

<u>Aufgabentyp:</u> <b>Forschungsaufgabe</b> auf Wunsch auch „Egg Race“ - Wettbewerb	<u>Klassenstufe:</u> <b>Physik 9/10 bzw. 7/8</b>
<u>Einordnung Rahmenpläne:</u> <u>H/R</u> : 7/8 Thermische Energie	<u>GS:</u> 9/10 Thermische Energie und 9/10 Walthema <u>GYM:</u> 9/10 Erhaltung und Entwertung von Energie - ein „Konzept“ der Physik: Wärme
<u>Übersicht über Thema/Station:</u> <b>Das Titanic-Experiment – oder - Abkühlung im Eiswasser</b>	

**Material**

- 1250 mL Konservendose
- 1 L Becherglas
- 10 L Wassereimer aus Kunststoff
- möglichst Magnetrührer mit Rührfisch für das Eiswasser oder: Stange, Stab oder Lineal zum Rühren, 40-50 cm lang
- viel Eis (> 1 kg)
- verschiedene Strümpfe
- Plastiktüte in Dosengröße
- 10 Gummibandringe
- Leiste und Draht zum Halten der Dose im Eiswasser
- Temperaturmessung alternativ:
  1. 2 Alkoholthermometer -10 - +100 °C
  2. 1 oder 2 Digitalthermometer, möglichst mit NiCrNi-Fühler (schnell)
  3. Computergestützte Messwertaufzeichnung, z. B.:
    - Sensorcassy (mit Netzteil) oder Pocketcassy
    - USB-Kabel bzw. WLAN-Adapter
    - Laptop mit Software Cassylab2: **Titanic.lab starten, der Computer startet mit dem Passwort: lisem**
    - Cassy ChemBox mit 3 NiCrNi-Fühlern



**Themenfeld/ Kontext und Vorwissen in Bezug zu den KMK Bildungsstandards:**

**Fachwissen**

Zusammenhang zwischen Wärme (= Energie) und Temperatur bei Wasser.

**Fachwissen/Erkenntnisgewinnung**

Unterschiedliche Temperaturmessmethoden beherrschen (Flüssigkeitsthermometer, elektronisches Thermometer, Temperatursensoren am computergestützten Messsystem)

**Erkenntnisgewinnung**

Zeit -Temperatur-Diagramme aufnehmen und auswerten.

**Kommunikation**

Konvektion, Wärmeleitung, Wärmestrahlung, spezifische Wärmekapazität, Wärmekapazität.

**Bewertung**

Je nach Sachlage spielen die drei Arten der Wärmeübertragung eine unterschiedliche Rolle. Metall hat eine gute Wärmeleitfähigkeit, Wasser ist (ohne Konvektion) ein guter Isolator.

#### Art der Arbeitsaufträge

##### Kompetenzorientiert

Die Kompetenzen, die hier gefordert und gefördert werden, ergeben sich aus der Auflistung.

#### Beachtung der Heterogenität

Es gibt gestufte Lernhilfen. Die Aufgabe sollte ohne diese Hilfen bearbeitet werden. Bei Verwendung der Hilfen, die z.B. auf Kärtchen angeboten werden können, ist die Qualität der Bearbeitung geringer zu bewerten.

<a href="#">Karte A</a> Das heißt „gut isoliert“	<a href="#">Karte B</a> Herstellung von 0 °C Wasser	<a href="#">Karte C</a> Wärmeverlust
<a href="#">Karten D1 und D2</a> Versuchsdurchführung (strenge Anleitung, wenn euch nichts einfällt)	<a href="#">Karten E1 und E2</a> Auswertung	

#### **Zu erreichende Kompetenzen:**

##### **Fachwissen**

Isolation wird durch Vermeidung der Wärmeübertragung verbessert. Bei diesem Versuch dominiert die Vermeidung der Konvektion zur Nutzung der schlechten Wärmeleitfähigkeit von Wasser oder Luft. Die Strahlung spielt kaum eine Rolle.

##### **Erkenntnisgewinnung**

Durch die zeitliche Darstellung des Temperaturverlaufs des Doseninhalts kann man auf die an das Wasser übertragene Energie pro Zeit, also die Leistung schließen. Um diese Leistung zu minimieren, verbessert man die Isolierung und kann diese durch die Leistungsbestimmung beurteilen.

##### **Kommunikation**

Die Kompetenz im Umgang mit „diskontinuierlichen Texten“ wie Tabellen, Grafiken bei deren Erstellung und Auswertung steht hier im Vordergrund. Weiterhin soll das Ergebnis als Anweisungstext zusammengefasst werden.

##### **Bewertung**

Die Konvektion dominiert bei Wärmeaustausch, wenn flüssige oder gasförmige Isolatoren verwendet werden sollen. Dies kann durch kleinmaschiges Einschließen verhindert werden. Beispiele sind Styropor (Polystyrolschaum mit Luft), Neopren (Teflon-Schaum mit Wasser) und im trockenen Bereich Steinwolle, Fell oder Wollpullover.

