

<p>18세기에는 열의 실체가 [낮선 용어] 칼로릭(caloric)이며 칼로릭은 온도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 흐르는 성질을 갖고 있는, 질량이 없는 입자들의 모임이라는 생각이 받아들여지고 있었다. 이를 칼로릭 이론이라 ㉠ 부르는데, 이에 따르면 찬 물체와 뜨거운 물체를 접촉시켜 놓았을 때 두 물체의 온도가 같아지는 것은 칼로릭이 뜨거운 물체에서 차가운 물체로 이동하기 때문이라는 것이다. 이러한 상황에서 과학자들의 큰 관심사 중의 하나는 증기 기관과 같은 열기관의 열효율 문제였다.</p>	<p>1단락을 읽어보죠. 1단락에서는 '중심화제'를 파악하는 것이 가장 중요하다고 했죠.</p> <p>일단 첫 부분에서 낯선 개념어 '칼로릭'이 등장합니다. '열의 실체=칼로릭'을 일단 catch! '칼로릭 : 온도가 높은 곳에서 낮은 쪽으로 흐르는 성질 / 질량이 없는 입자들의 모임'이라는 추가 정보는 최대한 읽되, 머릿속에 기억되어야 한다는 압박은 버립니다. 이론명이 나왔으니, '칼로릭 이론'도 표시해보죠. 이어지는 재진술입니다. '온도가 같아지는 것은 칼로릭이 뜨거운 물체에서 차가운 물체로 이동하기 때문'이라는 문장이 이어집니다. 이거 재진술이네요. 중요하다는 이야기죠. 그렇습니다.</p> <p>1단락에서 파악할 정보는 의외로 간단합니다. 칼로릭=열의 실체=뜨거운 물체→찬물체 이동</p> <p>1단락의 마지막 문장은 이어질 내용에 대한 제시네요. '증기 기관과 같은 열기관의 열효율문제'가 관심사였다. 이거 기억하기 보다는 단락의 구성을 볼 때 활용될 수 있는 놈입니다. 의외로 추상적 어휘가 많은 때는 정보의 양 자체는 적을 수 있습니다. 그래서 이런 지문에서는 단락의 독해가 끝날 때 '이 단락이 하고 싶었던 이야기'가 한 마디로 뭐냐를 최대한 간략하게 정리해보는 것이 좋은 습관입니다.</p>
<p>[개념정의] 열기관은 높은 온도의 열원에서 열을 흡수하고 낮은 온도의 대기와 같은 열기관 외부에 열을 방출하며 일을 하는 기관을 말하는데, 열효율은 열기관이 흡수한 열의 양 대비 한 일의 양으로 정의된다. 19세기 초에 [사람이름] 카르노는 열기관의 열효율 문제를 칼로릭 이론에 기반을 두고 ㉡ 다루었다. 카르노는 물레방아와 같은 수력 기관에서 물이 높은 곳에서 낮은 곳으로 ㉢ 흐르면서 일을 할 때 물의 양과 한 일의 양의 비가 높ی 차이에만 좌우되는 것에 주목하였다. 물이 높이 차에 의해 이동하는 것과 흡사하게 칼로릭도 [재진술] 고온에서 저온으로 이동하면서 일을 하게 되는데, 열기관의 열효율 역시 이러한 두 온도에만 의존한다는 것이었다.</p>	<p>첫 부분에서 개념정의가 나옵니다. 개념정의는 항상 중요하다고 말씀드렸던 것 기억하시죠? '열기관 : 높은 온도의 열원에서 열 흡수 → 열기관 외부에 열 방출 → 일' 정도는 정리해보았어야 합니다. 개념정의가 또 나오네요. 열효율 : 열기관이 흡수한 열 양 대비 한 일의 양이네요. 제가 제재의 개념과 친해져야 한다고 했죠? 과학지문에 많이 등장했던 개념인데, 이를 분수로 표현할 수 있으면 좋습니다. '한 일의 양 / 열 기관이 흡수한 열 양' 이렇게요. 이어, '카르노'라는 사람이름 체크. 칼로릭 이론에 기반을 두고 → 열효율 문제를 다루었다는 부분에서는 1단락과의 연관성을 떠올려야 합니다. 결국, 1단락 칼로릭 이론이 다시 설명될 수 밖에 없겠죠. 예시가 나옵니다. 추상적 어휘가 많은 지문에서는 예시를 신중하게 읽으면서 '맥을 잡으셔야 합니다.' 물레방아 같은 수력기관 - 물이 높은 곳→낮은 곳→일 - 물의 양과 한 일의 양의 비가 높이 차이에만 좌우 - 칼로릭도 고온→저온→일 (자, 1단락에 대한 재진술입니다. : 온도차이에만 의존한다는 것은 추가 정보네요. 우리가 이렇게 곱씹어 읽었지만, 머릿속에 이 모든 것이 남을 수는 없겠죠.</p> <p>2단락에서 기억해줄 정보 - 열기관 / 열효율의 정의 - 카르노 : 칼로릭 이론 기반 → 열기관 열효율 문제 다룸 (수력기관, 물레방아 예시를 들었음. 온도차이에만 좌우된다는 말)</p> <p>그리고 결국 2단락도 가장 핵심적인 내용은 '칼로릭 이론'에 대해 다루었다는 것과 결론적으로 카르노는 '열효율이 두 온도에만 의존한다'라는 결론을 내렸다고 기억해주시면 됩니다. 1단락 내용의 연장선이 2단락이 되겠습니다. 다시 2단락 정리. 음.. 열기관 열효율 정의가 나왔지.. 그런데 어쨌든 핵심은 카르노의 칼로릭 이론 기반 열효율 설명이구나.</p>

