Geneen interakzioak



KREDITUAK

POLYMATen jolas bat, Zientzia Jolasak barruan.

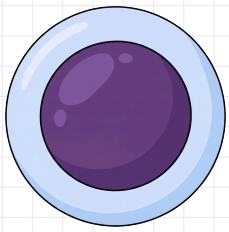
Diseinua Beñat Olave (POLYMAT). Kodeak deszifratzeko jolas tradizional batean oinarritutako mekanika.

Zientzia Sanz Larrarte et al., *iScience* 29, 116619 (2026), Tecnun (Nafarroako Unibertsitatea), eta haren lehen bertsioa (arXiv:2509.06891) oinarri hartuta. Jolas libreko kateak jolasteko asmatuak dira. Kasuetako aginduak eta gene bakoitzak egiten duena aurreko ikerketetatik datoz. Artikuluak edo haren lehen bertsioak aipatzen ditu.

Irudiak AArekin sortuak (Gemini).

B LINFOZITOA

Zer da B linfozito bat?



B linfozitoak globulu zuriak dira, zure defentsetako zelulak.

Biribilak dira, eta barruko ia guztia nukleoa da, geneak dauden lekua.

B linfozito bakoitzak gauza arrotz mota bat ezagutzen du, adibidez birus baten zati bat.

GENEAK

Geneak, jarraibide batzuk

Gene bat zelularen jarraibide bat da.

Piztuta egon daiteke, eta zelulak erabili egiten du, edo itzalita, eta ez du erabiltzen.

→ **pizten du**
⊣ **itzaltzen du**

Gene batzuek aginduak ematen dizkiete besteei: «piztu!» edo «itzali!».

Agindu horiek, kanpoko seinaleekin batera, linfozitoa fabrika bihurtzen laguntzen dute.

ZELULA

Zelula bazara

Irakurri ozen KASUA. Begiratu ezkutuan beste aldea eta utzi taulan, bere lekuan.

Alderatu zenbakiaren arabera: 1. katebegia 1.arekin, 2.a 2.arekin.

Gene bera leku berean: ✔. Katean dagoen genea, baina beste leku batean: ⇔. Katean ez dagoen genea: ezer ez.

Laukitxoetan, jarri lehenik ✔ pistak eta gero ⇔ pistak, zeintzuk diren esan gabe. Pistarik ez badago, esan ozen.

Katebegi adina ✔ badaude, kasua ebatzita! Esan ozen.

TALDEA

Nola ikertzen da

Pertsona bat zelula da: KASUA ozen irakurtzen du eta beste aldea ezkutuan begiratzen du.

Besteek ikertzen dute: txandaka, batek kasuko gene bat jartzen du hurrengo ilarako katebegi bakoitzean, errepikatu gabe.

Gene bakoitzeko, zelulak ✔ jartzen du bere lekuan badago, eta ⇔ katean beste leku batean badago.

Ilara bakoitza esperimentu bat da eta ez da kentzen. Zuen marka kasuko katebegi adina ✔ dituen ilararen zenbakia da.

Azken ilara jarri duenak kasuaren SARIari buelta ematen dio eta ozen irakurtzen du. Gero, zelula aldatzen da.

JOLAS LIBREA

Eman buelta gene-fitxei: izenik gabeko aldetik, ikurrak besterik ez dira.

Zelulak 2 edo 3 ikur desberdin jartzen ditu KASUaren lekuan, katebegien parean. Azala horizontalean jarrita estaltzen ditu, eta zenbat diren esaten du.

Kasu bat bezala jolasten da, datuen pistarik gabe. Taula betetzean, hustu 1. ilara eta jarraitu: 9.a izango da, eta horrela.

Lehia: pertsona edo talde bakoitza behin da zelula. Ilara gutxienetan asmatzen duenak irabazten du.

Jolas libreko kateak asmatuak dira: ez dira benetako aginduak.

METODOA

Nola egin zuen Tecnunek

1 **2×2×2×2×2×2 = 64**

Gene bakoitza piztuta edo itzalita egon daiteke: 6 generekin, 64 modu ateratzen dira.

2

Tecnunek 28.000 zelula baino gehiagoren datuak begiratu zituen, eta taula batean idatzi zuen modu bakoitzeko zenbat zeuden.

3

Gene askorekin, taula hori izugarria litzateke. Horregatik, pieza txikien kate batean gordetzen da, gene bakoitzeko pieza bat: datuen katea da, ez aginduena.

