Problem A 19 bp ≙ 8 rp; $f=\frac{8}{19}$

**Für fehlende od. falsche Einheiten bei Endresultaten sind jeweils 0,5 bp abzuziehen.**

Multiple Choice

ohne Rechnungen

a) Natriumacetat **1bp** b) 8O **1bp** c) NaHCO3 **1bp**



d) **2bp** e) 3 **3bp**

mit Rechnungen

f) 200 cm3 **2bp** g) 149,2 **2bp** h) Mangan **2bp**

i) -293 **2bp** j) 1,13 **3bp**

Problem B 17 bp ≙ 7 rp $f=\frac{7}{17}$

Drei „kleine“ Rechenbeispiele

B.1. Eine großtechnische Synthese

|  |
| --- |
| *a) Schreiben Sie abgestimmte Gleichungen für das Rösten, die Reduktion, die Weiter-Oxidation zu Schwefeltrioxid, die Bildung der Dischwefelsäure und der Schwefelsäure auf.*  |
| 2 PbS + 3 O2  → 2 PbO + 2 SO2 **1bp** |
| PbO + C → Pb + CO oder 2 PbO + C → 2 Pb + CO2 **0,5bp** |
| 2 SO2 + O2 → 2 SO3 **0,5bp** |
| H2SO4 + SO3 → H2S2O7 **1bp** |
| H2S2O7 + H2O → 2 H2SO4 **1bp** |

|  |
| --- |
| *b) Berechnen Sie die Masse an PbS, die man benötigt um 1,00 t H2SO4 herzustellen, wenn die Gesamtausbeute über alle Syntheseschritte 92% beträgt.* |
| 1 mol PbS ergibt 1 mol H2SO4 ...... 1,00 t H2SO4: $n=\frac{1,00 ∙10^{3}kg}{98,09 kg∙kmol^{-1}}=10,19472$ kmol ⇒ 10,19472 kmol PbS bei 100% Umsatz; **1bp**92% Umsatz: $n\left(PbS\right)=10,19472 kmol∙\frac{1}{0,92}=11,08122$ kmol **1bp**$m\left(PbS\right)=n\left(PbS\right)∙M\left(PbS\right)=11,08122 kmol∙239,27 kg∙kmol^{-1}$ $m\left(PbS\right)=2651,40 kg≅2,65 $t **1bp** |

B.2. Ein Kohlenwasserstoff

|  |
| --- |
| c) Um welchen Aromaten handelt es sich? Zeigen Sie durch eine Berechnung. |
| $p∙V=n∙R∙T und n=\frac{m}{M}$ ⇒ $p∙V=\frac{m}{M}∙R∙T $ ⇒ $M=\frac{m∙R∙T}{p∙V}$$M=\frac{1,00 g∙8,314 ∙Pa∙m^{3}∙mol^{-1}∙K^{-1}∙473,15 K}{92000 Pa∙4,65∙10^{-4}∙m^{3}}≅92$ g·mol-1 **2,5bp**Es handelt sich um einen substituierten Aromat: $M\left(C\_{6}H\_{5}\right)≅77$ g·mol-1⇒ $∆M=92-77=15$ g·mol-1 ⇒ Rest: CH3Aromat ist Toluen: **1,5bp** |

B.3. Eine Legierung

|  |
| --- |
| d) Berechnen Sie die Zusammensetzung der Legierung in Massenprozent. |
| $n\left(H\_{2}\right)=\frac{99000∙Pa∙1352∙10^{-6}∙m^{3} }{295,15∙K∙8,314∙Pa∙m^{3}∙mol^{-1}∙K^{-1}}=5,45455∙10^{-2} mol≅5,45∙10^{-2} mol$ **1bp**$a=n\left(Al\right); $$b=n\left(Mg\right);$Ansatz zwei Gl: $1,5∙a+b=n\left(H\_{2}\right)=5,45455∙10^{-2}$$26,98∙a+24,31∙b=1$ **2,5bp** *Ausrechnen*$b=5,45455∙10^{-2}-1,5∙a$ $26,98∙a+24,31∙(5,45455∙10^{-2}-1,5∙a)=1$ $26,98∙a+1,326-36,456∙a=1$ ⇒ $0,326=9,485∙a$$a=3,437∙10^{-2}$ mol Al ⇒ 0,9273 g Al ⇒ 92,7% Al$b=2,990∙10^{-3}$ mol Mg ⇒ 0,0727 g Mg ⇒ 7,3% Al **2,5bp** |

