빠른 정답

1	④	11	③
2	②	12	①
3	③	13	⑤
4	④	14	①
5	②	15	⑤
6	①	16	⑤
7	④	17	③
8	③	18	⑤
9	⑤	19	②
10	②	20	④

해설 문항 번호
Veldy-3, 6, 9, 12, 15, 16
코코팜-1, 4, 7, 10, 13, 19
D- 2, 5, 8, 11, 14
뮤츠-18, 20
쿠키맥스-17

1. 운동과 에너지-운동의 표현(코코팜)

▶ 정답 : ④ (B, C)

☞ 벡터는 크기와 방향을 갖는 물리량이다. 스칼라는 크기만 갖는 물리량이다.

[정답 풀이]

B: 가속도는 크기와 방향을 갖는 물리량으로 벡터이다.

C: 질량은 크기만을 갖는 물리량으로 스칼라이다.

[오답 풀이]

A: 속도는 크기와 방향을 모두 가지는 물리량으로 벡터다.

2. 파동과 빛-파동의 표현(D)

▶ 정답 : ② (ㄴ)

[정답 풀이]

ㄴ. 주기는 Q가 P의 3배이므로, 진동수는 P가 Q의 3배이다.

[오답 풀이]

ㄱ. P의 진폭은 A이다.

ㄷ. $v = f\lambda$이고 진동수는 P가 Q의 3배이므로, 파장은 Q가 P의 3배이다.

3. 전기와 자기-전위와 등전위면(Veldy)

▶ 정답 : ③ (ㄱ, ㄷ)

〔 정답 풀이 〕

ㄱ. A에 가까워질수록 전위가 감소하므로 A는 음(−)전하이다.

ㄷ. 등전위선을 따라 q에서 r로 이동시키면 전위가 변하지 않으므로 전기력이 점전하에 한 일은 0이다.

〔 오답 풀이 〕

ㄴ. 등전위선이 q보다 p에서 더 조밀하므로 전기장의 세기는 p에서가 q에서보다 크다.

4. 운동과 에너지-비열과 열용량(코코팜)

▶ 정답 : ④ (ㄱ, ㄷ)

[정답 풀이]

ㄱ. 처음 B의 온도를 T_B라 하자.

A의 온도 감소량$\triangle T_A : T - \frac{2}{5}T = \frac{3}{5}T$...①, B의 온도 증가량

$\triangle T_B = \frac{1}{3}\triangle T_A = \frac{2}{5}T - T_B$...②

①, ②를 연립하여 $T_B = \frac{1}{5}T$

ㄷ. A, B의 질량을 각각m_A, m_B, 비열을 각각 c_A, c_B라 하자.

$C_A \triangle T_A = C_B \triangle T_B$(③), $C_B = 3C_A$(④)임을

ㄴ선지의 풀이를 통해 알 수 있다.

문제 조건에서 $m_A = 2m_B$...⑤

$C_A = c_A m_A$...⑥, $C_B = c_B m_B$ ...⑦

④~⑦을 연립하여 $c_B = 6c_A$

[오답 풀이]

ㄴ. A의 열용량을 C_A, B의 열용량을 C_B라 하자.

A와 B사이에서 이동한 열량은

$C_A \triangle T_A = C_B \triangle T_B$이다. ...③

②, ③을 연립하며 $C_B = 3C_A$...④

5. 운동과 에너지-운동의 법칙(D)

▶ 정답 : ②

[정답 풀이]

물체에 작용하는 알짜힘의 크기가 2 N이므로 물체의 가속도는 $+x$방향으로 $2\ \mathrm{m/s^2}$이다. 속도의 x성분이 0이 될 때까지 걸리는 시간은 1초 이고, 이 동안 물체는 $-x$방향으로 1m만큼 움직인다. 속도의 y성분이 일정하므로 적절한 것은 ②이다.

6. 운동과 에너지-기체의 분자 운동(Veldy)

▶ 정답 : ① (ㄱ)

[정답 풀이]

ㄱ. 내부 에너지는 A가 B보다 크고 A와 B의 온도가 같으므로 분자의 개수는 A가 B보다 크다.

