

© International Baccalaureate Organization 2022

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 2022

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, 2022

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**

Mittwoch, 9. November 2022 (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. Ammoniumnitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) wird als Dünger mit hohem Stickstoffgehalt eingesetzt.

(a) Berechnen Sie den Prozentanteil der Masse des Stickstoffs in Ammoniumnitrat. Verwenden Sie den Abschnitt 6 des Datenhefts.

[1]

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

(b) Geben Sie mit einer Begründung an, ob das Ammoniumion eine Brønsted-Lowry-Säure oder -Base ist.

[1]

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

(c) Eine  $0,20 \text{ mol dm}^{-3}$  Lösung von Ammoniumnitrat wird hergestellt.

(i) Berechnen Sie den pH-Wert einer Ammoniumnitrat-Lösung mit  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,07 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$ . Verwenden Sie den Abschnitt 1 des Datenhefts.

[1]

.....  
.....

(ii) Ammoniumnitrat wird mit Natriumhydroxid neutralisiert. Schreiben Sie die Gleichung für die Reaktion.

[1]

.....  
.....

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



**(Fortsetzung Frage 1)**

- (iii) Eine  $20,00 \text{ cm}^3$  Probe der  $0,20 \text{ mol dm}^{-3}$  Ammoniumnitrat-Lösung wird mit einer  $0,20 \text{ mol dm}^{-3}$  Natriumhydroxid-Lösung titriert. Bestimmen Sie den pH-Wert am Äquivalenzpunkt auf **zwei** Dezimalstellen unter Verwendung von Abschnitt 1 und 21 des Datenhefts. [4]

.....

.....

.....

.....

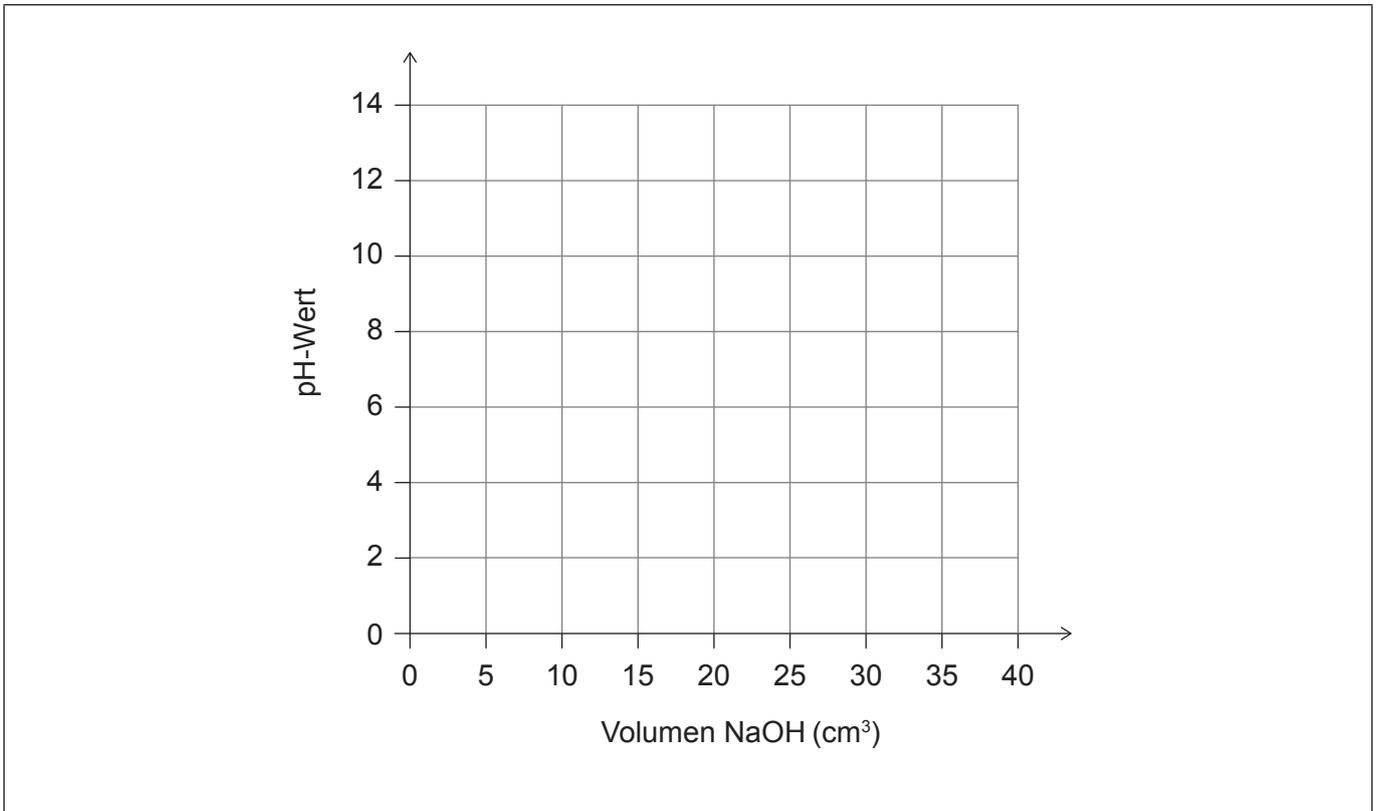
.....

