

Platznummer:

Problem A

6 Punkte

Multiple Choice

Von den angebotenen Antworten/Feststellungen ist jeweils genau eine anzukreuzen!

1. Schwefelsäure reagiert mit Eisen.

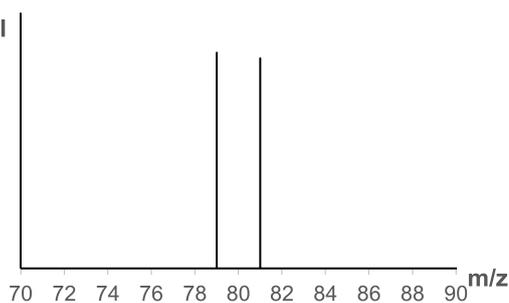
Wie lautet die korrekt abgestimmte chemische Gleichung?

- $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2$
- $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2$
- $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{FeSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

2. Ein Element hat 2 Valenzelektronen, ist reaktiv, besitzt eine charakteristische Flammenfärbung und hat 4 elektronenbesetzte Schalen. Um welches Element geht es?

- Natrium Kalium Kupfer Barium Calcium

3. In der Massenspektrometrie misst man die Masse von Atomen oder Molekülen. Im Massenspektrum sind dann auf der x -Achse die Masse und der y -Achse die Intensität abgebildet.



Welche Aussage zum abgebildeten Massenspektrum von Brom ist korrekt?

- I. Die mittlere relative Atommasse beträgt ca. 80 u.
 - II. Die meisten Brom-Nuklide haben eine Masse von 80 u.
 - III. Von Brom existieren laut dem MS-Spektrum zwei natürliche Isotope.
 - IV. Es sind 2 Peaks zu sehen, da es sich um ein Br_2 -Molekül handelt.
- I und III II und III I und IV III und IV I, II und III

4. Welches Metall X bildet *sicherlich* ein Oxid des Typs X_2O ?

- Fe K Mg Al S

5. Die Gase CH_4 , H_2 , CO_2 , SO_2 und He haben verschiedene Dichten. Welche ist die richtige Reihung nach steigender Dichte?
- $\text{He} < \text{H}_2 < \text{CH}_4 < \text{SO}_2 < \text{CO}_2$
- $\text{CO}_2 < \text{He} < \text{H}_2 < \text{CH}_4 < \text{SO}_2$
- $\text{H}_2 < \text{He} < \text{CH}_4 < \text{CO}_2 < \text{SO}_2$
- $\text{SO}_2 < \text{CO}_2 < \text{CH}_4 < \text{He} < \text{H}_2$
- $\text{CH}_4 < \text{SO}_2 < \text{CO}_2 < \text{He} < \text{H}_2$
6. Ein Metallkation bildet einen rostbraunen Niederschlag mit OH^- , reagiert zu „Filmblut“ mit Thiocyanat, reagiert nicht mit Permanganat, seine wässrige Lösung reagiert sauer. Welches Metallkation wurde hier identifiziert?
- Fe^{2+} Ag^+ Fe^{3+} Pb^{2+} Cr^{3+}
7. Welches Zentralatom der folgenden Teilchen hat *nicht* 8 Valenzelektronen?
- CCl_4 NH_3 NH_4^+ OF_2 BH_3
8. Dichromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) verursacht in wässriger Lösung eine orange, Cr^{3+} eine grüne Färbung, was zur Identifikation verwendet werden kann. Fünf Probelösungen mit den folgenden Stoffen wurden mit saurer Dichromat-Lösung versetzt. Drei wurden grün, eine wurde braun und eine blieb orange. Welche Probelösung blieb orange?
- Na_2SO_3 KI NaNO_2 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ FeSO_4
9. Bestimmen Sie die Ladung von Cobalt in folgendem Komplexsalz: $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$
- $3+$ $3-$ $2+$ $2-$ 0
10. Folgende chemische Gleichung zeigt die Säurebehandlung eines Minerals. Wie lauten die richtigen Koeffizienten der abgestimmten Gleichung?
- $$a \text{Pb}_{10}\text{O}_3(\text{CO}_3)_6(\text{OH})_2 + b \text{HNO}_3 \rightarrow c \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + d \text{CO}_2 + e \text{H}_2\text{O}$$
- $a = 1, b = 2, c = 10, d = 4, e = 11$
- $a = 1, b = 20, c = 10, d = 6, e = 11$
- $a = 2, b = 20, c = 10, d = 6, e = 11$
- $a = 2, b = 10, c = 6, d = 4, e = 11$
- $a = 2, b = 10, c = 10, d = 6, e = 11$

