# Antwoorden op de opdrachten

**Opdracht 0.1**

1. Natuurkunde, scheikunde, biologie, geneeskunde.
2. Natuurkunde: theorie van het licht, ballistiek (kogelbanen), microscopie.

Scheikunde: eigenschappen van stoffen vaststellen, chromatografie, reacties om DNA te isoleren.

Biologie: opbouw van de cellen, chromosomen, DNA.

Geneeskunde: vaststellen tijdstip van overlijden, doodsoorzaak bepalen, bloedonderzoek.

1. Nederlands Forensisch Instituut. Politielaboratoria.
2. Je kunt aan forensisch onderzoek meedoen op allerlei niveaus. Er zijn vacatures op mbo- hbo- en wo-niveau. Opleidingen o.a. aan de Hogeschool van Amsterdam

Zie ook: http://www.forensischinstituut.nl

http://www.forensisch-onderzoek.startpagina.nl

http://www.voltijd.hva.nl/forensisch -onderzoek/

### Handboek 1 Vingersporenonderzoek

**Opdracht 1.1**

* er ontstaat een vingerafdruk doordat de papillairlijnen een zachte ondergrond indrukken, zoals in zachte klei
* bij een stoffige of vuile ondergrond wordt een deel van het stof of vuil, als vingerafdruk, weggenomen
* een metalen ondergrond kan geëtst worden door zuren aanwezig in het huidvet
* een vuile of met bloed besmeurde vinger kan een afdruk achterlaten op een voorwerp
* de in het huidvet aanwezige aminozuren kunnen in een ondergrond zoals papier trekken.

**Opdracht 1.3**

Gewicht, lengte, haarkleur, oogkleur, huidskleur, geslacht etc.

**Opdracht 1.4**

Rangschikken, ordenen, indelen. Hier bij vingerafdrukken: het groeperen van vingerafdrukken in hoofdgroepen op grond van de hoofdpatronen.

**Opdracht 1.5**

VINGER01: lus naar rechts

VINGER02: kring

VINGER03: lus naar links

VINGER04: lus naar rechts

VINGER05: lus naar links

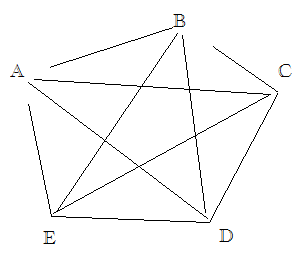
VINGER06: lus naar rechts

VINGER07: boog

**Opdracht 1.6**

1 en 2: beginnende of eindigende papillairlijn; 3: oog; 4, 8 en 9: bifurcatie; 5 en 12: haak; 6 en 10: lijnfragment; 7: tussenlijn; 11: lijnunit.

**Opdracht 1.7**



Vanuit A: 4 verbindingslijnen naar B,C,D en E.

Over vanuit B: 3lijnen naar C,D en E.

Over vanuit C: 2 lijnen naar D en E.

Over vanuit D: 1 lijn naar E.

Over vanuit E: 0 lijnen.

Dus totaal: 0+1+2+3+4= 10 verbindingslijnen.

1. Vanuit N punten kun je N-1 lijnen trekken naar andere punten, dus dan kom je op N(N-1) lijnen. Echter dan heb je alle lijnen dubbel geteld. Er zijn dus 1/2N(N-1) lijnen.  
   *Algemene formule* bij N punten: 0+1+2+…. +N-1. Dit is een rekenkundige reeks, waarvan de som:

½N(t1+tN)= ½N(0 + N-1)= ½ N(N-1)

t en tN zijn de eerste en laatste (Ne) term. (Voor N=5 klopt dit: som is 10.)

1. Voor N=13: som = ½ x 13 x 12 = 78 verbindingslijnen.

### Handboek 3 Voetsporen

Opdracht 3.1

Er geldt G = σ A/l of σ = G.l/A de eenhedenvergelijking is dan eenheid

σ = S.m/m2 = S/m

**Opdracht 3.2**

1. De elektrische weerstand R van de opstelling is R = U/I = (5,0 V)/(3,0 10-3 A) De geleidbaarheid G = 1/R = (3,0 10-3 A)/ = (5,0 V) = 6,0 10-4 S
2. Soortelijke geleidbaarheid σ = G.l/A =

(6,0 10-4 S)(0,10 m)/(0,03 m x 0,04 m) = 0,050 S/m

### Handboek 4 Stofeigenschappen

**Opdracht 4.1**

De stof smelten en de temperatuur meten: een zuivere stof heeft een smeltpunt en een mengsel heeft een smelttraject.

