

# ERLATIBITATE BEREZIAK 80 URTE

M. Rivas, J. M. Aguirregabiria eta A. Hernandez

Fisika-Departamentua, Zientzi Fakultatea, Euskal Herriko Unibertsitatea, P.N.644, Bilbo

**Erlatibitate Bereziaren oinarriak ezarri zituen artikulua 80. urteurrena, aurtengo irailean ospatzen da. Lan honetan, aipaturiko teoriaren historia zientifikoaren laburpena egin nahi da.**

Masteko, aipa ditzagun hemen aztertuko ez ditugun gaiak. Lehenengo eta behin, esan dezagun Erlatibitatearen Teoria Bereziari mugatuko gatazkiola, gazteago eta guztiz izate desberdinekoa den Erlatibitate Orokorra alde batera utzita.

Erlatibitate Bereziak Fisikaren arlotik kanpo izan duen eragina ere ukitu gabe utziko dugu. Horrela, ez ditugu aztertuko Erlatibitate Bereziarekiko zerikusia duten alde filosofikoak ez eta teoriaren ondorio teknologikoak ere.

Era berean, Erlatibitate Bereziari buruzko gairik interesgarrienetako bat, herri interesa pizteko duen gaitasuna alegia, lan honetatik at utzi beharko dugu. Izan ere, teoria honen izenak (ez, ordea, bere edykiak) lortu duen hedakuntza giro zientifikoak (eta bai ingurune ikasiak ere) baino askoz zabalagoa da. Ikuspuntu soziologikotik, gai interesgarria dugu hau, dudarik ez, baina beraren azterketak gureak baino gaitasun egokiak eskatzen ditu.

Lantxo honen mugak kontutan harturik, tesuan aipatzen diren erreferentziak biltzeaz gain, hemen ikusitako gaiak eta kanpoan geratu direnak aztertzen direneko libururik es-

kurakoieneen zerranda labur bat ipini dugu lanaren amaieran.

Mas gaitezen, ba, hemen ukituko ditugun gaiak zeintzu izango diren esaten. Lehenengo atalean, Erlatibitate Bereziaren hasieraren aipamen laburra egingo da, horretarako teoria honen edukia eta helburuak, alde batetik, eta *Einstein*-en ekarpena, bestetik, azpimar-katzen direlarik. Geroko garapenak, bigarren atalean azalduko ditugu.

Hirugarrenean, partikula-sistemen dinamika erlatibistaz arduratuko gara. Gai hau izan da azkeneko urteotan Erlatibitate Bereziari buruz egindako ikerkuntz gairik garrantzitsuena eta, oraindik ere, zabalik dago.

Laugarren atalean, Erlatibitate Berezia Fisikaren beste teorietatik bereizten duen aldea aztertuko dugu, heterodoxoen ugaritasuna, hain zuzen ere.

Amaitzeko, azkeneko atalean, teoria honek besteen artean betetzen duen zereginaz arituko gara.

Laburpen moduan ondoko hau esan dezake-

gu. Hasieran Erlatibitate Bereziak izaera iraultzailea zuen, eta horrelakoa izaten jarraitzen du gaur egun ere Fisikaren mundu profesionaletik kanpo. Baina, zentzu batean, fisika klasikoaren gailur gorena izan dela esan daiteke eta, bestalde, Fisika modernoaren etorrera erraztu zuen. Gainera, eguneroko zereginetan fisikariak erabilitako oinarritzko tresna bihurtu zen laster.

Ondorio bezala eta teoriaren laburpen zientifikoa egitera beharturik, hauxe esango genuke: **80 urteotan Erlatibitate Berezia erabili**

egin dugu.

### Einstein-en ekarpena.

Erlatibitate Berezia ezarri zuen artikulua [1], 1905. urtean Einstein-ek argitaratu zuenak alegia, *Higitzen ari diren gorputzen elektrodinamikaz (Zur elektrodynamik bewegter Körper)* izenburua zuen. Geroago ikusiko dugunez, izen hau ez zen ustegabekoa, espazio eta denborari buruzko teoria iraultzailea ezartzera Einstein bultzatu zuten zergatikoen agerpena baizik.



