Hoofdstuk 32

Grafische constructies en spiegels/lenzenformules moeten niet uit het hoofd gekend

zijn: komen enkel aan bod tijdens de oefeningen.

1. Wat is de golflengte van zichtbaar licht ? (geef een schatting van golflengtes waartussen zichtbaar licht gelegen is)

~400-700 nm.

2. Geef de wetten van reflectie en breking.

reflectie = een deel van het licht dat invalt op een opp. wordt met dezelfde hoek waarop het het opp. raakt teruggezonden. (θi= θr)  
een ander deel wordt doorgelaten maar gebroken omwille van verschillende brekingsindexen.  
(n1sinθ1= n2sinθ2)

3. Leg met woorden uit wat het brandpunt is.

Wanneer alle stralen loodrecht op spiegel (evenwijdig met hoofdas), na bv. bij concave spiegel, reflectie in 1 punt samenkomen, noemen we dit punt een brandpunt.

4. Wat is sferische aberratie van een spiegel? Hoe kan men dit corrigeren?

Hoe meer kromming op een spiegel, hoe slechter de paraxiale benadering. Het beeld wordt dan geen punt maar eerder een vlek. Bij spiegels kan dit verholpen worden door parabolische spiegels te gebruiken. Daar focussen de lichtstralen zich altijd op 1 punt.

5. Wat is de brekingsindex van een transparant materiaal (definitie)?

n = c/v

6. Verandert de frequentie van licht wanneer het zich door medium met brekingsindex n beweegt? en de golflengte?

Nee, freq is een intrinsieke eig. van de golf en is dus onafhankelijk van het medium.  
Snelheid is wel afhankelijk van het medium, dus daarom verandert ook de golflengte.  
λf= c; λ’f=v; λ’=λ/n

7. Hoe propageert licht doorheen een vlakke transparante plaat met een dikte *d* i.e. wat is de richting van het licht na doorgang door het transparante materiaal?

Indien we gaan van optisch ijl naar optisch dicht, breekt het licht naar de normaal toe, indien andersom, breekt het licht van de normaal weg.  
sinθ ~tanθ ~θ -> θ ~tanθ = x/d

8. Wat verstaat men onder de dispersie van wit licht? Hoe kan men dit verkrijgen?

Wit licht is een combinatie van verschillende kleuren. Elke kleur heeft een golf met specifieke freq en λ. Omdat λ telkens verschillend is, zijn er verschillende brekingsindexen, waardoor elke kleur anders wordt gebroken.

9. Wat is het principe van de regenboog? Van de secundaire regenboog?

Regenbogen ontstaan door dispersie. Invallend licht wordt gereflecteerd op de achterkant van de druppels. Rood wordt bv. minder afgebogen voor waarnemer op aarde dan violet, waardoor de waarnemer rood licht zal krijgen van de hogere druppels.   
Sec. regenbogen ontstaan doordat het licht 2 maal reflecteert alvorens de druppel te verlaten.

10. Wat is totale (interne) reflectie (Maak ook een figuur)? Wanneer treedt het op?

Bij de overgang van optisch ijl naar optisch dicht bestaat er een invalshoek waar er enkel nog reflectie optreedt en geen breking.  
Bij θC = sin-1((n2/n1)\*sin(θ2))

Geef een praktische toepassing.

We zien dit bij glasvezeloptica, een fata morgana en schijnbare plassen

11. Hoe ontstaat een luchtspiegeling?

Lucht dicht bij de aarde warmt op. Hierdoor verandert de dichtheid van lucht en wordt de brekingsindex kleiner. Lichtstralen van de bomen gaan over naar een laag met een hogere n naar een laag met een kleinere n. Steeds breking van de normaal weg.

12. Wat geeft diamanten hun schittering?

Lichtstralen leggen een grote afstand af in de diamant wat een relatief grote dispersie geeft. Hierdoor kunnen we verschillende kleuren onderscheiden.

Hoofdstuk 33

enkel oefeningen.

Hoofdstuk 34

13. Formuleer het principe van Huygens.

Bij een golffront is elk deeltje van dit front, een bron voor kleine golven( wavelets) die zich voortplanten met dezelfde snelheid van de golf in voorwaartse richting. Zo ontstaat er een nieuw golffront.

14. Leg uit hoe een weglengteverschil aanleiding tot een faseverschil tussen 2 golven. Geef een uitdrukking voor de intensiteit van de resulterende golf.