한편 1840년대에 [사람이름 줄(Joule)]은 일정량의 열을 얻기 위해 필요한 각종 에너지의 양을 측정하는 실험을 행하였다. 대표적인 것이 열의 일당량 실험이었다. 이 실험은 열기관을 대상으로 한 것이 아니라, 추를 낙하시켜 물속의 날개바퀴를 회전시키는 실험이었다. [개념] 열의 양은 칼로리(calorie)로 표시되는데, 그는 역학적 에너지인 일이 열로 바뀌는 과정의 정밀한 실험을 통해 [재진술] 1 kcal의 열을 얻기 위해서 필요한 일의 양인 열의 일당량을 측정하였다. [실험의 결론] 줄은 이렇게 일과 열은 형태만 다를 뿐 서로 전환이 가능한 물리량이므로 등가성을 갖는다는 것을 입증하였으며, 열과 일이 상호 전환될 때 열과 일의 에너지를 합한 양은 일정하게 보존된다는 사실을 알아내었다. 이후 열과 일뿐만 아니라 화학 에너지, 전기 에너지 등이 등가성을 가지며 상호 전환될 때에 에너지의 총량은 변하지 않는다는 에너지 보존 법칙이 입증되었다.

열과 일에 대한 이러한 이해는 카르노의 이론에 대한 과학자들의 재검토로 이어졌다. 특히 [사람이름 톰슨]은 ① '칼로릭 이론에 입각한 카르노의 열기관에 대한 설명'이 '줄의 에너지 보존 법칙에 위배된다고 지적'하였다. 카르노의 이론에 의하면, [재진술] 열기관은 높은 온도에서 흡수한 열 전부를 낮은 온도로 방출하면서 일을 한다. 이것은 줄이 입증한 열과 일의 등가성과 에너지 보존법칙에 ② 어긋나는 것이어서 열의 실체가 칼로리라는 생각은 더 이상 유지될 수 없게 되었다. 하지만 열효율에 관한 카르노의 이론은 [사람이름 클라우지우스]의 증명으로 유지될 수 있었다. 그는 카르노의 이론이 유지되지 않는다면 열은 저온에서 고온으로 흐르는 현상이 ③ 생길 수도 있을 것이라는 가정에서 출발하여, 열기관의 열효율은 열기관이 고온에서 열을 흡수하고 저온에 방출할 때의 두 작동 온도에만 관계된다는 카르노의 이론을 증명하였다.

