|  |
| --- |
| Fehlende oder falsche Einheiten bei Endresultaten: jeweils 0,5 bp Abzug |

Problem A 16 bp ≙ 6 rp;

Multiple Choice

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **a)** | ⊠ | CuO | **1bp** | **b)** | ⊠ | HCl | **1bp** | **c)** | ⊠ | C6H12 | **1,5bp** |
| **d)** | ⊠ | CO2 | **1,5bp** | **e)** | ⊠ | Bei der Reaktion mit verd. H2SO4 entsteht H2. | **1,5bp** |
| **f)** | ⊠ | 0,2 M HCl | **1,5bp** | **g)** | ⊠ | T↑⇒KP↓ | **2bp** | **h)** | ⊠ | 10 | **3bp** |
| **i)** | ⊠ | 2:4:1 | **3bp** |  |  |  |  |  |  |  |  |

Problem B 28 bp ≙ 11 rp;

„Kleine“ Rechenbeispiele

1. Ein Magnesiumsalz

|  |
| --- |
| a) Schreiben Sie abgestimmte Gleichungen für **A**→**B** und **B**→**C** auf:  |
| ***A****→****B****:* MgC2O4·xH2O → MgC2O4 + x H2O **1bp** |
| ***B****→****C****:* MgC2O4 → MgO + CO2  + CO **1bp** |
| b) Wie groß ist x? Zeigen Sie durch eine Berechnung. |
| mmolmmol 2 **2,5bp** |
| c) Beweisen Sie rechnerisch, welche Gase entstehen.  |
|  6,766 mmol MgC2O4 ergeben 6,766 mmol CO2 und 6,766 mmol CO mg  mgmg ≈ mg **C** q.e.d. **2,5bp** |

2. Eine Legierung

|  |
| --- |
| *d) Welches Metall befindet sich im Rückstand des ersten Lösungsprozesses?* |
| Au**1bp** |
| *e) Schreiben Sie abgestimmte Gleichungen für die Lösungsprozesse der beiden Metalle in der Salpetersäure.* |
| 3 Ag + 4 HNO3 → 3 AgNO3 + 2 H2O + NO (oder Ionengleichung) **1,5bp** |
| 3 Cu + 8 HNO3 → 3 Cu(NO3)2 + 4 H2O + 2 NO (oder Ionengleichung) **1,5bp** |
| *f) Berechnen Sie die Zusammensetzung der Legierung in Massenprozent.*  |
|  *x* mol Ag, *y* mol Cu: **1,5bp** **2bp**  mmol ⇒ mmol **2bp** mg ⇒ 23,2% Ag **0,5bp** mg ⇒ 14,8% Cu **0,5bp** mg ⇒ 62,0% Au **0,5bp** |

3. Erdgas

|  |
| --- |
| *g) Stellen sie für Methan und Ethan abgestimmte Verbrennungsgleichungen auf.*  |
| CH4 + 2 O2 → CO2 + 2 H2O **1bp** |
| C2H6 + 3,5 O2 → 2 CO2 + 3 H2O **1bp** |
| *h) Berechnen Sie die Stoffmengen der beiden Gase in 1,0 m3 Erdgas.* |
|  mol **1bp** 38,344 mol ; mol; **1bp** |
| 1. *Berechnen Sie den Heizwert von Erdgas in MJ/m3 bei 25°C.*
 |
| CH4: kJ **1bp**C2H6: kJ **1bp** 37 MJ/m3 **1bp** |
| j) Berechnen Sie das Mindestvolumen Luft (mit 21%(v/v) O2), das Sie für die vollständige Verbrennung von 1,0 m3 Erdgas verbrauchen (25°C, 1,0 bar). |
| 38,344 mol CH4 benötigen doppelt so viel O2 ⇒ 76,688 mol2,018 mol C2H6 benötigen 3,5 mal so viel O2 ⇒ 7,063 mol mol ⇒ mol **2bp** m3 **1bp** alternativer Rechenweg: m3 für 1 m3 Erdgasm3 |