Albert Einstein iparrameriketako larrugorriekin

izenburu gabeko sarreraz gain, bi zati zituen artikulua, **zati zinematikoa** eta **zati elektrodinamikoa** hain zuzen, eta horrela hasten zen:

*Jakina denez, Maxwell-en elektrodinamika-gaur egunean ulertzen den moduan- higitzen diren gorputzei aplikatzean, irudiz fenomenoek eskatzen ez dituzten asimetriak agertzen dira. Har dezagun, adibidez, iman eta eroale baten arteko elkarrekintza elektromagnetikoa. Hemen ikusten den fenomenoak eroale eta imanaren arteko higidura erlatiboaren menpekotasun hutsa izan arren, gor-*

*putz hauetatiko bata ala bestea higitzen direneko kasuen arteko bereizpen zorrotza egiten du ohizko ikuspuntuak...*

Teoria fisikoek asimetria gabekoak izan behar dutelako ustea izan zen, dudarik ez, Maxwell-en elektrodinamikak ebatzi gabe utzi zituen bi arazoak askatzera Einstein bultzatu zuen arrazoi garrantzitsuena edota bakarra.

Izan ere, Maxwell-ek 1864. urtesarte egindako lanei esker, fenomeno elektriko eta magnetikoei buruzko teoria bateratua zegoen. Teoria honen arabera, dena betetzen duen

ingurunean, **eterrean** alegia, gertatzen dira bai fenomeno elektrikoak eta bai magnetikoak ere. Baina ebazteke zeuden ondoko bi arazoak; higitzen diren gorputzen elektrodinamika eraikitzea eta higitzen diren gorputzek eterra herrestan daramatenentz erabakitzea. Azkeneko posibilitate hau *Fresnel*-ek iradoki zuen, inerti behatzaille guztiekiko argiaren abiadura berbera izatearen zergatikoa emateko. Emaitza hau, *Galileo*-ren abiadura-konposaketaren legearen kontra egoteaz gain, ez zetorren bat *Maxwell-Lorentz*-en elektrodinamikari buruz orduan egiten zen interpretazioarekin. Azken honen ondorioz, argiaren abiadura, eterrekiko pausagunean dauden behatzailleekiko bakarrik da konstantea.



James Clerk Maxwell.

Era berean, *Maxwell*-en ekuazioen ondorioz den uhin-ekuazioa eterrarekin loturik zegoen sisteman bakarrik zela zitegi suposatzen zen. Naatik, ekuazio honek eterrarekiko abiadura konstantez higitzen den sisteman ez du eite berbera, baldin eta gertaera berberaren kasuan bi sistemetan neurtutako koordenatuen arteko erlazioa *Galileo*-ren transformazioek emandakoa dela suposatzen bada.

Asimetria honi amaiera emateko proposatu zuen *Lorentz*-ek 1 egile honen izenaz ezaguturiko transformazio berriak.

*Einstein*-en orijinaltasuna, arazoaren planteiamendu zuzena egitean datza. Horretarako, oinarriko bi postulatu berri aurkeztu zituen. Lehenbizikoa, esperientziak askotan baieztatua, inerti behatzaille guztiekiko argiaren abiadura berbera dela adierazten duena dugu. Bigarrena, teoria fisikoei asimetria formal gabekoak izan behar zutelako ustea alegia, Erlatibitate Printzipioaren izenaz ezagutzen da eta Fisikaren lege guztiek -eta ez bakarrik elektrodinamikarenekin- inerti behatzaille guztiekiko berdina izan behar dutela adierazten du.

Ikuspuntu emankor honetatik ikusita, eterra gainezko kontzeptua gertatzen zen eta, beraz, arazo etsipengarri hau desagertu egin zen.

Aipaturiko postulatuetatik abiatutik, bi behatzaille desberdinek gertaera berberari egokierazten dizkioten koordenatu espazio-denboralen arteko erlazio berria asmatu zuen *Einstein*-ek. Erlazio hau, eterrari loturik zegoen interpretaziotik abiatutik *Lorentz*-ek lehenago proposaturikoaren berdina izatea gertatu zen. Baina *Einstein*-en teorian, geroago *Lorentz*-en transformazioak izenarekin ezagutuko zirenak, oinarriko postulatuetatik, arrazonamendu zinematik hutsen bidez eta kontsiderazio elektromagnetikorik egin gabe lortu ziren. Horrela, ikuspuntu honetan espazio-denboraren kontzeptzio berria gertatzen zen.

