

© International Baccalaureate Organization 2024

All rights reserved. No part of this product may be reproduced in any form or by any electronic or mechanical means, including information storage and retrieval systems, without the prior written permission from the IB. Additionally, the license tied with this product prohibits use of any selected files or extracts from this product. Use by third parties, including but not limited to publishers, private teachers, tutoring or study services, preparatory schools, vendors operating curriculum mapping services or teacher resource digital platforms and app developers, whether fee-covered or not, is prohibited and is a criminal offense.

More information on how to request written permission in the form of a license can be obtained from <https://ibo.org/become-an-ib-school/ib-publishing/licensing/applying-for-a-license/>.

© Organisation du Baccalauréat International 2024

Tous droits réservés. Aucune partie de ce produit ne peut être reproduite sous quelque forme ni par quelque moyen que ce soit, électronique ou mécanique, y compris des systèmes de stockage et de récupération d'informations, sans l'autorisation écrite préalable de l'IB. De plus, la licence associée à ce produit interdit toute utilisation de tout fichier ou extrait sélectionné dans ce produit. L'utilisation par des tiers, y compris, sans toutefois s'y limiter, des éditeurs, des professeurs particuliers, des services de tutorat ou d'aide aux études, des établissements de préparation à l'enseignement supérieur, des fournisseurs de services de planification des programmes d'études, des gestionnaires de plateformes pédagogiques en ligne, et des développeurs d'applications, moyennant paiement ou non, est interdite et constitue une infraction pénale.

Pour plus d'informations sur la procédure à suivre pour obtenir une autorisation écrite sous la forme d'une licence, rendez-vous à l'adresse <https://ibo.org/become-an-ib-school/ib-publishing/licensing/applying-for-a-license/>.

© Organización del Bachillerato Internacional, 2024

Todos los derechos reservados. No se podrá reproducir ninguna parte de este producto de ninguna forma ni por ningún medio electrónico o mecánico, incluidos los sistemas de almacenamiento y recuperación de información, sin la previa autorización por escrito del IB. Además, la licencia vinculada a este producto prohíbe el uso de todo archivo o fragmento seleccionado de este producto. El uso por parte de terceros —lo que incluye, a título enunciativo, editoriales, profesores particulares, servicios de apoyo académico o ayuda para el estudio, colegios preparatorios, desarrolladores de aplicaciones y entidades que presten servicios de planificación curricular u ofrezcan recursos para docentes mediante plataformas digitales—, ya sea incluido en tasas o no, está prohibido y constituye un delito.

En este enlace encontrará más información sobre cómo solicitar una autorización por escrito en forma de licencia: <https://ibo.org/become-an-ib-school/ib-publishing/licensing/applying-for-a-license/>.



Chemie Leistungsstufe 2. Klausur

5. November 2024

Zone A Vormittag | Zone B Vormittag | Zone C Vormittag

Prüfungsnummer des Kandidaten

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

2 Stunden 15 Minuten

Hinweise für die Kandidaten

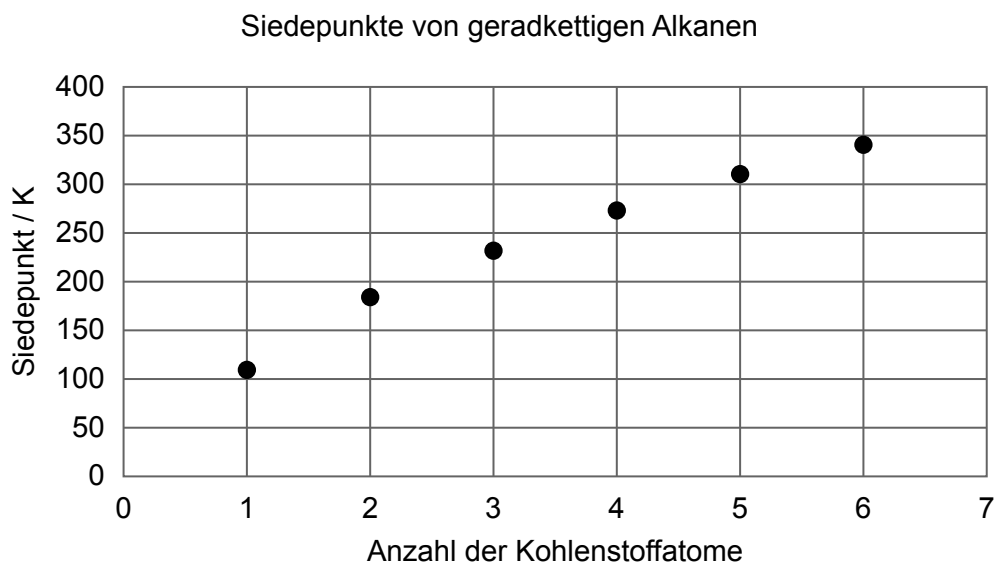
- Tragen Sie Ihre Prüfungsnummer in die Kästen oben ein.
- Öffnen Sie diese Klausur erst, wenn Sie dazu aufgefordert werden.
- Beantworten Sie alle Fragen.
- Sie müssen Ihre Antworten in die für diesen Zweck vorgesehenen Felder schreiben.
- Für diese Klausur ist ein Taschenrechner erforderlich.
- Für diese Klausur ist ein unverändertes Exemplar des **Datenhefts Chemie** erforderlich.
- Die maximal erreichbare Punktzahl für diese Klausur ist **[90 Punkte]**.



