STEM@CookBook, 생각하며 배우는 대학물리학(2판)

[연습문제 도움말 이용 안내]

CHAPTER 02 도움말

7. [도움말] 충돌하기까지의 시간은 1.5×10^{-2}초

12. [도움말]

(b) 1.01초 시각 전후의 0.01초 구간에서의 평균속도 $10.05\,\mathrm{m/s}$, $10.15\,\mathrm{m/s}$를 1.005초 시각과 1.015초 시각의 순간속도로 취급(또는 1.00과 1.01초 시각의 순간속도로 취급)

14. [도움말] 등가속도 운동에서는 $v^2 - v_0^2 = 2ax$

15. [도움말] 그림에서 각 위치간의 변위벡터를 화살표로 나타내고 그것을 평균속도벡터로 취급함

16. [도움말] 그림에서 각 위치간의 변위벡터를 화살표로 나타내고 그것을 평균속도벡터로 취급함

CHAPTER 03 도움말

4. [도움말] 운석이 $+x$축으로 운동한다고 하면 $v_x = 0.60c$, $V = 0.90c$이며,

$v_x{}' = \dfrac{v_x - V}{1 - \dfrac{V}{c^2} v_x}$ 식을 이용

5. [도움말] $t' = \gamma(t - \dfrac{V}{c^2} x)$ 식에서 $V = v$, 같은 시각 $t = t_0$에서 $x = 0$, $x = l$ 두 위치에서의 시각 $t_1{}'$, $t_2{}'$ 의 차이를 구함

6. [도움말] 주어진 식을 v_x에 대해 풀어서 다시 쓰고 정리함

7. [도움말]

(a) 로켓 운동 방향을 x축이라 하면 $\boldsymbol{v} = \boldsymbol{V} + \boldsymbol{v}'$에서 $\boldsymbol{V} = V\hat{i}$이고, 분사물질은 운동 방향과 반대 방향으로 뿜어져 나가므로 $\boldsymbol{v}' = -u_o\hat{i}$

(b) 로켓에서 측정한 분사물질 속도

8. [도움말] $v_x = \dfrac{v_x{}' + V}{1 + \dfrac{V}{c^2} v_x{}'}$ 식에서 우주선 운동 방향을 x축으로 정하면, $V = +0.800c$, $v_x{}' = 0.600c$

9. [도움말] $v_y{}' = \dfrac{dy'}{dt'}$ 표현식을 쓰고, $v_y = dy/dt$, $v_x = dx/dt$임을 이용

CHAPTER 04 도움말

1. [도움말] 미는 힘의 세기를 F_0 라면, $m_A a = F - F_0$, $m_B a = F_0$

2. [도움말] $m_1 a = T_1$, $m_2 a = T_2 - T_1$, $m_3 a = F - T_2$

3. [도움말] (b) <차량질량 × 가속도> (c) N-1개의 차량을 끄는 힘

4. [도움말]

(a) $Ma = T_1$, $(m/2)a = T_2 - T_1$, $(m/2)a = F_0 - T_2$

(b) $M + m/2$ 에 작용하는 힘

5. [도움말]

(a) $T_1 = T_2 = Mg/2$이고, $F = T_2$. 힘의 세기가 $Mg/2$인 경우 평형

(b) 도르래에는 4개의 힘이 작용

6. [도움말] 중력과 수직항력과 장력이 작용함. 평형에서 $T_2 = T_1$

8. [도움말] 수직항력 세기는 $mg\cos\theta$ 이며, 두 수직항력 합력은 $\sqrt{2}N$

9. [도움말] 수직 방향 성분이 중력과 같아야 하고 $ma = N\sin\theta$

12. [도움말] 정지 마찰력은 20N 보다 커야 하고 최대정지마찰력 세기는 $0.40m_1 g$. 일정한 빠르기에서는 운동 마찰력과 돌의 중력 세기가 같음

13. [도움말] 사람에는 중력과 수직항력 작용

14. [도움말] 종단속도에서 $mg = b_1 v + b_2 v^2$

15. [도움말] 오르내릴 때 각각 가속도 크기는 $(\sin\theta + \mu\cos\theta)g$, $(\sin\theta - \mu\cos\theta)g$

16. [도움말] (a) 합력은 $mg - \mu Mg$ (b) $ma = mg - T$

17. [도움말]

(a) $m_1a = m_1g\sin30 - \mu m_1g\cos30 + T$, $m_2a = m_2g\sin30 - \mu m_2g\cos30 - T$

(b) $m_1a = m_1g\sin30 - 0.3(m_1g\cos30) + T$, $m_2a = m_2g\sin30 - 0.2(m_2g\cos30) - T$

19. [도움말]

(a) $f = \mu N = \mu mg$이고, $F - f = ma = 0$

(b) $F\sin\theta + N - mg = ma_y = 0$이고, $f = \mu N = \mu(mg - Fsin\theta)$, $Fcos\theta - f = ma_x = 0$

20. [도움말] 마찰력 세기는 $\mu mg\cos\theta$

21. [도움말] (a) $ma = T - mg$ (b) 수직항력 N 이 저울 눈금이고, $ma = N - mg$

22. [도움말] 운동 방정식은 $ma_0 = N - mg$이고, N은 저울로 측정한 무게

23. [도움말] (a) $ma = N - (m + m')g$ (b) $m'a = T - m'g$

24. [도움말]

(b) 운동 방정식은 $m_1a = 0 = N - m_1g$

(c) 물체 A의 운동방정식에는 변화가 없고, 물체 B의 운동방정식은 $m_2a = -N - m_2g + N'$임, $N' = 0$

25. [도움말] (a) 두 물체 덩어리는 $3.0\,\mathrm{m/s^2}$ 의 같은 가속도로 운동 (b) $m_1a = T$

26. [도움말]

(a) 모래와 두레박 무게는 물체 정지마찰력 126N 보다 같거나 커야 함

(b) 물체가 미끄러지기 시작하면, 모래와 두레박 무게로 가속됨

27. [도움말] (a) 물체가 평형을 이루려면 $N = mg\cos\theta$, $f = mg\sin\theta$. $mg\sin\theta > f$이면 미끄러짐

CHAPTER 05 도움말

1. [도움말] $h=(1/2)gt^2$이고, $x=vt$

2. [도움말] $h=(1/2)gt^2$, $x=vt$이고, $\tan\theta=h/x$

3. [도움말] (a) 총알의 발사각 θ 는 $\tan\theta=\dfrac{H}{R}$, 수평 방향 빠르기는 $v_0\cos\theta$

(b) $y_1=v_0\sin\theta T-\dfrac{1}{2}gT^2$ (c) $y_2=H-\dfrac{1}{2}gT^2$

4. [도움말] (a) $y=H+v_0\sin\theta\cdot t-\dfrac{1}{2}gt^2$ (b) $v_x=v_0\cos\theta$, $v_y=v_0\sin\theta-gt$

5. [도움말] $x=v_{x0}t$, $y=H+v_{y0}t-\dfrac{1}{2}gt^2$. 땅에 떨어지는 시각은 $y=-H$ 조건

6. [도움말] $x=v_0t$,$y=H-\dfrac{1}{2}gt^2$, 경사면은 $y=-x+H$

7. [도움말] 공의 궤적은 $y=\tan\theta\cdot x-\dfrac{1}{2}g(\dfrac{1}{v_0\cos\theta})^2x^2$, 언덕은 $y=x$

8. [도움말]

(a) 공의 궤적 $y_1=\tan\theta\cdot x-\dfrac{1}{2}g\dfrac{x^2}{(v_0\cos\theta)^2}$, 언덕면 표현식 $y_2=\tan\theta\cdot x$에서 $y_2=y_1$ 조건

(b) $\dfrac{dx}{d\theta}=0$ 조건에서 $\tan\theta-\tan\phi=\dfrac{1}{\sin2\theta}$이므로 $\tan\phi=-\dfrac{1}{\tan2\theta}$이며 따라서 $\sin\phi=|\cos2\theta|$ 한편 $\tan\phi>0$ 이므로, $\tan2\theta<0$ 이어야 하며, 따라서 $\theta>45$ 여서 $\cos2\theta<0$, $\cos2\theta=-\sin\phi=\cos(90^\circ+\phi)$

9. [도움말] 45도 기울어진 경우 비행기에 작용하는 중력과 원운동 구심력 크기는 같아짐.
중력 세기는 mg이므로, 구심력 세기도 mg

10. [도움말] 두 위치간 원호의 1/2 운동

19. [도움말] 물체의 궤도 반지름 $r = R\sin\theta$.

이때 공에 작용하는 수직항력은 $N\cos\theta = mg$, $N\sin\theta = \frac{mv^2}{r}$ 만족.

20. [도움말] 두 천체 간의 힘을 F라 할 때 변과 중심선 사이의 각을 θ라면 합력은 $2F\cos\theta$,

삼각형 중심까지의 거리 r은 $r\cos\theta = L/2$

21. [도움말]

정거장 안에 있는 사람과 벽면 사이의 힘(수직항력) N은 $N = \frac{mv^2}{R}$ 조건을 만족하고 $N = mg$

22. [도움말] $f = \mu_s N = \mu_s mg$ 이 구심력 역할. 원운동은 $mR\omega_0^2 = \mu_s mg$인 상태까지만 가능

23. [도움말] (a) $\frac{mv_1^2}{R} = mg$ (b) $(1/2)mv_1^2 + mg(2R) = (1/2)mgv_2^2$

24. [도움말] 구심력인 합력은 막대 방향으로 작용. 장력의 수직성분은 중력을 상쇄하고 수평성분이 구심력

25. [도움말] (a) 수직축 방향의 합력은 0 (b) 합력은 막대를 향하는 수평 방향

(c) 그 힘 F가 구심력 $\frac{mv^2}{\frac{\sqrt{3}}{2}a}$ 임

26. [도움말]

장력은 $T(60) = mg\cos 60$ 와 $T(0) - mg = \frac{mv_0^2}{l}$ 을 만족. $(1/2)mv_0^2 = mgl(1 - \cos 60)$

CHAPTER 06 도움말

1. [도움말] 두 변을 $\boldsymbol{a}$, $\boldsymbol{b}$라 하면 나머지 변은 $\boldsymbol{c}=\boldsymbol{b}-\boldsymbol{a}$인데 양변을 자체 스칼라곱함

3. [도움말] 마찰력 세기는 μmg이므로 가속도 크기는 μg

4. [도움말] 가속도 크기는 약 $0.33\,\mathrm{m/s^2}$이고, 이동거리 $x=\frac{1}{2}at^2$. 빠르기는 $v=at$이고, 일률은 Fv

6. [도움말] 길이 x에서 사슬 질량은 $(m/l)x$. dx만큼 끌어올리려면 $dW=(m/l)xg\cdot dx$

7. [도움말] 책상 위 부분 길이가 x라면, 걸친 부분은 $l-x$. 걸쳐진 사슬질량은 $(m/l)(l-x)$이므로 dx만큼 끌어올리는 일 $dW=(m/l)(l-x)gdx$

8. [도움말] 매달린 쇠사슬 길이가 x이면 중력 세기 $F=\lambda x$. 일은 $\int_{1.0}^{3.0} Fdx$

9. [도움말] 원주를 따라 이동하면 이동 방향은 힘과 직각임

10. [도움말] (a) 추진력 세기 = 마찰력 세기 (b) 추진력은 2배
(c) $P_F=Fv_0$ (에너지 소모율은 4배이지만, 시간은 1/2로 줄어들어 결국 2배 에너지 소모)

11. [도움말] 운동에너지는 $20\,\mathrm{J}$. 마찰력 세기는 $10\,\mathrm{N}$

12. [도움말] (a) $\varDelta K=W$이고, 한 일은 $4500\times 100\,\mathrm{Nm}$

13. [도움말] $0-\frac{1}{2}mv_0^2=-f_0d$

14. [도움말] (a) $K+U=0+\frac{1}{2}kx^2=\frac{1}{2}mv^2+0$ (b) 충격량 크기 = 운동량 변화량 크기

16. [도움말] (a) 평형 위치에서 탄성력은 0
(b) 그 위치빠르기는 $\frac{1}{2}mv^2+\frac{1}{2}k(0.1\,\mathrm{m})^2=10\mathrm{J}$ 관계에서 구하고 $P=Fv$

17. [도움말] 시속 8km는 2.2m/s이며, 자동차 운동에너지 $K=(1/2)mv^2$ = $(1/2)kx^2$

18. [도움말] $\frac{1}{2}kx^2=\frac{1}{2}mv^2$. 바닥에 떨어지기까지 시간은 총알 빠르기에 상관없고 수평 이동거리는 빠르기에 비례하므로, 압축 길이를 x라면 $\frac{180}{1.0}=\frac{200}{x}$

19. [도움말] (a) $dU/dr=0$ (b) $F=-dU/dr$

20. [도움말] (a) $(1/2)mv^2=mgh_1$

(b) 올라간 거리 $d=h_2\sin 30^\circ=h_2/2$이고, $(1/2)mv^2=mgh_2+f\cdot d$

21. [도움말] (b) 최고점 높이는 고정점으로부터 $0.6l$ 높이

처음과 나중의 총 역학적 에너지는 $0=\frac{1}{2}mV^2-mg\cdot 0.6l$

22. [도움말] (a) 최고점에서는 수평운동하므로 $(1/2)mv_0^2=(1/2)m(v_0\cos\theta)^2+mgH$

23. [도움말] $K+0=0+[-mgL+(1/2)kL^2]$

24. [도움말] (a) 탄성력과 중력만 작용하므로 x만큼 압축된 경우 $Ma=kx-Mg$.

(b) 그 순간 정지하므로 $(1/2)kx_0^2-Mgx_0=MgH$

(c) $a=(1/M)(kx-Mg)\le 5g$ 에서 $kH\le 12Mg$

25. [도움말] 운동방정식 $Ma=kx-Mg$, 최대압축일 때 $(1/2)kx_0^2-Mgx_0=MgH$.

최대가속도는 $Ma_0=kx_0-Mg$ 조건

26. [도움말] (a) 운석과 태양 질량을 m, M 이라 하면, $\frac{mv^2}{R}=\frac{GMm}{R^2}$ 즉 $T^2=\frac{4\pi^2}{GM}R^3$

(b) 운동에너지는 $(1/2)\frac{GmM}{R}$

28. [도움말] $m\frac{v^2}{r}=\frac{GmM}{r^2}$, $E=\frac{1}{2}mV^2-\frac{GmM}{r}$ 이며 무한위치에서 $E=0$.

CHAPTER 07 도움말

1. [도움말] 속도 변화량 |-60 - (+40)|이고, 그 변화량은 5.0×10^{-3}s 동안 발생

2. [도움말] 수직 방향 운동량 변화량은 $2mv\cos30^\circ$ 이고, $\Delta p_1+\Delta p_2=0$

4. [도움말] 공 하나의 운동량 변화량 크기는 0.40kgm/s

5. [도움말] Δt 시간 동안 부딪친 횟수는 $v\Delta t/2L$이고, 운동량 변화량은 $mv^2\Delta t/L$

6. [도움말] 부딪치기 직전 빠르기는 30m/s이고, 부딪친 직후 빠르기는 20m/s

8. [도움말] (a) $F=\Delta p/\Delta t$. 매초당 운동량 변화량은 6.0kg・m/s (c) $\Delta K=(1/2)\Delta m\cdot v^2$

9. [도움말] (a) $F=\Delta p/\Delta t$이므로 $F=(\Delta m)v/\Delta t$

(b) 일률 $P=Fv$ (c) $\Delta K=(1/2)(\Delta m/\Delta t)v^2$

10. [도움말] 질량이 무시되는 막대의 앞과 뒤에 30kg과 20kg인 물체가 놓인 경우와 같음

11. [도움말] 먼저 수소원자 정삼각형의 질량 중심점을 구하고, 그 점에 3개의 수소 원자가 있다고 취급함. 수소원자로부터 중심점까지의 거리가 b 이면 $b^2+b^2-2b^2\cos120=a^2$.

