Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea
Makina eta Motor Termikoak Saila
Departamento de Máquinas y Motores Térmicos

Respuestas de las preguntas de test
Test galderen erantzunak
Answers to test questions

TEMA GAIA CHAPTER	PREGUNTA GALDERA QUESTION	RESPUESTA ERANTZUNA ANSWER
2	1	a
	2	a
	3	e
	4	c
	5	d
	6	d
	7	b
	8	b
3	1	c
	2	b
	3	b
	4	e
	5	c
	6	d
	7	c
	8	d
4	3	a
	4	e
	5	d
	6	b
	7	d
	8	a
5	3	d
	4	b
	5	a
6	6	c
	7	c
	8	b
7	1	b
	2	c
	3	a
	4	a
	5	b
	6	d
	7	a
	8	d

TEMA GAIA CHAPTER	PREGUNTA GALDERA QUESTION	RESPUESTA ERANTZUNA ANSWER
8	1	c
	2	a
	3	d
	4	d
	5	b
	6	e
	7	c
	8	b
10	7	b
	8	d
11	1	b
	2	c
	3	e
	4	e
	5	d
	6	c
	7	b
	8	e
12	2	c
	3	b
	4	a
	5	a
	6	d
	7	b
	8	d
13	4	d
	5	c
	6	e
	7	d
	8	e
14	8	a

1 GAIA

KLASEAN EGITEKO PROBLEMAK

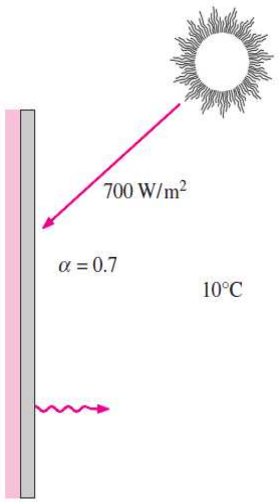
1.1. Problema (1-104)*

Etxe baten teilatua 15 m zabal eta 20 m luze da, eta 15 cm lodi diren hormigoizko blokez (k = 2 W/m °C) egina dago. Teilatuaren kanpo-gainazalaren emisibitatea 0,9 da, eta kalkulatu da gainazal horren konbekzio bidezko bero-transferentziaren koefizientea 15 W/m^2 °C dela. Teilatuaren barne-gainazala 15 °C-an mantentzen da. Neguko gau oskarbi batean inguruneko airea 10 °C-an dagoela neurtu da, eta erradiazio bidezko bero-transferentziarako zeruaren tenperatura, ordea, 255 K da. Kontuan hartuta erradiazio eta konbekzio bidezko bero-transferentzia, kalkulatu kanpo-gainazalaren tenperatura eta teilatuan zeharreko bero-transferentziaren abiadura.

Baldin eta etxea berotzen bada gas naturala erabiltzen duen eta ehuneko 85eko errendimendua duen berogailu batekin, eta gas naturalaren kostua unitateko 0,60 $/therm bada (1 therm = 105.500 kJ), kalkulatu gau horretan teilatutik zenbat diru galduko den 14 orduan.

1.2. Problema (1-118)*

Metalezko xafla mehe bat atzeko aldetik isolatu, eta aurrealdeko gainazala eguzki-erradiazioaren pean jarri da. Erradiaziopean dagoen gainazalaren absortibitatea 0,7 da, eguzki-erradiaziorako. Baldin eta eguzki-erradiazioaren intzidentzia 700 W/m^2-koa bada eta inguruko airearen tenperatura 10 °C-koa bada, kalkulatu xaflaren gainazaleko tenperatura, konbekzio eta erradiazio bidezko bero-galera eta xaflak xurgatutako eguzki-energia berdintzen direnean. Jo ezazu konbekzio bidezko bero-transferentzia koefizientea 25 W/m^2·°C dela eta 0,8ko emisibitatea duela. Xafla inguratzen duten gainazalen bataz besteko tenperatura 5ºC-koa da.



IKASLEAK EGITEKO KONTZEPTU ETA/EDO TEST MOTAKO GALDERAK

1.1. Kontzeptu (1-8C)*

Zer da bero-fluxua? Zer lotura dauka bero-transferentziaren abiadurarekin?

1.2. Kontzeptu (1-11C)*

Gas ideal bat 50 °C-tik 80 °C-ra berotzen da (a) bolumen konstantean eta (b) presio konstantean. Zure ustez, zein kasurako behar da energia gehiago? Zergatik?

1.3. Kontzeptu (1-22C)*

Udako egun bero batean, ikasle batek haizagailua piztu du, goizean gelatik alde egitean. Arratsaldean itzultzean, alboko gela baino epelago edo hotzago egongo da bere gela? Zergatik? Jo dezagun ate eta leiho guztiak itxita egon direla.

1.4. Kontzeptu (1-24)*

90 km/h-ko abiaduran doazen 800 kg-ko bi autok talka egin dute, errepidean, aurrez aurre. Bi autoak erabat gelditu dira talkaren ondoren. Ontzat joz autoen energia zinetiko guztia energia termiko bilakatu dela, kalkulatu talka gertatu eta berehala auto-hondakinek duten batez besteko tenperatura-goratzea. Jo ezazu autoen batez besteko bero espezifikoa 0,45 kJ/kg·°C dela.

1.5. Kontzeptu (1-36C)*

Demagun bi etxe berdin-berdinak direla, hormak izan ezik, batek adreiluzko hormak baititu eta besteak zurezkoak. Adreiluzko etxearen hormak lodiera bikoitzekoak badira, zure ustez zein etxek du errendimendu energetiko handiena? (Hartu k_{zura} = 0,17 W/m·ºC eta $k_{adreilu}$ = 0,72 W/m·ºC)

1.6. Kontzeptu (1-42C)*

Zertan bereizten dira bero-eroapena eta konbekzioa?

1.7. Kontzeptu (1-91C)*

Gerta al daitezke aldi berean (paraleloan) bero-transferentziarako hiru mekanismoak ingurune batean?

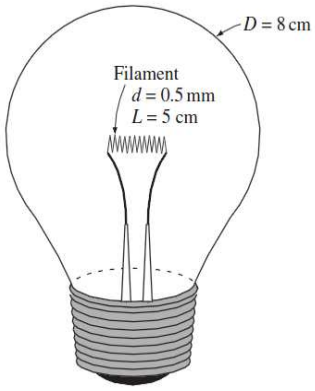
1.8. Kontzeptu (1-92C)*

Gerta al daitezke ingurune batean aldi berean (a) eroapena eta konbekzioa, (b) eroapena eta erradiazioa eta (c) konbekzioa eta erradiazioa? Eman baiezko erantzunen adibideak.

IKASLEAK EGITEKO PROBLEMAK

1.1. Problema (1-14)*

Demagun 150 W-eko goritasun-lanpara dugula. Lanpararen harizpia 5 cm luze da, eta 0,5 mm-ko diametroa du. Lanpararen beirazko anpuluaren diametroa 8 cm-koa da. Kalkulatu bero-fluxua, W/m^2-tan,
a) Harizpiaren gainazalean
b) Beirazko anpuluaren gainazalean
c) Kalkulatu zenbat kostako den urtebetean egunero zortzi orduz piztuta edukitzea, elektrizitatearen kostua 0,08 $/kWh bada.



Erantzunak: a) 1,91 x 10^6 W/m^2 b) 7500 W/m^2 c) 35,04 $/urte

1.2. Problema (1-117)*

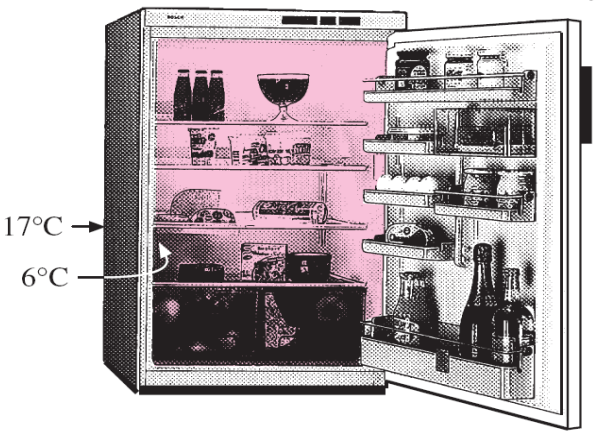
Jakina da hotz-sentsazioa areagotzen duela haizeak, haizearen hozte-efektua dela eta, zeina airearen abiadura handiagotzearekin batera konbekzio bidezko bero-transferentzia handitzearen ondorioa baita. Haizearen hozte-efektua haizearen hozte-faktorearen arabera adierazi ohi da, hots, uneko aire-tenperaturaren eta aire barearen tenperatura baliokidearen arteko diferentziaren arabera. Adibidez, une honetan aireak duen 5 °C-ko tenperaturarako haizearen hozte-faktorea 20 °C-koa izateak esan nahi du 5 °C-ko aire haizetsuarekin –15 °C-ko aire barea adina hotz sentitzen dela. Bestela esanda, pertsona batek 20 °C-ko haizearen hozte-faktorea duen 5 °C-ko airearekin –15 °C-ko aire barearekin adina bero galduko lukeela.

Bero-transferentziarako, 30 cm-ko diametroa eta 170 cm-ko garaiera duen zilindro bertikal bat, goiko eta beheko gainazalak isolatuak eta alboko gainazala 34 °C-ko batez besteko tenperaturan dituena, erabil daiteke zutik dagoen gizonezko baten eredutzat. Konbekzio bidezko bero-transferentziaren koefizientea 15 W/m^2 • °C bada, kalkulatu gizonezkoaren konbekzio bidezko bero-galeraren abiadura 20 °C-ko aire barean. Zein litzateke zure erantzuna konbekzio bidezko bero-transferentziaren koefizientea 50 W/m^2·°C handituko balitz haizearen eraginez? Zenbatekoa da haizearen hozte-faktorea kasu horretan?

Erantzunak: 336 W; 1120 W; 32,7ºC

1.3. Problema (1-121)*

Demagun 1,8 m x 1,2 m x 0,8 m-ko neurriak eta 3 cm-ko lodierako horma dituen hozkailu bat dugula. Hozkailuak 600 W-eko potentzia kontsumitzen du martxan dagoenean, eta 2,5eko COPa (eraginkortasun-koefizientea) du. Ikusi da hozkailuaren motorra 5 minutuz egoten dela abian, eta, ondoren, 15 minutuz itzalita, periodikoki. Hozkailuaren barne- eta kanpo-gainazalen bataz besteko tenperaturak 6 °C eta 17 °C badira, hurrenez hurren, kalkulatu hozkailuaren hormen batez besteko eroankortasun termikoa. Kalkulatu, orobat, hozkailua piztuta edukitzeak urtean eragiten duen kostua, elektrizitatearen balioa 0,08 $/kWh bada.



Erantzunak: 0,112 W / m·ºC; 105,1 $/urte

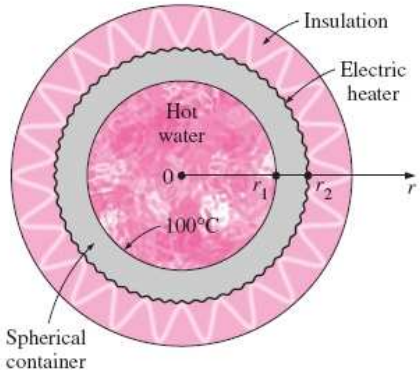
*** 1. KAPITULUAREN problema atalaren araberako zenbakikuntza:**
ÇENGEL, Y. A. TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA, Un enfoque práctico. McGraw-Hill. 3. Edizioa. 2007.

2 GAIA

KLASEAN EGITEKO PROBLEMAK

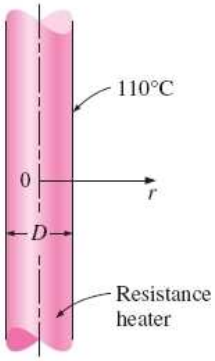
2.1. Problema (2-72)*

Janaria prozesatzeko tresna batean, r_1 = 40 cm-ko barne-erradioa, r_2 = 41 cm-ko kanpo-erradioa eta k = 1,5 W/m·°C-ko eroankortasun termikoa dituen edukiontzi esferikoa erabiltzen da ur beroa metatzeko eta etengabe 100 °C-an edukitzeko. Hori lortzeko, 500 W-eko berotze-zinta elektrikoarekin inguratzen eta isolatzen da edukiontziaren kanpo-gainazala. Edukiontziaren barne-gainazalaren tenperatura une oro 100 °C ingurukoa dela ikusi da. Kontuan izanda berogailuak sortutako beroaren ehuneko 10 isolatzailetik galtzen dela:
a) Adierazi ekuazio diferentziala eta mugalde-baldintzak edukiontzian zeharreko dimentsio bakarreko bero-eroapen geldikorrerako.
b) Lortu edukiontziaren materialaren tenperatura-banaketaren erlazioa, ekuazio diferentziala ebatzita.
c) Ebaluatu hodiaren kanpo-gainazalaren tenperatura. Kalkulatu, orobat, ontziak zenbat ur horni dezakeen 100 °C-an modu geldikorrean, ur hotza 20 °C-an sartzen bada.



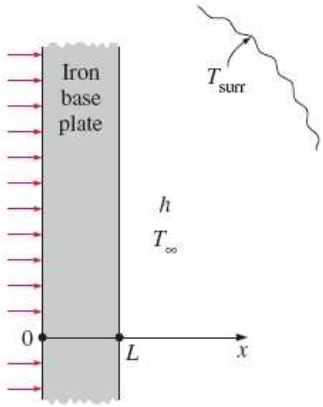
2.2. Problema (2-79)*

Ura irakiteko erabiltzen da k = 20 W/m·°C-ko eroankortasun termikoa, D = 5 mm-ko diametroa eta L = 0,9 m-ko luzera dituen 2 kW-eko erresistentzia-hari bat. Erresistentzia-hariaren kanpo-gainazaleko tenperatura T_S = 110 °C bada, kalkulatu hariaren erdiko tenperatura.



2.3. Problema (2-132)*

1.000 W-eko lisaburdina lisa-mahaiaren gainean dago zutik, behealdea 26 °C-an dagoen airearekin kontaktuan duela. Lisaburdinaren behealdea L = 0,5 cm lodi da, A = 150 cm^2-ko azalera du eta k = 18 W/m·°C-ko eroankortasun termikoa.
Azpiko xaflaren barne-gainazalak bero-fluxu uniformea du, barruko erresistentzia-berogailuek sortua. Beheko xaflaren kanpo-gainazalak ε = 0,7-ko emisibitatea du eta beroa galtzen du konbekzioz, inguruko airera h = 30 W/m^2·°C-ko bero-transferentziaren batez besteko koefizientearekin, bai eta erradiazioz ere, batez beste T_{surr} = 295 K-eko tenperaturan dauden inguruko gainazaletara.
Lisaburdinaren goiko aldetik gertatzen den bero-galera oro baztertuta:
a) Adierazi xaflako dimentsio bakarreko bero-eroapen geldikorrerako ekuazio diferentziala eta mugalde-baldintzak.
b) Lortu xaflaren kanpo-gainazaleko tenperaturaren erlazioa, ekuazio diferentziala ebatzita.
c) Ebaluatu kanpo-gainazalaren tenperatura.



IKASLEAK EGITEKO KONTZEPTU ETA/EDO TEST MOTAKO GALDERAK

2.1. Test (2-146)*

R erradioa duen sagar bat modu geldikorrean eta uniformean ari da beroa galtzen kanpo-gainazaletik T_∞ tenperaturan dagoen inguruko airera h konbekzio-koefizienteaz, eta T_{surr} tenperaturan dauden inguruko gainazaletara (tenperatura guztiak absolutuak dira). Orobat, beroa era uniformean sortzen da sagarrean, bolumen unitateko $\dot{e}_{gen}$-ko abiaduran. Baldin eta T_S kanpo-gainazaleko tenperatura bada, honela adieraz daiteke sagarraren kanpo-gainazaleko mugalde-baldintza:

a) $-k\left.\dfrac{dT}{dr}\right|_{r=R} = h(T_S - T_\infty) + \varepsilon\sigma(T_S^4 - T_{surr}^4)$

b) $-k\left.\dfrac{dT}{dr}\right|_{r=R} = h(T_S - T_\infty) + \varepsilon\sigma(T_S^4 - T_{surr}^4) + \dot{e}_{gen}$

c) $k\left.\dfrac{dT}{dr}\right|_{r=R} = h(T_S - T_\infty) + \varepsilon\sigma(T_S^4 - T_{surr}^4)$

d) $k\left.\dfrac{dT}{dr}\right|_{r=R} = h(T_S - T_\infty) + \varepsilon\sigma(T_S^4 - T_{surr}^4) + \dfrac{4\pi R^3/3}{4\pi R^2}\dot{e}_{gen}$

e) Bat ere ez.

2.2. Test (2-148)*

L lodierako horma lau handi batean konbekzioz trukatzen da beroa, $T_{\infty 1}$ giro-tenperaturan dagoen eta h_1 bero-transferentziaren koefizientea duen barne-gainazalaren eta $T_{\infty 2}$ eta h_2 hurrenez hurreneko balioak dituen kanpo-gainazalaren artean.
x norabide positibotzat hartuta barne-gainazaletik kanpo-gainazaleranzkoa, hau da konbekzio bidezko mugalde-baldintzaren adierazpen zuzena:

a) $k\dfrac{dT(0)}{dx} = h_1[T(0) - T_{\infty 1})]$

b) $k\dfrac{dT(L)}{dx} = h_2[T(L) - T_{\infty 2})]$

c) $-k\dfrac{dT(0)}{dx} = h_1[T_{\infty 1} - T_{\infty 2}]$

d) $-k\dfrac{dT(L)}{dx} = h_2[T_{\infty 1} - T_{\infty 2}]$

e) Bat ere ez.