Problem B

15 Punkte

Manches aus der Physikalischen Chemie

B.1 Physikalische Chemie von Kern und Hülle

Von den rund 2000 bekannten Atomkernen (Nukliden) sind gerade einmal ca. 10% stabil, alle anderen haben ein ungünstiges Verhältnis Protonen-Neutronen und dadurch erhöhte Energie. Es gibt 5 Hauptarten, wie so ein instabiles Nuklid X seine überschüssige Energie abgeben und in ein Tochternuklid Y übergehen kann:

Art	Was passiert? Der Atomkern...	Allgemeines Beispiel
α	... emittiert einen He-Kern	${}^A_ZX \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{A-4}_{Z-2}Y$
β^-	... emittiert ein Elektron	${}^A_ZX \rightarrow {}^0_{-1}e + {}^A_{Z+1}Y + \nu^*$
β^+	... emittiert ein Positron	${}^A_ZX \rightarrow {}^0_1e + {}^A_{Z-1}Y + \nu$
ε	... fängt aus der K-Schale ein Elektron ein	${}^A_ZX + {}^0_{-1}e \rightarrow {}^A_{Z-1}Y$
γ	... emittiert energiereiche elektromagnetische Strahlung	${}^A_ZX^* \rightarrow {}^A_ZX$

a) ${}^{232}\text{Th}$ ist ein α -Strahler, ${}^{14}\text{C}$ ist ein β^- -Strahler, ${}^{40}\text{K}$ ist ein β^+ -Strahler.
Geben Sie die jeweiligen Tochternuklide mit Ordnungs- und Massenzahl an.

${}^{232}\text{Th}$

${}^{14}\text{C}$

${}^{40}\text{K}$

${}^{131}\text{I}$ ist ein radioaktives Nuklid, das bei der Kernspaltung von ${}^{235}\text{U}$ entsteht. Seine Halbwertszeit beträgt $\tau = 8,0$ Tage.

b) Geben Sie die Zerfallskonstante von ${}^{131}\text{I}$ an.

c) Berechnen Sie die Zeit, die vergehen muss, damit nur mehr 1,0% einer ursprünglichen Menge an ${}^{131}\text{I}$ vorhanden ist.

Die Orbitale im Wasserstoffatom haben ganz bestimmte Energiewerte, die durch die Hauptquantenzahl n determiniert ist. Die Energie (in der Einheit Elektronvolt eV) ist gegeben durch:

$$E_n = -\frac{13,6 \text{ eV}}{n^2}$$

d) Geben Sie die Energie des Grundzustandes ($n = 1$) im Wasserstoffatom in Joule J an.

e) Geben Sie für Wasserstoff die Ionisierungsenergie, also die Energie, die nötig ist, das Elektron von $n = 1$ auf $n = \infty$ zu heben, in eV an.

f) Berechnen Sie die Wellenlänge des spektralen Überganges der Balmer-Serie, $n = 3$ auf $n = 2$ in nm.

B.2 Ionengleichgewicht in der Analytik

Die quantitative Bestimmung von Chlorid-Ionen kann unter anderem durch Fällungstitrations nach Mohr durchgeführt werden. Dabei wird die Lösung, die Cl^- -Ionen enthält, mit Silber(I)-nitrat titriert, wobei AgCl ausfällt. Der Endpunkt wird dadurch angezeigt, dass nach vollständiger Ausfällung von farblosem AgCl Ag^+ -Ionen aus der Burette mit CrO_4^{2-} -Ionen, die der Probenlösung in Form von K_2CrO_4 zugesetzt worden waren, zu braunrotem Ag_2CrO_4 reagieren.

a) Schreiben Sie abgestimmte Reaktionsgleichungen (Ionengleichungen) für die Titrations- und die Indikationsreaktion auf.

Auf den ersten Blick kann dies nur dann möglich sein, wenn Silberchlorid schlechter löslich ist als Silberchromat. Üblicherweise bedeutet ein kleineres Löslichkeitsprodukt, dass das entsprechende Salz auch schlechter löslich ist. Betrachtet man die beiden Löslichkeitsprodukte, dann könnte Verwirrung aufkommen:

$$K_L(\text{AgCl}) = 1,78 \cdot 10^{-10}$$

$$K_L(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 1,12 \cdot 10^{-12}$$

b) Zeigen Sie, dass die Löslichkeit s von AgCl in reinem Wasser geringer ist als die von Ag_2CrO_4 , indem Sie beide Löslichkeiten s in mol L^{-1} berechnen.

