

## Bilanzierung des Energieumsatzes bei Verbrennungsreaktionen

### Hinweise:

Pro Schülerin bzw. Schüler oder Schülergruppe sind folgende Pfeilapplikationen notwendig: Diese sind für die Betrachtung der Verbrennung von Wasserstoff (LE 2) und Verbrennung von Methan (LE 5) zu verwenden.

Bindung	Energiepfeil	Anzahl für die Wasserstoff-Verbrennung	Anzahl für die Methan-Verbrennung	Summe
C-H	412 kJ	0	4	4
H-H	436 kJ	2	0	2
O=O	497 kJ	1	2	3
O-H	-463 kJ	4	4	8
C=O	-746 kJ	0	2	2

Im Onlinematerial findet sich eine entsprechende Kopiervorlage (LE2\_Kopiervorlage Energiepfeile).

### Information für die Schülerinnen und Schüler:

Zur **Spaltung** einer bestimmten Anzahl Wasserstoff-Wasserstoffbindungen benötigt man 436 kJ.

Bei der **Bildung** einer bestimmten Anzahl Wasserstoff-Wasserstoffbindungen werden 436 kJ an die Umgebung abgegeben.

Zur **Spaltung** einer bestimmten Anzahl Wasserstoff-Sauerstoffbindungen benötigt man 463 kJ.

Bei der **Bildung** einer bestimmten Anzahl Wasserstoff-Sauerstoffbindungen werden 463 kJ an die Umgebung abgegeben.

Zur **Spaltung** einer bestimmten Anzahl Sauerstoff- Sauerstoffdoppelbindungen benötigt man 497 kJ.

Bei der **Bildung** einer bestimmten Anzahl Sauerstoff- Sauerstoffdoppelbindungen werden 497 kJ an die Umgebung abgegeben.

Zur **Spaltung** einer bestimmten Anzahl Kohlenstoff-Wasserstoffbindungen benötigt man 412 kJ.

Bei der **Bildung** einer bestimmten Anzahl Kohlenstoff-Wasserstoffbindungen werden 412 kJ an die Umgebung abgegeben.

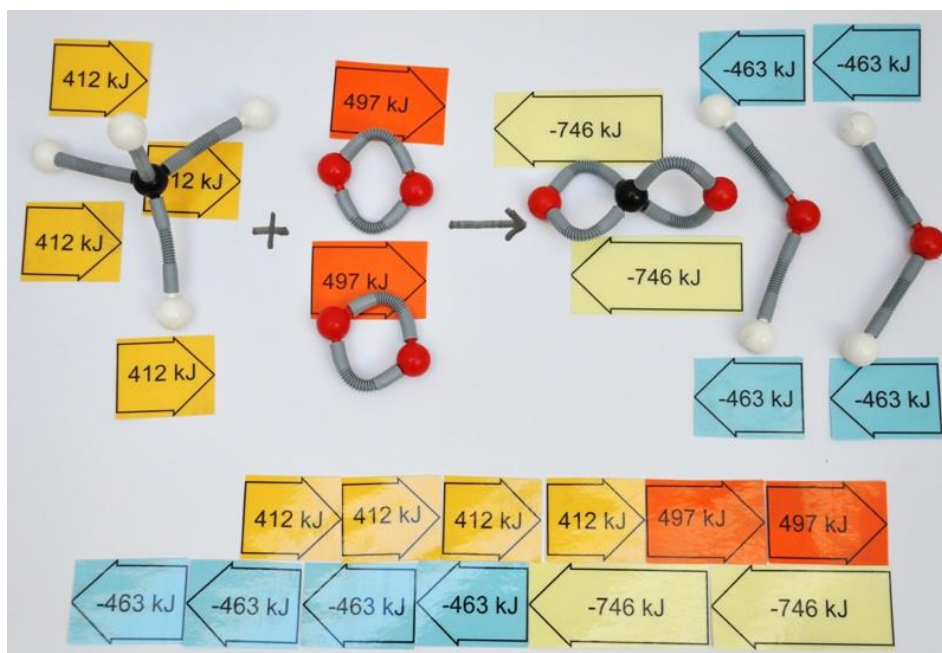
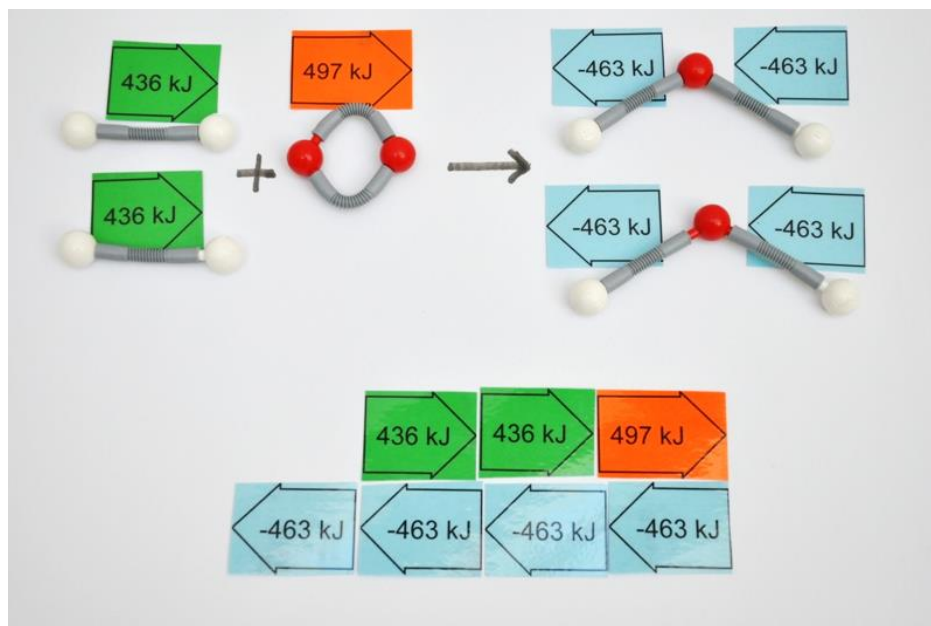
Zur **Spaltung** einer bestimmten Anzahl Sauerstoff-Kohlenstoffdoppelbindungen benötigt man 746 kJ.

Bei der **Bildung** einer bestimmten Anzahl Sauerstoff-Kohlenstoffdoppelbindungen werden 746 kJ an die Umgebung abgegeben.

### Mögliche Arbeitsaufträge:

1. Lege mit den Molekülmodellen die Reaktionsgleichung für die Reaktion von Wasserstoff mit Sauerstoff bzw. Methan mit Sauerstoff.
2. Nutze die Informationen zu den Energiebeträgen, um mit den Energiepfeilen herauszufinden, ob die chemische Reaktion exotherm oder endotherm verläuft.
3. Ermittle jeweils die Reaktionsenergie (in kJ) für die betrachtete Reaktion.

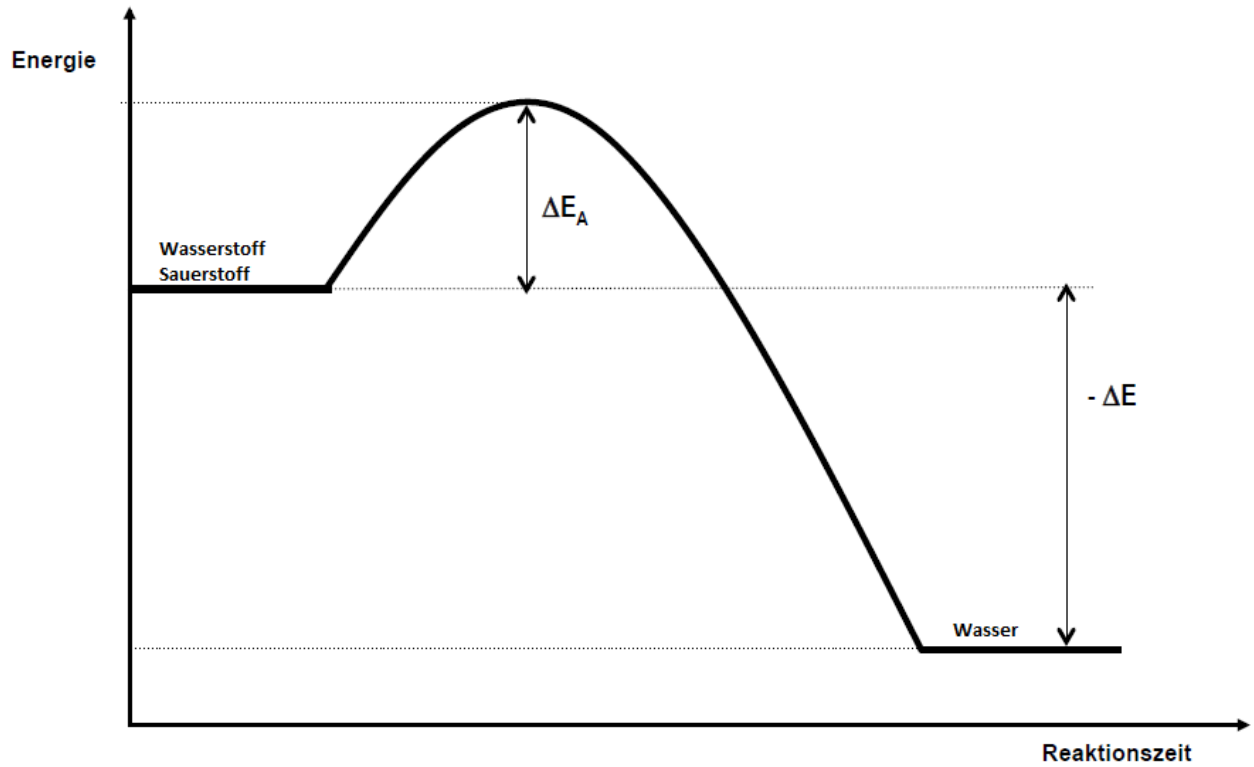
### Lösungen:



## Differenzierende Aufgabenstellungen

### Energiediagramm A

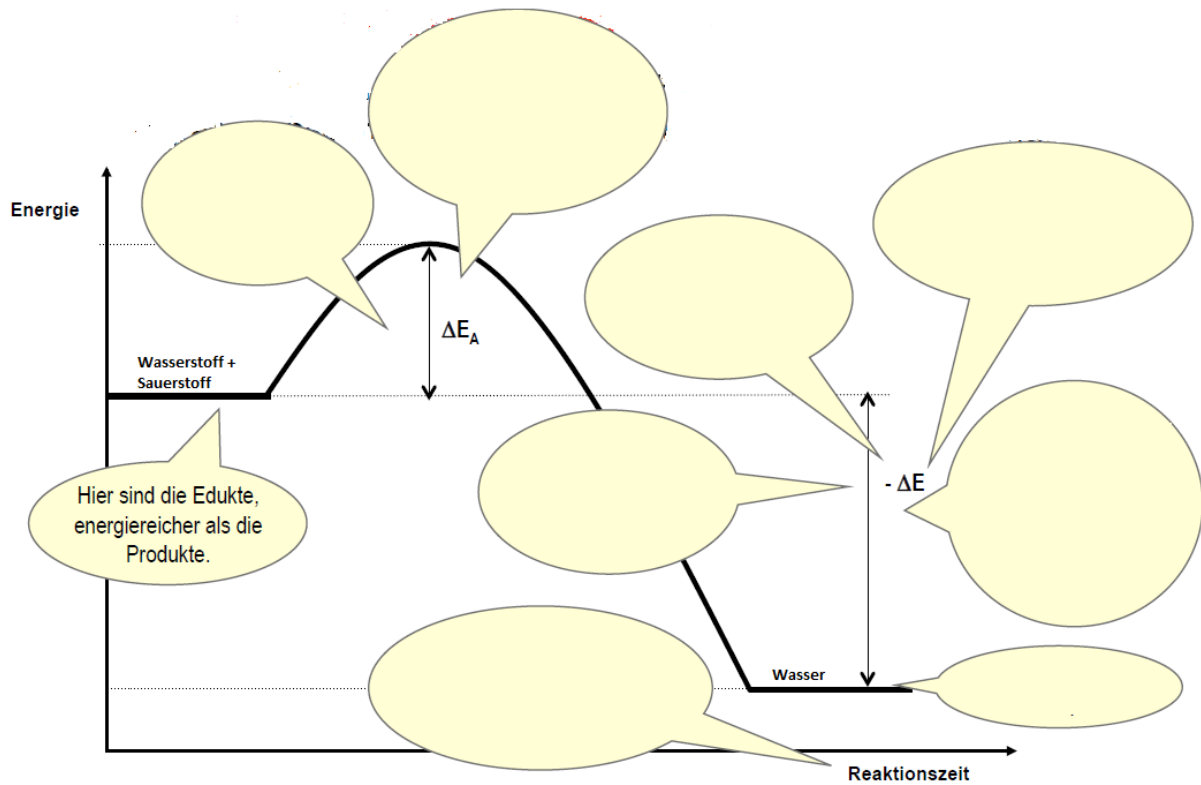
Arbeitsauftrag: Erläutere die Prozesse in den Diagrammabschnitten.



## Energiediagramm B

Arbeitsauftrag:

1. Ordne die Sprechblasen an passende Stellen im Diagramm zu.
2. Fülle die leeren Sprechblasen aus.



Erst nach Energiezufuhr beginnt die Reaktion.

Jede Reaktion benötigt eine bestimmte Zeit,

Hier sind die Edukte,

Energieärmeres Reaktionsprodukt

Da  $\Delta E < 0$  ist,

Die zum Starten der Reaktion nötige Energie, nennt man Aktivierungsenergie ( $E_A$ ).

Frei werdende Energie bekommt immer ein negatives Vorzeichen

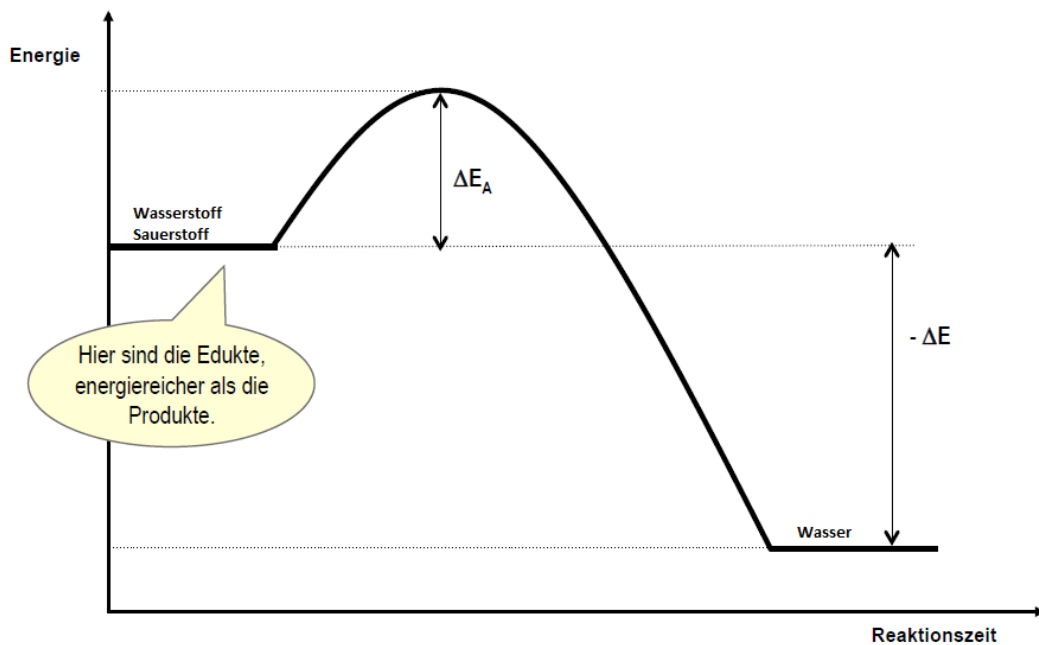
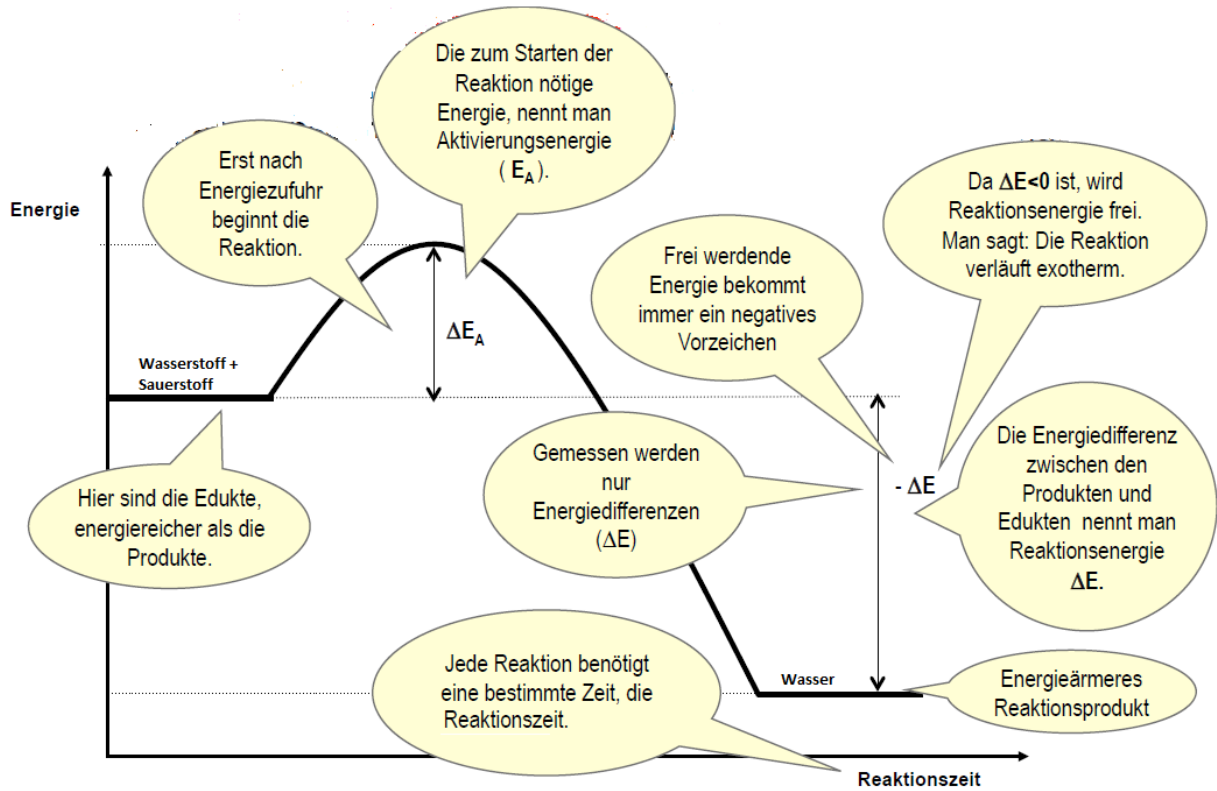
Gemessen werden nur Energiedifferenzen ( $\Delta E$ )

Die Energiedifferenz zwischen den Produkten und Edukten nennt man Reaktionsenergie  $\Delta E$ .

# Energiediagramm C

Arbeitsauftrag:

Übe die Erläuterung der Prozesse in den Diagrammabschnitten und beschreibe sie dann.



## Wir stecken ein Energiediagramm (Lehrerhinweise)

### Vorbereitung der Aktivität:

Aus schwarzem (laminiertem), festerem Papier die Achsen ausschneiden.

Folgende Begriffe (sinnvoll in zwei verschiedenen Farben) auf festeres Papier ausdrucken, (laminieren) und schneiden.

Die Styroporplatte, Modelle der Edukte/Produkte/Übergangszustand, Pinnadeln und Wollfäden bereithalten.

<b>Energie</b>	<b>vor der Reaktion</b>
<b>Aktivierungsenergie</b>	<b>während der Reaktion</b>
<b>Energiediagramm</b>	<b>nach der Reaktion</b>
<b>exothermes</b>	<b>Edukte</b>
<b>endothermes</b>	<b>Produkte</b>
<b>Reaktionsenergie</b>	<b>Übergangszustand</b>
	<b>Zeit</b>



Vorbereitendes Unterrichtsgespräch:

- die Begriffe exotherm, endotherm, Aktivierungsenergie, Reaktionsenergie definieren und die Kärtchen zuordnen lassen
- die verschiedenen Kurvenverläufe der Schülerinnen und Schüler vergleichen und diskutieren lassen

Anmerkung:

Ob man den Schülern die zweite Spalte der Tabelle gleich gibt, selbst umklappt und ggf. einschneidet oder zum Nachschauen zur Verfügung vorhält, entscheidet die Lehrkraft entsprechend ihrer Lerngruppe.

Man kann die Leitgedanken der Tabelle/des Diagramms auch für die Reaktion **Wasserstoff verbrennen** mit den Schülern gemeinsam erarbeiten und dann eigenständig **Methan verbrennen** oder **Kohle verbrennen** stecken lassen. Der Vergleich der Aktivierungsenergien und der Reaktionsenergien der einzelnen Reaktionen ist dabei jeweils wichtig.

#### **Differenzierung nach oben:**

Für besonders gute Schülerinnen und Schüler kann man den Text in der Tabelle reduzieren bzw. weglassen.

#### **Differenzierung nach unten:**

Die Lehrkraft entwickelt mit den Schülerinnen und Schülern gemeinsam das Diagramm oder lässt sie das fertige Energiediagramm durch Sprechblasen ergänzen.

