

Whole-Course Cognitive Map

학기 초 3회독용 | 큰 틀 → 관계 → 인출



FAST MAP | 한 줄로 보는 AP Biology

molecules → cells → energy & information → inheritance → gene expression → evolutionary change → populations & ecosystems
세부 내용을 외우기 전에, 새 개념이 이 흐름의 어디에 위치하는지 먼저 찾는다.

Designed for rapid orientation, cross-unit connection, retrieval practice, and AP-style reasoning.

이 자료를 “세 번 다르게” 읽는 법

같은 내용을 세 번 읽는 것이 아니라, 매 회독마다 뇌가 해야 할 일을 바꾼다.

회독	권장 시간	주의 초점	핵심 질문
1회독: MAP	12~20분	제목·도식·굵은 말만 본다. 세부 이해를 위해 멈추지 않는다.	“이 개념은 어느 Unit / Big Idea에 속하지?”
2회독: LINK	25~40분	비교표·원인→과정→결과·Unit 간 연결을 본다.	“A가 변하면 B는 왜/어떻게 변하지?”
3회독: RETRIEVE	20~35분	책을 덮고 빈 종이에 지도·흐름·비교쌍을 재구성한다.	“보지 않고 설명할 수 있는가?”

인지과학 장치 1 Retrieval 다시 읽는 익숙함(familiarity)을 이해로 착각하지 않는다. 각 페이지의 CLOSED-BOOK RETRIEVAL 을 먼저 말하거나 써 본 뒤 답을 확인한다.	인지과학 장치 2 Interleaving Unit별로 끝낸 뒤에도 유사 개념을 섞어 비교한다. 예: diffusion vs osmosis, mitosis vs meiosis, selection vs drift.
인지과학 장치 3 Dual Coding 문장만 외우지 않는다. 화살표·표·과정도·그래프 를 함께 기억한다. 시험에서는 시각자료를 해석하는 능력이 직접 평가된다.	인지과학 장치 4 Generation 정답을 보기 전에 먼저 예측한다. “무슨 일이 일어날까?”를 스스로 생성한 후 비교하면 기억 흔적이 강해진다.

CLOSED-BOOK RETRIEVAL | 책을 덮고 60~90초

1. AP Biology 8개 Unit을 순서대로 말해 본다.
2. 4개의 Big Idea를 보지 않고 말해 본다.
3. 3회독의 목적을 각각 한 문장으로 말한다.

AP Biology 전체 구조

현재 공식 Course Framework의 8개 Unit과 MCQ 비중을 한 장에 압축.

Unit	영역	MCQ 비중	큰 틀 키워드
1	Chemistry of Life	8-11%	물·원소·탄수화물·지질·핵산·단백질
2	Cells	10-13%	세포 구조·막·수송·삼투·구획화
3	Cellular Energetics	12-16%	효소·ATP·광합성·세포호흡
4	Cell Communication & Cell Cycle	10-15%	신호전달·피드백·세포주기·조절
5	Heredity	8-11%	감수분열·유전다양성·멘델·비멘델
6	Gene Expression & Regulation	12-16%	DNA→RNA→protein·조절·돌연변이·생명공학
7	Natural Selection	13-20%	선택·집단유전·H-W·계통·종분화
8	Ecology	10-15%	에너지 흐름·개체군·군집·생물다양성·교란

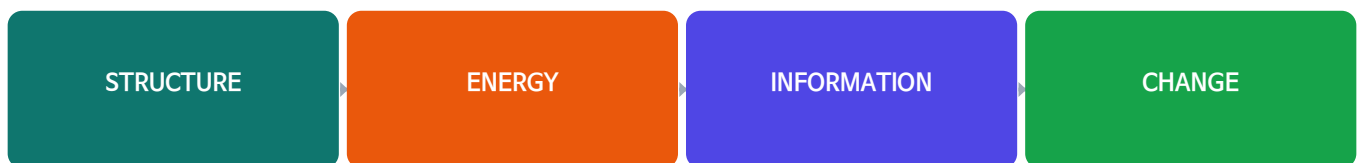
Exam structure	왜 “개념 지도”가 필요한가
Section I: 60 MCQ, 90분, 50% Section II: 6 FRQ, 90분, 50% FRQ는 실험 결과 해석, 그래프·데이터 분석, 모델 분석, 과학적 주장과 근거를 요구한다.	AP Biology는 세부 사실을 많이 외우는 시험이 아니라, 시스템의 한 부분을 바꿨을 때 전체 결과를 예측하고 근거를 설명하는 시험 이다.

High-yield priority
시험 비중만 보면 Unit 7이 가장 크고, Unit 3·6도 높다. 그러나 실제 문제는 여러 Unit을 연결한다. 따라서 Unit별 암기 → Cross-unit causality 로 전환해야 한다.

8 Units = 하나의 생명 시스템

선형 목차가 아니라 “물질·에너지·정보·선택”이 반복되는 네트워크로 본다.

UNIT 1 CHEMISTRY OF LIFE	UNIT 2 CELLS
분자 구조가 기능을 만든다	막과 구획이 내부 환경을 만든다
UNIT 3 CELLULAR ENERGETICS	UNIT 4 COMMUNICATION & CYCLE
에너지 전환이 생명 활동을 구동한다	정보가 세포 행동과 증식을 조절한다
UNIT 5 HEREDITY	UNIT 6 GENE EXPRESSION
염색체와 감수분열이 유전 패턴을 만든다	DNA 정보가 RNA·단백질로 표현되고 조절된다
UNIT 7 NATURAL SELECTION	UNIT 8 ECOLOGY
유전 변이 + 환경 = 집단의 변화	개체군·군집·생태계가 상호작용한다



핵심: Unit 1-2는 “무엇으로 만들어졌는가”, Unit 3-4는 “어떻게 작동하고 조절되는가”, Unit 5-6는 “정보가 어떻게 전달·표현되는가”, Unit 7-8은 “그 시스템이 시간과 환경 속에서 어떻게 변하는가”를 다룬다.

4개의 Big Idea로 모든 Unit을 다시 묶기

교과서 목차를 기억하는 것보다, 같은 원리가 여러 Unit에서 반복됨을 보는 것이 장기기억에 유리하다.