2.3. Test (2-150)*

Har dezagun horma lau handi bat, *L* lodiera, *k* eroankortasun termikoa eta *A* azalera dituena. Hormaren ezkerreko gainazala T_∞ tenperaturan dagoen airearen eraginpean dago, *h* bero-transferentziaren koefizientearekin; eskuineko gainazala, ordea, isolatuta dago. Hau da hormaren tenperatura-banaketa, bero-sorrerarik gabeko dimentsio bakarreko bero-eroapen geldikorra gertatzean:

a) $T(x) = \dfrac{h(L-x)}{k}\cdot T_\infty$

b) $T(x) = \dfrac{k}{h(x+0{,}5\cdot L)}\cdot T_\infty$

c) $T(x) = \left(1 - \dfrac{xh}{k}\right)\cdot T_\infty$

d) $T(x) = (L-x)\cdot T_\infty$

e) $T(x) = T_\infty$

2.4. Test (2-151)*

Kalkulatu da horma lau baten tenperatura-banaketa *T*(x) = 65x + 25 dela, non x m-tan emana baitago, eta *T*, °C-tan. Tenperatura 38 °C bada gainazaletako batean, hau izango da hormaren lodiera:

a) 2 m b) 0,4 m c) 0,2 m d) 0,1 m e) 0,05 m

2.5. Test (2-153)*

15 cm lodi den horma lau baten barne- eta kanpo-gainazalen tenperatura 40 °C eta 28 °C dira, hurrenez hurren. Honako hau da hormako dimentsio bakarreko tenperatura-banaketa geldikorraren adierazpena:

a) $T(x) = 28x + 40$
b) $T(x) = -40x + 28$
c) $T(x) = 40x + 28$
d) $T(x) = -80x + 40$
e) $T(x) = 40x - 80$

2.6. Test (2-156)*

3 cm-ko diametroa duen material esferiko erradiaktibo batean beroa sortzen da era uniformean, 15 W/cm^3-ko abiaduran. Beroa 25 °C-an dagoen ingurunera barreiatzen da 120 W/m^2·°C-ko bero-transferentziaren koefizientearekin. Hau da materialaren gainazaleko tenperatura operazio-baldintza geldikorretan:

a) 56°C b) 84°C c) 494°C d) 650°C e) 108°C

2.7. Test (2-157)*

Beroa era uniformean sortzen da 4 cm-ko diametroa duen eta 16 cm luze den barra solido batean (k = 2,4 W/m·°C). Barraren zentroko eta gainazaleko tenperatura 210 °C eta 45 °C dela neurtu da, hurrenez hurren. Hau da barraren barruko bero-sorreraren abiadura:

a) 240 W b) 796 W c) 1013 W d) 79620 W e) 3,96 x 10^6 W.

2.8. Test (2-159)*

Barne-diametroa 2 cm eta kanpo-diametroa 2,5 cm dituen PVC-zko (k = 0,092 W/m·K) hodi batetik doa ur beroa. Hodiaren barne-gainazalaren tenperatura 35 °C da, eta kanpo-gainazaleko tenperatura 20°C. Hau da hodiaren luzera unitateko bero-transferentziaren abiadura:

a) 22,8 W/m b) 38,9 W/m c) 48,7 W/m d) 63,6 W/m e) 72,6 W/m

IKASLEAK EGITEKO PROBLEMAK

2.1. Problema (2-57)*

Har dezagun horma lau handi bat, L = 0,4 m lodi dena, eroankortasun termikoa k = 2,3 W/m·°C duena eta azalera A = 30 m^2. Hormaren ezkerreko aldea T_1 = 90 °C tenperatura konstantean dago; eskuinekoak, ordea, beroa galtzen du konbekzioz T_∞ = 25 °C tenperaturan dagoen inguruko airera, h = 24 W/m^2 °C-ko bero-transferentziaren koefizientearekin.
Kontuan izanda hormaren eroankortasun termikoa konstantea dela eta bero-sorrerarik ez dagoela:
a) Adierazi ekuazio diferentziala eta mugalde-baldintzak horman zeharreko dimentsio bakarreko bero-eroapen geldikorrerako.
b) Lortu hormaren tenperaturaren banaketarako erlazioa, ekuazio diferentziala ebatziz.
c) Ebaluatu horman zeharreko bero-transferentziaren abiadura.

Erantzuna: c) 9045 W

2.2. Problema (2-95)*

Har dezagun horma lau handi bat, L = 0,05 m lodi dena. Hormaren gainazala isolatuta dago x = 0 posizioan; x = L posizioan, ordea, 30 °C-ko tenperaturan mantentzen da. Hormaren eroankortasun termikoa k = 30 W/m·°C da, eta beroa $\dot{e}_{gen} = e_0 \cdot e^{-0,5x/L}$ W/m^3-ko abiaduran sortzen da horman, non $e_0 = 8 \cdot 10^6$ W/m^3 baita. Jotzen badugu bero-transferentzia dimentsio bakarrekoa eta geldikorra dela:
a) Adierazi horman zeharreko bero-eroapenaren ekuazio diferentziala eta mugalde-baldintzak
b) Lortu hormako tenperatura-banaketaren erlazioa, ekuazio diferentziala ebatzita.
c) Kalkulatu isolatutako horma-gainazalaren tenperatura.

Erantzuna: c) 314ºC

2.3. Problema (2-129)*

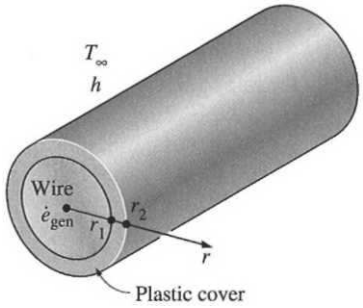
Nitrogenoaren irakite-tenperatura –196 °C da, itsas mailako presio atmosferikoan (1 atm-ko presioan). Beraz, nitrogenoa tenperatura baxuko ikerketa zientifikoetan erabili ohi da, atmosferara irekia dagoen ontzi bateko nitrogeno likidoaren tenperatura konstante egoten baita –196 °C-an, ontziko nitrogeno likidoa agortu arte. Ontzira egindako bero-transferentzia orok lurrundu egiten du nitrogeno likidoaren zati bat, zeinaren lurruntze-bero sorra 198 kJ/kg baita eta dentsitatea 810 kg/m^3, 1 atm-n.
Har dezagun barne-erradioa r_1 = 2 m, kanpo-erradioa r_2 = 2,1 m eta eroankortasun termiko konstantea k = 18 W/m·°C dituen horma meheko depositu esferiko bat. Hasieran, 1 atm-n eta –196 °C-an dagoen nitrogeno likidoarekin betea dago depositua, eta T_∞ = 20 °C-an dagoen inguruko airearekin kontaktuan dago, h = 25 W/m^2·°C-ko bero-transferentziaren koefizientearekin. Ikusi da depositu esferikoaren barne-gainazalaren tenperatura barruan duen nitrogenoaren tenperaturaren ia berdina dela. Jotzen badugu bero-transferentzia dimentsio bakarrekoa eta geldikorra dela:
a) Adierazi deposituan zeharreko bero-eroapenerako ekuazio diferentziala eta mugalde-baldintzak
b) Lortu deposituko tenperatura-banaketaren erlazioa, ekuazio diferentziala ebatzita.
c) Kalkulatu inguruko airetiko bero-transferentziak eragiten duen deposituko nitrogeno likidoaren lurruntze-abiadura.

Erantzuna: c) 1,32 kg/s

2.4. Problema (2-135)*

Har dezagun erradioa r_1 = 0,3 cm eta eroankortasun termikoa k_{haria} = 18 W/m·°C dituen erresistentzia-hari luze bat, non beroa uniformeki sortzen baita $\dot{e}_{gen} = 1{,}5$ W/cm^3-ko abiaduran, erresistentzia berotzearen ondorioz. Haria 0,4 cm lodi den plastikozko estalki mehe batean sartuta dago, eta plastikoaren eroankortasun termikoa $k_{plastikoa}$ = 1,8 W/m·°C da. Plastikozko estalkiaren kanpo-gainazalak beroa galtzen du konbekzioz T_∞ = 25 °C-an dagoen inguruko airera, h = 14 W/m^2·°C bero-transferentziaren batez besteko koefiziente konbinatuaz. Jotzen badugu bero-transferentzia dimentsio bakarrekoa dela, kalkulatu tenperatura erresistentzia-hariaren erdian eta hariaren eta plastikoaren arteko faseartean, baldintza geldikorretan.

Erantzunak: 97,3 °C; 97,1 °C.



3 GAIA

KLASEAN EGITEKO PROBLEMAK

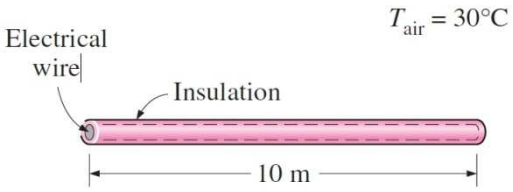
3.1. Problema (3-31)*

Gas naturala erretzen duen berogailu industrial baten 2 m × 1,5 m-ko horma zatia isolatu gabe dago, eta neurtu da zati horren kanpo-gainazaleko tenperatura 80 °C dela. Berogailua dagoen gelako tenperatura 30 °C da, eta 10 W/m^2·°C da berogailuaren kanpoaldeko gainazalaren konbekzio eta erradiazio bidezko bero-transferentziaren koefiziente konbinatua. Berogailuaren horma zati hori beira-zuntzarekin (k = 0,038 W/m·°C) isolatzea proposatu da bero-galera ehuneko 90 gutxitzeko asmoz. Kontuan izanda zati horretako metalaren kanpo-gainazalaren tenperatura oraindik 80 °C inguruan dagoela, kalkulatu zer lodierako isolatzailea erabili behar den.

Berogailua etengabe ari da lanean eta ehuneko 78ko errendimendua du.Gas naturalaren prezioa 1,10 $/therm da (1 therm = 105500 kJ energia-eduki). Isolatzailea jartzeak 250 $-eko kostua badu materialetan eta esku-lanean, kalkulatu zenbat denbora behar den isolatzailearen kostua adinako energia aurrezteko.

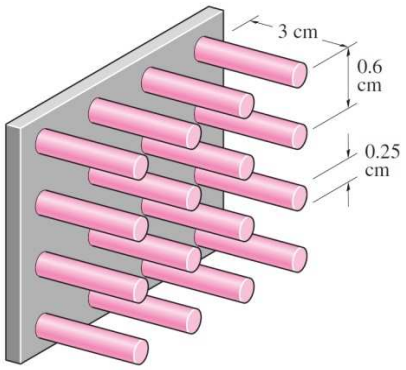
3.2. Problema (3-92)*

2,2 mm-ko diametroa eta 10 m-ko luzera duen hari elektriko bat 1 mm lodi den eta k = 0,15 W/m·°C-ko eroankortasun termikoa duen plastikozko estalki batekin bilduta dago estu-estu. Neurketa elektrikoek erakusten dute 13 A-ko korrontea doala haritik eta 8 V-eko tentsio-aldaketa gertatzen dela harian zehar. Isolatzailea T_∞ = 30°C-ko ingurune batean badago, h = 24 W/m^2·°C-ko bero-transferentziaren koefizientearekin, kalkulatu hariaren eta plastikoaren fase-arteko tenperatura, operazio-egoera geldikorrean. Halaber, kalkulatu plastikozko estalkiaren lodiera bikoizteak zer eragingo duen: fase-arte horretako tenperaturak gora edo behera egitea.



3.3. Problema (3-123)*

100 °C-an dagoen azalera beroa hoztu behar da 3 cm lodi diren eta 0,25 cm-ko diametroa duten aluminiozko ziri-hegalak (k = 237 W/m·°C) itsatsita, bata bestetik 0,6 cm-ko distantziara erditik erdira. Ingurunearen tenperatura 30 °C da, eta bero-transferentziaren koefizientea, gainazalean, 35 W/m^2·°C. Kalkulatu gainazalaren bero-transferentziaren abiadura 1 m x 1 m neurriko xafla zatirako. Orobat, kalkulatu hegalen eraginkortasun globala.



IKASLEAK EGITEKO KONTZEPTU ETA/EDO TEST MOTAKO GALDERAK

3.1. Test (3-193)*

Har ditzagun bi horma, A eta B, azalera bera dutenak eta tenperatura-aldaketa bera dutenak loditara. Eroankortasun termikoen arrazoia k_A/k_B = 4 da. eta horma-lodierena L_A/L_B = 2. Hormetan zeharreko bero-transferentzien arrazoia Q_A/Q_B dira:

a) 0,5 b) 1 c) 2 d) 4 e) 8

3.2. Test (3-203)*

Barne- eta kanpo-diametroak, hurrenez hurren, D_1 = 0,20 m eta D_2 = 0,22 m dituen burdinurtuzko hodi (k = 80 W/m·°C) batean lurruna doa 200 °C-an. Hodia 2 cm lodi den beira-zuntza isolatzailez (k = 0,05 W/m·°C) estalia dago. Bero-transferentziaren koefizientea, barne-gainazalean, 75 W/m^2°C da. Burdinazko hodiaren eta isolatzailearen arteko fasearteko tenperatura 194 °C bada, hau izango da isolatzailearen kanpo-geruzako tenperatura

a) 32°C b) 45°C c) 51°C d) 75°C e) 100°C

3.3. Test (3-205)*

6 m-ko diametroa duen depositu esferiko bat –184 °C-an dagoen oxigeno likidoarekin (ρ = 1141 kg/m^3, c_p = 1,71 kJ/kg·°C) beteta dago. Ikusi da oxigenoaren tenperatura –183 °C-ra goratu dela 144 orduko tartean. Hau da deposituaren batez besteko bero-transferentziaren abiadura

a) 249 W b) 426 W c) 570 W d) 1640 W e) 2207 W

3.4. Test (3-211)*

1 cm-ko diametroa eta 30 cm-ko luzera duen aluminiozko hegal bat (k = 237 W/m·°C) 80 °C-an dagoen gainazal bati itsatsita dago. Gainazala 22 °C-an dagoen airetan dago, eta 11 W/m^2·°C-ko bero-transferentziaren koefizientea du. Hegala oso luzea dela onar badaiteke, hau izango da hegalaren bero-transferentzia

a) 2,2 W b) 3,0 W c) 3,7 W d) 4,0 W e) 4,7 W

3.5. Test (3-214)*

1 cm-ko diametroa eta 5 cm-ko luzera duen ziri-hegal zilindriko batek, hegal-muturreko bero-galera baztergarria duenak, 15eko eraginkortasuna du. Baldin eta hegal-oinarriko tenperatura 280 °C-koa bada, ingurune-tenperatura 20 °C-koa eta bero-transferentziaren koefizientea 85 W/m^2·°C-koa, hau izango da hegalaren bero-galera

a) 2 W b) 188 W c) 26 W d) 521 W e) 547 W

3.6. Test (3-218)*

Hegal luzeak dituzten bi gainazal berdinak dira, konbekzio bidezko bero-transferentziaren koefizientean izan ezik; lehenengoarena bigarrenaren halako bi da. Ondorengo baieztapenetatik zein da zuzena lehenengo hegalaren errendimenduari eta eraginkortasunari dagokienez, bigarren hegalarekin alderatuta?

a) Errendimendu handiagoa eta eraginkortasun handiagoa.
b) Errendimendu handiagoa, baina eraginkortasun txikiagoa.
c) Errendimendu txikiagoa, baina eraginkortasun handiagoa.
d) Errendimendu txikiagoa eta eraginkortasun txikiagoa.
e) Errendimendu bera eta eraginkortasun bera.

3.7. Test (3-222)*

Honela adierazten da kanpo-gainazala konbekziopean duen hodi zirkular baten horman zeharreko bero-transferentzia luzera unitateko

$$\dot{q} = \frac{2\pi L\left(T_i - T_o\right)}{\dfrac{\ln\left(r_o / r_i\right)}{k} + \dfrac{1}{r_o h}}$$

non i hodiaren barne-gainazalari baitagokio, eta o, kanpo-gainazalari. r-k handitzeak bero-transferentzia txikitzen du baldin eta

a) $r_o < k/h$ b) $r_o = k/h$ c) $r_o > k/h$
d) $r_o > 2k/h$ e) r_o handitzeak beti txikituko du bero-transferentzia.

3.8. Test (3-225)*

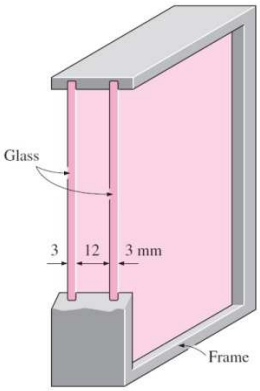
Eraikin bateko 700 m^2-ko sabaiak 0,2 $m^2 \cdot K/W$-eko erresistentzia termikoa du. Hau da sabai horretan zehar neguko egun hotz batean gertatzen den bero-galeraren abiadura, kanpoko tenperatura –10 °C eta barrukoa 20 °C denean

a) 56 kW b) 72 kW c) 87 kW d) 105 kW e) 118 kW

IKASLEAK EGITEKO PROBLEMAK

3.1. Problema (3-20)*

Demagun 1,2 m altu eta 2 m zabal den beira bikoitzeko leiho batek 3 mm lodi diren bi beira dituela (k = 0,78 W/m·°C), tartean 12 mm-ko aire-espazio (k = 0,026 W/m °C) estankoarekin. Kalkulatu beira bikoitzeko leiho horretan zeharreko bero-transferentziaren abiadura geldikorra eta barne-gainazalaren tenperatura, gelako tenperaturari 24 °C-an eusten zaion eta kanpoko tenperatura -5 °C den egun batean. Jo ezazu leihoaren barne- eta kanpo-gainazalen konbekzio bidezko bero-transferentziaren koefizienteak h_1 = 10 W/m^2 °C eta h_2 = 25 W/m^2°C direla, erradiazio bidezko bero-transferentzia oro bazter utzita.