**Opdracht 4.2**

1. Door destillatie.
2. Ligging van het kookpunt (voor water hoger dan voor ethanol).

**Opdracht 4.3**

1. Stap 1: ethanol toevoegen en filtreren: alleen jood lost op, keukenzout en krijt blijven achter.

Stap 2: indampen oplossing geeft jood.

Stap 3: water toevoegen en filtreren: alleen keukenzout lost op, alleen krijt blijft achter.

Stap 4: indampen oplossing geeft keukenzout.

1. Deze scheidingsmethode berust op de eigenschap oplosbaarheid.

**Opdracht 4.4**

* + - * 1. Water toevoegen en filtreren: alleen NaNO3lost op, alleen CaCO3 blijft achter

Indampen oplossing geeft keukenzout.

* + - * 1. Deze scheidingsmethode berust op de eigenschap oplosbaarheid.

**Opdracht 4.5**

1. Adsorptie.
2. Verschil in aanhechtingsvermogen.

**Opdracht 4.6**

1. Afschenken van de olie die op het water drijft.
2. Oplosbaarheid en dichtheid: olie en water lossen niet in elkaar op; olie heeft drijft op het water door zijn lagere dichtheid.

**Opdracht 4.7**

Ethanol: C2H5OH Molecuulmassa: 2x12,0 + 6x1,0 + 1X16,0 = 46,0

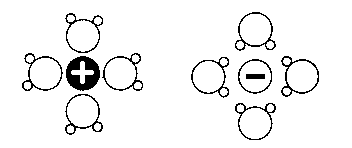
Methanol: CH3OH Molecuulmassa: 1x12,0 + 4x1,0 + 1x16,0 = 32,0

**Opdracht 4.8**

* + - * 1. destillatie

1. destillatieopstelling

**Opdracht 4.9**



### Handboek 5 Chromatografie

**Opdracht 5.1**

1. Respectievelijk het (chromatografie-)papier en de (loop-)vloeistof.
2. Lost het ‘beste’ op in loopvloeistof en adsorbeert het ‘minst’ aan papier.
3. Lost het ‘slechtst’ op in loopvloeistof en adsorbeert het ‘meest’ aan papier.

**Opdracht 5.2**

1. Meet voor elke component met een liniaal de afstand (a) tussen de component en de basislijn. Meet de afstand (A) tussen de basislijn en het vloeistoffront. Rf = a / A.
2. De Rf-waarde ligt tussen 0 en 1.
3. ‘onderste’ vlek Rf = 0,2; middelste vlek Rf = 0,5; bovenste vlek Rf = 0,8.

### Handboek 6 Ballistiek

Opdracht 6.1

De sporen op de kogels uit het wapen van Rachel Janssen komen niet overeen met de sporen op de kogel gevonden op de PD. Hieruit kun je concluderen dat Hannah Hoogendoorn niet met het wapen van Rachel Janssen gedood is. Hiermee kun je echter nog niets concluderen over de identiteit van de moordenaar.

**Opdracht 6.2**

* + - * 1. De massa (m) van de kogel: m = 40x 64,8 mg = 2,59.103 mg = 2,59 g = 2,59.10-3 kg. Invullen in de formule voor de kinetische energie geeft:

=150 *J.*

1. Als de verbrandingsenergie van buskruit geheel zou worden omgezet in de kinetische energie van de kogel, geldt: 

 of  Daaruit volgt voor de massa van het verbrande buskruit: =3.8 *mg*

1. De verbrandingsenergie van buskruit wordt niet alleen omgezet in kinetische energie, maar ook in warmte.

**Opdracht 6.3**

Er geldt  Ook geldt: . Voor de gemiddelde kracht die door de verbrandingsgassen in de geweerloop op de kogel wordt uitgeoefend geldt: =1,3.103 *N.*

**Opdracht 6.4**

1. Er geldt 
2. Ja, door de wrijvingskracht neemt de snelheid *v* van de kogel af. De wrijvingskracht hangt van *v2* af en zal dus ook afnemen. Alleen, het is waarschijnlijk een klein effect.
3. Door de arbeid *Wlw* van de luchtwrijvingskracht op de kogel neemt de bewegingsenergie af. 
4. Er geldt: , waarin *Ekin,1* de begin-kinetische energie van de kogel is en *Ekin,2* die na de vertraging.