Big Idea	한 문장 정의	Unit을 가로지르는 연결
1. Evolution	집단의 유전적 구성이 세대를 거치며 변하고, 자연선택은 그 변화를 만드는 주요 메커니즘이다.	U2 세포 기원 → U5 변이 → U6 돌연변이 → U7 선택 → U8 환경
2. Energetics	생명 시스템은 에너지와 물질을 획득·전환·저장하며 동적 항상성을 유지한다.	U1 결합 → U2 막 → U3 ATP/광합성/호흡 → U8 에너지 흐름
3. Information Storage & Transmission	정보는 DNA에 저장되고, 세포 신호·유전자 발현·유전을 통해 전달되고 반응을 만든다.	U1 핵산 → U4 signaling → U5 heredity → U6 expression → U7 variation
4. Systems Interactions	생물학적 성질은 부분들의 상호작용에서 emergent property로 나타난다.	분자→소기관→세포→기관계→개체군→생태계 전 수준

Cross-unit bridge 질문

새 개념을 배울 때 매번 4개 질문만 던진다.

① **Structure?** 어떤 구조가 기능을 가능하게 하나? ② **Energy?** 에너지/물질은 어디서 와서 어디로 가나? ③ **Information?** 어떤 정보가 전달·조절되나? ④ **Evolution?** 변이가 fitness와 population에 어떤 결과를 만들 수 있나?

CLOSED-BOOK RETRIEVAL | 책을 덮고 60-90초

1. Big Idea 4개를 영어·한국어 핵심어로 말한다.

2. Unit 6 Gene Expression을 Big Idea 1, 3, 4와 각각 연결해 한 문장씩 설명한다.

3. Unit 3와 Unit 8을 “energy”라는 한 단어로 연결해 설명한다.

AP Biology의 진짜 시험 엔진

개념을 안다는 것과 AP 점수로 표현하는 것은 다르다. 6개 Science Practice를 출력 루틴으로 만든다.

Practice	무엇을 하나	시험 답안 언어
1 Concept Explanation	개념·과정·모델을 정확히 설명	“Because…”로 메커니즘을 연결
2 Visual Representations	도식·모델·flowchart 해석/연결	화살표 방향과 변수 변화를 말로 번역
3 Questions & Methods	검증 가능한 질문·가설·변수·대조군	IV / DV / control / replication
4 Represent & Describe Data	적절한 그래프 작성, 경향·관계 설명	축·단위·범례·오차막대
5 Statistical Tests & Data Analysis	계산·오차막대·chi-square·가설 평가	숫자 → 생물학적 의미
6 Argumentation	claim + evidence + reasoning	CER: 주장-증거-생물학적 연결



FRQ 문장 뼈대	그래프 문장 뼈대
Claim: X will increase/decrease… Evidence: The data show… Reasoning: Because [mechanism], therefore… Prediction: If Y is disrupted, then…	Describe: 방향·패턴·특정 값 Compare: 두 집단 차이 Explain: 원인/기전 Evaluate: evidence가 hypothesis를 지지하는지

필수 수학·통계 도구 압축

공식 자체보다 “언제 어떤 질문에 쓰는가”를 먼저 기억한다.

도구	핵심식	질문
Mean	$\bar{x} = \sum x / n$	표본의 중심값
Standard deviation	$s = \sqrt{[\sum (x - \bar{x})^2 / (n - 1)]}$	관측값의 분산 정도
Standard error	$SE = s / \sqrt{n}$	표본 평균의 불확실성
Chi-square	$\chi^2 = \sum [(O - E)^2 / E]$	관측값이 기대값과 우연 이상으로 다른가?
Hardy-Weinberg	$p + q = 1; p^2 + 2pq + q^2 = 1$	비진화 집단 모델에서 allele/genotype frequency
Water potential	$\psi = \psi_p + \psi_s; \psi_s = -iCRT$	물은 높은 $\psi \rightarrow$ 낮은 ψ 로 이동
Population growth	$dN/dt = B - D$; logistic includes K	개체군 크기 변화와 carrying capacity
Simpson diversity	$1 / \sum (n/N)^2$	species abundance를 반영한 다양성

Decision rule

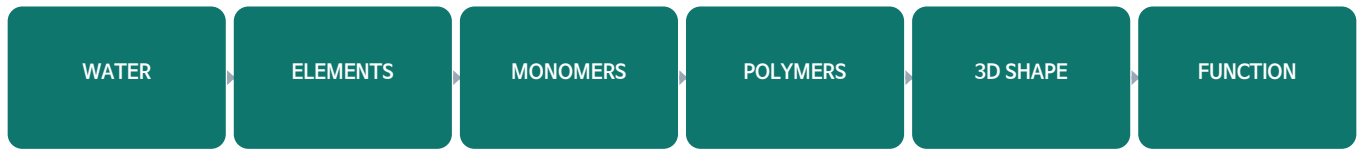
공식 문제를 보면 먼저 단위를 붙인다. **frequency**인가, **rate**인가, **potential**인가, **variation**인가? 계산 후 마지막 한 문장은 반드시 생물학적 의미로 번역한다.

CLOSED-BOOK RETRIEVAL | 책을 덮고 60-90초

- chi-square에서 null hypothesis가 의미하는 것을 말한다.
- Hardy-Weinberg의 다섯 조건을 말한다.
- water potential에서 물의 이동 방향을 설명한다.

Chemistry of Life

구조가 기능을 만든다: 물의 극성부터 단백질 3D 구조까지.



핵심 영역	구조 논리	기능
Water & H-bonds	polar molecule → intermolecular H-bonds	cohesion, adhesion, high specific heat, solvent properties
Elements of life	C, H, O, N, P, S 중심	탄소 골격 + functional groups가 분자 다양성 생성
Carbohydrates	monosaccharide → polysaccharide	quick energy, energy storage, structural support
Lipids	glycerol/fatty acids 등; true polymer 아님	membrane, long-term energy, signaling
Nucleic acids	nucleotide → DNA/RNA	정보 저장·전달
Proteins	amino acid → polypeptide → 3D protein	enzyme, receptor, transport, structure, movement

Unit 1의 가장 중요한 생각

AP는 “이름 외우기” 보다 분자 구조가 상호작용과 기능을 어떻게 결정하는지를 묻는다. 예: 지방산의 불포화도 → 막 유동성, 단백질의 amino acid 변화 → 3D shape → 기능 변화.

Macromolecule Super Table

서로 다른 macromolecule을 같은 기준으로 비교하면 기억 간섭이 크게 줄어든다.

