

© International Baccalaureate Organization 2025

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 2025

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, 2025

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

19. Mai 2025

Zone A Vormittag | Zone B Vormittag | Zone C Vormittag

Prüfungsnummer des Kandidaten

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

2 Stunden 30 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. Cyanwasserstoff (Blausäure, IUPAC-Name: Hydrogencyanid, HCN) ist eine sehr toxische Verbindung.

(a) Reine HCN ist eine flüchtige Flüssigkeit, die bei 26 °C siedet.

(i) Zeichnen Sie die Lewis-Formel des HCN-Moleküls. [1]

(ii) Leiten Sie die Hybridisierung des Kohlenstoffatoms und die Anzahl der Sigma- und Pi-Bindungen, die es bildet, ab. [2]

Hybridisierung: .....

Sigma-Bindungen: .....

Pi-Bindungen: .....

(iii) Geben Sie die Molekülgeometrie von HCN an und erklären Sie diese ohne Bezugnahme auf die Hybridisierung. [2]

Molekülgeometrie: .....

Erklärung: .....

.....

.....

(iv) HCN ist ein polares Molekül. Leiten Sie ab, welches Atom eine positive Teilladung trägt und welches eine negative Teilladung trägt. [1]

Positive Teilladung: .....

Negative Teilladung: .....

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



**(Fortsetzung Frage 1)**

- (v) Erklären Sie, warum Stickstoffgas ( $N_2$ ) einen viel niedrigeren Siedepunkt hat als HCN. [2]

.....  
.....

- (b) HCN wirkt als schwache Säure in wässriger Lösung.

- (i) Schreiben Sie eine Gleichung, um dieses Verhalten darzustellen. [1]

.....  
.....

- (ii) Umreißen Sie **zwei** Möglichkeiten, durch die Sie bestimmen können, dass eine Lösung  $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$  HCN und nicht  $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$  HCl ist. [2]

Methode 1: .....

.....

Methode 2: .....

.....

- (iii) Berechnen Sie den pH-Wert einer  $0,100 \text{ mol dm}^{-3}$  Lösung unter der Voraussetzung, dass der  $K_a$  von HCN  $4,90 \times 10^{-10} \text{ mol dm}^{-3}$  ist. [2]

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

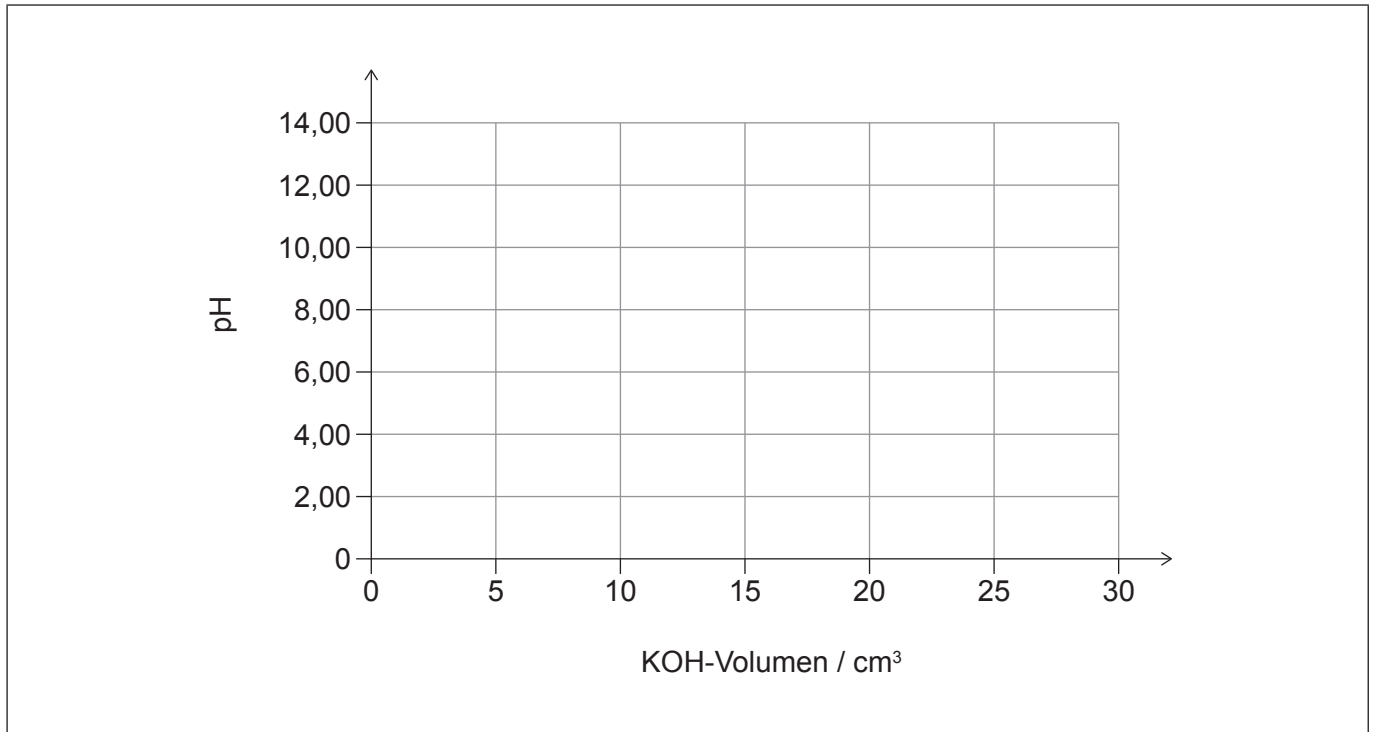
**(Auf die vorliegende Frage wird auf der nächsten Seite weiter eingegangen)**



