

Voor dit examen zijn maximaal 82 punten te behalen; het examen bestaat uit 35 vragen. Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Zink

In zink hebben niet alle zinkatomen hetzelfde massagetal. Het meest voorkomende massagetal bij zinkatomen is 64.

- 3p **1** Uit hoeveel protonen, elektronen en neutronen bestaat een zinkatoom met massagetal 64? Noteer je antwoord als volgt:
aantal protonen: ...
aantal elektronen: ...
aantal neutronen: ...

Zink wordt bereid uit zinkerts. Zinkerts bestaat voornamelijk uit zinksulfide (ZnS). Om hieruit zink te maken, laat men het zinksulfide eerst met zuurstof reageren. Bij deze reactie worden zinkoxide (ZnO) en zwaveldioxide gevormd.

- 2p **2** Geef de vergelijking van de reactie van zinksulfide met zuurstof.

Daarna laat men het zinkoxide reageren met verdund zwavelzuur. Hierbij ontstaat een oplossing van zinksulfaat.

- 3p **3** Geef de vergelijking van de reactie van vast zinkoxide met verdund zwavelzuur.

Na een aantal zuiveringsstappen wordt tenslotte de zinksulfaatoplossing geëlektrolyseerd. Hierbij ontstaat op één van de elektroden zeer zuiver zink.

- 2p **4** Leg uit of het zink aan de positieve of aan de negatieve elektrode wordt gevormd.

Warmers

Voor mensen die langdurig in koude omstandigheden verblijven, zoals bergbeklimmers of medewerkers in diepvriesmagazijnen, zijn er zakjes in de handel waarmee men zichzelf kan opwarmen. Het volgende tekstfragment gaat over deze zogenoemde “warmers”.

Warmtefabriekje

- tekst-fragment 1
- 1 Koude vingers, tenen en handen zijn er mee op te warmen. Warmers zijn kunststof-
 - 2 zakjes die gevuld zijn met een chemisch mengsel dat warm wordt als er zuurstof bij
 - 3 komt. De buitenkant van het zakje wordt 50 – 60 graden Celsius, zes tot zeven uur
 - 4 achtereen, claimt de fabrikant. In de zakjes zit een mengsel van ijzerpoeder, zout,
 - 5 water, actieve kool, cellulose en vermiculiet, een sponsachtige kleisoort.
 - 6 De warmers zijn vacuüm verpakt, ongeopend blijven ze twee tot drie jaar goed.
 - 7 Wordt de verpakking opengemaakt dan begint het chemische spel. Het pyrofore
 - 8 ijzer reageert onmiddellijk met zuurstof dat door de poriën van het polypropyleen-
 - 9 zakje kruipt.
 - 10 De samenstelling van het mengsel is uitgekiend. Gewoonlijk vormt zich bij het
 - 11 roesten ijzeroxide dat zich in de vorm van een superdun laagje op de buitenkant
 - 12 van de ijzerdeeltjes afzet. Na verloop van tijd kan de zuurstof het ijzer dan niet
 - 13 meer bereiken en zet de reactie zichzelf stil. Zout – althans het chloride daarin –
 - 14 voorkomt de vorming van zo'n huidje, waardoor de warmteproducerende reactie
 - 15 gewoon doorgaat. De actieve kool verdeelt de warmte, vermiculiet houdt de warmte
 - 16 vast en cellulose dient als vulstof.

naar: de Volkskrant

In het zakje bevindt zich 1,10 gram ijzer. Bij het roesten vormt zich ijzeroxide (regel 10 en 11). Neem aan dat hierbij alleen ijzer(III)oxide ontstaat.

- 3p **5** Geef de reactievergelijking voor het roesten van ijzer tot ijzer(III)oxide.
- 3p **6** Bereken met hoeveel gram de massa van de vaste stof in het zakje maximaal kan toenemen door de reactie met zuurstof.
- 2p **7** Is het roesten van ijzer een endotherme of exotherme reactie? Geef een verklaring voor je antwoord. Vermeld in je verklaring een gegeven uit de tekst dat je hebt gebruikt om tot je antwoord te komen.

Pyrofoor ijzer (zie regel 7 en 8) is speciaal ijzerpoeder waarvan de korreltjes veel kleiner zijn dan van “gewoon” ijzerpoeder. Wanneer in plaats van pyrofoor ijzer “gewoon” ijzerpoeder in de zakjes wordt gebruikt, komt de warmer minder snel op temperatuur.