3단락입니다. '한편'은 전환의 접속사네요.
역시 새로운 사람, '줄'이 등장합니다. check! 실험을 했대네요?
'일정량의 열을 얻기 위해 필요한 에너지의 양 측정' 실험입니다.
그는 추를 낙하시켜 물속의 날개바퀴를 회전시키는 실험을 했다고 하네요.
여기는 빠르게 독해.
그리고 '열의 양-칼로리'라는 정의가 등장합니다. check!
칼로리이라는 용어와 유사하므로 주의했어야 합니다.
이어 '1kcal의 열을 얻기 위해 필요한 일의 양은 재진술이네요.
추가 정보이자, 새로운 개념어 '열의 일당량' check'
이어 실험의 결론이 등장합니다. "열, 일은 전환 가능한 물리량, '등가성을 갖는다' 열과 일의 에너지를 합한 양은 일정하게 보존된다' 이 세 가지 정보가 결론입니다. '등가성=열과 일의 에너지를 합한 양=에너지의 총량은 변하지 않는다'이 재진술이라는 것을 잡아주었으면 best!
완벽하게 원리를 이해하지 못하셨어도 상관없습니다.
그런데 전혀 압하지지가 없었다고요?
자, 그럼 기본적인 과학제재에 대한 친숙도를 키워셔야 합니다.
기본적 어휘, 개념과의 친숙도 등이 필요한 학생인 것이죠

3단락도 정리해볼까요?
- 줄 : 열을 얻기 위해 필요한 에너지의 양(일당량) → 상호 전환가능, 등가성, 에너지 보존 (이렇게 흐름을 머릿속에 잡았으면 성공입니다.)
→ 한 마디로 '열과 일의 에너지의 합은 항상 일정하다.'
- 거기에 칼로리, 일당량 등의 개념어 표시

4단락입니다.
열과 일에 대한 이러한 이해-직전단락인 줄의 이야기구나..라고 연결해주셨으면 성공입니다.
이어 사람이름 check!
(a)부분은 톰슨의 주장이니, 세심하게 보아야겠죠.
'칼로릭 이론에 입각한 카르노의 설명' 아... 이거 2단락에 대한 이야기구나...라는 것이 잡혀야 합니다. '카르노', '칼로릭이론에 입각한 열기관에 대한 설명'은 2단락에 나왔던 정보이기 때문입니다.
이 2단락의 정보가 '줄의 에너지 보존법칙' = 3단락에 위배된다고 지적했습니다.
이 때 2단락과 3단락을 다시 한 번 빠르게 보시는 것도 좋습니다.
이어, 재진술이 등장하면서, '열의 실체=카르노'는 유지될 수 없었다고 이야기합니다. 즉 '줄의 에너지보존법칙에 위배되었다=열의 실체가 칼로리가 아니다'로 재진술된 것을 잡아주는 것이 승부입니다.
[하지만] 역접의 접속사는 항상 중요합니다.
클라우지우스는 '열기관의 열효율은 열기관이 고온에서 열을 흡수하고 저온에 방출할 때의 두 작동 온도에만 관계된다는 카르노의 이론을 증명했습니다.
추상적 어휘가 상당히 많은 지문의 특성이 가장 잘 드러나는 단락이고, 지문전체에서 승부가 되는 단락입니다.
이 단락을 읽고 나서 정리해봅시다.

4단락
뭔가 줄의 법칙에 위배된다. (뭘까? 결국 열의 실체=칼로리가 유지될 수 X) 하지만 어떤 것은 유지되었다. (뭘까? 열흡수→방출할 때 두 작동온도에만 관계한다.이건 유지되었다)
이렇게 한 번만 정리되면 초도독해로는 아주 아주 훌륭합니다.
괄호안의 세부내용까지 안잡혔어도 초도독해에서는 넘어갑니다.
즉, 정 안읽히면,
4단락
톰슨 : 칼로릭 이론이 줄의 이론에 위배된다.
클라우지우스 : 하지만 어떤 것은 유지되었다.
나머지는 이따가 다시 오자. 여기까지만 해도 됩니다.

