

X izpizko laserra

Florentino Alargunso

Gaur egun mota askotako laserrak erabiltzen dira: disko konpaktuak irakurtzeko txikiak, altzairuzko xaflak ebakitzeko potentzia handikoak, eszenategiak argiztatzekoak, etab. Denek ere erradiazio elektromagnetikoa jaurtitzen dute, baina oraindik X izpizko eta gamma izpizko erradiazioz funtzionatzen duen laserrik ez da egin. Dena den, Estatu Batuetan Princetongo laborategietan X izpizko laserraz lehen saioak burutu dituzte.

Objektu bat ikusi nahi izanez gero, argiztatu beharra dago. Baina argia, argi ikuskorra, uhin-luzera jakin batzuetako erradiazio elektromagnetikoa da eta uhin-luzera horiek baino objektu txikiagorik ez dago ikusterik. Gutxi gora-behera marrazkilari bati lapitzaz gertatzen zaionaren antzekoa da. Paperean etxe bat marraztu nahi badu, nahitaez papereko etxearen tamainak lapitzaren puntak baino handiagoa izan behar du. Lapitz horren puntaren lodiera baino etxe txikiagorik ezin du marraztu paperean erreminta horrekin.

Erradiazio-motak

Argi ikuskorren uhin-luzera, 10^{-6} eta 10^{-7} metro ingurukoa izaten da, hau da, milimetroaren milarenaren ingurukoa. Beraz, tamaina hori baino objektu txikiagorik ezin da ikusi argi ikuskorreko erradiazioaz. Fisikariek horretarako, erradiazio ultramorezko laserrak erabili dituzte orain arte, uhin-luzera laburragoak direlako, baina pertsona eta animalien zelulak ikusi

nahi direnean, ultramorezko erradiazioek ere uhin luzera handiegia dute. $1,5 \times 10^{-7}$ m-ko (edo 1.500 ångströmeko) uhin luzeratik behera ordea, X izpien eta gamma izpien arloan laserrak fabrikatzeko arazo handiak daude. Denak ere erradiazio elektromagnetiko badira

Erradiazio elektromagnetikoa-
ren espektroa ikusten da taula honetan. Ezkerreko zutabearen erradiazioen uhin-luzerak daude adierazita eta eskuinekoan dagozkien maiztasunak kilohertzetan. Garbi ikusten denez, X izpiak eta gamma izpiak dira uhin-luzera txikieneko (beraz, maiztasun handieneko) erradiazioak.

(uhin-luzera besterik ez dute desberdina), zergatik daude oztupo horiek?

Fisika atomikora jo beharra dago hori argitzeko. Argia, atomoek energi mailan aldaketak izandakoan igortzen dituzten fotoiz osatua dago. Nukleo inguruan biraka ari

Uhin-luzera/m		maiztasuna/kHz
10^{-13}	—	-10^{19}
10^{-12}	—	-10^{18}
gamma izpiak		-10^{17}
10^{-11}	—	-10^{16}
10^{-10}	—	-10^{15}
X izpiak	erradiazio ultramorea	-10^{14}
10^{-9}	—	-10^{13}
10^{-8}	—	-10^{12}
10^{-7}	—	-10^{11}
10^{-6}	—	-10^{10}
10^{-5}	—	-10^9
10^{-4}	—	-10^8
10^{-3}	EHF	-10^7
10^{-2}	SHF	irradi-maiztasuna
10^{-1}	UHF	-10^6
1	VHF	mikrouhinak
10	HF	-10^4
10^2	MF	-10^3
10^3	LF	-10^2
10^4	ULF	-10
10^5	—	-1

diren elektroieta dago horren gilitza. Atomoa bere oinarriko energi egoeran dagoenean, elektroiak lasai ibiltzen dira beren orbitan. Atomoa eszitatzen denean ordea, elektroiak energia jasotzen dute, eta zenbat eta energia handiagoa jaso, hainbat eta orbita handiagora heltzen dira. Atomoaren eszitzazioa amaitzen denean, elektroiak maila txikiagoko energia duen orbitara jaisten dira, fotoiak igorri. Igorpenaren uhin-luzera, elektroiaren hasierako eta bukaerako orbiten arabera izaten da.

gehiengoa osatzen dutenean, fisikariak "populazio-alderantzaketa" egon dela esaten dute. Horrek ematen dio hasiera laser efektuari.