Die Bestimmung sollte im Bereich $\text{pH} = 6,5-10$ erfolgen. Im Säuren könnte sich Chromat in Dichromat umwandeln, im stärker Basischen könnte Silber(I)-oxid ausfallen. Beide Reaktionen verfälschen das Analysenresultat.

c) Schreiben Sie abgestimmte Ionengleichungen für die beiden genannten Vorgänge auf.

Der Maximalgehalt in Trinkwasser beträgt laut Trinkwasserverordnung 250 mg Chlorid pro Liter. Man titriert 100 mL einer Wasserprobe mit diesem Grenzwert mit einer Lösung von AgNO_3 mit $c = 0,0496 \text{ mol L}^{-1}$.

d) Berechnen Sie das Titrationsvolumen.

B.3 Thermochemie und Gasgleichgewicht

Als Deacon-Verfahren wird die Herstellung von Chlor aus HCl und O₂ bezeichnet. Dabei setzt man die genannten Stoffe bei 460°C (733 K) in Gegenwart eines Katalysators um.



$$\Delta_f H_{733}^0(\text{Cl}_2) = 14,7 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_f H_{733}^0(\text{O}_2) = 6,40 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_f H_{733}^0(\text{HCl}) = -79,6 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_f H_{733}^0(\text{H}_2\text{O}) = -226 \text{ kJ mol}^{-1}$$

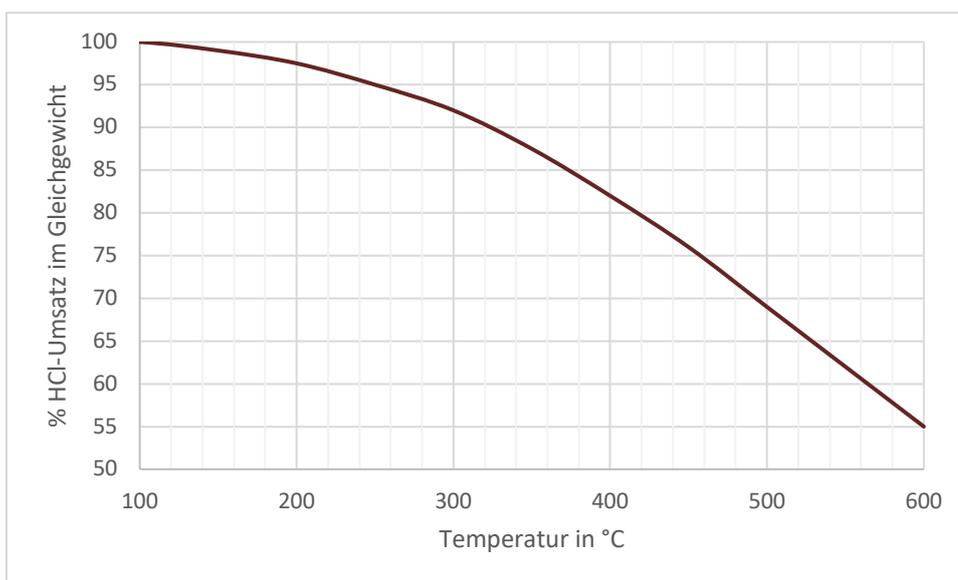
a) Geben Sie mit Hilfe der Daten die Standardreaktionsenthalpie an und entscheiden Sie, ob das Verfahren exo- oder endotherm ist (ankreuzen!).

$$\Delta_R H_{733}^0 = \underline{\hspace{10em}}$$

exotherm

endotherm

In einen vorher evakuierten Versuchsreaktor mit $V = 5,00 \text{ L}$ wurden $364,6 \text{ g HCl}$ und $80,0 \text{ g O}_2$ eingefüllt. Es wurde gemessen, welcher Anteil bis zum Erreichen des Gleichgewichts jeweils reagieren konnte.



b) Welcher Anteil von HCl setzt sich unter den oben genannten Bedingungen um? Verwenden Sie das Diagramm.

Es wurden _____ % umgesetzt.

c) Berechnen Sie die Anfangskonzentrationen der in den Versuchsreaktor gefüllten Stoffe.

d) Berechnen Sie die Gleichgewichtskonstante K_c unter Verwendung der Resultate von b) und c). Sollten Sie bei b) keinen Wert haben, verwenden Sie 80%.

e) Berechnen Sie die Reaktionsentropie $\Delta_R S_{733}^0$ des Vorganges. Wenn Sie bei a) und d) keine Werte erhalten haben, dann rechnen Sie mit $\Delta_R H_{733}^0 = -115 \text{ kJ mol}^{-1}$ und $K_c = 20,0$.

