

[마] 세포 호흡은 유기물을 산화하여 에너지를 얻는 과정이라 할 수 있으며 생물은 여기에서 얻어진 에너지를 여러 가지 생명활동에 이용한다. 즉, 소화과정을 거쳐 최종적으로 흡수된 포도당은 세포 내에서 여러 단계의 반응을 거쳐 산소를 소모하여 이산화탄소와 물로 산화 분해된다. 각각의 반응은 여러 가지 효소들의 작용으로 이루어지며, 이 과정에서 생성되는 에너지는 직접 이용되지 못하고 일단 ATP라는 물질에 저장한 후 이용한다. 대부분의 생물은 포도당과 같은 탄수화물이나 지방, 단백질 등의 영양소를 ATP를 생산하는데 이용한다. ATP에 저장된 에너지는 우리의 일상생활에서 운동을 하고 소리를 내며, 무엇인가를 생각하고 신체를 이루는 물질의 합성 등 모든 세포활동에 필요하다. 인체 내에서 생명활동에 필요한 에너지는 ATP가 ADP로 되는 과정에서 발생하는 에너지이다.

| 가수분해 반응식 | 에너지방출량 (kJ/mol) |
|-------------------------------------|-----------------|
| ATP + H ₂ O --> ADP + Pi | 36.8 |
| ADP + H ₂ O --> AMP + Pi | 36.0 |
| AMP + H ₂ O --> A + Pi | 12.6 |

ATP: Adenosine triphosphate
 ADP: Adenosine diphosphate
 AMP: Adenosine monophosphate
 Pi: Orthophosphate

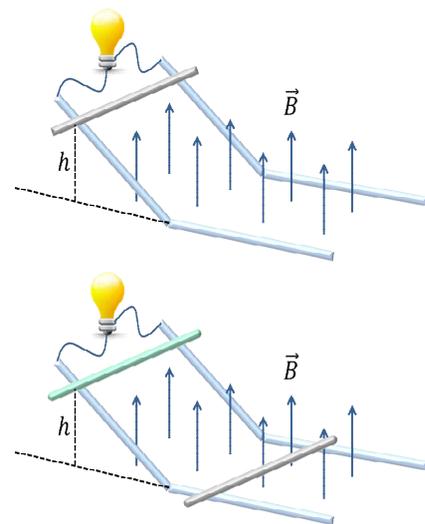
[사] 유기 호흡 과정은 크게 해당과정, TCA 회로, 전자전달계의 3단계로 진행된다. 세포로 흡수된 포도당은 세포질에서 해당과정을 거쳐 피루브산으로 분해되며 이 과정에서 약간의 ATP가 생성된다. 해당과정에서 생성된 피루브산은 산소가 충분히 있으면 미토콘드리아 내로 들어가 미토콘드리아의 기질에서 TCA회로를 거치게 되고 이 과정에서 이산화탄소와 수소의 이탈이 일어난다. 이탈된 수소는 NAD나 FAD와 같은 전자 전달 물질에 수용된 후 미토콘드리아 내막의 전자 전달계를 거쳐 산소에 전자를 전달한다. 전자 전달계에서는 전자의 이동에 의해 생긴 에너지를 이용하여 많은 양의 ATP를 생성한다.

[아] 산소 공급이 차단된 경우 많은 세포들은 해당과정을 계속 실행할 수 있으며, 발효에 의해 제한된 양의 ATP를 생성한다. 이 과정은 해당과정과 함께 세포질에서 일어난다. 발효는 해당과정에 의해 형성된 NADH₂를 피루브산을 환원하는데 이용하거나 발효의 대사물질의 하나로 이용하여 결과적으로 NAD⁺가 생성된다. NAD⁺는 해당과정의 중간 반응을 위해 요구되므로 그것이 해당과정을 통해 더 많은 포도당을 운반할 수 있게 한다. 또한 발효의 전체과정을 통해 생성되는 ATP 양은 적으나, 발효는 지속적으로 ATP를 생성하기 위한 해당과정을 가능하게 한다. 다만 세포호흡에 의해 획득되는 아주 많은 양의 ATP는 아니지만 기질 수준 인산화로부터 획득할 수 있을 만큼의 ATP가 생성된다. 발효를 할 수 있는 세포가 무산소 상태가 될 때 해당과정의 속도는 10배 이상 또는 그 이상으로 빨라진다. 그래서 포도당 분자당 ATP 분자로 환산한 효율이 산소 호흡과 비교해서 크게 감소될지라도 ATP 생성의 실제 속도가 유지된다.

