

**Het tentamen duurt van 12:00u tot 14:15u (tot 14:45u voor studenten met extra tijd).**

Zoals aangekondigd is het tentamen opgesplitst in twee delen:

- een meerkeuze-gedeelte, bestaande uit 34 meerkeuzevragen  
De antwoorden op deze vragen moeten worden ingevuld op het meerkeuze-antwoordformulier. Vergeet niet op dit formulier in te vullen: **naam en studentnummer**.
  - een essay-gedeelte, bestaande uit 6 essayvragen; dit deel bevindt zich **achteraan**  
De antwoorden op deze vragen moeten worden ingevuld op het gewone gelinieerde papier. **Vergeet niet op elk antwoordvel je naam en studentnummer te vermelden.** Bij deze vragen wordt een **kort** maar helder betoog verwacht met de juiste kernwoorden, waarin geen denkstappen worden overgeslagen.
- Voor elk van bovengenoemde delen wordt een cijfer gegeven en het eindcijfer voor het tentamen zal gelijk zijn aan het gemiddelde van deze twee cijfers. **LEES DE VRAGEN GOED!** Veel succes!

### Meerkeuze-gedeelte

1. Waardoor worden speekselcellen geïnnerveerd?
  - a. door het parasympathisch zenuwstelsel
  - b. door het neuroendocrien systeem
  - c. door het somatomotorisch systeem
  - d. door het spijsverteringsstelsel
2. Natuurlijke ademhaling vindt plaats door activatie van dwarsgestreepte spieren (tussenribspieren, diafragma). Waar bevinden zich de autonome centra voor regulatie van de ademhaling?
  - a. in de hersenstam
  - b. in het ruggenmerg
  - c. in cauda equina
  - d. in cortex cerebri
3. Een neuron in rust heeft een membraanpotentiaal van -65 mV. We depolariseren het neuron door stroominjectie tot -55 mV en houden de stroom constant. Dit leidt tot een aanpassing van lekstromen voor  $\text{Na}^+$  en  $\text{K}^+$ . Wat geldt nu?
  - a. De lekstromen zullen de membraanpotentiaal terugbrengen naar -65 mV.
  - b. De aanpassing van de  $\text{Na}^+$ -lekstroom is een voorbeeld van tegenkoppeling.
  - c. De aanpassing van de  $\text{K}^+$ -lekstroom is een voorbeeld van positieve feedback.
  - d. De lekstromen zullen zorgen dat de membraan verder depolariseert.
4. Een motorische voorhoorn cel ontvangt synaptische input vanuit het ruggenmerg, vanuit de hersenstam en vanuit cortex cerebri. Waarvan is dat een voorbeeld?
  - a. spatiële summatie
  - b. divergentie
  - c. reciproke innervatie
  - d. convergentie
5. Aanraking van het achterste deel van de tong of de keelholte leidt tot een braakreflex. Via welke zenuw loopt de afferente tak van deze reflex?
  - a. nervus trochlearis
  - b. nervus glossopharyngeus
  - c. nervus accessorius
  - d. nervus vestibulocochlearis
6. Wat geldt voor capsula interna?
  - a. Zij bevat projectievezels.
  - b. Zij bevat commissuurvezels.
  - c. Zij is onderdeel van thalamus.
  - d. Zij verbindt hippocampus en hypothalamus.
7. Een patiënt heeft uitval van de rechterhelft van het gezichtsveld en problemen met lezen. Als de uitval het gevolg is van afsluiting van één arterie, welke arterie zal dat dan zijn?
  - a. arteria cerebri media
  - b. arteria cerebri posterior
  - c. arteria cerebri anterior
  - d. arteria communicans posterior
8. In welke ruimte bevinden zich de arteriën die de hersenen van bloed voorzien?
  - a. subarachnoïdale ruimte
  - b. epidurale ruimte
  - c. extradurale ruimte
  - d. perivasculaire ruimte
9. Waar wordt liquor cerebrospinalis gevormd?
  - a. in villi arachnoïdales
  - b. in plexi choroïdei
  - c. in de sinus sagittalis superior
  - d. in cisternen