Class	Building block	Bond	Major functions	High-yield structure point
Carbohydrate	monosaccharide	glycosidic linkage	glycogen/starch storage; cellulose structure	ratio of C:H:O, ring structures
Lipid	glycerol + fatty acids / other components	ester linkages (triglycerides)	energy, membrane, hormones	saturation changes packing & fluidity
Protein	amino acid	peptide bond	enzymes, receptors, structure, transport	R-group interactions determine folding
Nucleic acid	nucleotide	phosphodiester bond	hereditary information; gene expression	5'→3' direction, complementary pairing

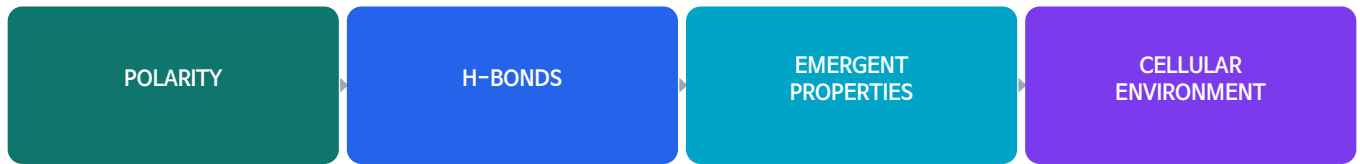
Dehydration vs Hydrolysis	Protein hierarchy
Dehydration/condensation: monomers 연결, 물 제거 Hydrolysis: polymer 분해, 물 사용	Primary: sequence → secondary: local H-bonds → tertiary: R-group interactions → quaternary: multiple subunits

CLOSED-BOOK RETRIEVAL | 책을 덮고 60~90초

1. 4대 macromolecule의 building block을 말한다.
2. unsaturated fatty acid가 membrane fluidity에 미치는 영향을 설명한다.
3. single amino-acid substitution이 phenotype까지 이어질 수 있는 causal chain을 만든다.

Water, Bonds, and Protein Function

작은 분자 상호작용이 큰 생물학적 성질로 확장되는 과정을 본다.

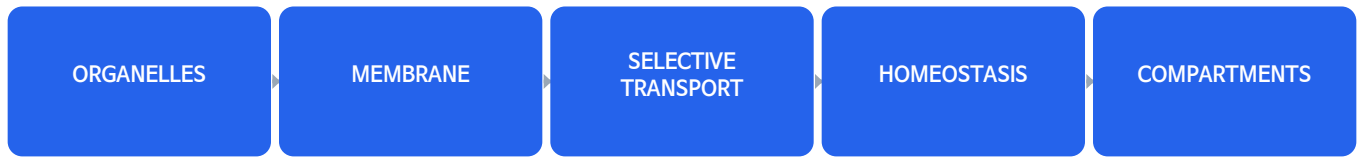


Water chain	Protein chain
O-H 결합의 전기음성도 차이 → 부분전하 → H-bond 형성 → cohesion/adhesion/temperature buffering/solvent behavior → 세포·생태계 기능	DNA sequence → amino-acid sequence → intermolecular interactions → 3D conformation → binding/function → phenotype

상호작용	기억 포인트	생물학 예
hydrogen bond	공유결합보다 약하지만 다수일 때 큰 효과	물 분자 간, DNA base pairing, protein secondary structure
covalent bond	원자 간 전자 공유	분자 backbone 형성
hydrophobic interaction	비극성 부분이 물에서 모이는 경향	membrane bilayer, protein folding

Cells

막과 구획화가 세포의 내부 환경을 만든다.



Prokaryote	Eukaryote
membrane-bound nucleus 없음, 일반적으로 더 작음, DNA는 nucleoid region, ribosome 존재	nucleus와 membrane-bound organelles, compartmentalization으로 상충되는 반응을 분리하고 효율 증가

Unit 2 master question

세포는 무엇을 안으로 들이고, 무엇을 밖으로 내보내며, 농도·수분·전하의 차이를 어떻게 유지하는가? 모든 막 문제를 이 질문으로 통일한다.

CLOSED-BOOK RETRIEVAL | 책을 덮고 60-90초

1. prokaryote와 eukaryote의 공통점 3개와 차이점 3개를 말한다.
2. 왜 cell size가 무한히 커질 수 없는지 surface area-to-volume로 설명한다.
3. compartmentalization이 metabolic efficiency를 높이는 이유를 설명한다.

Structure → Function Map

소기관은 이름이 아니라 “입력-처리-출력”으로 기억한다.

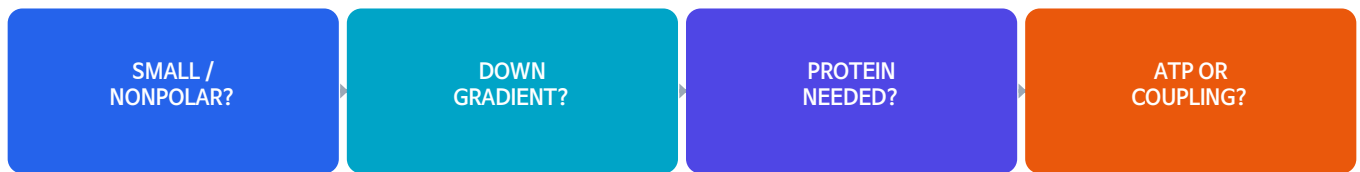
Organelle	핵심 기능	구조-기능 연결
Nucleus	DNA 저장; transcription의 주요 장소	nuclear envelope / pores
Ribosome	translation: polypeptide synthesis	free vs bound ribosomes
Rough ER	secreted/membrane protein processing	ribosomes attached
Smooth ER	lipid synthesis, detox, Ca^{2+} storage	no ribosomes
Golgi	modify, sort, package	cis → trans direction
Lysosome	hydrolysis, recycling	acidic internal environment
Mitochondrion	ATP production by respiration	inner membrane cristae; own DNA
Chloroplast	photosynthesis	thylakoid + stroma; own DNA
Vacuole	storage; plant turgor	large central vacuole in plants

Endomembrane route

분비 단백질의 대표 경로: DNA → mRNA → ribosome on RER → ER lumen → vesicle → Golgi → vesicle → plasma membrane/exocytosis.
AP visual 문제에서 자주 쓰이는 흐름이다.

Membrane Transport Decision Tree

“무슨 물질이, 농도기울기를 따라/거슬러, 단백질과 에너지 도움을 받는가?”만 판단한다.



방법	방향	단백질/구조	energy	대표
Simple diffusion	gradient 따라	막 통과 직접	X	O ₂ , CO ₂ , small nonpolar
Facilitated diffusion	gradient 따라	channel/carrier	X	ions, polar molecules
Osmosis	water potential 차이	membrane/aquaporin	X	water
Active transport	gradient 거슬러	pump/carrier	O	Na ⁺ /K ⁺ pump 등
Endo/Exocytosis	bulk transport	vesicle	O	large particles/macromolecules

Tonicity	Water potential
Hypotonic outside: 물이 cell 안으로 → animal cell lysis 위험 / plant turgid Hypertonic outside: 물이 밖으로 → cell shrinks / plasmolysis	물은 higher ψ → lower ψ 로 이동. solute를 더 넣으면 ψ s는 더 negative해져 total ψ 가 낮아진다.

