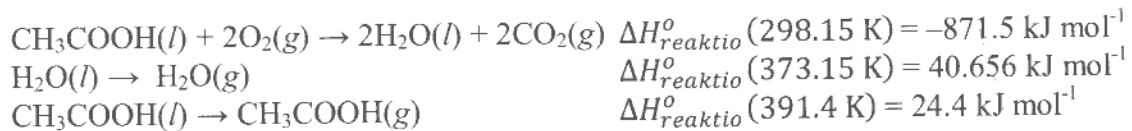


1. a) 1 mol ideaalikaasua, jonka lämpökapasiteetti $C_{V,m} = 3/2R$, on lämpötilassa $T = 500$ K ja paineessa $P = 1.00$ bar. Kaasu laajenee reversiibelisti ja adiabaattisesti kunnes sen tilavuus kahdentuu. Laske kaasun loppulämpötila.

b) 20.0 g vesihöyryä, $H_2O(g)$, 373 K lämpötilassa johdetaan 250 g nestemäistä vettä $H_2O(l)$ 300 K lämpötilassa ja 1 atm paineessa. Laske loppulämpötila, kun tasapaino eristetyssä systeemissä on asetunut. Oleta, että veden lämpökapasiteetti $C_{P,m} = 75.3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ on lämpötilasta riippumaton kyseisellä lämpötilavälillä. Veden normaali höyrystymislämpö $\Delta H_{\text{vaporization}}$ on $40.65 \text{ kJ mol}^{-1}$.

2. 2.50 mol ideaalikaasua, jonka lämpökapasiteetti $C_{V,m} = 3/2R$, on lämpötilassa $T = 450$ K ja paineessa $P = 1.00$ bar. Kaasu laajenee reversiibelisti ja adiabaattisesti kunnes sen tilavuus kahdentuu. Tällöin sen loppulämpötila on 283 K. Laske q , w , ΔU , ΔH , ΔS , $\Delta S_{\text{surroundings}}$, and ΔS_{total} kun ympäristön lämpötila on 300 K.

3. Laske reaktioentalpia $\Delta H_{\text{reaktio}}^o$ (391.4 K) reaktiolle: $\text{CH}_3\text{COOH}(g) + 2\text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(g) + 2\text{CO}_2(g)$ annettujen tietojen perusteella.



Lämpötilasta riippumattomat lämpökapasiteetit:

Substance	$\text{CH}_3\text{COOH}(l)$	$\text{O}_2(g)$	$\text{CO}_2(g)$	$\text{H}_2\text{O}(l)$	$\text{H}_2\text{O}(g)$
$C_{P,m}/R$	14.9	3.53	4.46	9.055	4.038

4. Kun reaktio $\text{Fe}_2\text{N}(s) + 3/2\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{Fe}(s) + \text{NH}_3(g)$ asettuu tasapainoon kokonaispaineessa 1 bar ja 700 K lämpötilassa saadaan kaasufaasin koostumukseksi $\frac{P_{\text{NH}_3}}{P_{\text{H}_2}} = 2.165$. Reaktion alussa kaasufaasissa oli vain $\text{H}_2(g)$:ta ja $\text{Fe}_2\text{N}(s)$ on ylimäärin.

a) Laske K_P 700 K lämpötilassa.

b) laske reaktion $\Delta G_{\text{reaktio}}^o(298.15 \text{ K})$, olettaen sen reaktioentalpian, $\Delta H_{\text{reaktio}}^o = -42.1 \text{ kJ mol}^{-1}$, olevan vakio kyseisellä lämpötilavälillä.

5. Rikkidioksidin $\text{SO}_2(g)$ molaarinen lämpökapasiteetti $C_{P,m}$ lämpötilavälillä $300 \text{ K} < 1700 \text{ K}$ on muotoa: $\frac{C_{P,m}}{R} = 3.093 + 6.967 \times 10^{-3} T - 45.81 \times 10^{-7} T^2 + 1.035 \times 10^{-9} T^3$

Oleta rikkidioksidin käyttäytyvän ideaalikaasun tavoin ja laske

a) ΔH , kun 1 mol rikkidioksidia lämmitetään lämpötilasta 75° lämpötilaan 1350°C 1 bar vakio paineessa.

b) Laske ΔU , q , ja w a-kohdan systeemille ja selitä työn etumerkki.

