

2021학년도 대학수학능력시험
과학탐구영역 생명과학Ⅱ 정답 및 해설

01. ④ 02. ① 03. ② 04. ② 05. ④ 06. ③ 07. ⑤ 08. ③ 09. ⑤ 10. ②
11. ③ 12. ① 13. ① 14. ⑤ 15. ⑤ 16. ① 17. ③ 18. ⑤ 19. ④ 20. ⑤

1. 세포의 구조와 기능

A는 핵, B는 미토콘드리아이다.

[정답맞히기] ㄱ. 핵(A)에는 유전 물질인 DNA가 있다.

ㄴ. 핵(A)과 미토콘드리아(B)는 모두 외막과 내막의 2중막을 갖는다. **정답④**

[오답피하기] ㄴ. 대장균은 원핵세포로 미토콘드리아(B)와 같은 막성 세포 소기관을 갖지 않는다.

2. 생명 과학의 역사

플레밍은 세균 배양 접시에 핀 푸른곰팡이에서 세균의 증식을 억제하는 물질인 페니실린을 발견하였다. 하비는 관찰과 실험을 통해 혈액이 체내에서 순환한다는 사실을 알아냈다. 따라서 A는 플레밍, B는 하비이다.

[정답맞히기] ㄱ. 페니실린을 발견한 생명 과학자 A는 플레밍이다. **정답①**

[오답피하기] ㄴ. 생물 속생설(㉠)은 생물은 이미 존재하는 생물로부터만 생겨날 수 있다는 학설이다.

ㄴ. (가)는 1900년대 초, (나)는 1600년대 초, (다)는 1800년대 후반이므로 (가)~(다)를 시대 순으로 배열하면 (나)→(다)→(가)이다.

3. 효소 반응

효소 X에 의한 반응이 진행될수록 기질의 양은 감소하고 생성물의 양은 증가하므로 ㉠은 생성물, ㉡은 기질이다. (나)에서 t_4 시점에 생성물(㉠)의 총량이 일정하므로 기질(㉡)이 모두 생성물(㉠)로 전환되었음을 알 수 있다. t_4 시점에 물질 A를 추가하였을 때 생성물(㉠)의 총량이 증가하므로 A는 기질(㉡)이다.

[정답맞히기] ㄴ. 기질(㉡)을 추가하면 생성물(㉠)의 총량이 증가하므로 A는 ㉡이다. **정답②**

[오답피하기] ㄱ. ㉠의 농도 그래프의 기울기가 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 크므로 X에 의한 반응 속도는 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 빠르다.

ㄴ. X에 의한 반응의 활성화 에너지는 t_3 일 때와 t_5 일 때가 같다. 기질과 생성물의 양은 활성화 에너지의 크기에 영향을 미치지 않는다.

4. 동물의 유기적 구성

동물의 구성 단계는 세포→조직→기관→기관계→개체이므로 A는 조직, B는 기관, C는 기관계이다. 결합 조직은 조직의 예에 해당하므로 (나)는 조직(A)이다. 순환계는 기관계의 예에 해당하므로 (다)는 기관계(C)이다. 따라서 (가)는 기관(B)이다.

[정답맞히기] ㄷ. (나)는 조직(A)이다.

정답②

[오답피하기] ㄱ. B는 여러 조직이 모여 특정 기능을 수행하는 기관이다.

ㄴ. 적혈구는 기관(가)의 예가 아닌 세포의 예이다.

5. 캘빈 회로

[정답맞히기] ㄱ. RuBP의 1분자당 $\frac{\text{탄소 수}}{\text{인산기 수}}$ 는 $\frac{5}{2}$ 이므로 (다)는 RuBP이다. 따라서 (가)는 3PG, (나)는 PGAL이다.

ㄷ. 과정 II는 3PG가 환원되는 과정이다. 3PG(가)가 PGAL(나)로 환원될 때 ATP와 NADPH가 사용된다.

정답④

[오답피하기] ㄴ. 과정 I은 CO₂가 RuBP(다)와 결합하여 6탄소 화합물을 형성한 다음 3PG(가) 2분자로 나누어지는 과정으로 포도당이 합성되지 않는다.

