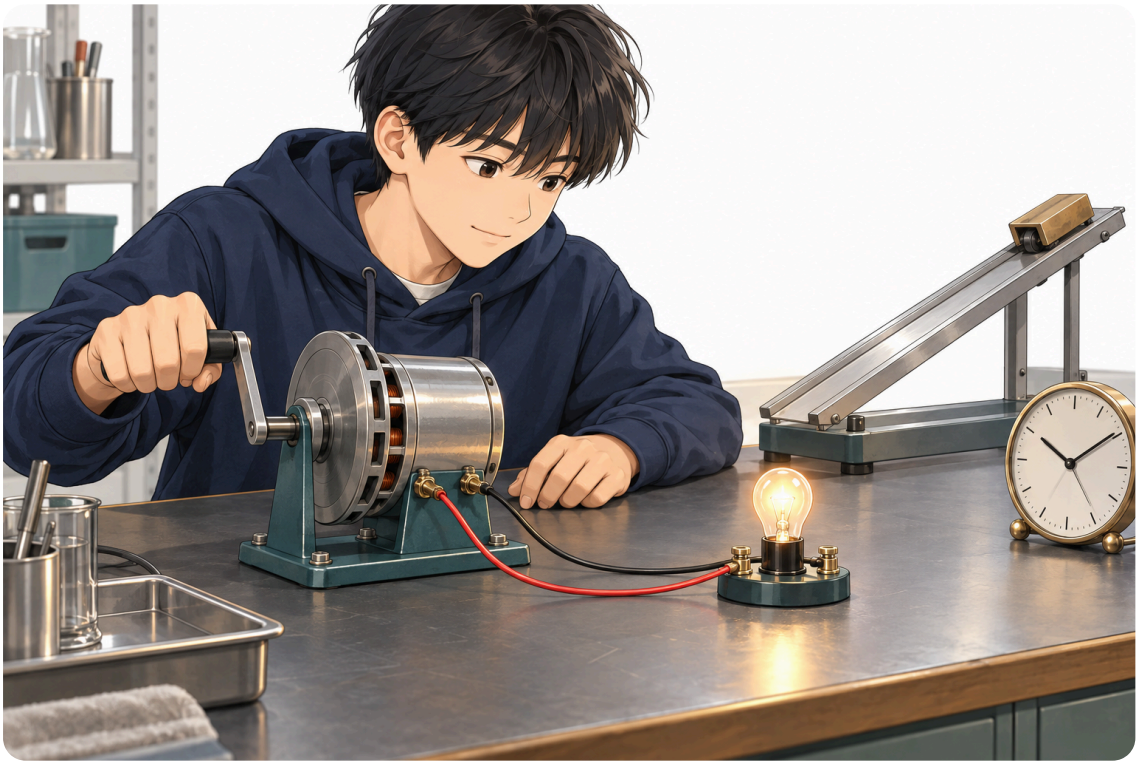
에너지의 양·빠르기·효율은 어떻게 함께 판단할까?

같은 높이에서 내려온 두 상자는 도착 속력이 같아도 도착 시간은 다를 수 있다. 소비 전력이 작은 조명도 더 오래 켜면 전력량이 커질 수 있다. 발전기의 효율이 낮아도 전체 에너지는 보존된다.

Q **같은 자료에서 양·빠르기·비율을 구별하면 판단이 어떻게 달라질까?**



© 대치동 재우쌤 | 010-9524-4849 | https://leessaem.com/ | https://blog.naver.com/leessaem84

본 자료는 직접 제작한 학습 자료입니다. 개인 학습을 위한 열람·인쇄는 자유롭게 할 수 있으며, 무단 복제·재배포·수정 후 재배포 및 상업적 이용을 금합니다.

무엇을 묻고, 어떤 식으로 연결할까?

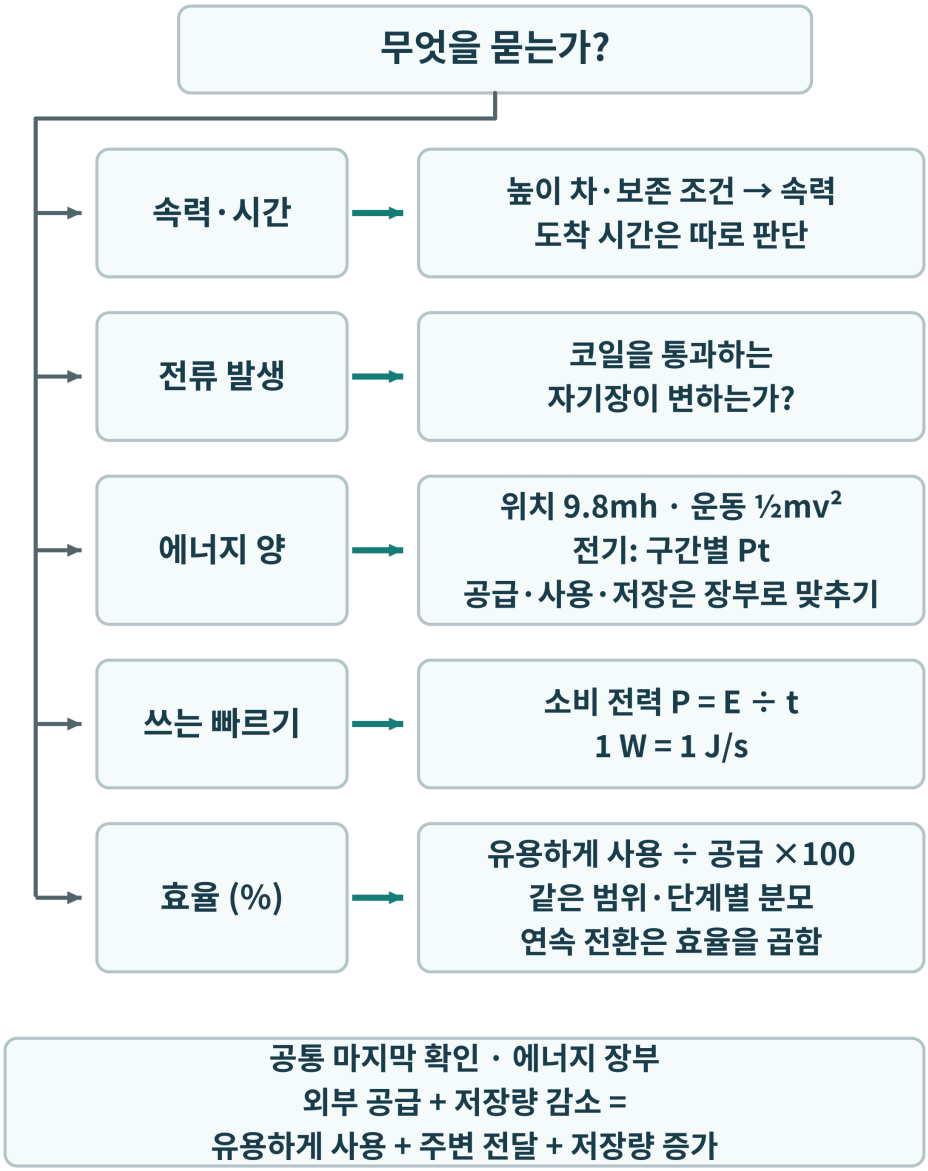


그림 1. 묻는 양과 연결할 식

묶음	질문	확인 문제
① 운동과 발전	Q1 속력·시간·기준면 / Q2 전자기 유도와 에너지원	1~10
② 전환과 비교	Q3 두 단계의 효율 / Q4 같은 결과와 실제 사용량	11~20
③ 기록과 범위	Q5 구간별 전력량 / Q6 열 회수 / Q7 저장량 변화	21~32
선택 확장	출력의 평균 전력 / 열 회수 장치의 저장량 증가	선택 1~2

꺼내 올 식 양·빠르기·비율

양	기호식·관계	단위·조건
중력에 의한 위치 에너지	$E_p = 9.8mh$	m: 질량(kg), h: 기준면에서의 높이(m), E_p: J
운동 에너지	$E_k = \frac{1}{2}mv^2$	v: 속력(m/s), E_k: J
역학적 에너지	$E_m = E_p + E_k$	J
소비 전력	$P = \frac{E}{t}$	E를 J, t를 s로 쓰면 P는 W. 1 W=1 J/s
전력량	$E = Pt$	W×s=J, W×h=Wh. 전력이 일정한 구간마다 적용한다.

$$\text{에너지 효율}(\%) = \frac{\text{유용하게 사용된 에너지}}{\text{공급한 에너지}} \times 100$$

분자·분모는 같은 시간·같은 장치 범위의 양이며, 에너지 단위도 같게 맞춘다.

1 kJ=1000 J, 1 kW=1000 W, 1 kWh=1000 Wh=3600000 J이다. $9.8m$은 질량 m kg인 물체의 무게(N)에 해당한다.

이 학습지의 약속

- [ ] 계산을 쉽게 하려고 위치 에너지 식의 **9.8 대신 10**을 쓴다. 수치는 모두 계산용 모형이다.
- [ ] 레일의 상자는 미끄러진다. 마찰·공기 저항 조건은 각 문항을 따르며, 도착은 충돌 **직전**이다.
- [ ] 적힌 것 이외의 공급과 저장량 변화는 없다. 저장량이 늘거나 줄면 발문에 따로 적는다.
- [ ] 조명의 비추는 조건은 같다. **같은 밝기라면 같은 시간 동안의 빛에너지 양이 같다**고 본다.
- [ ] 각 시간 구간의 소비 전력은 일정하다. 작동·대기를 합친 하루는 24시간이다.

에너지 장부 같은 에너지를 두 번 세지 않는다

외부 공급+저장량 감소 = 유용하게 사용된 에너지+주변으로 빠져나간 에너지+저장량 증가

저장된 에너지를 꺼내 쓰면 왼쪽에, 더 저장하면 오른쪽에 쓴다. 장치들 사이의 내부 전달은 전체의 새 공급으로 더하지 않는다.

① 운동과 발전

Q1 도착 속력이 같으면 도착 시간도 같을까?

갈래 **속력·시간** 기본편 VI01·VI02와 연결

한줄답 **아니다. 높이 차와 보존 조건으로 도착 속력을 비교해도, 도착 시간까지 같다고 할 수는 없다.**

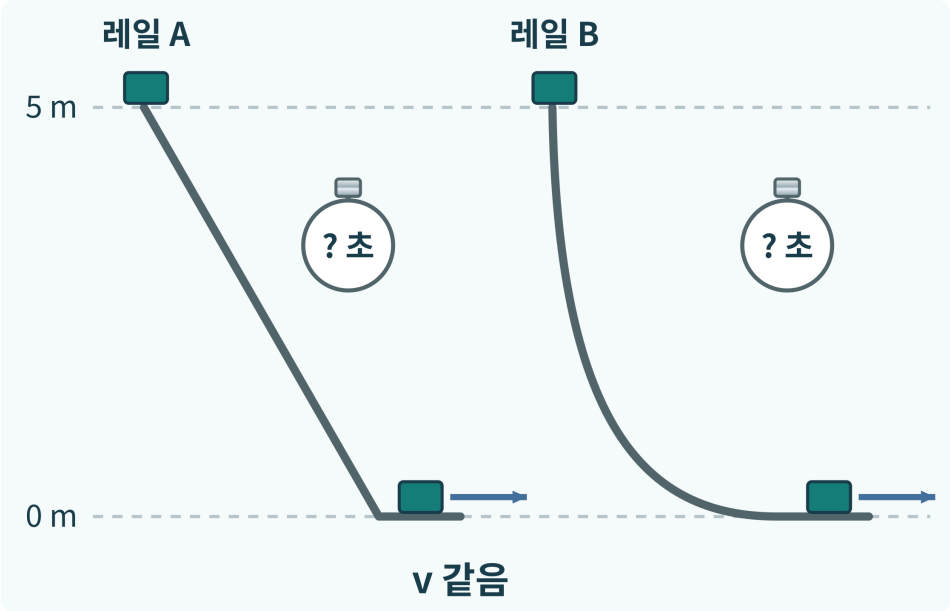
비유 **결승선을 지나는 두 사람**

같은 출발선에서 동시에 출발한 두 친구가 있다. 한 친구는 처음부터 끝까지 4 m/s로 달리고, 다른 친구는 처음에는 2 m/s로 달리다가 4 m/s로 속력을 높였다. 결승선을 지날 때 속력은 같아도, 느리게 달린 구간이 있는 친구의 기록은 더 길다. 마지막 순간의 속력만으로 그동안 걸린 시간 전체를 알 수는 없다.