<문제 II-1> 제시문 [가], [나], [다]를 참조하여 다음 물음에 답하시오. (20점)

(1) 옆 그림과 같이 구부러진 두 평행구리선 양단에 전구를 연결하고 평행구리선 아래부분은 지면에 평행하게 놓고, 도선 사이로 지면에 수직인 방향으로 자기장 \vec{B} 를 가하였다. 질량 m 의 짧은 구리도선을 평행도선 위쪽 높이 h 지점에 지면에 수평하게 올려놓고 미끄러져가도록 내려놓았다. 구리도선의 운동과정에서 발생하는 에너지 형태 변환과 전구에서 발생한 총 에너지에 대해서 논술하고, 시간에 따른 전구 밝기 변화를 그래프를 이용하여 논술하시오. (여기서 도선 사이의 마찰 및 충돌은 무시하며, 도선의 전기저항과 열발생 또한 무시하며, 평행도선이 충분히 길다고 가정하고, 중력가속도는 g 라 놓는다.)

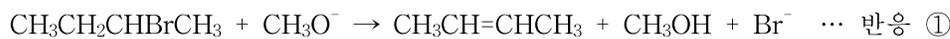
(2) 짧은 구리도선은 밑에 내려놓고, 똑같은 모양과 질량의 나무막대를 높이 h 지점에 올려놓고 미끄러지게 하였다. 나무막대가 미끄러져서 (가) 밑에 놓인 구리도선과 탄성충돌하는 경우와 (나) 구리도선에 달라붙어서 함께 미끄러지는 경우를 (1)의 경우와 각각 비교하여, 전구에서 발생한 총 에너지의 차이점을 정량적으로 논술하시오.



<문제 II-2> 제시문 [라], [마]를 참조하여 다음 물음에 답하시오. (20점)

(1) 알켄의 한 종류인 2-부텐(CH₃CH=CHCH₃)은 이중결합 주변 원자들의 공간 배열에 따라 화학적, 물리적 성질이 다른 두 개의 이성질체가 존재한다. 두 개의 이성질체 구조를 [제시문 라]의 <그림 1-1> (다)와 같이 그리시오.

(2) 2-부텐(CH₃CH=CHCH₃)은 다음과 같은 두 가지 방법으로 합성할 수 있다.



50.0 g의 CH₃CH₂CHBrCH₃ 를 이용하여 위 두 반응을 진행하였더니, 반응 결과물로 2-부텐이 각각 15.4 g, 13.1 g 씩 얻어졌다. 반응 ②보다 반응 ①에서 2-부텐이 더 많이 만들어진 이유를 [제시문 마]의 개념과 관련지어 설명하시오. 반응에 참여한 원자들의 원자번호는 수소(H):1, 탄소(C):6, 산소(O):8, 황(S):16, 브롬(Br):35 이다.

<문제 II-3> 제시문 [바], [사], [아]를 참조하여 다음 물음에 답하시오. (20점)

- 생체 내의 여러 가지 물질 중에서 ATP가 주요한 에너지 저장매체로 사용될 수 있는 이유는 무엇인가?
- 효모가 포도당을 에너지원으로 이용하는 관점에서 위에서 제시된 유기 호흡 및 무기 호흡이 모두 가능하다. 두 호흡 중 효모 증식에 유리한 것은 무엇인지 유추하고, 사람이 효모를 이용하여 효율적인 바이오 에너지를 얻기 위해 위의 호흡과정에 관여할 수 있는 행위는 어떤 것이 있을 수 있는지 제시하고 이를 ATP의 생산효율성과 연관하여 논하시오.