



Laskimen käyttö sallittu.

OSA I

1. Patenttivirastoon lähetettiin kone rekisteröintiä varten. Keksijän mukaan kone ottaa 100 J:n lämpömäärän jokaisella työkierroksella säiliöstä, jonka lämpötila on $+127\text{ }^{\circ}\text{C}$, suorittaa 60 J:n työn ja luovuttaa lopuksi lämpötilassa $-73\text{ }^{\circ}\text{C}$ 40 J:n lämpömäärän. Hyväksyttäisiinkö tämä patenttihakemus? (Perustelut!)
2. Suprajohtavan sähkömagneettisen energiavaraston hyötysuhde on 92 %. Käämin induktanssi on 1 H ja käämiin syötetään 2 kA:n virta. Vastaava energia tulisi varastoida vauhtipyörään, jonka hyötysuhde on 75 %. Mikä on pyörän pyörimisnopeus, jos vauhtipyörän hitausmomentti on 50 kgm^2 .
3. Paineilmavarastoinnin yhteydessä ilmaa voidaan pitää ideaalikaasuna, jolloin pätee ideaalikaasun perusyhtälö

$$pV = nRT$$

missä n edustaa ilman määrää mooleina ja R on yleinen kaasuvakio (p on paine, V tilavuus ja T lämpötila). Varastoinnin aikana kaasun tilamuutos on adiabaattinen, jolloin edelleen

$$pV^\gamma = \text{vakio}$$

Ilmalle adiabaattivakio $\gamma = 1.4$. Mihin lämpötilaan ilma varastoinnin yhteydessä lämpenee, mikäli varaston paine nousee 70 kertaiseksi? Mitä tämä käytännössä tarkoittaa? Ilman lämpötila on alkujaan 300 K.

OSA II**Valitse oikea vaihtoehto seuraaviin väittämiin:**

1. Mikä seuraavista *ei* ole kasvihuonekaasu
 - a) otsoni
 - b) metaani
 - c) hiilimonoksidi
 - d) vesihöyry

2. Kryogeniikka tarkoittaa
 - a) matalan lämpötilojen fysiikkaa
 - b) vedyn yhtä valmistusmenetelmää
 - c) aurinkokennotyyppejä
 - d) lämpötilagradientin hyödyntämistä

3. Entropiaerotus on termodynaamisesta näkökulmasta seuraavien suureiden suhde
 - a) lämpötilaero ja paine
 - b) lämpömäärä ja paine
 - c) lämpötilaero ja tilavuus
 - d) lämpömäärä ja lämpötila

4. Tutkituin fuusioreaktio perustuu
 - a) deuteriumiin ja tritiumiin
 - b) plutoniumiin ja kadmiumiin
 - c) uraaniin ja telluuriin
 - d) heliumiin ja indiumiin

5. Stellaattori liittyy fuusioteknologiaan. Se on
 - a) plasman kuumentamiseen tarkoitettu järjestelmä
 - b) plasman hallitsemiseen tarkoitettu magneetti
 - c) fuusiopolttoaineen syöttöjärjestelmä
 - d) plasmakammion ensiseinämä

6. Mikä seuraavista *ei* liity termodynaamisiin aurinko-sähkö -järjestelmiin
 - a) parabolinen kouru
 - b) parabolinen malja
 - c) hydridikenno
 - d) heliostaattijärjestelmä

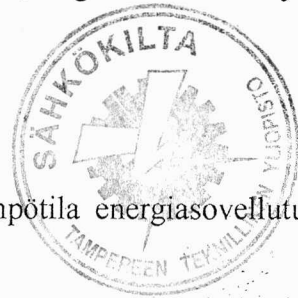
7. Pysty akselisen tuuliturbiinin yksi pääte on
 - a) hyötysuhteen paraneminen
 - b) laakeroinnin yksinkertaisuus
 - c) huoltoa vaativat komponentit voidaan sijoittaa maan pinnalle
 - d) napakorkeus voi olla yli 50 metriä