Der Versuch ist ein gutes Beispiel für Isolierungsmaßnahmen, wie sie zum Schutz bei Havarien, Unfällen und Katastrophen sowie beim Energiesparen und zum Umweltschutz wie auch zu rein technischen Zwecken nötig sind.

#### Materialien

Quellen

CRC Handbook of Chemistry and Physics, 84th Edition, CRC Press, ISBN 0-8493-0484-9

Gerthsen-Kneser-Vogel: Physik, 15.Aufl. Springer-Verlag

Wikipedia [www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de)

Aufgabenkonstruktion:

[http://www.gy-mi.de/medialib/PISA/Publikation\\_PISA\\_macht\\_Schule.pdf](http://www.gy-mi.de/medialib/PISA/Publikation_PISA_macht_Schule.pdf)

### Leistungsbewertung oder nicht

Die Aufgabe kann als Lern- oder Prüfungsaufgabe genutzt werden.

Es gibt gestufte Lernhilfen. Die Aufgabe sollte möglichst ohne diese Hilfen bearbeitet werden können. Bei Verwendung der Hilfen, die z.B. auf Kärtchen angeboten werden können, ist die Qualität der Bearbeitung gestuft geringer zu bewerten, wenn die Aufgabe bewertet wird. Dies gilt in besonderem Maße für die *Karten D*.

### Aufgabe als Forschungsauftrag

Ein Mensch soll möglichst lange in Eiswasser überleben können. Finde heraus, mit welcher Kleidung er die kritische Körpertemperatur von 28 °C möglichst spät erreicht. Überprüfe dabei, welche Rolle die Konvektion und die Wärmeleitung spielt und erkläre so die Ergebnisse.

Die Dose soll das Modell eines Menschen sein. Daher soll sie am Anfang jedes Versuchs mit 1 Liter Wasser gefüllt sein, das genau 37 °C hat.

Stelle deine Ergebnisse als praktische Richtlinien für Schiffbrüchige zusammen.

### Aufgabe als Egg Race Wettbewerb

Finde eine Methode, einen Menschen möglichst lange in Eiswasser überleben zu lassen. Die Isolierungsschicht darf maximal 1cm dick werden. Das Leben ist bei einer Körpertemperatur von 28 °C bedroht.

Die Dose soll das Modell eines Menschen sein. Daher soll sie am Anfang jedes Versuchs mit 1 Liter Wasser gefüllt sein, das genau 37 °C hat. Ziel ist es, eine möglichst lange Abkühlzeit bis 28 °C zu erreichen.

### Vorgaben

Nach Bedarf kann die Dose „bekleidet“ werden und durch eine Tüte kann man einen „Trockenanzug“ simulieren. Auch interessiert natürlich nasse Kleidung.

Wir benötigen einen Eimer mit Wasser, das stabil bei 0 °C bis maximal +5 °C gehalten wird. Baue dies auf.

Definiere zuerst, was du unter „gut isolieren“ verstehst.

Lege dann fest, wie du dies messend überprüfen und auswerten kannst.

Untersuche jetzt die Verhältnisse ohne und mit verschiedenen Kleidungsvarianten.

**Erforderliche Parameter fehlen oder sind falsch.**

### Auswertung

Vergleiche die aufgenommenen Temperaturkurven und beantworte folgende Fragen:

1. Beschreibe die Gründe sehr genau für jeden Versuchsteil: Die Bedeutung der Wärmeleitung, Konvektion und Wärmestrahlung für den Wärmeaustausch.
2. Plane Experimente, um diese Begründungen zu überprüfen. Führe sie durch und protokolliere die Experimente.

In der Wärmelehre ist die Energieübertragung ein wichtiges Thema. Hier geht es um die drei Ausbreitungsarten der Wärme: Wärmeleitung, Konvektion und Wärmestrahlung.

In diesem Experiment soll der Wärmetransport von der Dose (Mensch-Modell) ins Wasser erschwert werden. Dazu kann man alle drei Ausbreitungsarten im Auge haben. Man wird aber feststellen, dass eine Form das Geschehen beherrscht. Diese gilt es zu erschweren. Den gesamten Vorgang nennt man isolieren. Es gilt also, die beste Wärmeisolation in Wasser zu finden.