.....

.....

.....

- (iv) Skizzieren Sie die pH-Kurve, die das Ergebnis der Titration einer  $0,20 \text{ mol dm}^{-3}$  Ammoniumnitrat-Lösung mit Natriumhydroxid wäre. [2]



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



28EP03

**Bitte umblättern**

**(Fortsetzung Frage 1)**

- (v) Geben Sie mit einer Begründung an, ob Bromthymolblau ein geeigneter Indikator für diese Titration ist. Verwenden Sie den Abschnitt 22 des Datenhefts. [1]

.....

.....

- (d) Kältepacks enthalten Ammoniumnitrat und Wasser, beide Stoffe sind durch eine Membran getrennt.
  - (i) Die Masse der Inhaltsstoffe des Kältepacks ist 25,32 g und seine Ausgangstemperatur ist 25,2 °C. Sobald die Inhaltsstoffe gemischt werden, sinkt die Temperatur auf 0,8 °C.

Berechnen Sie die Energie in J, die durch das Auflösen von Ammoniumnitrat in Wasser in dem Kältepack absorbiert wird. Gehen Sie davon aus, dass die spezifische Wärmekapazität der Lösung  $4,18 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$  ist. Verwenden Sie den Abschnitt 1 des Datenhefts.

[1]

.....

.....

.....

- (ii) Bestimmen Sie die Masse des Ammoniumnitrats in dem Kältepack unter Verwendung Ihrer Antwort auf die Aufgabe (d)(i) und der Abschnitte 6 und 19 des Datenhefts.

Falls Sie keine Antwort auf die Aufgabe (d)(i) gefunden haben, verwenden Sie  $3,11 \times 10^3 \text{ J}$ , obwohl dies nicht die richtige Antwort ist.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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



28EP04

**(Fortsetzung Frage 1)**

- (iii) Die absolute Unsicherheit bei der Masse der Inhaltsstoffe des Kältepacks ist  $\pm 0,01$  g, und bei jedem Temperaturmesswert beträgt sie  $\pm 0,2$  °C. Berechnen Sie unter Verwendung Ihrer Antwort auf die Aufgabe (d)(ii) die absolute Unsicherheit der Masse des Ammoniumnitrats in dem Kältepack.

Falls Sie keine Antwort auf die Aufgabe (d)(ii) gefunden haben, verwenden Sie 6,55 g, obwohl dies nicht die richtige Antwort ist.

[3]

.....

.....

.....

.....

- (iv) Das Kältepack enthält 9,50 g Ammoniumnitrat. Berechnen Sie den prozentualen Fehler bei der experimentell in Aufgabe (d)(ii) bestimmten Masse des Ammoniumnitrats.

Falls Sie keine Antwort auf die Aufgabe (d)(ii) gefunden haben, verwenden Sie 6,55 g, obwohl dies nicht die richtige Antwort ist.

[1]

.....

.....

.....

.....

- (v) Berechnen Sie die Standardentropieänderung  $\Delta S^\ominus$  für das Auflösen des Ammoniumnitrats.

[1]

$$S^\ominus \text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s}) = 151,1 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$S^\ominus \text{NH}_4\text{NO}_3(\text{aq}) = 259,8 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

.....

.....

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



28EP05

Bitte umblättern

**(Fortsetzung Frage 1)**

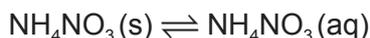
- (vi) Berechnen Sie die Änderung der Standard-Gibbs-Energie  $\Delta G^\ominus$  in  $\text{kJ mol}^{-1}$  für das Auflösen des Ammoniumnitrats bei 298 K. Verwenden Sie die Abschnitte 1 und 19 des Datenhefts und Ihre Antwort auf die Aufgabe (d)(v).

Falls Sie keine Antwort auf die Aufgabe (d)(v) gefunden haben, verwenden Sie  $102,3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ , obwohl dies nicht die richtige Antwort ist.

[1]

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

- (vii) Berechnen Sie den Wert der Gleichgewichtskonstante für das Auflösen des Ammoniumnitrats bei 298 K unter Verwendung Ihrer Antwort auf die Aufgabe (d)(vi) und von Abschnitt 1 des Datenhefts.



Falls Sie keine Antwort auf die Aufgabe (d)(vi) gefunden haben, verwenden Sie  $-7,84 \text{ kJ/mol}$ , obwohl dies nicht die richtige Antwort ist.