이 비유는 여기까지만 맞다 달리기는 근육이 계속 에너지를 공급한다. 여기의 레일 모형은 정지 출발·같은 높이 차·마찰과 공기 저항 무시 조건에서 비교한다.

같은 높이 차 · 같은 도착 속력

같은 질량 · 정지 출발 · 마찰과 공기 저항 무시



도착 시간은 같은지 알 수 없다.

그림 2. 같은 높이 차와 도착 속력

$$E_p + E_k = \text{일정}, \qquad E_k = \tfrac{1}{2}mv^2$$

같은 질량의 작은 상자를 같은 높이에서 가만히 놓고, 같은 높이의 끝점까지 미끄러뜨린다. 마찰과 공기 저항을 무시하면 처음 역학적 에너지가 같고 도착 위치 에너지도 같다. 따라서 도착 운동 에너지와 속력이 같다. 경로와 중간의 속력 변화는 다를 수 있으므로 도착 시간은 따로 판단한다.

비유 **자의 0 눈금을 옮기기**

두 표시의 눈금이 3 cm와 8 cm였다. 자의 0 위치를 2 cm 옮겨 1 cm와 6 cm로 읽어도 두 표시 사이 거리는 5 cm로 같다.

이 비유는 여기까지만 맞다 위치 에너지는 높이뿐 아니라 질량과 중력에도 관계된다. 같은 물체의 기준면만 바꿀 때, 두 지점의 위치 에너지 값은 바뀌어도 변화량은 같다.

대표 문제 1 **이상적인 운동과 실제 운동**

질량 2 kg인 작은 상자가 기준면 위 5 m에서 레일을 따라 정지 상태로 출발한다. 처음에는 마찰과 공기 저항을 무시한다. (1) 처음 역학적 에너지 (2) 높이 2 m에서 위치·운동 에너지 (3) 기준면 도착 직전 운동 에너지·속력을 구하시오. (4) 실제 도착 직전 운동 에너지가 80 J라면 다른 형태나 주변으로 전달된 양을 구하고, 그 에너지가 사라졌는지 쓰시오.

먼저 풀어 보기

(1) _____

(2) _____

(3) _____

(4) _____

풀이

조건·목표	식과 답
처음 정지·높이 5 m	$10 \times 2 \times 5 = 100$ J, 운동 에너지 0 J → 역학적 에너지 **100 J**
높이 2 m	위치 $10 \times 2 \times 2 =$ **40 J**, 운동 $100 - 40 =$ **60 J**
기준면 도착 직전	운동 **100 J**, $\tfrac{1}{2} \times 2 \times v^2 = 100$ → **10 m/s**
실제 운동의 기록	$100 - 80 =$ **20 J**가 열·소리 등으로 전환·전달. 전체 에너지의 소멸이 아니다.

높이에 따른 에너지 전환

질량 2 kg · 9.8 대신 10으로 계산

5 m · 정지



2 m · 이상적인 운동



도착 직전 · 이상적인 운동



도착 직전 · 실제 운동



빗금 20 J: 열·소리 등으로 전환·전달
네 막대의 합계는 모두 100 J

그림 3. 높이별 에너지 전환

주의

- 역학적 에너지가 줄었으므로 전체 에너지도 줄었다.
- **열·소리 등과 주변까지 포함하면 전체 에너지는 보존된다.**

Q2 자석이 곁에 있어도 전류가 흐르지 않을 때가 있는 이유는?

갈래 전류 발생 기본편 VI03·VI04와 연결

한줄답 **코일을 통과하는 자기장이 변해야 전류가 흐르기 때문이다.**

비유 **동작 감지 조명**

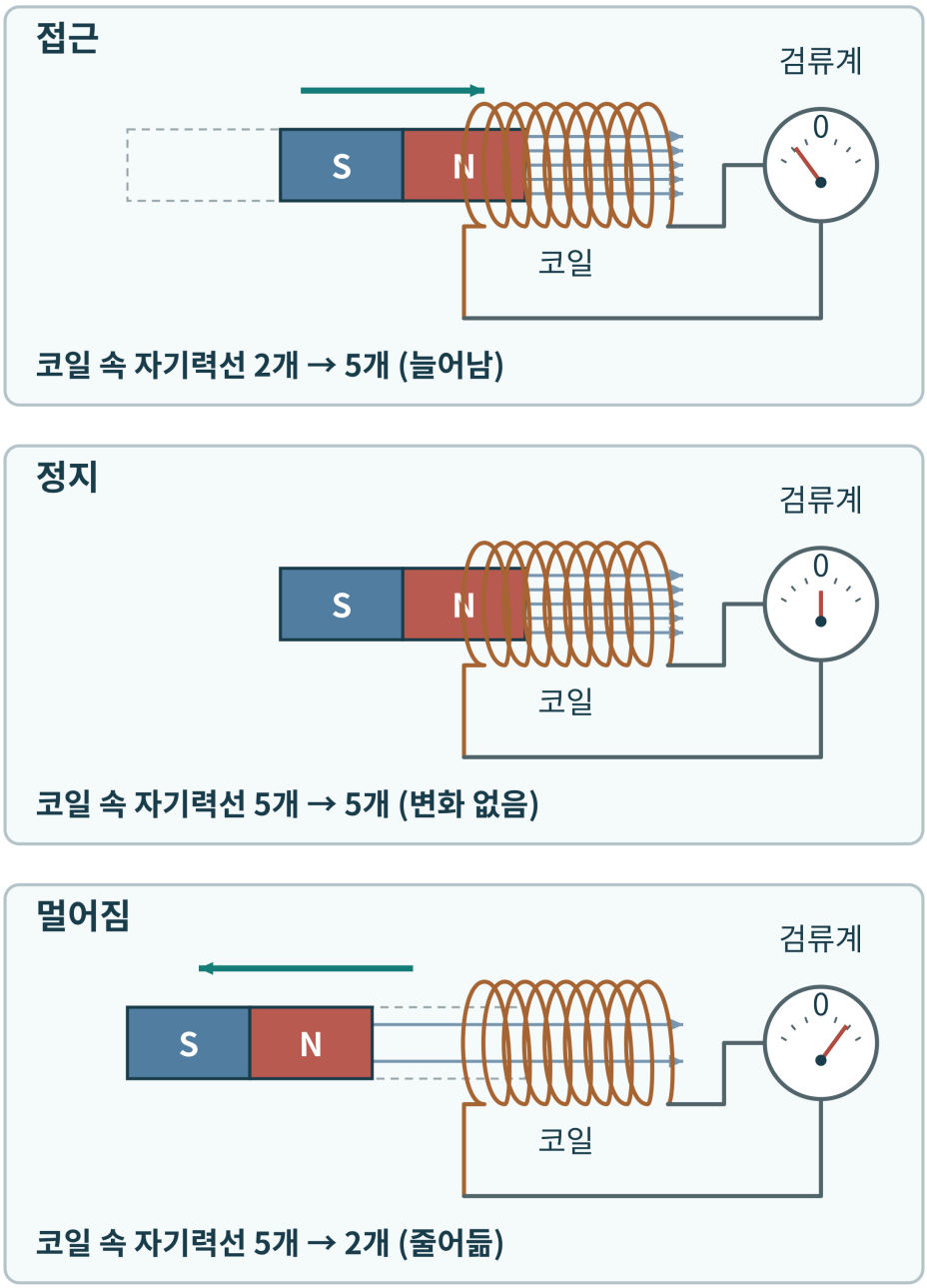
움직임이 없으면 일정 시간이 지난 뒤 꺼지는 동작 감지 조명은, 사람이 곁에 있는 것과 움직임이 생기는 것을 다르게 받아들인다. 이처럼 자석이 있다는 것과 코일 속 자기장이 변한다는 것은 다르다.

이 비유는 여기까지만 맞다 감지 조명은 별도의 전원을 쓴다. 코일이 사람처럼 움직임을 감지하는 것은 아니며, 유도 전류의 에너지는 자석·코일을 움직이는 데 공급한 에너지에서 온다. 감지 조명의 밝기로 유도 전류의 세기를 비유하지 않는다.

용어 **코일을 통과하는 자기장이 변할 때 코일에 전류가 흐르는 현상을 '전자기 유도', 그때 흐르는 전류를 '유도 전류'라고 한다.**

판단할 것	조건과 결과
유도 전류의 발생	코일을 통과하는 자기장이 변한다 → 유도 전류가 흐른다.
방향	같은 연결에서 같은 극의 접근·멀어짐을 바꾼다 → 전류 방향이 반대다.
세기	다른 조건이 같을 때 자석을 빠르게 움직이기 · 센 자석 쓰기 · 코일 많이 감기 → 더 센 유도 전류
공정한 실험	빠르기만 비교하려면 자석의 세기·극, 코일과 회로, 이동 구간 등을 같게 한다.

코일 속 자기장의 변화와 유도 전류



점선 자석: 이동 전 위치 · 자기력선 수는 모형 표시

그림 4. 코일을 통과하는 자기장의 변화

그림 4의 자기력선 수는 변화 설명을 위한 모형 표시이며 실제 선의 개수를 측정한 값이 아니다. 검류계의 좌우는 같은 연결에서의 상대 방향이다.

발전기의 에너지원 자석이 전기를 계속 만들어 줄까?

생활 속 예

바퀴 발전기를 쓰는 자전거 전조등은 바퀴가 돌 때 전기를 얻는다. 페달을 멈춰도 바퀴가 계속 돌면 불이 켜질 수 있다. 저장 장치가 없는 모형에서는 바퀴까지 멈추면 발전도 멈춘다.

이 예는 여기까지만 맞다 모든 자전거 등이 바퀴 발전기를 쓰는 것은 아니다. 여기서는 바퀴 발전기를 쓰고 에너지를 따로 저장하지 않는 경우다.

역학적 에너지 → 전기 에너지+주변으로 전달되는 열·소리 등

발전 모형	주된 에너지 전환
증기로 터빈을 돌리는 화력 발전	연료의 화학 에너지 → 열에너지 → 터빈·발전기의 역학적 에너지 → 전기 에너지
바람으로 날개를 돌리는 풍력 발전	바람의 운동 에너지 → 날개·발전기의 역학적 에너지 → 전기 에너지
태양 전지를 이용한 태양광 발전	빛에너지 → 전기 에너지. 자석·코일을 돌리는 발전기를 거치지 않는다.

바람은 움직이며 가진 역학적 에너지를 발전기에 전달한다. 표는 주된 전환을 나타내며, 주변으로 전달된 에너지가 사라졌다는 뜻은 아니다.

주의

- ✗ 자석이 코일 속에 머물기만 하면 유도 전류가 계속 흐른다.
- ✓ **자석·코일이 멈추고 자기장도 변하지 않으면 유도 전류가 흐르지 않는다.**

확인 문제 1~10

1 질량 4 kg인 작은 상자를 기준면 위 3 m 높이의 레일 출발점에 가만히 놓았다. 기준면에 도달하기 직전까지 마찰·공기 저항을 무시한다. 옳은 것은?

① 출발할 때 운동 에너지는 120 J이다.

② 기준면에 도달하기 직전의 위치 에너지는 120 J이다.

③ 기준면에 도달하기 직전의 운동 에너지는 120 J이다.

④ 내려오는 동안 역학적 에너지는 0 J에서 120 J로 증가한다.

⑤ 높이가 낮아질 때 위치 에너지가 없어진 만큼 전체 에너지도 줄어든다.

