

# IKUS OTE DEZAKEGU LORENTZ-EN KONTRAKZIOA?

A.HERNANDEZ eta J.M. AGIRREGABIRIA

Fisika Departamentua.Zientzi Fakultatea  
Euskal Herriko Unibertsitatea

P.K. 644. BILBO

SUMMARY:Although special relativity was born 75 years ago,if we ask physicists if an object,moving with relativistic speed,is seen to contract we will not have a single answer.The main cause of this confusion is the indetermination of the question proposed.So,a critical analysis of the contents and the implicit hypotheses taken from the normal language, is necessary.

## sarrera

Einsteinek bere artikulu famatua argitaratu zuenetik berrogeitamabost urte igaro arte,ez zen ikertu,abiadura erlatibistaz hitzitzen ari diren objektuen itxura nolakoa den.Hopelako ikerketa J.Terrell-ek(1) egin zuen lehenengoz;eta,orduandanik,argi dago behatzaile batek ikusten duena eta berak neurtzen duena oso gautza desberdinak direla.

Hala ere,Erlatibitate Berezia askotan erabiltzen diren adierazpen laburtu batzuren erruz,aipaturiko teoria ikasten hasten direnek idea nahasiak atera ditza-kete.Esate baterako,maiz hauxe esaten da: "Higitzen ari den hagaska uz-kurturik dagoela ikusten da R inertzi sisteman",sistema horretan neurtutako luzera hagaskaren berezko sisteman neurtutakoa baino txikia goa dela adierazi nahi dugularik.Baina esaldi horrek zera pentsaraz diezaguke,R sisteman,dagoen

behatzaileak berezko sisteman dagoenak baino laburrago ikusten duela hagaska. Kontutan hartu behar da, beraz, Fisikan "ikusitza" adierazteko erabili ohi dela. Esandakoaren adibiderik argiena, Mekanika Kuantikoaren "behakizun" direlakoek osotzen dute. Liburu batzutan (2-5) hau guztia aipatu arren, generalean ez da behar bezala azpimarratzen eta zehazten, eta Erlatibitatean abiatzen diren ikasleei eragozpen bihurtu da. Horregatik, eta berezko interesa ere baduelakoan, lantxo hau ez dela alferrikakoa izango pentsatu dugu.

Hortaz, Erlatibitate Berezian neurri eta itxura kontzeptuen artean dauden desberdintasunak argitzen saiatuko gara. Lehen atalean, higitzen ari den hagaskaren luzeraren neurria zer den zehaztuko dugu, zeren eta, Erlatibitate Berezian buruzko testuliburu guttietan agertu arren, hemen berriro gogoratzea komeni baita. Hagaska berbera nola ikusten den aztertuko dugu bigarren atalean. Hirugarren eta laugarrenean kubo baten eta edozein gorputzen itxura geometrikoaz arituko gara. Aurkeketan lorturiko emaitzak interpretatzen saiatuko gara bosgarren atalean zehar. Seigarrenean objektu hurbilak nola ikusten di-

ren ikertzen duten lan batzuei aipatuko ditugu. Amaitzeko, hiritik latibista batean gertatzen diren auziei buruzko galdera bat egingo dugu.

### **higitzen ari diren gorputzen luzeraren neur eta**

Izan bitez bi inertzi sistema, R eta R\*. Demagun, gainera, R sistematik ardatz bakoitza R\* sisteman dagokion ardatzaren paraleloa dela, eta  $t = t^* = 0$  aldiunean bi sistemen jatorriak puntu berean daudela. R\* sistema hori R delakoarekiko  $\vec{v} = v \vec{i}$  abiaduraz higitzen baldin bada, bi sistemetan egiten diren denbora eta koordinatuen neurrien arteko erlazioa Lorentz-en ondoko transformazio bereziak emandakoa da (6):

$$x = \gamma(x^* + vt^*); \quad y = y^*; \quad z = z^*; \quad (1)$$

$$t = \gamma\left(t^* + \frac{vx^*}{c^2}\right)$$

Hemen,  $\gamma = (1 - \beta^2)^{-1/2}$ ,  $\beta = v/c$ ; eta  $c$ , argiaren abiadura da.