6. 세포 융합 기술

항체를 생산하는 B 림프구와 계속 분열하는 특성이 있는 암세포를 융합하면 특정 항체를 생산하면서 계속 분열하는 융합 세포를 얻을 수 있다. 각각의 융합 세포를 따로 배양하여 단일 클론 항체를 얻을 수 있다.

[정답맞히기] ㄱ. 시험관 (가)에는 암세포와 B 림프구가 융합된 잡종 세포가 있다. 이 잡종 세포는 B 림프구의 특성을 가지므로 항체(㉠)를 생산할 수 있다.

ㄴ. ㉠은 항원 X에 대한 단일 클론 항체로 ㉠은 항원인 X와 결합하는 부위가 있어 X에 특이적으로 결합한다.

정답③

[오답피하기] ㄷ. 과정 I과 같이 서로 다른 특징을 가진 두 종류의 세포를 융합하여 하나의 세포로 만드는 기술을 세포 융합 기술이라고 한다.

7. 세포막을 통한 물질의 이동

능동 수송과 촉진 확산 중 저농도에서 고농도로 물질이 이동하는 방식은 능동 수송이다. 따라서 I은 촉진 확산, II는 능동 수송이다.

[정답맞히기] ㄱ. 세포가 에너지를 사용하지 않는 이동 방식에는 물질이 인지질 2중층을 직접 통과하여 이동하는 단순 확산, 물질이 수송 단백질을 통해 이동하는 촉진 확산이 있고, 세포가 에너지를 사용하는 이동 방식에는 물질이 운반체 단백질을 통해 이동하는 능동 수송이 있다. 따라서 ㉠은 '○'이다.

ㄴ. ㉠의 세포 안과 밖의 농도가 같아지고 난 후 ㉠의 세포 안 농도와 세포 밖 농도가 계속 일정하게 유지되고 있으므로 ㉠의 이동 방식은 저농도에서 고농도로 물질이 이동하지 않는 촉진 확산(I)이다.

ㄷ. Na⁺-K⁺ 펌프를 통한 Na⁺의 이동은 능동 수송 방식으로 일어난다. 능동 수송(II)은 세포막의 인지질을 사이에 두고 물질의 농도가 낮은 쪽에서 농도가 높은 쪽으로 에너지를 이용하여 물질을 이동하는 방식이다.

정답⑤

8. 명반응

전자의 흐름에서 반응 중심 엽록소 a에서 방출된 전자가 원래의 엽록소로 돌아가지 않는 것을 비순환적 전자 흐름(비순환적 광인산화)이라고 하고, 방출된 전자가 원래의 엽록소로 돌아가는 것을 순환적 전자 흐름(순환적 광인산화)이라고 한다. 비순환적 광인산화에는 광계 I (P_{700})과 광계 II (P_{680})가 모두 관여하고, 광계 II (P_{680})에서 H_2O 의 광분해가 일어난다. 순환적 광인산화에는 광계 I (P_{700})이 관여하고, H_2O 의 광분해가 일어나지 않는다. 따라서 A는 특징 2가지를 가지는 비순환적 광인산화이고, B는 특징 1가지를 가지는 순환적 광인산화이다.

[정답맞히기] ㄱ. ㉠은 비순환적 광인산화만의 특징이므로 ' H_2O 의 광분해가 일어난다.'이다.

ㄴ. 비순환적 광인산화(A) 결과 O_2 , ATP, NADPH가 생성되고, 순환적 광인산화(B) 결과 ATP가 생성된다.

정답③

[오답피하기] ㄷ. 순환적 전자 흐름(B)에서 전자는 전자 전달계를 따라 이동할 때 에너지를 방출하고, 이 에너지는 스트로마에서 틸라코이드 내부로 H^+ 을 이동시키는 데 이용된다. 따라서 H^+ 의 농도는 틸라코이드 내부에서가 스트로마에서보다 높다.

9. 3역 6계 분류 체계

3역 6계 분류 체계에 따르면 생물은 세균역, 고세균역, 진핵생물역의 3역으로 구분되고, 세균역은 진정세균계, 고세균역은 고세균계, 진핵생물역은 원생생물계, 식물계, 균계, 동물계로 구분된다. 따라서 A는 고세균계, B는 식물계, C는 균계이다.

