

© International Baccalaureate Organization 2023

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 2023

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, 2023

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

3. November 2023

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. Ameisensäure (IUPAC-Name: Methansäure,  $\text{HCOOH}$ ) ist die erste Verbindung in der homologen Reihe der Carbonsäuren.

(a) Umreißen Sie, was mit dem Begriff „homologe Reihe“ gemeint ist.

[1]

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

(b) Berechnen Sie den Prozentanteil der Masse des Sauerstoffs in Ameisensäure (IUPAC-Name: Methansäure).

[2]

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

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



**(Fortsetzung Frage 1)**

(c) Ameisensäure (IUPAC-Name: Methansäure) und Acetaldehyd (IUPAC-Name: Ethanal,  $\text{CH}_3\text{CHO}$ ) enthalten beide eine Carbonyl-Gruppe und haben ähnliche Molmassen.

(i) Erklären Sie in Bezug auf die stärksten intermolekularen Kräfte zwischen den Molekülen, warum Acetaldehyd (IUPAC-Name: Ethanal) einen viel niedrigeren Siedepunkt als Ameisensäure (IUPAC-Name: Methansäure) hat.

[2]

.....

.....

.....

.....

(ii) Umreißen Sie, warum Acetaldehyd (IUPAC-Name: Ethanal) und Ameisensäure (IUPAC-Name: Methansäure) beide vollständig mit Wasser mischbar sind.

[1]

.....

.....

.....

(iii) Prognostizieren Sie mit einer Erklärung die relative elektrische Leitfähigkeit von Lösungen von Ameisensäure (IUPAC-Name: Methansäure), Acetaldehyd (IUPAC-Name: Ethanal) und Salzsäure (IUPAC-Name: Chlorwasserstoffsäure/ Hydrogenchlorid) mit der gleichen Konzentration.

[3]

Relative elektrische Leitfähigkeit: \_\_\_\_\_ < \_\_\_\_\_ < \_\_\_\_\_

Erklärung: .....

.....

.....

.....

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



**(Fortsetzung Frage 1)**

(d) Ameisensäure (IUPAC-Name: Methansäure) wirkt als schwache monobasische Säure in wässriger Lösung.

- (i) 2,00 dm<sup>3</sup> einer Ameisensäurelösung (IUPAC-Name: Methansäure) wurden hergestellt, und für 25,0 cm<sup>3</sup> dieser Lösung wurden genau 20,7 cm<sup>3</sup> 0,100 mol dm<sup>-3</sup> wässriges Natriumhydroxid benötigt, um dies vollständig in Natriumformiat (IUPAC-Name: Natriummethanoat, HCOONa) umzuwandeln. Berechnen Sie die Masse der Ameisensäure (IUPAC-Name: Methansäure), die für die Herstellung der Lösung verwendet wurde.

[2]

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

- (ii) Bestimmen Sie den pH-Wert der Ameisensäurelösung (IUPAC-Name: Methansäure). Verwenden Sie den Abschnitt 21 des Datenhefts.

[3]

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

- (iii) Prognostizieren Sie unter Verwendung einer Gleichung, ob der pH-Wert der Lösung des gebildeten Natriumformiats (IUPAC-Name: Natriummethanoat) höher als, niedriger als oder gleich 7 ist.

[2]

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

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



**(Fortsetzung Frage 1)**

- (iv) Erklären Sie, warum die beiden Kohlenstoff-Sauerstoff-Bindungen in dem Formiat-Ion (IUPAC-Name: Methanoat) gleich lang sind, und vergleichen Sie ihre Länge mit den Kohlenstoff-Sauerstoff-Bindungen in Ameisensäure (IUPAC-Name: Methansäure).

[2]

.....

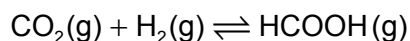
.....

.....

.....



2. Ameisensäure (IUPAC-Name: Methansäure) kann durch die Hydrierung von Kohlendioxid entsprechend dem folgenden Gleichgewicht produziert werden:



- (a) Erklären Sie, warum dieser Prozess in den letzten Jahren umfassend erforscht wurde. [2]

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

- (b) Geben Sie den Ausdruck für die Gleichgewichtskonstante für diese Reaktion an. [1]

.....  
 .....

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



**(Fortsetzung Frage 2)**

(c) Bindungsenthalpien sind eine nützliche Methode, um die ungefähren Enthalpieänderungen für Reaktionen festzustellen.