2 golven door bronnen S1 en S2 -> D1 = Asin(kx1-ωt), D2 = Asin(kx2-ωt)  
k= 2π/λ  
P neemt de superpositie van 2 golven waar. De 2 golven hebben elk een andere weg om bij P te geraken.   
Δx = weglengteverschil = verschil in afstand afgelegd door 2e golf en afstand afgelegd door 1ste golf. Afhankelijk van dit weglengte verschil is er constructieve/destructieve interferentie.  
D = D1 + D2 = 2A cos(k Δx/2) \* sin(k(x1+x2)/2 – ωt)  
Het faseverschil wordt dan: δ = k Δx = 2π\* Δx /λ.  
I ~ cos2(δ/2)

15. Wanneer krijgt men constructieve/destructieve interferentie?

Δx = nλ -> δ = n\*2π -> I ~ cos2(δ/2) = 1 = constructieve interferentie  
Δx = (2n+1)/2 \*λ -> δ =2n+1\*π -> I ~ cos2(δ/2) = 0 = destructieve interferentie

16. Beschrijf en verklaar de interferentieproef van Young.

Young stuurde monochromatisch licht door een scherm met 2 nauwe spleten. Deze spleten zijn allebei een bron en aan beide spleten ontstaat er diffractie. Op een scherm achter het scherm met 2 spleten zien we de superpositie van 2 golven ontstaan in S1 en S2.  
In het midden van het 2e scherm hebben deze dezelfde afstand dus geen faseverschil. Maar op andere plaatsen wel. We zien dus afwisseling heldere/donkere strepen = franjes.  
Dsinθ = weglengteverschil  
 = mλ =constructieve interfer (m = 1,2,3,…) (m=0 is centrale max)  
 = (m+1/2) λ =destructiever interfer (m = 0,1,2,...)  
δ = 2π\* dsinθ/λ  
I verandert voor verschillende maxima door diffractie. Centrale max het grootste. Hoe verder van centrale max, hoe lager I wordt.

17. Wat verstaat men onder de Fraunhofer benadering ? Wanneer is ze geldig?

Fraunhofer benadering is dat als de afstand tot het 2e scherm veel groter is dan de afstand tussen de 2 openingen, dan zijn de golven evenwijdig met elkaar.

18. Geef aan hoe de interferentiefranjes bij de proef van Young er uitzien in het geval men wit licht gebruikt. In welke mate verschilt dit van het geval dat men monochromatisch licht gebruikt?

Als we wit licht ( mengeling van kleurengolven met ieder een aparte freq en λ) gebruiken dan heeft iedere kleur zijn interferentie minima en maxima. Dat is het verschil met monochromatisch licht.

19. Geef de intensiteitsverdeling voor het interferentie-experiment van Young: maak een tekening!

20. Wat is monochromatisch licht?

Licht met 1 bepaalde golflengte (=1 kleur)

21. Wat verstaat men onder coherent licht?

Uitgezonden golven die een gelijke λ en freq hebben en in vast faseverband staan met elkaar.

22. Teken het intensiteitsverloop als functie van de plaats op het scherm voor incoherent licht.

Gemiddeld gezien geen interferentie-effect. I = cte.

23. Hoe ontstaan de kleurbanden op het oppervlak van een zeepbel? Verklaar dit op kwantitatieve wijze.

Weglengteverschil = d1 + d2 (als θ = klein) ~2t  
Faseverschil = 2t/λ’\*360° waardoor totaal faseverschil wordt = 2t/λ’\*360° +180°(overgang ijl->dicht)  
 constructieve en destructieve interferentie  
 -> kleurbanden (afwisseling donker/licht indien monochroom)  
doordat film niet overal even dik is: voorwaarde van constructieve interferentie voor verschillende kleuren wordt op verschillende plaatsen voldaan.

24. Idem voor een olievlek op een nat wegdek.

Faseverschil = 2t/λ’\*360° (geen fasesprong)  
afwisseling van lichtere/donkere banden bij bepaalde λ door constructieve/destructieve interferentie (monochroom licht)  
bij wit licht ziet men kleurbanden omdat voorwaarde van constructieve interferentie voor verschillende kleuren wordt op verschillende plaatsen voldaan.

25. Waarvoor dienen zogenaamde “kwart-golflengte plaatjes”? Verklaar het principe op kwantitatieve wijze.

Anti-reflecterende deklagen. λ is de golflengte waarvan men geen reflectie wil enkel transmissie. Bv. voor groen licht: groen licht reflecteert minder omdat stralen destructief zullen interfereren.

26. Waarom treedt dit interferentieverschijnsel enkel op bij dunne lagen?

Licht = pakketjes coherent licht. Als de lagen te dik zijn, gaat de reflectie aan het 2e scheidingsoppervlak een veel langere weg moeten afleggen dan de reflectie aan het 1ste scheidingsoppervlak. Zo correspondeert de reflectie aan het 2e scheidingsoppervlak met een reflectie aan het 1ste scheidingsvlak van een andere pakket.