Baldintza hauetan, izan bedi  $L_0$  berezko luzera duen hagaska bat,  $O^*x^*$  ardatzean eta R\* sistemarekiko pausagunean dagoena. Hagaskaren muturrei dagozkien abzisak  $x_a^*$  eta  $x_b^*$  baldin badira, honako adierazpen hau izango dugu

$$L_0 = L^* = x_b^* - x_a^* \quad (2)$$

Hagaska berbera neurtzeko, ondoko metodoa erabil dezake R sisteman dagoen behatzaileak. O X ar datzean ipini dituen makina fotografiko batzuren bidez, t aldiu-nean hagaskaren muturrak zein ab zisatan dauden neurtzen du. Demagun, lortu dituen emaitzak,  $x_a$  eta  $x_b$  baloreak direla. (1) transformazioa dela medio, ondoko adierazpenok lortzen ditugu:

$$x_a = \frac{1}{\gamma} x_a^* + vt ; \quad x_b = \frac{1}{\gamma} x_b^* + vt \quad (3)$$

Beraz, behatzaileak hagaskaren luzeratzat  $L = x_b - x_a$  balorea hartzen baldin badu, lorturiko neurria hauxe da:

$$L = \frac{1}{\gamma} (x_b^* - x_a^*) = \frac{1}{\gamma} L_0 \quad (4)$$

Emaitza honek Lorentz-en kontrakzio famatua adierazten digu, R sisteman lortutako luzera-neurria berezko sistemakoa baino txikiagoa dela hain zuzen ere. Jakina denez, fenomeno hau higiduraren direkzioan baino ez da gertatzen, eta hagaska O\* Y\* edota O\* Z\* ardatzean etzanda balego, bi sistemetan lorturiko neufriak berdinak izango liriateke.

Azpirarra dezagun, ezen R sisteman makina fotografiko guztiek aldiune berebean klak egin arren, R\* sistematik ikusita, aldiune ba-

natan egin dutela, aldiberekotasuna erlatiboa baita.

## **higitzen ari den hagaska nola ikusten dugun**

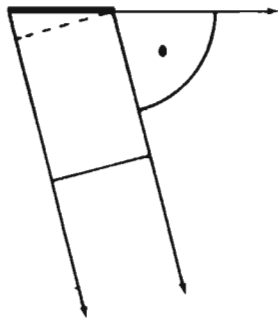
Behatzailearengandik oso urrun eta berarekiko pausagunean dagoen objektu bati bagagozkio, begiraino edota makina fotografikoraino helitzen diren argi-izpiak paralelotzat har ditzakegu. Gainera, erretinan edota fotografian agertzen den irudia batetik, eta aipaturiko izpien eta plano perpendikular baten elkargunea bestetik, antzekoak dira, ikuspuntu geometrikoz.

Ikusten den objektua, urrun egon da ere, higitzen baldin bada, beste hipotesi bat egin behar dugu aurreko antzekotasuna gordetzeko; irudia erretinan edota fotografian eratzten deneko denbora-tartean behatzailearenganaino iristen diren argi-izpien direkzioa ez dela aldatu, hain zuzen ere. Eta horrela suposatuko dugu, gauzak erraztu egiten baitira eta praktikan gerta daitezkeen kasuetan, behaketa astronomikoetan alegia, horrela jazotzen baita.

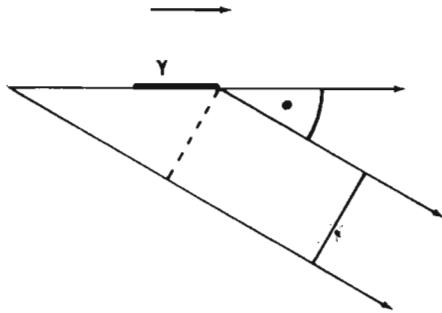
Esandakoaren arabera,  $\theta^*$  angelupean eta urrunetik begiraturik (iku. 1. irudia) O\* X\* ardatzean pausagunean dagoen  $L_0$  luzeradun hagaska, eta  $L_0 \sin \theta^*$  luzera iza-

nik behatze-direkzioaren perpen-  
dikularra den  $P_A P_B$  hagaska hipo-  
tetikoa, berdin-berdina ikusiko  
ditu  $R^*$  sistemako behatzaileak.  
Hagaska  $O^* Y^*$  ardatzean balego,

$L_o \cos \theta^*$  luzeradun eta behatze-  
-direkzioaren perpendikularra  
den hagaska hipotetikoaren berdi-  
na ikusiko litzateke.



