Moduli ya Kujifunzia Quantum (Q) –

Mvutano:

Maabara kwa Wanafunzi wa Shule ya Msingi

Mwongozo wa Mwanafunzi

WOMEN SUPPORTING
WOMEN IN THE SCIENCES

Kutana na Mwanasayansi

Linda Bih Numfor

Mwanafunzi wa Shahada ya Uzamivu (PhD), Taasisi ya Afrika ya Sayansi na Teknolojia ya Nelson Mandela, Arusha na Mwandishi wa Moduli ya kujifunzia ya WS2, Mada: Mvutano.

Kuhusu mimi:

Mwanafunzi wa Shahada ya Uzamivu (PhD), Taasisi ya Afrika ya Sayansi na Teknolojia ya Nelson Mandela (NM-AIST), Arusha
Mwandishi wa Moduli ya kujifunzia ya WS2, Mada: Mvutano (Entanglement)
Kuhusu mimi: Hivi karibuni nimemaliza shahada yangu ya PhD katika Sayansi ya nyenzo na Uhandisi kutoka NM-AIST, Arusha, Tanzania. Utafiti wangu ulikuwa juu ya usafishaji wa maji machafu, biochar, keramik, geopolima, na nyenzo endelevu vya ujenzi. Kama mwanasayansi wa rasilimali vitu (Materials) mwenye msingi wa kemia, nina shauku pia juu ya sayansi ya quantum kutokana na uwezo wake mkubwa wa kuleta uvumbuzi katika uwanja wa rasilimali vitu. Ninaamini kwamba kukuza uelewa wa sayansi ya quantum mapema kunaweza kuhamasisha kizazi kijacho cha wanasayansi kushughulikia changamoto za dunia.
Falsafa yangu ni ipi? Katika taaluma yangu, nimekuwa nikifuata kanuni moja kuu: "Nina njia yangu, na nitaifuata kwa bidii na kwa madhumuni." Kanuni hii imenisaidia kujikita katika maendeleo yangu binafsi badala ya kujilinganisha na wengine. Ni safari ya kujifunza bila kikomo, uvumilivu, na kujitolea, ambapo kila changamoto nimeikabili kwa uthabiti na kila mafanikio ni matokeo ya juhudi endelevu.

Kauli ya Dhamira

Lengo la moduli hii ni kuwafundisha wanafunzi wa shule ya msingi (wenye umri wa miaka 5–11) kuhusu mvutano (entanglement) na kipimo cha hali za mvutano kupitia majaribio na shughuli zinazofanana.

Yaliyomo

1. Utangulizi kuhusu Moduli za kujifunzia za WS2 5
  1.1. Taarifa kuhusu WS2 5
  1.2. Msamiati Muhimu 5
  1.3. Swali la muhimu 6
  1.4. Lengo 6
2. Maelezo ya mada kuu 6
  2.1. Mvutano na uhusiano 6
  2.2. Orodha ya Nyenzo 8
  2.3. Taarifa za kiusalama 8
3. Majaribio 9
  3.1. Maswali kabla ya majaribio 9
  3.2. Sehemu ya Kwanza: "Kupima" kwa kuona 10
    3.2.1. Maswali kabla ya shughuli 10
    3.2.2. Nyenzo 10
    3.2.3. Utaratibu (fanya kazi kwenye makundi ya watu 2-4) 10
    3.2.4. Maswali baada ya jaribio 11
  3.3. Segemu ya Pili. "Kupima" kwa hisia 12
    3.3.1. Maswali kabla ya jaribio 12
    3.3.2. Nyenzo 13
    3.3.3. Utaratibu (fanya kazi kwenye makundi ya watu 2-4) 13
    3.3.4. Matokeo 14

3.3.5. Maswali baada ya jaribio 16
4. Cahngamoto ya Ubunifu 17
4.1 Maswali ya Ubunifu 18
4.2 Mchoro wa Ubunifu 19
5. Vyanzo 20