2 질량 1.5 kg인 작은 상자가 기준면 위 4 m 높이의 레일에서 정지 상태로 출발해 높이 1 m를 지난다. 마찰·공기 저항을 무시한다. (1) 처음 위치 에너지 (2) 높이 1 m에서의 위치 에너지 (3) 그곳에서의 운동 에너지를 구하시오.

(1) _____

(2) _____

(3) _____

3 질량 2 kg인 작은 상자가 지면 위 4 m에서 1 m로 레일을 따라 내려온다. 위치 에너지의 기준면을 지면에서 지면 위 1 m인 면으로 바꾸었다. 옳은 것은?

① 두 지점의 위치 에너지는 각각 달라지지만, 내려오는 동안 감소한 위치 에너지는 60 J로 같다.

② 기준면을 바꾸면 실제로 물체가 내려온 거리가 달라진다.

③ 기준면을 바꾸면 감소한 위치 에너지는 80 J에서 20 J로 바뀐다.

④ 지면 위 1 m를 기준면으로 삼으면 출발점의 위치 에너지도 0 J이다.

⑤ 위치 에너지가 0 J인 곳에서는 물체의 속력도 반드시 0이다.

4 질량 0.5 kg인 공을 지면 위 2 m에서 가만히 놓았더니, 바닥에 부딪친 뒤 1.2 m까지 올라가 순간적으로 멈췄다. 지면을 위치 에너지의 기준으로 삼는다. (1) 처음 역학적 에너지 (2) 다시 올라간 최고점의 역학적 에너지 (3) 줄어든 역학적 에너지와 그 에너지가 사라졌는지를 설명하시오.

(1) _____

(2) _____

(3) _____

5 같은 질량의 작은 상자 두 개를 높이가 같은 두 레일의 출발점에 하나씩 가만히 놓는다. 두 상자는 레일을 따라 미끄러져 출발점보다 낮은 도착점에 이르며, 두 도착점의 높이는 서로 같다. 마찰·공기 저항은 무시하며, 레일의 길이와 모양은 다르다. 반드시 옳은 것은?

① 두 물체는 같은 시간에 도착한다.

② 더 긴 레일에서 도착 운동 에너지가 더 크다.

③ 더 가파른 부분이 있는 레일에서 도착 위치 에너지가 더 작다.

④ 두 물체의 도착 속력은 같다.

⑤ 어느 레일이든 출발점과 도착점의 운동 에너지는 같다.

6 질량 0.4 kg인 작은 상자가 기준면 위 5 m 높이의 레일에서 정지 상태로 출발해 미끄러져 내려온다. 기준면 도착 직전까지 마찰·공기 저항을 무시한다. (1) 도착 직전 운동 에너지 (2) 도착 직전 속력을 구하시오. 운동 에너지는 $\frac{1}{2}mv^2$이다.

(1) _____

(2) _____

7 자석과 코일, 검류계의 연결을 바꾸지 않고 실험한다. 자석과 코일의 상대적인 위치가 변하지 않으며, 주변 자기장도 변하지 않는 때에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 자석이 가까이 있기만 하면 계속 유도 전류가 흐른다.

② 유도 전류를 얻으려면 반드시 코일에 전지를 연결해야 한다.

③ 코일을 통과하는 자기장이 변하지 않으므로 유도 전류가 흐르지 않는다.

④ 코일을 더 많이 감으면 자석이 멈춰 있어도 유도 전류가 흐른다.

⑤ 유도 전류가 없으므로 그곳에는 자기장도 없다.

8 한 학생이 자석을 움직이는 빠르기와 유도 전류의 세기를 비교했다. 느린 실험에서는 약한 자석, 빠른 실험에서는 센 자석을 썼더니 빠른 실험에서 검류계 바늘이 더 크게 움직였다. (1) 이 결과만으로 빠르기의 영향이라고 결론 낼 수 없는 이유 (2) 공정하게 비교하려면 고칠 점 (3) 자석·코일·이동 구간 등 다른 조건을 같게 하고 더 빠르게 움직이면 바늘이 움직이는 폭이 어떻게 달라지는지 쓰시오.

(1) _____

(2) _____

(3) _____

9 같은 자석의 N극을 코일에 밀어 넣었다가, 같은 구간에서 반대로 빼낸다. 코일·검류계의 연결은 그대로다. 옳은 것은?

① 밀어 넣을 때만 유도 전류가 흐른다.

② 빼낼 때에는 자기장이 사라지므로 전류도 생길 수 없다.

③ 두 경우 모두 N극이므로 유도 전류의 방향은 같다.

④ 전류 방향이 바뀌는 것은 에너지가 새로 생겼다는 뜻이다.

⑤ 두 경우 유도 전류의 방향이 반대가 된다.

10 발전기를 돌리는 데 역학적 에너지 200 J를 공급했다. 전기 에너지 120 J가 회로로 전달되었고 나머지는 열·소리 등으로 전달되었다. (1) 발전기의 효율 (2) 열·소리 등으로 전달된 양 (3) 전기 에너지가 자석에서 새로 생긴 것인지 쓰시오.

(1) _____

(2) _____

(3) _____

② 전환과 비교

Q3 두 단계의 효율은 더할까, 곱할까?

갈래 비율 기본편 VI04·VI06과 연결

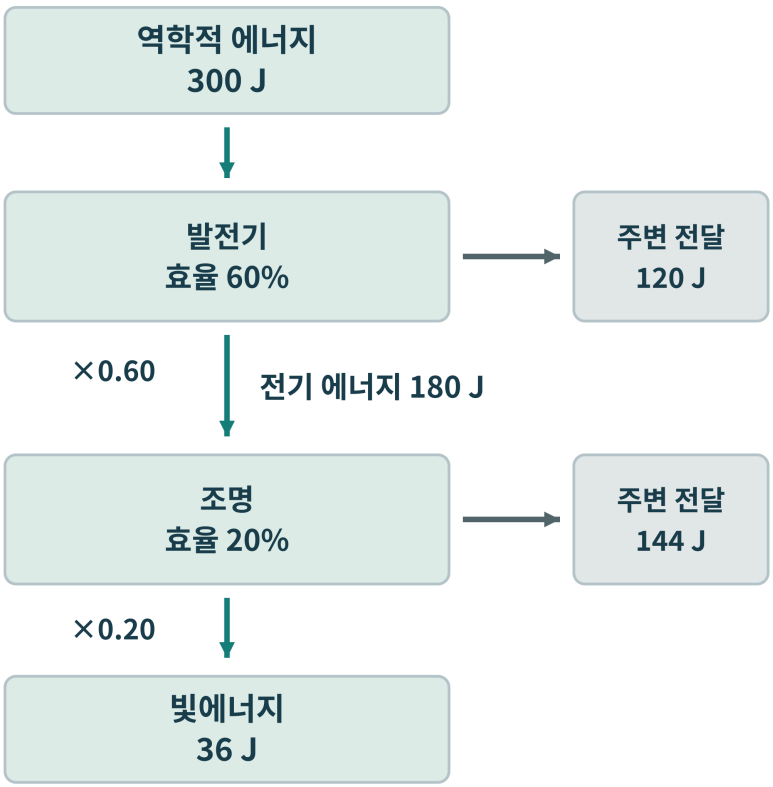
한줄답 앞 단계의 출력이 다음 단계의 공급이 되므로 효율의 소수 값을 차례로 곱한다.

비유 물 나르기 릴레이

첫 사람이 받은 물의 60%를 둘째 사람에게 넘기고, 둘째 사람이 받은 물의 20%를 화분에 붓는다. 화분에는 처음 물의 0.60 × 0.20 = 0.12, 즉 12%가 들어간다. 흘린 물도 바닥에 남아 있다.

이 비유는 여기까지만 맞다 에너지는 물질이 아니며 빛·열 등 다른 형태로 바뀐다. 바닥의 물을 모으는 것처럼 퍼진 열을 원하는 형태로 쉽게 모을 수 있는 것은 아니다.

두 단계 전환, 달라지는 분모



전체 효율 12% · 주변 전달 264 J

그림 5. 두 단계의 에너지 전환

300 J $\xrightarrow{\times 0.60}$ 180 J $\xrightarrow{\times 0.20}$ 36 J

✗ 단계별 효율을 더한다.

✓ 앞 단계 출력에 다음 단계 효율을 곱한다.

범위	공급한 에너지	유용하게 사용된 에너지	효율
발전기	300 J	전기 에너지 180 J	60%
조명	180 J	빛에너지 36 J	20%
전체	처음 300 J	최종 빛에너지 36 J	12%

효율의 분모는 발전기 300 J, 조명 180 J로 다르다. 0.60 × 0.20 × 100 = 12%이며 두 효율을 더하지 않는다. 36 J는 중간 180 J의 일부이므로 이용량을 180 + 36으로 더하지 않는다.

에너지 장부

들어온 에너지: 외부 공급+저장량 감소	유용하게 사용된 에너지	주변으로 빠져나간 에너지	저장량 증가
300 J	빛 36 J	120 J+144 J=264 J	0 J

대표 문제 2 빛에너지에서 처음 공급량으로

발전기 효율 50%, 조명 효율 20%다. 발전기의 전기 출력 전부를 조명에 보낸다. 빛에너지 80 J를 얻으려면 (1) 조명에 넣을 전기 에너지 (2) 발전기에 넣을 역학적 에너지 (3) 전체 효율을 구하시오.

먼저 풀어 보기

(1) _____

(2) _____

(3) _____

풀이

80 J $\xrightarrow{\div 0.20}$ 400 J $\xrightarrow{\div 0.50}$ 800 J

✗ 거꾸로 구할 때도 곱한다.

✓ 필요한 공급량은 효율로 나눈다.

물음	식과 답
(1) 조명 공급량	80 ÷ 0.20 = **400 J**
(2) 발전기 공급량	400 ÷ 0.50 = **800 J**
(3) 전체 효율	0.50 × 0.20 × 100 = **10%**. 80 ÷ 0.10 = 800 J로도 확인한다.

Q4 소비 전력이 작으면 같은 결과에 필요한 에너지도 작을까?

갈래 빠르기·양·비율 기본편 VI05·VI06과 연결

한줄답 **소비 전력과 사용 시간을 함께 곱하고, 같은 결과를 얻었는지도 비교해야 한다.**

비유 **수도꼭지와 양동이**

수도꼭지에서 1초 동안 나오는 물의 양은 물을 받는 빠르기이고, 양동이에 받은 총량은 모인 양이다. 약하게 틀어도 오래 받으면 더 많이 모일 수 있다.

이 비유는 여기까지만 맞다 전기 에너지는 물처럼 쌓이는 물질이 아니다. 기구에서 빛·열 등으로 전환된다. 물의 흐름은 빠르기와 총량을 구별하는 데만 비유한다.

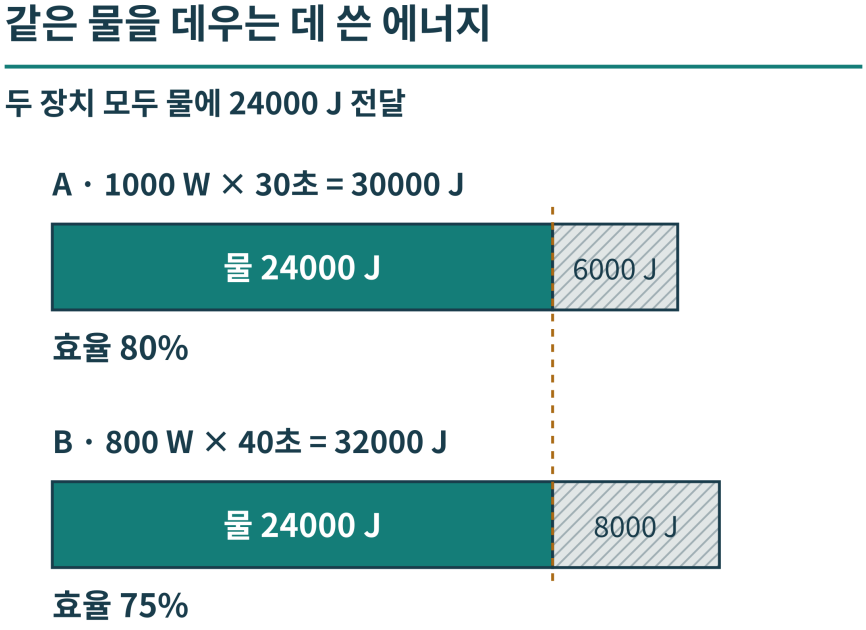


그림 6. 같은 물을 데우는 에너지 비교

$$E = Pt, \qquad \text{효율}(\%) = \frac{\text{유용하게 사용된 에너지}}{\text{공급한 에너지}} \times 100$$

같은 양의 물을 같은 처음 온도에서 같은 끝 온도까지 데웠다. 물에 전달된 에너지는 A·B 모두 24000 J다.