HITZ EGITEKO

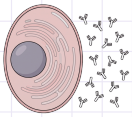
Tecnunek ez zituen zelula horiek neurtu: datu publikoak hartu zituen, mundu guztiari irekiak, eta metodo berri batekin aztertu zituen. Partida bakoitzean, zu ere datu publikoen pista batekin hasi zinen.



zientziajolasak.eus · CC BY-NC-SA 4.0

B LINFOZITOA

Zergatik da garrantzitsua?



Antigorputzak birusei eta bakterioei itsasten zaizkie, eta horiek ezabatzen laguntzen dute.

Txertoek zure B linfozitoei mikrobio bat ezagutzen irakasten diete, gaixotu gabe.

Gero benetakoa iristen bada, zure defentsek dagoeneko ezagutzen dute.

KREDITUAK

Finantzatzailea

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
ZIENTZIA, UNIBERTSITATE ETA BERRIKUNTZA SAILA
DEPARTAMENTO DE CIENCIA, UNIVERSIDADES E INNOVACIÓN

Ezagutza Zabaltzen 2026 · Zientziarekin Solasean eta Jolasean proiektua.

CC BY-NC-SA 4.0

NOLA JOLASTU

labur.eus/geneak

2-5 pertsona · 12 urtetik aurrera · 20 minutu inguru partidako

Partida bat hiru kasu dira: 1etik 3ra, edo 4tik erronkara.

Partida bakoitza amaitzean, irakurri METODOA eta HITZ EGITEKO.

TALDEA

Zer diote pistek

2 katebegirekin

Kasua ebatzita!

Biak daude, baina alderantziz.

Bat bere lekuan dago. Bestea ez dago kate honetan.

Bat badago, baina beste lekuan. Bestea ez dago kate honetan.

Bietako bat ere ez dago kate honetan.

Pistek zenbat esaten dute, ez zeintzuk. Pentsatu denak batera hartuta.

Trabatzen bazarete, bilatu kasuaren kate posibleak eta estali soberako fitxekin jada posible ez direnak.

ZELULA

Adibidea

? ? ?
1 2 3

1 B - A - D

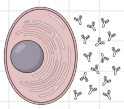
Ezkutuko katea A, B, C da.

Esperimentua: B, A, D. Bat ere ez dago bere lekuan. B eta A katean daude, baina beste leku batean.

Zelulak ⇔ ⇔ jartzen ditu. D ez dago kate honetan.

Taldea trabatzen bada, berrikusi zure pistak eta zuzendu gaizki dagoena.

LINFOZITOTIK FABRIKARA



B linfozitoak ezagutzen duena aurkitzen duenean eta beste alarma-seinale batzuk jasotzen dituenean, aktibatu egiten da.

Orduan, ugaldu egiten da eta aldaketa txikiak probatzen ditu bere antigorputzetan.

Gero, zelula horietako batzuek lanez aldatzen dute.

Zelula plasmatiko bihurtzen dira: antigorputz pila bat askatzen duten fabrikak, denak berdinak.

Aldaketa horretan, gene batzuk piztu egiten dira eta beste batzuk itzali.

HITZ EGITEKO

1. Datu publikoek pista bat eman dizute, esperimenturik gastatu gabe. Zergatik nahiko luke laborategi batek bere datuak partekatu? Eta zergatik ez?

2. Datuetako zelulak pertsonenak dira. Nork erabaki beharko luke zertarako erabiltzen diren?

3. Laborategi batean, esperimentu bakoitzak laginak, dirua eta energia gastatzen ditu. Noiz merezi du beste bat egitea?

METODOA

4



Piezak elkartuta, edozein gene-hirukote batera begira daiteke. Horrela ikusi zen IRF4, PRDM1 eta PAX5 talde gisa dabiltzala.

5



Taula piezatan gordetzea fisika kuantikotik datorren ideia bat da. Baina dena ordenagailu arrunt batean kalkulatu zen, ez kuantiko batean.



3. KASUA

Etengailua

Zein aginduk egiten du linfozitoak B linfozito izateari uztea?

Tecnunen datuen pista: PRDM1 kasu honetako beste gene batekin lotuta dago. Jolasean, horrek esan nahi du katean dagoela.