삼각형 중심점으로부터 질소 원자까지의 높이가 h이면, $h^2=d^2-b^2$ 삼각형 중심점으로부터 질량중심점까지의 높이 $y_{cm}=\dfrac{m_N h}{3m_H+m_N}$

12. [도움말] 떼어낸 부분에도 원판이 있다고 하면 전체 모양은 완전한 원판 모양임. 문제의 원판과 반지름이 r인 원판의 질량은 각각 $A=a\pi(R^2-r^2), B=a\pi r^2$이며 $0=-Ax+B(R/2)$

13. [도움말] 각 막대를 질량 중심점에 뭉쳐진 질점으로 취급하면, $3mx=m(L/2)+0+m(L/2)$, $3my=m\cdot0+m(L/2)+mL$

15. [도움말] (a) 가속도는 $\frac{v^2}{(R/2)}$, 중력 세기는 $\frac{Gm^2}{R^2}$

(b) 가속도는 $\frac{v^2}{R}$, 중력 세기는 $\frac{Gm^2}{R^2}$

(c) 서로 반대 방향으로 운동하므로 두 빠르기를 더함

16. [도움말] $MV_x = m_1 v_1, MV_y = m_2 v_2$

17. [도움말] $MV^2 = mv^2$이므로 $\frac{1}{M}(MV)^2 = \frac{1}{m}(mv)^2$

19. [도움말] (a) $m_1 v_1 + m_2 v_2 = 0$

(b) 속도 $\boldsymbol{V}$ 로 운동하는 계에서 측정한 속도가 $\boldsymbol{v}'$이면, 속도는 $\boldsymbol{v} = \boldsymbol{v}' + \boldsymbol{V}$. 돌과 썰매 속도가 각각 $v'\hat{i}, -V\hat{i}$ 라면 돌의 빠르기는 $|(v'-V)\hat{i}| = v'-V$ 그러므로 $m_1 V = m_2(v'-V)$

20. [도움말] $MV = mv$. 그러므로 $M(MV^2) = m(mv)^2$. $MV^2 = a$, $mv^2 = b$라면 $a+b = 120\,\mathrm{J}$

21. [도움말] (a) $mv + MV = 0$

(b) 지상에서 측정한 사람 빠르기를 v'이라면 (비상대론적으로) $v' = v - V$

(c) 질량 중심점은 일정. 기차가 이동한 거리가 x라면 $0 = Mx + m(L-x)$

23. [도움말] (a) 속도 $\boldsymbol{V}$로 운동하는 계에서 속도 $\boldsymbol{v}'$으로 운동하는 물체는 속도 $\boldsymbol{v} = \boldsymbol{V} + \boldsymbol{v}'$. $\boldsymbol{v}' = v_0\hat{i}, \boldsymbol{V} = V\hat{i}$로 쓰면 $\boldsymbol{v} = (v_0 + V)\hat{i}$

(b) $mv + MV = 0$

24. [도움말] (a) <쐐기 +물체>의 수평 성분 운동량은 0으로 일정

(b) $< K + U = \text{일정} >$

(c) 쐐기 속도는 $\boldsymbol{V}$이므로, 쐐기계에서 본 속도가 $\boldsymbol{v}'$ 이면 $\boldsymbol{v} = \boldsymbol{V} + \boldsymbol{v}'$

(d) 경사각 α인 면을 내려오므로 수평 성분은 $v'\sin\alpha$. 바닥면 계에서 그 수평 성분은 $v\sin\theta$

25. [도움말] 중수소 빠르기와 산란각이 V, θ, 충돌전후 중성자빠르기 v, v'이면,

$mv = (2m)V\cos\theta$, $mv' = (2m)V\sin\theta$.

$\tan\theta = \frac{v'}{v}$이고, $mv^2 = mv'^2 + MV^2$이므로 $mv^2 = 3mv'^2$

26. [도움말] 두 천체 빠르기가 v, V이면 $mv = MV$, $\frac{1}{2}(mv^2 + MV^2) = 2G\frac{Mm}{d}$ 상대속도 크기는 $v+V$

27. [도움말] (a) 떨어져 있는 부분의 길이는 $L-x$

(b) 사슬 길이가 x인 상태에서 사슬 빠르기를 v라 하면, Δt 시간 동안 떨어진 사슬 길이 $\Delta x = v\Delta t$이므로 $\Delta p = (\rho v^2)\Delta t$. 나머지 사슬은 정지 상태에서 $L-x$만큼 낙하이동했으므로 $v^2 = 2g(L-x)$

(c) 충격력 $F = \Delta p / \Delta t$

28. [도움말] (a) $v_1 = v_1{}' + V, v_2 = v_2{}' + V$

(b) 질량 중심점 좌표는 $\frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2}$이며 상수이므로 미분치는 0

29. [도움말] (a) 최고점에서 멈추려면 $V = 2\sqrt{gl}$이 필요. $mv = m\frac{v}{2} + MV$

(b) 원운동을 하려면 최고점에서 빠르기 V'은 $M\frac{V'^2}{l} = Mg$ 필요

31. [도움말] (a) $(m+M)V = mv$ (b) 총알이 박힌 나무토막의 역학적 에너지가 보존

33. [도움말] (a) $m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2)V_{cm}$ (b) 질량중심점에서 측정한 빠르기는 각각 $\frac{v_0}{2}$

34. [도움말] (a) 충돌 후 두 공의 빠르기 v는 같고 총운동량 성분은 $2v\cos\theta$

35. [도움말] $mv = mv_1 + Mv_2$, $(1/2)mv^2 = (1/2)mv_1^2 + (1/2)Mv_2^2$

$|v_1| = v_2$에서 $v_1 = -v_2$.

그러므로 $mv = -mv_2 + Mv_2 = (M-m)v_2$ $mv^2 = mv_2^2 + Mv_2^2 = (m+M)v_2^2$이 됨

36. [도움말] (a) 충돌 순간 세 공의 배치는 정삼각형을 이룸

(b) $mv_0 = mv_1 + 2 \cdot mv_2 \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}$, $(1/2)mv_0^2 = (1/2)mv_1^2 + 2(1/2)mv_2^2$

37. [도움말] (a) $mv_0 - Mv_0 = mv_1 + Mv_2$, $(1/2)(m+M)v_0^2 = (1/2)mv_1^2 + (1/2)Mv_2^2$ $M \gg m$이면 $-Mv_0 = mv_1 + Mv_2$, $Mv_0^2 = mv_1^2 + Mv_2^2$ 으로 근사 가능

(b) 역학적 에너지 보존에서 $v^2 = 2gh$

38. [도움말] (a) $m_1v_0 = m_1v_1 + m_2v_2$(그러나 탄성충돌인지 아닌지 알 수 없으므로 $(1/2)m_1v_0^2 = (1/2)m_1v_1^2 + (1/2)m_2v_2^2$이 반드시 성립하지는 않음).

충돌 전후의 운동에너지는 각각 $T = (1/2)m_1v_0^2$ $T' = (1/2)m_1v_1^2 + (1/2)m_2v_2^2$이므로

$\Delta T = (1/2)m_1[v_0^2 - v_1^2 - (m_1/m_2)(v_0^2 + v_1^2 - 2v_0v_1)]$

(b) $d(\Delta T)/dv_1 = 0$

CHAPTER 08 도움말

3. [도움말] (a) 회전속도는 2.5×10^3rev/s이므로, $\omega=\alpha t$, $\theta=(1/2)\alpha t^2$ 이용

5. [도움말] 떨어지기까지의 시간 $t_0=\sqrt{2H/g}$.

수평 방향 초속도가 v_2, v_1 이라면, $v_2=(R+H)\omega, v_1=R\omega$

6. [도움말] 떨어지기까지의 시간 $t_0=\sqrt{2H/g}$.

수평 방향 초속도가 v_2, v_1 이라면, $v_2=(R+H)\omega, v_1=R\omega$

7. [도움말] 합력이 한 일은 운동에너지 변화량이고,

$$W=\frac{1}{2}Mv^2+\frac{1}{2}I\omega^2=\frac{1}{2}Mv^2+\frac{1}{2}\left(\frac{2}{5}MR^2\right)\left(\frac{v}{R}\right)^2$$

8. [도움말] 지구 질량과 반지름을 각각 M, R 이라면 에너지는 $(1/2)(\frac{3}{5}MR^2)\omega^2$

9. [도움말] 한 끝이 고정된 막대의 회전관성은 $I=\frac{1}{3}mL^2$.

평행축 정리에서, 회전축에 나란한 막대의 회전관성은 $I=\frac{1}{4}mL^2$,

그 축에 수직인 막대의 회전관성은 $I=m(L/2)^2+(1/12)mL^2=(1/3)mL^2$.

10. [도움말] 회전관성 $I=Mx^2+m(L-x)^2$. 질량중심점 위치 $(m+M)x_{cm}=mL$

11. [도움말] 원판의 운동에너지는 $K=\frac{1}{2}mv^2+\frac{1}{2}I\omega^2$이고, $K+U=\frac{3}{4}mv^2+0=0+mgH$

12. [도움말] $\boldsymbol{a}\times\boldsymbol{c}+\boldsymbol{b}\times\boldsymbol{c}=\boldsymbol{c}\times\boldsymbol{c}=0$이므로 $ac\sin\beta=bc\sin\alpha$

13. [도움말] (a) $V_{cm}=\dfrac{1}{(m_1+m_2)}(m_1\boldsymbol{v}_1+m_2\boldsymbol{v}_2)$는 일정.

$\boldsymbol{v}_1=(v_0,0)$ $\boldsymbol{v}_2=(0,0)$로 쓰면 $V_{cm}=\dfrac{1}{(m+M)}(mv_0,0)$

(b) $\boldsymbol{R}_{cm} = \frac{1}{(m+M)}(...,m\frac{3l}{4}+M\frac{l}{2})$

(c) 질량중심점으로부터 진흙운동 방향선 까지의 수직거리 $\frac{3}{4}l - y_{cm}$를 d라 하면, $d = \frac{M}{4(m+M)}l$.

질량중심점을 중심한 각운동량 크기 $L = mv_0 d$

(d) 총 회전관성 $I = md^2 + \frac{1}{12}Ml^2 + M(y_{cm} - \frac{l}{2})^2$

(e) 충돌 전 후의 각운동량은 일정

14. [도움말] 각가속도 $\alpha_0 = \frac{\tau}{I}$는 일정이고, $\omega = \alpha_0 T$

15. [도움말] 모서리와 공에 작용하는 중력선까지의 수직거리 $d = \sqrt{R^2 - (R-h)^2}$이고, 중력에 의한 토크 세기는 $\tau_g = Mgd$. 힘의 작용선까지의 수직거리는 $d' = R - h$

16. [도움말] (b) 막대에 작용하는 중력은 그 중심점에 작용하는 것으로 취급 가능

(c) 그 각속도 크기가 ω_0이면 $K + U = 0 + (mg \cdot \frac{D}{2} + MgD) = \frac{1}{2}I\omega_0^2 + 0$이고, $v = D\omega_0$

17. [도움말] 회전관성 $I = \frac{1}{3}ml^2$이고, $K + U = 0 + mg\frac{l}{2} = \frac{1}{2}I\omega_0^2 + 0$

18. [도움말] 두 물체 가속도는 같음

(b) 도르래의 양쪽 토크는 반대 부호 (c) $a = R\alpha$

19. [도움말] (a) A, B점을 각각 고정점으로 취하면 두 경우 $\tau_A = F_B \cdot 1 - mg \cdot 4 = 0$

$\tau_B = F_A \cdot 1 - mg \cdot 3 = 0$ (b) 다이빙 판에 작용하는 중력은 그 중간점에 작용한다고 볼 수 있다.

즉 $\tau_A = F_B \cdot 1 - Mg \cdot 2 - mg \cdot 4 = 0$

20. [도움말] 비틀림각 θ는 토크에 비례. 즉 $\theta = \frac{1}{\kappa}\tau$ 관계에서 비례상수 κ를 얻는다.

21. [도움말] 막대 끝의 변위 x 는 $\tau = \frac{l}{2}kx$ 만족. 막대 회전관성은 $I = 2 \times [\frac{1}{3}(\frac{m}{2})(\frac{l}{2})^2] = \frac{1}{12}ml^2$.

$x = \frac{l}{2}\theta$이고, $\tau = I\alpha$이므로 $\frac{d\theta^2}{dt^2} - \frac{kl^2/4}{I}\theta = 0$

22. [도움말] 막대 질량중심점이 H 만큼 들린 경우 $K+U=0+mgH=\frac{1}{2}I\omega_0^2+0$이고, $I=\frac{1}{3}ml^2$

23. [도움말] (a) 날개 하나의 회전관성은 $\frac{1}{3}ml^2=\frac{1}{3}\cdot 135\cdot(3.75)^2\mathrm{kgm}^2$

(b) $\omega=\alpha t$, $\tau=I\alpha$

24. [도움말] 에너지는 $\frac{1}{2}I\omega^2$, 각운동량은 $I\omega$. $I=\frac{1}{2}MR^2$, $\omega=\frac{v}{R}$

25. [도움말] 운동에너지 $K=\frac{1}{2}I\omega^2$, 각운동량 $L=I\omega$

26. [도움말] 두 평행선의 중간점을 기준점으로 취한다면 수직거리는 $d/2$

27. [도움말] $T\sin\theta=\frac{mv^2}{r}$, $T\cos\theta=mg$, $r=l\sin\theta$

28. [도움말] 수평 방향 빠르기는 $v_0\cos\theta$ 로 일정하고,

최고점 높이 속도 방향선까지의 수직 거리는 최고 높이 $\frac{(v_0\sin\theta)^2}{2g}$

29. [도움말] 돌의 각운동량 크기는 mRv. 원판과 소녀의 회전관성 $I=I_0+MR^2$

30. [도움말] (a) $L=I_1\omega_1=I_2\omega_2$ 로 일정 (b) $K=(1/2)I\omega^2=L^2/2I$

31. [도움말] (a) 각운동량 크기 $L=mvR$, $L=I\omega$

(b) 충돌 후 $K=(1/2)I\omega^2$, 충돌 전 에너지는 $(1/2)mv^2$

32. [도움말] (a) 회전관성은 $I=I_0+I_0/4=5I_0/4$, $L=I_0\omega_0=I\omega$

(b) $K_f=(1/2)I\omega^2=L^2/2I$

33. [도움말] (a) 총알의 각운동량 $L_0=mvl$. 총알과 나무토막 회전관성은 $(M+m)l^2$.

나무토막 빠르기 $V=l\omega$. (또는, 박힌 순간에는 직선운동이므로 $mv=(m+M)V$도 성립)

(b) $K=\frac{1}{2}(m+M)V^2=\frac{1}{2}(\frac{m^2}{m+M})v^2$

(c) 회전관성은 $(\frac{1}{9}M + M + m)l^2$

34. [도움말] 진흙의 각운동량은 $mv_0 d$. 회전관성 $I = \frac{1}{2}MR^2 + md^2$, $mv_0 d = I\omega$

35. [도움말] (a) 진자의 회전관성은 $I = I_{CM} + md^2$ (b) $dT/dl = 0$인 조건

36. [도움말] (d) 소행성 각운동량은 $\frac{2}{5}MR^2\omega'$이고 총각운동량은 0

(e) 처음 위치까지 오는데 걸린 시간이 T 라면, 왕자와 소행성이 회전한 각도는 $\omega T, \omega' T$이고 $(\omega + \omega')T = 2\pi$. 소행성 회전각은 $\theta = \omega' T$

37. [도움말] 물체에는 중력과 용기 벽의 수직항력이 작용하며 수직항력 토크는 0.

물체가 수직선과 각 θ 일 때 중력에 의한 토크는 $mgR\sin\theta$. 각이 작으면 $\alpha = (g/R)\theta$로 근사가능

38. [도움말] 회전관성은 $I = \frac{1}{2}MR^2 + M(2R)^2 = \frac{9}{2}MR^2$.

토크 $\tau \approx Mg \cdot 2R$ 에서 $\omega = \sqrt{\frac{Mg \cdot 2R}{(9/2)MR^2}}$

39. [도움말] 벽돌의 질량중심은 걸친 부분 끝보다 더 멀리 있으면 안된다.

(a) 가장 위 벽돌 중심점은 왼쪽 끝에서 $l/2$ 떨어진 위치이다. 위 두 벽돌의 질량중심점 위치 x는 아래 벽돌 왼쪽 끝을 기준점으로 할 때 $(2m)x = m(l/2) + ml$ 에서 $(3l/4)$이고, 위 세 벽돌의 질량중심점 위치 x는, $(3m)x = m(l/2) + (2m)l$ 에서 $(5l/6)$ (b) $(4m)x = m(l/2) + (3m)l$

40. [도움말] (a) 줄까지의 수직 거리는 $l\sin\theta$이므로 중력과 장력에 의한 토크는 각각 $Wx, T \cdot l\sin\theta$ 이고 이 두 크기는 같다.