(i) Bestimmen Sie die Enthalpieänderung  $\Delta H^\ominus$  dieser Reaktion unter Verwendung von Abschnitt 11 des Datenhefts.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(ii) Bestimmen Sie unter der Annahme von 0,1 % Unsicherheit für jede Bindungsenthalpie die resultierende prozentuale Unsicherheit der berechneten Enthalpieänderung der Reaktion.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(iii) Bindungsenthalpien sind meistens nur ungefähre Werte. Identifizieren Sie, welche der Bindungsenthalpien, die Sie gerade verwendet haben, ein genauer Wert ist, und nennen Sie einen Grund für Ihre Wahl.

[1]

.....

.....

.....

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





**(Fortsetzung Frage 2)**

- (d) Schlagen Sie vor, warum die Temperatur eine sehr geringe Auswirkung auf die Gleichgewichtskonstante hat.

[1]

.....

.....

- (e) Berechnen Sie die Änderung der Standardentropie  $\Delta S^\ominus$  der Reaktion. Verwenden Sie Daten aus Abschnitt 12 des Datenhefts und die angegebenen Werte:

[1]

	$\text{H}_2(\text{g})$	$\text{HCOOH}(\text{g})$
$S^\ominus$	$130,7 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$	$251,0 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

.....

.....

.....

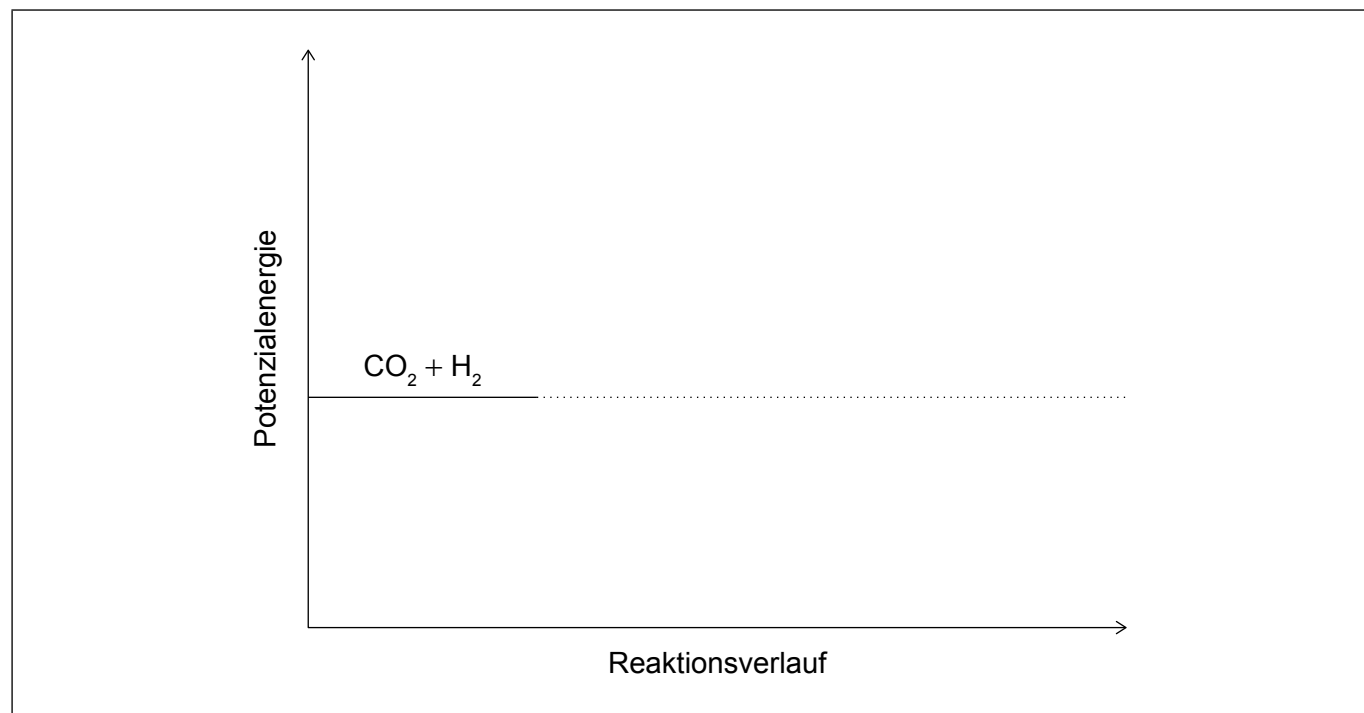
.....

