

© 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

12. Mai 2023

Zone A Nachmittag | **Zone B** Vormittag | **Zone C** Nachmittag

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. Analytische und spektroskopische Methoden ermöglichen Chemikern, die Strukturen von Verbindungen zu identifizieren und zu bestimmen.

(a) Es wurde ermittelt, dass eine unbekannte organische Verbindung **X**, die nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff besteht, 48,6 % Kohlenstoff und 43,2 % Sauerstoff enthält.

(i) Bestimmen Sie die empirische Formel.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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



(Fortsetzung Frage 1)

Das Massenspektrum von **X** ist dargestellt.

Aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

- (ii) Identifizieren Sie unter Verwendung von Abschnitt 28 des Datenhefts die Fragmente, die für die Signale bei m/z 74 und 45 verantwortlich sind. [2]

m/z 74:

m/z 45:

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



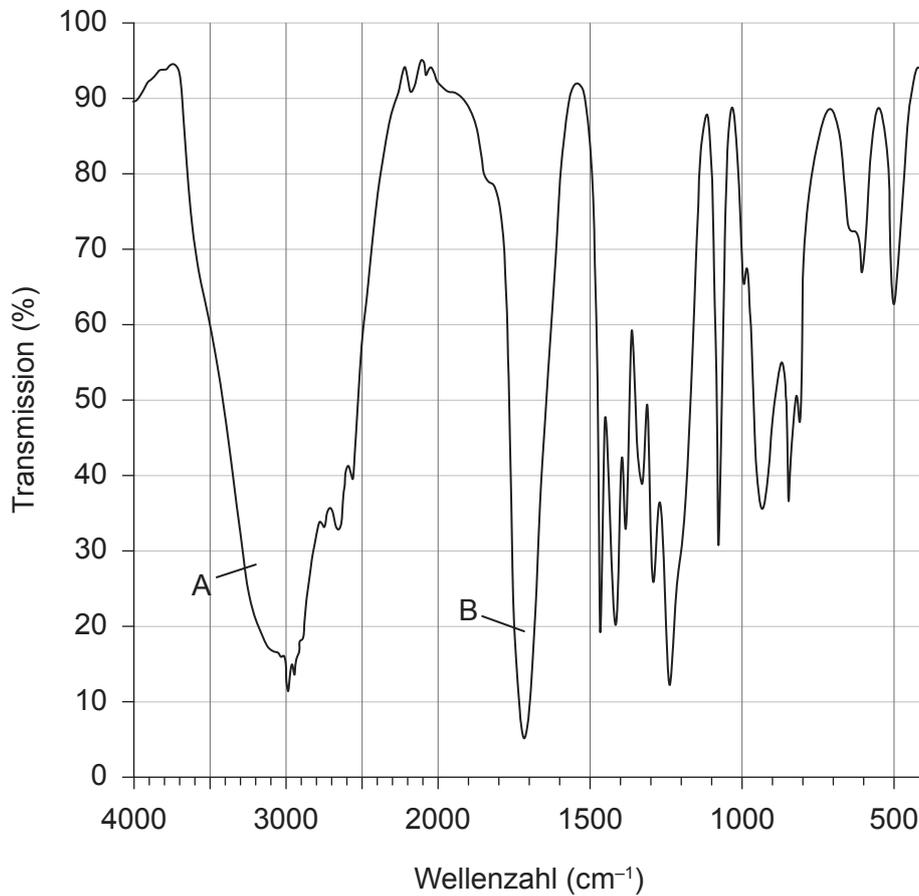
28EP03

Bitte umblättern

(Fortsetzung Frage 1)

Das Infrarotspektrum von X ist dargestellt.

Infrarotspektrum von X



(iii) Identifizieren Sie unter Verwendung von Abschnitt 26 des Datenhefts die Bindungen, die am meisten zu den Signalen A und B beitragen.

[2]

A:
B:

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



28EP04

(Fortsetzung Frage 1)

(iv) Leiten Sie die Strukturformel von **X** ab.

