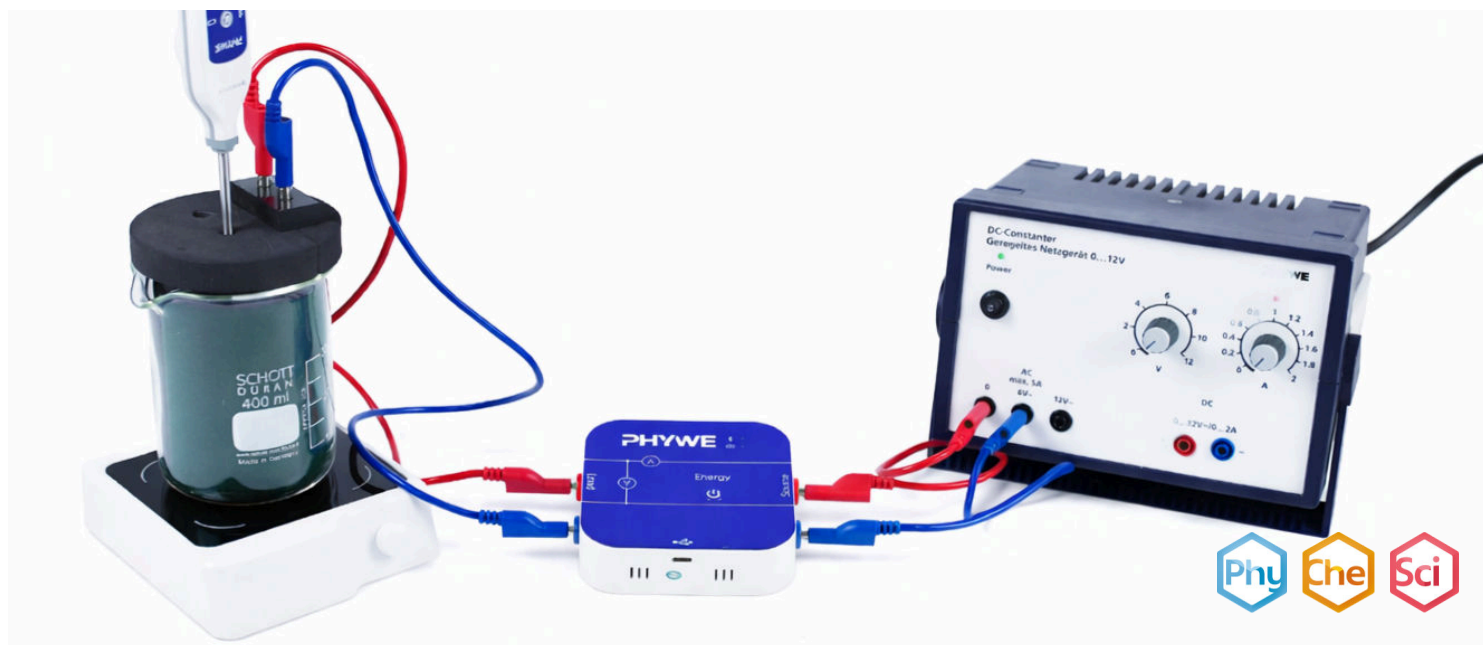


Spezifische Wärmekapazität verschiedener Flüssigkeiten mit Cobra SMARTsense



Die Schüler erarbeiten das Konzept der spezifischen Wärmekapazität, indem sie die Temperaturanstiege von Wasser und Glycerin bei gleicher Wärmezufuhr vergleichen.