양	A	B
소비 전력·시간	1000 W·30초	800 W·40초
공급 전기 에너지	30000 J	32000 J
물에 유용하게 전달된 에너지	24000 J	24000 J
효율	80%	75%
주변으로 빠져나간 에너지	6000 J	8000 J

이 비교에서는 A가 2000 J를 덜 쓰고 효율도 높다. B의 소비 전력은 작지만 더 오래 작동해 전체 전기 에너지 사용량이 더 크다. 물의 양·처음과 끝 온도가 다르면 같은 결과를 얻은 비교가 아니다.

자료	판단
소비 전력이 작다.	같은 시간에 사용하는 전기 에너지가 적다. 실제 전력량은 시간도 필요하다.
유용하게 사용된 양은 같은데 공급량이 작다.	같은 결과에 대한 효율이 더 높다.
같은 밝기를 더 작은 소비 전력으로 낸다.	같은 시간의 빛에너지 양이 같으므로 작동 중 효율이 더 높다.
작동 시간을 늘렸다.	효율이 높은 조명이라도 하루 전력량이 커지거나 같아질 수 있다.

주의

- ✗ 전력량이 줄었으면 작동 중 효율도 반드시 높아졌다.
- ✓ **작동·대기 시간을 줄여 전력량을 줄인 경우와, 같은 밝기를 더 작은 전력으로 내는 경우를 구별한다.**

확인 문제 11~20

11 역학적 에너지 500 J를 효율 80%인 발전기에 공급한다. 전기 출력 전부를 조명에 전달하고, 조명은 그중 25%를 빛에너지로 전환한다. 두 장치를 합친 에너지 효율은?

① 105%　② 20%　③ 55%　④ 80%　⑤ 25%

12 역학적 에너지 300 J를 효율 50%인 발전기에 공급했다. 전기 출력 전부가 조명에 들어가고, 조명은 그중 30%를 빛에너지로 전환한다. (1) 조명에 들어간 전기 에너지 (2) 빛에너지로 전환된 양 (3) 전체 효율 (4) 두 장치에서 유용하게 쓰이지 못하고 주변으로 빠져나간 에너지의 합을 구하시오.

(1) _____

(2) _____

(3) _____

(4) _____

13 어떤 장치에 600 J를 공급해 0.12 kJ를 유용하게 사용했다. 효율을 바르게 계산한 것은?

① 0.12÷600×100=0.02%　② 600÷120×100=500%

③ 120÷600=0.2 J　④ 120÷600×100=20%

⑤ 600−120=480%

14 같은 양의 물을 같은 처음 온도에서 같은 끝 온도까지 데운다. 물에 전달된 에너지는 A·B 모두 18000 J이다. A는 900 W로 40초, B는 600 W로 50초 작동했다. (1) 각 장치에 공급한 에너지 (2) 각 효율 (3) 이 물을 데우는 데 전기 에너지를 더 적게 쓴 장치와 두 공급량의 차이를 구하시오.

(1) _____

(2) _____

(3) _____

15 같은 밝기를 내는 조명 A는 8 W로 하루 3시간, B는 5 W로 하루 6시간 켰다. 작동 전력은 일정하고 대기 전력은 없다. 옳은 것은?

① A는 24 Wh, B는 30 Wh를 사용했다.

② B의 소비 전력이 작으므로 B의 하루 전력량도 반드시 작다.

③ A는 24 W, B는 30 W를 사용했다.

④ 같은 밝기이므로 작동 시간이 달라도 하루 전력량은 같다.

⑤ B의 소비 전력이 A의 5/8이므로 하루 전력량도 A의 5/8이다.

16 조명을 18 W 제품에서 같은 밝기의 10 W 제품으로 바꾸었다. 바꾸기 전에는 하루 5시간, 바꾼 뒤에는 하루 9시간 켰다. 대기 전력은 없다. (1) 바꾸기 전후 하루 전력량 (2) 소비 전력이 낮아졌다는 이유만으로 하루 전력량도 줄었다고 할 수 있는지 쓰시오.

(1) _____

(2) _____

17 장치 A는 공급한 전기 에너지 1 kJ 중 200 J를 유용하게 사용하고 나머지는 주변으로 전달했다. 옳은 것은?

① A의 효율은 200%이다.

② 주변으로 전달된 에너지는 800 W이다.

③ 효율이 100%보다 작으므로 전체 에너지 보존 법칙이 성립하지 않는다.

④ 주변으로 전달된 열에너지는 에너지 보존 계산에서 빼야 한다.

⑤ 효율은 20%이고, 유용하게 쓰이지 못한 800 J도 주변으로 전달되어 보존된다.

18 같은 목적에 에너지 120 J가 필요하다. A의 효율은 30%, B는 40%이다. (1) 각 장치에 필요한 공급량 (2) B를 쓰면 줄어드는 공급량 (3) 각 장치에서 유용하게 쓰이지 못하고 주변으로 빠져나간 양을 구하시오.

(1) _____

(2) _____

(3) _____

19 효율 40%인 발전기의 전기 출력 전부를 효율 50%인 조명에 넣는다. 조명이 빛에너지 200 J를 내보내려면 발전기에 필요한 역학적 에너지는?

① 100 J ② 400 J ③ 1000 J ④ 500 J ⑤ 2000 J

20 한 장치가 전기 에너지 0.02 kWh를 받아 그중 25%를 유용하게 사용했다. 1 kWh=3600000 J이다. (1) 공급한 에너지를 J로 나타내고 (2) 유용하게 사용된 에너지를 J로 구하시오.

(1) _____

(2) _____

③ 기록과 범위

Q5 하루 동안 전력이 바뀌면 어느 전력에 24시간을 곱할까?

갈래 에너지의 양 기본편 VI05·VI06과 연결

한줄답 구간마다 실제 전력에 그 구간의 시간을 곱해 더한다.

비유 수도꼭지를 세 번 바꿔 틀기

수도꼭지를 처음에는 세게, 다음에는 약하게, 마지막에는 물방울만 떨어지게 틀었다면 각 구간에서 받은 양을 더해야 한다. 처음 빠르기로 하루 전체를 계산하면 실제 받은 양과 다르다.

이 비유는 여기까지만 맞다 전기 에너지는 물질이 아니며 기구에서 전환된다. 물방울은 적은 전력도 오래 이어지면 사용 에너지가 쌓여 커진다는 점에만 대응한다.

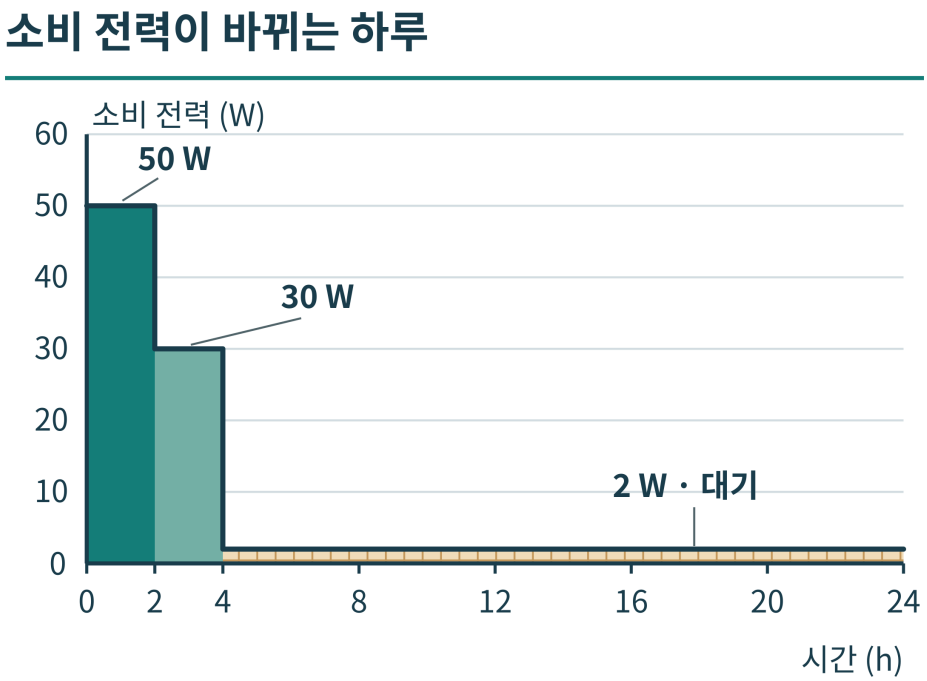


그림 7. 하루 소비 전력 기록

$$E = \underbrace{50\,\mathrm{W} \times 2\,\mathrm{h}}_{\text{작동①}} + \underbrace{30\,\mathrm{W} \times 2\,\mathrm{h}}_{\text{작동②}} + \underbrace{2\,\mathrm{W} \times 20\,\mathrm{h}}_{\text{대기}}$$

직사각형의 넓이는 그 구간의 전력량이다. 시간이 겹치지 않는 세 구간의 합은 24시간이다. 여러 대를 여러 날 같은 기록으로 사용하면 한 대의 하루 전력량에 대수·일수를 곱한다.

대표 문제 3 **대기 전력이 여러 대·여러 날 쌓이면**

기구 4대가 각각 하루 3시간 동안 40 W로 작동하고 나머지 21시간은 1 W로 대기한다. 같은 기록이 30일 반복된다. 필요한 작동은 유지하고 불필요한 대기만 차단한다. (1) 차단 전 한 대의 하루 전력량 (2) 차단 전 전체 30일 전력량 (3) 줄어드는 전력량 (4) 차단 후 전력량을 구하시오. (2)~(4)는 kWh로 쓰시오.

먼저 풀어 보기

(1) _____

(2) _____

(3) _____

(4) _____

풀이

물음	식과 답
(1) 한 대·하루	$40 \times 3 + 1 \times 21 =$ **141 Wh**
(2) 4대·30일	$141 \times 4 \times 30 = 16920$ Wh=**16.92 kWh**
(3) 대기 차단분	$1 \times 21 \times 4 \times 30 = 2520$ Wh=**2.52 kWh**
(4) 차단 후	$16.92 - 2.52 =$ **14.40 kWh**

주의

- ✗ 불필요한 대기를 차단하면 작동 중 효율도 자동으로 높아진다.
- ✓ **필요하지 않은 시간의 사용량을 줄인 것이다. 유지해야 하는 대기 기능은 실제 목적에 따라 구별한다.**

Q6 열을 회수하면 전체 공급량에 그 양을 다시 더할까?

갈래 에너지 장부·비율 기본편 VI04·VI06과 연결

한줄답 **전체 안에서 옮겨 간 에너지는 다시 공급으로 세지 않고, 밖에서 추가로 받은 에너지는 포함한다.**

비유 **용돈 장부**

받은 용돈 10000원 중 6000원을 지갑에서 저금통으로 옮겨도 받은 용돈이 16000원이 되지 않는다. 가족에게 따로 받은 1000원은 새 수입이다.

이 비유는 여기까지만 맞다 돈은 옮겨도 형태가 그대로지만 에너지는 전달되며 형태가 바뀔 수 있다. 실제 장치에서는 유용하게 쓰지 못한 일부가 주변으로 열 등으로 전달될 수 있다.

