Prüfungsklausur Allgemeine und Anorganische Chemie 2006
BSYS

1. Hydrazin, N_2H_4, reagiert mit Bromat BrO_3^-, in saurer Lösung zu N_2 und Br^-.
a) Formulieren sie die Redoxgleichung!

$$N_2H_4 + BrO_3^- \rightarrow N_2 + Br^-$$

Oxidation: $N_2H_4 + 4e^- \rightarrow N_2$ |*3
Reduktion: $BrO_3^- \rightarrow Br^- + 6e^-$ |*2

$$3N_2H_4 + 2BrO_3 \rightarrow 3N_2 + 2Br^- + 6H_2O$$

b) 0,132 g einer wässrigen Hydrazinlösung erfordern 38,3 ml einer Bromatlösung,$c(BrO_3) = 0{,}0172\,\frac{mol}{l}$, zur vollständigen Reaktion. Wie viel Massenprozent N_2H_4 enthält die Hydrazinlösung? $\left(M_{Hydrazin} = 32{,}0\,\frac{g}{mol}\right)$

geg:
-0,132g Hydrazinlösung = $m(N_2H_4)$
-38,3 ml BrO_3
-$c(BrO_3) = 0{,}0172\,\frac{mol}{l}$

ges:
N_2H_4,mit $M(N_2H_4) = 32{,}0\,\frac{g}{mol}$

Lösung:

$$c = \frac{n}{V} \Rightarrow n = c * V$$
$$n = 38{,}3 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}0172 = 0{,}65876 \cdot 10^{-3} mol$$

$$\frac{3}{2} = \frac{x}{n}(0{,}65876 \cdot 10^{-3} mol) \Rightarrow x = 0{,}98805 \cdot 10^{-3} mol$$

$$x = n(N_2H_4)$$

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow m = n \cdot M$$

$$m = 0{,}032g \Rightarrow \approx 24\%$$

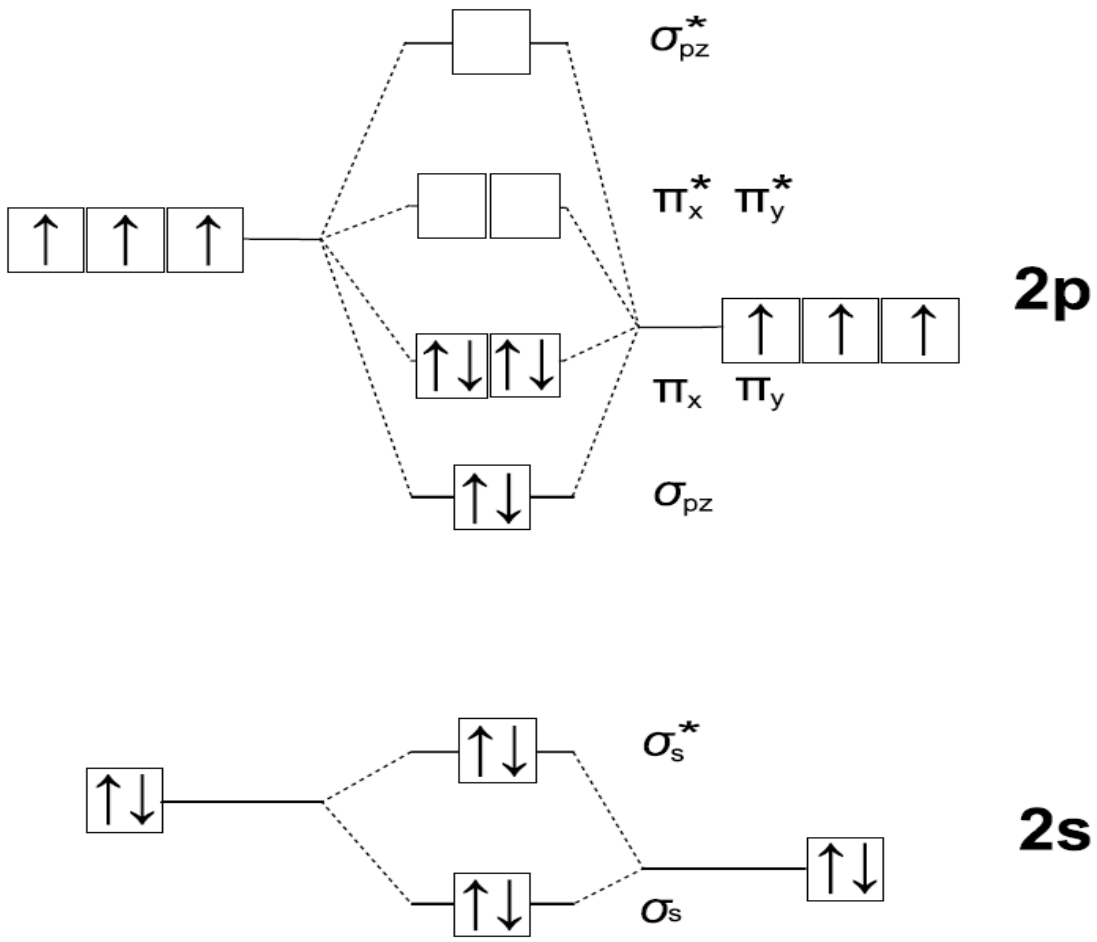
2. Bei 25℃ lösen sich $1{,}7 \cdot 10^{-5} \frac{mol}{l} Cd(OH)_2$. Wie groß ist das Lösligkeitsprodukt?