1. Irudia



2. Irudia

Azter dezagun, orain,  $R$  siste-  
mako behatzaileak hagaska ber-  
bera angelupean nola ikusten  
duen. Aldiune batean  $B$  muturre-  
tik fotoi bat behatzailearen be-  
girantz abiatzen baldin bada,  $A$   
muturretiko fotoiak, aldiune ber-  
berean heltzeko,  $\Delta t$  denbora-tar-  
tea lehenago irten behar du,  $A$   
delakoa  $A'$  puntuan zegoenean ale-  
gia.  $\Delta t$  tartean, hagaskak  $A'A = a$   
bidea egin du eta  $A$  muturretiko  
fotoiak,  $\rho^{-1} a$  luzerakoa (ikus 2.  
irudia). Erraz ikus dezakegunez,  
honako erlazio geometriko hau  
dugu:

$$a = \gamma^{-1} L_o \frac{\cos \theta}{\beta^{-1} - \cos \theta} \quad (5)$$

Horretarako aski da ondoko  
berdintzaz konturatzea:

$$\beta^{-1} a = (a + \gamma^{-1} L_o) \cos \theta \quad (6)$$

Hortaz, behatzaileak ikusten  
duen itxura,  $P_{A'}$  eta  $P_B$  puntuen  
artean dagoen beste hagaska hipo-  
tetikoa batena da, ondoko  $P_{A'} P_B =$   
 $= d_b$  luzera duenarena hain zuzen:

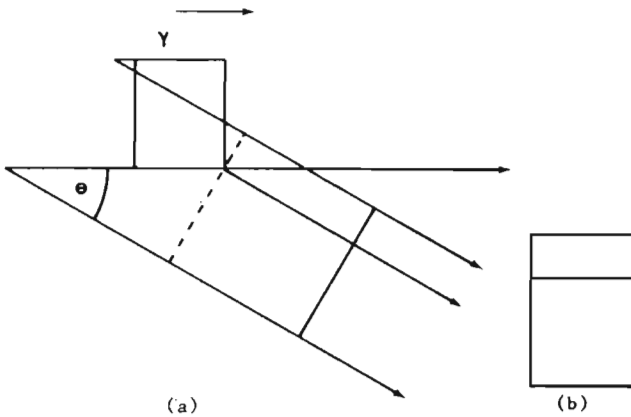
$$\begin{aligned} d_b &= (a + \gamma^{-1} L_o) \sin \theta = \\ &= L_o \frac{\gamma^{-1} \sin \theta}{1 - \beta \cos \theta} = L_o \sin \theta^* \quad (7) \end{aligned}$$

non  $\theta^*$  delakoa,  $R^*$  sisteman argi-izpien eta  $O^* X^*$  ardatzaren artean dagoen angelua baita. Argi-aberrazio ezaguna (7,8) dela medio,  $R$  sisteman  $OX$  ardatza eta argi-izpien arteko angelua baldin bada,  $R^*$  sisteman neurtzen den an-

geluak ondoko adierazpenek emandako  $\theta^*$  balioa duela gogoratu behar dugu hemen;

$$\sin \theta^* = \frac{\gamma^{-1} \sin \theta}{1 - \beta \cos \theta} ; \cos \theta^* = \frac{\cos \theta - \beta}{1 - \beta \cos \theta} \quad (8)$$