공장 전동기에 전기 에너지 600 J를 공급해 부품 상자를 들어 올렸다. 상자의 위치 에너지는 180 J 증가하고, 열 420 J가 회수 장치로 갔다. 회수 장치는 펌프를 돌릴 전기 에너지 30 J를 더 받아 물에 120 J를 전달한다. 남은 330 J는 주변으로 빠져나간다.

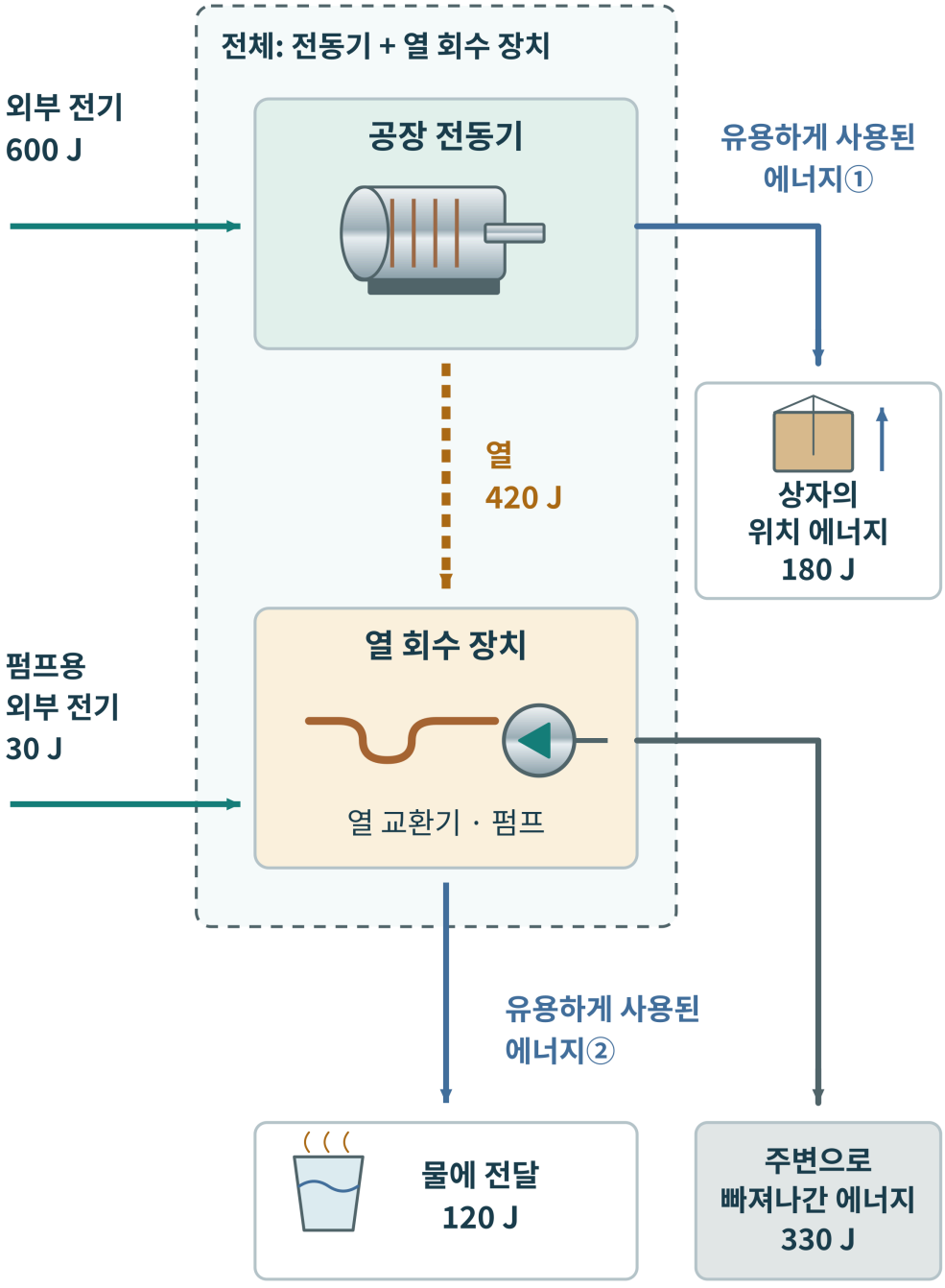
전체 공급: 600 + 30 = 630 J / 유용하게 사용: 180 + 120 = 300 J / 이용 비율: 300 ÷ 630 × 100 ≈ 47.6%

에너지 장부

들어온 에너지: 외부 공급+저장량 감소	유용하게 사용된 에너지	주변으로 빠져나간 에너지	저장량 증가
600 J+30 J=630 J	상자 180 J+물 120 J =300 J	330 J	0 J

420 J는 처음 600 J의 일부가 회수 장치로 옮겨 간 양이다. 전체 공급량에 다시 더하지 않는다. 상자 올리기에 대한 전동기 자체의 효율 30%와 두 용도의 이용 비율 약 47.6%는 세는 장치와 용도가 다르다.

공장 전동기와 열 회수 장치



밖 → 안으로 들어오는 화살표만 외부 공급이다.
주황 점선: 내부 전달 · 파란 화살표: 유용하게 사용

그림 8. 공장 전동기와 열 회수 장치

대표 문제 4 열 회수의 전체 장부

다른 공장 전동기에 전기 에너지 400 J를 공급해 상자의 위치 에너지를 100 J 늘리고, 열 300 J를 회수 장치로 보냈다. 회수 장치는 펌프용 전기 에너지 20 J를 추가로 받아 물에 80 J를 전달한다. 저장량 변화는 없다. (1) 전체 공급량 (2) 유용하게 사용된 에너지의 합 (3) 주변 전달량 (4) 두 용도를 합친 이용 비율을 구하시오.

먼저 풀어 보기

(1) _____

(2) _____

(3) _____

(4) _____

풀이

물음	식과 답
(1) 외부 공급량	400 + 20 = **420 J**
(2) 유용하게 사용된 양	100 + 80 = **180 J**
(3) 주변 전달량	420 − 180 = **240 J**
(4) 이용 비율	180 ÷ 420 × 100 ≈ **42.9%**

에너지 장부

들어온 에너지: 외부 공급 +저장량 감소	유용하게 사용된 에너지	주변으로 빠져나간 에너지	저장량 증가
400 J+20 J=420 J	상자 100 J+물 80 J =180 J	240 J	0 J

주의

- ✗ 내부로 옮겨 간 열 300 J도 전체의 새 공급이다.
- ✓ 경계 밖에서 안으로 들어온 400 J·20 J만 전체 공급이다. 회수한 에너지도 처음 출처를 추적한다.

Q7 공급한 양보다 많이 썼다면 에너지가 새로 생긴 걸까?

갈래 에너지 장부·저장 | 기본편 VI04·VI06과 연결

한줄답 **미리 저장한 에너지를 꺼내 썼는지 확인해야 한다. 전지 저장량이 줄어 추가로 사용할 수 있다.**

비유 **저금통에서 꺼내 쓰기**

이번에 받은 5000원과 저금통에서 꺼낸 2000원으로 7000원을 썼다면 돈 2000원이 새로 생긴 것이 아니다. 저금통의 저장분이 줄어든 것이다.

이 비유는 여기까지만 맞다 전지는 돈처럼 물질을 그대로 쌓아 두는 장치가 아니다. 충전·방전 과정에서도 일부가 열로 주변에 전달된다.

외부 전원과 전지를 함께 쓸 수 있는 충전식 손전등 모형이다. 충전하면서 켜 둔 경우와 저장 에너지를 꺼내 쓴 경우를 구별한다.

외부에서 500 J를 받아 빛에너지로 200 J가 전환되고, 주변으로 250 J가 전달되며, 전지에 50 J가 충전되었다.

에너지 장부 ① 충전하며 켜 두기

들어온 에너지: 외부 공급+저장량 감소	유용하게 사용된 에너지	주변으로 빠져나간 에너지	저장량 증가
외부 500 J	빛 200 J	250 J	50 J

외부에서 받은 100 J와 전지에서 꺼낸 50 J를 함께 써서, 빛에너지로 120 J가 전환되고 주변으로 30 J가 전달되었다.

에너지 장부 ② 외부 공급과 전지 함께 쓰기

들어온 에너지: 외부 공급+저장량 감소	유용하게 사용된 에너지	주변으로 빠져나간 에너지	저장량 증가
외부 100 J+저장 감소 50 J=150 J	빛 120 J	30 J	0 J

둘째 경우에는 새 외부 공급 100 J와 전지에서 꺼낸 50 J를 합친 150 J를 썼다. 120 + 30 = 150 J이며, 그 총량 중 빛에너지 비율은 120 ÷ 150 × 100 = 80%다. 외부 100 J만 분모로 쓴 120%를 에너지가 새로 생겼다는 증거로 삼지 않는다.

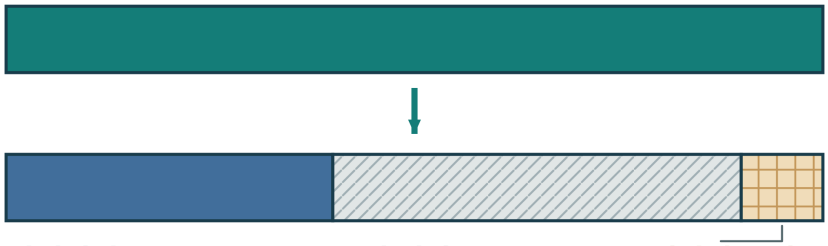
충전식 손전등의 저장량 변화

① 충전하며 켜 두기 · 저장량 증가



저장량 ↑ 50 J

외부 공급 500 J



빛에너지 200 J

주변 전달 250 J

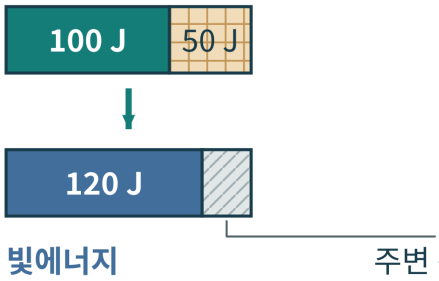
저장량 증가 50 J

② 외부 공급과 전지 함께 쓰기 · 저장량 감소



저장량 ↓ 50 J

외부 100 J + 저장량 감소 50 J = 150 J



빛에너지

주변 전달 30 J

그림 9. 충전식 손전등의 저장량 변화

주의

- 아직 빛으로 쓰지 않은 충전량은 없어진 에너지다.
- 저장량 증가는 장부 오른쪽, 저장량 감소는 왼쪽에서 센다. 외부 공급·추가 공급·저장량까지 같은 시간 범위로 확인한다.

확인 문제 21~32

21 그림 7은 한 기구의 하루 소비 전력 기록이다. 0~2시간은 50 W, 2~4시간은 30 W로 작동하고, 4~24시간은 2 W로 대기한다. 하루 전력량은?