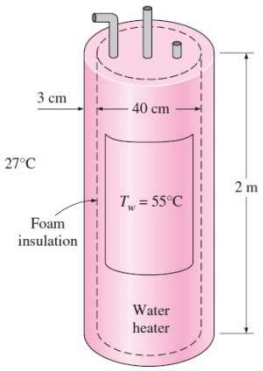


Erantzunak: 114 W; 19,2°C

3.2. Problema (3-75)*

Jo dezagun 2 m altu den ur-berogailu elektriko bat, 40 cm-ko diametroa duena, eta barruan ur beroa 55 °C-an mantentzen duena. Batez besteko tenperatura 27 °C duen gela txiki batean dago hozkailua, eta berogailuaren barne- eta kanpo-gainazalen bero-transferentziaren koefizienteak 50 W/m^2 °C eta 12 W/m^2 °C dira, hurrenez hurren. Lodiera baztergarria duen eta 46 cm-ko diametroa duen txapa metalikozko beste depositu batean dago sartuta depositua, eta bien arteko espazioa apar isolatzailez (k = 0,03 W/m · °C) betea dago. Ur-deposituaren eta kanpoko metal-txapazko geruza mehearen erresistentzia termikoak oso txikiak dira, eta bazter utz daitezke. Elektrizitatearen prezioa 0,08 $/kWh da, eta etxe-jabeak 280 $ gastatzen ditu, urtean, ura berotzen. Kalkulatu etxetresna horren ura berotzeko energia-kostuaren zein zati den deposituaren bero-galerari dagokiona

Merkatuan badira, 30 $ ingururen truke, ura berotzeko depositu osoa inguratzeko adina handiak diren 3 cm-ko lodierako beira-zuntzezko isolatzaileak (k = 0,035 W/m °C. Halako isolatzailea jabeak berak jarriko balu ur-depositu horretan, zenbat denbora beharko litzateke isolatze gehigarri horrek balio duena berreskuratzeko?



Erantzunak: 17,5%; 1,5 urte

3.3. Problema (3-113)*

Jo dezagun hegal angeluzuzen oso luze bat dugula gainazal lau bati itsatsia, hegalaren bukaerako tenperatuta inguruko airearen ia berdina duena, adibidez 20 °C. Haren zabalera 5,0 cm da; lodiera 1,0 mm; eroankortasun termikoa 200 W/m K, eta oinarri-tenperatura 40 °C. Bero-transferentziaren koefizientea 20 W/m^2 K da. Kalkulatu oinarritik 5,0 cm-ko distantziara hegalak izango duen tenperatura, eta hegal osoaren bero-galera.

Erantzunak: 29,8 ºC; 2,9 W

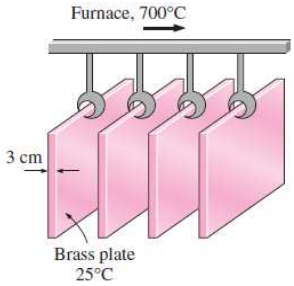
*** 3. KAPITULUAREN problema atalaren araberako zenbakikuntza:**
ÇENGEL, Y. A. TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA, Un enfoque práctico. McGraw-Hill. 3. Edizioa. 2007.

4 GAIA

KLASEAN EGITEKO PROBLEMAK

4.1. Problema (4-39)*

Ekoizpen-makina batean, 3 cm lodi diren letoizko xafla handiak (k = 110 W/m°C, ρ = 8530 kg/m^3, cp = 380 J/kg°C eta α = 33,9 × 10^{-6} m^2/s), hasieran 25 °C-ko tenperatura uniformean daudenak, berotu egiten dira 700°C-an mantentzen den labe batean pasarazita. Xaflak 10 minutuz edukitzen dira labean. Konbekzio bidezko bero-transferentziaren koefizientea h = 80 W/m^2 ºC bada, kalkulatu xaflek, labetik ateratzean, izango duten gainazal-tenperatura.

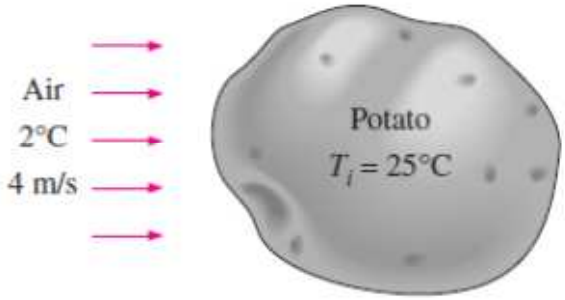


4.2. Problema (4-41)*

Altzairu herdoilgaitzez (k = 14,9 W/m·°C, ρ = 7900 kg/m^3, c_p = 477 J/kg·°C eta α = 3,95 × 10^{-6} m^2/s) egindako 35 cm-ko diametroko ardatz zilindriko bat 400 °C-ko tenperatura uniformean ateratzen da labe batetik. Ardatza pixkanaka hozten uzten da 150 °C-an dagoen ganbera batean, h = 60 W/m^2·°C-ko bero-transferentziaren batez besteko koefizientearekin.
Kalkulatu ardatzaren zentroan izango den tenperatura hozte-prozesua hasi eta 20 minutura. Orobat, kalkulatu zer bero-transferentzia gertatuko den ardatzaren luzera unitateko, denbora-tarte berean.

4.3. Problema (4-57)*

Patata zuriak (k = 0,50 W/m·°C eta α = 0,13 × 10^{-6} m^2/s), hasieran 25 °C-ko tenperatura uniformean daudenak eta batez beste 6 cm-ko diametroa dutenak, hoztu egin behar dira 2 °C-an dagoen eta 4 m/s-ko abiaduran higitzen den airearekin. Pataten eta airearen arteko bero-transferentziaren batez besteko koefizientea 19 W/m^2 °C dela kalkulatu da esperimentalki.
Kalkulatu zenbat denbora beharko duen pataten zentroko tenperaturak 6 °C-ra jaisteko. Orobat, kalkulatu pataten zatiren batek hotzak eragindako kalterik (tenperatura 4ºC-tik behera) jasango ote duen.



IKASLEAK EGITEKO KONTZEPTU ETA/EDO TEST MOTAKO GALDERAK

4.1. Kontzeptu (4-2)*

Har dezagun bero dauden bi gorputz solido berdin-berdinen eta horien inguruko airearen arteko bero-transferentzia. Solidoetako bat haizagailu batekin hozten ari da, eta bigarrena berez hozten utzi da. Zein solidok du parametro kontzentratuen sistemen analisia aplikatzeko aukera gehiago? Zergatik?

4.2. Kontzeptu (4-9)*

Zein ingurunek du parametro kontzentratuen sistemen analisia aplikatzeko aukera gehiago: urak edo aireak? Zergatik?

4.3. Test (4-136)*

Kobrezko bolak (ρ = 8.933 kg/m^3, k = 401 W/m·°C, cp = 385 J/kg·°C, α = 1,166 × 10^{-4} m^2/s), hasieran 200 °C-an daudenak, 30 °C-ko airetan hozten uzten dira 2 minutuz. Bolek 2 cm-ko diametroa badute eta 80 W/m^2·°C-ko bero-transferentziaren koefizientea, hau izango da bolen zentroko tenperatura hozte-prozesua amaitzean:

a) 104°C b) 87°C c) 198°C d) 126°C e) 152°C

4.4. Test (4-137)*

Barne-diametroa 10 cm duen eta 30 cm luze den lata bat, hasieran 25 °C-an dagoen urez betea, hozkailu batean sartu da 3 °C-an. Lataren gainazaleko bero-transferentziaren koefizientea 14 W/m^2·°C da. Jotzen bada hozte-prozesuan uraren tenperaturak uniforme irauten duela, hau izango da uraren tenperaturak 5 °C-ra behera egiteko behar duen denbora:

a) 0,55h b) 1,17 h c) 2,09 h d) 3,60 h e) 4,97 h

4.5. Test (4-138)*

18 cm luze, 16 cm zabal eta 12 cm altu den burdinazko bloke bat (ρ = 7870 kg/m^3, cp =447 J/kg·°C), hasieran 20 °C-an dagoena, labe batean sartu da bero-tratamendua egiteko. Blokearen gainazaleko bero-transferentziaren koefizientea 100 W/m^2·°C da. Blokearen tenperatura 750 °C-ra goratu behar bada 25 minutuko epean, tenperatura honetan eduki behar da labea:

a) 750°C b) 830°C c) 875°C d) 910°C e) 1.000°C

4.6. Test (4-143)*

Patata bat 5,7 cm-ko diametroko esfera solidotzat har daiteke, propietate hauek dituena: ρ = 910 kg/m^3, cp = 4,25 kJ/kg·°C, k = 0,68 W/m·°C eta α = 1,76 × 10^{-7} m^2/s. Hasieran 25 °C-an dauden horrelako 12 patata erre behar dira 250 °C-an mantentzen den labe batean sartuta, 95 W/m^2°C-ko bero-transferentziaren koefizientearekin. Hau da pataten bero-transferentziaren kantitate totala, zentroko tenperatura 100 °C-ra iristen den epean:

a) 56 kJ b) 666 kJ c) 838 kJ d) 940 kJ e) 1088 kJ

4.7. Test (4-146)*

Har dezagun 7,6 cm-ko luzera eta 3 cm-ko diametroa dituen arkume-haragi zati zilindriko bat (ρ = 1.030 kg/m^3, *cp* = 3,49 kJ/kg·°C, k = 0,456 W/m·°C, α = 1,3 × 10^{-7} m^2/s. Horrelako hamabost haragi zati, hasieran 2 °C-an daudenak, 95 °C-an irakiten ari den uretan sartu dira, eta 1.200 W/m^2·°C-ko bero-transferentziaren koefizientearekin. Hau izango da bero-transferentziaren kantitatea 8 minutuz egosi ondoren:

a) 71 kJ b) 227 kJ c) 238 kJ d) 269 kJ e) 307 kJ

4.8. Test (4-154)*

40 cm lodi den hormigoizko teilatu handi bat (k = 0,79 W/m °C, α = 5,88 × 10^{-7} m^2/s) 15 °C-ko tenperatura uniformean dago hasieran. Elur-ekaitz gogor baten ondoren, teilatuaren kanpo-gainazala –5 °C-an dagoen elurrak estalia dago. Hau da kanpo-gainazaletik 18,2 cm-ra teilatuak duen tenperatura, 2 ordu igaro ondoren:

a) 14°C b) 12,5°C c) 7,8°C d) 0°C e) -5°C

IKASLEAK EGITEKO PROBLEMAK

4.1. Problema (4-59)*

65 kg-ko behi-kanal bat (k = 0,47 W/m·°C eta $\alpha = 0{,}13 \times 10^{-6}$ m^2/s), hasieran 37 °C-ko tenperatura uniformean dagoena, –10 °C-an dagoen eta 1,2 m/s-ko abiaduran higitzen den airearekin hoztu behar da. Kanalaren eta airearen arteko bero-transferentziaren batez besteko koefizientea 22 W/m^2 °C da. Kanala 24 cm-ko diametroa eta 1,4 m-ko altuera duen zilindrotzat hartuz gero eta goiko eta beheko gainazaletako bero-transferentzia baztertuz gero, kalkulatu zenbat denbora beharko den kanalaren zentroko tenperatura 4 °C-ra jaisteko. Orobat, kalkulatu kanalaren zatiren bat izoztuko ote den prozesu horretan.

Erantzuna: 12,2 h; izozten da

4.2. Problema (4-112)*

Hirietako ur-hodieria zeropeko tenperaturak izan ohi diren garai luzeetan ez izozteko adina sakon lurperatu behar izaten da. Kalkulatu gutxienez zenbateko sakoneran lurperatu behar den ur-hodieria, lurra hasieran 15 °C-an dagoen eta kondiziorik gogorrenetan lurraren gainazal-tenperatura 75 egunez –10 °C-an egotea aurreikusi den toki batean. Jo ezazu toki horretako lurraren propietateak k = 0,7 W/m °C eta $\alpha = 1{,}4 \times 10^{-5}$ m^2/s direla

Erantzuna: 7,05 m

4.3. Problema (4-126)*

Etxe bateko 30 cm-ko diametroa eta 4 m-ko luzera duten hormigoizko zutabe zilindrikoak (k = 0,79 W/m °C, $\alpha = 5{,}94 \times 10^{-7}$ m^2/s, ρ = 1600 kg/m^3 eta c_p = 0,84 kJ/kg °C), 14 °C-ra hoztu direnak gau hotz batean, berriz berotzen ari dira egunez batez besteko 28 °C-ko tenperaturan dagoen airearekin kontaktuan, 14 W/m^2 °C-ko bero-transferentziaren batez besteko koefizientearekin.Kalkulatu:

a) Zenbat denboran berotuko den zutabearen gainazala 27 °C-ra.
b) Zentroko tenperatura 28 °C-ra igo arteko bero-transferentziaren zenbatekoa.
c) Gainazal-tenperatura 27 °C-ra igo arteko bero-transferentziaren zenbatekoa.

Erantzunak: a) 7,1 h b) 5320 kJ c) 4660 kJ

*** 4. KAPITULUAREN problema atalaren araberako zenbakikuntza:**
ÇENGEL, Y. A. TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA, Un enfoque práctico. McGraw-Hill. 3. Edizioa. 2007.

5 GAIA

KLASEAN EGITEKO PROBLEMAK

5.1. Problema (5-29)*

Har dezagun L = 0,3 m lodi den horma lau handi bat, eroankortasun termikoa k = 2,5 W/m·°C eta azalera A = 24 m^2 dituena Hormaren ezkerreko aldean $\dot{q}_0$ = 350 W/m^2-ko bero-fluxua gertatzen da eta gainazaleko tenperatura T_0 = 60 °C dela neurtu da. Jotzen badugu dimentsio bakarreko bero-transferentzia geldikorra gertatzen dela eta nodo-tartea 6 cm-koa dela:

a) Lortu sei nodoen diferentzia finituko formulazioa.
b) Kalkulatu hormaren kanpo-gainazaleko tenperatura ekuazio horiek ebatziz

IKASLEAK EGITEKO KONTZEPTU ETA/EDO TEST MOTAKO GALDERAK

5.1. Test (5-15)*

Demagun honela ematen dela ingurune bateko barne-nodo orokor baten diferentzia finituko formulazioa, formarik sinpleenean:

$$\frac{T_{m-1} - 2 \cdot T_m + T_{m+1}}{\Delta x^2} + \frac{\dot{e}_m}{k} = 0$$

a) Ingurune horretako bero-transferentzia geldikorra da edo iragankorra?
b) Bero-transferentzia dimentsio bakarrekoa da, bikoa edo hirukoa?
c) Bero-sorrerarik gertatzen al da ingurunean?
d) Nodo-tartea konstantea da edo aldakorra?
e) Ingurunearen eroankortasun termikoa konstantea da edo aldakorra?

5.2. Test (5-43)*

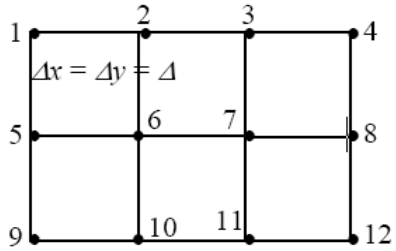
Demagun honela ematen dela ingurune bateko barne-nodo orokor baten diferentzia finituko formulazioa, formarik sinpleenean:

$$T_{left} + T_{top} + T_{right} + T_{bottom} - 4 \cdot T_{node} + \frac{\dot{e}_{node} \cdot l^2}{k} = 0$$

a) Ingurune horretako bero-transferentzia geldikorra da edo iragankorra?
b) Bero-transferentzia dimentsio bakarrekoa da, bikoa edo hirukoa?
c) Bero-sorrerarik gertatzen al da ingurunean?
d) Nodo-tartea konstantea da edo aldakorra?
e) Ingurunearen eroankortasun termikoa konstantea da edo aldakorra?

5.3. Test (5-125)*

Zein da hurrengo irudiko solido angeluzuzeneko 6 nodoaren egoera geldikorreko bero-eroapenaren diferentzia finituko ekuazio zuzena?



a) $T_6 = (T_1 + T_3 + T_9 + T_{11})/2$

b) $T_6 = (T_5 + T_7 + T_2 + T_{10})/2$

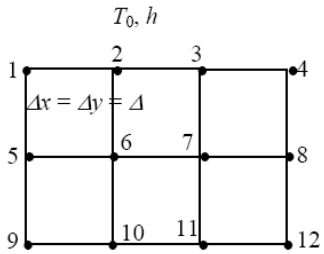
c) $T_6 = (T_1 + T_3 + T_9 + T_{11})/4$

d) $T_6 = (T_2 + T_5 + T_7 + T_{10})/4$

e) $T_6 = (T_2 + T_5 + T_7 + T_{10})/2$

5.4. Test (5-126)*

T_0-an dagoen aireak h konbekzio bidezko bero-transferentziaren koefizienteaz eragiten du hurrengo irudiko solido angeluzuzenaren goi-gainazalean. Hau da solido horren 3 nodoaren egoera geldikorreko bero-eroapenaren diferentzia finituko ekuazio zuzena:



a) $T_3 = \dfrac{\frac{k}{2\cdot\Delta}(T_2+T_4+T_7)+h\cdot T_0}{\frac{k}{\Delta}+h}$

b) $T_3 = \dfrac{\frac{k}{2\cdot\Delta}(T_2+T_4+2\cdot T_7)+h\cdot T_0}{\frac{2\cdot k}{\Delta}+h}$

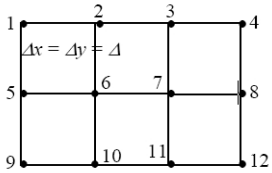
c) $T_3 = \dfrac{\frac{k}{\Delta}(T_2+T_4)+h\cdot T_0}{\frac{2\cdot k}{\Delta}+h}$

d) $T_3 = \dfrac{\frac{k}{\Delta}(T_2+T_4+T_7)+h\cdot T_0}{\frac{k}{\Delta}+h}$

e) $T_3 = \dfrac{\frac{k}{\Delta}(2\cdot T_2+2\cdot T_4+T_7)+h\cdot T_0}{\frac{k}{\Delta}+h}$

5.5. Test (5-127)*

Zein da hurrengo irudiko solido angeluzuzeneko 6 nodoaren egoera iragankorreko bero-eroapenaren diferentzia finituko bidezko ekuazio zuzena, baldin eta aurreko aldiunean haren tenperatura T_6^i bazen?



a) $T_6^{i+1} = \dfrac{k\cdot\Delta t}{\rho\cdot c_p\cdot\Delta^2}(T_5^i+T_2^i+T_7^i+T_{10}^i)+\left(1-4\dfrac{k\cdot\Delta t}{\rho\cdot c_p\cdot\Delta^2}\right)\cdot T_6^i$

b) $T_6^{i+1} = \dfrac{k\cdot\Delta t}{\rho\cdot c_p\cdot\Delta^2}(T_5^i+T_2^i+T_7^i+T_{10}^i)+\left(1-\dfrac{k\cdot\Delta t}{\rho\cdot c_p\cdot\Delta^2}\right)\cdot T_6^i$

c) $T_6^{i+1} = \dfrac{k\cdot\Delta t}{\rho\cdot c_p\cdot\Delta^2}(T_5^i+T_2^i+T_7^i+T_{10}^i)+2\dfrac{k\cdot\Delta t}{\rho\cdot c_p\cdot\Delta^2}\cdot T_6^i$

d) $T_6^{i+1} = \dfrac{2\cdot k\cdot\Delta t}{\rho\cdot c_p\cdot\Delta^2}(T_5^i+T_2^i+T_7^i+T_{10}^i)+\left(1-2\dfrac{k\cdot\Delta t}{\rho\cdot c_p\cdot\Delta^2}\right)\cdot T_6^i$

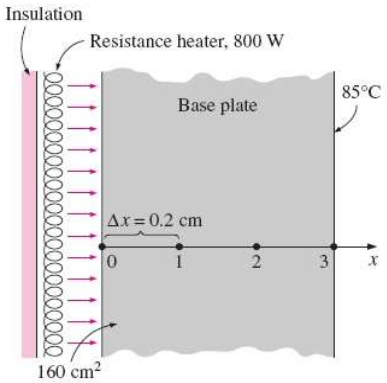
e) $T_6^{i+1} = \dfrac{2k\cdot\Delta t}{\rho\cdot c_p\cdot\Delta^2}(T_5^i+T_2^i+T_7^i+T_{10}^i)+\left(1-4\dfrac{k\cdot\Delta t}{\rho\cdot c_p\cdot\Delta^2}\right)\cdot T_6^i$

IKASLEAK EGITEKO PROBLEMAK

5.1. Problema (5-28)*

Har dezagun 800 W-eko lisaburdina baten azpiko xafla, L = 0,6 cm-ko lodiera, A = 160 cm^2-ko azalera eta k = 20 W/m·°C-ko eroankortasun termikoa dituena. Azpiko xaflaren barne-gainazalak bero-fluxu uniformea du, barruko erresistentzia-berogailuek sortua. Operazio-egoera geldikorrera iristean, xaflaren kanpo-gainazalaren tenperatura 85 °C-koa da. Lisaburdinaren goialdetik gerta daitekeen bero-galera oro baztertuz eta ontzat joz nodo-tartea 0,2 cm-koa dela:

a) Lortu nodoen diferentzia finituko formulazioa
b) Kalkulatu xaflaren barne-gainazaleko tenperatura, ekuazio horiek ebatziz.