**higitzen ari den kubo**



3. Irudia

Demagun, kubo oso urrun dagoela eta  $\theta$  behatze-angelua (ikus 3(a) irudia) txikia dela. Aurreko kasuaren antzera, A ertzetik fotoiek, B-tikoekin batera heltzeko, A ertza  $A'$  puntuan zagoenean irten behar izan dute, eta C ertzetik  $C'$  puntuan.  $C'C$  distantzia b baldin bada,  $C'C''$  delakoa  $\beta^{-1} b$  izango da. Aipaturiko  $C'C''$  segmentua ardatz horizontal eta bertikalean projektatuz, zera lortzen da:

$$L_o = d_a \cos \theta + b \beta^{-1} \sin \theta \quad (9)$$

$$b \beta^{-1} \cos \theta = d_a \sin \theta + b$$

eta hemendik,

$$d_a = L_o \frac{\cos \theta - \beta}{1 - \beta \cos \theta} \quad (10)$$

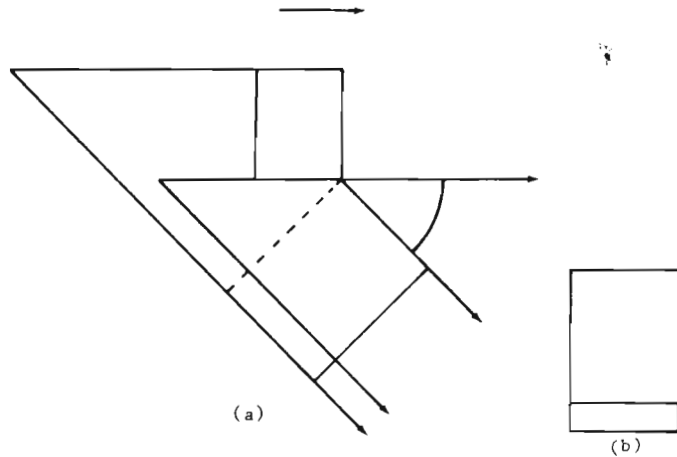
non  $d_a = P_C, P_B$  eta  $\theta^*$  delakoa  $R^*$  sisteman neurtutako behatze-angelua den.

Aurreko puntuan ikusitakoaren arabera,  $P_B P_A = d_D$  distantzia (7) adierazpenak emandakoa da. Beraz, kuboaren itxura, 3(b) irudian ikusten denaren proportzionala izango da.

Kontura gaitetzen,  $d_a$  balioak ez-negatiboa izan behar duela eta, ondorioz, (10) adierazpenak  $0 \leq \theta \leq \arccos \beta$  (edo, gauza bera dena,  $0 \leq \theta^* \leq \frac{\pi}{2}$ ) tartean baka-

rik balio duela. Honexegatik esan dugu angelua txikia dela.

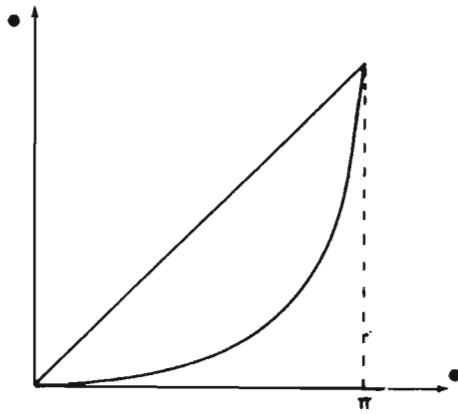
$\arccos \beta \leq \theta \leq \pi$  tartean, kuboaren atzeko aurpegia ikusten da, behatzailearen begiraino iristen diren argi-izpiak,  $R^*$  sisteman atzerantz, hau da  $\frac{\pi}{2} \leq \theta^* \leq \pi$  angeluz, igorritakoak baitira. Kuboaren itxura 4(b) irudiarena izango da, eskala-faktore bat gorabehera.



