

# Sauna; ifernu txiki baten termodinamika

Javier Arrasate Aierbe\*

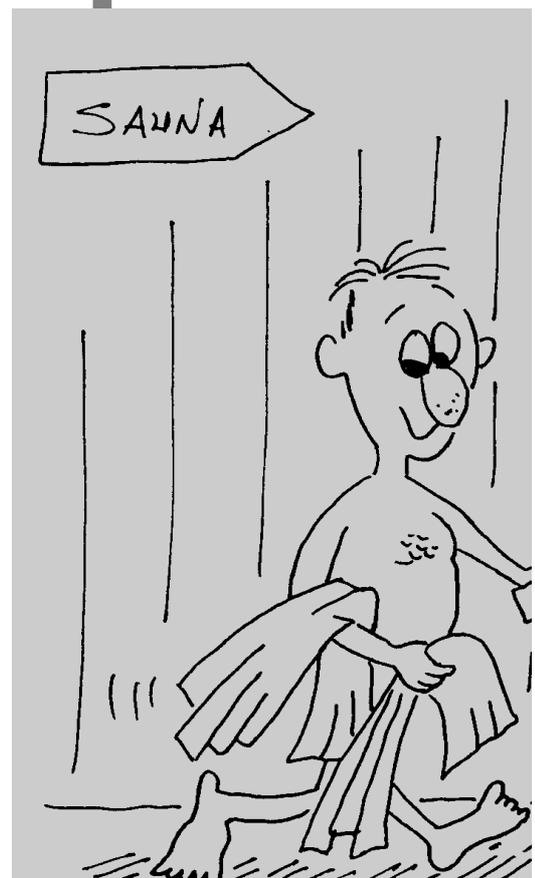
**E**ztei-eguna ez da txantxetarako gauza. Eguerdian hasi eta gauean berandu arte jan, edan eta dantza baino ez da egiten, jo eta su, ase ezinik. Ohiturarik ez duen gorputzak ez dio erraz eusten horrelako parranda itzelari. Xabier ikustea nahikoa zen esandakoaz ados egoteko. Gizagaixoa han genuen, ohean etzanda, ezin altxaturik, biharamuneko oinazeari ahalik eta ondoen aurre egiten. Aldamenekoa lotan utzirik, burumakur jaiki zen, eta gau osoan lurrean botata egondako jaka zein praka zimur zoragarri horiek alde batera baztertuz, txandala soinean jarri, kirol-poltsa gertatu eta Joxe Miel

bere lagun minak gomendatutakoaz oroitu zen. "Inoiz egon al haiz saunan? Joan behar huke. Izerdia aterata zikinkeria kendu eta erlaxatzeko primerakoa duk" esan zion. "Tira ba. Joan gaitezen" pentsatu zuen Xabierrek; huraxe baitzen une aproposa. Polikiroldegiko aldageletan biluztu, txinalak jarri eta toaila lepoan harturik leihatilatxoa zuen zurezko aterantz abiatu zen, "orain ala inoiz ez!" filmetako leloa buruan zuelarik. "Egunon!" erran zion tripaz gora etzanda zegoen gizontzar potoloari, sabeleko larruazalaren zimurretatik izerdia patsetan zeriolarik. Hiru maila zeuden esertzeko. Goikora igo eta

toaila eserlekuan luzatuta bere gainean jarri zen. "A ze beroa!" izan zen bere lehenbiziko pentsamendua. Izan ere galdan baitzegoen zurezko hormak, sabaia eta zorua zituen gela txiki hura, eta konturatu orduko bera ere izerditan blai. Horma gainean zegoen neurgailurantz burua hurreratuz 80 °C irakurri zuen. "Nola jasan dezake gizakumeak hain bero handia?" pentsatu zuen. "Jaitsi beheko lekura, hor bero handiegia zegok eta" esan zion gizon gizenak. Termometroaren ondoan, higrometro izeneko beste neurgailu bat zegoen eta hark % 35 adierazten zuen. Zein neurketa ote zen hura?