Elementares Fluor kann ausschließlich durch Elektrolyse hergestellt werden. Dabei wird flüssiger Fluorwasserstoff HF verwendet, dem Kaliumfluorid zugesetzt wird.

g) Geben Sie eine abgestimmte Gleichung für die Bildung von Fluor und Wasserstoff aus Fluorwasserstoff an.

--

h) Bei der Elektrolyse entsteht das Fluor an der... (richtig ankreuzen)

Anode Kathode

i) Wie beim H_2O ist auch beim HF Eigendissoziation (Autoprotolyse) möglich. Schreiben Sie eine einfache abgestimmte Gleichung für diesen Vorgang an.

--

Fluorwasserstoff ist bei Raumtemperatur gasförmig und wird etwa durch Einwirken konzentrierter Schwefelsäure auf Fluorit (Calciumfluorid) hergestellt.

j) Geben Sie eine abgestimmte Gleichung für diesen Vorgang an.

--

In einem Ansatz wurden 0,286 mol HF erzeugt, wofür 15,30 g Fluorit und Schwefelsäure im Überschuss eingesetzt wurden. Durch die Abwärme der Elektrolyse betrug die Temperatur 31°C , der Druck war 101325 Pa.

k) Berechnen Sie das Volumen an HF, das hier erzeugt wurde.

--

l) Berechnen Sie die theoretische Ausbeute an HF, die man aus der genannten Menge Fluorit erhalten sollte, in mol.

--

m) Geben Sie die tatsächliche Ausbeute in % dieser theoretischen Ausbeute an.

--

C.3 Verbindungen von Fluor

Elementares Fluor kann zur Herstellung binärer Fluorverbindungen einiger Elemente verwendet werden.

n) Schreiben Sie unter jedes Elementsymbol die Formel der binären Verbindung dieses Elementes mit dem höchstmöglichen Fluorgehalt.

B

C

S

N

Dank seiner hohen Reaktionsfreudigkeit war Fluor auch an der Entstehung der ersten Edelgasverbindungen beteiligt. Die Verbindungen **X1**, **X2** und **X3** sind Verbindungen, die jeweils ein Xe-Atom und Fluor in unterschiedlichen Massenanteilen enthalten, nämlich:

X1: 36,66 % F; **X2**: 46,48 % F; **X3**: 22,45% F

o) Finden Sie die Formeln für **X1**, **X2** und **X3**. Zeigen Sie die Berechnung an einem Beispiel.

X1:

X2:

X3:

Auch vom Krypton gibt es Fluoride, etwa KrF_2

p) Zeichnen Sie eine Elektronenstrichformel (Lewis-Formel) für KrF_2 samt **allen** nicht-bindenden Elektronenpaaren.

q) Welche Molekülgeometrie kann KrF_2 nach VSEPR haben?

quadratisch bipyramidal

möglich

nicht möglich

trigonal bipyramidal

möglich

nicht möglich

oktaedrisch

möglich

nicht möglich

tetraedrisch

möglich

nicht möglich

linear

möglich

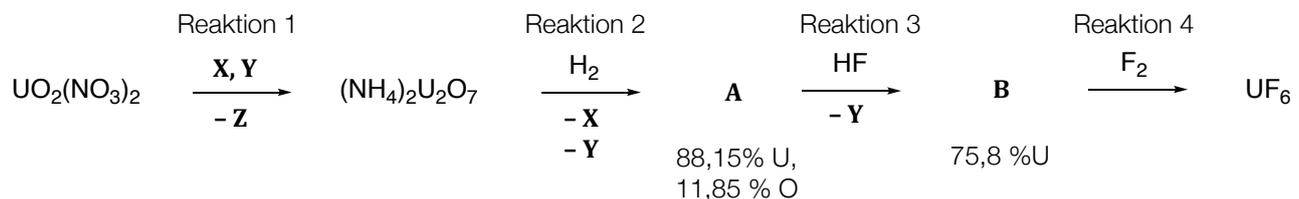
nicht möglich

C.4 Was Fluor mit der Atombombe zu tun hat

Ein Kernkraftwerk setzt – ebenso wie eine Atombombe – die Energie durch Spaltung von Atomkernen frei, häufig ^{235}U . In natürlichem Uran ist dieses Isotop jedoch nur zu 0,72% enthalten, weswegen es vom wesentlich häufigeren ^{238}U abgetrennt werden muss. (Isotopentrennung, Uran-Anreicherung). Dazu muss das Uran erst in den gasförmigen Zustand gebracht werden, was über das Uran(VI)-fluorid UF_6 (Siedepunkt $56,5^\circ\text{C}$) gelingt. Zur Herstellung von Uran(VI)-fluorid wird von „Yellowcake“ – einem pulverförmigen Gemisch von Uranverbindungen, ausgegangen. Dieses wird mit Salpetersäure zu Uranylнитrat umgesetzt, wie hier beispielhaft für U_3O_8 gezeigt wird. Dieses ist ein Mischoxid aus Uran(IV)- und Uran(VI)-oxid.