8. Tuulivoimasta hyödynnetyn maksimaalisen tehon yläraja, ns. Betzin luku on noin
 - a) 35 %
 - b) 50 %
 - c) 60 %
 - d) 80 %

9. Ns. OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion) laitos perustuu
- makean ja suolaisen veden osmoottiseen paine-eroon
 - merivedestä valmistettuun vetyyn
 - meriveden eri syvyyksillä vallitsevaan lämpötilaeroon
 - aaltojen kineettisen ja potentiaalienergian hyödyntämiseen
10. Vuorovesienergian tehokkaassa hyödyntämisessä veden amplitudi on ainakin
- 1 m
 - 3 m
 - 5 m
 - 8 m
11. Geotermisen energian yksi luokitus on ns. kuuma, kuiva kallio, mikä tarkoittaa
- sulan magman hyödyntämistä
 - epätavallisen korkeaa lämpötilagradienttia
 - luonnonpaineistettuja lämpövarastoja
 - läpäisemätöntä kalliota
12. Vedyn nesteytyksen Carnot'n hyötysuhde on noin
- 1.5 %
 - 7 %
 - 20 %
 - 35 %
13. Mikä seuraavista vetyyn liittyvistä väittämistä *ei* pidä paikkaansa
- palamistuote on vettä
 - vedyn valmistus vaatii paljon energiaa
 - polttoarvo painoyksikköä kohti on alhainen
 - syttymispitoisuus ilmassa on 4-75 %
14. Carnot'n koneen, jonka alemman säiliön lämpötila on 7°C , hyötysuhde on 40 %. Hyötysuhde halutaan nostaa 50 %:iin. Ylemmän säiliön lämpötilaa on tällöin nostettava
- 73 astetta
 - 83 astetta
 - 93 astetta
 - 103 astetta
15. Paineilmavaraston haittapuolena pumppuvoimalaitokseen nähden on
- pieni energiatiheys
 - erillisen polttokammion tarve varastoa purettaessa
 - pitkä aktivointiaika
 - suuri koko
16. Komposiittirakenteiseen vauhtipyörään nähden normaalin lyijyakun tiheys on
- likimain yhtäsuuri
 - noin 80 %
 - noin 50 %
 - noin 10 %



17. Polttokennojärjestelmä eroaa keskeisesti akustosta, koska
- kennojännite on poikkeuksellisen korkea
 - reaktioaineet tuodaan kennostoon jatkuvatoimisesti ulkoa
 - reaktioaineiden kemiallista energiaa ei muunneta suoraan matalajännitteiseksi tasavirraksi
 - kennoja ei voida kytkeä sarjaan
18. Suprajohtavuuden kolme kriittistä parametria ovat lämpötila, magneettivuon tiheys ja
- paine
 - resistiivisyys
 - virrantiheys
 - sähkökentän voimakkuus
19. Ns. korkean lämpötilan suprajohteiden optimaalinen lämpötila energiasovellutuksissa on tänä päivänä
- 5-10 K
 - 20-30 K
 - 50-60 K
 - 70-80 K
20. Mikä seuraavista väittämistä *ei* ole oikein puhuttaessa sähkömagneettisesta energian varastoinnista
- käämi on hyvin nopeasti ladattavissa vaihtosähköllä
 - pääsovelluskohde on sähkön laadun parantaminen
 - suurissa järjestelmissä magneettikentän leviäminen ympäristöön on huomioitava
 - varasto voidaan tarvittaessa purkaa hyvin nopeasti



Laskimen käyttö sallittu.

OSA I

1. Osoita, että ns. OTEC-järjestelmässä sähköenergian tuottamisen hyötysuhde on muutamia prosenttiyksiköitä.
2. Tuulivoimaloita myyvä yritys markkinoi voimalaa, joka koostuu kaksilapaisesta, halkaisijaltaan 20 metriä omaavasta turbiinista. Yritys toteaa voimalan tehoksi 600 kW tuulen nopeudella 15 m/s. Ilman tiheys on 1.18 kg/m^3 . Miten kommentoit yrityksen markkinointia?
3. Suprajohtavan energiavaraston hyötysuhde on 92 %. Käämin induktanssi on 1 H ja käämiin syötetään 2 kA:n virta. Vastaava energia tulisi varastoida vauhtipyörään, jonka hyötysuhde on 75 %. Mikä on pyörän pyörimisnopeus, jos vauhtipyörän hitausmomentti on 50 kgm^2 .

