

# ZIENTZIA NEWTONDARRAREN OINARRI FILOSOFIAK

Andoni Ibarra

Newton Fisika modernoaren sortzailetzat hartua izan da. Bere *Philosophiae Naturalis Mathematica* (1687) (*Natur Filosofiaren Printzipio Filosofikoak*) liburuko lorpenak garaikide zein ondoko zientzilariengan sortutako lilurak zerikusi handia du. Elhuyar. Zientzia eta Teknika aldizkariko beste zenbait artikulutan ikuspegi zientifikotik aztertuak izan dira lorpen horiek. Irakurtzen duzun honetan haren Zientziaren Filosofia, eta zehatzago, Fisika modernoari bide ematen dioten metodologia eta epistemologi oinarri orokorrak aurkeztuko ditugu, bere filosofi presupostu orokorrak (metafisikoak, teologikoak, esoterikoak, etab.) gerorako utziz.

## A. NEWTON-EN METODOLOGIA

Newton-ek bere burua natur filosofotzat zuen. XVII. mendean *natur filosofo* hitzak zera adierazten zuen: izadiaren fenomenoak, hots, gorputzen higidura eta ibilbideak, argi-izpiak eta abar ikertzen zituena. Natur filosofoa, beraz, egungo fisikaria zen. Eta bere lan gorenaren izenburuan azaltzen den *Philosophiae Naturalis* gure egungo Fisika besterik ez da. XVII. mendean bi pentsakera zeuden eta horien sintesia izango da Fisikaren sorrera. Alde batetik pentsakera fisiko-matematikoa (Descartes, Cavalieri, Fermat, Pascal, Barrow edo Huygens-en eskutik datorkiguna) eta bestetik, hain matematikoa edo deduktiboa ez, baina enpirikoago eta esperimentalagoa dena, (Gassendi, Boyle edo Hooke-rena). Zientzia berria, Fisika alegia, Newton-en bi hildo horien artean zerturiko sintesiaren emaitza da.

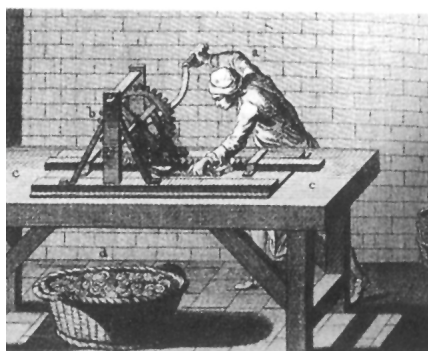
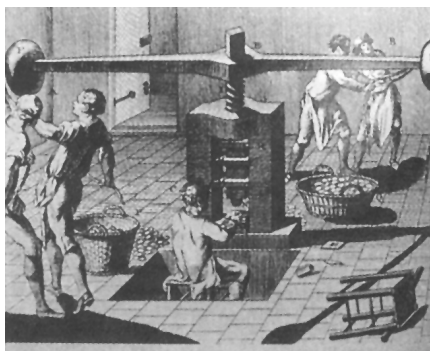
## Hipotesiak eta fenomenoak

Zientzia newtondarraren abiapuntua, indarren koantifikazio-azterketan datza. Indarrak ezin dira ikusi, baina zenbakien bidez adieraz daitezke. Ondorioz, izadian gertatzen diren fenomeno- en azalpena, finkatu beharko diren printzipio fisiko-matematikoekin (mekanikoekin) bat datorren indarren *konposaketazko* (sintesizko) sistemari jarraituz egin dezakegu. Hauxe da lehen helburua: printzipio mekanikoen zehaztapena.

Horretarako, hipotesi hutsean oinarrituriko azalpenak eragotziz (ikus *Opticks*-en (1704) hasiera), arrazoiaz (hau da, kalkulu matematikoz) eta esperimentazioaz bakarrik balia gaitzke. Hemen *hipotesia* enpirikoki egiaztatzeke dagoen azalpena dugu. Mintzaira newtondarrean beraz, hipotesiak aurretik finkaturiko onarpen kausalak dira; ez daude egiaztapen esperimentalaren menpean<sup>(1)</sup>. Hipotesiak fisikoak edo mekanikoak izan daitezke.