4. Irudia

4(a) irudiaz eta aurreko metodoaz baliatuz, erraz lor daitekeenez,  $P_A P_D$  balioa ondoko  $d_c$  hau izango da:

$$d_c = -L_o \frac{\cos \theta - \beta}{1 - \beta \cos \theta} = -L_o \cos \theta^* \quad (11)$$



5. Irudia

5. irudian,  $\theta$  eta  $\theta^*$  angeluen arteko erlazioa erakusten da, bi abiaduraren kasuetan. Abiadura oso handia ( $\beta \approx 1$ ) baldin bada,  $\theta$  angeluak oso balio txikia duenean baino ez da  $\theta^* = \pi/2$  baldintza betetzen;  $\theta$  balio handiagoen kasuetan, ordea, atzeko aurpegia dakusa behatzaileak, nahiz eta kuboaren berarengan nantz hurbildu.

Emaitza hau ez da pentsa genezakeen bezain harrigarria. Mekani-ka ez-erlatibistan ere, hegazkin baten pilotuak harri bat atzerantz botatzen baldin badu, lur-rean dagoen behatzailearekiko harria aurrerantz joan daiteke, bai eta hasieran hegazkinaren aurrean zegoen objektu bat jo ere. Dena dela, adibide hau, argigarria bada ere, ez da guztiz egokia, argiaren abiadurak ez baitu

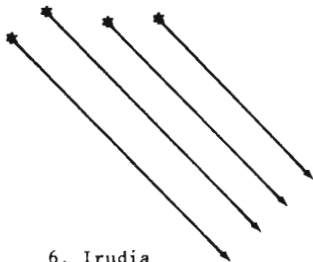
argi-iturriaren dependentziarik.

### kasu orokorra

Aurreko bi ataletan lorturiko emaitzak guztiz orokorrak dira, ikusten den objektua oso urrun baldin badago. Beraz erakusteko, Weisskopf-en (9) frogapen dotorea erabiliko dugu.

Izan bitez, behatzailearenganantz hurbiltzen den gorputz baten A, B, C, D, ... puntuetan sorturiko argi-pultsuak (ik. 6. irudia),  $\vec{k}$  bektorearen direkzioaren hedatzen direnak. Demagun aldiune bakoitzean denak daudela  $\vec{k}$  bektorearen perpendikularra den plano batean; hau da uhin-fronte bat osotzen dutela. Beraz, aldi berean helduko dira behatzailearen begira eta honek ikusten duen itxura edo

irudia osotuko dute erretinan.



6. Irudia

Baina hau behatzailearen erreferentzialetik ikusita dago. Zer gertatzen ote da beste sistemetatik ikusita eta, bereziki, gorputzaren berezko sistematik? Ezer baino lehen, argi dago  $\vec{k}$  bektorearen direkzioa ez dela aldaezina eta argiaren aberrazioa adierazten duten (8) formulen bidez transformatu delako.

Haatik, uhin-frontearen eta hedatze-direkzioaren arteko perpendikularitasuna aldaezina da inertzi sistemen arteko aldaketa guztiekiko. Pultsuak, beraz, inertzi sistema guztietan aldi berean heltzen dira hedatze-direkzioaren perpendikularra den plano batera. Areago, inertzi sistema guztietan irudi berbera sortuko dute aipaturiko planoan, uhin-fronteko puntuen arteko distantzia magnitude aldaezina baita. Azken hau ikusteko, har dezagun erreferentzi sistema baten

O X ardatza pultsuen hedatze-direkzioan. Dakigunez, bi gertaeraren arteko tarte espazio-denbora la,  $(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2 - c^2 (t_1 - t_2)^2$ , aldaezina da. Gertaerok, uhin-fronteko bi pultsu baldin badira,  $x_1 = x_2$  eta  $t_1 = t_2$  dugu eta, beraz, pultsuen arteko distantzia den  $d^2 = (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2$  balioa aldaezina da.

Hau guztiau ikusita, argi dugu ondorioa:  $\Theta$  angelupean behatzailearen ganantz higitzen d $\bar{n}$  gorputz urrunaren itxura, gorputzaren berezko sistema eta  $\Theta^*$  angelupean ikusiko genukeen berbera da,  $\Theta$  eta  $\Theta^*$  angeluen arteko erlazioa (8) adierazpenek ematen dutelarik.