OSA II

1. Tee selkoa polttokennon rakenteesta, toimintaperiaatteesta sekä eri polttokennotyypeistä. Miksi polttokennon hyötysuhdetta ei voida arvioida Carnot'n hyötysuhteen kautta?
2. Selitä, miksi Peltier-ilmiön hyödyntämisessä tapahtuu aina sekä jäähtymistä että lämpenemistä
3. Tee selkoa magneettiseen ja inertiakoossapitoon perustuvista fuusioreaktoreista. Selitä edelleen plasman kuumentamiseen kehitetyistä tekniikoista.

OSA III Valitse oikea vaihtoehto seuraaviin väittämiin

1. Seuraavat neljä kasvihuonekaasua voidaan suhteellisen haittavaikutuksen mukaisesti asettaa järjestykseen (haitallisin ensin)
 - A) CO_2 , CH_4 , N_2O , CFC
 - B) CFC, CH_4 , CO_2 , N_2O
 - C) N_2O , CFC, CH_4 , CO_2
 - D) CFC, N_2O , CH_4 , CO_2

2. Mikä on suuruusluokka sille säteilytehotiheydelle, joka tulee auringosta maan kiertoradalle (aurinkovakio)?
 - A) 1 W/m^2
 - B) 1 kW/m^2
 - C) 1 MW/m^2
 - D) 1 GW/m^2

3. Aurinkokennot sisältävät pn-liitoksen, koska
 - A) Auringonsäteily ei synnytä puolijohteeseen vapaita varauksia, jos pn-liitos puuttuu.
 - B) pn-liitoksen sähkökenttä aiheuttaa auringonsäteilyn synnyttämiä varauksia erotteluvan voiman.
 - C) pn-liitos laskee aurinkokennon valmistuskustannuksia.
 - D) pn-liitos tarvitaan, jotta aurinkokennosta saadaan mekaanisesti riittävän vahva.

4. Fuusioreaktioissa käytetty ns. Q-luku ilmaisee
 - A) kuumennetun plasman lämpötilaluokan
 - B) reaktiossa syntyneiden neutronien lukumäärän
 - C) reaktiossa syntyneen fuusiotehon ja plasman kuumentamiseen vaaditun tehon suhteen
 - D) fuusipolttoaineena käytetyn deuteriumin ja tritiumin suhteen

5. Fuusiojärjestelmiin suunniteltu ns. stellaattori tarkoittaa
 - A) reaktorikammion pinnoitejärjestelmää
 - B) fuusipolttoaineen syöttöjärjestelmää
 - C) käämikongfiguraatiota, jonka avulla plasmaan ei tarvitse syöttää sähkövirtaa

- D) plasman kuumentamiseen tarvittavaa neutronisuihkujärjestelmää
6. Pysty akselisen tuulivoimalan etu vaak akseliseen voimalaan nähden on
- A) voimalan napakorkeus on suurempi
 - B) generaattori voidaan sijoittaa maan pinnalle
 - C) hyötysuhde saadaan hieman korkeammaksi
 - D) yksittäisen voimalan teholuokkaa on mahdollista kasvattaa
7. Sähköauton kokonaishyötysuhde on polttomoottoriautoon verrattuna noin
- A) sama
 - B) kaksinkertainen
 - C) nelinkertainen
 - D) viisinkertainen
8. Geotermisellä energialla tuotetun sähköenergian hyötysuhde on lähinnä
- A) amorfisen aurinkokennon hyötysuhdetta
 - B) tuulivoimalla tuotetun sähkön hyötysuhdetta
 - C) hiilivoimalan hyötysuhdetta
 - D) polttokennon hyötysuhdetta
9. Hajautetussa energiantuotannossa voimalan yksikkökoko on tyypillisesti alle
- A) 0.1 MW
 - B) 1 MW
 - C) 10 MW
 - D) 100 MW
10. Paineilmavaraston haittapuolena pumppuvoimalaitokseen nähden on
- A) pieni energiatiheys
 - B) erillisen polttokammion tarve varastoa purettaessa
 - C) pitkä aktivointiaika
 - D) suuri koko
11. Mikä seuraavista *ei* pidä paikkaansa vauhtipyöristä puhuttaessa?
- A) pyörimisnopeus voi olla jopa 50 000 rpm