1. Utangulizi kuhusu Moduli za kujifunzia za WS2

1.1. Taarifa kuhusu WS2

Women Supporting Women in the Sciences (WS2), shirika la kimataifa linalowaunganisha na kuwaunga mkono wanawake walio katika ngazi ya vyuo vikuu na wanataaluma washirika katika sayansi, teknolojia, uhandisi, na hisabati (STEM), lilitunukiwa fedha na Mfuko wa Ubunifu wa American Physical Society (APS) mwaka 2020 ili kuunda timu za kimataifa kwa ajili ya kubuni na kusambaza moduli zenye miongozo ya kufanya majaribio ya fizikia na sayansi kwa kutumia malighafi za gharama nafuu kwa wanafunzi wa shule za msingi na sekondari, hususan Afrika Mashariki. Miongozo hiyo ya maabara ilitumia rasilimali zilizopo katika mazingira ya wanafunzi na vilijumuisha mada muhimu zinazohusiana sana na wasichana wadogo ili kuwachochea kuvutiwa na masomo ya Sayansi (Science), Teknolojia (Technology), Uhandisi (Engineering), na Hisabati (Mathematics) (STEM). Zowzi hili lilifanyika kuanzia mwaka 2020 hadi 2023, zaidi ya wanafunzi 5100 kutoka Afrika Mashariki katika zaidi ya shule 40 walishiriki kwenye majaribio kwa kutumia moduli zetu, ambapo 62% walikuwa wasichana.

WS2 ilitunukiwa tena ufadhili wa Ubunifu kutoka APS mwaka 2025 ili kuendeleza mpango mwingine wa wa kuandaa moduli kwa ajili ya majaribio ya kisayansi, ambapo safari hii mkazo uliwekwa kwenye mada za quantum. Kwa maelezo zaidi kuhusu WS2, tafadhali tembelea tovuti yetu: https://ws2global.org/

WS2 inafadhiliwa na APS Innovation Fund, APS Forum on Education, Kituo cha Utafiti wa Sayansi ya rasilimali vitu na Uhandisi cha Chuo Kikuu cha Northwestern, pamoja na Idara ya Masuala ya Kitamaduni ya Wanafunzi wa Chuo Kikuu cha Northwestern. WS2 inatoa shukrani za dhati kwa wahisani wa muda kwa walioshiriki kuandaa moduli hizi kwa juhudi zao kubwa na pia kwa washauri wetu (SciBridge na Projekt Inspire) kwa ushauri wao. WS2 pia inatambua na kushukuru PhysicsQuest (https://www.aps.org/initiatives/physics-education/physicsquest) na Quantum Explorations Student Toolbox (QuEST) kwa majaribio ya mfano yaliyotumika kama msingi wa maudhui ya moduli hii.

1.2. Msamiati Muhimu

- <u>Quantum</u> – kipimo kidogo kabisa cha kitu fulani

- <u>Mvutano</u> (Entanglement) – hali ambapo chembe mbili au zaidi zimeunganishwa kiasi kwamba hushiriki hatima moja hata kama zimepishana kwa umbali mkubwa
- <u>Superposition</u> – dhana kwamba chembe inaweza kuwepo katika hali nyingi kwa wakati mmoja hadi itakapopimwa au kuangaliwa
- <u>Kipimo</u> – mchakato wa kuangalia mfumo wa quantum ambao husababisha mfumo kuwa katika hali maalum

1.3. Swali la muhimu

- Kujua taarifa kuhusu chembe moja iliyounganishwa (entangled) kunaathirije unachojua kuhusu chembe nyingine?

1.4. Lengo

Lengo la mwongozo huu ni kutambulisha dhana ya mvutano wa quantum kwa majaribio. Wanafunzi watafikiria kuhusu jinsi chembe zilizopo katika hali ya upishanishaji (superposition) zinaweza kupimwa na kutoa taarifa kuhusu chembe zote mara moja, hata kama zimepishana kwa umbali mkubwa. Hili litaonyeshwa kwa mfano kwa kutumia puto na mipira kwa njia mbili tofauti za 'kupima'.

