phosphate
- 5 extraction de phosphate minéral
- 6 production industrielle d'engrais
- 7 absorption par les végétaux
- 8 absorption par les animaux
- 9 décomposition organique
- 10 lixiviation (lessivage)
- 11 rejet agricole