## **Das Titanic-Experiment oder Abkühlung im Eiswasser**

### **Lehrerinformation**

#### **Einleitung**

*Nach einem Schiffsunglück wie bei der Titanic-Katastrophe 1912 fallen oder springen Menschen in den eiskalten Ozean. Direkt neben einem Eisberg kann das Wasser etwa 0 °C kalt sein (in der Regel aber einige Grad wärmer). In diesem Wasser lebt man nicht lange, da man viel Wärme verliert und die Körpertemperatur nicht halten kann. In unserem Modell wollen wir die Isolierung durch Kleidung optimieren.*

#### **Näherungen und Fehler**

*Dabei vernachlässigen wir die Tatsache, dass ein Körper durch die Lebensvorgänge weiterhin Wärme dazu gewinnt und somit den Wärmeverlust teilweise ersetzt. Wir vernachlässigen auch, dass er in seinen Extremitäten bei starker Kälte die Durchblutung „abschaltet“ und sie auskühlen lässt, damit die wichtige Körpermitte noch lebensfähig bleibt.*

*Wir vergleichen den Körper mit einem Wasservolumen, das ist sicher nicht ganz korrekt.*

#### **Daten**

*Die Datensammlung bildet die Grundlage für eine angemessene physikalische Analyse der Verhältnisse. Sie kann nur von Schülerinnen und Schülern genutzt werden, die solche „diskontinuierlichen Texte“ lesen und verarbeiten können und die grundlegenden Zusammenhänge und Formeln zur Wärmelehre soweit beherrschen, dass Aussagen gemacht werden können. Diese „handfesten“ Daten sind ein gutes Mittel, um konkrete Aussagen zu gewinnen und Behauptungen zu begründen.*

#### **Informationen zum Kältetod**

*Diese Informationen auf dem Arbeitsblatt bilden Kontext und Hintergrund.*

***In der Ttanic-Aufgabe vernachlässigen wir die Wärmestrahlung.***

#### **Zusatzthema: Abschätzung der Wärmestrahlung**

*Hier können höher motivierte Lernende ihre Bedeutung abschätzen, wobei auch die sehr groben Näherungen und Annahmen zu beschreiben sind.*

#### **Unterrichtliche Voraussetzungen**

- Die drei Arten der Wärmeausbreitung: Konvektion, Wärmeleitung, Wärmestrahlung (IR-Strahlung)
- Energie  $E$ ,  $W$
- Leistung  $P$
- Wärme  $Q$ ,  $E$ ,  $W$  (als Energieform)
- Temperatur ( $\theta$ ),  $T$
- Methoden der Temperaturmessung
- Wärmekapazität  $C$
- spezifische Wärmekapazität  $c$
- Wärmeleitfähigkeit  $G_{th}$
- bei Bedarf auch die Nutzung eines Messwerterfassungssystems wie z.B. Cassy oder Passport

#### **Zeitbedarf**



Je nach Bedarf muss eine Doppelstunde angesetzt werden. Das Eis muss dann aber zur Verfügung stehen, es dürfen größere Brocken sein. Der Wasserkocher und alle Geräte müssen bereitliegen! Vorher sollte Zeit darauf verwendet worden sein, das Verfahren der Messwerterfassung einzuüben. Dies ist an vielen Schulen ohnehin der Fall. Es macht Sinn, vorher einmal das Anmischen von Wasser einer bestimmten vorgegebenen Temperatur geübt zu haben.

#### **Gestellte Fragen aus der Fortbildung**

Wie geht man mit der Frage nach Wärmeleitung und Konvektion bei der Isolierung um?

*Das jeweilige Isoliermaterial liegt zwischen der Dosentemperatur, die bei 37 °C bis 25°C liegt und der Wassertemperatur, die bei 0 °C bis etwa 4°C liegt. Das führt zu einer Wärmeübertragung nach außen. Kann im Isolator Konvektion auftreten, so spielt die Beweglichkeit des flüssigen oder festen Materials eine Rolle sowie dessen spezifische Wärmekapazität. Wasser ist hier ungeeignet, da es dünnflüssig ist und viel Energie speichern und damit übertragen kann.*

*Wenn es keine Konvektion im Isoliermaterial geben kann ist die Wärmeleitfähigkeit des Materials entscheidend. Wasser und besonders Gase sind jetzt gut geeignet, siehe Tabelle. Neopren saugt sich mit Wasser voll, hält es unbeweglich fest und nutzt es als Isolator. Styropor nutzt Gasblasen, heute meist Luft. Trockener Stoff isoliert sehr gut durch die Luft, solange sie nicht durch Wind Konvektion ermöglicht. Nasser Stoff isoliert recht gut durch das eingelagerte Wasser, wenn dies unbeweglich gehalten wird. Durch Strömung kann aber Konvektion auftreten, sodass dieser Effekt die Wirkung drastisch verändert.*

#### Gestufte Lernhilfen

#### Lernhilfe-Karte A

##### Das heißt „gut isoliert“

„Gut isoliert“ heißt, dass die Wärme schlecht, also langsam vom Dosenwasser in das Eiswasser übergeht. Die Leistung (Energieübergang pro Zeit, also Wärmeverlust pro Zeit) muss klein sein.

#### Lernhilfe-Karte B

##### Herstellung von 0 °C Wasser

Fülle den Eimer zu 3/4 mit kaltem Wasser. Gib viel Eis hinein. Rühre das Eiswasser, bis es höchstens +5°C hat. Sollte das Eis bei Versuchsbeginn komplett geschmolzen sein, so gib weiteres Eis hinein. Fülle den Eimer insgesamt so, dass die Dose weit genug eintaucht. Bei genügend Eisvorrat bleibt Eiswasser stabil bei 0 °C, da die Schmelzwärme des Eises aus dem Wasser entnommen wird.

