

UNIBERTSITATE HEDAKUNTZAKO IKASTAROAK HANDS-ON QUANTUM INFORMATION(2. ED.)

INFORMAZIO OROKORRA

IKASTURTEA: 2025/2026

ARLOA: Zientzia Esperimentalak

KREDITUAK: 3 ECTS (*) kreditu

MATRIKULA TASA: 480€ (Asegurua 4,00 €)

ARDURADUN AKADEMIKOA: Mateo Casariego Vias, Mikel Garcia de Andoin Bolaño

AURKEZPENA

Informazio kuantikoa XXI. mendearen hasieran finkatutako ikerketa-adar bat da. Eragin handia izan do bai teoria kuantikoaren oinarrien ulermenean, bai teknologia kuantiko berrien garapenean. Bertan, sistema kuantikoen eboluzioa zein neurketa-prozesuak transformazio matematikoen bidez eta haiei lotutako parametroen bidez aztertzen dira, horien artean: entropia, elkarrekiko-informazioa, Fisher matrizeak eta abar. Informazioa prozesatzeko edozein zereginetarako ezinbesteko eskakizuna bereizgarritasuna da. Erabakien teoria klasikoan, besteak beste, argi dago eskura dauden aukerak bereiztu izan behar ditugula, erabaki zuzena aukeratzeko gai izateko. Teoria klasikoan neurketak arazoak ez dituztenez, bereizgarritasuna segurutzat hartzen dugu. Teoria kuantikoan, berriz, izan liteke bi egoera bereiztezinak izatea, baita a priori ere. Galdera hauek lotura estua dute bizi diren egoera kuantikoen eta espazio abstraktuen propietate matematikoekin. Hemen egoera kuantikoen bereizgarritasunari buruzko azalpen zorrotza eskaintzen dugu. Ikastaroak neurketen garrantziaren ulermen sendoa emango dio ikasleari, informazio kuantikoa informazio klasikora itzultzen duten mapa bakarrak diren aldetik. Lehenik eta behin, informazio kuantikoa osatzen duten egitura matematikoak sakon aztertuko ditugu, egoera kuantikoen arteko "distantzia" nozioa ezarri nahi denean baliagarria izango den interpretazio geometrikoarekin. Neurketak ikuspegi matematikotik aztertuko ditugu neurketen teorian sakontzeko, eta neurketak kuantikako sarrera-ikastaroetan sartu ohi diren proiektzio neurrietatik (positiveoperator-valuedmeasure) POVMen erabilerara joango gara. Era berean, neurri horiek interesatzen zaigun informazioa ahalik eta ondoen ateratzeko era ikusiko dugu, tomografia kuantikoko informazioaren osotasuna eztabaidatuz. Tresna horiekin, egoera kuantikoen diskriminazioa eztabaidatuko dugu hainbat konfiguraziotan: bi egoera ortogonalen bereizketa eta egoera misto arbitrarioen bereizketa. Azkenik, metrologia kuantikoan garrantzia duten gaiak landuko



ditugu, besteak beste, parametro kuantikoen estimazioa eta horien interpretazio geometrikoa, Heisenbergen erregimena eta metrologiako abantaila kuantikoak. Hau guztia esanda, ikastaroak teoria irakasteko helburu nabarmena du. Neurriaren funtsezko gaia argitu nahi du, garrantzi praktikoa baitu konputazio kuantiko, metrologian edota sentsores kuantikoetan lan egiten duten ikertzaileentzat.

Gai-zerrenda

1. Sarrera: Informazio kuantikoa eta korrelazioak
 - a. Zertan dautza da egoera kuantikoak?
 - b. Korapilatze kuantikoa eta horren neurriak
 - c. Eragiketa kuantikoak: CPTP mapak
 - d. Distantzia kontraktiboak, nahasketa eta purifikazioak
2. Neurketa kuantikoak
 - a. POVM-k, PVM-k, TensorNetworkak eta beste tresnak
 - b. Neurketa suntsitzaileak eta ez-suntsitzaileak
 - c. Neurketa ahulak
3. Egoera kuantikoen diskriminazioa
 - a. Bi egoera mistoren diskriminazio anbigua: Helstrom muga
 - b. Bi egoera mistoren diskriminazio zehatza
 - c. Bi egoera baino gehiagoren arteko diskriminazioa simetriarekin
4. Egoera kuantikoen tomografia eta informazioaren osotasuna
 - a. Bloch esfera eta Pauli tomografia
 - b. Simetrikoki informazio osoko POVM
5. Parametro kuantikoen estimazioa
 - a. Estimazio klasiko frekuentista: probabilitate maximoaren metodoa, Fisher informazioa eta Cramér-Rao muga
 - b. Parametro bakar baten estimazioa egoera kuantiko batean: Cramér-Rao kuantikoa
 - c. Kodeketa unitarioa: Heisenberg eskalatzea vs muga kuantiko estandar
 - d. Parametro anitzen estimazioa: Holevo-Cramér-Rao muga kuantikoa eta galdera irekiak
 - e. Estimazio kuantikoaren geometria
 - f. Metrologia kuantiko Bayesiarra.