[1]

(b) 0,363 g der organischen Flüssigkeit **Y** wurde bei 95,0 °C und 100,0 kPa vollständig verdampft. Als Gasvolumen wurden 81,0 cm³ gemessen. Bestimmen Sie die Molmasse von **Y**.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

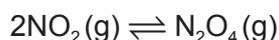


28EP05

Bitte umblättern

2. Stickstoffdioxid (Stickstoff(IV)-oxid, NO_2) ist ein braunes Gas, das in photochemischem Smog vorkommt, und enthält einen Schadstoff, der zu sauren Niederschlägen führt.

(a) Stickstoffdioxid existiert im Gleichgewicht mit Distickstofftetroxid ($\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$), das farblos ist.



(i) Bei 100°C ist K_c für diese Reaktion 0,0665. Umreißen Sie, was dies über das Ausmaß dieser Reaktion anzeigt. [1]

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

(ii) Berechnen Sie die Änderung der Gibbs-Energie (ΔG^\ominus) für dieses Gleichgewicht bei 100°C . Verwenden Sie die Abschnitte 1 und 2 des Datenhefts. [1]

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

(iii) Berechnen Sie den Wert von K_c bei 100°C für das Gleichgewicht: [1]



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

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



(Fortsetzung Frage 2)

(iv) Berechnen Sie die Änderung der Standardenthalpie in kJ mol^{-1} für die Reaktion: [1]



	ΔH_f^\ominus (kJ mol^{-1})
NO_2	33,18
N_2O_4	9,16

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

(v) Berechnen Sie die Änderung der Standardentropie in J mol^{-1} für die Reaktion: [1]



	S^\ominus (J mol^{-1})
NO_2	240,06
N_2O_4	304,29

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

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



(Fortsetzung Frage 2)

(b) Leiten Sie die Lewis-Struktur von N_2O_4 ab. [1]

(c) Die NO-Bindungslängen in N_2O_4 betragen alle $1,19 \times 10^{-10} m$.

(i) Schlagen Sie vor, was die Bindungslängen in Bezug auf die Struktur von N_2O_4 anzeigen. [1]

.....

.....

(ii) Prognostizieren Sie den ONN-Bindungswinkel in N_2O_4 . [1]

.....

.....

(d) Saure Niederschläge entstehen, wenn Stickoxide in Wasser gelöst werden. Schreiben Sie eine Gleichung für die Reaktion von Stickstoffdioxid (Stickstoff(IV)-oxid) mit Wasser, durch die zwei Säuren gebildet werden. [1]

.....

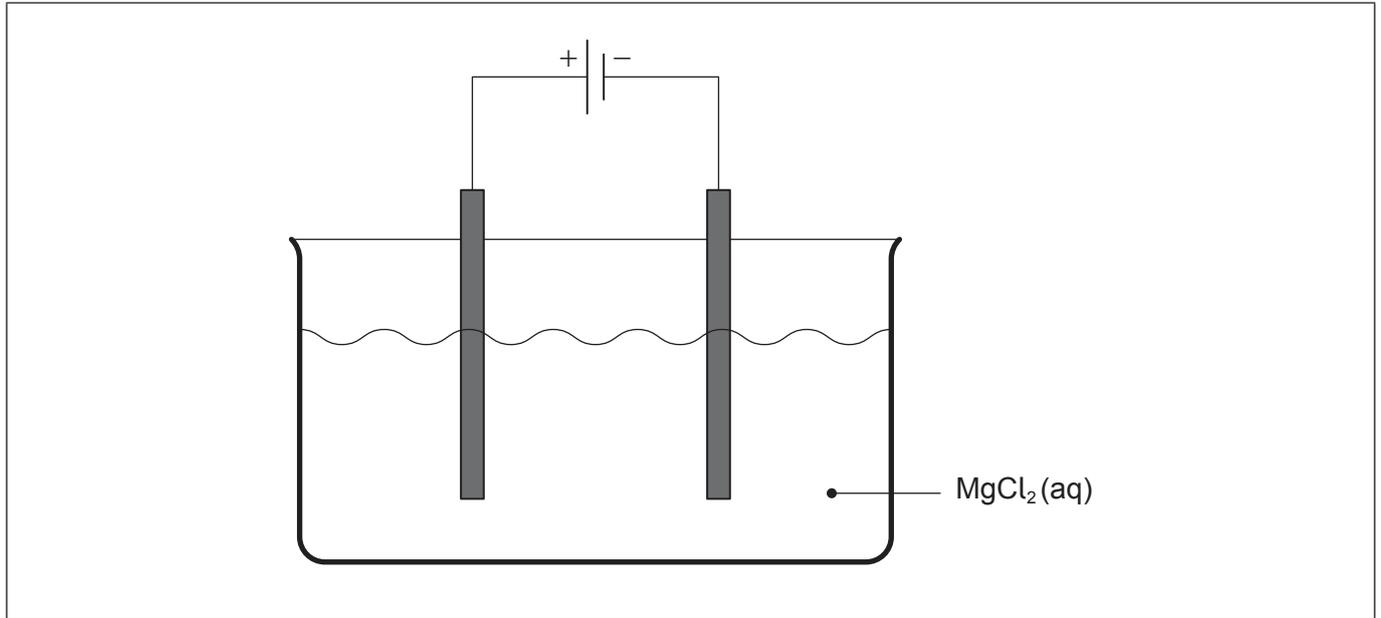
.....