Viimeinen tehtävä ja atomimassoja kääntöpuolella.

6. a) Kaasumaisen metaanin liukenemista bentseeniin voidaan kuvata Henryn lain avulla. Henryn lain vakio tälle systeemille on 4.27×10^5 Torr. Laske metaanin molaalinen liukoisuus bentseeniin 25°C lämpötilassa ja 750 Torr paineessa. Bentseenin höyrynpaine on 94.6 Torr.
- b) Käyttäen hyväksi Debye–Hückelin rajalakia laske keskiaktiivisuuskerronin, γ_{\pm} , 5.0×10^{-3} molaaliselle $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Oleta suolan dissosioituvan täysin.

Atomimassoja:

H	$1.0079 \text{ g mol}^{-1}$
C	12.01 g mol^{-1}
O	16.00 g mol^{-1}

Luku 2. Lämpö, työ, sisäenergia, entalpia ja termodynamiikan 1. Pääsääntö

$\Delta U = q + w$	$C_{P,V} = \frac{q}{\Delta T}$	$C_V = \frac{dq_V}{dT} = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V$	
$C_P = \frac{dq_P}{dT} = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_P$	$w = -P_{\text{external}}\Delta V$	$w = -nRT \int \frac{dV}{V} = -nRT \ln \frac{V_f}{V_i}$	
$C_P - C_V = nR$ tai $C_{P,m} - C_{V,m} = R$		$H \equiv U + PV$	
$\Delta H = q_P = C_P(T_f - T_i)$	$\Delta U = q_V = C_V(T_f - T_i)$	$\Delta H = q_P$	$\Delta U = q_V$
Ideaalikaasujen reversiibeli adiabaattinen laajeneminen: $C_V \ln \frac{T_f}{T_i} = -nR \ln \frac{V_f}{V_i}$			
$\ln \left(\frac{T_f}{T_i}\right) = -(\gamma - 1) \ln \left(\frac{V_f}{V_i}\right)$ tai yhtäpitävästi $\frac{T_f}{T_i} = \left(\frac{V_f}{V_i}\right)^{1-\gamma}$	$P_i V_i^\gamma = P_f V_f^\gamma$	$\gamma = \frac{C_{P,m}}{C_{V,m}}$	

Luku 3. Tilan funktioiden merkitys: sisäenergia ja entalpia

Tilavuuden terminen laajenemiskerroin: $\beta = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$	
Isoterminen puristuvuus: $\kappa = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T$	$\mu_{J-T} = \lim_{\Delta P \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta T}{\Delta P}\right)_H = \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_H$
$\Delta U_V = \int_{T_1}^{T_2} C_V dT = n \int_{T_1}^{T_2} C_{V,m} dT$	$\Delta H_P = \int_{T_i}^{T_f} C_P(T) dT = n \int_{T_i}^{T_f} C_{P,m}(T) dT$
$\Delta H_P = C_P \Delta T = n C_{P,m} \Delta T$	$C_P = C_V + TV \frac{\beta^2}{\kappa}$ tai $C_{P,m} = C_{V,m} + TV_m \frac{\beta^2}{\kappa}$

Luku 4. Termokemia

$\Delta H^\circ_{\text{reaction}} = \sum_i \nu_i \Delta H^\circ_{f,i}$	$\Delta C_P(T') = \sum_i \nu_i C_{P,i}(T')$	$\Delta H^\circ_{\text{reaction}} = \Delta U^\circ_{\text{reaction}} + \Delta nRT$
--	---	--

Luku 5. Entropia sekä termodynamiikan 2. ja 3. Pääsääntö

$\varepsilon = \frac{ w_{\text{cycle}} }{q_{ab}} = \frac{T_{\text{hot}} - T_{\text{cold}}}{T_{\text{hot}}} = 1 - \frac{T_{\text{cold}}}{T_{\text{hot}}} < 1$	$dS \equiv \frac{dq_{\text{reversible}}}{T}$
$\Delta S = \int \frac{dq_{\text{reversible}}}{T} = \frac{1}{T} q_{\text{reversible}} = nR \ln \frac{V_f}{V_i}$	$\Delta S = \int \frac{dq_{\text{reversible}}}{T} = \int \frac{nC_{V,m} dT}{T}$ $\approx nC_{V,m} \ln \frac{T_f}{T_i}$

