고등 셀파 세포와 물질대사

정답과 해설



I 세포

01 생물의 구성 물질

탐구 기출 문제 | p.11 |

01 ⑤

01 (가)는 DNA이고, (나)는 RNA이다. DNA는 이중나선구조이고, RNA는 단일 가닥 구조이다. DNA는 유전정보를 저장하고, RNA는 유전정보를 전달하며 단백질합성에 관여한다.

세미나 기출 문제 | p.13 |

01 펩타이드결합 02 ㄱ, ㄷ

01 단백질을 구성하는 수많은 아미노산은 펩타이드결합으로 연결되어 있다.

02 (가)는 단백질의 1차 구조이고, (나)는 2차 구조, (다)는 3차 구조, (라)는 4차 구조이다. 단백질의 1차 구조는 아미노산이 펩타이드결합으로 연결된 구조이며, (라)는 3차 구조의 폴리펩타이드가 2개 이상 모여서 형성된 구조이다.

오답 피하기

ㄴ. (나)는 단백질의 2차 구조로, 펩타이드결합을 이룬 아미노산 사이의 수소결합에 의해 사슬이 꼬이거나 접힌 구조이다.

내신 기초 문제 | p.14~15 |

01 ⑤ 02 ③ 03 ③ 04 ⑤ 05 ② 06 ②
07 ⑤ 08 ㉠ 이중나선구조, ㉡ 라이보스, ㉢ 유라실(U) 09 ①

01 다당류에는 녹말, 셀룰로스, 글라이코젠 등이 있으며, 콜레스테롤은 지질에 속한다.

02 탄수화물은 생물의 주요 에너지원으로 사용되며, 몸의 구성 성분이다. 셀룰로스는 식물 세포의 세포벽을 구성하는 주성분이다.

오답 피하기

ㄴ. 엿당, 설탕, 젖당은 2개의 단당류가 결합한 이당류이다.

03 지질은 물에 잘 녹지 않고 알코올이나 에터와 같은 유기용매에 잘 녹는다. 지질의 한 종류인 중성지방은 글리세롤 1분자와 지방산 3분자가 결합한 물질이다.

오답 피하기

ㄴ. 스테로이드의 한 종류인 콜레스테롤은 인지질과 함께 동물의 세포막을 구성하는 성분이다.

04 (가)는 단당류인 갈락토스, (나)는 이당류인 설탕, (다)는 다당류인 셀룰로스이다.

05 지질에는 중성지방, 인지질, 스테로이드가 있다. (가)는 인지질로, 글리세롤 1분자에 지방산 2분자와 인산 1분자가 결합한 물질이다. (나)는 스테로이드로, 탄소로 구성된 고리 화합물 4개가 연결된 구조이다.

06 (가)는 중성지방, (나)는 스테로이드이다. 스테로이드는 탄소로 구성된 고리 화합물 4개가 연결된 구조이다.

오답 피하기

ㄱ. 세포막의 주요 구성 성분은 단백질과 인지질이다.
ㄷ. 중성지방과 스테로이드는 모두 물에 잘 녹지 않고 유기용매에 잘 녹는다.

07 단백질은 효소와 호르몬의 주성분으로, 물질대사와 생리작용을 조절한다. 단백질의 기본 단위체는 아미노산이며, 단백질의 기능은 입체 구조에 의해 결정된다.

08 DNA는 이중나선구조이고, RNA는 단일 가닥 구조이다. DNA를 구성하는 당은 디옥시라이보스이고, RNA를 구성하는 당은 라이보스이다. DNA를 구성하는 염기에는 아데닌(A), 구아닌(G), 사이토신(C), 타이민(T)이 있고, RNA를 구성하는 염기에는 아데닌(A), 구아닌(G), 사이토신(C), 유라실(U)이 있다.

09 (가)는 단백질의 1차 구조이고, (나)는 2차 구조, (다)는 3차 구조이다.

오답 피하기

ㄴ. 2차 구조의 폴리펩타이드가 접혀서 형성된 구조는 3차 구조인 (다)이다.
ㄷ. (다)는 단백질의 3차 구조이다.

내신 실전 문제 | p.16~19 |

01 ⑤ 02 ③ 03 ③ 04 ⑤ 05 ⑤ 06 ②
07 ③ 08 ③ 09 ③ 10 ④ 11 ④ 12 ⑤
13 ④ 14 ⑤ 15 ~ 16 해설 참조

01 생물의 구성 성분에는 단백질, 핵산, 탄수화물, 지질과 같은 큰 분자, 물, 이온과 작은 분자가 있다. 일반적으로 생물의 구성 물질 중 물이 가장 많고, 물 다음으로는 단백질이 가장 많다.

02 (가)는 물, (나)는 단백질, (다)는 핵산이다. 핵산은 유전정보를 저장 및 전달하고 단백질합성에 관여한다. 물은 혈액, 림프액 등 체액의 주성분이며, 체내의 화학 반응과 체온 유지에 관여한다.

오답 피하기

ㄴ. (나)는 단백질이다. 단백질을 구성하는 여러 종류의 아미노산은 펩타이드결합으로 길게 연결되어 폴리펩타이드를 형성한다.

03 A는 단백질이고, B는 지질, C는 탄수화물이다. 항체의 주성분은 단백질이고, 단백질의 기본 단위체는 아미노산이다. 지질과 탄수화물을 구성하는 원소는 탄소, 수소, 산소로 같다.

오답 피하기

ㄷ. 항체의 주성분은 단백질이다.

04 (가)는 포도당, (나)는 설탕, (다)는 녹말이다. 탄수화물은 탄소, 수소, 산소로 구성되며 생물의 구성 성분이 되거나 에너지원으로 사용된다. 엿당과 젖당은 2개의 단당류가 결합하여 이루어진 탄수화물로 이당류이다. 녹말은 식물의 에너지 저장 물질로 이용된다.

05 A는 중성지방, B는 인지질, C는 단백질이다. 중성지방(A)은 지질의 한 종류이고, 인지질(B)은 생체막의 주요 구성 성분이다. 단백질(C)의 기본 단위체는 아미노산이다.

06 (가)는 중성지방, (나)는 인지질, (다)는 스테로이드이다. 인지질은 친수성 머리와 소수성 꼬리로 되어 있다.

오답 피하기

ㄱ. 콜레스테롤은 스테로이드의 한 종류이다.

ㄷ. 에너지 저장 물질로 쓰이는 것은 중성지방이다.

07 탄수화물은 탄소, 수소, 산소로 구성되어 있다. 지질은 탄소, 수소, 산소로 구성되며, 질소나 인을 함유하는 것도 있다. 지질의 한 종류인 스테로이드는 성호르몬이나 콜레스테롤의 성분이 된다.

오답 피하기

ㄴ. 탄수화물은 1 g당 4 kcal의 에너지를 저장하며, 지질은 1 g당 9 kcal의 에너지를 저장한다.

08 A는 탄수화물, B는 핵산, C는 지질이다. 탄수화물의 종류에는 단당류(포도당, 과당, 갈락토스 등), 이당류(엿당, 설탕, 젖당 등), 다당류(녹말, 셀룰로스, 글라이코젠 등)가 있다.

오답 피하기

ㄴ. 핵산(B)은 탄소, 수소, 산소, 질소, 인 등으로 구성되어 있다.

09 핵산에는 DNA와 RNA가 있다. DNA는 유전정보를 저장하고, RNA는 유전정보를 전달하며 단백질합성에 관여한다. RNA를 구성하는 당은 라이보스이다. 타이민(T)은 DNA에만 있고, 유라실(U)은 RNA에만 있는 염기이다.

오답 피하기

ㄷ. RNA를 구성하는 당은 라이보스이다.

10 (가)는 인산, 당, 염기로 이루어진 뉴클레오타이드이다. 물질 X는 타이민(T)을 염기로 가지는 DNA이며, 이중나선구조로 되어 있다.

오답 피하기

ㄷ. 물질 X를 구성하는 당은 디옥시라이보스이다.

11 (가)는 DNA를 구성하는 당으로, 디옥시라이보스이다. a와 b는 2개의 수소결합으로 연결되어 있고, a는 단일 고리 구조이므로 타이민(T)이다. a와 결합한 b는 아데닌(A)이다. c는 이중 고리 구조를 가지고 d와 3개의 수소결합으로 연결되어 있으므로 구아닌(G)이고, d는 사이토신(C)이다. b, c, d는 모두 RNA에도 존재하는 염기이다.

오답 피하기

① (가)는 디옥시라이보스이다.

② a는 타이민(T)이다.

③ c는 구아닌(G)이다.

⑤ 세포질로 유전정보를 전달하는 기능을 하는 것은 RNA이다.

12 (가)는 녹말, (나)는 인지질, (다)는 단백질이다. 인지질은 세포막이나 핵막 등 생체막을 구성하는 주요 성분이다. 단백질의 기본 단위체는 아미노산이다.

오답 피하기

ㄱ. (가)는 녹말로 다당류에 속한다.

13 (가)는 기본 단위체가 아미노산인 단백질이다. 단백질은 온도나 pH 같은 환경 조건이 변하면 입체 구조가 달라질 수 있다. 단백질을 구성하는 수많은 아미노산은 펩타이드결합(결합 ㉠)으로 연결되어 있다.

오답 피하기

ㄴ. 유전정보를 저장하는 것은 DNA이다.

14 (가)는 단백질의 1차 구조이고, (나)는 2차 구조, (다)는 3차 구조이다. 1차 구조는 아미노산이 펩타이드결합으로 연결된 구조이며, 3차 구조가 변하면 단백질은 기능을 상실한다.

15 모범 답안 (1) A: 중성지방, B: 인지질, C: 단백질

(2) 중성지방은 1분자의 글리세롤에 3분자의 지방산이 결합

한 구조이고, 인지질은 1분자의 글리세롤에 2분자의 지방산과 1분자의 인산기가 결합한 구조이다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	A~C 모두 옳게 쓴 경우	30
	A~C 중 두 가지만 옳게 쓴 경우	20
	A~C 중 한 가지만 옳게 쓴 경우	10
(2)	제시된 용어를 모두 포함하여 옳게 서술한 경우	70
	제시된 용어 중 두 가지를 포함하여 옳게 서술한 경우	35
	제시된 용어 중 한 가지만 포함하여 옳게 서술한 경우	20

16 모범 답안 (1) (가): A(아데닌), G(구아닌), C(사이토신), T(타이민)
(나): A(아데닌), G(구아닌), C(사이토신), U(유라실)
(2) (가): 유전정보를 저장한다. (나): 유전정보를 전달하고, 단백질합성에 관여한다.
해설 (가)는 이중나선구조인 DNA이고, (나)는 단일 가닥 구조인 RNA이다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	(가)와 (나)를 구성하는 염기의 종류를 모두 옳게 쓴 경우	40
	(가)와 (나)를 구성하는 염기의 종류 중 한 가지만 옳게 쓴 경우	20
(2)	(가)와 (나)의 기능을 모두 옳게 서술한 경우	60
	(가)와 (나)의 기능 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	30

02 세포의 연구 방법

탐구 기출 문제 | p.22 |

01 ④ 02 ㄴ, ㄷ

01 접안마이크로미터 1눈금의 길이 $=\frac{\text{대물마이크로미터의 눈금 수}}{\text{접안마이크로미터의 눈금 수}}\times 10\ \mu\text{m}=\frac{4}{5}\times 10\ \mu\text{m}=8\ \mu\text{m}$

02 A는 접안마이크로미터이며, 200배의 배율에서 접안마이크로미터 1눈금이 나타내는 길이가 2 μm이면 대물렌즈의 배율을 높일 경우 접안마이크로미터 1눈금이 나타내는 길이는 2 μm보다 작아진다. 고배율일수록 시야에서 더 적은 수의 세포가 관찰된다.

오답 피하기
ㄱ. A 1눈금이 나타내는 길이는 줄어든다.

내신 기초 문제 | p.24~25 |

01 ⑤ 02 ② 03 ② 04 ② 05 ② 06 ④
07 ⑤ 08 ③ 09 ③

01 광학 현미경은 세포의 구조를 관찰할 때 일반적으로 사용하는 현미경으로, 대물렌즈와 접안렌즈를 이용하여 가시광선을 굴절시켜 확대된 상을 얻는다. 광학 현미경은 전자 현미경에 비해 배율과 해상력이 낮으므로 핵, 엽록체, 마이토콘드리아 정도만 관찰할 수 있으며, 라이보솜과 소포체는 전자 현미경으로 관찰할 수 있다.

02 대물마이크로미터 눈금 네 칸과 접안마이크로미터 다섯 칸의 길이가 겹쳤으므로 접안마이크로미터(B) 눈금 한 칸의 길이는 $\frac{4}{5}\times 10\ \mu\text{m}=8\ \mu\text{m}$이다.

오답 피하기
ㄱ. 현미경으로 표본의 크기를 구할 때는 접안마이크로미터(B)만 사용한다.
ㄷ. 대물렌즈의 배율이 바뀌면 접안마이크로미터(B) 눈금 한 칸의 길이도 변한다.

03 주사 전자 현미경(SEM)은 시료의 표면이나 외부 형태를 연구할 때 주로 사용한다.

오답 피하기
① 주사 전자 현미경은 가시광선보다 파장이 짧은 전자선을 굴절시켜 상을 확대한다.
③ 형광 현미경에 대한 설명이다.
④ 위상차 현미경에 대한 설명이다.
⑤ 투과 전자 현미경(TEM)에 대한 설명이다.

04 투과 전자 현미경(TEM)은 전자선이 시료의 얇은 단면을 투과하여 시료 단면의 영상을 형성하므로 세포 내부의 미세 구조를 연구하는 데 적합하다. 전자 현미경은 초점을 맞추기 위해 전자선과 전자 렌즈를 이용한다.

오답 피하기
ㄱ. 광학 현미경에 대한 설명이다.
ㄷ. 주사 전자 현미경에 대한 설명이다.

05 형광 염색약이나 형광 항체를 이용할 때에는 형광 현미경으로 확인한다.

06 세포분획법은 균질기로 파쇄한 세포나 조직을 단계적으로 원심분리하여 크기와 밀도에 따라 세포소기관을 분리하는 방법이다.

오답 피하기

① 세포 배양법(조직배양법)에 대한 설명이다.

②, ⑤ 자기방사법에 대한 설명이다.

③ 전자 현미경에 대한 설명이다.

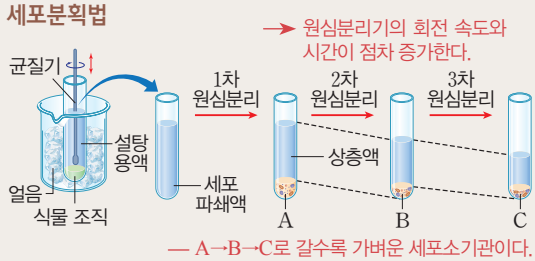
07 원심분리기의 회전 속도가 증가할수록 원심력이 커져 무게가 서로 다른 세포소기관이 분리되므로 무거운 세포소기관은 낮은 속도의 회전에서 먼저 침전되어 분리되고, 가벼운 세포소기관은 고속의 회전을 통해 단계적으로 분리된다.

오답 피하기

ㄴ. A, B, C로 갈수록 분리되는 세포소기관의 크기나 밀도가 점차 작아진다.

문제 속 자료

세포분획법



A→B→C로 갈수록 가벼운 세포소기관이다.

- 원심분리기에 세포 파쇄액을 넣고 회전 속도와 시간을 다르게 조절하면 세포 내 구성물을 크기나 밀도 차에 의해 분리할 수 있다.
- 원심분리기의 회전 속도를 크게 하거나, 시간을 길게 할수록 더 가벼운 세포소기관이 침전된다.

08 자기방사법은 방사성 동위원소로 표지된 화합물을 세포에 공급한 후 방사성 동위원소에서 방출되는 방사선을 추적하는 방법이다. 자기방사법을 통해 세포에서 일어나는 물질의 이동과 변화 등을 알 수 있다.

09 세포를 연구하는 방법에는 현미경 이용, 자기방사법, 세포분획법 등이 있다. (가)는 세포분획법, (나)는 현미경 이용, (다)는 자기방사법에 대한 설명이다.

내신 실전 문제 | p.26~29 |

01 ④	**02** ②, ⑤	**03** ④	**04** (가): ㄱ, ㄹ (나): ㄷ	**05** ②
06 ④	**07** ③	**08** ①, ⑤	**09** ⑤	**10** ④	**11** ②
12 ⑤	**13** ⑤	**14** ④	**15** ~ **16** 해설 참조	

01 광학 현미경은 대물렌즈와 접안렌즈를 통해 가시광선을 굴절시켜 상을 확대한다. 광학 현미경은 전자 현미경에 비해 배율과 해상력이 낮아 세포소기관의 구조를 상세히 관찰할 수는 없지만, 살아 있는 세포의 모양과 크기뿐만 아니라 핵, 마이토콘드리아, 엽록체 등의 세포소기관을 관찰할 수 있다.

오답 피하기

ㄴ. 광학 현미경은 전자 현미경에 비해 배율과 해상력이 낮으므로 핵, 엽록체, 마이토콘드리아 정도만 관찰할 수 있다. 라이보솜과 소포체는 전자 현미경으로 관찰할 수 있다.

02 접안마이크로미터 1눈금의 길이$=\frac{\text{겹쳐진 대물마이크로미터의 눈금 수}}{\text{겹쳐진 접안마이크로미터의 눈금 수}}\times 10\ \mu m=\frac{2}{8}\times 10\ \mu m=2.5\ \mu m$이다. 따라서 세포의 크기는 $2.5\ \mu m\times 10=25\ \mu m$이다. 대물렌즈의 배율을 달리하면 대물마이크로미터와 접안마이크로미터의 겹쳐진 눈금 수는 변한다.

오답 피하기

① A는 접안마이크로미터이다.

③ (가)에서 대물마이크로미터와 접안마이크로미터를 설치하여 관찰하는 까닭은 접안마이크로미터의 1눈금의 길이를 알아보기 위한 것이다.

④ (나) 상태에서 대물렌즈의 배율을 확대하여도 실제 세포의 크기는 변하지 않는다.

03 현미경의 배율은 접안레즈의 배율×대물렌즈의 배율로 구한다. 대물렌즈의 배율이 높아지면 관찰되는 접안마이크로미터 1눈금의 실제 길이는 줄어들며, 관찰 대상은 배율이 높아진 만큼 크게 확대되어 보인다.

04 (가)는 주사 전자 현미경, (나)는 투과 전자 현미경으로 관찰한 모습이다. 주사 전자 현미경은 전자선을 시료 표면에 주사하여 시료 표면에서 방출된 전자에 의해 화면에 시료 표면의 입체 영상을 형성하므로, 세포의 표면이나 외부 형태를 연구하는 데 주로 사용된다. 투과 전자 현미경은 시료를 얇게 자른 후 전자선을 시료 단면에 투과시켜 화면에 시료 단면의 영상을 형성하므로, 세포 내부의 미세 구조 단면 관찰에 적합하다. ㄴ은 형광 현미경에 관한 설명이다.

05 주사 전자 현미경은 시료 표면의 입체 구조 관찰이 용이하다.

오답 피하기

ㄱ. 주사 전자 현미경은 시료를 살아 있는 상태로 관찰하기에 적합하지 않다.

ㄷ. 전자선이 시료의 얇은 단면을 투과하여 시료 단면의 영상을 형성하는 것은 투과 전자 현미경이다.

06 A는 핵, B는 마이토콘드리아, C는 라이보솜이다. 핵에는 DNA와 RNA가 있으며, 마이토콘드리아는 세포호흡을 하므로 산소 소모량이 많다. 라이보솜은 세포 내 단백질을 합성한다. 세포분획법에서 원심분리는 점차 속도를 높이고 시간을 길게 하여 세포소기관을 분리한다.

오답 피하기

ㄴ. C(라이보솜)는 세포 내 단백질을 합성한다.

07 세포분획법은 세포를 균질기로 부순 다음 원심분리기를 사용하여 세포소기관을 크기와 밀도에 따라 단계적으로 분리하는 방법으로, 크고 무거운 세포소기관이 먼저 분리되고, 점차 작고 가벼운 세포소기관이 단계적으로 분리된다.

오답 피하기

ㄴ. 원심분리기의 회전 속도를 증가시키거나 시간을 길게 조절하여 세포소기관을 분리한다.

08 A는 엽록체, B는 마이토콘드리아이다. 식물 세포를 세포분획하면 핵 → 엽록체 → 마이토콘드리아 → 세포막과 소포체 → 라이보솜의 순서로 분리된다. 엽록체와 마이토콘드리아는 모두 이중막 구조이며, DNA와 RNA를 가진다.

오답 피하기

② 산소 소모량이 많은 것은 마이토콘드리아(B)이다.
③ 세포호흡을 담당하는 것은 마이토콘드리아(B)이다.
④ 세포내소화를 담당하는 것은 라이소솜이다.

09 그림은 세포분획법으로 식물 세포를 분리하는 과정이므로 침전물 A는 핵, B는 엽록체, C는 마이토콘드리아이다. 핵, 엽록체, 마이토콘드리아는 모두 이중막 구조이며, DNA를 가진다.

오답 피하기

ㄴ. A(핵)는 C(마이토콘드리아)보다 밀도가 더 크다.

10 자기방사법에서는 방사성 동위원소에서 방출되는 방사선을 추적하면 물질의 위치와 이동 경로 및 변화 과정을 알 수 있다.

오답 피하기

① 세포의 외부 형태 및 구조를 입체적으로 파악할 수 있는 것은 주사 전자 현미경이다.
② 세포분획법을 이용하면 특정 세포소기관을 분리하여 특징이나 기능을 파악할 수 있다.
③ 세포나 조직의 미세 구조 단면을 관찰할 때 주로 이용하는 것은 투과 전자 현미경이다.
⑤ 위상차 현미경을 이용하여 살아 있는 세포를 염색하지 않고 세포 내부의 구조를 관찰할 수 있다.

11 자기방사법을 이용하면 세포 내 물질의 이동 과정을 알 수 있다.

오답 피하기

ㄱ. 자기방사법을 이용하여 시료의 3차원 상을 얻을 수는 없다.
ㄴ. 주로 사용되는 방사성 동위원소에는 ^{3}H, ^{14}C, ^{32}P, ^{35}S 등이 있다. ^{32}S는 방사성 동위원소가 아니다.

12 캘빈의 실험은 자기방사법을 응용한 것으로, 방사성 동위원소 $^{14}CO_2$를 이용하여 광합성 과정에서 유기물이 생성되는 순서를 밝혔다.

오답 피하기

① 세포소기관을 원심분리기로 밀도 차에 의해 분리하는 것은 세포분획법이다.
② 자외선을 시료에 비춰 시료가 방출하는 형광을 이용하여 관찰할 때는 형광 현미경을 이용한다.
③ 시료를 통과하는 빛의 굴절률 차이가 명암으로 나타나 세포의 구조를 관찰하는 것은 위상차 현미경이다.
④ 세포나 조직의 미세 구조 단면을 관찰할 때는 투과 전자 현미경을 이용한다.

13 방사성 동위원소를 이용하여 자기방사법을 실시하면 특정 물질의 위치나 이동 경로를 알 수 있다. 이 실험에서의 아미노산의 이동 경로는 A → B → C이다. 아미노산은 세포 내에서 단백질을 합성하는 데 이용되므로 단백질의 이동 경로를 알 수 있다.

오답 피하기

ㄴ. ^{35}S으로 표지된 아미노산의 이동 경로는 A → B → C이다.

14 (가)는 광학 현미경과 전자 현미경을 이용한 세포 관찰에 대한 설명이고, (나)는 자기방사법, (다)는 세포분획법에 대한 설명이다. 자기방사법을 이용해 세포에서 일어나는 물질의 이동과 변화를 알 수 있고, 세포분획법을 이용해 세포소기관을 종류별로 분리하여 세포소기관의 기능을 알 수 있다.

오답 피하기

ㄱ. (가)는 현미경 관찰, (나)는 자기방사법, (다)는 세포분획법이다.

15 모범 답안 (1) (가): 투과 전자 현미경, (나): 주사 전자 현미경
(2) (가)는 세포 내부의 단면 구조를 관찰할 수 있고, (나)는 세포 표면의 입체 구조를 관찰할 수 있다.

해설 투과 전자 현미경(TEM)은 얇게 자른 시료에 전자선을 통과하게 하여 시료 단면의 확대된 영상을 만들고, 주사 전자 현미경(SEM)은 시료의 표면에 전자선을 쏘아 시료 표면의 입체 영상을 만든다.

채점 기준		배점(%)
(1)	(가)와 (나)의 현미경 명칭을 모두 옳게 쓴 경우	40
	(가)와 (나)의 현미경 명칭 중 한 가지만 옳게 쓴 경우	20
(2)	(가)와 (나)의 현미경으로 세포를 관찰할 때의 특징을 모두 옳게 서술한 경우	60
	(가)와 (나)의 현미경으로 세포를 관찰할 때의 특징 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	30

16 모범 답안 (1) 세포분획법

(2) 원심분리기의 회전 속도와 시간을 달리하면 세포소기관의 크기와 밀도에 따라 단계적으로 분리된다.

해설 느린 회전 속도에서는 비교적 크고 무거운 핵이 먼저 침전되어 분리되고, 회전 속도가 빨라질수록 점차 작고 가벼운 세포소기관이 침전되어 분리된다. 동물 세포를 세포분획하면 핵 → 마이토콘드리아 → 세포막과 소포체 → 라이보솜 순서로 분리된다.

채점 기준		배점(%)
(1)	세포분획법이라고 옳게 쓴 경우	30
(2)	원심분리기의 회전 속도와 시간에 따라 세포소기관의 크기와 밀도가 분리된다고 옳게 서술한 경우	70
	원심분리기의 회전 속도와 시간에 따라 세포소기관이 분리된다고만 서술한 경우	30

03 세포소기관의 구조와 기능

세미나 기출 문제 | p.35 |

01 ④

01 A는 거친면소포체, B는 골지체이다. 세포 Ⅰ은 소포체에서만 단백질이 나타나므로 A에서 B로 가는 과정에 이상이 생겨 단백질이 소포체에 축적된 것이다. 세포 Ⅱ는 B의 분비 기능에 이상이 생겨 분비 소낭에서 단백질이 검출되지 않은 것이다.