#### Lernhilfe-Karte C

##### Wärmeverlust

Durch Beobachtung der Dosenwassertemperatur kann man die Abnahme der Wärme über die Temperaturabnahme verfolgen.

Achtung: Wärme ist eine Energieform („Wärmemenge“), bitte nicht mit Temperatur verwechseln! Wärme Q oder E misst man in Joule (J), Temperatur T in Kelvin (K) oder Temperatur in Grad Celsius (°C).

Der Wärmeverlust ist ein Energieverlust. Die Energieabgabe pro Zeit ist eine Leistung P gemessen in Watt (W). Dabei sinkt dann auch die Temperatur.

#### Lernhilfe-Karte D1

##### Versuchsdurchführung (strenge Anleitung, wenn euch nichts einfällt)

*Dass du diese Hilfe nutzt, zeigt, dass du noch deutliche Schwierigkeiten hast.*

a) Die Dose „unbekleidet“ benutzt.

Fülle jetzt die Dose mit Wasser, das 37 °C hat. Überprüfe dies mit einem elektronischen Thermometer. Überwache ab jetzt die Dosenwassertemperatur und die Eiswassertemperatur mit einem elektronischen Thermometer.

Starte die Strömung.

Setze die Dose in die Wanne, ohne dass sich der Inhalt vermischt.

Rühre das Wasser in der Dose von Zeit zu Zeit.

Nimm ab jetzt die Temperaturen auf.

Wiederhole diesen Vorgang mit folgenden Änderungen:

b) Bekleide die Dose mit einem dünnen Strumpf. Stülpe von unten eine Plastiktüte über die umwickelte Dose und befestige alles mit Gummibändern.

Fülle jetzt die Dose neu mit Wasser, das 37 °C hat und wiederhole den Vorgang wie bei a).

#### Lernhilfe-Karte D2

##### Versuchsdurchführung (strenge Anleitung, wenn euch nichts einfällt)

*Dass du diese Hilfe nutzt, zeigt, dass du noch deutliche Schwierigkeiten hast.*

c) Bekleide die Dose mit einem dünnen Strumpf, lass die Tüte weg und befestige alles mit Gummibändern.

Fülle jetzt die Dose neu mit Wasser, das 37 °C hat und wiederhole den Vorgang wie bei a).

Wenn noch Zeit ist:

d) Bekleide die Dose mit einem dicken Strumpf. Stülpe von unten eine Plastiktüte über die umwickelte Dose und befestige alles mit Gummibändern.

Fülle jetzt die Dose neu mit Wasser, das 37 °C hat und wiederhole den Vorgang wie bei a).

e) Bekleide die Dose mit einem dicken Strumpf, lass die Tüte weg und befestige alles mit Gummibändern.

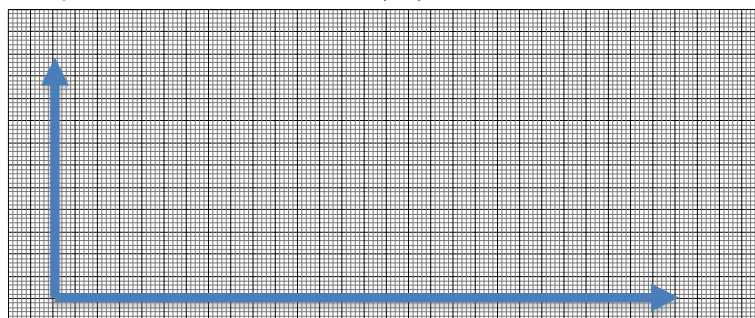
Fülle jetzt die Dose neu mit Wasser, das 37 °C hat und wiederhole den Vorgang wie bei a).

#### Lernhilfe-Karte E1

##### Auswertung

Stelle den Temperaturverlauf für alle Teilversuche grafisch dar.

Temperatur in Grad Celsius (°C)



Zeit t in Minuten

#### Lernhilfe-Karte E2

##### Auswertung

Vergleiche die aufgenommenen Temperaturkurven und beantworte folgende Fragen:

1. Welche Anordnung zeigt den schnellsten, welche den langsamsten Wärmeaustausch zwischen Dose (Menschmodell) und Eiswasser?
2. Beschreibe die Gründe sehr genau für jeden Versuchsteil: Die Bedeutung der Wärmeleitung, Konvektion und Wärmestrahlung für den Wärmeaustausch. Nutze die Tabellen.
3. Plane weitere Experimente, um diese Begründungen zu überprüfen. Führe sie durch und protokolliere die Experimente.

## Das Titanic-Experiment oder Abkühlung im Eiswasser - eine Forschungsaufgabe -

### **Einleitung**

Nach einem Schiffsunglück wie bei der Titanic-Katastrophe 1912 fallen oder springen Menschen in den eiskalten Ozean. Direkt neben einem Eisberg kann das Wasser etwa 0 °C kalt sein (in der Regel aber einige Grad wärmer). In diesem Wasser lebt man nicht lange, da man viel Wärme verliert und die Körpertemperatur nicht halten kann. In unserem Modell wollen wir die Isolierung durch Kleidung optimieren.

