

## 57. IChO 2025 – Musterlösung zur 1. Runde – V.2 - 28.07.2024

**Errata:****Aufgabe 3 b)****Formel im Aufgabentext:**

$$w = \gamma \cdot \Delta \sigma$$

korrigiert zu

$$\Delta w = \gamma \cdot \Delta \sigma$$

mit  $\Delta w$ : zu verrichtende Arbeit,  $\Delta \sigma$ : Änderung der Oberfläche und  $\gamma$ : Oberflächenspannung

**Im Fließtext auf S.5 des Aufgabenblattes Formel**

$$\Pi = \gamma \cdot \sigma$$

Korrigiert zu

$$\Pi = \gamma \cdot \sigma$$

**Aufgabe 3 i)**

Im Aufgabentext ist die Höhe des Troges mit  $h = 4,00 \text{ mm}$  angegeben. Richtig ist  $h = 40,0 \text{ mm}$ .

(Aufgabentext in den Onlineversionen des Aufgabenblattes im ScienceOlympiaden-Portal und auf der IChO-Website korrigiert am 28.07.24.)

**Aufgabe 1: Untersuchungen über den Zerfall der Elemente und die Chemie der radioaktiven Stoffe** 47 Punkte
**Aufgabe 1 a) [5 P max]**

 Vervollständige die Tabelle mit den Eigenschaften des  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Zerfalls.

Zerfallsart	Emittiertes Teilchen	Änderung der	
		Ordnungszahl	Massenzahl
$\gamma$	Photon	0	0
$\alpha$	${}^4_2\text{He}$	-2	-4
$\beta^-$	$e^-$	+1	0

Jeweils 0,5 P pro korrektem Zelleninhalt.

**Aufgabe 1 b) [8,5 P max]**

Markiere und nenne die 15 im Buchstabengitter versteckten radioaktiven Elemente und gib an, welche beiden von Marie und Pierre Curie entdeckt wurden.

Die Elementnamen können horizontal, vertikal und diagonal angeordnet sein. Das Suffix -ium entfällt: statt 'Elementium' enthält das Buchstabengitter nur 'Element'.

```

Z P P G D U O A M A N G A N G
Y L R A H A C S N E O N S A H
E U O C B B R T E C H N E T D
B T M H K C T M H W C S F N Y
L O E Z R A R F S K F B D F T
E N T B B A C T I T A N L L T
I D E P T O D T W F A A U U R
H Z C O R N R O I I U D P O I
L R U L W H P L N N R A T R L
Z J R O S D M E I T N E R N H
I F F N M N E P T U N B N Y B
N R Z G O L D U J C L E T E R
N A F B C H L O R V E J H U O
H N L Z J Y E V O A R G O N M
Z C M U A S T A T D N C R I N
    
```

Technetium, Polonium, Astat, Radon und Radium, Francium, Actinium, Thorium, Uran, Neptunium, Plutonium, Curium, Meitnerium, Darmstadtium. Jeweils 0,5P

Prometium (ist falsch! hier fehlt ein „H“ im Rätsel! Es muss Promethium sein! 0,5 Punkte trotzdem geben, auch wenn es deswegen nicht gefunden wird!),

Die Curies entdeckten das Polonium (0,5P) und das Radium (0,5P).

**Aufgabe 1 c) [1,5 P max]**

Gib für das häufigste Goldisotop die Protonen- und Neutronenzahl sowie die Elektronenkonfiguration an.

79 Protonen, (0,5P)



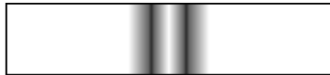
$197 - 79 = 118$  Neutronen, (0,5P)

$[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^{10} 6s^1$  (0,5P)

**Aufgabe 1 d) [1,5 P max]**

Kreuze an, welches Streumuster in Rutherfords Experiment beobachtet wurde und erkläre kurz, was für eine Ladungsverteilung im Atom sich aus dieser Beobachtung ergab.

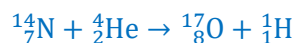
*Die Mitte des Streifens stellt eine Ablenkung von  $0^\circ$  dar, die Farbstärke die gestreute Strahlungsintensität.*

		
<b>X (0,5P)</b>		

Aus der Tatsache, dass einzelne Alphateilchen stärker als  $90^\circ$  abgelenkt wurden, konnte geschlossen werden, dass die positive Ladung im Atom in einem relativ kleinen Bereich (0,5P) mit relativ großer Masse (0,5P) konzentriert ist.

**Aufgabe 1 e) [1,0 P max]**

Stelle eine ausgeglichene Kernreaktionsgleichung für diese Umwandlung auf. Gib dabei für alle Teilchen die Ordnungs- und Massenzahl an.



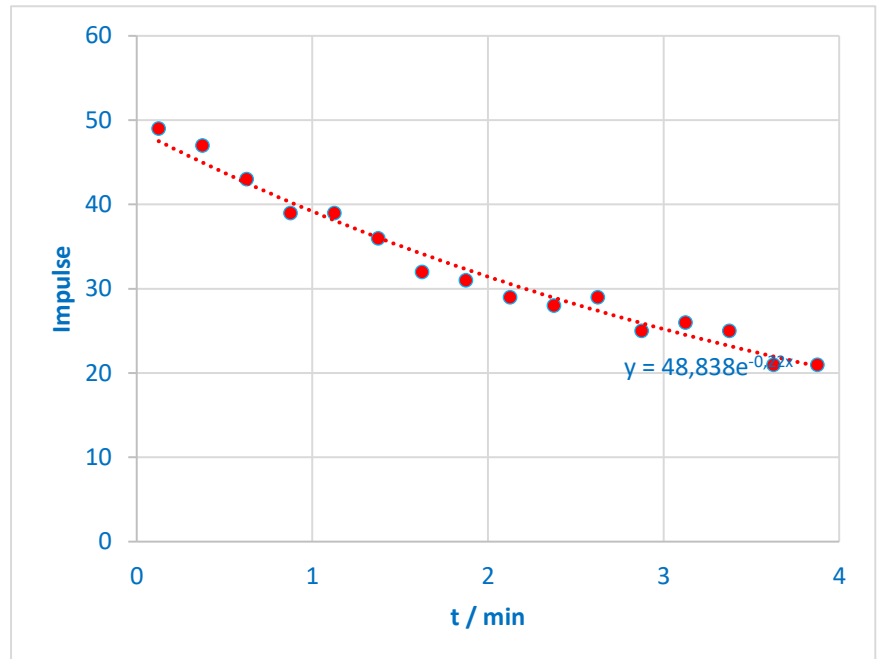
(0,5P für komplette richtige Ordnungs- und Massezahlen, 0,5P für ausgeglichene Kernreaktionsgleichung)