10. Wat geldt voor een neuron bij de rustmembraanpotentiaal?
- Er is evenwicht tussen de elektrische energie en de chemische energie van  $\text{Na}^+$ -ionen.
  - Er is een netto stroom van  $\text{K}^+$ -ionen van intracellulair naar extracellulair.
  - De celmembraan is alleen doorlaatbaar voor  $\text{K}^+$ -ionen.
  - De  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -pomp verbruikt energie.
11. Wat zal er gebeuren met de actiepotentiaal als we het  $\text{Na}^+$ -concentratieverschil tussen het extracellulaire en intracellulaire vocht van een neuron groter maken dan normaal?
- De hyperpolarisatiefase zal langer duren.
  - De positieve piek zal hoger worden.
  - De negatieve piek zal meer negatief worden.
  - De repolarisatiefase zal langer duren.
12. Hoe worden in een primair sensorisch neuron potentiaalveranderingen voortgeleid van de receptoruiteinden naar het cellichaam?
- via *ligand-gated* kanalen
  - via actiepotentialen
  - via microtubuli
  - elektrotonisch (passief)
13. We maken in een model van een gemyeliniseerd axon de diameter kleiner. Hoe verandert daarmee de functie van het neuron?
- Actiepotentialen zullen minder snel of niet meer worden voortgeleid.
  - De tijdconstante van de membraan neemt af.
  - Actiepotentialen zullen sneller worden gegenereerd.
  - De lengteconstante van de membraan neemt toe.
14. Waarvan is sprake als een EPSP en een IPSP elkaar opheffen?
- presynaptische inhibitie
  - temporele summatie
  - spatiële summatie
  - reciproke inhibitie
15. Bij synaptische overdracht speelt stijging van de  $\text{Ca}^{++}$ -concentratie in het presynaptisch neuron een belangrijke rol. Waar komen de extra  $\text{Ca}^{++}$ -ionen vandaan?
- uit het Golgi-apparaat
  - uit het endoplasmatisch reticulum
  - uit blaasjes in de presynaptische cel
  - uit het extracellulaire vocht
16. Waar bevinden zich op een dwarsdoorsnede van het ruggenmerg de cellichamen van de motoneuronen die m. adductor pollicis innervieren? (N.b.: cornu betekent hoorn)
- in cornu lateralis
  - lateraal in cornu ventralis
  - in cornu medialis
  - mediaal in cornu dorsalis
17. Op welk type neuron kan een Golgi-afferent in het ruggenmerg synapsen maken?
- op een motoneuron
  - op een Ia exciterend interneuron
  - op een Ib inhiberend interneuron
  - op een projectieneuron
18. Bij een kat is het ruggenmerg dwars doorgesneden ter hoogte van het onderste thoracale segment. Wat geldt nu?
- De kat vertoont decerebratiestijfheid.
  - De kat kan niet meer lopen met de voorpoten.
  - De kat kan het achterlichaam niet meer zelf rechtop houden.
  - De kat kan geen krab-bewegingen meer maken met de achterpoten.
19. Welke uitspraak met betrekking tot de vestibulo-oculaire reflex is juist?
- Hij treedt niet op in het donker.
  - Hij begint bij haarcellen in de cupulae.
  - Hij treedt niet op als de ogen gesloten zijn.
  - Hij verloopt deels via de kern van nervus opticus.
20. Door een beschadiging van de linker utriculus is bij een patiënt de vuurfrequentie van de corresponderende ganglioncellen verlaagd. Wat voor afwijkingen zijn te verwachten bij de patiënt?
- De ogen vertonen in rust nystagmus naar links.
  - De ogen vertonen in rust nystagmus naar rechts.
  - De patiënt heeft geen vestibulo-oculaire reflexen.
  - De patiënt houdt het hoofd gekanteld als hij de ogen sluit.
21. Sommige neuronen in cortex cerebri staan te boek als spiegelneuronen. In welk deel van de cortex vinden we zulke neuronen?
- premotorische cortex
  - primaire motorische cortex
  - prefrontale cortex
  - visuele cortex
22. In formatio reticularis maakt men tegenwoordig onderscheid tussen delen die betrokken zijn bij tonusregulatie en delen die betrokken zijn bij premotorische functies. Waar in formatio reticularis bevinden de tonusregulerende delen zich voornamelijk?
- ventraal
  - caudaal
  - rostraal
  - dorsaal
23. Na beschadiging van tractus corticospinalis kan spasticiteit ontstaan. Wat geldt voor deze spasticiteit?
- Zij doet zich vooral voor in distale spieren.
  - Zij is een vorm van clonus.
  - Zij wordt veroorzaakt door hyperactieve myotatische reflexen.
  - Zij wordt veroorzaakt door hypotonie.