(b) 장력의 수평과 수직 방향 세기는 각$F_y + T\sin\theta = W$각 $T\cos\theta, T\sin\theta$. 고정점에서 막대에 작용하는 힘의 세기를 각각 F_x, F_y라면, $F_x = T\cos\theta$, 가 성립한다.

41. [도움말] 물체의 무게가 W 이고, 줄의 장력이 T라면, 수직 거리는 $L\sin\theta$이므로 중력과 장력에 의한 토크 크기는 각각 Wx, $TL\sin\theta$이고 이 두 크기는 같음. 즉 T는 $Wx/L\sin\theta$ 이고 이 크기가 T_0 보다 커지면 안됨.

42. [도움말] (a) 사다리가 땅에 닿은 점을 기준점으로 한 토크 = 0

(b) $f=T$ (c) $f \le \mu(m_1+m_2)g$

43. [도움말] (a) 중력 $W(=Mg)$와 수직항력 N과 마찰력 f가 작용. $+2N-2W=0$.

꼭지점을 기준점으로 한 막대의 토크는 $+W\cdot(L/2)\cos\theta-N\cdot L\cos\theta+f\cdot L\sin\theta=0$

(b) 정지마찰력 크기$f_s=\mu N=(1/2)W$가 f 보다 커야 함

(c) 한 막대의 평형을 고려하면 마찰력과 반대 방향이며 같은 크기 힘 필요

CHAPTER 09 도움말

1. [도움말] (a) $E=\frac{1}{2}kA^2$ (b) $v_{\max}=\sqrt{\frac{k}{m}}A$ (c) $a_{\max}=\frac{k}{m}A$ (d) $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

3. [도움말] (b) 빠르기와 가속도는 각각 $\frac{dx}{dt}$, $\frac{d}{dx}(\frac{dx}{dt})$

4. [도움말] $\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}$ 이고 $\omega=\frac{2\pi}{T}$

5. [도움말] $x=A\cos(\omega t+\pi/2)$ 형태에서 $\omega=2\pi f=10\mathrm{rad/s}$

(b) 최대 빠르기는 $\omega t+\pi/2=\pi/2$ 조건 (c) $|\cos[(10\,\mathrm{rad/s})\mathrm{t}+\frac{\pi}{2}]|=1$ 조건

6. [도움말] 분자 중심점이 고정된 상태에서 진동하므로 반으로 자른 용수철의 용수철 상수 $2k$인 경우 진동. 수소 분자량은 2이므로 원자 질량을 m이라면 $2m \cdot 6\times10^{24}=2\,\mathrm{g}$.

7. [도움말] (a) $(m_1+m_2)x_{cm}=m_2\cdot d$. (b) 질량중심점이 고정된 상태에서 진동.
탄소에서 질량중심점까지의 길이만큼의 용수철 상수 $k'=1.75k$인 용수철에 의한 진동

8. [도움말] (a) 지구 속의 돌에는 지구 중심점에서 그 위치까지의 지구 내부의 질량이 작용하는 중력 받음으로 $F=-G\frac{4\pi}{3}\rho m\cdot x$

(b) 지구 중심점을 기준점으로 하면, 위치에너지는 $U=\int_0^R(-kx)dx=\frac{1}{2}kR^2$이며

$K+U=0+\frac{1}{2}kR^2=\frac{1}{2}mv^2+0$

9. [도움말] 평형상태에서는 부력과 나무토막 중력의 합력이 0이고, 평형 위치에서 y만큼 벗어나 있는 경우, 나무토막에는 $F=-ky$ 의 합력이 작용하므로 $m\frac{d^2y}{dt^2}=-ky$

11. [도움말] (a) 그물 깊이가 x_0라 할 때, $K+U=mgH+0=0+(1/2)kx_0^2-mgx_0$.
가만히 올라간 경우 그물 깊이를 x_1이라 하면 $K+U=0+0=0+(1/2)kx_1^2-mgx_1$

이므로 $x_1 = \frac{2mg}{k} = \frac{x_0^2}{H+x_0}$ 이고 $x_0 = 1.2\text{m}$.

(b) $K+U = mgH+0 = 0+(1/2)kx_0^2 - mgx_0$

12. [도움말] $E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$, $\frac{dE}{dt} = mv\frac{dv}{dt} + kxv$ 이고 $m\frac{dv}{dt} = -kx - bv$

13. [도움말] (a) 직렬상태에서 변위는 각각 $\frac{1}{k_1}F, \frac{1}{k_2}F$이므로 총 변위는 $(1/k_1 + 1/k_2)F$가 된다. 용수철 상수 k가 $1/k = 1/k_1 + 1/k_2$ 용수철과 같다.

(b) 평형상태에서 x만큼 변위된 경우 힘 $F = -k_1x - k_2x$이므로 용수철 상수 $k = k_1 + k_2$ 인 경우와 같다.

14. [도움말] 회전관성 I는 $I = mR^2 + mR^2 = 2mR^2$. 각 θ만큼 기울어진 상태에서 고리 중심점은 수직선과 $R\sin\theta \approx R\theta$ 벗어남. $\alpha = \frac{1}{I}\tau$

CHAPTER 10 도움말

2. [도움말] 지구 표면적은 $4\pi R^2$이므로 표면적에 작용하는 힘 $F = P_0 A = P_0(4\pi R^2)$

3. [도움말] 부력 세기는 무게와 같으므로 $\rho_w (0.5V)g = \rho_o (0.8V)g$

4. [도움말] 병의 질량과 부피를 각각 m, V라 하면, $m + \rho_w V = 98.44$, $m + \rho_x V = 89.22$

5. [도움말] 대륙의 높이를 H, 넓이를 A, 밀도를 ρ_0라고 하면, 대륙 질량은 $\rho_0 AH$이고,
맨틀 밀도를 ρ라 하고, 맨틀에 잠긴 부분의 높이를 x라 하면, 맨틀에 의한 부력은 ρAxg

6. [도움말] 외부 지름을 R_2라 하면, 그 부력은 $\frac{4\pi}{3}R_2^3\rho_1 g$. 물체 밀도를 ρ_2라면,
그 무게는 $\frac{4\pi}{3}(R_2^3 - R_1^3)\rho_2 g$

7. [도움말] 물체에는 용수철이 끌어올리는 힘 F와 부력 F_B 그리고 중력이 작용. 액체 속에서는 용수철이 끌어올리는 힘을 F', 부력을 F_B'이라면 $F + F_B = F' + F_B'$. $F = 60\mathrm{N}$이므로 물속에서의 부력 세기 $F_B = 40\mathrm{N}$. 한편 어떤 액체 밀도는 물의 0.7배이므로, 액체 속 부력 세기 F_B'는 물속 부력 세기의 0.7배가 된다. $F' = F + F_B - F_B'$

8. [도움말] $M = \rho V$이고, $Mg - F_B = W$

9. [도움말] 물 밀도를 ρ_0, 액체 밀도를 ρ라면 $\rho_0 Vg = 10\mathrm{N}$, $\rho Vg = 5\mathrm{N}$

11. [도움말] (a) 부력 세기 $F_0 = \rho_0 Vg$. 운동방정식은 $Ma = F_0 - Mg + N = 0$이므로 $N = Mg - \rho_0 Vg$
(b) 부력 세기를 F_0'이라면 $ma_0 = F_0' - mg$가 성립하므로 부력 세기는 $F_0' = m(g + a_0)$
$= \rho_0 V(g + a_0)$. 운동방정식은 $Ma_0 = F_0' - Mg + N$

12. [도움말] (a) 부력 세기 $\rho_0 AL_0 g$이 무게 ρALg와 같다.
(b) 잠긴 부피는 Ax 늘어나 부력 세기는 $\rho_0 Axg$ 추가.
(c) 수직축 방향을 x축으로 하면, $m\frac{d^2x}{dt^2} = -\rho_0 Axg$이고 $m = \rho AL$

13. [도움말] (a) 부력 세기를 F_0라면, 운동방정식은 $ma = 0 = +F_0 - mg - T_0$

(b) 부력 세기는 $\rho_0 Vg$이므로 $T_0 = \rho_0 Vg - mg$

(d) 가속되는 상태에서 운동방정식은 $ma_0 = +F_0{}' - mg - T$이고 $T_0 = \rho_0 Vg - mg$

15. [도움말] 작은 구멍 높이를 0으로 정하면 $p_2 + (1/2)\rho v_2^2 + \rho gh = p_1 + (1/2)\rho g v_1^2 + 0$이고,

$p_2 \approx p_1$이라면, $v_1^2 = v_2^2 + 2gh$.

16. [도움말] 유체 질량 $m = \rho AL$. 평형위치에서 x만큼 벗어나 있으면, 압력 크기는 $\rho A \cdot 2x \cdot g$이므로

운동방정식은 $m\dfrac{d^2x}{dt^2} = \rho AL\dfrac{d^2x}{dt^2} = 2\rho gAx$

17. [도움말] 같은 높이가 된 경우 더 높은 위치에 있던 양은 $\rho A \cdot \dfrac{1}{2}(h_2 - h_1)$이므로

유체가 $\dfrac{1}{2}(h_2 - h_1)$만큼 낮은 곳으로 이동.

18. [도움말] (a) <질량 = 부피 × 밀도>이므로 $H = \dfrac{m}{A\rho}$

(b) 관 속에서의 압력은 같은 높이에서는 똑같다. 수은 높이로부터 물의 밑바닥 부분까지의 거리가 h'이면, 원래 수은 높이에서의 압력은 $\rho' gh = \rho g(H - h')$이고, $\rho' g(h + h') = \rho gH$

19. [도움말] (a) $\rho_i Vg = \rho_w V_0 g$

(b) 얼음 질량은 $m = \rho_w V_w = \rho_i V$이므로 $V_w = \dfrac{\rho_i}{\rho_w}V$

20. [도움말] 사람과 판의 무게는 $(\rho Ah + m)g$이고 부력 세기는 $\rho_0 Ahg$

21. [도움말] 물의 빠르기를 v라 하면, $v^2 - v_0^2 = 2gh$이고 $\pi D^2 v_0 = \pi d^2 v$

22. [도움말] (a) Av는 일정 (b) $p + (1/2)\rho v^2$는 일정

(c) 압력 p_2는 대기압에 물기둥의 압력 ρgh가 더한 크기

23. [도움말] $v_1 A_1 = vA_2$. $p_1 + (1/2)\rho v_1^2 = p_0 + (1/2)\rho v^2$

24. [도움말] (a) $A_1 v_1 = A_2 v_2$ (b) $p_1 + (1/2)\rho v_1^2 = p_2 + (1/2)\rho v_2^2$

25. [도움말] (a) 벤추리 미터 속의 어느 높이까지의 높이를 각각 y_1, y_2라 하면, $p_1 + \rho g y_1 = p_2 + \rho g y_2 + \rho_0 g H$

(b) $v_2 = (A_1/A_2) v_1$ 와 $p_1 + (1/2)\rho v_1^2 = p_2 + (1/2)\rho v_2^2$

CHAPTER 11 도움말

1. [도움말] (a) $y(x,t) = A\cos[2\pi(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T})]$ 형태에서

$2\pi\frac{x}{\lambda} = \frac{1}{4}x$에서 $\lambda = 8\pi$이고, $2\pi\frac{t}{T} = 3\pi t$에서 $T = \frac{2}{3}s$

(b) $v = \frac{dy}{dt}$이며 빠르기 진폭이 최대 빠르기

2. [도움말] (a) v가 일정 (b) $P \propto \omega^2 A^2$ (c) $\omega^2 A^2 \propto \frac{A^2}{\lambda^2}$ (d) $\omega^2 \propto \frac{1}{\lambda^2}$

(b) $v = \frac{dy}{dt}$이며 빠르기 진폭이 최대 빠르기

3. [도움말] (a) 최대 변위에서 평형위치까지 오는 데 주기의 1/4

4. [도움말] (b) dy/dt에서 진폭

5. [도움말] 벽에 고정된 줄의 장력 $T'\cos 45 = Mg$ AB 사이 구간 줄의 장력 $T = T'\cos 45 = Mg$.

$\rho = m/L$ 이고, $v = \sqrt{\frac{T}{\rho}}$

6. [도움말] (a) 선밀도는 M/L 질량은 yM/L (b) $v = \sqrt{\frac{T}{\rho}}$

7. [도움말] 기본진동수 f_1과 파속 v는 각각 $f_1 = \frac{v}{2L}$, $v = \sqrt{\frac{T}{\rho}}$

8. [도움말] (a) $\sum F_y = T\sin\theta - Mg = 0$ (b) 윗 부분 길이는 $l\cos\theta = L$. $f_0 = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{\rho}}$

9. [도움말] $A\cos(kx \pm \omega t)$ 형태의 파동임

10. [도움말] $2A\cos(\frac{\phi}{2})\cos(kx - \omega t + \frac{\phi}{2})$

11. [도움말] $A\cos(kx\pm\omega t)$가 만든 $2A\cos kx\cos\omega t$ 형태의 정상파.

마디는 $\cos\pi x=0$ 조건, 배는 $\cos kx=\pm1$인 조건

(c) $\cos 2\pi(kx-\frac{t}{T})=\cos(kx-4.0\pi t)$

12. [도움말] 중첩파 $y=2A\sin\left(kx+\frac{\phi}{2}\right)\cos\left(\omega t-\frac{\phi}{2}\right)$의 마디 위치 $kx+\frac{\phi}{2}=n\pi$.

$kx_1+\frac{\phi}{2}=\pi$, $kx_2+\frac{\phi}{2}=2\pi$는 연속된 마디의 두 위치이고 $k(x_2-x_1)=\pi$

13. [도움말] $2A\sin kx\cos\omega t$로서 $(0.25\text{cm})\sin(\text{kx}\pm\omega\text{t})$ 형태 평면파 결합. $k=\pi/3,\omega=40\pi$

(b) $\lambda=6.0\text{cm}$이고, 마디 간격은 반 파장

14. [도움말] (a) 파속 $v=\sqrt{\frac{T}{\rho}}$ 이다.

(b) 1개의 배에서 파장 $\lambda=2L$ 2개의 배에서 파장은 L

15. [도움말] 기본 진동수는 $f_0=\frac{1}{2L}\sqrt{\frac{T}{\rho}}$. $f_0\propto\frac{1}{L}$

16. [도움말] 기본 진동수 파장 $\lambda=2L$

17. [도움말] (a) $3\cdot(\lambda/2)=L$

(b) $y=A\sin(kx\pm\omega t)$ 가 만드는 정상파는 $y=2A\sin(kx)\cos(\omega t)=2A\sin(\frac{2\pi x}{\lambda})\cos(2\pi ft)$

19. [도움말] 파속 $v=\sqrt{\frac{B}{\rho}}$. 산소 분자량은 32이므로 산소 32g이 22.4L

21. [도움말] $t_1=\frac{l}{v}$ $t_2=\frac{l}{V}$

22. [도움말] (a) 가까운 절벽 거리 x_1, 먼 절벽 거리를 x_2라면 첫 번째, 두 번째, 세 번째 메아리는 각각

$t_1=2x_1/v, t_2=2x_2/v, t_3=(2x_1+2x_2)/v$ 시각

24. [도움말] 마디 간격은 파장의 1/2

25. [도움말] 용기 바닥 위치가 파동의 마디 위치. 마디와 마디 간격은 파장의 1/2

26. [도움말] 이웃한 두 진동수 f_1, f_2 는 $\frac{f_2}{f_1} = \frac{280}{240} = \frac{7}{6}$ 관계. 공명 조건은 $2L = n\lambda, (n = 1, 2, ..)$

(b) 한 쪽이 막히면 공명 조건이 $4L = (2n+1)\lambda$, $(n = 1, 2, ...)$이므로,

파장이 주어진 조건을 만족시키지 못함.

27. [도움말] 한 쪽이 막힌 파이프의 공명 조건은 $4L = (2n+1)\lambda$, $(n = 1, 2, ..)$

28. [도움말] 차이가 $\Delta\omega$인 두 음파 맥놀이 각진동수는 $\frac{\Delta\omega}{2}$.