**Aufgabe 1 f) [4,5 P max]**

Trage die aus den experimentellen Daten ermittelte abgestrahlte Intensität über der Zeit auf und bestimme mithilfe einer Ausgleichskurve die ungefähre Halbwertszeit der Strahlung.

Da die Messungen jeweils über 15 s gemittelt sind, wird der Zeitpunkt in der Mitte des Intervalls verwendet. Für die Berücksichtigung der Hintergrundstrahlung müssen  $12 \text{ Impulse min}^{-1} \cdot 0,25 \text{ min} = 3 \text{ Impulse}$  von jedem Wert abgezogen werden. **(0,5P für die Berücksichtigung der Hintergrundstrahlung)**

$t / \text{min}$	$I_0$
0,125	49
0,375	47
0,625	43
0,875	39
1,125	39
1,375	36
1,625	32
1,875	31
2,125	29
2,375	28
2,625	29
2,875	25
3,125	26
3,375	25
3,625	21
3,875	21



Aus der Ausgleichskurve ergibt sich eine Halbwertszeit von ca. 3 min (grafisch oder durch Fit einer exponentiellen Funktion mit einem digitalen Tool).

**Achsenbeschriftung + angemessene Einteilung der Achsen: 1P**

**Messwerte exakt eingetragen: 1P**

**Ausgleichskurve: 1P**, Es werden keine Punkte vergeben, wenn nur die eingetragenen Messwerte miteinander verbunden wurden

**Ergebnis: 1P**

**Aufgabe 1 g) [16 P max]**

Gib jeweils alle möglichen Nuklide an, die bei der Reaktion von Alphateilchen mit den stabilen Isotopen von Al, B oder Na entstehen könnten, indem ein bis vier Teilchen aus dem Alphateilchen aufgenommen werden, und recherchiere jeweils die Halbwertszeiten. Erkläre anschließend die Beobachtung anhand dieser Daten.

Durch Aufnahme von  ${}^1_1\text{H}$ ,  ${}^2_1\text{H}$ ,  ${}^3_1\text{H}$ ,  ${}^2_2\text{He}$ ,  ${}^3_2\text{He}$  oder  ${}^4_2\text{He}$  aus dem Alphateilchen entstehen folgende Nuklide:

**Aus  ${}^{27}_{13}\text{Al}$ :**

${}^{28}_{14}\text{Si}$ ,  ${}^{29}_{14}\text{Si}$ ,  ${}^{30}_{14}\text{Si}$  (alle stabil),  ${}^{29}_{15}\text{P}$  (4,1 s),  ${}^{30}_{15}\text{P}$  (2,5 min),  ${}^{31}_{15}\text{P}$  (stabil) jeweils 0,5P

**Aus  ${}^{10}_5\text{B}$ :**

${}^{11}_6\text{C}$  (20 min),  ${}^{12}_6\text{C}$  (stabil),  ${}^{13}_6\text{C}$  (stabil),  ${}^{12}_7\text{N}$  (11 ms),  ${}^{13}_7\text{N}$  (9,9 min),  ${}^{14}_7\text{N}$  (stabil) jeweils 0,5P

**Aus  ${}^{11}_5\text{B}$ :**

${}^{12}_6\text{C}$  (stabil),  ${}^{13}_6\text{C}$  (stabil),  ${}^{14}_6\text{C}$  (5730 a),  ${}^{13}_7\text{N}$  (9,9 min),  ${}^{14}_7\text{N}$  (stabil),  ${}^{15}_7\text{N}$  (stabil) jeweils 0,5P

**Aus  ${}^{23}_{11}\text{Na}$ :**

${}^{24}_{12}\text{Mg}$ ,  ${}^{25}_{12}\text{Mg}$ ,  ${}^{26}_{12}\text{Mg}$  (alle stabil),  ${}^{25}_{13}\text{Al}$  (7,1 s),  ${}^{26}_{13}\text{Al}$  (720 000 a),  ${}^{27}_{13}\text{Al}$  (stabil) jeweils 0,5P

Im Fall des Aluminiums entsteht  ${}^{30}_{15}\text{P}$ , dessen Halbwertszeit der im Experiment beobachteten Halbwertszeit ungefähr nahekommt (1P, bei richtig dargestelltem Zusammenhang).  ${}^{29}_{15}\text{P}$  zerfällt so schnell, dass es in der beschriebenen Messung mit einer Auflösung von  $\sim 30$  s nicht detektiert worden wäre (0,5P).

Bei Bestrahlung von Bor wird der Zerfall von  ${}^{13}_7\text{N}$  beobachtet. (0,5P, Nennung des zerfallenden Nuklids) Die beiden anderen möglichen radioaktiven Produkte  ${}^{14}_6\text{C}$  und  ${}^{12}_7\text{N}$  zerfallen zu langsam bzw. zu schnell, um im Experiment mit einer Auflösung von  $\sim 30$  s beobachtet zu werden (je Grund 0,5P, wenn erklärt wird, warum die Nuklide nicht beobachtet werden können).