$1{,}7 \cdot 10^{-5} \frac{mol}{l} Cd(OH)_2$

$c(Cd(OH)_2) = 1{,}7 \cdot 10^{-5} \frac{mol}{l} = n(Cd(OH)_2)$ „1 Liter“

$K_c = n(Cd) \cdot n^2(OH)_2 = n^3(Cd(OH)_2) = 4{,}193 \cdot 10^{-15} \frac{mol^3}{l^3}$

3. Zeichnen Sie das Molekülorbitalschema des Nitrosyl-Ions NO^+! Welche Bindungsordnung liegt in diesem Molekül vor? Beschriftung!!!



4. $0{,}074\ mol\ PCl_5$ (gasförmig) wurden in ein Gefäß mit einem Volumen von 1 Liter eingebracht. Nachdem sich bei einer bestimmten Temperatur das Gleichgewicht
$PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$
eingestellt hat, ist $c(PCl_3) = 0{,}050\frac{mol}{l}$

a) Wie groß sind die Gleichgewichtskonzentrationen von Cl_2 und PCl_5?

	PCl_5	$\rightleftharpoons$	PCl_3	$+$	Cl_2
Vor dem einstellen des Gleichgewichts	$0{,}074\frac{mol}{l}$		0		0
Im Gleichgewicht	x		$0{,}050\frac{mol}{l}$		$0{,}050\frac{mol}{l}$

$$x = 0{,}074\frac{mol}{l} - 0{,}050\frac{mol}{l} = 0{,}024\frac{mol}{l}$$

b) Wie groß ist K_c?

$$K_c = \frac{0{,}050^2}{0{,}024} = 0{,}104167$$

5. Zu 100 ml einer Salpetrigen Säure, $c(HNO_2) = 0{,}035\frac{mol}{l}$, werden $0{,}010\ mol$ Natriumnitrit $(NaNO_2)$ gegeben; die Lösung hat ein Volumen von 100 ml. Welchen pH-Wert hat die Puffer-Lösung? $K_s(HNO_2) = 4{,}5 \cdot 10^{-4}\frac{mol}{l}$

$c(NaNO_2) = 0{,}010 mol/0{,}1 l$

$$pH = pKs + \lg\frac{c(Salz)}{c(Säure)} = -\lg\big(K_s(HNO_2)\big) + \lg\left(\frac{c(NaNO_2)}{c(HNO_2)}\right) = 3{,}3467 + \lg\left(\frac{0{,}1}{0{,}035}\right) = 3{,}803$$

6. Beschreiben Sie mit Reaktionsgleichungen das Kontaktverfahren zur Herstellung von Schwefelsäure ausgehend von Schwefel als Aufgangsstoff! Welcher Katalysator wird verwendet, wie wirkt dieser (Reaktionsgleichung), bei welcher Temperatur wird der Prozess durchgeführt?