[오답 풀이]

ㄴ. 기체 분자 1개의 평균 운동 에너지는 온도에 비례하므로 A와 B가 같다.

ㄷ. 기체 분자의 평균 속력은 온도의 제곱근에 비례하고 질량의 제곱근에 반비례하므로 B가 A의 $\sqrt{2}$배이다.

7. 전기와 자기-전기장(코코팜)

▶ 정답 : ④ (ㄴ, ㄷ)

[정답 풀이]

ㄱ. P에서 B에 의한 x성분 전기장은 0이고 A에 의한 x성분 전기장은 $-x$방향이다. 이로부터 A가 음전하임을 알 수 있다. A, B는 전기 쌍극자이므로 B는 양전하이며 A와 전하량의 크기가 같다. A, B의 전하량을 각각 -Q, +Q라 하자. 임의의 점 X와 A 사이의 거리, X와 B 사이의 거리를 r_A, r_B라 하면 X에서의 전위는 $V(X)=-k\frac{Q}{r_A}+k\frac{Q}{r_B}$로 나타낼 수 있다. (단, 무한원점에서의 전위는 0으로 생각한다.)

$X=O$일 때, $r_A=r_B=d$이므로 $V(O)=0$

$X=P$일 때, $r_B>r_A$이므로 $V(P)>0$

따라서 전위는 P에서가 O에서 보다 높다.

ㄴ. O에서 A, B에 의한 전기장의 방향은 모두 $-x$방향이다. 따라서 두 전기장을 벡터합 한 O에서의 전기장 역시 $-x$방향이다.

ㄷ. 점 O에서 각 전하까지의 거리는 d이며, 두 전하가 O에 만드는 전기장의 방향은 서로 같다. 따라서 점 O에서 전기장의 크기 $E_O=\frac{kQ}{d^2}+\frac{kQ}{d^2}=\frac{2kQ}{d^2}$이다. 점 P에서 각 전하까지의 거리는 각각 d보다 크며 두 전하가 만드는 전기장의 방향이 서로 달라 점 O에서보다 전기장의 세기가 작을 수밖에 없다.

8. 전기와 자기-전자기 유도(D)

▶ 정답 : ③ (ㄱ, ㄴ)

[정답 풀이]

ㄱ. 1초일 때, A를 통과하는 자기장의 방향은 xy평면에서 나오는 방향이고, A의 면적을 S라 하면 $\frac{\Delta S}{\Delta t}<0$이므로 렌츠의 법칙에 의해 (혹은 페러데이 법칙에서 마이너스(−) 부호에 의해) 자기장의 변화를 방해하는 방향으로 유도 기전력이 발생하므로 방향은 q→저항→p이다.

ㄴ. $0<t<2$일 때, A를 통과하는 자기장은 영역 Ⅰ의 자기장이고 $2<t<6$일 때, A를 통과하는 자기장은 영역 Ⅱ의 자기장이다. 자기력선속 $\phi=BS$이므로 $B_{II}=2B_I$이다.

[오답 풀이]

ㄷ. 4초일 때, 자기력선속의 변화율이 0이며 7초일 때 변화율이 0이 아니므로 유도 전류의 세기는 7초일 때가 더 크다.

9. 파동과 빛-도플러 효과(Veldy)

▶ 정답 : ⑤ (ㄱ, ㄴ, ㄷ)

[정답 풀이]

ㄱ. $f_B=\frac{v_0+v}{v_0+v}f_0=f_0$이다.

ㄴ. $f_A=\frac{v_0-v}{v_0+v}f_0$이고, $f_B=f_0$이므로 $f_A<f_B$이다.

ㄷ. $\frac{f_0-f_A}{f_0+f_A}v_0=\frac{f_0-\frac{v_0-v}{v_0+v}f_0}{f_0+\frac{v_0-v}{v_0+v}f_0}v_0=\frac{2v}{2v_0}v_0=v$이다.