Kasuaren geneak
REL · PRDM1 · IRF4 · AICDA · PAX5

2 katebegi
1 — 2

12/45

2. KASUA

Seinalea

Zein aginduk jartzen du martxan antigorputz-fabrika bihurtzeko aldaketa?

Tecnunen datuen pista: IRF4 kasu honetako beste gene batekin lotuta dago. Jolasean, horrek esan nahi du katean dagoela.

Kasuaren geneak
PRDM1 · IRF4 · AICDA · PAX5

2 katebegi
1 — 2

11/45

1. KASUA

Zaindaria

Aktibatutako B linfozito batean, gene batek beste bat pizten du, antigorputzak aldatzeko. Nork nori?

Tecnunen datuen pista: PAX5 kasu honetako beste gene batekin lotuta dago. Jolasean, horrek esan nahi du katean dagoela.

Kasuaren geneak
PRDM1 · AICDA · PAX5

2 katebegi
1 — 2

10/45

ERRONKA

Benetako katea

Orain katea hiru generena da.

Tecnunen datuak: IRF4, PRDM1 eta PAX5 talde gisa dabiltza. Beraz, katean daude. Datuek ez dute esaten nork ematen duen agindua.

Kasuaren geneak
REL · RELA · PRDM1 · IRF4 · AICDA · PAX5

3 katebegi
1 — 2 — 3

15/45

5. KASUA

Aldatzeari utzi

Zelula fabrika denean, antigorputzak aldatzeari uzten dio. Zein aginduk lortzen du hori?

Tecnunen datuen pista: AICDA kasu honetako beste gene batekin lotuta dago. Jolasean, horrek esan nahi du katean dagoela.

Kasuaren geneak
REL · RELA · PRDM1 · IRF4 · AICDA · PAX5

2 katebegi
1 — 2

14/45

4. KASUA

Familiaren bultzada

Beste gene batek, IRF4 ez denak, aldaketa martxan jartzen laguntzen du. Zein da, eta nori?

Tecnunen datuen pista: RELA kasu honetako beste gene batekin lotuta dago. Jolasean, horrek esan nahi du katean dagoela.

Kasuaren geneak
REL · RELA · PRDM1 · IRF4 · AICDA · PAX5

2 katebegi
1 — 2

13/45

SARIA · 3. KASUA

?

PRDM1

Kasua ebaztean irekitzen da.

18/45

SARIA · 2. KASUA

?

IRF4

Kasua ebaztean irekitzen da.

17/45

SARIA · 1. KASUA

?

PAX5

Kasua ebaztean irekitzen da.

16/45

Aldaketarena

PRDM1 itzaltzen du PAX5

PRDM1-ek PAX5 itzaltzen du: linfozitoa antigorputz-fabrika bihurtzen da.

Datuek esaten dute nor dagoen norekin lotuta. Beste ikerketek esaten dute nork ematen duen agindua.

Zelulan agindu gehiago daude. Hau da kasu honetakoa.

Partida bakoitza amaitzean, irakurri METODOA eta HITZ EGITEKO.

Seinale-emailea

Zenbat dagoenaren arabera, gauza desberdinak egiten ditu.

IRF4 gutxi dagoenean, AICDA pizten da.

IRF4 pizten du PRDM1

IRF4 asko dagoenean, PRDM1 pizten du.

Agindu hau beste ikerketa batzuek kontatzen dute, ez Tecnunen datuek.

Zelulan agindu gehiago daude. Hau da kasu honetakoa.

Zaindaria

Zelulak B linfozito izaten jarrai dezan egiten du.

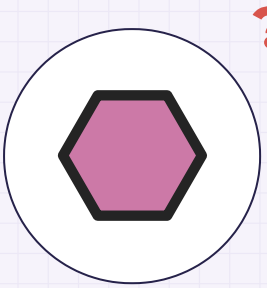
PAX5 pizten du AICDA

PAX5-ek AICDA pizten du: B linfozito aktibatuak bere antigorputzak alda ditzake.

Agindu hau beste ikerketa batzuek kontatzen dute, ez Tecnunen datuek.

Zelulan agindu gehiago daude. Hau da kasu honetakoa.

SARIA · 4. KASUA

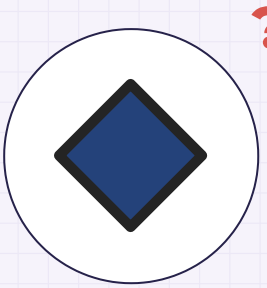


RELA

Kasua ebaztean irekitzen da.