**(Fortsetzung Frage 1)**

- (iv) Skizzieren Sie die Änderungen des pH-Werts, die auftreten, wenn  $30,0 \text{ cm}^3$   $0,200 \text{ mol dm}^{-3}$  KOH schrittweise zu  $20,0 \text{ cm}^3$   $0,100 \text{ mol dm}^{-3}$  HCN hinzugefügt werden.

[3]



- (v) Leiten Sie den Punkt in der Grafik in (b)(iv) ab, an dem die Lösung nur noch KCN(aq) enthält und beschriften Sie ihn mit „Salz“.

[1]

- (vi) Berechnen Sie den Temperaturanstieg der Lösung, wenn  $30,0 \text{ cm}^3$   $0,200 \text{ mol dm}^{-3}$  KOH mit  $20,0 \text{ cm}^3$   $0,100 \text{ mol dm}^{-3}$  HCN gemischt wird. Verwenden Sie den Wert der Neutralisationsenthalpie von HCN =  $-13,3 \text{ kJ mol}^{-1}$  und die Abschnitte 1 und 2 des Datenhefts.

[2]

.....

.....

.....

.....

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



**(Fortsetzung Frage 1)**

(c) Das Cyanid-Ion ( $\text{CN}^-$ ) kann Komplexe wie  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  bilden.

(i) Geben Sie den genauen Typ der Bindungsbildung zwischen dem Cyanid-Ion und dem Eisen-Ion an. [1]

..... Bindung

(ii) Leiten Sie die Oxidationsstufe des Eisens in dem Komplex ab. [1]

.....  
.....

(iii) Erklären Sie, warum Ionen von Übergangselementen wie  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  normalerweise farbig sind. [3]

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

(iv) Die Konzentration  $[\text{Fe}^{2+}]$  in einer  $1,00 \text{ mol dm}^{-3}$  Lösung des Komplexions ist  $2,20 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$ .

Bestimmen Sie den Wert der Gleichgewichtskonstante  $K$  für die Bildung von  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  aus seinen Einzel-Ionen. [3]

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

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



(Fortsetzung Frage 1)

- (v) Umreißen Sie mit einer Begründung, ob  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$  ein stärkeres oder schwächeres Oxidationsmittel als  $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$  ist.

Verwenden Sie  $E^\ominus [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}(\text{aq}) + e^- \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}(\text{aq}) = +0,37\text{V}$  und Abschnitt 19 des Datenhefts.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

- (d) Das Cyanid-Ion reagiert mit Iodmethan ( $\text{CH}_3\text{I}$ ).

- (i) Zeichnen Sie die Strukturformel des organischen Produkts.

[1]

.....

- (ii) Prognostizieren Sie mit einer Begründung, ob diese Reaktion durch einen  $\text{S}_\text{N}1$ - oder einen  $\text{S}_\text{N}2$ -Mechanismus erfolgt.

[1]

.....