오답 피하기

ㄱ. 단백질의 이동 경로는 소포체 → 소포체에서 나온 운반 소낭 → 골지체 → 골지체에서 나온 분비 소낭 순이다.

내신 기초 문제 | p.36~37 |

01 ④ 02 ③ 03 ④ 04 ③ 05 ③ 06 ②
07 ④ 08 A: 스트로마 B: 타이라코이드 C: 그라나 09 ④
10 ④ 11 ④

01 세포는 세포 안의 막 구조 유무에 따라 원핵세포와 진핵세포로 구분된다. 원핵세포와 진핵세포는 모두 세포막, 라이보솜, DNA를 가진다.

오답 피하기

① 일반적으로 원핵세포는 크기가 진핵세포보다 작다.
② 진핵세포는 막으로 둘러싸인 핵과 세포소기관이 있다.
③ 진핵세포에는 핵막이 있어 DNA가 세포질과 구분되는 핵 속에 있다.
⑤ 원핵세포인 세균의 세포벽은 주로 펩티도글리칸으로 이루어져 있으며, 진핵세포인 식물 세포의 세포벽은 셀룰로스로 이루어져 있다.

02 A는 골지체, B는 라이보솜, C는 소포체, D는 중심체, E는 핵, F는 마이토콘드리아이다. 소포체, 골지체, 라이소솜, 액포는 단일막 구조이고, 핵, 엽록체, 마이토콘드리아는 이중막 구조이며, 라이보솜과 중심체는 막 구조가 아니다.

03 식물 세포에만 있는 것은 세포벽, 액포, 엽록체이고, 동물 세포에만 있는 것은 중심체이다. 중심체는 세포분열 시 방추사 형성에 관여한다.

오답 피하기

① 핵과 소포체는 식물 세포와 동물 세포에 모두 있고, 세포벽은 식물 세포에만 있다.
② 엽록체는 식물 세포에만 있고, 마이토콘드리아는 식물 세포와 동물 세포에 모두 있다.
③ 식물 세포에는 세포막과 세포벽이 모두 있다.
⑤ 동물 세포에도 라이보솜에 의한 단백질합성과 같은 동화 작용이 일어난다.

04 핵은 내막과 외막의 이중막으로 이루어진 핵막으로 둘러싸여 세포질과 구분된다.

05 라이보솜은 rRNA와 단백질로 이루어진 작은 알갱이 모양으로, mRNA의 유전정보에 따라 여러 가지 단백질을 합성하고, 크기가 다른 2개의 단위체로 구성된다.

오답 피하기

① 지질의 합성과 해독 작용 등에 관여하는 것은 매끈면소포체이다.
② 라이보솜에서 합성한 단백질을 운반하고 가공하는 것은 거친면소포체이다.
④ 라이보솜은 소포체의 표면에 부착되어 있거나 세포질에 흩어져 있다.
⑤ 라이보솜은 두 개의 크고 작은 단위체로 구성되며, 막으로 싸여 있지 않은 알갱이 모양이다.

06 탄수화물, 단백질, 지질, 핵산 등을 분해하는 다양한 가수분해효소가 들어 있어 세포내소화를 담당하는 세포소기관은 라이소솜이다. 라이소솜은 막으로 둘러싸인 주머니 모양이며, 골지체의 일부가 떨어져 나와 만들어진다.

오답 피하기

① 이중막 구조로 독자적인 DNA와 RNA를 가지고 있는 것은 엽록체와 마이토콘드리아이다.

③ 단백질과 DNA로 이루어지며 핵 내에서 뚜렷하게 관찰되는 것은 염색체이다.

④ 대단위체와 소단위체로 구성되며 여러 가지 단백질을 합성하는 것은 라이보솜이다.

⑤ 지질을 합성하고, 칼슘 이온(Ca^{2+})을 저장하며, 독성 물질을 해독하는 것은 매끈면소포체이다.

07 마이토콘드리아는 세포호흡으로 유기물을 분해하여 ATP를 합성하는 세포소기관으로, 이중막 구조이며, 내막 안쪽으로 주름진 크리스타를 형성한다. 크리스타에는 세포호흡에 관여하는 ATP 합성효소와 전자전달에 관여하는 효소를 가지고 있다.

08 엽록체는 내막과 외막의 이중막 구조이며, 타이라코이드가 쌓인 그라나와 바탕질인 스트로마로 되어 있다.

09 A는 스트로마로 여러 가지 광합성효소가 있어 CO_2를 포도당으로 합성하며 독자적인 DNA, RNA, 라이보솜이 있어 엽록체를 구성하는 단백질의 일부를 합성하고 스스로 증식이 가능하다.

오답 피하기

ㄷ. 전자전달과 ATP 합성에 필요한 단백질이 있는 곳은 타이라코이드 막이다.

10 세포벽은 세포막 바깥쪽을 둘러싸고 있는 두껍고 단단한 벽으로, 세포막보다 두껍고 단단하여 세포를 보호하고 세포의 형태를 유지한다.

오답 피하기

ㄴ. 2차 세포벽은 1차 세포벽의 안쪽에 형성되는데, 1차 세포벽과 달리 일부 세포에서만 발견된다.

11 세포골격에는 미세소관, 중간섬유, 미세섬유가 있다. A는 중간섬유로 세포의 모양을 유지하고, 세포소기관을 고정시킨다. B는 미세소관으로 세포 내 골격을 형성하고 방추사, 섬모나 편모 등의 형성에 관여한다. C는 미세섬유로 근육 수축, 세포질 유동 등에 관여한다.

내신 실전 문제

| p.38~41 |

01 ③	02 ②	03 ③	04 ③	05 ①	06 ②
07 ④	08 ②	09 ④	10 ④	11 ②	12 ⑤
13 ⑤	14 ④	15 ~ 16 해설 참조			

01 (가)는 진핵세포 중 동물 세포이고, (나)는 원핵세포이다.

오답 피하기

① (가)는 진핵세포, (나)는 원핵세포이다.

② (가)와 (나) 모두 DNA를 가지고 있다.

④ (가)는 동물 세포이므로 세포벽이 없고, (나)는 원핵세포이므로 펩티도글리칸 성분의 세포벽이 있다.

⑤ (가)와 (나)의 라이보솜은 모두 막으로 둘러싸여 있지 않다.

02 원핵세포의 세포벽은 주로 펩티도글리칸으로 이루어져 있다.

03 A는 엽록체, B는 중심체, C는 마이토콘드리아이다. (가)는 세포벽, 엽록체, 액포가 있으므로 식물 세포이고, (나)는 중심체가 있고 세포벽이 없으므로 동물 세포이다. (다)는 핵막과 막성 세포소기관이 없으므로 원핵세포이다.

오답 피하기

① (가)는 식물 세포로 세포벽을 갖지만, (나)는 동물 세포로 세포벽을 갖지 않는다.

② (다)는 원핵세포로 핵막을 갖지 않는다.

④ B(중심체)는 2개의 중심립으로 이루어지고, 중심립은 막 구조가 아니며 9+0 구조의 미세소관으로 구성된다.

⑤ C(마이토콘드리아)는 독자적인 DNA와 RNA를 갖는다.

문제 속 자료

진핵세포와 원핵세포



• 식물 세포인 (가)와 동물 세포인 (나)는 진핵세포이며, (다)는 원핵세포이다.

04 A는 핵, B는 세포막, C는 엽록체, D는 마이토콘드리아이다. 세균은 원핵세포로 막 구조의 세포소기관이 없으며, 동물 세포는 엽록체와 액포, 세포벽이 없다.

05 A는 핵 속에 있는 인으로, 핵 속에는 rRNA의 합성 장소인 인이 1개 이상 있으며, 단백질합성이 활발한 세포에는 여러 개의 인이 들어 있다. 인에서 합성된 rRNA는 핵공을 통해 들어온 라이보솜 단백질과 함께 라이보솜 단위체를 구성한다.

오답 피하기

ㄴ. 핵과 세포질 사이의 물질 출입에 관여하는 통로 역할을 하는 것은 핵공이다.

ㄷ. 유전정보에 따라 단백질을 합성하는 것은 라이보솜이다.

06 소포체는 단일막 구조의 세포소기관으로, 세포에서 물질 수송의 통로 역할을 한다. 소포체는 라이보솜의 부착 여부에 따라 라이보솜이 붙어 있는 거친면소포체(B)와 라이보솜이 붙어 있지 않은 매끈면소포체(A)로 구분한다.

오답 피하기

ㄴ. A에서 인지질, 스테로이드 등의 지질이 합성되고, B에서는 단백질을 입체 구조로 가공한다.

ㄷ. 거친면소포체(B)는 단백질 운반에 관여하고, 매끈면소포체(A)는 인지질과 스테로이드의 합성에 관여한다.

07 골지체는 막으로 된 납작한 주머니 모양의 시스터나가 쌓여 있는 세포소기관으로, 거친면소포체에서 수송한 단백질과 지질을 가공한 뒤 세포의 다른 곳으로 수송하거나 세포 밖으로 분비한다. 골지체는 소화샘 세포나 내분비샘 세포와 같이 분비 작용이 활발한 세포에 발달해 있다.

오답 피하기

ㄷ. 막으로 이루어진 구조물로 핵막과 연결되어 있으며 세포질에 광범위하게 퍼져 있는 것은 소포체이다.

08 A는 골지체, B는 라이보솜, C는 거친면소포체, D는 중심체, E는 핵, F는 마이토콘드리아이다. 이 세포는 동물 세포로 진핵세포에 해당하며, 대장균과 같은 원핵세포에는 막 구조의 핵과 세포소기관이 발달하지 않았다. 마이토콘드리아(F)는 세포호흡을 하므로 산소를 흡수하고 이산화 탄소를 방출한다. 단백질은 라이보솜(B)에서 합성되어 거친면소포체(C)를 통해 운반되어 골지체(A)를 통해 분비된다. 중심체(D)는 주로 동물 세포에 존재하며 세포분열 시 방추사 형성에 관여한다.

09 A는 소포체, B는 라이보솜, C는 골지체이다. ㄱ은 라이보솜, ㄴ은 골지체, ㄷ은 소포체에 대한 설명이다. 핵에 있는 유전물질인 DNA의 유전정보에 따라 라이보솜에서 단백질을 합성한다. 거친면소포체는 라이보솜에서 합성된 단백질을 입체 구조로 가공하고, 소포체에서 나온 운반 소낭에 담아 골지체로 이동한다. 골지체에서 다시 단백질을 가공한 후 분비 소낭을 통해 세포막 쪽으로 이동하고, 분비 소낭이 세포막과 융합하면서 소낭 속의 단백질이 세포 밖으로 분비된다.

10 A는 타이라코이드, B는 스트로마, C는 그라나이다. 엽록체는 이중막 구조이며, 광합성을 하여 유기물을 합성하는 세포소기관이다. 그라나는 납작한 주머니 모양의 타이라코이드가 쌓여 층을 형성한 것으로 타이라코이드 막에는 광합성에 관여하는 여러 가지 색소와 단백질이 있다. 내막 안쪽 공간인 스트로마에는 포도당합성에 관여하는 효소가 있으며, 자체 DNA와 라이보솜이 있다.

오답 피하기

ㄷ. 포도당을 합성하는 곳은 B이다.

11 마이토콘드리아의 내막은 안쪽으로 주름져 있어 크리스타를 형성한다. 내막에는 세포호흡에 필요한 각종 호흡효소들이 있어 에너지를 생산한다.

12 (가)는 엽록체, (나)는 마이토콘드리아이다. A는 스트로마, B는 타이라코이드이며, C는 바탕질, D는 내막이다. 엽록체의 스트로마와 마이토콘드리아의 바탕질에는 자체 DNA와 라이보솜이 있어 독자적으로 복제가 가능하고, 증식할 수 있다. 엽록체의 타이라코이드 막과 마이토콘드리아의 내막에는 ATP 생성에 필요한 단백질들이 있다.

오답 피하기

ㄱ. (가)는 식물 세포에만 있고, (나)는 식물 세포와 동물 세포에 모두 존재한다.

13 액포(A)는 막으로 둘러싸인 주머니 모양의 세포소기관으로, 성숙한 식물 세포에는 액포가 발달해 있다. 식물 세포의 액포는 세포 내부의 수분량과 삼투압 조절, 영양소나 노폐물의 저장, 세포의 형태 유지, 꽃의 색깔을 나타내는 색소 저장 등 다양한 기능을 갖는다.

14 A는 2차 세포벽이고, B는 1차 세포벽이다. 1차 세포벽이 먼저 만들어진 후에 세포막과 1차 세포벽 사이에 2차 세포벽이 만들어진다.

15 모범 답안 (1) (가): 식물 세포, (나): 동물 세포

(2) (가)는 엽록체가 있어 광합성을 하여 스스로 양분을 합성하며, 세포벽이 있어 세포의 모양이 일정하게 유지된다.

채점 기준		배점(%)
(1)	(가)와 (나)는 식물 세포와 동물 세포 중 어느 것에 해당하는지 모두 옳게 쓴 경우	40
	(가)와 (나) 중 한 가지만 옳게 쓴 경우	20
(2)	엽록체와 세포벽의 기능을 포함하여 옳게 서술한 경우	60
	엽록체와 세포벽의 기능 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	30

16 모범 답안 (1) (가): 거친면소포체, (나): 골지체, (다): 라이보솜

(2) 라이보솜에서 합성된 단백질은 거친면소포체로 이동하

여 입체적으로 가공되고 소포체에서 나온 운반 소낭에 의해 골지체로 이동한다. 골지체에서 다시 단백질을 가공한 후 분비 소낭을 통해 세포막 쪽으로 이동한 뒤 분비 소낭이 세포막과 융합하면서 소낭 속의 단백질이 세포 밖으로 분비된다.

채점 기준		배점(%)
(1)	(가)~(다)의 명칭을 모두 옳게 쓴 경우	30
	(가)~(다)의 명칭 중 두 가지를 옳게 쓴 경우	20
	(가)~(다)의 명칭 중 한 가지만 옳게 쓴 경우	10
(2)	(가)~(다)의 명칭을 사용하여 단백질이 합성되어 세포 밖으로 분비되는 과정을 옳게 서술한 경우	70
	(가)~(다)의 명칭 중 일부만 사용하여 단백질이 합성되어 분비되는 과정을 옳게 서술한 경우	30

04 세포막의 구조와 특성

탐구 기출 문제 | p.45 |

01 ㄱ　02 ⑤

01 (가)와 (나)는 모두 식물 세포이다. 등장액에 있던 식물 세포를 고장액에 넣으면 세포에서 물이 빠져나가며 세포의 부피가 줄어든다.

오답 피하기

ㄴ. (가)는 (나)보다 세포의 크기가 더 크고, 삼투압은 더 낮다.

ㄷ. (가)에서는 정상 상태가 유지되며, (나)에서는 원형질분리가 일어났다.

02 원형질분리가 일어난 세포를 저장액에 넣으면 물이 세포 안으로 들어와 원래의 부피로 돌아오는 원형질복귀 현상이 일어나며, 삼투에 의해 물이 이동하므로 세포 안으로 물이 이동할 때에는 에너지를 사용하지 않는다. 최대 팽윤 상태로 삼투압이 가장 낮게 나타나는 것은 식물 세포를 저장액에 넣었을 때이다.

세미나 기출 문제 | p.47 |

01 ㄴ　02 ㄱ, ㄷ

01 (가)는 물질이 인지질 이중층을 직접 통과하는 단순확산이고, (나)는 물질이 막단백질을 통과하는 촉진확산이다. 촉진확산과 단순확산은 농도 기울기를 따라 물질이 이동하는 수동수송으로, 에너지를 사용하지 않는다.

오답 피하기

ㄱ. (가)와 (나)는 수동수송에 해당한다.

ㄷ. (가)는 물질이 인지질 이중층을 직접 통과하고, (나)는 수송단백질(통로단백질이나 운반체단백질)을 통해 물질이 이동한다.

02 $Na^+ - K^+$ 펌프는 에너지를 사용하여 농도 기울기를 거슬러 저농도에서 고농도로 물질이 막단백질을 통과하여 이동하는 것으로, 능동수송에 해당한다.

오답 피하기

ㄴ. 농도 기울기를 거슬러 저농도에서 고농도로 물질이 이동한다.

내신 기초 문제 | p.48~49 |

01 ③　02 ①　03 ③　04 ①　05 ④　06 ①
07 ⑤　08 ④　09 ②　10 ③

01 세포막은 인지질 이중층으로 되어 있고, 여기에 막단백질들이 박혀 있다. 막단백질은 세포막을 관통하거나 표면에 붙어 있다.

02 단순확산은 산소나 이산화 탄소와 같은 크기가 작은 분자가 인지질 이중층을 직접 통과하여 이동하는 현상이다.

03 단순확산은 농도가 균일해질 때까지 농도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 물질이 인지질 이중층을 통과하는 현상이다. 단순확산에서는 분자의 크기가 매우 작거나, 지질에 대한 용해도가 클수록, 농도 기울기가 클수록 물질의 이동 속도가 빠르다.

04 이온이나 포도당, 아미노산 등은 촉진확산을 통해 이동한다. 촉진확산은 물질이 이동할 때 에너지를 사용하지 않는 수동수송에 해당한다. 촉진확산의 예로는 뉴런에서 신경자극의 전도 시 Na^+ 통로를 통한 Na^+의 이동이나, 혈액의 포도당이 세포막의 운반체단백질을 통해 이동하는 것이 있다.

오답 피하기

② 세포 안과 밖의 물질의 농도 차가 어느 수준 이상으로 커지면 확산 속도가 일정해진다.

③ 농도 기울기를 따라 농도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 물질이 이동한다.

④ 수송단백질을 통해 물질이 이동하므로 단순확산에 비해 물질 이동 속도가 훨씬 빠르다.

⑤ 능동수송에 관한 설명이다.

05 수송단백질 중 특정 물질과 결합하여 단백질의 모양을 변형시켜 선택적으로 물질을 수송하는 막단백질은 운반체단백질이다.

06 반투과성막을 경계로 한 물 분자의 확산은 삼투이다.

07 삼투는 반투과성막을 경계로 저농도 용액에서 고농도 용액으로 물이 이동하는 현상으로, 에너지를 사용하지 않는다.

08 (가)는 적혈구를 저장액에, (나)는 등장액에, (다)는 고장액에 넣었을 때의 상태이다.

09 (가)는 농도 기울기를 거슬러 물질을 이동시키는 능동수송으로, 운반체단백질을 통해 일어나며, 에너지(ATP)가 사용된다. (나)는 촉진확산으로, 에너지를 사용하지 않고 농도 기울기를 따라 고농도에서 저농도로 물질이 수송단백질을 통과하여 이동한다. 능동수송의 대표적인 예가 Na^+-K^+ 펌프이다.

오답 피하기

ㄱ. (가)는 능동수송이다.

ㄷ. Na^+-K^+ 펌프를 통해 Na^+이 이동하는 방식은 (가)와 같다.

10 세포내섭취와 세포외배출은 세포막을 이용한 물질 이동 방식으로, 모두 에너지를 사용한다.

내신 실전 문제

| p.50~53 |

01 ①	02 ③	03 ⑤	04 ④	05 ④	06 ③
07 ②	08 ②	09 ②	10 ③	11 ⑤	12 ⑤
13 ④	14 ①	15 ~ 16 해설 참조			

01 A는 인지질, B는 막단백질이다. 인지질은 친수성인 머리와 소수성인 꼬리로 구성된다. 세포막을 구성하는 인지질과 막단백질은 유동성이 있어 수평으로 자유롭게 이동할 수 있으며, 세포막의 막단백질은 인지질 이중층 곳곳에 박혀 있다.

오답 피하기

ㄴ. 물질의 출입은 종류에 따라 A 또는 B를 통해 일어난다.

ㄷ. B는 막단백질로, 유동성이 있어 수평으로 자유롭게 이동할 수 있다.

02 세포막의 막단백질은 세포막을 관통하거나, 세포막에 파묻혀 있거나, 세포막 표면에 붙어 있다. 막단백질은 물질 수송, 효소, 신호의 수용과 전달 등 세포의 생명활동에 필요한 다양한 기능을 한다.

오답 피하기

ㄴ. 산소나 이산화 탄소 같이 크기가 작은 물질은 인지질 이중층을 직접 통과한다.

03 (가)는 크기가 작고 소수성인 물질이 인지질 이중층을 직접 통과하는 단순확산이고, (나)는 친수성인 물질이나 크기가 큰 물질 및 전하를 띠는 이온이 막단백질을 통과하는 촉진확산이다. 단순확산과 촉진확산 모두 에너지(ATP)를 사용하지 않는 수동수송이다.

오답 피하기

① (가)는 물질이 인지질 이중층을 직접 통과하고, (나)는 수송단백질(통로단백질이나 운반체단백질)을 통해 물질이 이동한다.

② (가)와 (나) 모두 수동수송에 해당하며, 고농도에서 저농도로 물질이 이동한다.

③ (가)와 (나) 모두 에너지를 사용하지 않고 물질이 이동한다.

④ (가)와 (나) 모두 농도 기울기를 따라 물질이 이동한다.

04 A는 촉진확산, B는 단순확산을 통한 물질의 이동 그래프이다. 촉진확산과 단순확산은 농도 기울기를 따라 물질이 이동하는 수동수송으로, 에너지를 사용하지 않는다.

오답 피하기

① A는 촉진확산이고, B는 단순확산이다.

② A는 막단백질을, B는 인지질 이중층을 통과한다.

③ A는 통로단백질이나 운반체단백질을 통과하고, B는 인지질층을 통과한다.

⑤ A와 B 모두 온도가 높아질수록 분자의 이동 속도가 빨라진다.

05 A는 단순확산에 의해, B는 촉진확산에 의해 물질이 이동한다. 그래프에서 ㉠은 촉진확산, ㉡은 단순확산의 이동 속도를 나타낸 것이다. 단순확산은 물질의 농도가 증가할 때 이동 속도도 비례하여 증가하지만, 촉진확산은 물질의 농도가 증가하여도 이동 속도는 어느 정도까지 증가하다가 일정해진다. 산소, 이산화 탄소 등은 단순확산을 통해 이동하고, 포도당이나 아미노산 등은 촉진확산을 통해 이동한다.

오답 피하기

ㄷ. 포도당은 B와 같은 방식으로 이동한다.

06 포도당이나 아미노산 같이 크기가 큰 분자나 이온 같이 친수성인 물질은 수송단백질을 통과하여 이동하는 촉진확산을 하며, 에너지를 사용하지 않는다. 특히 포도당은 운반체단백질을 이용하여 이동한다.

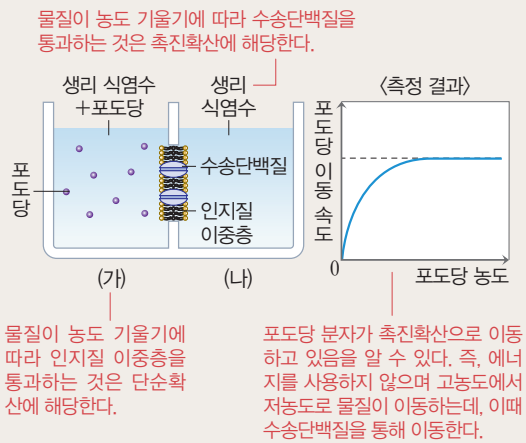
오답 피하기

ㄷ. (가)와 (나)의 포도당 농도 차가 커지면 포도당의 이동

속도는 어느 정도 증가하다가 일정해진다.

문제 속 자료

막을 통한 포도당의 이동



07 (가)는 단순확산이고, (나)는 촉진확산이다. 물질이 이동하는 통로는 단순확산은 인지질 이중층이고, 촉진확산은 수송단백질이다.

오답 피하기

① (가)와 (나)는 모두 확산이다.

③ (가)와 (나) 모두 에너지를 사용하지 않는다.

④ (가)와 (나) 모두 농도 기울기에 따라 물질이 이동한다.

⑤ (가)는 농도 기울기가 클수록 물질의 이동량도 계속하여 증가하고, (나)는 농도 기울기가 클수록 어느 정도까지는 물질의 이동량도 계속 증가하지만 한계에 이르면 일정해진다.

08 포도당은 반투과성막을 통과하므로 확산에 의해 고농도에서 저농도로 이동하여 농도가 균일해지지만, 설탕은 반투과성막을 통과하지 못하므로 삼투에 의해 물이 A에서 B로 이동하여 농도를 균일하게 맞춘다.

오답 피하기

ㄱ. 삼투에 의해 물이 A에서 B로 이동하고, 포도당은 확산에 의해 B에서 A로 이동한다.

ㄴ. 삼투에 의해 물질이 이동할 때에는 에너지를 사용하지 않는다.

09 (가)는 단순확산, (나)는 촉진확산, (다)는 능동수송이다. (나)는 B의 농도가 세포 안과 밖이 다를 경우 농도 기울기를 따라 물질이 이동하는 경우에 해당한다.

오답 피하기

ㄱ. (가)의 방식으로 이동하는 물질 A는 산소나 이산화 탄소 같이 크기가 매우 작은 분자이다.

ㄷ. 식세포작용과 음세포작용으로 나눌 수 있는 것은 세포내섭취이다.

10 (가)는 저장액, (나)는 등장액, (다)는 고장액에 적혈구를 넣었을 때의 상태이다. 동물 세포를 저장액에 넣으면 삼투에 의해 물이 세포 안으로 들어가서 부풀어 오르고, 등장액에 넣으면 정상 상태를 유지하며, 고장액에 넣으면 세포 속의 물이 빠져나와 세포의 모양이 쭈그러든다. (다)에서는 세포의 부피가 줄어들기 때문에 용혈 현상이 나타나지 않는다.

