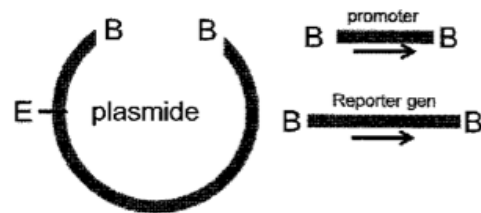


1. Een onderzoeker wil in een plasmide twee fragmenten kloneren. Hij heeft het plasmide met *Bam*HI (B) geknipt en de fragmenten ook (zie tekening; de restrictieplaats voor *Eco*RI (E) is ook aangegeven). Vervolgens heeft hij de drie fragmenten bij elkaar gebracht en ligase toegevoegd. Na de ligatie heeft hij het mengsel naar *E. coli* getransformeerd en uitgeplaat. Hij gaat vervolgens de individuele kolonies opgroeien en het plasmide-DNA isoleren. De onderzoeker is geïnteresseerd in juist die plasmiden die de twee fragmenten bevatten in de juiste volgorde: de promotor moet de expressie van het reporter gen reguleren (de pijlen in de tekening geven de transcriptie richting weer). Hoeveel combinaties van het plasmide en de twee fragmenten kan de onderzoeker terug vinden en hoeveel daarvan hebben de juiste volgorde?

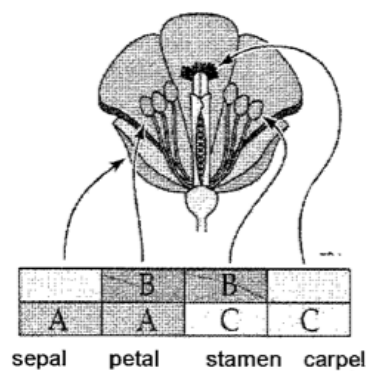


1. acht combinaties waarvan 2 juiste.
2. twaalf combinaties waarvan 2 juiste.
3. vier combinaties waarvan 1 juiste.
4. zes combinaties waarvan 1 juiste.

2. Voor het ontstaan van de segmenten en hun polariteit in een *Drosophila* lichaam zijn achter elkaar verschillende groepen genen actief. Geef aan welke van de onderstaande volgordes de juiste weergave is van de activiteit van deze groepen genen tijdens de differentiatie van *Drosophila*.

1. Maternal effect genen, gap genen, homeotische genen, pair rule genen.
2. Maternal effect genen, gap genen, pair rule genen, homeotische genen.
3. Maternal effect genen, homeotische genen, pair rule genen, gap genen.
4. Maternal effect genen, pair rule genen, homeotische genen, gap genen.

3. Hieronder staat een schematische weergave van de vier organen ('lagen') van een normale bloem. Tevens is de expressie van de orgaanidentiteitsgenen A, B en C in de vier verschillende organen weergegeven. Een onderzoekster heeft 6611 mutant gevonden waarvan de bloemen uit de volgende vier orgaanlagen zijn opgebouwd: sepal, sepal, carpel, carpel.



Welke mutatie zal de oorzaak van dit afwijkende bloemfenotype zijn?

1. Overexpressie van identiteitsgen C in alle organen van de bloem.
2. Een mutatie die overexpressie van identiteitsgen B veroorzaakt.
3. Een mutatie die de expressie van identiteitsgen B uitschakelt.
4. Overexpressie van identiteitsgen A in alle organen van de bloem.

**4.** Bij de embryonale ontwikkeling van zoogdieren is positionele informatie nodig om een geëördineerde ontwikkeling van weefsels mogelijk te maken. In veel gevallen speelt daarbij een "morphogen" een centrale rol. Wat is de definitie van een 'morphogen'?

1. Een eiwit dat geprogrammeerde celdood initieert bij de ontwikkeling van ledematen.
2. Een transcript dat zich ongelijk verdeelt over de bevruchte eicel tijdens de eerste fasen van de ontwikkeling.
3. Een homeotisch gen dat de patroonontwikkeling stuurt.
4. Een signaalstof die direct op doelwitcellen werkt en in verschillende concentraties verschillende effecten heeft.