.....

.....

- (iii) Erklären Sie, wie Sie **experimentell** schlussfolgern können, ob diese Reaktion nach einem  $\text{S}_\text{N}1$ - oder  $\text{S}_\text{N}2$ -Mechanismus abläuft.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....



2. Thallium ist ein Schwermetall in der Gruppe 13 des Periodensystems.

(a) 30% der Thallium-Atome enthalten 122 Neutronen und die übrigen 124 Neutronen.

(i) Leiten Sie die Nuklidschreibweise des Thallium-Isotops ab, das 122 Neutronen enthält. Verwenden Sie den Abschnitt 7 des Datenhefts. [1]

	Tl

(ii) Berechnen Sie die relative Atommasse von Thallium auf **zwei** Dezimalstellen genau. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

(b) Thallium(I)-sulfat hat die Formel  $Tl_2SO_4$ .

(i) Die Verbindung enthält sowohl ionische als auch kovalente Bindungen. Geben Sie an, welche Teilchen durch kovalente Bindungen verbunden sind und welche durch Ionenbindungen verbunden sind. [2]

Kovalente Bindung zwischen: ..... und .....

Ionenbindung zwischen: ..... und .....

(ii) Kontrastieren Sie kovalente und Ionenbindung basierend auf den Wechselwirkungen der Valenzelektronen. [1]

.....

.....

.....

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



**(Fortsetzung Frage 2)**

- (iii) Geben Sie die Bezeichnung der Enthalpie an, die die Stärke der Bindungen zwischen den Ionen in einem Ionen-Feststoff charakterisiert. [1]

.....  
.....

- (iv) Schreiben Sie eine Gleichung für die Produktion einer Thallium(I)-sulfat-Lösung durch die Reaktion von festem Thallium(I)-hydroxid mit Schwefelsäure (IUPAC-Name: Dihydrogensulfat). [2]

.....  
.....

- (v) Berechnen Sie das Volumen von  $2,00 \text{ mol dm}^{-3}$  Schwefelsäure (IUPAC-Name: Dihydrogensulfat), das benötigt wird, um vollständig mit  $10,0 \text{ g}$  Thallium(I)-hydroxid zu reagieren. [3]

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

- (vi) Prognostizieren Sie unter Berücksichtigung der Position von Thallium im Periodensystem, ob Thallium(I)-hydroxid amphoter ist oder nicht. [1]

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

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



**(Fortsetzung Frage 2)**

- (vii) Erörtern Sie, wie die relative Reaktivität von Kupfer und Thallium unter Verwendung der Metalle und wässrigen Lösungen ihrer Sulfate ermittelt werden könnte.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

- (viii) Erörtern Sie die Produkte an der Elektrode, wenn wässriges Thallium (I)-sulfat elektrolysiert wird.

Verwenden Sie das Standard-Reduktionspotenzial  
 $Tl^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Tl(s) = -0,34V$  und Abschnitt 19 des Datenhefts.

[2]

Anode (positive Elektrode): .....

.....

.....

Kathode (negative Elektrode): .....

.....

.....

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



**(Fortsetzung Frage 2)**

(c) Thallium hat ein Atomemissionsspektrum mit einer starken grünen Linie.

(i) Geben Sie das Merkmal des Atomemissionsspektrums an, das verwendet werden kann, um die Ionisierungsenergie des Elements zu ermitteln.

[1]

.....  
.....

(ii) Berechnen Sie die Wellenlänge, die der Ionisierungsenergie des Thalliums entspricht. Verwenden Sie die Abschnitte 1, 2 und 9 des Datenhefts.

[3]

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

(iii) Erklären Sie in Bezug auf die Kernladung und den Schutz der Valenzelektronen, warum die erste Ionisierungsenergie von Thallium niedriger ist als die von Blei.

[2]

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



3. Phosgen (IUPAC-Name: Carbonylchlorid,  $\text{Cl}_2\text{CO}$ ) ist ein wichtiges Zwischenprodukt in der Industrie.

(a) Phosgen (IUPAC-Name: Carbonylchlorid) kann durch die radikalische Reaktion zwischen Kohlenmonoxid (Kohlenstoffmonooxid, IUPAC-Name: Kohlenstoffmonoxid,  $\text{CO}$ ) und Chlor ( $\text{Cl}_2$ ), die durch UV-Licht ausgelöst wird, gebildet werden.