Aus diesem Grund wird auch die Strahlung radioaktiver Aluminiumkerne bei Bestrahlung von Natrium nicht beobachtet;  ${}^{25}_{13}\text{Al}$  und  ${}^{26}_{13}\text{Al}$  zerfallen zu schnell (0,5P) bzw. langsam (0,5P).

**Aufgabe 1 h) [3,0 P max]**

Berechne, welcher Anteil (in %) der Al-Atome in einer Folie (5 cm<sup>2</sup>, Dicke 0,05 mm, ρ = 2,70 g mL<sup>-1</sup>) maximal umgewandelt werden kann bei Bestrahlung für 10 min mit einer Quelle der Aktivität 2 GBq, wenn hypothetisch jedes Alphateilchen mit genau einem Al-Kern eine Reaktion eingeht.

$$V(\text{Al}) = 5 \text{ cm}^2 \cdot 0,005 \text{ cm} = 0,025 \text{ cm}^3 \quad (0,5\text{P})$$

$$m(\text{Al}) = 2,70 \text{ g cm}^{-3} \cdot 0,025 \text{ cm}^3 = 0,0675 \text{ g} \quad (0,5\text{P})$$

$$n(\text{Al}) = 0,0675 \text{ g} / 26,98 \text{ g mol}^{-1} = 2,50 \text{ mmol} \quad (0,5\text{P})$$

$$N(\text{Al}) = 2,50 \text{ mmol} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 1,50 \cdot 10^{21} \quad (0,5\text{P})$$

$$N(\alpha) = 2 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1} \cdot 600 \text{ s} = 1,2 \cdot 10^{12} \quad (0,5\text{P})$$

$$x = 1,2 \cdot 10^{12} / 1,50 \cdot 10^{21} = 8 \cdot 10^{-10} = 0,00000008 \% \quad (0,5\text{P, nur wenn Ergebnis in Prozent angegeben worden ist})$$

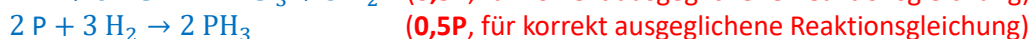
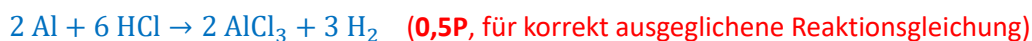
Bei Rundungsfehlern trotzdem volle Punktzahl geben.

**Aufgabe 1 i) [4,0 P max]**

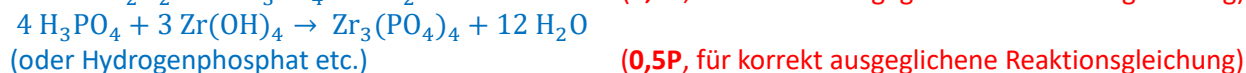
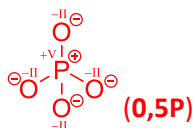
Stelle Reaktionsgleichungen für alle ablaufenden Reaktionen auf. Benenne die in beiden Versuchen gebildeten Spezies, die das „Radioelement“ beinhaltet, zeichne eine Lewisformel und gib Oxidationszahlen aller Atome an.

Nimm beim Aufstellen der Reaktionsgleichungen der Einfachheit halber an, dass das „Radioelement“ in atomarer Form vorliegt.

## 1. Phosphan (0,5P)



## 2. (Zirconium)phosphat (0,5P)



**Aufgabe 1 j) [2,0 P max]**

Begründe, weshalb die verwendeten Nachweise innerhalb weniger Minuten durchzuführen sein müssen und erläutere, warum im zweiten Nachweis Natriumphosphat hinzugegeben wird.

Während der Durchführung zerfällt das instabile Isotop (0,5P), nach zu langer Zeit nach der Bestrahlung kann überhaupt keine Radioaktivität mehr detektiert werden (0,5P).

Die Konzentration an Phosphat in der Lösung durch die erfolgte Kernumwandlung ist so gering (s. Aufgabe 1h), dass Zirconiumphosphat bei der Zugabe des Hydroxids gar nicht ausfallen könnte (0,5P, Konzentration von Phosphat zu gering). Die zusätzliche Zugabe von ausreichend Phosphationen führt dann zum Überschreiten des Löslichkeitsprodukts, wobei die radioaktiven Phosphationen mit ausfallen (0,5P, Argumentation mit Löslichkeitsprodukt).

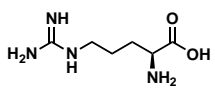
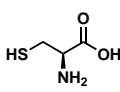
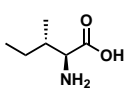
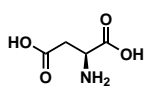

## Aufgabe 2:

## Für die gerichtete Evolution von Enzymen

31 Punkte

**Aufgabe 2 a) [7,5 P max]**

Gib die Namen der fünf unbekanntes Aminosäuren **A–E** und ihrer Strukturformeln in Skelettschreibweise an. Nutze die genannten Hinweise, um **A–E** eindeutig zu identifizieren.

A	B	C	D	E
Arginin	Cystein	Isoleucin	Asparaginsäure	Alanin
				

Für die vollständig korrekte Identifikation der Aminosäuren **A–E** (korrekte Namen) werden **5 P.** vergeben.

Bei (teilweise) falscher Identifikation der Aminosäuren **A–E** können Teilpunkte vergeben werden. Hierbei sollen für jeden der acht Hinweise in der Aufgabenstellung, der auf die Antwort des Teilnehmers / der Teilnehmerin (TN) zutrifft, **0,5 P.** vergeben werden.

*Beispiel:*

*TN identifiziert die Aminosäuren als*

**A: Arginin, B: Cystein, C: Leucin, D: Glutaminsäure, E: Alanin.**

*Bei dieser Antwort sind die Hinweise 1, 2, 4, 5, 7 und 8 aus der Aufgabenstellung zutreffend. Hinweise 3 und 6 treffen nicht zu. Da sechs Hinweise zutreffend sind, werden für die Identifikation der Aminosäuren  $6 \times 0,5 = 3,0$  P. vergeben.*

Für jede korrekte Strukturformel (in Skelettformel gezeichnet) werden **0,5 P.** vergeben. Folgefehler (falsche Zuordnung der Aminosäure, aber korrekte Zuordnung der Strukturformel zum Namen) werden ebenfalls als korrekt bewertet. Strukturen, die nicht in Skelettformel angegeben sind, werden mit **0 P.** bewertet.