11 식물 세포를 (가)는 저장액, (나)는 등장액, (다)는 고장액에 넣었을 때의 상태이다. 식물 세포를 저장액에 넣으면 세포 안으로 들어오는 물의 양이 많아 세포의 부피가 커지는 팽윤 현상이 나타난다. 식물 세포를 등장액에 넣으면 정상 상태를 유지하며, 고장액에 넣으면 세포 안에서 밖으로 빠져나가는 물의 양이 많아 세포질의 부피가 작아지다가 세포막이 세포벽에서 떨어지는 원형질분리가 일어난다. 원형질분리가 일어난 세포를 저장액에 넣으면 세포가 물을 흡수하여 원래의 상태로 되돌아가는 원형질복귀 현상이 일어난다.

오답 피하기

① 원형질분리가 일어난 상태는 (다)이다.

② (나)는 정상 상태이고, 최대 팽윤 상태는 저장액에 식물 세포를 넣었을 때 세포의 부피가 최대로 팽창한 상태이다.

③ (다)는 삼투압이 0보다 크다.

④ (나)는 식물 세포를 등장액에 넣었을 때의 상태이다.

12 A는 고장액에 세포를 넣은 상태이므로 세포에서 물이 빠져나가 세포의 부피가 원래보다 줄어든 것이며, B는 등장액에 세포를 넣은 상태이므로 원래 부피를 유지한 것이다. C는 저장액에 세포를 넣은 상태이므로 세포 안으로 물이 들어와 세포의 부피가 커진 것이다. 식물 세포의 흡수력은 삼투압과 팽압의 차이므로 A~C 중 A에서의 흡수력이 가장 크다.

13 $Na^+ - K^+$ 펌프는 에너지를 사용하여 농도 기울기를 거슬러 저농도에서 고농도로 물질이 수송단백질을 통과하여 이동하는 것으로, 능동수송에 해당한다.

오답 피하기

ㄱ. 물질 이동에 에너지가 필요하다.

14 세포외배출은 세포 안에 있는 소낭이 세포막과 융합하여 소낭 속의 물질을 세포 밖으로 내보내는 물질 이동 방식으로, 에너지를 사용한다.

오답 피하기

② 세포외배출 작용이며, 에너지를 사용한다.

③ 백혈구의 식세포작용은 세포내섭취 작용의 예이다.

④ 인지질층으로 소낭을 만들어 이를 이용한 물질 이동 방식이다.

⑤ 농도 기울기를 따라 항상 고농도에서 저농도로 물질이 이동하는 것은 아니다.

15 모범 답안 (1) A

(2) 식물 세포를 고장액에 넣으면(A) 삼투에 의해 식물 세포 안에서 밖으로 빠져나가는 물의 양이 많아 세포질의 부피가 작아지다가 세포막이 세포벽에서 떨어지기 때문이다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	A라고 옳게 쓴 경우	30
(2)	삼투에 의해 식물 세포 안에서 밖으로 빠져나가는 물의 양이 많아 세포질의 부피가 작아지다가 세포막이 세포벽에서 떨어지기 때문이라고 옳게 서술한 경우	70
	단순히 식물 세포 안에서 밖으로 빠져나가는 물의 양이 많기 때문이라고만 서술한 경우	30

16 모범 답안 (1) (가): 수동수송, (나): 능동수송

(2) (가)는 에너지를 사용하지 않으며 농도 기울기를 따라 물질이 이동하고, (나)는 에너지를 사용하여 농도 기울기를 거슬러 물질이 이동한다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	(가)와 (나)를 모두 옳게 쓴 경우	40
	(가)와 (나) 중 한 가지만 옳게 쓴 경우	20
(2)	(가)와 (나)의 물질 이동 방식의 차이점을 두 가지 모두 옳게 서술한 경우	60
	(가)와 (나)의 물질 이동 방식의 차이점 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	30

단원 마무리 문제 | p.56~61 |

01 ④	02 ④	03 ③	04 ②	05 ⑤	06 ①
07 ③	08 ③	09 ⑤	10 해설 참조		11 ③
12 ④	13 ③	14 ④	15 ④	16 ③	17 ⑤
18 해설 참조		19 ③	20 해설 참조		21 ③
22 해설 참조		23 ④	24 ③		

01 (가)는 물, (나)는 핵산(DNA와 RNA), (다)는 단백질이다. 단백질은 아미노산들이 펩타이드결합으로 연결되어 만들어진다.

오답 피하기

① 물은 에너지원으로 사용되지 않는다.

② 핵산의 기본 단위체는 인산, 당, 염기가 1:1:1로 결합된 뉴클레오타이드이다.

③ 글리세롤과 지방산이 결합되어 만들어진 것은 중성지방이다.

⑤ 단백질은 우리 몸을 구성하는 주성분으로 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N)로 구성되며, 황(S)을 함유하는 것도 있다.

02 A는 단백질, B는 지질, C는 탄수화물이다. 효소의 성분으로 생물 내의 화학 반응과 생리작용을 조절하는 것은 단백질이다. 지질과 탄수화물은 모두 탄소, 수소, 산소를 포함한다.

03 탄수화물은 탄소, 수소, 산소로 구성되며 생물의 구성 성분이 되거나 에너지원으로 사용된다. 동물의 저장 탄수화물은 글라이코젠이며, 식물의 세포벽을 구성하는 것은 셀룰로스이다.

오답 피하기

① 동물의 간이나 근육 속에 저장된 다당류는 주로 글라이코젠이다.

② 셀룰로스는 여러 개의 단당류가 결합한 다당류이다.

④ 탄수화물은 우리 몸의 구성 성분이다.

⑤ 식물의 세포벽을 구성하는 것은 셀룰로스이다.

04 인지질은 글리세롤 1분자에 지방산 2분자와 인산 1분자가 결합한 물질이며, 단백질과 함께 세포막과 같은 생체막의 주요 구성 성분이다.

오답 피하기

ㄱ. 성호르몬을 구성하는 물질은 스테로이드이다.

ㄴ. 글리세롤 1분자와 지방산 3분자가 결합한 물질은 중성지방이다.

05 (가)는 기본 단위체가 아미노산인 단백질이다. 단백질은 효소의 주성분으로 물질대사를 조절하며, 온도나 pH 같은 환경 조건이 변하면 입체 구조가 달라질 수 있다.

06 (가)는 단백질, (나)는 DNA이다.

오답 피하기

ㄴ. (나)를 구성하는 당은 디옥시라이보스이다.

ㄷ. 단백질과 DNA(핵산)는 공통적으로 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N)를 포함한다.

07 광학 현미경은 대물렌즈와 접안렌즈를 이용하여 가시광선을 굴절시켜 확대된 상을 얻을 수 있으며, 전자 현미경에 비해 배율과 해상력이 낮아 핵, 엽록체, 마이토콘드리아 정도만 관찰할 수 있고, 라이보솜과 소포체는 전자 현미경으로 관찰할 수 있다.

오답 피하기

ㄴ. 광학 현미경으로 라이보솜, 소포체를 관찰할 수는 없다.

08 (가)에서 현미경의 배율은 100배이고, (나)에서 현미경의 배율은 200배로 대물렌즈의 배율을 높였다. 대물렌즈의 배율을 높이면 실제 접안마이크로미터 눈금의 길이는 변함이 없지만 접안마이크로미터 1눈금이 나타내는 크기는 작아진다.

(가)에서 접안마이크로미터 1눈금의 크기는 5 μm이고, (다)에서 접안마이크로미터 1눈금의 크기는 2.5 μm이다. 현미경의 배율이 변하여도 세포의 실제 크기는 변하지 않는다.

오답 피하기

ㄴ. 접안마이크로미터 1눈금의 크기는 (다)보다 (가)가 더 크다.

09 (가)는 세포분획법, (나)는 전자 현미경 사용, (다)는 자기방사법에 대한 설명이다. 세포분획법은 세포소기관의 성질과 기능을 자세히 연구하기 위해 크기와 밀도에 따라 세포소기관을 분리하는 방법이다. 전자 현미경을 통해 세포나 조직의 미세 구조의 단면이나 입체 구조를 파악할 수 있다. 자기방사법은 세포 내 물질 이동이나 변화 과정을 알아보고자 할 때 이용되는 방법이다.

10 **모범 답안** (1) 자기방사법

(2) 세포 안에서 일어나는 물질의 생성, 변화, 이동 경로 등을 알 수 있다.

채점 기준		배점(%)
(1)	자기방사법이라고 옳게 쓴 경우	30
(2)	자기방사법을 통해 알 수 있는 것을 옳게 서술한 경우	70
	단순히 세포 안에서 일어나는 물질의 변화를 알 수 있다고만 서술한 경우	40

11 (가)는 진핵세포(동물 세포), (나)는 원핵세포이다. 원핵세포와 진핵세포는 핵막의 유무, 막 구조로 된 세포소기관의 유무, 세포벽의 구성 성분 차이 등에 따라 구분할 수 있다. 진핵세포보다 원핵세포에 있는 라이보솜의 크기가 더 작다.

오답 피하기

ㄷ. (가)에는 막 구조로 된 세포소기관이 있지만, (나)에는 막 구조로 된 세포소기관이 없다.

12 진핵세포와 원핵세포는 모두 단백질을 합성하는 세포소기관인 라이보솜을 가지고 있다.

오답 피하기

①, ② (가)는 진핵세포 중 동물 세포이므로 세포벽이 없고, (나)의 세포벽의 주성분은 펩티도글리칸이다.

③ 유전물질이 이중막에 싸여 있는 것은 (가)이다.

⑤ 주로 분열법에 의해 빠르게 분열하여 번식하는 것은 (나)이다.

13 원핵세포는 핵막이 없어 하나의 원형 DNA가 세포질에 퍼져 있으며, 진핵세포는 히스톤 단백질과 결합하고 있는 다수의 선형 DNA가 핵막으로 둘러싸인 핵 속에 들어 있다.

14 제시된 세포는 식물 세포이며, A는 마이토콘드리아, B는 핵, C는 라이보솜, D는 엽록체, E는 액포이다. C는 진핵세포와 원핵세포에 모두 존재하지만, 성분과 크기는 서로 다르다.

오답 피하기

ㄷ. C는 진핵세포와 원핵세포에 모두 존재하는 단백질을 합성하는 세포소기관이다.

15 A는 골지체, B는 라이보솜, C는 소포체, D는 중심체, E는 핵이다. 2개의 중심립으로 이루어진 중심체는 동물 세포에만 있다.

16 A는 매끈면소포체, B는 인, C는 라이보솜, D는 중심체이다. 매끈면소포체는 단일막 구조로 라이보솜이 부착되지 않으며 지질의 합성과 수송에 관여한다. 인은 막 구조가 아니며 rRNA 합성에 관여한다. 라이보솜은 막 구조가 아니며 단백질을 합성한다. 중심체는 주로 동물 세포에 있으며 방추사 형성에 관여한다.

오답 피하기

① 단백질을 가공하여 세포 밖으로 분비하는 것은 골지체이다.

② A는 인지질과 단백질로 된 막으로 싸여 있지만, B는 막 구조가 아니다.

④ D는 중심체로 방추사 형성에 관여한다.

⑤ 이 세포는 진핵세포로 막 구조의 세포소기관과 내막계가 발달하였다.

17 A는 인지질, B는 막단백질이다. 세포막은 인지질 이중층과 단백질로 이루어져 있으며, 유동성이 있는 유동 모자이크막이다. 특히 세포막의 막단백질은 물질 이동 통로 역할을 한다.

18 **모범 답안** (1) A: 친수성, B: 소수성

(2) 살아 있는 세포의 안과 밖은 모두 물이 주성분인 수용성 환경이다. 따라서 인지질의 구성 성분 중 친수성을 띠는 인산이 세포막의 양쪽 바깥으로 배열되고, 소수성을 띠는 지방산이 서로 마주 보며 이중층으로 배열해 있어 막 구조를 안정적으로 유지할 수 있기 때문이다.

채점 기준		배점(%)
(1)	A와 B가 친수성인지 소수성인지 옳게 쓴 경우	40
	A와 B 중 한 가지만 옳게 쓴 경우	20
(2)	세포막을 구성하는 인지질이 이중층으로 배열되어 있는 까닭을 옳게 서술한 경우	60
	단순히 인지질이 친수성과 소수성을 갖기 때문이라고만 서술한 경우	30

19 단순확산은 크기가 작은 분자들이 농도 기울기를 따라 고농도에서 저농도로 세포막의 인지질 이중층을 직접 통과하여 이동하는 현상으로, 에너지를 사용하지 않으며 세포막 사이의 농도 기울기가 클수록 물질의 이동 속도가 증가한다.

오답 피하기

ㄴ. 고농도에서 저농도로 물질이 이동할 때 에너지를 사용하지 않는다.

20 모범 답안 (1) 촉진확산

(2) 촉진확산은 세포막의 수송단백질에 의해 물질이 이동하는데, 농도 기울기(또는 농도 차)가 증가하면 물질의 순이동량이 증가하지만, 어느 한계에 도달하면 세포막의 수송단백질이 포화되기 때문에 더 이상 증가하지 않는다.

채점 기준		배점(%)
(1)	촉진확산이라고 옳게 쓴 경우	30
(2)	농도 기울기가 계속 증가하였을 때 어느 한계에 이르면 물질의 순이동량이 더 이상 증가하지 않는 까닭을 옳게 서술한 경우	70

21 A는 고장액, B는 등장액, C는 저장액에 적혈구를 넣은 상태이다. 시험관 용액의 농도는 Ⅰ＜Ⅱ＜Ⅲ의 순이므로 Ⅰ은 저장액, Ⅱ는 등장액, Ⅲ은 고장액임을 알 수 있다. 적혈구를 저장액에 넣으면 용혈 현상이 나타나며, 등장액에 넣으면 세포의 모양이 변하지 않으며, 고장액에 넣으면 세포가 쭈그러든다.

오답 피하기

ㄱ. 적혈구 세포 내액과 등장액인 용액은 Ⅱ이다.

ㄴ. Ⅱ에 있는 적혈구에서는 세포 안팎으로 이동하는 물의 양이 같아 적혈구의 모양에 변화가 없다.

22 모범 답안 (1) 삼투

(2) 양파 표피세포와 주변 용액의 농도 차이가 있으면 삼투에 의해 물이 저농도에서 고농도로 이동하기 때문에 양파 표피세포의 모양이 달라진다.

채점 기준		배점(%)
(1)	삼투라고 옳게 쓴 경우	30
(2)	용액의 농도에 따라 양파 표피세포의 모양이 달라지는 까닭을 옳게 서술한 경우	70
	단순히 물이 저농도에서 고농도로 이동하기 때문이라고만 서술한 경우	40

23 A는 촉진확산, B는 단순확산, C는 능동수송, D는 세포외배출이다. A와 B는 에너지를 사용하지 않는 물질 이동 방식이고, C와 D는 에너지를 사용하는 물질 이동 방식이다.

오답 피하기

ㄷ. A와 B는 농도 기울기를 따라 물질이 이동하고, C는 농도 기울기를 거슬러 물질이 이동한다.

24 (가)는 세포내섭취이고, (나)는 세포외배출이다. 세포내섭취와 세포외배출은 물질 이동 시 세포막을 이용하는 경우로 에너지를 사용한다. 세포내섭취는 식세포작용과 음세포작용으로 구분한다.

오답 피하기

ㄱ. (가)는 세포내섭취이다.

ㄴ. A는 라이소솜으로 세포 내 소화에 관여한다.

Ⅱ 물질대사와 에너지

01 생명활동과 에너지

탐구 기출 문제 | p.67 |

01 ㄱ, ㄴ 02 ㄴ, ㄷ

01 발아 중인 콩은 생명활동이 활발하여 이산화 탄소 농도와 온도가 급격히 상승하므로 (가)가 발아 중인 콩이 들어 있는 컵의 측정 결과이다. (나)에 물을 공급하면 발아가 시작되어 세포호흡이 활발해진다.

오답 피하기

ㄷ. 세포호흡은 유기물을 분해하여 에너지를 방출하는 이화 작용이므로 에너지가 방출된다.

02 콩의 세포호흡으로 발생한 이산화 탄소가 석회수와 반응하여 뿌옇게 흐려진다. 장치 B는 조작변인인 콩의 유무를 제외하고 모든 조건을 동일하게 맞춘 대조군이다.

오답 피하기

ㄱ. 유기물 분해 시 방출된 에너지의 대부분은 열에너지로 발산되고 일부만 ATP에 저장된다.

세미나 기출 문제 | p.69 |

Q1 기계적 에너지 Q2 이온 농도 차이

Q1 근육 수축의 직접적인 원동력은 음식물에서 얻은 화학 에너지(ATP)이며, 이것이 근육을 움직이는 기계적 에너지로 전환된다.

Q2 ATP가 분해되면서 나트륨 이온 등이 세포막을 통과해 이동하고, 이로 인해 생긴 이온 농도 차이가 전류를 발생시킨다.

내신 기초 문제 | p.70~71 |

01 ⑤	02 ③	03 ④	04 ③	05 ⑤	06 ③
07 ②	08 ⑤	09 ⑤	10 ③	11 ⑤	

01 물질대사는 생물체 내에서 일어나는 모든 화학 반응이며 반드시 에너지의 출입이 함께 일어난다. 또한 생체촉매인 효소가 관여하여 체온 범위의 낮은 온도에서도 단계적으로 반응이 진행된다.

02 (나)는 반응물보다 생성물의 에너지가 높은 흡열 반응이자 동화작용이며, 광합성이 이에 해당한다.

오답 피하기

① (가)는 에너지를 방출하는 이화작용이다.
② (나)는 저분자 물질이 고분자 물질로 합성되는 과정이다.
④ 세포호흡은 에너지를 방출하는 (가)의 예에 해당한다.
⑤ 효소는 (가)와 (나) 반응 모두에 관여한다.

03 세포호흡은 에너지가 여러 단계에 걸쳐 조금씩 방출되어 에너지 효율을 높이는 과정이므로 한 번에 폭발적으로 방출된다는 잘못된 설명이다. 세포호흡은 마이토콘드리아에서 일어나며 포도당과 산소를 반응시켜 이산화 탄소와 물을 생성한다. 이 과정에서 방출된 에너지의 일부는 ATP에 저장되고, 나머지는 열로 방출된다.

04 인산기와 인산기 사이의 결합은 끊어질 때 많은 양의 에너지를 방출하는 고에너지 인산 결합이다.

오답 피하기

①, ⑤ ㉠은 아데닌이고 ㉡은 라이보스이며, 이 둘이 결합한 구조는 아데노신이다.
② ATP의 당은 디옥시라이보스가 아닌 라이보스이다.
④ 인산기가 3개 결합되어야 ATP라고 한다.

05 폐포에서의 산소와 이산화 탄소의 기체 교환은 농도 차이에 따른 확산 현상으로 에너지를 소모하지 않으므로 ATP 사용의 예로 적절하지 않다. 근육 운동과 체온 유지, 정신 활동은 생명 유지에 필요한 에너지를 직접적으로 소모하는 활동이다. 몸의 구성 성분을 만드는 성장 및 물질 합성 과정에서도 ATP의 에너지가 사용된다.

06 ATP가 분해될 때 에너지가 방출되며 세포호흡에서 나온 에너지가 ADP를 ATP로 합성하는 데 사용된다.

오답 피하기

ㄷ. 마이토콘드리아에서는 ATP의 합성과 분해가 모두 일어난다.

07 세포호흡과 연소는 모두 포도당과 같은 유기물을 산화시켜 에너지를 얻는 산화 반응이라는 공통점이 있다.

오답 피하기

① 효소는 생명체 내에서 일어나는 세포호흡에만 관여하며 연소는 효소 없이 높은 온도에서 일어난다.
③ 연소는 에너지가 한꺼번에 방출되지만, 세포호흡은 단계적으로 방출된다는 차이점이 있다.
④ 세포호흡은 체온 정도의 낮은 온도에서 일어나지만, 연소는 높은 온도에서 반응이 진행된다.
⑤ 빛과 열이 동시에 격렬하게 발생하는 것은 연소이다.

08 ATP는 생명활동에 필요한 적은 양의 에너지를 효율적으로 공급할 수 있는 단위이다. 고분자 물질 합성에는 에너지가 필요하며, ATP는 저장을 위한 수단보다 즉각적인 에너지 화폐로 사용된다.

09 1일 총대사량은 기초대사량과 활동대사량 그리고 음식물의 소화 및 흡수에 필요한 에너지양을 모두 합한 값이다.

오답 피하기

① 활동대사량은 근육량이 많을수록 늘어난다.
② 활동대사량은 가만히 휴식할 때가 아닌 신체 활동 시 소모되는 양이다.
③ 기초대사량은 성별과 연령 등에 따라 개인마다 차이가 있다.
④ 음식물의 소화와 흡수에 필요한 에너지는 기초대사량에 포함되지 않는다.

10 1일 총대사량은 기초대사량과 활동대사량, 음식물의 소화 및 흡수에 필요한 에너지양을 모두 더하여 계산하므로 2,140kcal이다.

11 대사증후군은 복부 비만과 고혈압 등 여러 대사 이상 증상이 복합적으로 나타나는 상태이다. 대사증후군은 저혈당이 아닌 고혈당 증상을 동반하며, 세균에 의한 감염성질환이 아니다. 대사증후군은 유전적 요인뿐만 아니라 생활 습관과 밀접한 관련이 있으며 청소년기에도 발생할 수 있다.

내신 실전 문제

| p.72~75 |

01 ③	02 ②	03 ①	04 ④	05 ④	06 ⑤
07 ①	08 ①	09 ③	10 ④	11 ②	12 ③
13 ③	14 ⑤	15 ~ 16 해설 참조			

01 (가) 과정에서 고분자가 저분자로 분해된다. (가)와 (나) 모두에서 반드시 에너지 출입이 일어난다.

오답 피하기

ㄴ. (나)는 에너지를 흡수하는 동화작용으로 흡열 반응이다.

02 포도당을 글라이코젠으로 합성하는 과정은 저분자 물질을 고분자 물질로 만드는 동화작용이므로 반응 과정에서 ATP를 사용한다.

오답 피하기

① 이 과정은 이화작용이 아닌 동화작용이다.
③ 반응 결과 생성물의 총 에너지가 반응물보다 높게 나타난다.

④ 동화작용은 흡열 반응이므로 반응이 진행됨에 따라 주위의 온도가 내려간다.
⑤ 포도당의 에너지양보다 합성된 글라이코젠의 에너지양이 더 많다.

03 A는 에너지를 흡수하는 동화작용이며 이산화 탄소를 이용하여 포도당을 합성하는 광합성이 이에 포함된다.

오답 피하기

②, ③ 단백질이 아미노산으로 분해되는 과정은 에너지를 방출하는 B 과정인 이화작용에 해당한다.
④ 효소는 생물체 내의 모든 물질대사에 관여하므로 A, B 과정 모두에서 반드시 필요하다.
⑤ 식물 세포와 동물 세포 모두에서 A, B 과정이 일어난다.

04 세포호흡에서 방출되는 에너지의 약 34 %만 ATP에 화학 에너지로 저장되고 나머지는 열에너지로 방출된다. 세포호흡은 효소의 도움을 받아 체온 정도의 낮은 온도에서 단계적으로 일어난다. 반면, 연소는 높은 온도에서 반응이 진행되며 방출되는 총 에너지양은 포도당의 양이 같다면 동일하다.

05 아데닌(㉢)과 라이보스(㉠)가 결합한 형태를 아데노신이라고 한다.

오답 피하기

① ATP의 당은 디옥시라이보스가 아닌 라이보스이다.
③ 인산기가 하나 떨어져 나갈 때 약 7.3 kcal/mol의 에너지가 외부로 방출된다.
⑤ 인산기와 인산기 사이의 결합인 고에너지 인산 결합은 ATP 한 분자에 2개가 있다.

06 세포호흡을 통해 ATP를 합성하는 과정인 (가)는 주로 마이토콘드리아에서 일어나며, 방출된 에너지는 체온 유지나 근육 운동 등 다양한 생명활동에 이용된다. ATP가 ADP와 무기 인산으로 전환될 때 고에너지 인산 결합이 끊어지면서 에너지가 방출된다.

07 세포호흡은 유기물인 포도당을 산화시켜 에너지를 얻는 이화작용이다. 포도당이 산소와 반응하여 완전히 분해될 때 발생하는 에너지의 일부는 열에너지로 전환되어 체온 유지에 쓰인다. 나머지 에너지는 ATP에 저장되어 세포의 다양한 생명활동에 직접적인 에너지원으로 사용된다.

08 근육의 수축과 이완 과정은 ATP의 화학 에너지가 기계적 에너지로 전환되는 사례이다.

오답 피하기

② 포도당으로부터 글라이코젠을 합성하는 (나)는 동화작용에 해당한다.
③ 반딧불이의 발광은 화학 에너지가 빛에너지로 전환되는 과정이다.
④ (가)~(다) 과정은 모두 에너지를 소모하는 활동이므로 ATP의 합성이 아닌 ATP의 분해가 일어난다.
⑤ 근육 운동 시에 많은 양의 열에너지가 발생하며 (나) 과정보다 (가) 과정에서 소모되는 ATP와 열 발생량이 훨씬 많다.

09 세포호흡은 산소를 이용하여 포도당을 물과 이산화 탄소로 분해하며 열과 에너지를 방출한다.

오답 피하기

ㄴ. 방출된 화학 에너지의 일부는 ATP에 저장되고 나머지는 열로 방출된다.

10 ATP의 인산 결합이 끊어지며 ADP로 될 때 고에너지 인산 결합에 저장된 에너지가 방출된다.

오답 피하기

세포호흡은 유기물을 분해하여 에너지를 방출하는 발열 반응이며 방출된 에너지는 열과 ATP로 나뉘어 저장된다. 포도당의 연소와 세포호흡의 총 에너지양은 같으며, 마이토콘드리아가 없어도 세포질에서 일부 ATP의 합성이 가능하다.

11 에너지 섭취량이 소비량보다 많으면 남은 에너지가 지방 형태로 체내에 축적되어 비만의 원인이 된다.