Newton-ek *hipotesi fisiko* hitza zentzu zehatzean erabiltzen du: egiaztapenik gabeko azalpen kausal gisa agertzen den Izadiko indar, substantzia edo egitura izendatzeko. Hipotesi fisikoa, berak baieztatzen dituen propietateetarako gorputz eta higidura neurgarrien azterketan erabil daitekeen kantitatezko analisi-mota berbera onartzen duenean, hipotesi mekaniko bihurtzen da. Beraz, Newton-ek funtsik gabeko premisa gisa ulertutako hipotesi fisikoak eragozterakoan, propietate neurtezinen azterketa eragozten zuen.

Dena den, nabari da Newton-ek hipotesiak hitzaren esanahi modernoan zertzen zituela ere, hots, geroago egiaztapen esperimentalala jasan behar duten pentsamendu gisa. Aieru hauei Newton-ek bere zahartzaroan *queries* edo *questions* (galderak) deitzen zien. *Queries* baieztatuak edo eragotziak diren bitartean, kontrastatze esperimentalera bideratzen ez duten *hipotesi* mekanikoak (horrela *hipotesi* gisa geratuz, *query* izatera iritsi gabe) baieztatu gabeko



Newton-ek bere biziaren azkeneko urteak moneta-etxearen arduradun bezala egin zituen. A makina akuinatzailea. B akabera emateko makina.

azalpenak dira, zergatizko fikzio hut-sak, alegia.

Ez da pentsatu behar ordea, Newton-ek hipotesi okerrik sekula egin ez zuenik. Kontraesan nabarmenetan ere sartu zen, bere *Principia*-ren *Scholium Generaleko hypotheses non fingorekin*. Leku desberdinetan formulatzen ditu horrelako hipotesiak<sup>29</sup>: Unibertso-sistemaren erdigunearen gelditasunaren ustea, edo argiaren izaerarekiko (eter ingurunean transmititzen diren gorputz-partikulez osatua dagoela ustea) adibidez. Hala eta guztiz ere, kasu haue-tan Newton-ek hipotesi gorpuzkularraz ari denean adibidez, argi bereizten du *aieru* gisako ulerpenaren eta honekiko berak duen teoriaren artean; bigarren hau bide esperimentalez erdietsia zuela-rik, jakina. Hauxe da beti zehatz agertu-ko zaigun puntua: froga daitekeen eta ezin daitekeenaren arteko bereizketa zorrotza.

Esperimentalki froga daitekeena bakarrik onartu behar da, hots, fenomenoetarik eratortzen dena. **Fenomenoak** bere zientzigitzaren abiapuntu dira (*argue from Phenomena without feigning Hypotheses*). Jakina, fenomenoak inplikazio zuzenak dituzten datu esperimentalak edo behagarriak dira, baina Newton-engan behaketa-kopuru finituan bakarrik oinarritzen diren legeak ere bai. Horregatik Kepler-en legeei esplizituki *fenomeno* izena ematen die. Bere aburuz legetzat baino gehiago datu behagarrien kopuru finitutik inferitzen diren erregulartasun empirikotzat jo genitzake.

### Analisi/Sintesi Metodoa

Zientziak fenomenoetarik (datu behagarri eta erregulartasun empirikoetarik) abiatu behar du eta analisi eta sintesi (edo *Konposaketa*) deritzon metodoaren arabera ihardun. Metodoaren lehen zatiak (*analisisa*, aipatu bezala)

esperimentu eta behaketetatik abiatu behar du lege edo printzipioen izaera edukiko duten ondorioak lortzeko, eta horretarako inferentzia analogikoan oinarritutako indukzio bidea bakarrik erabili (III. Erregela aipatzerakoan zehatzago ikusiko dugu). Esperimentaziotik edo arrazonomendu matematikoaren bidez erdietsitako egietatik ez datorrena, ez da onartua izango printzipio horien aurkako objekzioetat. Newton-ek, bere *Opticks*-en 3. *query*an dioskunez, azterketa-prozedura honekin higiduretatik hauek sorterazten dituzten indarretara pasa gaitezke, eta orokorrean, ondorioetatik beraien zergatietara eta zergati partikularretatik beste orokorragoetara, arrazoiketa zergatirik orokorrean bukatu arte.