**5.** De ontwikkeling van een kikkerembryo kun je onder de microscoop goed volgen. Vanaf dag 3 in de ontwikkeling van het kikkerembryo worden celtypes "gedetermineerd". Als een onderzoeker het weefsel van de kop van een 2 dagen oud embryo transplanteert naar het staartweefsel van een ander, 2 dagen oud, embryo wat gebeurt er dan met dit getransplanteerde weefsel ?

1. Dit weefsel vormt zich om tot ongedifferentieerd littekenweefsel.
2. Dit weefsel sterft af want het krijgt op dag 2 nog niet de juiste signalen om verder te ontwikkelen.
3. Dit weefsel ontwikkelt zich net als het weefsel waarin het getransplanteerd is tot staartweefsel.
4. Dit weefsel ontwikkelt zich tot kopweefsel in het staartgebied.

**6.** Onderzoekers kunnen voor de identificatie van genen gebruik maken van zogenoemde DNA-bibliotheken ('DNA-libraries'). Er bestaan genomische bibliotheken en cDNA bibliotheken. Als een onderzoeker vast wil stellen waar precies de intron-exon overgangen in een menselijk gen zich bevinden, welke van deze bibliotheken moet hij dan gebruiken?

1. Geen van beide, dat kan alleen met behulp van bio-informatica.
2. Beide bibliotheken.
3. Alleen met een genomische bibliotheek, want daarin bevinden zich de introns.
4. Alleen met de cDNA bibliotheek, want daarin bevinden zich alleen de exons.

**7.** Om genetische defecten bij de mens te repareren kan in sommige gevallen "RNA interference" (RNAi) gebruikt worden. Deze techniek is gebaseerd op het toedienen van antisense RNA of siRNA. Wat is het effect van deze behandeling op het doelwitgen?

1. Door interactie met het mRNA van het doelwitgen wordt óf de afbraak van het RNA D versneld óf de translatie geblokkeerd.
2. Deze RNA moleculen verhinderen het transport van mRNA de kern uit en blokkeren daardoor de expressie.
3. Deze RNA moleculen remmen specifiek de ribosomen die het mRNA van dit doelwit gen vertalen (translatie).
4. Deze behandeling stimuleert de expressie van het doelwitgen doordat de kleine RNA moleculen de transcriptie versnellen.

**8.** Welke van de onderstaande beweringen over genetisch gemodificeerde voedingsgewassen is juist?

1. Genetisch gemodificeerde planten worden alleen in kassen verbouwd?
2. Genetisch gemodificeerde "Gouden Rijst" bevat meer vitamine A in de rijstkorrel.
3. Droogte-tolerante tomatenplanten bevatten genen van cactussen.
4. De eerste genetisch gemodificeerde soja (Round-up Ready) is in 2005 op de markt gebracht.

**9.** In onderzoek worden vaak genetisch gemodificeerde muizen gebruikt. Doorgaans zijn dit muizen waarin een doelwitgen uitgeschakeld is, zogenaamde “knock-out” muizen. Welke van de onderstaande antwoorden beschrijft de procedure voor het maken van een “knock-out” muis op de juiste wijze?

1. Het doelwitgen wordt onderbroken door een reporter gen. Dit construct wordt in een embryonale stamcel ingebouwd. De embryonale stamcel wordt in een blastocyst geïnjecteerd en vervolgens wordt deze geïmplanteerd in een muis. Het weefsel van de jongen heeft gedeeltelijk het knock-out fenotype.
2. Het doelwitgen wordt onderbroken door een reporter gen. Dit construct wordt in een blastocyst geïnjecteerd en vervolgens wordt deze geïmplanteerd in een muis. Al het weefsel van de jongen zal knock-out fenotype hebben.
3. DNA dat het doelwitgen bevat wordt samen met een antibioticum resistentiegen geïnjecteerd in de blastocyst en vervolgens wordt deze geïmplanteerd in een muis. De jongen zijn knock-out muizen.
4. DNA dat het doelwitgen bevat wordt samen met een antibioticum resistentiegen in een embryonale stamcel ingebouwd. De embryonale stamcel cel wordt in een blastocyst geïnjecteerd en vervolgens wordt deze geïmplanteerd in een muis. Het weefsel van de jongen heeft gedeeltelijk het knock-out fenotype.