3. Elektrolyse und Winkler-Titrations sind beides Anwendungen von Redoxreaktionen.

(a) Eine Elektrolysezelle wurde mit inerten Elektroden und einer verdünnten wässrigen Magnesiumchlorid-Lösung ($MgCl_2(aq)$) aufgebaut.

(i) Kommentieren Sie das Diagramm, um die Bewegung der Teilchen zu zeigen, die in dieser Zelle Elektrizität leiten. [2]



(ii) Leiten Sie die Halbgleichung für die Reaktion an jeder der beiden Elektroden ab. Verwenden Sie den Abschnitt 24 des Datenhefts. [2]

Positive Elektrode:

.....

Negative Elektrode:

.....

(iii) Graphitstäbe werden manchmal als inerte Elektroden verwendet. Beschreiben Sie die Struktur von Graphit und erklären Sie, warum Graphit Elektrizität leitet. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

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

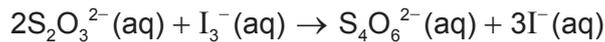
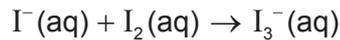
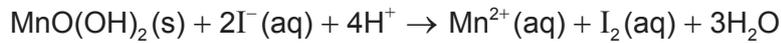


28EP09

Bitte umblättern

(Fortsetzung Frage 3)

- (b) Winkler-Titrations können verwendet werden, um den biochemischen Sauerstoffbedarf (BSB) einer Wasserprobe zu bestimmen. Im Folgenden ist eine Reihe von Gleichungen der auftretenden Reaktionen angegeben:



150 cm³ einer Wasserprobe wurden mit einer Winkler-Titration getestet. 36,0 cm³ 0,00500 mol dm⁻³ Natriumthiosulfat-Lösung (Na₂S₂O₃ (aq)) wurden benötigt, um den Endpunkt zu erreichen.

- (i) Bestimmen Sie die Konzentration des gelösten Sauerstoffs in mol dm⁻³ in der Wasserprobe.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Umreißen Sie, wie der BSB der Wasserprobe bestimmt werden könnte.

[2]

.....

.....

.....

- (iii) Schlagen Sie vor, was ein niedriger BSB-Wert in Bezug auf die Wasserprobe anzeigt.

[1]

.....

.....

.....



4. Das Periodensystem liefert Informationen über die Elektronenkonfiguration sowie über physikalische und chemische Eigenschaften der Elemente.

(a) Bismut hat die Ordnungszahl 83. Leiten Sie **zwei** Informationen über die Elektronenkonfiguration von Bismut aus seiner Position im Periodensystem ab. [2]

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

(b) Umreißen Sie, warum Aluminium verformbar ist. [1]

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

(c) Ein Block aus 11,98 g reinem Aluminium wurde erhitzt. Berechnen Sie die absorbierte Wärmeenergie in J, durch die die Temperatur von 18,0 °C auf 40,0 °C ansteigt. Die spezifische Wärmekapazität von Aluminium ist $0,902 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$. [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 4)

(d) Argon kommt in drei natürlichen Isotopen vor, ^{36}Ar , ^{38}Ar und ^{40}Ar .