10. 전기와 자기-자기장 속에서 도선이 받는 힘(코코팜)

▶ 정답 : ②(ㄴ)

☞ O에서 P, Q에 의한 자기장의 세기는 $k\frac{I_0}{3d}$, $k\frac{I_0}{2d}$이고, 방향은 모두 xy평면에 수직으로 들어가는 방향이다. O에서 P, Q, R에 의한 자기장의 합은 0이므로, O에서 R에서 의한 자기장의 방향은 xy평면에 수직으로 나오는 방향, 크기는 $k\frac{I_0}{3d}+k\frac{I_0}{2d}=k\frac{5I_0}{6d}$이다.

[정답 풀이]

ㄱ. O에서 R에서 의한 자기장의 방향은 수직으로 나오는 방향임을 알 수 있다. 이로부터 R에 흐르는 전류의 방향은 반시계방향, 자기모멘트의 방향은 xy평면에 수직으로 나오는 방향이다.

ㄴ. 문제 조건에서 O에서 P에 의한 자기장의 크기는 $k\frac{I_0}{3d}=B_0$, O에서 R에서 의한 자기장의 크기는 $k\frac{I_0}{3d}+k\frac{I_0}{2d}=k\frac{5I_0}{6d}=\frac{5}{2}B_0$이다.

ㄷ. 서로 반대 방향의 전류가 흐르는 두 도선 사이에서는 서로 당기는 방향으로 자기장이 작용한다. 따라서 P가 Q에 가하는 자기력의 방향은 $+x$방향이다.

11. 파동과 빛-파동의 굴절(D)

▶ 정답 : ③ (ㄱ, ㄴ)

[정답 풀이]

ㄱ. Ⅰ에서 경사면에 법선을 그려보면, 단색광의 입사각은 60°, 굴절각은 30°이므로, 스넬의 법칙에 의해 $\frac{\sin 60°}{\sin 30°}=\frac{n_1}{n_2}$이므로 공기에 대한 Ⅰ의 굴절률은 $\sqrt{3}$이다.

ㄴ. Ⅱ와 공기의 경계면에서, 단색광의 입사각은 30°, 굴절각은 θ이고, 공기에 대한 Ⅱ의 굴절률이 $\sqrt{2}$이므로 $\sqrt{2}=\frac{\sin\theta}{\sin 30°}$가 성립한다. 따라서 $\theta=45°$이다.

[오답 풀이]

ㄷ. 공기에 대한 Ⅰ의 굴절률은 $\sqrt{3}$, 공기에 대한 Ⅱ의 굴절률은 $\sqrt{2}$이므로 단색광의 속력은 Ⅰ에서가 Ⅱ에서의 $\sqrt{\frac{2}{3}}$배이다.

12. 운동과 에너지-단진동(Veldy)

▶ 정답 : ①

[정답 풀이]

용수철 상수를 k라 하면 $kL=3mg$이다. 실을 끊은 뒤, A가 최고점에 도달하는 순간과 B가 수평면에 도달하는 시간이 같으므로 $\pi\sqrt{\frac{m}{k}}=\sqrt{\frac{2h}{g}}$이다. 이를 정리하여 k의 값을 대입하면 $h=\frac{\pi^2 L}{6}$이다.

13. 전기와 자기-RLC 교류 회로(코코팜)

▶ 정답 : ⑤ (ㄱ, ㄴ, ㄷ)

[정답 풀이]

ㄱ. 저항의 크기를 R, 저항에 흐르는 전류의 세기를 I_R이라 하면 $V_R=I_R\times R$, 따라서 V_R이 최대일 때 I_R이 최대이다.

ㄴ. 코일은 저항보다, 저항은 코일보다 양단에 걸리는 전압에 대한 위상이 90도씩 빠르다. 따라서 저항에 걸리는 전압이 최대일 때 코일, 축전기에 걸리는 전압은 0이다. …★

ㄷ. 축전기에 저장된 전하량을 Q, 축전기의 전기용량을 C, 축전기 양단에 걸리는 전압을 V_C라 하면, $Q=CV_C$이다. ★에서 $V_C=0$이므로 $Q=0$이다.