[주장] 클라우지우스는 자연계에서는 열이 고온에서 저온으로만 흐르고 그와 반대되는 현상은 일어나지 않는 것과 같이 경험적으로 알 수 있는 방향성이 있다는 점에 주목하였다. 또한 [재진술] 일이 열로 전환될 때와는 달리, 열기관에서 열 전부를 일로 전환할수 없다는, 즉 열효율이 100%가 될 수 없다는 [개념] 상호 전환 방향에 관한 비대칭성이 있다는 사실에 주목하였다. 이러한 방향성과 비대칭성에 대한 논의는 이를 설명할 수 있는 새로운 물리량인 [개념] 엔트로피의 개념을 낳았다.

마지막 단락입니다.
결론이 아닌 본론의 연장이에요.

긴 문장을 읽을 때 센스
주어와 서술어를 먼저 봅니다. 클라우지우스가 주목했다고 합니다. 무엇을요?
방향성이 있다는 것어요.
'또한' 병렬식으로 정보가 추가됩니다.
열 전부를 일로 전환할 수 없다 열효율이 100%가 될 수 없다 상호전환 방향에 관한 비대칭성 → 엔트로피라는 개념을 낳았음. 이렇게 읽어보면 되겠습니다.

다시 정리.
클라우지우스 - 방향성이 있다 / 100% 전환이 안되더라

끝났습니다.

자, 이제 초도독해가 끝났습니다.
이제 지문에 대한 지도그리기 작업이 끝났습니다.
전체적으로 머릿속에 어떻게 지도가 그려져있어야 하는지를 전체적으로 보여드리겠습니다.
또, 지문에 표시가 되어 있어야 하는 부분들이기도 합니다.

1+2단락(칼로릭 이론), 3단락(줄의 에너지 보존) → 4단락(톰슨, 클라우지우스 : 3단락으로 1,2단락 비판 / 옹호) → 5단락(클라우지우스)

1단락

칼로릭=열의 실체=뜨거운 물체→찬물체 이동

2단락

- 열기관 / 열효율의 정의
- 카르노 : 칼로릭 이론 기반 → 열기관 열효율 문제 다룸 (수력기관, 물레방아 예시)

3단락

- 줄 : 열을 얻기 위해 필요한 에너지의 양(일당량) → 상호 전환가능, 등가성, 에너지 보존 (이렇게 흐름을 머릿속에 집었으면 성공입니다.)
→ 한 마디로 '열과 일의 에너지의 합은 항상 일정하다.'
- 거기에 칼로리, 일당량 등의 개념어 표시

4단락

톰슨 : 칼로릭 이론이 줄의 이론에 위배된다.
클라우지우스 : 하지만 어떤 것은 유지되었다.

5단락

클라우지우스 - 방향성이 있다 / 100% 전환이 안된다.

자, 이제 다시 한 번 전체 지문을 읽어보세요.
이렇게 추상적인.. 어려운 어휘로 이루어져 있는 지문은 곱씹으며 읽어야 합니다.
초도독해의 비중이 상당히 커지는 것이죠.

어쨌든 이렇게 초도독해를 통해 머릿속에 지도가 그려졌다고 생각하고, 26번 문제를 살펴보겠습니다.

31. 뒷글에서 알 수 있는 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 열기관은 외부로부터 받은 일을 열로 변환하는 기관이다.
→ 열기관의 정의네요. 바로 2단락으로 세부독해 이동~
- ② 수력 기관에서 물의 양과 한 일의 양의 비는 물의 온도 차이에 비례한다.
→ 수력기관.. 2단락이네요.
- ③ 칼로릭 이론에 의하면 차가운 쇠구슬이 뜨거워지면 쇠구슬의 질량은 증가하게 된다.
→ 1단락, 2단락 중에 정보가 있겠네요.
- ④ 칼로릭 이론에서는 칼로릭을 온도가 낮은 곳에서 높은 곳으로 흐르는 입자라고 본다.
→ 역시 1, 2단락을 세부독해해서 정보를 찾아야 합니다.
- ⑤ 열기관의 열효율은 두 작동 온도에만 관계된다는 이론은 칼로릭 이론의 오류가 밝혀졌음에도 유지되었다.
→ '칼로릭 이론의 오류'가 지표가 됩니다. 어디로 갈래요? 그래요. 오류=위배가 떠올랐으면 성공! 4단락으로 이동해서 찾아야죠.