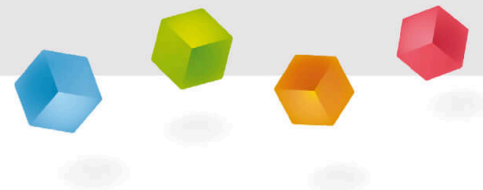
Physik	Wärmelehre / Thermodynamik	Wärmeenergie	
Chemie	Allgemeine Chemie	Chemische & physikalische Stoffeigenschaften	
Chemie	Physikalische Chemie	Thermochemie / Kalorimetrie	
Applied Science	Ingenieurwesen	Erneuerbare Energie	Grundlegende Prinzipien
			
Schwierigkeitsgrad	Gruppengröße	Vorbereitungszeit	Durchführungszeit
mittel	2	10 Minuten	20 Minuten

This content can also be found online at:



<https://www.curriculab.de/c/6981cd794dffba0002449abe>

PHYWE



Lehrerinformationen

Anwendung

PHYWE



Verschiedene Flüssigkeiten lassen sich unterschiedlich schnell erwärmen, da sie unterschiedliche spezifische Wärmekapazitäten aufweisen. Die absolute Wärmekapazität hängt von der Stoffmenge ab, während die spezifische Wärmekapazität eine stoffabhängige, auf die Masse bezogene Größe ist. In diesem Experiment werden diesbezüglich Wasser und Glycerin verglichen. Die Schüler stellen fest, dass sich Glycerin schneller erwärmen lässt und erarbeiten daraus die spezifische Wärmekapazität. Anwendung finden diese Überlegungen beispielsweise beim Kochen, wenn Wasser, Milch oder Öl erhitzt werden.

Sonstige Lehrerinformationen (1/8)

PHYWE

Vorwissen



Die Schüler verfügen über eine grundlegende Vorstellung vom Energiebegriff. Sie kennen die Wärmekapazität als Proportionalitätskonstante zwischen aufgenommener Reaktionswärme und Temperaturänderung und verstehen die Funktionsweise eines Kalorimeters als möglichst isoliertes System.

Prinzip



Die Schüler erhitzen nacheinander Wasser und Glycerin über einen definierten Zeitraum mit gleicher Wärmezufuhr. Die unterschiedlichen Temperaturanstiege zeigen, dass Stoffe unterschiedlich stark auf Energiezufuhr reagieren, also unterschiedliche spezifische Wärmekapazitäten besitzen.

Sonstige Lehrerinformationen (2/8)

PHYWE

Lernziel



Die Schüler erarbeiten das Konzept der spezifischen Wärmekapazität, indem sie die Temperaturanstiege von Wasser und Glycerin bei gleicher Wärmezufuhr vergleichen.

Aufgaben



- Die Schüler sollen über einen definierten Zeitraum nacheinander 100 g Wasser, 200 g Wasser und 200 g Glycerin mit einer elektrischen Heizwendel erwärmen und den jeweiligen Temperaturanstieg bei konstanter Wärmezufuhr messen.
- Die gemessenen Temperaturen sollen in eine Tabelle eingetragen werden und die Temperaturänderung jeder Probe berechnet werden.
- Durch den Vergleich der Temperaturanstiege der drei Proben miteinander sollen die spezifischen Wärmekapazitäten der Stoffe bestimmt werden.

Sonstige Lehrerinformationen (3/8)

PHYWE

Die spezifische Wärmekapazität ist eine stoffabhängige Größe, die angibt, wie viel Wärmeenergie benötigt wird, um die Temperatur von 1 kg eines Stoffes um 1 K zu erhöhen. Sie ist ein Maß für die Fähigkeit eines Materials, Wärme zu speichern.

Der Zusammenhang zwischen der zugeführten Wärmeenergie Q , der Masse der Flüssigkeit m_F , Temperaturänderung ΔT und spezifischen Wärmekapazität c_F der Flüssigkeit lautet:

$$Q = m_F \cdot c_F \cdot \Delta T$$

Im Versuch wird den Flüssigkeiten durch ein elektrisches Heizgerät während der Zeit t bei konstanter Leistung P die Wärmeenergie

$$Q = P \cdot t$$

zugeführt.

Sonstige Lehrerinformationen (4/8)

PHYWE

Da beide Flüssigkeiten bei vergleichbarer Masse unterschiedlich starke Temperaturanstiege zeigen, kann daraus auf ihre spezifischen Wärmekapazitäten geschlossen werden.