27. Waarom ziet men de verschillende kleuren op verschillende plaatsen van de dunne film?

Omdat voorwaarde van constructieve interferentie voor verschillende kleuren op verschillende plaatsen voldaan wordt.

**Hoofdstuk 35**

28. Wat verstaat men onder diffractie? (zie ook hfd. 34)

Golf die gebogen wordt aan een obstakel, wanneer een gedeelte van het golffront wordt onderbroken door dit obstakel. Zo kan de golf geraken op plaatsen waar deeltjes niet toegankelijk zijn.

29. Leidt een algemene uitdrukking af voor de diffractieminima voor een rechthoekige apertuur.

Elk punt van de opening = bron voor een golf.  
D opdelen in # delen van gelijke afstand  
 bv. 2 delen -> (0-D/2)(D/2-D)  
 weglengteverschil = D/2 \* sinθ  
 wanneer weglengte verschil = λ/2   
 golven 2 aan 2 aanleiding geven tot destructieve interferentie.  
 waardoor het minimum D/2 \* sinθ= λ/2 -> sinθ= λ/D   
 blijven herhalen:  
 D sin θ = m λ met m = 1,2,.. = diffractie min (m=0 = centrale max)

30. Teken het intensiteitsverloop voor diffractie aan een rechthoekige apertuur.

31. Hoe beïnvloedt diffractie het interferentieverschijnsel bij het twee-spleten experiment?

Diffractie moduleert interferentie en zal het uiteindelijk reduceren tot 0 voor grote hoeken.

32. Welke aanname hebben we impliciet gemaakt bij de verklaring van de proef van Young?

Dat D>λ, indien dit niet waar is dan heeft sinθ= λ/D geen oplossing.

33. Teken het intensiteitsverloop bij de proef van Young rekening houdend met het diffractieverschijnsel.

34. Waarom ontbreken sommige interferentiemaxima?

Omdat deze samenvallen met differentieminima.

35. Formuleer het criterium van Rayleigh voor de resolutie van optische instrumenten en geef ook een tekening (geen formules!).

2 beelden zijn te onderscheiden als het centrale max van 1 samenvalt met het 1ste differie minimum van de ander.

36. Op welke manier beperkt diffractie het oplossend vermogen van optische instrumenten. Wat is de bepalende factor voor het oplossend vermogen?

Het oplossend vermogen wordt begrensd door de λ van de straling.  
RP = s = fθ = 1,22 λ/D \* f  
maar in praktijk f niet kleiner dan D/2  
-> f~D/2  
->RP~ λ/2

37. Wat is een diffractierooster? Welke (twee) types zijn er?

Een plaat met een groot aantal equidistante spleten = transmissierooster  
een 2e type is i.p.v. spleten, krassen waar het licht weerkaatst wordt. = reflectie rooster

38. Leid de uitdrukkingen af voor de interferentie maxima en minima voor een diffractierooster. Op welke manier verandert de intensiteit wanneer het aantal spleten toeneemt? Maak vergelijkende tekening (voor een verschillend aantal spleten)

Weglengteverschil = dsinθ = mλ = constructieve interferentie = hoofdmaxima.  
 = mλ/N = interferentieminimum (behalve als m = N)  
als N toeneemt, zullen de hoofdmaxima hoger en smaller in I zijn. Maar de I van de nevenmaxima zullen dan kleiner worden.

39. Waarvoor worden diffractieroosters gebruikt?

-λ bepalen  
-wit licht te ontbinden in zijn verschillende kleurencomponenten.

40. Formuleer het principe van Babinet.

Diffractiepatronen van complementaire schermen zijn benaderend gelijk, buiten de centrale spot.

41. Wat verstaat men onder de polarisatie van een EM golf?

42. Wat is gepolariseerd licht?

Licht waar de E-vector een bepaalde richting heeft.

43. Wat is lineair/circulair gepolariseerd licht?

Lineair is dat de E-vector in 1 vlak beweegt.  
Circulair bestaan uit 2 lineaire gepolariseerde golven met een faseverschil van 90° en loodrecht op elkaar. Hierdoor draait de resulterende E-vector rond.

44. Wat is de transmissie-as van een polarisator?

De voorkeursrichting waardoor de golven met een E-vector met dezelfde richting als de voorkeursrichting worden doorgelaten.