오답 피하기

① 에너지 소비량이 더 많은 (가) 상태에서는 체중이 감소한다.
③ 에너지 섭취와 소비가 균형을 이루면 체중이 일정하게 유지된다.
④ 활동대사량은 기초대사량보다 항상 클 필요는 없다.
⑤ 성장은 영양 과잉이 아닌 균형 잡힌 섭취 시 정상적으로 일어난다.

12 기초대사량은 근육량이 많을수록 높아지는 경향이 있으며 개인의 성별이나 연령 및 체중 등에 따라 차이가 나타난다.

오답 피하기

ㄷ. 아무것도 하지 않고 누워만 있을 때도 우리 몸에서는 에너지가 소비된다.

13 단위 시간당 에너지 소비량은 수영이 걷기보다 훨씬 많다.

오답 피하기

① 잠을 잘 때도 생명 유지를 위한 기초대사량만큼의 에너지가 소비된다.
② 활동대사량은 활동 강도와 시간에 비례한다.
④ 에너지 소비량은 일반적으로 몸무게가 무거울수록 증가한다.
⑤ 활동 시 소비되는 모든 에너지의 합은 기초대사량이 아닌 총 대사량이다.

14 기초대사량인 1,400 kcal는 소비량인 2,400 kcal의 약 58 %를 차지하여 절반 이상이다. 1일 총대사량은 2,400 kcal이며 섭취와 소비가 균형을 이루지 못한 영양 과잉 상태이다.이 학생은 에너지 섭취량이 소비량보다 200 kcal 더 많으므로 현재 상태가 지속되면 체중이 증가하게 된다.

15 모범 답안 (1) 과정 (가)이다. 마이토콘드리아에서 세포호흡을 통해 포도당과 같은 유기물을 분해할 때 발생하는 화학 에너지가 ADP와 무기 인산을 ATP로 합성하는 데 사용된다.
(2) 고에너지 인산 결합이다. 과정 (나)는 ATP가 ADP와 무기 인산으로 분해되는 과정으로, 이때 인산기 사이의 고에너지 인산 결합이 끊어지면서 약 7.3 kcal/mol의 에너지가 방출되어 생명활동에 이용된다.

채점 기준		배점(%)
(1)	마이트콘드리아에서 일어나는 과정인 (가)를 쓰고, 에너지 근원이 유기물의 화학 에너지임을 옳게 서술한 경우	40
	마이트콘드리아에서 일어나는 과정인 (가)를 쓴 경우	20
(2)	고에너지 인산 결합 명칭을 쓰고, 과정 (나)에서 에너지가 방출되어 생명활동에 이용됨을 옳게 서술한 경우	60
	고에너지 인산 결합 명칭만 쓴 경우	30

16 모범 답안 (1) 심장 박동, 호흡, 체온 유지 등 생명을 유지하는 데 필요한 최소한의 에너지양을 말한다.
(2) A가 B보다 기초대사량이 더 높은 까닭은 근육이 지방 조직보다 단위 무게당 에너지 소비량이 크기 때문에, 근육량이 많을수록 기초대사량이 높아지기 때문이다.

채점 기준		배점(%)
(1)	생명 유지에 필요한 최소한의 에너지양이라는 기초대사량의 정의를 옳게 서술한 경우	40
	생명 유지에 필요한 최소한의 에너지양이라는 기초대사량의 정의를 설명하지 못한 경우	20
(2)	기초대사량이 더 높은 사람으로 A를 고르고, 근육량에 따른 에너지 소비 차이를 옳게 설명한 경우	60
	기초대사량이 더 높은 사람으로 A를 쓴 경우	30

02 효소의 특성과 활용

탐구 기출 문제 | p.80 |

01 ㄱ, ㄴ, ㄷ　　02 ㄱ

01 카탈레이스는 활성화에너지를 낮추어 과산화 수소 분해 반응을 촉진하며 이 과정에서 산소가 발생한다. 또한 과산화수소는 세포에 독성을 미치는 물질이므로 카탈레이스가 결핍되어 체내에 축적될 경우 세포와 조직이 손상될 수 있다.

02 효소의 활성 부위는 특정 구조의 기질과만 결합하는 기질특이성을 가진다.

오답 피하기

ㄴ. 물질 X는 효소의 촉매 작용을 억제한다.
ㄷ. 효소는 특정 기질하고만 결합하는 기질특이성을 가지므로, 특정 효소가 결핍되면 다른 효소가 그 역할을 대신할 수 없어 생명활동에 지장이 생긴다.

탐구 기출 문제 | p.81 |

01 ③　　02 ③

01 최적 pH가 약 7인 (나)는 중성 환경인 입에서 작용하는 아밀레이스이며 효소마다 활성이 최대인 최적 pH가 다르다.

오답 피하기

ㄷ. 효소 (가)는 강산성인 위에서 작용하는 펩신으로 pH 2에서 가장 활발하며, 환경을 pH 7로 변화시키면 단백질의 입체구조가 변형되어 반응 속도가 급격히 감소한다.

02 37 ℃인 Ⅱ에서만 녹말이 분해되어 아이오딘–아이오딘화 용액이 청람색으로 변하지 않았다. 이 실험의 조작변인은 온도를 다르게 설정한 것이다.

오답 피하기

ㄷ. Ⅰ과 Ⅲ에서 청람색이 나타난 것은 온도가 낮거나(Ⅰ) 효소가 변형되어(Ⅲ) 녹말이 분해되지 않고 그대로 남아 있었기 때문이다.

세미나 기출 문제 | p.83 |

01 ④　　02 ①

01 효소 X의 활성 부위에 결합하여 반응하는 물질 A는 기질이며 효소가 특정 입체구조를 가진 기질과만 결합하는 기질특이성을 가진다.

오답 피하기

ㄷ. 효소는 반응 전후에 자신은 변하지 않고 반복적으로 사용될 수 있는 촉매이다.

02 설탕이 분해되어 생성된 ㉡은 최종 결과물인 생성물이다.

오답 피하기

ㄴ. 효소는 반응 전후에 변형되지 않아 재사용이 가능하다.
ㄷ. 효소 A가 기질과 결합하여 ㉠인 효소기질복합체를 형성함으로써 반응의 활성화에너지를 낮춘다.

내신 기초 문제

| p.84~85 |

01 ⑤ 02 ⑤ 03 ③ 04 ② 05 ⑤ 06 ③
07 ③ 08 ④ 09 ④

01 효소는 반응물에서 생성물로 변할 때 넘어야 할 에너지 장벽인 활성화에너지를 낮추는 역할을 한다.

오답 피하기

① A는 효소가 없을 때의 활성화에너지이다.
② 효소는 반응 속도를 빠르게 하는 촉매이다.
③ 반응물보다 생성물의 에너지가 낮으므로 이 반응은 에너지를 방출하는 이화작용이자 발열 반응이다.
④ 효소는 활성화에너지를 조절할 뿐 반응물과 생성물의 에너지 차이인 반응열(C)에는 영향을 주지 않는다.

02 기질특이성은 효소의 활성 부위와 구조가 맞는 특정 기질하고만 결합하여 반응을 촉진하는 효소의 고유한 성질이다.

03 효소는 반응 전후에 자신은 변하지 않아 재사용될 수 있으며, 특정 입체구조를 가진 기질하고만 결합하는 특성이 있다.

오답 피하기

ㄷ. 효소와 기질이 결합하여 효소기질복합체가 형성되면 활성화에너지를 낮추어 화학 반응을 돕는다.

04 전이효소는 한 화합물의 작용기를 다른 화합물로 옮겨 주는 역할을 한다.

오답 피하기

① 산화환원효소는 수소나 전자를 이동시킨다.
③ 가수분해효소는 물 분자를 첨가하여 결합을 끊는 역할을 한다.
④ 이성질화효소는 분자 내에서 구조를 바꾸어 이성질체로 만든다.
⑤ 연결효소는 두 개의 기질을 하나로 연결하는 효소이다.

05 pH가 최적 범위를 벗어나면 효소의 주성분인 단백질의 입체구조가 변형되어 기질과 정상적으로 결합할 수 없게 된다. 기질의 농도나 반응물의 에너지 상태는 pH 변화와 직접적인 관련이 없으며 활성화에너지의 크기는 효소에 의해 결정된다.

06 사람의 효소는 약 35 °C~40 °C에서 활성이 높고, 트립신은 pH 8 정도의 염기성 환경에서 가장 활발하다.

오답 피하기

ㄷ. 고온에 의해 단백질의 입체구조가 파괴되어 변형된 효소는 온도를 다시 낮추더라도 원래의 구조와 기능을 회복할 수 없다.

07 경쟁적 억제제는 기질과 활성 부위를 차지하기 위해 경쟁하므로 기질 농도를 충분히 높이면 최대 반응 속도에 도달할 수 있는 B가 해당 그래프이다. A는 억제제가 없을 때의 그래프이며 C는 기질 농도를 높여도 반응 속도가 회복되지 않는 비경쟁적 억제제가 있을 때의 그래프이다. 비경쟁적 저해제는 활성 부위가 아닌 다른 곳에 결합하여 효소의 입체구조를 변형시킨다.

08 감자즙 속의 카탈레이스에 의해 과산화 수소가 분해되어 산소 기체가 발생하고, 이 기체가 거름종이에 달라붙어 떠오르게 한다.

오답 피하기

① 이 반응은 유기물을 분해하여 에너지를 방출하는 이화작용에 해당한다.
② 삶은 감자즙은 고온에 의해 효소가 변형되어 산소 기체가 발생하지 않는다.
③ 거름종이가 빨리 떠오를수록 효소의 활성이 높다는 뜻이다.
⑤ 과산화 수소 농도가 높을수록 반응이 빨라져 거름종이가 빠르게 떠오른다.

09 배나 키위에는 단백질분해효소가 들어 있어 고기의 단백질을 분해하여 연하게 만든다. 밥을 오래 씹을 때 단맛이 나는 것은 아밀레이스에 의한 녹말 분해 현상이며, 효소 세제 속 단백질분해효소와 지방분해효소는 오염물을 제거하는 데 도움을 준다.

내신 실전 문제

| p.86~89 |

01 ④ 02 ⑤ 03 ② 04 ③ 05 ③ 06 ⑤
07 ① 08 ③ 09 ③ 10 ⑤ 11 ② 12 ⑤
13 ④ 14 ① 15 ~ 16 해설 참조

01 효소는 반응물과 생성물의 에너지 차이인 반응열(C)에는 영향을 주지 않으면서 반응에 필요한 최소 에너지인 활성화에너지를 B로 감소시켜 반응을 촉진한다.

오답 피하기

ㄱ. 그래프에서 A는 효소가 없을 때 활성화에너지이다.

02 효소 A의 활성 부위는 특정 기질과 결합하는 입체구조를 가지며 효소기질복합체를 형성한 상태에서 활성화에너지가 낮아져 반응이 빠르게 진행된다. 효소는 화학 반응을 촉매한 후에도 구조가 변하지 않고 그대로 남으므로 재사용될 수 있다.

03 효소 B는 고온의 온천에 사는 세균의 효소이므로 열에 의한 변형이 일어나지 않아 고온에서도 단백질의 입체구조가 안정적으로 유지된다.

오답 피하기

① 효소 A의 최적 온도는 약 37 ℃ 부근이다.
③ 40 ℃에서는 효소 A의 활성이 B보다 높게 나타난다.
④ 효소의 주성분인 단백질은 고온에서 한 번 변형되면 온도를 다시 낮추어도 원래의 기능을 회복하지 못한다.
⑤ 효소의 주성분은 지방이 아닌 단백질이다.

04 강산성인 위에서 작용하는 펩신은 pH 2 부근에서, 중성인 입에서 작용하는 아밀레이스는 pH 7 부근에서 활성이 최대이다.

오답 피하기

ㄷ. 트립신의 최적 pH는 약 8로, 소장의 염기성 환경에서 가장 활발하게 작용한다.

05 조효소는 단백질인 주효소보다 크기가 작고 열에 강하며 NAD^+나 FAD^+처럼 전자를 전달하여 효소의 기능을 돕는다.

오답 피하기

ㄴ. 조효소는 일반적으로 주효소와 공유결합이 아닌 비교적 약한 결합을 형성하여 반응 과정에서 쉽게 분리되거나 결합할 수 있다.

06 실험 (가)에서는 전효소가 형성되지 않아 반응이 일어나지 않으므로 기질의 농도가 일정하게 유지되며, 실험 (나)에서는 주효소와 보조인자가 결합한 전효소가 이루어져 반응이 진행된다. 가열 후에도 기능을 유지한 A는 열에 강한 보조인자이며, 열에 의해 변형되어 기능을 잃은 B가 단백질 성분의 주효소이다.

07 (가)는 분자 사이에서 수소나 전자를 이동시켜 산화와 환원을 촉매하는 산화환원효소이다.

오답 피하기

ㄴ. (나)는 한 분자의 작용기를 떼어 다른 분자에 전달하는 전이효소이며, 원자의 배열을 바꾸어 이성질체를 형성하는 것은 이성질화효소이다.
ㄷ. (다)는 물 분자를 첨가하여 기질을 분해하는 가수분해효소이다.

08 모든 보조인자가 반응 후 분리되는 것은 아니다. 느슨하게 결합해 분리되는 '조효소'도 있지만, 단단히 결합해 분리되지 않는 '보결족'도 있다.
① 보조인자 없이 단백질만으로 작용하는 효소도 있다.
② 보조인자는 비단백질 성분이며, 주효소보다 크기가 훨씬 작다.
④ 아연(Zn^{2+}), 철(Fe^{2+}) 같은 금속 이온도 보조인자에 속한다.
⑤ 주효소와 보조인자가 합쳐져 완전한 활성을 갖춘 효소를 '전효소'라고 한다.

09 온도가 최적 온도인 35 ℃에 가까울수록 반응 속도가 빠르다. 충분한 시간이 지난 후 20 ℃와 35 ℃에서 발생한 총 산소 발생량은 같다.

오답 피하기

ㄷ. 효소의 농도를 2배로 높이면 반응 속도가 빨라져서 반응 초기 그래프의 기울기가 더 가파라진다.

10 고온에 의해 효소의 주성분인 단백질이 변형되어 활성 부위의 구조가 바뀌고 기질과 결합하지 못해 기능을 상실한다. 삶은 감자즙에서 반응이 나타나지 않는 것은 억제제가 생성되었기 때문이 아니라 열에 의해 효소의 입체 구조가 영구적으로 파괴되었기 때문이다.

11 X는 효소의 활성 부위에 결합하여 효소의 활성을 저해시키는 경쟁적 억제제이며, ㉠은 효소와 기질이 결합한 효소기질복합체이다.

12 억제제 B는 기질 A와 모양이 비슷하여 효소의 활성 부위를 차지하기 위해 기질과 경쟁하는 경쟁적 억제제이다.

오답 피하기

경쟁적 억제제는 활성 부위가 아닌 다른 자리에 결합하지 않는다. 기질 농도가 억제제 농도보다 충분히 높을 때는 억제 효과가 감소하여 반응 속도가 정상적으로 나타난다.

13 B는 기질 농도를 매우 높였을 때 그래프 A의 최대 반응 속도에 도달하는 경쟁적 억제제이며, C는 최대 반응 속도 자체가 낮아진 비경쟁적 억제제이다. 활성 부위를 두고 기질과 경쟁하는 억제제는 B에 해당하며 C는 활성 부위가 아닌 다른 부위에 결합하여 반응을 방해하는 비경쟁적 억제제의 특징을 보여준다.

오답 피하기

ㄱ. A는 억제제 없음이다.

14 생선 비린내를 없애기 위해 레몬즙을 뿌리는 것은 산과 염기의 중화 반응을 이용한 사례이다. 고기를 연하게 만드는 배의 효소나 때를 제거하는 효소 세제 그리고 녹말을 분해하는 아밀레이스 등은 모두 우리 주변에서 흔히 볼 수 있는 효소의 이용 사례이다.

15 모범 답안 (1) 기질특이성

(2) 효소는 반응 과정에서 소모되거나 변형되지 않으므로, 생성물과 분리된 후 새로운 기질과 결합하여 반응을 다시 촉매할 수 있다.

채점 기준		배점(%)
(1)	효소의 특성인 기질특이성을 옳게 쓴 경우	30
(2)	반응 후 효소는 소모되거나 변형되지 않아 새로운 기질과 결합하여 재사용이 가능하다는 점을 옳게 서술한 경우	70
	단순히 반응 후 효소는 소모되거나 변형되지 않다고 서술한 경우	30

16 모범 답안 (1) 카탈레이스에 의해 과산화 수소가 물과 산소로 분해되는데, 이때 발생한 산소 기체 방울이 거름종이에 달라붙어 거름종이를 위로 띄우기 때문이다.

(2) 시간이 훨씬 오래 걸리거나 떠오르지 않는다. 그 까닭은 고온에 의해 카탈레이스의 구조가 변하여 효소의 기능을 잃었기 때문이다.

채점 기준		배점(%)
(1)	발생한 기체의 이름인 산소를 쓰고, 기체 방울이 거름종이에 달라붙어 떠오른다는 원리를 옳게 서술한 경우	40
	발생한 기체의 이름인 산소만 쓴 경우	20
(2)	고온에 의해 효소가 변형되어 기능을 잃으므로, 시간이 훨씬 오래 걸리거나 떠오르지 않는다고 옳게 서술한 경우	60
	단순히 시간이 훨씬 오래 걸리거나 떠오르지 않는다고 서술한 경우	30

단원 마무리 문제 | p.92~95 |

01 ①	02 ④	03 ⑤	04 ⑤	05 ③	06 ②
07 해설 참조		08 ②	09 ③	10 ⑤	11 ⑤
12 ①	13 ③	14 ④	15 해설 참조		16 ②

01 (가)는 저분자 물질을 고분자 물질로 합성하며 에너지를 흡수하는 동화작용이고, (나)는 고분자 물질을 저분자 물질로 분해하며 에너지를 방출하는 이화작용이다.

오답 피하기

ㄴ. (가) 과정에서 에너지를 흡수하는 흡열 반응이 일어난다.

ㄷ. 광합성과 세포호흡은 각각 (가)와 (나)에 해당한다.

02 인산기와 인산기 사이의 결합은 끊어질 때 많은 양의 에너지가 방출되는 고에너지 인산 결합이다.

오답 피하기

① ㉡은 당의 일종인 라이보스이다.

② ㉡(라이보스)과 ㉢(아데닌)이 결합한 물질이 아데노신이다.

③ ATP에서 ADP로 전환될 때는 에너지가 방출된다.

⑤ ATP는 주로 마이토콘드리아에서 합성되어 에너지를 저장하고 운반하는 역할을 한다.

03 세포호흡 결과 방출된 에너지 중 약 40 %는 ATP에 저장되고 나머지 60 %는 열에너지로 방출되어 체온 유지 등에 쓰인다.

04 (가) 과정은 주로 마이토콘드리아에서 일어나는 세포호흡을 통해 ATP를 합성하는 반응이며 ATP는 에너지를 운반하고 전달하는 화폐와 같은 역할을 한다. (나) 과정은 ATP가 ADP와 무기 인산으로 분해되면서 에너지를 방출하여 근육 운동이나 체온 유지 등에 이용된다.

05 마이토콘드리아에서 산소를 이용하여 포도당을 분해하는 세포호흡이 일어나고 이때 방출된 에너지로 ATP로 합성하며 (가)가 그 과정에 해당한다.

오답 피하기

ㄷ. 식물은 광합성 과정에서 산소인 ⓐ가 아니라 이산화 탄소인 ⓑ를 소모하여 포도당을 합성하며 ATP 분해 시 방출되는 에너지는 열에너지 외에도 다양한 형태로 전환된다.

06 (나)는 에너지 섭취량과 소비량이 2,200 kcal로 동일하여 에너지대사의 균형을 이룬 상태이다. (가)는 섭취량이 소비량보다 많아 체지방이 축적되어 비만이 될 위험이 있고, (다)는 소비량이 더 많아 영양실조나 체중 감소의 위험이 있다. 운동을 통해 활동대사량을 높이면 섭취가 많은 (가) 상태에서 균형 잡힌 (나) 상태로 변화하기 쉽다.

07 모범 답안 (1) 몸속에 저장된 지방이나 단백질 등을 분해하여 부족한 에너지를 보충하므로 체중이 감소하고 성장 부진이나 영양실조가 나타날 수 있다.

(2) 체지방이 축적되어 비만이 될 수 있으며, 당뇨병, 고혈압 등 대사성 질환의 발병 위험이 높아진다.

채점 기준		배점(%)
(1)	에너지 소비량이 더 많을 때 체내 지방이나 단백질을 분해하여 보충하며 체중이 감소하는 변화를 영양소 소모의 측면에서 옳게 설명한 경우	60
	에너지 소비량이 더 많을 때 체내 지방이나 단백질을 분해하여 보충하며 체중이 감소하는 변화만 설명한 경우	30
(2)	에너지 섭취량이 더 많을 때 체지방 축적으로 비만이나 대사성 질환이 나타날 수 있음을 두 가지 옳게 서술한 경우	40
	에너지 섭취량이 더 많을 때 체지방 축적으로 비만이나 대사성 질환이 나타날 수 있음을 한 가지만 서술한 경우	20

08 효소는 반응에 필요한 활성화에너지를 낮추어 반응을 빠르게 촉진한다.

오답 피하기

① 활성화에너지가 상대적으로 낮은 B가 효소가 있을 때의 곡선이며, A는 효소가 없을 때의 곡선이다.

③ 반응물보다 생성물의 에너지가 낮은 이 반응은 에너지를 방출하는 발열 반응이다.

④, ⑤ 효소는 활성화에너지의 크기만 변화시킬 뿐 반응물과 생성물의 에너지 차이인 반응열 크기는 변화시키지 못한다.

09 효소의 농도가 높을수록 반응 속도가 빨라지므로 효소의 농도가 2인 시험관 II의 결과는 초기 기울기가 더 가파른 ㉠에 해당하며, 시간이 지날수록 기질이 소모되어 반응 속도가 느려지므로 t_1일 때가 t_2일 때보다 반응 속도가 빠르다.

오답 피하기

ㄷ. 활성화에너지는 효소의 종류에 의해 결정되는 고유한 값으로 효소의 농도와는 관계 없이 일정하다.

10 사람의 효소는 체온 범위인 35 ℃~40 ℃에서 가장 활발하며 효소 A는 최적 pH가 2인 강산성 조건에서 작용하는 위속의 펩신이다. 효소는 단백질로 구성되어 있어 최적 온도나 pH 범위를 벗어나면 입체구조가 변형되어 기질과 정상적으로 결합하지 못하므로 활성이 떨어진다.

11 조효소는 단백질인 주효소보다 크기가 작고 열에 강하며 주효소와 결합하여 완전한 기능을 갖춘 전효소를 형성한다. 한 종류의 조효소는 반드시 한 종류의 주효소와만 결합하는 것이 아니라 NAD^+나 FAD^+처럼 서로 다른 여러 종류의 주효소와 결합하여 물질대사 과정에서 반복적으로 사용될 수 있다.

12 실험 결과 35 ℃에서 반응이 가장 빠르게 일어났으므로 감자즙 속 카탈레이스의 최적 온도는 35 ℃ 부근이다.

오답 피하기

ㄴ. 0 ℃에서 반응이 느리게 일어난 것은 효소가 변성되었기 때문이 아니라 분자의 운동 에너지가 낮아져 기질과의 충돌 횟수가 감소했기 때문이다.

ㄷ. 70 ℃의 고온에서 이미 변성된 효소는 온도를 낮추더라도 원래의 입체구조로 회복되지 않아 반응이 다시 일어날 수 없다.

13 반응물에 물을 첨가하여 결합을 끊는 (가)는 가수분해효소가 관여하는 반응이며 (나) 그래프에서 생성물의 에너지가 반응물보다 높아 에너지를 흡수하는 흡열 반응이다. 효소는 활성화에너지를 B−A만큼 낮추어 반응을 촉진할 뿐 반응물이나 생성물의 에너지 상태 자체를 변화시키지는 못한다.

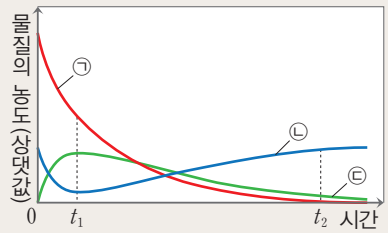
14 반응이 진행됨에 따라 농도가 감소하는 ㉠은 기질이고, 생성되는 ㉡은 효소이며, 일시적으로 나타났다 사라지는 ㉢은 효소기질복합체이다.

오답 피하기

ㄷ. 활성화에너지는 효소의 존재 유무와 종류에 의해 결정되는 값으로, 반응이 일어나는 동안 효소가 일정하게 존재한다면 시간이 경과하더라도 변하지 않고 일정하게 유지된다.

문제 속 자료

효소 반응에 따른 효소와 기질의 농도 변화



- ㉠은 반응이 진행됨에 따라 효소와 결합하여 농도가 점차 감소하는 기질이다.
- ㉡은 반응 초기에는 기질과 결합하여 농도가 감소했다가 반응이 끝나가면서 다시 원래의 농도로 회복하는 것으로 보아 효소임을 알 수 있다.
- ㉢은 효소기질복합체이며 그래프에서 이 농도가 높을수록 반응 속도가 가장 빠르다는 것을 알 수 있다.

15 **모범 답안** (1) 기질특이성이란 한 종류의 효소가 특정한 구조를 가진 한 종류의 기질에만 작용하는 성질이다. 효소는 단백질로 이루어져 있어 기질과 결합하는 부위인 활성 부위의 입체구조가 특정 기질의 구조와 열쇠와 자물쇠 관계처럼 딱 맞아야만 결합이 가능하다.

(2) 효소에는 기질특이성이 있어 활성 부위의 구조와 맞는 특성 기질에만 작용한다. 따라서 탄수화물분해효소는 탄수화물을, 단백질분해효소는 단백질을 선택적으로 분해한다.