Beantworten Sie **alle** Fragen. Sie müssen Ihre Antworten in die für diesen Zweck vorgesehenen Felder schreiben.

1. Alkane sind häufig vorkommende organische Verbindungen.

(a) Die ersten vier geradkettigen Alkane sind bei Raumtemperatur gasförmig.



(i) Erklären Sie, warum der Siedepunkt von Methan bis Propan zunimmt.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

(ii) Erklären Sie, warum das von einer Propanprobe eingenommene Volumen stark zunimmt, wenn die Probe von 200 auf 250 K bei konstantem Druck erhitzt wird.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

(Auf die vorliegende Frage wird auf der nächsten Seite weiter eingegangen)



(Fortsetzung Frage 1)

- (iii) Berechnen Sie das Volumen in dm^3 , das von 6,45 g Propangas bei 100 kPa und 15°C eingenommen wird.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

- (iv) Umreißen Sie, warum das von Propan (g) eingenommene Volumen bei sehr hohem Druck höher ist als der Wert, der mit $PV = nRT$ berechnet wird.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Ethan kann durch die Reaktion mit Chlorgas ($\text{Cl}_2(\text{g})$) unter UV-Licht in Chlorethan umgewandelt werden.

Geben Sie den Reaktionstyp an und den Namen des Mechanismus, durch den die Reaktion erfolgt.

[1]

.....

.....

- (c) Chlorethan kann in Ethanol umgewandelt werden. Identifizieren Sie das Reagenz und die Bedingungen, die notwendig sind, damit diese Reaktion erfolgt.

[2]

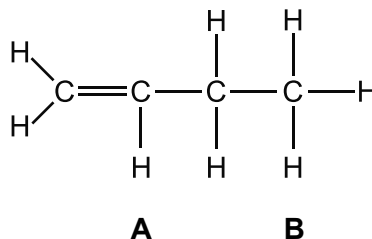
Reagenz:

Bedingungen:



2. Alkene sind in der Industrie nützlich.

(a) 1-Buten (1-Butylen, IUPAC-Name: But-1-en) enthält Sigma- (σ) und Pi-Bindungen (π).



(i) Identifizieren Sie die Hybridisierung der mit **A** und **B** beschrifteten Kohlenstoffatome.

[1]

A:
B:

(ii) Beschreiben Sie, wie Sigma- (σ) und Pi-Bindungen (π) gebildet werden.

[2]

σ -Bindungen:
.....
.....
 π -Bindungen:
.....
.....

(b) 1-Buten (1-Butylen, IUPAC-Name: But-1-en) reagiert mit HBr zu zwei Strukturisomeren von Brombutan.

(i) Erklären Sie, welches der beiden Strukturisomere das Hauptprodukt ist.

[2]

.....
.....
.....
.....
.....

(Auf die vorliegende Frage wird auf der nächsten Seite weiter eingegangen)



(Fortsetzung Frage 2)

- (ii) Erklären Sie den Mechanismus für die Bildung des Hauptprodukts unter Verwendung von gebogenen Pfeilen zur Darstellung der Bewegung der Elektronenpaare.

[3]

- (iii) Eines der Strukturisomere kann als Paar von Enantiomeren existieren. Geben Sie den Namen eines Instruments an, mit dem man die Enantiomere unterscheiden kann.

[1]

.....



3. Kalium (K) und Kaliumchlorid (KCl) bilden beide im festen Zustand Gitterstrukturen.

(a) Prognostizieren Sie mit einer Begründung die elektrische Leitfähigkeit von K(s) und KCl(s).

[2]

K(s):

.....