Burutazio horiekin beheko lekura jaisten ari zelarik, eskuineko eskua hartz nagia erretzen ari zitzaioala konturatu zen. Bezperan jarri berria zuen urrezko eraztuna su-galdatan zegoen! Eraztuna kentzen ari zelarik, lehengo gizonak ea beherago zeuden harri-koxkorretara ur pixkat botatzea axola zitzaion itaundu zion Xabierri. Ezetz honek erantzun, nah

Izerdia aterata zikinkeria kendu eta erlaxatzeko primerakoa duk sauna.



beste botatzeko. Gizonak zurezko burduntzali batez ura hartu eta harritara isuri zuen. Ura, harriak ukitu ahala, lurrin bihurtu zen, eta bolada kiskalgarrietan aurpegira iritsi zitzaion. Ifernu hura jasangaitza zen! Hamar minutu iraganak ziren, eta ito beharrean atea ireki eta alde egin zuen, ifernutik ihesi zeruaren bila...

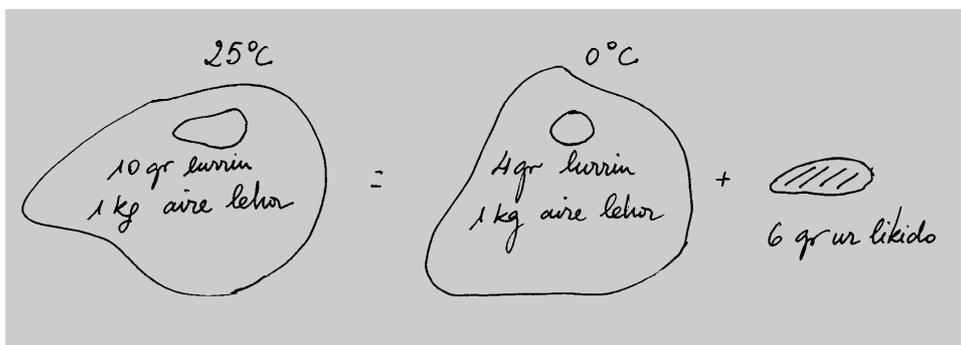
Orain artekoa, Xabierri gertaturiko pasadizoa alegia, edozeini gerta dakioke, eta zalantza-izpirik gabe jakin-min zientifikoa duen orok saunatik iragandakoan hainbat aldiz hausnarturiko gertaldiak dira. Honako lanaren helburua pasadizoko gertaerei erantzun zientifikoa ematea da, eta horretarako bi gai nagusiz hitz egin beharra dugu: **airearen izaera** da bata eta **beroaren transmisioa** bestea. Sarreretan gehiago luzatu gabe abia gaitezen lehenengoarekin.

Aireak, zenbait gasen nahastea izateaz gain, ura gordetzeko gaitasuna du; lurrin-egoeran dagoen ura, hain zuzen ere. Gure eguratsako aireak ura dauka. Hori dela eta, aire hezea esan ohi zaio. Zein proportziotan aire eta zeinetan ura? Beno, argibide legez, eguratsaren presio arruntean eta 25 °C-tan kilogramo bat aire lehor bakoitzak, asko jota, 20 gramo ur ingu-

ru gordetzeko gaitasuna du. Hori baino kantitate gutxiago duen aireari, baldintza horietan, ura gehi dakioke eta bereganatu egingo du. Hala ere, kantitate handien hori gordetzen ari den aireari beste ur-tantatxo bat ematen badiogu, aireak ez du jasoko eta, likido gisa, inguruko edozein gainazalengan geratuko da. Aireko ur-kantitate hori, presioa konstante izanik, tenperaturaren menpe dago: zenbat eta tenperatura handiago

dauden bi gorputz elkar ukituz jartzen baditugu, tenperatura garaiena duen gorputzetik bestera energia pasatuko da; bien tenperaturak berdindu arte, hain zuzen ere. Azken egoera hau orekakoa da, eta beroa, batetik bestera iragandako energia, alegia. Dena den, bero-transmisio hori hiru modutan gerta daiteke. Azter ditzagun banan-banan.