24. Welke van de volgende uitspraken met betrekking tot cellen in substantia nigra pars compacta is juist?
- Ze ontvangen excitatoire input vanuit cortex cerebri.
  - Ze inhiberen cellen in globus pallidus.
  - Ze projecteren naar nucleus subthalamicus.
  - Ze scheiden dopamine af in het striatum.
25. Welke ziekte heeft als symptomen onder meer hyperkinesie, chorea en athetose?
- ziekte van Parkinson
  - ziekte van Guillain Barré
  - ziekte van Huntington
  - multiple sclerose
26. Wat voor effect heeft verlaagde dopamineproductie door de substantia nigra op de activiteit in het VL/VA-complex van de thalamus?
- toename via de directe loop, afname via de indirecte loop
  - afname via de directe loop, toename via de indirecte loop
  - toename via zowel de directe als de indirecte loop
  - afname via zowel de directe als de indirecte loop
27. Welke huidafferenten hebben een receptief veld ter grootte van een hele vinger of zelfs een hele hand?
- Merkelcel afferenten
  - Pacini-afferenten
  - Meissner afferenten
  - Ruffini afferenten
28. Onder meer welke sensorische uitval zal optreden bij een halfzijdige doorsnijding van het cervicale ruggenmerg aan de linkerkant?
- uitval van het vibratiegevoel in de rechter arm
  - uitval van het temperatuurgevoel in het linker been
  - uitval van het pijngevoel in de linker arm
  - uitval van het vibratiegevoel in linker been en linker arm
29. Als je vanuit het zonlicht een donkere bioscoop binnenstapt, zie je aanvankelijk weinig maar dankzij adaptatie wordt het zicht snel beter. Waarom zie je aanvankelijk weinig?
- De pupil is nog groot.
  - cGMP-gated kanaaltjes in kegeltjes staan nog open.
  - Staaftjes zijn nog gehyperpolariseerd.
  - Kegeltjes zijn nog niet gedepolariseerd.
30. Colliculus superior is belangrijk voor het oriënteren van het hoofd en de ogen. Hiervoor wordt visuele informatie gebruikt. Door synapsen van welke neuronen wordt deze informatie overgebracht op cellen in colliculus superior?
- neuronen in de thalamus
  - neuronen in primaire visuele cortex
  - neuronen in nucleus geniculatus lateralis
  - retinale ganglioncellen
31. In de retina schakelen fotoreceptoren op bipolaire cellen en bipolaire cellen op ganglioncellen. Wat gebeurt er bij lichtinval op het centrum van het receptieve veld van een 'off-center' schakeling met de onderdelen van deze schakeling?
- De fotoreceptoren depolariseren.
  - De vuurfrequentie van de bipolaire cel neemt toe.
  - De vuurfrequentie van de horizontale cellen neemt toe.
  - De vuurfrequentie van de ganglioncel neemt af.
32. Een patiënt klaagt over spierzwakte. Onderzoek wijst uit dat er geen sprake is van denervatie. De arts schrijft een medicijn voor dat acetylcholinesterase remt en de klachten nemen af. Aan welke ziekte lijdt de patiënt waarschijnlijk?
- myasthenia gravis
  - multiple sclerose
  - amyotrofe lateraal sclerose
  - spierdystrofie
33. Op welk deel van cerebellum projecteren de spinocerebellaire banen?
- flocculus
  - nodulus
  - vestibulocerebellum
  - vermis
34. Welke bewegingsstoornis treedt op bij een aandoening van het cerebellum?
- ataxie
  - parese
  - ballisme
  - hyperreflexie