Die Lernenden können entweder die Ausgabe für die Leistung P und die Energie E des Cobra SMARTsense Energy-Sensors nutzen oder diese an Hand des folgenden Zusammenhangs zwischen Leistung, Strom I und Spannung U selbst berechnen:

$$P = U \cdot I.$$

Sonstige Lehrerinformationen (5/8)

PHYWE

Hinweise zu Aufbau und Durchführung:

Für diesen Versuch soll im Vorfeld ein einfaches Kalorimeter gebaut werden, in dem die unterschiedlichen Flüssigkeiten über einen definierten Zeitraum und Wärmezufuhr unter ständigem Rühren erhitzt werden.

Das Kalorimeter besteht aus zwei ineinander gesteckten Bechergläsern, die mit einer Filzschicht isoliert werden. Das Kalorimeter wird mit einem passenden Schaumstoffdeckel abgedeckt, in den das Temperaturmessgerät sowie die Heizwendel hineingesteckt werden können, wie die nebenstehende Abbildung zeigt.



Sonstige Lehrerinformationen (6/8)

PHYWE

Da der Versuch in einem einfach konstruierten Schülerkalorimeter durchgeführt wird, muss bei der Berechnung der Wärmekapazität neben der Erwärmung des Wassers auch die vom Kalorimeter aufgenommene Wärme berücksichtigt werden. Der eingeführte Zusammenhang des Temperaturanstiegs der Flüssigkeit mit der zugeführten Wärmemenge muss daher um die Wärmekapazität des Kalorimeters C_K ergänzt werden

$$Q = (c_F \cdot m_F + C_K) \cdot \Delta T$$

mit der spezifischen Wärmekapazität der Flüssigkeit c_F , der Masse der Flüssigkeit m_F und der Wärmekapazität des Kalorimeters C_K .

Die Wärmekapazität des Kalorimeters C_K kann optional vor der eigentlichen Durchführung des Versuchs bestimmt werden. Dies kann analog zum Versuch P1044100 erfolgen. Wird C_K nicht bestimmt, ist mit einem Fehler von etwa 10 % bei der Berechnung von Q zu rechnen.

Sonstige Lehrerinformationen (7/8)

PHYWE

- Das Glycerin kann nach Ende des Versuchs gesammelt und in weiteren Versuchen wiederverwendet werden.
- Besonders bei Glycerin ist gründliches Umrühren aufgrund der Viskosität wichtig; am besten bereits vor Versuchsbeginn mit dem Rühren beginnen.
- Die Flüssigkeiten werden mit einer Heizspannung von nur 6 V~ erwärmt, da das langsame Aufheizen bessere Ergebnisse liefert.

Sonstige Lehrerinformationen (8/8)

PHYWE

Hinweis zu den Cobra SMARTsense Sensoren:

- Siehe Schülerinformationen
- Da in diesem Versuch ΔT von Interesse ist, sollte der Temperaturmesskanal T in der **PHYWE measureAPP** vor Messbeginn "auf Null" gesetzt werden.
- Der Cobra SMARTsense Energy Sensor kann sowohl die Leistung P , als auch die Energie E berechnen und ausgeben. Wenn die Lernenden selber die Energie über die Heizperiode t berechnen sollen, können sie dies entweder mit Hilfe von der Spannung U , der Stromstärke I und t oder P und t tun. In den Schülerinformationen wird P aufgezeichnet.

Sicherheitshinweise

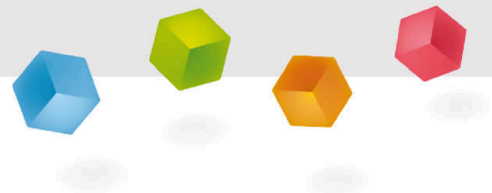
PHYWE



- Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.
- **Achtung!** Die Heizwendel muss sich in der Flüssigkeit befinden, bevor das Netzgerät eingeschaltet wird!

PHYWE

Schülerinformationen



Motivation

PHYWE



Stell dir vor, du kochst zuhause: Für die Nudeln erhitzt du Wasser im Topf, während daneben etwas Öl zum Anbraten des Gemüses warm wird.

Schon nach kurzer Zeit merkst du, dass sich die beiden Flüssigkeiten sehr unterschiedlich verhalten: Das Wasser bleibt lange ruhig und beginnt erst spät zu blubbern, während das Öl deutlich schneller heiß wird.