45. Bespreek twee technieken om gepolariseerd licht te bekomen.

**-absorptie:**sommige moleculen/kristallen absorberen licht. Deze absorptie is afhankelijk van de polarisatierichting. Enkel de golven evenwijdig met transmissie-as worden doorgelaten.  
Zo verkrijgen we gepolariseerd licht.  
-**reflectie**  
als licht invalt op een niet-metallisch oppervlak onder een niet-loodrechte hoek, dan is de gereflecteerde bundel gedeeltelijk gepolariseerd. Als we dit herhaaldelijke toepassen krijgen we gepolariseerd licht.

46. Leid de wet van Malus af.

Golf waarvan E-vector onder hoek θ, evenwijdig met transmissie en amplitude E0.  
E-vector ontbinden in 2 onderling loodrechte vectoren. 1 langs transmissie en 1 loodrecht daarop.  
Eevenwijdig= E0cos θ  
I = Eevenwijdig2 = E02 cos 2θ = I0 cos 2θ

47. Wat verstaat men onder gekruiste polarisatoren? Kan je een praktische toepassing geven van dit principe?

Transmissie-assen van de polarisatoren zijn loodrecht tegenover elkaar zodat geen licht wordt doorgelaten. Bv. LCD schermen met zwarte staafjes.

48. Waarom gebruikt men soms een polaroidbril?

Om reflectie van licht grotendeels tegen te houden.

49. Wat kan men zeggen over de polarisatie van het licht gereflecteerd aan een winkelraam?

Gedeeltelijk gepolariseerd in de verticale richting.

50. Leg uit (zonder formule) hoe men volledig gepolariseerd licht kan verkrijgen bij reflectie.

Als de tangens van de invallende hoek gelijk is aan het quotiënt van de brekingsindex van het oppervlak waar het licht opvalt en de brekingsindex waaruit het licht komt.

51. Wat verstaat men onder verstrooiing (“scattering”).

Licht valt in op moleculen uit de atmosfeer en het elektrisch veld laat de moleculen oscilleren.  
= moleculen absorberen een gedeelte van de straling. Het oscilleren, zet opnieuw aan tot een EM-golf dat gedeeltelijk is gepolariseerd

52. Verklaar de blauwe lucht aan de hemel.

De verstrooiing hangt af van de λ. Indien afmetingen deeltjes <<< λ dan is de intensiteit van het verstrooide licht ~1/λ4. -> blauw licht meer verstrooid dan rood licht.

53. Waarom ziet de zon roder bij valavond?

Zonlicht maximale afstand afgelegd en blauw licht al verstrooid. Rood licht is het overgebleven licht.

54. Waarom zijn de achterlichten van een auto rood?

Dit licht kan langer verstrooid worden.

55. Waarom zijn wolken wit?

De deeltjes van wolken = waterdampen zijn groter dan de golflengte van licht. De verstrooiing staat dus los van de golflengte en is dus kleuren wolken wit.

**Hoofdstuk 36**

56. Formuleer het principe van relativiteit van de klassieke (Newtoniaanse) mechanica.

Waar wetten van Newton gelden. Geen onderscheid mogelijk tussen een voorwerp in rust en een voorwerp met constante snelheid. Absolute snelheid kan niet worden vastgesteld.

57. Wat is de waarde van de lichtsnelheid (benaderend)?

3\*10^8 m/s = 300 000 km/s

58. Wat zijn inertiële referentiestelsels?

Alle stelsels waar alle onderdelen tegen over elkaar in rust zijn en waar de wet van Newton (F=ma) geldt. Alle stelsels die met constante snelheid tegen over een inertieel stelsel bewegen zijn inertieel.

59. Wat is het relativiteitsprincipe volgens Einstein?

1. wetten van de fysica hebben dezelfde vorm in alle inertiële stelsels.(eigenschap golven)  
2. Lichtsnelheid onafhankelijk van de snelheid van de bron of de waarnemer.

60. Wat zijn de gevolgen van dit principe voor de lichtsnelheid, het tijdsverloop voor verschillende waarnemers en het begrip “gelijktijdigheid”?

Tijd is geen absolute grootheid meer, tijdsinterval tussen 2 gebeurtenissen kan verschillend zijn voor verschillende waarnemers. 2 gebeurtenissen op verschillende locaties zijn gelijktijdigheid voor de ene waarnemer maar niet voor een andere. Lichtsnelheid in vacuüm is de maximum snelheid.

61. Wat verstaat men onder lengtecontractie?

Lengte van een voorwerp dat beweegt tegenover een waarnemer is korter dan een voorwerp in rust  
l = l0 < l0

62. Geef een praktisch voorbeeld waaruit blijkt dat het tijdsverloop inderdaad geen absoluut begrip meer is.

Een eeneiige tweeling wordt gescheiden. De een in de ruimte als astronaut en de andere blijft op aarde. Diegene die op aarde blijft zal ouder zijn dan diegene die terugkomt uit de ruimte.