- 3p **8** Geef hiervoor een verklaring met behulp van het botsende-deeltjes-model.

Volgens informatie van een fabrikant van warmers is het zout in het zakje belangrijk voor de goede werking. Het zakje zal zonder zout niet gedurende langere tijd de gewenste hoge temperatuur kunnen houden (zie regel 3 en 4). Het zakje is dan ongeschikt als warmer.

- 3p **9** Leg uit dat de warmer zonder zout niet gedurende langere tijd de gewenste hoge temperatuur kan houden. Vermeld in je uitleg gegevens uit de tekst die je hebt gebruikt om tot je uitleg te komen.

De kunststofzakjes zijn gemaakt van polypropyleen. Pieter en Nel beweren dat polypropyleen een thermoplast is.

- 2p **10** Beschrijf hoe Pieter en Nel met een proef kunnen vaststellen dat polypropyleen een thermoplast is. Geef ook aan welke waarneming bij de proef leidt tot de conclusie dat polypropyleen een thermoplast is.

Pieter en Nel willen aantonen dat zout het roesten van ijzer versnelt en dat actieve kool dat niet doet. Zij gaan daarvoor op school een onderzoek doen. Zij hebben geen pyrofoor ijzer. Daarom gebruiken Pieter en Nel “gewoon” ijzerpoeder en maken zij het ijzer nat om het roesten vlot te laten verlopen.

Bij hun proeven gebruiken Pieter en Nel dus ijzerpoeder, zout, actieve kool en water.

- 4p **11** Beschrijf een onderzoek waarmee Pieter en Nel kunnen aantonen dat zout het roesten van ijzer versnelt en dat actieve kool dat niet doet. Geef daarbij ook aan welke metingen zij kunnen doen en welke conclusies zij uit hun metingen kunnen trekken.

PVC

Bij een bepaalde bereiding van PVC is calciumoxide één van de grondstoffen. Deze bereiding vindt in een aantal stappen plaats.

In de eerste stap laat men calciumoxide reageren met cokes (koolstof). Hierbij ontstaan koolstofdioxide en carbid. De formule van carbid is CaC_2 .

- 3p **12** Geef de reactievergelijking voor de bereiding van carbid uit calciumoxide en cokes.

Carbid reageert in de tweede stap met water, waarbij acetyleen en kalkwater gevormd worden. De molecuulformule van acetyleen is C_2H_2 .

- 1p **13** Leg uit of acetyleen een alkaan is.

In de derde stap reageert acetyleen met waterstofchloride. Hierbij ontstaat vinylchloride (chlooretheen). De vergelijking van deze reactie is als volgt:

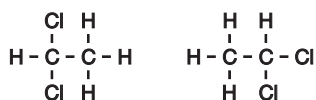


Wanneer in deze stap 50 kg acetyleen reageert met voldoende waterstofchloride, ontstaan 96 kg vinylchloride en enige bijproducten.

- 3p **14** Bereken het rendement van de omzetting van acetyleen in vinylchloride bij deze reactiestap.

Bij de reactie tussen acetyleen en waterstofchloride kunnen bijproducten ontstaan, waarvan de molecuulformule $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$ is.

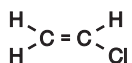
Van een stof met molecuulformule $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$ tekenen twee leerlingen elk een structuurformule (formule 1 en formule 2):



formule 1 formule 2

- 2p **15** Stellen formule 1 en formule 2 dezelfde stof voor? Geef een verklaring voor je antwoord.

Tenslotte laat men het vinylchloride polymeriseren. De structuurformule van vinylchloride is:



Bij de polymerisatie van vinylchloride ontstaat polyvinylchloride (PVC).

- 3p **16** Teken een stukje uit het midden van de structuurformule van PVC. In het getekende stukje moeten drie monomeer-eenheden zijn verwerkt.

Inktvraat

Vroeger werd met ijzergallusinkt geschreven. Om deze inkt te maken werd eerst looizuur gewonnen uit galnoten. (Een galnoot is een soort gezwel dat aan planten ontstaat.) Hieraan werd een ijzer(II)oplossing toegevoegd. Hieronder staat een oud recept hiervoor weergegeven:

tekst-
fragment 2

Voeg aan 130 gram water 18 gram verpulverde galnoten toe. Kook het mengsel gedurende twee uur en blijf roeren. Tijdens het koken verdampt wat water. Voeg daarom af en toe wat water aan het mengsel toe. Laat het mengsel afkoelen en filtreer het. Los dan 8,0 gram ijzer(II)sulfaat op in 15 gram water en schenk dit bij het filtraat. Voeg hieraan 7,0 gram Arabische gom als bindmiddel toe. Het duurt even voordat de inkt haar zwarte kleur krijgt.

naar: www.knaw.nl/ecpa/ink/html/make.html

- 1p **17** Geef de naam van de scheidingsmethode die men gebruikt om het looizuur uit de galnoten in oplossing te krijgen.