14. 전기와 자기-축전기와 유전체(D)

▶ 정답 : ①

[정답 풀이]

(가), (나)에서 축전기의 전기 용량을 C라고 하자. (가)에서 A, B양단에 걸리는 전압은 V이다. (나)에서 스위치를 열고 유전체를 채웠을 때, A에 걸리는 전압은 V로 일정하고, B는 충전된 전하량 CV로 보존되므로, $U_A=\frac{1}{2}\kappa CV^2$, $U_B=\frac{(CV)^2}{2\kappa C}$이므로 $\frac{U_B}{U_A}=\frac{1}{\kappa^2}$이다.

15. 파동과 빛-빛의 회절과 간섭(Veldy)

▶ 정답 : ⑤ (ㄱ, ㄴ, ㄷ)

[정답 풀이]

ㄱ. 회절 무늬 간격은 슬릿의 폭에 반비례하므로 같은 파장일 때 A와 B의 회절 무늬 간격을 살펴보면 A가 B보다 짧으므로 슬릿 폭은 A가 B보다 크다.

ㄴ. 회절 무늬 간격은 파장에 비례하므로 슬릿 A일 때 λ_1일 때의 회절 무늬 간격이 λ_2일 때의 회절 무늬 간격보다 짧으니 $\lambda_1<\lambda_2$이다.

ㄷ. $\lambda_1<\lambda_2$이고 회절 무늬 간격은 파장에 비례하므로 이웃한 밝은 무늬 간격은 ㉠이 ㉡보다 작다.

16. 전기와 자기-축전기의 연결(Veldy)

▶ 정답 : ⑤ (ㄱ, ㄴ, ㄷ)

[정답 풀이]

ㄱ. (Ⅰ의 전기용량):(Ⅱ의 전기용량)=1:2이므로 (가)에서 (Ⅰ 양단의 전위차):(Ⅱ 양단의 전위차)=2:1이다. 따라서 Ⅰ 양단의 전위차는 $\frac{2}{3}V$이다.

ㄴ. (나)에서 저장된 전하량은 Ⅱ가 Ⅲ의 2배이므로 두 축전기에 걸리는 전위차가 같기 위해서 Ⅲ의 전기용량은 C여야 한다. 전체 전하량은 $\frac{2}{3}CV$이므로 Ⅱ에 저장된 전하량은 $\frac{4}{9}CV$이고 Ⅲ에 저장된 전하량은 $\frac{2}{9}CV$이다.

ㄷ. Ⅲ의 전기용량이 C이고 Ⅲ에 저장된 전하량이 $\frac{2}{9}CV$이므로 Ⅲ 양단의 전위차는 $\frac{2}{9}V$이다. 따라서 Ⅲ에 저장된 전기 에너지는 $\frac{1}{2}\times C\times(\frac{2}{9}V)^2=\frac{2}{81}CV^2$이다.

17. 전기와 자기-로런츠 힘(쿠키맥스)

▶ 정답 : ③ (ㄱ, ㄴ)

[정답 풀이]

ㄱ. 입자는 전기장 영역에서 x축 방향으로 $2d$만큼, y축 방향으로 d만큼 이동하였으며 y축 방향으로만 힘을 받는다.
입자가 전기장 영역에서 운동한 시간을 t_1이라고 하면 초기 속도의 x축 방향 성분은 $\frac{2d}{t_1}$이다. 초기 속도의 y축 방향 성분은 전기장 영역에서 모두 소멸되므로 등가속도 운동 방정식(또는 일-운동에너지 정리도 같은 결과가 나온다)과 속도 변화량이 가속도와 시간의 곱과 같다는 식을 같이 사용하면,
$v_y^2-0=2ad$, $v_y=at_1$(a: 입자가 받는 전기력에 의한 가속도)
$v_y=\frac{2d}{t_1}=v_x$, 따라서 초기 속도가 축과 이루는 각은 45°이다.