Eszitatutako populazioko atomo batek igorritako fotoiak, aukera handiak ditu berdin eszitatutako beste atomo batekin talka egiteko. Azken hau "deseszitatu" egiten da, erasotzailearen energia eta norabide bereko fotoia igorri. Fotoi honek ere, aurrekoaren gauza bera egiten du. Beraz, erreazio-multzoko batek berehala amplifikatuko du eragindako erradiazioa. Intentsitate handia lor-

batentzat intentsitatea txikiagoa da harizpia loditu ahala. Laser-fluxua aldiz, oso kono estuaren barnera gidatzen da, eta gainera laserra sortzen deneko gorputza zenbat eta luzeagoa izan (edo fotoiek zenbat eta atzera-aurrera gehiago egin), hainbat eta handiagoa da intentsitatea. Fotoiak energi maila (edo uhin-luzera) berdinekoak dira.

X izpien zailtasunak

Laserraren eskema orokor hau, argi ikuskorrean edo erradiazio ultramorean erraz gauzatzen da, baina orain arte ezinezkoa izan da X izpizko laserrik egitea. X izpiak isladatzeko gai ziren ispiluak ez egotea izan da horretarako arrazoi bat, baina oztopo larriagorik ere bada. Lege fisiko batek dioenez, erradiazioaren uhin-luzera zenbat eta txikiagoa izan, berezko igorpena hainbat eta handiagoa da. Uhin-luzera hamar aldiz txikiagoa bada, adibidez, berezko igorpena mila aldiz handiagoa da. Horregatik, eszitatutako erradiazioa berez igorritako fotoi ugarietan murgildu egiten da eta X izpizko laserrik ezin da erradiazio nahasi horretan bereizi. Beraz, X izpizko laserrarentzat irtenbiderik ez ote dago?

Gatozen lehen aipatu dugun laserraren oinarria berriro. Guk "populazio-alderantzaketa" berezia eragin behar dugu eta oso eszitatutako atomoek energi maila jakin batetik beste maila jakin batera jaitsi behar dute X izpiak igor ditzaten. Teorikoki posible dela 70.eko hamarkadaren erdialdera frogatu zen, baina praktikan erdizka baino ez da lortu, behar

diren eszitzazio-mailen bititza oso laburra delako (segundoaren bilioirenen edo pikosegundoaren parekoa, 10^{-12} s, gutxi gora-behera). Argi ikuskorrean aldiz, eszitzazio-mailen bititza berrogei nanosegundo (10^{-9} segundo) ingurukoa da, eta denborak gora egiten du erradiazioaren uhin-luzera handiagoa den neurrian.

Fisikariak arazo handiak dituzte atomoetan X izpien mailako eszitzazioak lortzeko. Ponpaketa optikoaz

Laserraren oinarria

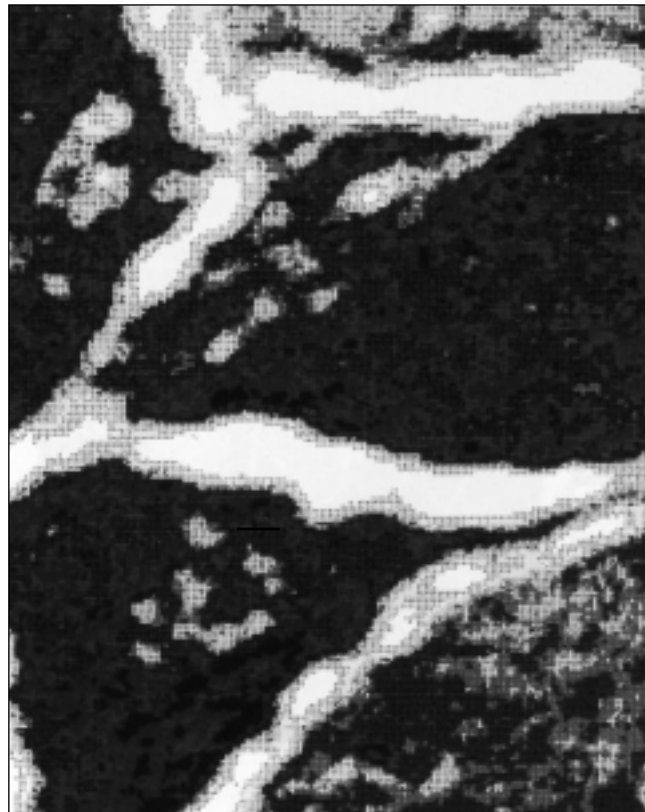
Eguzkiak edo kandelak igortzen duen argian, norabide guztietara eta uhin-luzera desberdinetan zabalitzen dira fotoiak. Laser mekanismoa ere funtsean berdina da, baina fotoi-igorpena norabide bakarrekoa eta uhin-luzera bakarrekoa izanik.