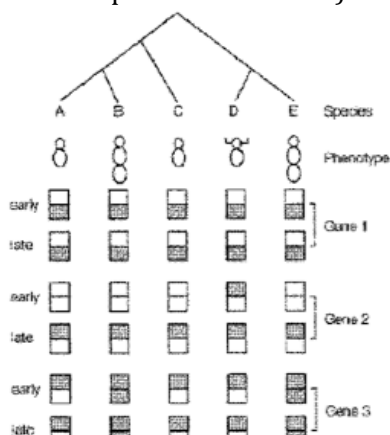
**10.** In de ontwikkeling van lichaamssegmenten van zowel *Drosophila* als van zoogdieren spelen geconserveerde HOX-genen een essentiële rol. Hoe heeft men kunnen aantonen dat deze genen ook functioneel dezelfde rol spelen in insecten en zoogdieren?

1. Omdat alle HOX-eiwitten een domein hebben dat voor de binding aan specifieke DNA sequenties nodig is.
2. Doordat men vaststelde dat ook in muizen de expressie van HOX-genen in specifieke lichaamssegmenten plaatsvindt.
3. Doordat in de genomesequentie van de muis en van *Drosophila* werd vastgesteld dat deze genen in een zelfde volgorde voorkomen.
4. Doordat expressie van een muizen-HOX gen in de kop van *Drosophila* tot de vorming van extra *Drosophila*-ogen leidde.

**11.** Vliesvorming tussen de tenen van eenden vindt plaats doordat het eiwit ... tot expressie komt in de cellen die dit vlies vormen. Dit eiwit verhindert dat het ... eiwit het signaal voor celdood afgeeft (apoptose).

1. Gremlin; BMP4
2. BMP4; Gremlin
3. BMP4; “eyeless”
4. BMP4; ultrabithorax

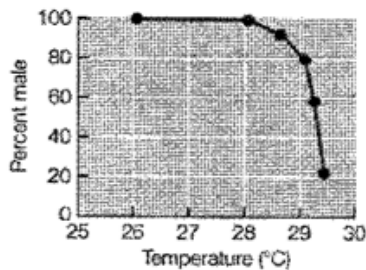
**12.** Onderstaand figuur toont de relatie tussen phenotype en genexpressiepatronen van vijf verschillende soorten. Bovenaan is de fylogenie de vijf soorten A t/m E weergegeven en daaronder hun phenotypes; daar weer onder is de expressie van drie genen op twee momenten tijdens de ontwikkeling (*early* en *late*) en op twee verschillende plaatsen in het embryo (boven=kop en onder=staart) weergegeven.



De fenotypes van soorten B en E zijn een voorbeeld van

1. pleiotropie
2. parallelle evolutie.
3. homologie.
4. 'developmental plasticity'

**13.** In sommige reptielen wordt het geslacht van de nakomelingen bepaald door de incubatietemperatuur van de eieren. Welke van onderstaande uitspraken over dit type van "developmental plasticity" is correct?



1. Testosteron wordt enkel door mannetjes geproduceerd
2. Lage temperatuur activeert expressie van het Y chromosoom
3. Het temperatuurgebied waar binnen mannetjes en vrouwtjes worden geproduceerd is dezelfde voor alle soorten met temperatuur-afhankelijke geslachtsbepaling.
4. De expressie van het gen dat codeert voor het enzym aromatase en dat nodig is voor de aanmaak van oestrogeen wordt bepaald door de incubatie temperatuur.