Woran liegt das eigentlich?

Im Experiment kannst du dieser Frage nachgehen: Du erwärmst zwei Flüssigkeiten bei gleicher Heizleistung und beobachtest, wie unterschiedlich sie auf die zugeführte Energie reagieren.

Aufgaben

PHYWE



Erwärmen sich verschiedene Flüssigkeiten gleich stark? Und spielt ihre Masse dabei eine Rolle?

1. Baue ein einfaches Kalorimeter aus Bechergläsern auf.
2. Optional: Bestimme vor dem Versuch die Wärmekapazität des Kalorimeters analog zu Versuch P1044100.
3. Fülle in drei Versuchsteilen das Kalorimeter mit Flüssigkeiten verschiedener Mengen.
4. Erwärme die Flüssigkeiten jeweils mit der Heizwendel und zeichne die Leistung (Energie) und den Temperaturanstieg auf.
5. Berechne die spezifische Wärmekapazität für alle Versuchsteile und vergleiche sie miteinander.

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Cobra SMARTsense Temperature - Sensor zur Messung von Temperatur -40 ... 125 °C (Bluetooth)	12903-00	1
2	Deckel für Schülerkalorimeter	04404-01	1
3	Magnetrührer EASYMix 1 L (ohne Heizung)	35762-93	1
4	Filzplatte, 100 x 100 mm	04404-20	2
5	Becherglas, Boro, niedrige Form, 250 ml	46054-00	3
6	Becherglas, Boro, niedrige Form, 400 ml	46055-00	1
7	Glycerin, 1000 ml	CHE-881101241	1
8	Wasser, demineralisiert, rein, 10000 ml	CHE-882041145	1
9	Verbindungsleitung, 25 cm, 19 A, blau Experimentierkabel, 4 mm Stecker	07313-04	2
10	Verbindungsleitung, 25 cm, 19 A, rot Experimentierkabel, 4 mm Stecker	07313-01	2
11	Cobra SMARTsense Energy - Sensor zur Messung von elektr. Strom und Spannung $\pm 15V$ / $\pm 5A$ (Bluetooth + USB)	12919-01	1

Aufbau (1/6)

PHYWE

Zur Messung mit den **Cobra SMARTsense Sensoren** wird die **PHYWE measureAPP** benötigt. Die App kann kostenfrei im jeweiligen App Store (QR-Codes siehe unten) heruntergeladen werden. Bitte überprüfe vor dem Starten der App, ob auf deinem Gerät (Smartphone, Tablet, Desktop-PC) **Bluetooth aktiviert** ist.



iOS



Android



Windows

Aufbau (2/6)

PHYWE

Bau des Schülerkalorimeters:

- In das größere Becherglas werden zwei Filzplatten gesteckt, sodass die gesamte Glaswand des Becherglas abgedeckt ist.
- Das zweite Becherglas wird **vorsichtig!** in das größere Becherglas geschoben.

Hinweis: Sobald beim Zusammenschieben ein erhöhter Widerstand spürbar ist, sofort aufhören! Andernfalls besteht die Gefahr, dass das Glas bricht.



Aufbau (3/6)

PHYWE

Der Cobra SMARTsense Temperatur kann durch eines der Löcher im Deckel des Kalorimeters gesteckt und so fixiert werden. Schiebe zudem die Heizwendel vorsichtig in den Schlitz im Kalorimeterdeckel.



Aufbau (4/6)

PHYWE

- Der Versuch kann mit einem Glasstab gerührt werden, der durch die große Öffnung im Deckel des Kalorimeters gesteckt wird. Lege alternativ einen Rührfisch in das selbstgebaute Kalorimeter und stelle es auf den Magnetrührer.

Der Deckel des Kalorimeters mit eingesetztem Temperatursensor und Heizwendel wird später auf das Kalorimeter gesetzt, sodass dieses vollständig verschlossen ist.