Nu is: 

Invullen geeft:  Dit betekent geen significante verandering.

Het percentage verandering in kinetische energie is:



Nu berekenen we vanuit hier het percentage verandering in snelheid door de formule om te schrijven:

En 

Dus 

**Opdracht 6.6**

1. De revolverkogel heeft een lagere initiële vervormingsenergie: door zijn punt zal de kogel niet zo snel vervormen. Ook heeft hij een lagere vervormingsconstante: als hij vervormt, zal dat door zijn punt maar gering zijn. Er is minder energie nodig om 1 cm door te dringen in vergelijking met de luchtbukskogel. Hij dringt dus verder in het materiaal door.   
   Bekend zijn de dumdumkogels, waarbij de punt van de kogel is afgevijld. Doordat zij heel sterk vervormen en daardoor afstoppen, wordt alle bewegingsenergie in een beperkt deel van het lichaam afgestaan. De initiële vervormingsenergie is hetzelfde als bij de revolverkogel. Echter de dumdumkogel zet uit in het lichaam, waardoor de vervormingsconstante groter is. Zij richten daardoor in het lichaam een nog grotere schade aan dan de revolverkogel. Ze zijn daarom op grond van internationale afspraken verboden.
2. Er geldt: , waarin E0 = 14,8 J en Δs = 0 (nog net), zodat ,

dus  , zodat 

**Opdracht 6.7**

1. 
2. Bij de dood van Hannah Hoogendoorn ging het om 40-punts munitie (zie opdracht 6.2) dus:
3. m = 40x 64,8 mg = 2,592.103 mg = 2,592 g = 2,592.10-3 kg



1. Nu wordt:  . Invullen in:

 of 

### Handboek 8 Forensisch DNA-onderzoek

**Opdracht 8.1**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 5' | A | C | C | T | G | A | G | T | T | C | A | G | T | 3' |
| 3' | **T** | **G** | **G** | **A** | **C** | **T** | **C** | **A** | **A** | **G** | **T** | **C** | **A** | 5' |

1. Ongeveer een wand vol boeken.

Voorbeeld van een berekening kan zijn: 50 letters per regel, 50 regels per pagina, 300 pagina’s per boek, 35 boeken per plank, 5 planken per kast levert: 50\*50\*300\*35\*5=131.250.000 letters per boekenkast. 3.000.000.000/131.250.000= 22,8 kasten. Een wand vol kasten dus ongeveer, in ieder geval meer dan 1 kast en minder dan een bibliotheek.

**Opdracht 8.2**

Dit is het karyogram van een man. Dat kun je zien omdat het 23e chromosoompaar bestaat uit twee chromosomen van verschillende lengte; dit zijn het langere X-chromosoom en het kortere Y-chromosoom.

**Opdracht 8.3**

Dit is een zelfinstruerende site, waar de antwoorden te vinden zijn.

**Opdracht 8.4**

1. Bijv. bloed, speeksel, sperma, haar, huidschilfers.
2. Alle lichaamscellen bevatten hetzelfde DNA.

**Opdracht 8.5**

In de tekening moet duidelijk worden dat het aantal herhalingen van een repeterende sequentie kan verschillen per persoon.

**Opdracht 8.7**

1. Hypervariabel gebied: korte stukjes sequentie bestaande uit 2 tot 7 bouwstenen die een aantal malen in herhaald worden. Opmerking: de hypervariabele gebieden die in het forensisch onderzoek gebruikt worden bestaan allemaal uit 4 bouwstenen.
2. Locus: een door een code bepaalde plaats op een DNA molecuul.
3. DNA-kenmerk: het aantal herhalingen van een kort stukje DNA op een zekere locus.
4. DNA-profiel: de DNA-kenmerken van een aantal loci. Als je van tien loci de kenmerken hebt plus een geslachtsbepaling, spreek je van een volledig DNA-profiel.

**Opdracht 8.9**

* PCR-apparaat

geïsoleerd DNA

polymerase

nucleotiden

primers

* Met de PCR-techniek kun je van een kleine hoeveelheid DNA heel veel kopieën maken zodat je genoeg hebt om het in een chromatografiekolom te analyseren.