ㄴ. 입자의 전하량과 질량을 각각 q, m이라고 하자.
$F_E=ma=qE$, $a=\frac{v_y^2}{2d}$, $F_E=\frac{mv_y^2}{2d}$(F_E: 입자가 받는 전기력)
$F_B=qv_yB$, $d=\frac{mv_x}{Bq}=\frac{mv_y}{Bq}$, $F_B=\frac{mv_y^2}{d}$(F_B: 입자가 받는 자기력)
따라서 $F_E=2F_B$이다.

[오답 풀이]

ㄷ. 전기장 영역에서 입자는 x축 방향으로만 따지면 v_y의 속력으로 $2d$의 거리를 등속 운동한다. 자기장 영역에서는 v_y의 속력으로 $\frac{\pi d}{2}$만큼의 거리를 등속력 운동하므로 $t_B=\frac{\pi}{4}t_E$이다.

18. 운동과 에너지-포물선 운동(뮤츠)

▶ 정답 : ① (ㄱ)

☞이 문항은 여러 방법으로 풀 수 있다. 축돌리기 풀이법(경사면을 지면처럼 놓고, 중력이 경사진 방향으로 작용한다고 가정한 풀이)를 사용한 경우도 있을 것이나, 본인은 축돌리기가 범용성이 부족한 풀이라고 생각해 그 방법을 여기에 적지는 않겠다. 그러나 이 문제가 6평에 나온 이상 다음 내용을 기억하여 사용하면 편하다는 사실은 꼭 알아두자. 이 내용만을 기억한다면 굳이 축돌리기 풀이를 따로 알아야 할 필요는 없을 것 같다.

1. 포물선 운동을 하는 물체의 가속도를 빗면 아래 방향과 경사면에 수직인 방향으로 분해했을 때, 빗면 아래 방향 가속도는 경사면을 따라 운동하는 물체와 동일하다.

2. 따라서 만약 두 물체를 하나는 경사면에 가만히 놓고 다른 하나를 발사했을 때, 두 물체가 다시 만나기 위해서는 발사각이 경사면과 수직을 이루어야 한다.

2번 내용은 확장시킬 수 있다. 만약 두 물체를 하나는 경사면 아래 방향으로 초속 v로 움직이게 시켰다면, 나머지 한 물체 역시 발사시켰을 때 경사면 아래 방향과 경사면에 수직인 방향으로 분해했을 때 경사면 아래 방향의 속도 크기가 v이어야 한다.

[정답 풀이]

<위의 2번 내용을 이용한 풀이>

A, B를 동시에 발사하였는데 B의 최고점에서 만났다면, B의 최고점에서 B를 가만히 놓고 A를 최종 속도의 정반대로 발사할 경우 P에서 두 물체가 만난다는 이야기도 할 수 있다. 그렇게 생각하는 것으로 문제 상황을 바꾸겠다.

B의 최고점에서 B를 가만히 놓는다면 경사면 아래 방향으로 가속도의 크기가 $g\sin45°=\frac{g}{\sqrt{2}}$이며, A 역시 경사면 아래 방향으로 가속도의 크기가 $\frac{g}{\sqrt{2}}$이다. 두 물체는 경사면 아래로 이동한 거리가 같으므로 A는 처음에 경사면 아래 방향의 속도가 0이어야 한다.

따라서 A의 속도의 방향은 빗면과 수직을 이루는 방향이며, 수평면에 대해 45° 위를 향하는 방향이다. 이때 수평 속도의 크기와 수직 속도의 크기는 서로 같다.

A는 최종적으로 변위가 경사면에 대해 아래 방향으로 45°를 이루는 방향이어야 하며 따라서 평균 속도도 아래 방향으로 45°이다. 처음 속도 벡터가 위쪽으로 v, 왼쪽으로 v의 크기를 가졌다고 치면 평균 속도일 때 아래쪽으로 v, 왼쪽으로 v의 크기를 가졌다고 볼 수 있다. 그렇다면 최종 속도는 아래쪽으로 $3v$, 왼쪽으로 v의 크기이다.