Surface Area : Volume & Compartmentalization

세포 크기와 막 주름은 “교환 면적을 얼마나 확보하는가”의 문제다.

상황	구조적 변화	기능적 결과
Cell grows	volume가 surface area보다 더 빠르게 증가	SA:V 감소 → exchange efficiency 저하
Microvilli / cristae / thylakoids	membrane folding	surface area 증가 → transport/reaction capacity 증가
Compartmentalization	반응을 공간적으로 분리	local concentration ↑ , incompatible reactions 분리
Endosymbiosis evidence	double membrane, circular DNA, ribosomes, division patterns	mitochondria/chloroplast의 prokaryotic origin 지지

Prediction routine

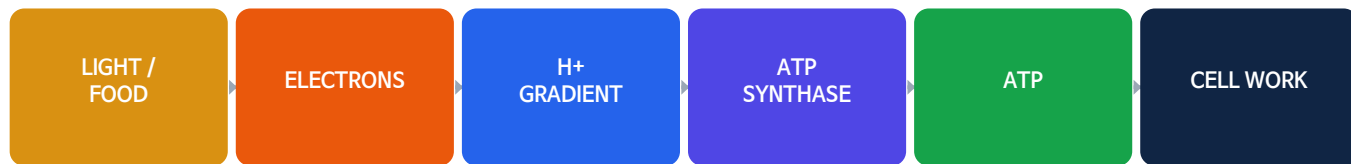
세포/소기관의 membrane surface가 줄거나 손상되면 무엇이 먼저 감소할까? **transport, electron transport, ATP synthesis, photosynthesis** 등 “막에서 일어나는 과정”을 우선 떠올린다.

CLOSED-BOOK RETRIEVAL | 책을 덮고 60-90초

1. SA:V가 cell size가 커질수록 왜 감소하는지 설명한다.
2. mitochondria/chloroplast의 endosymbiotic origin evidence를 3개 말한다.
3. membrane permeability가 낮아지면 homeostasis에 어떤 변화가 생길지 예측한다.

Cellular Energetics

에너지 전환의 공통 언어: enzymes, redox, gradients, ATP.



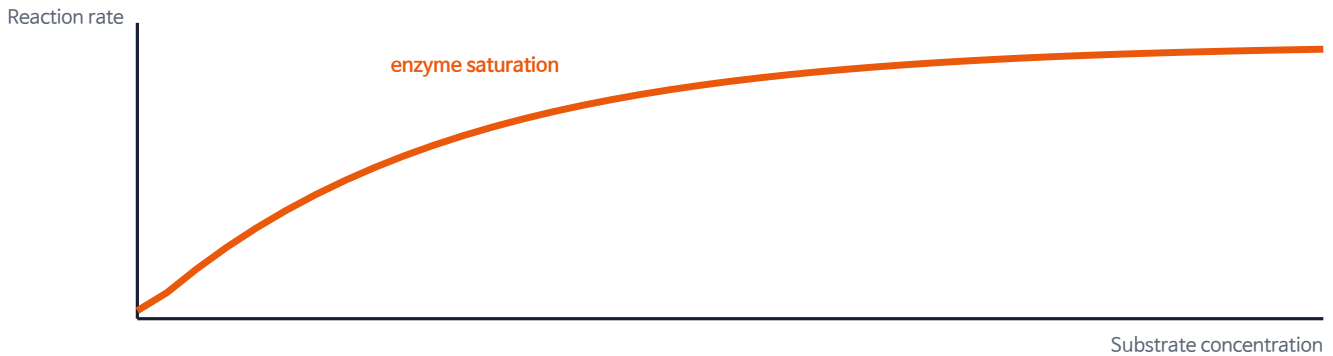
Photosynthesis	Cellular respiration
light energy → chemical energy water donates electrons: carbon fixation builds organic molecules	chemical energy in molecules → ATP electrons ultimately reduce terminal acceptor; chemiosmosis drives ATP synthase

Unifying principle

광합성과 호흡은 “완전히 반대인 암기표”가 아니라, 둘 다 electron transfer → membrane gradient → ATP synthase라는 공통 메커니즘을 가진다.

Enzymes = Rate Control

효소는 ΔG 자체를 바꾸지 않고 activation energy를 낮춰 반응 속도를 높인다.



변수	기전	그래프/예측
Temperature	낮을 때 collisions ↓ ; 너무 높으면 denaturation 가능	optimum 근처에서 max
pH	side-chain charge/shape 변화	active site 변화 가능
[substrate]	초기에는 rate ↑ , 이후 saturation	모든 active site가 점유되면 plateau
[enzyme]	substrate가 충분하면 rate ↑	더 많은 active sites
Competitive inhibitor	active site 경쟁	substrate ↑ 로 일부 극복 가능
Noncompetitive/allosteric	다른 위치 결합, shape 변화	Vmax-like capacity 감소

CLOSED-BOOK RETRIEVAL | 책을 덮고 60-90초

1. enzyme concentration을 2배로 했을 때 substrate가 충분하면 initial rate가 어떻게 변할지 예측한다.
2. denaturation과 inhibition의 차이를 설명한다.
3. 효소가 equilibrium이나 ΔG 를 바꾸지 않는 이유를 말한다.

Photosynthesis vs Cellular Respiration

세부 intermediate 이름보다 “장소·입력·출력·gradient·carbon fate”를 비교한다.