**14.** Petunia's maken, afhankelijk van hun genotype, rode, witte of paarse bloemen. Een bloembiooloog bestudeert een populatie petunia's en telt 300 rood-, 500 wit- en 800 paars-bloemige planten. Het volgende jaar worden er 600 rood-, 900 wit-en 1400 paars-bloemige plants waargenomen. Planten met een ... bloemkleur hebben de hoogste biologische fitness.

1. Dat kan met de gegeven informatie niet bepaald worden
2. paarse
3. rode
4. witte

**15.** Een populatie lieveheersbeestjes bestaat uit 200 individuen, Waarvan er 72 homozygoot voor een recessieve oogkleur (cc) zijn 11. De populatie wordt getroffen door een dodelijke virusinfectie ten gevolge waarvan 100 individuen overlijden. Van de overlevenden blijken er 36 de recessieve oogkleur te hebben. Hoeveel heterozygote individuen verwacht je aan te treffen in deze populatie van overlevenden?

1. 48
2. 40
3. 36 .
4. 16

**16.** De afmetingen van het gewei van mannetjes van een keversoort laten een interessante verdeling zien: de hoogste frequenties liggen rond de 15 en 30 millimeter, met maar een paar individuen er tussen in met een intermediaire gewei afmeting. Welke van de onderstaande selectie krachten is hoogstwaarschijnlijk verantwoordelijk voor deze variatie in geweigrootte in deze keversoort?

1. "Directional selection"
2. "Disruptive selection".
3. "Purifying selection".
4. "Stabilizing selection".

17. Veronderstel dat in een bepaalde keversoort de vrouwtjes mannetjes prefereren met een relatief zeldzaam kleurpatroon van de dekschilden. Dit kan een voorbeeld zijn van

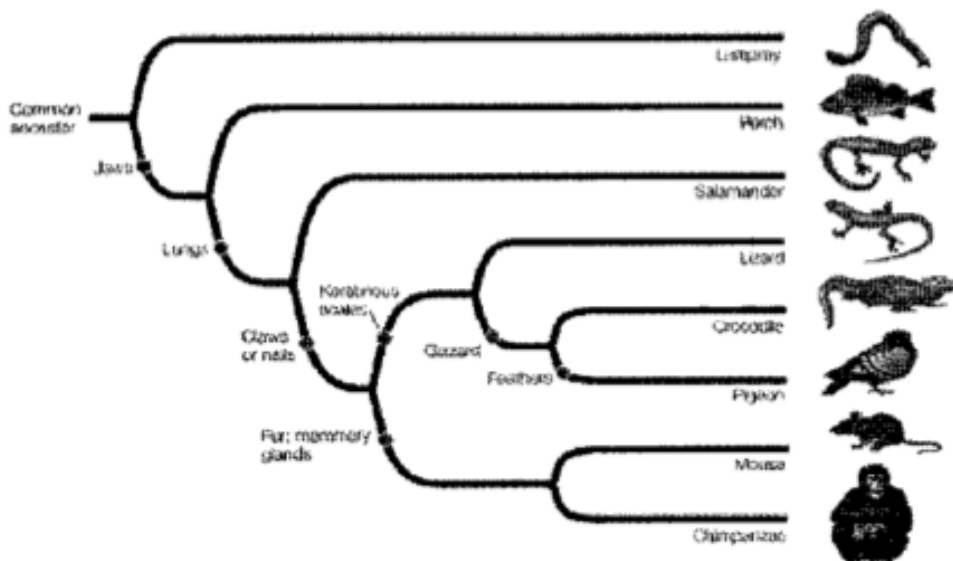
1. "The founder effect"
2. "Muller's ratchet"
3. "Genetic drift"
4. "Frequency-dependent selection"

18. Welke van de onderstaande voorbeelden is geen voorbeeld van een trade-off?

1. Ratten die resistent zijn tegen het gif warfarine hebben meer behoefte aan vitamine K.
2. Opvallend gekleurde mannetjes guppies zijn succesvoller in het vinden van partners dan andere mannetjes, maar hebben een grotere kans om gedood te worden door predatoren.
3. Mensen die drager zijn van het *e4* allel van het Ape-E gen lopen een groter risico om Alzheimer en hart- en vaatziekten te ontwikkelen dan personen die dit allel niet hebben.
4. Alle bovenstaande voorbeelden.