자, 이제 본격적으로 문제를 해결해보겠습니다.
31번 문항에 대한 세부독해는 생략하고, 32번과 33번 문항으로 가보도록 하겠습니다.

18세기에는 열의 실체가 [낯선 용어] 칼로릭(caloric)이며 칼로릭은 온도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 흐르는 성질을 갖고 있는, 질량이 없는 입자들의 모임이라는 생각이 받아들여지고 있었다. 이를 칼로릭 이론이라 ㉠ 부르는데, 이에 따르면 찬 물체와 뜨거운 물체를 접촉시켜 놓았을 때 두 물체의 온도가 같아지는 것은 칼로릭이 뜨거운 물체에서 차가운 물체로 이동하기 때문이라는 것이다. 이러한 상황에서 과학자들의 큰 관심사 중의 하나는 증기 기관과 같은 열기관의 열효율 문제였다.

[개념정의] 열기관은 높은 온도의 열원에서 열을 흡수하고 낮은 온도의 대기와 같은 열기관 외부에 열을 방출하며 일을 하는 기관을 말하는데, 열효율은 열기관이 흡수한 열의 양 대비 한 일의 양으로 정의된다. 19세기 초에 [사람이름] 카르노는 열기관의 열효율 문제를 칼로릭 이론에 기반을 두고 ㉡ 다루었다. 카르노는 물레방아와 같은 수력 기관에서 물이 높은 곳에서 낮은 곳으로 ㉢ 흐르면서 일을 할 때 물의 양과 한 일의 양의 비가 높기 차이에만 좌우되는 것에 주목하였다. 물이 높이 차에 의해 이동하는 것과 흡사하게 칼로릭도 [재진술] 고온에서 저온으로 이동하면서 일을 하게 되는데, 열기관의 열효율 역시 이러한 두 온도에만 의존한다는 것이었다.

한편 1840년대에 [사람이름] 줄(Joule)은 일정량의 열을 얻기 위해 필요한 각종 에너지의 양을 측정하는 실험을 행하였다. 대표적인 것이 열의 일당량 실험이었다. 이 실험은 열기관을 대상으로 한 것이 아니라, 추를 낙하시켜 물속의 날개배퀴를 회전시키는 실험이었다. [개념] 열의 양은 칼로리(calorie)로 표시되는데, 그는 역학적 에너지인 일이 열로 바뀌는 과정의 정밀한 실험을 통해 [재진술] 1 kcal의 열을 얻기 위해서 필요한 일의 양인 열의 일당량을 측정하였다. [실험의 결론] 줄은 이렇게 일과 열은 형태만 다를 뿐 서로 전환이 가능한 물리량임으로 등가성을 갖는다는 것을 입증하였으며, 열과 일이 상호 전환될 때 열과 일의 에너지를 합한 양은 일정하게 보존된다는 사실을 알아내었다. 이후 열과 일뿐만 아니라 화학 에너지, 전기 에너지 등이 등가성을 가지며 상호 전환될 때에 에너지의 총량은 변하지 않는다는 에너지 보존 법칙이 입증되었다.