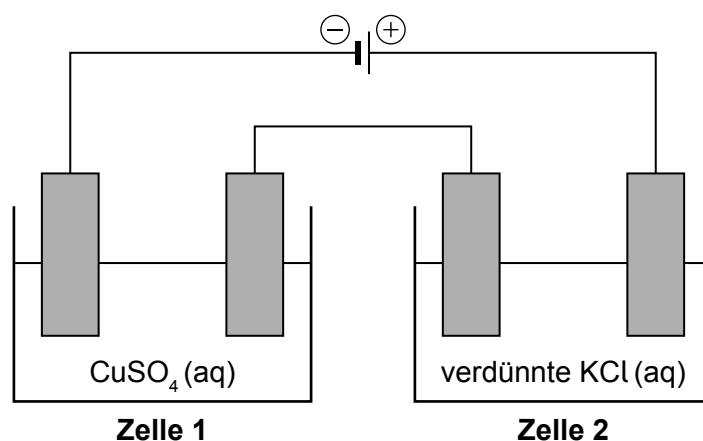
.....

KCl(s):

.....

.....

(b) Zwei Elektrolysezellen sind in Reihe geschaltet. Alle Elektroden sind inert.



(i) Geben Sie die Halbgleichung für die Reaktion an jeder Elektrode in Zelle 2 an. Verwenden Sie den Abschnitt 24 des Datenhefts.

[2]

Anode (positive Elektrode):

.....

Kathode (negative Elektrode):

.....

(Auf die vorliegende Frage wird auf der nächsten Seite weiter eingegangen)



(Fortsetzung Frage 3)

- (ii) Identifizieren Sie das Produkt an der Anode in Zelle 1. [1]

.....

- (iii) Bestimmen Sie das Molverhältnis der an der Kathode (negative Elektrode) gebildeten nicht ionischen Produkte in Zelle 1 und Zelle 2. [1]

.....

- (c) Geben Sie die Anzahl von jedem Typ der subatomaren Partikel in dem Kalium-Ion ${}^{41}_{19}\text{K}^+$ an. [1]

Protonen:

Elektronen:

Neutronen:

- (d) Umreißen Sie die Belege dafür, dass die Elektronen in einem Kaliumatom vier Hauptenergieniveaus besetzen. [2]

.....

.....

.....

.....

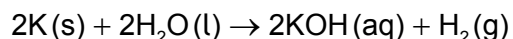
.....

(Auf die vorliegende Frage wird auf der nächsten Seite weiter eingegangen)



(Fortsetzung Frage 3)

- (e) Kalium reagiert mit Wasser zu Kaliumhydroxid.



- (i) Berechnen Sie die Reaktionsenthalpie in kJ mol^{-1} , wenn 1 mol Kalium mit Wasser reagiert. Verwenden Sie den Abschnitt 12 des Datenhefts. ΔH_f von KOH(aq) ist $-481,8 \text{ kJ mol}^{-1}$.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Beschreiben Sie den Unterschied zwischen den Reaktionen von Natrium und Kalium mit Wasser.

[1]

.....

.....

.....

- (iii) Demonstrieren Sie mit einer Gleichung den Säure-Base-Charakter von $\text{K}_2\text{O(s)}$.

[1]

.....



4. Schwefeltrioxid ist eine wichtige Verbindung in der Industrie.

(a) Schwefeltrioxid hat mehr als eine mögliche Lewis-Struktur (Elektronenformel).

(i) Skizzieren Sie **zwei** Lewis-Strukturen (Elektronenformeln) für SO_3 : eine, die die Oktettregel befolgt und eine, die das nicht tut.

[2]

Befolgt die Oktettregel:

Befolgt die Oktettregel nicht:

(ii) Geben Sie an, wie Chemiker entscheiden, welche Lewis-Struktur (Elektronenformel) stabiler ist.

[1]

.....

(iii) Prognostizieren Sie die Länge jeder S-O-Bindung in pm. Verwenden Sie den Abschnitt 10 des Datenhefts.

[1]

.....

(Auf die vorliegende Frage wird auf der nächsten Seite weiter eingegangen)



(Fortsetzung Frage 4)

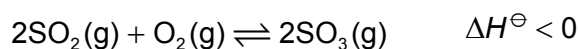
- (b) Schlagen Sie vor, warum $\text{SO}_3(\text{g})$ in der Atmosphäre ein Umweltproblem ist. [1]

.....