Lehenengoa **kondukzioa** da. Gorputzak zatiki txikiagoz osaturik dau-



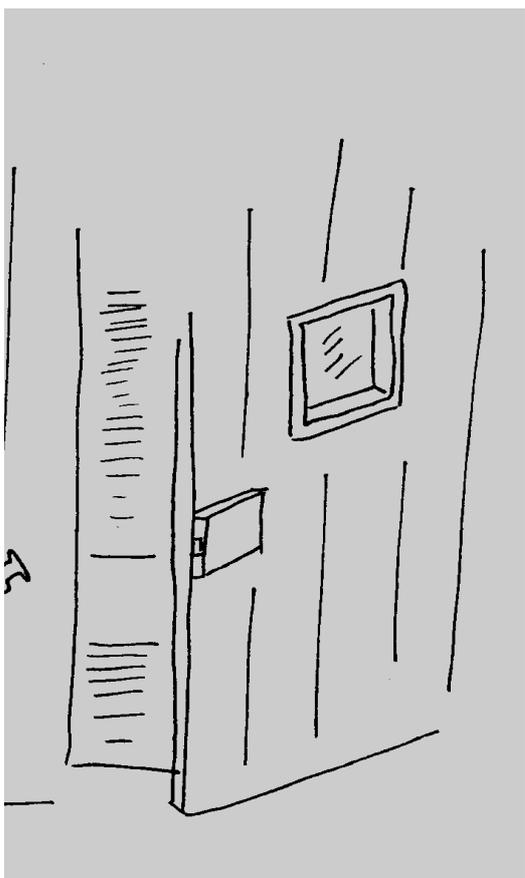
izan, hainbat eta handiago egon daitekeen kantitatea. Aireak daukan ur-kantitatea eta, baldintza berdinetan, eduki dezakeena erlazionatzen dituen neurri baten premia nabaria da. Badago, eta izan ere Xabierrek ikusi zuen higrometro izeneko neurgailuak ematen digu. % 35 irakurri zuen hark, eta esangura honakoa da: 80 °C-tan, kilogramo bat aire lehorrean 544 gramo ur egon badaiteke, orduko saunako aireak kantitate horren % 35 zuen; 190 gramo, alegia.

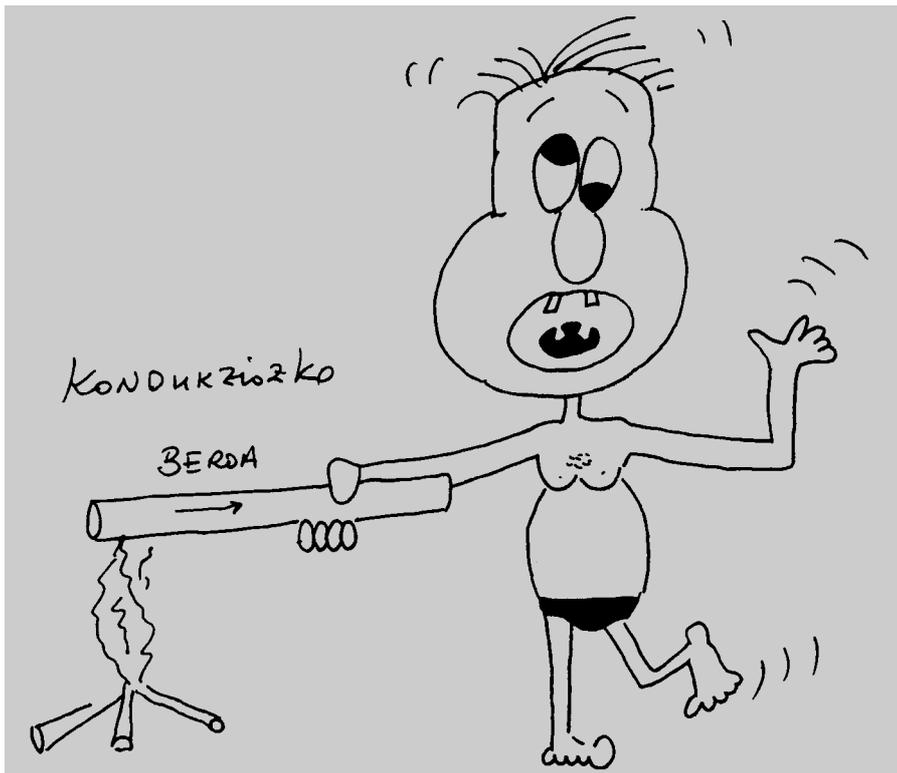
Badira aurrekoaren bidez azal daitezkeen hainbat gertaera naturan, ihintzaren kasua adibidez. Pentsa dezagun egunez 25 °C-tan egon den airearen hezetasuna, higrometro batek neurturik, % 50 dela. Ondorioz, 10 gramo ur daude kilogramo aire lehor bakoitzean. Gaez, tenperatura asko jaitsi da, 0 °C-taraino, eta tenperatura berri honetan egon daitekeen guztia 4 gramo besterik ez da. Zer gertatzen zaie beste 6 gramoei? Likido gisa agertuko zaigu belarrean, automobiletan... (Ikus goiko irudia).

