



G. Systemes Didactiques E.s.a.r.l

181 rue Franz Liszt

F 73000 CHAMBERY

Tél : +33 (0)4 56 42 80 70

Fax : +33 (0)4 56 42 80 71

xavier.granjon@systemes-didactiques.fr

www.systemes-didactiques.fr

Thermoline

Principes de base du transfert de chaleur

Concept didactique global pour l'enseignement des principes de base du transfert de chaleur.

- mesures précises
- commande logicielle
- logiciel d'apprentissage

La série idéale pour aborder cette thématique complexe.



Concept didactique global

Pour qu'un transfert de chaleur se produise entre des matières, il faut qu'il y ait un écart de température entre ces dernières. Ce phénomène est très courant au quotidien.

En principe, il existe trois formes de transfert de chaleur:

La convection
décrit le transfert de chaleur dans des liquides ou des gaz en écoulement

La conduction thermique
décrit le transfert de chaleur à l'intérieur d'une matière solide ou d'un fluide au repos

Le rayonnement thermique
décrit le transfert de chaleur par rayonnement électromagnétique

Lors d'un transfert de chaleur, on a souvent une association des différentes formes de transfert de chaleur. L'illustration du foyer (feu) montre toutes les formes de transfert de chaleur sur une source de chaleur unique.

Pour observer les différentes formes de transfert de chaleur, on a besoin de montages expérimentaux spécifiques.

La Thermoline permet de réaliser des essais pour l'observation isolée des différentes formes de transfert de chaleur, transmettant ainsi les

connaissances de base essentielles sur le transfert d'énergie thermique.

Grâce à notre concept didactique global de qualité, nous vous aidons à enseigner de manière ciblée les principes de base du transfert de chaleur.

Pour permettre de visualiser les procédés thermiques se déroulant lors des différentes formes de transfert de chaleur, nous avons intégré notre logiciel innovant et performant à la série d'appareils.

Le logiciel permet d'obtenir une forme de représentation vraiment unique, et accompagne les étudiants dans la réalisation et l'évaluation des essais. Le logiciel aide, de manière ciblée, à établir un lien entre pratique et théorie.

Chaque appareil d'essai de la série Thermoline comprend un logiciel d'apprentissage multimédia, qui vient compléter notre concept didactique global. Il assiste les étudiants dans la préparation et le suivi des essais. Le logiciel d'apprentissage permet d'apprendre de manière autonome les principes de base théoriques et aide à comprendre la thématique par le biais de textes explicatifs, d'illustrations et d'images mobiles.

Système de formation

Acquisition des données

Composants techniques réels

Logiciel d'apprentissage

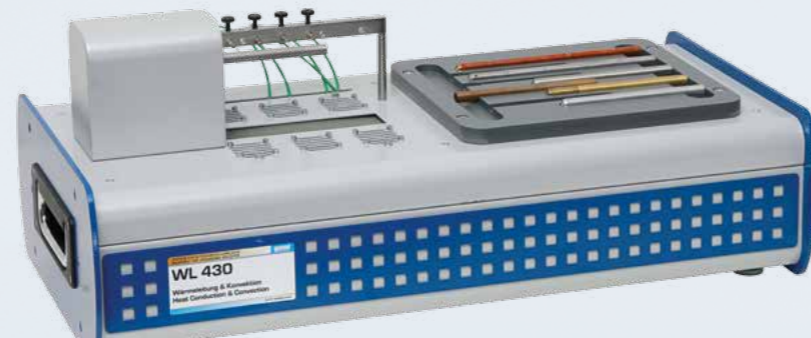
Faire le lien entre la théorie et la pratique est fondamental pour comprendre des principes techniques complexes.



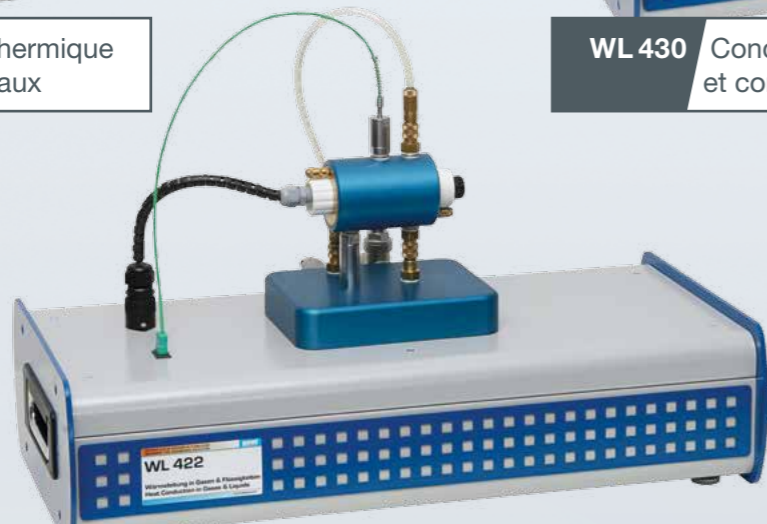
Thermoline: les mécanismes du transfert de chaleur