Problem C 29 bp ≙ 12 rp $f=\frac{12}{29}$

Stickstoffoxide und wie man sie los wird

|  |
| --- |
| *a) Schreiben Sie die Formeln der fünf genannten N-O-Verbindungen auf, wenn möglich* ***in der Reihenfolge steigender Oxidationszahlen*** *des Stickstoffs.* |
| N2O, NO, N2O3, NO2, N2O5  **je richtiger Formel 0,5bp ⇒ 2,5bp, richtige Reihenfolge 1,5bp** |

|  |
| --- |
| *b) Kreuzen Sie für jede Formel an, ob sie eine nach den Regeln für Lewis-Formeln korrekt oder nicht korrekt gezeichnet ist.* |
| **je 1bp ⇒ 4bp** |
| *c) Berechnen Sie die Molmasse M dieser Verbindung.* |
| $M= \frac{3,038 g}{0,0245 mol}=$ $124 g∙mol^{-1}$ **1bp** |
| *d) Berechnen Sie w (ganzzahlig), wenn v = 2 ist.* |
| $124∙g∙mol^{-1}-2⋅14∙g∙mol^{-1}=96;\frac{96∙g∙mol^{-1}}{16∙g∙mol^{-1}}=6$ *w = 6* **1,5bp** |
| *e) Vervollständigen Sie die Gleichungen (Formeln und korrekte Koeffizienten, auch „1“), die die oben genannten Vorgänge beschreiben.* |
| 1 N2 + 1 O2 → 2 NO **0,5bp**2 NO + 1 O2 → 2 NO2 **0,5bp** |
| *f) Kreuzen Sie die zutreffende Aussage an.* |
| *O Nitrose Gase entstehen ausschließlich bei der Verbrennung von stickstoffhaltigen Verbindungen***X** *Nitrose Gase können bei der Verbrennung von Kohlenwasserstoffen entstehen.* **0,5bp** |
| *g) Berechnen Sie die Stoffmenge CH4, die zu 1,00 m3 dieses Abgases zugesetzt werden muss, um gemäß den Gl. 1 und 3 das vorhandene NO zur Gänze in N2 umzuwandeln. Gehen Sie für beide Gleichungen von vollständigem Umsatz aus.* |
| $n∝V ⇒ \%({n}/{n)=\%({V}/{V}}$)Für 1 m3: $n\left(NO\right)=\frac{101325∙Pa∙1∙m^{3}∙0,0167}{650∙K∙8,314Pa∙m^{3}∙mol^{-1}∙K^{-1}}=0,31312 mol$ $n\left(O\_{2}\right)=\frac{101325∙Pa∙1∙m^{3}∙0,00583}{650∙K∙8,314∙Pa∙m^{3}∙mol^{-1}∙K^{-1}}=0,10931 mol$ **1bp**$n\left(CH\_{4}\right)=\frac{n\left(NO\right)}{4}+\frac{n\left(O\_{2}\right)}{2}=$ $0,133$ mol **2b**  |
| *h) Schreiben Sie für die drei Reaktionsgleichungen die Ausgangsstoffe auf* |
| A NH3, NO, O2 B NH3, NO2, O2 C NH3, NO, NO2 **je Reaktion mit 3 richtigen Stoffen 1bp ⇒ 3bp** |
| *i) Geben Sie abgestimmte Reaktionsgleichungen für A, B und C mit den kleinstmöglichen ganzzahligen Koeffizienten. Schreiben Sie allenfalls auch „1“ auf.* |
| A 4 NH3 + 4 NO + 1 O2 → 4 N2 + 6 H2O oder 4 NH3 + 2 NO + 2 O2 → 3 N2 + 6 H2O **2bp** |
| B 4 NH3 + 2 NO2 + 1 O2 → 3 N2 + 6 H2O **2bp** |
| C 2 NH3 + 1 NO + 1 NO2 → 2 N2 + 3 H2O **2bp** |