따라서 A의 최종 속도 벡터의 방향이 수평면과 이루는 각도를 θ_1이라고 한다면 $\tan\theta_1 = 3$일 것이며, 우리가 구하는 각도 θ는 $(\theta_1 - 45^\circ)$이다. 포물선 운동은 거꾸로 생각했을 때 속도벡터가 전부 정반대 방향이 되기 때문이다.
$\tan\theta = \tan(\theta_1 + 45^\circ)$
$= \dfrac{\tan\theta_1 + \tan 45^\circ}{1 - \tan\theta_1 \tan 45^\circ}$
$= \dfrac{1}{2}$

<위의 2번 내용을 이용하지 않은 풀이>
B의 처음 속력을 $\sqrt{2}v$라고 두자.
B는 결국 멈춘다. 따라서 수평 방향으로나 수직 방향으로나 평균 속도가 $\frac{1}{2}v$이다.
A는 수평속도가 일정하다. 같은 시간 동안 B와 같은 수평 거리를 이동해야 하므로 A의 수평 속도는 처음부터 $\frac{1}{2}v$이다. 수평 방향 이동 거리는 $\frac{vt}{2}$이다.(t: 걸린 시간)
A의 수직 방향 이동 거리는 $v_y \times t - \frac{1}{2}gt^2$($t$: 걸린 시간)이라고 쓸 수 있는데, $v_y = \frac{1}{2}v \times \tan(\theta + 45^\circ)$이므로 수직 방향 이동 거리는 $\frac{1}{2}vt\tan(\theta + 45^\circ) - \frac{1}{2}gt^2$이며 이는 수평 방향 이동 거리와 같다.
또한 B의 속도 변화량이 시간 t 동안 $\sqrt{2}v$인데 가속도가 $\frac{g}{\sqrt{2}}$임을 생각하면 $gt = 2v$임도 알 수 있다.
정리하면 $\frac{vt}{2} = \frac{vt}{2} tan(\theta + 45^\circ) - vt$이며 $\tan(\theta + 45^\circ) = 3$임을 알 수 있다. 따라서 $\tan\theta = \frac{1}{2}$이다.

19. 운동과 에너지-충돌(코코팜)

▶ 정답 : ②

[정답 풀이]
충돌 전 A의 운동방향을 $+x$방향으로 하여 좌표평면을 생각하자.
충돌 후 B의 y방향 속력을 v_0, x방향 속력을 av_0라 하자.
A의 질량을 m_0, B의 질량을 km_0라 하면
운동량 보존법칙에 의해 충돌전 A의 속력은 kav_0
충돌 후 A의 속력은 kv_0이다.
탄성충돌이므로 충돌전과 충돌후의 운동에너지 합이 같으므로
$\frac{1}{2}m_0(kav_0)^2 = \frac{1}{2}m_0(kv_0)^2 + \frac{1}{2}(km_0)(v_0^2 + (kv_0)^2)$
양변을 $\frac{1}{2}m_0v_0^2$로 나누어$k^2a^2 = k^2 + k(a^2+1)$...①
충돌 후 속력은 B가 A의 $\sqrt{3}$배 이므로
$(kv_0)^2 = 3(1+a^2)v_0^2 \Rightarrow k^2 = 3(1+a^2)$
$a^2 = \frac{k^2}{3} - 1$...②
②를 ①에 대입하면 $k^2(\frac{k^2}{3} - 1) = k^2 + k(\frac{k^2}{3})$ 양변을 k^2으로 나누어 $\frac{k^2}{3} - 1 = 1 + \frac{k}{3} \Rightarrow k^2 - k - 6 = 0 \Rightarrow k = 3$
②에 대입하여 $a = \sqrt{2}$, $\frac{L_2}{L_1} = \frac{(1+k)v_0}{av_0} = 2\sqrt{2}$

20. 운동과 에너지-열역학 제 1법칙(뮤츠)

▶ 정답 : ④

이 문제가 어려운 이유에는 2가지가 있다.

1. 처음-나중부피비, 기체의 일효율, 처음-나중 압력비 중 두가지를 알면 나머지 하나를 구할 수 있으나 이 문항에서는 셋 다 제공하지 않는다.
2. 용수철의 탄성 퍼텐셜 에너지는 압력비를 주기 위한 값으로 주어져 오던 것이 관례였으나 여기에 미지수를 뚫었다.