19. Hieronder staat een fylogenie van de hoofdgroepen van de gewervelde dieren, ieder aangeduid met een kenmerkende soort (duif staat voor vogels). Van welk soortenpaar kan de positie omgedraaid worden zonder dat de betekenis van de fylogenie verandert?

1. Muis en duif.
2. Krokodil en hagedis.
3. Krokodil en duif.
4. Geen van bovengenoemde soortenparen.



20. Deze vraag gaat ook over de figuur van vraag 19. Welke van de volgende synapomorfieën plaatst de duif en de hagedis in dezelfde verwantschapsgroep?

1. "Feathers" (veren).
2. "A gizzard" (krop).
3. "Keratinous scales" (keratine schubben).
4. Zowel antwoord 1 als 2 is juist.

21. De meeste recente gemeenschappelijke voorouder van de mens en de mensapen liep op alle vier de poten, terwijl de mensen op hun achterste poten (benen) lopen (bipedalisme). Bipedalisme is dus een ... eigenschap.

1. synapomorfe
2. primitieve (plesiomorfe)
3. "homoplasic"
4. afgeleide (apomorfe)

**22.** Repetitive DNA sequenties evolueren gewoonlijk relatief snel. Op basis van deze observatie worden moleculen met een hoge mutatiesnelheid gebruikt voor het bepalen van verwantschappen tussen

1. Uitgestorven soorten.
2. Soorten die lang geleden ontstaan zijn uit een gemeenschappelijke voorouder.
3. Nauw verwante soorten.
4. Gedupliceerde genen.

**23.** Soorten A en B hebben beide lange vleugels en soort C heeft korte vleugels. Welke van de onderstaande bewijzen ondersteunt het beste de hypothese dat lange vleugels synapomorf zijn?

1. Fossiel bewijs dat de gemeenschappelijk voorouder van soorten A, B en C korte vleugels had.
2. Fossiel bewijs dat de gemeenschappelijk voorouder van A, B en C lange vleugels had.
3. DNA bewijs dat soorten B en C zustersoorten zijn.
4. DNA bewijs dat soorten A en C zustersoorten zijn.

**24.** De term *potentially* in Ernst Mayr's soortsdefinitie (...potentially interbreeding species...) is vooral van toepassing op populaties van individuen die

1. zich asexueel voortplanten.
2. sympatrisch zijn.
3. in hybridizone voorkomen.
4. allopatrisch zijn.

**25.** Wat is de meest waarschijnlijke volgorde van gebeurtenissen in het proces van allopatrische soortvorming?

1. Geografische barrière, reproductieve isolatie, genetische divergentie.
2. Geografische barrière, genetische divergentie, reproductieve isolatie.
3. Genetische divergentie, reproductieve isolatie, geografische barrière.
4. Genetische divergentie, geografische barrière, reproductieve isolatie.

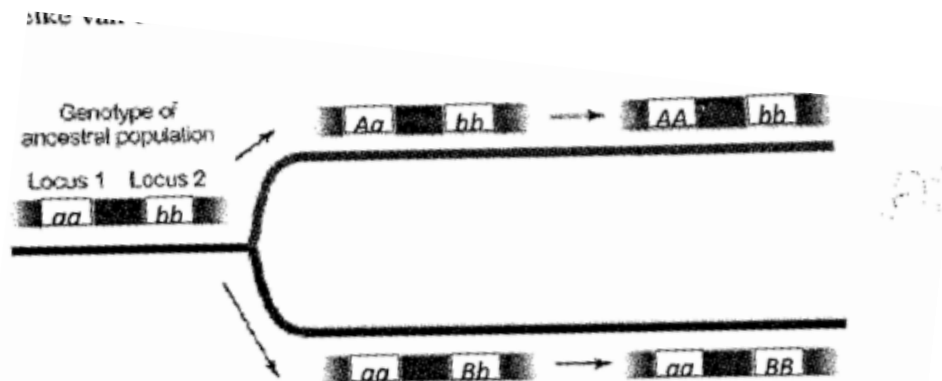
**26.** Kruisingen tussen de twee meeltorrensoorten *Tribolium castaneum* en *T freemani* produceren grote aantallen levensvatbare, maar steriele hybride nakomelingen. Dit is een voorbeeld van...