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



(Fortsetzung Frage 2)

- (f) Die Umwandlung von Kohlendioxid in Ameisensäure (IUPAC-Name: Methansäure) wird normalerweise mit einem auf Iridium basierenden Katalysator durchgeführt.
- (i) Skizzieren Sie auf den vorgezeichneten Achsen Energieprofile der Reaktion mit und ohne einen Katalysator, und stellen Sie  $\Delta H$  und die Aktivierungsenergien dar. [3]



- (ii) Geben Sie **eine** Veränderung an, außer der Durchführung der Reaktion mit einem Katalysator bei hoher Temperatur, die die Reaktionsgeschwindigkeit erhöhen würde. [1]

.....

.....

- (g) Bestimmen Sie die Oxidationsstufe des Kohlenstoffs in Ameisensäure (IUPAC-Name: Methansäure). [1]

.....

.....



3. Ameisensäure (IUPAC-Name: Methansäure) kann in Methylformiat (IUPAC-Name: Methylmethanoat,  $\text{HCOOCH}_3$ ) umgewandelt werden.

(a) Geben Sie den Namen des Reagens und des Katalysators an, die benötigt werden. [2]

Reagens: .....

Katalysator: .....

(b) 1,72 g Methylformiat (IUPAC-Name: Methylmethanoat) werden aus 2,83 g Ameisensäure (IUPAC-Name: Methansäure) und einem Überschuss des anderen Reagens gebildet. Bestimmen Sie die prozentuale Ausbeute. [2]

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

(c) Die Umwandlung von Ameisensäure (IUPAC-Name: Methansäure) in Methylformiat (IUPAC-Name: Methylmethanoat) kann durch Veränderungen der Spektren verfolgt werden.

(i) Geben Sie **eine** Ähnlichkeit und **einen** Unterschied an, die Sie in den Infrarotspektren (IR-Spektren) von Ameisensäure (IUPAC-Name: Methansäure) und Methylformiat (IUPAC-Name: Methylmethanoat) im Bereich von  $1500\text{--}3500\text{ cm}^{-1}$  erwarten würden. Verwenden Sie den Abschnitt 26 des Datenhefts. [2]

Ähnlichkeit: .....

.....

Unterschied: .....

.....

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



**(Fortsetzung Frage 3)**

- (ii) Leiten Sie unter Bezugnahme auf die Integralkurve ab, ob das dargestellte  $^1\text{H}$ -NMR-Spektrum das von Ameisensäure (IUPAC-Name: Methansäure) oder das von Methylformiat (IUPAC-Name: Methylmethanoat) ist.

[1]

Aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

.....  
.....

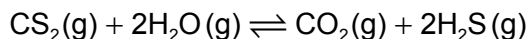
- (d) Geben Sie die Verbindungsklasse an, zu der Methylformiat (IUPAC-Name: Methylmethanoat) gehört.

[1]

.....  
.....



4. Die Gasphasen-Hydrolyse von Kohlenstoffdisulfid ( $\text{CS}_2$ ) findet entsprechend der folgenden Gesamtgleichung statt:



- (a) (i) Berechnen Sie die Enthalpieänderung in dieser Reaktion mit Abschnitt 12 des Datenhefts und den angegebenen Werten:

[2]

	$\text{CS}_2(\text{g})$	$\text{H}_2\text{S}(\text{g})$
$\Delta H_f^\ominus$	$+88,7 \text{ kJ mol}^{-1}$	$-20,6 \text{ kJ mol}^{-1}$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Umreißen Sie, warum Sie erwarten würden, dass die Entropieänderung für diese Reaktion ziemlich gering ist.

[1]

.....

.....

- (iii) Verwenden Sie unter Vernachlässigung jeglicher Entropieänderung Ihre Antwort auf die Aufgabe 4(a)(i) sowie Abschnitt 1 und Abschnitt 2 des Datenhefts, um die Gleichgewichtskonstante  $K_c$  bei 500 K zu schätzen.

(Falls Sie keine Antwort auf die Aufgabe 4(a)(i) gefunden haben, verwenden Sie einen Wert von  $-50,0 \text{ kJ mol}^{-1}$ , obwohl dies nicht die richtige Antwort ist.)