채점 기준		배점(%)
(1)	기질특이성의 정의를 쓰고, 활성 부위의 입체구조가 특정 기질과 맞아야 결합한다는 구조적 특징을 옳게 설명한 경우	50
	기질특이성의 정의만 옳게 쓴 경우	30
(2)	효소의 기질특이성으로 인해 활성 부위가 다른 효소와는 맞지 않아 음식물만 선택적으로 분해하는 까닭을 옳게 서술한 경우	50
	효소가 선택적으로 분해하는 까닭을 서술하지 못한 경우	10

16 기질 농도를 충분히 높였을 때 억제제가 없을 때와 동일한 최대 반응 속도에 도달하는 곡선 II가 경쟁적 억제제 A가 포함된 경우이다. 경쟁적 억제제 조건에서 기질 농도가 높아질수록 억제제보다 기질이 효소와 더 잘 결합한다. 따라서 전체 효소 X 중 기질과 결합한 X의 수는 S_1일 때가 S_2일 때보다 작다.

Ⅲ 세포호흡과 광합성

01 세포호흡

세미나 기출 문제 | p.104~105 |

01 ② 02 ④

01 (가)는 4탄소 화합물인 옥살아세트산이고, (나)는 아세틸조효소 A와 옥살아세트산이 결합하여 생성되는 6탄소 화합물인 시트르산이다. TCA 회로에서 3번 생성되는 ㉠은 NADH, 1번 생성되는 ㉡은 ATP이다.

오답 피하기

ㄱ. (가)는 옥살아세트산이다.

ㄷ. (가)는 4탄소 화합물이고 (나)는 6탄소 화합물이므로, $\frac{\text{(나)의 탄소 수}}{\text{(가)의 탄소 수}} = \frac{6}{4} = \frac{3}{2}$이다.

02 전자전달계를 통한 H^+의 이동은 능동수송이며, ATP 합성효소를 통한 H^+의 이동은 촉진확산이다. 이때 H^+의 농도는 막사이공간에서가 바탕질보다 더 높다.

오답 피하기

ㄱ. (가)는 농도 기울기에 따라 고농도인 막사이공간에서 저농도인 바탕질로 수소 이온이 막단백질인 ATP 합성효소를 통해 이동하는 촉진확산이다.

내신 기초 문제 | p.106~107 |

01 ③ 02 ③ 03 ① 04 ④ 05 ③ 06 ④
07 ① 08 ④ 09 ① 10 ③

01 (가)는 내막, (나)는 외막, (다)는 바탕질이다. 내막에 전자전달효소 복합체가 존재하며, 바탕질에는 여러 효소와 DNA, 라이보솜 등이 존재한다.

오답 피하기

ㄴ. (가)와 (나) 사이를 막사이공간이라고 한다.

02 오답 피하기

ㄴ. 일반적으로 세포호흡 시 빛에너지가 방출되지 않는다.

ㄹ. 세포호흡은 물질대사의 일종으로 체온 범위인 36.5 ℃ 부근에서 일어난다.

03 오답 피하기

① 해당 과정은 산소의 유무에 관계없이 세포질에서 진행된다.

04 (가)는 포도당이 피루브산으로 분해되는 해당 과정, (나)는 TCA 회로, (다)는 산화적 인산화 과정을 각각 나타낸다. TCA 회로와 산화적 인산화 과정은 산소가 충분히 공급되는 조건에서 진행된다.

오답 피하기

ㄱ. 물질 X는 해당 과정 및 피루브산의 산화와 TCA 회로 과정에서 공통적으로 생성되는 물질인 NADH이다.

05 피루브산은 3탄소 화합물이다. NAD^+는 탈수소효소의 조효소로서, 고에너지 전자를 운반하는 기능을 한다.

오답 피하기

ㄷ. 해당 과정에서는 기질수준인산화로 ATP가 합성된다.

06 TCA 회로에서 ATP, NADH, $FADH_2$, CO_2가 생성된다.

오답 피하기

ㄹ, ㅂ. 피루브산은 해당 과정에서 생성되고, H_2O는 산화적 인산화 과정에서 생성된다.

07 TCA 회로에서 기질수준인산화에 의해 ATP가 생성된다.

오답 피하기

② 전자전달계와 화학삼투 과정을 아울러 산화적 인산화라고 한다.

③ 세포호흡 과정 중 산화적 인산화 과정에서 가장 많은 ATP가 생성된다.

④ 1분자의 NADH는 약 2.5ATP, 1분자의 $FADH_2$는 약 1.5ATP를 생성한다.

⑤ 포도당 1몰이 세포호흡을 통해 분해될 때 약 66 %는 열에너지로 방출되고, 34 % 정도가 ATP의 형태로 저장된다.

08 전자전달계에서 전자의 최종 수용체는 전자친화력이 가장 강한 O_2이다. 또한 전자전달효소 복합체 Ⅰ, Ⅲ, Ⅳ에서 산화환원반응으로 고에너지 전자가 운반되면서 방출하는 에너지로 수소 이온이 능동수송된다.

오답 피하기

ㄱ. 전자전달계는 마이토콘드리아 내막에서 진행된다.

09 ㉠은 전자전달계, ㉡은 화학삼투 과정에 각각 해당한다.

10 (가)는 단백질, (나)는 탄수화물, (다)는 지방산이다. 세포호흡 중 가장 많은 ATP가 생성되는 과정은 산화적 인산화 과정이다.

오답 피하기

ㄴ. (라)는 아세틸조효소 A로, 2탄소 화합물이다.

내신 실전 문제

| p.108~113 |

01 ②	02 ③	03 ③	04 ④	05 ①	06 ①
07 ⑤	08 ①	09 ②	10 ③	11 ③	12 ③
13 ②	14 ③	15 ②	16 ②	17 ⑤	18 ③
19 ③	20 ⑤	21 ④	22 ~ 23 해설 참조		

01 ㉠은 바탕질, ㉡은 내막, ㉢은 외막이다. 내막이 주름진 구조인 크리스타가 발달할수록 표면적이 늘어나고, 전자전달효소 복합체가 많이 분포하여 세포호흡 효율이 늘어날 것이다.

오답 피하기

ㄱ. 전자전달계와 ATP 합성효소는 모두 내막인 ㉡에 위치한다.

ㄷ. ㉡과 ㉢ 사이 공간인 막사이공간이 바탕질인 ㉠보다 수소 이온의 농도가 높아 pH가 더 낮다.

02 A는 바탕질, B는 외막, C는 내막에 해당한다. 내막에는 전자전달계가 있으며, 여기서 NADH, $FADH_2$의 산화가 일어난다. 바탕질에서 TCA 회로가 진행되는데, 이에 따라 시트르산이 발견된다.

오답 피하기

ㄴ. 전자전달계 효소는 내막인 C에서 발견된다.

03 (가)는 해당 과정, (나)는 TCA 회로, (다)는 산화적 인산화 과정을 나타낸다. TCA 회로 과정에는 NAD^+, FAD와 같은 조효소가 필요하며, 이는 산화적 인산화 과정에서 NADH, $FADH_2$가 산화되어 생성된다.

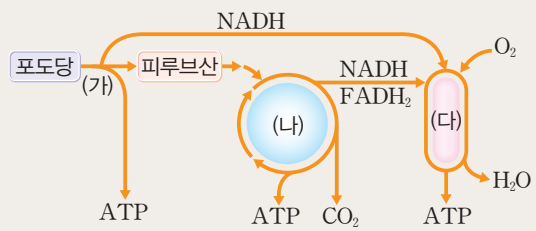
오답 피하기

ㄱ. TCA 회로는 마이토콘드리아 바탕질에서 일어나지만, 해당 과정은 세포질에서 일어난다.

ㄴ. 포도당 1분자가 호흡기질로 이용될 때 해당 과정에서는 2ATP가, 산화적 인산화에서는 최대 28ATP가 생성된다.

문제 속 자료

세포호흡이 일어나는 단계



- 포도당이 피루브산으로 산화되는 (가)는 해당 과정, 피루브산이 CO_2로 분해되면서 ATP가 생성되는 (나)는 TCA 회로이다.
- NADH와 $FADH_2$가 전달한 고에너지 전자에 의해 다량의 ATP가 생성되고 물이 발생하는 (다)는 산화적 인산화 과정이다.

04 포도당이 3탄소 화합물로 되는 (가)는 해당 과정으로 세포질에서 일어난다. (나)는 피루브산이 2탄소 화합물인 아세틸조효소 A로 되는 과정이고, (다)는 TCA 회로를 나타낸다. TCA 회로에서는 기질수준인산화로 ATP가 생성된다. (나)와 (다)는 마이토콘드리아 바탕질에서 일어난다. (라)는 산화적 인산화 과정으로 마이토콘드리아 내막에서 일어난다.

오답 피하기

ㄱ. 피루브산이 산화되어 아세틸조효소 A가 되는 과정은 마이토콘드리아 바탕질에서 일어난다.

05 과정 Ⅰ은 에너지 투자기로, ATP 2분자가 투입되어 과당 2인산이 만들어지는 과정이다.

오답 피하기

ㄴ. NAD^+가 수소 원자와 고에너지 전자를 얻어 NADH로 환원되는 과정은 Ⅲ에서 발생한다.

ㄷ. 해당 과정에서는 산소가 소모되지 않는다.

06 해당 과정은 세포질에서 일어난다.

오답 피하기

ㄴ. 포도당 1분자로부터 피루브산 2분자와 2ATP, 2NADH가 생성되므로, 포도당 1분자의 에너지양은 피루브산 2분자의 총 에너지양보다 많다.

ㄷ. 해당 과정에서 NADH가 생성될 때는 탈수소효소가 관여하지만, 탈탄산효소는 관여하지 않는다.

07 해당 과정 결과 피루브산 2분자와 2ATP, 2NADH가 생성된다.

오답 피하기

① 해당 과정은 산소의 유무에 관계없이 일어난다.

② 해당 과정은 에너지 투자기와 에너지 회수기로 구분되며, 에너지 투자기에 ATP가 공급된다.

③ NAD^+가 NADH로 환원될 때 탈수소효소가 관여한다.

④ 해당 과정은 세포질에서 일어난다.

08 탄소 수가 A와 D가 같으며, D에서 A로 변화하고, 다시 A에서 2분자의 B가 생성되고 있다. 이에 따라 D는 포도당, A는 과당 2인산, B는 피루브산임을 추론할 수 있다. C는 B가 산화되어 생성되는 아세틸조효소 A이다.

과정 Ⅰ에서, 과당 2인산이 2피루브산으로 분해될 때 ATP와 NADH가 발생하므로 이 둘은 각각 ㉡과 ㉢ 중 하나이다. 과정 Ⅱ에서, 피루브산이 아세틸조효소 A가 될 때 CO_2가 빠져나오고 NADH가 생성되므로, ㉡이 NADH이고, ㉢은 ATP가 된다. ㉣은 CO_2가 되므로, ㉠은 ADP가 된다. 과정 Ⅲ은 포도당이 과당 2인산이 되는 과정으로, ATP가 발생하지 않으므로 ⓐ는 '×'가 된다.

오답 피하기

ㄴ. B는 피루브산, C는 아세틸조효소 A이다.

ㄷ. 1분자의 과당 2인산이 2분자의 아세틸조효소 A로 분해되는 반응은 해당 과정과 피루브산의 산화 과정에 걸쳐 있으며, 총 4분자의 NADH가 생성된다.

09 ㉠은 조효소 A, ㉡은 아세틸조효소 A, ㉢은 옥살아세트산, ㉣은 시트르산이다. 해당 과정은 세포질에서 일어나므로, 세포질과 닿아 있는 막 ⓑ가 외막이고 ⓐ가 내막이다. 옥살아세트산이 아세틸조효소 A와 결합하여 시트르산이 되는 과정은 TCA 회로 과정으로, 마이토콘드리아의 바탕질인 Ⅰ에서 일어난다.

오답 피하기

ㄱ. ㉠은 피루브산에서 CO_2가 제거된 후 결합하는 조효소 A이다.

ㄴ. 해당 과정은 세포질에서 일어나므로, 세포질과 닿아 있는 막 ⓑ가 외막이고 ⓐ가 내막이다.

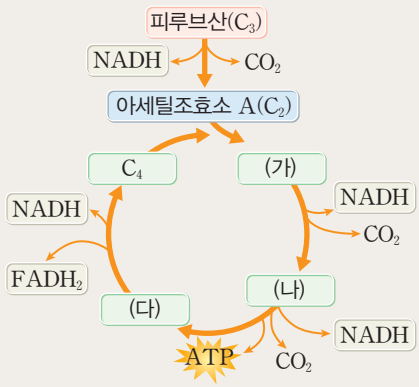
10 (가)는 아세틸조효소 A가 옥살아세트산과 결합하여 생성되는 6탄소 화합물인 시트르산이다. (나)는 5탄소 화합물이므로, 1분자당 탄소 수는 (가)가 (나)보다 더 많다. TCA 회로 과정에서 피루브산 1분자당 1ATP가 생성된다.

오답 피하기

ㄷ. TCA 회로는 산소가 충분한 조건에서 진행된다.

문제 속 **자료**

피루브산의 산화와 TCA 회로



- (가)는 아세틸조효소 A가 4탄소 화합물인 옥살아세트산과 결합하여 생성되는 6탄소 화합물인 시트르산이다.
- (나)는 시트르산에서 탈탄산효소가 작용하여 CO_2가 제거되면서 탄소 수가 하나 감소한 5탄소 화합물이다.
- 피루브산 1분자가 산화되고 TCA 회로를 거치는 동안 1 ATP와 4 NADH, 1 $FADH_2$가 생성됨을 알 수 있다.

11 A는 시트르산에서 변화된 것이므로 5탄소 화합물이 된다. 이에 따라 B는 4탄소 화합물이다. 과정 Ⅲ은 4탄소 화합물이 옥살아세트산으로 변화하는 과정이고, 이때 NADH와 $FADH_2$가 생성된다. 따라서 ㉢은 ATP임을 알 수 있다. 과정 Ⅰ은 5탄소 화합물이 4탄소 화합물로 되는 과정이고, 이때 ATP와 NADH가 생성되므로 ㉠은 NADH가 된다. 나머지 ㉡은 $FADH_2$이다.

오답 피하기

ㄴ. ㉠은 NADH이고, 과정 Ⅰ에서 NADH가 발생하므로 ⓐ는 '○'이다.

12 옥살아세트산이 시트르산으로 되는 과정에서는 방출되는 물질이 없으므로, 표에서 ㉠~㉢이 모두 '×'여야 한다. 표에서 이러한 경우가 가능한 과정은 Ⅰ 또는 Ⅳ이다. 이러한 경우에는 한 가지 경로씩 따라가면서 문제가 있는 경우를 제거하여 한 경로를 확정해야 한다. 예를 들면 다음과 같다.

과정 Ⅰ이 옥살아세트산이 시트르산이 되는 과정이라고 가정한다. 이때 A는 옥살아세트산, B는 시트르산이 되고 ⓐ는 '×'가 된다. 과정 Ⅱ는 시트르산이 5탄소 화합물이 되는 과정이 되며, C는 5탄소 화합물이 된다. 이때 CO_2, NADH가 생성되므로 ㉠은 $FADH_2$가 되고, ⓑ는 '○'가 된다. 과정 Ⅲ은 5탄소 화합물이 4탄소 화합물로 되는 과정이고, 이때 CO_2, NADH가 생성되고 $FADH_2$는 생성되지 않는다. 그런데 ㉠인 $FADH_2$가 생성되고 있으므로, 이는 성립하지 않게 된다. 즉, 처음에 가정했던 과정 Ⅰ이 옥살아세트산에서 시트르산이 되는 것이 틀린 것이라는 뜻이 된다.

과정 Ⅳ가 옥살아세트산이 시트르산이 되는 과정이며, 이에 따라 D는 옥살아세트산, A는 시트르산이 된다. 과정 Ⅰ은 시트르산이 5탄소 화합물이 되는 과정이며, B가 5탄소 화합물이 된다. 과정 Ⅱ는 5탄소 화합물이 4탄소 화합물로 되는 과정이고, 이때 NADH와 ATP가 생성된다. 이에 따라 이 과정에서 발생하지 않는 ㉠은 $FADH_2$임을 알 수 있다. 과정 Ⅲ은 4탄소 화합물이 여러 단계를 거쳐 옥살아세트산이 되는 과정으로, 이때 $FADH_2$와 NADH가 생성된다. 따라서 ㉢이 NADH이고, 나머지 ㉡은 CO_2가 된다. 그리고 ⓐ와 ⓑ는 모두 생성되므로 '○'가 된다. A는 6탄소 화합물인 시트르산, D는 4탄소 화합물인 옥살아세트산이므로 $\frac{\text{D의 탄소 수}}{\text{A의 탄소 수}}=\frac{4}{6}=\frac{2}{3}$가 된다.

오답 피하기

ㄴ. 과정 Ⅰ은 시트르산이 5탄소 화합물로 되는 과정이므로 ATP가 생성되지 않는다.

13 세 번의 수소 이온 능동수송을 이끌어 내는 ㉠은 NADH, 두 번의 수소 이온 능동수송을 하게 하는 ㉡은 $FADH_2$, 전자의 최종 수용체인 ㉢은 O_2이다. ㉣은 수소 이온과 산소가 결합하여 생성되는 물(H_2O)이다.

오답 피하기

ㄱ. ㉠은 NADH, ㉡은 $FADH_2$이다.

ㄴ. 전자의 최종 수용체는 ㉢이며, ㉣은 수소 이온과 전자가 산소와 만나 생성되는 물이다.

14 (가)는 수소 이온(H^+)이 능동수송되는 막사이공간이고, (나)는 마이토콘드리아 바탕질이다. 세포호흡이 활발할 때에는 막사이공간으로 지속적으로 수소 이온이 수송되므로, H^+의 농도는 (가)>(나)이다. ATP 합성효소를 통한 H^+의 이동 방식은 촉진확산이다.

오답 피하기

ㄴ. NADH는 $FADH_2$보다 1분자당 더 많은 ATP를 생성한다.

15 ㉠은 수소 이온, A는 막사이공간, B는 바탕질을 각각 나타낸다. TCA 회로는 바탕질에서 진행되며, 진행되는 과정에서 NADH, $FADH_2$와 같은 고에너지 전자를 전달하는 물질이 생성된다.

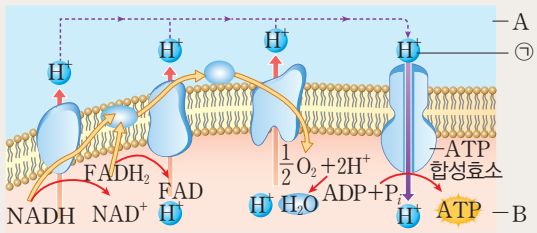
오답 피하기

ㄱ. H^+이 ATP 합성효소를 통해 A에서 B로 이동하는 방식은 촉진확산이다.

ㄷ. 전자전달계에서 전자는 O_2에 최종 수용된다.

문제 속 **자료**

산화적 인산화 과정



- A는 막사이공간, B는 바탕질, ㉠은 수소 이온이다.
- 전자전달계를 통해 고에너지 전자가 전달되는 과정에서 에너지가 방출되고, 이 에너지로 수소 이온이 바탕질에서 막사이공간으로 능동수송된다. ➡ 수소 이온의 농도: A>B
- 농도 기울기에 따라 막사이공간에 쌓인 수소 이온이 바탕질로 확산하는데, 이때 ATP 합성효소를 통해 촉진확산되면서 ATP가 합성된다.

16 (가)는 산화적 인산화, (나)는 기질수준인산화를 각각 나타낸다. 마이토콘드리아에서는 두 종류의 인산화가 모두 일어난다.

오답 피하기

ㄱ. ㉠과 ㉡은 다른 기능을 수행하는 다른 종류의 효소이다.

ㄷ. (가)에서 H^+의 능동수송은 ATP의 소모가 아닌 전자전달계를 통한 고에너지 전자의 에너지 방출에 의해 일어난다.

17 ⓐ는 더 많은 수소 이온을 능동수송하게 하는 NADH이고, ⓑ는 $FADH_2$이다. NADH는 과정 Ⅰ~Ⅲ에서 모두 1분자씩 생성된다. 전자전달계로 전달되는 고에너지 전자의 수는 NADH와 $FADH_2$ 모두 1분자당 2개씩으로 같다. 다만 에너지 수준의 차이로 능동수송시키는 수소 이온의 수가 다르다.

오답 피하기

ㄴ. TCA 회로에서 기질수준인산화는 5탄소 화합물(α-케토글루타르산)이 4탄소 화합물(석신산)로 되는 과정 Ⅱ에서 일어난다.

18 ㉠은 더 많은 수소 이온을 능동수송하게 하는 NADH이고, ㉡은 $FADH_2$이다. Ⅰ은 수소 이온이 능동수동되어 쌓이는 막사이공간, Ⅱ는 바탕질이다. 전자전달계로 전달되는 고에너지 전자의 수는 NADH와 $FADH_2$ 모두 1분자당 2개씩으로 같다.

오답 피하기

ㄴ. 물질 A를 처리하면 막사이공간에 있는 H^+이 바탕질로 이동하여 수소 이온의 농도가 감소하므로, 막사이공간의 pH가 높아진다. 이에 따라 $\frac{\text{Ⅰ의 pH}}{\text{Ⅱ의 pH}}$의 값은 물질 A 처리 후 더 높아질 것이다.

19 물질 X를 통해 막사이공간에 있는 H^+이 바탕질로 들어오지 못하면 전자의 최종 수용체인 산소가 전자 및 수소 이온과 결합하여 물이 생성되는 반응이 진행되지 못한다. 그 결과 그래프상에서 물질 X가 처리된 이후 소비되는 산소의 양이 급격히 줄어든다. ⓐ의 처리 이후 산소 소비량이 급격히 상승하는데, 이는 수소 이온이 바탕질로 들어오게 하는 물질이므로 Z이고, ⓑ는 다시 전자전달계를 차단하는 Y이다. 구간 Ⅱ에서는 산소 소비량이 많으므로 전자전달계가 진행되는 구간이므로 최종 생성물인 H_2O가 생성된다.

오답 피하기

ㄷ. 구간 Ⅰ에서는 수소 이온이 바탕질로 들어오지 못하고 막사이공간에 계속 쌓여 있는 시기이다. 따라서 $\frac{\text{바탕질의 } H^+ \text{ 농도}}{\text{막사이공간의 } H^+ \text{ 농도}}$의 값은 구간 Ⅰ에서가 구간 Ⅱ에서보다 작다.

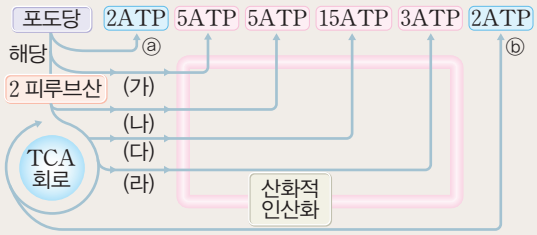
20 산화적 인산화 과정을 거치지 않고 바로 ATP가 생성되는 ⓐ와 ⓑ는 기질수준인산화 과정을 나타낸다. (가), (나), (다)는 산화적 인산화를 통해 1분자당 약 2.5 ATP가 생성되는 NADH를 나타낸다. 포도당 1분자가 세포호흡을 통해 분해되면 약 32 ATP가 생성되고, 더 많은 에너지가 열에너지 형태로 방출되어 체온 유지에 쓰인다.

오답 피하기

⑤ (라)는 $FADH_2$로, NADH보다 낮은 에너지 수준의 고에너지 전자를 전달한다.

문제 속 자료

세포호흡 결과 생성되는 에너지



- ⓐ는 해당 과정에서, ⓑ는 TCA 회로 과정에서 각각 기질수준 인산화로 생성되는 ATP이다.
- (가)는 해당 과정에서 생성되는 NADH이고, (나)는 피루브산의 산화, (다)는 TCA 회로에서 생성되는 NADH이다.
- (라)는 1분자당 1.5 ATP가 생성되는 $FADH_2$이다.

21 ㉠은 아미노산, ㉡은 지방산, ㉢은 아세틸조효소 A이다.

오답 피하기

④ 아세틸조효소 A에 포함된 조효소 A는 TCA 회로로 들어가기 전 방출된다.

22 모범 답안 (1) ㉠, 해당

(2) 산소가 없으면 ㉣ 과정(산화적 인산화)에서 NADH와 $FADH_2$가 산화되지 않아 ㉢ 과정(TCA 회로)에 공급될 NAD^+와 FAD가 부족해지기 때문이다.

해설 산소가 없으면 전자의 최종 수용체가 없어 전자전달계가 진행되지 않고, 이에 따라 NAD^+ 및 FAD와 같은 조효소도 생성되지 않는다. 이 물질들은 TCA 회로가 진행되는 데 필요하기 때문에, 결국 TCA 회로도 진행되지 않는다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	㉠을 쓰고 해당을 쓴 경우	20
(2)	산소가 부족하면 산화적 인산화 과정이 일어나지 못하고, 이에 따라 NAD^+와 FAD가 생성되지 않아 TCA 회로도 진행되지 못한다고 옳게 서술한 경우	80

23 모범 답안 (1) (가) 막사이공간(내막과 외막 사이 공간), (나) 마이토콘드리아 바탕질

(2) 전자전달계의 단백질 복합체는 전자의 에너지를 이용하여 H^+을 능동수송하며, ATP 합성효소는 H^+의 농도 기울기에 따라 H^+이 확산되는 통로로 이용되므로 이는 촉진확산에 해당한다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	막사이공간과 바탕질을 옳게 쓴 경우	20
(2)	전자전달계 과정에서는 수소 이온이 능동수송되고, ATP 합성효소로는 촉진확산된다고 옳게 서술한 경우	80

02 발효

탐구 기출 문제 | p.117 |

01 ④

01 효모의 호흡 결과 생성된 이산화 탄소는 KOH에 의해 제거된다.

내신 기초 문제 | p.119~121 |

01 ④	02 ④	03 ④	04 ⑤	05 ④	06 ①
07 ④	08 ④	09 ⑤	10 ④	11 ①	12 ④
13 ①					

01 오답 피하기

ㄴ. 발효는 세포질에서 일어난다.