### **Näherungen und Fehler**

Dabei vernachlässigen wir die Tatsache, dass ein Körper durch die Lebensvorgänge weiterhin Wärme dazu gewinnt und somit den Wärmeverlust teilweise ersetzt. Wir vernachlässigen auch, dass er in seinen Extremitäten bei starker Kälte die Durchblutung „abschaltet“ und sie auskühlen lässt, damit die wichtige Körpermitte noch lebensfähig bleibt. Wir vergleichen den Körper mit einem Wasservolumen, das ist sicher nicht ganz korrekt.

### **Aufgabe als Forschungsauftrag**

Ein Mensch soll möglichst lange in Eiswasser überleben können.

Findet heraus, mit welcher Kleidung er **am besten isoliert** ist.

Die Dose soll das Modell eines Menschen sein. Daher soll sie am Anfang jedes Versuchs mit 1 Liter Wasser gefüllt sein, das genau 37 °C hat.

### **Vorgaben und Aufträge**

Nach Bedarf kann die Dose „bekleidet“ werden und durch eine Tüte kann man einen „Trockenanzug“ simulieren. Auch interessiert natürlich nasse Kleidung.

Wir benötigen Wasser, das stabil bei 0 °C gehalten wird, höchstens +5 °C hat.

1. Definiert zuerst, was ihr unter „**gut isolieren**“ versteht. Notfallhilfe: **Karte A**
2. Legt dann fest, wie ihr dies messend überprüfen und auswerten könnt.
3. Baut das Experiment auf. Notfallhilfe: **Karte B und C**
4. Untersucht jetzt die Verhältnisse ohne und mit verschiedenen Kleidungsvarianten, erst trocken, dann nass. Notfallhilfe: **Karten D 1+2**
5. Überprüft dabei, welche Rolle die Konvektion und die Wärmeleitung spielt und erklärt so die Ergebnisse. Nutzt die Daten aus der Tabelle.
6. Stellt eure Erkenntnisse als Empfehlung für die Herstellung von Rettungs- oder Schutzkleidung für Schiffbrüchige zusammen. Notfallhilfe: **Karte C 1+2**
7. Einzeln: Überlege dir, welche Schritte du bei dieser Aufgabe gemacht hast und warum? Welche Fehler sind gemacht worden?

### **Arbeitsform**

Gruppenarbeit, z.B. „nummerierte Köpfe“.

**Material**

- 1250 mL Konservendose
- 1 L Becherglas
- 10 L Wassereimer aus Kunststoff
- möglichst Magnetrührer mit Rührfisch für das Eiswasser  
oder: Stange, Stab oder Lineal zum Rühren, 40-50 cm lang
- viel Eis (> 1 kg)
- verschiedene Strümpfe
- Plastiktüte in Dosengröße
- 10 Gummibandringe
- Leiste und Draht zum Halten der Dose im Eiswasser
- Temperaturmessung alternativ:
  1. 2 Alkoholthermometer -10 - +100 °C
  2. 1 oder 2 Digitalthermometer, möglichst mit NiCrNi-Fühler (schnell)
  3. Computergestützte Messwerterfassung, z.B.:
    - Sensorcassy (mit Netzteil) oder Pocketcassy
    - USB-Kabel bzw. WLAN-Adapter
    - Laptop mit Software Cassylab2: [Titanic.lab starten, der Computer startet mit dem Passwort: lisem](#)
    - Cassy ChemBox mit 3 NiCrNi-Fühlern

**Hilfen**

Wenn ihr in eurer Arbeitsgruppe das Vorgehen nicht planen könnt, könnt ihr euch nach und nach Tipps (Lernhilfen) holen.

Natürlich ist es besser, wenn ihr weniger oder keine Tipps benötigt.

<a href="#">Karte A</a> Herstellung von 0 °C Wasser	<a href="#">Karte B</a> Das heißt „gut isoliert“	<a href="#">Karte C</a> Wärmeverlust
<a href="#">Karten D1 und D2</a> Versuchsdurchführung (strenge Anleitung, wenn euch nichts einfällt)	<a href="#">Karten E1 und E2</a> Auswertung	

**Informationen zum Kältetod**

*Sinkt die Körpertemperatur auf weniger als 28 °C ab, so kommt es zum Verlust des Bewusstseins, einem unregelmäßigen und abgeschwächten Puls, später zu einem Atem- und Kreislaufstillstand infolge von Herzrhythmusstörungen. Lichtstarre Pupillen und Lähmung der Muskulatur kommen hinzu. Bei Körpertemperaturen unter 28 °C ist es nur noch schwer möglich, eindeutig zu bestimmen, ob die unterkühlte Person noch lebt oder bereits tot ist. Die Atmung in diesem Status kann zu abgeflacht, der Puls zu langsam und zu schwach sein, vor allem in den wenig durchbluteten Extremitäten. Einfache Methoden wie Erfühlen des Pulses oder der Atmung sind dann nicht zuverlässig. Gelegentlich wird der Begriff Scheintod für diesen Zustand verwendet. Der Zustand kann unterschiedlich lange anhalten, bevor der tatsächliche Tod durch Unterkühlung eintritt.*