$\Delta S = \int \frac{dq_{reversible}}{T} = \int \frac{nC_{P,m}dT}{T} \approx nC_{P,m} \ln \frac{T_f}{T_i}$	$\Delta S = nR \ln \frac{V_f}{V_i} + nC_{V,m} \ln \frac{T_f}{T_i}$
$\Delta S = -nR \ln \frac{P_f}{P_i} + nC_{P,m} \ln \frac{T_f}{T_i}$	$\Delta S = \int_{T_i}^{T_f} \frac{C_V}{T} dT + \int_{V_i}^{V_f} \frac{\beta}{\kappa} dV = C_V \ln \frac{T_f}{T_i} + \frac{\beta}{\kappa} (V_f - V_i)$
$\Delta S = \int_{T_i}^{T_f} \frac{C_P}{T} dT - \int_{P_i}^{P_f} V\beta dP$	$\Delta S^\circ_R = \sum_i \nu_i S^\circ_i$
	$\Delta S^\circ_T = \Delta S^\circ_{298.15} + \int_{298.15}^T \frac{\Delta C^\circ_P}{T'} dT'$

Luku 6. Kemiallinen tasapaino

$\Delta A = \Delta U - T\Delta S$	$G = H - TS = U + PV - TS$	$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$
$dU = TdS - PdV$	$dH = TdS - PdV + PdV + VdP = TdS + VdP$	
$dA = TdS - PdV - TdS - SdT$ $= -SdT - PdV$	$dG = TdS + VdP - TdS - SdT = -SdT + VdP$	
$\left(\frac{\partial U}{\partial S}\right)_V = T \text{ ja } \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_S = -P$	$\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_S = -\left(\frac{\partial P}{\partial S}\right)_V$	
$\left(\frac{\partial U}{\partial S}\right)_V = T \text{ ja } \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_S = -P$	$\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_S = -\left(\frac{\partial P}{\partial S}\right)_V$	$\left(\frac{\partial H}{\partial S}\right)_P = T \text{ ja } \left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_S = V$
$\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_S = -\left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_P$	$\left(\frac{\partial A}{\partial T}\right)_V = -S \text{ ja } \left(\frac{\partial A}{\partial V}\right)_T = -P$	$\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = -\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V = \frac{\beta}{\kappa}$
$\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_P = -S \text{ ja } \left(\frac{\partial G}{\partial P}\right)_T = V$	$-\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T = \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = V\beta$	$\int_{T_1}^{T_2} d\left(\frac{\Delta G}{T}\right) = \int_{T_1}^{T_2} \Delta H d\left(\frac{1}{T}\right)$
$\frac{\Delta G(T_2)}{T_2} = \frac{\Delta G(T_1)}{T_1} + \Delta H(T_1) \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$	$\mu_i = \left(\frac{\partial G}{\partial n_i}\right)_{P,T,n_j \neq n_i}$	$G = \sum_i n_i \mu_i$
$\Delta S_{mixing} = -\left(\frac{\partial \Delta G_{mixing}}{\partial T}\right)_P = -nR \sum_i x_i \ln x_i$	$\Delta G^\circ_{reaction} = \sum_i \nu_i \Delta G^\circ_{f,i}$	
$G(T, P) = G^\circ(T) + \int_{P^\circ}^P V dP = G^\circ(T) + \int_{P^\circ}^P \frac{nRT}{P'} dP' = G^\circ(T) + nRT \ln \frac{P}{P^\circ}$		
$\Delta G_{reaction} = \Delta G^\circ_{reaction} + \gamma RT \ln \frac{P_C}{P^\circ} + \delta RT \ln \frac{P_D}{P^\circ} - \alpha RT \ln \frac{P_A}{P^\circ} - \beta RT \ln \frac{P_B}{P^\circ}$		