Insgesamt können bis zu **7,5 P.** (**5 P.** für die Identifikation der Aminosäuren, **2,5 P.** für die Strukturformeln) erreicht werden.



**Aufgabe 2 b) [3,5 P max]**

Vervollständige den Lückentext zur gerichteten Evolution von Enzymen, indem du die folgenden Begriffe verwendest. Begriffe können mehrfach genutzt werden.

*DNA – Enzyme – katalytische Aktivität – Mikroorganismen – Mutation – natürlich vorkommendes Enzym – Screening – Zyklus*

Als Ausgangspunkt für die Entwicklung eines effizienten Enzymkatalysators dient ein **natürlich vorkommendes Enzym**, das die gewünschte Reaktion mit niedriger, aber messbarer Aktivität katalysiert. Im ersten Schritt wird die **DNA**, die die Abfolge der Aminosäuren im Enzym codiert, durch zufällige **Mutationen** verändert. Hierbei wird eine Bibliothek mutierter **DNA**-Stränge erhalten. Aus diesen werden anschließend unter Verwendung von **Mikroorganismen** die mutierten **Enzyme** gewonnen. Diese werden auf ihre **katalytische Aktivität** in der gewünschten Reaktion untersucht (oft als **Screening** bezeichnet). Diejenigen Enzyme, die die höchste **katalytische Aktivität** aufweisen, werden als Ausgangspunkt für den nächsten **Zyklus** ausgewählt, der wiederum aus **Mutation** der **DNA**, Synthese des Enzyms und **Screening** der Aktivität besteht. So können nach mehreren Zyklen hocheffiziente **Enzyme** gewonnen werden.

Für jeden korrekt zugeordneten Begriff werden **0,25 P.** vergeben (maximal **3,5 P.**).

**Aufgabe 2 c) [2 P max]**

Nenne zwei mögliche Gründe, aus denen es sinnvoll sein könnte, eine chemische Reaktion in einem anderen Lösungsmittel als Wasser durchzuführen.

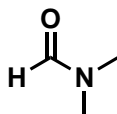
Mögliche Gründe:

- Einer oder mehrere Reaktanden sind nicht in Wasser löslich
- Die Reaktion muss bei Temperaturen und Drücken durchgeführt werden, unter denen Wasser nicht flüssig ist (z. B. oberhalb des Siedepunkts).
- Reaktanden, Reagenzien oder Intermediate reagieren mit Wasser und sind daher in wässriger Lösung nicht stabil.

Weitere, hier nicht genannte, fachlich plausible Gründe werden ebenfalls als korrekt bewertet. Pro fachlich korrektem Grund wird **1 P.** vergeben (maximal **2 P.**).

**Aufgabe 2 d) [1 P max]**

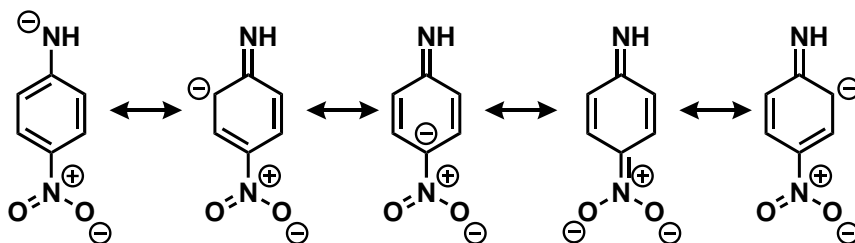
Gib die Struktur von DMF an.



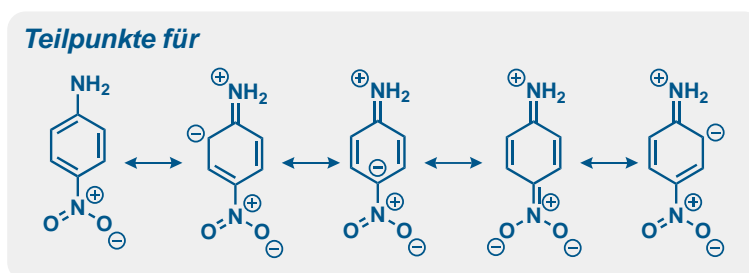
**1 P** für die korrekte Struktur. Es werden keine Teilpunkte vergeben.

**Aufgabe 2 e) [6 P max]**

Gib die Struktur der intensiv gelb gefärbten Spezies an, indem du insgesamt fünf plausible mesomere Grenzformeln zeichnest.



Für die korrekte Identifikation der anionischen Spezies (eine der gezeigten, schwarz dargestellten Resonanzformeln) werden **2 P.** vergeben. Jede weitere korrekte Grenzformel wird mit **1 P.** bewertet, sodass insgesamt **6 P.** erreicht werden können. Fehlerhafte Grenzformeln (fehlende Ladungen, inkorrekte Valenzen, ...) werden mit **0 P.** bewertet. Sollte die gelb gefärbte Spezies nicht korrekt identifiziert werden (und stattdessen das neutrale Anilin gezeichnet werden), können bei korrekter Formulierung der folgenden Resonanzformeln (blau dargestellt) bis zu **4 P.** erreicht werden:


**Aufgabe 2 f) [1 P max]**

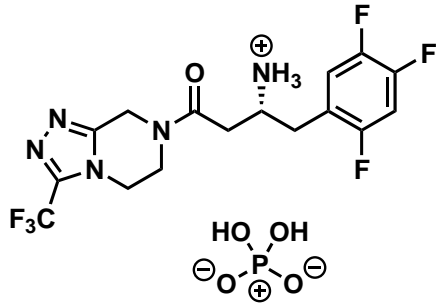
Bestimme die absolute Konfiguration des Stereozentrums in Verbindung **5** gemäß der Cahn-Ingold-Prelog-Konvention.