[2]

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

- (viii) Leiten Sie die Lage des Gleichgewichts mit einer Begründung ab.

[1]

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

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



**(Fortsetzung Frage 1)**

- (e) Prognostizieren Sie unter Verwendung der angegebenen Werte die Reaktion, die an der Anode und der Kathode bei der Elektrolyse einer wässrigen Ammoniumnitrat-Lösung mit Graphitelektroden stattfinden würde. [2]

	$E^\ominus / \text{V}$
$\frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+1,23
$\text{NO}_3^-(\text{aq}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightarrow \text{NO}(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+0,96
$\text{H}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \frac{1}{2} \text{H}_2(\text{g})$	0,00

Anode: .....

.....

Kathode: .....

.....

- (f) Festes Ammoniumnitrat kann sich zu gasförmigem Distickstoffmonoxid und flüssigem Wasser zersetzen.

- (i) Schreiben Sie die chemische Gleichung für diese Zersetzung. [1]

.....

.....

- (ii) Berechnen Sie das Volumen des unter Standardbedingungen (STP) produzierten Distickstoffmonoxids, wenn sich eine Probe von 5,00 g Ammoniumnitrat zersetzt. Verwenden Sie den Abschnitt 2 des Datenhefts. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

**(Auf die vorliegende Frage wird auf Seite 9 weiter eingegangen)**



28EP07

Bitte umblättern

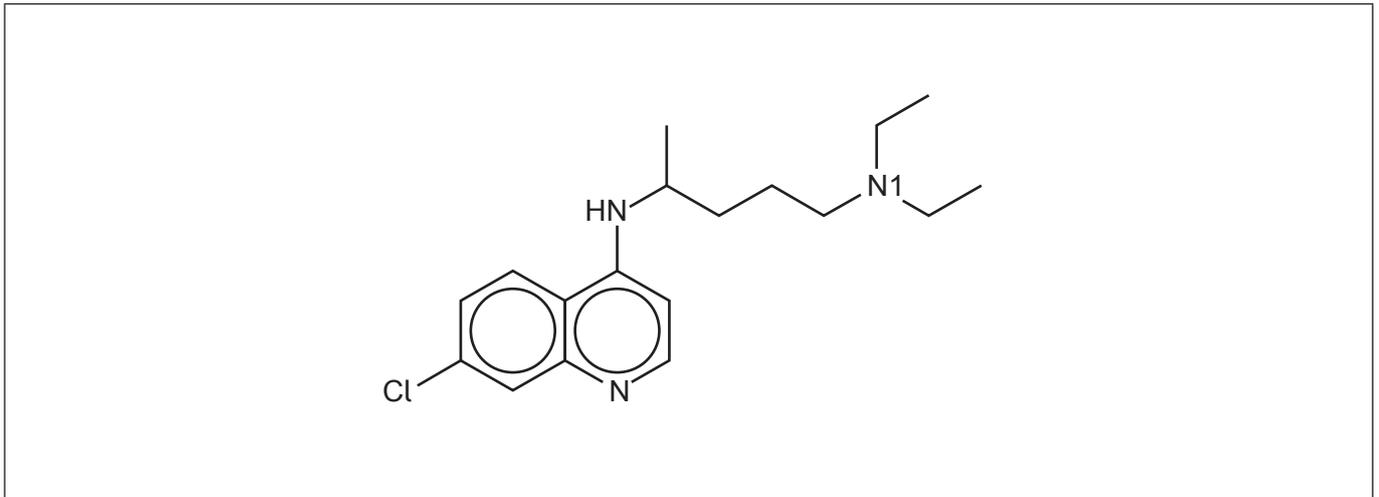
Bitte schreiben Sie **nicht** auf dieser Seite.  
Antworten, die auf dieser Seite geschrieben  
werden, werden nicht bewertet.



28EP08



2. Chloroquin ist ein Medikament für die Vorbeugung und Behandlung von Malaria.



(a) Zeichnen Sie einen Kreis um die sekundäre Aminogruppe des Chloroquins. [1]

(b) Geben Sie die Anzahl der  $sp^2$ -hybridisierten Kohlenstoffatome im Chloroquin an. [1]

.....

(c) Bestimmen Sie den Index des Wasserstoffmangels (IHD) von Chloroquin. [1]

.....  
.....