$\Delta G_{\text{reaction}} = \Delta G^{\circ}_{\text{reaction}} + RT \ln Q_P$	$Q_P = \frac{\left(\frac{P_C}{P^{\circ}}\right)^{\gamma} \left(\frac{P_D}{P^{\circ}}\right)^{\delta}}{\left(\frac{P_A}{P^{\circ}}\right)^{\alpha} \left(\frac{P_B}{P^{\circ}}\right)^{\beta}}$
$\ln K_P = -\frac{\Delta G^{\circ}_{\text{reaction}}}{RT}$	$K_x = K_P \left(\frac{P}{P^{\circ}}\right)^{-\Delta v}$
$\ln K_P(T_f) = \ln K_P(T_i) - \frac{\Delta H^{\circ}_{\text{reaction}}}{R} \left(\frac{1}{T_f} - \frac{1}{T_i}\right)$	
$K_P = \frac{\left(\frac{P_C^{eq}}{P^{\circ}}\right)^c \left(\frac{P_D^{eq}}{P^{\circ}}\right)^d}{\left(\frac{P_A^{eq}}{P^{\circ}}\right)^a \left(\frac{P_B^{eq}}{P^{\circ}}\right)^b} = \frac{\left(\frac{x_C^{eq} P}{P^{\circ}}\right)^c \left(\frac{x_D^{eq} P}{P^{\circ}}\right)^d}{\left(\frac{x_A^{eq} P}{P^{\circ}}\right)^a \left(\frac{x_B^{eq} P}{P^{\circ}}\right)^b} = \frac{(x_C^{eq})^c (x_D^{eq})^d}{(x_A^{eq})^a (x_B^{eq})^b} \left(\frac{P}{P^{\circ}}\right)^{d+c-a-b} = K_x \left(\frac{P}{P^{\circ}}\right)^{\Delta v}$	
$K_P = \frac{\left(\frac{P_C^{eq}}{P^{\circ}}\right)^c \left(\frac{P_D^{eq}}{P^{\circ}}\right)^d}{\left(\frac{P_A^{eq}}{P^{\circ}}\right)^a \left(\frac{P_B^{eq}}{P^{\circ}}\right)^b} = \frac{\left(\frac{c_C^{eq}}{c^{\circ}}\right)^c \left(\frac{c_D^{eq}}{c^{\circ}}\right)^d}{\left(\frac{c_A^{eq}}{c^{\circ}}\right)^a \left(\frac{c_B^{eq}}{c^{\circ}}\right)^b} \left(\frac{c^{\circ} RT}{P^{\circ}}\right)^{d+c-a-b} = K_c \left(\frac{c^{\circ} RT}{P^{\circ}}\right)^{\Delta v}$	$K_c = K_P \left(\frac{c^{\circ} RT}{P^{\circ}}\right)^{-\Delta v}$

Luku 7. Reaalikaasujen ominaisuudet

$P = \frac{RT}{V_m - b} - \frac{a}{V_m^2} = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{n^2 a}{V^2}$	$z = \frac{V_m}{V_m^{ideal}} = \frac{PV_m}{RT}$	$T_B = \frac{a}{Rb}$
$P = \frac{RT}{V_m - b} - \frac{a}{\sqrt{T} V_m (V_m + b)} = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{n^2 a}{\sqrt{T} V (V + nb)}$	$\mu(T, P) = \mu^{\circ}(T) + RT \ln \frac{f}{f^{\circ}}$	
$K_f = \frac{\left(\frac{f_{NH_3}}{f^{\circ}}\right)}{\left(\frac{f_{N_2}}{f^{\circ}}\right)^{1/2} \left(\frac{f_{H_2}}{f^{\circ}}\right)^{3/2}} = \frac{\left(\frac{Y_{NH_3} P_{NH_3}}{P^{\circ}}\right)}{\left(\frac{Y_{N_2} P_{N_2}}{P^{\circ}}\right)^{1/2} \left(\frac{Y_{H_2} P_{H_2}}{P^{\circ}}\right)^{3/2}} = K_P \frac{Y_{NH_3}}{(Y_{N_2})^{1/2} (Y_{H_2})^{3/2}}$		