[정답맞히기] ㄱ. 식물계(B)은 다세포 진핵생물로 광합성을 하는 독립 영양 생물이며, 세균과 달리 셀룰로스가 주성분인 세포벽이 있다.

ㄴ. 고세균계(A)에 속하는 생물 중 펩티도글리칸 성분이 없는 세포벽을 갖는 생물이 있고, 식물계(B)의 생물은 셀룰로스가 있는 세포벽을 갖는다.

ㄷ. A는 핵막이 없는 특징이 있어 고세균역에 속하고, B와 C는 모두 핵막이 있는 특징이 있어 진핵생물역에 속한다.

정답⑤

10. 세포 호흡과 발효

포도당이 2분자의 피루브산이 되는 과정에서 ATP와 NADH가 생성된다. 피루브산이 아세틸 CoA가 되는 과정에서 CO_2 와 NADH가 생성된다. 피루브산이 젖산이 되는 과정에서 NAD^+ 가 생성된다. 피루브산이 에탄올이 되는 과정에서 CO_2 와 NAD^+ 가 생성된다. 따라서 ㉠은 I에서만 생성되는 ATP이고, ㉡은 NADH이다. II에서 ㉢(NADH)가 생성되므로 ㉣는 아세틸 CoA이고, ㉤은 CO_2 이다. IV에서 ㉥(CO_2)이 생성되므로 ㉦는 에탄올이다. III과 IV에서는 모두 ㉧이 생성되므로 ㉧은 NAD^+ 이고, ㉨는 젖산이다.

[정답맞히기] ㄷ. II는 피루브산이 아세틸 CoA가 되는 과정으로 피루브산의 산화 과정은 미토콘드리아에서 일어난다.

정답②

ㄴ. 1분자당 $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}$ 는 포도당이 $\frac{12}{6}$, ©(에탄올)이 $\frac{5}{2}$ 이다. 따라서 1분자당 $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}$ 는 ©(에탄올)가 포도당보다 크다.

ATP 생성량이 증가한다. 이후 X를 처리하면 O_2 소비량과 ATP 생성량이 모두 증가하지 않는다. X가 ㉓라면 미토콘드리아 내막에 있는 인지질을 통해 H^+ 은 새어 나가게 하고 ㉔($NADH$)와 ㉕($FADH_2$)의 산화는 억제하지 않아야 한다. 이 경우 O_2 소비량이 주어진 자료보다 많이 증가해야 하지만 그렇지 않으므로 X는 ㉔이다.

ㄷ. 구간 I에서는 X가 처리되어 ATP 합성 효소를 통한 H^+ 의 이동이 차단되어 막 사이 공간의 pH는 낮고, 기질의 pH는 높다. 구간 II에서는 Y가 처리되어 미토콘드리아 내막에 있는 인지질을 통해 H^+ 은 새어 나가 막 사이 공간의 pH와 기질의 pH가 거의 같다. 따라서 $\frac{\text{기질의 pH}}{\text{막 사이 공간의 pH}}$ 는 구간 I에서가 구간 II에서보다 크다.

13. 전사 조절

진핵생물에서 전사는 여러 종류의 전사 인자가 조절하는데 이러한 전사 인자가 결합하는 DNA의 특정 부위를 조절 부위라고 한다. 조절 부위가 제거되면 전사 인자가 결합하지 못해 유전자가 발현되지 않을 수 있다. I에서 ㉑만 발현되고 ㉒은 발현되지 않았는데 X, Y, Z가 모두 발현되고 있으며, 표에서 A를 제거한 경우에도 X, Y, Z가 모두 발현된다. 즉, ㉒은 제거된 A에 결합하는 전사 인자라서 A와 ㉒이 모두 없어도 X, Y, Z가 모두 발현된다. 따라서 ㉑은 C에 결합하고, ㉒은 A에 결합한다.

[정답맞히기] ㄱ. (가)는 B와 C에 모두 전사 인자가 결합하면 전사되고, (나)는 C에 전사 인자가 결합하면 전사되며, z는 B 또는 D에 전사 인자가 결합하면 전사된다. 따라서 B는 제거되지 않고 D만 제거된 경우 z는 전사된다. **정답①**

[오답피하기] ㄴ. B가 제거된 경우 x가 전사되었다. B가 제거된 경우 (가)는 전사될 수 없으므로 x는 (가)가 아니고 (나)이며, y는 (가)이다.