### interpretazioa eta iruzkina

Honaino heldurik, saia gaitezen lan honen izenburua den galderari erantzuten. Ikus ote dezakegu Lorentz-en uzkurdura? Terrell-ek<sup>1</sup> ezetz dio; baina, Scott eta Viner-ek<sup>10</sup>, baldintza egokietan erantzuna baiezkoa dela uste dute. Weinstein-ek<sup>11</sup>, baldintzen arabera, uzkurdura edo luzapena ikus daitezkeela adierazten du.

Dena dela, gai honi buruz bibliografian agiten diren adierazpenak bitan sailkatu beharra dago, eta<sup>1</sup> hementxe datza gure eritziaren oin



arria.

Adierazpen batzuren edukia eta esanahi fisikoa argi eta zehatzak direla aitortu dugu. Adibidez, 1. atalean, R sisteman neurtutako luzera  $R^*$  sisteman neurtutakoa baino txikiagoa dela esatean, diogunaren esangura argi dago, neurtze-prozesu nahastezin batzuren bidez lorturiko bi zenbakiri baitagozkie. Ku boaren atzeko aurpegia ikusten dela diogunean ere, oso gauza zehatza baieztatzen dugu, aipaturiko aurpegitiko fotoiak behatzailearen begietaraino heltzen direla hain zuzen ere. Azkenean, 1. taulan adierazten diren lau egoeretan gauza berbera ikusten dugula esatean, aurreko ataletan frogatu dugun dunda gabeko

emaitza aipatzen dugu. Emaitza hau, behatzaileaz kanpoko gertakari batzuri dagokienez gero, beronek daukan jakituriaren, onartzen dituen hipotesien, eta heziketarengatik edo gogokoen dituen interpretazioen guztiz independente da. Baieztatzen duguna, derragun berriro, lau kasutan erretinan agertzen den irudia berbera dela da.

Era tazitu zein explizituan, behatzaileak egiten dituen interpretazioei bagagozkie, ordea, problema askorekin egiten dugu topo.

Demagun, esate baterako, aurreko ataletan aztertutakoan oi

Inertzi sistema	Kuboa	Behatze-angelua <sup>(*)</sup>
R	higiduran	$\theta$
$R^*$	pausagunean	$\theta^*$
R	pausagunean	$\theta^*$
R	pausagunean eta $\theta^* - \theta$ angeluaz biratuta	$\theta$

(\*) OHARRA: Literaturan,  $\pi - \theta$  edota  $\pi - \theta^*$  direlakoak izaten dira "behatze-angelu" deiturikoak. Gure aukera, lan honen kalkuluak errazteko moduan egin dugu.

narrituta eta ondorio gisa, zera diogula: Behatzaileak, uzku  
rik gabe baina  $\theta^*$  -  $\theta$  angeluaz  
biratuta ikusten du higitzen ari  
den kuboa. Zer pentsa genezake  
adierazpen honetaz? Ez, noski,  
egite objektibo eta frogatu bati  
dagokionik, baizik eta behatzai-  
le batek egin lezakeen interpre-  
tazio zilegi, baina subjektibo  
bat dela. Horretarako, kuboa pau-  
sagunean (edo, argiaren abiadura  
infinitua dela usteko balu, higi-  
duran) dagoela eta ertz guztiak  
 $L_0$  luzerakoak direla suposatuko  
luke behatzaileak eta kalkulu ba-  
ten ondoren, edota bere experien-  
tzian oinarriturik, behatze-ange-  
luak  $\theta^*$  balio duela aterako lu-  
ke ondorio gisa.

Garbi ageri denez, era honeta  
ko interpretazioak asko dira  
(irakurleak berak ere aurki di-  
tzake batzu) eta guztien zuzenta-  
suna eta egia guztiz berdina di-  
ra, goian aipatutako zentzuan.  
Horien artean, honako interpreta-  
zio hau ere badago: Erlatibitate  
Berezia ezagutuz, kuboa  $v$  abiadu-  
raz higitzen dela eta behatze-ang-  
gelua  $\theta$  delakoa dela suposatzen  
duen behatzailearena, zeinek,  
ertz guztien berezko luzera  $L_0$   
baliokoa dela aitortu behar bai-  
tu.