열과 일에 대한 이러한 이해는 카르노의 이론에 대한 과학자들의 재검토로 이어졌다. 특히 [사람이름] 톰슨은 ㉣ '칼로릭 이론에 입각한 카르노의 열기관에 대한 설명'이 '줄의 에너지 보존 법칙에 위배된다고 지적'하였다. 카르노의 이론에 의하면, [재진술] 열기관은 높은 온도에서 흡수한 열 전부를 낮은 온도로 방출하면서 일을 한다. 이것은 줄이 입증한 열과 일의 등가성과 에너지 보존법칙에 ㉤ 어긋나는 것이어서 열의 실체가 칼로릭이라는 생각은 더 이상 유지될 수 없게 되었다. 하지만 열효율에 관한 카르노의 이론은 [사람이름] 클라우지우스의 증명으로 유지될 수 있었다. 그는 카르노의 이론이 유지되지 않는다면 열은 저온에서 고온으로 흐르는 현상이 ㉥ 생길 수도 있을 것이라는 가정에서 출발하여, 열기관의 열효율은 열기관이 고온에서 열을 흡수하고 저온에 방출할 때의 두 작동 온도에만 관계된다는 카르노의 이론을 증명하였다.

[주장] 클라우지우스는 자연계에서는 열이 고온에서 저온으로만 흐르고 그와 반대되는 현상은 일어나지 않는 것과 같이 경험적으로 알 수 있는 방향성이 있다는 점에 주목하였다. 또한 [재진술] 이 열로 전환될 때와는 달리, 열기관에서 열 전부를 일로 전환할 수 없다는, 즉 열효율이 100%가 될 수 없다는 [개념] 상호 전환 방향에 관한 비대칭성이 있다는 사실에 주목하였다. 이러한 방향성과 비대칭성에 대한 논의는 이를 설명할 수 있는 새로운 물리량인 [개념] 엔트로피의 개념을 낳았다.

자, 이 문제는 일단 (a) 부분에 대한 정리가 필요합니다. (a) 칼로릭 이론에 입각한 카르노의 열기관에 대한 설명이 줄의 법칙에 위배 → (재진술) 열의 실체가 칼로릭이라는 생각이 유지될 수 없었다.

단순화해보자면, 칼로릭 이론은 줄의 법칙에 위배되고 그래서 열의 실체가 칼로릭이라는 것을 부정하게 되었죠. 그렇다면 줄의 법칙을 긍정한 것이죠. 다시 말해, (a)에서는 줄의 법칙 O / 칼로릭 X 라는 것을 알 수 있죠. 즉, 선지에서 줄의 법칙을 긍정(O)하거나, 칼로릭을 부정(X)한 선지를 찾아보죠.

32. 윗글로 볼 때 ㉢의 내용으로 가장 적절한 것은?

- ㉠ 화학 에너지와 전기 에너지는 서로 전환될 수 없는 에너지라는 점
→ 에너지 종류에 대해 언급한 단락이 어디였죠? 네. 3단락이었습니다.
'열과 일뿐만 아니라 화학 에너지, 전기 에너지 등이 등가성을 가지며 상호 전환될 때'라는 표현에서 전환될 수 있다는 것을 추론해줄 수 있습니다. 이에 틀린 선지죠. 줄의 법칙을 X함
- ㉡ 열의 실체가 칼로릭이라면 열기관이 한 일을 설명할 수 없다는 점
→ 2단락 세부독해. 자, 이 선지는 칼로릭 이론을 부정한 것이네요. 칼로릭을 X함
- ㉢ 자연계에서는 열이 고온에서 저온으로만 흐르는 것과 같은 방향성이 있는 현상이 존재한다는 점
→ 4단락 클라우지우스 부분 세부독해 및 추론. 자, 이 선지는 칼로릭 이론을 옹호하는 선지가 됩니다. 칼로릭을 O함
- ㉣ 열효율에 관한 카르노의 이론이 맞지 않는다면 열은 저온에서 고온으로 흐르는 현상이 생길 수 있다는 점
→ 4단락 클라우지우스 부분 치환을 통해 선지를 구성했죠.
'카르노의 이론이 유지되지 않는다면' '맞지 않는다면' 이렇게요.
그리고 추론, 이런 가정에서 출발해서 내린 결론이 칼로릭을 옹호한다. 즉, 선지의 내용은 칼로릭을 옹호(O)하는 가정(출발)입니다.
- ㉤ 열기관의 열효율은 열기관이 고온에서 열을 흡수하고 저온에 방출할 때의 두 작동 온도에만 관계된다는 점
→ 4번선지를 해결했다면, 그대로 이어지는 내용. 칼로릭을 O함

'가장 적절한 것'을 묻는 문제는 이렇게 해결할 수 있는 유형도 있지만, 내용의 일반화를 거쳐 답을 찾는 방법을 써야만 하는 경우도 있습니다.