|  |
| --- |
| *j) Geben Sie die abgestimmte Gleichung für die Harnstoffhydrolyse an.* |
| (NH2)2CO + H2O → 2 NH3 + CO2 **1bp** |

|  |
| --- |
| *k) Kreuzen Sie für jeden der Koeffizienten den richtigen Ausdruck an.* |
| a | O $x$ | O $\frac{y-z}{2}$ | O $y$ | **X** $\frac{1}{2}\left(2x+\frac{y-z}{2}-2\right)$ | O $\frac{y+z}{2}-2$ | O $z$ **1,5bp** |
| b | **X** $x$ | O $\frac{y-z}{2}$ | O $y$ | O $\frac{1}{2}\left(2x+\frac{y-z}{2}-2\right)$ | O $\frac{y+z}{2}-2$ | O $z$ **0,5bp** |
| c | O $x$ | **X** $\frac{y-z}{2}$ | O $y$ | O $\frac{1}{2}\left(2x+\frac{y-z}{2}-2\right)$ | O $\frac{y+z}{2}-2$ | O $z$ **1bp** |
| d | O $x$ | O $\frac{y-z}{2}$ | O $y$ | O $\frac{1}{2}\left(2x+\frac{y-z}{2}-2\right)$ | O $\frac{y+z}{2}-$2 | **X** $z$ **0,5bp** |

|  |
| --- |
| *l) Dieser negative Koeffizient bedeutet… (kreuzen Sie richtig an)* |
| O … dass man einen Fehler beim Aufstellen der Gleichung gemacht hat.**X** … dass Wasser in diesem Fall ein Ausgangsstoff ist. **0,5bp**O … dass man die mathematischen Ausdrücke aus Frage k*)* nicht verwenden kann.O … dass es sich dabei um Antimaterie handelt. **0 bp, wenn mehrere angekreuzt** |

Problem D 31 bp ≙ 13 rp $f=\frac{13}{\begin{array}{c}31\\\end{array}}$

Physikalische Chemie

D.1. Gleichgewicht und Thermochemie

|  |
| --- |
| *a) Stellen Sie eine abgestimmte Gleichung für die Wassergasbildung auf. Indizieren Sie bei allen Stoffen den Aggregatzustand.* |
| C(s) + H2O(g) ⇄ CO(g) + H2(g) **1bp (-0,5bp bei fehlender Indizierung)** |
| *b) Schreiben Sie einen Ausdruck für KP des heterogenen Wassergasgleichgewichtes auf. Bedenken Sie, dass in einem heterogenen Gasgleichgewicht Festkörper keine Variable für KP sind.* |
| $K\_{P}=\frac{p(CO)∙p(H\_{2})}{p(H\_{2}O)}$**1bp** |

|  |
| --- |
| *c) Berechnen Sie aus den kalorischen Daten KP bei 298,15 K und bei 700°C. Nehmen Sie dabei an, dass die Standard-Reaktionsenthalpie und die Standard-Reaktionsentropie nicht T-abhängig sind.* |
| $∆\_{R}H\_{T}^{⦵}=-110,5∙kJ∙mol^{-1}-\left(-241,8∙kJ∙mol^{-1}\right)=131,3∙kJ∙mol^{-1}$**1bp**$∆\_{R}S\_{T}^{⦵}=\left(131+198-189-5,7\right)∙J∙mol^{-1}∙K^{-1}=134,3∙J∙mol^{-1}∙K^{-1}$**1bp**$∆\_{R}G\_{298}^{⦵}=131,3∙kJ∙mol^{-1}-298,15∙K∙0,1343∙kJ∙mol^{-1}∙K^{-1}≅91,3∙kJ∙mol^{-1}$**1bp**$K\_{P}=e^{-^{91258∙J∙mol^{-1}}/\_{8,314J∙mol^{-1}∙K^{-1}∙298,15∙K}}=$$1,027∙10^{-16}$**1bp**$∆\_{R}G\_{298}^{⦵}=131,3∙kJ∙mol^{-1}-973,15∙K∙0,1343∙kJ∙mol^{-1}∙K^{-1}≅0,606∙kJ∙mol^{-1}$**1bp**$K\_{P}=e^{-^{605,95∙J∙mol^{-1}}/\_{8,314J∙mol^{-1}∙K^{-1}∙973,15∙K}}=$0,92$78$**1bp** |
| *298,15 K: KP =* $1,027∙10^{-16}$ | *700°C: KP =* 0,92$78$ |