ZURE BILA GABILTZA

Zure ikasle-urteetan edo diziplina zientifikoetan langile izan zaren garaian fisika kuantikoarekin topo egin baduzu, ziurrenik jabetuko zara "bigarren iraultza kuantikoan" murgilduta gaudela. Pil-piliean daude orain ordenagailu kuantikoak, komunikazio kuantikoak, enkriptazio edota metrologia kuantikoetako



protokoloak. Halaber, litekeena da garai horretan zuregan piztu izana interesa mekanika kuantikoaren interpretazioarekin lotutako gai oinarritzakoagoetan, XX. mendearen hasieratik komunitate zientifikoa liluratzen jarraitzen dituen: neurketaren arazoa, errealismoa, korapilatzea eta beste korrelazio kuantiko batzuk. Informazio kuantikoa diziplina bat da gai horiek "informazio" kontzeptuari lotutako magnitudeen bidez berridazten dituen. Horri esker, informazio-prozesamenduaren zereginetan abantaila kuantikoak identifika daitezke, edo aztertu dezakegu sistema baten egoera kuantikoaren izaera. Ikastaro honetan informazio kuantiko "operazionalaren" ezinbesteko oinarriren batean sakonduko dugu: egoeren bereizgarritasunean. Metrologia kuantikoaren eta neurketa-teoriaren oinarriak sakonago ulertzea interesatzen bazaizu, baita egoera kuantikoen geometriaren mundu liluragarrian murgiltzea ere, hau da zure ikastaroa. Ikastaro honetako publikoa zabala den arren, batez ere mekanika kuantikoaren ikaster ari diren ikasleentzat eta industriako profesionalentzat zuzenduta dago. Ikasleen kasuan, hemen aurkituko dituzte prestakuntza akademiko arautuaren barruan irakasten ez diren gaiak, kuantikaren ikuspegi osoagoa izateko funtsezkoak diren arren. Graduiko ikasleentzat, gainera, ikastaro honek teknologia kuantikoetarako sarrera gisa balioko du. Profil profesionalen kasuan, ikastaro honek neurketa-teoriako alderdi oinarritzakoagoetan sakontzeko tresna izan nahi du, baita kontzeptu matematikoak edukia fisikoarekin lotzeko ere, erabilgarria izanik teknologia kuantikoen arloan diziplina anitzeko taldeen kideei prestakuntza emateko orduan.

IRTEERA PROFESIONALAK

Ikastaro honen helburua da ikasleei eta ikertzaileei aukera ematea haien ibilbide hasieran informazio kuantikoari buruzko prestakuntza izateko, funtsezkoa baita oinarrietan ikertzeko eta teknologia kuantikoak garatzeko, konputazio kuantikoa barne. Era berean, beste arlo batzuetako (matematika edo informatika) prestakuntza duten sektore horietako profesionalentzat baliagarria da ere, gai horri buruzko ikuspegia zabaldu eta teknologia kuantiko berriei lotutako aurrerapen berrien garapenen berri izateko.

BALDINTZAK

- Algebra lineala, normadun espazioak eta Hilbert espazioak ezagutzea
- Kuantikaren axiomak ezagutzea
- Ingeles teknikoa.

IRAKASKUNTZA

HASIERA ETA AMAIERA DATA: 2026/02/10etik 2026/04/30era



Universidad del País Vasco
Euskal Herriko Unibertsitatea

GRADUONDOKOAREN ETA ETENGABEKO IKASKUNTZAKO ERREKTOREORDETZA

VICERRECTORADO DE POSGRADO Y APRENDIZAJE PERMANENTE

EMATEKO TOKIA: EHU Quantum Center

HIZKUNTZA: Ingelesa

INFORMAZIOA/IZEN-EMATEA

SAIL EDO ORGANO ARDURADUNA: EHU Quantum Center

HELBIDEA: María Goyri eraikina. Sarriena Auzoz z/g. 48940 Leioa

TELEFONOA: 94 601 5334

POSTA ELEKTRONIKOA: mikel.garciadeandoin@ehu.eus, mateo.casariago@ehu.eus

(*) ECTS kreditu batek 25 orduko balioa du.