Das Kontaktverfahren ist ein technisches Verfahren zur Herstellung von Schwefelsäure mittels eines festen Katalysators (z.B. Vanadiumpentoxid auf Siliciumdioxid). Es wurde großtechnisch angewendet, heute ist man aber auf das Doppelkontaktverfahren umgestiegen, da es rentabler und umweltfreundlicher ist. Früher fanden außerdem das Bleikammerverfahren und das Vitriolverfahren Anwendung.

Reaktionsschritte

Zuerst wird Schwefeldioxid hergestellt, z. B. indem elementarer Schwefel verbrannt wird.

$$S(s) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g)$$

Das entstandene Schwefeldioxid wird mit Sauerstoff in einer Gleichgewichtsreaktion mit einem Platin oder Vanadium Katalysator (auf Kieselgel SiO_2) zu Schwefeltrioxid umgesetzt.

$$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$$

Das erhaltene Schwefeltrioxid reagiert mit Wasser zu Schwefelsäure.

$$SO_3(g) + H_2O(l) \rightarrow H_2SO_4(l)$$

Wegen der besseren Löslichkeit von SO_3 in H_2SO_4 gegenüber Wasser wird es bevorzugt in Schwefelsäure gelöst. Es entsteht Dischwefelsäure (auch Rauchende Schwefelsäure oder Oleum genannt)

$$SO_3(g) + H_2SO_4(l) \rightarrow H_2S_2O_7(l)$$

Diese kann anschließend mit Wasser versetzt werden, um die doppelte Menge der eingesetzten Schwefelsäure zu erhalten.

$$H_2S_2O_7(l) + H_2O(l) \rightarrow 2H_2SO_4(l)$$

Katalyse

Der wesentliche Reaktionsschritt ist die Oxidation von Schwefeldioxid mit Luftsauerstoff zu Schwefeltrioxid unter Zuhilfenahme von Vanadiumpentoxid als heterogenem Katalysator. Die sauerstoffübertragende Funktion der Vanadium-Verbindungen kann dabei über

$$2V_2O_5(s) + 2SO_2(g) \rightarrow 2V_2O_5(s) + 2SO_3(g)$$

beschrieben werden. Vanadium(IV)-oxid wird zurückgebildet zum Vanadium(V)-oxid: $2V_2O_4(s) + O_2 \rightarrow 2V_2O_5(s)$, so dass die Netto-Gleichung $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ lautet.

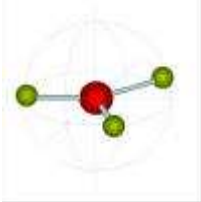
Dieses Schwefeltrioxid wird in Schwefelsäure eingeleitet und es entsteht $H_2S_2O_7$, mit Wasser reagiert dieses weiter zu Schwefelsäure.

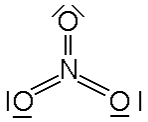
Reaktionsbedingungen

Wichtig ist bei der Reaktion des Schwefeldioxids mit Sauerstoff zum Schwefeltrioxid, dass die Temperatur einen Bereich von 400-700℃ nicht üb erschreitet, da sonst die Rückreaktion nach dem Le Chatelier Prinzip bevorzugt wird (Wie oben beschrieben ist die Reaktion exotherm).

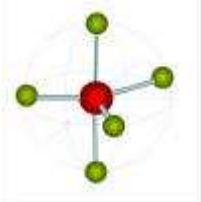
7. Schreiben sie die Lewisformel (Valenzstrichformeln) folgender Moleküle bzw. Ionen! Welche Molekülgeometrie haben diese Moleküle bzw. Ionen bei Anwendung des VSEPR-Modells?