(i) Identifizieren Sie die Methode, die zur Bestimmung der relativen Anteile der Isotope des Argons verwendet wird. [1]

.....
.....

Die Isotopenzusammensetzung einer Argonprobe ist 0,34 % ^{36}Ar , 0,06 % ^{38}Ar und 99,6 % ^{40}Ar .

(ii) Berechnen Sie die relative Atommasse dieser Probe bis auf zwei Dezimalstellen. [2]

.....
.....



28EP13

Bitte umblättern

5. Ameisensäure (IUPAC-Name: Methansäure) ist eine monoprotische schwache Säure.

(a) Die Konzentration von Ameisensäure (IUPAC-Name: Methansäure) wurde durch Titration mit einer $0,200 \text{ mol dm}^{-3}$ Natriumhydroxid-Standardlösung ($\text{NaOH}(\text{aq})$) mit einem Indikator zur Bestimmung des Endpunkts ermittelt.

(i) Berechnen Sie den pH-Wert der Natriumhydroxid-Lösung. [2]

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

(ii) Schreiben Sie eine Gleichung für die Reaktion von Ameisensäure (IUPAC-Name: Methansäure) mit Natriumhydroxid. [1]

.....
.....

(iii) Mit $22,5 \text{ cm}^3$ $\text{NaOH}(\text{aq})$ wurden $25,0 \text{ cm}^3$ Ameisensäure (IUPAC-Name: Methansäure) neutralisiert. Bestimmen Sie die Konzentration der Ameisensäure (IUPAC-Name: Methansäure). [1]

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

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



(Fortsetzung Frage 5)

- (iv) Berechnen Sie den pH-Wert der ursprünglichen Ameisensäure-Lösung (IUPAC-Name: Methansäure). Verwenden Sie Ihre Antwort auf die Aufgabe (a)(iii) und den Abschnitt 21 des Datenhefts. Falls Sie keine Antwort auf die Aufgabe (a)(iii) gefunden haben, verwenden Sie $0,300 \text{ mol dm}^{-3}$, aber dies ist nicht die richtige Antwort. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

- (v) Identifizieren Sie, mit einer Begründung, einen geeigneten Indikator für diese Titration. Verwenden Sie den Abschnitt 22 des Datenhefts. [2]

.....

.....

.....

- (b) Schreiben Sie eine Ionengleichung, um zu zeigen, warum eine Lösung von Natriumformiat (IUPAC-Name: Natriummethanoat) nicht den pH-Wert 7 hat. [1]

.....

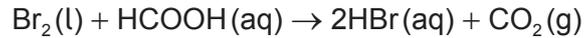
.....



28EP15

Bitte umblättern

6. Brom (Br₂(l)) und Ameisensäure (IUPAC-Name: Methansäure, HCOOH (aq)) reagieren in Anwesenheit von Schwefelsäure (IUPAC-Name: Dihydrogensulfat).



- (a) Schlagen Sie eine experimentelle Methode vor, die zur Bestimmung der Reaktionsrate verwendet werden könnte. [2]

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

- (b) Schwefelsäure (IUPAC-Name: Dihydrogensulfat) ist ein Katalysator in dieser Reaktion. Erklären Sie, wie ein Katalysator die Reaktionsgeschwindigkeit erhöht. [2]

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

- (c) Ameisensäure (IUPAC-Name: Methansäure) kann mit Ethanol zu einem Ester reagieren.

- (i) Zeichnen Sie die detaillierte Strukturformel des organischen Produkts und geben Sie seinen Namen an. [2]

Strukturformel:

Name:

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



(Fortsetzung Frage 6)

- (ii) Prognostizieren Sie die Anzahl der Signale und ihre Aufspaltungsmuster in dem ^1H -NMR-Spektrum dieses organischen Produkts. [2]

Anzahl der Signale:

.....

Aufspaltungsmuster:

.....