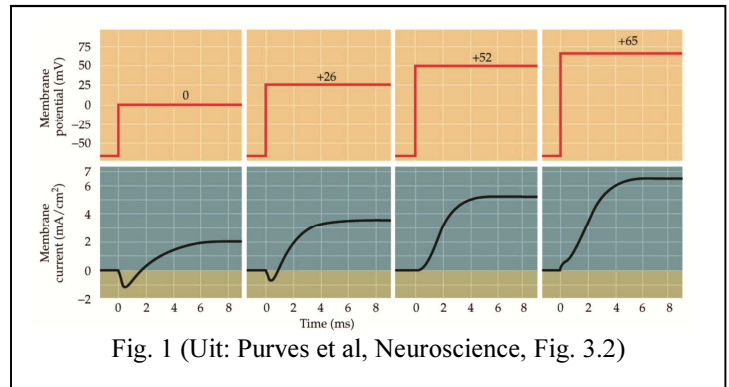
*Als je het nog niet gedaan hebt, vul dan nu je **naam, studentnummer, etc.** in op het meerkeuze-antwoordformulier.*

### Essay-gedeelte

- Injectie van adrenaline in het bloed heeft dezelfde effecten als stimulatie van het sympathisch zenuwstelsel.
  - Leg in minstens vijf genummerde stappen uit hoe injectie van adrenaline in het bloed leidt tot aanpassing van de activiteit van *target*cellen van het sympathisch zenuwstelsel. (2 pt)
  - In sommige organen neemt de activiteit van de *target*cellen toe na de injectie, in andere organen neemt zij juist af. Verklaar dit. (2 pt)

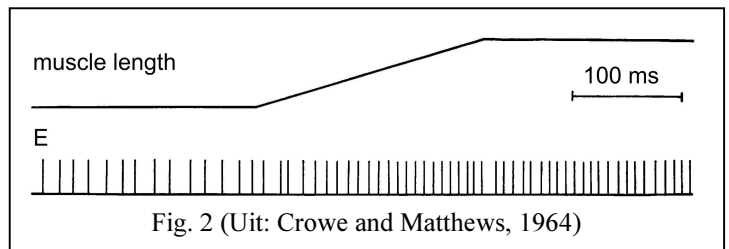
*De rest van het essaygedeelte tref je op de achterzijde van dit vel.*

2. In Fig. 1 zien we de resultaten van een *voltage-clamp* experiment aan een axon met normale concentratieverhoudingen van het intracellulaire en extracellulaire vocht. [N.b.: We weten niet hoe de positieve stroomrichting gekozen is in dit experiment.]



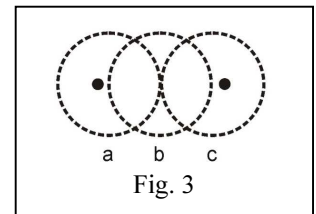
- We zien dat in alle panelen de stroom positief is aan het einde van het experiment. Stroom van welke ionen door wat voor soort kanaaltjes is hiervoor verantwoordelijk? Beargumenteer je antwoord, gebruikmakend van de observaties in het experiment en je kennis over de werking van membranen van neuronen. (2 pt)
- Leg aan de hand van een formule uit waarom van links (0 mV) naar rechts (+65 mV) de amplitude van de stroom aan het einde van het experiment steeds positiever wordt. (2 pt)

3. Fig. 2 toont de membraanpotential  $E$  van een afferent uit een spierspoeltje in een experiment waarin de lengte van de spier gemanipuleerd werd. We zien dat de afferent een hogere vuurfrequentie heeft als de spier op grotere lengte is.