(d) Vergleichen Sie mit einer Begründung die Länge der Kohlenstoff-Stickstoff-Bindung in dem Ring mit der Länge der Kohlenstoff-N1-Bindung. [1]

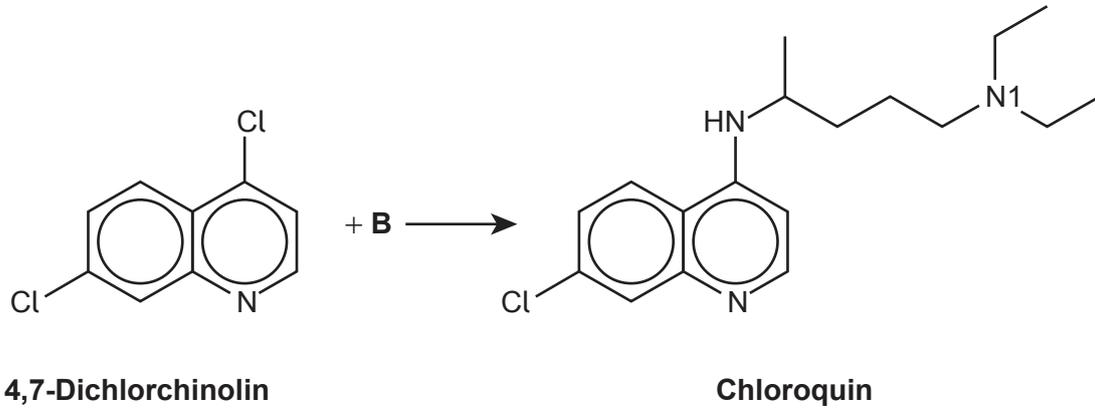
.....  
.....

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



(Fortsetzung Frage 2)

- (e) Chloroquin kann durch die Reaktion von 4,7-Dichlorchinolin mit einem anderen Reaktanten **B** synthetisiert werden.



- (i) Leiten Sie die Struktur von **B** ab.

[2]

- (ii) Diese Reaktion kann mit einem Kupfer-Katalysator durchgeführt werden. Geben Sie die Elektronenkonfiguration von Kupfer im Grundzustand an.

[1]

.....

.....

(Auf die vorliegende Frage wird auf Seite 13 weiter eingegangen)



28EP11

Bitte umblättern

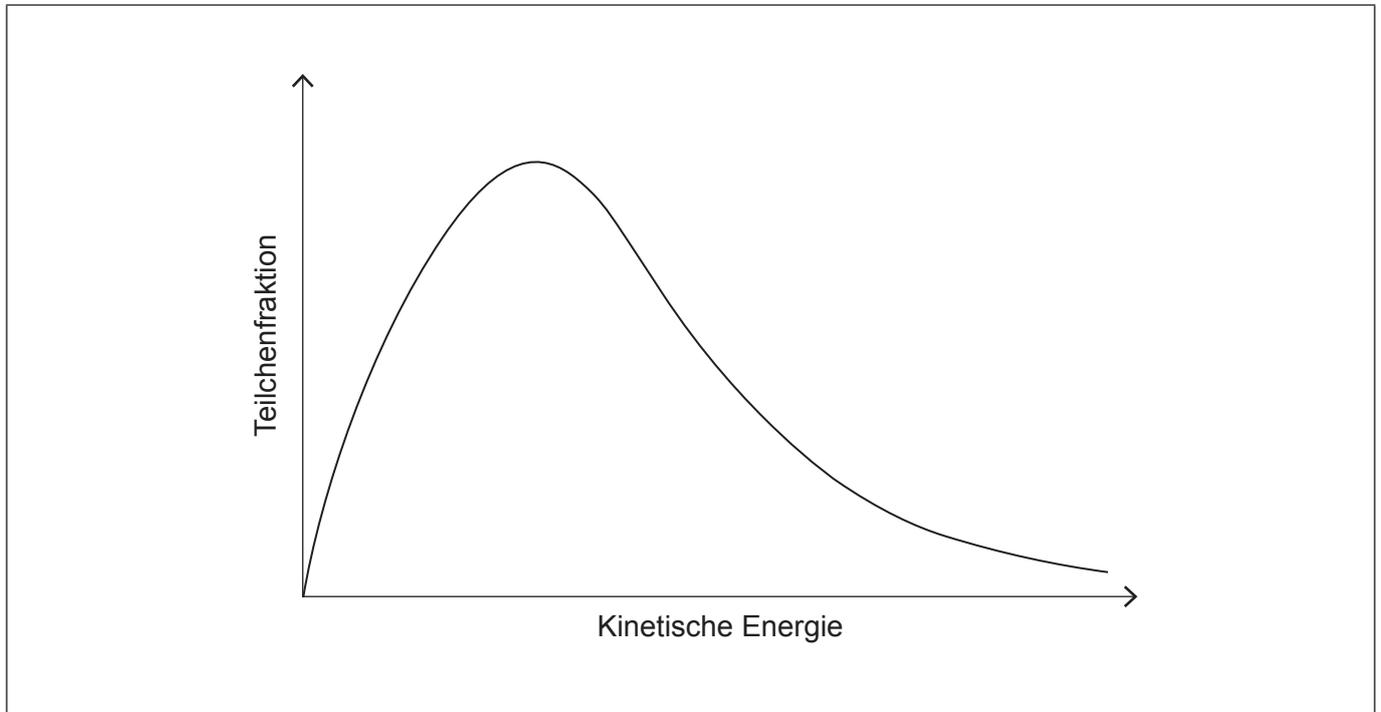
Bitte schreiben Sie **nicht** auf dieser Seite.  
Antworten, die auf dieser Seite geschrieben  
werden, werden nicht bewertet.