## Wir stecken ein Energiediagramm (Schülerarbeitsblatt)

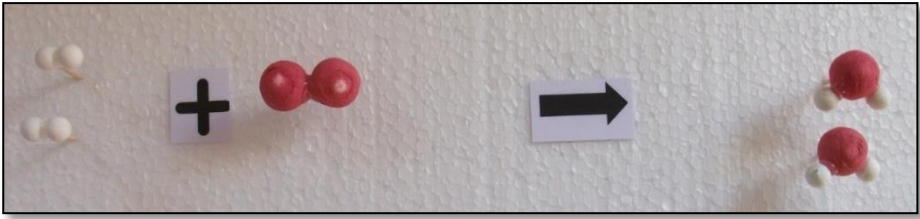
Naturwissenschaftler stellen vieles in einem Diagramm dar, dadurch wird es übersichtlicher. Du sollst nun ein Energiediagramm erstellen, das die Veränderungen der Energieinhalte der Stoffe bei der **Verbrennung von Wasserstoff** zeigt. Dazu hast du diverse Materialien zur Verfügung.

Als Hilfe kannst du dich an folgende Tabelle halten. Zur Kontrolle kannst du jeweils bei dem Arbeitsblatt die rechte Spalte aufklappen (und nur den jeweils benötigten Text lesen.)

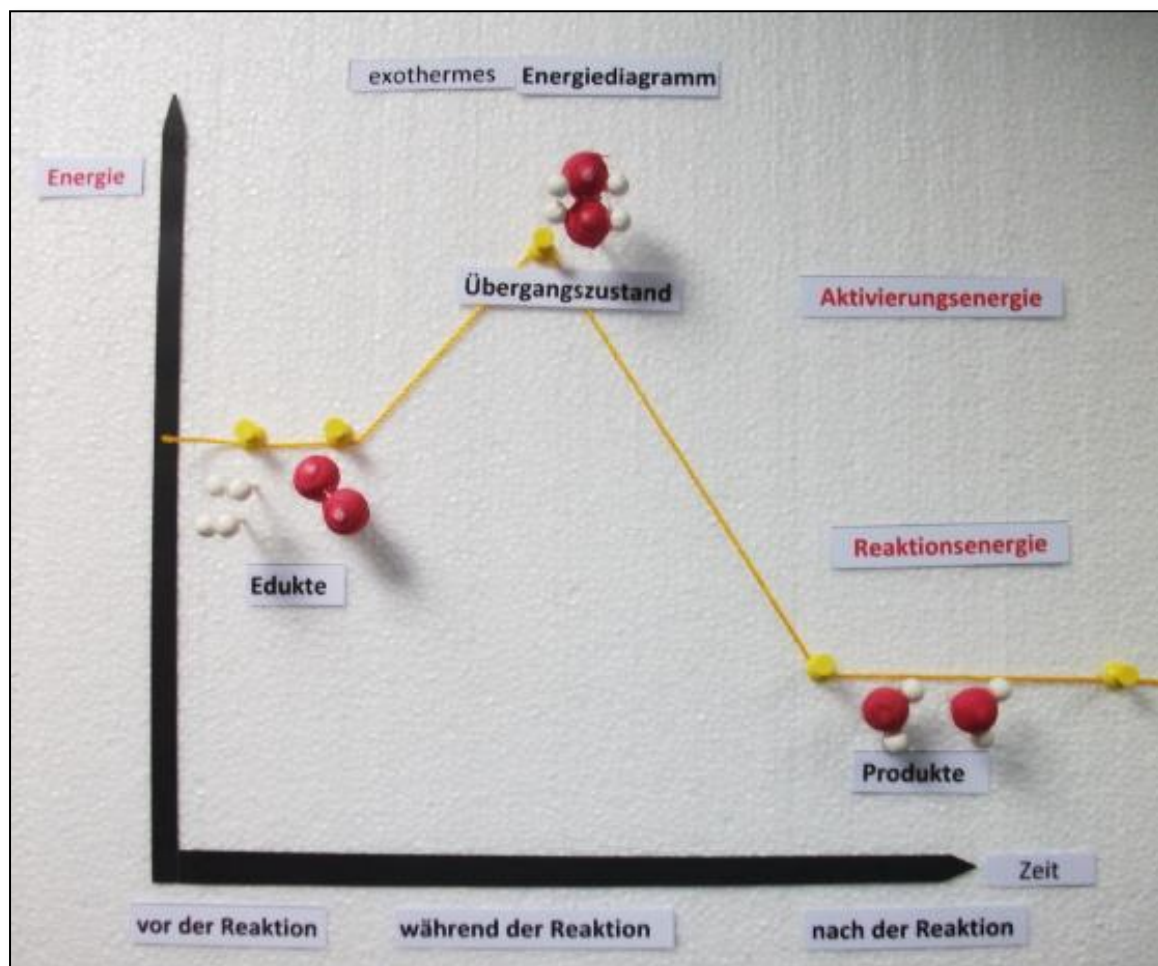
Arbeitsanweisung	Hilfe
Überlege dir, was allen Diagrammen gemeinsam ist und lege diese Bestandteile auf die Styroporplatte. Ordne die Kärtchen <b>vor, während und nach</b> der Reaktion zu, markiere auf der x Achse den Start- und Endpunkt mit einer roten Nadel.	<i>Achsen, Achsenbeschriftung (Zeit auf die x-Achse)</i>
Die Stoffe vor der Reaktion haben eine bestimmte Energie gespeichert. Symbolisiere dies, indem du eine Nadel in beliebiger Höhe auf die Y-Achse pinnst.	
Überlege nun, wie/ob sich die Energie der Edukte verändert, wenn du bis zum Beginn der chemischen Reaktion nichts mit diesen machst. Stecke eine weitere Nadel, die dies symbolisiert.	<i>Energieinhalt hat sich nicht verändert. Nadel auf die gleiche Höhe stecken, nur weiter rechts (Auf der Zeitachse auf Höhe der roten Nadel).</i>
Die Reaktion startet, sobald man eine Flamme in die Nähe der Edukte bringt. Überlege, ob du den Stoffen durch das Anzünden Energie zuführst oder ob du Energie von den Edukten erhältst. Haben die Stoffe zu diesem Zeitpunkt der Reaktion mehr oder weniger Energie als vor der Reaktion? Stecke dazu erneut eine Nadel.	<i>Nadel höher stecken, da man Energie zuführt. (Auf der Zeitachse auf Höhe während der Reaktion).</i>
Stecke eine weitere Nadel, die den Energieinhalt des Produkts <b>nach</b> der Reaktion darstellt. Überlege, ob du im Laufe der Reaktion ständig Energie zuführen musstest oder ob du Energie erhalten hast. Haben die Stoffe zu diesem Zeitpunkt der Reaktion mehr oder weniger Energie als zu Beginn?	<i>Nadel tiefer stecken als zu Beginn, da Energie frei wird. (Auf der Zeitachse auf Höhe der zweiten roten Nadel).</i>
Überlege nun, wie/ob sich die Energie des Produkts in der nächsten Chemiestunde verändert hat und stecke eine Nadel dorthin.	<i>Energieinhalt hat sich nicht verändert. (Auf der Zeitachse auf Höhe nach der Reaktion)</i>
Stecke die Modelle, die die Stoffe der Reaktion symbolisieren, an die richtige Stelle des Diagrammes und lege die Textkärtchen Edukte, Produkte, Übergangszustand dran.	
Verbinde die Pinnadeln mit dem Faden, um eine Kurve zu erhalten.	<i>wird besprochen</i>
Zeichne diese nach der Besprechung in dein Heft.	<i>wird besprochen</i>
Wiederhole alles für die Reaktionen <b>Verbrennung von Methan und Kohle</b> .	<i>wird besprochen</i>



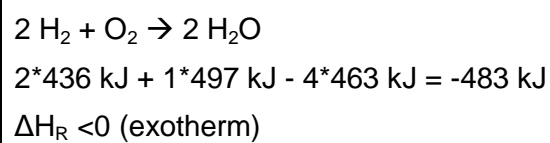
Mögliche Lösungen:

Stoffebene	Wasserstoff + Sauerstoff	→	Wasser		
Modellebene = Teilchenebene (einfach, ohne Bindungen)					
Repräsentations- ebene	$2 \text{H}_2$	+	$\text{O}_2$	→	$2 \text{H}_2\text{O}$

Energie- und Teilchenebene (visualisiert)



Energieebene  
(mathematisiert)  
Nur als Vertiefung  
oder später.



Wasserstoff ist ein \_\_\_\_\_

Bei der Verbrennung von Wasserstoff mit \_\_\_\_\_  
wird Energie an die Umgebung \_\_\_\_\_.

Eine solche energiefreisetzende Reaktion nennt man eine  
\_\_\_\_\_ Reaktion.

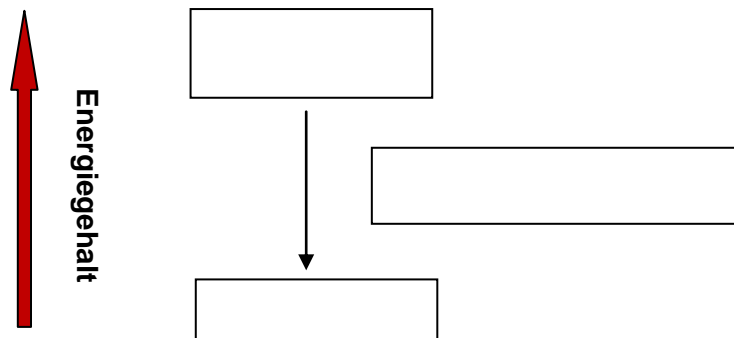
Um dies zu verdeutlichen nutzt man ein **Energiediagramm**.

Die y-Achse stellt den \_\_\_\_\_ eines Stoffes dar.

Die Energiedifferenz zwischen der Energie der Edukte und der Energie der  
\_\_\_\_\_ nennt man \_\_\_\_\_.