Uit het totale DNA kun je met de PCR-techniek de hypervariabele gebieden uitkiezen en de rest van het DNA niet bestuderen.

**Opdracht 8.10**

Anne en Jasmin hebben beide gelijk.

De kolom is gevuld met gel die op zijn plaats blijft terwijl het DNA erdoorheen beweegt, deze is dus stationair. Anders dan bij chromatografie beweegt het DNA niet omdat het is opgelost in een mobiele fase, maar vanwege een spanningsbron die over de kolom is aangebracht.

Opmerking: De officiële naam van de beschreven techniek is capillaire gelelektroforese, waarbij de gel zich in dunnen capillairen bevindt, waarover een spanning gezet wordt. Deze techniek valt eigenlijk niet onder de noemer chromatografie, maar omdat er met vergelijkbare principes gewerkt wordt en vanwege de link met Handboek 5 hebben wij ervoor gekozen het op deze manier uit te leggen, voor het begrip van de leerlingen.

**Opdracht 8.11**

* + - * 1. Linker band 8 herhalingen (want die fragmenten zijn groter, dus langzamer), rechter band 6 herhalingen.
        2. Vanaf t=0 een rechte lijn, vervolgens een piek bij t= 10 s en een piek bij t=12 s, daarna weer een echte lijn (er komt geen DNA meer van de kolom).

**Opdracht 8.12**

1. Vanaf t=0 een rechte lijn, een piek bij t=12 s, die twee keer zo hoog is als de piek van de vorige opdracht.
2. De primers.

**Opdracht 8.13**

De uitvoering van de PCR-reactie is precies hetzelfde, alleen voeg je nu 11 primersets (voor elke locus één primerset) toe in plaats van één. Voor de duidelijkheid: een primerset bestaat uit 2 primers

**Opdracht 8.14**

1. Het DNA-profiel in figuur 8K is afkomstig van een man. Dit kun je zien omdat er een piek is bij zowel X als Y.
2. Fluorescentie van gelabelde primers is een goede maat voor het aantal stukjes DNA in je PCR product omdat elk stukje dubbelstrengs DNA van het PCR product precies twee primers bevat.

Nee. Het aantal herhalingen hangt af van de lengte van de stukjes DNA, niet van het aantal stukjes DNA. Het aantal herhalingen kun je afleiden uit de tijd die het duurt totdat de stukjes DNA uit de kolom komen

1. Bij locus VWA is dan op beide chromosomen DNA-kenmerk 15 aanwezig.
2. Locus VWA heeft het kenmerk 15 / 15. De PCR-fragmenten van beide chromosomen zijn even groot (15 repeats) en komen dus exact tegelijk van de kolom. De hoeveelheid DNA is echter twee keer zo groot als wanneer er sprake is van twee verschillende DNA-kenmerken, bijvoorbeeld 15 / 17

Opmerking: oplettende leerlingen vragen zich misschien af waarom de pieken bij bijvoorbeeld D3S1338 dan weer kleiner zijn, en die van het geslachtskenmerk net zo groot als de dubbele piek van VWA. Dit is niet vreemd maar iets inherent aan de PCR techniek. De efficiëntie van vermeerderen in de PCR-reactie is hoger bij kleinere DNA stukken. Hoe verder naar rechts in het plaatje, hoe langere stukken DNA het betreft, daarom zijn aan de rechterkant van de afbeelding de pieken relatief lager. Van belang is vooral dat twee pieken die bij één locus horen wel ongeveer even hoog horen te zijn. De eenheid waarin gemeten wordt is overigens relatieve fluorescentie units (RFU’s)

**Opdracht 8.15**

Samenvatting zou de volgende elementen kunnen bevatten:

* De kans dat de DNA-profielen van twee verschillende personen hetzelfde zijn, is kleiner dan een miljard. De kans wordt berekend als het product van de voorkomensfrequenties van de DNA-kenmerken op de 10 loci. Voor verwanten ligt de kans hoger.
* Bewijswaarde: geen *absolute* uitspraak bij matching spoor en persoon, wel uitsluiting bij niet-matching.
* Onvolledige DNA-profielen: DNA-kenmerken ontbreken op een of meer loci: kans op willekeurige matching wordt groter, maar blijft extreem laag. Het heeft grote bewijswaarde.
* DNA mengprofielen geven per locus maximaal 4 pieken (bij 2 personen). Vaak is identificatie mogelijk door verschil in hoeveelheid DNA per persoon. Dit geeft hoogteverschillen in de pieken. Matching met bekende DNA-profielen blijft ook mogelijk.
* DNA-databank mag alleen DNA-profielen opnemen als gevolg van strafzaken.
* Voor de kwaliteit van het onderzoek is het heel belangrijk hoe het DNA van een spoor veiliggesteld en bewaard wordt.