Erantzuna: b) 100 ºC

*** 5. KAPITULUAREN problema atalaren araberako zenbakikuntza:**
ÇENGEL, Y. A. TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA, Un enfoque práctico. McGraw-Hill. 3. Edizioa. 2007.

6 GAIA

KLASEAN EGITEKO PROBLEMAK

6.1. Problema (6-10)*

Jantzita eta zutik dagoen pertsona batek mugimenduan dagoen airetan duen konbekzio bidezko bero-transferentziaren koefizientea $h = 14{,}8 \cdot V^{0{,}69}$ gisa adieraz daiteke $0{,}15 < V < 1{,}5$ m/s denean, non V airearen abiadura baita. Kalkulatu batez beste 1,7 m^2-ko gorputz-azalera eta batez beste 29 °C-ko gainazal-tenperatura dituen pertsona baten konbekzio bidezko bero-galeraren abiadura, 10 °C-ko airea a) 0,5 m/s, b) 1,0 m/s eta c) 1,5 m/s-ko abiaduran baldin badabil.

6.2. Problema (6-11)*

Modu esperimentalean kalkulatu da laranjak airetan hoztean, konbekzio, erradiazio eta lurrunketa konbinatuaren bero-transferentziaren koefizientea $0{,}11 < V < 0{,}33$ m/s-ko aire-abiaduretarako $h = 5{,}05 \cdot k_{air} \cdot Re^{1/3}/D$ gisa adierazten dela, non D diametroa luzera karakteristikoa baita. Laranjak 5 °C-an eta 1 atm-ko presioan dagoen eta 0,3 m/s-ko abiaduran higitzen den airetan hozten dira. Kalkulatu:

a) 7 cm-ko diametroko laranja baten hasierako bero-transferentziaren abiadura, hasieran 15 °C-an baldin badago, eta eroankortasun termikoa 0,50 W/m·°C bada.
b) Laranja-gainazalaren hasierako tenperatura-gradientea
c) Nusselten zenbakia.

6.3. Problema (6-51)*

4 m x 4 m den eta 80 °C-ko tenperatura konstantean mantentzen den xafla lau bat 1 atm-n eta 20 °C-an dagoen eta 10 m/s-ko abiaduran higitzen den aire-fluxu paralelo baten menpe dago. Neurtu da xaflaren goi-gainazalari eragiten dion arraste-indar totala 2,4 N dela.
Momentu- eta bero-transferentziaren analogia erabiliz, kalkulatu batez besteko konbekzio bidezko bero-transferentziaren koefizientea, eta xaflaren goi-gainazalaren eta airearen arteko bero-transferentziaren abiadura.

IKASLEAK EGITEKO KONTZEPTU ETA/EDO TEST MOTAKO GALDERAK

6.1. Kontzeptu (6-3)*

Zer bero-transferentzia motarekin izaten da handiagoa konbekzio bidezko bero-transferentziaren koefizientea, konbekzio naturalarekin edo behartuarekin? Zergatik?

6.2. Kontzeptu (6-5)*

Zer esanahi fisiko du Nusselten zenbakiak? Nola definitzen da?

6.3. Kontzeptu (6-14)*

Zer da irristadurarik ezaren baldintza? Zerk sortzen du?

6.4. Kontzeptu (6-15)*

Demagun beirazko bi bola txiki murgilduta daudela urez eta olioz betetako bi edukiontzi berdin-berdinetan. Zein bola iritsiko da lehenengo ontziaren hondora? Zergatik?

6.5. Kontzeptu (6-19)*

Fluidoa eta gainazala tenperatura berean daudenean ere, garatuko al da mugalde-geruza termikorik gainazal baten gaineko fluxuan?

6.6. Test (6-63)*

Espero liteke fluxu turbulentuen bero-transferentziaren koefizientea fluxu laminarraren kasuarekin alderatuz_____

a) Txikiagoa izatea. b) Berdina izatea. c) Handiagoa izatea.

6.7. Test (6-64)*

Konbekzio bidezko bero-transferentziaren koefizienteen korrelazio gehienek Nusselten zenbaki dimentsiogabea erabiltzen dute, honela definitzen dena:

a) $\frac{h}{k}$ b) $\frac{k}{h}$ c) $\frac{h \cdot L_c}{k}$ d) $\frac{k \cdot L_c}{h}$ e) $\frac{k}{\rho \cdot c_p}$

6.8. Test (6-65)*

Konbekzio behartuko edo naturaleko egoera orotan, fluido-fluxuaren abiadura zero da fluidoak geldirik dagoen gainazala ukitzen duen tokietan. Honela adierazten da fluidoak gainazal geldia ukitzen duen tokiko bero-fluxuaren magnitudea:

a) $k \cdot (T_{fluid} - T_{wall})$ b) $k \left.\frac{dT}{dy}\right|_{wall}$ c) $k \left.\frac{d^2T}{dy^2}\right|_{wall}$ d) $h \left.\frac{dT}{dy}\right|_{wall}$ e) Horietako bat ere ez

IKASLEAK EGITEKO PROBLEMAK

6.1. Problema (6-55)*

Har dezagun 10 km-ko altueran, –50 °C eta 26,5 kPa kondizio atmosferiko estandarretan (hartu beharrezko propietate termikoak EEStik), 800 km/h-ko abiaduran hegan doan hegazkin bat. Hegazkinaren hego bakoitza 25 m x 3 m dituen xafla baten moduan irudika daiteke, eta hegoen marruskadura-koefizientea 0,0016 da. Momentu- eta bero-transferentziaren analogia erabiliz, kalkulatu hegoen bero-transferentziaren koefizientea zein izango den hegaldi-kondizio horietan.

Erantzuna: 92 W/m^2·ºC

6.2. Problema (6-67)*

Ur-berogailu elektriko batek (k = 0,61 W/m·K) konbekzio naturala baliatzen du beroa transferitzeko 1 cm-ko diametroa eta 0,65 m-ko luzera dituen 110 V-eko erresistentzia elektrikotik uretara. Operazioak iraun bitartean, berogailuaren gainazal-tenperatura 120 °C da, eta uraren tenperatura 35 °C; Nusselten zenbakia (diametroan oinarritua) 5 da. Berogailuaren albo-gainazala soilik (eta, beraz, A = πDL) kontuan izanda, hau izango da berogailu elektrikoan zehar pasatzen den korrontea:

Erantzuna: 4,8 A

*** 6. KAPITULUAREN problema atalaren araberako zenbakikuntza:**
ÇENGEL, Y. A. TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA, Un enfoque práctico. McGraw-Hill. 3. Edizioa. 2007.

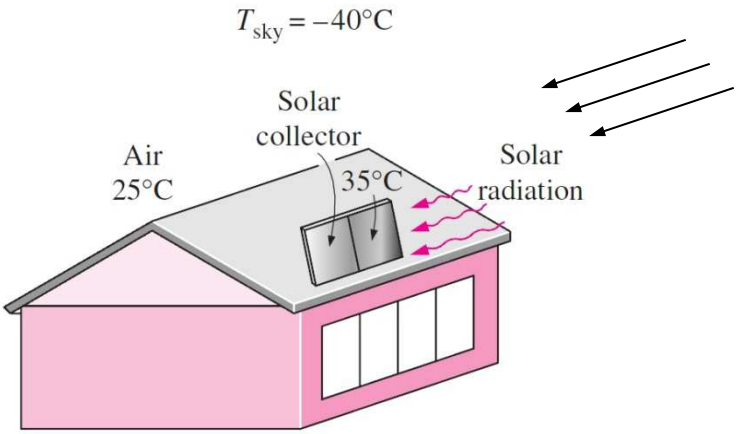
7 GAIA

KLASEAN EGITEKO PROBLEMAK

7.1. Problema (7-31)*

Eguzki-erradiazioak eguzki-kolektore baten beirazko estalkian jotzen du, 700 W/m^2-tan. Beirak jasotzen duen erradiazioaren ehuneko 88 transmititzen du, eta 0,90eko emisibitatea du. Familia batek udan behar duen ur bero guztia 1,2 m altu eta 1 m zabal diren bi kolektorerekin lor daiteke. Bi kolektoreak bata besteari lotuta daude alde batetik, 1,2 m × 2 m-ko aldea duen kolektore bakarraren itxura hartuz. Beirazko estalkiaren tenperatura 35 °C dela neurtu da, inguruko airearen tenperatura 25 °C eta haizearen abiadura 30 km/h den egun batean. Beirazko estalkiaren eta zeruaren arteko erradiazio-trukerako zeru-tenperatura eraginkorra –40 °C da. Ura xafla xurgatzaileari lotutako hodietatik sartzen da 1 kg/min-ko abiaduran. Demagun xafla xurgatzailearen atzeko gainazala oso ongi isolatuta dagoela eta bero-galera beira-estalkitik soilik gertatzen dela, kalkulatu:

a) Kolektorearen bero-galeraren abiadura totala.
b) Kolektorearen errendimendua, hots, urari transferitutako bero kantitatearen eta kolektorera heldu den eguzki-energiaren arteko arrazoia.
c) Uraren tenperatura-goratzea kolektorean barna doan neurrian.



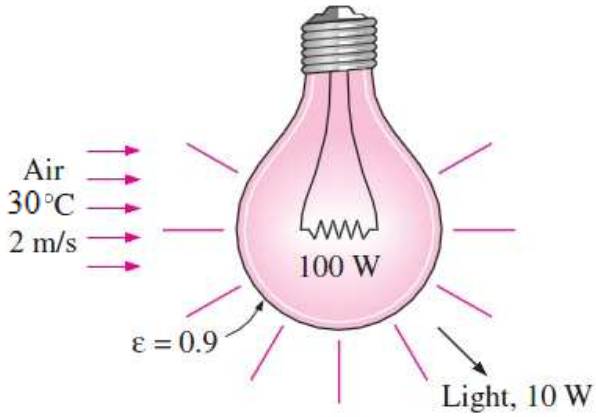
7.2. Problema (7-76)*

Hozkailu bateko lurruntze atalean airea hoztu behar da, 0,8 cm-ko kanpo-diametroko eta 0,4 m-ko luzerako hodi multzo baten tartetik pasarazita, hodien barruan hoztailea –20 ºC-tan lurrunarazten delarik. Airea 0ºC-tan eta 1 atm-tan hurbiltzen da hodi multzora, norabide zutean eta 4 m/s-ko batez besteko abiaduran. Hodiak mailakatuta antolaturik daude, $S_L = S_Z = 1,5$ cm-ko luzetarako eta zeharkako neurriekin 30 lerro daude fluxu-norabidean, lerro bakoitzak 15 hodi dituela. Kalkulatu sistema horren hozte-ahalmena.

7.3. Problema (7-56)*

Goritasun-lanparak energia elektrikoa argi bilakatzen duten gailu merke eta errendimendu izugarri txikikoak dira. Kontsumitzen duten energia elektrikoaren ehuneko 10 inguru bihurtzen dute argi, eta gainerako ehuneko 90 bero bihurtzen dute (lanpara fluoreszenteek argi kantitate bera ematen dute, baina energia elektrikoaren laurdena kontsumituta eta goritasun-lanparek baino 10 bider gehiago irauten dute. Lanparen beirazko anpulua oso azkar berotzen da, bero hori guztia xurgatzearen ondorioz, eta ingurunera barreiatzen dute, konbekzioz eta erradiazioz.

Har dezagun 10 cm-ko diametroa duen 100 W-eko lanpara bat hoztu behar dela 30 ºC-tan dagoen airea botaz haizagailu batekin, 2 m/s-ko abiaduran. Inguruko gainazalak ere 30 ºC-tan daude, eta beiraren emisibitatea 0,9koa da. Ontzat joz energiaren ehuneko 10 argi moduan zeharkatzen duela lanpararen beira, absortzio baztergarriz, eta gainerako energia lanparak berak absorbatzen eta barreiatzen duela, kalkulatu beirazko anpuluaren oreka-tenperatura.



IKASLEAK EGITEKO KONTZEPTU ETA/EDO TEST MOTAKO GALDERAK

7.1. Test (7-118)*

20 ºC-tan dagoen airea 4 m luze eta 3 m zabal den eta 80 ºC-tan dagoen xafla baten gainazalaren gainetik doa 5 m/s-ko abiaduran. Hau da fluxuak laminar irauten duen gainazal-distantzia:

a) 1,5 m b) 1,8 m c) 2,0 m d) 2,8 m e) 4,0 m

(Erabili airearen propietate hauek k = 0,02735 W/mºC, Pr = 0,7228, $\nu = 1{,}798 \cdot 10^{-5}$ m^2/s)

7.2. Test (7-119)*

20 ºC-tan dagoen airea 4 m luze eta 3 m zabal den eta 80 ºC-tan dagoen xafla baten gainazalaren gainetik doa 5 m/s-ko abiaduran. Hau da gainazalaren fluxu laminarreko zatiaren bero-transferentziaren abiadura:

a) 950 W b) 1037 W c) 2074 W d) 2640 W e) 3075 W

(Erabili airearen propietate hauek k = 0,02735 W/mºC, Pr = 0,7228, $\nu = 1{,}798 \cdot 10^{-5}$ m^2/s)

7.3. Test (7-120)*

20 ºC-tan dagoen airea 4 m luze eta 3 m zabal den eta 80 ºC-tan dagoen xafla baten gainazalaren gainetik doa 5 m/s-ko abiaduran. Hau da gainazalaren bero-transferentziaren abiadura:

a) 7383 W b) 8985 W c) 11231 W d) 14672 W e) 20402 W

(Erabili airearen propietate hauek k = 0,02735 W/mºC, Pr = 0,7228, $\nu = 1{,}798 \cdot 10^{-5}$ m^2/s)

7.4. Test (7-124)*

25 ºC-tan dagoen airea 5 cm-ko diametroa eta 1,7 m-ko luzera dituen hodi baten kanpoaldetik doa 4 m/s-ko abiaduran. Hodiaren barruan –15 ºC-tan dagoen hoztaile bat doa, eta hodiaren gainazala barruko hoztailearen tenperatura berean dago. Hauek dira airearen propietateak batez besteko tenperaturan: k = 0,0240 W/m°C, Pr = 0,735 eta $\nu = 1{,}382 \times 10^{-5}$ m^2/s. Hau da hodiaren bero-transferentziaren abiadura:

a) 343 W b) 419 W c) 485 W d) 547 W e) 610 W

7.5. Test (7-125)*

25 ºC-tan dagoen airea 5 cm-ko diametroa eta 1,7 m-ko luzera dituen hodi leun baten kanpoaldetik doa 4 m/s-ko abiaduran. Hodiaren barruan –15 ºC-tan dagoen hoztaile bat doa, eta hodiaren gainazala barruko hoztailearen tenperatura berean dago. Hau da aireak hodiari eragiten dion arraste-indarra:

a) 0,4 N b) 1,1 N c) 8,5 N d) 13 N e) 18 N

(Erabili airearen propietate hauek $\nu = 1{,}382 \cdot 10^{-5}$ m^2/s, ρ = 1,269 kg/m^3)

7.6. Test (7-126)*

10ºC-tan dagoen iturriko ura 10 cm-ko diametroa duen hodi baten kanpoaldetik doa zeharkako norabidean 1,1 m/s-ko abiaduran. 90ºC-tan dagoen ur geotermikoa sartzen da hodira, 1,25 kg/s-ko abiaduran. Kalkuluak egiteko, demagun hodiaren gainazal-tenperatura 70 °C dela.Ur geotermikoa 50 ºC-tan irteten bada hoditik, hodi-luzera hau beharko da:

a) 1,1 m b) l,8 m c) 2,5 m d) 2,9 m e) 7,6 m

(Erabili propietate hauek bi ur-lasterretan k = 0,631 W/mºC, Pr = 4032, $\nu = 0{,}658 \cdot 10^{-6}$ m^2/s eta c_p = 4179 J/kgºC)

7.7. Test (7-128)*

30 °C-an dagoen haizea 0,5 m-ko diametroa duen eta barruan ur izoztua 0 °C-an duen depositu esferiko bero baten kanpoaldetik doa 25 km/h-ko abiaduran. Baldin eta depositua estalita badago eroankortasun termiko handiko material batez eginiko geruza mehe batekin, abiadura honetan urtzen da izotza

a) 4,78 kg/h b) 6,15 kg/h c) 7,45 kg/h d) 11,8 kg/h e) 16,0 kg/h

(Jo ezazu h_{fg} = 333,7 kJ/kg dela, eta erabili airearen propietate hauek k = 0,02588 W/mºC, Pr = 0,7282, $\nu = 1{,}608 \cdot 10^{-5}$ m^2/s, $\mu_\infty = 1{,}872 \cdot 10^{-5}$ kg/ms, $\mu_s = 1{,}729 \cdot 10^{-5}$ kg/ms)

7.8. Test (7-129)*

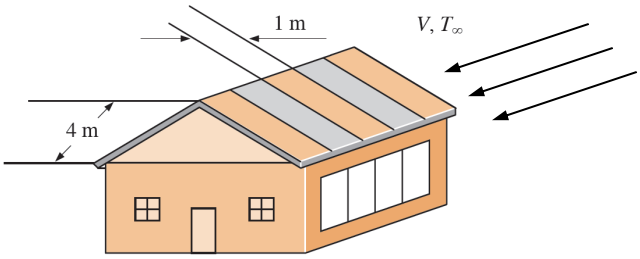
50 °C-an dagoen airea (*k* = 0,028 W/mK, Pr = 0,7) 1 m luze den eta 20 °C-ko tenperaturan mantentzen den xafla lau baten gainetik doa halako abiaduran, non xaflaren bukaeran Reynoldsen zenbakia 10.000 baita. Hau da xaflaren eta airearen arteko zabalera unitateko bero-transferentzia

a) 20 W/m b) 30 W/m c) 40 W/m d) 50 W/m e) 60 W/m

IKASLEAK EGITEKO PROBLEMAK

7.1. Problema (7-23)*

Eguzki-kolektore baten xafla paraleloek teilatu oso bat estaltzen dute, irudian ikusten den moduan. Xaflak 15 °C-tan mantentzen dira, 10 °C-tan dagoen airea teilatuaren gainetik V = 2 m/s-ko abiaduran doala. Kalkulatu a) lehen xaflaren eta *b*) hirugarren xaflaren bero-galera konbektiboaren abiadura.