Hobeto ulertzeko, konparazio bat egingo dugu. Elektroiak balak direla pentsatuko dugu eta orbitak eskailera zaratzatu bateko mailak. Fotoiak, balek eskailera-mailak jotakoan ateratako zarata izango dira, bakoitzak tonu jakin bat izango duenlarik. Balak eskailburutik zoriz botatzen badira, nota askotako soinu ahula aterako da. Baina bala guztiak batera eta maila batera jaurtitzen badira, maila horri dagokion nota indartsu entzungo da.

Horixe da, hain zuzen, laserrak egiten duena.

Izan ere fisikariak elektroiaren joera bat aprobetxatzen dute, hauek baldintza batzuetan beti ere energi maila batzuetara joateko joera dutelako. Baldintza horiek sortzea da egin behar dena.

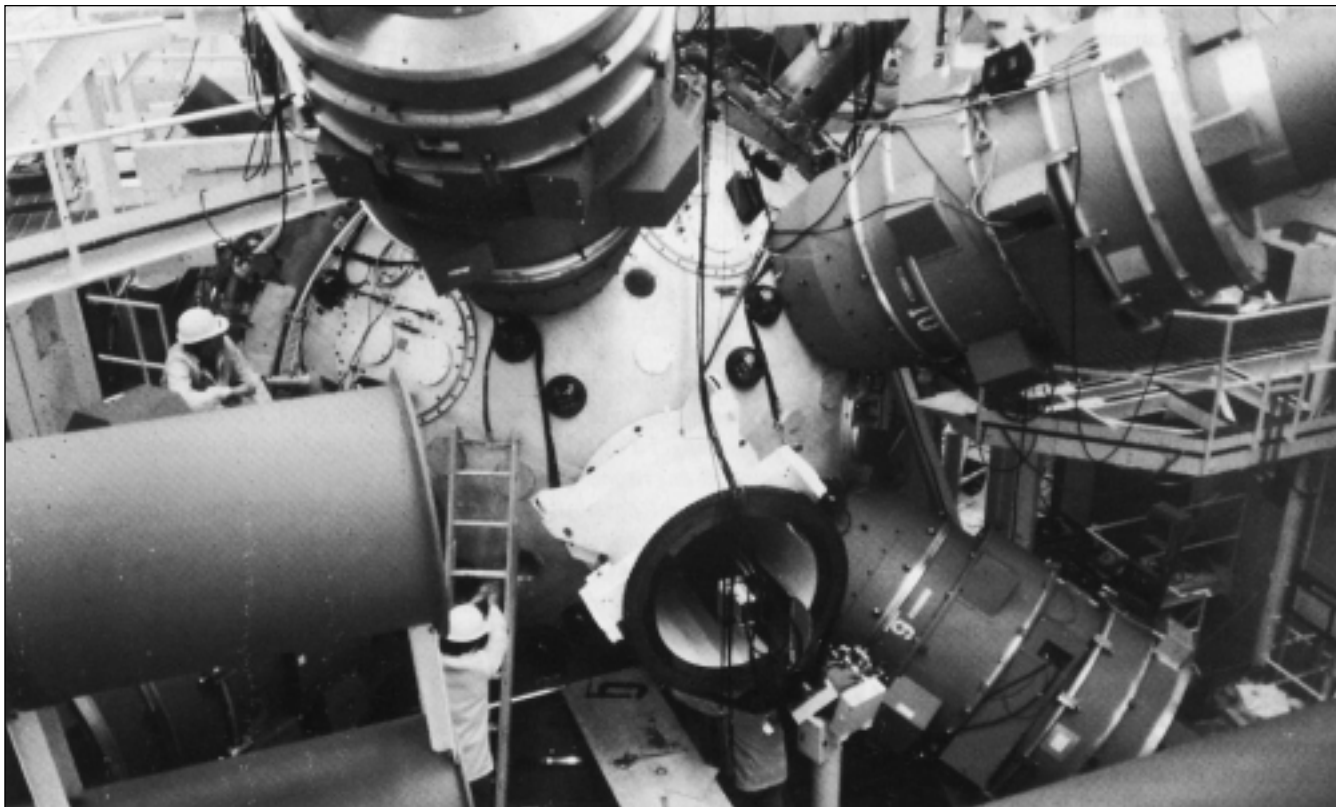
Kanpoko erradiazio-iturri baten bidez, gorputz bateko (solido, likido edo gasa izan daiteke) atomo asko eszitzazio-egoera berdinean jarriko dira. Eragiketa horri "ponpaketa optiko" deitzen zaio eta horrela eszitatutako atomoek



Hona hemen minbiziak jotako zelulen lehen irudia. X izpizko laserrez hartu ahal izan da Princentongo unibertsitateko laborategietan. X izpizko laserrari esker zelulak hondatu gabe barnea ikus daiteke. Laster hologramen bidez hiru dimentsioko irudiak lortu ahal izango dira.

tzen duen mekanismoa, barrunbe optikoa da. Bi ispilu paralelo ditu, laser efektua sortzen den lekura fotoiak bidaltzeko. Fotoien atzera-aurrera bakoitzean erradiazioa amplifikatu egiten da horrela eta ispiluetako batean dagoen zirrikitu txiki batetik ihes egiten du.