(i) Schreiben Sie eine Gleichung für die Startreaktion. [1]

.....  
.....

(ii) Geben Sie den Typ der Bindungsspaltung an, der stattfindet. [1]

.....  
.....

(iii) Bestimmen Sie die Enthalpieänderung für die Reaktion zwischen Kohlenmonoxid (Kohlenstoffmonooxid, IUPAC-Name: Kohlenstoffmonoxid) und Chlor aus den Bindungsenthalpien. Verwenden Sie den Abschnitt 12 des Datenhefts. [3]

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

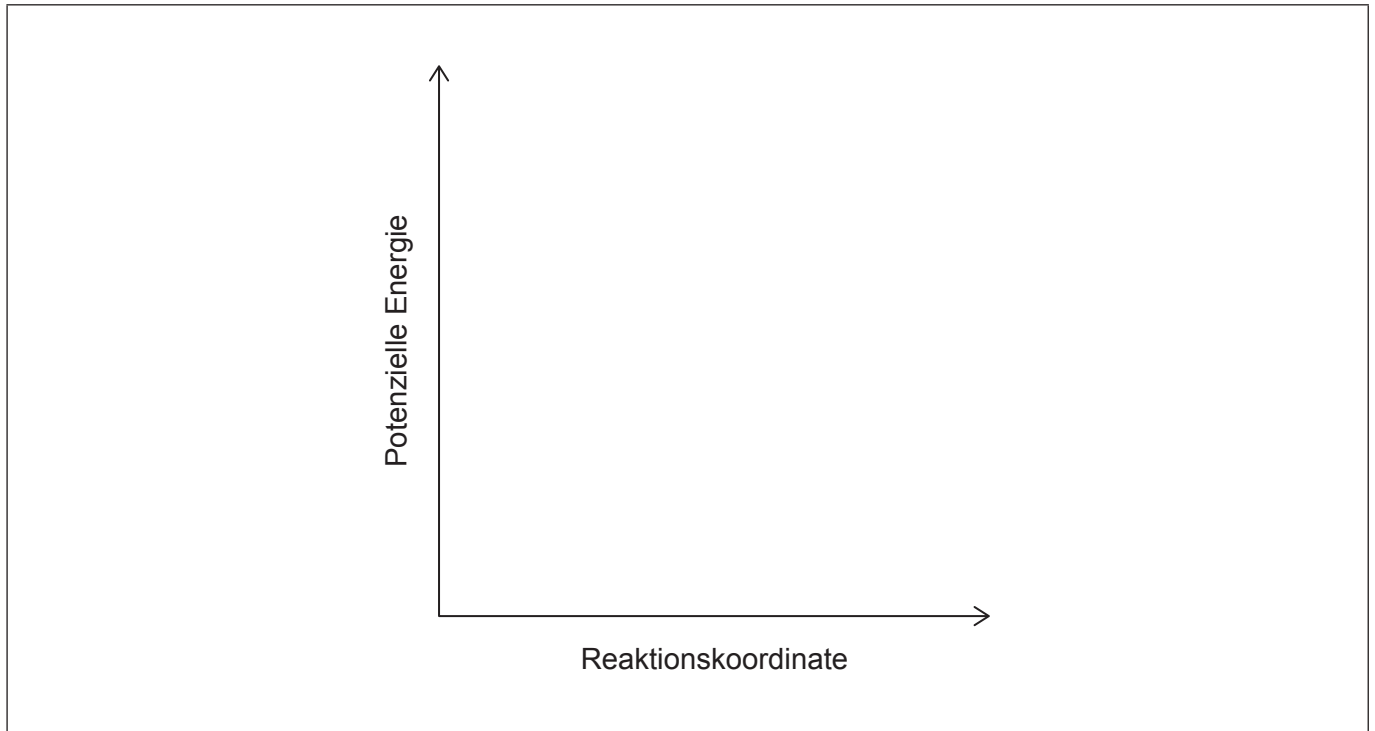
**(Auf die vorliegende Frage wird auf der nächsten Seite weiter eingegangen)**



**(Fortsetzung Frage 3)**

- (iv) Skizzieren Sie ein Energieprofil für diese Reaktion und beschriften Sie darin „Reaktanten“, „Produkte“ und „ $\Delta H$ “.