28EP12

(Fortsetzung Frage 2)

- (iii) Kommentieren Sie die Kurve für die Maxwell-Boltzmann-Energieverteilung mit Darstellung der Aktivierungsenergien  $E_a$  für die katalysierte und für die nicht katalysierte Reaktion. [1]



- (iv) Erklären Sie die Wirkung eines Katalysators auf eine chemische Reaktion unter Bezugnahme auf die Kurve für die Maxwell-Boltzmann-Energieverteilung. [1]

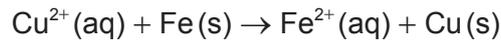
.....  
.....  
.....



28EP13

Bitte umblättern

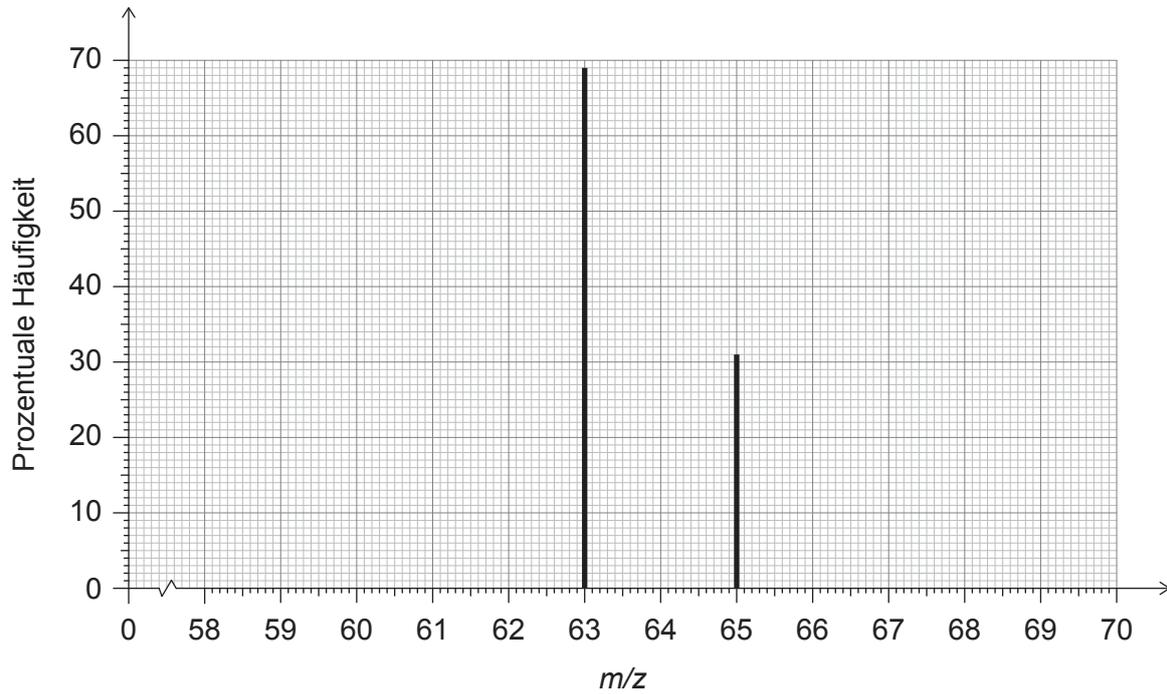
3. Betrachten Sie die folgende Reaktion:



(a) Geben Sie die Elektronenkonfiguration von  $\text{Fe}^{2+}$  im Grundzustand an. [1]

.....  
.....

(b) Das Massenspektrum von Kupfer ist dargestellt:



Zeigen Sie, wie die relative Atommasse des Kupfers von 63,62 aus diesem Massenspektrum ermittelt werden kann. [1]

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

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



**(Fortsetzung Frage 3)**

- (c) Prognostizieren Sie mit einer Begründung, ob Cu oder  $\text{Cu}^{2+}$  die höhere Ionisierungsenergie hat.

[1]

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

- (d) Bestimmen Sie die Häufigkeit in  $\text{s}^{-1}$  für ein Photon, das die erste Ionisierung von Kupfer hervorruft. Verwenden Sie die Abschnitte 1, 2 und 8 des Datenhefts.

[2]

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

- (e) Umreißen Sie die magnetischen Eigenschaften von Eisen, indem Sie auf seine Elektronenkonfiguration Bezug nehmen.