- B) hyötysuhde on mahdollista nostaa jopa 90 %:iin
C) normaaliin lyijyakuun nähden energiatiheys voi olla jopa viisinkertainen
D) yksikkökoko varastoidun energian osalta voi olla jopa 1 MWh
12. Matalan lämpötilan polttokennoissa kennon aktivointihäviöiden pienentämiseksi
A) vedyn ja hapen konsentraatioita tulee kasvattaa
B) yksittäisten kennojen väliin konstruoidaan hyvin sähköä johtavia virtauslevyjä
C) kennon elektrodeilla käytetään katalyytteja
D) kennoja tulee enemmän kosteuttaa
13. Suprajohtavuuden kolme kriittistä suuretta ovat lämpötila, magneettivuon tiheys ja
A) paine
B) resistiivisyys
C) sähkökentän voimakkuus
D) virrantiheys
14. Mikä seuraavista suprajohtavuuden sovellutuksista *ei* pidä paikkaansa?
A) SMES järjestelmän tämän päivän sovelluskohde liittyy sähkön laadun parantamiseen
B) Sähkökoneissa suprajohtavuuden pääetu liittyy laitteen koon ja painon pienentämiseen
C) Suprajohtavan virranrajoittimen toiminta perustuu ns. Meissner-ilmiöön.
D) Tehonsiirtokaapeleissa voidaan hyödyntää korkean lämpötilan suprajohteita vielä nestetyypen lämpötilassa.
15. Lämpösähkömateriaalien laatulukua voidaan kasvattaa
A) Pienentämällä materiaalin sähkönjohtavuutta
B) Pienentämällä materiaalin lämmönjohtavuutta
C) Pienentämällä Seebeckin kerrointa
D) Pienentämällä kuuman ja kylmän pään välistä absoluuttista keskiarvolämpötilaa



OSA I

1. TTY:llä rakennetaan 10 m^2 :n monikerrosaurinkokenno hintaan 8200 €. Kennojen hyötysuhde on 40 %. Kehitteillä on edelleen pinta-alan A omaava orgaaninen aurinkokenno hintaan 2500 €, jossa hyötysuhde on 0.02 %. Kuinka suuri viimeksi mainitun kennon pinta-ala on, jos molemmissa tapauksissa aurinkosähkön wattihinta on yhtä suuri edellyttäen, että aurin-
gon säteilyintensiteetti on molemmissa tapauksissa sama?
2. Tuulimittaukset tehdään usein 10 metrin korkeudella. Tuulen nopeutta ekstrapoloidaan usein yhteydellä $h^{1/7}$, missä h on korkeus maan pinnasta. Kuinka paljon pienempi voi roottorin pyyhkäisy-pinta-ala olla 50 metrin korkeudella, mikäli saatu teho pysyy samana?
3. Suprajohtavan energiavaraston hyötysuhde on 92 %. Käämin induktanssi on 1 H ja käämiin syötetään 2 kA:n virta. Vastaava energia tulisi varastoida vauhtipyörään, jonka hyötysuhde on 75 %. Mikä on pyörän pyörimisnopeus, jos vauhtipyörän hitausmomentti on 50 kgm^2 .