맥놀이 주기는 $\frac{\Delta\omega}{2} = \frac{2\pi}{T}$ 조건이므로 진동수 차이는 $\Delta f = \frac{2}{T}$.

맥놀이 소리는 한 주기 동안 두 번 들린다.

29. [도움말] 350Hz 음차 $\Delta f = 4\mathrm{Hz}$, 355Hz 음차 $\Delta f = 9\mathrm{Hz}$.

30. [도움말] 진동수는 $\frac{3}{2\mathrm{s}} = 1.5\mathrm{Hz}$, 주기 $T' = \frac{2}{3}\mathrm{s}$이므로 $\Delta f = 1.5\mathrm{Hz}$

33. [도움말] $\beta_2 - \beta_1 = 20\log\left(\frac{r_1}{r_2}\right)$. $\beta_2 = \beta_1 + 20\log(10^{-2}) = \beta_1 - 20$

34. [도움말] (a) $I \propto 1/r^2$ (b) 음파의 세기 $I = \frac{1}{2}\rho\omega^2 A^2 v$

35. [도움말] (a) f_0, v_0인 경우, 1초 동안 파도가 이동한 거리는 v_0이고, 그 구간 마루 수 $\frac{v_0}{\lambda}$는 f_0.

보트가 파도를 맞으며 이동하는 경우, 파도가 이동한 거리는 $v+5$이고,

마루 수는 $\frac{v+5}{\lambda} = (1 + \frac{5}{v})f = 21$.

파도에 쫓기는 방향으로 이동하는 경우 파도 이동거리는 $v_0 - 5$ 이고,

마루 수는 $\frac{v-5}{\lambda} = (1 - \frac{5}{v})f = 7$

36. [도움말] 음원 접근시 $f = f_0 \dfrac{1}{1 - \dfrac{v_s}{v}}$. 관측자 접근시 $f' = (1 + \dfrac{v_o}{v})f$ 에서

박쥐가 듣는 진동수는 $f' = f_0 \dfrac{1 + \dfrac{v_o}{v}}{1 - \dfrac{v_S}{v}}$

37. [도움말] (a) $(1 - \dfrac{v_0}{v})f_0$ (b) $(1 + \dfrac{v_0}{v})f_0$

39. [도움말] (b) 파속 $v = \sqrt{\dfrac{T}{\rho}}$ 이므로 $T = \rho v^2$

41. [도움말] (a) $x(t) = A\cos(\omega t) = A\cos(\dfrac{2\pi}{T}t)$이고 $A = 0.4\text{m}$, $T = 8.0\text{s}$

(b) $v = \dfrac{dx}{dt} = -A\omega\ \sin\omega t$ (c) $U/K = kx^2/mv^2$

CHAPTER 12 도움말

1. [도움말] 분자 하나의 운동량 변화량은 $\sqrt{2}mv$

2. [도움말] (a) $\dfrac{T_1}{P_1}=\dfrac{T_2}{P_2}$

3. [도움말] <$\dfrac{T}{P}=$ 일정>

4. [도움말] $P=\dfrac{1}{3}\rho\overline{v^2}=\dfrac{1}{3}\rho v_{rms}^2$

5. [도움말] $v_{rms}=\sqrt{\dfrac{3P}{\rho}}$. ρ, V 인 기체의 몰수 n은 $\rho V=nM$이므로 $PV=nRT$는 $\dfrac{P}{\rho}=\dfrac{RT}{M}$

6. [도움말] $T\propto\dfrac{1}{2}m\overline{v^2}$

7. [도움말] $v_{rms}=\sqrt{\dfrac{3P}{\rho}}=\sqrt{\dfrac{3RT}{M}}$ 이고 1몰당 질량은 각각 $M=2.02\,\mathrm{g}, 32.0\,\mathrm{g}$

8. [도움말] 대기압 압력은 1기압(101 kPa)이므로 실제 공기 압력은 301 kPa

10. [도움말] (a) $p\Delta V=nR\Delta T$이므로, $\Delta V=\dfrac{nR}{p}\Delta T=\dfrac{1}{T}V\Delta T$ (b) $\beta=\dfrac{1}{T}$

12. [도움말] (a) $PV=nRT$에서 $37.5\mathrm{m}^3$이면, $n=1.7\times10^3$

(b) 공기 분자의 평균 분자량은 $32\mathrm{u}\times0.2+28\mathrm{u}\times0.8=28.8\mathrm{u}$, 즉 <공기 1몰 = 28.8g>

14. [도움말] $PV=nRT$에서 채운 탱크와 빈 탱크 공기량은 204×12 와 34×12에 비례.

매 1분마다 주입되는 공기량은 1×290에 비례하므로 $170\times12=290\times t_0$

15. [도움말] (a) $P\Delta V=nR\Delta T$. $\Delta V=\beta V\Delta T=\dfrac{1}{T}V\Delta T$ (b) $P\Delta V+V\Delta P=0$

16. [도움말] 처음 상태 : $P_0 V = n_1 RT_1 = \left(\frac{m_1}{M}\right) RT_1$, 나중 상태 : $P_0 V = n_2 RT_2 = \left(\frac{m_2}{M}\right) RT_2$

17. [도움말] (a) $v_{rms} = a\sqrt{T}$에서 $\frac{dv_{rms}}{dT} = \frac{1}{2}\frac{a}{\sqrt{T}} = \frac{1}{2}a\frac{\sqrt{T}}{T}$ (b) $\Delta v_{rms} \approx \frac{dv_{rms}}{dT}\Delta T$

19. [도움말] $\triangle L = \alpha L \triangle T$

21. [도움말] $\Delta V = \beta V_0 \Delta T$이고, 부피변화량은 $\pi r^2 h$

22. [도움말] $\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{l'}{l}}$ 이고 $l' = l(1+\alpha\Delta T)$이므로 $\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{1+\alpha\Delta T}$이고,

x가 작은 경우 $\sqrt{1+x} = 1+(1/2)x$

23. [도움말] $\rho = \frac{m}{V} = m(V)^{-1}$ 에서 $\Delta\rho = m(-1)(V)^{-2}\Delta V$

24. [도움말] $\triangle Q = cm\triangle T$이고 몰수는 $n = \frac{30\text{g}}{50\text{g/mol}} = 0.6\text{mol}$

25. [도움말] $H = k\frac{A}{L}(T_2 - T_1)$에서 1시간 동안 이동한 열의 양은 $3600\text{s} \cdot k\frac{1}{5.0\text{cm}}10℃$.

두께 d만큼 녹이려면 $l \cdot \rho_i \cdot 1 \cdot d$ 필요

26. [도움말] $\Delta T = \frac{1}{mc}\Delta Q$에서 열량 변화량은 $(Mc' + m_c c)(T_f - T_c)$, $m_h c(T_f - T_h)$

27. [도움말] $H = k\frac{A}{L}(T_2 - T_1)$에서 $H_1 = k\frac{0.8A}{10}(T_2 - T_1)$, $H_2 = k\frac{0.2A}{0.5}(T_2 - T_1)$

28. [도움말] (a) $H_A = k\frac{A}{L}(T_2 - T_0)$, $H_B = k'\frac{A}{L}(T_0 - T_1)$ $H_B = H_A = H_a$ (일정)

(b) $H_a = k\frac{L}{A}(T_2 - T_0) = k\frac{L}{A}\frac{k'(T_2 - T_1)}{k+k'}$ 이다.

열전달의 크기는 $H_b = k\frac{A}{L}(T_2 - T_1) + k'\frac{A}{L}(T_2 - T_1) = (k+k')\frac{A}{L}(T_2 - T_1)$이다.

이 경우 열량 $Q = H_a t = H_b t'$ 가 되어야 함.

CHAPTER 13 도움말

2. [도움말] (a) $nRT\int_{V_1}^{V_2}\frac{dV}{V}=nRT\ln(V_2/V_1)$

3. [도움말] P_0와 T_1, T_2에서 $V_1=(aT_1-bT_1^2)/P_0$, $V_2=(aT_2-bT_2^2)/P_0$

4. [도움말] 팽창과정에서 $P_2(V_2-V_1)$, 부피가 일정에서 0, 압축과정에서 $P_1(V_1-V_2)$

6. [도움말] (a) 상온에서 $E=\frac{5}{2}nRT$, $\Delta E=5R(T_2-T_1)$

(b) $W=P_0(V_2-V_1)=2R(T_2-T_1)$

7. [도움말] 일은 삼각형 모양 넓이

8. [도움말] 일은 삼각형 모양 넓이

9. [도움말] (a) $\Delta E=Q-W=0$, $W=2P\cdot 2V=4PV$

(b) A,D 온도가 T_1, T_2이면, $4P\cdot 2V=nRT_1$, $2P\cdot 2V=nRT_2$

10. [도움말] (a) $\frac{T_2}{T_1}=\frac{Q_2}{Q_1}$, $W=Q_2-Q_1$

(b) $\frac{T_2}{T_1}=\frac{Q_2}{Q_1}$에서 저온에서 $1000\,\mathrm{J}$의 열을 받으면, 고온으로 $1231\,\mathrm{J}$

11. [도움말] (a) 냉장고가 한 일 W_0이면 $\Delta E=+Q_c-Q_H-W_0=0$.

냉장고에 해주어야 하는 일 $W=-W_0$ 에서 $W=Q_H-Q_c$이고 $Q_H/T_H=Q_c/T_C$

12. [도움말] (a) 순환과정에서 한 일 W는 $\Delta E=Q_1-Q_2-W=0$

(b) 순환과정에서 한 일 W'은 $\Delta E=Q_4-Q_3-W'=0$, $W'=-W$

(c) $Q_2/T_2=Q_1/T_1$, $Q_3/T_3=Q_4/T_4$이고, $W=Q_1(1-T_2/T_1)=Q_3(1-T_4/T_3)$

13. [도움말] $P_1 V = RT_1$, $P_2 V = RT_2$, $\Delta Q = p_0 \Delta t$, $\Delta T = \dfrac{\Delta Q}{C_V}$ $T_2 = T_1 + \Delta T$

14. [도움말] $\Delta E_{BA} = \Delta E_{BC} + \Delta E_{CD} + \Delta E_{DA}$, $\Delta E_{BC} = Q_1 - W_1$, $\Delta E_{DA} = Q_2 - W_2$이고 $\Delta E_{CD} = 0$ 내부에너지 변화량은 $\Delta E_{BA} = (Q_1 - W_1) + (Q_2 - W_2)$, $\Delta E_{BA} = E_A - E_B$를 뜻함.

15. [도움말] (a) $W = P_0(V_0 - 3V_0) + 0 + 3P_0(3V_0 - V_0) + 0$

(b) $\Delta E = Q - W = 0$

16. [도움말] (a) $P_0 V_0 = RT_0$. 나중의 온도 T는 $(2P_0)(2V_0) = RT$

(b) $W = \dfrac{3}{2} P_0 V_0$이므로, $P_0 V_0 = RT_0$

(c) $\Delta E = Q - W$에서 $\Delta E = \dfrac{3}{2} R(T - T_0) = \dfrac{9}{2} RT_0$

17. [도움말] (a) $W = \int p\,dV = \int_{V_1}^{V_2} aV^2 dV$ (b) $Q = W$

18. [도움말] (a) 온도는 불변이므로 $pV =$ 일정

(b) $(\frac{1}{3}p_0, V)$ 상태가 $(3^{1/3}p_0, \frac{V}{3})$가 되며 $pV^\gamma =$ 일정하므로 $\gamma = 4/3$

(c) $TV^{\gamma-1} =$ 일정하므로 $TV^{\gamma-1} = T'(V/3)^{\gamma-1}$이 성립. 압축 후 온도 T'은 $T \cdot 3^{1/3}$

20. [도움말] (b) $PV = nRT$ (c) $PV = nRT$를 이용 (d) $3P_0 V_0^\gamma = P_0 V^\gamma$

21. [도움말] $B = -V(\dfrac{\Delta P}{\Delta V})$ 이고 $PV^\gamma =$ 일정하므로, $p\gamma V^{\gamma-1} + V^\gamma(\dfrac{dP}{dV})_{ad} = 0$.

따라서 부피탄성률 $B_{ad} = \gamma P$.

23. [도움말] $\Delta S = -\dfrac{Q}{T_2} + \dfrac{Q}{T_1}$

24. [도움말] 온도 T에서 열 ΔQ를 받으면 $\Delta S = \Delta Q / T$. $\Delta Q = mc\Delta T$이므로, $S = \int_{T_1}^{T_2} mc \dfrac{dT}{T}$

25. [도움말] $\Delta Q = mc\Delta T$. 엔트로피 변화량은 $mc \ln(\dfrac{T_2}{T_1})$.

26. [도움말] 얼 때 물은 단위질량당 80 cal의 열을 빼앗기므로, $\Delta S = -\dfrac{80\mathrm{cal/g}}{268K}$

27. [도움말] $\Delta E = \Delta Q - \Delta W$. 온도 일정이면 내부에너지도 일정이므로 $dQ = dW = PdV$

30. [도움말] (a) $C(T_2 - T) = C(T - T_1) = Q$

(b) $dQ = CdT$에서 엔트로피 변화량은 $C\int \dfrac{dT}{T}$이고 $\Delta S = C[\ln(\dfrac{T}{T_2}) + \ln(\dfrac{T}{T_1})]$

CHAPTER 14 도움말

3. [도움말] $T\cos\theta = mg$, $T\sin\theta = F_q$

4. [도움말] $T\cos\theta = mg$, $T\sin\theta = qE$

5. [도움말] 전기장의 y축 성분은 $2E\sin\theta$

7. [도움말] (a) $\frac{q_1}{d^2}+\frac{q_2}{(d-a)^2}=0$ (b) $\frac{q_1}{d^2}-\frac{q_2}{(a-d)^2}=0$

8. [도움말] (a) $F=-Cx$, $C=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{4Qq}{d^3}$, $m\frac{d^2x}{dt^2}+Cx=0$

9. [도움말] $F=-Cx$, $C=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{Qq}{R^3}$, $m\frac{d^2x}{dt^2}+Cx=0$

11. [도움말] $d\theta$ 속 전하량 $\lambda \cdot Rd\theta$이고, 원호가 x축을 중심으로 분포한다면 전기장은 x축 방향이며 그 세기는 $dE=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{dq}{R^2}\cos\theta$

13. [도움말] $\alpha=\frac{1}{I}\tau$ 이고 $\tau=pE\sin\theta$

15. [도움말] 두 점전하 전기장은 y축 방향이며 세기는 $2\frac{Q}{r^2+d^2}\cdot\frac{r}{r^2+d^2}$, $(1+x)^n\approx 1+nx$

16. [도움말] 두 위치 전기장이 E_1, E_2이면, $\Phi=(E_2-E_1)A=\frac{Q}{\epsilon_0}$

17. [도움말] 두 위치 전기장이 E_1, E_2이면, $\Phi=(E_2-E_1)A=\frac{Q}{\epsilon_0}$

18. [도움말] 각 도체구 전하 전기장의 중첩 전기장

22. [도움말] (a) 무한 평면 전하와 같은 상황

(b) $-d < x < 0$ 영역: $2|-x|$두께 전하는 상쇄되어 0,

$d-|x| = d+x$ 두께로 왼쪽과 오른쪽 (-), (+)존재.

$0 < x < d$ 영역: $2x$두께 전하는 상쇄되어 0,

$d-x$ 두께로 왼쪽과 오른쪽 (-), (+)존재.

23. [도움말] 공모양 전하분포에서, 중심에서 거리 r 떨어진 곳 전기장 세기 $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2}$

24. [도움말] (b) 평면 전하에 의한 전기장은 모두 평면 도체로 향한다

25. [도움말] (b) $\int E da \cos\theta$ 에서, $r = R\sin\theta$ 일 때, $da = 2\pi r R d\theta = 2\pi R^2 \sin\theta d\theta$

26. [도움말] (b) 내부 금속 막대에서는 $2\pi a \cdot 1 \cdot \sigma_a = \lambda_1 \cdot 1$.

금속 막대와 외부 도체 내부표면 전하의 합은 0이다.