Erantzuna: 109 W; 34,8 W

7.2. Problema (7-44)*

Zentral elektriko geotermiko batean, erabiltzen den ur geotermikoa 80 °C-tan sartzen da 15 cm-ko diametroko eta 400 m-ko luzerako hodi isolatugabe batetik, 8,5 kg/s-ko emariarekin, eta 70 °C-tan irteten da berriz ere lurpean sartu aurretik 15 °C-tan dagoen aireak hodiarekiko zut jotzen du. Erradiazioa baztertuz, kalkulatu haizearen batez besteko abiadura, km/h-tan.

Erantzuna: 30,2 km/h

7.3. Problema (7-45)*

D = 15 cm-ko diametroko altzairu herdoilgaitzezko bola bat (ρ = 8.055 kg/m^3, c_p = 480 J/kg°C) 350 °C-ko tenperatura uniformean atera da labetik. Ondoren, 1 atm-ko presioan eta 30 °C-ko tenperaturan dagoen eta 6 m/s-ko abiaduran higitzen den airean jarri da. Bolaren gainazal-tenperatura 250 °C-ra beheratu da. Kalkulatu hozte-prozesu horretako konbekzio bidezko batez besteko bero-transferentziaren koefizientea, eta zenbat denbora beharko duen prozesuak.

Erantzuna: 25,12 W/m^{2}K; 23,7 min

*** 7. KAPITULUAREN problema atalaren araberako zenbakikuntza:**
ÇENGEL, Y. A. TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA, Un enfoque práctico. McGraw-Hill. 3. Edizioa. 2007.

8.GAIA

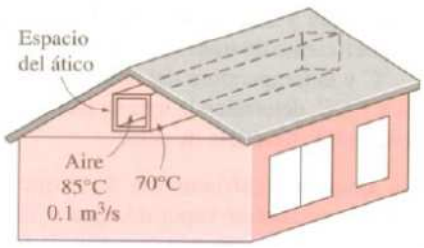
KLASEAN EGITEKO PROBLEMAK

8.1. Problema (8-21)*

Airea 50°C, 1 atm eta 7 m/s-ko batez besteko abiaduran sartzen da 25 cm-ko diametroa eta 12 m-ko luzera dituen eta urpean dagoen hodi batean, eta kanpoko urak eraginda hozten da. Batez besteko bero-transferentziaren koefizientea 85 W/m^2 °C baldin bada eta hodia ia kanpoko uraren tenperaturan baldin badago, hots 10°C, kalkulatu airearen irteerako tenperatura eta bero-transferentziaren abiadura.

8.2. Problema (8-45)*

Presio atmosferikoan eta 85°C-an dagoen aire beroa 0,10 m^3/s-ko emariarekin sartzen da etxe bateko teilatupea zeharkatzen duen, 0,15 m × 0,15 m-ko sekzioa duen eta 10 m-ko luzera duen eroanbide karratu isolatu gabe batean. Ikusi da eroanbidea 70°C-an ia isotermikoa dela.Kalkulatu



a) Airearen irteera-tenperatura
b) Zer abiaduratan galtzen den beroa hoditik teilatupeko airera?

8.3. Problema (8-74)*

Auzo bateko berokuntza-sistema geotermiko batek ur geotermikoa garraiatzen du 110 °C-an eta 1,5 m^3/s-ko emariarekin, 60 cm-ko diametroko altzairu herdoilgaitzezko hodietan, putzu geotermiko batetik altitude bertsuan 12 km-ra dagoen hirira. Urak presio bera izan behar du putzuaren irteeran eta hirira iristean. Osagaiek eragindako presio-galerak baztergarriak dira, luzera/diametroa arrazoia handia delako eta osagaiak nahiko gutxi direlako

a) Joz gero ponpatze-motorraren errendimendua ehuneko 65ekoa dela, kalkulatu ponpatze-sistemaren elektrizitate-kontsumoa.
b) Kalkulatu sistemaren eguneko potentzia-kontsumoaren gastua, baldin eta elektrizitatearen kostua 0,06 $/kWh bada.
c) Fluxu luze horretan, ur geotermikoaren tenperatura 0,5°C beheratzen dela zenbatetsi da. Kalkulatu fluxuko marruskadura-berotzeak berdindu ote dezakeen tenperatura-beheratze hori.

IKASLEAK EGITEKO KONTZEPTU ETA/EDO TEST MOTAKO GALDERAK

8.1. Test (8-94)*

Barne-fluxu behartuak erabat garatuta daudela esaten da, sekzio bateko _____ gehiago aldatzen ez denean fluxuaren noranzkoan.

a) tenperatura-banaketa
b) entropia-banaketa
c) abiadura-banaketa
d) presio-banaketa

8.2. Test (8-96)*

Ura ($\mu = 9{,}0 \times 10^{-4}$ kg/m·s, $\rho = 1000$ kg/m^3) 2 cm-ko diametroko eta 3 m-ko luzerako hodi batean sartzen da, non hormak 100°C-an mantentzen baitzaizkio. Ura 25°C-ko batez besteko tenperaturarekin eta 3 m^3/h-ko bolumen-emariarekin sartzen da hodian. Hau da barne-fluxu horren Reynoldsen zenbakia:

a) 59 000 b) 105 000 c) 178 000 d) 236 000 e) 342 000

8.3. Test (8-97)*

Ura 25 °C-ko batez besteko tenperaturarekin eta 3 m^3/h-ko bolumen-emariarekin sartzen da 2 cm-ko diametroko eta 3 m-ko luzerako hodi batean, non hormak 100 °C-an mantentzen baitzaizkio. Sarrera-efektuak baztertuz eta fluxua turbulentutzat joz, honela kalkula daiteke Nusselt zenbakia: $Nu = 0{,}023\ Re^{0,8}\ Pr^{0,4}$. Hau da, kasu horretan, konbekzio bidezko bero-transferentziaren koefizientea:

a) 4140 W/m^{2}K b) 6160 W/m^{2}K c)8180 W/m^{2}K d) 9410 W/m^{2}K e) 2870 W/m^{2}K

(Urarentzat erabili k=0,610 W/m ºC; Pr= 6; μ=9x10^{-4} kg/m s; ρ=1000 kg/m^3)

8.4. Test (8-99)*

Ura (c_p = 4180 J/kg K) 15°C eta 0,06 kg/s-ko emariarekin sartzen da 4 cm-ko diametroko hodi batean. Hodiari 2500 W/m^2-ko bero-fluxu uniformeak eragiten dio gainazalean. Hau da ura 45°C-ra berotzeko behar den hodi-luzera:

a) 6 m b) 12 m c) 18 m d) 24 m e) 30 m

8.5. Test (8-100)*

Airea (c_p = 1000 J/kg K) 50 °C-an, 1 atm-n eta 7 m/s-ko batez besteko abiaduran sartzen da 20 cm-ko diametroa eta 19 m-ko luzera dituen urpeko hodi batean, eta kanpoko urak eraginda hozten da. Baldin eta batez besteko bero-transferentziaren koefizientea 35 W/m^2°C bada eta hodia ia kanpoko uraren tenperaturan badago, hots, 5 °C-an, hau da airearen irteerako tenperatura:

a) 8 ºC b) 13 ºC c) 18 ºC d) 28 ºC e) 37 ºC

8.6. Test (8-102)*

Airea 20°C eta 0,08 m^3/s-ko emariarekin sartzen da hodi batean, eta 150°C-ra berotzen da kanpoan, 200°C-an kondentsatzen den lurrunaren eraginez. Hau da airerako bero-transferentziaren abiaduran egiten den errorea, batez besteko tenperatura-diferentzia logaritmikoaren ordez batez besteko tenperatura-diferentzia aritmetikoa erabiltzearen ondorioz:

a) 0 % b) 5,4 % c) 8,1 % d) 10,6 % e) 13,3 %

8.7. Test (8-103)*

60 °C-an dagoen motor-olioa (μ = 0,07399 kg/m·s, ρ = 864 kg/m^3) 5 cm-ko diametroko hodi batean doa 1,3 m/s-ko abiaduran. Hau da presio-jaitsiera, 6 m-ko hodi zati erabat garatu batean:

a) 2,9 kPa b) 5,2 kPa c) 7,4 kPa d) 10,5 kPa e) 20,0 kPa

8.8. Test (8-104)*

Motor-olioa 1,3 m/s-ko abiaduran doa 15 cm-ko diametroko hodi horizontal batean, eta 12 kPa-eko presio-jaitsiera gertatzen da. Hau da presio-jaitsiera hori gainditzeko behar den ponpatze-potentzia:

a) 190 W b) 276 W c) 407 W d) 655 W e) 900 W

IKASLEAK EGITEKO PROBLEMAK

8.1. Problema (8-42)*

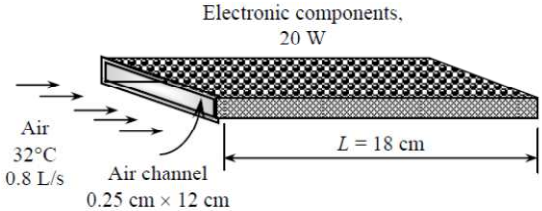
Altzairu komertzialez egindako hodi bat, 10 m-ko luzera eta 10 mm-ko barne-diametroa dituena, erabiltzen da prozesu industrial bateko likido bat berotzeko. Likidoa Ts = 25 °C eta V = 0,8 m/s dituela sartzen da. Bero-fluxu uniformea ematen zaio hodiari, kanpo-gainazala biltzen duen erresistentzia elektriko batekin, eta likidoa 75 °C-an ateratzen da. Baldin eta jotzen bada fluxua erabat garatua dagoela, eta batez besteko fluido-propietateak ρ = 1000 kg/m^3, cp = 4000 J/kg · K, $\mu = 2 \times 10^{-3}$ kg/m · s, k = 0,48 W/m · K eta Pr = 10 badira, kalkulatu:

a) Berogailuak zer gainazaleko bero-fluxu sortu behar duen.
b) Irteerako *Ts* gainazal-tenperatura.
c) Hodian zeharreko presio-galera eta fluxu-erresistentzia gainditzeko behar den gutxieneko potentzia.

Erantzuna *a) 40 000 W/m^2* *b) 93,9ºC* *c) 14080 Pa y 0,88 W*

8.2. Problema (8-61)*

Har ezazu erdigunea hutsa duen eta 12 cm altu eta 18 cm luze den zirkuitu inprimatu batek 20 W barreiatzen dituela orotara. Zirkuitu inprimatuaren erdiko aire-zuloaren tartea 0,25 cm-koa da. Hozte airea 32 °C-an eta 0,8 L/s-ko emariarekin sartzen da 12 cm zabal den erdigunean. Joz gero sortutako beroa uniformeki banatzen dela zirkuitu inprimatuaren bi albo-gainazalen gainean, kalkulatu



a) Zer tenperaturatan ateratzen den airea erdiguneko zulotik
b) Erdigunearen barne-gainazaleko tenperatura altuena

Erantzuna: *a) 54 ºC* *b) 63,6 ºC*

8.3. Problema (8-86)*

Diesel motor geldikor batetik 450 °C-an ateratzen diren ihes-gasak batez besteko 4,5 m/s-ko abiaduran sartzen dira 15 cm-ko diametroko hodi batean. Hodiaren gainazala 180 °C-ko tenperaturan dago. Kalkulatu zer luzeratako hodia behar den, ihes-gasak 250 °C-an atera behar badu hoditik urari bero-berreskuratzaile batean beroa transferitu ondoren. Erabili airearen propietateak gasarentzat.

Erantzuna:: *a) 11,2 m*

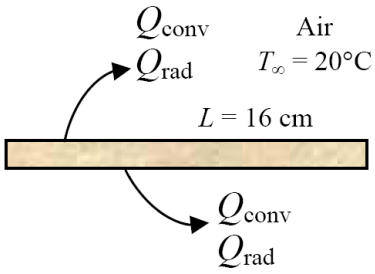
*** 8. KAPITULUAREN problema atalaren araberako zenbakikuntza:**
ÇENGEL, Y. A. TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA, Un enfoque práctico. McGraw-Hill. 3. Edizioa. 2007.

9. GAIA

KLASEAN EGITEKO PROBLEMAK

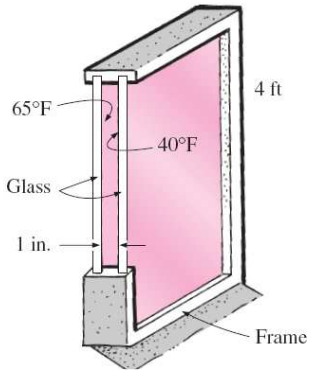
9.1. Problema (9-16)*

Demagun 16 cm luze eta 20 cm zabal den xafla mehe horizontal bat 20 °C-ko airean esekita dagoela. Xaflak 20 W-ko berokuntza-erresistentzia elektrikoak ditu. Berogailuak piztu eta xafla berotzen hasi da. Kalkulatu xaflak izango duen tenperatura, operazio-egoera geldikorrera iristean. Xaflaren emisibitatea 0,90ekoa da, eta inguruko gainazalak 17 °C-an daude.



9.2. Problema (9-68)*

4 oin altu eta 6 oin zabal den beira bikoitzeko leiho bat beirazko bi geruzaz osatua dago, eta 1 hazbeteko tartea dute, presio atmosferikoan dagoen airez beteta. Aire-tartean zehar beiraren gainazal-tenperaturak 65 °F eta 40 °F direla neurtu bada, kalkulatu zenbatekoa den leihoan zeharreko bero transferentziaren abiadura, transferentzia (a) konbekzio naturalez gertatzen bada eta (b) erradiazioz gertatzen bada. Orobat, kalkulatu leiho horren isolamenduaren R balioa, R balioaren alderantzizkoa azalerarekin eta tenperatura-diferentziarekin biderkatuz gero leihoan zeharreko bero-transferentziaren abiadura totala eman dezan. Jo daiteke beirazko bi xafla handi paraleloren arteko erradiazio kalkuluetan erabiltzeko emisibitate eraginkorra 0,82 dela.



9.3. Problema (9-82)*

Har dezagun 25 °C-ko uretan 60 °C-an dagoen 5 m-ko xafla bertikal bat. Kalkulatu mugimendu behartuko zer abiduratatik gora den baztergarria xaflaren konbekzio natural bidezko bero-transferentzia. Urak $\beta = 0{,}0004\ K^{-1}$ duela suposatu.

IKASLEAK EGITEKO KONTZEPTU ETA/EDO TEST MOTAKO GALDERAK

9.1. Kontzeptu (9-2)*

Zer bero-transferentzia motarekin izaten da handiagoa konbekzio bidezko bero-transferentziaren koefizientea, konbekzio naturalarekin edo behartuarekin? Zergatik?

9.2. Kontzeptu (9-7)*

Har itzazu bi fluido: bata, dilatazio-koefiziente bolumetriko handiarekin, eta bestea, txikiarekin. Gainazal bero batek zer fluidotan abiaraziko ditu bortitzago konbekzio naturaleko korronteak? Zergatik? Jo ezazu fluidoen biskositatea bera dela.

9.3. Kontzeptu (9-8)*

Har dezagun presio konstantean bolumena tenperaturaren arabera aldatzen ez zaion fluido bat. Zer esan zenezake ingurune horretako konbekzio natural bidezko bero-transferentziaz?

9.4. Kontzeptu (9-11)*

Froga ezazu gas ideal baten dilatazio-koefiziente bolumetrikoa $\beta = 1/T$ dela, non T tenperatura absolutua baita.

9.5. Kontzeptu (9-14)*

Atzeko aldea isolatua duen xafla horizontal bero bat lasterrago edo motelago hoztuko da, haren gainazal beroa behera begira dagoenean, gora begira egon ordez?