.....

- (iii) Geben Sie **einen** Grund an, warum Tetramethylsilan (TMS) oft als interner Referenzstandard für die Kalibrierung bei der ^1H -NMR-Spektroskopie eingesetzt wird. [2]

.....

.....

.....

- (d) (i) Schreiben Sie die Gleichung für die vollständige Verbrennung von Ethanol. [1]

.....

.....

- (ii) Bestimmen Sie die Enthalpieänderung in kJ mol^{-1} für die Verbrennung von Ethanol unter Verwendung von Abschnitt 11 des Datenhefts. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



7. Bromwasserstoff (Broman, IUPAC-Name: Hydrogenbromid, HBr) reagiert mit 1-Buten (1-Butylen, IUPAC-Name: But-1-en).

(a) Identifizieren Sie den Reaktionstyp.

[1]

.....

.....

(b) Zwei mögliche Produkte können entstehen.

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

[4]

.....

(ii) Erklären Sie, warum der Mechanismus dazu führt, dass ein Produkt in größerer Menge als das andere gebildet wird.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

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



28EP18

(Fortsetzung Frage 7)

- (c) Zeichnen Sie die Struktur eines Abschnitts eines Polymers, das aus **drei** Monomeren von 1-Buten (1-Butylen, IUPAC-Name: But-1-en) gebildet wird. [1]

- (d) Leiten Sie die Hybridisierung der ersten **beiden (zwei)** Kohlenstoffatome von 1-Buten (1-Butylen, IUPAC-Name: But-1-en) ab. [1]

.....

.....

- (e) Beschreiben Sie die Bindungen zwischen den ersten beiden (zwei) Kohlenstoffatomen von 1-Buten (1-Butylen, IUPAC-Name: But-1-en) in Bezug auf die Orbitale dieser Atome. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Auf die vorliegende Frage wird auf Seite 21 weiter eingegangen)



28EP19

Bitte umblättern

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

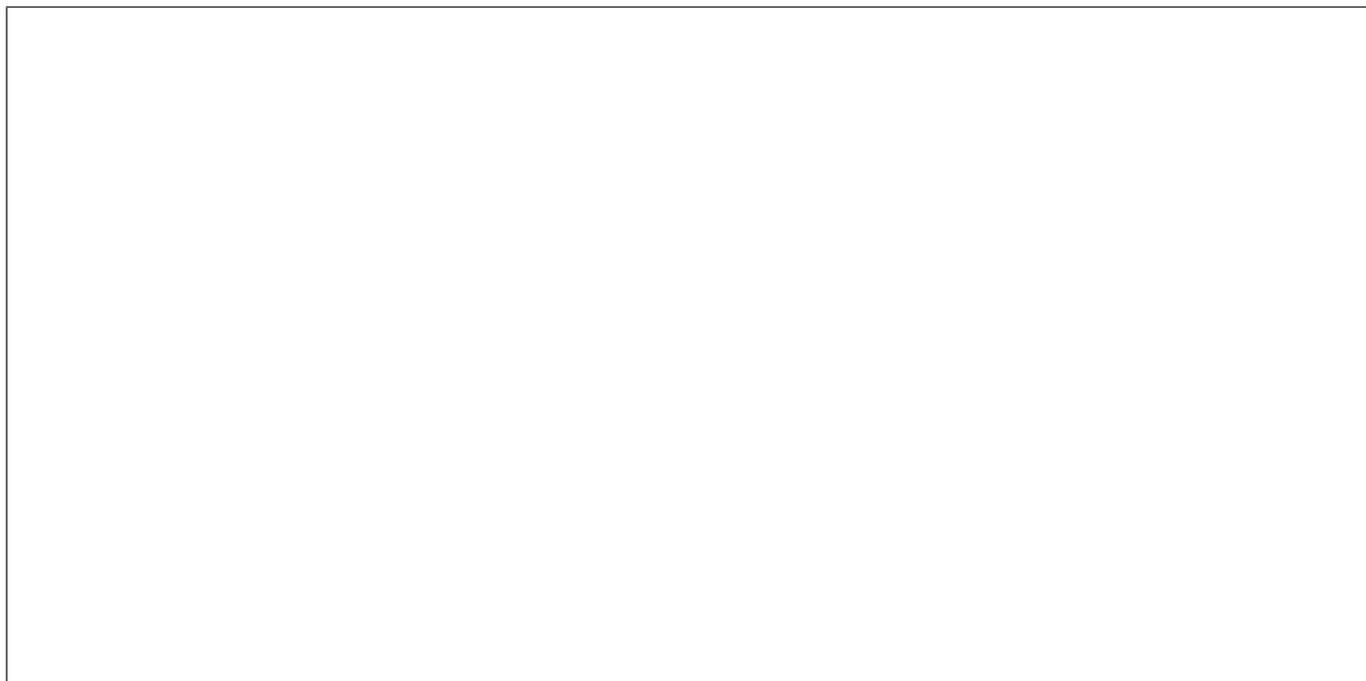
Antworten, die auf dieser Seite geschrieben
werden, werden nicht bewertet.



