3. 상온상태의 $2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$ 1ton이 있다. 이 코디라이트를 열손실율이 30%인 전기고로에서 녹이는데 필요한 전기료를 구하시오 [20 점].

<molar weight & relative atomic mass>
Al: 26.982, Cr: 51.996, Mg: 24.305, O: 15.999, Si: 28.085

<한전 전기료 발췌>
산업용(을): 광업/제조업 등 계약전력 300 kW이상의 고객
고압A 타입, 선택 I, 여름철 (6~8월) 전력량요금 114.5원/kWh

정압 몰 열용량 $c_p = a + bT + cT^{-2}$ ($J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$)

물질	a	$b \times 10^3$	$c \times 10^{-5}$	범위, K
Al(s)	20.67	12.38	--	298–937(Tm)
Al(l)	31.76	--	--	937–1600
Al_2O_3	106.6	17.78	–28.53	298–2325(Tm)
Cr(s)	24.43	9.87	–3.68	298–2130(Tm)
Cr_2O_3	119.37	9.30	–15.65	298–1800
$2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$	626.34	91.21	–200.83	298–1738(Tm)

표준 몰 생성열

물질	$\Delta H^o_{,298}$ [$kJ \cdot mol^{-1}$]
Al_2O_3 (s)	–1,675.7
Cr_2O_3 (s)	–1,139.7
O_2	---

용융열 및 상변화열

물질	ΔH_{trans} [J]
Al_2O_3 ($s \to l$)	107,500
Al ($s \to l$)	10,700 at 934 K

Step. 1 상온에서 녹는점까지 가열

코디라이트의 열용량 식은 다음과 같다.

$C_p = a + bT + cT^{-2}$

여. $a = 626.34$

$b = 91.21 \times 10^{-3} = 0.09121$

$c = -200.83 \times 10^{-5} = -0.0020083$

298k ~ 1738k.

코디라이트 질량 1톤 = 1000kg = 10^6g 이다.

$몰수 = \frac{질량}{몰 질량}$

코디라이트의 몰 질량

$2 \times MgO + 2 \times Al_2O_3 + 5 \times SiO_2$

$MgO = 24.305 + 16 = 40.305$ g/mol

$Al_2O_3 = 2 \times (26.982 + 3 \times 16) = 101.961$ g/mol

$SiO_2 = 28.085 + 2 \times 16 = 60.085$ g/mol

따라서,

몰 질량 $2 \times 40.305 + 2 \times 101.961 + 5 \times 60.085$

$= 80.61 + 203.922 + 300.425$

$= 584.957$ g/mol

몰수는

$몰수 = \frac{10^6 g}{584.957 g/mol} \approx 1710.12$ mol

상온에서 녹는점까지의 열용량 적분

$Q = n \int_{T_1}^{T_2} C_p dT$

$= 1710.12 \times \int_{298}^{1738} 0.09121 T dT + \int_{298}^{1738} -0.0020083 T^{-2} dT$

각각의 적분

$626.34(1738 - 298) + 0.09121\left(\frac{1738^2}{2} - \frac{298^2}{2}\right) - 0.0020083\left(\frac{-1}{1738} - \frac{-1}{298}\right)$

따라서,

$626.34 \times 1440 + 0.09121 \times \left(\frac{1738^2 - 298^2}{2}\right) - 0.0020083\left(\frac{1}{298} - \frac{1}{1738}\right) = 1,035,759.872$ J/mol

Step 2. 용융열 계산

코디라이트 용융열 주어지지 x , Al2O3의 용융열로 추정.

용융열 : 107,500 J/mol

총 에너지는

$Q_{total} = Q_{heating} + Q_{fusion}$

$Q_{fusion} = 1710.12 \times 107500 = 183,312,900$ J

Step 3. 에너지 소모 계산 및 전기료 계산

$Q_{total} = 1,771,145,840 + 183.312,900$

$= 1,954.458,740$ J

Step 4. 손실율 고려

실제 에너지 소모 $= \frac{Q_{total}}{1 - 0.3} = \frac{1,954.458,740}{0.7}$

$= 2.792,083.914$ J

Step 5 전기료 계산

2.792,083.914J = 775.57 kWh

전기 요금이 원/kWh로 주어졌다고 가정한다. 전기 요금 단위를 원/kWh로 계산한다.

∴ 77.557 원

전기 요금 단가를 적용 :

전기 요금 = 775.57 × 144.5원/kWh = 88,764.185원