[2]



- (v) Berechnen Sie die Standardentropieänderung  $\Delta S^\ominus$  der Reaktion zwischen Kohlenmonoxid (Kohlenstoffmonooxid, IUPAC-Name: Kohlenstoffmonoxid) und Chlor zur Bildung von Phosgen (IUPAC-Name: Carbonylchlorid). Verwenden Sie den Abschnitt 13 des Datenhefts und die folgenden Daten:

Standardentropie  $S^\ominus$  von Chlor =  $223 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Standardentropie  $S^\ominus$  von Phosgen =  $284 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

[1]

.....

.....

.....

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



**(Fortsetzung Frage 3)**

- (vi) Leiten Sie ab, ob diese Reaktion vollständig ablaufen würde oder das Gleichgewicht bei 298 K erreichen würde. Verwenden Sie die Abschnitte 1 und 2 des Datenhefts zusammen mit Ihrer Antwort auf (a)(iii) und (a)(v).

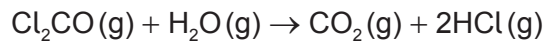
Falls Sie keine Antwort auf (a)(iii) und/oder (a)(v) gefunden haben, verwenden Sie die folgenden Werte, obwohl dies nicht die richtigen Antworten sind:

(a)(iii) =  $-120 \text{ kJ mol}^{-1}$ , (a)(v) =  $-150 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .

[3]

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

- (b) Phosgen (IUPAC-Name: Carbonylchlorid) zersetzt sich allmählich in der Umwelt entsprechend der Gleichung:



- (i) Schlagen Sie vor, wie man die Geschwindigkeit dieser Reaktion bei konstanter Temperatur verfolgen könnte.

[1]

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

- (ii) Umreißen Sie, warum manche Kollisionen zwischen den Molekülen der Reaktanten nicht zu einer Reaktion führen.

[2]

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

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



**(Fortsetzung Frage 3)**

- (iii) Schreiben Sie die Geschwindigkeitsgleichung für die Reaktion, wenn sie in Bezug auf alle Reaktanten eine Reaktion erster Ordnung ist. [1]

.....  
.....

- (iv) Wenn die Reaktion in einer verdünnten wässrigen Phosgen-Lösung (IUPAC-Name: Carbonylchlorid) stattfindet, scheint die Gesamtreaktion erster Ordnung zu sein.

Umreißen Sie, warum dies mit der Antwort auf (b)(iii) in Einklang steht. [1]

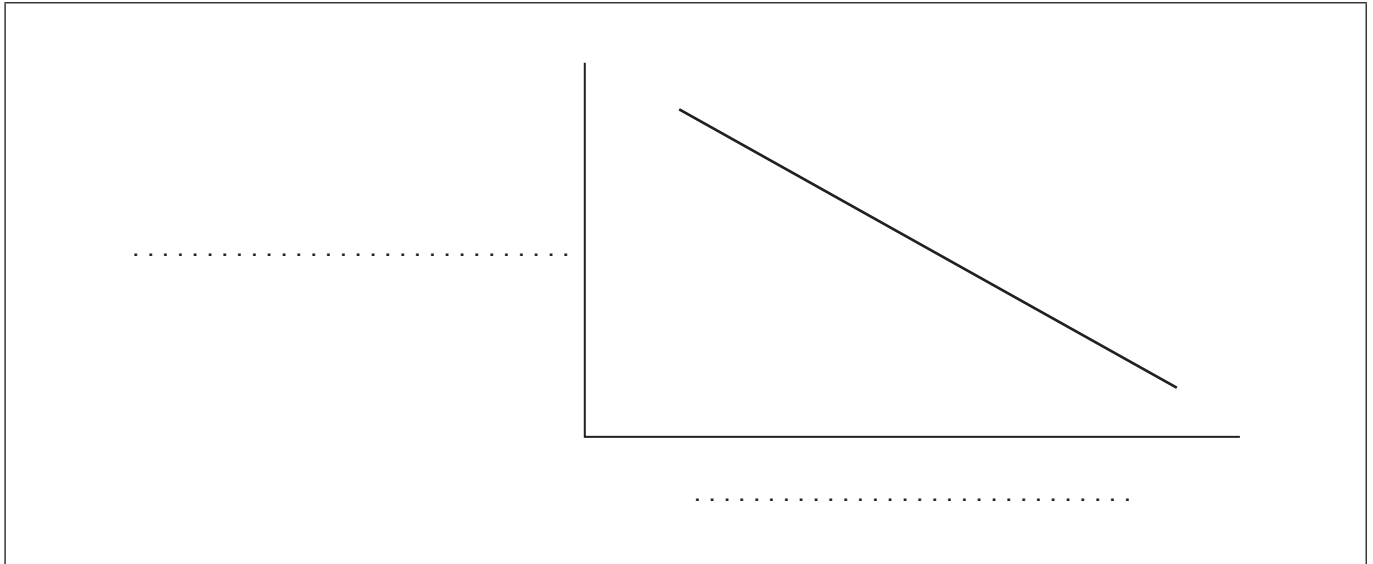
.....  
.....