**Daten**

Stoff	Spezifische Wärmeleitfähigkeit $G_{th}$ in	Spezifische Wärmekapazität $c$ in
Eisen ca.	54	0,439
Luft	0,0261	1,02
Wasser	0,58	4,187
Glas	0,76	0,7
Kupfer ca.	360	0,381
Aluminium	221	0,896
Holz ca.	0,14	1,7
Styropor ca.	0,04	1,2

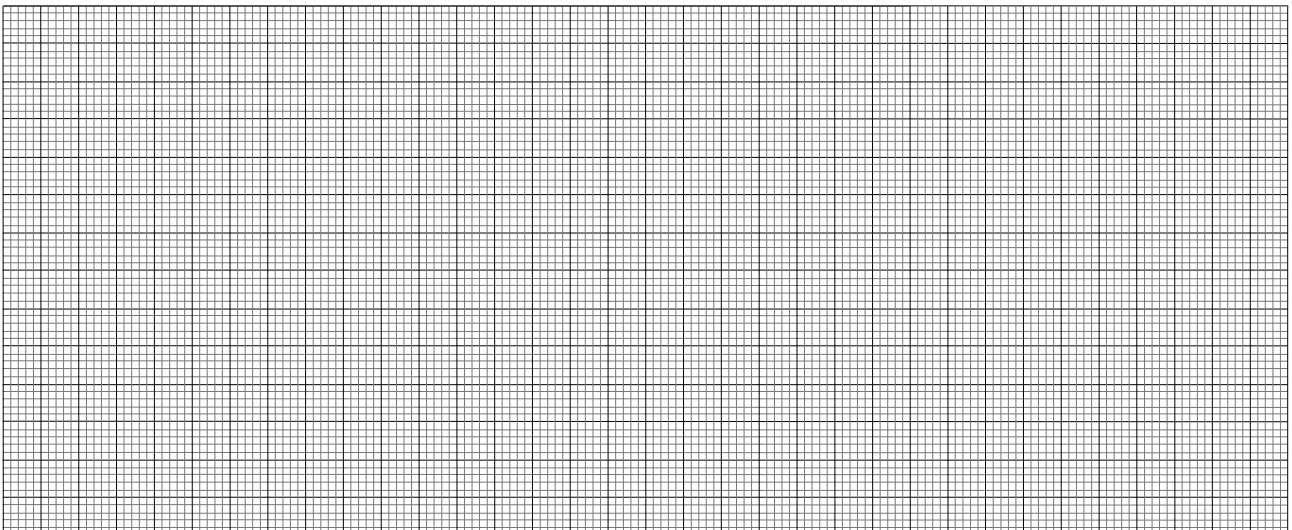
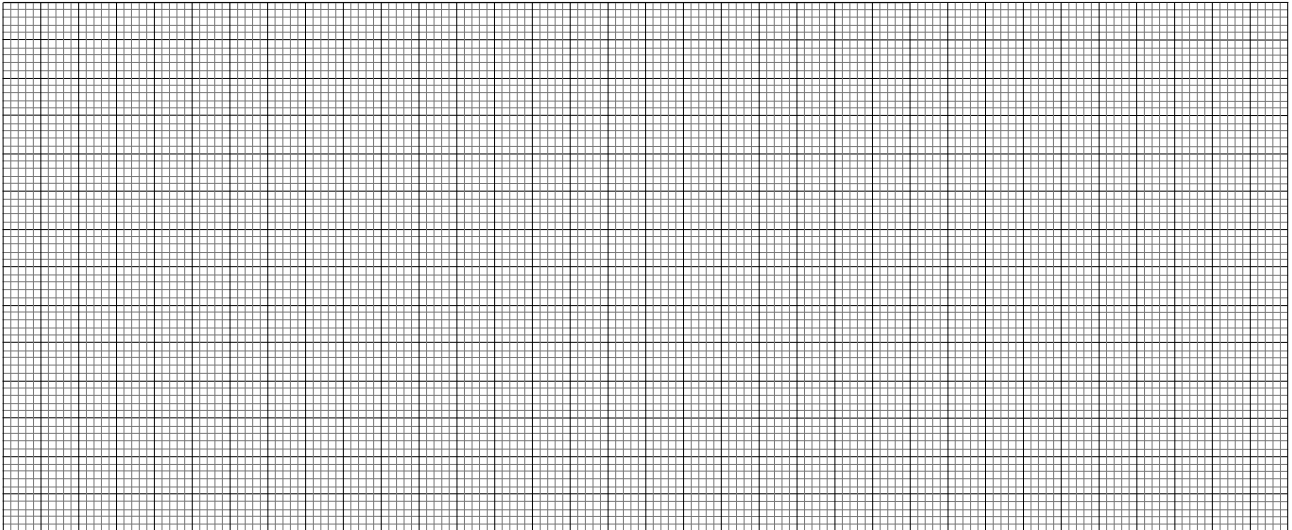
**Zusatzthema: Abschätzung der Wärmestrahlung**