Lorentz-en uzkudura ikus de-  
zakegunentz jakiteko, aukera de-  
zagun oso kasu konkretu eta e-  
rraza, posible diren guztien az-  
terketa luzeegi gertatuko baili-  
tzateke. Demagun, hagaska  $\theta = 90^\circ$   
angelupean ikusten dugula. Kasu  
honetan, (7) adierazpenak  
 $d_b = \gamma^{-1} L_0$  dela diosku. Ondoko  
bi baieztapen objektibo eta fro-  
gatuak egin ditzakegu:

a) Pausagunean legokeen  $\gamma^{-1} L_0$   
luzerako hagaska hipotetiko  
bat (hau da, Lorentz-en uz-  
kurduraren araberako luzera  
duen hagaska)  $\theta = 90^\circ$  ange-  
lupean ikusiko lukeen bezala  
xe dakusa behatzaileak azter-  
turiko hagaska.

b) Pausagunean legokeen  $L_0$  luze-  
rako hagaska hipotetiko bat  
(hau da, uzkudurarik gabeko  
hagaska)  $\theta^* = \arcsin \gamma^{-1}$   
angelupean ikusiko lukeen be-  
zalaxe dakusa R sistemako be-  
hatzaileak aipatutako hagas-  
ka.

Behatzaileek egin ditzaketen  
baieztapen subjektibo zilegien  
artean, honako biok daude:

a') Ikusten dudana, pausagunean  
eta  $90^\circ$ tako angelupean iku-

sita dagoen  $\gamma^{-1} L_0$  luzerako hagaska da.

b') Ikusten dudana, pausagunean eta arc sin  $\gamma^{-1}$  angelupean ikusita dagoen  $L_0$  luzerako hegaska da.

Erlatibitate Berezia menperatzen duen behatzaile bati, v abiaduraz higitzen ari den hagaska bat  $90^\circ$ -tako angelupean ikusten duela esango bagenio, hagaskaren berezko luzera  $L_0$  dela esango luke; eta horrela dela baieztatuko bagenio, Erlatibitate Berezia eta, batez ere, Lorentz-en uzkurduraren baiezta pen experimentalak dela erantzun go liguke.

Beraz, Lorentz-en uzkurdura ikus dezakegula adierazten duen eritzia eta ikusten dena gorputzen biraketa dela uste duena, ez dira elkarrekiko kontraesankorrak, zehazkabeak eta ezosoak baizik.

### **objektu hurbilei buruzko ohar bibliografikoa**

Ikusten den gorputza hurbil badago, edota handia baldin bada (azken batez, begitik angelu handia osotzen baldin badu), irudiaren eratze-prozesua konplikatua da eta ezin ditzakegu

hipotesi berberak egin.

Informazio gisa, gai hau ikertzen duten lan batzu aipatuko ditugu, bertan lortzen diren emaitzak kritikagarriak gerta daitezkeela oharteraziz.

Oso denbora gutxi dela, Gibbs-ek<sup>(12)</sup> higitzen ari den hegaskaren *fotografia idealizatua* nola egin daitekeen ikertu du.

Boas-ek<sup>(13)</sup>, esfera batek zirkunferentzi itxura erakusten duela beti eta segmentu zuzena kurbaturik ager daitekeela dio.

Scott eta Viner-ek<sup>(10)</sup> kaxa-multzo baten itxura ikerturik, higiduraren direkzioaren perpendikularrak diren gainazal launak hiperboloideak bailiren ikusten direla baieztatzen dute.

Mathews eta Lakshmanan-ek<sup>(14)</sup>, gorputzak higiduran eta pausagunean dituen itxuren arteko erlazioa, higiduraren direkzioaren paraleloak diren luzamendu eta uzkurdura batzuren konbinazio ez uniformeak dela diote eta, horrela, gorputz urrunen kasuan ere erlazio hori ez dela biraketa hutsa.