- Teken schematisch een spier met daarin één extrafusale spiervezel, een spierspoeltje en het sensorische uiteinde van een afferent. (1 pt)
- Leg uit in drie genummerde stappen hoe een toename van spierlengte leidt tot een verandering van de membraanpotential van de afferent. (2 pt)
- Behoort de afferent tot de groep Ia afferenten of tot de groep II afferenten? Licht je antwoord toe. (1 pt)

4. In Fig. 3 zijn twee stimuli getekend (zwarte stippen) die op een afstand van 1 cm van elkaar worden aangebracht op de huid van een proefpersoon. De figuur toont tevens de denkbeeldige receptieve velden van drie identieke primaire afferente neuronen (a-c).



- De getekende receptieve velden zijn denkbeeldig, maar het is mogelijk om een receptief veld van een primair afferent somatosensorisch neuron bij een mens te bepalen. Leg uit hoe men daartoe te werk gaat: waar plaatst men een afleid elektrode en wat doet men om een receptief veld in kaart te brengen? (2 pt)
- Kan de proefpersoon de in Fig. 3 getekende stimuli als afzonderlijk waarnemen als hij alleen via neuronen a, b en c informatie ontvangt? Licht je antwoord toe. (2 pt)

5. Bij een tumor van de hypofyse kunnen de kruisende vezels in het chiasma opticum beschadigd raken. De gezichtsvelduitval die daardoor ontstaat heet bitemporale hemianopsie.

- Leg uit aan de hand van een tekening van het gezichtsveld en de weg waarlangs lichtstralen de cortex bereiken welk deel van het gezichtsveld zal uitvallen. (2 pt)
- De tegenhanger van bitemporale hemianopsie is binasale hemianopsie. Zal binasale hemianopsie als gevolg van tumorvorming vaker of minder vaak voorkomen? Licht het antwoord toe! (2 pt)

6. Paul Broca concludeerde op basis van post-mortem onderzoek van de hersenen van patiënten met afasie: “On parle avec l’hémisphère gauche.” (“Wij spreken met de linker hemisfeer.”). Kennis over de capaciteiten van de afzonderlijke hemisferen is later vergroot door onderzoek van Sperry en collegae aan *split-brain* patiënten.

- De patiënten van Broca hadden een beschadiging in wat tegenwoordig het ‘gebied van Broca’ heet. Beschrijf met een nauwkeurigheid van 5 cm waar zich dit gebied bevindt, of teken dit. (1 pt)
- Welke structuren zijn doorgesneden bij *split-brain* patiënten? (1 pt)
- Beschrijf een eenvoudig experiment om te onderzoeken of een *split-brain* patiënt spreekt met zijn linker of zijn rechter hemisfeer. Wat laat je de patiënt precies doen? Geef duidelijk aan welke conclusie je trekt op basis van welke uitkomst van het experiment. (2 pt)

**MC-antwoorden tentamen neurowetenschappen, 24 oktober 2016**

vraag	versie A
1	1
2	1
3	2
4	4
5	2
6	1
7	2
8	1
9	2
10	4
11	2
12	2
13	1
14	3
15	4
16	2
17	3
18	3
19	2
20	4
21	1
22	3
23	3
24	4
25	3
26	4
27	2
28	4
29	3
30	4
31	4
32	1
33	4
34	1

Indien je van mening bent dat op een vraag een ander antwoord (ook) goed is, stuur dan s.v.p. zo snel mogelijk een e-mail waarin je dit meldt en toelicht onder verwijzing naar de betreffende tekst in de leerstof.

## Antwoorden essay-gedeelte tentamen neurowetenschappen, 24 oktober 2016

Nota bene:

- Kernwoorden en kernzinnen zijn **vet** weergegeven, niet-vetgedrukte tekst is toelichting, 'Purves' is het leerboek.
- Je moet **antwoord geven op de vraag**, als er aantallen stappen genoemd worden moet je **stappen nummeren**.
- Ook als je niet het 'goede' antwoord gegeven hebt kun je met een steekhoudend betoog punten verdienen hebben.
- Als duidelijk is dat je niet over de beschikbare kennis beschikt is dat meestal dodelijk voor de score op een vraag.