일반화의 방식으로 접근해볼까요?

칼로릭 이론 : 고온에서 저온으로 칼로릭 이동하면서 일을 함.
줄 : 열과 일의 에너지를 합한 양은 보존된다.

칼로릭 이론이 줄의 법칙에 위배되는 이유는?

- 열과 일의 에너지가 보존되지 않기 때문.
- 열(칼로릭)이 일로 전환된다는 개념이 아니기 때문.
(칼로릭은 일로 전환이 아니라 이동하는 개념이니까 말이죠.)

이렇게 추론해 준다면 바로 답 2번을 구할 수도 있었습니다.

여기서는 이런 방법도 있다. 정도로 해두시면 될 것 같습니다.

18세기에는 열의 실체가 [낯선 용어] 칼로릭(caloric)이며 칼로릭은 온도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 흐르는 성질을 갖고 있는, 질량이 없는 입자들의 모임이라는 생각이 받아들여지고 있었다. 이를 칼로릭 이론이라 ㉠ 부르는데, 이에 따르면 찬 물체와 뜨거운 물체를 접촉시켜 놓았을 때 두 물체의 온도가 같아지는 것은 칼로릭이 뜨거운 물체에서 차가운 물체로 이동하기 때문이라는 것이다. 이러한 상황에서 과학자들의 큰 관심사 중의 하나는 증기 기관과 같은 열기관의 열효율 문제였다.

[개념정의] 열기관은 높은 온도의 열원에서 열을 흡수하고 낮은 온도의 대기와 같은 열기관 외부에 열을 방출하며 일을 하는 기관을 말하는데, 열효율은 열기관이 흡수한 열의 양 대비 한 일의 양으로 정의된다. 19세기 초에 [사람이름] 카르노는 열기관의 열효율 문제를 칼로릭 이론에 기반을 두고 ㉡ 다루었다. 카르노는 물레방아와 같은 수력 기관에서 물이 높은 곳에서 낮은 곳으로 ㉢ 흐르면서 일을 할 때 물의 양과 한 일의 양의 비가 높기 차이에만 좌우되는 것에 주목하였다. 물이 높이 차에 의해 이동하는 것과 흡수하게 칼로릭도 [재진술] 고온에서 저온으로 이동하면서 일을 하게 되는데, 열기관의 열효율 역시 이러한 두 온도에만 의존한다는 것이었다.

한편 1840년대에 [사람이름] 줄(Joule)은 일정량의 열을 얻기 위해 필요한 각종 에너지의 양을 측정하는 실험을 행하였다. 대표적인 것이 열의 일당량 실험이었다. 이 실험은 열기관을 대상으로 한 것이 아니라, 추를 낙하시켜 물속의 날개배퀴를 회전시키는 실험이었다. [개념] 열의 양은 칼로리(calorie)로 표시되는데, 그는 역학적 에너지인 일이 열로 바뀌는 과정의 정밀한 실험을 통해 [재진술] 1 kcal의 열을 얻기 위해서 필요한 일의 양인 열의 일당량을 측정하였다. [실험의 결론] 줄은 이렇게 일과 열은 형태만 다를 뿐 서로 전환이 가능한 물리량이며 등가성을 갖는다는 것을 입증하였으며, 열과 일이 상호 전환될 때 열과 일의 에너지를 합한 양은 일정하게 보존된다는 사실을 알아내었다. 이후 열과 일뿐만 아니라 화학 에너지, 전기 에너지 등이 등가성을 가지며 상호 전환될 때에 에너지의 총량은 변하지 않는다는 에너지 보존 법칙이 입증되었다.