Fotoi-fluxu hau eta goritasunezko lanpara elektrikoaren hariak igorritako fluxua oso bestelakoak dira. Lanparan argiak norabide guztietara irtetzen du, eta energi kopuru jakin



baliatuko balira izan ere, argi-iturria lurrindu edo hegazkortu egingo bailitzateke erabilitako iturriak oso indartsua izan beharko lukeelako.

Konponbidea plasma erabiltzea izan daiteke. Materiala plasma-egoeran dagoenean, bere atomoak hain eszitaturik daudenez hodei elektronikoaren zati bat (edo guztia) galdua edukitzen dute. Plasma hauek oso bero daudenean, hau da, oso eszitaturik daudenean, berez X izpietako erradiazioa emititzen dute. Gainera oso azkar berotzen eta hozten dira atomoak eta plasman zurrunbiloak, presioak eta depresioak ugari izaten dira. Ondorioz, populazio-alderanzketak berez sor litezke.

Dena den, azken urteotan laborategi batzuetan X izpizko laserraz saio batzuk egin dituzte. Iparrameriketean Livermore laborategietan Denis Matthews eta Princenton-en Szimon Suckewer izan ziren helburua lehen aldiz lortutakoak, eta Frantzian Orsay-ko unibertsitatean Pierre Jeagle fisikaria. 43,2 eta 200 ångström bitarteko uhin-luzerak dituzten X izpizko laserrak erabili dituzte.

X izpiak nola sortu

X izpiak sortzeko bi bide daude. Lehenengoan elektroien askeen eta plasmako ioien

Estatu Batuetako Lawrence Livermore laborategietako Nova laserra erakusten da irudian. Munduko potenteena da eta zentruan elkartzen dituen sei izpiek 100 kilojouleko energia askatzen dute.

Horietako bi izpi seleniozko atomoak jo eta neonaren antzeko ioiez plasma sortzeko erabiltzen dituzte.

arteko talkak erabiltzen dira. Talkak ioia eszitzatu egiten du eta bertako elektroien batzuk orbita handiagora pasatzen dira. Gero "deseszitzatu" egiten dira, baina elektroien ahalik eta orbitarik baxuenera itzultzen dira. Horrela energia eta norabide jakinek X fotoiak askatzen dira, hau da, laser izpia sortzen da. Livermore laborategian Nova izeneko laserra dute; munduko potenteena. Denis Mathewsen taldeak laser honen bi izpi erabiltzen ditu: 20.000 milioi kilowat, alegia. Selenio atomoen Nova laserrak 34 elektroietatik 24 kentzen dizkie eta 10 dituztela uzten ditu (neonak ere 10 elektroien dituelako ioi hauek neon antzekoak direla esaten da). Frantziako Limeil-en (Val-de-Marne-n) Energia Atomikorako Batzordearen Phebus laserra erabiltzen dute selenio-atomoak jotzeko.

Princenton Szimon Suckewer-en taldeak, Ingalaterrako Rutherford laborategiak eta Frantziako Orsay-ko Pierre Jeagle-ren taldeak, beste "birkonbinazio" izeneko fenomeno erabiltzen dute. Elektroien plasmako nukleotara erori egiten dira (atomoak birkonbinatu egiten dira) laserrezko talkaz gero hozten denean. Horrela hasieran aipatutako eskailerako goiko mailak behekoak baino lehenago betetzen dira, laser fenomenoaren oinarrian dagoen populazio-alderanzketa sortuz. Szimon Suckewer-ek karbono-atomora zuzentzen du izpia eta elektroien bakarrarekin uzten du (hidrogenoak bezala). Pierre Jeaglek aluminio-atomoekin egiten du lan eta hiru elektroien baino ez dizkio uzten (litioak bezala). Hau da biderik merkeena, zeren eta nukleora sendoen lotuta dauden eta erazte gehiena kostatzen diren elektroien bertan uzten baitira.

Pierre Jeaglek dioenez, X izpizko laserretan talkaren teknikak aurrera egiten badu, oso garestia eta oso tresna astuna izango da. Baina birkonbinazioaren bideak aurrera egiten badu, askoz potentzia txikiagoa erabilia lortuko dira X izpizko laserrak, askoz ere merkeagoak izango dira eta azkenean edozein laborategian erabili ahal izango dira. 