Luku 8. Faasidiagrammit

$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta S_m}{\Delta V_m}$	$\int_{P_i}^{P_f} \frac{dP}{P} = \frac{\Delta H_m^{vaporization}}{R} \times \int_{T_i}^{T_f} \frac{dT}{T^2}$	$\ln \frac{P_f}{P_i} = -\frac{\Delta H_m^{vaporization}}{R} \times \left(\frac{1}{T_f} - \frac{1}{T_i}\right)$
---	--	--

Luku 9. Ideaali- ja reaaliliuokset

Raoultin laki: $P_i = x_i P_i^*$	Daltonin osapainelaki: $y_i = \frac{P_i}{P_{total}}$
Kemiallinen potentiaali: $\mu_i^{solution} = \mu_i^* + RT \ln \frac{P_i}{P_i^*} = \mu_i^* + RT \ln a_i$	Aktiivisuus: $a_i = \frac{P_i}{P_i^*} = \gamma_i x_i$
Kemiallinen potentiaali: $\mu_i^{solution} = \mu_i^* + RT \ln \frac{P_i}{P_i^*} = \mu_i^* + RT \ln a_i$	
Gibbs – Duhem yhtälö: $\sum_i n_i d\mu_i = 0 \quad T, P \text{ vakioita}$	Osmoottinen paine: $\pi = \frac{n_{solute} RT}{V}$
Jäätymispisteen alenema: $\Delta T_f = -\frac{RM_{solvent} T_{fusion}^2}{\Delta H_{fusion,m}} m_{solute} = -K_f m_{solute}$	
Kiehumispisteen kohoama: $\Delta T_b = \frac{RM_{solvent} T_{vaporization}^2}{\Delta H_{vaporization,m}} m_{solute} = K_b m_{solute}$	
Partiaalinen moolitilavuus: $\bar{V}_1(P, T, n_1, n_2) = \left(\frac{\partial V}{\partial n_1}\right)_{T, P, n_2}$ $V = n_1 \bar{V}_1(P, T, n_1, n_2) + n_2 \bar{V}_2(P, T, n_1, n_2)$	
Tasapainovakio: $K = \prod_i (a_i^{eq})^{v_j} = \prod_i (\gamma_i^{eq})^{v_j} \left(\frac{c_i^{eq}}{c^\circ}\right)^{v_j}$	

Luku 10. Elektrolyyttiliuokset

Elektrolyytin keskimääräinen kemiallinen potentiaali: $\mu_{\pm} = \frac{\mu_{solute}}{\nu} = \frac{\nu_+ \mu_+ + \nu_- \mu_-}{\nu} = \mu_{\pm}^\circ + RT \ln a_{\pm}$	
Keskiaktiivisuus: $a_{\pm}^{\nu} = a_+^{\nu_+} a_-^{\nu_-}$ tai $a_{\pm} = (a_+^{\nu_+} a_-^{\nu_-})^{1/\nu}$	$\nu = \nu_+ + \nu_-$
Keskiaktiivisuuserroin: $\gamma_{\pm}^{\nu} = \gamma_+^{\nu_+} \gamma_-^{\nu_-}$	Keskimolaalisuus: $m_{\pm}^{\nu} = m_+^{\nu_+} m_-^{\nu_-}$
Ionivahvuus: $I = \frac{m}{2} \sum (v_i z_i^2) = \frac{1}{2} \sum (m_i z_i^2)$	
Keskiaktiivisuuserroin vesiliuoksessa 25 °C lämpötilassa: $\log \gamma_{\pm} = -0.5092 z_+ z_- \sqrt{I}$ tai $\ln \gamma_{\pm} = -1.173 z_+ z_- \sqrt{I}$	
Ionin aktiivisuuserroin vesiliuoksessa 25 °C lämpötilassa: $\log \gamma_i = -0.5092 (z_i)^2 \sqrt{I}$ tai $\ln \gamma_i = -1.173 (z_i)^2 \sqrt{I}$	
Reaktiolle: $A_{\nu_+} B_{\nu_-} \rightarrow \nu_+ A^{z_+} + \nu_- A^{z_-}$	
liukoisuustulo on $K_s = a_+^{\nu_+} a_-^{\nu_-}$ ja liukoisuus $s = \frac{1}{\nu_+} m_+ = \frac{1}{\nu_-} m_-$	