2. Maelezo ya mada kuu

2.1. Mvutano na uhusiano

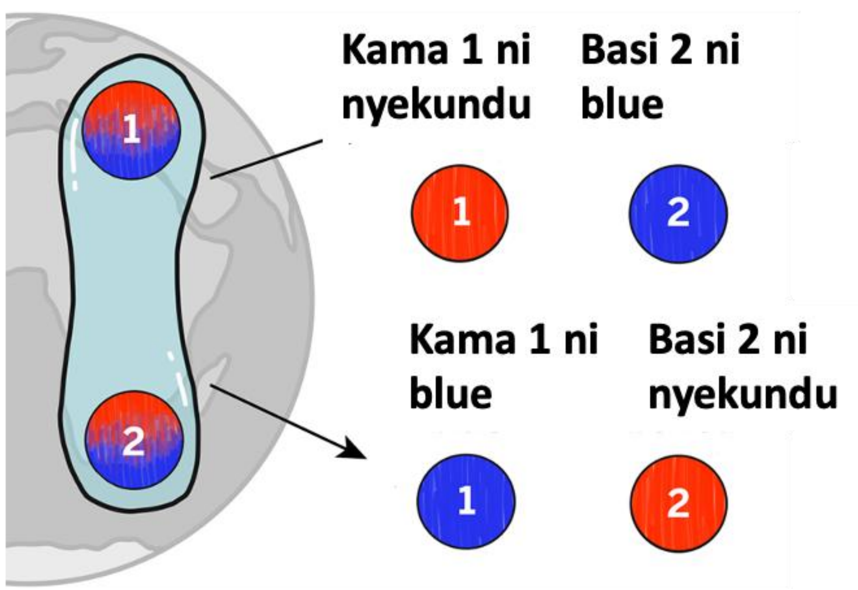
Ushawahi kurusha sarafu na kusubiri kuona kama imetua upande wa kichwa au mkia? Vipi kama sarafu hiyo ingeweza kuwa icchwa juu na mkia chini kwa wakati mmoja hadi uitazame? Hii huitwa hali ya upishanishaji (superposition), na ni dhana kuu katika mitambo ya quantum. Quantum humaanisha kiwango kidogo kabisa cha kitu. Fikiria kuwa na puto mbili za rangi tofauti – moja ya bluu na nyingine nyekundu. Ukimpa rafiki mmoja na nyingine ukaibakiza, lakini bado hujui ni ipi ni ipi. Katika ulimwengu wa quantum, puto hizo zingekuwa katika hali ya superposition – yaani zote ni bluu na

nyekundu kwa wakati mmoja. Zaidi ya hapo, zinaweza kuwa zimeunganishwa (correlated). Ukikagua moja na kugundua ni nyekundu, basi unajua nyingine ni bluu papo hapo, hata kama zipo sehemu tofauti duniani. Hii ndiyo mvutano – uhusiano wa ajabu unaotokea katika mifumo ya quantum.

Chembe ya quantum, kama vile fotoni (sehemu ndogo kabisa ya mwanga), huwa katika hali nyingi kwa wakati mmoja hadi itakapopimwa. Mara tu inapopimwa, huchagua hali moja tu. Vivyo hivyo, chembe zilizounganishwa hubaki kuwa na uhusiano wa karibu – kipimo cha moja huamua hali ya nyingine papo hapo. Tabia hii hupinga uelewa wetu wa kawaida wa sababu na athari. Mvutano huu ni msingi wa teknolojia za kisasa kama mawasiliano salama ya quantum

Basi, athari hizi za quantum hufanyaje kazi? Chembe ya quantum, kama vile fotoni (sehemu ndogo kabisa ya mwanga), huwa katika hali nyingi kwa wakati mmoja hadi itakapopimwa. Mara tu inapopimwa, huchagua hali moja tu. Vivyo hivyo, chembe zilizounganishwa hubaki kuwa na uhusiano wa karibu – kipimo cha moja huamua hali ya nyingine papo hapo (kama inavyoonyeshwa kwenye Mchoro 1). Tabia hii hupinga uelewa wetu wa kawaida wa sababu na athari.

Kuelewa mvutano wa quantum ni muhimu kwa kuwa ndio msingi wa baadhi ya teknolojia za kisasa, ikiwemo mawasiliano salama. Kwa mfano, katika kitu kinachoitwa usambazaji wa funguo za siri kwa njia ya quantum (Quantum key distribution(QKD)), chembe zilizounganishwa hutumika kutengeneza funguo za siri zilizo salama sana.



Mchoro 1. Onyesho la kanuni ya mvutano kwa kutumia chembe mbili za rangi tofauti zilizounganishwa, ambapo ikiwa chembe ya kwanza ni nyekundu, basi tunajua mara moja kwamba chembe ya pili ni bluu, na vivyo hivyo kinyume chake.
Chanzo: https://quantumatlas.umd.edu/entry/entanglement/

Jaribio lolote la kupeleleza huvuruga mvutano huo, na hivyo kuwatahadharisha watumiaji mara moja kuhusu uvunjifu wa usalama.