28EP20

(Fortsetzung Frage 7)

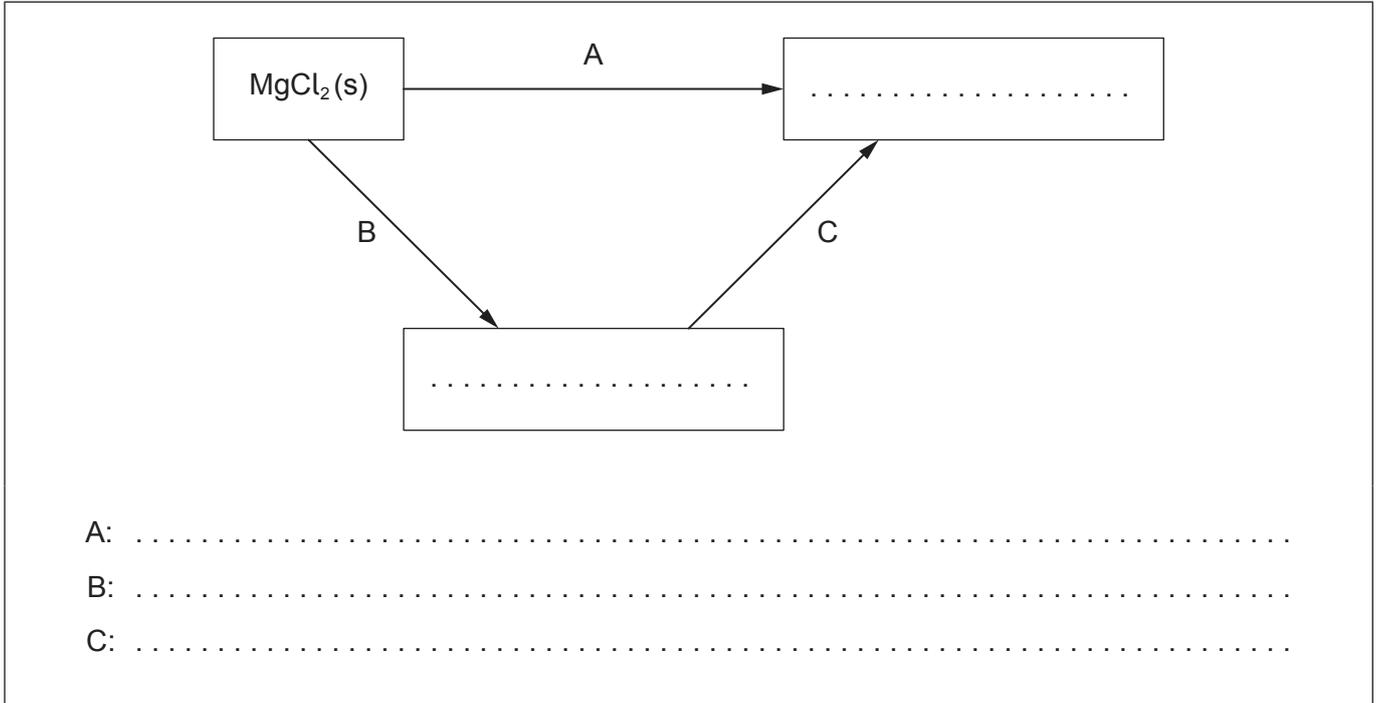
- (f) Ein Isomer von C_4H_9Br kann in Form von zwei Stereoisomeren vorliegen. Zeichnen Sie die dreidimensionalen Strukturen der **beiden** Stereoisomere mithilfe von Keilstrichformeln, die den Zusammenhang zwischen ihnen eindeutig zeigen. [2]