|  |
| --- |
| *d) Berechnen Sie die Partialdrücke aller Gase im Wassergasgleichgewicht bei 700°C, wenn der Gesamtdruck 1,0 bar beträgt. Verwenden Sie dazu die vorbereitete Bilanztabelle.Sollten Sie bei c) keinen Wert für KP erhalten haben, dann rechnen Sie mit KP = 1,50.* |
|

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *H2O(g)* | *H2(g)* | *CO(g)* |  |
| $n$ *(vorher) in mol* | ***1*** | *0* | *0* |  |
| $∆n$ *in mol* | *-x* | *+x* | *+x* |  |
| $n$ *(Gleichgewicht)**in mol* | *1-x* | *x* | *x* | $Σn\_{Gl}=$ *1+x* |
| ${n\_{Gl}}/{Σn\_{Gl}}$ | $$\frac{1-x}{1+x}$$ | $$\frac{x}{1+x}$$ | $$\frac{x}{1+x}$$ |  |
| $p\_{Gl}$ *in bar* | $$\frac{1-x}{1+x}$$ | $$\frac{x}{1+x}$$ | $$\frac{x}{1+x}$$ |  |

 **Für jedes richtig ausgefüllte Tabellenfeld 0,5bp ⇒ 7,5bp**$K\_{P}=\frac{x^{2}∙(1+x)}{\left(1+x\right)∙\left(1+x\right)∙\left(1-x\right)}=\frac{x^{2}}{1-x^{2}}$⇒ $0,9278∙\left(1-x^{2}\right)=x^{2}$ ⇒ $0,9278=1,9278∙x^{2}$$x=\sqrt{\frac{0,9278}{1,9278}}=0,69374$ mol **3bp**$p\left(H\_{2}\right)=p\left(CO\right)=\frac{0,69374}{1+0,69374}=$ $0,41$ bar$p\left(H\_{2}O\right)=\frac{1-0,69374}{1+0,69374}=$ $0,18$ bar **1bp**Resultate für $K\_{P}=1,50$: $x=0,775$ mol; $p\left(H\_{2}\right)=p\left(CO\right)=0,437$ bar; $p\left(H\_{2}O\right)=0,127$ bar; |

**D.2. Gleichgewichte in gesättigten Lösungen**

|  |
| --- |
| *a) Stellen Sie eine Gleichung für den Lösungsvorgang von PbX2 auf. Indizieren Sie den jeweiligen Zustand der Spezies mit (s) oder (aq).* |
| PbX2(s) ⇄ Pb2+(aq) + 2 X-(aq) **1bp (-0,5bp bei fehlender Indizierung)** |

|  |
| --- |
| *b) Schreiben Sie einen Ausdruck für das Löslichkeitsprodukt von PbX2 auf.* |
| $K\_{L}=\left[Pb^{2+}\right]∙\left[X^{-}\right]^{2}$**1bp** |

|  |
| --- |
| *c) Leiten Sie eine allgemeine Beziehung zwischen der Löslichkeit* ***s*** *und dem Löslichkeitsprodukt KL von PbX2 her.* |
| Gelöstes PbX2 = $s=\left[Pb^{2+}\right]$$\left[Pb^{2+}\right]=s$⇒$\left[X^{-}\right]=2∙s$⇒$K\_{L}=4∙s^{3}$⇒$s=\sqrt[3]{\frac{K\_{L}}{4}}$**2bp** |