실제 수능에 나왔으나 열역학 문제 풀이에 능숙하지 않다면 찍고 다른 문항을 더 자세히 풀 것을 권장한다. 찍기는 매우 쉽다. 총 에너지 $2E$에서 내부 에너지를 뺐을 때 분모와 분자가 모두 정수 제곱의 형태인 분수가 되는 선지는 4번 말고는 없다.

이 문제의 풀이는 우리가 가지고 있는 정보가 다음 두 가지밖에 없는 것에서 출발할 수 있다.
1. 처음에 에너지는 기체가 가지고 있는 내부 에너지가 용수철이 가지고 있는 탄성 퍼텐셜 에너지의 9배이다.
2. 기체의 내부에너지 증가량과 용수철의 탄성퍼텐셜에너지 증가량의 합이 얼마인지 안다($\frac{8}{9}E$).

(나)에서의 기체의 부피 값을 (가)에서의 기체의 부피의 값으로 나눈 것을 a라고 하자.
(나)에서의 기체의 압력 값을 (가)에서의 기체의 압력의 값으로 나눈 것을 b라고 하자.
그렇다면 (나)에서의 탄성 퍼텐셜 에너지는 $\frac{b^2}{9}E$이며, 기체는 (나)에서가 (가)에서보다 내부 에너지가 ab배만큼 크다.(압력이 b배, 부피가 a배이므로 온도가 ab배라서 그렇다.)

2번 조건에서 다음과 같은 식이 나온다.

$$\frac{b^2}{9}E+(ab-1)E=\frac{8}{9}E \quad ...①$$

1번 조건은 사용하기가 매우 까다롭다.

기체가 들어 있는 부분이 원래 진공이었다고 하고 서서히 기체를 채워 그림 (가)와 같은 상황으로 만드는 것을 가정해 보자.

그렇다면 $P-V$그래프상 처음 (가)에 해당하는 점에서 (가)->(나)와 정반대 방향으로 화살표를 그려 $P-V$그래프의 V축에 닿는 순간까지 선을 그을 수 있다. V축, 방금 그린 선, (가)에 해당하는 점에서 V축에 수직으로 내린 선이 이어져 만들어지는 삼각형의 면적이 의미하는 것은 기체가 있는 부분을 진공으로 뒀다가 (가)의 상태를 만드는 동안 기체가 용수철에 한 일이자 (가)에서 용수철의 탄성 퍼텐셜 에너지이다.

(가)의 상태에서 P, V축에 수선을 내려 만들어진 직사각형의 넓이는 $\frac{2}{3}E$이다. 그 넓이에 $\frac{3}{2}$를 곱한 것이 기체의 내부 에너지인 E이기 때문이다. 따라서 우리가 방금 그렸던 삼각형의 넓이는 이 직사각형의 $\frac{1}{6}$배이며, 삼각형의 밑면의 길이가 처음 기체의 부피의 $\frac{1}{3}$배에 해당하는 것도 알 수 있다. 즉, (가)->(나) 그래프를 (가)쪽으로 연장하여 V축에 닿을 때까지 그리면 V축 절편이 (가)에서의 부피의 $\frac{2}{3}$배가 된다는 것이다. 이를 통해 a를 b에 대한 식으로 나타낼 수 있다.

그래프의 기울기$=\dfrac{bP-P}{aV-V}=\dfrac{P}{\frac{1}{3}V}$, $a=\dfrac{b+2}{3}$

①번식을 다시 정리한다. 이때 a는 b에 대한 식으로 바꾼다.

$$\frac{1}{3}(b^2+2b-3)E+\frac{(b^2-1)}{9}E=\frac{8}{9}E$$

$$3b^2+6b-9+b^2-1=8,\ 2b^2+3b-9=0,\ b=\frac{3}{2},\ a=\frac{7}{6}$$

(나)에서 기체의 내부 에너지:$E\times ab=\frac{7}{4}E$