2.2. Orodha ya Nyenzo

- Puto za rangi mbili (kama nyekundu na bluu)
- Mifuko isiyoonesha ndani (kama mifuko ya plastiki nyeusi)
- Kamba au gundi (kwa ajili ya kufunga au kushikilia puto)
- Vikombe vinavyofanana
- Aina mbili za mipira yenye uzito tofauti sana (kama chuma na plastiki)
- Kalamu ya kuandikia (marker)
- Kitambaa (cha kufunika macho)
- Mizani (si ya lazima)

2.3. Taarifa za kiusalama

Kabla ya wanafunzi kuanza majaribio ya maabara, tafadhali zingatia masuala yafuatayo ya kiusalama:

- Vitu vidogo kama mipira vinaweza kusababisha hatari ya kuziba koo, hivyo epuka kuviweka mdomoni.
- Wanafunzi wanapaswa kushika puto kwa uangalifu ili kuepuka kupasuka, jambo ambalo linaweza kusababisha majeraha madogo.
- Ikiwa mtahama kwenda maeneo mengine au kujificha nyuma ya vizuizi, hasa mkiwa mmefungwa macho, tahadharini na vizuizi ili kuepuka ajali.
- Kila mara fanyeni shughuli chini ya uangalizi wa mwalimu.

3. Majaribio

3.1. Maswali kabla ya majaribio

1. Inamaanisha nini kwa vitu viwili kuwa katika mvutano (kwa maana ya mitambo ya quantum)?

2. Inamaanisha nini kwa kitu kuwa katika hali ya superposition (kwa maana ya mitambo ya quantum)?

3. Inamaanisha nini tunaposema tunapima kitu (kwa maana ya mitambo ya quantum)?

4. Unawezaje kulazimisha kitu kuwa katika hali moja maalum badala ya kuwa katika hali ya superposition?

3.2. Sehemu ya Kwanza: "Kupima" kwa kuona

3.2.1. *Maswali kabla ya shughuli*

1. Ikiwa kitu, kama puto (fikiri kwamba puto hiyo si ya kawaida bali ni "puto ya quantum"), kiko katika hali ya superposition ambapo ni nyekundu na bluu kwa wakati mmoja, utawezaje kuilazimisha kuwa ya rangi moja tu kati ya hizo mbili?

2. Ikiwa puto mbili za "quantum" zimeunganishwa (entangled) kiasi kwamba moja ikiwa nyekundu, nyingine lazima iwe bluu, halafu zikawekwa katika hali ya superposition, kupima moja ya puto na kuikuta kuwa nyekundu kunakuambia nini mara moja kuhusu puto nyingine?

3.2.2. *Nyenzo*

- Mputo mawili ya rangi (kama vile nyekundu na bluu)
- Kamba
- Mfuko usipopitisha mwanga
- Alama

3.2.3. *Utaratibu (fanya kazi kwenye makundi ya watu 2-4)*

1. Pulizeni maputo mawili ya rangi tofauti lakini yenye ukubwa unaofanana.

2. Yapeni majina maputo yenu mawili (mnaweza kuandika majina kwenye maputo). Majina yanaweza kuwa ya kufurahisha kama Bluidz, Greenbird, au Quantoon.
3. Fungeni kamba au bandikeni gundi kwenye maputo ili yawe rahisi kushika.
4. Wanafunzi wote wa kikundi isipokuwa mmoja wageuke na wasitazame maputo.
5. Mwanafunzi mmoja anayebaki akiangalia atakuwa “mwaandaji wa hali” na ataweka kila puto moja kwenye mfuko usioonesha ndani.
6. Wanafunzi wengine sasa wanaweza kutazama tena.
7. Mwanafunzi mmoja (ambaye siyo mwandaji wa hali) achukue mfuko mmoja (bila kuangalia ndani), na mwanafunzi mwingine (pia si mwandaji wa hali) achukue mfuko wa pili (bila kuangalia ndani).
8. Wanafunzi hao wawili waliobeba mifuko waende upande tofauti wa chumba (au angalau mita chache kutengana).
9. Baada ya kuhesabu hadi tano, mmoja wa wanafunzi waliobeba mfuko atoe puto kutoka kwenye mfuko wake.
10. Wanafunzi wengine (isipokuwa mwandaji wa hali) washindane kutaja jina la puto nyingine iliyobaki kwenye mfuko.
11. Mwanafunzi aliyebaki na mfuko mwingine naye atoe puto kutoka kwenye mfuko wake.
12. Rudieni hatua ya 4 hadi 11 kwa kubadilisha mwanafunzi anayekuwa “mwaandaji wa hali”.