OSA II Valitse oikea vaihtoehto seuraaviin väittämiin

1. Seuraavat neljä kasvihuonekaasua voidaan suhteellisen haittavaikutuksen mukaisesti asettaa järjestykseen (haitallisin ensin)
 - A) CO_2 , CH_4 , N_2O , CFC
 - B) CFC, CH_4 , CO_2 , N_2O
 - C) N_2O , CFC, CH_4 , CO_2
 - D) CFC, N_2O , CH_4 , CO_2
2. Suomessa eri teollisuuden aloista suurimmat sähkön kuluttajat ovat metsäteollisuus, metalli-
teollisuus sekä
 - A) elintarviketeollisuus
 - B) kemian teollisuus
 - C) rakentaminen
 - D) tekstiiliteollisuus



3. Mikä seuraavista *ei* pidä paikkaansa puhuttaessa fossiilisista polttoaineista?
- A) Kivihiilivarannot ovat maapallolla jakautuneet tasaisemmin öljyyn ja maakaasuun verrattuna.
 - B) Maakaasua voidaan siirtää nesteytetyssä muodossa.
 - C) Rikkidioksidipäästöt ovat merkittävä hiilen käyttöä rajoittava tekijä.
 - D) Epäkonventionaaliset öljyvarannot (raskas öljy, öljyhiekka) on arvioitu suurimmiksi taloudellisiin öljyvarantoihin nähden.
4. Termodynamiikan pääsäännön mukaisesti maailmankaikkeuden entropia pyrkii
- A) maksimoitumaan
 - B) minimoitumaan
 - C) pysymään vakiona
 - D) vaihtumaan säännöllisesti kahden ääriarvon välillä
5. Mikä on suuruusluokka sille säteilytehotiheydelle, joka tulee auringosta maan kiertoradalle (aurinkovakio)?
- A) 1 W/m^2
 - B) 1 kW/m^2
 - C) 1 MW/m^2
 - D) 1 GW/m^2
6. Aurinkokennot sisältävät pn-liitoksen, koska
- A) Auringonsäteily ei synnytä puolijohteeseen vapaita varauksia, jos pn-liitos puuttuu.
 - B) pn-liitoksen sähkökenttä aiheuttaa auringonsäteilyn synnyttämiä varauksia erottelevan voiman.
 - C) pn-liitos laskee aurinkokennon valmistuskustannuksia.
 - D) pn-liitos tarvitaan, jotta aurinkokennosta saadaan mekaanisesti riittävän vahva.
7. Fuusioreaktioissa käytetty ns. Q-luku ilmaisee
- A) kuumennetun plasman lämpötilaluokan
 - B) reaktiossa syntyneiden neutronien lukumäärän
 - C) reaktiossa syntyneen fuusiotehon ja plasman kuumentamiseen vaaditun tehon suhteen

D) fuusipolttoaineena käytetyn deuteriumin ja tritiumin suhteen

8. Fuusiojärjestelmiin suunniteltu ns. stellaattori tarkoittaa

- A) reaktorikammion pinnoitejärjestelmää
- B) fuusipolttoaineen syöttöjärjestelmää
- C) käämikongfiguraatiota, jonka avulla plasmaan ei tarvitse syöttää sähkövirtaa
- D) plasman kuumentamiseen tarvittavaa neutronisuihkujärjestelmää



9. Tämän päivän tuulivoimalan tyypillinen kapasiteettikerroin on luokkaa

- A) 15 %
- B) 25 %
- C) 40 %
- D) 60 %

10. Pysty akselisen tuulivoimalan etu vaak akseliseen voimalaan nähden on

- A) voimalan napakorkeus on suurempi
- B) generaattori voidaan sijoittaa maan pinnalle
- C) hyötysuhde saadaan hieman korkeammaksi
- D) yksittäisen voimalan teholuokkaa on mahdollista kasvattaa

11. Sähköauton kokonaishyötysuhde on polttomoottoriautoon verrattuna noin

- A) sama
- B) kaksinkertainen
- C) nelinkertainen
- D) viisinkertainen

12. Ns. OTEC-järjestelmä liittyy systeemiin, jossa hyödynnetään

- A) vuorovesi-ilmiötä
- B) meriveden aaltoenergiaa
- C) merivirtoja
- D) meriveden lämpötilagradienttia