*Sintesiari* dagokion fasea, honetan datza: aurkitutako zergatiak onartu eta printzipiotzat hartuz, printzipio horietatik erator daitezkeen fenomenoak azaldu, emandako urrats guztiak frogatuz. Prozesu guzti honetan hipotesiek (*queries* galdera zentzuan) balio heuristikoa handia dute: kontrastatu behar diren ikerketa bideei hasiera damaiote. Hala ere, hipotesi hauek ez dira azaldu behar azken sistematizazioan, zeren honek analisi/sintesi prozedura bikoitzean finituriko zeretara bakarrik jo bait dezake analogi indukzioa eta frogaketa matematikoaren bidez.

### Zientzilariak nolakoa izan behar duen

XVIII. mendearen bigarren erdiaz geroztik zientzilari-elkarteak ia aho batez onartzen du, ez analisi/analisi metodoa bakarrik, Newton-ek *Principia*-ren III. liburukiaren hasierako *Regulae Philosophandi* (*filosofatzeko erregelak*) atalean era laburrean azaltzen dituen ikusmolde logiko eta epistemologikoak ere:

I. erregela: *Gauza naturalen zergatizat, beren itxura azaltzeko gauza direnak baino ez ditugu onartu behar.*

II. erregela: *Ondorio natural berdinei, zergati berdinak atxeki behar dizkiegu.*

III. erregela: *Gure esperimentuen mugen barnean diren gorputz guztiei gorputzen kualitateak, gorputz ororen propietate unibertsaltzat hartu behar dira.*

IV. erregela: *Filosofia esperimentalean, aurkako edozein hipotesi asmatu arren ere, fenomenoetatik egiazko edo ia egiazko eran indukzio orokorren bidez inferi daitezkeen proposizioak bilatu behar ditugu, eta hori proposizioak zehatzagoak edo salbuespenei lotuak egin daitezkeen beste fenomeno berri batzuk gertatu arte egingo da.*

Lehendabiziko bi erregelek ideia bera azaltzen dute funtsean: zientziaren oinarriak, Galilei-k esan bezala, ahalik eta sinpleena izan behar du.

III. erregelari Newton-en *filosofia esperimentalaren* (zientzia fisiko berriaren) enpirismoa Descartes-en apriorismoari kontrajartzen zaio, zeren dago-kion eranskinean azaltzen duenez, *gorputz guztiak batabestean sartzekin izatea ez dugu atzematen arrazoiaren bidez, sentsazioaren bidez baizik*. Erabiltzen ditugun gorputzak *batabestean sartzekin direla aurkitzen dugu eta hortik ondorioztatzen dugu sartzintasuna gorputz guztien propietate orokorra dela*. Horrela izanik, *hipotesien fikzioak utzi egin behar ditugu eta esperimentuetan oinarritu*; hauek bait dira bakuntasunean funtsaturiko *izadiaren analogiaz* hitzegitea permititzen digutenak. Analogia horrek indukziozko inferentziak zertzeko bide ematen digu, esperimentu finitu batzuetatik *gorputz ororen kualitate orokorrak* atera ahal izateko. Lockiar sustraizko enpirismo honetan oinarrituriko, eta Descartes-en innatismoaren aurka (honek gorputz materialen ezaugarri orokor bakar bat adieraztea lortu bait zuen: hedadura), Newton-ek *batabestean sartzintasun* gain, gorputzen beste kualitateak azaldu zituen, hala nola, gogortasuna, higikortasuna, mugikortasuna,...

IV. erregelak III. ean azaldukoan sakondu nahi du; azken hau bere garaian (eta gaur egun ere bai) nekez onartua bait zen. Horretarako, IV. erregelak zientzi jokabide zuzenaren agindurik goren eman nahi du: gertakariei lotu

behar gatzazkie, eta hauek hipotesi abstraktu eta filosofikoekin bat ez bada-  
toz, bihoaz hipotesiok pikotara!

## B. GOGARTE EPISTEMOLOGIKOAK

I.B. Cohen-ek zientzigintzant *tan-  
kera newtondar* deitu dionari *Regulae  
Philosophandiek* hasiera damaiote: fe-  
nomenoetatik abiatuz, printzipioen er-  
diespena, gero hauetatik berriro gora-  
goko mailako beste fenomeno batzuk  
frogatzeko.

Orain arte zera aztertu dugu: *hipo-  
tesiak*, *queries* edo hipotesiak gaurko  
zetzuan, fenomenoak, metodoa eta  
erregela newtondarrak. Kepler-en lege-  
en (zeintzuk Newton-ek, aipatu bezala,  
erregularitate enpirikotzat jotzen bait  
zituen) antzeko erdiespenak, induk-  
ziozko abstrakzioaren lehen maila su-  
posatzen zuen. Hala ere, printzipioek  
aurrekoa baino goragokoa den abstrak-  
zioaren bigarren mailan kokatzen gai-  
tuzte.