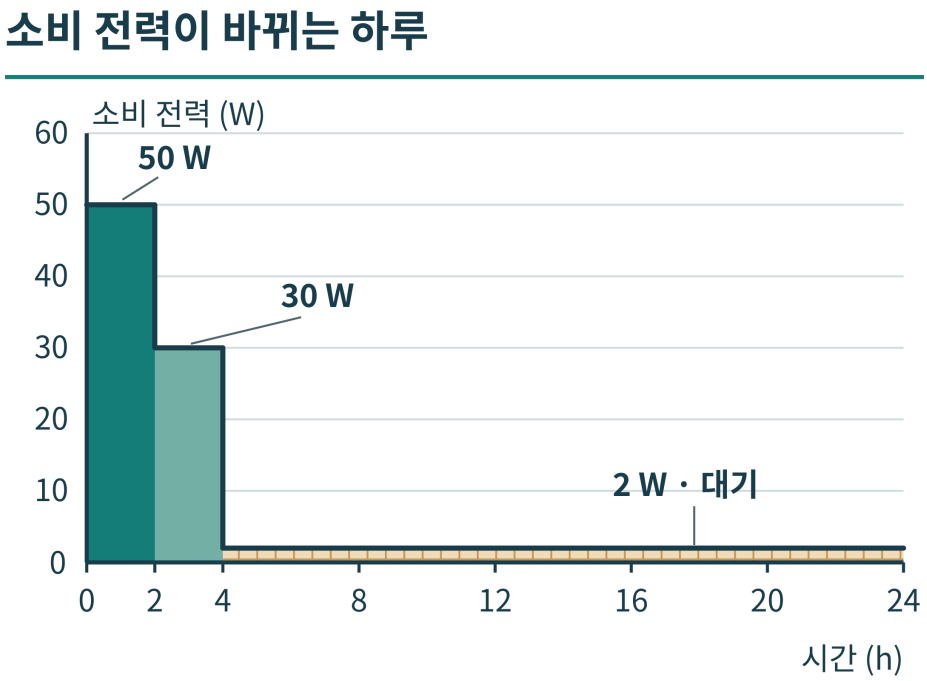


그림 7. 하루 소비 전력 기록

① 82 Wh ② 120 Wh ③ 160 Wh ④ 200 Wh ⑤ 240 Wh

22 21번과 똑같이 사용하는 기구가 3대 있다. 30일 동안 사용한다. 필요한 작동은 그대로 두고, 필요하지 않은 대기만 모두 차단한다. (1) 차단 전 30일 전력량 (2) 줄어드는 30일 전력량 (3) 차단 후 30일 전력량을 kWh로 구하시오.

(1) _____

(2) _____

(3) _____

23 한 기구는 하루 4시간 작동하고 나머지 20시간은 대기한다. 작동 전력은 50 W, 대기 전력은 2 W이다. 옳은 것은?

① 하루 전력량은 (50+2)×24=1248 Wh이다.

② 대기 전력량은 2×24=48 Wh이다.

③ 대기 전력이 작으므로 대기 전력량은 0 Wh로 보아도 된다.

④ 하루 전력량은 (50+2)×4=208 Wh이다.

⑤ 하루 전력량은 50×4+2×20=240 Wh이다.

24 한 장치는 처음 2시간 동안 60 W, 다음 1시간 동안 40 W로 작동했다. (1) 3시간 동안의 전력량을 Wh와 kWh로 구하고 (2) 60 W에 3시간을 곱하면 안 되는 이유를 쓰시오.

(1) _____

(2) _____

25 부품 상자를 들어 올리는 공장 전동기에 전기 에너지 700 J를 공급했다. 상자의 위치 에너지가 210 J 증가했고 나머지 490 J는 열 회수 장치로 갔다. 회수 장치는 펌프를 돌리려고 전기 에너지 50 J를 더 받아 물에 150 J를 전달하고, 나머지는 주변으로 내보냈다. 전체 공급한 에너지와 상자 올리기·물 데우기를 합친 에너지 이용 비율로 옳은 것은?

① 750 J, 48%
② 700 J, 약 51.4%
③ 1240 J, 약 29.0%
④ 900 J, 40%
⑤ 750 J, 100%

26 25번의 공장 설비를 전동기와 열 회수 장치 전체로 본다. (1) 유용하게 사용된 에너지의 합 (2) 주변으로 빠져나간 에너지 (3) 저장량 변화가 없을 때의 에너지 장부 식을 쓰시오.

(1) _____

(2) _____

(3) _____

27 공장 전동기에서 나온 열을 회수해 물을 데우는 장치에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 회수 장치에서 물을 데우는 에너지는 그곳에서 새로 생긴다.
② 펌프에 추가로 공급한 에너지는 전체 공급량에서 언제나 빼야 한다.
③ 상자를 올리는 데 쓰이지 않은 에너지의 일부를 물 데우기에 이용할 수 있지만 그 출처를 추적해야 한다.
④ 열 회수 장치를 붙이면 전동기의 상자 올리기 효율도 반드시 높아진다.
⑤ 열 회수 장치에 도착한 내부 전달량은 전체의 외부 공급량에 다시 더해야 한다.

28 충전하면서 켜 둘 수 있는 손전등에 이번에 전기 에너지 600 J를 공급했다. 빛에너지로 240 J가 전환되고 300 J는 주변으로 전달되었다. 나머지는 전지에 충전되어 남았다. (1) 저장량 증가 (2) 에너지 장부 식 (3) 저장된 에너지가 아직 빛에너지로 전환되지 않았다는 이유로 없어졌다고 해도 되는지 쓰시오.

(1) _____

(2) _____

(3) _____

29 **외부 전원과 전지를 함께 쓰는 충전식 손전등 모형이다. 이번 외부 공급은 180 J, 전지의 저장량 감소는 60 J다. 빛에너지로 192 J가 전환되고 주변으로 48 J가 전달되었다. 옳은 것은?**

① 192 J가 180 J보다 크므로 12 J가 새로 생겼다.

② 이번에 사용한 에너지의 총량은 240 J이며 그중 빛에너지 비율은 80%다.

③ 외부 공급만 분모로 쓰면 일반적인 에너지 효율이 약 106.7%임을 증명한다.

④ 빛에너지와 열에너지는 서로 다른 형태이므로 더할 수 없다.

⑤ 전지 저장량의 감소는 이번에 사용한 에너지와 관계없다.

30 **같은 목적으로 사용하는 A·B가 각각 전기 에너지 3 kWh를 사용했다. 유용하게 사용한 양은 A 1.2 kWh, B 1.8 kWh였다. (1) 각 효율 (2) 이번 전기 에너지 사용량이 더 적은 장치가 있는지 (3) 효율이 다른데도 두 경우 전체 에너지가 보존될 수 있는지 쓰시오.**

(1) _____

(2) _____

(3) _____

31 그림 10의 발전기·조명 모형에 역학적 에너지 1000 J를 공급한다. 발전기 효율은 40%, 조명 효율은 25%이며 전기 출력 전부가 조명에 들어간다. 개선안 ㄱ은 발전기 효율만 50%로, 개선안 ㄴ은 조명 효율만 35%로 바꾼다. 두 개선안은 각각 따로 적용한다. 빛에너지로 전환되는 양을 더 크게 늘리는 개선안과 그때의 빛에너지로 옳은 것은?

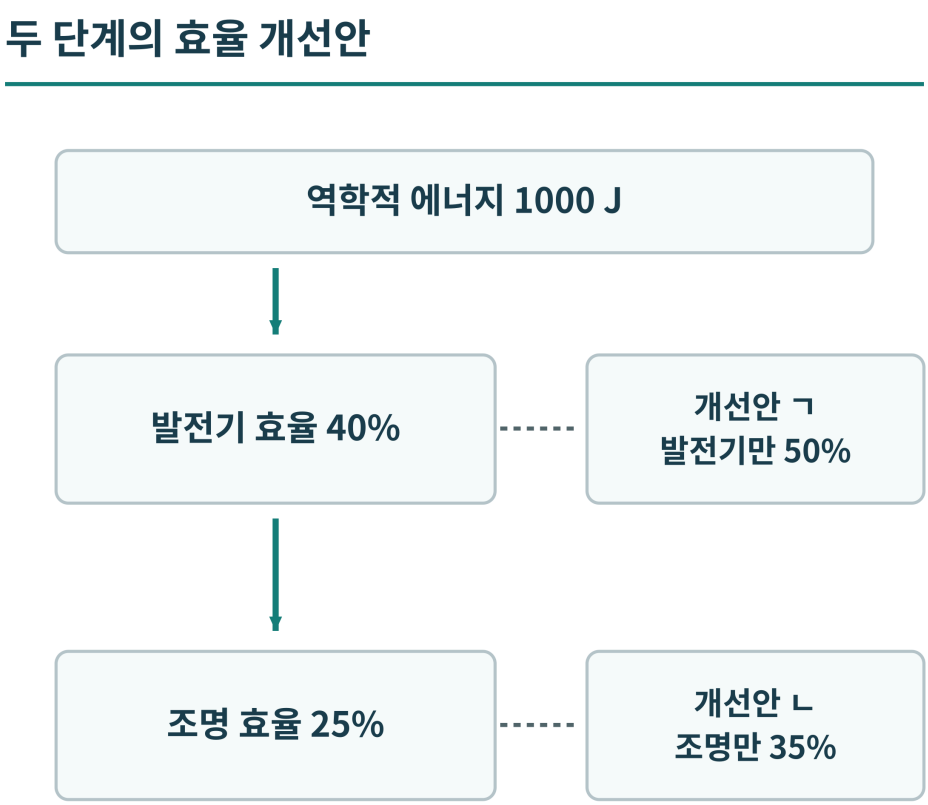


그림 10. 두 단계의 효율 개선안

① ㄱ, 125 J

② ㄱ, 140 J

③ ㄴ, 125 J

④ ㄴ, 140 J

⑤ 두 개선안의 효과가 같고 모두 125 J이다.

32 같은 밝기의 조명 A·B를 서로 다른 시간 동안 사용했다. A는 40 W로 5시간 작동하고 1 W로 19시간 대기한다. B는 30 W로 6시간 작동하고 1 W로 18시간 대기한다. 같은 기록이 30일 반복된다. (1) 하루 전력량 각각 (2) 30일 전력량의 차이를 kWh로 구하시오. (3) 하루 전력량의 비로 작동 중 효율을 비교할 수 없는 이유 (4) 작동 중 효율이 더 높은 조명과 그 까닭을 쓰시오.

(1) _____

(2) _____

(3) _____

(4) _____

한눈정리 판단 순서도의 빈칸을 채우시오

그림 11의 ①~⑤에 각 갈래의 핵심 조건·식을 쓰시오. 마지막에는 전체 에너지 장부가 맞는지 확인한다.

판단 순서도 · 빈칸

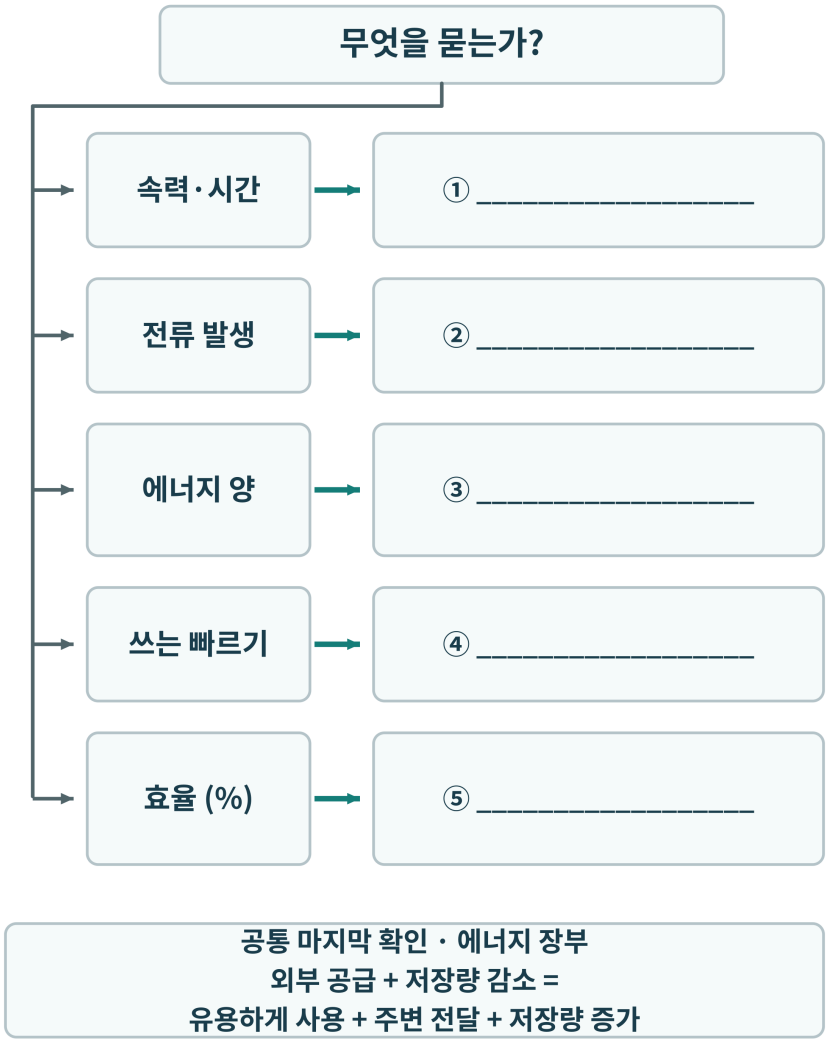


그림 11. 판단 순서도 빈칸

한눈정리 · 그림 11의 ①~⑤

① _____

② _____

③ _____

④ _____

⑤ _____

선택 확장 더 도전하고 싶은 학생

선택 1 12초 동안 역학적 에너지 3600 J를 발전기에 공급했다. 발전기 효율은 75%이며 전기 출력 전부를 조명에 전달한다. 조명은 그중 20%를 빛에너지로 전환한다. (1) 전기 출력 에너지 (2) 빛에너지로 전환된 양 (3) 전체 효율 (4) 12초 동안 발전기가 전기 에너지를 내보낸 평균 전력(에너지÷시간)을 구하시오.