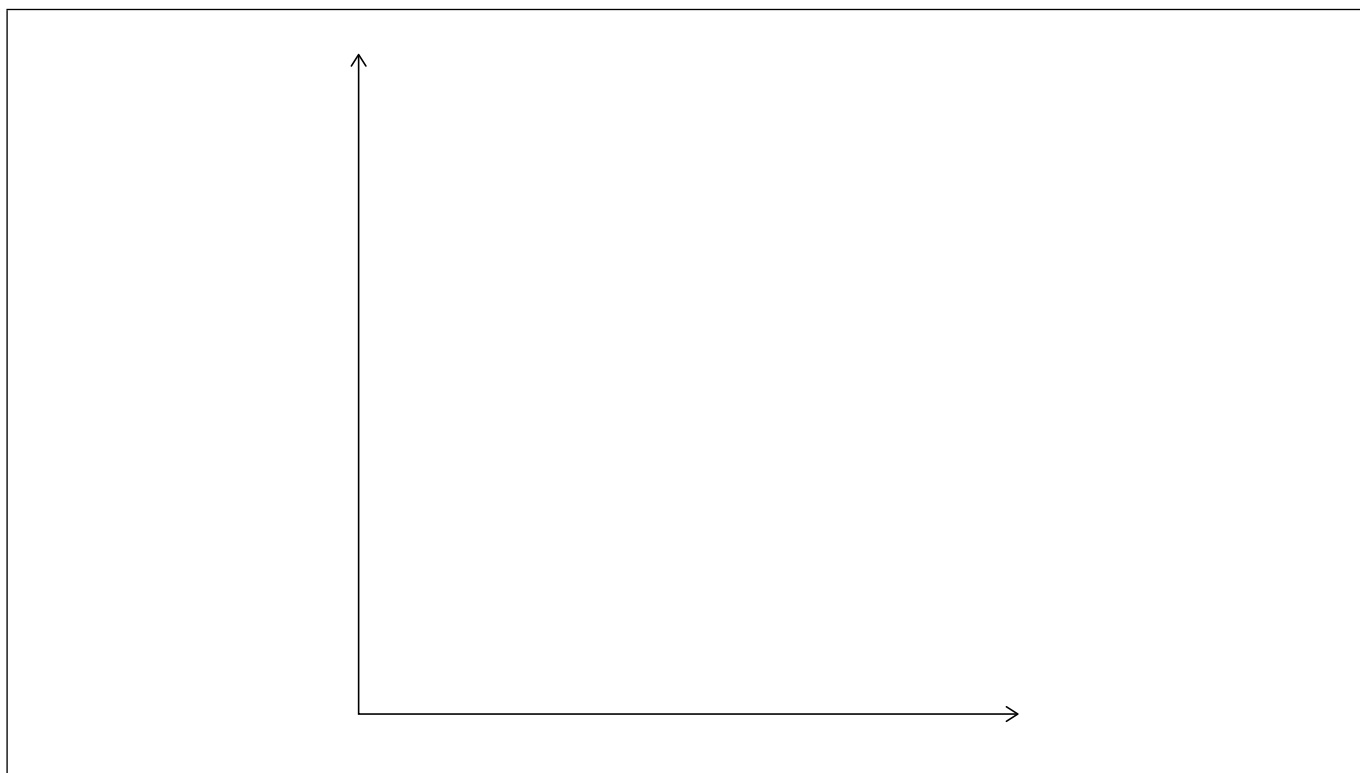
- (c) Geben Sie den Namen einer Abscheidungsmethode nach der Verbrennung zur Verringerung der Menge an $\text{SO}_3(\text{g})$, die in die Atmosphäre freigesetzt wird, an. [1]

.....

- (d) $\text{SO}_3(\text{g})$ wird mit dem Kontaktverfahren hergestellt.



- (i) Skizzieren Sie ein Potenzialenergie-Profil für diese Reaktion in den vorgezeichneten Achsen. Beschriften Sie E_a und beschriften Sie die Achsen. [3]



(Auf die vorliegende Frage wird auf der nächsten Seite weiter eingegangen)



(Fortsetzung Frage 4)

- (ii) Erklären Sie, warum die Erhöhung der Temperatur die Reaktionsgeschwindigkeit einer Reaktion erhöht. [2]

.....

.....

.....

.....

- (iii) Vanadiumpentoxid (V_2O_5) wird als Katalysator verwendet. Erklären Sie, wie ein Katalysator die Reaktionsgeschwindigkeit erhöht. [2]

.....

.....

.....

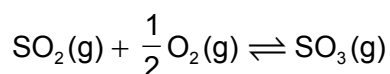
.....

- (iv) Während der Reaktion wird V_2O_5 zu V_2O_4 . Identifizieren Sie die Oxidationsstufe von Vanadium in jeder der beiden Verbindungen. [1]

V_2O_5 :

V_2O_4 :

- (v) Geben Sie den Ausdruck für die Gleichgewichtskonstante K_c für die Produktion von 1 mol SO_3 an. [1]



.....

.....

(Auf die vorliegende Frage wird auf der nächsten Seite weiter eingegangen)



(Fortsetzung Frage 4)

- (vi) Berechnen Sie die Entropieänderung, $\Delta S^\ominus$ in $\text{JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$ für die Produktion von 1 mol $\text{SO}_3(\text{g})$. Verwenden Sie die in der Tabelle angegebenen absoluten Entropiewerte. [1]

	$S^\ominus / \text{JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$
$\text{SO}_2(\text{g})$	248,2
$\text{O}_2(\text{g})$	205,2
$\text{SO}_3(\text{g})$	256,8

.....