9.6. Kontzeptu (9-61)*

Ondo isolatutako edukiontzi baten goiko eta beheko konpartimentuak beirazko bi geruza paraleloz banatuta daude, tartean aire-espazioa dutela. Konpartimentuetako bat fluido bero batekin bete da, eta bestea, fluido hotz batekin. Bi konpartimentuen arteko bero-transferentzia minimoa izatea nahi bada, fluido beroa edukiontziaren goiko konpartimentuan edo behekoan jartzea aholkatuko zenuke? Zergatik?

9.7. Kontzeptu (9-62)*

Zenbaitek dio beira bikoitzeko leihoetako aire-espazioak etxetik kanporanzko bero-transferentzia areagotzen duela, aire-espazioan gertatzen diren konbekzio naturaleko korronteek eraginda, eta aholkatzen dute beira bikoitzaren ordez bi beirek batuta duten lodiera bereko beira-geruza bakarra jartzeko, energia aurrezteko. Ados al zaude baieztapen horrekin?

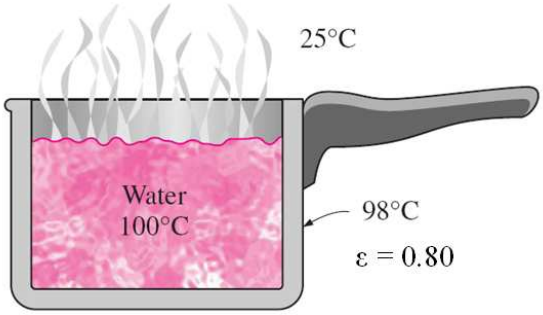
9.8. Kontzeptu (9-79)*

Konbekzio naturala eta konbekzio behartua, biak, baztergarriak ez direnean, zuzena al da bakoitza bere aldetik kalkulatzea eta emaitza batzea konbekzio totalaren bidezko bero-transferentzia kalkulatzeko?

IKASLEAK EGITEKO PROBLEMAK

9.1. Problema (9-25)*

Ura irakiten ari da 25 cm-ko kanpo-diametroa eta 12 cm-ko sakonera dituen ontzi batean, sukalde gainean. Inguruko airea eta gainazalak 25 °C-ko tenperaturan daude, eta ontziaren kanpo-gainazalaren emisibitatea 0,80koa da. Joz gero ontzi osoaren batez besteko tenperatura 98 °C-koa dela, kalkulatu ontziaren albo-gainazal zilindrikoan gertatuko den bero-galeraren abiadura (a) konbekzio naturalez eta (b) erradiazioz. (c) ura 1,5 kg/h emariarekin ari bada irakiten, 100 °C-an, kalkulatu ontziaren albo-gainazaletatik galdutako beroaren eta ura irakitean galdutako beroaren arteko arrazoia. Uraren lurruntze-entalpia 2257 kJ/kg da, 100 °C-an.

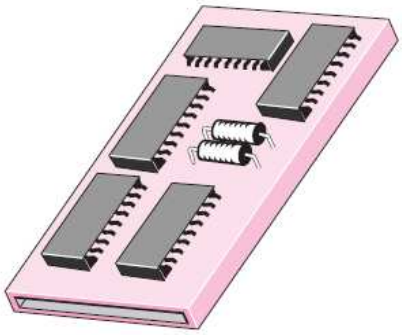


Erantzunak: *a) 46,2 W* *b) 47,3 W* *c) 0,099*

9.2. Problema (9-29)*

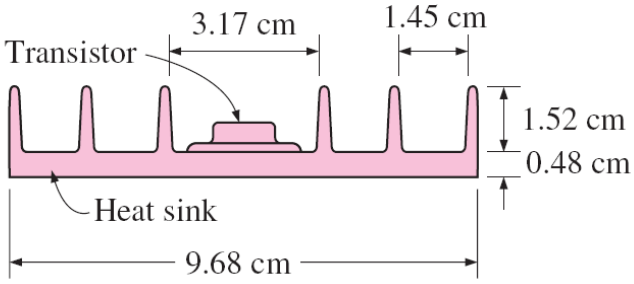
Jo dezagun albo batean osagai elektronikoak dituen 15 cm × 20 cm-ko zirkuitu inprimatu (PCB) bat. Zirkuitua gela batean jarri da, 20 °C-an. Zirkuituaren atzeko gainazalaren berogalera baztergarria da. Zirkuitu inprimatuak 8 W barreiatzen baditu operazio-egoera geldikorrean, kalkulatu zirkuituaren gainazal beroaren batez besteko tenperatura, (a) zirkuitua bertikal badago, (b) zirkuitua horizontal badago, gainazal beroa gora begira duela, eta (c) zirkuitua horizontal badago, gainazal beroa behera begira duela. Demagun zirkuituaren gainazalaren emisibitatea 0,8 dela, eta inguruko gainazalak gelako airearen giro-tenperaturan daudela.

Erantzunak: *a) 46,6 ºC* *b) 42,6 ºC* *c) 50,2ºC*



9.3. Problema (9-56)*

Profil angeluzuzena duten aluminiozko bero-hustugailuak maiz erabiltzen dira osagai elektronikoak hozteko. Har dezagun 7,62 cm luze eta 9,68 cm zabal den bero-hustugailu komertzial bat, irudiko sekzioa eta neurriak dituena. Bero-hustugailua bertikal dago, eta 125 W-eko potentziaraino barreia dezakeen potentzia-transistore bat hozteko erabiltzen da. Bero-hustugailuaren atzeko gainazala isolatuta dago. Bero-hustugailuaren gainazalak tratatu gabe daude, eta, beraz, emisibitate txikia dute (0,1 baino txikiagoa). Horrenbestez, bero-hustugailuaren erradiazio bidezko bero-transferentzia bazter utz daiteke. Airea 22 °C-an duen gela batean egindako esperimentu batean, neurtu da bero-hustugailuaren oinarriko tenperatura 120 °C dela transistorearen potentzia-disipazioa 15 W denean. Joz gero bero-hustugailu osoa oinarriko tenperaturan dagoela, kalkulatu kasu horretako konbekzio natural bidezko batez besteko bero-transferentziaren koefizientea.



Erantzunak: *a) 7,1 W/m^2·ºC*

*** 9. KAPITULUAREN problema atalaren araberako zenbakikuntza:**
ÇENGEL, Y. A. TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA, Un enfoque práctico. McGraw-Hill. 3. Edizioa. 2007.

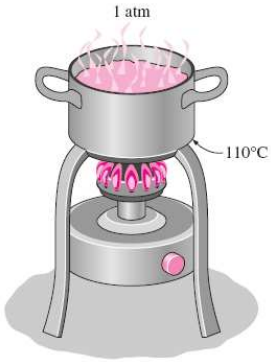
10 GAIA

KLASEAN EGITEKO PROBLEMAK

10.1. Problema (10-14)*

Ura presio atmosferikoan irakin behar da, mekanikoki leundutako altzairuzko ontzi batean; ontzia berogailu baten gainean dago. Ontziaren ipurdiko barne-gainazala 110 °C-an dago. Ontziaren ipurdiaren diametroa 30 cm bada, kalkulatu:

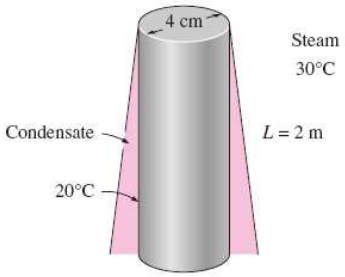
a) Uretarako bero-transferentziaren abiadura.
b) Uraren lurruntze-abiadura.



10.2. Problema (10-51)*

30 °C-an asetako lurruna 4 cm-ko kanpo-diametroa eta 2 m-ko luzera duen hodi bertikal baten kanpoaldean kondentsatzen da. Hodiaren tenperatura 20 °C-an mantentzen da, hozte-urarekin. Kalkulatu:

a) Lurrunetik hozte-uretarako bero-transferentziaren abiadura.
b) Lurrunaren kondentsazio abiadura.
c) Lodiaren behealdeko likido-geruzaren gutxi gorabeherako lodiera.



10.3. Problema (10-82)*

40 °C-an dagoen lurruna 3 cm-ko diametroko kobrezko hodi mehe horizontal baten kanpoaldean kondentsatzen da; hozte-ura 25 °C-an sartzen da hodira, 2 m/s-ko batez besteko abiaduran, eta 35 °C-an irteten da. Kalkulatu:

a) Lurrunaren kondentsazio-abiadura.
b) Lurrunaren eta hozte-uraren arteko bero-transferentziaren koefiziente orokorra.
c) Hodi-luzera.

IKASLEAK EGITEKO KONTZEPTU ETA/EDO TEST MOTAKO GALDERAK

10.1. Kontzeptu (10-2)*

Berdinak izan behar al dute 1 kg ur asek 100 °C-an irakin ahala xurgatutako bero kantitateak eta 1 kg ur-lurrun asek 100 °C-an askatutako bero kantitateak?

10.2. Kontzeptu (10-3)*

Zertan bereizten dira lurruntzea eta irakitea?

10.3. Kontzeptu (10-4)*

Zertan bereizten dira tanga-erako irakitea eta fluxu-erako irakitea?

10.4. Kontzeptu (10-42)*

Zer da lurruntze-bero sor eraldatua? Zertarako erabiltzen da? Zertan bereizten da lurruntze-bero sor arruntetik?

10.5. Kontzeptu (10-43)*

Har ezazu xafla bertikal bateko geruza-erako kondentsazioa. Bero-fluxua non izango da handiagoa, xaflaren goiko muturrean edo behekoan? Zergatik?

10.6. Kontzeptu (10-44)*

Har ezazu diametroa halako 10 luze den hodi baten kanpo-gainazaleko geruza-erako kondentsazioa. Zer orientaziotan jarrita izango du hodiak bero-transferentziaren abiadura handiena: horizontal edo bertikal? Azaldu. Bazter utzi hodiaren behe- eta goi-gainazalak.

10.7. Test (10-45)*

Har ezazu lau hodi luzeren kanpo-gainazalen gaineko geruza-erako kondentsazioa. Zer orientaziotan jarrita izango dute hodiek kondentsazioko bero-transferentziaren koefiziente handiena?:

a) Bertikalean.
b) Horizontalean, elkarren alboan jarrita.
c) Horizontalean, baina lerro bertikal batean jarrita (bata bestearen gainean).
d) Bi hodi altu eta bi hodi zabal den multzo batean jarrita.

10.8. Test (10-105)*

Likido ase bat irakitean, adi ibili behar da bero fluxua handitzean, urtzea saihesteko. Izan ere, urtzea gertatuko da irakite-prozesua _____ igarotzen denean.

a) konbekzio-irakitetik irakite nukleatua.
b) konbekzio-irakitetik geruza-erako irakitera.
c) geruza-erako irakitetik irakite nukleatua.
d) irakite nukleatutik geruza-irakitera
e) bat ere ez.

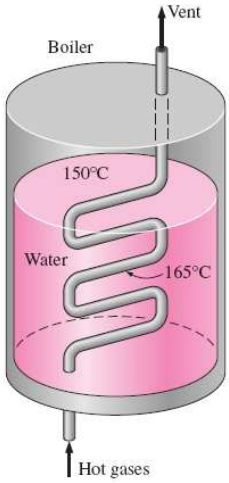
IKASLEAK EGITEKO PROBLEMAK

10.1. Problema (10-28)*

Gasezko galdara batean, urak 150 °C-an irakiten du, uretan murgilduta dagoen eta 50 m-ko luzera eta 5 cm-ko kanpo-diametroa dituen mekanikoki leundutako altzairu herdoilgaitzezko hodi baten barrutik doan gas beroak eraginda. Hodiaren kanpo-gainazaleko tenperatura 165 °C bada, kalkulatu:

a) Gas berotik uretarako bero-transferentziaren abiadura.
b) Lurruntze-abiadura.
c) Bero-fluxu kritikoaren eta bero fluxu errealaren arteko arrazoia.

Erantzuna: a) 10865 kW; b) 5,139 kg/s; c) 1,34;

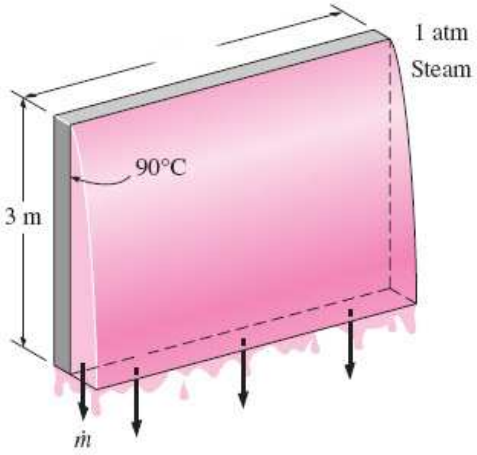


10.2. Problema (10-49)*

1 atmosferan asetako lurruna plaka bertikal batean kondentsatzen da; plaka 3 m altu eta 8 m zabal da, eta beste aldean hozte-ura zirkularaziz, 90 °C-an mantentzen da. Kalkulatu:

a) Xaflaranzko kondentsazioko bero-transferentziaren abiadura.
b) Zer abiaduran isurtzen den kondentsatua xaflaren behealdetik.

Erantzuna: a) 1507 kW; b) 0,659 kg/s.

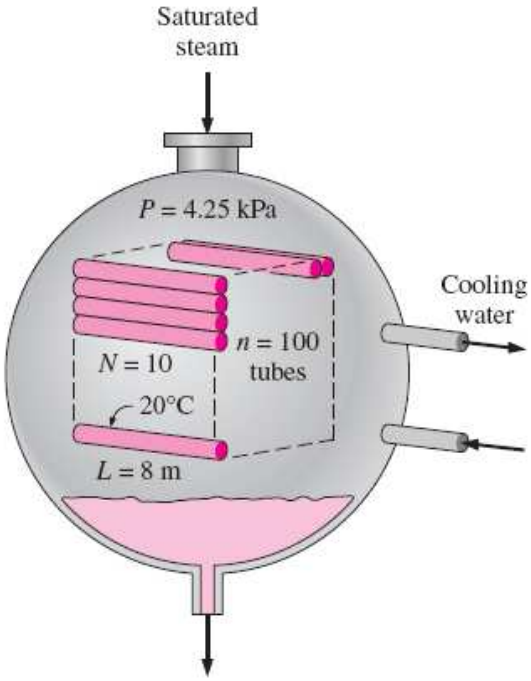


10.3. Problema (10-59)*

Zentral termiko bateko kondentsadoreak 4,25 kPa-eko presioan lan egiten du. Kondentsadorea 100 hodi horizontalek osatzen dute, 10 × 10 hodiko egitura karratuan antolatuta. Hodiak 8 m luze dira eta 3 cm-ko kanpo-diametroa dute. Hodiaren gainazala 20 °C-an mantentzen bada, kalkulatu

a) Lurrunetik hozte uretarako bero-transferentziaren abiadura.
b) Kondentsadoreko lurrunaren kondentsazio-abiadura.

Erantzuna: *a) 3678 kW;* *b) 1,496 kg/s.*



*** 10. KAPITULUAREN problema atalaren araberako zenbakikuntza:**
ÇENGEL, Y. A. TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA, Un enfoque práctico. McGraw-Hill. 3. Edizioa. 2007.

11 GAIA

KLASEAN EGITEKO PROBLEMAK

11.1. Problema (11-68)*

Karkasa eta hodi erako bero-trukagailu bat, karkasa iraganaldi bateko eta 20 hodi-iraganaldikoa, erabiltzen da, karkasan glizerina (c_p = 2480 J/kg·°C) berotzeko hodietako ur beroarekin. Hodiak horma mehekoak dira, 4 cm-ko diametroa dute eta iraganaldi bakoitza 2 m luze da. Ura 100 °C-an sartzen da hodietan, 0,5 kg/s-ko emariarekin, eta 55 °C-an irteten da. Glizerina 15 °C-an sartzen da karkasan, eta 55 °C irteten. Kalkulatu glizerinaren masa-emaria eta bero-trukagailuaren bero-transferentziaren koefiziente orokorra.

11.2. Problema (11-91)*

Zentral elektriko batean laku bateko ura erabiltzen da hozgarri gisa. Turbinatik irteten den 2,5 kg/s lurrun kondentsatzeko, karkasa eta hodi erako bero-trukagailu bat erabiltzen da; trukagailuak karkasa bakarra du, 25 mm-ko diametroko horma meheko 300 hodi ditu, eta hodi bakoitzak bi iraganaldi. Lurrun-lasterra karkasan barrena doa, eta hozte-ur lasterra, hodietatik. Ur-lurruna asea sartzen da 60 °C-an, eta likido ase gisa irteten da. 20 °C-an dagoen hozte-ura 200 kg/s-ko emariarekin eskuratzen da. Hodien kanpo-gainazaleko konbekzio-koefizientea 8500 W/m^{2}K da. Kalkulatu:

a) Hozte-urak kondentsadoretik irtetean izango duen tenperatura
b) Zer luzeratako hodiak behar diren iraganaldi bakoitzean.

(Erabili uraren batez besteko propietate hauek: c_p = 4180 J/kg·K; $\mu = 8\cdot 10^{-4}$ Ns/m^2; k = 0,6 W/mK; Pr = 6).

11.3. Problema (11-101)*

Eguzkiak berotutako aire beroarekin (c_p = 1010 J/kg·°C) berotu behar da ura (c_p = 4180 J/kg·°C), kontrako fluxuko hodi bikoitzeko bero-trukagailu batean. Airea 90 °C-an sartzen da bero trukagailura, 0,3 kg/s-ko emariarekin; ura, berriz, 22°C-an, 0,1 kg/s-ko emariarekin. Hodiaren barne-azaleran oinarritutako bero-transferentziaren koefiziente orokorra 80 W/m^2·°C da. Hodia 12 m luze da, eta hodiaren barne-diametroa 1,2 cm da. Kalkulatu uraren eta airearen irteera-tenperaturak.