Vraag 1.

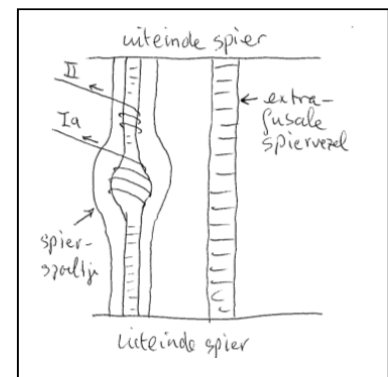
- (1) De geïnjecteerde adrenaline bereikt via het bloed de organen, (2) diffundeert vanuit de capillairen naar het extracellulaire vocht van *targetcellen*, (3) bindt aan receptoren van *targetcellen*, (4) en dit leidt tot opening van ionkanalen en/of tot vrijmaking van *second messengers*, (5) hierdoor verandert de activiteit van de *targetcellen*.
- Het effect van adrenaline op een *targetcel* hangt af van de eigenschappen van de receptor. Als de receptor bijvoorbeeld een *ligand-gated* ionkanaal is wat doorlaatbaar is voor  $\text{Na}^+$  zal de *targetcel* depolariseren en neemt de activiteit toe, als het *ligand-gated* ionkanaal doorlaatbaar is voor  $\text{K}^+$  hyperpolariseert de *targetcel* en neemt de activiteit af. (Zie Purves hfdst. 5, 'neurotransmitter receptors', Fig. 5.16)

Vraag 2.

- Bij depolarisatie van een cel tot boven de drempelwaarde gaan er snel *voltage-gated*  $\text{Na}^+$  kanaaltjes open, die vervolgens inactiveren. Dit verklaart de voorbijaande negatieve stroompiek. (Zie uitleg bij vraag over dezelfde figuur in bonustoets 2016). Er gaan ook, vertraagd, *voltage-gated*  $\text{K}^+$  kanaaltjes open, die open blijven staan zolang de cel gedepolariseerd blijft. De stroom door de *voltage-gated*  $\text{Na}^+$  kanaaltjes is inwaarts, die door *voltage-gated*  $\text{K}^+$  kanaaltjes is uitwaarts, dus de positieve stroom in de figuur is de  $\text{K}^+$ -stroom. (Zie Purves hfdst. 3, 'two voltage-dependent membrane conductances', Fig. 3.5)
- Voor de stroom van ionen geldt:  $i_{ion} = g_{ion}(E_{ion} - E)$  (zie collegesheets HC5-7, Werkcollege 2) of, zo je wilt,  $I_{ion} = g_{ion}(V_m - E_{ion})$  (Purves, p.45), waarin  $g_{ion}$  het geleidingsvermogen van de membraan voor de ionen waarin je geïnteresseerd bent,  $E_{ion}$  de evenwichtspotentiaal voor deze ionen, en  $E$  (of  $V_m$ ) de opgelegde membraanpotentiaal. De amplitude van de positieve stroom aan het einde van het experiment wordt steeds groter omdat de membraanpotentiaal steeds verder komt van de evenwichtspotentiaal van  $\text{K}^+$ , die is negatief is.

Vraag 3.

- Zie **tekening** hiernaast, vrij naar Purves Fig. 16.10, zie tevens tekening op bord in HC9 en responsiecollege.
- (1) het spierspoeltje rekt uit en daarmee de membraan van de afferent, (2) *stretch-gated* (=mechanically-gated)  $\text{Na}^+$  kanaaltjes gaan open, (3) de membraanpotentiaal van de afferent stijgt. Immers: 
$$E_{\infty} = \frac{g_K \cdot E_K + g_{Na} \cdot E_{Na}}{g_K + g_{Na}}$$
- Type II afferenten reageren statisch op rek, type Ia afferenten reageren daarenboven op de snelheid van rek (Purves hoofdstuk 16, 'The spinal cord circuitry underlying muscle stretch reflexes'). Als het een type Ia afferent zou zijn geweest dan was de vuurfrequentie na de uitrekking gedaald (zie cursushandleiding p.49). Dat is niet zo, de vuurfrequentie van de afferent hangt alleen af van lengte, en dus is het een type II afferent.