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



**(Fortsetzung Frage 3)**

- (v) Die Aktivierungsenergie dieser Reaktion wurde durch die Messung der Reaktionsgeschwindigkeit über einen Bereich von absoluten Temperaturen  $T$  bestimmt. Die folgende Grafik wurde aufgetragen:



Geben Sie die Achsen der Grafik an und beschriften Sie diese.

[1]

- (vi) Berechnen Sie die Steigung der Geraden in der Grafik in (b)(v), wenn die Aktivierungsenergie  $12 \text{ kJ mol}^{-1}$  ist. Verwenden Sie die Abschnitte 1 und 2 des Datenhefts.

[1]

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

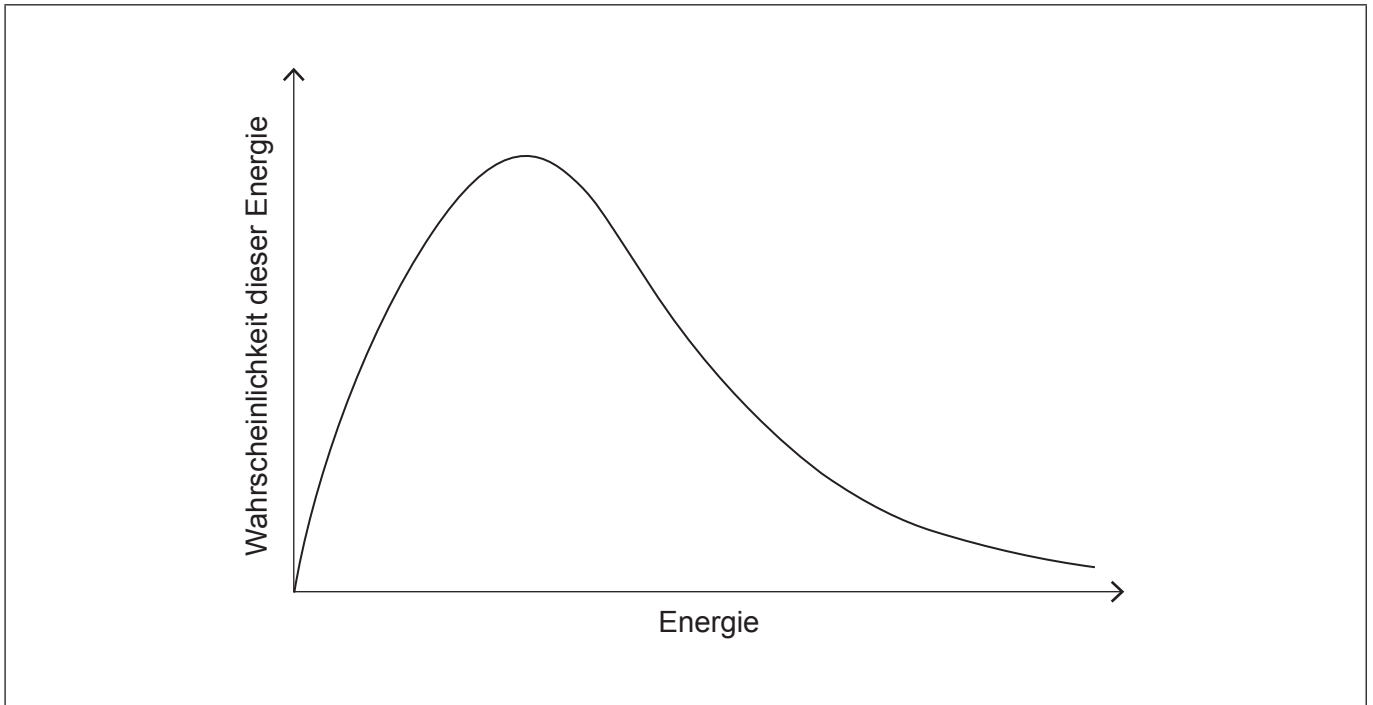
**(Auf die vorliegende Frage wird auf der nächsten Seite weiter eingegangen)**



