

Bearbeiten Sie bitte vier der sechs gegebenen Aufgaben!

Kohlenstoff kommt in der Natur sowohl in elementarer Form (Graphit, Diamant) als auch chemisch gebunden vor, hier vor allem in Form von Carbonaten. Organische Kohlenstoffverbindungen bilden die molekulare Grundlage allen Lebens auf der Erde.

1. In der Natur kommen die stabilen Kohlenstoff-Isotope mit den Massenzahlen 12 und 13 vor.

In einem einfachen Laborversuch kann man die Reaktionsgeschwindigkeit der Reaktion von Calciumcarbonat mit Salzsäure bestimmen.

- 1.a Definieren Sie die Begriffe „Massenzahl“ und „stabiles Isotop“. 3 P
- 1.b Die durchschnittliche relative Atommasse von Kohlenstoff beträgt 12,01. Definieren Sie die Begriffe „durchschnittliche Atommasse“ und „relative Atommasse“. 4 P
- 1.c Berechnen Sie die absolute Masse eines einzelnen Kohlenstoff-Atoms mit der durchschnittlichen relativen Atommasse von 12,01 in Gramm. 4 P
- 1.d Calciumcarbonat kann man durch Einleiten von Kohlendioxid in eine wässrige Calciumhydroxid-Lösung gewinnen. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung. 2 P
- 1.e Zur Bestimmung der Reaktionsgeschwindigkeit werden Marmorstücke (Calciumcarbonat) mit Salzsäure übergossen, bei der Reaktion wird Kohlendioxid freigesetzt. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung. 2 P
- 1.f Definieren Sie den Begriff „Reaktionsgeschwindigkeit“ und nennen Sie drei Faktoren, die die Geschwindigkeit der chemischen Reaktion in 1.e beeinflussen. Beziehen Sie die genannten Faktoren, soweit es möglich ist, konkret auf die Reaktionsteilnehmer. 5 P
- 1.g Bei der Durchführung des Versuchs (1.e) wurde alle 60 Sekunden die Masse des Reaktionsansatzes bestimmt. Der Massenverlust entspricht der Masse des gebildeten gasförmigen Kohlendioxids. Folgende Werte wurden bei diesem Versuch ermittelt:

t (min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$m(\text{CO}_2)^*$ (g)	0	0,98	1,38	1,54	1,58	1,6	1,62	1,63	1,63

*Gesamtmasse an CO_2 gebildet im Zeitraum 0 bis x Minuten

- Zeichnen Sie aus diesen Werten das Masse-Zeit-Diagramm und vergleichen Sie die Reaktionsgeschwindigkeiten am Anfang und nach sieben bis acht Minuten. Begründen Sie Ihre Angaben. 5 P

2. Blausäure (Cyanwasserstoff HCN) ist eine sehr schwache Säure mit einem K_s -Wert von $4,8 \cdot 10^{-10}$ mol/L. Die Substanz ist hochgiftig.
- 2.a Man kann Blausäure nach dem Andrussow-Verfahren herstellen. Dabei reagiert Ammoniak mit Methan und Sauerstoff zu HCN und Wasser. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung. 2 P
- 2.b Zeichnen Sie die Lewisformeln von Ammoniak und Methan und geben Sie jeweils den Winkel am Zentralatom an. 3 P
- 2.c Formulieren Sie die Protolysereaktion von Blausäure und markieren Sie Brönsted-Säuren mit einem S und Brönsted-Basen mit einem B. 4 P
- 2.d Berechnen Sie die Stoffmengenkonzentration einer Blausäure-Lösung mit dem pH-Wert 6. 2,5 P
- 2.e Berechnen Sie die Anzahl an Hydronium-Ionen in 200 ml einer Blausäure-Lösung mit dem pH-Wert 6. 2,5 P
- 2.f Berechnen Sie die Konzentration der Hydronium-Ionen und den pH-Wert einer Blausäure-Lösung, die zu 0,0022 % dissoziiert ist. 6 P
- 2.g HCN wird in der Industrie unter anderem zur Herstellung von Acetoncyanhydrin, einem Ausgangsstoff zur Kunststoffherstellung, eingesetzt. Acetoncyanhydrin enthält die Elemente C, H, O und N. 0,85 g der Verbindung enthalten genau 0,01 mol Stickstoff. Wenn man 0,85 g der Substanz verbrennt, erhält man 1,76 g Kohlendioxid und 0,63 g Wasser. Ermitteln Sie die einfachste mögliche Formel der Substanz. 5 P
3. Die Säurerest-Ionen von Blausäure (Cyanwasserstoff HCN) heißen Cyanid-Ionen.
- 3.a Natriumcarbonat reagiert mit Kohlenstoff und Stickstoff unter Bildung von Natriumcyanid, einem Salz der Blausäure; außerdem entsteht Kohlenmonoxid. Stellen Sie die Reaktionsgleichung auf. 2 P
- 3.b Ermitteln Sie die Summe der Valenzelektronen des Carbonat-Ions und erklären Sie den Begriff der Mesomerie am Carbonat-Ion anhand entsprechender Lewis-Formeln. 6 P
- 3.c Geben Sie die Zahl der Valenzelektronen des Cyanid-Ions und von Kohlenstoffmonoxid an und zeichnen Sie die Lewis-Formeln der beiden Teilchen. 3 P
- 3.d Berechnen Sie die Masse an Natriumcyanid, die man erhält, wenn man 53 g Natriumcarbonat einsetzt. 3 P
- 3.e Formulieren Sie drei weitere Reaktionsgleichungen zur Bildung von Natriumcyanid. 6 P
- 3.f Erklären Sie das elektrische Leitfähigkeitsverhalten von festem und flüssigen Natriumcyanid jeweils als Reinstoff. 5 P