[2]

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

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

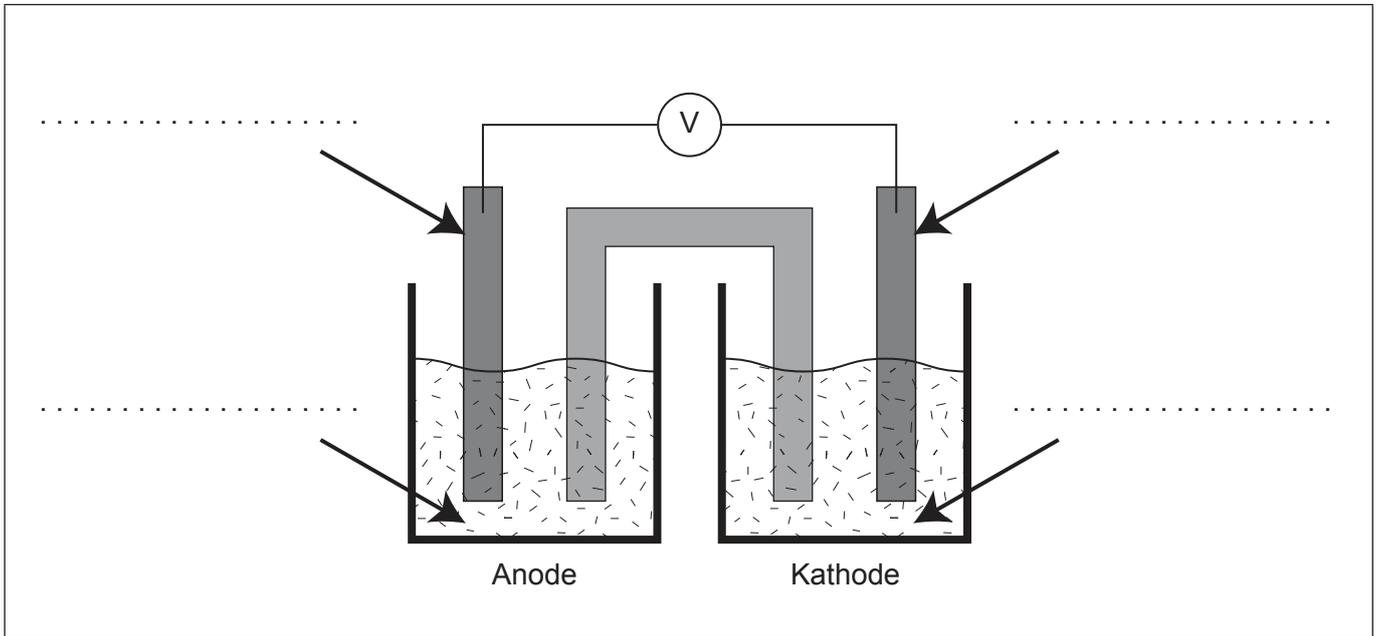
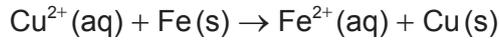


28EP15

Bitte umblättern

(Fortsetzung Frage 3)

(f) Das Diagramm zeigt eine unbeschriftete galvanische Zelle für die folgende Reaktion:



- (i) Beschriften Sie das Diagramm mit den Spezies aus der Gleichung und der Richtung des Elektronenflusses. [2]
- (ii) Schreiben Sie die Halbgleichung der Reaktion, die an der Anode (negative Elektrode) stattfindet. [1]

.....

.....

- (iii) In dem Diagramm ist auch eine Salzbrücke dargestellt, die mit einer gesättigten Lösung von  $\text{KNO}_3$  gefüllt ist. Umreißen Sie die Funktion der Salzbrücke. [1]

.....

.....

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



**(Fortsetzung Frage 3)**

- (iv) Prognostizieren Sie die Bewegung **aller** Ionenspezies durch die Salzbrücke. [2]

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

- (v) Berechnen Sie das Standard-Zellpotenzial in V für diese Zelle. Verwenden Sie den Abschnitt 24 des Datenhefts. [1]

.....  
.....

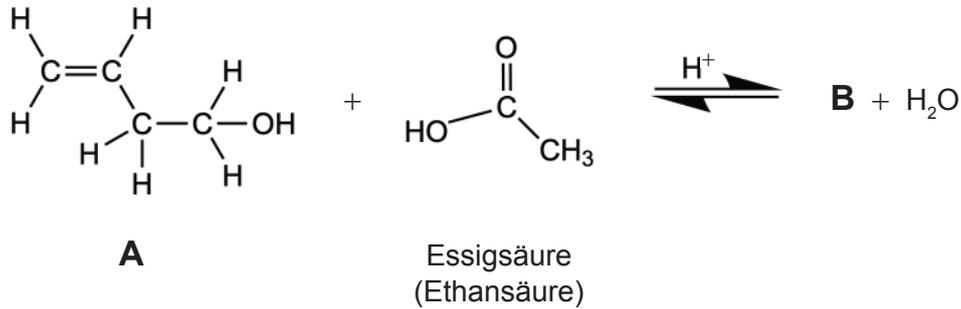
- (vi) Berechnen Sie die Änderung der Standard-Gibbs-Energie **in kJ** für die Zelle. Verwenden Sie Ihre Antwort auf die Aufgabe (f)(v) und die Abschnitte 1 und 2 des Datenhefts.