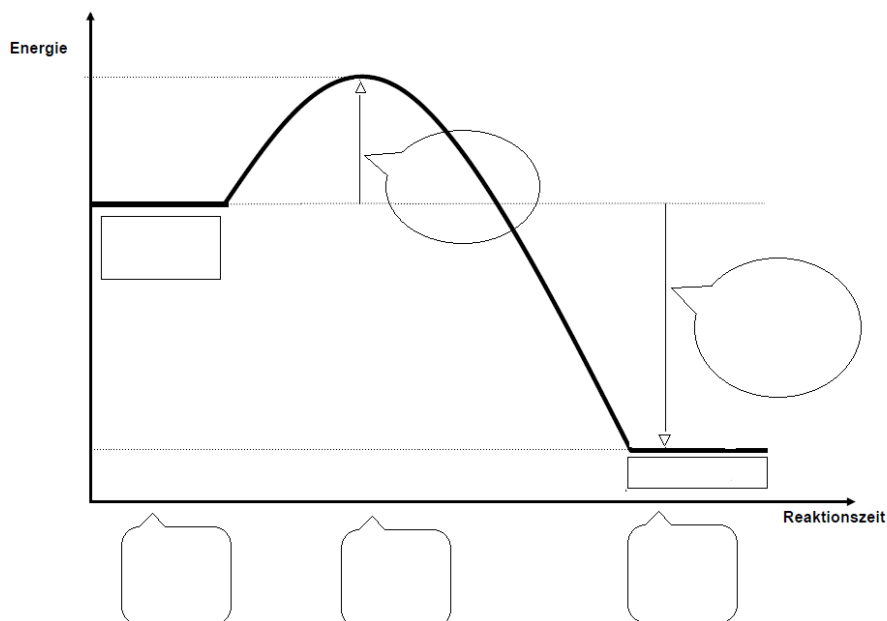


Letzte Reise der Hindenburg  
am 06.05.1937



Wenn man als x-Achse zusätzlich den Reaktionsverlauf oder die Reaktionszeit darstellt, so kommt man zu folgendem Energieverlauf:

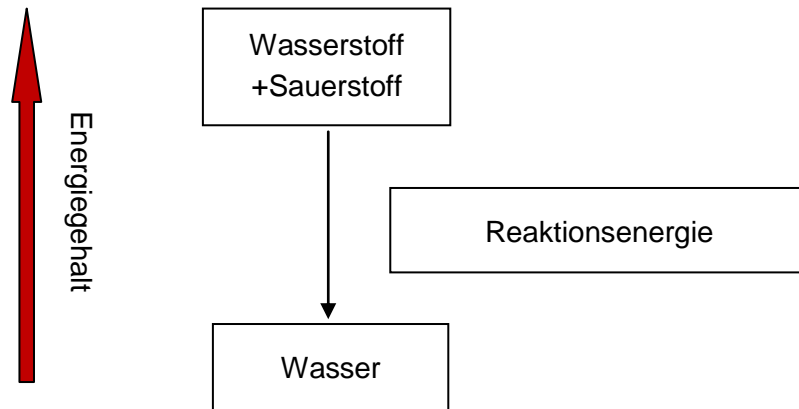
### Energiediagramm für die Verbrennung von Wasserstoff mit Sauerstoff



## Lösungsmöglichkeiten:

Wasserstoff ist ein **Energieträger**

Bei der Verbrennung von Wasserstoff mit **Sauerstoff** wird Energie an die Umgebung **abgegeben**, eine solche energiefreisetzende Reaktion nennt man **exotherme Reaktion**. Um dies zu verdeutlichen nutzt man ein Energiediagramm. Die y-Achse stellt den **Energiegehalt** eines Stoffes dar. Die Energiedifferenz zwischen der Energie der Edukte und der Energie der **Reaktionsprodukte** nennt man **Reaktionsenergie**.

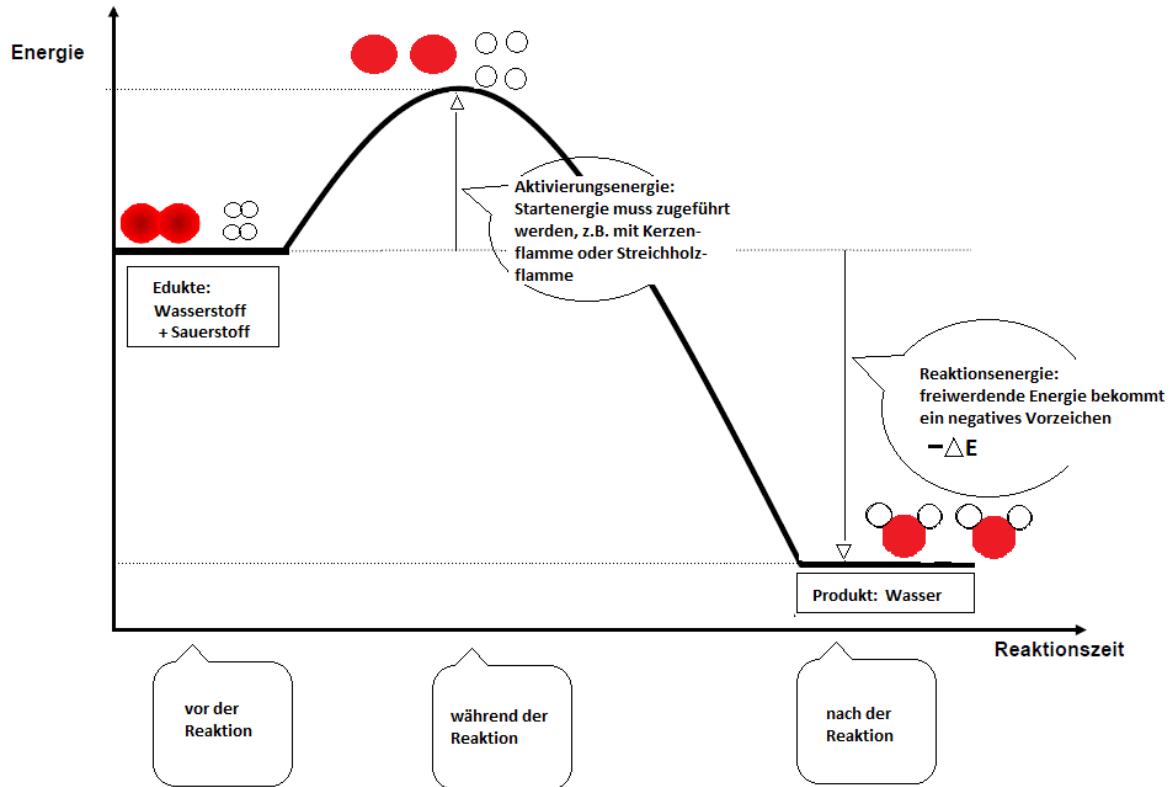


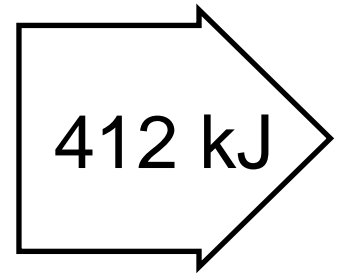
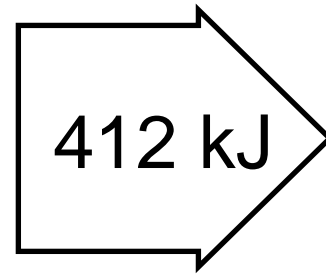
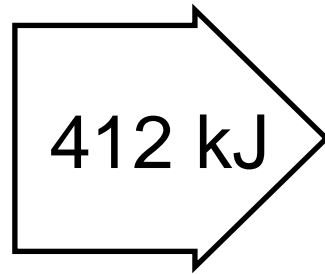
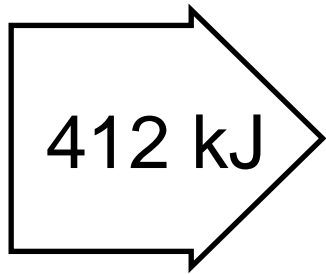
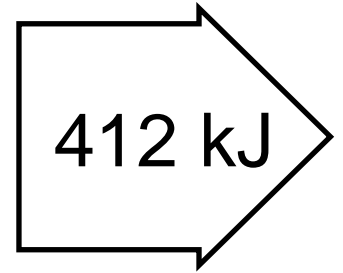
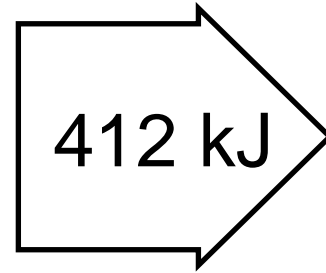
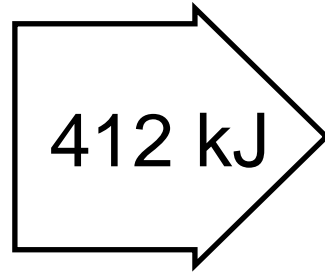
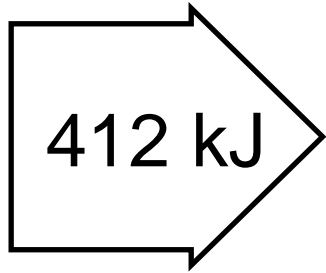
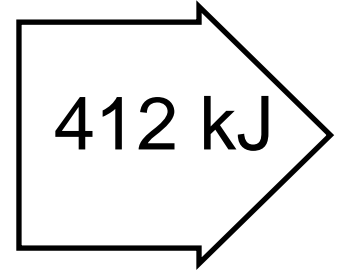
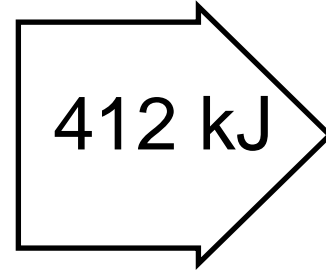
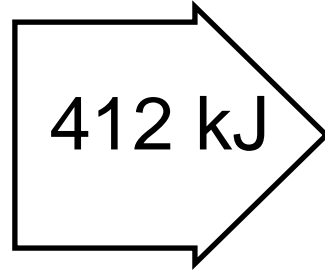
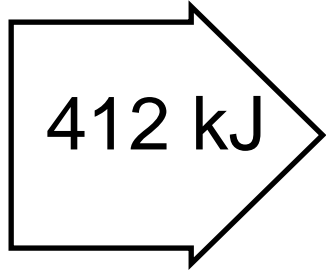
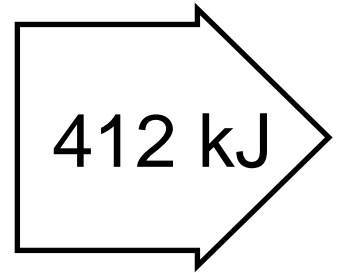
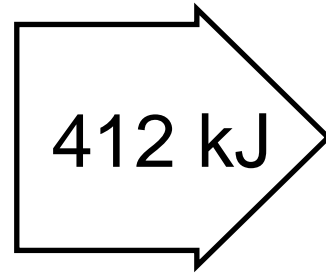
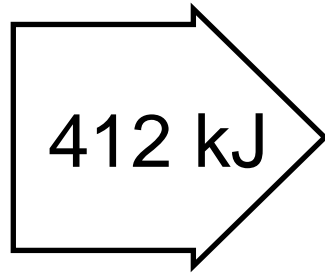
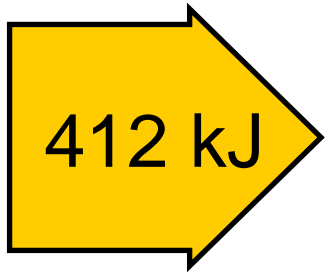
Die alles entscheidende Frage bleibt aber: Woher kommt die **Reaktionsenergie** und wozu brauche ich die **Aktivierungsenergie**?