ㄷ. 발효는 산소가 없는 상태에서 유기물을 불완전 분해하여 유기물 상태의 중간 산물이 생기면서 산소호흡에 비해 소량의 ATP가 생성되는 과정이다.

02 (가)는 알코올발효, (나)는 젖산발효, (다)는 산소호흡 과정이다.

오답 피하기

④ 발효와 산소호흡 모두 해당 과정을 거친다.

03 A는 해당 과정, B는 젖산발효, C는 산소호흡, D는 알코올발효이다. 해당 과정은 거의 모든 호흡 과정에서 공통으로 일어난다. 격렬한 운동 시에는 근육세포에서 산소호흡과 젖산발효가 일어난다.

오답 피하기

ㄹ. 알코올발효 과정에서는 이산화 탄소가 발생하고, 젖산발효에서는 이산화 탄소가 발생하지 않는다.

04 인간에게 해로운 중간 산물을 생성하는 부패는 생태계의 물질 순환에 중요한 역할을 한다.

오답 피하기

① 산소가 없는 조건에서 진행되면서 인간에게 해로운 중간 산물이 생성되는 호흡 과정을 부패라고 한다.

② 발효와 부패는 산소호흡보다 매우 적은 양의 ATP가 생성된다.

③ 부패 과정에서는 산소가 필요하지 않다.

④ 부패는 모든 생물이 공통적으로 수행하는 생명활동이 아니라 주로 미생물이 다른 생물의 사체나 유기물을 분해하는 과정이다.

05 오답 피하기

④ 효모의 알코올발효 결과 에탄올이 생성된다.

06 (가)는 해당 과정, (나)는 젖산발효, (다)는 피루브산의 산화, (라)는 알코올발효를 각각 나타낸다. 해당 과정에서 기질수준인산화로 포도당 1분자당 2ATP가 생성되며, 나머지 과정에서는 ATP가 생성되지 않는다.

07 (나)와 (라) 과정에서 NADH가 산화되고, 인체 내에서도 젖산발효가 일어난다.

오답 피하기

ㄷ. 효모를 이용하여 빵을 만드는 경우는 알코올발효로, (가)와 (라) 경로를 거친다.

08 효모는 포도당을 호흡기질로 사용하여 생명활동에 필요한 에너지를 생성한다.

09 효모의 알코올발효 결과 이산화 탄소와 에탄올이 생성된다. 산소호흡 결과로도 이산화 탄소가 발생하지만, 산소 공급을 차단했으므로 이산화 탄소는 발효의 결과 발생했다고 볼 수 있다. KOH를 넣고 흔들었을 때 부피가 줄어든 것은 이산화 탄소가 발생했음을 보여 준다.

10 (가)는 NADH가 산화되어 NAD^+가 생성되는 과정으로, 이때 생성된 NAD^+가 해당 과정에서 반복해서 쓰이게 된다. 에탄올 1분자는 탄소 원자 2개와 수소 원자 6개로 되어 있고, 포도당 1분자는 탄소 원자 6개와 수소 원자 12개로 되어 있으므로 에탄올과 포도당은 탄소 원자에 대한 수소 원자의 비가 다르다.

오답 피하기

ㄱ. 알코올발효는 세포질에서 일어난다.

11 그림은 젖산발효 과정을 나타낸 것이다. 우리 몸의 근육세포에서 필요한 산소 양보다 공급되는 산소 양이 충분하지 않을 때 젖산발효가 일어나 에너지를 공급하게 된다.

오답 피하기

ㄴ, ㄷ. 해당 과정과 젖산발효 과정에서는 탈탄산효소가 관여하지 않아 이산화 탄소가 발생하지 않는다.

12 오답 피하기

④ 에탄올이 발생하는 (가)는 알코올발효, 젖산이 발생하는 (나)는 젖산발효이다.

13 (가)는 해당 과정, (나) 알코올발효, (다)는 젖산발효 과정이다.

오답 피하기

ㄴ. 알코올발효에서만 이산화 탄소가 발생하며, 해당 과정과 젖산발효에서는 이산화 탄소가 발생하지 않는다.

ㄷ. 해당 과정에서는 NAD^+가 환원되어 NADH가 생성되지만, 피루브산이 각각 에탄올과 젖산이 되는 과정에서는 반대로 NADH가 산화되어 NAD^+가 생성된다.

내신 실전 문제

| p.122~125 |

01 ①	02 ①	03 ①	04 ②	05 ⑤	06 ③
07 ②	08 ①	09 ③	10 ③	11 ⑤	12 ②

13 ~ 14 해설 참조

01 (가)는 산소호흡, (나)는 발효를 나타낸다. 산소호흡 과정에서는 기질수준인산화와 산화적 인산화가 모두 일어난다.

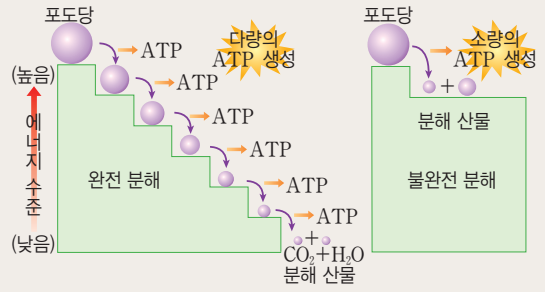
오답 피하기

ㄴ. 발효는 산소 없이도 진행된다.

ㄷ. (가) 결과 이산화 탄소와 물이 생성되고, (나) 결과 고에너지의 중간 산물이 생성된다.

문제 속 자료

산소호흡과 발효의 비교



- (가)는 산소호흡으로, 포도당이 이산화 탄소와 물로 완전 분해되면서 많은 양의 ATP가 생성된다.
- (나)는 산소가 부족한 조건에서 일어나는 발효로, 산소 없이도 진행되며 소량의 ATP가 발생하고 젖산, 에탄올과 같은 고에너지의 중간 산물이 생성된다.

02 (가)는 조효소 A와 결합하여 생성되는 아세틸조효소 A이고, (나)는 에탄올이다. 아세틸조효소 A는 산소가 풍부한 조건에서 생성되며, TCA 회로로 들어가 옥살아세트산과 결합하여 시트르산이 된다.

오답 피하기

ㄴ. ㉠은 피루브산이 산화되어 아세틸조효소 A가 되는 과정으로 ATP가 생성되지 않는다.

ㄷ. 알코올발효의 전과정은 세포질에서 일어난다.

03 (가)는 근육세포에서 일어나는 젖산발효를, (나)는 산소호흡 과정인 피루브산의 산화 과정을 나타낸다. ㉠은 젖산으로 3탄소 화합물이다.

오답 피하기

ㄴ. ㉡은 아세틸조효소 A이다.

ㄷ. 피루브산이 산화되어 아세틸조효소 A가 되는 과정은 세포질에 있던 피루브산이 마이토콘드리아 바탕질로 운반된 후 진행된다.

04 그래프에서 포도당의 농도가 감소하는 것은 효모가 포도당을 호흡기질로 소모하기 때문이며, 이에 따라 효모의 수가 증가한다. 알코올발효가 일어나 포도당이 에탄올로 분해된 후, 에탄올을 호흡기질로 세포호흡을 하여 에탄올의 농도도 감소한다.

오답 피하기

② 효모는 포도당이 있을 때 이를 호흡기질로 하여 증식하며, 포도당이 모두 소모되면 에탄올을 호흡기질로 하여 증식한다.

05 발효 과정에서 분해되어 농도가 낮아지는 ㉡은 포도당이고, 농도가 높아지는 ㉠은 에탄올이다. 구간 Ⅰ은 발효가 활발히 일어나는 시기로, 이산화 탄소가 발생하고 아세트알데하이드가 에탄올로 환원되는 반응이 진행된다. 구간 Ⅱ는 발효가 더 이상 진행되지 않는 구간이므로, 이산화 탄소 발생량도 거의 없을 것이다.

오답 피하기

ㄱ. ㉠은 에탄올이다.

06 피루브산의 분해 과정에서 두 가지 물질이 발생하는 (나)는 알코올발효, 한 가지 물질만 발생하는 (다)는 젖산발효를 나타낸다. ⓐ는 NADH이고, (나)에서만 나오는 ⓑ는 CO_2, (나), (다)에서 모두 발생하는 ⓒ는 NAD^+이다. 에탄올의 탄소 수는 2개이고 수소 수는 6개이다. 젖산의 탄소 수는 3개이고 수소 수는 6개이므로, $\frac{\text{탄소 수}}{\text{수소 수}}$의 값은 ㉠이 ㉡보다 작다.

오답 피하기

ㄷ. (가)에서 포도당 1분자당 2분자의 NADH가 생성되며, (나)에서 피루브산 1분자당 1분자의 CO_2가 생성된다.

07 ㉠은 CO_2 발생 속도는 느리지만 최종 발생량은 Ⅱ와 같으므로 포도당량이 20 g인 Ⅰ이다. ㉡은 CO_2 발생 속도는 Ⅱ와 같지만, 최종 발생량은 절반이므로 포도당량이 10 g인 Ⅲ임을 알 수 있다. 구간 a에서는 발효가 활발히 진행되어 해당 과정에서의 탈수소 반응도 일어난다.

오답 피하기

ㄱ. ㉠은 Ⅰ이다.

ㄷ. ㉡에서 CO_2 생성량 그래프의 기울기가 급한 구간 a는 발효가 활발하여 아세트알데하이드가 활발히 발생한다. 구간 b는 기울기가 거의 0으로 발효가 거의 끝난 이후이다.

08 효모의 알코올발효 결과 이산화 탄소가 발생하며, 발효 과정이 활발할수록 이산화 탄소 발생량이 많아지면서 맹관부의 수면 높이가 낮아진다.

오답 피하기

ㄴ. 솜 마개를 빼면 산소가 공급되어 산소호흡이 일어난다. 산소호흡에서도 최종 산물로 이산화 탄소가 발생한다.

ㄷ. 알코올발효가 활발할수록 이산화 탄소 발생 속도가 빨라지고, 이에 따라 맹관부의 수면 높이도 빠르게 낮아진다.

09 알코올발효와 젖산발효는 포도당이 무기물로 완전히 분해되지 않으며, 세포질에서 일어나는 반응이고, 해당 과정에서 2ATP가 생성된다.

오답 피하기

③ 탈탄산효소의 작용으로 이산화 탄소가 방출되는 것은 알코올발효만 해당된다.

10 알코올발효 결과 에탄올과 이산화 탄소가 생성된다. 포도당이 호흡기질인 B에서 이산화 탄소 발생량이 가장 많으므로, 생성된 에탄올의 양도 가장 많다.

오답 피하기

ㄷ. 실험 결과 포도당 이외에 설탕이나 갈락토스 용액에서도 이산화 탄소가 발생했으며, 이는 이 물질들을 호흡기질로 하여 알코올발효가 일어날 수 있음을 보여 준다.

11 이 문제는 조건에 맞는 경우의 수를 살피고 각 요소들을 하나씩 대조하면서 무엇인지 확정하는 절차가 필요하다.

우선, 과당 2인산이 2개의 피루브산이 되므로, Ⅱ에서 C는 과당 2인산, A는 피루브산이다. B와 D는 각각 젖산과 아세틸조효소 A 중 하나이다.

과당 2인산이 2개의 피루브산으로 분해될 때 2개의 NADH가 발생하고, NAD^+와 CO_2는 발생하지 않는다. 피루브산이 젖산으로 되는 과정에서는 NAD^+만 발생하고, NADH와 CO_2는 발생하지 않는다. 피루브산이 아세틸조효소 A로 되는 과정에서는 CO_2 1분자와 NADH 1분자가 발생하고 NAD^+는 발생하지 않는다.

표에서, (가)는 두 종류의 생성물질을 더한 값에서 ㉠과 ㉡, ㉡과 ㉢을 더한 값이 각각 2가 나오는데, 두 번의 2가 가능한 경우는 2개의 NADH가 발생하는 과정 Ⅱ만 가능하다. 따라서 (가)는 Ⅱ가 되고, 중복되는 ㉡은 NADH가 되며, 나머지 (나)는 Ⅲ으로 확정된다.

과정 Ⅲ에서 ㉡과 ㉢을 더한 값이 2가 되는데, 이는 CO_2와 NADH가 1개씩 발생하는 아세틸조효소 A가 생성되는 경우만 가능하다. 따라서 D는 아세틸조효소 A이고, 나머지 B는 젖산이다. ㉢은 NADH를 제외한 CO_2가 되고, 나머지 ㉠은 NAD^+가 된다.

ⓐ는 피루브산이 아세틸조효소 A가 되는 과정에서 발생하는 NAD^+와 CO_2 수의 합이므로 1이 된다. Ⅱ는 과당 2인

산이 2개의 피루브산이 되는 과정이고, 이때 4ATP가 생성된다.

12 아세트알데하이드에서 생성되는 ㉠은 에탄올, ㉡은 젖산이다. ⓐ는 탈탄산효소에 의해 분리되는 CO_2이고, ⓑ는 NAD^+이다. 사람의 근육세포에서 필요한 산소양보다 공급되는 양이 적을 때 젖산발효가 진행되어 젖산이 축적된다.

오답 피하기

ㄱ. ⓐ는 탈탄산효소에 의해 분리되는 CO_2이다.

ㄴ. ㉡은 젖산이다.

13 모범 답안 산소가 없는 상태에서 효모는 알코올발효를 하며, 해당 과정에서만 ATP가 생성된다. 해당 과정이 계속 일어나기 위해서는 NAD^+가 공급되어야 하는데, NAD^+는 피루브산이 에탄올로 전환되는 과정에서 생성된다.

채점 기준	배점(%)
산소가 없는 조건에서는 해당 과정을 통해서만 ATP가 발생하며, 해당 과정에 필요한 NAD^+가 지속적으로 공급되기 위해서는 피루브산이 에탄올로 환원되어 NAD^+가 발생하는 과정이 필요하다고 옳게 서술한 경우	100
NAD^+의 공급만 옳게 서술하고, 해당에서만 ATP가 발생한다는 사실은 옳게 서술하지 못한 경우	80

14 모범 답안 (1) 젖산, 3개

(2) 포도당이 피루브산이 되는 과정에서 환원되어 NADH가 되고, 피루브산이 젖산이 되는 과정에서 전자를 제공하여 다시 NAD^+로 산화하면서 발효 과정이 계속 일어날 수 있게 한다.

(3) 격렬한 운동 등으로 근육세포에 필요한 산소의 양보다 공급되는 산소의 양이 부족할 때 ATP의 공급을 위해 일어난다.

해설 NAD^+는 탈수소효소의 조효소로서, 해당 과정에서 에너지가 발생하는 과정에서 NADH로 환원되며, 피루브산이 젖산으로 환원되는 과정에서 다시 NAD^+로 산화되어 해당 과정에 반복 사용됨으로써 해당 과정이 반복해서 일어날 수 있게 해 준다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	젖산과 3개를 옳게 쓴 경우	20
(2)	포도당이 피루브산이 되는 과정과 피루브산이 젖산으로 되는 과정에서 산화환원되어 반응이 반복해서 일어날 있게 해 준다고 옳게 서술한 경우	60
(3)	격렬한 운동 시 필요한 산소양보다 공급량이 적을 때라고 옳게 서술한 경우	20

03 광합성(1)

탐구 기출 문제 | p.129 |

01 ②

01 오답 피하기

② 엽록소 a(B)와 엽록소 b(A)는 주로 청자색과 적색 파장의 빛을 가장 잘 흡수하고, 녹색 파장의 빛은 거의 흡수하지 않고 반사하거나 통과시킨다.

내신 기초 문제 | p.132~133 |

01 ④ 02 ② 03 ④ 04 ③ 05 ⑤ 06 ③
07 (가): 타이라코이드 막(그라나), (나): 스트로마
08 ㉠: 산소(O_2), ㉡: 포도당($C_6H_{12}O_6$) 09 ①

01 ㉠은 스트로마, ㉡은 타이라코이드 막이다. 스트로마(㉠)에서 포도당이 합성되는 탄소 고정 반응이 일어나며, 타이라코이드 막(㉡)에는 엽록소를 비롯한 광합성색소가 분포한다.

오답 피하기

ㄱ. 엽록체는 내막과 외막의 이중막으로 둘러싸여 있다.

02 ㉠은 스트로마, ㉡은 타이라코이드 막, ㉢은 마이토콘드리아 막사이공간, ㉣은 마이토콘드리아 바탕질이다. 엽록체인 (가)에서는 빛에너지가 화학 에너지로 전환되며, 마이토콘드리아인 (나)에서는 유기물 형태의 화학 에너지가 ATP 형태의 화학 에너지로 전환된다.

오답 피하기

ㄱ. 엽록체인 (가)에서 빛에너지가 화학 에너지로 전환되는 명반응이 일어나는 장소는 타이라코이드 막(㉡)이다.

ㄴ. 엽록체의 자체 라이보솜은 스트로마(㉠)에, 마이토콘드리아의 자체 라이보솜은 마이토콘드리아 바탕질(㉣)에 있다.

03 오답 피하기

④ 카로티노이드계 색소는 보조색소로서 빛에너지를 흡수하지만, 이를 반응 중심 색소인 엽록소에 전달할 뿐 직접 포도당 합성에 이용되지는 않는다.

04 ㉠은 엽록소 a, ㉡은 엽록소 b이다. 엽록소 a(㉠)는 광합성을 하는 모든 식물에 공통으로 존재하며, 이들을 포함한 모든 광합성색소는 엽록체의 타이라코이드 막에 분포한다.

오답 피하기

ㄷ. 단위 시간당 생성되는 O_2의 양은 광합성속도를 의미한다. 작용스펙트럼을 보면 빛의 파장이 550 nm일 때보다 450 nm일 때 광합성속도가 더 빠르므로, 단위 시간당 생성

되는 O_2의 양 역시 450 nm의 빛에서 더 많다.

05 사상 조류가 광합성을 하면 그 결과로 산소가 발생한다. 이때 호흡에 산소를 이용하는 산소세균은 산소 농도가 높은 곳, 즉 광합성이 가장 활발한 곳에 모여든다. 그림을 보면 녹색광보다 청자색광과 적색광 부근에 산소세균이 집중되어 있으므로, 사상 조류가 주로 해당 파장의 빛을 흡수하여 광합성에 이용함을 알 수 있다.

06 ㉠은 카로틴, ㉡은 잔토필, ㉢은 엽록소 a, ㉣은 엽록소 b이다. 카로틴(㉠)과 잔토필(㉡)은 카로티노이드계 색소에 해당한다. 전개율은 물질이 이동한 거리를 이동상(용매)이 이동한 거리로 나눈 값으로, 각 색소의 전개율은 카로틴(㉠) > 잔토필(㉡) > 엽록소 a(㉢) > 엽록소 b(㉣) 순이다. 각 색소의 전개율이 다른 까닭은 각 색소의 분자량 차이, 전개액에 대한 용해도 차이, 크로마토그래피 종이에 대한 흡착력 등이 다르기 때문이다.

오답 피하기

ㄴ. 전개율은 엽록소 a(㉢)가 엽록소 b(㉣)보다 더 크다.

07 (가): 타이라코이드 막(그라나), (나): 스트로마

08 ㉠: 산소(O_2), ㉡: 포도당($C_6H_{12}O_6$)

해설 (가)는 명반응, (나)는 탄소 고정 반응이다.

09 ㉠은 CO_2, ㉡은 빛이다. t_1 부근에서 광합성속도가 증가한 것은 이전에 명반응의 산물인 ATP와 NADPH가 생성되어 탄소 고정 반응에 이용되어 이산화 탄소(CO_2)가 환원된 것이므로 t_1 이전에 빛이 있어야 한다. 따라서 ㉠은 CO_2, ㉡은 빛임을 알 수 있다. 구간 Ⅰ에서 CO_2가 환원되어 포도당이 합성된다.

오답 피하기

ㄱ. ㉠은 CO_2, ㉡은 빛이다.

ㄷ. NADPH는 명반응에서 생성되고 탄소 고정 반응에서 소모되므로, 스트로마에서 NADPH의 농도는 탄소 고정 반응이 시작되는 t_1일 때가 탄소 고정 반응이 끝난 t_2일 때보다 높다.

내신 실전 문제

| p.134~135 |

01 ⑤ **02** ③ **03** ③ **04** ④ **05** ① **06** ②
07~**08** 해설 참조

01 Ⅰ은 마이토콘드리아, Ⅱ는 엽록체이다. 특징 중 '이중막 구조를 가진다.'와 '내부에 자체 DNA와 라이보솜을 갖는다.'는 마이토콘드리아와 엽록체의 공통점이다. 반면, 특징 '거의 모든 진핵세포에 존재한다.'는 동물과 식물 세포 모두에 있는 마이토콘드리아만의 특징이며, 엽록체는 식물 세포 등 일부에만 존재한다. 따라서 ㉢은 '거의 모든 진핵세포에 존재한다.'이다. 엽록체의 바탕질 부분인 스트로마에서 포도당을 합성하는 탄소 고정 반응이 일어난다.

오답 피하기

ㄱ. Ⅰ은 마이토콘드리아이다.

02 ㉠은 잔토필, ㉡은 엽록소 a이다.엽록소나 잔토필(㉠) 같은 카로티노이드 등의 광합성색소는 엽록체의 타이라코이드 막에 존재한다. 엽록소 a(㉡)는 일부 광합성세균을 제외한 대부분의 광합성생물에 공통으로 존재한다. 왼쪽 그림의 크로마토그래피 결과를 보면 원점으로부터 엽록소 b, 엽록소 a(㉡), 잔토필(㉠), 카로틴 순으로 전개되었음을 알 수 있다. 따라서 각 색소의 전개율은 카로틴 > 잔토필(㉠) > 엽록소 a(㉡)> 엽록소 b 순으로 크다.

오답 피하기

ㄷ. 용매 전선까지 가장 멀리 이동한 카로틴의 전개율이 가장 크며, 원점에 가까운 엽록소 b의 전개율이 가장 작다.

03 (가)를 보면 엽록소 a와 b는 주로 400~500 nm의 청자색광과 600~700 nm의 적색광을 많이 흡수하고, 녹색광 영역을 거의 흡수하지 않는다. (나)는 파장에 따른 광합성속도를 나타내는 그래프로, (가)의 광합성색소 흡수스펙트럼과 거의 일치한다. 이를 통해 식물은 주로 엽록소가 잘 흡수하는 빛을 이용하여 광합성을 한다는 것을 알 수 있다.

오답 피하기

ㄷ. (나)를 보면 엽록소가 거의 흡수하지 않는 500~600 nm의 녹색광 영역에서도 광합성속도가 0이 아니다. 이는 카로티노이드계 색소가 이 파장대의 빛에너지를 흡수하여 엽록소로 전달해주기 때문이다.

04 (가)는 명반응, (나)는 탄소 고정 반응이다. (가)의 명반응 과정에서 빛에너지에 의해 물(H_2O)이 분해되며, 그 결과로 산소(O_2)가 발생한다. (나)의 탄소 고정 반응이 지속적으로 일어나기 위해서는 ATP와 NADPH가 필요하며, 이들은 모두 (가)의 명반응에서 생성된다.

오답 피하기

ㄴ. (나)에서 이산화 탄소(CO_2)는 명반응 산물인 NADPH로부터 수소와 전자를 얻어 포도당으로 환원된다.

05 (가)에서 ㉠은 스트로마, ㉡은 타이라코이드 내부이다. 구간 Ⅰ에서 명반응으로 합성된 ATP가 구간 Ⅱ의 탄소 고정 반응에서 소모된다. 스트로마(㉠)에서 ATP의 농도는 탄소 고

정 반응이 끝나 ATP가 소모된 후인 t_2일 때가 명반응이 일어나 ATP가 축적된 상태인 t_1일 때보다 낮다.

오답 피하기

ㄴ. 이산화 탄소(CO_2)를 환원시켜 포도당을 합성하는 반응은 스토로마인 ㉠에서 일어난다.

ㄷ. O_2는 물이 광분해되어 생성된다. 이는 명반응 과정에서 일어나며 구간 Ⅰ에서는 명반응이 일어나지만, 구간 Ⅱ에서는 빛이 없어 명반응이 일어나지 않는다. 따라서 O_2 생성량은 구간 Ⅰ에서가 구간 Ⅱ에서보다 많다.

06 ㉠은 Ⅱ, ㉡은 Ⅳ, ㉢은 Ⅲ이다. Ⅱ는 빛을 받아 명반응 산물을 축적하는 구간이고, Ⅲ은 명반응 산물과 CO_2를 이용해 일시적으로 탄소 고정 반응이 일어나는 구간이다. 따라서 빛(○), CO_2(×) 조건인 Ⅱ는 ㉠, 빛(×), CO_2(○) 조건인 Ⅲ이 ㉢이며, 빛(○), CO_2(○) 조건으로 광합성이 지속되는 Ⅳ는 ㉡이다. O_2는 명반응에서 물이 분해되어 생성된다. 구간 Ⅳ인 ㉡은 빛이 있어 명반응이 활발히 일어나지만, 구간 Ⅲ인 ㉢은 빛이 없어 명반응이 일어나지 않으므로 O_2 생성량은 ㉡에서가 ㉢에서보다 많다.

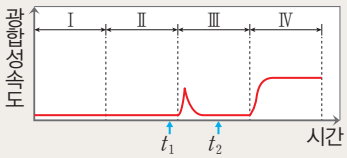
오답 피하기

ㄱ. ㉠은 Ⅱ, ㉡은 Ⅳ, ㉢은 Ⅲ이다.

ㄷ. t_1은 명반응 직후이므로 스트로마에 NADPH가 많이 축적된 상태이고, t_2는 탄소 고정 반응으로 NADPH가 $NADP^+$로 소모되는 중이다. 따라서 스트로마에서 $\frac{\text{NADPH의 양}}{NADP^+\text{의 양}}$의 값은 t_1일 때가 t_2일 때보다 크다.

문제 속 자료

벤슨의 실험



구분	빛	CO_2
Ⅰ	×	○
㉠	?	×
㉡	?	○
㉢	×	?