(Fortsetzung Frage 3)

(vii) Skizzieren Sie eine Kurve für eine Maxwell-Boltzmann-Energieverteilung bei einer höheren Temperatur als der dargestellten.

[1]



(viii) Erklären Sie, warum die Reaktionsgeschwindigkeit zunimmt, wenn die Temperatur erhöht wird. Unterstützen Sie Ihre Antwort durch Kommentieren des Diagramms in (b)(vii).

[2]

.....

.....

.....

(ix) Beschreiben Sie **zwei** Beobachtungen, die bestätigen, dass ein zu dem Reaktionsgemisch hinzugefügter Feststoff als Katalysator wirkt.

[2]

.....

.....

.....

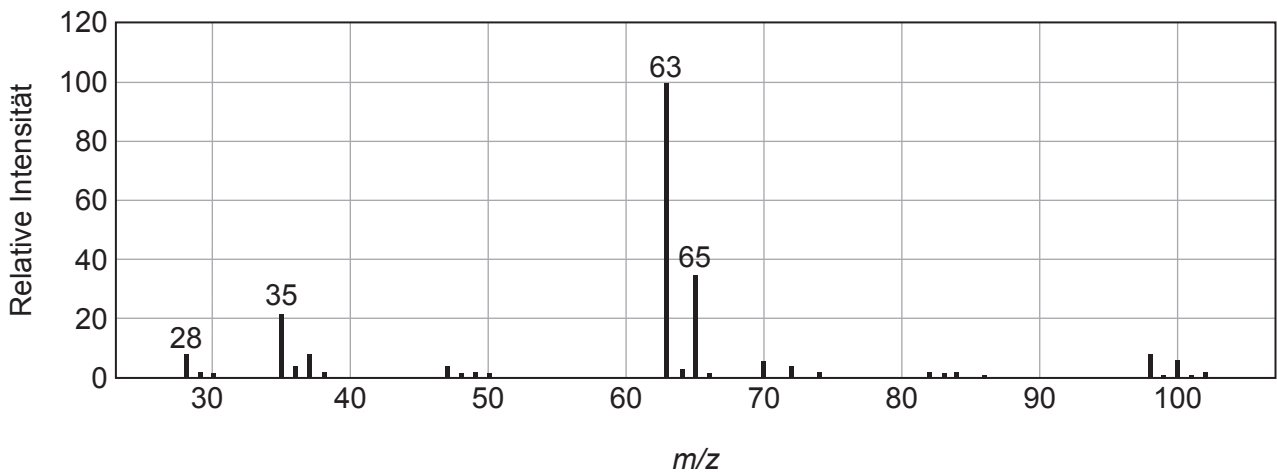
.....

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



(Fortsetzung Frage 3)

(c) Das Massenspektrum von Phosgen (IUPAC-Name: Carbonylchlorid) ist dargestellt.



[Quelle: Mit freundlicher Genehmigung. © Vereinigte Staaten von Amerika, vertreten durch den Handelsminister (Secretary of Commerce).]

(i) Umreißen Sie, warum Peaks bei  $m/z$  -Werten vorhanden sind, die geringer sind als der des Molekül-Ions.

[1]

.....  
.....

(ii) Leiten Sie die Formel des Fragments ab, das bei  $m/z = 63$  auftritt.

[1]

.....  
.....

(iii) Prognostizieren Sie die Hauptmerkmale von IR- und  $^1\text{H-NMR}$ -Spektren von Phosgen (IUPAC-Name: Carbonylchlorid). Verwenden Sie den Abschnitt 20 des Datenhefts.