ㄷ. X가 발현된 상황에서 X가 D와 결합한다고 가정하면 Z도 발현되어야 하는데 그렇지 않다. 따라서 X는 B에 결합하고, Y는 D에 결합한다.

14. 원시 세포의 기원

원시 생명체가 되려면 안정적인 생명 활동이 일어날 수 있도록 외부 환경과 내부 환경을 구분하고, 물질을 선택적으로 통과시킬 수 있는 막이 발달해야 한다. 오파린은 탄수화물, 단백질, 핵산의 혼합물로부터 코아세르베이트라고 하는 유기물 복합체를 만들었다. 이는 원형질과 비슷하며, 막이 있어 주위와 분리되어 성장할 수 있다는 점에서 세포와 유사하다. 이후 폭스는 건조한 아미노산 혼합체를 가열하여 마이크로스피어를 만들었다. 마이크로스피어는 선택적 투과성이 있으며, 안정적인 구조여서 원시 세포 출현에 중요한 역할을 했을 것으로 추정된다.

[정답맞히기] ㄱ. (가)는 오파린이 원시 생명체의 기원이라고 주장한 코아세르베이트이다.

ㄴ. (나)는 마이크로스피어로 선택적 투과성이 있는 막을 통해 물질 이동이 일어난다.

ㄷ. 코아세르베이트(가), 마이크로스피어(나)를 만드는 과정에 모두 아미노산이 이용되

었다. 따라서 (가)와 (나) 모두에 탄소(C)가 포함된 물질이 있다.

정답⑤

15. 유전자풀의 변화 요인

집단의 유전자풀을 변하게 하는 요인에는 자연 선택, 돌연변이, 유전적 부동, 이주에 의한 유전자 흐름 등이 있다. 유전적 부동에는 병목 효과와 창시자 효과가 있다.

[정답맞히기] 학생 A. 여러 가지 요인으로 집단의 크기가 급격하게 감소하였을 때 대립유전자의 구성과 빈도가 우연히 변하는 현상 중, 모집단에서 적은 수의 개체가 분리되어 다른 지역으로 이주한 후 새로운 집단을 형성하여, 모집단과 대립유전자의 빈도가 달라지는 현상을 창시자 효과라고 한다. 이는 유전적 부동의 한 현상이다.

학생 B. 돌연변이는 유전 물질인 DNA의 염기 서열에 변화가 생겨 유전자풀에 새로운 대립유전자가 나타나는 현상이다.

학생 C. 지진, 화재, 홍수 등의 자연재해에 의해 집단의 크기가 급격히 감소할 때 대립유전자의 빈도가 달라지는 현상은 유전적 부동의 한 현상인 병목 효과에 해당한다.

정답⑤

16. DNA의 구조와 전사

[정답맞히기] ㄱ. X_1 에서 아데닌(A)의 개수는 210개이므로 X_2 에서 타이민(T)의 개수는 210개이다. X_2 에서 $\frac{A+G}{T+C} = \frac{2}{3}$ 이고, 사이토신(C)의 개수는 150개이므로 $A+G=240$ 이다. 따라서 X_1 과 X_2 의 염기 개수는 각각 600개이고, Y_1 , Y_2 , Z의 염기 개수도 각각 600개이다. Y_1 에서 구아닌(G)의 개수는 90개이므로 Y_2 에서 사이토신(C)의 개수는 90개이다. Y_2 에서 $\frac{A+G}{T+C} = \frac{9}{11}$ 이므로 $A+G=270$, $T+C=330$ 이다. 따라서 타이민(T)의 개수는 240개이다. 타이민(T)의 개수는 아데닌(A)의 개수의 2배이므로 아데닌(A)의 개수는 120개이고, 구아닌(G)의 개수는 150개이다. 따라서 Y_1 에서 사이토신(C)의 개수는 150개이다. Y_1 에서 사이토신(C)의 개수는 150개, Y_2 에서 사이토신(C)의 개수는 90개이므로 Y에서 사이토신(C)의 개수는 240개이다.