63. Blijft de tweede wet van Newton gelden in de speciale relativiteitstheorie? Leg uit.

De totale impuls van een systeem blijft behouden als er geen externe krachten op inwerken.  
F=dp/dt maar F =/ ma

64. Wat is de uitdrukking voor de impuls van een deeltje volgens de SR?

P = mv/

65. Geef de uitdrukking voor de totale energie van een vrij deeltje dat beweegt met een snelheid v. Geef ook een uitdrukking in functie van de impuls en de massa.

66. Wat verstaat men onder rustenergie van een deeltje? Waarom is deze uitdrukking zo belangrijk (wat geeft ze weer)?

E = mc2, geeft de omzetting van massa in energie weer.

67. Geef het verband tussen de uitdrukking voor de rustenergie van een deeltje en de produktie van energie d.m.v. atoomkernen (zie ook Hfdst. 42)

68. Bewijs dat de kinetische energie van een deeltje volgens de SR zich herleidt tot de uitdrukking uit de klassieke mechanica voor lage snelheden (in vergelijking met de lichtsnelheid).

K = ½ mv2 = (mc2/ ) - mc2  
voor lage snelheiden( ) = 1 + ½ + ….  
-> K= mc2 ( 1 + ½ + ….-1) ~ ½ mv2

69. Leid een uitdrukking af voor de impuls van een foton (zie ook Hfdst.37). Maak de link met de klassieke theorie van het EM (Maxwell).

E = -> rustmassa = 0, E = pc -> p=E/c

**Hoofdstuk 37**

70. Geef de drie manieren waarop warmte kan getransporteerd worden en geef duidelijk het verschil aan.

Conductie: E-transport zonder verplaatsing massa  
Convectie: E-transport met massaverplaatsing  
Straling: E-transport als EM-golven.

71. Leid een uitdrukking af voor de warmtestroom in functie van de temperatuurgradiënt

ΔQ/Δt ~ΔT/Δx, ~A -> ΔQ/Δt = -kA\* ΔT/Δx  
indien T niet lineair = dQ/dt = -kA\* dT/dx

72. Wat verstaat men onder de straling van een zwart lichaam?

Een zwart lichaam absorbeert alle EM-straling dat invalt. Dit lichaam stuurt ook al die geabsorbeerde straling terug uit. De hoeveelheid hangt af van de temperatuur en niet van de eigenschappen van het materiaal van het lichaam.

73. Met welke macht van de temperatuur is het totale uitgezonden vermogen aan straling van een zwarte straler evenredig?

ΔQ/Δt = eσAT4

74. Wat drukt de emissiviteit uit?

Emissie is een waarde tussen 0 en 1, dat laat zien hoeveel straling een lichaam uitzendt.  
bv. e=1 ->alles wordt uitgezonden, e=0, alle straling gereflecteerd

75. Ziet een zwarte straler altijd zwart? Verklaar.

Neen. Bij een temperatuur lager dan ~700 K zenden de lichamen weinig straling uit in het zichtbare gedeelte en zien daarom zwart. Bij hogere T wel in zichtbaar licht.

76. Schets het probleem met de verklaring van de straling van een zwarte straler volgens de klassieke mechanica. Wat was de oplossing van Planck? (stralingswet S(.) van Planck moet uiteraard niet uit het hoofd gekend zijn)

Planck moest veronderstellen dat EM-straling enkel kon worden uitgezonden in discrete E-pakketjes. = kwanta. E = hf

77. Wat is het netto uitgestraalde vermogen aan energie voor een voorwerp op temperatuur T in een omgeving op temperatuur T0. En wat krijgt men bij thermisch (of thermodynamisch) evenwicht?

Pnetto = eσA \* (T4-T04), in thermisch evenwicht T=T0, Pnetto = 0

78. Schets het verloop van de uitgestraalde energie als functie van de golflengte voor verschillende temperaturen.

79. Wat zegt de verschuivingswet van Wien?

λmax ~1/T, de golflente waarbij maximaal vermogen wordt uitgezonden, wordt korter bij hogere T

80. Wat was de inbreng van Einstein voor de kwantumhypothese? Waarom was dit een belangrijke stap?

Dat EM-staling bestond uit fotonen, die een E hadden die enkel afhing van de freq. Zo ziet men dat licht niet alleen een golfkarakter heeft maar ook een deeltjeskarakter.