3.2.4. *Maswali baada ya jaribio*

1. Ikiwa tutayaelezea maputo yaliyo kwenye mifuko kwa mtazamo wa mitambo ya quantum, rangi zake zilikuwa zipi kabla ya kutolewa kwenye mifuko?

2. Kujua rangi ya puto moja kuliathiri vipi kile kilichojulikana kuhusu puto nyingine? Je, umbali kati ya maputo hayo mawili ulikuwa na umuhimu wowote?

3. Ikiwa tutayaelezea maputo yaliyo kwenye mifuko kwa mtazamo wa mitambo ya quantum, je, tunaweza kusema yalikuwa yameunganishwa (entangled) au la? Eleza kwa nini au kwa nini siyo.

4. Nini ilikuwa nafasi ya mwanafunzi aliyekuwa “mwandaaji wa hali”?

3.3. Segemu ya Pili. “Kupima” kwa hisia

3.3.1. *Maswali kabla ya jaribio*

1. Ikiwa kitu, kama mpira (fikiri kwamba mpira huo si wa kawaida bali ni “mpira wa quantum”), uko katika hali ya superposition ambapo ni mzito na mwepesi kwa wakati mmoja, utawezaje kuufanya uwe katika uzito mmoja tu kati ya hizo mbili?

2. Ikiwa mipira miwili ya “quantum” imeunganishwa kiasi kwamba mmoja ukiwa mzito mwingine ni lazima uwe mwepesi, halafu mipira hiyo ikawekwa katika hali ya superposition, kupima mpira mmoja na kuupata kuwa mzito kunakuambia nini mara moja kuhusu mpira mwingine?

3.3.2. *Nyenzo*

- Vikombe
- Aina mbili za mipira yenye uzito tofauti sana (kama chuma na plastiki)
- Kitambaa cha kufunika macho
- Mizani (si lazima)

3.3.3. *Utaratibu (fanya kazi kwenye makundi ya watu 2-4)*

1. Peaneni jina la kuvutia kwa kikundi chenu (mfano “Mashujaa wa Quantum” au “Marafiki wa Quantum”).
2. Kama mna mizani, endeleeni na hatua inayofuata. Kama hamna, ruka hadi hatua ya 6.
3. Kila mwanafunzi atoe makadirio ya uzito wa mipira miwili yenye uzito tofauti na andikeni makadirio hayo.
4. Pimeni uzito wa kila mpira kwa kutumia mizani na andikeni matokeo halisi.
5. Tangazeni ni mwanafunzi gani aliyekaribia zaidi na uzito sahihi.
6. Kila mwanafunzi ashike mipira yote miwili ili ajue tofauti ya uzito wao. Unaweza kuandika namba (#1 na #2) au kuiapa majina maalum kwa urahisi wa kutambua.
7. Gawieni majukumu kwa kila mwanafunzi katika kikundi:
    - Mmoja awe “mwandaaji”
    - Mmoja awe “mjaribu”
    - Mmoja awe “mwandishi wa matokeo”
8. Mwandishi afunge kitambaa cha macho kwa mjaribu.
9. Mwandaji aweke mpira mmoja kwenye kila kikombe.
10. Mwandaaji amkabidhi mjaribu kikombe kimoja bila kumwambia mpira gani upo ndani.
11. Mjaribu atabiri ni mpira gani upo kwenye kikombe alichoshika, na pia ni mpira gani upo kwenye kikombe kingine.
12. Mwandishi aandike majibu ya mjaribu.
13. Rudia hatua ya 10 hadi 12 mara tano.
14. Mjaribu avue kitambaa na aangalie kama alikisia kwa usahihi.
15. Rudia hatua ya 7 hadi 14 kwa kubadilishana nafasi ili kila mwanafunzi ajaribu.

3.3.4. *Matokeo*

Tumia jedwali hili kurekodi makadirio ya uzito wa mipira. Uzito sahihi wa mipira unaweza kuandikwa kwenye mstari wa kwanza.