- (vii) Umreißen Sie unter Bezugnahme auf die Gleichung, warum das Vorzeichen der Entropieänderung in Teil (d)(vi) zu erwarten ist. [1]

.....

- (viii) Berechnen Sie den Wert der Gibbs-Energie $\Delta G^\ominus$ der Reaktion in kJ mol^{-1} bei 773 K. Verwenden Sie den Abschnitt 1 des Datenhefts und $\Delta H^\ominus = -98,5 \text{ kJ mol}^{-1}$. Falls Sie keine Antwort auf die Aufgabe (d)(vi) gefunden haben, verwenden Sie $-100 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$, obwohl dies nicht die richtige Antwort ist. [1]

.....

(Auf die vorliegende Frage wird auf der nächsten Seite weiter eingegangen)



(Fortsetzung Frage 4)

- (ix) Berechnen Sie den Wert der Gleichgewichtskonstante für die Bildung von $\text{SO}_3(\text{g})$ bei 773 K. Verwenden Sie die Abschnitte 1 und 2 des Datenhefts. Falls Sie keine Antwort auf die Aufgabe (d)(viii) gefunden haben, verwenden Sie $-25,0 \text{ kJ mol}^{-1}$, obwohl dies nicht die richtige Antwort ist.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

- (x) Ein Kolben enthält $0,120 \text{ mol dm}^{-3} \text{ SO}_2(\text{g})$, $0,050 \text{ mol dm}^{-3} \text{ O}_2(\text{g})$ und $0,150 \text{ mol dm}^{-3} \text{ SO}_3(\text{g})$ bei 773 K. Leiten Sie ab, ob sich das System im Gleichgewicht befindet und in welche Richtung die Reaktion spontan abläuft, wenn sie sich nicht im Gleichgewicht befindet.

[2]

.....

.....

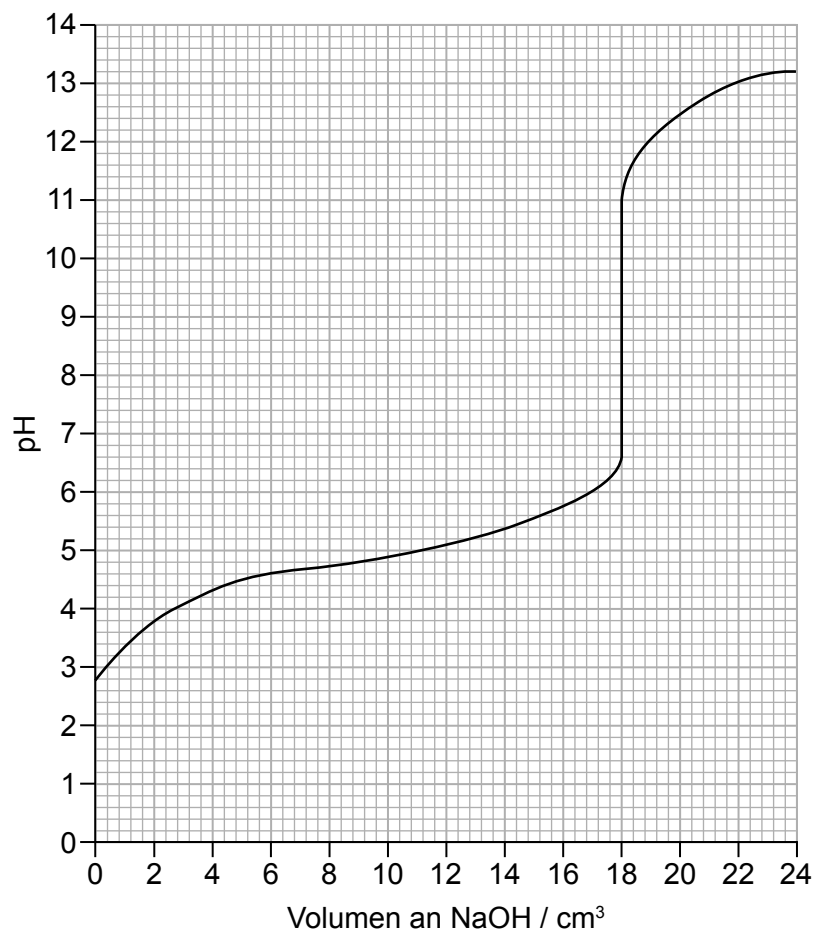
.....

.....