외부 도체 표면 선전하밀도를 λ_c라면, $-\lambda_1 + \lambda_c = \lambda_2$

27. [도움말] (a) 원통 전하를 그 중심축에 있는 선전하로 취급 (b) $\frac{mv^2}{r} = qE$

CHAPTER 15 도움말

1. [도움말]

(a) 무한히 멀리 떨어진 위치에서의 전위를 0으로 정한 경우,

점전하 q로부터 거리 r 떨어진 곳의 전위는 $k\frac{q}{r}$이므로, $V=k(\frac{q}{d}+\frac{-q}{d})=0$

(b) 처음 상태에서 위치에너지는 $U=q_1V_1+q_2V_2=-\frac{q^2}{d^2}$.

나중 상태에서는 $U'=-\frac{q^2}{4d^2}$이므로, $W=U'-U=\frac{3q^2}{4d^2}$

2. [도움말] $dV=Edx$, $dU=qdV$

3. [도움말] 천둥 번개는 $V=El$

5. [도움말] $dU=q\,dV$

7. [도움말] 도체구 전위 V_1, V_2는 $V_2=V_1$, 전하량 q_1, q_2는 $q_1+q_2=Q$

8. [도움말] (b) 전하량을 각각 q_1, q_2라면, $\frac{q_1}{r_1}=\frac{q_2}{r_2}$이고 $q_1+q_2=Q$

9. [도움말] $V=E\,d$, $E=F/q$

10. [도움말] 결과적 전위차는 2V이고 $\Delta W=q\Delta V$

11. [도움말] (b) 전기장 $E_z=-\frac{dV}{dz}$

12. [도움말] (b) 처음과 나중 위치에너지는 $U=\frac{1}{2}(q_1V_1+q_2V_2)=-k\frac{q^2}{2d}$, $U'=-k\frac{q^2}{4d}$

13. [도움말] $V_0=k\frac{Q}{R}$ 이고, 전하량은 $8Q$

14. [도움말] $\Delta V = |\int E dr|$

15. [도움말] (b) $x \ll 1$이면, $\frac{1}{1+x} = (1+x)^{-1} \approx 1-x$

16. [도움말] (c) $U = (1/4\pi\varepsilon_0)(-4\frac{q^2}{a} + 2\frac{q^2}{\sqrt{2}a})$

17. [도움말] $\frac{1}{2}mv^2 = eV$

18. [도움말] (a) 전기장은 도선에서 나가는 방향 (b) $\Delta V = |\int_{R_1}^{R_2} dr E(r)|$

19. [도움말] 전기장은 나가는 방향으로 $E = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda}{r}$ 크기.

방전 선전하밀도를 λ_0라면, $\frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda_0}{R_0} = E_0$.

전위차 $\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\ln(\frac{R_2}{R_1})$이므로 방전 전위차 $V_0 = \frac{\lambda_0}{2\pi\varepsilon_0}\ln(\frac{R_2}{R_1})$.

CHAPTER 16 도움말

1. [도움말] 연결 후 축전기 전하는 $\pm q/2$, $V = Q/C = (q/2)/C_1$

2. [도움말] (b) $\pm(q_1 - q_2)$가 두 축전기 양쪽에 분포. 연결 후 전하량 $q_1{}', q_2{}'$이라면,

$q_1{}' + q_2{}' = q_1 - q_2$이고 $\dfrac{q_1{}'}{C_1} = \dfrac{q_2{}'}{C_2}$

3. [도움말] (a) C_x를 연결한 다음 전하량 q, q' 은 $q + q' = CV_0$, $\dfrac{q}{C} = \dfrac{q'}{C_x}$이고 전위차는 q/C

(b) $q' = C_x V$

4. [도움말] (a) $\dfrac{C}{C + C_x} V_0 = 30\,V$ (b) $\dfrac{C}{C + C_x} V_0 = 15\mathrm{V}$

5. [도움말] (a) $\dfrac{C}{C + C_x} V_0 = 3.0\mathrm{V}$ (b) $C = 10.0\,\mu\mathrm{F}$, $C_x = 5.0\mu\mathrm{F}$에서 $\dfrac{C}{C + C_x} V_0 = 8.0\mathrm{V}$

7. [도움말] (b) $U = (1/2)QV$

(c) 전하량 q, q'는 $q + q' = Q$, $q/C_1 = q'/C_2 = 10\mathrm{V}$ 만족.

$q = C_1 \cdot 10\mathrm{V} = 10^{-8}\mathrm{C}$이고 $q + q' = Q$ 에서 $q' = 10^{-8}\mathrm{C}$

8. [도움말] $Q = CV = 14400\mathrm{C}$ 에서 전하량은 $7200\mathrm{C}$. $1.0\mathrm{mC/s} \cdot \mathrm{T} = 7200\mathrm{C}$

9. [도움말] (a) 아래 판과 위 판이 모두 가운데 판을 짝으로 하여 축전기를 이룬다.

가운데 판을 접점 a라 정하면, 아래와 위판은 공통적으로 다른 접점 역할

(b) $\dfrac{1}{C} = \dfrac{1}{C_1} + \dfrac{1}{C_2}$ (c) $d_1 + d_2$ 크기는 일정

10. [도움말] (a) C_1, C_2는 직렬이고 그것과 C_3는 병렬

(b) C_1, C_2, C_3를 $C_3{}'$라 하고, $C_4, C_3{}'$에서의 전압을 각각 V_1, V_2라 하면

$V_1 = Q/C$, $V_2 = Q/(3C/2) = (2/3)V_1$ 이고 $V_1 + V_2 = V$ 에서 $V_1 = \dfrac{3}{5}V$.

C_1, C_2 를 C'이라 하고, 그것과 C_3 전하량을 q, q'이라면, $q/C' = q'/C_3$

12. [도움말] (a) $C=\varepsilon_0 \dfrac{A}{d}$ (b) $C=\varepsilon_0 \dfrac{A}{x}$ 에서 $\Delta C=\varepsilon_0 A(-\dfrac{1}{x^2})\Delta x$

13. [도움말] 간격이 커지는 방향이 x축일 때, x 위치 미소 축전기는 간격 $d+x\theta$이고

판면적이 $l\,dx$인 축전기임. 즉 $C=\varepsilon_0 \int_0^l l\dfrac{dx}{d+\theta x}$이므로 $C=\varepsilon_0 l\dfrac{1}{\theta}\ln(1+\dfrac{d}{l}\theta)$.

$x \ll 1$이면 $\ln(1+x) \approx x - x^2/2$

14. [도움말] 유전상수가 κ_1, κ_2 인 물질이 든 두 개의 병렬연결 축전기

15. [도움말] 전기장이 E 이면 $U(x)=(1/2)QEx$ 이고 $F(x)=-dU/dx$

16. [도움말] (a) 유전체를 채우기 전 전하량 $Q=CV_0$. 한편 채운 후 용량은 KC

(b) $U=\dfrac{1}{2}QV$

(c) 전하량은 $Q=CV_0$로 일정하지만, 전위차는 $V=V_0/K$로 됨

18. [도움말] (a) 판면적이 $l(l-x)$ 와 lx 인 두 축전기 병렬연결

(b) 에너지 $U=(1/2)CV^2$

(c) $dU=(1/2)V_0^2 dC$이고, 전원이 공급한 에너지량은 $V_0 dQ=V_0^2 dC$.

<전원 + 축전기>계의 $dU_{total}=(1/2)V_0^2 dC+(-V_0^2)dC$.

$dU(x)=-F(x)dx$에서 $F(x)$ 부호는 양수.

(d) 외부 전원이 없이 전하량이 일정하므로 $dU=(1/2)Q^2(-1/C^2)dC=-(1/2)(Q/C)^2 dC$.

CHAPTER 17 도움말

1. [도움말] 밀도 $\rho = M/V$에서 금의 질량 $M = \rho V$.

금의 원자량이 a이라면 금 a 그램(g)(1몰) 속에는 아보가드로 수만큼의 금 원자

4. [도움말] 시계 방향 R_1, R_2, R_3 전류를 i_1, i_2, i_3이면,

$i_1 = i_2 + i_3 + V_1 - i_1R_1 - i_3R_3 = 0$, $-i_2R_2 - V_2 + i_3R_3 = 0$

5. [도움말] $P = V^2/R$

6. [도움말] R_0, T_0가 $100\,\Omega$, $313\mathrm{K}$이면 $R = 100[1 + \alpha(T - 313)]$

7. [도움말] (a) $6\,\Omega$과 $2\,\Omega$(병렬인 $3\,\Omega$과 $6\,\Omega$) 전압의 합이 12V. $q/C_1 + q/C_2 = 12$.

(b) $4.0\mu\mathrm{F}, 2.0\mu\mathrm{F}$ 전하량 q_1, q_2는 $q_2/2.0 = 3.0\,\mathrm{V}$, $q_1/4.0 = 9.0\,\mathrm{V}$이고 전하량은 $q_2 - q_1$.

8. [도움말] $P = Vi$에서 $P = 2000 \times 0.9 = 1800hp$이고 $1hp = 746\mathrm{W}$

9. [도움말] $P = Vi$에서 $1500\mathrm{kcal/h} = 110\mathrm{V} \times i$이고 $1\mathrm{kcal} = 4200\mathrm{J}$이므로 $i = 16\mathrm{A}$

10. [도움말] $P = V^2/R$이므로 $R = 8.33\,\Omega$이고 $R = \rho L/A$

11. [도움말] 하나; 2개 직렬; 3개 직렬; 2개 병렬; 그것에 하나를 직렬; 3개를 병렬

(c) 직렬 저항 2개에 하나를 병렬

13. [도움말] 이 회로 양단에 기전력 ε인 전지를 연결하고, a점에서 $1\,\Omega$과 $3\,\Omega$ 전류를 i_1, i_2,

중간 $1\,\Omega$ 전류가 i_3, $1\,\Omega$과 $5\,\Omega$ 저항에서 b점으로 흐르는 전류가 i_4, i_5일 때,

$i_1 = i_3 + i_4$, $i_2 + i_3 = i_5$. $\varepsilon - i_1 - i_4 = 0$, $\varepsilon - 3i_2 - 5i_5 = 0$, $-i_1 - i_3 + 3i_2 = 0$

14. [도움말]

(a) 두 꼭지점 a, d로 들어가고 나오는 전류를 $3i$라 하자. 그 꼭지점에서 갈라지는 세 갈래 전류는 i로 같다. 그 전류 i가 다른 꼭지점에서 갈라질 때 두 경로는 동등하고 그 전류가 i'이면 $i' = i/2$이므로 대각선 두 꼭지점 사이 전위차 $V = R_0 \cdot 3i = R(2i + i')$.

(b) 한 꼭지점으로 들어가는 전류 세기가 I 이면, 그 전류는 세 갈래로 갈라지고, 대각선에 있는 꼭지점 방향으로 흐르는 두 갈래 전류 세기는 같다. 그 크기를 i라 하면, 대각선 다른 꼭지점으로 들어가는 전류도 같은 세기이므로 두 꼭지점 사이 전위차는 $2iR$. 꼭지점 a에서 대각선 면에 수직 방향으로 연결된 저항으로 흐르는 전류가 i'이라면, $i' = I - 2i$.

한편 대각선 면에서 꼭지점 b에는 전류 i가 들어오고 또 나가므로 꼭지점 b에서 대각선면에 수직인 방향 저항에는 전류가 안 흐르므로 그 변 저항은 무시 가능. 따라서 대각선면 반대편에 있는 다른 면은 저항이 $2R$인 두 저항이 병렬로 연결된 상태.

그러므로 두 꼭지점 a,c를 멀리 돌아온 경로 전위차는 $3i'R$이고 $3i'R = 2iR$에서 $i' = (2/3)i$이고, $I = i' + 2i = (8/3)i$ 이고 $V = R_0 I = 2Ri$

(c) 꼭지점 a,b 에 각각 전류 I가 흘러들어오고 나가고, $a \to b$로 흐르는 전류를 i라 하고, 나머지 두 방향 전류 세기를 i_1이라 하면 $I = i + 2i_1$. 한편 ab 선 저항에 나란한 두 방향 전류를 i_2라면, 각 면에서 고리 정리에서 $i_2 = i - 2i_1$이고, 전류 i_1이 i_2, i_3로 갈라진다면, $i_3 = 3i_1 - i$이다. 그러므로 모든 전류가 i, i_1으로 표현되고, abc면 반대쪽 면 고리 정리에서 $4i_3 - i_2 = 0$, $i_1 = (5/15)i$이고 $V = R_0 I = R_0(i + 2i_1) = Ri$이다.

15. [도움말] R_1에 반시계방향으로 i_1, R_2에 왼쪽 방향으로 i_2이면,

$+V_2 - i_2 R_2 = 0$와 $+V_1 + i_2 R_2 - i_1 R_1 = 0$

16. [도움말] R_3에 오른쪽으로 i_3, R_2에 왼쪽으로 i_2,

R_1에 내려가는 i_1이면 $i_3 + i_2 = i_1$, $3 + 4i_2 - 9i_1 = 0$, $1 - 2i_2 - 5i_2 = 0$

17. [도움말] 도선이 늘어나도 부피는 일정하므로 부피 V_0는 $V_0 = lA$이므로 $R = \rho \frac{l^2}{V_0}$.

$\Delta R = \rho \frac{1}{V_0} 2l \Delta l$ 이므로 $l = l_0$ 인 상태에서 $\Delta R = \rho \frac{1}{V_0} 2l_0 \Delta l = 2R_0 \frac{\Delta l}{l_0}$

18. [도움말] 전류를 I 라 하면, $P_0 = VI$ 이고, 손실 전력은 $\Delta P = I^2 R$

19. [도움말] 비저항, 단면적이 ρ, A 일때 $V_0 \propto \rho \frac{l}{A}$, $V \propto \rho \frac{l - x}{A}$

22. [도움말] $P \equiv Ri^2 = R(\frac{\varepsilon}{R + r})^2$ 에서 $dP/dR = 0$ 조건

24. [도움말] (a) $R_1 + R_2$에 의한 전류에 저항R_2 곱한 값

(b) $1/C_1 + 1/C_2 = 1/C$. 전하량 $Q = CV$ 이고, b점 전위는 Q/C_2

(c) 연결 후 C_1, C_2 전하량이 q_1, q_2이면, $q_1/C_1 = 16\text{V}$, $q_2/C_2 = 8.0\text{V}$

25. [도움말] $1\,\Omega$과 $9\,\Omega$ 전류는 $12/10 = 1.2\text{A}$, $10\,\Omega$과 $5\,\Omega$ 전류는 0.8A.

$9\,\Omega$과 $5\,\Omega$ 부분 전위는 $10.8\,\text{V}$ 와 $4.0\,\text{V}$

26. [도움말] (a) 전기용량 $C = K\varepsilon_0 \dfrac{A}{d}$, 저항 $R = \rho \dfrac{d}{A}$.

전하량을 $q(t)$라면, $dq = idt = \dfrac{V(t)}{R}dt = \dfrac{q(t)}{RC}dt$에서 $q(t) = q_0 e^{-t/RC}$

27. [도움말] C_1, C_2 전하량이 q_1, q_2 이면 $q_1/C_1 = q_2/C_2$.

$q_1/C_x = q_2/C_3$이므로 $C_x = C_1 C_3/C_2$

28. [도움말] (a) 전류 세기 $i = \dfrac{V}{R+r}$이고 $P_R = i^2 R$

(b) $Ri + ri = 1.5\text{V}$에서 $Ri = 1.0\text{V}$

29. [도움말] (a) R 전류가 i이면, 저항 r에는 $i/2$.

$(R + r/2)i = \varepsilon$ 이고 $P_R = i^2 R$ 에서, $dP_R/dR = 0$ 조건

(b) $R = \dfrac{1}{2}r$인 경우의 $P_R = i^2 R$

30. [도움말] R_1, R_3 전류를 i_1, i_2 라면, $R_1 i_1 = R_3 i_2$. $R_2 i_1 = R i_2$

31. [도움말] 최대 전류 세기 $10.0\,\text{mA}$ 경우 R_p에 흐르는 전류 세기는 2.99A.

$0.01r = 2.99R_p$

32. [도움말] 최대 전류 $0.5 \times 10^{-3}\text{A}$ 이므로 양단 전압이 1V인 경우 $0.5 \times 10^{-3}(60 + R_s) = 1$

33. [도움말] $(R + R_A)i = V$이므로 $R = V/i - R_A$

34. [도움말] 한도가 $400\,\text{mV}$이면, $400\,\text{mV}/100\,\text{M}\Omega = 4.0 \times 10^{-9}\text{A}$에서 $400\,\text{mV}$ 가 측정됨.