19/45

SARIA · 5. KASUA



AICDA

Kasua ebaztean irekitzen da.

20/45

SARIA · ERRONKA

6 kate posible

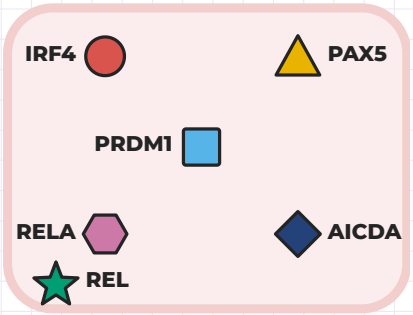
Tecnunen datuekin, IRF4, PRDM1 eta PAX5 guztietan daude. Datu horiek gabe, 120 egongo lirateke.

①	②	③
PRDM1	IRF4	PAX5
PRDM1	PAX5	IRF4
IRF4	PRDM1	PAX5
IRF4	PAX5	PRDM1
PAX5	PRDM1	IRF4
PAX5	IRF4	PRDM1

21/45

MAPA

Zelularen mapa



Jarri inguruan ebatzitako kasu bakoitza. Erronka amaitzean, eman buelta karta honi.

22/45

KATEAK · 1. KASUA

4 kate posible

Tecnunen datuekin, PAX5 guztietan dago. Datu horiek gabe, 6 egongo lirateke.

①	②	①	②
PAX5	PRDM1	PRDM1	PAX5
PAX5	AICDA	AICDA	PAX5

23/45

KATEAK · 2. KASUA

6 kate posible

Tecnunen datuekin, IRF4 guztietan dago. Datu horiek gabe, 12 egongo lirateke.

①	②	①	②
PRDM1	IRF4	IRF4	PRDM1
AICDA	IRF4	IRF4	AICDA
PAX5	IRF4	IRF4	PAX5

24/45

KATEAK · 3. KASUA

8 kate posible

Tecnunen datuekin, PRDM1 guztietan dago. Datu horiek gabe, 20 egongo lirateke.

①	②	①	②
PRDM1	REL	REL	PRDM1
PRDM1	IRF4	IRF4	PRDM1
PRDM1	AICDA	AICDA	PRDM1
PRDM1	PAX5	PAX5	PRDM1

25/45

KATEAK · 4. KASUA

10 kate posible

Tecnunen datuekin, RELA guztietan dago. Datu horiek gabe, 30 egongo lirateke.

①	②	①	②
REL	RELA	RELA	REL
PRDM1	RELA	RELA	PRDM1
IRF4	RELA	RELA	IRF4
AICDA	RELA	RELA	AICDA
PAX5	RELA	RELA	PAX5

26/45

KATEAK · 5. KASUA

10 kate posible

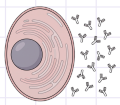
Tecnunen datuekin, AICDA guztietan dago. Datu horiek gabe, 30 egongo lirateke.

①	②	①	②
AICDA	REL	REL	AICDA
AICDA	RELA	RELA	AICDA
AICDA	PRDM1	PRDM1	AICDA
AICDA	IRF4	IRF4	AICDA
AICDA	PAX5	PAX5	AICDA

27/45

ERRONKA

Linfozitoa antigorputz-fabrika da orain!



IRF4 pizten du → PRDM1 itzaltzen du ⊣ PAX5

IRF4 asko dagoenean, PRDM1 pizten du. Eta PRDM1-ek PAX5 itzaltzen du.

Tecnunek neurtu zuen IRF4, PRDM1 eta PAX5 talde gisa dabiltzala. Geziak, nork ematen duen agindua, beste ikerketa batzuek kontatzen dituzte.

Eman buelta MAPAri. Gero, irakurri METODOA eta HITZ EGITEKO.

21/45

GENEA · AICDA

Aniztasunarena



Antigorputz desberdinak sortzen laguntzen du.

PRDM1 itzaltzen du ⊣ AICDA

PRDM1-ek AICDA itzaltzen du: fabrikak antigorputzak aldatzeari uzten dio.

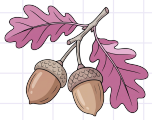
Agindu hau beste ikerketa batzuek kontatzen dute, ez Tecnunen datuek.

Zelulan agindu gehiago daude. Hau da kasu honetakoa.