<i>r) Geben Sie die Formel von U_3O_8 in der Art $a\text{UO}_x \cdot b\text{UO}_y$ an.</i>
<i>s) Stimmen Sie die Gleichung mit den kleinstmöglichen ganzzahligen Koeffizienten ab. Schreiben Sie auch allfällige „1“ explizit an.</i>
$\underline{\quad} \text{U}_3\text{O}_8 + \underline{\quad} \text{HNO}_3 \rightarrow \underline{\quad} \text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 + \underline{\quad} \text{H}_2\text{O} + \underline{\quad} \text{NO}_2$

Das Uranylнитrat wird gereinigt und dann etwa so umgesetzt:



X ist bei Raumtemperatur ein stechend riechendes Gas, **Y** eine bekannte lebenswichtige Flüssigkeit und **Z** ist ein Salz, das auch aus **X** und Salpetersäure erhalten werden kann. Die im ersten Schritt entstehende Verbindung heißt übrigens Ammoniumdiuranat.

<i>t) Geben Sie die Formeln der Verbindungen an.</i>						
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 30%;">A:</td> <td style="width: 30%;">B:</td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td>X:</td> <td>Y:</td> <td>Z:</td> </tr> </table>	A:	B:		X:	Y:	Z:
A:	B:					
X:	Y:	Z:				
<i>u) Geben Sie abgestimmte Gleichungen für die 4 Reaktionen an.</i>						
<i>Reaktion 1</i>						
<i>Reaktion 2</i>						
<i>Reaktion 3</i>						
<i>Reaktion 4</i>						

Hat man einmal das UF_6 , macht man sich die Tatsache zu Nutze, dass bei gleicher kinetischer Energie ($E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}mv^2$) Teilchen mit verschiedenen Massen verschiedene Geschwindigkeiten haben und damit etwa Hindernisse unterschiedlich schnell überwinden.

Es sind $M(^{235}\text{UF}_6) = 349,03 \text{ g/mol}$ und $M(^{238}\text{UF}_6) = 352,04 \text{ g/mol}$

v) Kreuzen Sie das Molekül an, das bei gleicher E_{kin} die höhere Geschwindigkeit haben sollte.

$^{235}\text{UF}_6$

$^{238}\text{UF}_6$

w) Berechnen Sie den weitestmöglich vereinfachten mathematischen Ausdruck für den Faktor, um den das $^{235}\text{UF}_6$ aufgrund des Massenunterschiedes nach einem einzelnen Trennvorgang angereichert sein sollte.

Problem D

16 Punkte

K. o.-Tropfen – Nomenklatur, Isomerie & organische Synthese

Als K. o.-Tropfen werden sedierend wirkende Substanzen bezeichnet, die, in Getränke oder Drogen gemischt, Menschen betäuben (*knock out*). Nach Erwachen können sich die Opfer meist nicht mehr an die Ereignisse erinnern.

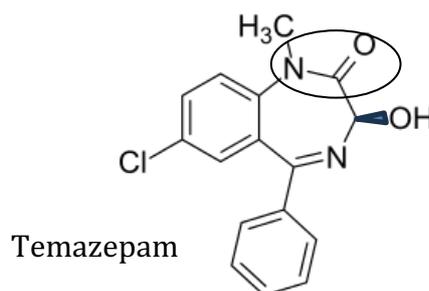
Während eine geringe Dosis von z.B. GHB (Gamma-Hydroxybuttersäure, *Liquid Ecstasy*) enthemmend und stimulierend wirkt, kommt es bei höherer Dosierung zu Koordinationsstörungen, Schwindel, dann Müdigkeit oder gar Bewusstlosigkeit. Bei Überdosierung kann es zum Tod durch Atemlähmung kommen.

„Vorsicht vor K. o.-Tropfen. Sei achtsam, hilf und sprich’s an. Ob in Bars oder auf Festen: Täter mischen K. o.-Tropfen in Getränke, um ihre Opfer damit zu betäuben. Die Betroffenen sind meistens Frauen und Mädchen....“

Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz am 20.4.2023

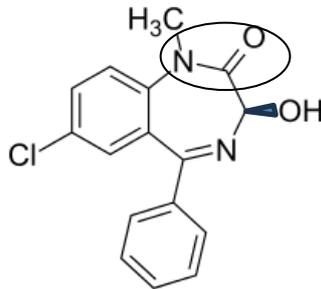
In dieser Aufgabe werden einige solcher Substanzen beleuchtet, die besser therapeutisch als Schlaf- oder Beruhigungsmittel benutzt werden.