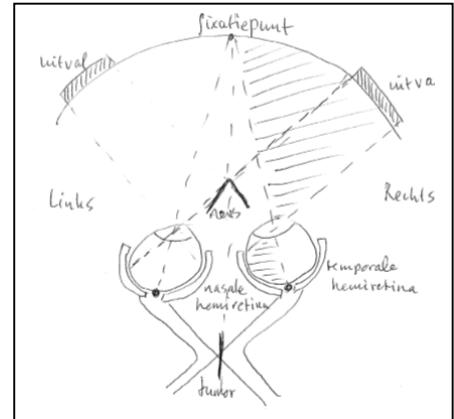


Vraag 4.

- a. De definitie van een receptief veld van een primair afferent neuron in de huid is: *'the area of skin surface over which stimulation results in a significant change in the rate of action potentials'* (Purves hoofdstuk 9, 'Somatic sensory afferents exhibit distinct functional properties'). Om het te bepalen moet men dus **een afleid elektrode in een afferent steken (in een zenuw in de onderarm bijvoorbeeld), de huid aanraken en op zoek gaan naar het huisgebied waarvoor geldt dat aanraking effect heeft op de vuurfrequentie.**
- b. **Ja, dat kan de persoon. In de getekende situatie zal er WEL activiteit zijn in neuronen a en c, en die activiteit is in somatotopische 'neurale ruimte' gescheiden door GEEN activiteit in b. (Zie Purves Fig. 9.3A)**

Vraag 5.

- a. **Bij bitemporale hemianopsie is het buitenste (temporale) deel van het gezichtsveld weggevallen omdat de vezels van de nasale hemiretinae, die kruisen in het chiasma opticum, door de tumor zijn beschadigd** (zie Purves hoofdstuk 12, 'visual field defects'). **Dit volgt uit de tekening hiernaast** (Purves Fig. 12.4). Getekend zijn de lichtstralen vanuit het fixatiepunt die op de foveae eindigen. Mediaal van de fovea bevindt zich de nasale hemiretina. Het gezichtsveld dat op de nasale hemiretina van het rechteroog valt is gearceerd. Het mediale deel daarvan wordt ook gezien door de temporale hemiretina van het linkeroog. Bij beschadiging van de kruisende vezels valt het monoculaire deel van het gezichtsveld weg ('uitval').
- b. **De niet-kruisende vezels komen nergens dicht bij elkaar. Bij binasale hemianopsie als gevolg van tumorvorming zouden beiderzijds uitsluitend deze niet-kruisende vezels moeten worden aangetast; dat vergt twee gescheiden tumoren op een identieke plek, en de kans daarop is klein.**



Vraag 6.

- a. **Area van Broca bevindt zich ventroposterior in de linker frontale lob, zie tekening** (Purves hoofdstuk 27, 'Aphasias', Figs. 27.1, 27.2, 27.5).
- b. **Bij 'split brain' patiënten zijn corpus callosum en commissura anterior doorgesneden** (Purves hoofdstuk 27, 'Confirmation of language lateralization and other insights').
- c. Bij een 'split brain' patiënt kan geen uitwisseling van informatie tussen de hemisferen plaatsvinden, slechts één van de hemisferen spreekt. **De eenvoudigste oplossing is de patiënt de ogen te laten sluiten, hem of haar een voorwerp in de rechter- of linkerhand te geven en te vragen om het voorwerp te beschrijven. Als de patiënt correct beschrijft wat hij vasthoudt in de rechterhand, waarvan de somatosensoriek alleen in de linkerhemisfeer binnenkomt, spreekt hij met de linker hemisfeer. Als de patiënt correct beschrijft wat hij vasthoudt in de linkerhand spreekt hij met de rechter hemisfeer.** (Purves hoofdstuk 27, 'Confirmation of language lateralization and other insights').