*Einstein*-en teoriaren kontextuan, *Lorentz*-en transformazioaren ondorioz, inerti sistema batean aldiberekoak diren bi gertaerak ez dira horrelakoak izango beste sistema batean, posizio berebean ez badaude behintzat. Ondorio bezala, fenomenoaren luzapen denborala edota gorputzen luzera desberdina izango da sistema bietan. Halaber, aipaturiko transformaziotik abiadura-konposaketaren lege berria lortzen da eta azken honek, espero bezala, argiaren abiadura inerti behatzaille guztiekiko berbera izatea ondorioztatzen du.

Labur esanda, *Einstein*-en lanak zutik eta ia-ia ukitu gabe uzten du *Maxwell-Lorentz*-en elektrodinamika, baina azken teoria hau era naturalean sartzen deneko oinarriko inguru espazio-denboral berria emateri dio Mekanikari.

Aldiberekotasanaren izate erlatiboak sasi-pa-

radoxa begiko ugari sorrerazten ditu Paradoxa hauek deuseztatzen duten **sen onaren** mugak agerrerazi ditu *Einstein*-en teoriak. Haien arteko ezagunena **bikien** (edota *Langevin*-en) paradoxa dugu.

Erlatibitate Bereziaren alia *Einstein* dela esan ohi bada ere, ez litzateke bidezkoa izango *Henri Poincare*-ren ekarpenak ez alpatzea, laburki bederen.

*Elektroiaren dinamikaz* (*Sur la dynamique de l'électron*) izenburuaz bi artikulua argitaratu zituen *Poincare*-k [3]. Lehenengoa 1905.eko ekainaren 5ean agertu zen eta bigarrena 1906.eko urtean (1905.eko uztailaren 23an igorria izan zen baina). Hau da, *Einstein*-en artikulua famatua 1905.eko irailaren 26an agertu baino lehenago idatzi zituen *Poincare*-k artikulua hauek.

Artikulu hauetan, *Lorentz*-en transformazioek talde bat osatzen dutela adierazi zuen *Poincare*-k bai eta teoria fisikoak eraikitzeko aldaezintasun eta kobariantza kontzeptuak erabili behar direla ere. Bestaldetik, geroago Erlatibitate Bereziaren ohizkoak izango ziren teknika matematikoak erabili zituen lehenengoz. Gehienetan, teknika hauek *Minkowski*-ren izenarekin loturik agertzen zaizkigu gaur egunean.



Henry Poincare

Erlatibitate Bereziaren funtsezko ideien lehenbiziko formulazioa *Poincare*-rena ote zen

galde diezaiokegu geure buruari. Arazo korapilatsua dugu hau. Batzuk uste dute *Poincare*-k betebeharrak kontzeptual guztiak bazituen ere, beraren ikuspuntua elektromagnetikoez zela. Beste batzuren eritziz, osteraz, *Einstein*-en artikuluan dagoen guztia lehenago ulertu eta adierazi zuen *Poincare*-k.

Nolanahi ere den, badirudi *Einstein*-en lanak izan zirela zientzialari gehienek ezagutu zituztenak eta, beraz, Erlatibitate Berezia laster onartu bazuten, egile honi esker izan zela.

### Geroko garapenak.

Luzaro gabe *Einstein* bera [4] eta beste ikerkizailu batzuek hasi ziren teoria horabide desberdinetan garatzen. Horrela, *Lewis* eta *Tolman* partikula puntualaren dinamikara erlatibitatearen formulazioaz arduratu ziren. Erlatibitate Bereziaren garapenerako oso erabilgarria gertatu den espazio-denboraren adierazpen geometrikoa eraiki zuen *Minkowski* matematikariak. Era berean, ingurune jarraiak (*von Laue* eta *Tolman*), termodinamika (*Planck* eta *Hosenorde*) eta higitzen den inguruneko elektrodinamika (*Minkowski*, eta *Abraham*) aztertuak izan ziren teoria berriaren bidez.

Bestaldetik, ez dugu ahaztu behar Erlatibitate Bereziak Fisika kuantikoaren garapenean bete zuen zeregina. Eta hemen ez ditugu aipatzen *Einstein*-ek arlo honetan egindako ekarpenak (adibidez, Mekanika Kuantikoaren zutabe historikoa izan zen efektu fotoelektrikoaren azalpena), *Dirac*-en Elektroiaren Teoria baizik. Azken egile honek, Erlatibitate Bereziaren emaitzetan finkaturik, bere izenaz ezagutzen dugun ekuazioa ateratu zuen. Jakina denez, *Dirac*-en ekuazioaren aurreran famatuena antipartikulen existentzia dugu.