Falls Sie keine Antwort auf die Aufgabe (f)(v) gefunden haben, verwenden Sie 0,68V, obwohl dies nicht die richtige Antwort ist. [1]

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



4. Eine organische Verbindung **A** reagiert mit Essigsäure (IUPAC-Name: Ethansäure) zu **B** unter Verwendung von konzentrierter Schwefelsäure (IUPAC-Name: Dihydrogensulfat) als Katalysator.



- (a) (i) Leiten Sie die Strukturformel und die empirische Formel von **B** ab. [3]

Strukturformel:

Empirische Formel: .....

- (ii) Erklären Sie unter Bezugnahme auf das Prinzip von Le Chatelier die Auswirkung auf die Ausbeute der Reaktion, wenn verdünnte anstelle von konzentrierter Schwefelsäure (IUPAC-Name: Dihydrogensulfat) als Katalysator verwendet wird. [2]

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

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



**(Fortsetzung Frage 4)**

- (iii) Erklären Sie unter Bezugnahme auf intermolekulare Kräfte, warum **B** flüchtiger ist als **A**. [2]

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

- (b) Verbindung **A** kann auch mit Brom reagieren. Beschreiben Sie die beobachtete Veränderung, wenn **A** mit Brom reagiert. [1]

.....  
.....



5. Lignit, eine Art von Kohle, hat einen Schwefel-Massenanteil von ungefähr 0,40%.

(a) Berechnen Sie die Menge des produzierten Schwefeldioxids in mol, wenn 500,0g Lignit verbrannt werden. [2]



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

(b) Schreiben Sie eine Gleichung, die zeigt, wie Schwefeldioxid sauren Regen bilden kann. [1]

.....  
.....

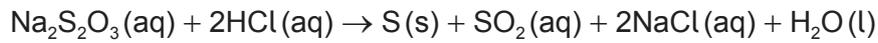
(c) Leiten Sie die Lewis-Struktur (Elektronenformel) von Schwefeldioxid ab. [1]

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

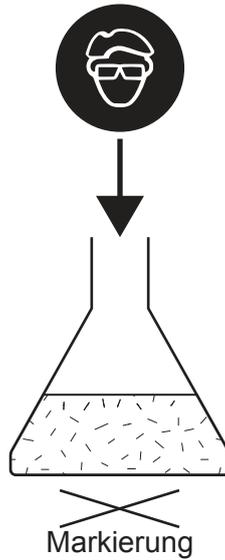


**(Fortsetzung Frage 5)**

- (d) Natriumthiosulfat reagiert mit Salzsäure (IUPAC-Name: Chlorwasserstoffsäure/ Hydrogenchlorid) wie folgt:



Durch den Schwefelniederschlag wird die Mischung trüb, so dass eine Markierung unterhalb der Reaktionsmischung mit der Zeit unsichtbar wird.



Schlagen Sie **zwei** Variablen vor, außer der Konzentration, die kontrolliert werden sollten, wenn die relativen Raten bei verschiedenen Temperaturen verglichen werden. [2]

.....

.....

.....

.....

- (e) Erörtern Sie **zwei** verschiedene Möglichkeiten, um die Umweltauswirkungen durch die Energieproduktion aus Kohle zu verringern. [2]

.....

.....

.....

.....

**(Auf die vorliegende Frage wird auf Seite 23 weiter eingegangen)**



28EP21

Bitte umblättern

Bitte schreiben Sie **nicht** auf dieser Seite.

Antworten, die auf dieser Seite geschrieben  
werden, werden nicht bewertet.