20/45

GENEA · RELA

Senidea



REL eta RELA senideak dira, baina lan desberdinak egiten dituzte.

RELA pizten du → PRDM1

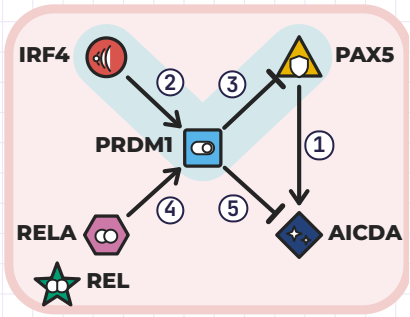
RELA-k PRDM1 pizten laguntzen du.

Agindu hau beste ikerketa batzuek kontatzen dute, ez Tecnunen datuek.

Zelulan agindu gehiago daude. Hau da kasu honetakoa.

19/45

MAPA



→ pizten du · ⊣ itzaltzen du

Talde gisa dabiltza: Tecnunek neurtu zuen

Zelulan agindu gehiago daude. Hauek dira jolas honetakoak.

22/45

EU
labur.eus/geneak
Teknologia kuantikoak
Zientzia Jolasak
Party game

1
2
3
30/45

Zelula bazara
Alderatu zenbakiaren arabera: 1. katebegia 1.arekin, 2.a 2.arekin.
Gene bera leku berean: .
Katean dagoen genea, baina beste leku batean: .
Katean ez dagoen genea: ezer ez.
Laukitxoetan, jarri lehenik pistak eta gero pistak, zeintzuk diren esan gabe. Pistarik ez badago, esan ozen.
29/45

Jarri taula erdian. Zelula dena KASUA doan aldean esertzen da.
Taularen alboan, zutabean, partidako hiru SARIak, itxita. Bakoitzaren ondoan, bere KASUA. Lehen kasuaren aurretik, irakurri ozen GENEAK bi aldeetatik.
28/45