**Beroaren transmisioa** zen jorratu beharreko bigarren gaia. Goazen bada. Lehenbizi beroa zer den azal dezagun. Tenperatura ezberdinetan

Ihintzaren kasua. Pentsa dezagun egunez 25 °C-tan egon den airearen hezetasuna, higrometro batek neurturik, % 50 dela. Ondorioz, 10 gramo ur daude kilogramo aire lehor bakoitzean. Gaez, tenperatura asko jaitsi da, 0 °C-taraino, eta tenperatura berri honetan egon daitekeen guztia 4 gramo besterik ez da. Zer gertatzen zaie beste 6 gramoei? Likido gisa agertuko zaigu belarrean, automobiletan...

de. Hauek bibrazio-higidura dute, eta higidura zenbat eta azkarragoa izan, guk tenperatura izenaz ezaguna duguna hainbat eta garaiagoa da. Tenperatura baxuagoan dagoen gorputza ukituz jartzen dugunean, higidura hori transmititu egiten zaie beste gorputzaren partikulei. Argibide gisa, burdinazko haga baten muturrari eskuaz heltzen ari zarelarik beste muturra sutan berotzen baduzu, handik lasterrera berotasun hori eskuan nabaritzeko gauza izango zara. Bestalde, gogora ezazue Xabierren eratzunaren kasua. Bere hatza 36 °C baino tenperatura altuagoan ez zegoen. Aldiz, eratzuna tenperatura handiagoan bide zegoen eta horregatik erre zion behatza. Solidoen arteko bero-transmisioa horrelaxe gertatu ohi da. Hala ere, solido batzuetan beste batzuetan baino azkarrago.





Konduktzioa. Burdinazko haga baten muturrari eskuaz heltzen ari zarelarik beste muturra sutan berotzen baduzu, handik lasterrera berotasun hori eskuan nabaritzeko gauza izango zara.

Imajina dezagun itxuraz berdinak diren bi etxe (lodiara berdineko hormak, tamainaz berdinak, kanpo-ingurua eta barne-aldearen arteko temperatura-diferentzia berdina...) baina kasu batean egurrezko hormak dituena eta bestean metalezkoak. Zein hoztuko da azkarrena? Esperientziak metalezkoa arinago hozten dela erakusten digu; izan ere, metalak beroaren eroale onak baitira.

Dena den, eta hasieran esan bezala, ez da aurrekoa modu bakarra. Negu gorrian, etxeetan berogailuak pizten ditugunean, hauek ondoan duten airea konduktzioz berotzen dute. Aire honen dentsitatea txikiagotu egiten da eta, antzina Arkimedesek azaldu zuenez, gora igoten da. Bere higiduran beheko berotasuna gora eraman du. Konduktzioan masaren batezbesteko higidurarik ez zegoen. Hemen bai ordea. Bigarren modu honi **konbekzioa** esaten zaio eta goizero berotzen dugun esnean ikusteko