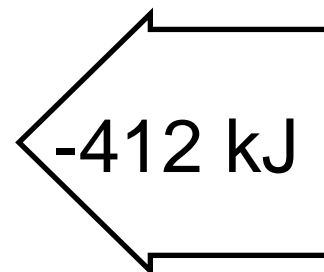
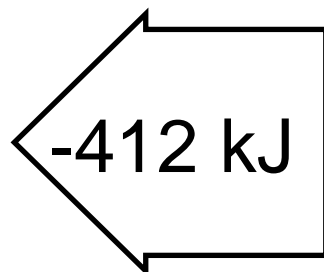
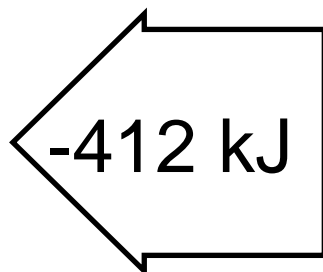
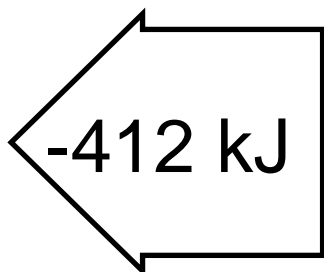
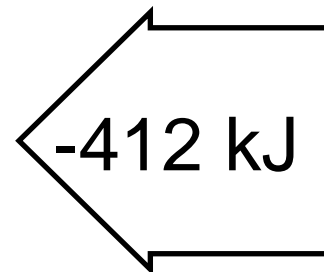
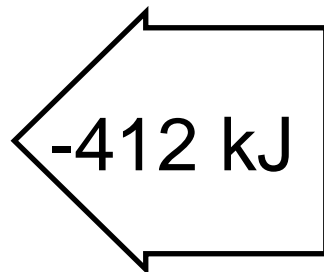
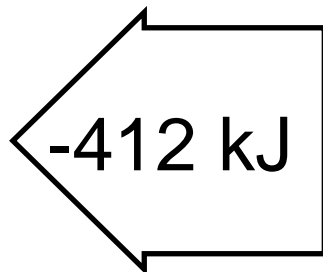
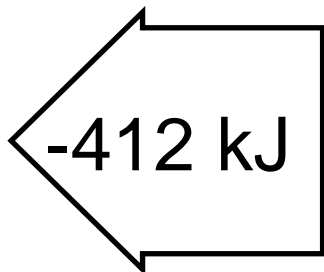
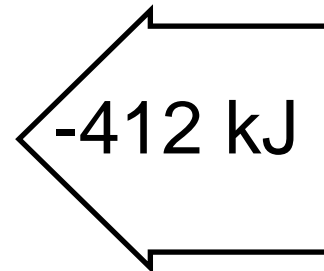
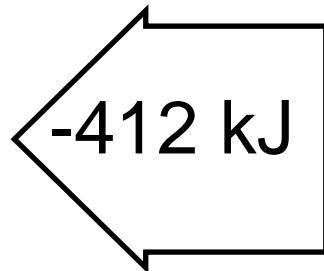
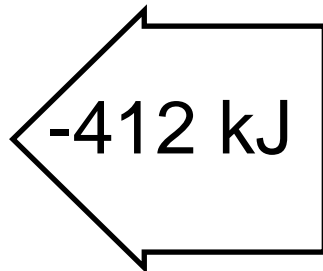
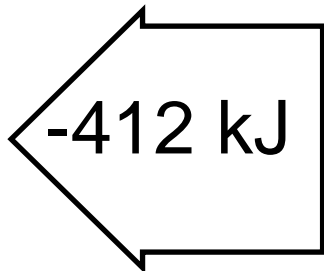
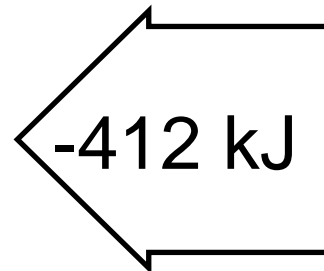
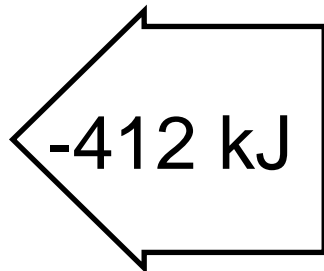
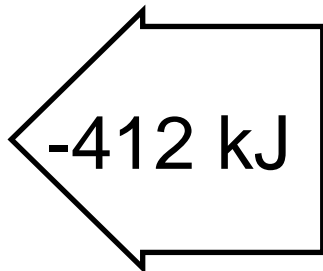
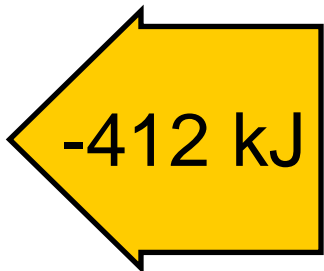
Zur Klärung wird folgendes Vorgehen im Unterrichtsgespräch empfohlen.

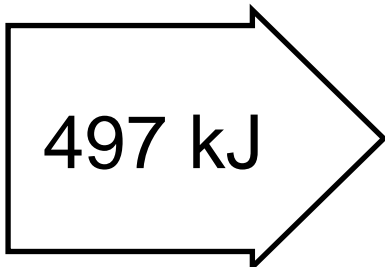
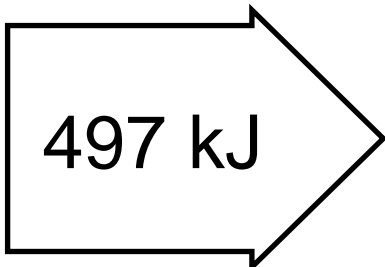
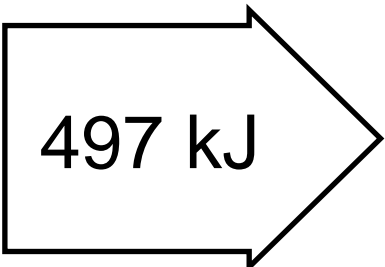
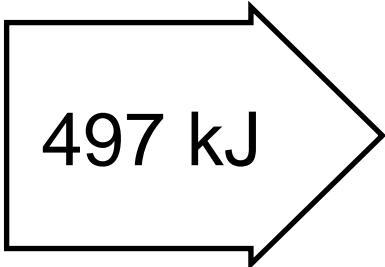
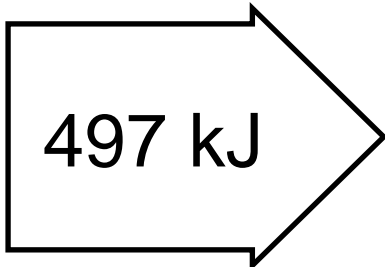
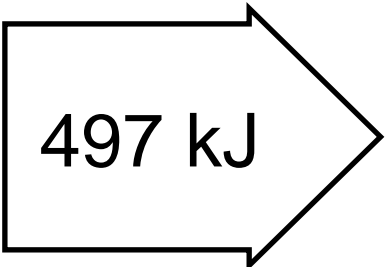
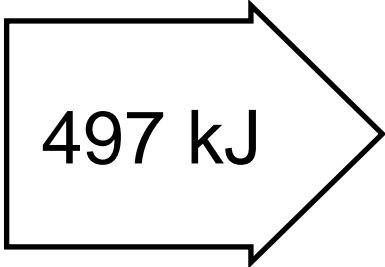
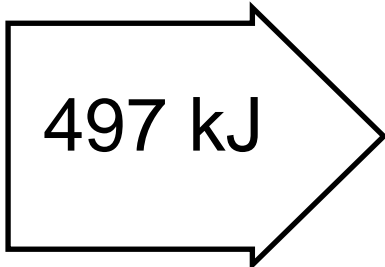
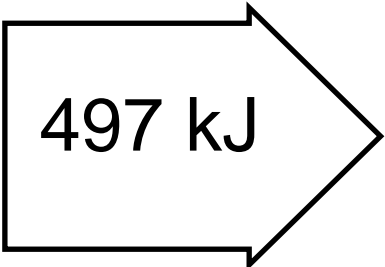
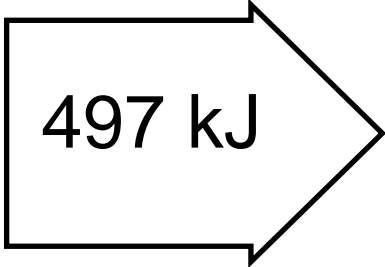
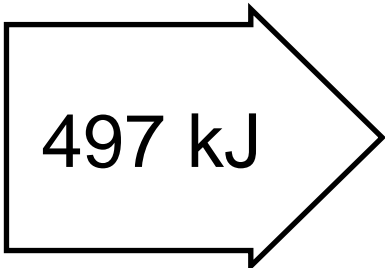
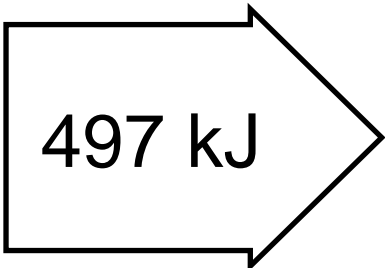
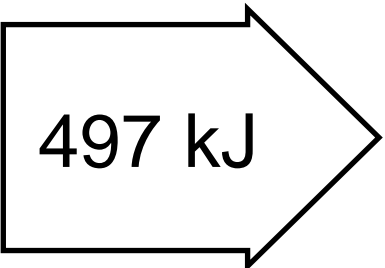
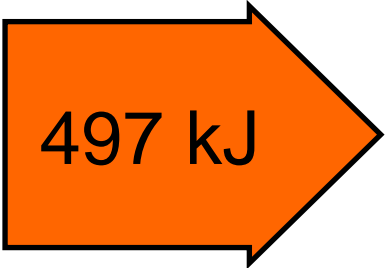
- Die Schülerinnen und Schüler erfahren die Zu- und Abnahme von Energiegehalt auf der Teilchenebene, indem sie Modelle umbauen.
- Die Energie steckt in den Bindungen.
- Zum Trennen der Bindungen muss Energie aus der Umgebung auf die Teilchen einwirken.
- Bei der Bildung von neuen Bindungen wird Energie frei.
- Reaktionsenergie ergibt sich aus der Verrechnung der Energie für das Trennen mit der Energie, die bei der Bildung frei wird.
- Schülerinnen und Schüler tragen die Teilchenmodelle in den entsprechenden Farben in das Diagramm ein.