1. postzygotische reproductieve isolatie.
2. lage levensvatbaarheid van hybride adulten.
3. lage levensvatbaarheid van bevruchte hybride eicellen (zygotes).
4. "behavioral isolation".

**27.** Natuurlijke selectie zal nooit rechtstreeks kunnen aangrijpen op de evolutie van welke van de onderstaande types reproductieve barrière?

1. "Mechanical isolation".
2. "Hybrid infertility".
3. "Gametic isolation".
4. "Behavioral isolation".

28. In onderstaande figuur is het Dobzhansky-Muller model voor de evolutie van reproductieve isolatie weergegeven. Aan het einde (rechterkant van de figuur) van een dergelijk soortvormings-proces hebben F1 hybriden uit kruisingen tussen twee soorten een lagere fitness. Welke van onderstaande genotypen hebben een lagere fitness?



1.  $aaBB$
2.  $AaBb$
3.  $AAbb$
4. Geen van bovenstaande genotypen.

29. Welke opsomming geeft de correcte volgorde aan van de gemiddelde evolutiesnelheid (van hoogste naar laagste) van niet-synonieme substituties, synonieme substituties, en pseudogenen.

1. Pseudogenen, synonieme substituties en niet-synonieme substituties.
2. Pseudogenen, niet-synonieme substituties en synonieme substituties.
3. Niet-synonieme substituties, synonieme substituties en pseudogenen.
4. Niet-synonieme substituties, pseudo genen en synonieme substituties.

30. Welke van de onderstaande uitspraken over niet-synonieme substituties is correct?

1. Ze beïnvloeden altijd de ruimtelijk structuur en lading van een eiwit.
2. Soms leveren ze een selectief voordeel op voor het organisme.
3. Hun evolutiesnelheid in verschillende genen is min of meer gelijk.
4. Het is niet waarschijnlijk dat ze onder invloed van natuurlijke selectie staan.

31. In welke van de onderstaande populaties zal, volgens de neutrale theorie van moleculaire evolutie van Moto Kimura, de hoogste fixatiesnelheid van neutrale mutaties door genetische drift optreden?

1. Een populatie van 1 miljoen individuen.
2. Een populatie van 10.000 individuen.
3. Een populatie van 100 individuen.
4. De fixatiesnelheid zal ongeveer gelijk zijn in alle bovenstaande populaties.

32. Wat gebeurt er in de loop van de evolutie met de twee kopieën van een gen nadat er een genduplicatie is opgetreden?

1. Eén kopie verwerft een nieuwe functie, de andere kopie blijft als voorheen functioneren.
2. Eén kopie muteert kapot en wordt een niet-functioneel pseudogen, de andere kopie blijft als voorheen functioneren.
3. Beide genen blijven als voorheen actief waardoor ongeveer tweemaal zoveel eiwit wordt geproduceerd; deze duplicatie kan positief of negatief geselecteerd worden.
4. Antwoorden 1 t/m 3 zijn alle drie correct.

**33.** Het eiwit myoglobine verschilt tussen muizen en mensen op 20 plaatsen in de aminozuurvolgorde, en tussen ratten en muizen zijn er 5 aminozuursubstituties. Op grond van fossielen en ouderdomsbepaling weten we dat de gemeenschappelijke voorouder van mensen en mensen ongeveer 80 miljoen jaar geleden leefde. Aangenomen dat er een moleculaire klok tikt, dan zijn ratten en muizen zo'n ...miljoen jaar geleden uit een gemeenschappelijke voorouder ontstaan.

1. 40
2. 20
3. 10
4. 5

**34.** Op geologische tijdschaal is de zuurstof concentratie in de atmosfeer van de aarde toegenomen. Tijdens het ... was er een drastische daling van de zuurstof concentratie en dat resulteerde in ...