**Opdracht 8.16**

|  |  |
| --- | --- |
| **Locus** | **DNA-kenmerk in figuur 8K** |
| *D2S1338* | *19 / 21* |
| *D3S1358* | *15 / 17* |
| *FGA* | *21 / 25* |
| *D8S1179* | *9 / 10* |
| *TH01* | *7 / 9,3* |
| *VWA* | *15 / 15* |
| *D16S539* | *11 / 12* |
| *D18S51* | *15 / 16* |
| *D19S433* | *13 / 15* |
| *D21S11* | *31 / 33,2* |
| *XY* | *XY* |

**Opdracht 8.17**

In dat geval zijn niet alle chromosomen (in voldoende hoeveelheid) aanwezig om als startpunt voor de PCR-reactie te dienen. Als de primers hun hechtingsplaats niet vinden, zal er geen product gemaakt worden. Het geïsoleerde DNA is dus niet compleet.

**Opdracht 8.18**

1. Er zijn dan bij een aantal loci meer dan twee pieken te zien.
2. Het hoofdprofiel heeft (over het algemeen) grotere pieken dan het nevenprofiel.
3. Het kan lastig zijn om een hoofdprofiel en een nevenprofiel te scheiden als er van beide donoren evenveel celmateriaal aanwezig is (dan zijn de pieken ongeveer even hoog) of als het om DNA materiaal van meer dan twee donoren gaat.
4. Een grote piek bij X, geen piek bij Y
5. Man en vrouw: een grote piek bij X en kleine piek bij Y

Twee mannen: even grote pieken bij X als bij Y

Opmerking: bij het beantwoorden van deze vraag kan ook verwezen worden naar het hoofdstuk Het DNA-profiel uit NFI uitgave De Essenties van forensisch biologisch onderzoek, welke in pdf op het vaklokaal te vinden is.

**Opdracht 8.19**

Tijdens de meiose, waarin de chromosomen over de spermacellen verdeeld worden, krijgt elke cel willekeurig een van de twee homologe chromosomen. Als er genoeg spermacellen in het spoor aanwezig zijn, zullen dus in totaal alle chromosomen van die persoon in het spoor zitten.

**Opdracht 8.20**

1. Nee, er is mogelijk een fout opgetreden in de PCR-techniek. Je kunt dit DNA-kenmerk laten vervallen en het profiel beschouwen als een gedeeltelijk profiel. Is de berekende frequentie dan nog steeds hoog genoeg? Mogelijk kan een herhaling van de techniek aantonen of er wel of geen sprake van een match.
2. Van elke locus heb je één DNA-kenmerk van je vader en één van je moeder. De frequentie van een bepaald DNA-kenmerk binnen de familie is daardoor veel hoger dan in de gehele populatie

**Opdracht 8.21**

1. 0,076 (7,6%)
2. 1 (=100%) Dit zijn alle frequenties die voorkomen in Nederland, dus 100%.

Opmerking: mochten de leerlingen zelf gaan natellen, dan komt er bij sommige van de reeksen een iets andere optelsom uit dan 1, bijvoorbeeld 0,999. Dit heeft te maken met afronding.

**Opdracht 8.22**

1. 18 / 18: 0,076 x 0,076 = 0,00578 (niet x2!)
2. 18 / 19: 0,076 x 0,128 x 2 = 0,019456

**Opdracht 8.23**

* 1. Totale frequentie: 0,0694 x 0,0612 x 0,0942 x 0,123 = 4,9 .10-5

Kans is dus 1 op 20320 (in Nederland lopen er statistisch gezien waarschijnlijk dus nog bijna 800 mensen met dit profiel rond).

1. Weinig betrouwbaar.