De schrijver van het recept neemt het niet zo nauw met termen als oplossing en suspensie. Wanneer men 8,0 gram ijzer(II)sulfaat wil oplossen in 15 gram water bij 298 K ontstaat een suspensie.

- 2p **18** □ Bereken met behulp van Binas-tabel 45B hoeveel gram van het ijzer(II)sulfaat daarbij niet kan oplossen.

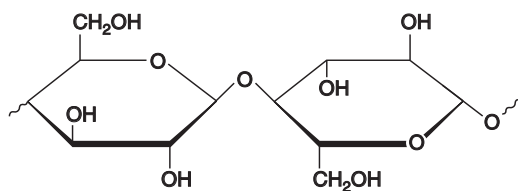
Een nadeel van het gebruik van ijzergallusinkt is dat op den duur inktvraat optreedt: aantasting van papier door ijzergallusinkt.

tekst-
fragment 3

Inktvraat, zo is nu na grondig onderzoek in Wenen (Akademie der Bildenden Künste) en Amsterdam (Instituut Collectie Nederland) bevestigd en bewezen, berust op twee vernietigende werkingen. Böhrenz, van huis uit natuurkundige, probeert het zo duidelijk mogelijk uit te leggen: „De eerste vernietigende werking is dat het zuur in de inkt vrijkomt. Dit zuur katalyseert de hydrolyse van de cellulose.” Dat wil zeggen: het zuur versnelt de vernietiging van het papier door vocht. De tweede vernietigende werking die zich voordoet, is dat door het vocht de in de inkt aanwezige ijzerionen “uit het schrift migreren” en door hun omgeving “gaan wandelen”. En loslopende ijzerionen katalyseren weer de oxidatie door zuurstof van dat aangetaste papier. Bovendien worden zuren en ionen niet verbruikt in het proces, waardoor ze net zo lang doorgaan tot er geen papier meer over is.

naar: de Volkskrant

Papier bestaat voornamelijk uit cellulose. Cellulose is een polymeer dat is opgebouwd uit glucose-eenheden. Een stukje van de structuurformule van cellulose is hieronder getekend:



Het eerste probleem van inktvraat is de hydrolyse van cellulose in papier.

- 3p **19** □ Geef de vergelijking in structuurformules voor de hydrolyse van dit stukje cellulose. Bij de hydrolyse wordt de binding tussen de twee getekende glucose-eenheden verbroken.

Het tweede probleem van inktvraat is de oxidatie van het aangetaste papier. De ijzer(II)ionen die deze oxidatie katalyseren, worden hierbij omgezet in ijzer(III)ionen. Later ontstaan hieruit opnieuw ijzer(II)ionen.

- 2p **20** □ Leg uit of de ijzer(II)ionen, wanneer deze worden omgezet in ijzer(III)ionen, optreden als oxidator of als reductor.

Omdat de inktvraat oude documenten bedreigt, is het gewenst om maatregelen te treffen.

- 2p **21** □ Noem een maatregel en leg uit waarom de genoemde maatregel inktvraat tegengaat.