전압계 내부저항 R_V는 매우 크므로, 전류 I는 모두 저항 R_2로 흐름.

전압계와 저항 R_2 전류가 i, i'이면 $I = i + i' \approx i'$이고, $iR_V = i'R_2$.

양단 전압이 $40\,\mathrm{V}$인 경우 $i = 4.0 \times 10^{-9}\mathrm{A}$이고 $(10\,\mathrm{M\Omega} + R_2)i' \approx 40\,\mathrm{V}$이며,
$i' = i \times (100\,\mathrm{M\Omega}/R_2)$.

35. [도움말] $P = V^2/R$ 에서 저항 크기는 $20\,\Omega$

36. [도움말] (a) 대칭이므로 똑같은 세기 전류

(b) 전류 세기가 같으므로 두 점의 전위도 동일

(c) 전위차가 0

(d) 위와 아래에 각각 $2R$ 저항을 가진 병렬회로

37. [도움말] (a) 전류는 $3\mathrm{V}/10\,\Omega = 0.3\mathrm{A}$

(b) 병렬연결이므로 그 유효저항은 $1\,\Omega/10$ 전류 세기는 $3\mathrm{V}/9.1\,\Omega$

CHAPTER 18 도움말

1. [도움말] $F=qvB$ 식에서 $1\mathrm{T}=1\dfrac{\mathrm{N}\cdot\mathrm{s}}{\mathrm{C}\cdot\mathrm{m}}=1\dfrac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}\cdot\mathrm{m}}$ 이고 $1\mathrm{N}=1\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m/s^2}$이므로 $[M]/[T]^2[A]$

2. [도움말] $\boldsymbol{F}=q\boldsymbol{v}\times\boldsymbol{B}$

3. [도움말] (a) 단위길이당 전하량은 $\dfrac{Q}{2\pi R}$, 단위시간당 고리의 한 부분은 $R\omega$ 거리 이동.

(b) 고리 부분에 의한 자기장 방향은 바닥면에서 나오는 방향.

4. [도움말] (a) $B\cdot 2\pi r=\mu_0 I_1$ (b) $F=IlB$

(c) 도선 1로부터 거리 r 떨어진 곳에서 $\dfrac{I_1}{r}-\dfrac{I_2}{d-r}=0$ 조건을 만족

5. [도움말] 자기장 방향은 도선중심을 중심한 원의 접선 방향이다. 앙페르 법칙 $\oint B\cdot dl=\mu_0 i$ 이용.

전류는 반지름이 $R/3$인 원의 내부전류이므로 $i=I/9$

6. [도움말] $B=\dfrac{\mu_0}{2\pi}\dfrac{I}{r}$

7. [도움말] (a) $B=\dfrac{\mu_0}{2\pi}(\dfrac{10}{5}-\dfrac{i}{15})=0$ (b) $B=\dfrac{\mu_0}{2\pi}(\dfrac{30}{5\times10^{-2}}+\dfrac{10}{5\times10^{-2}})$

8. [도움말] 내부 공간에서는 내부 전류에 의한 자기장만 존재,

외부 공간에서는 내부와 외부 도체 전류 모두에 의한 자기장이 존재

9. [도움말] (a) 반지름 r, 전하량 q이면, ω로 회전할 때, 전류는 $q\omega/2\pi$.

원판의 면전하밀도 $\sigma=Q/\pi R^2$에서, 미소 면적 전하량 $dq=\sigma\cdot 2\pi r dr$,

미소 전류 $i=\omega\, dq/2\pi$ 미소 자기모멘트 $dm=\pi r^2 di$ 이다.

10. [도움말] 대칭성에서, 자기장 세기는 판면으로부터의 높에 무관하게 일정하다.

또 대칭성에서 판면 위에서 자기장 방향은 판면에 나란한 $-y$ 방향이고,

판면 아래에서는 $+y$ 방향이므로, 판면을 중심에 두고 판면을 포함하는 한 변의 길이가 $2h$인

사각형 폐회로에 비오-사바르 정리를 적용하면 폐회로 내부를 통과하는 전류세기는 $2jdh$가 된다.

12. [도움말] (a) 중심점에서 수직으로 H 인 곳 자기장은 $\frac{\mu_0}{2\pi} i \frac{\pi a^2}{r^3}$, $(r^2 = a^2 + H^2)$

(b) 자기장 $B(H) = \frac{\mu_0}{\pi} \frac{\mu}{(a^2 + H^2)^{3/2}}$ 을 H에 대해 두 번 미분

13. [도움말] 코일 길이 Δl인 부분 자기력 $\Delta F = iB\Delta l$이고, 그 수직 성분은 $\Delta F \times \cos 60^\circ = (1/2)\Delta F$. 전체에는 수직 성분 힘 $F = (1/2)ilB$ 작용. 자기장이 위로 향하고 전류가 시계 방향이면 합력은 위로 향하고 $2.0\mathrm{A} \times 2\pi \times 10^{-2}\mathrm{m} \times 10^{-2}\mathrm{T} \approx 1.3 \times 10^{-3}\mathrm{N}$.

14. [도움말] 전하량 q는 $qV_0 = (1/2)mv^2$ 빠르기로 운동하므로

반지름 $r = \frac{mv}{qB}$ 은 $r = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mV_0}{q}}$

15. [도움말] (a) 자기장은 $\frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I}{r}$. A, B 전류 자기장은 아래, C, D 자기장도 마찬가지

(b) F_B, F_C는 위와 오른쪽을 향하며 $F = IlB = I \cdot 1 \cdot \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I}{a} = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I^2}{a}$

16. [도움말] $\frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I}{r}$ 와 $F = IlB$. 대칭성에서 직선 도선에 나란한 전류에만 자기력 작용

17. [도움말] $R = \frac{mv}{qB}$ 이고 $R = d/2$

18. [도움말] (b) $Rd\theta$ 자기력 $Idl \cdot B$의 y축 성분만 남아 세기는 $\left|\int_0^{\theta_0} IB\cos\theta \cdot Rd\theta\right|$

19. [도움말] (a) $\frac{mv^2}{r} = qvB$에서 $r = \frac{mv}{qB}$

20. [도움말] (a) $qE = qvB$ (b) $\frac{mv_0^2}{R} = qv_0B$

22. [도움말] 바닥면에 나란한 도선 자기력 IaB만 존재하며 $IaB = 13.5g$

23. [도움말] (a) 대칭성에서 원운동을 하고 다시 나옴

(c) 입사점과 나간 점의 위치는, 원 중심에서 자기장 영역까지 수직선과 각 θ를 이룸

24. [도움말] $F = IlB$

25. [도움말] (a) 양전하면 전기력은 x축 방향으로 운동해 자기력은 z축 방향

(b) 음전하는 $-x$축 방향 전기력을 받지만, 음전하이므로 그 자기력은 결국 양전하와 같은 방향

26. [도움말] (a) 전류와 전하밀도 변환식을 이용

(b) 자기장은 $\dfrac{\mu_0}{2\pi}\dfrac{i_0}{d}$이고 $F_B = qvB$

(c) $E' = \dfrac{1}{2\pi\varepsilon_0}\dfrac{\rho' A}{d}$이고 $F_E{}' = qE'$이므로 $\dfrac{1}{2\pi\varepsilon_0 c^2}\dfrac{qvi_0}{d}\dfrac{1}{\sqrt{1-(v/c)^2}}$

CHAPTER 20 도움말

5. [도움말] (a) 전력 VI 는 일정 (b) $P=i^2R$ (c) $P=i^2R$

6. [도움말]

(a) 원형 도선 내부에는 지면으로부터 나오는 방향 자기장이 통과. 원형 도선이 직선 도선에 접근하면 그 자속은 증가하므로, 유도전류는 그 자속을 감소시키려 함. 즉 바닥면으로 들어가는 방향 자기장을 만드는 유도류가 생김.

(b) 직선전류 세기가 증가하면 원형 도선에서 나오는 방향 자속이 증가. 그러므로 (a)의 경우와 같이 바닥면으로 들어가는 방향 자기장을 만드는 유도전류가 생김

7. [도움말] 솔레노이드 내부 자기장 세기는 $\mu_0 ni$이고 외부 자기장 세기는 0.

원형 도선 통과 자속은 $\pi a^2 B = \mu_0 \pi a^2 ni$

8. [도움말] 도선의 왼쪽 부분과 금속 막대는 폐회로를 이루며, 그 자속은 계속 증가.

도선의 오른쪽 부분과 금속 막대는 폐회로를 안 이룸. 자속 증가율은 BLv

9. [도움말] 반지름이 R인 코일 통과 자속은 $\pi R^2 B$ 이고, N번 감겨지면 자속은 $\pi NR^2 B$.

코일면이 바닥면과 각 θ 기울어진 경우 자속은 $\pi NR^2 B\cos\theta$.

$\theta=\omega t$이고 $\omega=120\pi/\mathrm{s}$이면 기전력세기 $|\pi NR^2 B\omega\sin\omega t|$이고 최대치는 $|\pi NR^2 B\omega|$.

$1\mathrm{V}=1\mathrm{T}\cdot\mathrm{m}^2/\mathrm{s}$임.

10. [도움말] (a) 거리 r 떨어진 곳에서의 자기장 세기는 $\frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I}{r}$이고 자속은 $\int_c^{c+b} B(r)a\,dr$

(b) $\Phi(t)=\frac{\mu_0}{2\pi}I(t)a\ln(1+b/c)$

(c) 폐회로 도선을 접근시키면 바닥면으로 들어가는 자속이 증가. 유도전류는 나오는 방향 자속을 만듦.

11. [도움말] $\Phi=B(t)(0.1\mathrm{m})^2$, 기전력 $d\Phi/dt=(0.1\mathrm{m})^2(2.0\mathrm{T}-0.0\mathrm{T})/0.05\mathrm{s}$

12. [도움말] 바닥면으로 들어가는 방향 자기장이 감소한다면, 유도전류 방향은 시계방향.

유도기전력 세기는 $(0.1\mathrm{m})^2\cdot 100\mathrm{T/s}=1\mathrm{V}$.

13. [도움말] 자기장속에 들어간 정사각형 부분 넓이를 계산

14. [도움말] 최대 자속은 $100BA$이고, 그 자속은 $10.5\mu s$ 동안에 소멸

15. [도움말] $\varepsilon = 0.166\mathrm{V} = \dfrac{\Delta\Phi}{2.77\mathrm{ms}}$이고 $\Delta\Phi = NBA$이고 $A = \pi(7.5\mathrm{cm})^2$

16. [도움말] 도선 입장에서 자기장은 전기장 vB 에 해당하고 전위차는 vBL

17. [도움말] (a) $\varepsilon - RI = 0$　　(b) $120 - \varepsilon_L = RI'$

18. [도움말] 솔레노이드 자기장은 $\mu_0 NI$. 총 자속은 NBA이고 $B = \mu_0 nI = \mu_0(\dfrac{N}{2\pi R})I$

19. [도움말] 거리 r만큼 떨어진 곳의 자기장 $B = \dfrac{\mu_0}{2\pi}\dfrac{I}{r}$ 이므로,

미소 길이 dr 구간 자속은 $B \cdot Wdr$이고 총 자속 $\Phi = W\displaystyle\int_{l_1}^{l_2} Bdr = MI$

20. [도움말] (a) $\Phi = \displaystyle\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{a} = \int_b^{b+a} (\frac{\mu_0}{2\pi})\frac{I}{r}adr = (\frac{\mu_0}{2\pi}Ia)\ln(1+\frac{a}{b})$

(b) 코일까지 거리는 $b(t) = b_0 + vt$ 이므로 $\Phi(t) = (\dfrac{\mu_0}{2\pi}Ia)\ln(1+\dfrac{a}{b(t)})$ 가 된다.

$\varepsilon = |\dfrac{d\Phi}{dt}|$ 에서 기전력세기는 $\dfrac{\mu_0}{2\pi}\dfrac{Ia^2}{b(t)(a+b(t))}v$

자기장은 바닥면을 향하는 방향이고 코일이 멀어지면 자속이 감소하므로

유도전류 방향은 자속을 증가시키는 시계방향.

(c) 코일 저항이 R이면, 유도전류 세기는 $i = \dfrac{\varepsilon}{R}$.

직선 도선에 가까운 코일 부분과 먼 부분의 힘은 각각 $iaB(b), iaB(b+a)$의 세기로 도선에 끌리고 밀린다. 합력은 끌리는 방향으로 세기는 $ia[B(b) - B(b+a)]$

21. [도움말] 거리 r인 막대 내부 자기장 세기 $B = \dfrac{\mu_0}{2\pi}\dfrac{I}{r}$.

막대가 이동하면 전하 q에는 힘 $F = qvB$ 작용.

막대 입장에서 그 힘은 전기장 vB 임을 의미. 전위차는 $\displaystyle\int_b^{a+b} Edr$.

22. [도움말] (a) $V_0 - I_0 R = 0$

(b) 발전기와 저항 부분 전류를 각각 I_0, I라면 $V_0 I_0 = VI$ 와 $\frac{V_0}{V} = \frac{N_1}{N_2}$.

$V - IR = 0$이므로 $I_0 = \frac{V}{V_0} I = (\frac{V^2}{V_0})/R$

23. [도움말] r만큼 떨어진 곳 유도전기장은, 대칭성으로부터 중심점을 중심으로 회전하는 방향.

거리 r만큼 떨어진 곳 유도전기장이 E이면 폐회로 유도기전력 세기는 $E \cdot 2\pi r$.

폐회로가 자기장 내부와 외부에 있는 경우 자속은 $\Phi(t) = B(t) \cdot \pi r^2$ 과 $\Phi(t) = B(t) \cdot \pi R^2$

24. [도움말] 정전기장에서는 $\oint \boldsymbol{E} \cdot dl = 0$. 축전기 내부와 외부 영역을 포함하는 폐회로를 취한다.

25. [도움말] 코일 자속 세기는 $N \cdot BA$. 코일을 180도 뒤집으면 그 자속 변화량은 $2NBA$.

$\varepsilon = \frac{d\Phi}{dt}$에서 $\varepsilon \Delta t = 2NBA$이고 $\varepsilon \Delta t = RI\Delta t = RQ$.

27. [도움말] 내부 도선 중심축으로부터 거리 r 떨어진 곳의 자기장 세기는 $\frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{r}$이고

축을 중심으로 회전하는 방향이므로, 길이가 l인 도선 구간의 자속은 $\int_a^b B \cdot h dr$이다.

CHAPTER 21 도움말

1. [도움말] $1\text{H} \cdot 1\text{F} = 1\text{VsA}^{-1}\text{C/V} = 1\text{s}^2$이므로 $\sqrt{LC} = \sqrt{100 \times 10^{-6}}\,\text{s}$

2. [도움말] $i = \frac{V}{Z}$. $X_L = \omega L, X_C = 1/\omega C$ 이므로 각각 $20\,\Omega$

3. [도움말] $X_L = \omega L, X_C = 1/\omega C$

4. [도움말] (a) $i_0 = \frac{V_0}{Z}$ 이고 $Z = 1/\omega C$ (b) $Z = \omega L$

5. [도움말] $V_0 = \sqrt{V_R^2 + (V_C - V_L)^2}$

6. [도움말] $1/\omega C, \omega L$ 은 각각 $25\,\Omega$, $80\,\Omega$.

$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = 91\,\Omega$ 이고 $i = 10\text{V}/\text{Z}$ 이므로 $i = 0.11\text{A}$ 이다.