Beste garapenen artean, **Takioiak** alpa genitzaite adibide moduan, baina horrelako azterketen garrantzia akademikoagoa da.

Hemen gai bakar bat aztertuko dugu arretaz, partikula-sistemen dinamikara erlatibista hain zuzen ere.

### Partikula-sistemen dinamikara erlatibista.

Teoriaren jatorri elektromagnetikoa kontutan harturik, ez da harrigarri gertatzen Erlatibitate

Bereziak mugatutako barrutian eremu elektromagnetikoak deskribatzen dituzten ekuazioak, Maxwell-en ekuazioak alegia, ederki sartzea halaber, partikulen arteko elkarrekintzaren eramaletzat kontsidera daitezkeen beste eremu batzuren formulazio erlatibista dotoreak eraiki dira. Bestela esateko, Erlatibitate Bereziak oinarritzko barruti erosoak eskaintzen die garrantzi fisikoa daukaten eremuak.

Modu berean, kanpoko eremuaren eraginpean higitzen den partikula bakar baten azterketa era naturalean egin daiteke Erlatibitate Bereziaren Horrela, arazo honi dagozkien formulazio lagrangearra eta hamiltondarra eraiki daitezke.

Bi gorputzen arazoa, osteraz, guztiz izaerz desberdinekoa dugu. Eman dezagun, adibidez, bi karga puntualek osoturiko sistema isolatua. Partikula baten higidura kalkulatzeko, beraren gainean eragiten duen indarra eta, ondorioz, eremua ezagutu behar ditugu. Baina azken hau bigarren kargaren higidurak sorturikoa da. Bigarren partikula honekin antzeko arrazonomendua egin dezakegunez gero, irudiz ebaztezina den arazo baten aurrean gaude.

Guztiarekin ere, badaude korapilo hau askatzeko bide desberdinak. Bururatzen zaigun lehen, arazoaren deskribapenetik eremuak guztiz kentzea da. Erlatibitate Berezia baino lehenagoko Fisikan, metodo honek higidur ekuazio newtondarrek erabiltzera gakartza. Horrelako ekuazioetan, partikula biek aldi berean dituzten posizio eta abiaduren funtzioan adierazten da partikula bakoitzaren azelerazioa. Esate baterako, interakzio grabitatoriarren kasuan, Kepler-en problema ezaguna lortzen dugu honela. Nolanahi ere, aldibereko ekuazioek propietate matematiko oso ezagun eta erosoak dituzte; batez ere, badakigu beraiei dagozkien formulazio lagrangearra eta hamiltondarra eraikitzen eta, ondorioz, sistemaren kuantizazioa egiten.

Kasu erlatibistan gauza bera eginez gero, guztiz ekuazio desberdinak lortzen dira. Haurtan, partikula baten azelerazioa kalkulatzeko, berak aldi berean dituen posizioa eta abiadura, eta besteak lehenagoko une batean zituen posizioa, abiadura eta azelerazioa ezagutu behar ditugu. Aldagai atzeratuak di-

tuzten ekuazio hauek, korapilotsuagoak izateaz gain, txartoago ezagutzen ditugu eta, bereziki, oraindik ez dakigu kasu honetan formulazio lagrangearra edota hamiltondarra nola eraiki.

Dirudinez, aldiberekotasunaren izaera erlatiboak higidur ekuazio newtondarrek debekatzen zituela uste izan zen luzaro, eta bai azken hauek distantzian zehar hedaturiko aldibereko elkarrekintzari loturik zeudela eta, beraz, interakzio kausalek agertzen duten hedapen kausalarekin elkartezinak zirela ere.

Aldiberekoa eta erlatibista zen formulazio hamiltondar bat Dirac-ek [5] proposatu zuen lehenengoz, partikula-sistemen kasurako. Hala ere, Currie, Jordan eta Sudarshan ikertzaileek frogatutako **interakzio nulua**ren teorema-**ren** [6] arabera, lehen saiakera honek ez zuen benetako edukirik.