***In dieser Aufgabe vernachlässigen wir die Wärmestrahlung. Hier kannst du ihre Bedeutung abschätzen:***

*Unabhängig vom Material aber abhängig von seiner Temperatur strahlt ein Körper Wärmestrahlung ab. Diese steigt proportional mit seiner Oberfläche. Die Flächenwärmestrahlung eines Körpers wie Eiswasser mit 0 °C (273K) ist 315 W/m<sup>2</sup>. Die eines Menschen mit 37 °C (310K) ist 524 W/m<sup>2</sup>. Das bedeutet, dass im Eiswasser ein Mensch die Differenz 524 W/m<sup>2</sup> - 315 W/m<sup>2</sup> = 209 W/m<sup>2</sup> verliert. In jeder Sekunde gehen also 209 Joule pro Quadratmeter verloren. Die Oberfläche eines Menschen liegt je nach Körpergröße im Bereich von 2m<sup>2</sup>. Damit würden pro Sekunde etwa 400 J = 0,4 kJ auf das Wasser übertragen werden. Wenn die Masse des Menschen 70kg beträgt, hat er eine Wärmekapazität von etwa C = 8680 kJ (wir gehen von Wasser aus).*

Zusatzaufgabe: *Schätze ab, wie lange es dauert, bis er nur auf Grund der Strahlung die kritische Grenze von 28 °C erreicht. (Voraussetzung ist die Annahme, dass die Lebensfunktionen keine extra Energie mehr bereitstellen...)*

**Auswertung**



**Das Titanic-Experiment**  
**oder**  
**Abkühlung im Eiswasser**  
**- ein Wettbewerb / Egg Race -**

**Einleitung**

*Nach einem Schiffsunglück wie bei der Titanic-Katastrophe 1912 fallen oder springen Menschen in den eiskalten Ozean. Direkt neben einem Eisberg kann das Wasser etwa 0 °C kalt sein (in der Regel aber einige Grad wärmer). In diesem Wasser lebt man nicht lange, da man viel Wärme verliert und die Körpertemperatur nicht halten kann. In unserem Modell wollen wir die Isolierung durch Kleidung optimieren.*

**Näherungen und Fehler**

*Dabei vernachlässigen wir die Tatsache, dass ein Körper durch die Lebensvorgänge weiterhin Wärme dazu gewinnt und somit den Wärmeverlust teilweise ersetzt. Wir vernachlässigen auch, dass er in seinen Extremitäten bei starker Kälte die Durchblutung „abschaltet“ und sie auskühlen lässt, damit die wichtige Körpermitte noch lebensfähig bleibt. Wir vergleichen den Körper mit einem Wasservolumen, das ist sicher nicht ganz korrekt.*

**Aufgabe als Egg Race Wettbewerb**

Findet eine Methode, einen Menschen möglichst lange in Eiswasser überleben zu lassen. Das Leben ist bei einer Körpertemperatur von 28 °C bedroht.

Die Dose soll das Modell eines Menschen sein. Daher soll sie am Anfang jedes Versuchs mit Wasser gefüllt sein, das genau 37 °C hat. Ziel ist es, eine möglichst lange Abkühlzeit bis 28 °C zu erreichen.

Nach Bedarf kann die Dose „bekleidet“ werden. Die „Kleidung“ darf maximal 1 cm dick sein. Wir benötigen Wasser, das stabil bei 0 °C gehalten wird, höchstens +5 °C hat.

1. Definiert zuerst, was ihr unter „**gut isolieren**“ versteht. Notfallhilfe: **Karte A**
2. Legt dann fest, wie ihr dies messend überprüfen und auswerten könnt.
3. Baut das Experiment auf. Notfallhilfe: **Karte B und C**
4. Untersucht jetzt die Verhältnisse ohne und mit verschiedenen Kleidungsvarianten, erst trocken, dann nass. Notfallhilfe: **Karten D 1+2**
5. Überlegt dabei, welche Rolle die Konvektion und die Wärmeleitung spielt und erklärt so euer optimales Ergebnis. Nutzt die Daten aus der Tabelle unten.
6. Stellt eure Erkenntnisse als Empfehlung für die Herstellung von Rettungs- oder Schutzkleidung für Schiffbrüchige zusammen. Notfallhilfe: **Karte C 1+2**
7. Einzeln: Überlege dir, welche Schritte du bei dieser Aufgabe gemacht hast und warum? Welche Fehler sind gemacht worden?

**Arbeitsform**

Wettbewerbsteam, je nach Ausgangslage.