유효전압은 $V_C = i/\omega C$, $V_L = i\omega L$

7. [도움말] (a) $V - \frac{q}{C} = 0, V - L\frac{di}{dt} = 0$. 전류는 각각 $\frac{1}{L}\int Vdt$, $C\frac{dV}{dt}$

(b) $i = V_0(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C})\cos\omega t = \frac{V_0}{Z}(\sin\omega t\cos\phi - \cos\omega t\sin\phi)$이므로 $Z = \frac{\omega L}{\omega^2 CL - 1}$

8. [도움말] $L\frac{di}{dt} = L\omega I_m \cos\omega t$. $L\omega I_m = 0.314\,V$ 이고 10ms에서 $\omega t = \pi$

9. [도움말] (a) 공명조건인 $\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$ 에서 최대

(b) $< P > = i_{rms}^2 R$. 공명상태에서 유효전류는 10V/R= 2A

10. [도움말] (a) $Q_0 = CV = 6.0\mu\text{C}$이고 $U = \frac{1}{2}Q_0 V = 9.0\mu\text{J}$

(b) $L\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{C} = 0$. $t = 0$에서 $q = Q_0$이므로 $q(t) = Q_0\cos\omega t$이고 $i = -\omega Q_0 \sin\omega t$

(c) $\omega = 1/\sqrt{LC} = 10^4/s$

11. [도움말] (a) $Z=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}=3.6\,\Omega$ (b) $<P>=i_{rms}^2 R$

12. [도움말] $V_{rms}=110\,\mathrm{V}$, $P=V_{rms}i_{rms}=V_{rms}^2/r$. $V_{rms}=i_{rms}R$

13. [도움말] $X_C=1/\omega C$ 에서 $\omega X_C=$ '일정'

14. [도움말] (a) $V_{rms}=140/\sqrt{2}\,\mathrm{V}$이고 $V_{rms}=(1/\omega C)i_{rms}$ (b) $V_{rms}=(\omega L)i_{rms}$

15. [도움말] (a) $i_{rms}=\dfrac{\epsilon_{rms}}{Z}$, $Z=\sqrt{R^2+X_C^2}$, $X_C=\dfrac{1}{\omega C}$

(b) $V_R=i_s R$, $V_C=i_s X_c$

16. [도움말] (a) $i_{rms}=\dfrac{\epsilon_{rms}}{Z}$이고 $Z=\sqrt{R^2+X_L^2}$, $X_L=\omega L$

(b) $V_R=i_{rms}R$, $V_L=i_{rms}X_L$

17. [도움말] (a) $V_R=i_{rms}R$, $V_L=i_{rms}X_L$, $V_C=i_{rms}X_C$

(b) $Z=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}$ 이고 $i_{rms}=\dfrac{V_{rms}}{Z}$

18. [도움말] $Z=\sqrt{R^2+X_C^2}$,$X_C=\dfrac{1}{\omega C}$이고 $5000=i_{rms}Z$. $V_{rms}=i_{rms}R$

19. [도움말] (a) $Z=\sqrt{R^2+X_C^2}\approx 102$에서 $R/Z\approx 0.492$. $i_{rms}=V_{rms}/Z$, $P=i_{rms}^2R$

(b) $Z=\sqrt{R^2+X_L^2}$ 이고, $P=i_{rms}^2R$

20. [도움말] $50\times 3600=i_2\times 100000$. $i^2R=(1.8\mathrm{A})^2\times 100\,\Omega=324\mathrm{W}$

21. [도움말] $i_{rms}=I_0/\sqrt{2}=1.27\mathrm{A}$ 이고 $P=i_{rms}^2R$

22. [도움말] 단위시간동안 표면을 지나는 에너지 $E=4\pi R^2\cdot P$

23. [도움말] $E=\dfrac{1}{2}Li^2+\dfrac{1}{2}\dfrac{q^2}{C}$이고 $E=\dfrac{1}{2}\dfrac{q_0^2}{C}$

24. [도움말] $E=\frac{1}{2}Li^2+\frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$ 이고, $\frac{1}{2}\frac{q_0^2}{C}=\frac{1}{2}Li_0^2$

25. [도움말] (a) $V_R=i_{rms}R=\frac{V_{rms}}{Z}R$ (b) $Z=\sqrt{R^2+X_C^2}$ 이고 $X_C=\frac{1}{2\pi fC}$

26. [도움말] (a) $Z=\sqrt{R^2+X_L^2}$ 이고 $i_{rms}=V_{rms}/Z$.

(b) $P=i_{rms}^2R$ (c) $V_R=i_{rms}R$, $V_L=i_{rms}X_L$

27. [도움말] (a) $Z=R$이고, $P=V_{rms}^2/R$ (b) $P=(\frac{V_{rms}}{Z})^2R$에서 $Z=\sqrt{R^2+X^2}$

28. [도움말] (a) 전류는 전압보다 $\tan\phi=X_L/R$만큼 느린 위상차 ϕ

(b) $i(t)=\frac{V_0}{Z}\sin\ldots$에서, $V_R=Ri=\frac{R}{Z}V_0\sin\ldots$.

$V_R{}^0/V_0=\frac{R}{Z}$이며 $Z=\sqrt{R^2+X_L^2}$ 이므로 $\frac{R}{Z}=1/\sqrt{1+(X_L/R)^2}$

29. [도움말] (a) $V-Ri_R=0$, $V-\frac{q}{C}=0$, $V-L\frac{di_L}{dt}=0$

(b) $i=i_R+i_L+i_C$.

$i/V_0=[\frac{1}{R}\sin\omega t+(\frac{1}{X_c}-\frac{1}{X_L})\cos\omega t]$이고 $a\sin\omega t+b\cos\omega t=\sqrt{a^2+b^2}\sin(\omega t-\phi)$형태

(c) $V_0=i_0Z$

30. [도움말] (a) $V_i-L\frac{di}{dt}-\frac{q}{C}=0$, $V_i=V_2$, $i(t)=\frac{V_0}{Z}\sin(\omega t-\phi)$. $Z=X_L-X_C$.

$\tan\phi=\frac{X_L-X_C}{R}=\infty$에서 $\phi=\pi/2$

(b) $\frac{q}{C}=V_i-L\frac{di}{dt}$, $\frac{di}{dt}=\omega i_0\cos(\omega t-\pi/2)=\omega\frac{V_0}{Z}\sin\omega t$이므로

$\frac{q}{C}-V_1$ 값은 $V_0(1-\frac{L\omega}{Z})\sin\omega t$.

31. [도움말] $\omega=\frac{1}{\sqrt{LC}}$ 이고 $\omega=2\pi f$

32. [도움말] C는 $\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}$이고, $\omega=\frac{1}{\sqrt{LC}}$

33. [도움말] $U=\frac{1}{2}LI^2+\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$ 이고, $\frac{1}{2}LI_m^2=\frac{1}{2}\frac{Q_m^2}{C}$. $2\pi f_0=1/\sqrt{LC}$

34. [도움말] $V_L=X_L i_0$, $V_R=Ri_0$ 이고 $X_L=\omega_0 L=2\pi f_0 L$

35. [도움말] (a) $C=\varepsilon_0\frac{A}{x}$, $\omega=\frac{1}{\sqrt{LC}}$ (b) $dx=4\pi^2\varepsilon_0 AL\cdot 2fdf$

36. [도움말] $V_C=X_C i_0$이고 $i_0=V_0/Z$. 공명진동수에서 $Z=R$이고 $X_c=1/\omega_0 C$

37. [도움말] $V_L=iX_L$, $V_C=iX_C$. $V_L=6V_C$ 이면 $\omega_0^2=\frac{6}{LC}$. $\omega_R=\frac{1}{\sqrt{LC}}$

38. [도움말] (a) $\omega_0=1/\sqrt{LC}$, $V_R=Ri_0$, $i_0=V_0/Z=V_0/R$이므로 $V_R=V_0$

(b) $i_0=V_0/Z$

39. [도움말] (a) ϕ는 42°, 전력인자는 $\cos\phi$

(b) 축전기가 더 주도적이면 전류 위상이 앞섬

(c) 공명 상태에서는 위상차가 없다

(d) $P=(1/2)V_0 I_0\cos\phi$

40. [도움말] $V_1/V_2=N_1/N_2$, $V_1 i_1=V_2 i_2$이고 $V_2-i_2 R=0$이므로

$i_1=(V_2/V_1)i_2=(V_2/V_1)(V_2/R)$.

저항 R'만 연결된 경우 i_1이 흐른다면 $V_1-i_1 R'=0$

41. [도움말] $i=\frac{V}{R+r}$ 이고 $P_R=i^2R$. $dP_R/dR=0$ 조건

CHAPTER 22 도움말

2. [도움말] $1 \cdot \sin 45 = \sqrt{2}\sin\theta$에서 $\sin\theta = 1/2$.

물속에서 꺾인 그림자 길이는 1.15m, 물 밖의 길이는 1m

5. [도움말] $\sin\theta_1 = n\sin\theta_2$. $\tan\theta_1 = \frac{2.5}{1.3}$, 거리는 $2.5 + d\tan\theta_2$

6. [도움말] $\sin 45 = n_1\sin\theta_1$, $n_1\sin\theta_1 = n_2\sin\theta_2$, $D = d_1\tan\theta_1 + d_2\tan\theta_2$

7. [도움말] (a) $\sin\theta = n\sin\theta'$, $l\cos\theta' = t$, $d = l\sin((\theta - \theta')$, $d = t(\sin\theta - \cos\theta\tan\theta')$

(b) $\sin\theta \approx 0$, $\cos\theta \approx 1$

8. [도움말] $n_1\sin\theta_1 = n_2\sin\theta_2$,

실제 깊이가 p, 보이는 깊이가 q이고 수직선까지 거리가 d이면, $d = p\tan\theta_2 = q\tan\theta_1$.

$\theta_1 \approx \theta_2 \approx 0$이면 $\cos\theta_2 \approx \cos\theta_1 \approx 1$이고 $p\sin\theta_2 = q\sin\theta_1$이므로 $\frac{q}{p} = \frac{n_1}{n_2}$이 된다.

9. [도움말] 입사거울 입사각 θ_1, 반사거울 입사각 θ_2이면, 총 굴절각은 $2(\theta_1 + \theta_2)$ 거울 만나는 부분.

삼각형에서 $(\pi/2 - \theta_1) + (\pi/2 - \theta_2) + \pi/2 = \pi$

10. [도움말] 입사 거울 입사각 θ_1, 반사 거울 입사각 θ_2라면, 변화각 $\Theta = 2(\theta_1 + \theta_2)$.

삼각형에서 $(\pi/2 - \theta_1) + (\pi/2 - \theta_2) + \phi = \pi$

11. [도움말] 입사각 θ_1, 굴절각 θ_2이면, 1차 굴절 변화각은 $\theta_1 - \theta_2$.

대칭성에서 2차 굴절에서도 같아 총 변화각 $\delta = 2(\theta_1 - \theta_2)$.

프리즘 속 빛살과 이등분선이 직각이면 $\theta_2 = \phi/2$이고 $2\theta_1 = \delta + \phi$.

$\sin\theta_1 = n\sin\theta_2 = n\sin(\phi/2)$이므로 $n\sin(\phi/2) = \sin(\frac{\phi+\delta}{2})$

12. [도움말] 전반사 조건 입사각 θ_0는 $n\sin\theta_0 = 1$ 조건 만족.

원판 반지름은 $\tan\theta_0 = \frac{r}{d}$ 조건

13. [도움말] 굴절각은 $\sin 45 = n\sin\theta$ 조건.

경계면에서 굴절하는 입사각은 $\theta' = \pi/2 - \theta$이고 전반사 조건은 $n\sin\theta' = 1$

14. [도움말] $n_1\sin\theta = n_2\sin\theta'$.반사각 θ이면 $\theta - \theta' = \beta$ 이고 $n_1\sin\theta = n_2\sin(\theta - \beta)$

15. [도움말] $r = \dfrac{d}{\sqrt{n^2 - 1}}$ 이용

16. [도움말] 곡률 반지름이 $30.0\,\mathrm{cm}$에서 초점거리 $f = 15.0\mathrm{cm}$. $1/a + 1/b = 1/f$에서 배율은 $|b/a|$

17. [도움말] 곡률 반지름이 $16.0\,\mathrm{m}$이면 초점거리 $f = -8.0\mathrm{m}$.

18. [도움말] $1/a + 1/b = 1/f$ 식에서 $b = a = 6$

19. [도움말] 공은 초점거리 $2.3\mathrm{cm}$인 볼록거울. 초점거리 $f = -4.6$ 이고, $a = 25\mathrm{cm}$

20. [도움말] $1/a + 1/b = 1/f$ 식에서 $b = a$

21. [도움말] (a) $1/a + 1/b = 1/f$ (b) $m = b/a = 60.7$

22. [도움말] $\dfrac{1}{a} + \dfrac{1}{b} = \dfrac{1}{f}$ 식에서 $a = f + x,\ b = f + x'$

23. [도움말] $\dfrac{1}{a} + \dfrac{1}{b} = \dfrac{1}{f}$ 첫 번째 렌즈에 의한 상은 20.3cm 떨어진 곳.

두 번째 렌즈가 맡는 상은 28.6cm 떨어진 곳이고, 배율은 20.3/36 × 28.6/36.3

24. [도움말] $\tan\theta_B = n/1$에서 $\theta_B = 60°$, 그 각과 굴절각 θ의 합은 $90°$

25. [도움말] 전반사 조건 $n\sin\theta = 1$ 에서 $n = 1.77$. 브루스터 각은 $\tan\theta_B = n$

26. [도움말] I_0는, $20°$ 편광판 다음 $I_1 = I_0\cos^2 20°, 40°, 60°$

편광판 다음 $I_2 = I_1\cos^2 20°$, $I_3 = I_2\cos^2 20°$

27. [도움말] 입사각이 θ이, 반사각도 그 크기, 다른 거울면 입사각이 θ'이면 반사각도 그 크기.
1차 반사 굴절각 $\pi-2\theta$, 2차 반사 $\pi-2\theta'$ 이고 $\theta+\theta'=\pi/2$

CHAPTER 23 도움말

1. [도움말] (a) 경로차 $\varDelta = d\sin\theta \approx d \cdot \theta$

(b) $\varDelta = m\lambda$이면 밝은 무늬, $\varDelta = (m+\frac{1}{2})\lambda$이면 어두운 무늬. $\frac{y}{R} = \tan\theta \approx \theta$

2. [도움말] 밝은 무늬 조건은 $y = m \cdot R\frac{\lambda}{d}, (m = 1, 2, \cdots)$이므로, $y_1 = R\frac{\lambda}{d}$

3. [도움말] 어두운 무늬 조건은 $y = (m+\frac{1}{2}) \cdot R\frac{\lambda}{d}, (m = 0, 1, 2, \cdots)$이므로 $y_2 - y_1 = R\frac{\lambda}{d}$

4. [도움말] 첫째 밝은 위치 각은 $d\sin\theta = \lambda$ 조건이고 $\theta \approx \sin\theta$

두 번째 밝은 위치 각은 $d\sin\theta = 2\lambda$ 조건

6. [도움말] 첫째 무늬 조건은 $\lambda = d\sin\theta \approx d \cdot \theta = d\frac{x}{R}$

7. [도움말] 입사 전에 경로차는 $d\sin\theta_1$, 슬릿 통과후 경로차는 $d\sin\theta_2$

8. [도움말] 표면 반사광 위상은 180° 차이, 뒷면 반사광 빛은 위상차가 없어 두 빛의 위상차는 180°.

두께 t면, $2t = \lambda/2$ 빛이 강해지며, $\lambda = \lambda_0/n$

9. [도움말] 표면 반사광은 180°, 뒷면 반사광 빛은 위상차가 없어 두 빛의 위상차는 180°.

$2t = \lambda/2$ 조건에서 보강간섭.

10. [도움말] 굴절률이 큰 물질에 의한 반사 위상차는 180°이므로, 두 반사에 의한 위상차는 없다.

박막 투과와 반사광은 $2t$의 경로차이고 상쇄간섭 조건은 $2t = \lambda_{박}/2$.

11. [도움말] 박막표면과 박막을 투과한 빛의 반사광 위상차는 모두 180°.

박막 속 파장 λ의 소멸과 보강 간섭조건은 각각 $2t = (1/2+n)\lambda$, $2t = n\lambda$.

따라서 $2t = (1/2+n)(\lambda_1/2.50)$, $2t = n(\lambda_2/2.50)$이고 $n = 3$

12. [도움말]

(a) 기름막을 통과한 빛이 물에서 반사하면 그 반사광 위상은 불변이고, 기름막에 의한 직접 반사광은 180° 위상차. 따라서 기름막 두께가 얇다면, 두 빛살 위상차는 180°가 되어 소멸간섭

(b) 기름막 두께가 t, 기름막 속 파장 λ 이면 보강간섭 조건은 $2t = \lambda/2, 3\lambda/2, \cdots$,
두 번째 노랑 빛은 $2t = 3\lambda/2$ 조건. 기름막 굴절률은 1.5 이므로 노랑빛$\lambda = 580\text{nm}/1.5$

13. [도움말] $2t = n\lambda$ 조건에서 보강간섭. 접촉위치에서 x인 곳 간격이 t이면,

보강간섭 조건은 $2t_1 = \lambda, 2t_2 = 2\lambda, \cdots$. 이웃한 두 무늬 $\Delta t = \lambda$이고,

무늬 간격이 Δx이면 $\Delta t = \Delta x \tan\theta$

14. [도움말] 산화규소 표면과 실리콘 표면 반사광 위상차는 모두 180°.