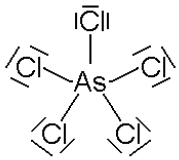
a) Nitrat-Anion
NO_3^-
AB3 trigonal planar



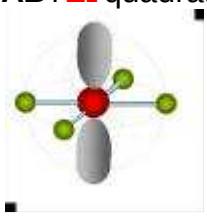


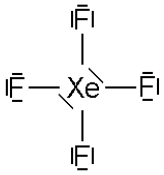
b) Arsenpentachlorid
$AsCl_5$
AB5 trigonal bipyramidal



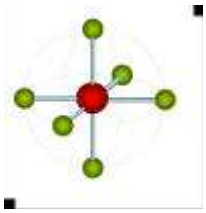


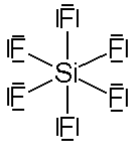
c) Xenontetrafluorid
XeF_4
AB4 E2 quadratisch planar



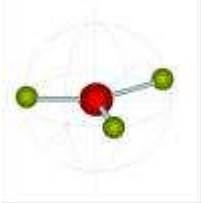


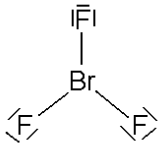
d) Hexafluorosilicat-Anion
SiF_6^-
AB6 oktaedrisch



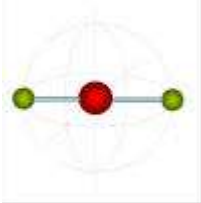


e) Bromtrifluorid
BrF_3
AB3 trigonal planar





f) Kohlenstoffdisulfid
CS_2
AB2 linear



8. Vervollständigen Sie die Reaktionsgleichungen! Falls Sie der Meinung sind, es findet keine Reaktion statt, so kennzeichnen Sie dies durch einen durchgestrichenen Reaktionspfeil!

a) Cu + HNO_3 →
Metall (konzentriert)
$Cu + 4\,HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$

b) Cu + HCl ↛
Metall (konzentriert)

c) Au + HNO_3 ↛
Metall (konzentriert)

d) HCl + Na_2CO_3 →
(Lösung)
$2HCl + Na_2CO_3 \rightarrow 2NaCl + H_2O + CO_2$

e) NH_3 + O_2 →
Gas Gas 800℃ / Pt-Katalysator
$4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O$

f) $Ca_3(PO_4)_2$ + H_2SO_4 →
fest (konzentriert)
$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 \rightarrow 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$

g) → SiF_4
$4HF + SiO_2 \rightarrow SiF_4 + 2H_2O$

h) → HF
$H_2 + F_2 \rightarrow 2HF$

i) → H_2S
$FeS + H_2O \rightarrow FeO + H_2S$

9. Nennen und erläutern Sie mit Reaktionsgleichungen ein technisches Verfahren zur Herstellung von Wasserstoffperoxid!

$$2H_2O + O_2 + 4e^- \rightarrow 2H_2O_2$$

10. Ordnen Sie die Ionen $F^-, O^{2-}, N^{3-}\ und\ C^4$nach absinkendem Ionenradius, begründen Sie ihre Aussage!

$$C^4 \rightarrow N^{3-} \rightarrow O^{2-} \rightarrow F^-$$

Begründet durch die Elektronegativitätszahl bei gleicher Anzahl der Außenelektronenzahl.

11. Wie wird im technischen Maßstab Phosphor aus $Ca_3(PO_4)_2$gewonnen (Reaktionsgleichung, Temperatur, Name des Reaktors).

Dazu wird in elektrischen Lichtbogenöfen Calciumphosphat in Form der Mineralien Phosphorit oder Apatit mit Koks und Quarzsand auf 1400 ℃ erhitzt und so zu weißem Phosphor umgesetzt. Der im Koks enthaltene Kohlenstoff wirkt dabei als Reduktionsmittel und das Siliciumdioxid des Quarzes dient als Schlackenbildner. Der beim Prozess gasförmig anfallende Phosphor wird kondensiert und unter Wasser gesammelt.

$$3084\ kJ + 2\ Ca_3(PO_4)_2 + \ 6\ SiO_2 + \ 10\ C\ \rightarrow 6\ CaSiO_3 + 10\ CO + 4P$$

12. Die Kohlenstoffmodifikationen Graphit und Diamant zeigen ein unterschiedliches elektrisches Leitverhalten. Erläutern Sie Unterschiede im Aufbau der beiden Modifikationen. Welche der beiden Modifikationen leitet den elektrischen Strom und warum?