5. Organische Säuren sind schwache Säuren.

- (a) Eine Probe mit $20,00\text{ cm}^3$ einer schwachen monoprotischen Säure mit einer Konzentration von $0,150\text{ mol dm}^{-3}$ wurde mit einer Natriumhydroxid-Lösung (NaOH(aq)) titriert und ergab die folgende pH-Kurve.



- (i) Bestimmen Sie die Konzentration in mol dm^{-3} der für die Titration verwendeten NaOH(aq) .

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

(Auf die vorliegende Frage wird auf der nächsten Seite weiter eingegangen)



(Fortsetzung Frage 5)

- (ii) Bestimmen Sie unter Verwendung der Grafik den pK_a der schwachen Säure. [1]

.....

.....

.....

- (iii) Umreißen Sie, warum Phenolphthalein als Säure-Base-Indikator verwendet werden kann. [1]

.....

.....

.....

.....

.....

- (iv) Umreißen Sie, warum Phenolphthalein für diese Titration geeignet ist. Verwenden Sie den Abschnitt 22 des Datenhefts. [1]

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Umreißen Sie, wie Proben der schwachen Säure und einer starken Säure mit derselben Konzentration voneinander unterschieden werden können. [2]

Methode:

.....

Beobachtung:

.....

(Auf die vorliegende Frage wird auf der nächsten Seite weiter eingegangen)



(Fortsetzung Frage 5)

(c) Der K_w -Wert von reinem Wasser ist $1,00 \times 10^{-14}$ bei 25 °C.

(i) Schlagen Sie vor, warum der K_w -Wert von reinem Wasser mit steigender Temperatur zunimmt.

[1]

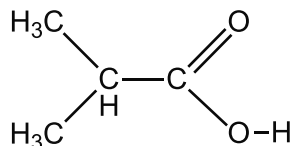
.....

(ii) Berechnen Sie den pH- und den pOH-Wert von reinem Wasser bei 60 °C. Verwenden Sie den Abschnitt 23 des Datenhefts.

[2]

.....

(d) Isobuttersäure (IUPAC-Name: 2-Methylpropansäure) und ihre Ester kommen in vielen Lebensmitteln vor.



(i) Prognostizieren Sie die Anzahl der Signale und das Verhältnis der Flächen unter den Signalen in dem ^1H -NMR-Spektrum von Isobuttersäure (IUPAC-Name: 2-Methylpropansäure).

[2]

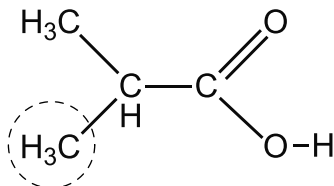
Anzahl der Signale:
 Verhältnis der Flächen:

(Auf die vorliegende Frage wird auf der nächsten Seite weiter eingegangen)



(Fortsetzung Frage 5)

- (ii) Prognostizieren Sie das Aufspaltungsmuster des Signals der Wasserstoffatome an dem eingekreisten Kohlenstoffatom in Isobuttersäure (IUPAC-Name: 2-Methylpropansäure). [1]



.....

- (iii) Umreißen Sie, warum Tetramethylsilan (TMS) häufig als Referenzstandard in der ^1H -NMR-Spektroskopie verwendet wird. [1]

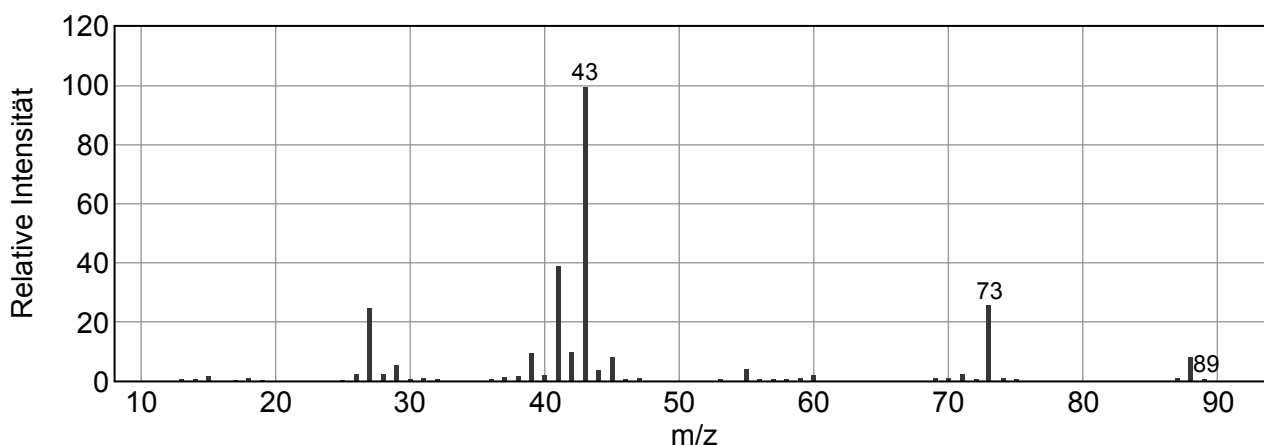
.....