aukera dugu. Transmisio-bidean gas edo likidorik inplikaturata badago beti agertzen zaigu transmisio-mota hau. Jariakinaren izaera, bere higidura berotzen edo hozten ari den solidoren inguruan, solido horren geometria eta beste faktore askok garrantzia dute beroaren transmisio-abiaduran. Konduktzio- eta konbekzio-kasuetarako kontzeptuak argitzen lagunduko digun ondoko **analogia** ikus dezagun. Bi ontzietako uraren mailen arteko altuera-diferentzia dagoen artean, batetik bestera ura jariatuko da, temperatura-diferentzia mantenduz gero bero-jarioa izaten den bezala. Noiz arte? Altuerak/temperaturak berdindu arte. Zeren menpe dago arinago edo geldoago gertatzea? Bitarteko hodiaren ezaugarrien menpe: sekzio estua edo zabala, azalera zimurtsu edo guztiz leuna... izatearen menpe. Hodiari, ezaugarri horien menpe dagoen erresistentzia hidrauliko bat dagokio. Guk **erresistentzia termikoaz** hitz egingen dugu, eta bero-jarioa asko oztopatzen duen materiala edo ingurua, guretzat erresistentzia termiko handikoa izanen da. Konduktzioari buruz berba egitean bi etxe aipatu ditugu. Kasu batean hormak egurrezkoak ziren, bestean aldiz metalezkoak. Lehenengoek erresis-

tentzia termiko handiagoa dute eta ondorioz hobeto gordeko dute barruko berotasuna.

Ezbairik gabe, gure saunan, eta jaria-kina aire hezea izanik, konbekzioa da aurreko bi moduen artean nagusi. Gomuta zaitetze, bestela, gizonak burduntzalia bete ur harrietara botatzen dueneko uneaz. Ura, ehundaka gradutan zeuden harriak ukitu bezain laster, lurrin bihurtu eta konbekziozko korranteetan gorantz abiatu zen, abiadura bortitzez.

Nolanahi ere, badago hirugarren modua ere: **erradiazioa**.

Honakoa galde iezaiozue zeuen buruei: eguzkiaren eta lurraren arteko espazioa ia hutsa izanik, nola iristen da lurreraino eguzkiak igorritako energia? Eguzkiak lurra berotzen badu (konduktzioa eta konbekzioa ezinezkoa izanik; masarik ez baitago), nola garraiatzen da honaino energia hori? Hona hemen azken modua.

Edozein gorputzen gainazalak bere temperaturaren arabera energia igortzen du, espazio hutsa zeharkatzeko gai diren uhin elektromagneti-

Ura ehundaka gradutan dauden harriak ukitu ahala, lurrin bihurtu eta konbekziozko korranteetan gorantz abiatzen da.





Bi ontzietako uraren mailen arteko altuera-diferentzia dagoen artean, batetik bestera ura jariatuko da, temperatura-diferentzia mantenduz gero bero-jarioa izaten den bezala. Noiz arte? Altuerak/temperaturak berdindu arte.

koen bidez. Energi kantitatea gainazalaren ezaugarrien menpe dago. Energia hori uhin-luzera ezberdinetan dago bananduta, eta energia horren parterik handiena uhin-luzeraren tarte zehatz batean egoten da. Gizakiak, 36 °C-tan egoteagatik, energia igortzen du, gehiena uhin infragorrietan. Hori dela eta, prismatiko bereziaz lagundurik, temperatura baxuagoa dagoen inguruan edozein pertsona edo animalia nabaritu genuke. Ez al duzue ikusi Arnold Schwarzenegger-en "Depredador" filmea? Horretan beste planeta bateko pizti bildulgarri batek espektro infragorrian ikusten du. Horretaz

oharturik, gure Arnold erraldoiak hotzago dagoen lokatze igurtzi du gorputz osoa eta horri esker ihes egin dio.

Aurreko guztia azalduzik, zenbait gogoeta egiteko behar adina teoriak jantzita gaude, eta besterik gabe, saunan itaundutakoei erantzun diezaiagun.

**Nola berotzen da?** Harri-koxkor kiskalgarri horien bidez. Horiek helburu garrantzitsua dute: bero-kantitate handia gorde eta beratu emeki askatu. Zergatik? Erresistentzia termiko handia dutenez, beroa pixkanaka askatuko dute. Bestalde, euren ten-

peratura gradu bat igotzeko bero handia eman behar zaie. Hori dela eta, daukaten temperaturarako berotasun handia gordetzen dute.