Azkenean, 1966. urtean frogatu zen Erlatibitate Bereziaren eta era newtondarreko higidura-ekuazioen arteko elkargarritasuna [7]. Geroxeago, eremuaren teoriei hedapen kausalek ez duela aldibereko ekuazioen posibilitatea baztertzen ikusi zen.

Arestian, **berezko auresankortzea** deituriko emaitza [9] frogatu da. Fenomeno hau dela eta, partikula-sistemen higidura-ekuazio efektiboak baldintza egokietan era newtondarrekoak dira prezeki.

Azkeneko urteotan Erlatibitate Bereziak ikerkuntz lerro nagusia izan da gal hau eta beroni buruzko laburpen teknikoak [10], erreferentzian aurki daitezke.

## Heterodoxoak.

Geroago ere esango dugunez, Erlatibitate Berezia Fisika modernoaren **fundamentu** zati bat dugu eta ikertzaileek oinarritzko tresna moduan erabiltzen dute (areago, ingeniartzaren arlo batzutan ere erabiltzen hasia da). Edoz ere, teoria honek beste guztiek (edo gehienek bederen) baino heterodoxo gehiago sorrerazi bide ditu bere inguruan. Nahiz eta ondo ezarritako ideien kontrakoak izan, askotan ez da erraz gertatzen heterodoxoen teoretan arrazonomendu-hutsak aurkitzea (Levy-Leblond-en termi-

nologiaz [11], **Theories aberrantes** direla esan dezakegu).

Adibidez, *Ives*, *Whittaker* eta *Builder*-ek Erlatibitatearen Printzipioa gaitzesten dute eta erreferentzi sistema berezi baten existentzia postulatzen dute. Sistema honetan higidura uniformeak esangura absolutua izango luke.

Irakurleari eskurakoiago gerta lekiokoen *Palacios*-en liburua [12] ere alpa dezakegu. Testu honetan, Einstein-en teoria azaltzeaz gain, teoria berri bat aurkezten du egile honek, bikien paradoxa zentzugabeko emaitza delako usteak bultzaturik.

Paradoxa hau dela eta, fenomeno hipotetiko bati buruzkoa izan beharrean, emaitza esperimental sendoekin guztiz elkargarria dela gogoratzea komeniko litzateke agian.

Beste heterodoxo gehiago alpa genitzake hemen (*Dingle*, *Marinov* Galileorenak egin nahian, eta abar), bai eta Fisikaren giro profesionaletik at daudenak ere. Izan ere, zaleen teoriak erakartzeko gaitasuna agertzen duten teoria zientifikoak ez dira asko, baina haien artean Erlatibitate Berezia (eta Erlatibitate Orokorra) dugu, dudarik ez.

Heterodoxoen gai orokorrari buruz, lehenago alpatu dugun *Levy-Leblond*-en artikulua atsegin guztiz gomendagarri gertatzen da.

**Erlatibitate bereziak gaurko fisikan duen betebeharra.**

la-ia teoria eraiki zenetik eta gaurko momen-

tura arte, Erlatibitate Bereziaren egoera ondoen deskribatzen duena, oinarritzko teoria instrumentala izatea da. Esan dugunez, laster onartu zen eta bai beste arlotan zekartzan ondorioak aztertzen hasi ere.

Ez dugu uste, Fisikaren eguneroko beharretan (eta, batez ere, Erlatibitate Orokorrean, Eremuen Teoria Kuantikoan, Oinarritzko Partikulen Fisikan eta Plasmaren Fisikan) erabilitako tresna -ia Matematika bezain oinarritzkoa dena- dela esatea gehiegi denik.

Ohizko erabilera honen argibide bezala, Erlatibitate Berezia espekulazio polit hutsa denetz galdetzen duenari erantzuten ohi zaiona alpa dezakegu hemen. Izan ere, esperientziak ondoen finkaturiko teoretatik bat dugu Erlatibitate Berezia eta egunero egiaztatzen da oinarritzko partikulak aztertzen direneko laborategietan.

Erlatibitate Bereziak duen oinarritzko izaera hau Fisikaren irakaskuntzan ere agerian dago, eta unibertsitateko lehenengo kurtsuetako programetan ere agertzen da teoria hau.

