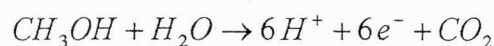
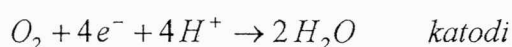
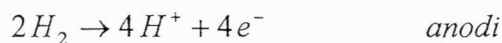


1. Millä tavalla määritetään lämpövoimakoneen Carnot'n hyötysuhde? Polttokennon hyötysuhdetta ei voida määrittää vastaavalla tavalla – miksi? Seltä edelleen, miten hyötysuhde polttokennolle on esitettävissä?
2. PEM –metanolipolttokennon anodilla tapahtuu seuraava reaktio



Määritä kennon ideaalinen tyhjäkäyntijännite, kun reaktiotuotteiden ja lähtöaineiden Gibbsin vapaan energian muutos on -698.2 kJ/mol (Faradayn vakio $F = 96485$ C)

3. Avogadron laki ideaalikaasuille voidaan esittää muodossa: 22.4 litraa jokaista kaasua sisältää normaaliolosuhteissa 6.02×10^{23} molekyyliä. Tarkastellaan pinta-alaltaan 10 cm^2 :n polymeerikennoa, jonka vedyn kulutus on $0.0031 \text{ cm}^3/\text{s}$. Kennossa tapahtuvat reaktiot ovat



Mikä on kennon virrantiheys, kun vetyä voidaan pitää ideaalikaasuna?

4. Polttokennon toimintajännite tietyllä virrantiheydellä i voidaan esittää summalausekkeena

$$V = E - (i + i_n)r - A \ln\left(\frac{i + i_n}{i_0}\right) + B \ln\left(1 - \frac{i + i_n}{i_1}\right)$$

Analysoi oheisen lausekkeen perusteella polttokennossa tapahtuvia häviöitä.

KÄÄNNÄ

5. Tee selkoa alkaalipolttokennojen elektrolyytistä sekä käytetyistä elektrodeista.

6. Selitä seuraavat polttokennoteknologiaan liittyvät termit

- a) ϵ aktiivisuus
- b) stoikiometrinen kerroin
- c) kastepiste
- d) CHP -järjestelmä
- e) BOP -järjestelmä
- f) fulleriini



Laskimen käyttö sallittu.

1. Millä tavalla termodynamiikan käsitteet entalpia ja Gibbsin vapaa energia kytkeytyvät polttokennojen toimintaan ja polttokennon hyötysuhteeseen? Lähtien liikkeelle sisäenergian ja entalpian määritelmästä, johda edelleen seuraava Maxwellin yhtälö

$$\left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)_s = -\left(\frac{\partial p}{\partial s}\right)_v$$

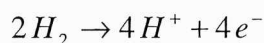
- 2 a) Polttokennon toimintajännite tietyllä virrantiheydellä i voidaan esittää summalausekkeena

$$V = E - (i + i_n)r - A \ln\left(\frac{i + i_n}{i_0}\right) + B \ln\left(1 - \frac{i + i_n}{i_1}\right)$$

\uparrow \uparrow \uparrow \uparrow
 Hapen \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow
 häviö \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow
 Anod. häviö \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow
 kat. häviö

Analysoi oheisen lausekkeen perusteella polttokennossa tapahtuvia häviöitä.

- 2 b) Tarkastellaan polttokennon anodilla ja katodilla tapahtuvia reaktioita



Määritä katodilla käytetyn hapen määrä (kg/s), kun kennoston teho on 1 kW ja yhden kennon kennojännite on 0.8 V. (Hapelle $1 \text{ mol/s} = 32 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$ ja Faradayn vakio $F = 96485 \text{ C}$).

3. Alkaalipolttokennoissa käytetyt elektrodit ja elektrolyytit.

KÄÄNNÄ!

4. Mitä ymmärretään polttokennojen yhteydessä ns. yhdistetyillä järjestelmillä? Jos esimerkiksi SOFC-kennon toimintalämpötila on T_F osoita, että edellä mainituissa yhdistetyissä järjestelmissä maksimihyötysuhde on

$$\eta_{\max} = \frac{\Delta G_{T_A}}{\Delta H}$$

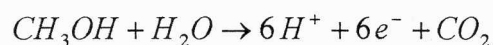
missä T_A viittaa ympäristön lämpötilaan, ΔG on Gibbsin vapaan energian muutos ja ΔH entalpian muutos.

5. Ovatko seuraavat väittämät oikein vai väärin. Oikea vastaus antaa yhden pisteen kukin, väärä vastaus yhden miinuspisteen. Vastaamatta jättäminen antaa nolla pistettä.
- a) PEM -kennon katalyytti on herkkä hiilidioksidille.
 - b) Vety soveltuu katalyyttiseen polttoon matalassa lämpötilassa.
 - c) Ns. Raney-metalli toimii SOFC –kennon elektrolyytinä korkean lämpötilakes-
toisuutensa johdosta.
 - d) Kaasu- tai nestemäisten hiilivetyjen höyryreformoinnissa syntynyt synteetikaasu
sisältää tilavuudeltaan yli puolet vetyä.
 - e) Polttokennon ohmiset häviöt ovat erityisen merkityksellisiä alkaalikennoilla.
 - f) Kirjainlyhenne BOP tarkoittaa polttokennoon liittyviä oheislaitteita.

Laskimen käyttö sallittu.

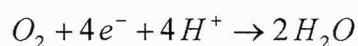
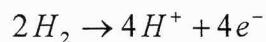
1. Esitä polttokennon toimintakäyrä (kennojännite vs. virrantiheys) kahdessa eri toimintalämpötilassa, (a) noin 40 °C ja (b) noin 800 °C. Selvitä käyrien avulla polttokennossa syntyviä häviöitä.

2. PEM –metanolipolttokennon anodilla tapahtuu seuraava reaktio



Määritä reaktiotuotteiden ja lähtöaineiden Gibbsin vapaan energian muutos, kun saatu kennojännite on 0.605 V ja tiedetään, että kennon hyötysuhde on 50 %. Faradayn vakio $F = 96485 \text{ C}$. Määritä edelleen kennon virta, mikäli polttoaineen kulutus on $1.4 \times 10^{-7} \text{ mol/s}$ ja polttoaineen entalpian muutos $\Delta H = -900 \text{ kJ/mol}$.

3. Tarkastellaan polttokennon anodilla ja katodilla tapahtuvia reaktioita



Määritä katodilla käytetyn hapen määrä (kg/s), kun kennoston teho on 1 kW ja yhden kennon kennojännite on 0.8 V. (Hapelle $1 \text{ mol/s} = 32 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$ ja Faradayn vakio $F = 96485 \text{ C}$).

4. Vedyn varastointi metallihydrideihin.

KÄÄNNÄ!

5. Selitä lyhyesti polttokennoteknologiaan liittyvät termit

- a) aktiivisuus
- b) BOP-järjestelmä
- c) Raney-metalli
- d) endoterminen reaktio
- e) stoikiometrinen kerroin
- f) zeoliitti