정답①

[오답피하기] ㄴ. Z에서 유라실(U)의 개수는 120개이고, $A+G=U+C+120$ 이며, $A+G+U+C=600$ 이다. 따라서 사이토신(C)의 개수는 120개이고, $A+G=360$ 이다. X_1 , X_2 , Y_1 , Y_2 중에서 $T+C=360$ 인 가닥은 X_2 이므로 Z가 만들어질 때 주형으로 사용된 DNA 가닥은 X_2 이다.

ㄷ. Z에서 유라실(U)의 개수가 120개이므로 X_2 에서 아데닌(A)의 개수는 120개이다. X_2 에서 $A+T=330$ 이고, $G+C=270$ 이므로 X에서 염기 간 수소 결합의 총 개수는 1470개이다. Y_2 에서 $A+T=360$ 이고, $G+C=240$ 이므로 Y에서 염기 간 수소 결합의 총 개수는 1440개이다.

17. DNA 이중 나선 구조

[정답맞히기] ㄱ. 5탄당의 수산기가 노출된 끝이 3'말단, 인산기가 노출된 끝이 5'말

단이므로 (가)는 5'말단이다.

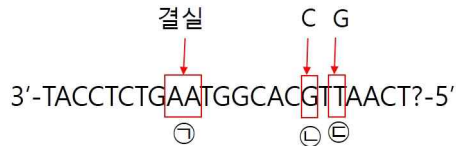
ㄷ. A와 T 사이에는 2개의 수소 결합이, G와 C 사이에는 3개의 수소 결합이 형성되므로 X와 Y를 제외하면 A는 2개, T는 2개, C는 2개, G는 2개이다. 이 DNA에서 구아닌(G) 염기 함량이 30%이므로 X는 사이토신(C)이고, Y는 구아닌(G)이다. **정답③**
[오답피하기] ㄴ. 뉴클레오타이드는 인산, 당, 염기로 구성되는데 ㉠에는 당과 염기만 있으므로 ㉠은 뉴클레오타이드가 아니다.

18. 번역

[정답맞히기] ㄱ. X의 아미노산 서열에 해당하는 코돈을 표로 나타내보면 다음과 같다.

X의 아미노산 서열	메싸이오닌	글루탐산	트레오닌	타이로신	아르지닌	알라닌	아이소류신	아스파르트산
코돈	AUG	GAA GAG	ACU ACC ACA ACG	UAU UAC	CGU CGC CGA CGG AGA AGG	GCU GCC GCA GCG	AUU AUC AUA	GAU GAC

X의 코돈이 5'-AUG/GAG/ACU/UAC/CGU/GCA/AUU/GA?-3'일 때 x의 전사 주형 가닥의 염기 서열은 3'-TACCTCTGAATGGCACGTTAACT?-5'이 된다.



그림과 같이 결실과 치환이 일어나면 y의 염기

서열은 3'-TACCTCTGTGGCACCTGAACT?-5'이 되고 Y의 코돈은

5'-AUG/GAG/ACA/CCG/UGG/ACU/UGA?-3'이 되므로 아미노산 서열은 메싸이오닌-글루탐산-트레오닌-프롤린-트립토판-트레오닌으로 주어진 조건을 만족한다. 따라서 ㉣은 구아닌(G)이다.



ㄴ. 3'-TACCTCTGAATGGCACGTTAACT?-5' 그림과 같이 x의 전사 주형 가닥의 3'말단에 서 5번째 염기 뒤에 퓨린 계열에 속하는 1개의 염기가 삽입되면 z의 염기 서열은 3'-TACCTA(G)CTGAATGGCACGTTAACT?-5'이 되고, Z의 코돈은 5'-AUG/GAU(C)/GAC/UUA/CCG/UGC/AAU/UGA?-3'이 되며 아미노산 서열은 메싸이오닌-아스파르트산-아스파르트산-류신-프롤린-시스테인-아스파라진이 된다. 따라서 Z의 4번째 아미노산은 류신이다.