산화규소 내 파장 λ가 소멸 조건 $2t = \lambda/2$ 만족.

15. [도움말] $n_{공기} > n_{박막} > n_{유리}$이므로 각 경계면 반사에 의한 위상 변화 효과는 없다.

박막 속 파장 $\lambda_{박} = \dfrac{\lambda}{1.2}$ 에서, 소멸간섭 조건은 $2t = \lambda_{박}/2$이나 이때 $750\,\text{nm}$ 파장 보강간섭은 없다.

소멸간섭 다른 조건은 $2t = \lambda_{박}/2 + \lambda_{박}$이므로 $t = 313\text{nm}$이고 보강간섭 조건은 $2t = \lambda_{박}$.

이 경우 보강간섭 파장인 750nm 파장 경우 $\lambda_{박} = 750\text{nm}/1.2$이므로 역시 $t = 313\text{nm}$를 얻음

16. [도움말] 유리판이 붙은 상태에서, 1차 유리판 표면에서 180°로 반사하고, 2차 유리판을 투과광은 경계면에서 위상차 0으로 반사됨. 반사광이 어두워짐은 $4t = \lambda, 2\lambda, \cdots$ 임을 나타냄.
두 유리판을 분리하면, 1차 유리판을 투과하고 위상차 0으로 반사하는 반사광이 있고,
간격이 미세하다면 어두운 무늬여야 하므로 $2t = \lambda$에서 유리판 두께는 $2t = \lambda$ 조건을 만족.
2차 유리판 표면에서 180° 위상차로 반사하는 반사광은 $2d = \lambda$가 되어야 1차 반사광과 소멸간섭.

17. [도움말] 어두운 곳은 $a\sin\theta = n\lambda$ 조건이므로 $a \cdot \theta \approx n\lambda$.

어두운 무늬까지의 거리 y는 $a \cdot \dfrac{y}{R} \approx n\lambda$이므로 $a\dfrac{y_1}{R} = \lambda$, $a\dfrac{y_2}{R} = 3\lambda$에서 $y_2 - y_1 = 3.0\text{mm}$

18. [도움말] 어두운 곳은 $a\sin\theta = n\lambda$ 조건이므로 두 번째 극소는 $a\sin\theta = 2\lambda$ 조건

19. [도움말] 첫째 어두운 무늬 조건은 $a\sin\theta = m\lambda\,(m = 1)$

20. [도움말] 밝은 에돌이 무늬가 이루는 각은 $a\sin\theta=\lambda$이므로, $d\sin\theta=6\lambda$에 해당함.
$d\sin\theta=(0,1,2,3,4,5)\lambda$에서 밝은 간섭 무늬. $d\sin\theta=6\lambda$ 위치는 어둡다.

21. [도움말] 이웃한 두 개의 슬릿을 고려할 때, 에돌이 발 위치에서 두 슬릿 입사광의 경로차는 $d\sin\phi$.
에돌이 발을 통과하여 각 θ 방향으로 진행하는 두 빛살의 경로차는 $d\sin\theta$이므로
총 경로차 $\Delta=d(\sin\phi+\sin\theta)$. 이 크기가 λ의 정수배가 되면 보강간섭 조건

22. [도움말] 인접한 두 격자층에 수직으로 입사한 빛이 보강간섭을 하려면 간격이 $2d=n\lambda$ 조건.
즉 $2d=\lambda$ 조건이 최소 파장.

23. [도움말] 단일슬릿에 의한 에돌이 현상에서 어두운 곳은 $a\sin\theta=n\lambda$ 조건에서 얻어지므로
첫 번째 극소는 $a\sin\theta=\lambda$ 조건이다.

24. [도움말] 물질 n_2에서 반사되는 빛의 위상은 $180°$ 변하고, n_3까지 진행한 빛은 n_3에서 반사할 때
위상 변화가 없다. 물질 n_2 구간 파장을 λ'이라 할 때 $2t=\lambda',2\lambda',\cdots$ 이고 $\lambda'=\lambda/n_2$

25. [도움말] 빛들은 모두 $180°$ 위상차로 반사하므로 박막 내에서의 반사 경로차가 반파장이면 된다.
즉 $2t=\lambda'/2$ 이고 $\lambda'=\lambda/1.3$

26. [도움말]

(a) 슬릿 간격이 d이면 밝은 무늬는 $d\sin\theta=m\lambda,\ (m=0,1,2,\ldots)$ 조건이고 $\sin\theta\approx\theta=\dfrac{y}{L}$이므로
밝은 무늬는 $d\sin\theta=\lambda,2\lambda,\cdots$. 밝은 무늬 간격 조건은 $\dfrac{d}{L}y_1=\lambda,\dfrac{d}{L}y_2=2\lambda,\cdots$에서 간격 $y=L\dfrac{\lambda}{d}$.

(b) 어두운 무늬 조건은 $a\sin\theta=\lambda$ 이므로, $\sin\theta\approx\theta=\dfrac{y}{L}$에서 $y=\dfrac{L}{a}\lambda$

(c) $d=(5/2)a$ 에서 첫 번째 어두운 조건 $a\sin\theta=\lambda$ 는 $(2/5)d\sin\theta=\lambda$.
$d\sin\theta/\lambda=0,1,2$가 밝은 무늬 가능

27. [도움말] (a) $n=\dfrac{c}{v}=\dfrac{c}{\lambda f}$이므로, 파장이 λ' 라면 $n\lambda'=$ 일정 조건을 만족
(b) 빛은 모두 $180°$ 위상 변화하므로 경로차 $2t=\lambda'/2$이면 무반사

CHAPTER 24 도움말

1. [도움말] $h\nu = h\nu_0 + K$ 이므로 $K = h(\nu - \nu_0)$

2. [도움말] $E = W + K$이고, 380nm 에너지 $h\nu = 5.2\times10^{-19}$J이고, $h\nu = h\nu_0 + K = 2.48\text{eV} + \text{K}$

3. [도움말] $hf = hf_0 + K$

4. [도움말] $\Delta E\Delta t \approx h/2\pi$에서, $\Delta m = \frac{1}{\tau}\frac{h}{2\pi}\frac{1}{c^2} \approx 0.48\times10^{-28}\text{J}\cdot\frac{1}{\text{c}^2}$, $1\text{eV} = 1.6\times10^{-19}\text{J}$

5. [도움말] 광자 에너지 $E = hf = hc/\lambda$이고, 1초당 빛 에너지량은 30J

6. [도움말] 광자수 비가 $N_1 : N_2 : N_3$ 이면 $N_1h\nu_r = N_2h\nu_g = N_3h\nu_b =$ 일정

7. [도움말] $E_1 = h\nu$이고 $\nu = 100\,\text{MHz} = 10^8\text{Hz}$. 1초당 에너지는 $E = 2.5\text{kJ}$ 이고 $E = NE_1$

9. [도움말] (a) $p = \frac{h}{\lambda}\times10^{19}$ (b) $F = \Delta p/\Delta t$

10. [도움말] $E = hf = hc/\lambda$

11. [도움말] 500nm 빛은 약 2.5eV

12. [도움말] $E = W + K$

14. [도움말] 전자 에너지 $K = eV_0$이고, 모두 광자에너지로 전환되면 $E = h\nu = hc/\lambda = eV_0$.

hc는 $\text{J}\cdot\text{s}\cdot\text{m/s} = \text{J}\cdot\text{m} = \text{CV}\cdot\text{m}$ 단위로 나타낼 수 있고 $1eV = 1.6\times10^{-19}\text{CV(J)}$

16. [도움말] $(1/2)mv^2 = eV$이고 $\lambda = h/mv$에서 파장은$\frac{h}{\sqrt{2meV}}$. $V = 100\text{V}$, $mc^2 = 0.5\text{MeV}$

17. [도움말] 전자의 질량에너지는 0.5MeV 정도이므로 50kV 전위차에 의한 에너지는 질량에너지에

비해 무시 가능하므로 $(1/2)mv^2 = eV$이다. 물질파 파장 $\lambda = h/mv$은 $\dfrac{h}{\sqrt{2meV}} = \sqrt{\dfrac{a}{V}}$ 형태

이고 $a = \dfrac{h^2}{2me} = 1.50 \times 10^{-18} \mathrm{m}^2\mathrm{V}$. 즉 nm 단위로 $\lambda = \sqrt{\dfrac{1.50}{V}}$

18. [도움말] (a) 정지질량이 m_0 이면 상대론적 질량 $m = \gamma m_0$이고 $\gamma = 1/\sqrt{1-(v/c)^2}$

(b) x,y 축 방향의 운동량이 각각 보존되고 산란 전에는 x-축 운동량만 존재

(c) (b) 결과에서 $\cos^2 + \sin^2 = 1$을 이용

19. [도움말] $\Delta E \Delta t \approx h/2\pi$

20. [도움말] $\Delta E \Delta t \approx h/2\pi$

21. [도움말] $\Delta E \Delta t \approx h/2\pi$

CHAPTER 25 도움말

1. [도움말] $E_n \propto \frac{1}{n^2}$ 이므로 $E_1 = -(13.6/4)\mathrm{eV}$

2. [도움말] $n=1$에서 $n=2$로 천이 과정의 빛으로 $hc/\lambda = -3.4\mathrm{eV} - (-13.6\mathrm{eV}) = 10.2\mathrm{eV}$

3. [도움말] 바닥상태 에너지는 $-13.6\,\mathrm{eV}$이므로 $13.6\,\mathrm{eV}$ 광자가 필요. $hf = hc/\lambda = 13.6\mathrm{eV}$

4. [도움말] 발머 계열에서는 주양자수 $n=2$로 천이하며, 그 준위 에너지는 $-3.4\,\mathrm{eV}$

5. [도움말] $E_1 = -13.6\mathrm{eV}$ 이고 $E_2 = -3.4\mathrm{eV}$ 이므로 $f = (E_2 - E_1)/h$이고

에너지 준위차는 $10.2\mathrm{eV} = 1.63 \times 10^{-19}\mathrm{J}$. $\lambda = c/f = 1.22 \times 10^{-7}\mathrm{m}$, 즉 $122\,\mathrm{nm}$이다.

6. [도움말] $\Delta E \Delta t \approx h$

7. [도움말] (b) $\frac{d}{dr}(r^2 e^{-2r/a_0}) = 0$ 인 조건을 구한다. (c) $\int_0^{2a_0} |\psi|^2 4\pi r^2 dr$ 을 구한다.

8. [도움말] $E_1 = \frac{h^2}{8mL^2} = 6.03 \times 10^{-18}\mathrm{J} = 37.7\mathrm{eV}$이고, $E_2 = 151\mathrm{eV}$

9. [도움말] 물질파 파장은 정상파 파장과 같아 $\lambda = 2L$, $\lambda = h/p$, $p = h/2L$임

10. [도움말] $i\hbar\frac{\partial \psi}{\partial t} = H\psi$, $H = \frac{p^2}{2m} + V_0$. $e^{i(kx-\omega t)}$는 x나 시간에 대해 두 번 미분해도 같은 형태.

cos이나 sin 함수는 시간 미분하면 같은 형태 아님.

11. [도움말] (a) 주양자수 n에서 $l = 0, 1, 2, \cdots, n-1$ (b) 자기양자수 $m_l = -l, \cdots + l$

12. [도움말] $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 \cdots$

13. [도움말] (a) $E_n = \frac{\hbar^2}{2m}(\frac{\pi}{L})^2 n^2$. $m = 2000m_0$이고, $L = 10^{-5}L_0$.

(b) $E_1 = \frac{\hbar^2}{2m}(\frac{\pi}{L})^2 = \frac{h^2}{8mL^2}$, $h = 6.6\times 10^{-34}\mathrm{Js}, \mathrm{m} = 9.1\times 10^{-31}\mathrm{kg}$

CHAPTER 26 도움말

3. [도움말] α 입자는 ${}_2^4\mathrm{He}$

6. [도움말] 단위시간당 입사 입자수 N_0, 반응 입자수 N이면, 단위부피당 표적수 n, 두께 l, 넓이 A, 반응 단면적이 σ인 경우 $\dfrac{N}{N_0} = nAl\sigma$. 철 1몰은 56g, $7.8\times10^3\mathrm{kg}$ 속 원자수 $n = 8.4\times10^{28}/\mathrm{m}^3$

7. [도움말] $1/4 = e^{-a}$일 때, $1/10^6 = e^{-ax}$

9. [도움말] λ는 $3.83\times10^{-12}/\mathrm{s}$이고 $|\Delta N/\Delta t|_{t=0} = \lambda N(0)$

10. [도움말] (a) 1몰의 ${}_7^{13}\mathrm{C}$은 13.0g이므로 $N_0/N_A = 1.49\times10^{-6}\mathrm{g}/13.0\mathrm{g}$

(b) $\tau = 0.693/\lambda$이고, $|\Delta N/\Delta t|_{t=0} = \lambda N(0)$

11. [도움말] 화석 숯 1.00g에서는 ${}^{14}\mathrm{C}$ 이 1분당 12.6 붕괴.

만들어진지 T년 후에는 $12.6 = 15.3e^{-\lambda T}$이고 $\tau = 0.693/\lambda$=5730년

12. [도움말] 12g에는 $N_A = 6\times10^{23}$개이므로 200g에는 10^{25}개의 탄소이고, 1.3×10^{-12}배 만이 ${}_7^{14}\mathrm{C}$ 핵이므로, ${}_7^{14}\mathrm{C}$수는 $N(0) = 1.3\times10^{13}$. $\lambda = 3.83\times10^{-12}/\mathrm{s}$에서 $\lambda N(0) = 50/\mathrm{s}$이고, $dN/dt|_T = 16/\mathrm{s}$와 $dN/dt|_T = \lambda N(0)e^{-\lambda T} = 50e^{-\lambda T}$

13. [도움말] $\tau = 0.693/\lambda$이고 $N(t) = N(0)e^{-\lambda t}$. $\dfrac{1}{4} = e^{-\lambda T}$ 이므로 $T = \dfrac{\ln 4}{0.693}\tau$

14. [도움말] 반감기가 5,730년이므로 지금은 5,730년 전 ${}_6^{14}\mathrm{C}$의 1/2만 존재

16. [도움말] (a) $N(t) = N(0)e^{-\lambda t} = N(0)e^{-\frac{t}{\tau'}}$ 에서 $\tau' = \lambda^{-1}$이 44년. 반감기 τ는 $\lambda\tau = \ln 2$

(b) 1초당 핵분열 수는 $1\,\mathrm{GW}/200\,\mathrm{MeV} = 10^9\,\mathrm{J/s}/3.2\times10^{-11}\,\mathrm{J} = 3.1\times10^{20}/\mathrm{s}$.

5.9%에서 세슘이 나오고 1초당 생기는 세슘 수는 $1.8\times10^{18}/\mathrm{s}$.

1년간 세슘 수 $N = 1.8\times10^{18}/\mathrm{s}\times 1$년.

1년 뒤 붕괴율 $dN/dt = \lambda N = N/\tau'$가 1년 뒤 방사능

17. [도움말] 철 핵은 양성자 26개와 중성자 30개이고, 독립한 총질량은 56.463u인데, 핵 질량은 그 총 질량보다 0.5285u만큼 작다.

18. [도움말] 운동량은 보존에서 $m_1 v_1 = m_2 v_2$이고 $K_1/K_2 = m_2/m_1 = 57$이고 $58K_2 = 5.4\mathrm{MeV}$

20. [도움말] 그 수는 200MW/200MeV이고, $1\mathrm{eV} = 1.6 \times 10^{-19}\mathrm{J}$

21. [도움말] 1000MW라면 1년간 $10^{17}\mathrm{J}$.

분열횟수는 3×10^{27}번이고 우라늄 235 원자 질량은 $4 \times 10^{-25}\mathrm{kg}$