(Auf die vorliegende Frage wird auf der nächsten Seite weiter eingegangen)



(Fortsetzung Frage 5)

- (e) Das Massenspektrum von Isobuttersäure (IUPAC-Name: 2-Methylpropansäure) ist dargestellt.



- (i) Die Molmasse von Isobuttersäure (IUPAC-Name: 2-Methylpropansäure) ist $88,12 \text{ g mol}^{-1}$. Schlagen Sie vor, warum ein kleines Signal mit m/z 89 vorhanden ist.

[1]

.....

- (ii) Identifizieren Sie die Fragmente mit m/z 73 und 43. Verwenden Sie den Abschnitt 28 des Datenhefts.

[2]

m/z 73:
 m/z 43:

(Auf die vorliegende Frage wird auf der nächsten Seite weiter eingegangen)



(Fortsetzung Frage 5)

- (f) Prognostizieren Sie die Wellenzahl einer Absorption (außer einer durch die C–H-Bindung verursachten) in dem IR-Spektrum von Isobuttersäure (IUPAC-Name: 2-Methylpropansäure). Verwenden Sie den Abschnitt 26 des Datenhefts. [1]

.....

- (g) Isobuttersäure (IUPAC-Name: 2-Methylpropansäure) reagiert mit Ethanol in Gegenwart von konzentrierter H_2SO_4 als Katalysator. Leiten Sie die Strukturformel und die empirische Formel des organischen Produkts ab. [3]

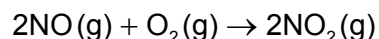
Strukturformel:

Empirische Formel:



6. NO_2 ist ein braunes Gas, das in photochemischem Smog vorkommt.

(a) NO_2 bildet sich durch die Reaktion von NO und O_2 in der Atmosphäre.



(i) Schlagen Sie eine Methode zur Messung der Reaktionsrate vor. [1]

.....

.....

.....

(ii) Bestimmen Sie die Reaktionsordnung für jeden Reaktanten und die Geschwindigkeitsgleichung. [2]

Experiment	$[\text{NO}] / \text{mol dm}^{-3}$	$[\text{O}_2] / \text{mol dm}^{-3}$	Anfangsgeschwindigkeit / $\text{mol dm}^{-3} \text{s}^{-1}$
1	0,020	0,010	0,028
2	0,020	0,020	0,057
3	0,040	0,020	0,227

.....

.....

.....

.....

.....

(iii) Bestimmen Sie den Wert und die Einheiten der Geschwindigkeitskonstante k unter Verwendung der Daten aus Experiment 3. [2]

.....

.....

(Auf die vorliegende Frage wird auf der nächsten Seite weiter eingegangen)



(Fortsetzung Frage 6)

- (b) NO_2 kann mit Metallen wie Kupfer und Magnesium Komplexe bilden. Beschreiben Sie die Bindung in dem Komplex und die Rolle des NO_2 in Bezug auf Säure und Base. [2]

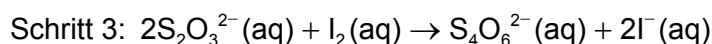
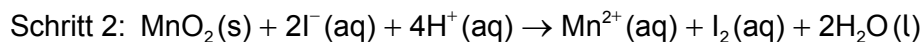
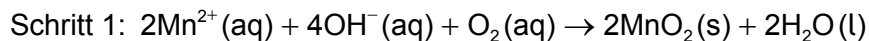
Bindungstyp:

Rolle des NO_2 :



7. Die Winkler-Methode wird verwendet, um die Konzentration von Sauerstoff in Wasser zu bestimmen.

200 cm³ Wasser wurden aus einem Fluss entnommen und mit dieser Methode analysiert. Im Folgenden sind die stattfindenden Reaktionen zusammengefasst.



- (a) Identifizieren Sie mit einer Begründung die Spezies, die in Schritt 1 reduziert wird. [1]

.....

- (b) $4,8 \times 10^{-3}$ mol von I[−] wurden in Schritt 3 gebildet. Bestimmen Sie die Anzahl der Mole von O₂ in der Wasserprobe. [1]

.....