Problem C 39 bp ≙ 15 rp;

Zement

|  |
| --- |
| *a) Schreiben Sie für Aluminiumhydroxid auf*  |
| *(1) die chemische Formel:* Al(OH)3**0,5bp** *(2) die Kurzformel:* AH3 **1bp** |
| *b) Schreiben Sie die chemische Formel für die Verbindung HS an.*  |
| H2SO4 **0,5bp** |
| *c) Ergänzen Sie zunächst die folgende Gleichung mit Kurzformeln und schreiben Sie sie darunter mit chemischen Formeln an.*  |
|  K + HS → KS + H **1bp**K2O + H2SO4 → K2SO4 + H2O **1bp** |

|  |
| --- |
| *d) Ergänzen Sie in der folgenden Tabelle jeweils die fehlenden Formelarten.*  |
| Name | Kurzformel | Summenformel | zusammengesetzte Formel |
| Alit | C3S | Ca3SiO5 | 3 CaO ⋅ SiO2  |
| Belit | C2S | Ca2SiO4 **1bp** | 2 CaO ⋅ SiO2 **1bp** |
| Aluminat | C3A | Ca3Al2O6 **1bp** | 3 CaO ⋅ Al2O3 **1bp** |
| Ferrit | C4AF **1bp** | Ca4Al2Fe2O10 **1bp** | 4 CaO ⋅ Al2O3 ⋅ Fe2O3  |

|  |
| --- |
| *e) Geben Sie eine abgestimmte Gleichung für das Brennen von Kalkstein an.*  |
| CaCO3 → CaO + CO2 **0,5bp** |
| *f) Berechnen Sie den Feuchtigkeitsgehalt des verwendeten Kalksteins in Massenprozent.* |
| 143,9 g CaO sind 2,566 mol; ebensoviel CO2 wurde frei (2,566 ⋅ 44,01 = 112,93 g) **1,5bp** entsprechend 7,79 % **1,5bp** |
| *g) Berechnen Sie die Molmassen von C2S und C3S.* |
|  *M*(C2S) =172,25 g/mol**1bp** *M*(C3S) = 228,33 g/mol **1bp** |
| *h) Berechnen Sie die Massen von C2S und C3S, aus denen die Produktmischung besteht.* |
| *m*(C2S) = 400,1⋅0,6014 = 240,6 g **0,5bp***m*(C3S) = 400,1 ⋅0,3986 = 159,5 g **0,5bp** |
| *i) Geben Sie den Gesamtgehalt des fertigen Produktes an CaO in %(m/m) an.* |
| 240,6 g C2S sind 1,40 mol, 159,5 g C3S sind 0,70 mol **1bp**daher 2⋅1,40 + 3⋅0,7 = 4,90 mol CaO (274,8 g) **1,5bp**Gehalt CaO = 274,8/400,1 = 0,687 oder 68,7 % **0,5bp** |
| *j) Geben Sie die chemischen Formeln für Gips und Anhydrit an.*  |
| *Gips:* CaSO4 ⋅ 2 H2O**0,5bp** *Anhydrit:* CaSO4 **0,5bp** |
| *k) Geben Sie die Kurzformeln für Gips und Anhydrit an.*  |
| *Gips*: CSH2 **1bp** *Anhydrit*: CS **1bp** |
| *l) Geben Sie abgestimmte Gleichungen für die Hydrolyse (Reaktion mit H2O) von C und A an. Verwenden Sie chemische Formeln.*  |
| *Hydrolyse von C:* CaO + H2O → Ca(OH)2**1bp***Hydrolyse von A:* Al2O3 + 3 H2O → 2 Al(OH)3 **1bp** |
| m) Geben Sie eine abgestimmte Ionengleichung für das Lösen des fraglichen Hydroxids bei hohem pH-Wert an und benennen Sie das entstehende Komplexanion.  |
| Al(OH3) + OH- → [Al(OH)4]-(Tetrahydroxidoaluminat) **1bp** + **1,5bp** |