(1) _____

(2) _____

(3) _____

(4) _____

선택 2 부품 상자를 들어 올리는 공장 전동기에 600 J를 공급했다. 상자의 위치 에너지가 180 J 증가하고 열 회수 장치로 420 J가 전달되었다. 회수 장치는 펌프를 돌릴 전기 에너지 30 J를 더 받아 물에 120 J를 전달한다. 다만 이번에는 회수 장치의 보온 저장 탱크에 나중에 쓸 열 40 J가 저장되고, 나머지만 주변으로 전달된다. 미리 저장한 에너지를 꺼내 쓰지는 않는다. (1) 전체 외부 공급량 (2) 상자 올리기·물 데우기에 유용하게 사용된 에너지의 합 (3) 주변 전달량 (4) 저장량 증가를 포함한 장부 식을 쓰시오.

(1) _____

(2) _____

(3) _____

(4) _____

정답과 해설

빠른 정답 · 객관식

번호	1	3	5	7	9	11	13	15
정답	③	①	④	③	⑤	②	④	①
번호	17	19	21	23	25	27	29	31
정답	⑤	③	④	⑤	①	③	②	④

빠른 정답 · 서답형과 선택 확장

번호	정답
2	(1) 60 J (2) 15 J (3) 45 J
4	(1) 10 J (2) 6 J (3) 4 J. 사라진 것이 아니라 공·바닥·주변의 열·소리 등으로 전환·전달되었다.
6	(1) 20 J (2) 10 m/s
8	(1) 빠르기와 자석의 세기를 동시에 바꾸었다. (2) 같은 세기의 자석을 쓰고 빠르기만 바꾼다. (3) 바늘이 움직이는 폭이 더 커진다.
10	(1) 60% (2) 80 J (3) 아니다. 공급한 역학적 에너지가 전기 에너지 등으로 전환되었다.
12	(1) 150 J (2) 45 J (3) 15% (4) 255 J
14	(1) A 36000 J, B 30000 J (2) A 50%, B 60% (3) B, 6000 J
16	(1) 바꾸기 전 90 Wh, 바꾼 뒤 90 Wh (2) 아니다. 작동 시간이 늘어 두 전력량이 같다.
18	(1) A 400 J, B 300 J (2) 100 J (3) A 280 J, B 180 J
20	(1) 72000 J (2) 18000 J
22	(1) 18 kWh (2) 3.6 kWh (3) 14.4 kWh
24	(1) 160 Wh = 0.16 kWh (2) 마지막 1시간의 실제 소비 전력이 40 W이기 때문이다.
26	(1) 360 J (2) 390 J (3) 750 J = 210 J + 150 J + 390 J + 0 J
28	(1) 60 J (2) 600 J = 240 J + 300 J + 60 J (3) 아니다. 60 J는 전지에 저장되어 남았다.
30	(1) A 40%, B 60% (2) 없다. 둘 다 3 kWh다. (3) 그렇다. 주변으로 빠져나간 양까지 포함하면 각각 3 kWh다.
32	(1) A 219 Wh, B 198 Wh (2) 0.63 kWh, A가 더 크다. (3) 작동 시간이 다르고 대기 전력량도 섞여 있다. (4) B. 같은 밝기를 30 W의 더 작은 소비 전력으로 낸다.

번호	정답
선택 1	(1) 2700 J (2) 540 J (3) 15% (4) 225 W
선택 2	(1) 630 J (2) 300 J (3) 290 J (4) 630 J = 180 J + 120 J + 290 J + 40 J

한눈정리 빈칸 예시 답

① 높이 차·보존 조건으로 속력을 비교하며, 시간은 따로 판단한다.

② 코일을 통과하는 자기장이 변하는지 확인한다.

③ 위치 에너지는 $9.8mh$(이 자료는 $10mh$), 운동 에너지는 $\frac{1}{2}mv^2$, 전기 에너지는 구간별 Pt로 구한다. 공급·사용·저장은 장부로 맞춘다.

④ 소비 전력 $P = E/t$. 1 W=1 J/s다.

⑤ 같은 범위의 유용하게 사용된 에너지÷공급 에너지×100. 연속 전환은 단계별 효율을 곱한다.

동치인 말·식도 인정한다.

풀이와 오답인 이유

1 정답 ③

③이 옳다. 처음 위치 에너지는 10×4×3=120 J이고 처음 운동 에너지는 0 J이다. 기준면 직전에는 위치 에너지가 0 J, 운동 에너지가 120 J이다. ①·②는 에너지의 종류를 바꾸었고, ④는 처음 역학적 에너지를 빠뜨렸다. ⑤는 전환을 소멸로 보았다.

2 정답 (1) 60 J (2) 15 J (3) 45 J

처음에는 10×1.5×4=60 J이다. 높이 1 m에서는 위치 에너지가 10×1.5×1=15 J이므로, 운동 에너지는 60−15=45 J이다.

채점 기준 세 값과 J를 각각 평가한다. 60 J를 높이 1 m에서의 운동 에너지로 쓰면 남아 있는 위치 에너지를 빠뜨린 것이다.

3 정답 ①

①이 옳다. 지면 기준에서는 80 J→20 J, 새 기준에서는 60 J→0 J이므로 감소량은 모두 60 J이다. ②는 기준과 실제 운동을 혼동했다. ③은 두 지점의 값을 변화량으로 잘못 읽었다. ④는 출발점이 새 기준면보다 3 m 높음을 빠뜨렸다. ⑤는 위치 에너지와 운동 에너지를 혼동했다.

4 정답 (1) 10 J (2) 6 J (3) 4 J. 사라진 것이 아니라 공·바닥·주변의 열·소리 등으로 전환·전달되었다.

두 최고점에서 운동 에너지는 0 J이다. 처음에는 10×0.5×2=10 J, 나중에는 10×0.5×1.2=6 J이다. 역학적 에너지는 4 J 줄었지만 공·바닥·주변을 포함한 전체 에너지는 보존된다.

채점 기준 10 J·6 J·4 J를 평가한다. 역학적 에너지의 감소와 전체 에너지의 보존을 함께 설명해야 한다. 열·소리·변형 등에 전환·전달되었다는 같은 뜻의 답을 인정한다.

---

5 **정답 ④**

④가 옳다. 처음 역학적 에너지와 도착 위치 에너지가 각각 같으므로 도착 운동 에너지가 같다. 질량도 같으므로 속력도 같다. ①은 도착 속력으로 도착 시간을 단정했다. ②·③은 길이·모양을 높이 차로 바꾸었다. ⑤는 출발 때 정지했다는 조건과 내려온 높이 차를 무시했다.

---

6 **정답 (1) 20 J (2) 10 m/s**

처음 위치 에너지 $10\times0.4\times5=20$ J가 도착 직전의 운동 에너지다. $\frac{1}{2}\times0.4\times v^2=20$에서 $v^2=100$이므로 속력은 10 m/s이다.

채점 기준 20 J와 10 m/s를 각각 평가한다. 속력은 음수가 아니며 100 m/s는 제곱근을 빠뜨린 답이다.

---

7 **정답 ③**

③이 옳다. 전자기 유도는 코일을 통과하는 자기장이 변할 때 일어난다. ①은 자기장의 존재와 변화를 혼동했다. ②는 발전에 전지가 반드시 필요하다고 보았다. ④는 감은 수가 많아도 자기장의 변화가 필요하다는 조건을 빠뜨렸다. ⑤는 유도 전류가 없다는 사실로 자기장 자체를 부정했다.

---

8 **정답 (1) 빠르기와 자석의 세기를 동시에 바꾸었다. (2) 같은 세기의 자석을 쓰고 빠르기만 바꾼다. (3) 바늘이 움직이는 폭이 더 커진다.**

빠른 실험에서 전류가 더 세진 원인은 빠르기일 수도, 자석의 세기일 수도 있다. 같은 자석의 같은 극과 같은 코일·회로·이동 구간을 사용하고 빠르기만 바꾸어야 한다. 이 조건에서는 빠르게 움직일수록 코일을 통과하는 자기장이 더 빠르게 변하므로 유도 전류가 세다.

채점 기준 두 변인을 함께 바꾼 점, 자석의 세기를 같게 하고 빠르기만 바꾸는 수정, 더 큰 바늘 움직임을 각각 평가한다. 같은 자석을 사용한다는 답을 인정한다. 전류 방향만 달라진다는 답은 (3)의 답이 아니다.

---

9 **정답 ⑤**

⑤가 옳다. 코일을 통과하는 자기장의 변화가 반대여서 검류계 바늘도 반대쪽으로 움직인다. ①·②는 빼낼 때도 자기장이 변함을 빠뜨렸다. ③은 극만 보고 운동 방향을 무시했다. ④는 방향 변화와 에너지의 생성을 혼동했다.

---

10 **정답 (1) 60% (2) 80 J (3) 아니다. 공급한 역학적 에너지가 전기 에너지 등으로 전환되었다.**

효율은 $120\div200\times100=60\%$, 주변 전달량은 $200-120=80$ J이다. 자석과 코일은 전환이 일어나는 장치를 이루며, 이때 공급한 에너지원은 발전기를 돌리는 역학적 에너지다.

채점 기준 60%·80 J와 역학적 에너지의 전환 설명을 각각 평가한다. 자석이 전기 에너지를 계속 만들어 낸다는 설명은 불인정한다.

11 **정답 ②**

②: 전기 출력은 500×0.80=400 J, 빛에너지는 400×0.25=100 J다. 전체 효율은 100÷500×100=20%다. ①은 효율을 더했고 ③은 뺐다. ④·⑤는 한 단계의 효율만 썼다.

12 **정답 (1) 150 J (2) 45 J (3) 15% (4) 255 J**

전기 출력은 300×0.50=150 J, 빛에너지는 150×0.30=45 J다. 전체 효율은 45÷300×100=15%, 주변으로 빠져나간 에너지는 300−45=255 J다. 발전기 150 J와 조명 105 J를 합해도 255 J다.

채점 기준 150 J·45 J·15%·255 J를 각각 평가한다. 중간 전기 에너지 150 J에 그 일부인 빛에너지 45 J를 더하지 않는다.

13 **정답 ④**

④가 옳다. 0.12 kJ=120 J로 단위를 맞춘 뒤 계산한다. ①은 kJ와 J를 그대로 나누었다. ②는 분자·분모를 뒤집었다. ③은 비율에 에너지 단위를 붙였다. ⑤는 양의 차이를 효율로 썼다.

14 **정답 (1) A 36000 J, B 30000 J (2) A 50%, B 60% (3) B, 6000 J**

A는 900×40=36000 J, B는 600×50=30000 J다. 효율은 각각 18000÷36000×100=50%, 18000÷30000×100=60%다. 이 비교에서는 B가 더 오래 작동해도 전력과 시간을 곱한 전체 공급량이 6000 J 더 적다. 전력과 시간을 곱한 값으로 비교한다.