Wenn man als x-Achse zusätzlich den Reaktionsverlauf oder die Reaktionszeit darstellt, so kommt man zu folgendem Energieverlauf:



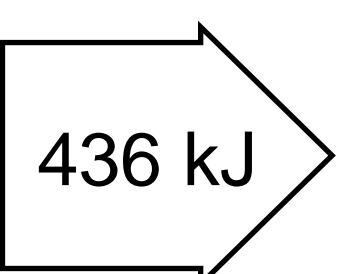
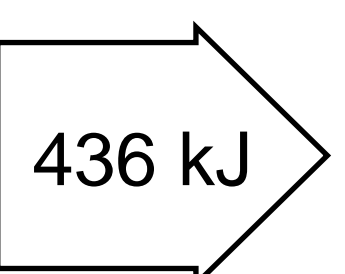
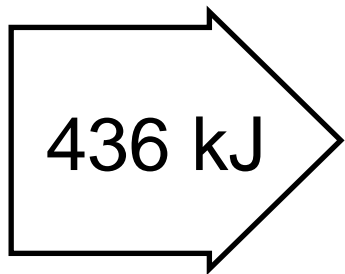
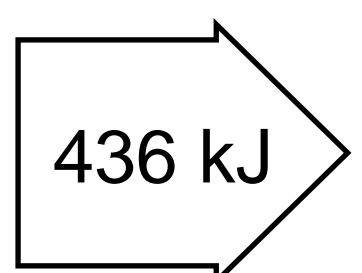
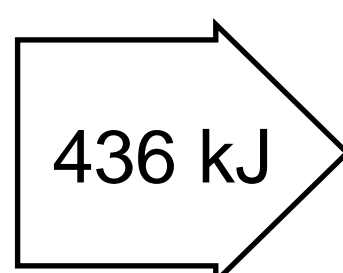
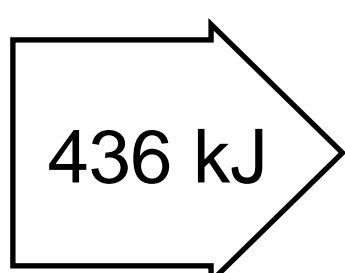
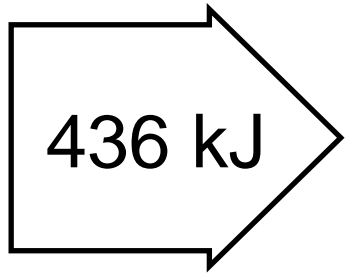
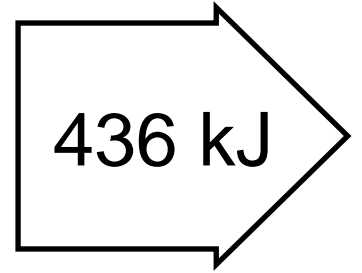
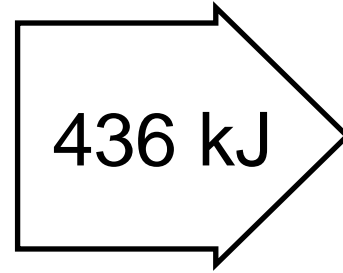
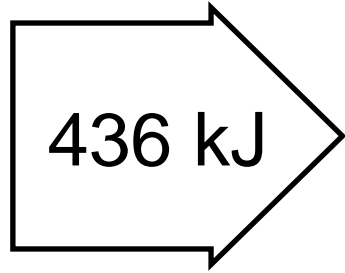
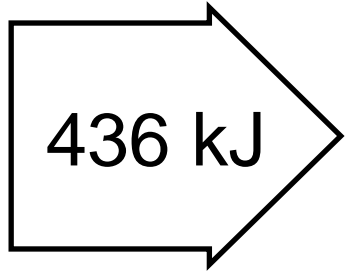
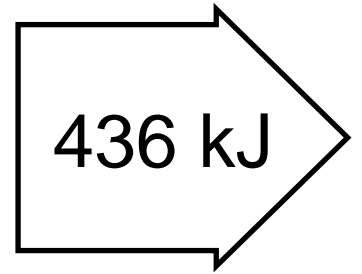
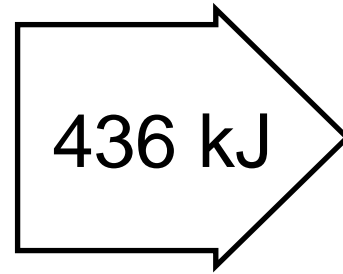
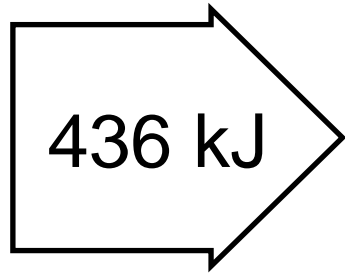
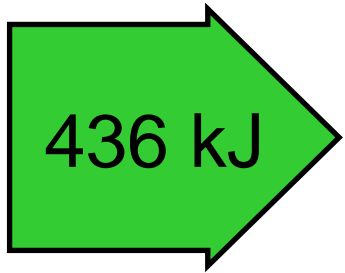


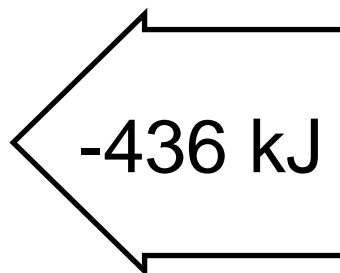
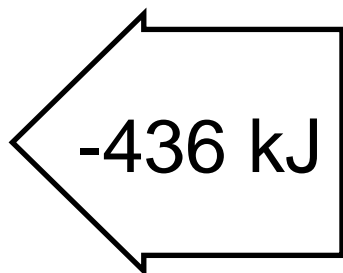
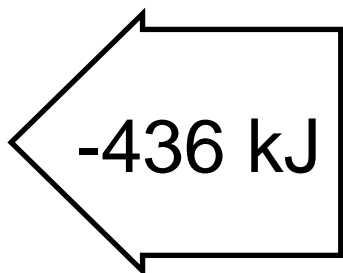
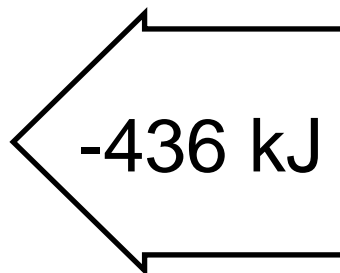
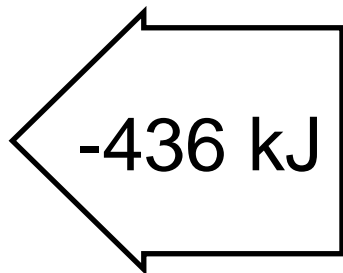
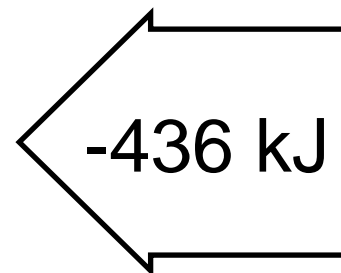
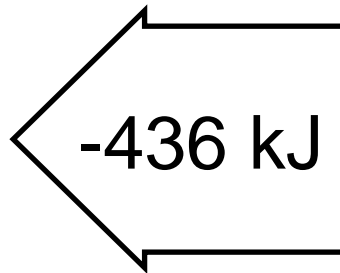
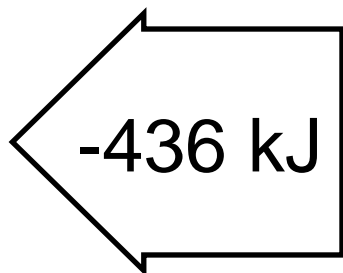
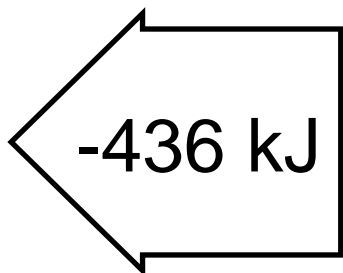
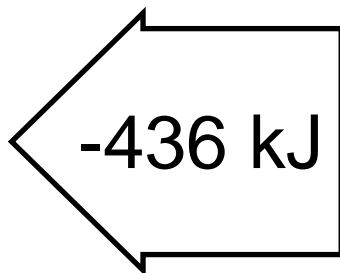












-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

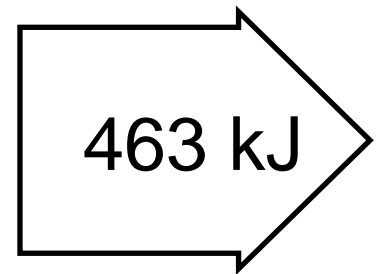
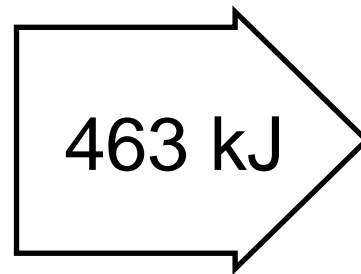
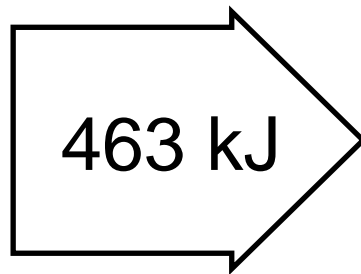
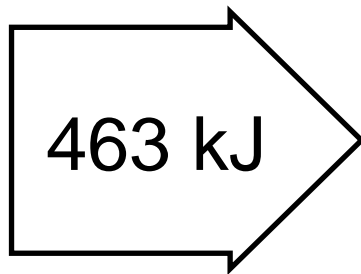
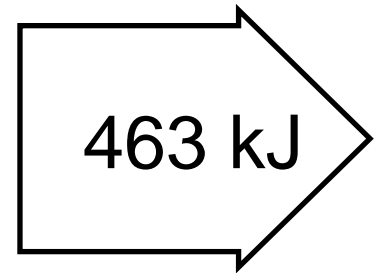
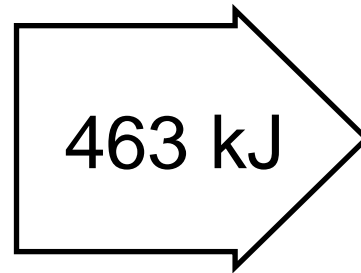
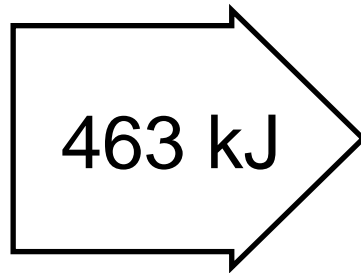
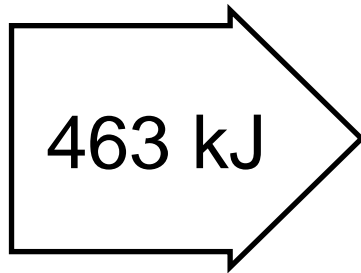
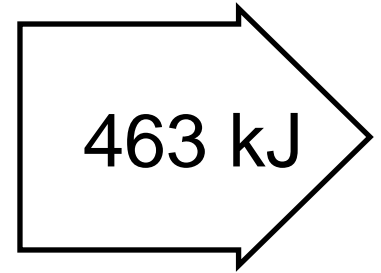
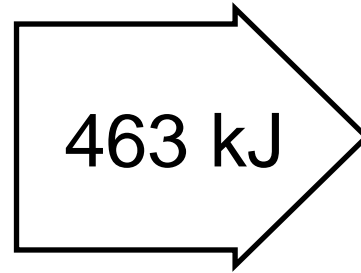
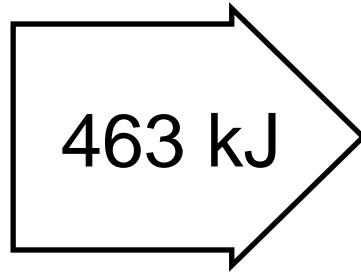
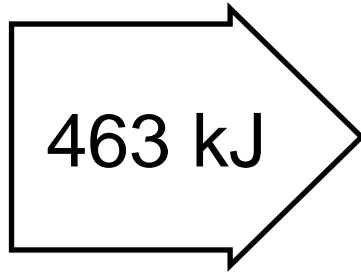
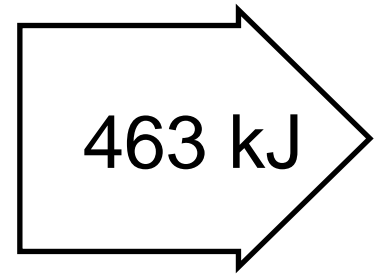
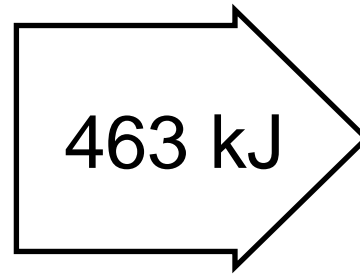
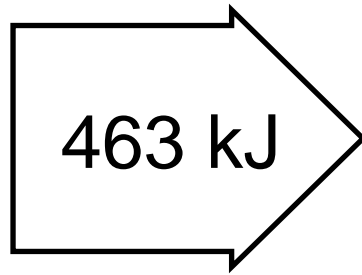
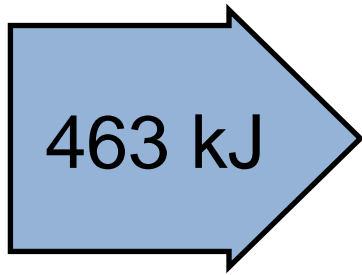
-463 kJ