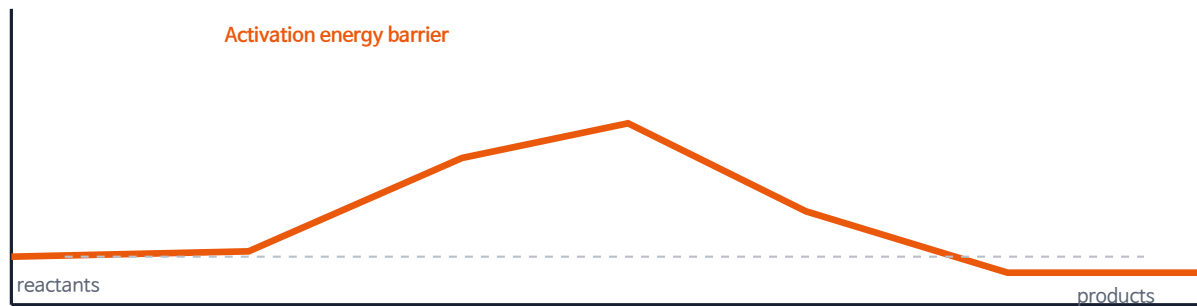
기준	Photosynthesis	Cellular Respiration
Primary purpose	light energy를 chemical energy로 저장	organic molecule energy를 ATP로 전환
Key membrane	thylakoid membrane	inner mitochondrial membrane / prokaryotic plasma membrane
Electron source	water (in oxygenic photosynthesis)	reduced organic molecules via carriers
Terminal fate	electrons help reduce carbon intermediates	electrons reach terminal acceptor; aerobic = O_2
H ⁺ gradient	thylakoid lumen high H ⁺	intermembrane space high H ⁺
ATP synthase	H ⁺ flow drives ATP formation	same core principle
Carbon	CO ₂ incorporated into organic molecules	organic carbon oxidized; CO ₂ released

AP scope control

AP Biology는 respiration/photosynthesis의 모든 intermediate·모든 enzyme 이름을 외우는 시험이 아니다. 핵심은 inputs/outputs, membrane gradients, redox, ATP synthesis, 변화가 시스템에 미치는 영향이다.

Energy Pathway: Change → Effect

AP 고난도는 “어떤 단백질/막/조건을 방해했을 때 무엇이 쌓이고 무엇이 줄어드는가”를 묻는다.



Perturbation	Immediate effect	System-level result
ETC blocked	electron flow ↓ → proton pumping ↓	H ⁺ gradient ↓ → ATP synthase output ↓
ATP synthase blocked	H ⁺ return ↓	gradient builds; ATP production ↓
Membrane becomes H ⁺ permeable	gradient dissipates	ATP production ↓ ; energy may release as heat
Light intensity increases	photosynthesis rate may rise until another factor limits	limiting-factor logic
O ₂ decreases in aerobic system	terminal electron acceptance 제한	aerobic ATP yield ↓ ; fermentation may increase

CLOSED-BOOK RETRIEVAL | 책을 덮고 60-90초

1. ETC inhibitor가 H⁺ gradient와 ATP production에 미치는 영향을 순서대로 말한다.
2. membrane uncoupler가 ATP와 heat에 미치는 영향을 설명한다.
3. photosynthesis와 respiration의 공통 메커니즘 2개를 말한다.

Cell Communication & Cell Cycle

세포는 신호를 받고, 증폭하고, 반응한 뒤 feedback으로 조절한다.



Signal specificity	Amplification
모든 세포가 같은 signal에 반응하는 것이 아니다. receptor expression 과 downstream pathway가 cell-specific response를 만든다.	한 receptor activation이 kinase cascade/second messengers를 통해 큰 response로 증폭될 수 있다.

Unit 4 mental model
신호 문제는 reception → transduction → response 에서 어느 단계가 바뀌었는지 표시한 뒤, downstream 결과를 예측한다.

Signal Transduction + Feedback

“신호의 방향”과 “response가 원인을 강화/억제하는지”를 분리해서 본다.

단계	핵심	예측 기준
Reception	ligand binds receptor	membrane receptor or intracellular receptor depending on ligand
Transduction	relay/amplify signal	protein phosphorylation, second messengers, cascades
Response	cell behavior changes	gene expression, enzyme activity, ion flow, movement
Negative feedback	response reduces original stimulus	stabilizes around set point: homeostasis
Positive feedback	response increases original stimulus	drives process to a decisive endpoint

Negative feedback example	Positive feedback example
변수가 set point에서 벗어남 → sensor/control → effector가 반대 방향으로 조정 → deviation 감소	initial event → response가 같은 방향의 event를 강화 → endpoint에 도달할 때까지 cascade

CLOSED-BOOK RETRIEVAL | 책을 덮고 60~90초

1. receptor가 결손이면 transduction과 response가 어떻게 되는지 설명한다.
2. negative feedback과 positive feedback을 “response가 stimulus에 미치는 영향”으로 구분한다.
3. second messenger가 signal amplification에 어떻게 기여하는지 설명한다.

Cell Cycle & Checkpoints

증식은 자동 진행이 아니라 checkpoint를 통과해야 하는 regulated process다.



지점	무엇을 확인?	문제 발생 시
G1 checkpoint	cell size, nutrients, growth signals, DNA damage	조건 불충분 → arrest/repair
G2 checkpoint	replication completion, DNA damage	mitosis 진입 전 확인
M/spindle checkpoint	chromosome attachment	mis-segregation 방지
Cancer logic	cell-cycle regulation 실패	uncontrolled proliferation; signaling/checkpoint genes altered

Cross-unit bridge

cell-cycle checkpoint 실패 → mutation이 보존/전달될 가능성 ↑ → clone expansion → phenotype 변화. Unit 4는 Unit 6 mutation, Unit 7 selection과 연결된다.

Heredity

감수분열이 allele 조합을 재배열하고, 확률이 inheritance pattern을 설명한다.



Genetic diversity source 1	Genetic diversity source 2
Crossing over: homologous chromosomes가 prophase I에서 DNA segments를 교환	Independent assortment: homologous pairs의 metaphase I orientation이 독립적

Unit 5 mental model

유전 문제는 allele → chromosome behavior → gamete probability → offspring genotype → phenotype 순으로 내려간다.

Mitosis vs Meiosis

두 과정을 “목적·분열 횟수·ploidy·genetic similarity”의 같은 기준으로 비교.

기준	Mitosis	Meiosis
Purpose	growth/repair/asexual reproduction	gamete production for sexual reproduction
DNA replication	once before division	once before meiosis I
Divisions	1	2
Products	2 cells	4 cells
Ploidy	usually conserved	diploid → haploid
Genetic similarity	usually very similar to parent/each other	diverse due to crossing over & assortment
Homolog pairing	no synapsis	synapsis in prophase I
What separates first	sister chromatids	homologous chromosomes (meiosis I)

CLOSED-BOOK RETRIEVAL | 책을 덮고 60-90초

1. meiosis I과 meiosis II에서 각각 무엇이 분리되는지 말한다.
2. crossing over와 independent assortment의 차이를 말한다.
3. 왜 meiosis가 evolution과 직접 연결되는지 설명한다.

Mendelian, Non-Mendelian & Chi-Square

pattern을 외우기보다 “genotype이 phenotype에 어떻게 표현되는가”를 본다.