#### Material

- 1250 mL Konservendose
- 10 L Wassereimer aus Kunststoff
- möglichst Magnetrührer mit Rührfisch für das Eiswasser oder: Stange, Stab oder Lineal zum Rühren, 40-50cm lang
- viel Eis (> 1kg)
- verschiedene Strümpfe und/oder
- verschiedene Dämm-Materialien wie Wolle, Styropor, Verpackungsmaterial, Steinwolle ....
- Plastiktüte in Dosengröße
- 10 Gummibandringe
- Leiste und Draht zum Halten der Dose im Eiswasser
- Temperaturmessung alternativ:
  1. 2 Alkoholthermometer -10 - +100 °C
  2. 1 oder 2 Digitalthermometer, möglichst mit NiCrNi-Fühler (schnell)
  3. Computergestützte Messwerterfassung, z.B.:
    - Sensorcassy (mit Netzteil) oder Pocketcassy
    - USB-Kabel bzw. WLAN-Adapter
    - Laptop mit Software Cassylab2: **Titanic.lab starten, der Computer startet mit dem Passwort: lisem**
    - Cassy ChemBox mit 3 NiCrNi-Fühlern
- Schublehre oder Messkiste (d+2cm) zur Überprüfung der Isolierschichtdicke



#### Hilfen

Wenn ihr in eurer Arbeitsgruppe das Vorgehen nicht planen könnt, könnt ihr euch nach und nach Tipps (Lernhilfen) holen.  
Natürlich ist es besser, wenn ihr weniger oder keine Tipps benötigt.

<a href="#">Karte A</a> <a href="#">Herstellung von 0 °C Wasser</a>	<a href="#">Karte B</a> <a href="#">Das heißt „gut isoliert“</a>	<a href="#">Karte C</a> <a href="#">Wärmeverlust</a>
<a href="#">Karten D1 + D2</a> <a href="#">Versuchsdurchführung (strenge Anleitung, wenn euch nichts einfällt)</a>	<a href="#">Karten E1 und E2</a> <a href="#">Auswertung</a>	

#### **Informationen zum Kältetod**

*Sinkt die Körpertemperatur auf weniger als 28°C ab, so kommt es zum Verlust des Bewusstseins, einem unregelmäßigen und abgeschwächten Puls, später zu einem Atem- und Kreislaufstillstand infolge von Herzrhythmusstörungen. Lichtstarre Pupillen und Lähmung der Muskulatur kommen hinzu. Bei Körpertemperaturen unter 28°C ist es nur noch schwer möglich, eindeutig zu bestimmen, ob die unterkühlte Person noch lebt oder bereits tot ist. Die Atmung in diesem Status kann zu abgeflacht, der Puls zu langsam und zu schwach sein, vor allem in den wenig durchbluteten Extremitäten. Einfache Methoden wie Erfühlen des Pulses oder der Atmung sind dann nicht zuverlässig. Gelegentlich wird der Begriff Scheintod für diesen Zustand verwendet. Der Zustand kann unterschiedlich lange anhalten, bevor der tatsächliche Tod durch Unterkühlung eintritt.*



**Daten**

Stoff	Spezifische Wärmeleitfähigkeit $G_{th}$ in	Spezifische Wärmekapazität c in
Eisen ca.	54	0,439
Luft	0,0261	1,02
Wasser	0,58	4,187
Glas	0,76	0,7
Kupfer ca.	360	0,381
Aluminium	221	0,896
Holz ca.	0,14	1,7
Styropor ca.	0,04	1,2

**Zusatzthema: Abschätzung der Wärmestrahlung**

***In dieser Aufgabe vernachlässigen wir die Wärmestrahlung. Hier kannst du ihre Bedeutung abschätzen:***

*Unabhängig vom Material aber abhängig von seiner Temperatur strahlt ein Körper Wärmestrahlung ab. Diese steigt proportional mit seiner Oberfläche. Die Flächenwärmestrahlung eines Körpers wie Eiswasser mit 0 °C (273K) ist 315 W/m<sup>2</sup>. Die eines Menschen mit 37 °C (310K) ist 524 W/m<sup>2</sup>. Das bedeutet, das im Eiswasser ein Mensch die Differenz 524 W/m<sup>2</sup> - 315 W/m<sup>2</sup> = 209 W/m<sup>2</sup> verliert. In jeder Sekunde gehen also 209 Joule pro Quadratmeter verloren.*

*Die Oberfläche eines Menschen liegt je nach Körpergröße im Bereich von 2m<sup>2</sup>. Damit würden pro Sekunde etwa 400 J = 0,4 kJ auf das Wasser übertragen werden.*

*Wenn die Masse des Menschen 70kg beträgt, hat er eine Wärmekapazität von etwa C = 8680 kJ (wir gehen von Wasser aus).*

**Zusatzaufgabe:** *Schätze ab, wie lange es dauert, bis er nur auf Grund der Strahlung die kritische Grenze von 28°C erreicht.*

*(Voraussetzung ist die Annahme, dass die Lebensfunktionen keine extra Energie mehr bereitstellen...)*

**Auswertung**