81. Leid een verband af tussen de impuls van een foton en zijn golflengte?

E = pc en E = hf -> pc = hf = hc/λ -> p= h/ λ

82. Wat is de interpretatie van de golffunctie in de “moderne” kwantummechanica.

83. Formuleer de hypothese van de Broglie.

Deeltjes hebben ook golfkarakter met λ =h/p en f=E/h.

84. Wat neemt men waar indien men elektronen schiet op een scherm met twee openingen? Leg dit uit.

Men neemt patronen waar: de minima en maxima demonstreren het golfkarakter, ook ziet men de individuele punten, wanneer men elektronen uitwisselt met de detector, die het deeltjeskarakter vertegenwoordigen. Dit is geen interferentiepatroon. Door de elektronen zo traag te laten gaan dat er maar 1 elektron per keer voorbij S1 gaat, ziet men dat het een eigenschap van het elektron zelf is.  
Indien we de openingen alle twee om te beurt sluiten en daar de som van nemen, krijgen we niet hetzelfde resultaat als eerst.   
=> elektron als golf voorbij doorgang, maar als deeltje bij detectie.

85. Wat de betekenis van de golffunctie in de moderne kwantummechanica?

Een louter wiskundig object dat zelf complex kan zijn.

86. Gegeven de tijdsafhankelijke Schrödingervergelijking leidt d.m.v. het scheiden der veranderlijken de tijdsonafhankelijke Schrödingervergelijking af voor een deeltje dat een potentiele energie heeft die niet verandert als functie van de tijd.

Scheiden van veranderlijken -> kan niet anders beide leden constant zijn.

87. Indien de potentiele energie niet afhangt van de tijd, bewijs dan dat de waarschijnlijkheid om een deeltje ergens terug te vinden dan ook tijdsonafhankelijk is.

88. Formuleer de onzekerheidsrelatie van Heisenberg en geef de betekenis van alle optredende grootheden en van deze formule.

onzekerheid in positie = , in impuls -> positie en impuls nooit exact tegelijk nauwkeurig.

89. Beschouw een elektron dat versneld wordt. Wat is het verband tussen de potentiaal en de golflengte?

λ = h /

90. Leg het principe v/e elektronenmicroscoop uit. Waarom kan je met zichtbaar licht geen atomen onderscheiden en waarom wel met de elektronenmicroscoop (i.e. wat is het verschil in resolutie)? Leg dit uit.

I.p.v. lenzen gebruikt de elektronenmicroscoop magneetvelden. De resolutie van zichtbaar licht is veel kleiner omdat de golflengte van licht groter is dan de golflengte van een elektron.

91. Wat is spontane emissie?

Wanneer een atoom een foton absorbeert wordt het ge-exciteert = elektronen naar een hoge E-toestand. Na een zekere tijd vallen de elektronen terug naar een lager E-niveau waarbij foton wordt uitgezonden.

92. Wat is gestimuleerde emissie?

Wanneer een foton op een ge-exciteert atoom valt, kan het niet alleen geabsorbeerd worden voor elektronen naar een hoger E-niveau te sturen maar ook voor andere elektronen stimuleren om naar een lager E-niveau te gaan.  
Eu-EL = hf

93. Wat verstaat men onder populatie-inversie? Naar wat verwijst “inversie”?

Normaal gezien heeft een hoger E-niveau minder elektronen dan een lager. Bij een populatie-inversie is dit andersom. Een lager E-niveau heeft minder elektronen dan een hoger.

94. Leg de werking van de (robijn)laser uit. Wat zijn de nodige voorwaarden om laserwerking te hebben?

Light Ampliphication by Stimulated Emission of Radiation.  
Om gestimuleerde emissie te krijgen moeten we streven naar een populatie inversie die metastabiel is = elektronen langer laten zitten dan andere E-niveau’s. Dit geeft de fotonen de tijd om gestimuleerde emissie te veroorzaken. Deze metastabiliteit verkrijgen we door optisch pompen = elektronen pompen naar hoger E-niveau door intense lichtbron.

95. Wat is er zo bijzonder aan laserlicht?

Een zeer nauwe en coherente bundel licht. De relatieve waarschijnlijkheid tot absorptie is even groot als de waarschijnlijkheid tot gestimuleerde emissie.

**Hoofdstuk 41**

96. Wat houdt de neutronen en protonen samen in de kern?

Sterke kernkracht > repulsiekracht

97. Maak een schets van de bindingsenergie als functie van het massagetal A. Welke conclusies kan je uit deze grafiek trekken i.v.m. de winning van energie uit atoomkernen?

De zwakker gebonden kernen hebben een grotere A. Deze zijn geschikt voor E-winning.