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

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



**(Fortsetzung Frage 4)**

(iv) Die Konzentrationen der an dem Gleichgewicht beteiligten Spezies sind:

<b>CS<sub>2</sub>(g)</b>	<b>H<sub>2</sub>O(g)</b>	<b>CO<sub>2</sub>(g)</b>	<b>H<sub>2</sub>S(g)</b>
0,0400 mol dm <sup>-3</sup>	0,100 mol dm <sup>-3</sup>	$x$ mol dm <sup>-3</sup>	$2x$ mol dm <sup>-3</sup>

Berechnen Sie unter Verwendung Ihrer Antwort auf die Aufgabe 4(a)(iii) den numerischen Wert von  $x$ , der Konzentration von Kohlendioxid im Gleichgewicht.

(Falls Sie keine Antwort auf die Aufgabe 4(a)(iii) gefunden haben, verwenden Sie einen Wert von  $1,68 \times 10^5$ , obwohl dies nicht die richtige Antwort ist.)

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(b) Leiten Sie die Molekülgeometrien von CS<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>S und den Grund, warum sie unterschiedlich sind, ab.

[2]

Molekülgeometrie von CS<sub>2</sub>: .....

Molekülgeometrie von H<sub>2</sub>S: .....

Grund für den Unterschied: .....

.....

**(Auf die vorliegende Frage wird auf Seite 15 weiter eingegangen)**



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

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



**(Fortsetzung Frage 4)**

- (c) Schwefel hat mehrere natürliche Isotope, und eine Schwefelprobe wurde mit  $^{36}_{16}\text{S}$  angereichert, um ein Gemisch der folgenden Zusammensetzung zu erzeugen:

Isotop	Prozent
$^{32}_{16}\text{S}$	90 %
$^{33}_{16}\text{S}$	1 %
$^{34}_{16}\text{S}$	4 %
$^{36}_{16}\text{S}$	5 %

- (i) Berechnen Sie die relative Atommasse dieser angereicherten Probe auf zwei Dezimalstellen genau.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) In natürlich vorkommendem Schwefel beträgt die relative Häufigkeit von  $^{36}_{16}\text{S}$  nur 0,0100 %. Berechnen Sie die Anzahl der Atome dieses Isotops, die in 1,00 g natürlichem Schwefel vorhanden wäre. Verwenden Sie die Abschnitte 2 und 6 des Datenhefts.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....





5. Beryllium ist ein Metall mit geringer Dichte, das in speziellen Leichtlegierungen verwendet wird.

(a) Beryllium hat eine kristalline Struktur.

(i) Geben Sie eine Methode an, die für die Bestimmung der Kristallstruktur von Beryllium verwendet werden könnte.

[1]

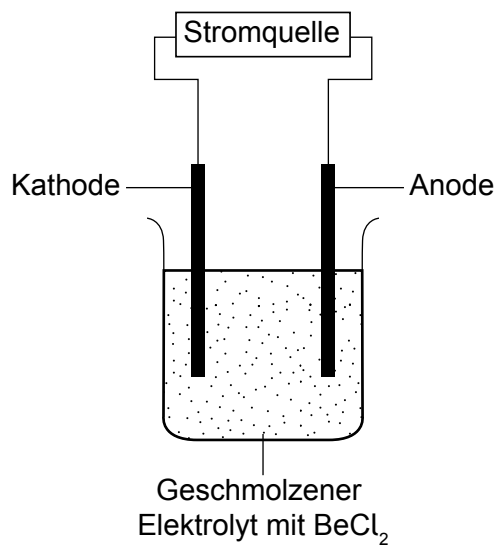
.....  
 .....

(ii) Umreißen Sie die elektrostatische Anziehung in der Kristallstruktur von Beryllium.

[1]

.....  
 .....

(b) Die Produktion von Beryllium ist in dem Diagramm dargestellt.



(i) Umreißen Sie, warum geschmolzenes  $\text{BeCl}_2$  als Elektrolyt angesehen wird.

[1]

.....  
 .....

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



**(Fortsetzung Frage 5)**

- (ii) Identifizieren Sie die Elektrode, an der Beryllium produziert wird, **und** die Polarität dieser Elektrode. [1]

Elektrode: .....

Polarität: .....

- (iii) Schreiben Sie eine ausgeglichene Gleichung für die Reaktion, die an der anderen Elektrode als derjenigen, die sie in Aufgabe in 5(b)(ii) identifiziert haben, stattfindet. [1]

.....  
.....