|  |
| --- |
| *d) Berechnen Sie die fehlenden Zahlenwerte in der Tabelle und tragen Sie diese dort ein.* |
| $n\left(PbX\_{2}\right)=n(Pb^{2+})$ ⇒ $s(PbF\_{2})=\frac{s\*(PbF\_{2})}{M(PbF\_{2})}=\frac{0,495∙g∙L^{-1}}{245,2∙g∙mol^{-1}}=$ $2,02·10^{-3}$ mol·L-1; $K\_{L}=4∙\left(2,02·10^{-3}\right)^{3}=$ $3,29·10^{-8}$$s^{\*}(PbCl\_{2})=s(PbCl\_{2})∙M(PbCl\_{2})=278,1∙g∙mol^{-1}∙1,60·10^{-2}∙mol·L^{-1}=$ $4,45$ g; $K\_{L}=4∙\left(1,60·10^{-2}\right)^{3}=$$1,64·10^{-5}$$s\left(PbBr\_{2}\right)=\sqrt[3]{\frac{7,5∙10^{-6}}{4}}=$ $1,23∙10^{-2} mol∙L^{-1}$ ;$s^{\*}(PbBr\_{2})=s(PbBr)∙M(PbBr\_{2})=367,0∙g∙mol^{-1}∙1,23·10^{-2}∙mol·L^{-1}=$ $4,53$ g;  |
| Daten bei 25°C | PbF2 | PbCl2 | PbBr2 |
| ***s* \*** in g PbX2/L in H2O | 0,495 | 4,45 **1bp** | 4,53 **1bp** |
| ***s***  in mol PbX2/L in H2O | 2,02·10-3 **1bp** | 1,60·10-2 | 1,23·10-2 **1bp** |
| Löslichkeitsprodukt $K\_{L}$  | 3,29·10-8 **1bp** | 1,64·10-5 **1bp** | 7,50·10-6 |
| *d) Berechnen Sie die Löslichkeit von PbI2 in einer Lösung, die bereits 0,50 mol·L-1 KI enthält.*$K\_{L}\left(PbI\_{2}\right)=7,50∙10^{-9}$  |
| $K\_{L}=\left[Pb^{2+}\right]∙\left[I^{-}\right]^{2}≅s∙0,5^{2}$ da $\left[I^{-}\right]=2s\ll 0,5$$s=\frac{K\_{L}}{0,5^{2}}=\frac{7,50∙10^{-9}}{0,25}=3,00∙10^{-8}$ mol·L-1 **1,5bp****(ohne Näherung…. s(0,5\*2s)^2)** |

Problem E 47 bp ≙ 20 rp $f=\frac{20}{47}$

Drei organische Aufgaben

E.1. Chemische Strukturermittlung

1. *Zeichnen Sie für die Summenformel C6H12* *alle möglichen acyclischen Konstitutions-formeln, die* ***eine*** *Verzweigung in der längsten Kette aufweisen, in die kleineren Kästchen. Es gibt davon 7 Stück (wenn man Stereoisomere nicht mitzählt).*
2. *Bestimmen Sie, welche der Strukturen Stereoisomerie zeigen, indem Sie in das Kästchen mit der entsprechenden Struktur passend entweder „Diastereomerie“ oder „Enantiomerie“ schreiben.*
3. *Markieren Sie in den Strukturformeln chirale Zentren mit einem* ***\*****.*
4. *Kreisen Sie die Konstitutionsformel von* ***A*** *im Kästchen ein.*
5. *Zeigen Sie die Berechnung der Molmasse der erwähnten Säure und die Strukturformel des Produktes, das mit 2,4-Dinitrophenylhydrazin reagiert im breiten Kästchen.*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | \*Enantiomerie |  |
|  | Diastereomerie | Diastereomerie |
|  | $M\left(Säure\right)=\frac{m\left(Säure\right)}{10∙c\left(NaOH\right)∙V\left(NaOH\right)}=$$=\frac{1,814∙g}{10∙0,104∙mol∙L^{-1}∙0,0236∙L}≈74$ g·mol-1 ⇒ Propansäure **1,5bp** 2. Produkt:  0**,5bp** |