Aufbau (5/6)

PHYWE

Anschluss der Heizwendel:

- Schließe die Heizwendel mit zwei Kabeln passender Farbe auf der *Load*-Seite des Cobra SMARTsense Energy Sensors an.
- **Achte darauf, dass das Netzgerät noch ausgeschaltet ist!**
- Schließe dann den Cobra SMARTsense Energy Sensor mit den beiden übrigen Kabeln über die *Source*-Seite an den Wechselspannungsausgang 6 V~ des Netzgerätes an.



Aufbau (6/6)

PHYWE

- Berechne zunächst die benötigten Volumina der beiden Stoffe mit Hilfe der in der Tabelle aufgeführten Stoffdichten ρ .

Stoff	Dichte ρ
Wasser	1,00 g/mL
Glycerin	1,26 g/mL

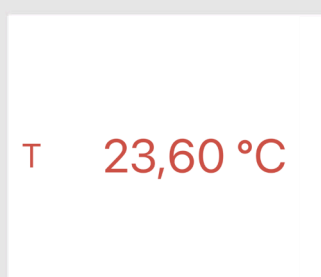
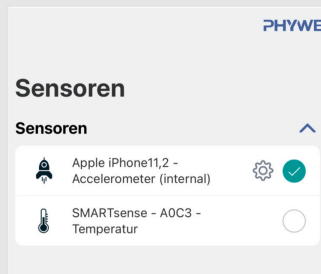
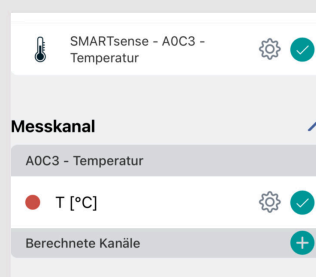
- Messe anschließend mit einem Messzylinder die benötigten Stoffvolumina ab.

Durchführung (1/6)

PHYWE

Verbindung des Cobra SMARTsense Temperature Sensors

- Starte die measureAPP auf einem mobilen Endgerät.
- Drücke am Sensor für circa 3 Sekunden die Start-Taste.
- Verbinde den Sensor durch Tippen auf ☐ neben der Beschreibung des Sensors in der measureAPP.
- Stelle die Messwertanzeige durch Tippen auf oberhalb des Diagramms ein.

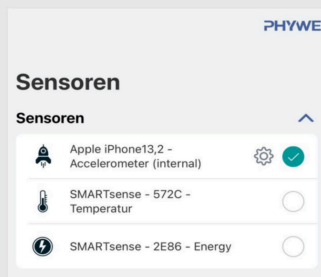
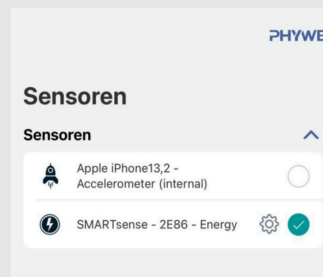


Durchführung (2/6)

PHYWE

Verbindung des Cobra SMARTsense Energy Sensors

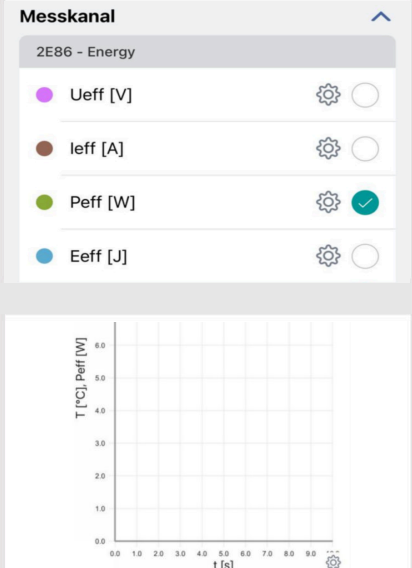
- Starte die Phywe measureAPP auf einem mobilen Endgerät.
- Drücke am Sensor für circa 3 Sekunden die Start-Taste.
- Verbinde den Sensor durch Tippen auf ☐ neben der Beschreibung des Sensors in der measureAPP.
- Wähle für den Messmodus "Effektivwerte".



Durchführung (3/6)

PHYWE

- Blende die Messkanäle U , I und E aus, indem du jeweils auf  tippst, außer deine Lehrkraft hat dir etwas anderes gesagt.
- Auf der y-Achse sollte nun die Leistung P und die Temperatur T und auf der x-Achse die Zeit t angezeigt werden.