Hainbat etxetan, eta gaueko ordainsari elektriko merkeagoaz baliatuz, bero-metagailu izenekoetan erresistentzia elektriko bidez adreilu erre-gogorak (temperatura handiak piztatu gabe jasaten dituztenak) berotzen dira. Saunako harriek bezalako ezaugarriak dituzte eta horri esker egunez etxea berotu egiten dute. Hau da, gauez kontsumitu eta egunez berotu.

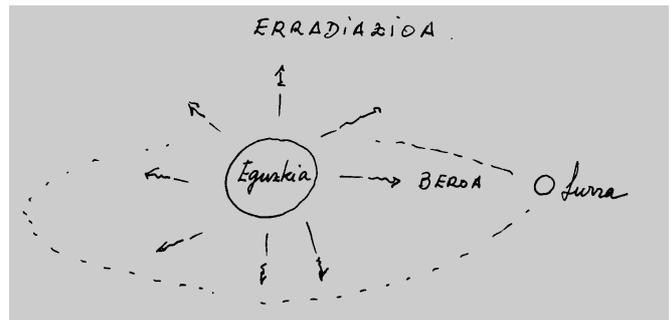
Gela berotzeko bide nagusiak konbekzioa eta erradiazioa dira. Erradiaziozko energia ez da zuzenean airean gelditzen; azken hau uhin elektromagnetikoekiko gardena dela kontsidera baitaiteke. Hormek xurgatzen dute. Bestalde, harriak ukitutuz dagoen airea etengabeko mugimenduan dago konbekziozko korranteetan, eta gelako temperatura nahikoa homogeno mantentzen dute. Hala ere, aire beroena arinagoa denez, goialdean metatzen da eta horregatik, goian eserita zegoelarik, Xabierrek bero handiagoa sentitu zuen.

**Ura harrietara bota zuenean bero-sentsazioa zergatik handitu zen?** Airearen hezetasun erlatiboa zenbat eta handiagoa izan, erresistentzia termikoa hainbat eta txikiagoa gorputzaren eta airearen bitartean. Beraz, gorputz-barnerako bero-jarioa handiagotu egingo da eta guk, temperatura berdinean egon nahi badugu, bero handiagoa askatu beharko dugu. Gure horretarako mekanismoa izerdia da.

Azalpen honek eguneroko beste hainbat galderari erantzuten dio. Ez

al duzue inoiz entzun hemengo hotza, hemengo 5 °C adibidez, Madrillgo 5 °C baino hotzagoa dela? Hemengo hezetasuna handiagoa izanik, errazago alde egiten digu beroak!

Oreka termodinamikoan, barruko objektu guztiak temperatura berdinean daude. Hots, toaila eta eraztuna 80 °C-tan daude. **Zergatik eraztunak erre egiten du eta toailak ez?** Eraztuna hatza zuzenean ukitut dago. Bien artean kondukzioa da beroa iragateko modu bakarra. Erresistentzia termiko txikia dute eta ukitutakoan bero handia sartzen zaigu. Horra hor bero-sentsazioa. Toaila oso eroale txarra da ordea, erresistentzia handikoa, eta temperatura-diferentzia berdina izanagatik beroa gugana sartzeko oztopo handiak di-



**Eguzkiaren eta lurraren arteko espazioa ia hutsa izanik, nola iristen da lurreraino eguzkiak igorritako energia? Eguzkiak lurra berotzen badu, nola garraiatzen da honaino energia hori?**

tu. Toaila bero sentitzen dugu, baina ez du erretzen.

**Zergatik hormak egurrezkoak egin eta ez, adibidez, metalezkoak?** Aurrekoaren erantzun bera.

Gure Xabierrek, ziztu bizian irten zela eta, ez zuen guzti honi buruz gogoetarik egin. Handik zenbait egunetara, gorputza prestuago zuelarik, bueltatu omen zen, eta orduantxe bai, burua hausten hasi omen zitzaizgun. Herriko liburutegian, "Termodinamika" izenburua zuen hautsez betteriko liburua ireki eta ikasteari ekin zion... Orain arte.



\* CAF-Elhuyar sarira aurkeztutako artikulua.