28EP22

**(Fortsetzung Frage 5)**

- (f)  $\text{SF}_4\text{Cl}_2$  kann zwei Isomere bilden, von denen eins polar ist und das andere unpolar.  
Leiten Sie die 3-dimensionalen Keilstrichformeln der beiden Isomere von  $\text{SF}_4\text{Cl}_2$  ab. [2]

Unpolares Isomer:

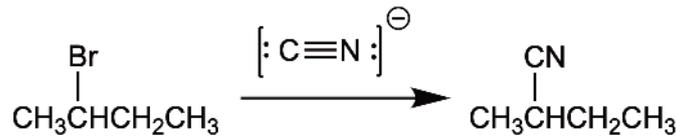
Polares Isomer:



28EP23

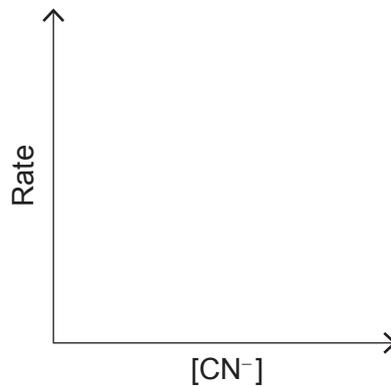
Bitte umblättern

6. 2-Brombutan kann mit Cyanid (CN<sup>-</sup>) in einer nukleophilen Substitutionsreaktion reagieren.

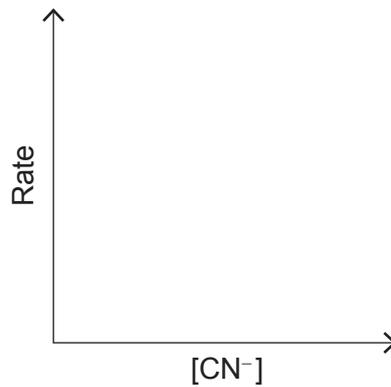


- (a) Diese Reaktion kann in Abhängigkeit von den Reaktionsbedingungen entweder durch einen S<sub>N</sub>1- oder durch einen S<sub>N</sub>2-Mechanismus erfolgen. Skizzieren Sie eine Grafik der Rate gegen die Konzentration des Nukleophilen ([CN<sup>-</sup>]) für jeden der beiden Mechanismen. [2]

S<sub>N</sub>1-Mechanismus:



S<sub>N</sub>2-Mechanismus:



- (b) Schlagen Sie mit einer Begründung vor, ob die Reaktion nach dem S<sub>N</sub>1- oder nach dem S<sub>N</sub>2-Mechanismus abläuft, wenn nur ein Stereoisomer als Produkt entsteht. [1]

.....  
.....

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



28EP24

**(Fortsetzung Frage 6)**

- (c) Geben Sie ein Instrument an, das verwendet werden könnte, um zu bestimmen, ob das Produkt aus nur einem Enantiomer oder aus einem racemischen Gemisch besteht. [1]

.....

- (d)  $S_N1$ - und  $S_N2$ -Reaktionen werden am besten in unterschiedlichen Arten von Lösungsmitteln durchgeführt. Identifizieren Sie **zwei** Eigenschaften eines Lösungsmittels, das am besten für den in (b) vorgeschlagenen Mechanismus geeignet ist. [1]

.....  
.....

- (e) Geben Sie mit einer Begründung an, wie sich die Rate der Reaktion von Cyanid mit 2-Chlorbutan von der Rate der Reaktion von Cyanid mit 2-Brombutan unter denselben Bedingungen unterscheidet. [1]

.....  
.....

- (f) 2-Brombutan reagiert mit Hydroxid über denselben Mechanismus wie den, der in Aufgabe (b) identifiziert wurde. Erklären Sie diesen Mechanismus unter Verwendung von gebogenen Pfeilen, um die Bewegung der Elektronenpaare darzustellen. [3]

**(Auf die vorliegende Frage wird auf Seite 27 weiter eingegangen)**



28EP25

**Bitte umblättern**

Bitte schreiben Sie **nicht** auf dieser Seite.  
Antworten, die auf dieser Seite geschrieben  
werden, werden nicht bewertet.

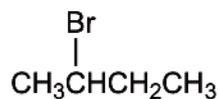


28EP26

**(Fortsetzung Frage 6)**

- (g) (i) Leiten Sie die Anzahl der Signale und das Verhältnis der Flächen unter den Signalen in dem  $^1\text{H-NMR}$ -Spektrum von 2-Brombutan ab.

[2]



Anzahl der Signale:

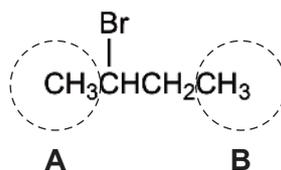
.....

Verhältnis der Flächen:

.....

- (ii) Identifizieren Sie das Aufspaltungsmuster des Signals der Wasserstoffatome an den eingekreisten Kohlenstoffatomen in 2-Brombutan.

[2]



Aufspaltungsmuster des Signals der Wasserstoffatome in Kreis **A**:

.....

Aufspaltungsmuster des Signals der Wasserstoffatome in Kreis **B**:

.....



### **Haftungsausschluss:**

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:**

**3.(b)** WebElements, o.J. *Copper: isotope data* [online] Verfügbar unter <https://www.webelements.com/copper/isotopes.html> [Abgerufen am 6. Oktober 2021].

**Alle anderen Texte, Grafiken und Illustrationen © International Baccalaureate Organization 2022**



28EP28