IKASLEAK EGITEKO KONTZEPTU ETA/EDO TEST MOTAKO GALDERAK

11.1. Test (11-139)*

Motorretik datorren ur beroa kanpoko aireaz hoztu behar da auto-erradiadore batean. Ura daramaten aluminiozko hodiek 4 cm-ko diametroa eta lodiera baztergarria dituzte. Hegalak erantsi dira hodien kanpoaldean, airearen aldeko bero-transferentziako azalera handitzeko. Hodiaren barne- eta kanpo-gainazaletako bero-transferentziaren koefizienteak 2000 eta 150 W/m^2 °C dira, hurrenez hurren. Hegalen aldeko azalera eraginkorra barne-azalerakoa halako 10 bada, hau izango da bero-trukagailu horren barne-azalerako bero-transferentziaren koefiziente orokorra:

a) 150 W/m^2°C b) 857 W/m^2°C c) 1075 W/m^2°C d) 2000 W/m^2°C e) 2150 W/m^2°C

11.2. Test (11-141)*

Har dezagun 10 cm-ko hodi-diametroa eta lodiera baztergarria duen hodi bikoitzeko bero-trukagailu bat. Trukagailua egin zenean, bero-trukagailuaren erresistentzia termiko totala 0,025 °C/W zela kalkulatu zen. Denbora luzez erabili ondoren, metaketak sortu dira barne- nahiz kanpo-gainazaletan, metaketa-faktorea 0,00045 m^2°C/W eta 0,00015 m^2°C/W izanik, hurrenez hurren. Hona hemen bero-trukagailu horretako metaketek eragindako bero-transferentziaren abiaduraren txikitzearen ehunekoa:

a) 2,3% b) 6,8% c) 7,1% d) 7,6% e) 8,5%

11.3. Test (11-143)*

Bero-trukagailu bat erabiltzen da zentral termiko batetik irteten den lurruna inguruko laku bateko ur hotzarekin kondentsatzeko. Ur hotza (c_p = 4,18 kJ/kg °C) 16 °C-an eta 20 kg/s-ko emariarekin sartzen da kondentsadorera, eta 45 °C-an irteten da. Kondentsadoreak ez du isolatzailerik, eta kalkulatu da beroa 8 kW-ean galtzen duela inguruko airera. Lurruna abiadura honetan kondentsatzen da:

a) 0,282 kg/s b) 0,290 kg/s c) 0,305 kg/s d) 0,314 kg/s e) 0,318 kg/s

11.4. Test (11-145)*

Fluxu paraleloko likidotik likidorako bero-trukagailu batean, fluido beroaren sarrera- eta irteera-tenperaturak 150 °C eta 90°C dira, hurrenez hurren, eta fluido hotzarena 30°C eta 70°C, hurrenez hurren. Bero-transferentziaren koefiziente orokorrak berdinak badira, hau da azalera-txikitzearen ehunekoa, bero-trukagailua kontrako fluxukoa bada:

a) 3,9% b) 9,7% c) 14,5% d) 19,7% e) 24,6%

11.5. Test (11-148)*

Ur hotza (c_p = 4,18 kJ/kg °C) 10 °C-an eta 0,35 kg/s-ko emariarekin sartzen da kontrako fluxuko bero-trukagailu batean, eta han, 1,9 kg/s-ko emariarekin eta 50 °C-an sartzen den eta 25 °C-an irteten den aire beroarekin (c_p = 1,0 kJ/kg °C) berotzen da. Beraz, hau da bero-trukagailuaren eraginkortasuna:

a) 0,5 b) 0,63 c) 0,72 d) 0,81 e) 0,89

11.6. Test (11-150)*

Ur hotza (c_p = 4,18 kJ/kg °C) 18°C-an eta 0,7 kg/s-ko emariarekin sartzen da kontrako fluxuko bero-trukagailu batean, eta han, 1,6 kg/s-ko emarian eta 50°C-an sartzen den eta 25°C-an irteten den aire beroarekin (c_p = 1,0 kJ/kg °C) berotzen da. Hau da ur hotzaren irteera-tenperatura maximo posiblea:

a) 25,0ºC b) 32,0ºC c) 35,5ºC d) 39,7ºC e) 50,0ºC

11.7. Test (11-152)*

Galdara batean, ura 150 °C-an irakiten da 400 °C-an eta 0,4 kg/s-ko emariarekin sartzen den eta 200 °C-an irteten den ihes-gas beroarekin (c_p = 1,05 kJ/kg·°C). Bero-trukagailuaren bero-transferentziako azalera 0,64 m^2 da. Hau da bero-trukagailu horren bero-transferentziaren koefiziente orokorra:

a) 940 $W/m^{2o}C$ b) 1056 $W/m^{2o}C$ c) 1145 $W/m^{2o}C$ d) 1230 $W/m^{2o}C$ e) 1393 $W/m^{2o}C$

11.8. Test (11-157)*

Aireak hoztutako kondentsadore bat erabiltzen da isobutanoa hozteko, zentral geotermiko bitar batean. Isobutanoa 85°C-an kondentsatzen da 22°C-an eta 18 kg/s-ko emariarekin sartzen den airearekin (c_p = 1,0 kJ/kg°C). Bero-trukagailu horren bero-transferentziaren koefiziente orokorra eta azalera 2,4 kW/m^2°C eta 1,25 m^2 dira, hurrenez hurren. Hau da airearen irteera-tenperatura:

a) 45,4ºC b) 40,9ºC c) 37,5ºC d) 34,2ºC e) 31,7ºC

IKASLEAK EGITEKO PROBLEMAK

11.1. Problema (11-52)*

Kontrako fluxuko hodi bikoitzeko bero-trukagailu bateko 2,5 cm-ko barne-diametroko hodian, ura (c_p = 4180 J/kg°C) 17 °C-an eta 3 kg/s-ko emariarekin sartzen da. 120°C-an dagoen lurrunaren kondentsazioaren bidez berotzen da (h_{fg} = 2203 kJ/kg) karkasan. Bero-trukagailuaren bero-transferentziaren koefiziente orokorra 1500 W/m^2°C bada, kalkulatu zer luzeratako hodia behar den ura 80 °C-ra berotzeko.

Erantzuna: 100,6 m

11.2. Problema (11-99)*

Kontrako fluxuko hodi bikoitzeko bero-trukagailu bateko 2,5 cm-ko barne-diametroko hodian, ura (c_p = 4180 J/kg°C) 17°C-an eta 1,8 kg/s-ko emariarekin sartzen da. 120 °C-an dagoen lurrunaren kondentsazioaren bidez (h_{fg} = 2203 kJ/kg) berotzen da ura karkasan. Bero-trukagailuaren bero-transferentziaren koefiziente orokorra 700 W/m^2°C bada, kalkulatu zer luzeratako hodia behar den ura 80 °C-ra berotzeko,

a) LMTD metodoa erabiliz
b) ε-NTU metodoa erabiliz.

Erantzuna: a) 129,5 m; b) 129,6 m.

11.3. Problema (11-121)*

Karkasa eta hodi erako bero-trukagailu bat erabiltzen da hodietan 47 kg/s-an doan fabrikazioko jariakin-fluxua 160 °C-tik 100 °C-ra hozteko. Bero-trukagailu horren hodi bakoitzak 2,5 cm-ko barne-diametrokoa du eta horma-lodiera baztergarrikoa. Hauek dira fabrikazio-jariakinaren batez besteko propietateak: ρ = 950 kg/m^3, k = 0,50 W/mK, c_p = 3,5 kJ/kg K eta μ = 2,0 mPa s. Laster hoztailea ura da (c_p = 4,18 kJ/kg K), zeinak 66 kg/s-ko emaria eta 10 °C-ko sarrera-tenperatura baititu, eta 4,0 kW/m^2 K-ko bero-transferentziaren batez besteko koefizientea lortzen baitu, karkasaren aldean. Kalkulatu hodien luzera, baldin eta bero-trukagailuak

a) Karkasa-iraganaldi 1 eta hodi-iraganaldi 1 baditu (100 hodi).
b) Karkasa-iraganaldi 1 eta 4 hodi-iraganaldi baditu (25 hodi).

Erantzuna: a) 9,75 m; b) 5,51 m.

*** 11. KAPITULUAREN problema atalaren araberako zenbakikuntza:**
ÇENGEL, Y. A. TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA, Un enfoque práctico. McGraw-Hill. 3. Edizioa. 2007.

12 GAIA

KLASEAN EGITEKO PROBLEMAK

12.1. Problema (12-27)*

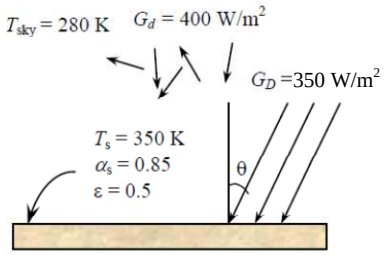
3 mm lodi den leiho-beira batek erradiazioaren ehuneko 90 λ = 0,3 eta 3,0 μm artean transmititzen du, eta ia erabat opakua da beste uhin-luzeratako erradiazioentzat. Kalkulatu zer erradiazio-potentzia transmitituko den 2 m × 2 m-ko beirazko leiho batean zehar, iturria (*a*) 5800 K dagoen gorputz beltz bat bada, eta (*b*) 1000 K dagoen gorputz beltz bat bada

12.2. Problema (12-46)*

Tungstenozko harizpi baten emisibitatea 0,5 delako hurbilketa egin daiteke, uhin-luzera 1 μm baino laburragoa duten erradiazioekin, eta 0,15 delakoa uhin-luzera 1 μm baino luzeagoa duten erradiazioekin. Kalkulatu harizpiaren batez besteko emisibitatea (*a*) 2000 K-ean eta (*b*) 3000 K-ean. Orobat, kalkulatu harizpiaren absortibitatea eta erreflektibitatea bi tenperaturetan

12.3. Problema (12-60)*

Gainazal batek α_s = 0,85-ko absortibitatea du eguzki-erradiaziorako, eta ε = 0,5-eko emisibitatea giro-tenperaturan. Gainazal-tenperatura 350 K dela ikusi da, eguzki-erradiazioaren osagai zuzena eta difusoa G_D = 350 eta G_d = 400 W/m^2 direnean, hurrenez hurren, eta erradiazio zuzenak 30°-ko angelua osatzen du gainazalaren zutarekin. Zeru-tenperatura eraginkorra 280 K-ekoa dela joz gero, kalkulatu gainazalaren une horretako erradiazio bidezko bero-transferentziaren abiadura garbia.



12.4. Problema (12-63)*

Eguzki-kolektore baten gainazal xurgatzailea kromo beltzez (α_s = 0,87 eta ε = 0,09) estalitako aluminiozkoa da. Eguzki-erradiazioa 600 W/m^2-an iristen da gainazalera. Airearen tenperatura eta zeru-tenperatura eraginkorra 25 C eta 15 °C dira, hurrenez hurren, eta konbekzio bidezko bero-transferentziaren koefizientea 10 W/m^2 °C da. Gainazal xurgatzailearen tenperatura 70 °C bada, kalkulatu xafla xurgatzaileak atzeko aldetik zirkulatzen duen ur-fluxuari bidaltzen dion eguzki-energiaren abiadura garbia.

IKASLEAK EGITEKO KONTZEPTU ETA/EDO TEST MOTAKO GALDERAK

12.1. Kontzeptu (12-5)*

Zer da erradiazio termikoa? Zertan bereizten da bestelako erradiazio elektromagnetikoetatik?

12.2. Test (12-89)*

Demagun –5 °C-an dagoen gainazal bat 25 °C-ko ingurune batean dagoela. Hau da gainazal horrek erradiazioz igor dezakeen bero-abiadura maximoa

a) 0 W/m^2 b) 155 W/m^2 c) 293 W/m^2 d) 354 W/m^2 e) 567 W/m^2

12.3. Test (12-90)*

Uhin-luzera honetan iristen da maximora 300 K-ean gorputz beltzaren emisio-ahalmena:

a) 5,1 μm b) 9,7 μm c) 15,5 μm d) 38,0 μm e) 73,1 μm

12.4. Test (12-91)*

Har dezagun 500 K-ean dagoen gainazal bat. Hau da gorputz beltzaren emisio-ahalmen espektrala 50 μm-ko uhin-luzeran:

a) 1,54 W/m^2 μm b) 26,3 W/m^2 μm c) 108,40 W/m^2 μm d) 2750 W/m^2 μm e) 8392 W/m^2 μm

12.5. Test (12-92)*

Gainazal batek erradiazioaren ehuneko 10 xurgatzen du uhin-luzera 3 μm baino laburragoa denean, eta erradiazioaren ehuneko 50, uhin-luzera 3 μm baino luzeagoa denean. Gainazal horrek batez besteko absortibitate hau izango du 3000 K-ean dagoen iturri batek igortzen duen erradiaziorako:

a) 0,14 b) 0,22 c) 0,30 d) 0,38 e) 0,42

12.6. Test (12-93)*

Jo dezagun 4 cm-ko diametroa eta 6 cm-ko luzera dituen barra zilindriko bat 1000 K-ean dagoela Barraren gainazalaren emisibitatea 0,75 bada, hau da barraren gainazal guztiek 20 minutuan igorri duten erradiazio-energia:

a) 43 kJ b) 385 kJ c) 434 kJ d) 513 kJ e) 684 kJ

12.7. Test (12-94)*

Eguzki-erradiazioa 500 W/m^2-an ari da iristen gorputz erdi-garden batera. Erradiazio intzidente horren 150 W/m^2 atzera islatzen bada, eta 225 W/m^2 gorputzean zehar transmititzen bada, hau da gorputzaren absortibitatea:

a) 0 b) 0,25 c) 0,30 d) 0,45 e) 1

12.8. Test (12-95)*

Eguzki-erradiazioa 400 W/m^2-an iristen da gainazal opaku batera. Gainazalaren emisibitatea 0,65 da, eta eguzki-erradiaziorako absortibitatea, 0,85. Gainazalaren eta 25 °C-an dagoen ingurunearen arteko konbekzio-koefizientea 6 W/m^2°C da. Gainazala 250 K-eko zeru-tenperatura eraginkorreko atmosferan baldin badago, hau da gainazalaren oreka-tenperatura:

a) 281 K b) 298 K c) 303 K d) 317 K e) 339 K

IKASLEAK EGITEKO PROBLEMAK

12.1. Problema (12-23)*

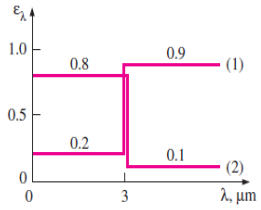
Goritasun-lanpara bateko harizpiaren tenperatura 3200 K-ekoa da. Harizpia gorputz beltzatzat hartuta, kalkulatu:

a) Harizpiak igorritako erradiazio-energiaren zer frakzio sartuko den tarte ikusgaian.
b) Zer uhin-luzeratan izango duen gailurra harizpiaren erradiazio-emisioak.

Erantzuna: a) 14,3 % b) 0,906 μm

12.2. Problema (12-47)*

Bi gainazalen emisibitate espektralaren aldaketa irudian ageri da.

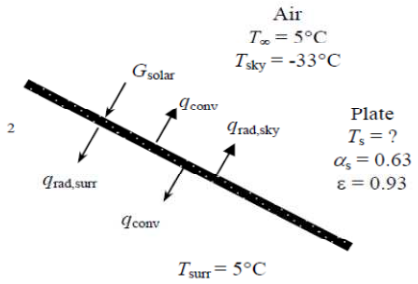


a) Kalkulatu gainazal bakoitzaren batez besteko emisibitatea, T = 3000 K-ean.
b) Kalkulatu gainazal bakoitzaren batez besteko absortibitatea eta erreflektibitatea, erradiazioa 3000 K-ean dagoen iturri batetik iristen denean.
c) Bi gainazaletatik zein da egokiagoa eguzki-xurgatzaile gisa?

Erantzuna: a) 0,28 eta 0,72 b) (1) Gain.: 0,28 eta 0,72 (2) Gain.: 0,72 eta 0,28 c) (2) Gain.

12.3. Problema (12-88)*

Eguzki-erradiazioa xafla mehe baten aurreko gainazalera iristen da, 300 eta 250 W/m^2-ko osagai zuzena eta difusoa dituela, hurrenez hurren.Erradiazio zuzenak 30°-ko angelu bat osatzen du gainazalaren normalarekin. Xaflaren gainazalak 0,63ko eguzki-absortibitatea du, eta 0,93ko emisibitatea. Airearen tenperatura 5 °C da, eta konbekzio bidezko bero-transferentziaren koefizientea 20 W/m^2°C da. Aurreko gainazalaren zeru-tenperatura eraginkorra –33 °C da, inguruko gainazalak, ordea, 5 °C-an daude, atzeko gainazalean. Kalkulatu xaflaren oreka-tenperatura.



Erantzuna a) 8,7 ºC

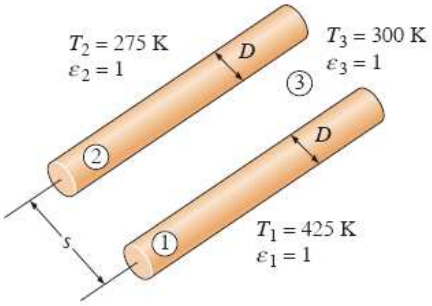
*** 12. KAPITULUAREN problema atalaren araberako zenbakikuntza:**
ÇENGEL, Y. A. TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA, Un enfoque práctico. McGraw-Hill. 3. Edizioa. 2007.

13 GAIA

KLASEAN EGITEKO PROBLEMAK

13.1. Problema (13-46)*

20 cm-ko bi zilindro luze paralelo 30 cm-ra daude bata bestetik. Bi zilindroak beltzak dira, eta 425 K-eko eta 275 K-eko tenperaturan mantentzen dira. Ingurunea 300 K-ean dagoen gorputz beltz bat balitz bezala har daiteke. Zilindroen 1 m luzeko zati batean, kalkulatu zilindroen arteko eta zilindro beroaren eta ingurunearen arteko erradiazio bidezko bero-transferentziaren abiadurak.

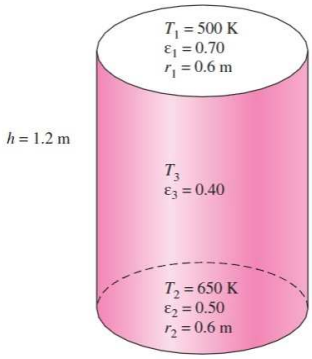


13.2. Problema (13-59)*

Bi aldeetan ε_3 emisibitate bera duen erradiazio-babesgarri bat bi xafla paralelo handiren artean jarri da; xaflak T_1= 650 K eta T_2= 400 K-eko tenperatura uniformeetan mantentzen dira, eta ε_1 = 0,6 eta ε_2 = 0,9-ko emisibitatea dute, hurrenez hurren. Kalkulatu erradiazio-babesgarriaren emisibitatea, baldin eta xaflen arteko erradiazio bidezko bero-transferentzia erradiazio-babesgarririk gabeko kasuaren ehuneko 15-era txikitzea lortu nahi bada.