(○: 있음, ×: 없음)

- 구간 Ⅱ는 광합성이 일어나지 않다가 다음 구간(Ⅲ)에서 일시적으로 광합성이 일어났으므로, Ⅱ는 빛에너지를 받아 명반응 산물(ATP, NADPH)을 축적하는 구간이다. 즉, 빛은 있고, CO_2는 없는 조건이다. ▶ 표에서 CO_2가 없는 것은 ㉠이므로 ㉠은 Ⅱ이다.
- 구간 Ⅲ은 Ⅱ에서 축적된 명반응 산물과 공급된 CO_2를 이용해 일시적으로 탄소 고정 반응이 일어나는 구간이다. 즉, 빛은 없고, CO_2는 있는 조건이다. ▶ 표에서 빛이 없는 것은 ㉢이므로 ㉢은 Ⅲ이다.
- 광합성이 지속적으로 일어나고 있으므로 빛과 CO_2가 모두 있는 조건이다. ▶ 남은 ㉡이 Ⅳ에 해당한다.

07 **모범 답안** (1) 청자색광, 적색광

(2) 사상 조류는 주로 청자색광과 적색광을 흡수하여 광합성을 한다.

해설 산소세균이 청자색광과 적색광 부위에 주로 모여든 것은 이 파장의 빛에서 사상 조류의 광합성이 활발하게 일어나 산소가 많이 발생했기 때문이다. 따라서 사상 조류는 주로 청자색광과 적색광을 흡수하여 광합성을 한다는 것을 알 수 있다.

채점 기준		배점(%)
(1)	청자색광과 적색광을 모두 정확히 적은 경우	40
	둘 중 하나만 적은 경우	20
(2)	사상 조류가 특정 빛의 파장을 이용하여 광합성을 한다는 것을 모두 포함하여 옳게 서술한 경우	60
	특정 빛의 파장에 대한 언급 없이, 단순히 광합성을 한다는 사실만 서술한 경우	30

08 **모범 답안** (1) 구간 A에서는 명반응 산물이 없어 탄소 고정 반응이 일어나지 않지만, 구간 B에서 명반응이 일어나 ATP와 NADPH가 생성되었고, 이들이 구간 C에서 탄소 고정 반응에 이용되었기 때문에 광합성속도가 다르다.

(2) 구간 C에서는 빛이 없어 이전에 생성된 명반응 산물이 소모되면 탄소 고정 반응이 중단된다. 구간 F에서는 빛과 CO_2가 지속적으로 공급되어 명반응과 탄소 고정 반응이 계속 일어나기 때문이다.

(3) 광합성은 빛이 필요한 단계와 CO_2가 필요한 단계로 구분되며, 광합성이 지속되기 위해서는 빛과 CO_2가 모두 필요함을 알 수 있다.

〔서술형 TIP〕

구간 A~F에 제시된 환경 조건(빛, CO_2 유무)을 바탕으로 명반응과 탄소 고정 반응이 진행되는 구간을 각각 찾아 비교하여 서술하도록 한다.

채점 기준		배점(%)
(1)	명반응 산물과 관련지어 구간 A와 C에서 광합성속도가 다른 까닭을 옳게 서술한 경우	30
(2)	빛의 유무 조건과 관련지어 구간 C와 달리 구간 F에서 계속 광합성이 일어나는 까닭을 옳게 서술한 경우	30
(3)	광합성이 두 단계로 구분되며, 광합성이 지속되기 위한 조건을 모두 옳게 서술한 경우	40

04 광합성(2)

내신 기초 문제

| p.144~145 |

01 ④ 02 ⑤ 03 ① 04 ① 05 ③ 06 ④
07 ⑤ 08 ②

01 오답 피하기

④ (나)의 실험에서 광합성 결과 생성된 산소는 물(H_2O)로부터 유래하므로 동위원소로 표지한 물로부터 생성된 기체 ㉡은 $^{18}O_2$, 일반 물로부터 생성된 기체 ㉢은 O_2이다.

02 ㉠은 보조색소, ㉡은 반응 중심 색소이다. 그림에서 빛에너지를 흡수하여 반응 중심 색소로 전달하는 안테나 역할을 하는 ㉠은 보조색소이고, 최종적으로 전자를 방출하는 ㉡은 반응 중심 색소임을 알 수 있다. 광계 X에서 물의 광분해가 일어나고 있으므로, 이 광계는 광계 Ⅱ(P_{680})임을 알 수 있으며, 이는 비순환적 전자흐름에 관여한다.

03 (가)는 광계 Ⅰ, (나)는 광계 Ⅱ이며, ⓐ는 '○이다.' 제시된 특징 중 '보조색소가 있다.'는 광계 Ⅰ과 Ⅱ의 공통점이고, '반응 중심 색소는 P_{700}이다.'는 광계 Ⅰ만의 특징이다. 표에서 특징 B는 (가)에만 있고 (나)에는 없으므로, B가 '반응 중심 색소는 P_{700}이다.'가 된다. 따라서 이를 갖는 (가)는 광계 Ⅰ, 갖지 않는 (나)는 광계 Ⅱ이다. 나머지 특징 A는 '보조색소가 있다.'가 되며, 광계 Ⅰ인 (가) 역시 보조색소를 가지므로 ⓐ는 '○'이다.

오답 피하기

ㄴ. 물의 광분해는 광계 Ⅱ인 (나)에서 일어난다.

ㄷ. 순환적 전자흐름은 광계 Ⅰ인 (가)만 관여하며, 광계 Ⅱ인 (나)는 비순환적 전자흐름에만 관여한다.

04 (가)는 순환적 전자흐름, (나)는 비순환적 전자흐름이다. 순환적 전자흐름인 (가)에서 광계 Ⅰ의 P_{700}이 빛을 흡수해 고에너지 전자를 방출하며 산화되고, 전자전달계를 거쳐 다시 되돌아온 전자를 받아 환원되는 산화환원반응이 일어난다.

오답 피하기

ㄴ. 비순환적 전자흐름인 (나)의 최종 전자수용체 ㉠은 $NADP^+$이다. 비순환적 전자흐름을 거쳐 $NADP^+$가 전자를 받아 NADPH로 환원된다.

ㄷ. O_2는 물의 광분해 결과 생성된다. 물의 광분해는 광계 Ⅱ가 관여하는 (나)에서는 일어나지만, 광계 Ⅰ만 관여하는 (가)에서는 일어나지 않으므로 O_2가 생성되지 않는다.

05 오답 피하기

③ 타이라코이드 내부(고농도)의 H^+이 ATP 합성효소를 통해 스트로마(저농도)로 이동하는 것은 농도 기울기에 따른 확산(촉진확산)이므로 에너지가 소모되지 않는다.

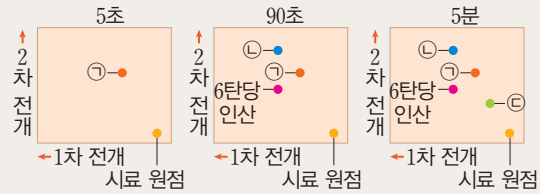
06 오답 피하기

④ 캘빈회로에서 CO_2가 RuBP와 결합하여 만들어지는 최초의 고정 산물은 3PG(3탄소 화합물)이다. PGAL은 3PG가 환원되어 생성되는 그다음 단계의 물질이다.

07 ㉠은 3PG, ㉡은 PGAL, ㉢은 RuBP이다. 빛을 비추고 가장 짧은 시간이 지난 후 최초로 ^{14}C가 검출된 물질 ㉠은 캘빈회로의 최초 탄소 고정 산물인 3PG이다. 3PG(㉠) 이후에 새롭게 나타난 물질 ㉡은 3PG가 환원되어 생성된 PGAL이며, 캘빈회로가 계속 진행되면서 PGAL(㉡)로부터 재생성되어 새롭게 나타난 물질 ㉢은 RuBP이다. 3PG(㉠)이 PGAL(㉡)로 환원되는 단계에는 명반응 과정에서 생성된 ATP와 NADPH가 모두 사용된다. 1분자당 포함된 탄소의 수는 RuBP(㉢)가 5개, PGAL(㉡)이 3개이다.

문제 속 자료

캘빈의 실험



- 이 그림에서 점이 나타나는 시점이 빠를수록 캘빈회로에서 먼저 생성되는 물질임을 의미한다.
- ㉠은 가장 먼저 나타난 물질이다. 캘빈회로에서 CO_2가 고정되어 만들어지는 최초의 산물이므로 ㉠은 3PG이다.
- ㉡은 ㉠에 이어 나타난 물질이다. 캘빈회로에서 3PG가 환원되어 생성되는 물질은 PGAL이므로 ㉡은 PGAL이다.
- ㉢은 가장 늦게 나타난 물질이다. 캘빈회로에서 PGAL의 일부가 여러 단계의 복잡한 반응을 거쳐 RuBP로 재생성되므로 ㉢은 RuBP이다.

08 (가)는 광합성의 캘빈회로, (나)는 세포호흡의 해당 과정과 TCA 회로이다. 저분자 물질인 CO_2를 고분자 화합물인 포도당으로 합성하는 반응인 (가)는 동화작용, 고분자 화합물인 포도당을 저분자 물질로 분해하여 에너지를 얻는 반응인 (나)는 이화작용이다.

오답 피하기

ㄱ. (가)는 엽록체의 스트로마에서 일어난다.

ㄴ. 세포호흡인 (나)에서는 유기물이 산화되어 CO_2가 방출되는 탈탄산 반응이 일어난다.

내신 실전 문제

| p.146~151 |

01 ②	02 ④	03 ①	04 ③	05 ③	06 ⑤
07 ②	08 ③	09 ①	10 ④	11 ④	12 ③
13 ②	14 ②	15 ①	16 ⑤	17 ⑤	18 ②
19 ④	20 ⑤	21 ③	22 ~ 23 해설 참조		

01 (가)는 물이 빛에너지를 받아 수소 이온(H^+), 전자(e^-), 산소(O_2)로 분해되는 물의 광분해 반응이며, (나)는 명반응의 최종 전자수용체인 $NADP^+$가 전자를 받아 NADPH로 환원되는 반응이다. 물이 광분해 과정인 (가)에서 방출된 전자는 광계 Ⅱ로 들어가고, 이후 전자전달계와 광계 Ⅰ을 거쳐 최종적으로 $NADP^+$로 전달된다. 이 전자를 통해 (나)와 같이 $NADP^+$가 NADPH로 환원된다.

오답 피하기

ㄱ. 물의 광분해 반응인 (가)는 광계 Ⅰ이 아니라 광계 Ⅱ에서 일어난다.

ㄷ. $NADP^+$의 환원 반응인 (나)는 광계 Ⅰ과 광계 Ⅱ가 모두 관여하는 비순환적 전자흐름에서만 일어난다.

02 표의 (가)는 물의 광분해 반응, (나)는 $NADP^+$ 환원 반응이다. 물의 광분해 과정인 (가)에서 생성된 전자는 빛에너지를 흡수하여 전자를 방출하고 산화된 광계 Ⅱ의 P_{680}으로 전달되어 이를 환원시킨다. 구간 ⓐ는 빛이 지속적으로 공급되어 명반응이 활발하게 일어나는 시기이다. 따라서 ⓐ에서는 광계 Ⅰ과 광계 Ⅱ가 관여하는 비순환적 전자흐름이 일어나며, 그 결과인 $NADP^+$의 환원 반응인 (나)가 활발히 일어난다.

오답 피하기

ㄱ. 빛이 공급되어 명반응이 진행되면, 전자전달계의 에너지에 의해 H^+이 스트로마에서 타이라코이드 내부로 능동수송된다. 그 결과 타이라코이드 내부의 H^+ 농도가 증가하여 pH가 낮아지고, 스트로마의 H^+ 농도가 감소하여 pH가 높아진다. 그림에서 빛이 공급될 때 ㉠의 pH가 증가하므로, ㉠은 타이라코이드 내부가 아니라 스트로마임을 알 수 있다.

03 이 실험은 공기를 뺀 이산화 탄소(CO_2)를 제거한 상태에서도 빛과 옥살산 철(Ⅲ)을 공급해주면, 물의 광분해가 일어나 산소(O_2)가 발생하며, 옥살산 철(Ⅲ)이 전자를 받아 옥살산 철(Ⅱ)로 환원되는 것을 증명한 실험이다. 이 실험에서 옥살산 철(Ⅲ)은 전자수용체와 같은 역할을 하며, 실제 광합성의 명반응에서 물의 광분해로 방출된 전자를 최종적으로 수용하여 환원되는 물질은 $NADP^+$이다.

오답 피하기

ㄴ. (다)에서 발생한 O_2는 물의 광분해 결과 생성된 물질이다. 물의 광분해 반응은 비순환적 전자흐름 중 광계 Ⅱ에서 일어난다.

ㄷ. (다)에서 물이 광분해되어 방출된 전자를 수용한 물질은 환원되기 전 상태인 옥살산 철(Ⅲ)이다. 옥살산 철(Ⅱ)은 전자를 수용한 결과로 환원된 생성물이다.

04 (가)의 그림을 보면 세균 X는 산소 발생량이 많은 적색광과 청자색광 부근에 많이 모여 있으며, 광합성효율이 낮은 녹색광 부근에는 거의 모여 있지 않다. 따라서 세균 X는 녹색광보다 적색광이 비춰지는 곳에 더 많이 모인다. (나)에서 광합성으로 발생하는 산소(O_2)는 모두 물(H_2O)로부터 유래한다. 왼쪽 플라스크에는 동위원소를 포함한 $H_2{}^{18}O$가 공급되었으므로, 방출되는 산소 ㉠은 $^{18}O_2$이다.

오답 피하기

ㄷ. 광합성 과정에서 발생하는 산소(O_2)가 물(H_2O)에서 유래함을 증명한 실험은 (나)만 해당하며, (가)는 광합성에 효과적인 빛의 파장을 알아내기 위한 실험이다.

05 특징 '반응 중심 색소는 P_{680}이다.'과 'H_2O의 광분해로 방출된 전자를 받아 환원된다.'는 모두 광계 Ⅱ만의 특징이다. A는 (가)의 특징 2가지를 모두 가지므로 광계 Ⅱ이고, B는 광계 Ⅰ이 되며, (가)의 특징을 모두 갖지 않으므로 ⓐ는 0이다. 광계 Ⅰ(B)는 광계 Ⅱ(A)와 함께 ATP와 NADPH를 생성하는 비순환적 전자흐름에 관여한다.

오답 피하기

ㄴ. A는 (가)의 특징 2가지를 모두 갖는 광계 Ⅱ이다.

06 Ⅰ은 스트로마, Ⅱ는 타이라코이드 내부이다. 스트로마에는 엽록체 자체의 DNA가 존재한다. 보조색소(㉠)는 빛에너지를 흡수하여 중심에 있는 반응 중심 색소(㉡)로 에너지를 모아 전달해 주는 안테나 역할을 한다. 그림의 광계는 물의 광분해가 일어나는 광계 Ⅱ이므로, 반응 중심 색소는 680 nm 파장의 빛을 가장 잘 흡수하는 한 쌍의 엽록소 a(P_{680})으로 구성되어 있다.

07 (가)의 ㉡에서 물의 광분해가 일어나고 있으므로 ㉡은 타이라코이드 내부이고, ㉠은 스트로마이다. 스트로마에서는 명반응의 산물인 ATP와 NADPH를 이용하여 이산화 탄소(CO_2)를 포도당으로 합성하는 탄소 고정 반응이 일어난다. (나)에서 X는 파장 450 nm와 640 nm 부근에서 최대 흡수율을 보이므로 엽록소 b, Y는 파장 430 nm와 660 nm 부근에서 최대 흡수율을 보이므로 엽록소 a임을 알 수 있다.

오답 피하기

ㄱ. 광계의 반응 중심 색소는 엽록소 a인 Y이다.

ㄷ. 450 nm의 빛은 550 nm인 빛보다 빛 흡수율이 높아 명반응이 훨씬 활발하게 일어난다. 명반응이 활발하면 전자전달계에 의해 스트로마(㉠)에서 타이라코이드 내부(㉡)으로 H^+이 능동수송되고, 물의 광분해도 활발해져 타이라코이드 내부(㉡)의 H^+ 농도는 크게 증가하고, 스트로마(㉠)의 H^+ 농도는 감소한다.

08 ㉠은 광계 Ⅱ, ㉡은 광계 Ⅰ이며, 경로 A는 비순환적 전자흐름, 경로 B는 순환적 전자흐름이다. 비순환적 전자흐름(경로 A)에서 빛에너지를 받아 전자를 방출하고 산화된 광계 Ⅰ(㉡)은 광계 Ⅱ(㉠)에서 방출되어 전자전달계를 거쳐 온 전자를 받아 다시 환원된다. 경로 B(순환적 전자흐름)에서 전자가 전자전달계를 따라 이동할 때 방출되는 에너지를 이용하여 H^+을 스트로마에서 타이라코이드 내부로 능동수송한다. 그 결과 타이라코이드 막을 경계로 ATP 합성에 필요한 H^+ 농도 기울기가 형성된다.

오답 피하기

ㄱ. 광계 Ⅱ인 ㉠의 반응 중심 색소는 P_{680}이다.

ㄴ. (가)는 물의 광분해 반응으로, 이 반응은 광계 Ⅱ인 ㉠에서 일어난다.

09 물(H_2O)의 광분해를 통해 전자를 공급받는 ㉠은 광계 Ⅱ이고, ㉡은 광계 Ⅰ이다. 광계 Ⅱ(㉠)에서 방출된 전자가 광계 Ⅰ(㉡)을 거쳐 최종 전자수용체 ⓐ($NADP^+$)로 전달되는 경로 A는 비순환적 전자흐름이며, 광계 Ⅰ(㉡)에서 방출된 전자가 다시 광계 Ⅰ(㉡)로 되돌아오는 경로 B는 순환적 전자흐름이다. 광계 Ⅱ(㉠)의 반응 중심 색소는 680 nm 파장의 빛을 가장 잘 흡수하는 엽록소 a인 P_{680}이다.

오답 피하기

ㄴ. 비순환적 전자흐름인 경로 A에서 최종 전자수용체 ⓐ인 $NADP^+$는 전자 2개를 받아 1분자의 NADPH로 환원된다.

ㄷ. NADPH는 비순환적 전자흐름인 경로 A에서 생성된다.

10 순환적 전자흐름은 ATP만 생성하고 NADPH는 생성하지 않으며, 비순환적 전자흐름은 ATP와 NADPH를 모두 생성한다. 표에서 (나)는 물질 ㉠이 '생성 안 됨'이므로, (나)는 순환적 전자흐름이고, 생성되지 않는 ㉠은 NADPH이다. 따라서 (가)는 비순환적 전자흐름이며, ㉡은 ATP이다. 순환적 전자흐름인 (나)에서는 ATP(㉡)가 생성되므로 ⓐ는 '생성됨'이다. 순환적 전자흐름인 (나)에는 광계 Ⅰ만 관여한다. 광계 Ⅰ의 반응 중심 색소는 700 nm의 빛을 가장 잘 흡수하는 엽록소 a인 P_{700}이다.

오답 피하기

ㄱ. ㉠은 NADPH이고, ㉡은 ATP이다.

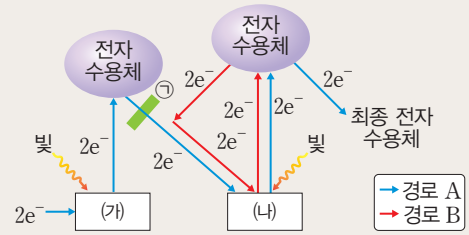
11 (가)는 외부로부터 전자를 공급받아 (나)로 전달하므로 광계 Ⅱ이며, (나)는 광계 Ⅰ이다. 또한 경로 A는 비순환적 전자흐름이며, 경로 B는 순환적 전자흐름이다. ㉠은 광계 Ⅱ에서 광계 Ⅰ로 이어지는 전자전달 경로이며, 물질 X가 ㉠을 차단하면 명반응의 정상적인 전자 이동과 그에 따른 H^+ 능동수송이 억제된다. X 처리 전에는 스트로마에서 타이라코이드 내부로 H^+을 능동수송하므로 스트로마의 H^+ 농도가 낮아져 pH가 높게 유지된다. 그러나 X를 처리하여 전자전달을 차단하면 H^+의 능동수송이 멈추어 스트로마에 H^+이 남게 되므로 H^+ 농도가 높아져 pH가 낮아진다.

오답 피하기

ㄴ. 경로 B는 순환적 전자흐름이다. 순환적 전자흐름에서는 물의 광분해가 일어나지 않아 산소(O_2)가 생성되지 않는다.

문제 속 자료

광인산화



- 경로 A는 비순환적 전자흐름, 경로 B는 순환적 전자흐름이며, (가)는 광계 Ⅱ(P_{680}), (나)는 광계 Ⅰ(P_{700})이다.
- ㉠은 광계 Ⅱ에서 광계 Ⅰ으로 전자가 전달되는 전자전달계 구간이다. 물질 X가 ㉠ 구간을 차단하면 비순환적 전자흐름이 완전히 멈추게 된다.
- 비순환적 전자흐름 경로가 멈추면, 이 과정에서 형성되었던 H^+ 농도 기울기가 약해진다. ▶ 타이라코이드 내부의 H^+ 농도는 감소, 스트로마의 H^+ 농도는 증가한다.
- 또한 최종 전자수용체인 $NADP^+$로 전자가 전달되지 못하여 NADPH의 생성이 중단된다.

12 ATP 합성효소를 통한 H^+의 확산은 타이라코이드 내부에서 스트로마 방향으로 일어나며, 명반응의 산물인 ATP는 스트로마 쪽으로 생성된다. 그림에서 H^+이 ㉡에서 ㉠ 방향으로 이동하며 ㉠쪽에서 ATP가 합성되고 있으므로 ㉠은 스트로마, ㉡은 타이라코이드 내부이다. 명반응 결과 생성된 ATP는 스트로마에서 일어나는 탄소 고정 반응에 이용된다. 광계에서 방출된 고에너지 전자가 전자전달계를 거쳐 이동할 때 에너지가 방출되며, 이 에너지를 이용하여 H^+을 스트로마(㉠)에서 타이라코이드 내부(㉡)로 능동수송한다. 그 결과 타이라코이드 막을 경계로 H^+의 농도 기울기가 형성된다.

오답 피하기

ㄱ. ㉠은 스트로마, ㉡은 타이라코이드 내부이다.

ㄴ. H^+의 능동수송 결과 타이라코이드 내부(㉡)의 H^+ 농도가 스트로마(㉠)보다 높아진다. H^+ 농도가 낮을수록 pH는 높으므로, pH는 H^+ 농도가 낮은 스트로마(㉠)에서가 타이라코이드 내부(㉡)에서보다 높다.

13 ATP 합성효소를 통해 ATP가 합성되려면 타이라코이드 내부의 H^+ 농도가 외부(수용액)보다 높아야 한다. 즉, 타이라코이드 내부의 pH가 외부보다 낮아야 한다. 표에서 플라스크 B에서 ATP가 합성되므로 타이라코이드 내부의 pH 4보다 외부의 pH ㉠가 더 높아야 한다. 조건에서 ㉠과 ㉡은 각각 4와 8 중 하나이므로 ㉠은 8, ㉡은 4이다. NADPH는 빛에너지를 받아 광계가 작동하는 비순환적 전자흐름을 통해서만 생성된다. (다) 과정을 보면 빛이 차단된 '암실'에서 실험이 진행되었으므로 pH 농도 차이와 무관하게 NADPH는 생성되지 않는다.

오답 피하기

ㄱ. ㉠은 8, ㉡은 4이다.

ㄹ. 플라스크 C는 타이라코이드 내부(pH 8)보다 외부(pH 4)의 H^+ 농도가 더 높다. ATP 합성은 H^+이 타이라코이드 내부에서 외부로 나갈 때 일어나므로, 플라스크 C에서 화학삼투에 의한 인산화가 일어나지 않는다.

14 캘빈회로에서 CO_2가 RuBP와 결합하여 최초로 고정되는 산물은 3PG이므로 X는 3PG이다. 이후 3PG는 명반응 산물을 이용하여 PGAL로 환원되므로 Y는 PGAL이다. 1분자당 탄소 수는 CO_2는 1, 3PG는 3, PGAL은 3, RuBP는 5이다. 따라서 3분자의 RuBP가 3분자의 CO_2와 결합하면 총 6분자의 3PG가 생성되므로 ㉠은 6이다. 이후 6분자의 3PG가 6분자의 PGAL로 환원되고, 6분자 중 1분자는 포도당 합성에 이용되며, 나머지 5분자는 캘빈회로에 남아 RuBP를 재생하는 데 이용된다. 따라서 ㉡은 1, ㉢은 5이다.

오답 피하기

ㄱ. X는 3PG, Y는 PGAL이다.

ㄷ. 과정 Ⅰ은 5분자의 PGAL이 3분자의 RuBP로 재생성되는 단계이다. 이 과정에서 ATP는 소모되나 NADPH는 관여하지 않는다.

15 캘빈회로에서는 탄소 고정, 3PG 환원, RuBP 재생성의 3단계로 구분되며, 명반응에서 생성된 ATP와 NADPH를 이용한다. 이때, ATP가 소모되면 ADP로, NADPH가 소모되면 $NADP^+$로 전환된다. 탄소 고정 단계에는 ATP와 NADPH가 모두 이용되지 않으므로 표의 Ⅱ에 해당한다. 3PG 환원 단계에서는 ATP와 NADPH가 모두 사용된다. 따라서 ADP와 $NADP^+$가 모두 생성되므로 표의 Ⅲ에 해당한다. 나머지 RuBP 재생성 단계에서는 ATP는 소모되나 NADPH는 관여하지 않으므로 Ⅰ에서 ㉠은 $NADP^+$, ㉡은 ADP임을 알 수 있다. 따라서 그림의 순서에 따라 (가)는 PGAL, (나)는 RuBP, (다)는 3PG이다.

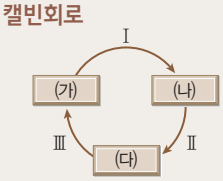
오답 피하기

ㄴ. (가)는 PGAL이며, (나)는 RuBP이다.