R-Konfiguration

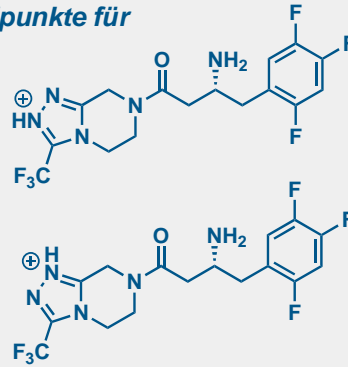
**1 P** für die korrekte Konfiguration. Es werden keine Teilpunkte vergeben.

**Aufgabe 2 g) [3 P max]**

Gib die Struktur des Salzes im Sitagliptin-Präparat an.

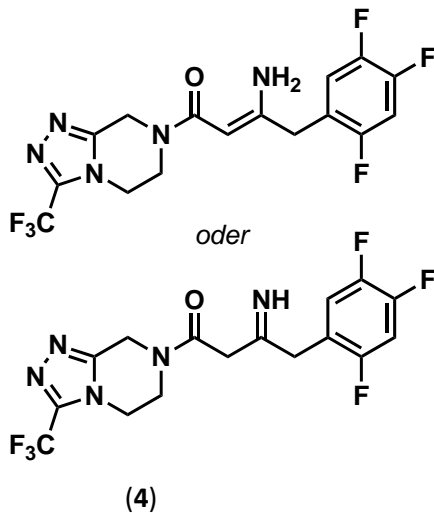


Teilpunkte für

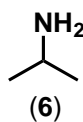
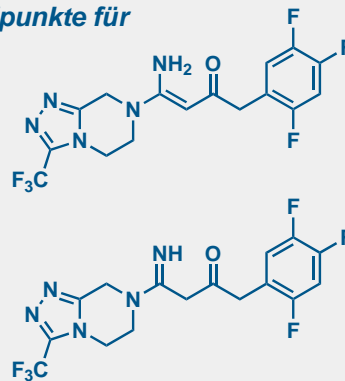


Für das korrekte Kation (schwarz) werden **2 P.**, für das korrekte Anion (schwarz) **1 P.** vergeben. Wird eines der beiden „sekundären“ Stickstoffatome im Triazolring protoniert (blau dargestellte Kationen), wird für das Kation **1 P.** vergeben. Alle anderen Kationen werden mit **0 P.** bewertet.

**Aufgabe 2 h) [5 P max]**

 Gib die Strukturen der Verbindungen **4** und **6** an.


Teilpunkte für



Die korrekte Struktur von Verbindung **4** (schwarz) wird mit **3 P.** bewertet, Verbindung **6** mit **2 P.** Die Isomere von **4**, in denen fälschlicherweise die „linke“ Carbonylgruppe umgesetzt wurde (blau dargestellt), werden mit **2 P.** bewertet.

**Aufgabe 2 i) [2 P max]**

Nenne zwei Gründe, aus denen der neue, enzymkatalysierte Reaktionspfad industriell bevorzugt wird.

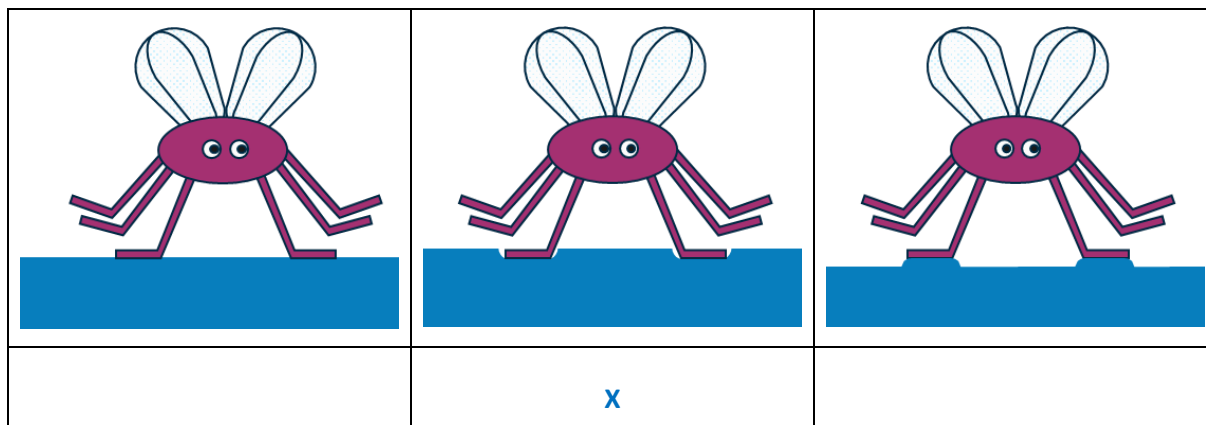
Mögliche Gründe:

- Kürzere Syntheseroute: Durchführung in einem Reaktionsschritt ist effizienter und wirtschaftlicher, da ein zweiter Durchführungs- und Aufreinigungsschritt vermieden wird. Dies spart Reagenzien, Lösungsmittel, Energie und minimiert Abfallprodukte.
- Vermeidung von Edelmetallen: Der Ru-Katalysator in der ursprünglichen Syntheseroute ist teuer, zudem ist der Gewinnungsprozess von Ru auch ökologisch bedenklich
- Vermeidung von Hochdrucksynthese: Enzymkatalysierte Reaktionen können zumeist bei Raumtemperatur und Atmosphärendruck durchgeführt werden. Dies ist günstiger und sicherer.

Andere fachlich plausible Gründe werden ebenfalls als korrekt bewertet. Pro korrekt benanntem Grund wird **1 P.** vergeben (insgesamt **2 P.**).