Jina	Makadirio ya Mpira #1	Karibu na ukweli?	Makadirio ya Mpira #2	Karibu na ukweli?
Uzito sahihi				

Tumia majedwali haya kurekodi makadirio ya mjaribu kuhusu ni mpira gani upo kwenye kikombe anachoshika na mpira gani upo kwenye kikombe kingine ambacho hakishiki. Kuna majedwali mengi kwa ajili ya kila wakati majukumu katika kikundi yatakapobadilishwa.

Mwandishi: ___________________

Mjaribu: ___________________

Jaribio	Makadirio ya mpira kwenye kikombe anachoshika	Makadirio ya mpira kwenye kikombe kingine	Sahihi? (Ndiyo/Hapana)
#1			
#2			
#3			
#4			
#5			

Mwandishi: ____________________

Mjaribu: ____________________

Jaribio	Makadirio ya mpira kwenye kikombe anachoshika	Makadirio ya mpira kwenye kikombe kingine	Sahihi? (Ndiyo/Hapana)
#1			
#2			
#3			
#4			
#5			

Mwandishi: ____________________

Mjaribu: ____________________

Jaribio	Makadirio ya mpira kwenye kikombe anachoshika	Makadirio ya mpira kwenye kikombe kingine	Sahihi? (Ndiyo/Hapana)
#1			
#2			
#3			
#4			
#5			

3.3.5. *Maswali baada ya jaribio*

1. Je, uliweza kutofautisha kwa urahisi uzito wa mipira miwili ulipokuwa ukiishika?

2. Ikiwa tutaielezea mipira iliyoko ndani ya vikombe kwa mtazamo wa mitambo ya quantum, uzito wao ulikuwa upi kabla ya kushikwa na mjaribu?

3. Kujua uzito wa mpira mmoja kuliathiri vipi kile kilichojulikana kuhusu mpira mwingine? Je, umbali kati ya vikombe au mipira uliathiri chochote?

4. Ikiwa tutaielezea mipira kwenye vikombe kwa mtazamo wa quantum, je, tunaweza kusema ilikuwa imeunganishwa (entangled)? Eleza kwa nini au kwa nini siyo.

5. Ni mara ngapi mjaribu alikisia kwa usahihi mipira iliyokuwa kwenye vikombe? Kama hakufanikisha kila mara, unadhani ni kwa nini ilitokea hivyo?

6. Ni kivipi nafasi ya “kupima” ilikuwa tofauti katika jaribio hili ukilinganisha na jaribio la awali la puto?

4. Cahngamoto ya Ubunifu

Cahngamoto: Buni kifaa au mashine inayotumia mvutano (entanglement)!

Umejifunza kuwa mvutano huunda hali ya pamoja ya quantum kati ya pande mbili au chembe mbili, na kupima moja kati yao kunakupa taarifa kuhusu nyingine (kumbuka kuhusu mipira miwili au maputo mawili kutoka kwenye majaribio ya awali). Kama tulivyojadili awali, uhusiano huu pia unamaanisha kuwa iwapo mtu au kitu kitaingilia mvutano huo, hali za vitu hivyo viwili zitakuwa dhahiri mara moja. Wazo hili linatumika kwenye usimbaji (encryption) wa mawasiliano ya quantum ili kugundua iwapo mtu anapeleleza mawasiliano kupitia njia ya quantum.

Sasa, tutatumia ulichokijifunza kubuni kifaa au mashine inayoweza kutumia mvutano kufanya jambo la maana au la kufurahisha. Kuwa mbunifu na fikiri kwamba tabia ya quantum kama mvutano inaweza kutokea kwenye vitu vikubwa vinavyokuzunguka (kama maputo, vikombe, mipira, n.k.).

4.1 Maswali ya Ubunifu

1. Mvutano na superposition vinaweza kusaidia vipi katika maisha halisi? (Unaweza kufikiria kwamba mvutano na superposition hutokea pia kwenye vitu vikubwa vinavyokuzunguka). Kuwa mbunifu na fikiria kwa mapana.

2. Utavitumiaje mvutano na superposition kwenye kifaa au mashine yako?

3. Ni aina gani ya nyenzo utahitaji kutengeneza kifaa au mashine yako?

4.2 Mchoro wa Ubunifu

Chora muundo wa kifaa au mashine yako hapa chini.

5. Vyanzo

Quantum entanglement, https://quantumatlas.umd.edu/entry/entanglement/.

What is quantum in physics and computing?, by Mary Shacklett and Gavin Wright, https://www.techtarget.com/whatis/definition/quantum