### Printzipio mekanikoak

Fisikaren printzipioak, legeak di-  
ra zentzu hertsian. Beren enuntziazioan  
ratio edo proportzio bat adierazten dute,  
edota, gaurkoagotua den adierazpena  
erabiliz, formula matematiko bat edo  
funtziozko erlazio bat. Printzipio meka-  
nikoek, zera adierazten dute: zientzi-  
lariek fenomenoak edo fenomeno-mul-  
tzo bat nola ulertu duten, eta ulerpen  
honetan matematikak sortzen du zehaz-  
tasunik handiena. Newton honetaz era-  
bat jabetu zen. Bere printzipio meka-  
nikoen formulazioak neurketak eskatzen  
ditu, eta horretarako neurketa-arauak  
(kantitatezko datuen arteko ratioa baino  
ez direnak) finkatu behar dira. Horre-  
gatik, neurketa-arau berri bat atzema-  
tea, lege fisiko berri bat aurkitzea dela  
esan daiteke. *Principia*etan Mekanika  
axiomatizatuaren aurkezpena hasten du-  
ten masa eta *momentumaren* (*higidura-  
kantitatearen*) definizioek argi adieraz-  
ten dute kontzeptu horiek neurketa-  
arauak beraien esanguran barneratzen  
dituztela. Kontzeptu hauetatik abiatuz,  
neurketa-arauak printzipio mekanikoe-  
tara ere barneratzen dira. Bi definiziook  
honela daude formulatuta:

I. definizioa: *Materiaren neurria  
bere densitate eta bolumenaren arabe-  
ra adieraziko da.*

II. definizioa: *Higidura-kantita-  
tearen (momentumaren) neurria abiadu-  
ra- eta materi kantitatearen arabera  
adieraziko da.*

Era berean, indarraren esangura  
(geroxeago ikusiko dugun legez, indar-  
raren izaerari buruz hipotesirik luzatu  
nahi ez izan arren ere) masa eta azele-  
razioaren arteko biderkaduraz lortutako  
neurria da. Neurri hori honela lortzen  
da: II. definizioaren arabera, higidura-  
kantitatea =  $m \cdot v$ ; higiduraren bigarren  
lege newtondarraren arabera<sup>3)</sup>, *higidu-  
ra-kantitatearen aldaketa* (hau da, *mo-  
mentumaren aldaketa*) sorterazi duen indar-  
raren proportzionala da. Ondorioz *higidura-  
kantitatearen aldaketa* sor-  
terazi duen indarraren neurria da. Hone-  
la finkatzen da indarraren neurria masa  
eta azelerazioaren arteko biderkadura  
gisa (nahiz eta bere gaurko formulazioa  
Euler-ri, eta ez Newton-i, dagokion).

### Printzipio aktiboak

Izadiaren fenomenoak matemati-  
koki adierazitako printzipio mekanikoen  
arabera azaldu behar dira, lehen ikusi  
dugun prozesuaz baliatuz: ondorioetatik  
zergatietara eta hauetatik beste oroko-  
rrago batzuetara lehen zergatia eskuratu  
arte. Baina Newton-ek zergati hori ez  
dela mekanikoa aitortzen du. (28.  
*Querya*, *Opticks*).

Honela izanik bada, mekanizis-  
moa (hau da, natur fenomenoaren azal-  
pena lege mekanikoen arabera soilik  
egitea) gaitzesten du eta egile dibino  
batenganako sinestea baieztatzen du, ze-  
ren eta beste toki batean dioenez, pla-  
netek dituzten higidurak ez baitaitezke  
zergati natural baten ondorio izan;  
Agente Adimendu baten lana baizik.

Horregatik, fenomenoaren zergati-  
tan hierarkia bat sortzen da: Jainkoa  
jatorrizko *printzipio eginkorra* da, prin-  
tzipio mekanikoak *printzipio pasiboak*  
diren bitartean. Adibidez, azken hauek  
bakarrik baleude, higiduraren lehen le-  
ge newtondarraren arabera (inertiaren  
printzipioaren arabera, alegia) ez legoke  
inolako higidurarik munduan. Beste  
printzipioaren batek eragin behar die  
gorputzei, higi daitezten (eta, behin hasiz  
gero, horretan diraute). Printzipio akti-  
boek, eraginkorrek, egon behar dute.  
Jainkoa da, noski, horietan lehena, baina  
badira beste batzuk ere: grabitazioa eta  
prozesu kimiko eta alkimikoetan parte  
hartzen duten indarrak, adibidez.