열과 일에 대한 이러한 이해는 카르노의 이론에 대한 과학자들의 재검토로 이어졌다. 특히 [사람이름] 톰슨은 ㉣ '칼로릭 이론에 입각한 카르노의 열기관에 대한 설명'이 '줄의 에너지 보존 법칙에 위배된다고 지적'하였다. 카르노의 이론에 의하면, [재진술] 열기관은 높은 온도에서 흡수한 열 전부를 낮은 온도로 방출하면서 일을 한다. 이것은 줄이 입증한 열과 일의 등가성과 에너지 보존법칙에 ㉤ 어긋나는 것이어서 열의 실체가 칼로릭이라는 생각은 더 이상 유지될 수 없게 되었다. 하지만 열효율에 관한 카르노의 이론은 [사람이름] 클라우지우스의 증명으로 유지될 수 있었다. 그는 카르노의 이론이 유지되지 않는다면 열은 저온에서 고온으로 흐르는 현상이 ㉥ 생길 수도 있을 것이라는 가정에서 출발하여, 열기관의 열효율은 열기관이 고온에서 열을 흡수하고 저온에 방출할 때의 두 작동 온도에만 관계된다는 카르노의 이론을 증명하였다.

[주장] 클라우지우스는 자연계에서는 열이 고온에서 저온으로만 흐르고 그와 반대되는 현상은 일어나지 않는 것과 같이 경험적으로 알 수 있는 방향성이 있다는 점에 주목하였다. 또한 [재진술] 열이 열로 전환될 때와는 달리, 열기관에서 열 전부를 일로 전환할 수 없다는, 즉 열효율이 100%가 될 수 없다는 [개념] 상호 전환 방향에 관한 비대칭성이 있다는 사실에 주목하였다. 이러한 방향성과 비대칭성에 대한 논의는 이를 설명할 수 있는 새로운 물리량인 [개념] 엔트로피의 개념을 낳았다.

33. 윗글을 바탕으로 할 때, <보기>의 [가]에 들어갈 말로 가장 적절한 것은? [3점]

< 보 >
가

줄의 실험과 달리, 열기관이 흡수한 열의 양(A)과 열기관으로부터 얻어진 일의 양(B)을 측정하여 A 로 열의 일당량을 구하면, 그 값은 ([가])는 결과가 나올 것이다.

- ㉠ 열기관의 두 작동 온도의 차이가 일정하다면 줄이 구한 열의 일당량과 같다
- ㉡ 열기관이 열을 흡수할 때의 온도와 상관없이 줄이 구한 열의 일당량과 같다
- ㉢ 열기관이 흡수한 열의 양이 많을수록 줄이 구한 열의 일당량보다 더 커진다
- ㉣ 열기관의 두 작동 온도의 차이가 커질수록 줄이 구한 열의 일당량보다 더 커진다
- ㉤ 열기관이 흡수한 열의 양과 두 작동 온도에 상관없이 줄이 구한 열의 일당량보다 작다

33번 일당량의 정의로 가서 세부독해. 3단락이죠. 3단락 전체를 다시 읽으면서, 줄이 내린 결론은? 등가성, 에너지 총량은 변하지 않는다는 것이었죠. 여기서 추론이 필요합니다. 즉, 추론을 통해 칼로릭 이론에 의해 '열=일'이 되어야 한다는 결론이 나와야 합니다.

그런데, <보기>에서 '줄의 실험과 달리'라는 구절이 있습니다. 여기서 줄의 결론을 뒤집는 지문의 내용을 찾아야 합니다. 그렇습니다. 5단락에 등장하는 클라우지우스의 열효율이 100%가 될 수 없다는 이야기가 생각나셔야 합니다. '열=일'이 아니다가 클라우지우스의 결론이네요?

즉 <보기>는 클라우지우스의 견해라고 생각하셨으면 성공입니다. '열기관은 흡수한 열을 모두 일로 전환할 수 없다'는 생각으로 이어졌다면 성공입니다. 답은 5번이네요.