Length					
meter (SI unit)	m		Atomic mass constant	amu	$1.6605402 \times 10^{-27}$ kg
centimeter	cm	$\text{cm} = 10^{-2}$ m	Avogadro's constant	N_A	6.0221367×10^{23} mol ⁻¹
ångström	Å	$= 10^{-10}$ m	Bohr magneton	$\mu_B = e\hbar/2m_e$	$9.2740154 \times 10^{-24}$ J ⁻¹
micron	μ	$= 10^{-6}$ m	Bohr radius	$a_0 = 4\pi\epsilon_0\hbar^2/m_e e^2$	$5.29177249 \times 10^{-11}$ m
Volume			Boltzmann constant	k_B	1.380658×10^{-23} JK ⁻¹
cubic meter (SI unit)	m ³			k_B/hc	0.695038 cm ⁻¹ K ⁻¹
liter	L	$= \text{dm}^3 = 10^{-3}$ m ³	Electron rest mass	m_e	$9.1093897 \times 10^{-31}$ kg
Mass			Faraday constant	F	9.6485309×10^4 Cmol ⁻¹
kilogram (SI unit)	kg		Gravitational constant	G	6.67259×10^{-11} m ³ kg ⁻¹ s ⁻²
gram	g	10^{-2} kg	Standard acceleration of gravity	G_n	9.80665 ms ⁻²
Energy			Molar gas constant	R	8.3145101 JK ⁻¹ mol ⁻¹
joule (SI unit)	J				0.0831451 dm ³ barK ⁻¹ mol ⁻¹
erg	erg	$= 10^{-7}$ J			0.0820578 dm ³ atmK ⁻¹ mol ⁻¹
rydberg	Ry	$= 2.17987 \times 10^{-18}$ J	Molar volume, ideal gas (1 bar, 0°C)		22.71198 L mol ⁻¹
electron volt	eV	$= 1.60218 \times 10^{-19}$ J	(1 atm, 0°C)		22.41409 L mol ⁻¹
inverse centimeter	cm ⁻¹	$= 1.98645 \times 10^{-23}$ J	Nuclear magneton	$\mu_N = e\hbar/2m_p$	$5.0507866 \times 10^{-27}$ JT ⁻¹
calorie (thermochemical)	Cal	$= 4.184$ J	Permittivity of vacuum	ϵ_0	$8.854187816 \times 10^{-12}$ C ² J ⁻¹ m ⁻¹
liter atmosphere	l atm	$= 101.325$ J	Planck constant	h	$6.6260755 \times 10^{-34}$ Js
Pressure				\hbar	$1.05457266 \times 10^{-27}$ Js
pascal (SI unit)	Pa		Proton charge	e	$1.60217733 \times 10^{-19}$ C
atmosphere	atm	$= 101325$ Pa	Proton magnetogyric ratio	γ_p	2.67522128×10^8 s ⁻¹ T ⁻¹
bar	bar	$= 10^5$ Pa	Proton rest mass	m_p	$1.6726231 \times 10^{-27}$ kg
torr	Torr	$= 133.322$ Pa	Rydberg constant	$R_\infty = m_e e^4 / 8\epsilon_0^2 \hbar^2$	$2.1798736 \times 10^{-18}$ J
pounds per square inch	psi	$= 6.894757 \times 10^3$ J			10973731.534 m ⁻¹
Power			Rydberg constant for H	R_H	109677.581 cm ⁻¹
watt (SI unit)	W		Speed of light in vacuum	c	2.99792458×10^8 ms ⁻¹
Horsepower	hp	$= 745.7$ W	Stefan-Boltzmann constant	$\sigma = 2\pi^5 k_B^4 / 15h^3 c^2$	5.67051×10^{-8} Jm ⁻² K ⁻⁴ s ⁻¹
Angle					
radian (SI unit)	rad				
degree	°	$= \frac{2\pi}{360}$ rad = $\left(\frac{1}{57.29578}\right)$ rad			
Electrical dipole moment					
C m (SI unit)					
debye	D	$= 3.33564 \times 10^{-30}$ Cm			