**Für**

**… jede richtige Struktur** in den kleinen Kästchen **(Reihenfolge egal): 1bp ⇒ 7bp**

**… richtiges Einkreisen von A: 3bp**

**… jeden richtigen \*: 0,5bp ⇒ 0,5bp**

**… jede richtige Isomerieart: 0,5bp ⇒ 1,5bp**

E.2. Synthese von Oxybuprocain

|  |
| --- |
| a) Das Molekül Oxybuprocain enthält (kreuzen Sie die richtige(n) Feststellung(en) links an): Achtung: falsches Ankreuzen führt innerhalb von a) zu Abzügen, bloßes Raten ist daher nicht zu empfehlen!): |
|  | *eine Keto-Gruppe* | **X** | *eine primäre Amino-Gruppe* |
|  | *eine sekundäre Amino-Gruppe* | **X** | *eine Ester-Gruppe* |
| **X** | *eine tertiäre Amino-Gruppe* |  | *eine Amid-Gruppe* |
|  | *eine Säure-Gruppe* | **X** | *eine Ether-Gruppe* |

**Für jedes richtige Ankreuzen 0,5bp;
für jedes falsche Ankreuzen -0,5bp; keine Negativpunkte für Teil a) ⇒ 2bp**

|  |
| --- |
| *b) Das Hydrochlorid bildet sich an (kreuzen Sie* ***die*** *richtige Antwort an):* |
|  | *der aromatischen NH2-Gruppe* |
| **X** | *der N(C2H5)2-Gruppe* **1bp** |
|  | *der COO-Gruppe* |
|  | *dem O am Aromaten* |

|  |
| --- |
| *c) Berechnen Sie die Summenformel von* ***B****:* |
| C:H:N:O = $\frac{50,3}{12}:\frac{3}{1}:\frac{8,4}{14}:\frac{38,3}{16}=4,19:3:0.6:2,39$ dividieren durch 0,6 liefertC7H5NO4 **1,5bp** |
| *Schreiben Sie die Antworten in die Kästchen rechts neben den Fragen:* |
| *d) Durch welche Art Reaktion gelangt man von* ***K*** *zum gewünschten Oxybuprocain?* | Reduktion **1bp** |
| *e) Nach welchem Reaktionsmechanismus verläuft die Reaktion von* ***D*** *nach* ***E****?* | Elektrophile Substitution **1bp** |

|  |
| --- |
| f) Zeichnen Sie Strukturformeln der Verbindungen **B, C, E, F, G, H** und **K.** |
| ***B:***  | ***C:*** | ***E:*** | ***F:*** |
| ***G:*** | ***H:***  | ***K:*** |

**Für jede richtige Struktur 1,5bp ⇒ 10,5bp;**

**bei B 0,5bp wenn o oder p substituiert**

|  |
| --- |
| *g)* ***J*** *kann in zwei Schritten aus je 1 mol Ethandiol, HCl und Diethylamin hergestellt werden. Schreiben Sie das entsprechende Reaktionsschema (beide Schritte) auf.* |
| **2bp** |

E.3. Spektroskopische Strukturermittlung

*a) Schreiben sie die Nummer der jeweiligen Struktur auf die punktierte Linie.*

 Spektrum **A**, gehört zu Struktur **3 2bp**

 Spektrum **B**, gehört zu Struktur **4 2bp**

 Spektrum **C**, gehört zu Struktur **1 2bp**

 Spektrum **D**, gehört zu Struktur **5 2bp**

 Spektrum **E**, gehört zu Struktur **2 2bp**

*b) Bei Spektrum F zeichnen Sie die Strukturformel in das Kästchen des Spektrums und ordnen mit Hilfe von Pfeilen die Peaks den Protonen zu.*

 Spektrum **F**, gehört zu Struktur **6 2bp**





 **Für jede richtige Zuordnung 0,5bp ⇒ 2bp
(Aromaten-H müssen nicht getrennt zugewiesen werden)**