Graphit ist ein guter elektrischer. Dabei ist seine Leitfähigkeit anisotrop: sehr gut entlang der Kristallebenen und schlecht senkrecht zu den Ebenen. Wegen dieser Struktur verhält sich Graphit sehr anisotrop: Entlang der Kristallebenen ist Graphit thermisch und elektrisch sehr leitfähig, die Leitung von Wärme oder Ladungen von Kristallebene zu Kristallebene ist dagegen relativ schlecht.
Diamant hingegen ist ein sehr guter Isolator. Die sp^3-kovalent tetragonal gebundenen Kohlenstoff-Atome besitzen keine freien Elektronen.

13. Der Siedepunkt von Fluorwasserstoff beträgt 20°C, die Siedepunkte der übrigen Halogenwasserstoffe liegen beträchtlich niedriger, z.B. Chlorwasserstoff Kp. = -85℃. Erklären Sie die Ursache für diese beträchtliche Siedepunktsdifferenz!

Alle Halogenwasserstoffe sind unter Standardbedingungen farblose, stechend riechende Gase. Ihre Siede- und Schmelztemperaturen wachsen mit steigender Ordnungszahl des Halogens. Eine Ausnahme bildet dabei der Fluorwasserstoff, der in Folge starker intermolekularer Wechselwirkungen durch Wasserstoffbrückenbindungen von dieser Tendenz stark abweicht. Während Fluorwasserstoff selbst noch im gasförmigen Zustand als Hexamer auftritt, liegen alle anderen Halogenwasserstoffe monomer vor. Die Dissoziationsenthalpien der H-X-Bindung steigen, die Bindungslängen nehmen ab mit fallender Ordnungszahl.

14. Erklären Sie anhand der Lewis-Formel, warum BF_3monomer, $(BH_3)_2$ aber dimer vorkommt?

Ein Dimer ist ein Molekül oder ein Molekülverbund, der aus zwei oft identischen Untereinheiten, den Monomeren, besteht.
Daher ist $(BH_3)_2$ dimer, da es aus zwei Monomeren besteht.

15. Was besagt die „Doppelbindungsregel“? Stellen Sie je zwei Moleküle der 2. Und 3. Periode gegenüber, die die Konsequenz der Doppelbindungsregel zeigen!

Die Doppelbindungsregel basiert auf der Beobachtung, dass Elemente der 2. Periode stabile Verbindungen mit Mehrfachbindungen, z. B. Distickstoff N2 und Disauerstoff O2, bilden. Die homologen Elemente der 3. und höheren Perioden vermeiden dagegen die Bildung von Mehrfachbindungen. Entsprechend sind Verbindungen wie Diphosphor P2 und Dischwefel S2 nur in der Gasphase bei hohen Temperaturen existent. Unter Normalbedingungen liegen dagegen P4 oder polymerer Phosphor und S8 vor, die nur σ-Bindungen enthalten.

16. Welchen Radioaktiven Zerfallsarten kennen Sie und was wird dabei freigesetzt?

Alphazerfall: Beim Alphazerfall verlässt ein Helium-4-Kern, in diesem Fall Alphateilchen genannt, mit einer Geschwindigkeit von einigen Prozent der Lichtgeschwindigkeit den Mutterkern.

Beta-Zerfall:
Beim β−-Zerfall (Beta-Minus-Zerfall) wird im Kern ein Neutron in ein Proton umgewandelt und ein hochenergetisches Elektron sowie ein Elektron-Antineutrino emittiert. Die Nukleonenzahl des Kerns ändert sich dabei nicht, seine Ordnungszahl erhöht sich um eins.

Beim β+-Zerfall wird im Kern ein Proton in ein Neutron und ein hochenergetisches Positron umgewandelt und ein Elektron-Neutrino emittiert. Die Nukleonenzahl des Kerns ändert sich dabei nicht, seine Ordnungszahl verringert sich um eins.

Gammazerfall: Ein γ-Zerfall ist möglich, wenn der Atomkern nach einem Zerfall in einem energetisch angeregten Zustand vorliegt. Beim Übergang in einen energetisch niedrigeren Zustand gibt der Atomkern durch Emission hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung, sogenannter γ-Strahlung, Energie ab.