De giftige erfenis van een Amerikaanse kopermijn

- 1 **De Berkeley Pit in Montana is het grootste vervuilde waterreservoir in de**
2 **Verenigde Staten. Het water in deze voormalige kopermijn is onder andere**
3 **vervuild met verbindingen van koper, arseen, zink, cadmium en ijzer.**
- 4 Anaconda Copper, een bedrijf dat de wereldmarkt voor koper domineerde, groef
5 oorspronkelijk diepe mijnen om de rijke koperaders te exploiteren. Toen de prijs van
6 het koper begon te dalen, schakelde Anaconda over op de goedkopere dagbouw.
7 Op deze wijze ontstond een gat van 500 meter diep: de Berkeley Pit. In 1982 ging
8 het bedrijf failliet.
- 9 Enige jaren later werden de pompen die het grondwater uit de Berkeley Pit moesten
10 houden, stilgezet. Vanaf dat moment begon de enorme krater zich te vullen met
11 water dat afkomstig was uit het ondergrondse gangenstelsel van mijnen.
- 12 In 2001 had de 120 miljard liter water in de Berkeley Pit een pH van 2,5 en een
13 geleidingsvermogen van $7900 \mu\text{S cm}^{-1}$. De concentraties van de koperionen en de
14 zinkionen waren respectievelijk 3,0 en 9,5 millimol per liter.
- 15 „De belangrijkste oorzaak van de verzuring is de aanwezigheid van pyriet (FeS_2) in
16 de bodem”, zegt John Burke, een mijnbouwdeskundige. Burke vervolgt: „Als pyriet
17 wordt blootgesteld aan water en lucht, ontstaat verdund zwavelzuur. Dit zuur lost de
18 metalen uit de grond op.”
- 19 Volgens berekeningen zal het niveau van het water in de Berkeley Pit in 2015 een
20 zodanige hoogte bereikt hebben, dat het reservoir begint over te stromen. De
21 eigenaren zijn volgens de Amerikaanse milieuwetgeving verplicht om voor die tijd
22 een oplossing te vinden. Het water moet gezuiverd worden, of de vervuiling moet
23 gestabiliseerd worden.
- 24 USFilter is in 2002 begonnen met de bouw van een installatie die per dag 30
25 miljoen liter water uit de Berkeley Pit kan verwerken. Het gaat om een zeer
26 conventionele oplossing: het mengen van het water met kalksteen. Daarbij slaan de
27 opgeloste metalen neer in een slib. Ook de sulfaationen komen daar grotendeels
28 terecht. Het toevoegen van CaCO_3 is een beproefd recept om zuur mijnwater te
29 stabiliseren. Het water moet na deze behandeling schoon genoeg zijn om in het
30 oppervlaktewater te worden geloosd. Het slib wordt opgeslagen in speciale
31 opslagvijvers.

naar: Technisch Weekblad

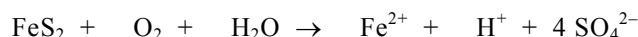
De vragen 22 tot en met 27 hebben betrekking op tekstfragment 4.

In regel 3 worden vervuilende verbindingen genoemd. Niet alle daar genoemde verbindingen zijn even slecht voor de gezondheid. Aan de hand van ADI-waarden kan een uitspraak worden gedaan over de mate van schadelijkheid voor de gezondheid.

- 3p **22** Laat aan de hand van een berekening met de ADI-waarde van cadmium zien dat cadmium schadelijker voor de gezondheid is dan koper. Ga uit van een persoon van 60 kg en ga ervan uit dat de in Binas gegeven ADI-waarden gebruikt mogen worden.
- 1p **23** Bereken $[\text{H}^+]$ in mol L^{-1} in het water van de Berkeley Pit in 2001.
- 3p **24** Bereken hoeveel kg opgelost koper (Cu^{2+}) het water van de Berkeley Pit in 2001 in totaal bevatte (1,0 miljard liter = $1,0 \cdot 10^9$ liter).

In de regels 16 en 17 is de reactie beschreven die veroorzaakt dat het water in de Berkeley Pit zuur wordt. Dat bij deze reactie ook een oplossing van ijzer(II)sulfaat ontstaat, is niet vermeld.

Hieronder is de vergelijking van deze reactie gedeeltelijk weergegeven. Alle formules en één juiste coëfficiënt zijn gegeven; de andere coëfficiënten ontbreken.



- 2p **25** Neem de vergelijking over en maak deze kloppend door de ontbrekende coëfficiënten in te vullen.

Door het toevoegen van kalksteen (regel 26) treden verschillende reacties op: de in het water aanwezige H^+ ionen reageren en er wordt slib gevormd.

- 3p **26** Geef de vergelijking van de reactie van kalksteen met H^+ ionen.

- 2p **27** Leg uit of het geleidingsvermogen van het gezuiverde water groter of kleiner is dan het geleidingsvermogen van het ongezuiverde water.