3
4
33/45

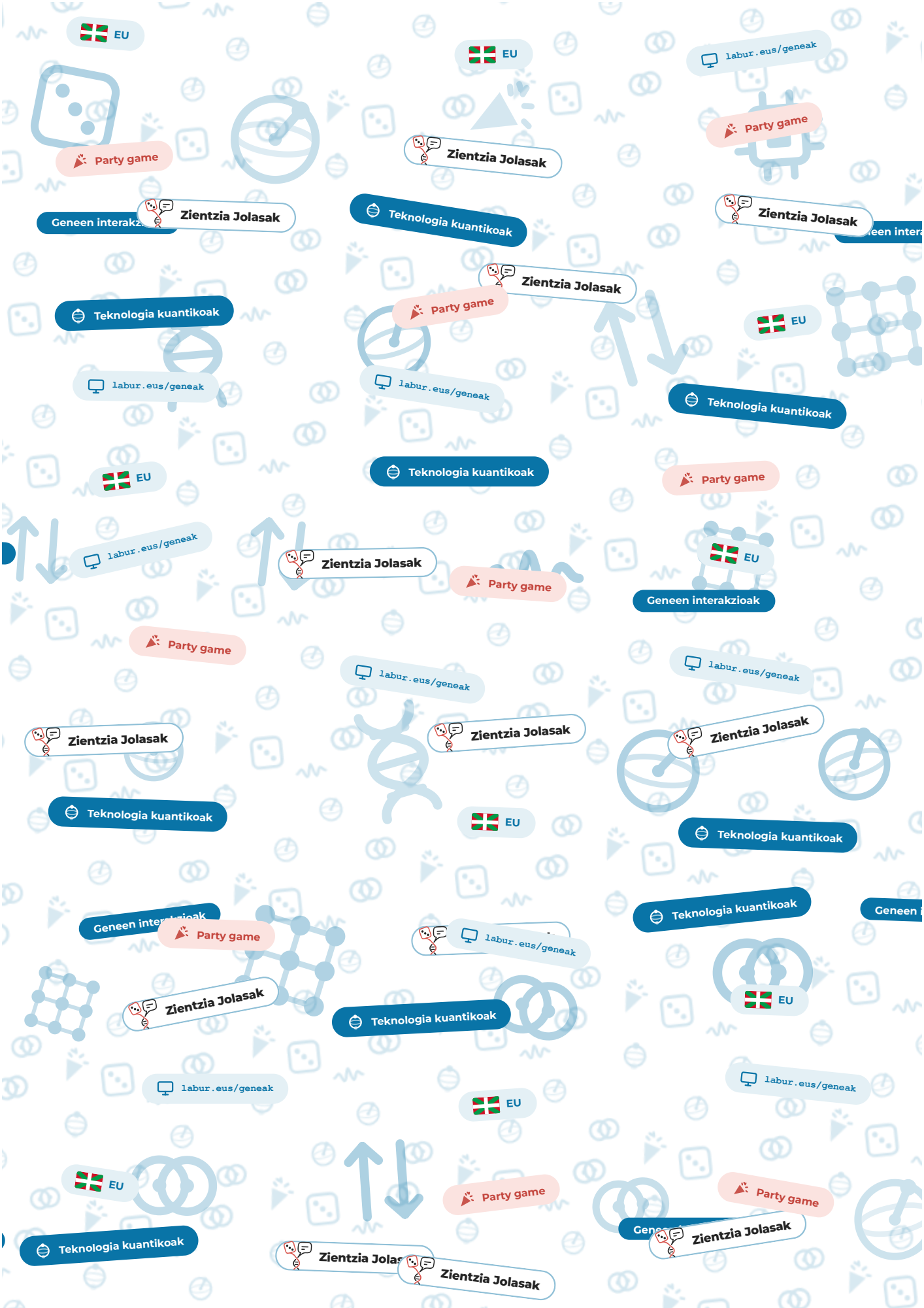
3
4
32/45

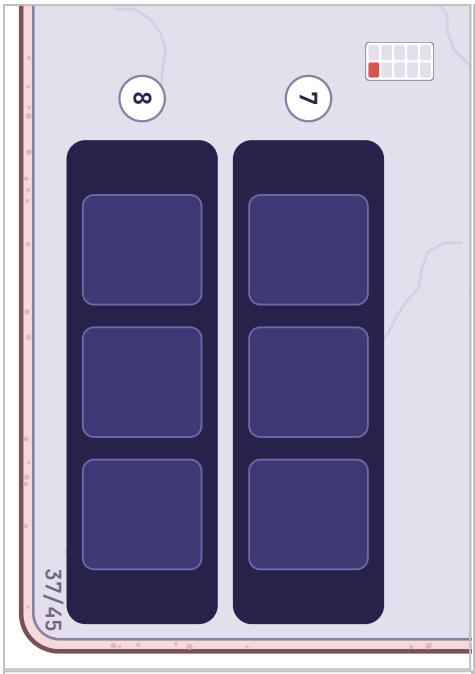
bere lekuan
beste leku batean
1
2
31/45

7
8
Benetako zelula batean, geneak ez daude ilaran: katea marrazki bat da.
36/45

5
6
35/45

5
6
34/45


EU
Party game
Zientzia Jolasak
Teknologia kuantikoak
labur.eus/geneak
Geneen interakzioak