13.3. Problema (13-102)*

Labe batek forma zilindrikoa du, eta 1,2 m-ko diametroa eta 1,2 m-ko luzera. Goiko gainazalak 0,70eko emisibitatea du, eta 500 K-ean mantentzen da. Beheko gainazalak 0,50eko emisibitatea du, eta 650 K-ean mantentzen da. Alboko gainazalak 0,40ko emisibitatea du. Beroa beheko gainazaletik ematen zaio, 1400 W-ean. Kalkulatu albo-gainazalaren tenperatura, eta goiko eta beheko gainazalen arteko eta beheko eta alboko gainazalen arteko bero-transferentzien abiadura garbiak.



13.4. Problema (13-74)*

Kogenerazioko lantegi batean, 1 atm-n eta 800 K-ean dauden errekuntza-gasak erabiltzen dira 6 m-ko luzerako eta 10 cm-ko diametroko hodien kanpoaldetik doan ura aurrez berotzeko. Hodien barne-gainazala beltza da, eta errekuntza-gasetako CO_2 eta H_2O-aren presio partzialak 0,12 atm eta 0,18 atm dira, hurrenez hurren. Hodi-tenperatura 500 K-ekoa bada, kalkulatu gasetatik hodirako erradiazio bidezko bero-transferentziaren abiadura.

IKASLEAK EGITEKO KONTZEPTU ETA/EDO TEST MOTAKO GALDERAK

13.1. Kontzeptu (13-21)*

Zer dira erradiazioarekiko gainazal- eta espazio erresistentziak? Nola adierazten dira? Zer erradiazio motatarako da zero erradiazioarekiko gainazal-erresistentzia?

13.2. Kontzeptu (13-23)*

Zer da gainazal berrerradiatzaile bat? Zertan sinplifikatzen ditu gainazal berrerradiatzaile batek erradiazio-analisiak?

13.3. Kontzeptu (13-63)*

Zertan bereizten dira ingurune parte-hartzaile batean zeharreko erradiazio-transferentzia eta parte-hartzailea ez den ingurune bateko erradiazio-transferentzia?

13.4. Test (13-111)*

Har dezagun 2 cm-ko, 3 cm-ko eta 4 cm-ko luzerako alboak dituen luzera infinituko hiru aldeko itxitura bat. Hau da 2 cm-ko aldetik 4 cm-ko alderako ikuspen-faktorea:

a) 0,25 b) 0,50 c) 0,64 d) 0,75 e) 0,87

13.5. Test (13-112)*

Demagun 15 cm-ko diametroko esfera bat 15 cm-ko luzerako aldeak dituen itxitura kubiko batean dagoela. Hau da kubo karratuaren edozein aldetatik esferarako ikuspen-faktorea:

a) 0,09 b) 0,26 c) 0,52 d) 0,78 e) 1

13.6. Test (13-119)*

Demagun 0 °C-an dagoen gainazal bat gorputz beltz gisa har daitekeela 25 °C-ko ingurune batean. Gainazalera 300 W/m^2-ko erradiazioa iristen bada, hau da gainazal beltz horren erradiositatea:

a) 0 W/m^2 b) 15 W/m^2 c) 132 W/m^2 d) 300 W/m^2 e) 315 W/m^2

13.7. Test (13-120)*

Demagun 0 °C-an dagoen gainazal gris eta opaku bat 25 °C-ko ingurune batean dagoela. Gainazalak 0,8ko emisibitatea du. Gainazalera 300 W/m^2-ko erradiazioa iristen bada, hau da gainazalaren erradiositatea:

a) 60 W/m^2 b) 132 W/m^2 c) 300 W/m^2 d) 312 W/m^2 e) 315 W/m^2

13.8. Test (13-125)*

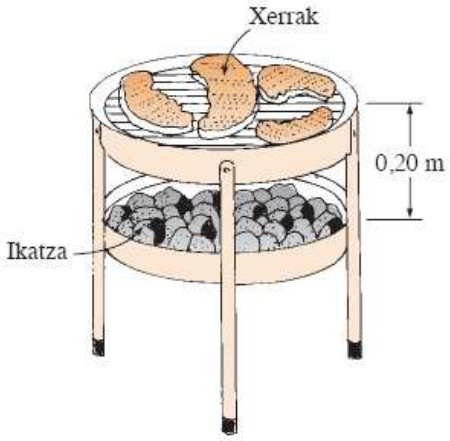
Har dezagun 3 m × 3 m × 3 m den labe kubiko bat. Labearen behe-gainazala beltza da, eta 400 K-eko tenperatura du. Goi- eta albo-gainazalen erradiositateak, hurrenez hurren, 7500 W/m^2 eta 3200 W/m^2 direla kalkulatu da. Albo-gainazalen tenperatura 485 K bada, hau da albo-gainazalen emisibitatea:

a) 0,37 b) 0,55 c) 0,63 d) 0,80 e) 0,89

IKASLEAK EGITEKO PROBLEMAK

13.1. Problema (13-43)*

Har ezazu 0,3 m-ko diametroa duen parrilla zirkular bat. Parrillaren behealdea 950 K-ean dagoen ikatz beroz estalia dago, eta parrillaren goialdeko sarean hasieran 5 °C-an dauden xerrez estalia dago. Ikatzaren eta xerren arteko distantzia 0,20 m da. Xerrak eta ikatza gorputz beltz gisa hartuta, kalkulatu ikatzetik xerretarako erradiazio bidezko bero-transferentziaren hasierako abiadura. Orobat, kalkulatu xerren erradiazio bidezko bero-transferentziaren hasierako abiadura, baldin eta parrillaren albo-zuloa gainazal berrerradiatzailetzat har daitekeen aluminio-paperez estalia badago.

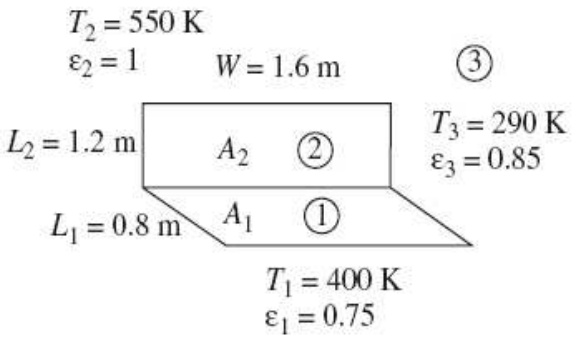


Erantzuna: *a) 928 W;* *b) 2085W;*

13.2. Problema (13-45)*

Demagun bi gainazal angeluzuzen bata bestearekiko perpendikular daudela, eta 1,6 m-ko ertz bat partekatzen dutela. Gainazal horizontala 0,8 m zabal da, eta gainazal bertikala 1,2 m altu. Gainazal horizontalak 0,75eko emisibitatea du, eta 400 K-ean mantentzen da. Gainazal bertikala beltza da, eta 550 K-ean mantentzen da. Gainazalen atzealdeak isolatuta daude. Inguruko gainazalak 290 K-ean daude (suposatu ingurunea 3 planoz osatutako gainazala dela), eta har daiteke 0,85ko emisibitatea dutela. Kalkulatu bi gainazalen arteko erradiazio bidezko bero-transferentziaren abiadura garbia, eta gainazal horizontalaren eta ingurunearen artekoa.

OHARRA: Inguruneko gainazala (A_3) A_1 eta A_2-rekin itxitura bat sortzen duen gainazal minimoa da.



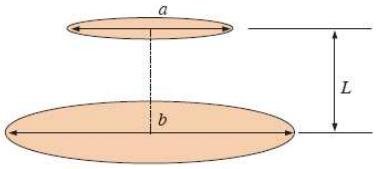
Erantzuna: *a) Q_{21}=1245 W;* *b) Q_{13}=725 W;*

13.3. Problema (13-91)*

Har ditzagun hurrengo irudian ageri diren a eta b diametroko bi disko ardazkide paralelo. Geometria horrentzat, honela kalkula daiteke disko txikitik handirako ikuspen-faktorea:

$$F_{ij} = 0.5\left(\frac{B}{A}\right)^2 \left\{ C - \left[C^2 - 4\left(\frac{A}{B}\right)^2 \right]^{0,5} \right\}$$

non, A = a/2L baita, B = b/2L baita eta C = 1 + [(1 + A^2)/B^2] baita.
a diskoaren diametroa, emisibitatea eta tenperatura 20 cm, 0,60 eta 600 °C dira, hurrenez hurren, eta b diskoarenak, 40 cm, 0,80 eta 200 °C. Bi diskoen arteko distantzia L = 10 cm da.



a) Kalkulatu F_{ab} eta F_{ba}.
b) Kalkulatu a diskoaren eta b diskoaren arteko erradiazio bidezko bero-transferentziaren abiadura garbia, operazio-egoera geldikorrean.
c) Demagun tamaina infinituko c disko bat ere badela, lodiera baztergarria eta e = 0,7-ko emisibitatea dituena, eta a eta b diskoen artean kokatu dela haiekiko paralelo eta bietatik distantzia berera. Kalkulatu a eta c diskoen eta c eta b diskoen arteko erradiazio bidezko bero-transferentziaren abiadura garbia, operazio-egoera geldikorrean.

Erantzuna: *a)* F_{ab} *= 0,764;* F_{ba} *= 0,191* *b) 464 W* *c) 477 W*

13.4. Problema (13-103)*

Har dezagun 3 m-ko luzerako alboa duen labe kubiko bat. Goiko gainazala 700 K-ean mantentzen da. Beheko gainazalak 0,90eko emisibitatea du, eta 950 K-ean mantentzen da. Albo-gainazala beltza da, eta 450 K-ean mantentzen da. Beroa beheko gainazaletik ematen zaio, 340 kW-ean. Kalkulatu goi-gainazalaren emisibitatea, eta goiko eta beheko gainazalen arteko eta beheko eta alboko gainazalen arteko bero-transferentzien abiadura garbiak.

Erantzuna: ε_1 *= 0,44;* Q_{21}*=54,4 kW;* Q_{23}*=285,6 kW;*

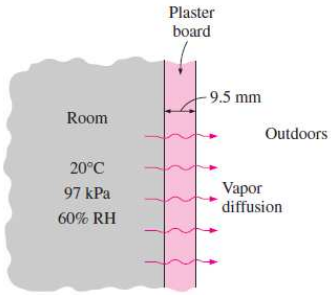
*** 13. KAPITULUAREN problema atalaren araberako zenbakikuntza:**
ÇENGEL, Y. A. TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA, Un enfoque práctico. McGraw-Hill. 3. Edizioa. 2007.

14 GAIA

KLASEAN EGITEKO PROBLEMAK

14.1. Problema (14-64)*

Kezkagarria da igeltsuzko xafletan zehar ur-lurrunaren difusioa gertatzea eta hotz egiten duenean horma-isolatzailean lurruna kondentsatzea, isolamenduaren eraginkortasuna txikitzen baitute. Demagun etxe bat 20 °C eta ehuneko 60ko hezetasun erlatiboan mantentzen dela, presio atmosferikoa 97 kPa den toki batean. Hormak, barrualdean, 9,5 mm lodi diren igeltsuzko horma-taulekin estaliak daude Horma-taulen kanpoaldeko lurrun-presioa zero bada, kalkulatu ur-lurrunaren zenbateko difusioa izango den hormaren 3 m × 8 m-ko zatian, 24 orduko denbora-tartean. 9,5 mm lodi den igeltsuzko horma-taularen permeantzia ur-lurrunarekiko $2{,}86\times10^{-9}$ kg/s·m^2·Pa da.



14.2. Problema (14-106)*

Demagun, 15 cm-ko barne-diametroa eta 10 m luze den hodi batek barne-gainazala bustia duela. Hodia 1 atm-ko eta 15 °C-ko aire lehorra hodira batez besteko 3 m/s-ko abiaduran sartuta lehortu behar da. Hodiak gela hotz bat zeharkatzen du, eta batez besteko 15 °C-ko tenperaturan mantentzen da une oro. Kalkulatu hodiko masa-transferentziaren koefizientea.

14.3. Problema (14-124)*

2 m sakon den eta 20 m × 20 m neurtzen duen ur berotuko igerileku bat 30 °C-ko tenperatura konstantean mantentzen da presio atmosferikoa 1 atm den toki batean. Aireak 20 °C eta ehuneko 60ko hezetasun erlatiboa baldin baditu, eta zeru-tenperatura eraginkorra 0 °C bada, kalkulatu igerilekuaren goialdetik bero-galeraren abiadura (hartu ε_{H2O}=0,95):

a) erradiazioz, b) konbekzio naturalez c) lurrunketaz
d) Lurrerako bero-galera baztergarria bada, kalkulatu berogailuaren tamaina.

IKASLEAK EGITEKO KONTZEPTU ETA/EDO TEST MOTAKO GALDERAK

14.1. Kontzeptu (14-58)*

Zer eragin du hormaren isolamenduaren eraginkortasunean ur-lurruna horman kondentsatzeak edo izozteak? Zer eragin du hezetasun-mailak lurraren eroankortasun termiko eraginkorrean?

14.2. Kontzeptu (14-59)*

Eraikinetako horma, zoru eta sabaietako hezetasun-migrazioa lurrun-hesiekin edo lurrun-moteltzaileekin kontrolatzen da. Azaldu zer alde dagoen bataren eta bestearen artean, eta eztabaidatu zein den egokiena etxebizitzetan erabiltzeko

14.3. Kontzeptu (14-60)*

Zer eragin du gehiegizko hezetasunak etxe bateko zurezko eta metalezko osagaietan, eta hormetako pinturan?

14.4. Kontzeptu (14-96)*

Jakina da aire epelak gora egiten duela ingurune hotzago batean. Hala, bada, har ezazu gasolina-depositu ireki baten goialdeko nahastura epel bat, airez eta gasolinaz (C_8H_{18}) osatua. Gas-nahastura horrek ingurune hotzago batean gora egingo duela uste al duzu?

14.5. Kontzeptu (14-97)*

Har ditzagun bi katilukada kafe berdin, baina bata azukrerik gabea da eta besteak behealdean azukre ugari du. Hasieran, biak tenperatura berean daude. Bere horretan utzita, bietatik zein hoztuko da lehenago?

14.6. Kontzeptu (14-116)*

Har ezazu ur-masa mehe bat. Ur hori izoztu al daiteke gau hotz eta lehor batean nahiz eta airearen eta inguruko gainazalen tenperatura gau osoan 0 °C-ra ez beheratu

14.7. Kontzeptu (14-152)*

_____ zenbakiak bat balio duenean, difusio bidezko momentu- eta masa-transferentzia berdinak izatea espero da.

a) Grashof b) Reynolds c) Lewis d) Schmidt e) Sherwood

14.8. Test (14-162)*

Aire-fluxua 298 K-ean eta 1 atm-n doa hodi busti batean, eta ur-lurrunak airean duen difusio-koefizientea $2{,}5 \times 10^{-5}$ m^2/s da Bero-transferentziaren koefizientea 35 W/m^2 °C dela kalkulatu bada, hau da masa-transferentziaren koefizientea:

a) 0,0326 m/s b) 0,0387 m/s c) 0,0517 m/s d) 0,0583 m/s e) 0,0707 m/s

IKASLEAK EGITEKO PROBLEMAK

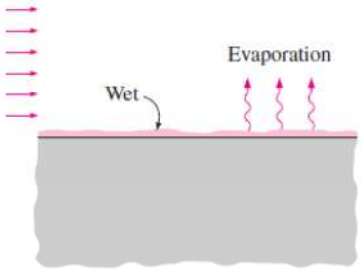
14.1. Problema (14-66)*

Etxe baten teilatua 15 m × 8 m da, eta 20 cm lodi den hormigoi-geruza batez egina dago. Etxearen barnealdea 25 °C-an eta ehuneko 50eko hezetasun erlatiboan mantentzen da, eta tokiko presio atmosferikoa 100 kPa da. Kalkulatu ur-lurrunaren zenbateko difusioa izango den teilatuan zehar, 24 orduko epean, baldin eta denbora-tarte horretako kanpoko batez besteko baldintzak 3 °C eta ehuneko 30eko hezetasun erlatiboa badira. Hormigoiaren ur-lurrunarekiko iragazkortasuna 24,7 × 10^{-12} kg/s·m Pa da.

Erantzuna: *a) 1,74 kg*

14.2. Problema (14-108)*

2 m luze den gainazal busti baten gainean aire lehorra doa 15 °C-an, 85 kPa-ean eta 3 m/s-ko laster askeko abiaduran. Kalkulatu masa-transferentziaren batez besteko koefizientea.



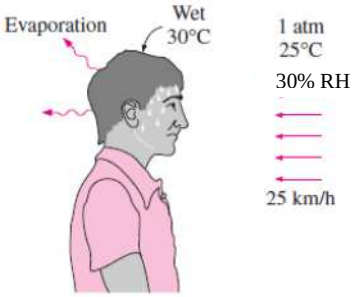
Erantzuna: *a) 0,00463 m/s*

14.3. Problema (14-123)*

Udako egun beroetan, buruaren bero-transferentzia handitzeko moduetako bat hura bustitzea da. Irakurleak jakingo duenez, egun haizetsuetan da hori eraginkorra batez ere. Burua 30 °C-an dagoen, 30 cm-ko diametroa duen eta 0,95eko emisibitatea duen esferatzat joz gero, kalkulatu, 1 atm-ko, 25 °C-ko, ehuneko 30eko hezetasun erlatiboko eta 25 km/h-ko abiadurako haizearekin, burutik airerako bero-galeraren abiadura totala,

a) burua lehor dagoela
b) burua bustia dagoela.

Demagun inguruneko tenperatura 25 °C dela



Erantzuna: *a) 40,6 W* *b) 352 W*

*** 14. KAPITULUAREN problema atalaren araberako zenbakikuntza:**
ÇENGEL, Y. A. TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA, Un enfoque práctico. McGraw-Hill. 3. Edizioa. 2007.