Pattern	핵심	구별 포인트
Complete dominance	heterozygote phenotype = dominant homozygote	classic Mendel model
Incomplete dominance	heterozygote intermediate phenotype	1:2:1 phenotype possible
Codominance	both alleles expressed	AB blood group logic
Multiple alleles	population has >2 alleles for gene	individual still carries two alleles
Sex-linked	gene on sex chromosome	inheritance differs by sex chromosome composition
Polygenic	many genes contribute	continuous variation often results
Environment effect	same genotype can show different phenotype	phenotypic plasticity / gene-environment interaction

Chi-square workflow

1 null hypothesis 작성 → 2 expected 계산 → 3 χ^2 계산 → 4 df와 critical/p-value 기준 비교 → 5 reject 또는 fail to reject → 6 biological meaning.

Gene Expression & Regulation

정보의 저장 → 복제 → 발현 → 조절 → 변이.



Continuity	Differential expression
DNA replication과 heredity가 정보의 세대 간 연속성을 보장한다.	같은 genome을 가진 세포도 서로 다른 gene set을 발현하여 specialization이 생긴다.

Unit 6 master question
어떤 변화가 생겼을 때 DNA sequence → RNA abundance/processing → protein sequence/amount → phenotype 중 어디가 먼저 바뀌는가?

Replication vs Transcription vs Translation

세 과정은 template, product, location, machinery 기준으로 구분한다.

Process	Template	Product	Key machinery/logic	Purpose
Replication	DNA	DNA	DNA polymerase; complementary base pairing	genome copy before division
Transcription	DNA template	RNA	RNA polymerase	gene information copied to RNA
RNA processing	pre-mRNA	mature mRNA	splicing; 5' cap/poly-A in eukaryotes	modifies transcript before translation
Translation	mRNA	polypeptide	ribosome + tRNA	codon → amino-acid sequence

Directionality	Genetic code
DNA/RNA strand 방향과 complementary base pairing을 구분한다. RNA는 일반적으로 5' → 3'로 합성된다.	codon은 mRNA의 3-base sequence. mutation이 codon을 바꿔도 amino acid가 안 바뀔 수 있다(silent).

CLOSED-BOOK RETRIEVAL | 책을 덮고 60-90초

1. transcription과 translation의 template/product를 각각 말한다.
2. frameshift mutation이 왜 downstream amino acids에 큰 영향을 주는지 설명한다.
3. same DNA를 가진 두 세포가 다른 단백질을 만드는 이유를 설명한다.

Gene Regulation & Cell Specialization

“gene on/off”는 DNA 보유 여부가 아니라 접근성·전사조절·RNA/단백질 조절의 문제다.

Level	Mechanism	Why it matters
Prokaryotic regulation	operon-like coordinated transcription	환경 변화에 빠른 response; multiple genes can be co-regulated
Eukaryotic chromatin	DNA accessibility 변화	tightly packed chromatin generally less transcriptionally active
Transcription factors	regulatory DNA에 결합	cell-type-specific expression pattern
RNA processing	alternative splicing 등	one gene can contribute to different products
Post-transcription/translation	RNA stability, translation, protein modification/degradation	protein amount/activity 조절

Specialization chain

same genome → different regulatory signals → different genes expressed → different protein sets → different cell structure/function. **cell differentiation = selective gene expression.**

Mutation → Molecular Effect → Phenotype

돌연변이는 “좋다/나쁘다”가 아니라 위치·종류·환경에 따라 effect가 달라진다.

Type	Immediate molecular change	Possible consequence
Substitution	single base change	silent / missense / nonsense 가능
Insertion/deletion	bases added/removed	coding region에서 frameshift 가능
Regulatory mutation	promoter/enhancer 등 변화	protein sequence 없이 amount/timing 변화 가능
Chromosomal change	larger DNA segments altered	many genes affected 가능

Technique	Core action	Use
PCR	target DNA amplify	적은 DNA를 많은 copy로
Gel electrophoresis	fragments separated mainly by size through matrix	DNA band pattern 비교
Bacterial transformation	foreign DNA introduced to bacteria	gene function/expression study
Sequencing / comparative analysis	nucleotide order determined/compared	variation, ancestry, mutation detect

Natural Selection

개체가 진화하는 것이 아니라, population의 allele frequency가 변한다.



Natural selection algorithm

1 variation exists → 2 일부는 heritable → 3 environment 때문에 reproductive success 차이 → 4 advantageous allele이 다음 세대에 더 많이 전달 → 5 population changes.

Fitness	Adaptation
절대적 “강함”이 아니라 특정 환경에서 surviving and reproducing 에 대한 상대적 성공.	환경이 필요해서 mutation을 만드는 것이 아니다. preexisting/random variation 중 selection이 favor한 heritable trait.

Selection vs Drift vs Gene Flow vs Mutation

allele frequency가 변했다면 “어떤 메커니즘이 방향성과 무작위성에 기여했는가?”를 묻는다.

Mechanism	Random?	How it works	Typical result
Natural selection	nonrandom with respect to phenotype/fitness	environment-dependent differential reproduction	adaptive change 가능
Genetic drift	random sampling	stronger in small populations; bottleneck/founder effects	alleles can rise/fall regardless of fitness
Gene flow	movement of alleles among populations	migration + reproduction	populations may become more similar
Mutation	new DNA variation	random with respect to need	ultimate source of new alleles
Nonrandom mating	mate choice patterns	changes genotype frequencies; can affect evolutionary dynamics	not identical to selection

CLOSED-BOOK RETRIEVAL | 책을 덮고 60-90초

1. bottleneck와 founder effect를 genetic drift의 두 형태로 설명한다.
2. mutation은 random이지만 selection은 random이 아니라는 뜻을 설명한다.
3. gene flow가 두 population의 allele frequencies를 어떻게 바꿀 수 있는지 말한다.

Hardy-Weinberg + Phylogeny

하나는 “진화가 없는 baseline model”, 다른 하나는 “공통조상 가설을 표현하는 model”.

Hardy-Weinberg conditions	Phylogenetic tree
large population, no migration, no mutation, random mating, no natural selection 현실에서 완벽히 충족되기 어렵지만 null model로 유용.	node = common ancestor hypothesis. 가까운 가지 위치가 아니라 가장 최근 공통조상을 기준으로 relatedness를 판단.

Symbol	Meaning	Key distinction
p, q	allele frequencies	$p + q = 1$
p^2	homozygous genotype for allele p	genotype frequency
2pq	heterozygous genotype	genotype frequency
q^2	homozygous genotype for allele q	genotype frequency

Phylogeny evidence
morphology, DNA/protein sequences, biochemical traits, fossils, biogeography 등 여러 독립적 evidence가 common ancestry hypothesis를 지지할 수 있다.