- (iv) Berechnen Sie die Masse an Beryllium, die produziert werden würde, wenn  $1,00 \times 10^6$  Coulomb elektrische Ladung hindurchgeleitet würde. Verwenden Sie die Abschnitte 2 und 6 des Datenhefts. [2]

.....  
.....

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



**(Fortsetzung Frage 5)**

(c) Beryllium bildet ein Chlorid,  $\text{BeCl}_2$ .

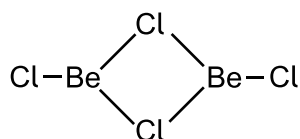
(i) Zeichnen Sie die Lewis-Struktur (Elektronenformel) des  $\text{BeCl}_2$ -Moleküls. [1]

(ii) Umreißen Sie, wie sich die Lewis-Struktur (Elektronenformel) des  $\text{BeCl}_2$ -Moleküls von den meisten Lewis-Strukturen (Elektronenformeln) unterscheidet. [1]

.....

.....

(d) Berylliumchlorid ( $\text{BeCl}_2$ ) dimerisiert teilweise in der Gasphase, um dieses Molekül zu bilden:



(i) Identifizieren Sie die Hybridisierung des Berylliumatoms in dem Dimer ( $\text{Be}_2\text{Cl}_4$ ). [1]

.....

.....

(ii) Beschreiben Sie die Wechselwirkungen zwischen den  $\text{BeCl}_2$ -Monomeren zur Bildung des Dimers in Bezug auf Lewis-Säuren und -Basen. [1]

.....

.....

.....

.....

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



**(Fortsetzung Frage 5)**

(e) Eisen (III)-chlorid liegt in der Dampfphase ebenfalls als Dimer vor, aber Eisen ist, anders als Beryllium, ein Übergangselement.

(i) Umreißen Sie, wodurch ein Übergangselement in Bezug auf die Elektronenstruktur identifiziert wird.

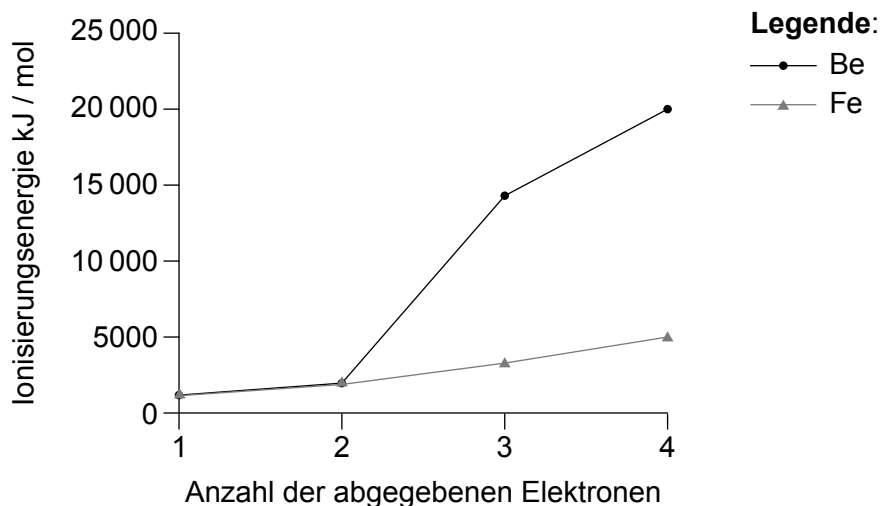
[1]

.....

.....

.....

(ii) Die ersten vier Ionisierungsenergien von Beryllium und Eisen sind dargestellt.



Eine häufige Eigenschaft von Übergangselementen ist, dass sie variable Oxidationsstufen haben. Erörtern Sie unter Bezugnahme auf die Grafik, warum Eisen, aber nicht Beryllium, diese Eigenschaft aufweist.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

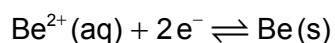
.....

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



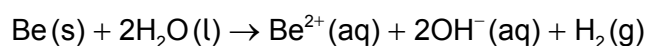
**(Fortsetzung Frage 5)**

- (f) Das Standard-Elektrodenpotenzial  $E^\circ$  von



ist  $-1,85\text{V}$ .

- (i) Berechnen Sie das Zellpotenzial für die Reaktion



Verwenden Sie den Abschnitt 24 des Datenhefts.

[1]

.....  
 .....