D.1 Temazepam und GHB (4-Hydroxybutansäure)



a) Geben Sie die Anzahlen an C- und H-Atomen in Temazepam an.			
C-Atome:		H-Atome:	
b) Entscheiden Sie, ob die Aussagen über Temazepam zutreffen.			
	Aussage trifft zu	ja	nein
Temazepam enthält eine tertiäre Hydroxygruppe.	0	0	0
Temazepam enthält mindestens einen Benzen-Rest.	0	0	0
Temazepam enthält ein Halogen.	0	0	0
Temazepam ist ein sekundäres Amin.	0	0	0
c) Geben Sie die Gesamtzahl aller nichtbindender Elektronenpaare von Temazepam an.			
d) Wie nennt man die in der Struktur von Temazepam eingekreiste funktionelle Gruppe?			

e) Kennzeichnen Sie in der Temazepam-Struktur unten das chirale Zentrum mit einem Stern*chen und bestimmen Sie die absolute Konfiguration.



f) Temazepam neigt nach Verabreichung zur Racemisierung. Entscheiden Sie, ob die Aussagen dazu zutreffen.

	Aussage trifft zu	ja	nein
Es verliert seine Chiralität.		0	0
Es verliert die optische Aktivität.		0	0
Es wird das Diastereomere gebildet.		0	0
Es kommt zur Bildung des Enantiomers.		0	0

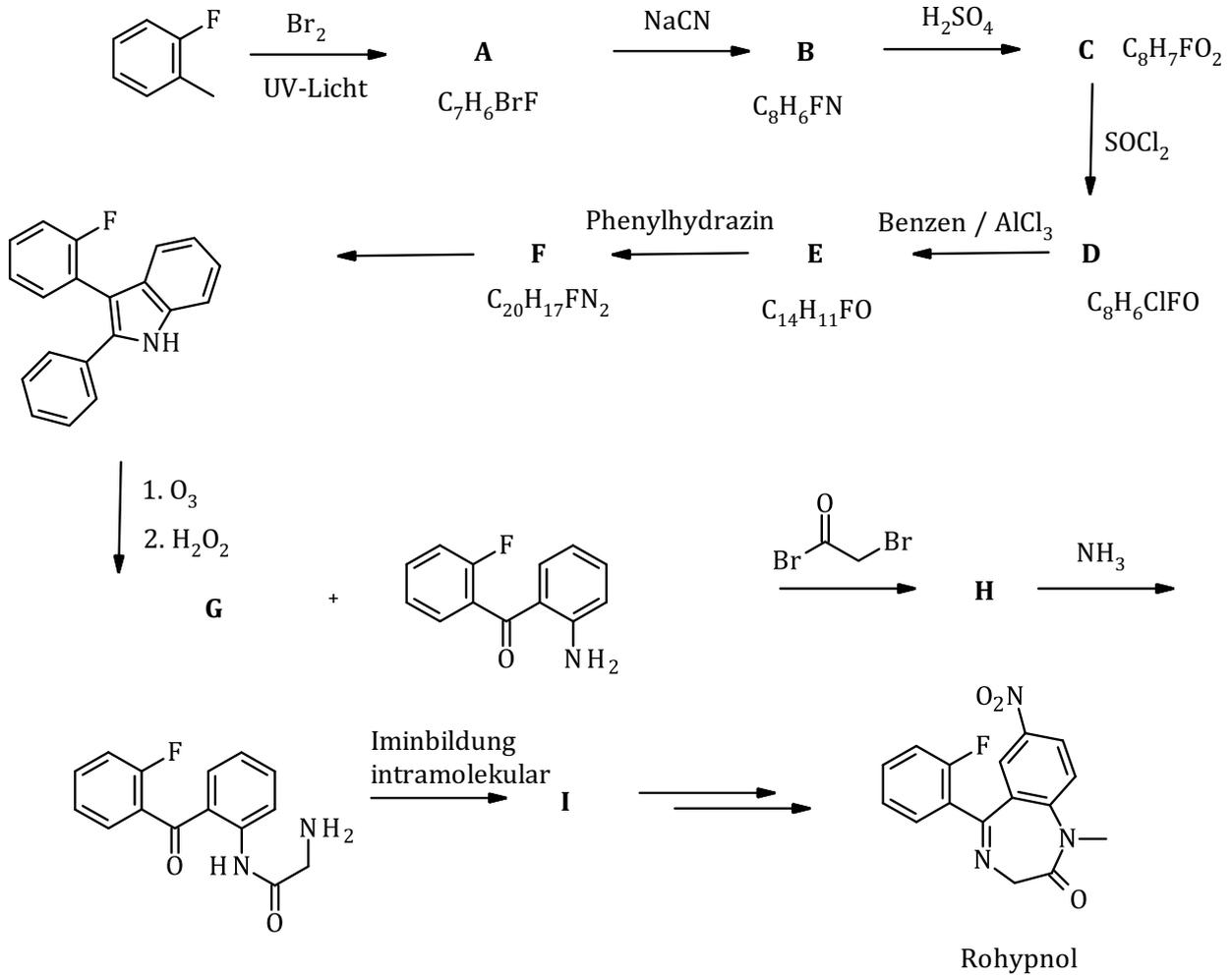
g) Zeichnen Sie die Konstitutionsformel von 4-Hydroxybutansäure.