Het artikel over de kopermijn wordt hieronder vervolgd.

tekst- 32 Het toevoegen van kalksteen aan het water van de Berkeley Pit is niet de meest
fragment 5 33 elegante oplossing omdat men met grote hoeveelheden vervuild slib blijft zitten.
34 Daarom wordt ook gezocht naar andere methoden.
35 De bioloog Grant Mitman gelooft dat het mogelijk moet zijn om het water van de
36 Berkeley Pit schoon te maken met behulp van algen. Sommige algen absorberen
37 metalen, andere algen produceren bicarbonaationen die de pH van het water
38 omhoog stuwen.
39 Onder invloed van zonlicht zetten algen bovendien koolstofdioxide en water om in
40 suiker (glucose) dat voedsel is voor grotere organismen (bijvoorbeeld schimmels).
41 Deze organismen consumeren op hun beurt metaalabsorberende algen, waardoor
42 een verdere concentratie van metalen wordt bereikt.

naar: Technisch Weekblad

De vragen 28 tot en met 30 hebben betrekking op tekstfragment 5.

In regel 37 worden bicarbonaationen genoemd. Bicarbonaat is een triviale naam.

- 1p **28** Geef de formule van het bicarbonaation.

Bicarbonaationen kunnen, afhankelijk van de omstandigheden, als zuur of als base reageren.

- 2p **29** Moeten de bicarbonaationen als zuur of als base reageren in het water van de Berkeley Pit? Geef een verklaring voor je antwoord. Vermeld in je verklaring een gegeven uit de tekst dat je hebt gebruikt om tot je antwoord te komen.

In regel 39 en 40 van tekstfragment 5 wordt een proces beschreven. Bij de beschrijving van dit proces wordt één van de reactieproducten niet genoemd.

- 2p **30** Geef de naam van het proces dat in regel 39 en 40 wordt beschreven en de naam van het reactieproduct dat niet wordt genoemd.

Noteer je antwoord als volgt:

naam proces: ...

naam niet genoemd reactieproduct: ...

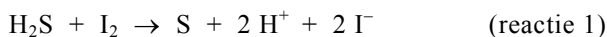
Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

H₂S-verwijdering

Waterstofsulfide (H₂S) is een milieuvervuilend gas dat bij verschillende industriële chemische processen vrijkomt.

In het laboratorium is een methode ontwikkeld om waterstofsulfide uit een gasmengsel te verwijderen.

Hierbij wordt het gasmengsel door een joodoplossing geleid. Bij de reactie die optreedt, ontstaat vast zwavel.

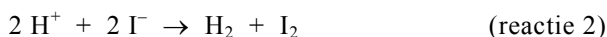


In een laboratoriumopstelling leidt men een gasmengsel dat 20,0 mg waterstofsulfide per m³ bevat door 600 mL 0,103 M joodoplossing.

3p **31** Bereken hoeveel m³ gas maximaal gezuiverd kan worden.

1p **32** Geef de naam van een scheidingsmethode die geschikt is om de gevormde zwavel te verwijderen.

De oplossing van waterstofjodide die overblijft na het verwijderen van zwavel, wordt geëlektrolyseerd. De vergelijking van de totale redoxreactie die hierbij plaatsvindt, is:



2p **33** Geef de vergelijkingen van de halfreacties die aan de elektroden verlopen.

Noteer je antwoord als volgt:

aan de positieve elektrode: ...

aan de negatieve elektrode: ...

De joodoplossing die bij reactie 2 is ontstaan, wordt opnieuw gebruikt om waterstofsulfide uit het gasmengsel te verwijderen. De zwavel die na reactie 1 afgescheiden is en het waterstofgas dat in reactie 2 gevormd is, kunnen ook nuttig gebruikt worden.

1p **34** Noem een nuttige toepassing van waterstofgas.

Van het hierboven beschreven proces waarbij waterstofsulfide uit een gasmengsel wordt verwijderd, kan een blokschema getekend worden. In dit schema moeten drie blokken worden opgenomen: twee reactoren en één scheidingsruimte. Elk blok moet één van de volgende aanduidingen bevatten: reactor 1; reactor 2; scheidingsruimte.

De stofstromen moeten met pijlen worden aangegeven. De volgende stoffen en mengsels moeten met behulp van de cijfers 1 t/m 6 bij de pijlen worden weergegeven:

1: gasmengsel met H₂S

2: gasmengsel zonder H₂S

3: oplossing van HI

4: oplossing van I₂

5: waterstof

6: zwavel

4p **35** Teken een blokschema van het hierboven beschreven proces waarmee waterstofsulfide uit een gasmengsel verwijderd wordt. Vermeld in elk blok de juiste aanduiding en vermeld met behulp van de hierboven gegeven cijfers de stoffen en mengsels bij de juiste pijlen. Houd rekening met het feit dat meerdere cijfers bij één pijl kunnen staan en dat sommige cijfers meerdere malen gebruikt kunnen worden.

Einde