**Aufgabe 3: Entdeckungen und Untersuchungen zur Oberflächenchemie**
**38 Punkte**
**Aufgabe 3 a) [1 P max]**

Kreuze an, welcher Cartoon am besten darstellt, wie ein Wasserläufer auf einer Pfütze steht. Hinweis: Um die Zeichnung zu vereinfachen, ist nur der Kontakt von zwei Gliedmaßen mit der Wasseroberfläche gezeigt.


**Insgesamt 1,0 P**
**Aufgabe 3 b) [7 P max]**

Kreuze an, auf welche Art die „Verunreinigungen“ in der Tabelle jeweils die Oberflächenspannung von Wasser verändern. Kreuze außerdem an, wie sich Temperaturveränderungen auf die Oberflächenspannung reinen Wassers auswirken.

	niedriger	keine Änderung	höher
Salz <i>NaCl</i>			X*
Sand <i>SiO<sub>2</sub></i>		X	
Seifenlösung <i>Kernseife + Wasser</i>	X		
Speiseöl <i>Sonnenblumenöl</i>	X		
Teelöffel <i>Ag</i>		X	
Temperaturabsenkung			X
Temperaturerhöhung	X		

**\*Hinweis:** Im Vergleich zu den oberflächenaktiven Substanzen wird für eine merkliche Erhöhung der Oberflächenspannung deutlich mehr Salz benötigt. Die grundsätzliche Tendenz ist eine Erhöhung der Oberflächenspannung.

Je **1,0 P**

Insgesamt **7,0 P**

**Aufgabe 3 c) [2 P max]**

Zeige durch eine Einheitenanalyse, dass beide Definitionen rechnerisch gleichwertig sind.

$$\frac{[Kraft]}{[Länge]} = \frac{N}{m} = \frac{N \cdot m}{m \cdot m} = \frac{J}{m^2} = \frac{[Energie]}{[Fläche]}$$

Je **0,5 P** für die Einheiten als Kraft pro Länge bzw. Energie pro Fläche

**1,0 P** für die Umrechnung der Einheiten

Insgesamt **2,0 P**

**Aufgabe 3 d) [2 P max]**

Berechne die Arbeit, die aufgewendet werden muss, um einen 6 cm langen Bügel um 0,5 cm aus einem mit Wasser ( $\gamma = 7,2 \cdot 10^{-2} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ ) gefüllten Becken herauszuziehen. Vernachlässige Gravitation und Auftrieb.

$$w = \gamma \cdot \Delta\sigma$$

$$\Delta\sigma = 2 \cdot l \cdot \Delta h$$

$$w = \gamma \cdot 2 \cdot l \cdot \Delta h \text{ (1,0 P)}$$

$$w = 7,2 \cdot 10^{-2} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1} \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot 6 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 4,3 \cdot 10^{-5} \text{ J} \text{ (1,0 P)}$$

Der Faktor 2 ist maßgeblich für die Erkenntnis, dass der erzeugte Film zwei Oberflächen hat. Sollte dieser vergessen worden sein, sind für den Rechenweg keine Punkte zu vergeben, das Ergebnis gilt dennoch als folgerichtig.

Insgesamt **2,0 P**

**Aufgabe 3 e) [3 P max]**

Berechne die Arbeit, die aufgewendet werden muss, um in Wasser eine kugelförmige Kavität mit dem Radius  $r = 0,05 \text{ cm}$  zu erzeugen. Vernachlässige Gravitation, Wasserdruck und Auftrieb.

$$w = \gamma \cdot \Delta\sigma$$

$$\Delta\sigma = 4 \cdot \pi \cdot \Delta r^2 \quad (1,0 \text{ P})$$

$$w = \gamma \cdot 4 \cdot \pi \cdot \Delta r^2 \quad (1,0 \text{ P})$$

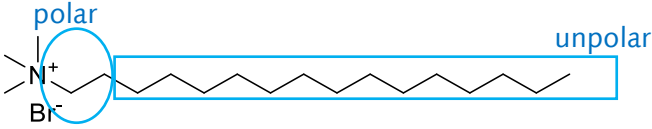
$$w = 7,2 \cdot 10^{-2} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1} \cdot 4 \cdot (5 \cdot 10^{-4} \text{ m})^2 = 2 \cdot 10^{-7} \text{ J} \quad (1,0 \text{ P})$$

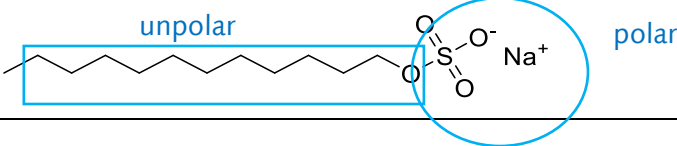
Der hier nicht vorhandene Faktor 2 ist maßgeblich für die Erkenntnis, dass die erzeugte Kavität im Vergleich zum Film nur eine Oberfläche hat. Sollte dennoch mit einem Faktor 2 gerechnet worden sein, sind für den Rechenweg zu  $\Delta\sigma$  keine Punkte zu vergeben, der Rechenweg zu  $\Delta w$  und das Ergebnis gelten dennoch als folgerichtig.

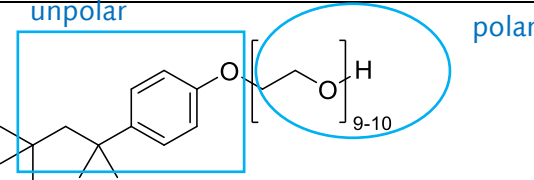
Insgesamt **3,0 P**

**Aufgabe 3 f) [6 P max]**

Gib die Summenformeln sowie Namen (Trivialname oder systematischer Name) der abgebildeten Tenside an. Kennzeichne jeweils den polaren und den unpolaren Anteil des Moleküls. Ordne jedem Tensid die richtige Klasse (anionisches Tensid, kationisches Tensid, nichtionisches Tensid) zu.