4. In einer exothermen Reaktion reagiert Kohlenmonoxid mit Wasserstoff bei 377 °C zu Methanol.
- 4.a Stellen Sie die Reaktionsgleichung auf und formulieren Sie die Gleichung für das Massenwirkungsgesetz. 3 P
- 4.b Definieren Sie den Begriff „homogenes Gleichgewicht“ und entscheiden Sie, ob es sich bei der unter 4 gegebenen Reaktion unter den gegebenen Reaktionsbedingungen um ein homogenes Gleichgewicht handelt. 4 P
- 4.c In einem Volumen von 2 Litern werden bei 377 °C 2 Mol Kohlenmonoxid und 6 Mol Wasserstoff zur Reaktion gebracht. Im Gleichgewicht erhält man 1,942 Mol Methanol. Berechnen Sie die Gleichgewichtskonzentrationen der Reaktionsteilnehmer. 3,5 P
- 4.d Berechnen Sie die Gleichgewichtskonstante. 1,5 P
- 4.e Erläutern Sie zwei Möglichkeiten, wie man die Ausbeute an Methanol im System erhöhen kann. Begründen Sie Ihre Angaben. 6 P
- 4.f Wenn eine Gleichgewichtsreaktion vorliegt, ist die Ausbeute kleiner als 100 Prozent. Nennen und erläutern Sie zwei weitere Gründe für Ausbeuteverluste bei chemischen Reaktionen. 3 P
- 4.g Zeichnen und beschriften Sie das Zeit-Energie-Diagramm der Reaktion mit und ohne Katalysator. 4 P
5. Methanol kann mit Permanganat-Ionen (MnO_4^-) in saurer Lösung zu Methanal und weiter zu Methansäure oxidiert werden. Dabei entstehen Mn^{2+} -Ionen.
- 5.a Zeichnen Sie die Lewis-Formeln der drei organischen Stoffe. 3 P
- 5.b Geben Sie für die drei organischen Moleküle jeweils den Winkel am C-Atom an. Geben Sie außerdem für Methansäure den C-O-H-Winkel an. 2 P
- 5.c Stellen Sie die Reaktionsgleichung für die Oxidation von Methanol zu Methanal mit Permanganat-Ionen in saurer Lösung auf. Geben Sie für alle Atome die Oxidationszahlen an, markieren Sie Oxidation und Reduktion in der Reaktionsgleichung und gleichen Sie die Reaktionsgleichung aus. 5 P
- 5.d Zeichnen und beschriften Sie ein Kalorimeter. 4 P
- 5.e Ein Kalorimeter enthält 850 g Wasser von 20 °C als Kalorimeterflüssigkeit. Im Kalorimeter werden 1,6 g Methanol verbrannt. Dabei erwärmt sich das Wasser um 10,2 °C. Berechnen Sie die Wärmemenge und die Verbrennungsenthalpie von Methanol. 3,5 P
- 5.f Stellen Sie die Reaktionsgleichung auf, die zur Standardverbrennungsenthalpie von Methanol gehört (Verbrennungsgleichung). 1,5 P
- 5.g Berechnen Sie mit Hilfe der Verbrennungsenthalpie und mit Hilfe der Bildungsenthalpien von Kohlendioxid und Wasser die Bildungsenthalpie von Methanol ($\Delta_B H (\text{CO}_2) = -394 \text{ kJ/mol}$; $\Delta_B H (\text{H}_2\text{O}) = -286 \text{ kJ/mol}$). 3 P
- 5.h Berechnen Sie das Volumen an Sauerstoff, das zur Verbrennung von 1,6 g Methanol notwendig ist (Druck: 1,013 bar, Temperatur: 25 °C). 3 P

6. Methanal ist einer der wichtigsten Grundstoffe in der chemischen Industrie und dient als Ausgangsstoff für viele andere chemische Verbindungen. So kann man z. B. Butan-1,4-diol aus Methanal und Ethin herstellen.
- 6.a Im ersten Schritt wird Ethin mit Methanal umgesetzt, dabei entsteht But-2-in-1,4-diol. Zeichnen Sie die Lewis-Formeln von Ethin und But-2-in-1,4-diol. 3 P
- 6.b Formulieren Sie die Reaktionsgleichung zur Reaktion von 6.a. 2 P
- 6.c Im zweiten Reaktionsschritt wird But-2-in-1,4-diol zu Butan-1,4-diol hydriert. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung und zeichnen Sie dabei die Lewis-Formel von Butan-1,4-diol. 4 P
- 6.d Geben Sie die Oxidationszahlen für die C-Atome in But-2-in-1,4-diol und Butan-1,4-diol an. 4 P
- 6.e Zeichnen (Lewis-Formel oder Skelett-Formel) und benennen Sie zwei Isomere von Butan-1,4-diol, von denen jedes mindestens eine sekundäre Hydroxygruppe hat, und erklären Sie dabei den Begriff „sekundärer Alkohol“. 7 P
- 6.f Zeichnen (Lewis-Formel oder Skelett-Formel) und benennen Sie ein Isomer von Butan-1,4-diol, das eine tertiäre Hydroxygruppe hat, und erklären Sie dabei den Begriff „tertiärer Alkohol“. 5 P

Universelle Gaskonstante	$R = 0,0831 \text{ bar}\cdot\text{L}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$
Spezifische Wärmekapazität von Wasser:	$c_p = 4,18 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Hydronium-Ion = Oxonium-Ion