

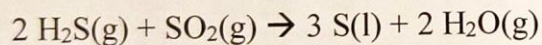
- Kirjoitusvälineet ja ei-ohjelmoitava laskin sallittu
- Vastausaika 3 h.
- Kysymyspaperia ei tarvitse palauttaa.

KYSYMYKSET LUENNOISTA

1. Vertaile eri menetelmiä tuottaa öljytuotteita, perustuen fossiiliseen raakaöljyyn tai uusiutuvaan bioraaka-aineeseen. Käy läpi prosessin toimintaperiaatteet, tuotteet, energia-asiat, ympäristönäkökohdat, taloudellisuus, kehitysmahdollisuudet. (6 p.). Miten vetyä valmistetaan öljynjalostuksen yhteydessä ja miten se voidaan korvata uusiutuvaksi? (2 p.)
2. Sellun ja kartongin valmistus (4 p.) Luettele sellutehtaan biotuotteita (kuva raaka-aine, prosessointi, tuote) (4 p.)
3. Mitä turvallisuusteknisiä haasteita liittyy seuraaviin prosesseihin ja minkälaisia ratkaisuja niiden voittamiseksi voidaan käyttää? a) Masuunipohjaisen teräksen valmistus, b) Kartongin valmistus, c) Uusiutuvan dieselin valmistus. (8 p.)

KYSYMYKSET LASKUISTA

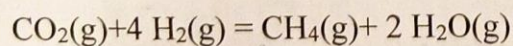
4. Tapahtuu seuraava prosessi



Prosessiin menee myös inerttia typpeä. Seuraavilla lähtötiedoilla: $n_{\text{H}_2\text{S},s} = 9 \text{ mol/s}$, $n_{\text{SO}_2,s} = 4 \text{ mol/s}$, $n_{\text{H}_2\text{O},s} = 3 \text{ mol/s}$, $n_{\text{N}_2,s} = 4 \text{ mol/s}$

Rajoittavan lähtöaineen konversio on 55 %. Piirrä prosessikaavio ja määritä prosessin ainetase (5 p.), sekä alkuainetase. (3 p.)

5. Prosessiin syötetään kaasuseos, ja siinä tapahtuu seuraava reaktio:



Sisäänsyötettävän kaasun koostumus on seuraava: CO_2 22 mol-%, H_2O 20 mol-%, H_2 30 mol-%, CH_4 4 mol-% ja N_2 loput. Kaasun sisäänsyöttölämpötila on 260 °C. Reaktion reaktiolämpö on $\Delta H_R = -164,75 \text{ kJ/mol}$ (298.15 K).

Määritä ulostulevan kaasuseoksen lämpötila, kun rajoittavan lähtöaineen konversio on 65 %. Oleta perustaksi vaikkapa 100 mol/s kaasua sisään. (8 p.) (Jatkuu seuraavalle sivulle)

Keskimääräiset c_p -arvot ja molekyylipainot on esitetty seuraavassa:

Aine	C_{pm} (J / mol * K)	M (g/mol)
CH ₄	57,27	16,04
CO ₂	48,02	44,01
H ₂ O	38,19	18,02
H ₂	29,65	2,016
N ₂	30,97	28,014

hydrogen	1	H	1.00794	helium	2	He	4.0026
lithium	3	Li	6.941	beryllium	4	Be	9.0122
sodium	11	Na	22.990	calcium	20	Ca	40.078
potassium	19	K	39.098	strontium	38	Sr	87.62
rubidium	37	Rb	85.468	barium	56	Ba	137.33
cesium	55	Cs	132.91	thorium	88	Th	232.04
francium	87	Fr	[223]	radium	88	Ra	[226]
scandium	21	Sc	44.956	yttrium	39	Y	88.906
titanium	22	Ti	47.867	zirconium	40	Zr	91.224
vanadium	23	V	50.942	nickel	41	Ni	58.933
chromium	24	Cr	51.996	molybdenum	42	Mo	95.94
manganese	25	Mn	54.938	technetium	43	Tc	[88]
iron	26	Fe	55.845	cobalt	27	Co	58.933
copper	29	Cu	63.546	nickel	28	Ni	58.693
zinc	30	Zn	65.39	cadmium	48	Cd	112.41
gallium	31	Ga	69.723	indium	49	In	114.82
germanium	32	Ge	72.61	tin	50	Sn	118.71
arsenic	33	As	74.922	antimony	51	Sb	121.76
selenium	34	Se	78.96	tellurium	52	Te	127.60
bromine	35	Br	79.904	iodine	53	I	126.90
krypton	36	Kr	83.80	xenon	54	Xe	131.29
rubidium	37	Rb	85.468	cesium	55	Cs	132.91
strontium	38	Sr	87.62	barium	56	Ba	137.33
yttrium	39	Y	88.906	zirconium	40	Zr	91.224
niobium	41	Nb	92.906	molybdenum	42	Mo	95.94
tin	50	Sn	118.71	antimony	51	Sb	121.76
lead	82	Pb	207.2	bismuth	83	Bi	208.98
uranium	92	U	238.03	neptunium	93	Np	[237]
plutonium	94	Pu	[244]	americium	95	Am	[243]
americium	95	Am	[243]	curium	96	Cm	[247]
berkelium	97	Bk	[247]	californium	98	Cf	[251]
californium	98	Cf	[251]	lawrencium	103	Lr	[262]
lawrencium	103	Lr	[262]	roentgenium	104	Rf	[261]
roentgenium	104	Rf	[261]	bohrium	107	Bh	[264]
bohrium	107	Bh	[264]	hassium	108	Hs	[265]
hassium	108	Hs	[265]	meitnerium	109	Mt	[268]
meitnerium	109	Mt	[268]	unnilium	110	Uun	[271]
unnilium	110	Uun	[271]	ununium	111	Uuu	[272]
ununium	111	Uuu	[272]	unbibium	112	Uub	[277]
unbibium	112	Uub	[277]	untrium	114	Uuq	[289]
untrium	114	Uuq	[289]				

* Lanthanide series

** Actinide series

lanthanum	57	La	138.91	cerium	58	Ce	140.12	praseodymium	59	Pr	140.91	neodymium	60	Nd	144.24	promethium	61	Pm	[145]	samarium	62	Sm	150.36	europium	63	Eu	151.96	gadolinium	64	Gd	157.25	terbium	65	Tb	158.93	dysprosium	66	Dy	162.50	holmium	67	Ho	164.93	erbium	68	Er	167.26	thulium	69	Tm	168.93	ytterbium	70	Yb	173.04
actinium	89	Ac	[227]	thorium	90	Th	232.04	protactinium	91	Pa	231.04	uranium	92	U	238.03	neptunium	93	Np	[237]	plutonium	94	Pu	[244]	americium	95	Am	[243]	curium	96	Cm	[247]	berkelium	97	Bk	[247]	californium	98	Cf	[251]	lawrencium	99	Es	[252]	fermium	100	Fm	[257]	mendelevium	101	Md	[258]	nobelium	102	No	[259]