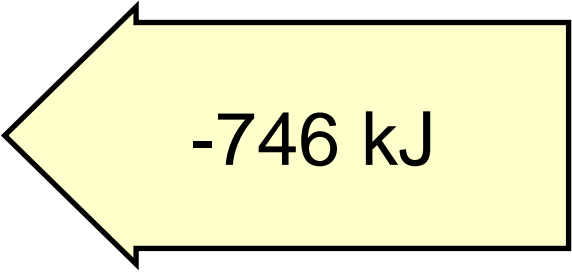
-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ





-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



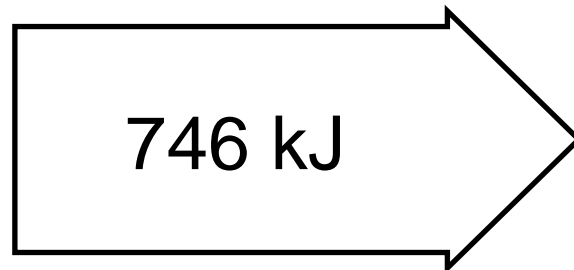
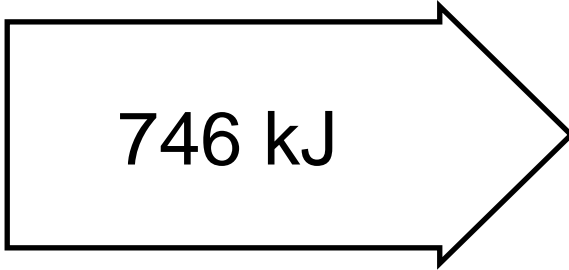
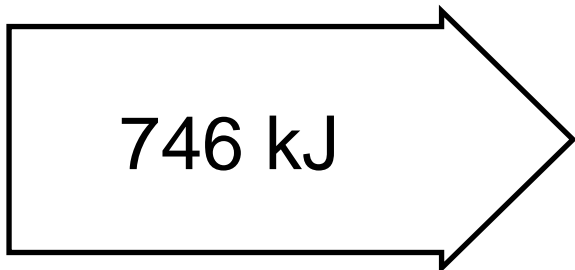
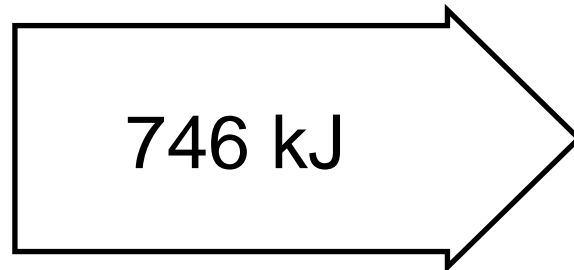
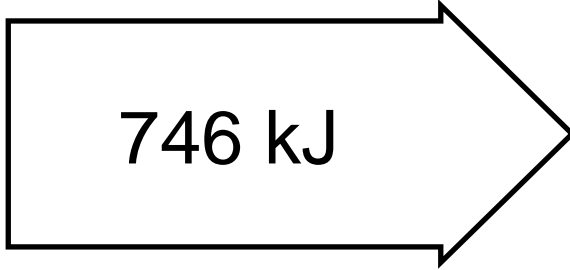
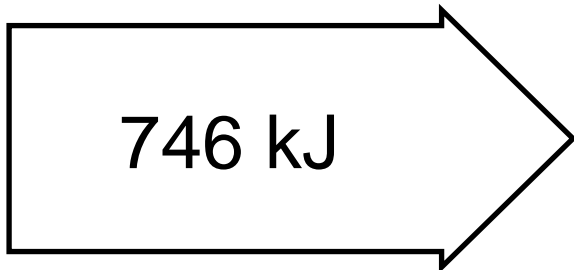
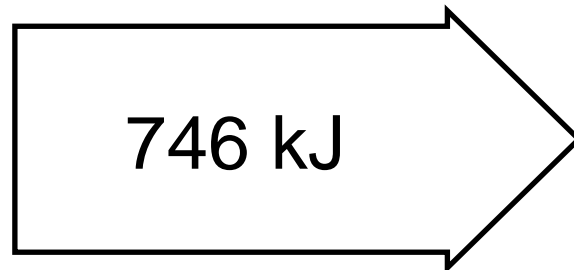
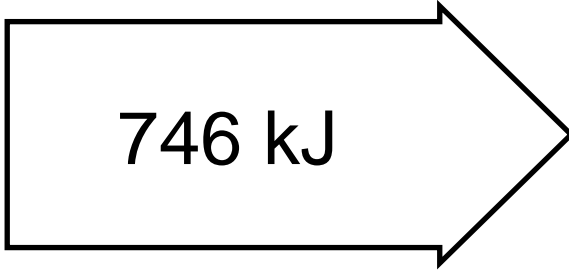
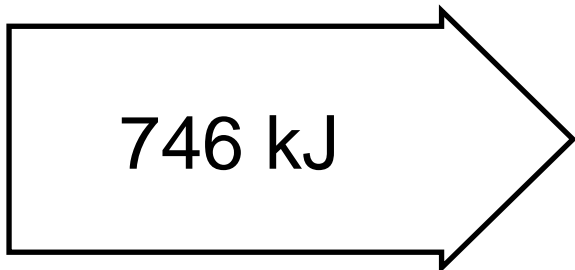
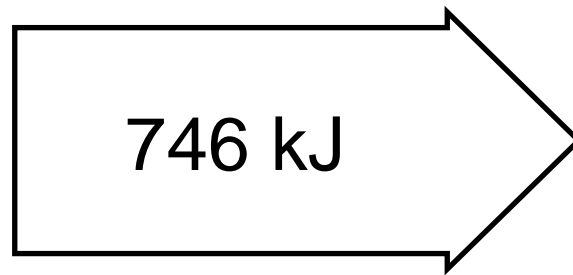
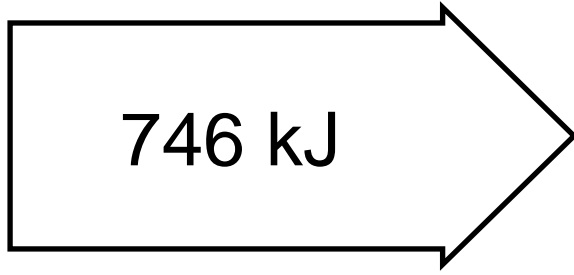
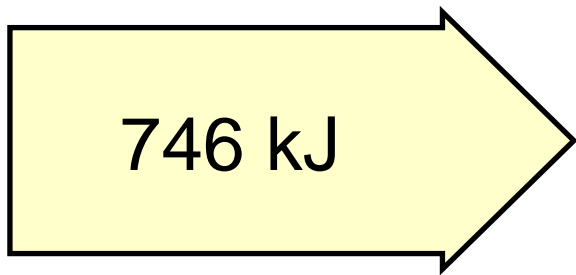
-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ







497 kJ



497 kJ



497 kJ



497 kJ



497 kJ



497 kJ



497 kJ



497 kJ



497 kJ



497 kJ



497 kJ



497 kJ



497 kJ



497 kJ



497 kJ



497 kJ





-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



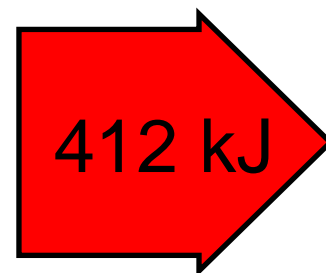
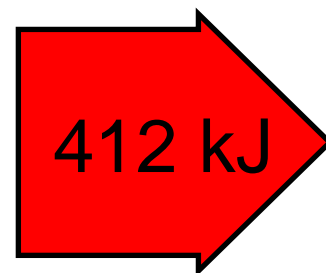
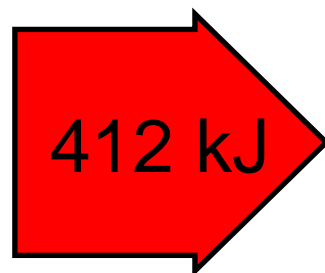
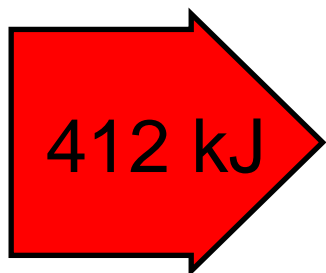
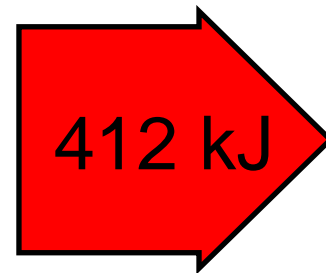
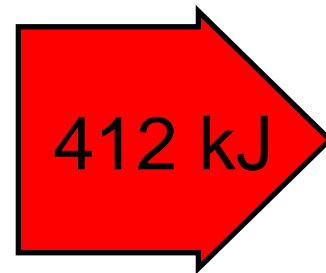
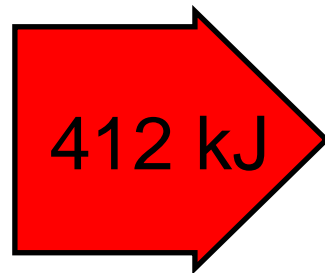
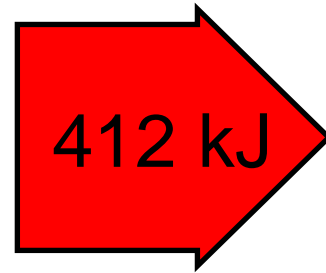
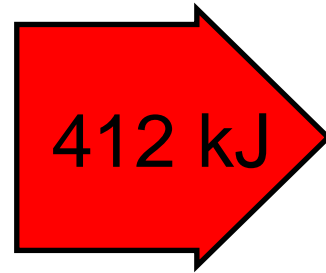
-746 kJ