h) Durch intramolekulare Veresterung entsteht GBL (Gammahydroxybutyrolacton). Zeichnen Sie den intramolekularen Ester von 4-Hydroxybutansäure.

Auf dieser Seite hätte ein so schweres Beispiel stehen sollen, dass wir sie lieber leer lassen. Wenn Ihnen langweilig ist und Sie Zeit haben, können Sie den Platz zum Zeichnen verwenden, erhalten dafür aber keine Punkte. 😊

D.2. Synthese von Rohypnol

Das folgende Reaktionsschema zeigt die Synthese von Rohypnol:



i) Nach welchen Reaktionsmechanismen laufen folgende Reaktionen des Reaktionsschemas ab (z.B. A_E für elektrophile Addition)?

Bildung von **A**:

A \rightarrow **B**:

Bildung von **I**:

j) Welche Reagenzien sind notwendig, um aus **I** Rohypnol zu synthetisieren?

<i>k) Zeichnen Sie die Konstitutionsformeln der Verbindungen A bis I.</i>		
A:	B:	C:
D:	E:	F:
G:	H:	I:

Problem E

6 Punkte

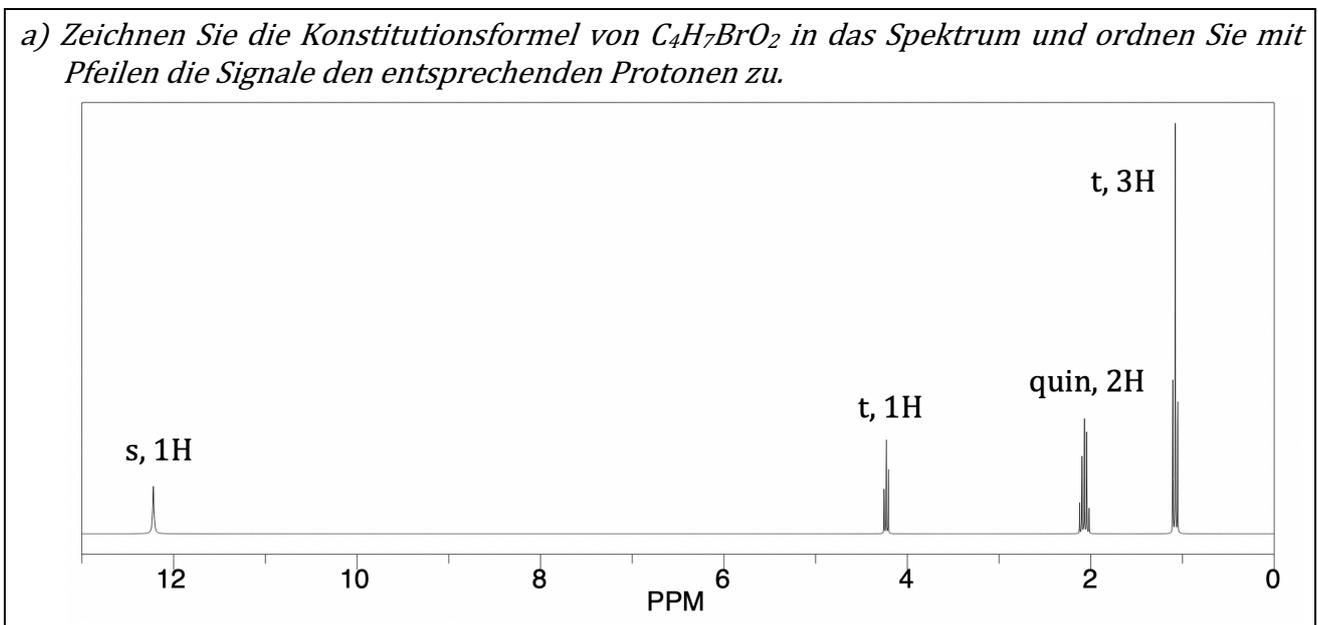
Strukturaufklärung

1946 wiesen Bloch und Purcell erste Signale der magnetischen Kernresonanz nach und erhielten dafür den Nobelpreis. 78 Jahre mit etlichen Entwicklungen und einigen Nobelpreisen später ist die Kernresonanzspektroskopie (NMR – *nuclear magnetic resonance*) aus der Forschung nicht mehr wegzudenken.