$\text{C}_{19}\text{H}_{42}\text{BrN}$
Cetyltrimethylammoniumbromid, N,N,N-Trimethyl-1-hexadecan-aminiumbromid, Hexadecyltrimethyl-ammoniumbromid  alle gültigen Namen, jedoch keine Abkürzungen, werden als richtig bewertet, Vergleich unter CAS 57-09-0
kationisches Tensid


$C_{12}H_{25}NaO_4S$
Natriumdodecylsulfat, Natriumlaurylsulfat, Dodecylsulfat-Natriumsalz
alle gültigen Namen, jedoch keine Abkürzungen, werden als richtig bewertet, Vergleich unter CAS 151-21-3
anionisches Tensid


$C_{14}H_{22}O(C_2H_4)_{9-10}$
Octoxinol 9, Octoxinol 9, Polyethylenglycolmono(4-tert-octylphenyl)-ether, Polyethylenglycol-[4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenyl]-ether
alle gültigen Namen, jedoch keine Abkürzungen, werden als richtig bewertet, Vergleich unter CAS 9002-93-1
nichtionisches Tensid


Jeweils (Markierung, Summenformel, Name, Klasse) **0,5 P** (ohne Teilpunkte)

Insgesamt **6,0 P**



**Aufgabe 3 g) [6 P max]**

Skizziere jeweils die Anordnung von exemplarisch sieben Tensidmolekülen an der Wasseroberfläche, wenn die Barriere von rechts bis zu den eingezeichneten Punkten A, B, C geschoben wird. An Punkt C liegt eine Monolage der Tensidmoleküle vor. Fertige die Skizze in der Querschnittssicht an. Hinweis: Du darfst ein Tensidmolekül schematisch als Kreis (polare „Kopfgruppe“) mit Schlangenlinie (unpolare „Schwanzgruppe“) darstellen. Ordne den drei Skizzen zu, welchen Phasen von Materie sie ähneln (fest, flüssig, gasförmig) und begründe.



analog zu fest

analog zu flüssig

analog zu gasförmig

Gasanalog: Moleküle können sich auf der Oberfläche frei bewegen, Rotationsfreiheitsgrade der Schwanzgruppe sind nicht eingeschränkt.

Flüssiganalog: Moleküle können sich in geringem Maße auf der Oberfläche bewegen, einige der Rotationsfreiheitsgrade sind eingeschränkt, es liegt eine Nahordnung benachbarter Moleküle vor.

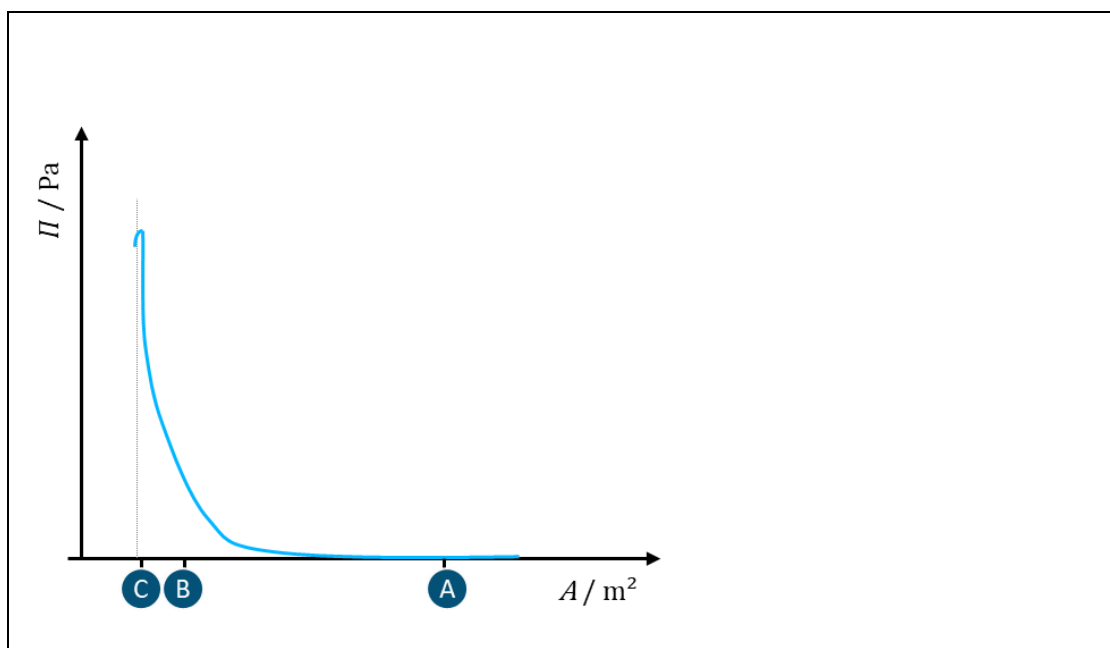
Festanalog: Eine Fernordnung der Atome der einzelnen Moleküle ist erkennbar. Es sind nur noch Schwingungen der Atome möglich.

Je Zeichnung **1,0 P**, je Zuordnung der Analogie (Begründung nicht gefordert) **1,0 P**

Insgesamt **6,0 P**

**Aufgabe 3 h) [3 P max]**

Erläutere, wie sich mit Hilfe der Druckmessung (vgl. Skizze des Versuchsaufbau) feststellen lässt, dass eine Monolage vorliegt. Stell dazu die isotherme Abhängigkeit zwischen Oberflächendruck und Größe der Flüssigkeitsoberfläche links der Barriere in einem Diagramm dar. Trage in dem Diagramm die Punkte A, B und C aus Aufgabenteil 0 ein.