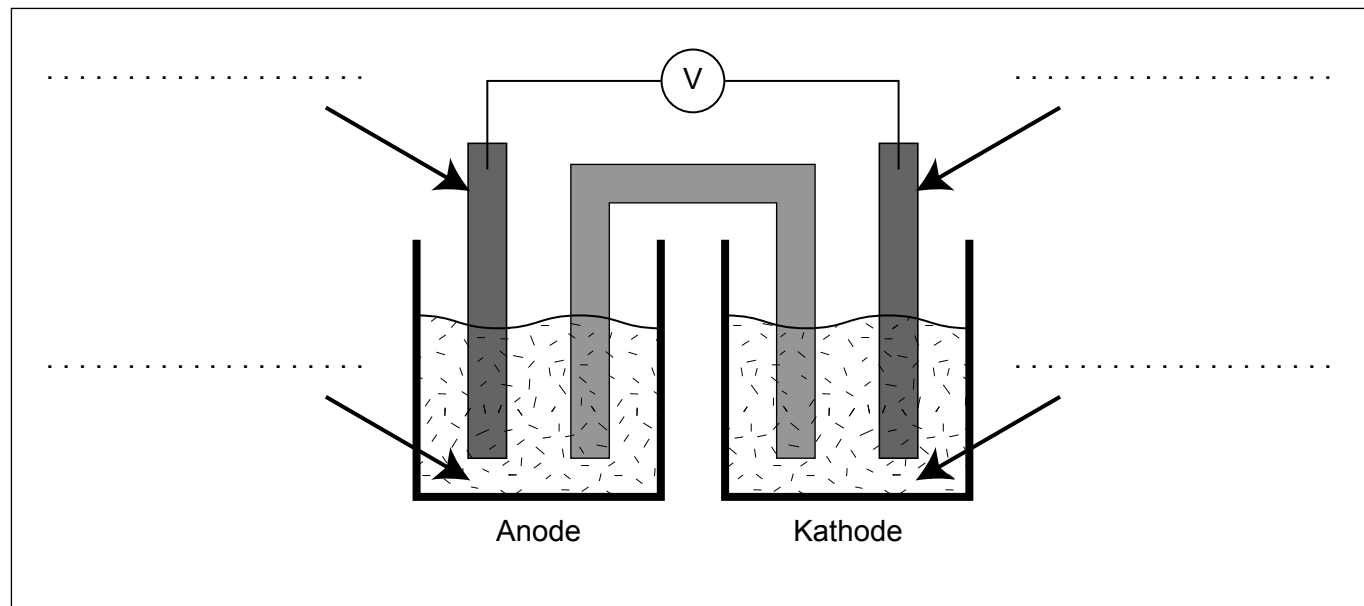
- (c) Berechnen Sie die Konzentration des Sauerstoffs in g dm^{−3} in der Wasserprobe. Falls Sie keine Antwort auf die Aufgabe (b) gefunden haben, verwenden Sie $2,0 \times 10^{-3}$ mol, obwohl dies nicht die richtige Antwort ist. [1]

.....



8. Eine galvanische Zelle wird aus einer Nickel-Elektrode (Ni(s)), einer Silber-Elektrode (Ag(s)) und Lösungen von Nickelnitrat ($\text{Ni}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$) und Silbernitrat ($\text{AgNO}_3(\text{aq})$) hergestellt.

- (a) Beschriften Sie das Diagramm mit den Elektroden und den Elektrolyten und der Richtung des Elektronenflusses. Verwenden Sie Abschnitt 24 oder 25 des Datenhefts. [2]



- (b) Umreißen Sie, warum eine Salzbrücke eingebaut werden muss, um die beiden Halbzellen zu verbinden. [1]

.....

.....

.....



Disclaimer:

Die bei IB-Prüfungen verwendeten Inhalte entstammen Originalwerken von Dritten. Die in ihnen geäußerten Meinungen sind die der jeweiligen Autoren und/oder Herausgeber und geben nicht notwendigerweise die Ansichten von IB wieder.

Quellenangaben:

- 5.(e)** Mit freundlicher Genehmigung. © Vereinigte Staaten von Amerika, vertreten durch den Handelsminister (Secretary of Commerce).
- 6.(a)(ii)** Vitz, E., Moore, J.W., Shorb, J., Prat-Resina, X., Wendorff, T. und Hahn, A., o.D. *18.3: The Rate Equation*. [Online] Verfügbar unter: [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/General_Chemistry/ChemPRIME_\(Moore_et_al.\)/18%3A_Chemical_Kinetics/18.03%3A_18.2-The_Rate_Equation](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/General_Chemistry/ChemPRIME_(Moore_et_al.)/18%3A_Chemical_Kinetics/18.03%3A_18.2-The_Rate_Equation) [Abgerufen am 5. Oktober 2023]. Quelle bearbeitet.

Alle anderen Texte, Grafiken und Illustrationen © International Baccalaureate Organization 2024



24EP24