Dass immer komplexere Methoden angewandt werden, soll Sie keineswegs beunruhigen. In dieser Aufgabe sollen Sie sich nämlich nur drei ^1H -NMR-Spektren widmen.

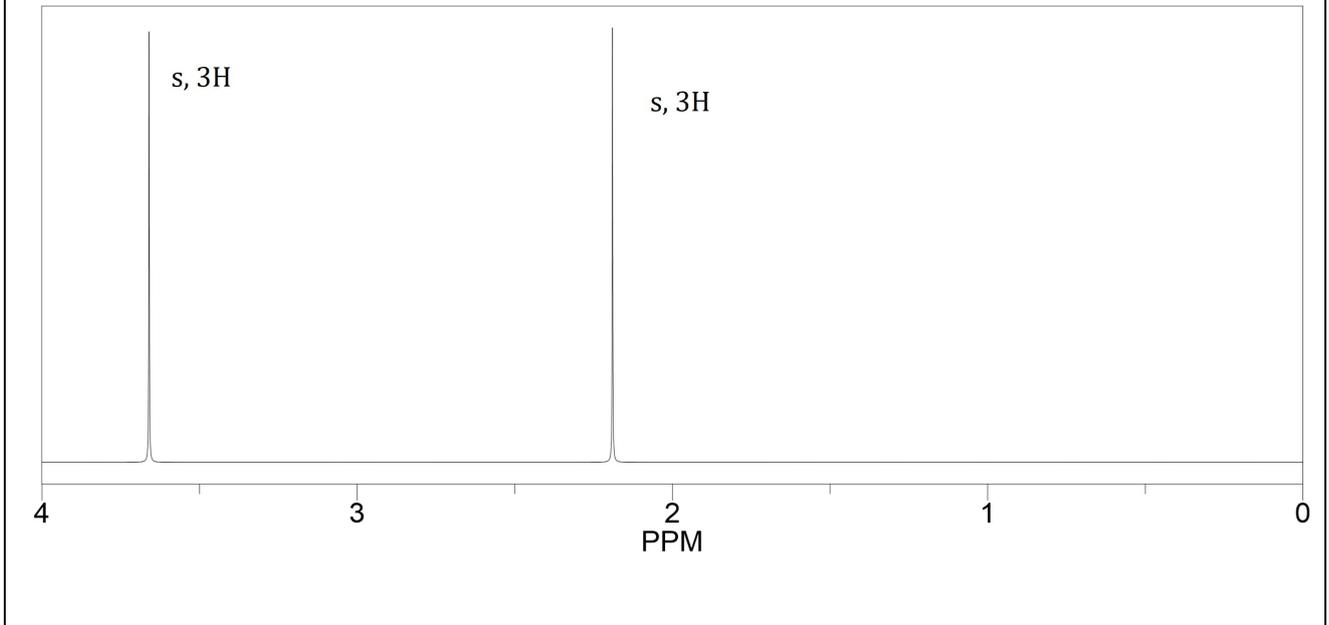
^1H -NMR-Spektrum von $\text{C}_4\text{H}_7\text{BrO}_2$

a) Zeichnen Sie die Konstitutionsformel von $\text{C}_4\text{H}_7\text{BrO}_2$ in das Spektrum und ordnen Sie mit Pfeilen die Signale den entsprechenden Protonen zu.



$^1\text{H-NMR-Spektrum von } \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$

b) Zeichnen Sie die Konstitutionsformel von $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ in das Spektrum und ordnen Sie mit Pfeilen die Signale den entsprechenden Protonen zu.



$^1\text{H-NMR-Spektrum von } \text{C}_9\text{H}_8\text{O}_3$

c) Zeichnen Sie die Konstitutionsformel von $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_3$ in das Spektrum und ordnen Sie mit Pfeilen die Signale den entsprechenden Protonen zu.