Je weiter die Tensidmoleküle durch das Verschieben der Barriere „zusammenrücken“, desto geringer ist die Oberflächenspannung der resultierenden Oberfläche, desto höher also der Oberflächendruck. Beim Erreichen einer Monolage können die Moleküle nicht weiter zusammengeschoben werden, der Oberflächendruck steigt stark an, bevor er durch das Ausbilden anderer Strukturen zusammenbricht. Durch kontinuierliche Druckmessung kann die Stellung der Barriere ermittelt werden, an der dieser Punkt erreicht ist.

**Minimalanforderung:**

- qualitativer Graph, mit  $\Pi$  vs.  $A$   
Da in der Literatur hier häufig die Fläche je Molekül bzw. Kopfgruppe anstelle der Oberfläche der Flüssigkeit gezeigt wird, gibt es trotz Abweichung von der Aufgabenstellung die volle Punktzahl.
- Monolage erkennbar an steilem Anstieg der Kurve (von rechts kommend)
- Qualitative, schlüssige Erläuterung, wieso der steile Anstieg zu erwarten ist. Eine Argumentation über den Zusammenbruch des Oberflächendrucks und Erkennen der Barrierenstellung für die Monolage als „kurz davor“ sollte auch volle Punktzahl geben.

**Graph: 2,0 P**

**Begründung: 1,0 P**

**Insgesamt 3,0 P**

**Aufgabe 3 i) [2 P max]**

Berechne, um welche Länge die Barriere beim Herausziehen des Substrats nach links bewegt werden muss, um die Monolage defektfrei auf die Glasplatte zu übertragen. Die Maße des Versuchsaufbaus sind:  $a = 26,0 \text{ mm}$ ,  $h = 40,0 \text{ mm}$ ,  $l = 195 \text{ mm}$ ,  $w = 50,0 \text{ mm}$

$$2 A_{\text{Substrat}} = A_{\text{Wasser, Start}} - A_{\text{Wasser, Ende}} \quad (1,0 \text{ P})$$

$$2 \cdot a^2 = w \cdot \Delta l_{\text{Trog}}$$

$$\Delta l = \frac{2 \cdot a^2}{w} = \frac{2 \cdot 26,0^2}{50,0} \text{ mm} = 27,0 \text{ mm} \quad (1,0 \text{ P})$$

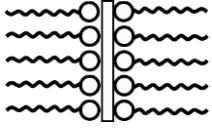
Der Faktor 2 ist maßgeblich für die Erkenntnis, dass auf beide Seiten des Substrats eine Monolage übertragen wird. Sollte der Faktor 2 übersehen worden sein, sind für den Rechenweg zu keine Punkte zu vergeben, das Ergebnis gilt dennoch als folgerichtig:

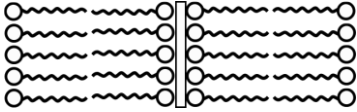
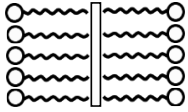
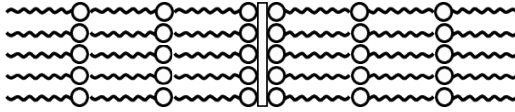
Insgesamt **2,0 P**

**Aufgabe 3 j) [6 P max]**

Beschreibe die Abfolge, mit welchem Vorgehen folgende Filme erzeugt werden können. Stelle deine Antwort als Stichpunktliste entsprechend dem Beispiel dar.

Beispiel:

	Substrat: Polar 1. Substrat eintauchen 2. Tensidlösung zugeben und Monolage erzeugen 3. Substrat herausziehen
---	--

 <p>i.</p>	 <p>ii.</p>	 <p>iii.</p>
---	--	--

i.

Substrat: Polar

1. Substrat eintauchen
2. Tensidlösung zugeben und Monolage erzeugen
3. Substrat herausziehen
4. Monolage aufrechterhalten durch verschieben der Barriere (nicht gefordert)
5. Substrat eintauchen
6. Flüssigkeitsoberfläche reinigen/Reste abtupfen/... (also irgendwie dafür sorgen, dass kein Tensid mehr auf der Oberfläche ist, damit keine dritte Lage übertragen wird)

Substrat herausziehen

ii.

Substrat: Unpolar

1. Tensidlösung zugeben und Monolage erzeugen
2. Substrat eintauchen
3. Oberfläche reinigen/Reste abtupfen/...
4. Substrat herausziehen

Da die unpolaren Gruppen Richtung Atmosphäre gerichtet sind, wird diese Monolage im Gegensatz zum Beispiel beim Eintauchen und nicht beim Herausziehen aufs Substrat übertragen.

iii.

Substrat: Polar

Tensid: Kopfgruppe nur schwach polar

Schritte wie beim Beispiel beschrieben mehrmals nacheinander ausführen. Vor jedem Eintauchen muss die Wasseroberfläche gereinigt werden, damit beim Eintauchen keine Moleküle übertragen werden.

Da dieser Schichttyp nicht offensichtlich ist, erhalten die TN auf „geht nicht“ die Hälfte der vorgesehenen Punktzahl.

Jeweils max. **2,0 Punkte**

Insgesamt **6,0 P**

**Juniorbonus:****max 24 Punkte**

Um den Wissensvorsprung älterer Teilnehmenden in der 1. Runde der IChO auszugleichen, erhalten alle Schülerinnen und Schüler, die nicht im Abschlussjahrgang ihrer Schule sind, für jedes Schuljahr vor dem Abschlussjahrgang einen Juniorbonus entsprechend der Tabelle unten (maximal 24 Punkte). Den passenden Wert des Juniorbonus tragen Sie bitte an entsprechender Stelle der Bewertungsmaske im Onlineportal ein.

**G9-Schulen**

Klassenstufe	Juniorbonus
13	0 Punkte
12	5 Punkte
11	9 Punkte
10	14 Punkte
9	18 Punkte
8 und jünger	24 Punkte

**G8-Schulen**

Klassenstufe	Juniorbonus
12	0 Punkte
11	5 Punkte
10	9 Punkte
9	14 Punkte
8	18 Punkte
7 und jünger	24 Punkte