Durchführung (4/6)

PHYWE

- Entferne den Deckel des Kalorimeters und befülle das innere Becherglas mit 100 g Wasser.
- Schließe das Gefäß mit dem zugehörigen Deckel und schalte den Magnetrührer ein.

Achte darauf, dass sowohl Heizwendel als auch der Cobra SMARTsense Temperature-Sensor in die Flüssigkeit eintauchen, aber der Sensor dabei nicht den Boden des Becherglases berührt.



Durchführung (5/6)

PHYWE

- Stelle anschließend den Magnetrührer ein, sodass der Rührfisch gleichmäßig rotiert und nicht die Kontrolle verliert.
- Warte, bis eine konstante Temperatur angezeigt wird und wähle in der PHYWE measureAPP unter "Konfiguration" die Einstellung „Auf Null setzen“.
- Starte die Temperaturaufzeichnung und schalte sofort danach das Netzgerät ein.
- Beende die Messung nach mindestens 250 s.
- Schalte das Netzgerät aus.

Konfiguration

Abtastfrequenz

5 Hz

Gleitender Mittelwert

Auf Null setzen



T 0,00 °C

Peff 0,000 W

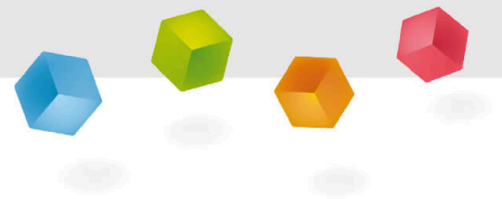
Durchführung (6/6)

PHYWE

- Speichere die Messung in der PHYWE measureAPP.
- Entsorge das Wasser im Abfluss und trockne das Becherglas.
- Wiederhole den Versuch mit 200 g Wasser und mit 200 g Glycerin.
- Entsorge das Glycerin nach den durchgeführten Messungen in einem von deiner Lehrkraft bereitgestellten Gefäß.



PHYWE



Protokoll

Auswertung (1/3)

PHYWE

1. Bestimme aus den aufgezeichneten Temperaturdaten, um wie viel °C sich die Proben durch die Wärmezufuhr während des Versuchs insgesamt über die Dauer von $t = 250$ s erwärmt haben und trage dies in die nachfolgende Tabelle ein.

	Wasser 100 g	Wasser 200 g	Glycerin 200 g
$\Delta T(250 \text{ s})^\circ\text{C}$			

2. Berechne die zugeführte Wärmeenergie Q aus der Heizleistung P über die Zeit t

$$Q = P \cdot t$$

Auswertung (2/3)

PHYWE

- Wenn die Leistung P nicht gemessen wurde, kann diese über den folgenden Zusammenhang zwischen Leistung, Spannung U und Stromstärke I berechnet werden:

$$P = U \cdot I$$

- Die zugeführte Energie E ergibt sich aus dem Produkt der Leistung und Zeit:

$$E = P \cdot t$$

- Der Zusammenhang zwischen zugeführter Wärmeenergie Q , Masse der Flüssigkeit m_F , Temperaturänderung ΔT , Wärmekapazität des Kalorimeters C_K sowie spezifischer Wärmekapazität der Flüssigkeit c_F lautet:

$$Q = (c_F \cdot m_F + C_K) \cdot \Delta T$$

Auswertung (3/3)

PHYWE

3. Berechne die spezifische Wärmekapazität c für jede untersuchte Flüssigkeit mit:

$$c_F = \frac{Q}{\Delta T \cdot m_F} = \frac{P \cdot t}{\Delta T \cdot m_F}$$

Hinweis: Wenn vor dem Versuch die spezifische Wärmekapazität des Kalorimeters bestimmt wurde, berücksichtige diese in deiner Berechnung und nutze:

$$c_F = \frac{Q - C_K \cdot \Delta T}{\Delta T \cdot m_F} = \frac{P \cdot t}{\Delta T \cdot m_F}$$

4. Vergleiche die berechneten Werte der spezifischen Wärmekapazität miteinander.

Aufgabe 1

PHYWE

Was beschreibt die spezifische Wärmekapazität c eines Stoffes?