채점 기준 두 공급량·두 효율·B와 6000 J를 각각 평가한다. 전력만 비교한 판단이 아니라 전력×시간을 모두 반영해야 한다.

15 **정답 ①**

①이 옳다. 전력량은 A 8×3=24 Wh, B 5×6=30 Wh다. ②·④는 시간을 빠뜨렸다. ③은 전력량에 W를 붙였다. ⑤는 전력의 비를 사용 시간이 다른 하루 전력량의 비로 잘못 썼다. 같은 밝기에서 작동 중 효율은 소비 전력이 작은 B가 더 높다. 그러나 B를 더 오래 켰으므로 하루 전력량은 더 크다.

16 **정답 (1) 바꾸기 전 90 Wh, 바꾼 뒤 90 Wh (2) 아니다. 작동 시간이 늘어 두 전력량이 같다.**

18×5=90 Wh, 10×9=90 Wh다. 소비 전력과 전력량은 다르며 실제 사용 시간까지 곱해야 한다. 작동 중 효율은 같은 밝기를 더 작은 전력으로 내는 새 조명이 더 높다. 그래도 사용 시간이 늘면 하루 전력량이 줄지 않을 수 있다.

채점 기준 두 90 Wh와 시간 증가를 포함한 판단을 각각 평가한다. 새 조명이 나쁘다는 일반화가 아니라 이 사용 기록의 전력량이 같다는 답이어야 한다.

17 **정답 ⑤**

⑤가 옳다. 1 kJ=1000 J이므로 효율은 200÷1000×100=20%, 주변 전달량은 800 J다. ①은 200 J를 1000 J로 나누지 않고 그대로 %로 썼고, ②는 에너지에 전력 단위를 붙였다. ③은 효율과 전체 보존을 혼동했고, ④는 주변의 열에너지를 전체 합계에서 빠뜨렸다.

18 **정답 (1) A 400 J, B 300 J (2) 100 J (3) A 280 J, B 180 J**

필요한 공급량은 이용량을 효율의 소수 값으로 나눈다. A는 120÷0.30=400 J, B는 120÷0.40=300 J이다. 공급량의 차이는 100 J이며 주변으로 빠져나간 양은 각각 400−120=280 J, 300−120=180 J이다.

채점 기준 두 공급량·차이·두 주변으로 빠져나간 양을 각각 평가한다. 같은 이용량을 만들기 위한 비교임을 유지한다.

19 **정답 ③**

③: 조명에 들어갈 전기 에너지는 200÷0.50=400 J, 발전기에 넣을 역학적 에너지는 400÷0.40=1000 J이다. ①은 거꾸로 구할 때 곱했고, ②는 발전기 단계를 빠뜨렸다. ④는 조명 단계를 빠뜨렸으며, ⑤는 전체 효율 20%를 10%로 잘못 쓴 값이다.

20 **정답 (1) 72000 J (2) 18000 J**

0.02×3600000=72000 J이며, 72000×0.25=18000 J이다. 또는 0.02 kWh×0.25=0.005 kWh를 J로 바꾸어도 같다.

채점 기준 72000 J와 18000 J를 각각 평가한다. 계산 중 단위를 유지하면 kWh에서 비율을 먼저 적용하는 풀이도 인정한다.

21 **정답 ④**

④: 50×2+30×2+2×20=100+60+40=200 Wh다. ①은 서로 다른 상태의 전력만 더했고, ②는 30 W를 4시간에 적용했다. ③은 대기를 빠뜨렸고, ⑤는 처음 4시간을 모두 50 W로 셈했다.

22 **정답 (1) 18 kWh (2) 3.6 kWh (3) 14.4 kWh**

차단 전은 200×3×30=18000 Wh=18 kWh다. 대기는 하루 한 대당 2×20=40 Wh이므로 절감량은 40×3×30=3600 Wh=3.6 kWh다. 차단 후는 18−3.6=14.4 kWh이다.

채점 기준 세 값과 kWh를 각각 평가한다. 3대·30일·Wh→kWh 환산을 모두 반영해야 한다.

23 **정답 ⑤**

⑤가 옳다. 서로 다른 상태의 시간을 따로 곱한다. ①·②는 작동·대기를 같은 시간에 중복 적용했다. ③은 작다는 것을 0으로 바꾸었다. ④는 작동·대기의 소비 전력을 더해 같은 4시간에 적용했다.

24 **정답 (1) 160 Wh = 0.16 kWh (2) 마지막 1시간의 실제 소비 전력이 40 W이기 때문이다.**

60×2+40×1=160 Wh=0.16 kWh다. 60×3=180 Wh는 60 W로 작동하지 않은 마지막 구간까지 60 W로 셈한 값이다.

채점 기준 160 Wh·0.16 kWh와 구간별 전력 차이를 각각 평가한다. 평균 소비 전력 약 53.3 W에 3시간을 곱하는 같은 뜻의 풀이도 인정한다.

25 **정답 ①**

①이 옳다. 경계 밖에서 들어온 에너지는 700+50=750 J, 유용하게 사용된 에너지의 합은 210+150=360 J다. 이용 비율은 360÷750×100=48%다. ②는 펌프의 추가 공급을 빠뜨렸고, ③은 내부 전달 490 J를 다시 공급량에 더했다. ④는 물에 전달된 150 J를 공급량에 더했다. ⑤는 전체 보존을 이용 비율 100%로 바꾸었다.

26 **정답 (1) 360 J (2) 390 J (3) 750 J = 210 J + 150 J + 390 J + 0 J**

상자 올리기와 물 데우기에 유용하게 사용된 에너지는 210+150=360 J다. 회수 장치 입력은 490+50=540 J이므로 주변 전달량은 540−150=390 J다.

에너지 장부

들어온 에너지: 외부 공급+저장량 감소	유용하게 사용된 에너지	주변으로 빠져나간 에너지	저장량 증가
700 J+50 J=750 J	210 J+150 J=360 J	390 J	0 J

채점 기준 360 J·390 J·보존 식을 각각 평가한다. 저장량 증가가 0 J인 항은 생략해도 된다. 490 J는 내부 전달이므로 전체 장부의 외부 공급에 다시 더하지 않는다.

27 **정답 ③**

③이 옳다. 열 회수는 이미 있던 에너지의 전달·재이용이다. ①은 재이용을 생성으로 보았다. ②는 외부에서 들어온 추가 공급을 잘못 뺐다. ④는 전동기 자체의 효율과 두 용도의 이용 합계를 혼동했다. ⑤는 같은 에너지를 내부 이동 때 다시 세었다.

28 **정답 (1) 60 J (2) 600 J = 240 J + 300 J + 60 J (3) 아니다. 60 J는 전지에 저장되어 남았다.**

저장량 증가는 600−240−300=60 J이다. 빛·주변 전달·저장량 증가를 함께 센다.

에너지 장부

들어온 에너지: 외부 공급+저장량 감소	유용하게 사용된 에너지	주변으로 빠져나간 에너지	저장량 증가
600 J	240 J	300 J	60 J

채점 기준 60 J·장부 식·저장과 소멸의 구별을 각각 평가한다. 아직 빛에너지로 전환되지 않은 60 J를 이번 빛에너지 양에 더하지 않는다.

---

29 **정답 ②**

②가 옳다. 외부 공급 180 J에 전지에서 꺼내 쓴 60 J를 합하면 240 J다. 빛에너지 비율은 192÷240×100=80%다. ①·③·⑤는 전지에서 꺼낸 에너지를 빠뜨렸고, ④는 형태가 다른 에너지도 같은 단위로 더해 보존을 확인할 수 있음을 부정했다.

에너지 장부

들어온 에너지: 외부 공급+저장량 감소	유용하게 사용된 에너지	주변으로 빠져나간 에너지	저장량 증가
180 J+60 J=240 J	192 J	48 J	0 J

---

30 **정답 (1) A 40%, B 60% (2) 없다. 둘 다 3 kWh다. (3) 그렇다. 주변으로 빠져나간 양까지 포함하면 각각 3 kWh다.**

A는 1.2÷3×100=40%, B는 1.8÷3×100=60%다. 효율이 큰 B가 이번에 공급받은 양까지 더 적은 것은 아니다. 주변으로 빠져나간 양은 A 1.8 kWh, B 1.2 kWh로, 각각의 합은 3 kWh다.

채점 기준 두 효율·같은 사용량·각각의 보존 설명을 평가한다. 더 적은 공급량으로 같은 결과를 얻을 수 있다는 일반적인 장점과, 주어진 이번 기록을 구분한다.

---

31 **정답 ④**

④가 옳다. 원래 빛에너지는 1000×0.40×0.25=100 J다. ㄱ은 1000×0.50×0.25=125 J, ㄴ은 1000×0.40×0.35=140 J이므로 ㄴ이 더 크게 늘린다. ①은 두 결과 중 작은 쪽을 골랐고, ②·③은 개선안과 계산값을 잘못 짝지었다. ⑤는 효율 수치가 모두 10씩 높아졌다는 것만 보고, 단계별로 받는 에너지가 다름을 빠뜨렸다.

---

32 **정답 (1) A 219 Wh, B 198 Wh (2) 0.63 kWh, A가 더 크다. (3) 작동 시간이 다르고 대기 전력량도 섞여 있다. (4) B. 같은 밝기를 30 W의 더 작은 소비 전력으로 낸다.**

A는 40×5+1×19=219 Wh, B는 30×6+1×18=198 Wh다. 하루 차이 21 Wh가 30일 반복되어 630 Wh =0.63 kWh다. 219:198은 작동·대기를 합친 서로 다른 시간 기록의 비이므로 작동 중 효율의 비가 아니다. 같은 밝기에서는 같은 시간의 빛에너지 양이 같으므로 소비 전력이 작은 B의 작동 중 효율이 더 높다.

채점 기준 두 하루 전력량, 0.63 kWh와 대소, 서로 다른 작동 시간·대기 혼합, B와 같은 밝기·작은 소비 전력을 각각 평가한다. (3)은 작동 시간 차이 또는 대기 전력량 혼합을 지적해도 근거로 인정한다.

선택 1 **정답 (1) 2700 J (2) 540 J (3) 15% (4) 225 W**

전기 출력은 3600×0.75=2700 J, 빛에너지는 2700×0.20=540 J다. 전체 효율은 540÷3600×100=15%다. 전기 출력의 평균 전력은 2700÷12=225 J/s=225 W다. 3600÷12=300 W는 역학적 에너지 공급의 평균 전력으로, 묻는 전기 출력과 다르다.

채점 기준 네 값을 각각 평가한다. 12초 동안의 출력 평균을 묻는 것이므로 225 W를 225 Wh로 쓰면 단위 오류다.

선택 2 **정답 (1) 630 J (2) 300 J (3) 290 J (4) 630 J = 180 J + 120 J + 290 J + 40 J**

전체 외부 공급은 600+30=630 J, 유용하게 사용된 에너지의 합은 180+120=300 J다. 회수 장치에 들어온 420+30=450 J 중 물에 120 J를 전달하고 보온 저장 탱크에 열 40 J를 저장하므로 주변 전달량은 290 J다.

에너지 장부

들어온 에너지: 외부 공급+저장량 감소	유용하게 사용된 에너지	주변으로 빠져나간 에너지	저장량 증가
600 J+30 J=630 J	180 J+120 J=300 J	290 J	40 J

채점 기준 630 J·300 J·290 J·장부 식을 각각 평가한다. 보온 저장 탱크에 나중에 쓰려고 저장한 열 40 J를 이번 유용한 이용 합계에 넣지 않는다.

제목 질문에 대한 답

속력·전류·에너지의 양·쓰는 빠르기·효율은 서로 다른 물음이다. 물음에 맞는 조건과 식을 연결하고, 같은 시간·같은 장치 범위에서 비교한다. 내부 전달을 중복해서 세지 않고 저장량 변화와 주변까지 함께 세면 전체 에너지 장부를 맞출 수 있다.