1. Perm; massa extinctie
2. Krijt; massa-extinctie
3. Devoon; een snelle evolutie van allerlei planten- en diergroepen
4. Carboon; massa-extinctie

**35.** Welk geologisch tijdperk is het meest recent?

1. Trias
2. Krijt
3. Devoon
4. Cambrium
- 5.

**36.** Welke van de volgende uitspraken over zuurstof en de jonge aarde is correct?

1. Zuurstof-producerende bacteriën zijn lang geleden uitgestorven.
2. Vroege bacteriën produceerden vrije zuurstof als een bijproduct van de splitsing van water.
3. De atmosfeer van de jonge aarde bevatte ongeveer evenveel zuurstof als tegenwoordige aarde, maar veel van die zuurstof ging in het Cambrium verloren.
4. Antwoorden 1 t/m 3 zijn correct.

**37.** Welke organismen zul je niet tegenkomen als je door een bos tijdens het Perm loopt?

1. Planten van de wolfsklawfamilie (Lycopodiaceae) en paardenstaartenfamilie (Equisetaceae)
2. Libellen (Odonata)
3. Bloemplanten/bedektzadigen (Angiospermae)
4. Amfibieën (Amphibia)

**38.** In de kamervlieg *Musca domestica* wordt een testkruising uitgevoerd tussen een heterozygoot wild-type vrouwtje en een zwart mannetje met gevorkte haren op het borststuk. De allelen B en b staan van lichaamskleur en G en g voor haarstructuur. Welke genotypen zijn recombinant en wat is het verwachte aantal recombinantene individuen in een nakomelingschap van 350 vliegen als de kaartafstand tussen deze twee genen 10 cM is?

1. Bbgg, bbGg, 35
2. bbgg, bbGg, 35
3. BbGg, Bbgg, 10
4. BbGg, bbgg, 10



**39.** Een geneticus wil in de tomaat van 5 genen een genenkaart maken. Hiertoe voegt hij om het geheel te vereenvoudigen twee verschillende driepuntskruisingen uit. Deze vraag gaat over de eerste kruising.

Allereerst kruist hij de zuivere lijnen ABCDE x abCdE

Waarbij de letters de fenotypen van vijf verschillende eigenschappen voorstellen.

De F1 van deze kruising wordt gekruist met een compleet recessieve stam en de 1000 F2 nakomelingen worden vervolgens gegroepeerd op basis van hun fenotype met het hieronder gegeven resultaat.

A B C D E	316
a b C d E	314
A B C d E	17
a b C D E	13
A b C d E	130
a B C D E	140
A b C D E	31
a B C d E	39

Welke fenotypen zijn het resultaat van een dubbele overkruising?

1. ABCDE en abCdE
2. AbCDE en aBCde
3. AbCde en aBCDE
4. ABCdE en abCDE

**40.** De tweede kruising met zuiveren lijnen die de geneticus uit vraag 39 uitvoert ziet er als volgt uit:

ABCDE x aBcDe

Waarbij de letters de fenotypen van vijf verschillende eigenschappen voorstellen.

Wederom wordt de F1 met een compleet recessieve teststam gekruist met de volgende fenotypen verdeling van 1000 F2 als resultaat.

A B C D E	243
a B C D e	237
A B c D e	62
a B C D E	58
A B C D e	155
a B c D E	165
a B C D e	46
A B c D E	34

De geneticus kan nu met de informatie uit beide kruisingen (vraag 39 en 40) een genenkaart maken. Wat is de volgorde van de 5 genen en wat is hun onderlinge afstand?

1. Twee koppelingsgroepen met afstanden: D-10-B en C-40-E
2. Twee koppelingsgroepen met afstanden: A-30-D-10-B en A-20-C-40-E
3. Eén koppelingsgroep met afstanden: A-30-D-10-B en A-20-C-40-E
4. Eén koppelingsgroep met afstanden B-10-D-30-A-20-C-40-E