8. Feste Ionenverbindungen bilden Kristallgitter.

(a) Lösungsenthalpie, Hydratisierungsenthalpie und Gitterenthalpie sind in einem Energiekreislauf verknüpft.

(i) Kommentieren Sie den Energiekreislauf der Lösungsenthalpie von festem Magnesiumchlorid ($\text{MgCl}_2(\text{s})$) durch Benennen der Prozesse A, B und C und Ausfüllen der Kästen. Geben Sie auch die Zustandssymbole an. [2]



(ii) Berechnen Sie die Lösungsenthalpie für Magnesiumchlorid (MgCl_2). Verwenden Sie die Abschnitte 18 und 20 des Datenhefts. [1]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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



(Fortsetzung Frage 8)

- (b) Erklären Sie, warum die Gitterenthalpie von Bariumchlorid (BaCl_2) niedriger ist als die von Magnesiumchlorid.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

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



28EP23

Bitte umblättern

(Fortsetzung Frage 8)

(c) Cobalt bildet ebenfalls Chloride mit der Formel CoCl_2 .

(i) Geben Sie die vollständige Elektronenkonfiguration des Cobalt(II)-Ions (Co^{2+}) an. [1]

.....
.....

(ii) Hydratisierte Cobalt(II)-Ionen ($\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$) sind rosa. Beschreiben Sie die Wechselwirkung zwischen dem Cobalt-Ion und einem Wassermolekül in Bezug auf den Bindungstyp und die Art und Weise, wie die Bindung gebildet wird. [2]

Bindungstyp:

.....

Bildung der Bindung:

.....

.....

.....

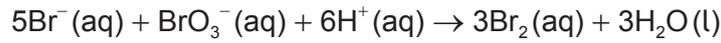
CoCl_4^{2-} -Ionen sind blau.

(iii) Erklären Sie, warum die verschiedenen Liganden unterschiedlich gefärbte Komplexe ergeben. [2]

.....
.....



9. Die Anfangsgeschwindigkeit der Reaktion wurde für die Reaktion zwischen Bromid-Ionen ($\text{Br}^- (\text{aq})$) und Bromat-Ionen ($\text{BrO}_3^- (\text{aq})$) in saurer Lösung bestimmt.



Vier Versuche wurden durchgeführt und die Ergebnisse in der folgenden Tabelle dargestellt.

Experiment	$[\text{BrO}_3^-]$ (mol dm^{-3})	$[\text{Br}^-]$ (mol dm^{-3})	$[\text{H}^+]$ (mol dm^{-3})	Anfangs- geschwindigkeit ($\text{mol dm}^{-3} \text{s}^{-1}$)
1	0,050	0,250	0,300	$2,13 \times 10^{-6}$
2	0,050	0,250	0,600	$8,60 \times 10^{-6}$
3	0,100	0,250	0,600	$17,2 \times 10^{-6}$
4	0,050	0,500	0,300	$4,26 \times 10^{-6}$

- (a) Leiten Sie die Gesamtgeschwindigkeitsgleichung ab. [2]

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

- (b) Die Reaktionsrate (Reaktionsgeschwindigkeit) bei 50°C ist dreimal so hoch wie die Rate bei 25°C . Berechnen Sie die Aktivierungsenergie in kJ mol^{-1} für diese Reaktion unter Verwendung von Abschnitt 1 und 2 des Datenhefts. [2]

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



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:

1.(a)(iii) SDBS, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology.

Alle anderen Texte, Grafiken und Illustrationen © International Baccalaureate Organization 2023



28EP26

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

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



28EP27

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

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



28EP28