- (ii) Leiten Sie mit einer Begründung ab, ob diese Reaktion thermodynamisch spontan ist.

[1]

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

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



**(Fortsetzung Frage 5)**

- (g) Erklären Sie in Bezug auf die Kernladung, Elektronenunterschalen und den Schutz durch voll besetzte Elektronenschalen, warum die erste Ionisierungsenergie von Li zu Be zunimmt, aber von Be zu B abnimmt.

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (h) Umreißen Sie, wie die erste Ionisierungsenergie von Beryllium durch sein Atomemissionsspektrum herausgefunden werden könnte.

[1]

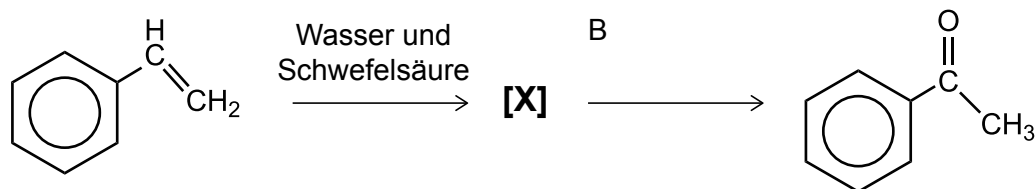
.....

.....



6. Phenylethanon ist eine duftende Verbindung, die natürlicherweise in Früchten wie Bananen und Äpfeln vorkommt.

(a) Phenylethanon kann in einem zweistufigen Prozess aus Styrol (IUPAC-Name: Phenylethen) synthetisiert werden:



- (i) Zeichnen Sie die Strukturformel des Zwischenprodukts **[X]**. [1]

- (ii) Umreißen Sie, warum das Zwischenprodukt **[X]** Stereoisomerie aufweisen kann. [1]

.....

.....

- (iii) Geben Sie das Reagens an, das für die zweite Phase der Synthese (B) benötigt wird. [1]

.....

.....

- (iv) Bestimmen Sie die Verbindung, die als Nebenprodukt in dieser zweistufigen Synthese gebildet wird, und umreißen Sie, warum dies geschieht. [2]

.....

.....

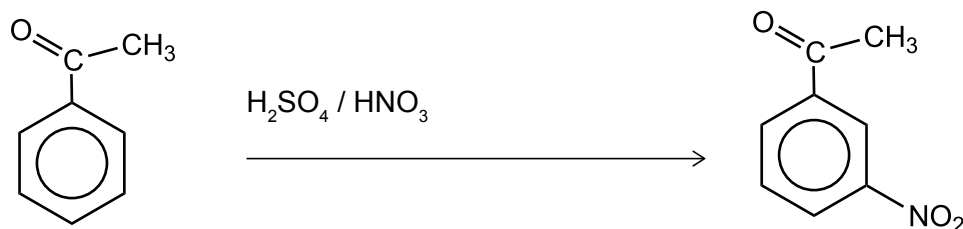
.....

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



**(Fortsetzung Frage 6)**

- (b) Wenn Phenylethanon mit einem Gemisch aus konzentrierter Schwefelsäure und konzentrierter Salpetersäure (IUPAC-Name: Hydrogennitrat) erhitzt wird, wird das Phenylethanon in ähnlicher Weise wie Benzol nitriert, um 3-Nitrophenylethanon zu bilden.



- (i) Schreiben Sie die Formel des in diesem Säuregemisch produzierten Elektrophilen. [1]

.....  
 .....

- (ii) Erklären Sie den Reaktionsmechanismus der Reaktion zwischen Phenylethanon und dem Nitrierungsmittel unter Verwendung von gebogenen Pfeilen zur Darstellung der Bewegung der Elektronenpaare. [4]

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





**(Fortsetzung Frage 6)**

- (c) Chemiker haben die „Faustregel“, dass eine Erhöhung der Temperatur um  $10^{\circ}\text{C}$  die Reaktionsgeschwindigkeit verdoppelt. Leiten Sie die Aktivierungsenergie in  $\text{kJ mol}^{-1}$  unter der Annahme ab, dass die Erhöhung der Temperatur von  $25^{\circ}\text{C}$  auf  $35^{\circ}\text{C}$  die Geschwindigkeit dieser Reaktion verdoppelt. Verwenden Sie die Abschnitte 1 und 2 des Datenhefts.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**Quellenangaben:**

© International Baccalaureate Organization 2023



24EP24