[2]

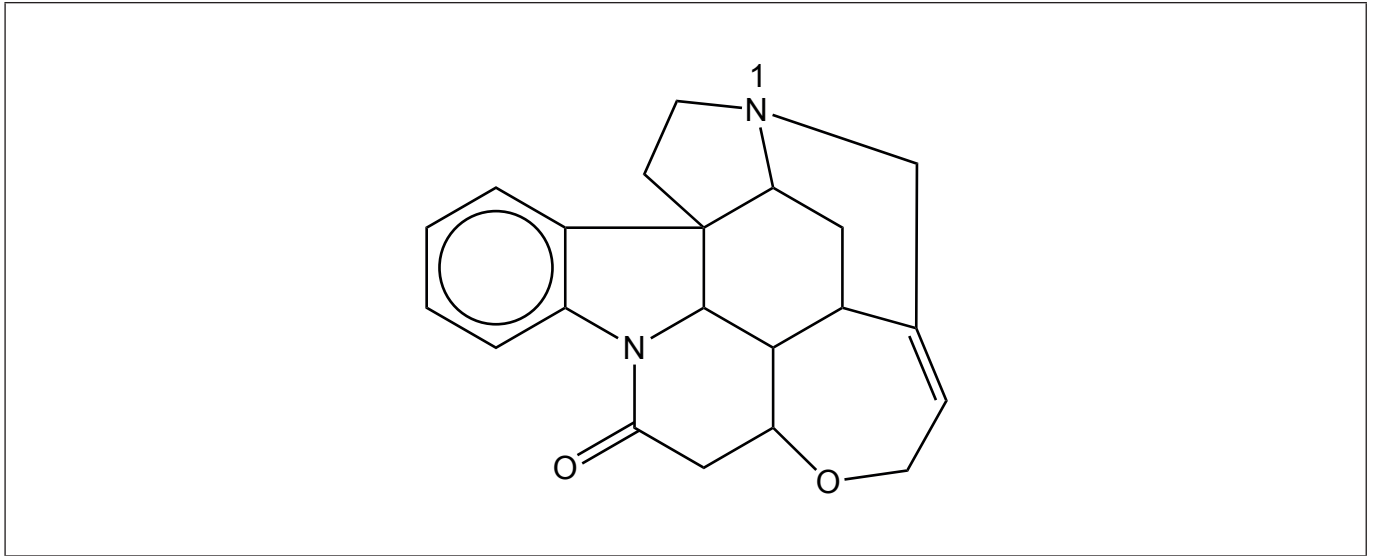
IR: .....

$^1\text{H-NMR}$ : .....



4. Strychnin ( $C_{21}H_{22}N_2O_2$ ,  $M_r = 334,4$ ) ist ein weißer kristalliner Feststoff, der aus Pflanzen gewonnen wird.

(a) Die Formel von Strychnin ist:



(i) Geben Sie den Namen der funktionellen Gruppe an, die das mit „1“ beschriftete Stickstoff-Atom enthält.

[1]

.....  
.....

(ii) Umreißen Sie, wie die  $N_1$  enthaltende funktionelle Gruppe den pH-Wert beeinflusst, wenn Strychnin in Wasser gelöst wird.

[1]

Richtung der pH-Wert-Änderung: .....

Grund der Änderung: .....

.....

(iii) Zeichnen Sie einen Kreis auf dem Diagramm in (a) um die funktionelle Gruppe, die im Dunkeln mit Brom reagieren würde.

[1]

(iv) Geben Sie die Anzahl der Ringe in der Strychnin-Struktur an.

[1]

.....  
.....

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



**(Fortsetzung Frage 4)**

- (v) Die Strychnin-Struktur enthält *chirale* Kohlenstoffatome. Umreißen Sie, was mit diesem Begriff gemeint ist.

[1]

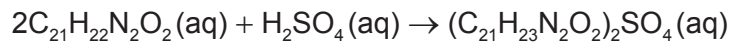
.....

.....

.....

.....

- (b) 48,73 g Strychnin wurden in sein Sulfat durch folgende Reaktion umgewandelt:



Bestimmen Sie die prozentuale Ausbeute, wenn 51,41 g des Produkts gewonnen wurden. Verwenden Sie den Abschnitt 7 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:**

3. (c) Mit freundlicher Genehmigung. © Vereinigte Staaten von Amerika, vertreten durch den Handelsminister (Secretary of Commerce).

**Alle anderen Texte, Grafiken und Illustrationen © International Baccalaureate Organization 2025**



20EP20