ㄷ. 1분자당 탄소 수는 RuBP인 (나)는 5, 3PG인 (다)는 3이므로 (나)가 (다)보다 크다.

문제 속 자료

캘빈회로



구분	㉠	㉡
Ⅰ	×	○
Ⅱ	×	×
Ⅲ	○	○

(○: 생성됨, ×: 생성 안 됨)

- 캘빈회로에서 명반응 산물인 ATP와 NADPH를 소모하여 포도당을 합성하며, 이 과정에서 ADP와 $NADP^+$가 생성된다.
- Ⅲ에서 ㉠과 ㉡이 모두 생성된다. ▶ 과정 Ⅲ에서 ATP와 NADPH가 모두 사용되었다는 것을 의미하므로 Ⅲ은 3PG에서 PGAL로 환원되는 과정임을 알 수 있다.
- Ⅱ에서 ㉠과 ㉡이 모두 생성되지 않았다. ▶ 과정 Ⅱ에서 ATP와 NADPH가 모두 사용되지 않았다는 것을 의미하므로 Ⅱ는 CO_2가 고정되어 RuBP가 3PG로 전환되는 과정임을 알 수 있다.
- Ⅰ에서 ㉠은 생성되지 않고, ㉡은 생성되었다. ▶ 남은 단계인 RuBP가 재생성되는 단계에서 ATP는 사용되어 ADP가 생성되지만, NADPH는 관여하지 않아 $NADP^+$가 생성되지 않는다. 따라서 ㉠은 $NADP^+$, ㉡은 ADP임을 알 수 있다.
- 위에서 분석한 순서에 따라 과정 Ⅰ(PGAL → RuBP), Ⅱ(RuBP →3PG), Ⅲ(3PG → PGAL)을 그림에 대입하면 (가)는 PGAL, (나)는 RuBP, (다)는 3PG임을 알 수 있다.

16 방사성 표지 물질을 나타내는 점의 개수가 늘어나는 순서대로 시간이 배열되므로 점이 1개인 A초가 가장 먼저이고, 3개인 C초, 4개인 B초 순서로 진행된다. 캘빈회로에서 CO_2가 고정되어 가장 먼저 생성되는 물질은 3PG이므로 ㉠은 3PG이다. 캘빈회로에서 물질 전환 순서는 '3PG → PGAL → RuBP' 순서이므로 시간 흐름에 따라 C초에 나타난 ㉡이 PGAL, 가장 늦은 B초에 나타난 ㉢이 RuBP이다. PGAL(㉡)의 1분자당 탄소 수는 3, 인산기 수는 1이며, RuBP의 1분자당 탄소 수는 5, 인산기 수는 2이므로 1분자당 $\frac{\text{탄소 수}}{\text{인산기 수}}$의 값은 ㉡이 ㉢보다 크다.

오답 피하기

ㄱ. ㉠은 3PG, ㉡은 PGAL, ㉢은 RuBP이다.

17 그래프에서 CO_2 농도가 1 %에서 0.003 %로 급격히 감소

하였을 때 물질 ㉠의 농도가 함께 감소한다. 캘빈회로의 탄소 고정 단계에서 RuBP가 CO_2와 결합하여 3PG를 생성하는데, CO_2 농도가 급감하면 RuBP는 결합할 CO_2가 부족하여 축적되므로 농도가 증가한다. 반면, 3PG는 새로 만들어지지는 못하고 기존 3PG는 PGAL로 계속 환원되므로 농도가 감소한다. 따라서 CO_2 농도 감소 시 농도가 낮아지는 물질 ㉠은 3PG이다. 캘빈회로의 모든 과정은 엽록체의 스트로마에서 일어나므로 캘빈회로의 중간 산물인 3PG(㉠)도 스트로마에 존재한다. RuBP가 3PG로 전환되는 탄소 고정을 촉매하는 효소는 루비스코이다.

18 PGAL은 1분자당 탄소 수는 3개이므로 ㉢은 3이다. 물질 (가)와 (나)는 3PG와 RuBP 중 하나이고, (나)의 1분자당 탄소 수가 3(㉢)이므로 물질 (나)는 3PG임을 알 수 있다. 3PG의 1분자당 인산기 수는 1이므로 ㉣은 1이다. 나머지 (가)는 RuBP이며, RuBP의 1분자당 탄소 수는 5, 인산기 수는 2이므로 ㉠은 5, ㉡은 2이다.

오답 피하기

ㄱ. (가)는 RuBP, (나)는 3PG이다.

ㄷ. 과정 Ⅰ은 3PG 환원 단계로, 이 단계에서 ATP와 NADPH가 사용된다. 과정 Ⅱ는 RuBP 재생성 단계로, 이 단계에서 ATP는 사용되지만 NADPH는 관여하지 않는다.

19 3PG의 1분자당 탄소 수는 3, 인산기 수는 1이며, RuBP의 1분자당 탄소 수는 5, 인산기 수는 2이다. 따라서 1분자당 $\frac{\text{탄소 수}}{\text{인산기 수}}$는 3PG가 RuBP보다 크므로 ㉠은 RuBP, ㉡은 3PG이다. 표에서 RuBP(㉠)의 농도는 급격히 감소하고, 3PG(㉡)의 농도는 급격히 증가한다. 만약 조건 (가)가 'CO_2 농도 감소'이면 RuBP가 소모되지 못해 축적되므로 농도가 증가해야 한다. 반면, 조건 (가)가 '빛 차단'이면 명반응이 중단되어 ATP와 NADPH의 공급이 끊겨 3PG(㉡)가 PGAL로 환원되지 못하고 축적되어 농도가 증가한다. 동시에 RuBP(㉠)은 재생되지 못하고 남아있던 CO_2와 결합하여 계속 3PG로 전환되므로 농도가 감소한다. 따라서 조건 (가)는 '빛 차단'이다. 캘빈회로에서 3PG(㉡)이 PGAL로 전환되는 3PG 환원 단계에서는 ATP와 NADPH가 사용된다.

오답 피하기

ㄱ. 조건 (가)는 '빛 차단'이다.

20 (가)의 특징 'ATP가 ADP와 P_i로 분해된다.'와 'H^+의 농도 기울기를 이용하여 ATP를 합성한다.'는 광합성과 세포호흡에 모두 해당하는 특징이며, 특징 '전자전달계에서 최종 전자수용체는 $NADP^+$이다.'는 광합성에만 해당하는 특징이다. 따라서 광합성은 3가지 특징을 모두 가지며, 세포호흡은 2가지 특징을 가지므로 ㉠은 광합성, ㉡은 세포호흡이며, ⓐ는 2이다. 광합성(㉠)은 명반응을 통해 빛에너지를 ATP와 NADPH의 화학 에너지로 전환한다. 광합성(㉠)의 명반응과 세포호흡(㉡)의 산화적 인산화에서는 모두 H^+ 농도 기울기를 이용하는 화학삼투 원리로 ATP를 합성한다.

21 (가)는 광합성의 명반응, (나)는 세포호흡의 산화적 인산화 과정이다.

오답 피하기

③ 세포호흡의 산화적 인산화 과정에서 NADH와 $FADH_2$는 전자를 제공하는 '전자공여체'로 작용하며, 이 과정에서 전자를 받아들이는 최종 전자수용체는 산소(O_2)이다.

22 모범 답안 (1) ㉠: H_2O, ㉡: O_2

(2) 전자전달계에서 방출된 에너지를 이용해 H^+이 타이라코이드 내부로 능동수송되어 H^+ 농도 기울기가 형성된다. 이후 H^+이 ATP 합성효소를 통해 스트로마에서 확산할 때 방출되는 에너지로 ATP가 합성된다.

〔서술형 TIP〕

단순히 H^+의 이동 여부를 서술하는 것보다 H^+의 이동 방향을 상황에 따라 구체적으로 서술하도록 한다. 또한 H^+의 이동 방식이 능동수송인지 확산인지 구분하여 서술하도록 한다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	㉠과 ㉡을 모두 쓴 경우	40
	㉠과 ㉡ 중 하나만 쓴 경우	20
(2)	H^+의 이동 방향과 이동 방식 등을 포함하여 화학삼투에 의한 ATP 합성 과정을 구체적으로 서술한 경우	60
	단순히 H^+의 농도 기울기에 따라 ATP가 합성된다고만 서술한 경우	40

23 모범 답안 (1) 3PG: 3, PGAL: 3, RuBP: 5

(2) 6회이다. 포도당 1분자는 6개의 탄소로 이루어져 있고, 캘빈회로가 1회 진행될 때마다 1분자의 CO_2(탄소 1개)가 고정된다. 따라서 포도당 1분자를 합성하기 위해서는 총 6분자의 CO_2가 고정되어야 하므로 캘빈회로가 6회 반복되어야 한다.

〔서술형 TIP〕

CO_2와 포도당의 탄소 수를 비교하여 포도당 1분자 합성에 필요한 캘빈회로의 반복 횟수를 구한다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	3PG, PGAL, RuBP의 1분자당 탄소 수를 각각 옳게 쓴 경우	30
(2)	캘빈회로의 반복 횟수를 옳게 쓰고, 포도당과 CO_2의 탄소 수를 근거로 그 까닭을 옳게 서술한 경우	70
	캘빈회로의 반복 횟수만 쓴 경우	20

단원 마무리 문제

| p.154~159 |

01 ①	02 ③	03 ⑤	04 ③	05 ③	06 ⑤
07 ⑤	08 ③	09 해설 참조		10 ③	11 ①
12 ②	13 ①	14 해설 참조		15 ③	16 ⑤
17 해설 참조		18 ④	19 ④	20 ⑤	21 ②
22 ⑤	23 ⑤	24 ④	25 해설 참조		26 ④
27 해설 참조					

01 A는 세포질, B는 마이토콘드리아 바탕질, C는 내막, D는 외막이다. 해당 과정은 세포질(A), TCA 회로는 마이토콘드리아 바탕질(B), 산화적 인산화 과정은 마이토콘드리아 내막(C)에서 일어난다.

02 해당 과정은 산소의 유무에 관계없이 세포질에서 일어나며, 대부분의 생물에서 공통적으로 일어난다.

오답 피하기

ㄴ. 해당 과정은 산소가 없어도 진행된다.

03 오답 피하기

⑤ 산소호흡 과정에서 ATP는 대부분 산화적 인산화 과정에서 생성된다.

04 A는 산소가 풍부한 조건에서 해당 과정 이후 산소호흡(TCA 회로)이 진행되는 경로이며, B는 산소가 부족할 때 일어나는 젖산발효의 경로이다. 사람의 근육세포에서는 산소호흡과 젖산발효가 모두 일어날 수 있다.

오답 피하기

ㄷ. 산소호흡 과정에서는 발효보다 매우 많은 양의 ATP가 생성된다.

05 그림은 해당 과정과 TCA 회로에서 일어나는 기질수준인산화를 나타낸 것이다.

오답 피하기

ㄷ. 산화적 인산화 과정은 효소가 반응물에서 직접 인산기를 ADP로 옮겨 ATP를 생성하는 기질수준인산화와는 달리 전자전달계와 화학삼투로 ATP를 생성하는 과정이다.

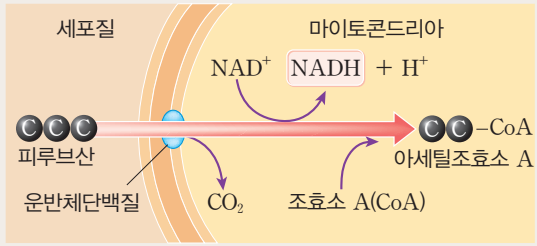
06 TCA 회로가 시작되기 위해서는 해당 과정 결과 생성된 피루브산이 CO_2와 수소를 방출하고 조효소 A와 결합하여 아세틸조효소 A가 되어야 한다.

오답 피하기

⑤ 아세틸조효소 A에 포함된 조효소 A는 TCA 회로로 들어가기 전 방출되어 반복해서 피루브산의 산화에 사용된다.

문제 속 자료

피루브산의 산화



- 제시된 자료는 피루브산이 산화되어 아세틸조효소 A가 생성되는 과정을 나타낸다.
- 해당 과정 결과 세포질에서 생성된 피루브산은 마이토콘드리아 바탕질로 운반되면서 탈탄산효소의 작용으로 CO_2가 분리된다.
- 이후 탈수소효소의 작용으로 수소와 전자를 잃고 산화되고, 조효소 A와 결합하여 아세틸조효소 A가 된다. ➡ 이 과정에서 NADH가 생성된다.
- 조효소 A는 TCA 회로에서 시트르산이 생성되는 과정에서 분리되어 다른 피루브산의 산화 과정에서 재사용된다.

07 1분자의 NADH는 약 2.5ATP를, 1분자의 $FADH_2$는 약 1.5ATP를 생성하는 에너지를 방출한다.

오답 피하기

① NADH와 $FADH_2$는 전자를 잃고 산화된다.
② 전자는 최종적으로 최종 전자 수용체인 산소와 결합한다.
③ 전자 친화력이 작은 물질에서 큰 물질로 전자가 이동한다.
④ 전자의 최종 수용체는 산소이다. 산소가 있을 때 NADH가 NAD^+로 산화되고, NAD^+가 지속적으로 공급되어야 TCA 회로와 전자전달계가 반복해서 진행된다.

08 오답 피하기

ㄷ. 전자전달로 인해 막사이공간의 H^+ 농도가 높아지므로, 막사이공간의 pH가 바탕질보다 낮아진다.

09 모범 답안 (1) (가), 전자전달 과정에서 방출되는 에너지를 이용하여 수소 이온이 바탕질에서 막사이공간으로 능동수송되어 농도가 더 높기 때문이다.
(2) (가)에서 (나) 방향으로 일어난다. H^+은 농도 기울기에 따라 농도가 높은 (가)에서 농도가 낮은 (나)로 막단백질인 ATP 합성효소를 통해 촉진확산된다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	(가)를 쓰고, pH가 차이나는 까닭을 옳게 서술한 경우	50
(2)	(가)에서 (나) 방향임을 쓰고, 이동하는 원리를 옳게 서술한 경우	50

10 더 많은 수소 이온을 운반하는 ㉠은 NADH이고, ㉡은 $FADH_2$이다. 전자전달계를 통해 수소 이온이 쌓이는 Ⅰ은 막사이공간이고, Ⅱ는 바탕질이다. H^+이 바탕질에서 막사

이공간으로 이동하는 것은 농도 기울기를 거슬러 이동하는 것으로, 전자전달계에서 방출되는 에너지를 이용하여 일어나는 능동수송이다.

오답 피하기

ㄴ. Ⅰ은 막사이공간이다.

11 과정 Ⅰ은 CO_2와 NAD^+가 생성되는 알코올발효, 과정 Ⅱ는 NAD^+만 생성되는 젖산발효이다. Ⅰ과 Ⅱ에서 공통으로 생성되는 ㉡은 NAD^+, Ⅱ에서만 생성되는 ㉠은 CO_2이다.

오답 피하기

ㄴ. 젖산발효 과정에서는 피루브산이 NADH로부터 전자를 받아 젖산으로 환원된다.

ㄷ. 사람의 근육세포에서 산소가 부족할 때 젖산발효인 Ⅱ가 일어난다.

12 (가)는 포도당이 피루브산으로 분해되는 해당 과정, (나)는 피루브산이 젖산으로 환원되는 젖산발효, (다)는 피루브산이 아세틸조효소 A로 산화되는 과정, (라)는 피루브산이 아세트알데하이드를 거쳐 에탄올로 환원되는 알코올발효 과정을 나타낸다. 젖산발효는 김치와 같은 음식 발효 과정에 활용되고, 알코올발효는 빵과 술의 제조에 활용된다.

오답 피하기

ㄱ. 젖산발효와 알코올발효는 산소가 없을 때 진행되지만, 피루브산이 아세틸조효소 A로 산화되는 과정은 산소가 있어야 진행된다.

ㄴ. 젖산은 피루브산과 같은 3탄소 화합물이지만, 에탄올은 피루브산에서 CO_2가 분리되어 생성되는 2탄소 화합물이다.

13 포도당이 피루브산으로 분해되는 해당 과정에서만 기질수준인산화로 2ATP가 생성되고, 피루브산이 젖산, 에탄올, 아세틸조효소 A로 되는 과정에서는 ATP가 생성되지 않는다.

14 모범 답안 에탄올, 젖산. 에탄올은 술의 제조에 이용되고, 젖산은 김치, 치즈, 요구르트 등의 발효 식품을 제조하는 데 이용된다.

채점 기준	배점(%)
에탄올과 젖산을 쓰고, 활용되는 예를 구분하여 두 가지를 옳게 서술한 경우	100
에탄올과 젖산은 썼지만, 활용되는 예는 옳게 서술하지 못한 경우	30

15 ㉠은 타이라코이드 막, ㉡은 타이라코이드 내부, ㉢은 스트로마이다. 빛에너지를 흡수하는 엽록소 등의 광합성색소는 타이라코이드 막(㉠)에 존재한다. 광합성이 활발하게 일어날 때 전자전달계를 거치며 방출되는 에너지를 이용하여 스트로마(㉢)의 H^+이 타이라코이드 내부(㉡)로 능동수송된다. 따라서 H^+ 농도는 타이라코이드 내부(㉡)에서가 스트로마(㉢)에서보다 높다.

오답 피하기

ㄷ. 광합성에서 ATP와 NADPH는 명반응으로 생성되며, 명반응은 타이라코이드 막(㉠)에서 일어난다.

16 (가)의 X는 약 430 nm와 660 nm 부근에서 최대 흡수율을 보이므로 엽록소 a, Y는 약 450 nm와 640 nm 부근에서 최대 흡수율을 보이므로 엽록소 b이다. 크로마토그래피로 잎의 색소 분리 결과 카로틴, 잔토필, 엽록소 a, 엽록소 b의 순서로 전개되므로 ㉠은 X인 엽록소 a, ㉡은 Y인 엽록소 b이다. 엽록소 a(㉠)과 엽록소 b(㉡)는 모두 광합성색소로, 엽록체의 타이라코이드 막에 존재한다. 또한 엽록소 b인 Y는 보조색소로서 작용한다.

17 모범 답안 광합성 과정은 빛이 필요한 명반응과 CO_2가 필요한 탄소 고정 반응으로 구분되며, 탄소 고정 반응이 일어나기 위해서는 명반응이 선행되어야 한다.

채점 기준	배점(%)
광합성 과정을 구분하고 명반응과 탄소 고정 반응의 선행 관계를 파악하여 옳게 서술한 경우	100
광합성 과정이 명반응과 탄소 고정 반응으로 구분된다는 점만 서술한 경우	40

18 실험 Ⅰ은 빛의 파장에 따른 광합성속도를 확인한 실험이다. 광합성이 일어나면 산소가 발생하고, 산소세균은 산소가 많이 발생한 곳에 밀집한다. 해캄은 엽록소를 통해 주로 청자색광과 적색광을 흡수하여 광합성을 활발히 진행하며, 녹색광은 대부분 반사하거나 투과시킨다. 따라서 적색광이 비치는 곳에서 산소가 다량 발생하므로 산소세균이 더 많이 모여든다. 실험 Ⅱ는 동위원소(^{18}O)를 이용하여 광합성 결과 발생하는 산소(O_2)의 기원을 확인한 실험이다. 식물이 흡수한 물(H_2O)과 이산화 탄소(CO_2) 중 물에 포함된 산소가 분해되어 산소로 방출됨을 증명하였다.

오답 피하기

ㄴ. 광합성 과정에서 방출되는 산소는 모두 물(H_2O)에서 유래한다. 따라서 $H_2{}^{18}O$를 공급한 ㉠ 플라스크에서는 $^{18}O_2$가, 일반 H_2O를 공급한 ㉡ 플라스크에서는 O_2가 발생한다.

19 ⓐ가 분해되어 전자(e^-)를 ㉠에 공급하므로 ⓐ는 물(H_2O), ㉠은 광계 Ⅱ이다. 전자는 전자전달계를 거쳐 광계 Ⅰ인 ㉡으로 이동하고, 최종적으로 $NADP^+$가 전자를 수용하여 ⓑ가 생성되므로 ⓑ는 NADPH이다. 물의 광분해는 타이라코이드 내부에서 일어나고, 전자전달 과정에서 H^+이 (나)에서 (가)로 이동(능동수송)하므로, (가)는 타이라코이드 내부,

(나)는 스트로마이다. 따라서 타이라코이드 내부인 (가)의 H^+ 농도가 스트로마인 (나)보다 높으므로, pH는 (가)가 (나)보다 낮다.

오답 피하기

ㄴ. ㉠은 광계 Ⅱ이므로 반응 중심 색소는 P_{680}이다.

20 A는 하나의 광계(㉠)만 관여하므로 순환적 전자흐름, B는 두 개의 광계(㉠, ㉡)가 모두 관여하므로 비순환적 전자흐름이다. 또한 ㉠은 두 전자흐름에 모두 관여하는 광계 Ⅰ, ㉡은 순환적 전자흐름에 관여하지 않는 광계 Ⅱ이다. 순환적 전자흐름인 A에서는 광계 Ⅰ(㉠)에서 방출된 전자가 전자전달계를 거쳐 다시 원래의 반응 중심 색소인 엽록소로 돌아오며, 비순환적 전자흐름인 B에서는 전자전달계의 최종 수용체인 $NADP^+$가 전자를 받아 NADPH를 생성한다. A와 B 두 경로 모두 전자가 전자전달계를 지날 때 방출되는 에너지를 이용하여 농도 기울기를 형성하고 이를 통해 ATP를 합성한다.

21 특징 'P_{700}에서 전자가 방출된다.'는 비순환적 전자흐름과 순환적 전자흐름 모두에 해당하는 특징이며, 특징 'H_2O의 광분해가 일어난다.'는 비순환적 전자흐름에만 해당하는 특징이다. 따라서 A는 순환적 전자흐름, B는 비순환적 전자흐름이며, ⓐ는 '◯'이다. 비순환적 전자흐름(B)을 통해 이동한 전자는 최종적으로 $NADP^+$에 전달되어 NADPH를 생성한다.

오답 피하기

ㄱ. 순환적 전자흐름(A)은 광계 Ⅰ(P_{700})만 관여하며, 광계 Ⅰ은 700 nm의 빛을 가장 잘 흡수하는 엽록소 a를 반응 중심 색소로 갖는다.

ㄴ. 비순환적 전자흐름(B)은 광계 Ⅰ과 광계 Ⅱ가 모두 관여하므로 P_{700}에서도 전자가 방출된다. 따라서 ⓐ는 '◯'이다.

22 ATP가 합성되려면 타이라코이드 내부의 H^+ 농도가 외부보다 높아야 한다. (다)에서 ATP가 합성되어 검출되었으므로 타이라코이드 내부의 H^+ 농도가 외부보다 높다. 따라서 pH는 타이라코이드 내부(ⓐ)가 외부(ⓑ)보다 낮다. 실제 엽록체의 명반응에서도 전자전달 과정을 통해 스트로마에서 타이라코이드 내부로 H^+이 능동수송되어 농도 기울기가 형성되고 pH 차이가 나타난다. 이처럼 막 안팎의 H^+ 농도 기울기를 이용하여 ATP를 합성하는 과정을 화학삼투에 의한 인산화라고 한다.

23 오답 피하기

⑤ 캘빈회로 자체에는 빛을 직접 필요로 하지 않지만, 반응이 계속 진행되기 위해서는 명반응의 산물인 ATP와 NADPH가 반드시 필요하므로 탄소 고정 반응은 빛이 있어야 지속적으로 일어날 수 있다.

24 과정 Ⅰ에서 CO_2가 고정되므로 RuBP가 CO_2와 결합하여 3PG가 되는 탄소 고정, 과정 Ⅱ에서 NADPH가 사용되므로 3PG가 PGAL로 전환되는 3PG 환원 단계이다. 따라서 탄소 고정 단계인 과정 Ⅰ의 생성물이자 3PG 환원 단계인 과정 Ⅱ의 반응물인 ㉠은 3PG이고, ㉡은 RuBP, ㉢은 PGAL이다. 캘빈회로의 세 단계에 따라 RuBP → 3PG → PGAL 순서로 물질의 전환이 일어나므로 회로 반응의 방향은 ⓐ이다.

오답 피하기

ㄷ. 1분자당 탄소 수는 PGAL(㉢)은 3, RuBP(㉡)이 5이므로 ㉢이 ㉡보다 작다.

25 모범 답안 ㉠은 RuBP이다. 빛을 차단하면 명반응이 멈춰 ATP와 NADPH가 공급되지 않으므로 3PG 환원, RuBP 재생성 단계가 중단되지만, 탄소 고정은 진행되어 RuBP가 3PG로 계속 소모되기 때문이다.

채점 기준	배점(%)
㉠을 RuBP임을 쓰고, 그 까닭을 캘빈회로와 연관지어 옳게 서술한 경우	100
㉠이 RuBP라는 것만 쓴 경우	40

26 오답 피하기

④ 고에너지 전자를 수용하여 결합하는 조효소는 광합성의 경우 $NADP^+$, 세포호흡의 경우 NAD^+와 FAD이다. NADPH와 NADH, $FADH_2$는 이미 조효소가 전자를 받아 환원된 상태의 물질이다.

27 모범 답안 (1) (가): 막사이공간, (나): 타이라코이드 내부, (다): 마이토콘드리아 바탕질, (라): 스트로마

(2) 마이토콘드리아의 전자전달계에서는 전자가 최종적으로 O_2에 수용되어 H_2O이 생성되며, 엽록체에서 일어나는 비순환적 전자흐름에서는 H_2O이 빛에 의해 분해되어 고에너지 전자가 방출된다.

	채점 기준	배점(%)
(1)	(가)~(라)의 각 부분을 옳게 쓴 경우	40
(2)	세포호흡과 광합성에서 일어나는 전자전달 과정을 H_2O과 연관 지어 옳게 서술한 경우	60
	세포호흡과 광합성에서 일어나는 전자전달 과정 중 하나만 서술한 경우	30