|  |
| --- |
| *n) Stimmen Sie die Gleichungen ab. Schreiben Sie dabei vor jede Kurzformel einen Koeffizienten, also ggf. auch 1* 2 C3S + 6 H → 1C3S2H3 + 3 CH **2bp** 1 C3A + 6 C3S +41 H → 1 C4AH19 + 1 C3S6H8 + 14 CH **3bp** 1 C4AH19 → 1 C4AH6 + 13 H **1bp** 1 C3A + 3 CH + 3 S + 29 H → 1 C6AS3H32 **2bp** |
| o) Kreuzen Sie bei den angegebenen Kurzformeln an, ob die fragliche Spezies im völlig ausgehärteten, getrockneten Zement zu finden sein sollte:C3S2H3⌧ ja 🞏 nein **1bp**C4AH19🞏 ja ⌧ nein **1bp**C3S🞏 ja ⌧ nein **1bp**H🞏 ja ⌧ nein **1bp** |

Problem D 26 bp ≙ 10 rp;

Physikalische und analytische Chemie rund um Phosphor

1. Phosphorsäure und ihre Salze

|  |
| --- |
| *a) Stellen Sie eine Gleichung für die Protolyse von H3PO4 auf.*  |
|  H3PO4 + H2O ⇄ H3O+ + H2PO4- **1bp** |
| *b) Berechnen Sie den pH-Wert einer 0,050 M H3PO4-Lösung.* |
|  *⇒*  mit erhält man **1,5bp**Lösen der quadratischen Gleichung ergibt *x* = 0,01546 mol/L **1bp** **0,5bp***(Bei der Annahme, dass H3PO4 ganz schwach ist, ergibt sich vereinfacht pH = 1,73, dafür statt 3bp nur* ***1,5bp;*** *Bei der Annahme, dass H3PO4 stark ist, ergibt sich vereinfachtpH = 1,30 dafür statt 3bp nur* ***0,5bp;****)* |
| *c) Stellen Sie eine Gleichung für die Protolyse von PO43- auf.*  |
|  PO43- + H2O ⇄ HPO42- + OH- **1bp** |
| *d) Berechnen pH-Wert einer 0,100 M Na3PO4-Lösung.* |
|  **1bp** ⇒ mit erhält man **1,5bp**Lösen der quadratischen Gleichung ergibt *y* = 3,58·10-2 mol/L **1bp** **1bp** *(Bei der Annahme, dass PO43- ganz schwach ist, ergibt sich vereinfacht pH = 12,65, dafür statt 4,5 nur* ***3,5bp;*** *Bei der Annahme, dass PO43- stark ist, ergibt sich vereinfacht pH = 13,0 dafür statt 4,5 nur* ***2,5bp;****)* |
| *e) Berechnen Sie den pH-Wert einer Mischung von 13,6 g KH2PO4 und 17,4 g K2HPO4 in 100 mL Lösung.* |
|  mol (in 100 mL) **1bp** mol (in 100 mL) **1bp** **1bp** |
| *f) Berechnen Sie den pH-Wert der Lösung von e), nachdem Sie 10 mL einer 1,0 M HCl zugegeben haben.* |
|  mmol **0,5bp** **2bp** |

2. Eine sehr reaktive Phosphor-Verbindung

|  |
| --- |
| *g) Skizzieren Sie die räumliche Struktur von PCl5* |
|  **3bp** |
| h) Welche Formel könnte die Schmelze haben, mit der die Leitfähigkeit erklärt wird? |
| (PCl4)+(PCl6)- **2bp** |
| i) Schreiben Sie eine abgestimmte Gleichung für die Zersetzung von PCl5 auf.Geben Sie dabei die Aggregatzustände der beteiligten Stoffe durch Indices an. |
| PCl5(g) ⇄ PCl3(g) + Cl2(g) **1,5bp** |
| j) Berechnen Sie die Temperatur, bei der die Zersetzung stattfindet. |
|  K *T* = 269°C **4,5bp** |