IRF4	IRF4	IRF4
IRF4	IRF4	IRF4
PRDM1	PRDM1	PRDM1
PRDM1	PRDM1	PRDM1

38/45

PAX5	PAX5	PAX5
PAX5	PAX5	PAX5
AICDA	AICDA	AICDA
AICDA	AICDA	AICDA

39/45

REL	REL	REL
REL	REL	REL
RELA	RELA	RELA
RELA	RELA	RELA

40/45

IRF4	PRDM1	PAX5
IRF4	PRDM1	PAX5
IRF4	PRDM1	PAX5
IRF4	PRDM1	PAX5

41/45

AICDA	REL	RELA
AICDA	REL	RELA
AICDA	REL	RELA
AICDA	REL	RELA

42/45

✓	✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓

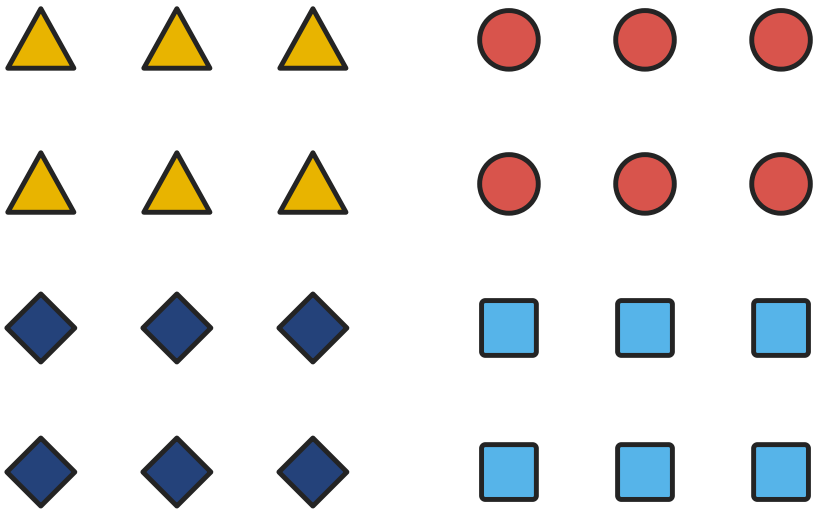
43/45

✓	✓	✓	✓
↔	↔	↔	↔
↔	↔	↔	↔
↔	↔	↔	↔

44/45

↔	↔	↔	↔
↔	↔	↔	↔
↔	↔	↔	↔
↔	↔	↔	↔
↔	↔	↔	↔

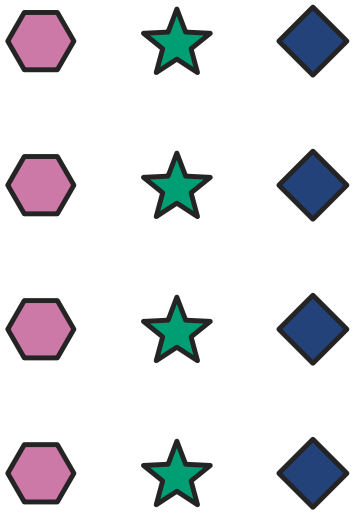
45/45



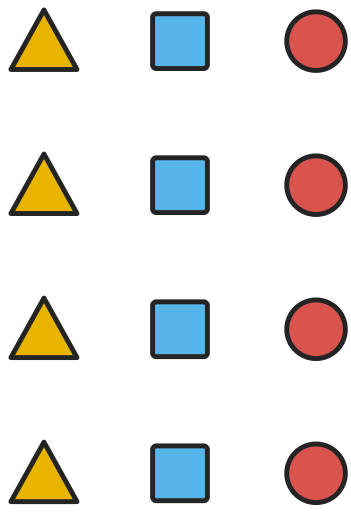
39/45

38/45

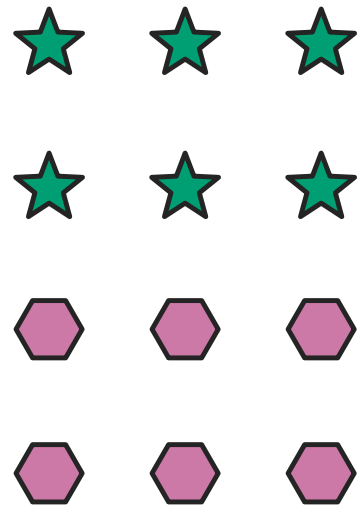




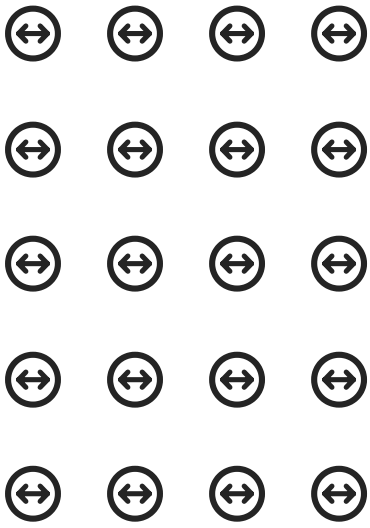
42/45



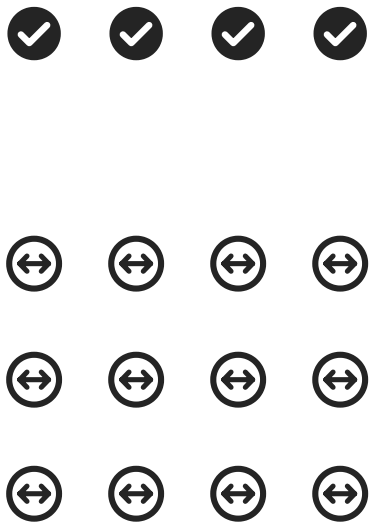
41/45



40/45



45/45



44/45



43/45