Speciation, Evidence, Origin-of-Life Models

진화는 allele frequency 변화에서 시작해 reproductive isolation과 lineage divergence로 확장된다.

Concept	Mechanism	High-yield point
Reproductive isolation	gene flow 감소/차단	populations can diverge independently
Allopatric pattern	geographic separation	different selection/drift + reduced gene flow
Sympatric pattern	same geographic area but reproductive barriers arise	gene flow reduced by other mechanisms
Evidence of evolution	fossils, homology, molecular similarity, biogeography	independent evidence converges
Origin-of-life models	early Earth evidence + chemical evolution hypotheses	science evaluates evidence; model remains revisable

CLOSED-BOOK RETRIEVAL | 책을 덮고 60-90초

1. individual organism이 “진화한다”는 표현이 왜 부정확한지 설명한다.
2. shared derived characteristics가 cladogram 해석에 어떻게 쓰이는지 설명한다.
3. reproductive isolation이 speciation에 필요한 이유를 설명한다.

Ecology

분자·세포에서 배운 에너지·상호작용 원리를 population과 ecosystem 규모로 확장한다.



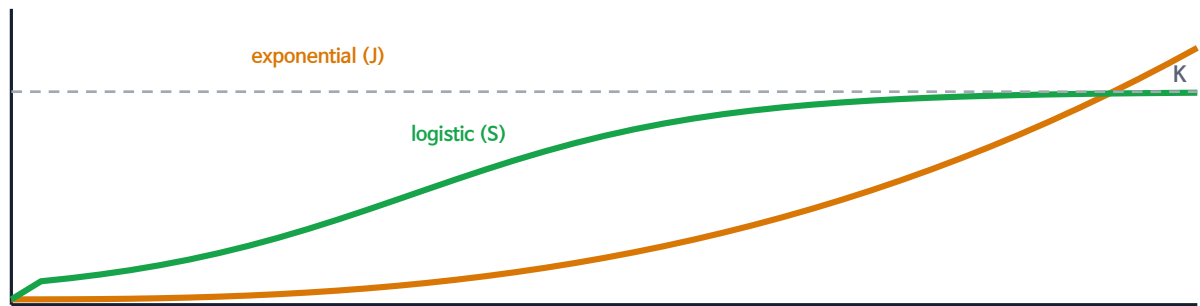
Energy flow	Matter cycling
에너지는 trophic levels를 통과하며 일부가 heat로 dissipate. 따라서 higher trophic level로 갈수록 available energy 감소.	matter는 ecosystem에서 재순환되지만 energy는 일방향 흐름이 중심. 두 개념을 섞지 않는다.

Unit 8 master question

환경 변화가 resource → population growth → species interactions → community structure → biodiversity에 어떤 연쇄효과를 만드는가?

Energy Flow and Population Growth

생태 그래프는 shape 암기보다 변수와 제한요인의 의미를 읽는다.



Concept	Core idea	Graph/meaning
Exponential growth	resources effectively unlimited over interval	J-shaped: per-capita growth remains high
Logistic growth	density-dependent limits increase	S-shaped: growth slows near K
Carrying capacity K	environment can sustain only finite population under conditions	not a fixed universal constant
Density-dependent factor	effect stronger as density rises	competition, disease, predation often
Density-independent factor	effect not directly tied to density	storms, fires, extreme events often

CLOSED-BOOK RETRIEVAL | 책을 덮고 60~90초

1. logistic curve가 K 근처에서 완전히 직선이 되지 않아도 되는 이유를 설명한다.
2. density-dependent와 density-independent factor를 각각 하나씩 제시한다.
3. trophic level이 올라갈수록 available energy가 감소하는 이유를 설명한다.

Species Interactions & Community Dynamics

interaction은 개체 한 쌍의 관계를 넘어 population size와 community structure를 바꾼다.

Interaction	Sign	High-yield idea
Competition	/	shared limiting resource; niche overlap
Predation / herbivory	+ /	population regulation; selection pressure
Mutualism	+ / +	both partners benefit
Commensalism	+ / 0	one benefits, other little/no effect
Parasitism	+ /	parasite benefits, host harmed
Keystone species	disproportionate community effect	removal can restructure community
Succession / disturbance	community changes over time	disturbance can reset or redirect structure

Niche thinking

competition 문제에서 “누가 더 강한가”보다 어떤 limiting resource를 공유하고, overlap이 어느 정도이며, 환경이 각 species의 realized niche를 어떻게 바꾸는가를 본다.

Biodiversity, Disruption, Resilience

biodiversity는 단순 종 수가 아니라 시스템의 상호작용과 회복탄력성에 연결된다.

Disruption	Mechanism	Possible outcome
Invasive species	new niche에서 predator/competitor release 가능	native species competition ↑ , food web changes
Habitat loss / fragmentation	population size와 connectivity 감소	drift/inbreeding risk ↑ , migration limits
Eutrophication	nutrient input ↑ → algal growth ↑ → decomposition/O ₂ demand ↑	hypoxia and community shifts
Biomagnification	persistent toxins concentrate at higher trophic levels	top predators often most affected
Climate/environmental change	selection pressures and ranges change	migration, adaptation, extinction risks

CLOSED-BOOK RETRIEVAL | 책을 덮고 60-90초

1. invasive species가 community를 바꾸는 causal chain을 설명한다.
2. habitat fragmentation이 Unit 7 genetic drift와 어떻게 연결되는지 설명한다.
3. biodiversity와 resilience의 관계를 system-level 관점에서 설명한다.

헛갈리는 개념 18쌍 한 번에 정리

비슷한 개념을 같은 페이지에서 비교하는 것이 시험 직전의 기억 간섭을 줄인다.

Pair	One-line distinction
diffusion / osmosis	입자 일반 이동 / 물의 이동
hypotonic / hypertonic	상대적으로 solute 낮음 / 높음
active / facilitated diffusion	energy/coupling 필요 / gradient 따라 passive
exergonic / endergonic	free energy release / input required
enzyme denaturation / inhibition	structure loss / activity reduced by binding
photosynthesis / respiration	energy storage / energy extraction, but both use gradients
positive / negative feedback	stimulus 강화 / stimulus 감소
mitosis / meiosis	somatic-like division / gamete-producing reduction division
homologs / sister chromatids	maternal-paternal pair / replicated copies
genotype / phenotype	allele combination / observable trait
dominant / common	expression relation / population frequency: unrelated concepts
transcription / translation	DNA→RNA / RNA→protein
mutation / adaptation	new DNA variation / selected heritable trait
selection / drift	fitness-related nonrandom / random sampling
gene flow / genetic drift	migration of alleles / sampling fluctuation
homologous / analogous structures	common ancestry / similar function via convergence
exponential / logistic growth	unlimited-like / K-limited
correlation / causation	association / demonstrated mechanism or controlled evidence

Unit을 가로지르는 8개의 고난도 연결

상위권 문제는 한 Unit의 용어로 시작해 다른 Unit의 결과로 끝나는 경우가 많다.