ㄷ. X의 아르지닌을 암호화하는 코돈은 5'-CGU-3'이므로 3'말단 염기는 유라실(U)이다. **정답⑤**

19. 식물의 분류

[정답맞히기] ㄴ. 특징 '씨방이 있다.'에 해당하는 식물은 장미이다. '관다발이 있다.'에 해당하는 식물은 쇠뜨기, 석송, 장미, 소나무이다. '엽록소 a가 있다.'에 해당하는 식물은 쇠뜨기, 석송, 장미, 소나무이다. '종자를 만들어 번식한다.'에 해당하는 식물은 장미, 소나무이다. 따라서 A는 석송, B는 소나무, C는 장미이다.

ㄷ. (나)의 생물 중 특징 ㉠을 갖는 것은 소나무(B)와 장미(C)이다.

정답④

[오답피하기] ㄱ. 쇠뜨기는 (가)에서 2가지 특징을 가지므로 ㉡는 2이다.

20. 하디 · 바인베르크 평형

[정답맞히기] ㄱ. I에서 A의 빈도를 p, A*의 빈도를 q라고 할 때 A를 가진 개체들을 합쳐서 구한 A의 빈도는 $\frac{2p^2 + 2pq}{2p^2 + 2 \times 2pq}$ 이고, A*를 가진 개체들을 합쳐서 구한 A*

의 빈도는 $\frac{2pq + 2q^2}{2 \times 2pq + 2q^2}$ 이다. $p+q=1$ 이고, $\frac{A^* \text{를 가진 개체들을 합쳐서 구한 } A^* \text{의 빈도}}{A \text{를 가진 개체들을 합쳐서 구한 } A \text{의 빈도}} = \frac{5}{7}$

이므로 $p = \frac{3}{4}$, $q = \frac{1}{4}$ 이다. 표는 집단 I과 II를 구성하는 각 유전자형 AA, AA*,

A*A*에 해당하는 개체수를 임의로 정한 것이다.

유전자형 집단	AA	AA*	A*A*
I	a ₁	b ₁	c ₁
II	a ₂	b ₂	c ₂

I에서 A와 A*의 빈도를 반영하여 표를 다시 정리하면 다음과 같다.

유전자형 집단	AA	AA*	A*A*
I	9c ₁	6c ₁	c ₁
II	a ₂	b ₂	c ₂

I과 II에서 A의 빈도는 같으므로 II에서 A의 빈도를 구하면 $\frac{2a_2 + b_2}{32c_1} = \frac{3}{4}$ 이고, II에

서 회색 몸 개체 수는 I에서 검은색 몸 개체 수의 13배이므로 $a_2 + b_2 = 13c_1$ 이다. 이를 연립하여 풀면 $a_2 = 11c_1$, $b_2 = 2c_1$ 이다. 따라서 유전자형이 AA*인 개체 수는 I에서가 II에서의 3배이다.

ㄴ. I에서 $\frac{\text{회색 몸 대립유전자 수}}{\text{회색 몸 개체 수}} = \frac{2p^2 + 2pq}{p^2 + 2pq} = \frac{2 \times (\frac{3}{4})^2 + 2 \times \frac{3}{4} \times \frac{1}{4}}{(\frac{3}{4})^2 + 2 \times \frac{3}{4} \times \frac{1}{4}} = \frac{8}{5}$ 이다.

ㄷ. I에서 유전자형이 AA*인 암컷이 임의의 회색 몸 수컷과 교배하여 자손(F₁)을 낳을 때, 이 F₁이 회색 몸일 확률은 (회색 몸 수컷이 AA일 확률 × 교배한 F₁이 회색 몸일 확률) + (회색 몸 수컷이 AA*일 확률 × 교배한 F₁이 회색 몸일 확률) = $\frac{p^2}{p^2 + 2pq} \times 1 +$

$$\frac{2pq}{p^2 + 2pq} \times \frac{3}{4} = \frac{\left(\frac{3}{4}\right)^2}{\left(\frac{3}{4}\right)^2 + 2 \times \frac{3}{4} \times \frac{1}{4}} \times 1 + \frac{2 \times \frac{3}{4} \times \frac{1}{4}}{\left(\frac{3}{4}\right)^2 + 2 \times \frac{3}{4} \times \frac{1}{4}} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{10} \text{ 이다.}$$

정답⑤