- ☐ Die Energie, die benötigt wird, um 1 kg eines Stoffes um 1 K zu erwärmen.
- ☐ Die Temperatur, bei der ein Stoff siedet.
- ☐ Die Wärmemenge, die ein Stoff beim Abkühlen immer abgibt.
- ☐ Die Masse eines Stoffes pro Volumen.

☒ Check

Aufgabe 2

PHYWE

Vergleiche die nach 250 s erreichten Temperaturen der drei Proben miteinander und wähle die korrekte Aussage.

- ☐ 100 g Wasser zeigt den größten Temperaturanstieg, gefolgt von 200 g Glycerin und 200 g Wasser.
- ☐ Die Temperaturerhöhung ist für alle drei Proben exakt identisch.
- ☐ 200 g Wasser zeigt den größten Temperaturanstieg, gefolgt von 200 g Glycerin und 100 g Wasser.
- ☐ Beide Wasserproben erreichen die gleiche Temperatur, während das Glycerin deutlich kälter bleibt.

☒ Check

Aufgabe 3

PHYWE

Warum sollte die Wärmekapazität des Kalorimeters C_K bei der Auswertung berücksichtigt werden?

- ☐ Weil das Kalorimeter selbst Wärme aufnimmt und dadurch ein Teil der Energie nicht zum Erhitzen der Flüssigkeit genutzt wird.
- ☐ Weil die Temperaturänderung sonst größer wird.
- ☐ Weil das Kalorimeter die Heizleistung erhöht.
- ☐ Weil das Kalorimeter die Flüssigkeit vollständig isoliert.

☒ Check

Aufgabe 4

PHYWE

Ergänze die fehlenden Begriffe und Formeln:

Im Versuch wird eine Flüssigkeit mit der Masse m_F durch ein elektrisches Heizgerät erwärmt. Die zugeführte Wärmeenergie ergibt sich aus der elektrischen Leistung:

$Q =$ $\cdot$. Da nicht nur die Flüssigkeit, sondern auch das Kalorimeter Wärme aufnimmt, gilt:

$Q = (m_F \cdot$ $+$ $) \cdot \Delta T.$

Die Größe bezeichnet die spezifische Wärmekapazität der Flüssigkeit und ist eine -abhängige Stoffgröße.

☒ Überprüfen

Aufgabe 5

PHYWE

Im Versuch werden 200 g Wasser und 200 g Glycerin gleich lange mit derselben Heizleistung erwärmt. Glycerin zeigt einen stärkeren Temperaturanstieg. Was folgt daraus?

- ☐ Glycerin hat eine größere spezifische Wärmekapazität als Wasser.
- ☐ Glycerin hat eine kleinere spezifische Wärmekapazität als Wasser.
- ☐ Beide Stoffe haben die gleiche spezifische Wärmekapazität.
- ☐ Wasser hat eine kleinere spezifische Wärmekapazität als Glycerin.

☒ Check

Aufgabe 6

PHYWE

Beurteile die folgende Aussage:

Die am Ende des Versuchs erreichte Temperatur von 200 g Wasser unterscheidet sich von der Temperatur von 100 g Wasser. Dieses Phänomen lässt sich dadurch erklären, dass beide Proben unterschiedliche Massen besitzen. Deshalb unterscheiden sich ihre spezifischen Wärmekapazitäten und die Probe geringerer Masse erwärmt sich schneller.

☐ Wahr☐ Falsch☒ Überprüfen

Folie	Punktzahl/ Summe
Folie 32: Verständnis der Reaktion	0/1
Folie 33: Verständnis der Reaktion	0/1
Folie 34: Zusammenfassung: Daniell-Element	0/1
Folie 35: Spezifische Wärmekapazität	0/6
Folie 36: Zusammenfassung: Daniell-Element	0/1
Folie 37: Unbenannt: True/False Question	0/1

Gesamtsumme  0/11



Lösungen



Wiederholen



Text exportieren