Printzipio eraginkor hauek ez dira  
zientzilari esperimentalaren azterketatik  
at gelditzen. Horregatik azaltzen da  
alkimiarekiko eta beste alderdi teologi-  
koarekiko (garaiko neoplatonismoak  
eraginda) Newton-en interesa<sup>4)</sup>. Izan ere,  
alkimiak *izpiritu* eraginkorrek materia-  
tan ikertzen ditu, eta *natur filosofiak*  
(Fisikak) berak, fenomenoaren itxuratik  
abiatuz Izaki gorpuzgabe, bizidun, adi-  
mendun eta nonnahi den existentziari  
dagozkien arazo teologikoak ebazten  
lagundu behar du.

### Munduaren elementu eraikitzaileak

Newton-en aburuz bere zientzia  
fisikoaren garrantzirik handiena lehen  
zergatira hurbiltzeko ikerlaguntzan da-  
tza. Haatik, bere proiektuaren orokorta-



Newton 64 urte zituelarik

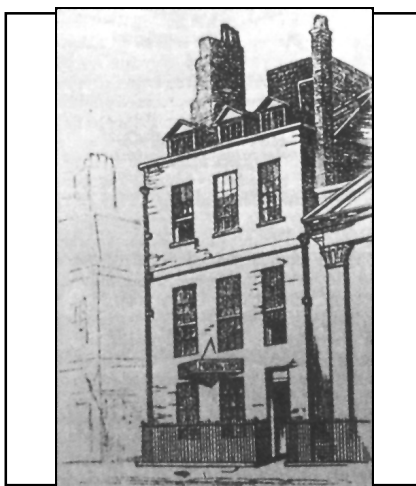
suna lortu ez zuenez, munduaren iker-  
ketara mugatu zen.

Descartes-entzat mundua bi ele-  
mentuz (hedadura eta higiduraz) osatu-  
rik baldin badago, Newton-entzat *mate-  
riaz* (partikulen kopuru infinituz), *higi-  
duraz* (lege mekanikoen arabera azal-  
tzen den indar eragileen emaitzaz) eta  
*espazioz* (absolutu gisa ulertuz, partiku-  
lak eta gorputzak bertan higitzen dire-  
larik) osaturik dago.

Mundua eraikitzen duten hiru ele-  
mentuei beste laugarrena gehitu behar  
zaie: erakarpena<sup>5)</sup>. Mundua harmoniza-  
tzen duen elementua izanik ere, ez da  
bertako partaide. Jainko-jatorrikoa izan  
daiteke edo egile material baten ondo-  
rio. Edonola ere, norberak bere eritziari  
eutsi diezaiokie; esplikazio zienti-

fikoarentzat ez bait dago desberdintasunik zergati materialaren eta inmaterialaren artean. Berak *Principiaren Scholium Generalen* idazten duenez, garrantzikoena zera da: *guretzat, nahikoa da grabitatea benetan badela eta azaldu ditugun legeen arabera jokatzeko duela, eta gainera, zeruko gorputzen eta geure itsasoaren higadura guztiak ulertzeko balio duela jakitea*. Grabitazio-legearen erabilpen orokorrak beraz, Unibertso newtondarren batasun fisikoaren berretzatzen du eta aldi berean bere osotasun intelektuala damaio.

Ez da harritzekoa grabitazio orokorraren kontzeptua hasieran eztabaidagarri suertatzea. Izan ere, Newton-en ikuskera berriko erakarpenaren posibilitatea ukatu zen. Grabitatea, honela azal-



St. Martin's Streeteko etxea. Newton bertan bizi izan zen 1710.etik aurrera.

tzen zen: gorputz astunen munduaren zentrugunearekiko joera bezala. Newton-ek bere kontzeptua berria dela irakokitzen du; Izadiaren higadura azaltzen dituen, nahiz eta beren zergati ontologikoa zein den jakin ez. Hala ere, garai hartako zientzilaririk nagusienek (Leibniz eta Huygens-ek besteak beste) ez zuten onartu kontzeptua, *urrutira eragitearen* nozio horrek obskurantismo atzerakoiaren kutsua zuela eta. Dena den, eta Newton-en iharduera esoterikoari buruzko artikuluan ikusiko dugunez, urrutira eragite honek alkimia eta neoplatoniaren errealitatearen ikuskerara magikoa isladatzen du.