Amaitzeko, alpa dezagun Erlatibitate Bereziaren ideia batzuk (behar bezala orokortu eta egokitu ondoren, noski) Fisikaren beste teoria modernoan garapenean izan duten eragina haien artean, transformazio-talde batekiko aldaezintasunaren kontzeptua dugu emankorrena. ↕

#### ERREFERENTZIAK

1. Einstein, A.; *Ann. Phys.* **17**, 891 (1905)
2. Lorentz, H.A.; *Proc. Roy. Acad. Amsterdam* **6**, 809 (1904)
3. Poincaré, H.; *C.R. Acad. Sci.* **140**, 1504 (1905); *Rend. Circ. Mat. Palermo* **21**, 129 (1906). Lehen artikulua bigarrenaren laburpena dugu eta azken honen itzulpen gaurkotua ondokoa da: Schwartz, H.M.; *Am. J. Phys.* **39**, 1288 (1971); **40**, 862 (1972); **40**, 1282 (1972)
4. Einstein, A.; *Ann. Phys.* **18**, 630 (1905)
5. Dirac, P.A.M.; *Rev. Mod. Phys.* **21**, 392 (1949)
6. Currie, D.G., Jordan, T.F. and Sudarshan, E.C.G.; *Rev. Mod. Phys.* **35**, 350 (1963)

7. Currie, D.G.; *Phys. Rev.* **142**, 817 (1966); Hill, R.N.; *J. Math. Phys.* **8**, 1756 (1967); **9**, 222 (1967); Droz-Vincent, Ph; *Lett. Nuovo. Cimento* **1**, 839 (1969); *Phys. Scr.* **2**, 129 (1970); Bel, L.; *Ann. Inst. H. Poincaré* **12**, 307 (1970); Arens, R.; *Arch. Ration. Mech. Anal.* **47**, 255 (1972).
8. Bel, L., Salas, A. and Sanchez, J.M.; *Phys. Rev. D.* **7**, 1099 (1973)
9. Bel, L. in [10]; *C.R. Acad. Sci* **294**, 463 (1982)
10. Llosa, J. (ed); *Relativistic Action at a Distance: Classical and Quantum Aspects*, Springer, Berlin (1982)
11. Lévy-Leblond, J.M.; *Eur. J. Phys.* **1**, 248 (1980)
12. Palacios, J.; *Relatividad. Una nueva teoría*, Espasa-Calpe, Madrid (1960)

## BIBLIOGRAFIA

- a) *Einstein*-ek berak egindako teoriaren azalpenak.  
Einstein, A. ; *La Relatividad*, Grijalbo, Mexico (1970)  
Einstein, A. ; *El significado de la Relatividad*. Planeta-Agostini, Barcelona (1984).
- b) Dibulgazio-liburuak  
Landau, L., Rumer, Y.; *Así es la Teoría de la Relatividad*. Ricardo Aguilera Editor, Madrid (1968).  
Russell, B.; *ABC de la Relatividad*. Ariel, Barcelona (1978). Ed. Orbis (1985)
- c) Testu-liburuak  
French, A.P.; *Relatividad Especial*. Reverté, Barcelona (1974).  
Miller, C.; *The Theory of Relativity*. Oxford (1972).  
Misner, C.W.; K.S. Thorne, J.A. Wheeler, *Gravitation*. Freeman, San Francisco (1973)
- d) Azterketa filosofikoak  
Capek, M.; *El impacto filosófico de la Física contemporánea*. Tecnos, Madrid (1973).  
Mittelstaedt, P.; *Problemas filosóficos de la Física moderna*. Alhambra, Madrid (1969).
- e) Lan orokorrak  
Miller, A.I.; *Albert Einstein's Special Theory of Relativity*. Addison-Wesley, Reading, Mass. (1981)  
Pais, A.; *El Señor es sutil ... La ciencia y la vida de Albert Einstein*. Ariel, Barcelona (1984)  
Pearce Williams, L.; *La Teoría de la Relatividad*. Alianza Editorial, Madrid (1968).  
Sanchez, J.M.; *El origen y el desarrollo de la Relatividad*. Alianza Editorial, Madrid (1983).  
Tonnelat, M.A.; *Histoire du principe de Relativité*. Flammarion, Paris (1971).  
Woolf, H.W.; *Some Strangeness in the Proportion. A Centennial Symposium to Celebrate the Achievements of Albert Einstein*. Addison-Wesley, Reading, Mass. (1980)