13. Geotermisellä energialla tuotetun sähköenergian hyötysuhde on lähinnä

- A) amorfisen aurinkokennon hyötysuhdetta



- B) tuulivoimalla tuotetun sähkön hyötysuhdetta
C) hiilivoimalan hyötysuhdetta
D) polttokennon hyötysuhdetta
14. Hajautetussa energiantuotannossa voimalan yksikkökoko on tyypillisesti alle
A) 0.1 MW
B) 1 MW
C) 10 MW
D) 100 MW
15. Paineilmavaraston haittapuolena pumppuvoimalaitokseen nähden on
A) pieni energiatiheys
B) erillisen polttokammion tarve varastoa purettaessa
C) pitkä aktivointiaika
D) suuri koko
16. Mikä seuraavista *ei* pidä paikkaansa vauhtipyöristä puhuttaessa?
A) pyörimisnopeus voi olla jopa 50 000 rpm
B) hyötysuhde on mahdollista nostaa jopa 90 %:iin
C) normaaliin lyijyakkuun nähden energiatiheys voi olla jopa viisinkertainen
D) yksikkökoko varastoidun energian osalta voi olla jopa 1 MWh
17. Polttokennossa yksittäisen kennon kennojännite on luokkaa
A) 0.1 V
B) 1 V
C) 10 V
D) 100 V
18. Matalan lämpötilan polttokennoissa kennon aktivointihäviöiden pienentämiseksi
A) vedyn ja hapen konsentraatioita tulee kasvattaa
B) yksittäisten kennojen väliin konstruoidaan hyvin sähköä johtavia virtauslevyjä
C) kennon elektrodeilla käytetään katalyytteja
D) kennoja tulee enemmän kosteuttaa

19. Suprajohtavuuden kolme kriittistä suuretta ovat lämpötila, magneettivuon tiheys ja

- A) paine
- B) resistiivisyys
- C) sähkökentän voimakkuus
- D) virrantiheys



20. Mikä seuraavista suprajohtavuuden sovellutuksista *ei* pidä paikkaansa?

- A) SMES järjestelmän tämän päivän sovelluskohde liittyy sähkön laadun parantamiseen
- B) Sähkökoneissa suprajohtavuuden pääetu liittyy laitteen koon ja painon pienentämiseen
- C) Suprajohtavan virranrajoittimen toiminta perustuu ns. Meissner-ilmiöön.
- D) Tehonsiirtokaapeleissa voidaan hyödyntää korkean lämpötilan suprajohteita vielä nestetyypen lämpötilassa.



OSA I

1. Patenttivarastoon lähetettiin kone rekisteröintiä varten. Keksijän mukaan kone ottaa 100 J:n lämpömäärän jokaisella työkierröksellä säiliöstä, jonka lämpötila on $+127\text{ }^{\circ}\text{C}$, suorittaa 60 J:n työn ja luovuttaa lopuksi lämpötilassa $-73\text{ }^{\circ}\text{C}$ 40 J:n lämpömäärän. Hyväksyttäisiinkö tämä patenttihakemus? (Perustelut!)
2. Tuulimittaukset tehdään tyypillisesti 10 metrin korkeudella. Tuulen nopeutta ekstrapoloidaan usein yhteydellä $h^{1/7}$, missä h on korkeus maan pinnasta. Mikäli tuulivoimasta saatu teoreettinen teho 10 metrin korkeudella on P , kuinka korkea täytyy voimalan napakorkeus olla, jotta saatu teho olisi kaksinkertainen?
3. Paineilmavarastoinnin yhteydessä ilmaa voidaan pitää ideaalikaasuna, jolloin pätee ideaalikaasun perusyhtälö

$$pV = nRT$$

missä n edustaa ilman määrää mooleina ja R on yleinen kaasuvakio (p on paine, V tilavuus ja T lämpötila). Varastoinnin aikana kaasun tilamuutos on adiabaattinen, jolloin edelleen

$$pV^{\gamma} = \text{vakio}$$

Ilmalle adiabaattivakio $\gamma = 1.4$. Mihin lämpötilaan ilma varastoinnin yhteydessä lämpenee, mikäli varaston paine nousee 70 kertaiseksi? Mitä tämä käytännössä tarkoittaa? Ilman lämpötila on alkujaan 300 K.