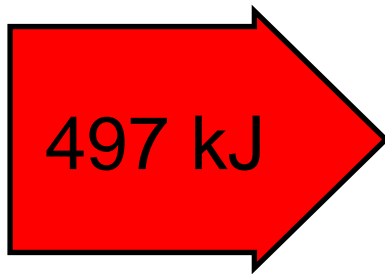
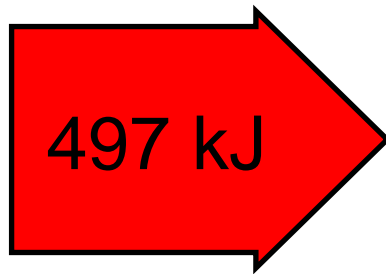
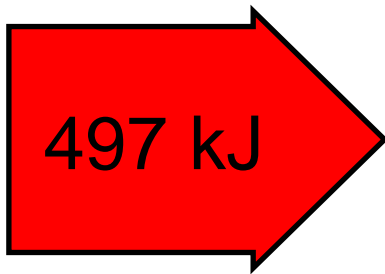
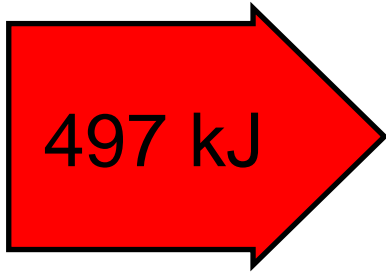
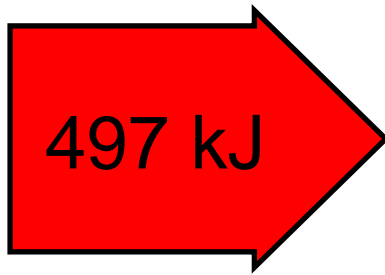
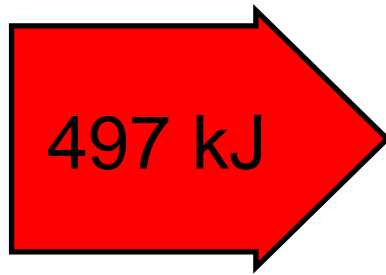
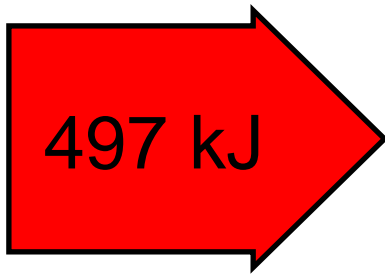
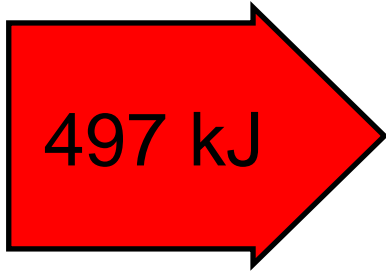
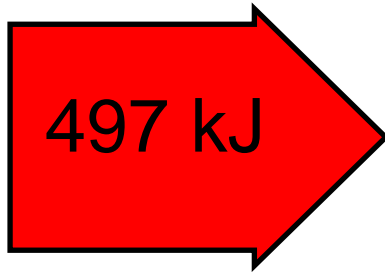
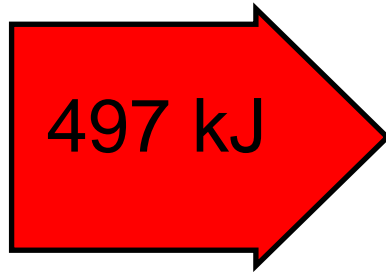
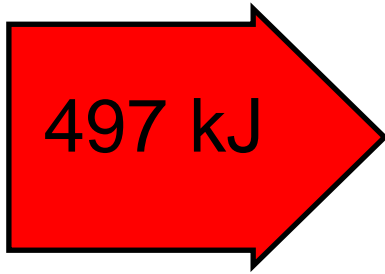
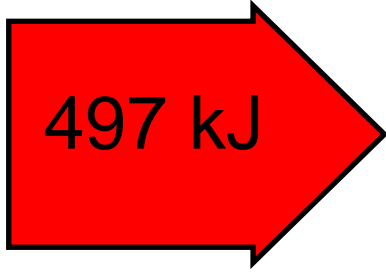
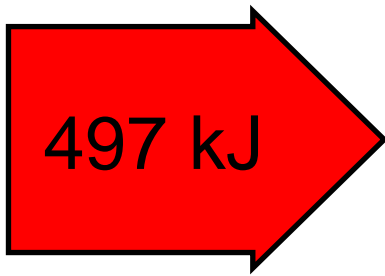
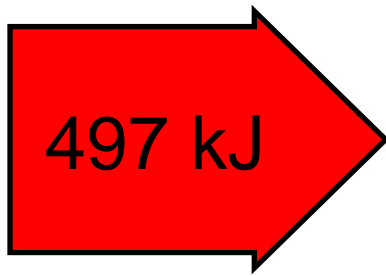
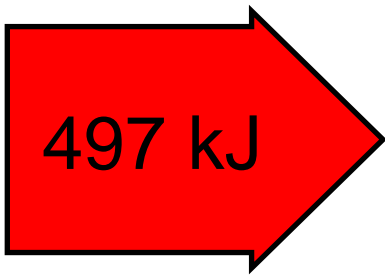
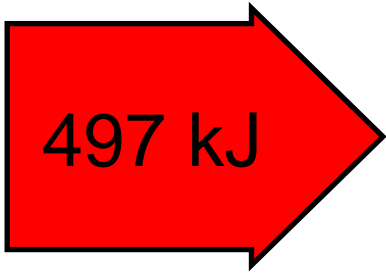


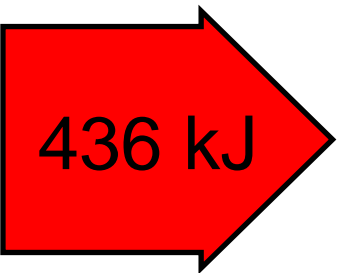
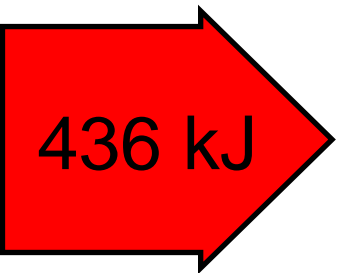
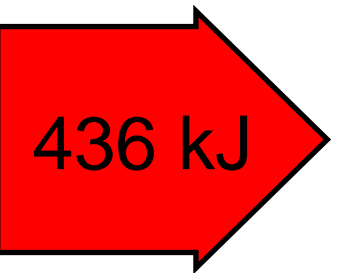
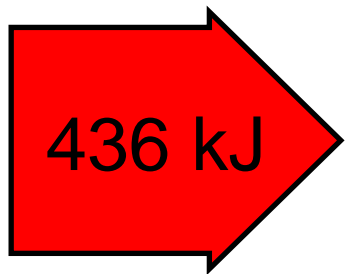
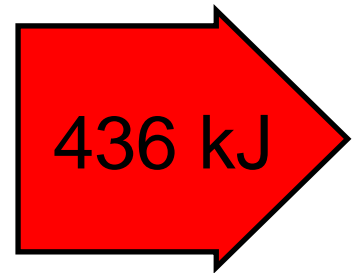
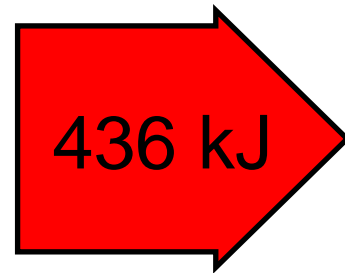
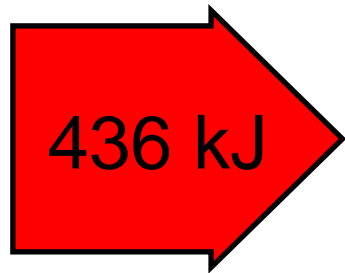
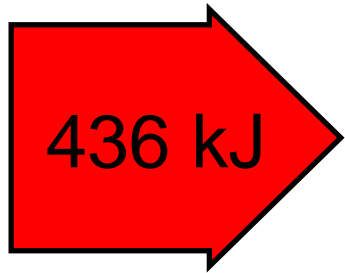
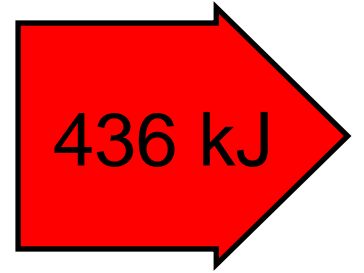
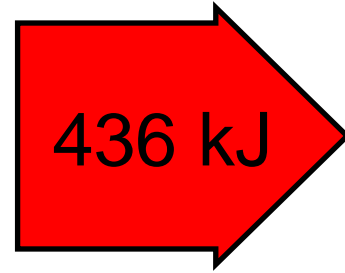
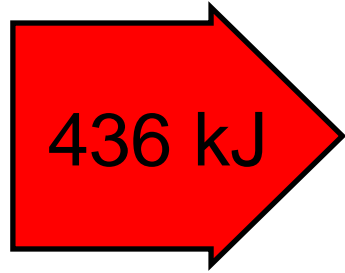
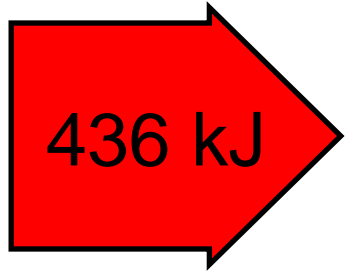
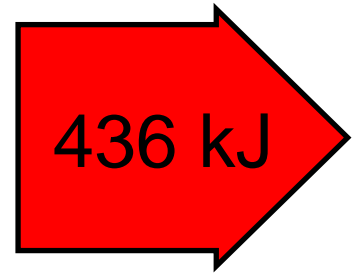
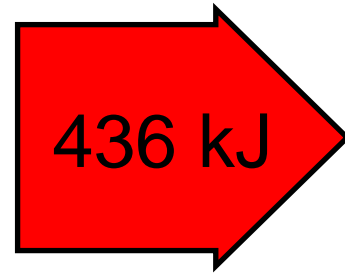
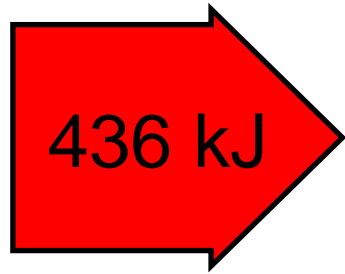
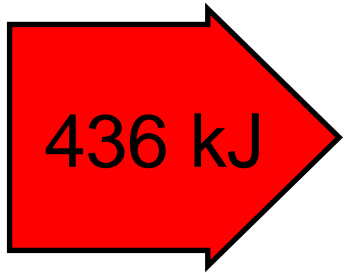
-746 kJ



-746 kJ







-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ

-463 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ



-746 kJ