Scenario	Causal chain
Membrane mutation → phenotype	U6 mutation → membrane protein structure/function(U1/2) → transport/homeostasis(U2) → cell function → phenotype
Mitochondrial membrane damage	U2 membrane structure → proton gradient(U3) → ATP ↓ → cell work ↓ → organism fitness(U7)
Receptor mutation	U6 mutation → receptor(U1/4) → signaling response ↓ → cell cycle/metabolism change(U4/3)
Meiosis error	U5 chromosome segregation → genotype change → gene dosage/expression(U6) → phenotype
Antibiotic resistance	U6 mutation/variation → differential survival(U7) → allele frequency change → population evolution
Habitat fragmentation	U8 habitat change → small isolated populations → drift/inbreeding(U7) → diversity ↓ → resilience ↓
Climate shift & photosynthesis	U8 environment → enzyme/photosynthesis rates(U3) → plant productivity → trophic energy flow(U8)
Protein substitution	U6 DNA change → U1 protein folding/function → pathway disruption(U3/4) → phenotype → fitness(U7)

시험장에서의 사용법

문제를 읽자마자 Unit 이름을 맞히려 하지 말고 “첫 변화 → 즉각적 분자/세포 효과 → 시스템 결과 → organism/population consequence”로 화살표를 그린다.

FRQ에서 점수로 바꾸는 표현 프레임

학생이 개념을 이해한 뒤, 반드시 “답안 형식”으로 한 번 더 출력한다.

Task verb	해야 하는 일	Sentence frame
Describe	방향·패턴·구체적 데이터만. 이유를 덧붙이지 않아도 되는 경우가 많다.	“As X increased from..., Y decreased...”
Explain	원인/메커니즘 + 결과 연결	“Because membrane permeability decreased, ... therefore ...”
Predict	변화의 방향을 먼저 명시하고 메커니즘으로 정당화	“ATP production will decrease because...”
Justify	claim + biological evidence + reasoning	“The result supports the claim because...”
Design	IV, DV, control, replication, constants, measurable outcome	“Vary X while holding...; measure Y...”
Evaluate data	trend/overlap/statistics → hypothesis conclusion	“The data are consistent/not consistent with...”

Experimental design checklist	CER checklist
Question → hypothesis → IV → DV → control → constants → replication → measurement → expected pattern	Claim: answer the question Evidence: cite data/concept Reasoning: mechanism connecting evidence to claim

CLOSED-BOOK RETRIEVAL | 책을 덮고 60-90초

1. “explain”과 “describe”의 차이를 한 문장으로 말한다.
2. control group가 왜 필요한지 causal inference 관점에서 설명한다.
3. error bars가 겹치지 않을 때 어떤 추론을 조심스럽게 할 수 있는지 말한다.

전 범위 백지 인출 테스트

3회독 직후와 D1 / D3 / D7 / D21에 반복. 답을 보기 전에 먼저 빈 종이에 그린다.

시간	해야 할 인출
0:00-1:00	8 Units를 순서대로 쓰고 각 Unit 옆에 핵심 동사 1개
1:00-2:00	4 Big Ideas를 쓰고 각각 2개 Unit과 연결
2:00-3:00	membrane transport 5종 + water movement rule
3:00-4:00	photosynthesis/respiration 공통 메커니즘과 차이
4:00-5:00	signal transduction + negative/positive feedback
5:00-6:00	mitosis vs meiosis + genetic diversity sources
6:00-7:00	DNA→RNA→protein + gene regulation levels
7:00-8:00	selection / drift / gene flow / mutation 비교
8:00-9:00	exponential vs logistic + community interaction 4개
9:00-10:00	CER + experimental design checklist

Scoring

각 줄을 0 = 못함 / 1 = 일부 / 2 = 정확히 재구성으로 채점. 총 20점 중 16점 이상이면 다음 간격으로 이동. 15점 이하면 약한 Unit만 5분 보정 후 다시 백지 인출한다.

학기 초 3회독 이후의 초압축 유지 계획

학교 수업이 진행될수록 새 지식이 이미 만든 scaffold에 걸리게 한다.

시점	시간	할 일
D0	전체 3회독	Master Map + unit map + retrieval
D1	10-15분	8 Units blank recall + weakest 2 units
D3	10분	confusion pairs + cross-unit chains
D7	15분	10-minute whiteboard + 1 FRQ explanation
D21	15-20분	mixed retrieval + graph/model/data interpretation
매주 학교 수업 후	3-5분	오늘 배운 내용을 기존 map 어디에 붙일지 표시
시험 3-4주 전	오답 기반	개념 공백보다 error pattern 중심으로 변형 문제

교과서 읽을 때	수업 들을 때
새 세부사항을 독립적으로 외우지 말고 Unit → subtopic → mechanism → prediction 에 위치시킨다.	선생님 강조표시를 기존 map의 node에 연결. 완벽히 이해되지 않아도 먼저 위치를 잡고, 이후 retrieval에서 공백을 확인한다.

목표

학생의 머릿속에 “AP Biology 지식창고”를 쌓는 것이 아니라, 새 정보가 들어오면 **자동으로 분류되고 연결되는 indexing system**을 먼저 만든다.

Framework & Accuracy Notes

2026년 8월 기준 College Board 공식 자료를 중심으로 구성.

Official source

College Board – AP Biology Course and Exam Description (current official framework; effective Fall 2025). 8 Units, Big Ideas, science practices, required content, formula appendix.

Official source

College Board – AP Biology Course page. Course overview and science-practice MCQ weightings.

Official source

College Board – AP Biology Exam page. Current exam structure: 60 MCQ / 6 FRQ, 50% each.

Official source

College Board – AP Biology Course Audit 2026–27. Confirms science practices and 2026–27 authorization framework.

Important scope note: 이 자료는 “책 전체 큰 틀”을 빠르게 구축하기 위한 cognitive map이다. 세부 학습에서는 학교 교재, 수업자료, AP Classroom 및 교사의 강조점을 이 map의 하위 node에 추가한다.

학습 설계 원칙: 큰 틀 → 관계 → 세부 → 인출 → 오류 분석 → 재구성.