Itxuraz *iluna* den printzipio hau (eta Huygens eta Leibniz-en eritzian ezeren azalpen gisa onartu ezin zitekeena, berak ere aurretik argitua izan behar bait zuen) eta bertatik eratortzen diren arazoak izango dira Newton-i gogoeta frango eskatuko diotenak. Horien ondorioa *Principia* liburua da. Honekin, zientzia berri bati hasiera ematen zaio; zergatikotasun fisikoaren ikusmolde dinamikoan oinarrituta dagoenari eta metafisika teistari lotuta agertzen zaigunari, bigarren hau zientzi newtondarren osagarri bezala ulertu behar ez baldin bada ere, bere sisteman zerbait hutsala baino gehiago suposatzen duelarik.

Gaur egun, Newton-en ekarpenetatik alderdi zientifiko hutsa (agian, berarentzat garrantzi txikienekoa) gertatzen zaigu. ■

## OHARRAK

(1) Newton-ek hipotesiekiko zuen jokaera, zientziaren Historia eta Filosofian zerturiko polemikarik latzenetarikoen zioa izan da (eta oraindik da). Ez dezakegu hemen polemika honen berri eman, baina normalean Newton-ek beraietaz gero eta eritzi txarragoa zuela onartzen da. Hasieran *lege orokorraren* sinonimo izatetik (*De motu Corporum*, 1684) *Principia*-ren 1713. go argitalpenari erantsitako *Scholium Generalen* anatemizatuak izatera pasatu ziren, hemen arbitrarietate eta fikzioaren sinonimo gisa agertzen zaizkigularik. Zalantzarik gabe aldaketa honetan zerikusi handia ukan zuen Descartes eta Leibniz-ekin edukitako polemikak.

(2) *Hipotesien* aurkako anatema ugarriago eta gogorragoak bere *Opticks* liburuan dira. Liburu honen 31. *Query*an zera idatzi zuen: *For Hypotheses are not to be regarded in experimental Philosophy*, eta 28. ean zera irakurtzen dugu: *the main Business of natural Philosophy is to argue from Phenomena without feigning Hypotheses* (Natur Filosofiaren zeregin nagusia da hipotesiak asmatu gabe fenomenoetatik abiatuz aztertzea).

(3) Lege hau oraindik ere oso eztabaidagarria da. Batzuek indar kontzeptuaren definizio tautologikotzat jotzen dute. Besteek lege enpirikotzat. Izan ere, bata ala bestearen aldeko jarrera, bakoitzak duen filosofi korrontearen arabera (razionalismo, enpirismo, etab.). Nire ustez, edukin enpirikorik gabeko metalegea da eta lege mekanikoak nola erabili behar diren argitze-ko soilik balio du.

(4) Alderdi hauei dagozkien disziplinari artikulua bat eskainiko diegu aldezkarri honetan bertan.

(5) Koyré-k azpimarratu du erakarpen eta grabitazioa bereiztea zein egokia den, eskuarki sinonimo gisa erabiltzen badira ere. *Grabitatea, natur gorputzean zuzenki jasotako kalitate sentigarria da. Erakarpena aldiz, kualitatiboki zehaztuak diren bi gorputzen artean urrutira akzionatzea da*. A. Koyré, *Etudes newtoniennes*, 11-12 orr.

## BIBLIOGRAFIA

BECHLER, Z. (bil.), **Contemporary Newtonian Research**,

Dordrecht, Reidel, 1982.

COHEN, I.B., **The Newtonian Revolution**, Cambridge, Cambridge

University Press, 1980.

KOYRE, A., **Etudes newtoniennes**, Paris, Gallimard, 1968.

NEWTON, I., **Optica**, Madrid, Alfaguara, 1977.

NEWTON, I., **Principios matemáticos de la Filosofía natural**,

Madrid, Ed. Nacional, 1982.

TRUEDELL, C.A., **Ensayos de historia de la Mecánica**, Madrid,

Tecnos, 1975.