Scott eta Van Driel-ek<sup>(15)</sup> on doko gorputzen itxura eman dituz

te: i) konstelazio batzu dituen esfera zerutiarra, ii) behatzai-learengandik hurbil igarotzen den esfera, iii) bagoi paralelepipedikoek osotutako trena. Lan honetan ematen dituzten irudietan, agertzen diren distortsioak ikus daitezke. ii) kasuan Boas-ek<sup>(13)</sup> esandakoarekin bat datoz.

Azkenean, aipa dezagun, Sherrer eta Bartel-ek<sup>(16)</sup> higitzen ari diren gorputzen itxura irudi katzeko konputadore-programa bat prestatu dutela.

### **epaile erlatibista**

Demagun, Mr. Tompkins-ek<sup>(17)</sup> bisitatzen duen hiriko epaileek Erlatibitate Berezia menperatzen dutela. Berau ez da zentzugabeke ria hutsa zeren eta, aipaturiko lekuan argiaren abiadura oso txikia denez gero, eguneroko bizitzan jazotzen diren gertakari gehienak erlatibistak baitira.

Hiri honetan, ertzain batek isundu egin zuen automobil baten gidaria, beronek semaforo bat errespetatu ez zuela eta. Gidariak, ordea, errugabe jotzen zuen bere burua.

Erlatibitate Berezia ezagutzen zuen gidariak erabili zituen argudioak zeintzu izan ziren eta, hala ere, epaileak isuna ordaintzera zergatik kondenatu zuen, irakurleak berak asma dezake. Dena dela, kontutan harbeza ezen arazo honen erantzun klasikoa, Doppler-en efektuan oinarritzen dena alegia, lan honetan zehar erakutsitakoa dela medio, ezegokia gerta litekeela.

Bukatu aurretik, ohar bat. Gamow hiriko behatzailleek, abiadura erlatibistaz higitzen ari diren objektuak egunero ikusten dituztenez gero, ez diete beren buruei galdetzen Lorentz-en uzkurdura ikusten dutenentz, eta objektuen abiadura eta dimentsioak automatikoki somatzen dituzte, guk urrun dagoen etxea uzkurthurik ote dagoen pentsatu ere egiten ez dugun bezalaxe.

Amaitzeko, J.R. Etxebarria lagunari eskertu behar diogu lantxo honen euskara aldetiko zuzenketagatik.

## BIBLIOGRAFIA

1. J. Terrell. *Phys.Rev.* 116, 1041 (1959).
2. R. Resnick. *Introducción a la teoría especial de la Relatividad*. Limusa. México (1977). 72-73 or.
3. B.G.Levich. *Física teórica*. Vol. I. Reverté, Barcelona (1974). 326-330 or.
4. A.P.French. *Relatividad especial*. Reverté.Barcelona (1974). 172-174 or.
5. J.B.Marion. *Dinámica clásica de las partículas y sistemas*. Reverté. Barcelona (1975) 370-371 or.
6. L.Emaldi, J.R.Etxebarria, B.Jaureguizar eta B.Zurimendi. *Erlati-bitatearen teoriaaren teoria espeziala*. U.E.U. Iruñea (1978). 34-45 or.
7. J.H.Smith. *Introducción a la teoría de la Relatividad especial*. Reverté. Barcelona (1969). 75-76 eta 26-28 or.
8. Goiko 6. liburua 82. or.
9. V.F.Weiskopf. *Phys. Today* 13, 24 (1960).
10. G.D.Scott and M.R.Viner. *Am. J. Phys.* 33, 534 (1965).
11. R.Weinstein. *Am. J.Phys.* 28, 607 (1960).
12. R.E.Gibbs. *Am. J. Phys.* 48, 1056 (1980).
13. M.L.Boas. *Am. J. Phys.* 29, 283 (1961).
14. P.M.Mathews and M.Lakshmanan. *Nuovo Cimento* 12 B, 168 (1972).

15. G.D. Scott and H.J. Van Driel. *Am. J. Phys.* 38, 971 (1970).
16. D.L. Shirer and T.W. Bartel. *Am. J. Phys.* 35, 434 (1967).
17. G. Gamow. *Matter, Earth and Sky*. Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey (1958). 178 or.