98. Hoe verandert het aantal neutronen in een kern met het atoomnummer Z? (zie figuur!)

Voor kleine Z is het aantal neutronen zo goed als gelijk aan het aantal protonen. Voor grotere Z zijn meer neutronen nodig omwille van de repulsieve krachten tussen de protonen te compenseren.

99. Wat zijn de drie belangrijkste isotopen van waterstof?

Proton 1H, deuterium 2H, tritium 3H.

100. Hoe verandert het aantal kernen bij radioactief verval als functie van de tijd? zelfde vraag voor de vervalsnelheid.

ΔN ~N, ~Δt -> ΔN =-λN Δt  
ΔN/ Δt =-λN -> dN/ dt =-λN  
N= N0e-λt  
R = vervalsnelheid = λ N = λ N0e-λt = R0e-λt

101. Wat verstaat men onder halfwaardetijd? Bereken de halfwaardetijd in functie van de vervalconstante. ?

De halfwaardetijd is de tijd waar een radioactief atoom de helft van zijn straling heeft afgegeven.  
als T1/2 = t en N = N0/2 -> N0/2 = N0e-λT(1/2) -> T1/2 = ln2/λ

102. Wat is de eenheid van radioactief verval? Opm. enkel de Becquerel moet gekend zijn als eenheid voor het examen!

Becquerel. 1 bq = 1 desintegratie/s

103. Wat zijn de drie belangrijkste types van radioactieve straling? Geef de kernreacties weer.

Alfaverval : AZX-> A-4Z-2X + 42alfa  
Bètaverval : AZX-> AZ+1X + bèta- + antineutrino  
 : AZX-> AZ-1X + bèta+ + neutrino  
Gammaverval : AZX\*-> AZX + gamma

104. Komt er bij bèta-verval enkel een elektron/positron vrij? (wat is een positron?)

Bij bètaverval komt er bij Z+1 een elektron vrij vanuit de kern = bèta-  
Bij Z-1 wordt het antideeltje van een elektron uitgezonden =e+ = bèta +  
tegelijk met deze deeltjes worden ook neutrino’s en antineutrino’s uitgezonden: dit zijn deeltjes die lijken op orbitaal elektronen maar deze zijn gecreëerd in de kern.

105. Wat is het principe van de koolstof-14 methode om de ouderdom van een afgestorven organisme te bepalen?

Bètaverval: C-14 wordt in de atmosfeer geproduceerd en is qua chemisch gedrag gelijk aan C-12.  
levende organismen wisselen steeds CO2 uit met de omgeving. Dus deze levende organismen nemen C-14 op via de C(-14)O2. Wanneer een organisme sterft stopt het met uitwisselen en treedt er verval op. Door het aantal desintegraties te meten kan men de ouderdom van het organisme bepalen.

**Hoofdstuk 42**

106. Wat verstaat men onder de transmutatie van atoomkernen?

Wanneer een kern alfa/bètaverval ondergaat en de dochterkern is niet het moederelement.

107. Wat is de werkzame doorsnede?

Sommige kernreacties meer waarschijnlijk dan anderen, dit wordt uitgedrukt in werkzame doorsnede = σ (lengte2)-> 1barn = 10-28 m2

108. Wat verstaat men onder het verrijken van uranium? waarom wordt het gebruikt?

Indien we water toevoegen aan 235U, stijgt de splijtbaarheid. Dit wordt gebruikt in een modulator in een kernreactor.

109. Waarom wordt een moderator gebruikt indien uranium gebruikt wordt als brandstof voor een kerncentrale? Geef enkele voorbeelden van moderatoren.

De massa van U is veel groter dan de massa van een neutron. Dit wil zeggen dat er een E-verlies van het neutron optreedt bij elke elastische botsing. Daarom voegen we een modulator toen. Deze wordt gebruikt om snelle neutronen op een efficiënte wijze E te laten verliezen (=trager laten worden) door botsingen.

110. Wat zijn thermische neutronen? Waarom zijn ze nodig bij het genereren van energie uit atoomkernen?

Bij elastische botsingen van neutronen, wordt er E verloren doordat er een gedeelte werd opgenomen door de kern. Na vele botsingen is de E gedaald tot ongeveer kT. Bij verdere botsingen is de kans op E verliezen gelijk aan de kans om E te winnen.

111. Geef het principe van kernsplijting.

Door het absorberen van een neutron door de kern, wordt de kern instabiel en zal het spontaan spiltsen. Hierbij komen weer elektronen vrij die nieuwe kernsplijtingen kunnen veroorzaken.