Problem E 15,5 bp ≙ 6 rp;

Organische Chemie - Die Synthese von Papaverin

|  |
| --- |
| a) Zeichnen Sie Strukturformeln (Konstitutionsformeln) der Verbindungen **A, B** und **C**. |
| *A* **2bp** | *B* **2bp** | *C* **2bp** |
| b) Was müsste man statt der beiden Fragezeichen als Reaktionstypen unter die Pfeile schreiben? |
| SN (Nucleophile Substitution) **1,5bp** |
| c) Berechnen Sie die Summenformel von **E**. |
| C: 66,3/12,01 = 5,520; H: 8,3/1,01 = 8,218; N: 7,7/14,01 = 0,5496; O: 17,7/16 = 1,044; Alle Quotienten durch 0, 5496 ⇒ **C10H15NO2 1,5bp** |
| d) Zeichnen Sie die Konstitutionsformeln von **E,** **F** und **H**. |
| *E***1,5bp** | *F***2bp** | *H***2bp** |
| *e) Kreuzen Sie die richtige Antwort an.* |
|  | ***H*** *ist ein Ester.* |
|  | ***H*** *ist ein sekundäres Amin.* |
| X | ***H*** *ist ein Säureamid*. **1bp** |
|  | ***H*** *ist ein Peptid.* |

Problem F 31,5 bp ≙ 12 rp;

 **Strukturermittlung**

**1. Strukturaufklärung von kleinen Ringen**

|  |
| --- |
| a) Zeichnen Sie die Strukturformeln (Konstitution) der 8 Verbindungen. (Tipp: Ordnen Sie die Strukturen nach der Größe des enthaltenen Ringes). b) Markieren Sie allfällige chirale Zentren mit einem Stern. |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

 Für jede richtige Struktur **bp**, für jeden richtigen Stern **1bp** ⇒ **11bp**

|  |
| --- |
| c) Ordnen Sie auf Grund dieser Ergebnisse den Flaschen **A, B, C** und **D** die entsprechenden Verbindungen zu und schreiben Sie die Konstitutionsformeln der jeweiligen Produkte **E, F, G** und **H** und die Ausgangsstoffe in die entsprechenden Kästchen.  |
| ***A*** | ***B*** | ***C*** | ***D*** |
| ***E*** | ***F*** | ***G*** | ***H*** |

 Für jede richtige Struktur **1bp** ⇒ **8bp**

|  |
| --- |
| d) Zeichnen Sie die Konfigurationsformeln der Verbindung **A** und der Verbindung **E** jeweils in der R-Konfiguration auf und geben Sie deren IUPAC-Namen an. |
| *Konfigurationsformel von A:* bzw. | *Name von A:*(*R* )-3-Methylcyclobuten |
| *Konfigurationsformel von E:* | *Name von E:*(*R* )-2-Methylbutandisäure |

Für jede richtige Struktur **1bp**, für jeden richtigen Namen **1bp** ⇒ **4bp**

Für jeden richtigen Namen ohne Stereodescriptor **0,5bp**

2. Strukturaufklärung mit NMR-Spektroskopie

|  |
| --- |
| *e) Berechnen Sie die Summenformel der isomeren Produkte.* |
|  C: 80,6/12,01 = 6,71; H: 7,5/1,01 = 7,426; O: 11,9/16 = 0,83;Alle Quotienten durch 0,83 ⇒ **C9H10O1,5bp** |
| *f) Schreiben sie die Formel von X auf:* H2O **1bp** |

|  |
| --- |
| *g) Zeichnen Sie die Konstitutionsformeln von* ***A,******B*** *und* ***C****.* |
| ***A*** | ***B*** | ***C*** |

Für jede richtige Struktur **2bp** ⇒ **6bp**