112. Waarom kan men uranium gebruiken voor het opwekken van energie? Geef de verschillende redenen.

Ondanks Uranium weinig voorkomt in de natuur, is het grotendeels Uranium dat wordt gebruikt.  
-Tegenover Plutonium heeft het het voordeel dat het veiliger is. Het reageert trager zodat controlestaven gebruikt kunnen worden.  
-Het is met water aan te rijken waardoor we een kleinere kritieke massa nodig hebben.  
-Hetzelfde door het gebruik van neutronenreflectoren.

113. Wat verstaat men onder de vermenigvuldigingsfactor van een kernreactor? welke waarde moet hij hebben bij een kerncentrale. Wat gebeurt er indien deze groter wordt dan 1?

Een vermenigvuldigingsfactor (=f) is het gemiddeld aantal neutronen dat opnieuw een splitsing veroorzaakt. Theoretisch gezien kan f maximum 3 worden, maar dit is praktisch onhaalbaar.  
Als f>1 dan is deze superkritisch en zal de E-productie snel toenemen. (gevaarlijk snel)

Subkritisch is wanneer f<1 en zal de reactie uitdoven.

114. Wanneer is een kernreactie (sub/super) kritisch?

Zie boven.

115. Waarom gebruikt men controlestaven?

Controlestaven zijn gemaakt uit materialen die gemakkelijk neutronen absorberen. Zo wordt er gezien dat f niet groter wordt dan 1.

116. Wat verstaat men onder de kritische massa?

Het is de massa nodig die de reactie doet beginnen. Bv voor Uranium-235 is dit 53 kg.

117. Maak de vergelijking tussen de energie die vrijkomt bij het splijten van uranium-235 en klassieke fossiele brandstof (enkel orde van grootte is belangrijk).

Splitsing 1kg = verbranden 2\* 106 liter petroleum

118. Bespreek de verschillende onderdelen van een klassieke PWR fissie-reactor. Maak een schets v/e kernreactor.

Primaire kringloop. Hier warmt het water op door vrijgekomen energie.  
 dit water gaat naar de warmtewisselaar.  
Secundaire Water wordt opgewarmd door warmtewisselaar. Hier wordt stoom gemaakt.  
 Dit drijft de turbine aan die de elektrische generator aandrijft.  
Tertaire Het stoom wordt afgekoeld door water dat in verbinding  
 staat met de buitenwereld.

119. Welke kernbrandstof komt er naast U-235 nog in aanmerking om te gebruiken in kerncentrales?

Plutonium -239.

120. Waarom houdt Pu meer risico’s in als brandstof in vgl. met U?

Zie boven: verloopt sneller, moeilijker controleerbaar met controlestaven.

121. Wat is het principe van een kweekreactor?

Naast E wordt er ook Pu geproduceerd. Er wordt dus meer brandstof geproduceerd dan verbruikt.  
De condities zijn zodanig dat sommige neutronen gebruikt kunnen worden voor splijting U-235 en deze in gang te houden en andere neutronen om Pu-239 te produceren uit U-238(dat niet meer splijt)

122. Wat is het principe van een atoombom?

De reactie die men wil laten verlopen is superkritisch. Om dit te kunnen doen heeft men hulp nodig van de neutronreflectoren en de verrijking ( als de concentratie zo groot is, kunnen er meedere U-235 atomen worden gebruikt in de reactie). Zo verloopt de reactie zo snel mogelijk en komt er een enorme hoeveel E vrij(= kernexplosie).

123. Leg het principe van kernfusie uit. Wat kan men zeggen over de energieproductie bij kernfusie in vergelijking met kernsplijting.

2 kleinere kernen vormen 1 grotere kern in een reactie waar E in vrijkomt.  
-> wel veel minder E dan kernfissie maar wel meer E per massaeenheid.

124. Waarom is kernfusie technologisch zoveel moeilijker te realiseren dan kernfusie?

Coulomb-repulsie tussen 2H en 3H moet overwonnen worden. Dit kan door een enorme Ekin(dit kan gehaald worden in een deeltjesversneller) maar toch blijft de kans klein dat ze effectief botsen.

125. Wat zijn de 2 belangrijkste wegen die men volgt om kernfusie te verkrijgen? Leg dit uit.

Netto E winst wordt gemaakt door T erg hoog te krijgen zodat zelfs bij willekeurige botsingen fusie optreedt. T zou een waarde van 108 K moeten aannemen.  
Hier komt materie in voor = plasma. Dit plasma moet lang genoeg worden opgesloten zodat reactie kan blijven doorgaan. Er bestaan 2 manieren voor.

-magnetische opsluiting: mag veld om plasma op te sluiten in toroïde bv. TOKAMAK  
-inertiële opsluiting: mengsels van deuterium en tritium in vaste vorm heel kort beschoten met laser  
 zo kort dat plasma onvoldoende tijd heeft om te expanderen.