WL 420 Conduction thermique dans des métaux



WL 430 Conduction thermique et convection



WL 422 Conduction thermique dans des fluides



WL 440 Convection libre et forcée



WL 460 Transfert de chaleur par rayonnement

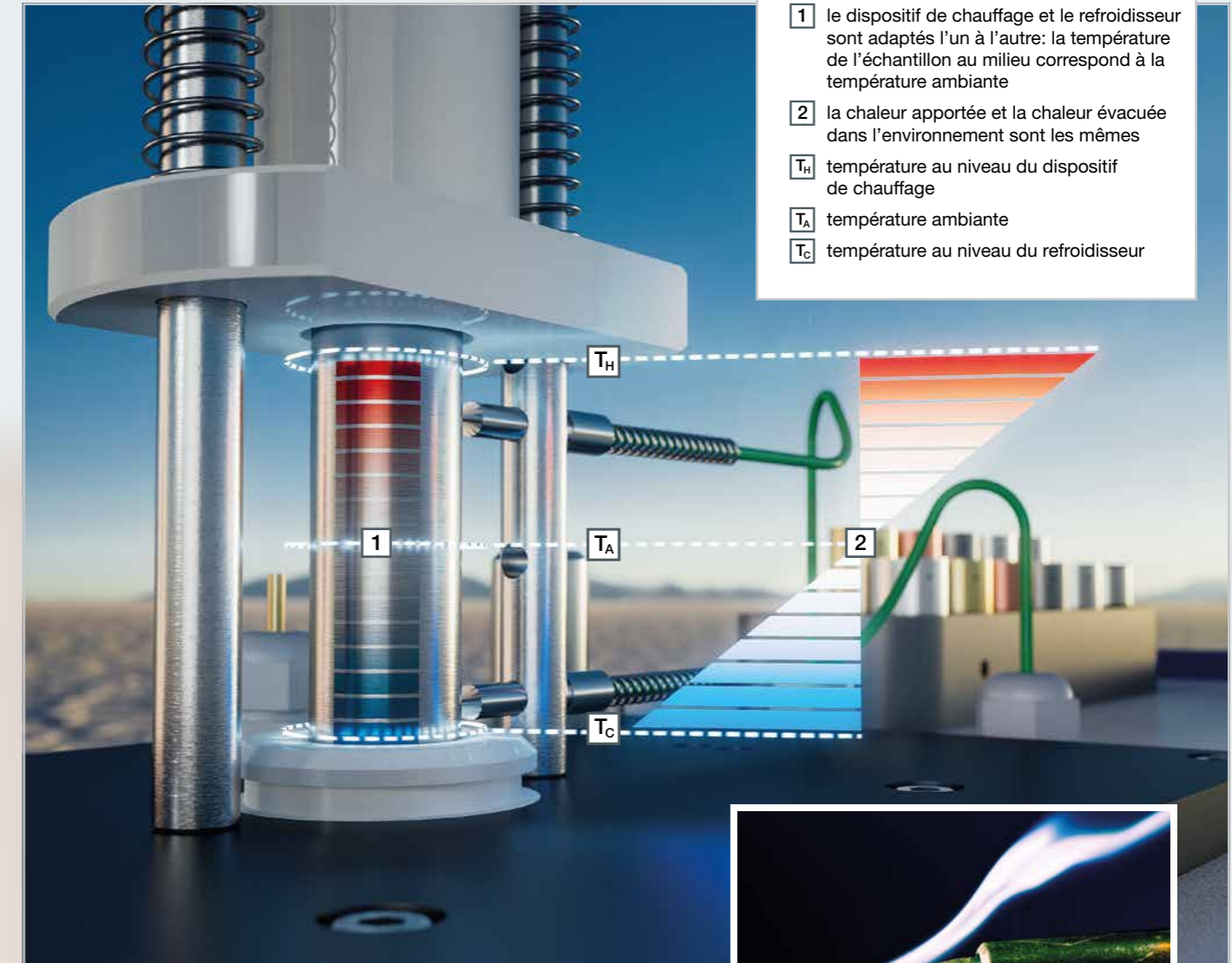


WL 420 Conduction thermique dans des métaux

Des échantillons métalliques sont chauffés dans la partie supérieure grâce à un dispositif de chauffage électrique et refroidis dans la partie inférieure par le biais d'un élément Peltier. Apparaît ainsi un flux thermique se dirigeant du côté chaud vers le côté froid.

Pour préserver ce flux thermique, il faut maintenir un certain écart de température, qui dépend de la conductivité thermique et de la longueur de l'échantillon. L'écart de température est mesuré et sert de référence pour le conductivité thermique recherché.

Les divers matériaux métalliques permettent de déterminer différents conductivités thermique. Il est en plus possible d'étudier des matériaux multicouches. À cette fin, on positionne deux échantillons différents à la suite l'un de l'autre.



Mesure précise

- les grandeurs perturbatrices thermiques sont minimisées

Réalisation rapide de l'essai

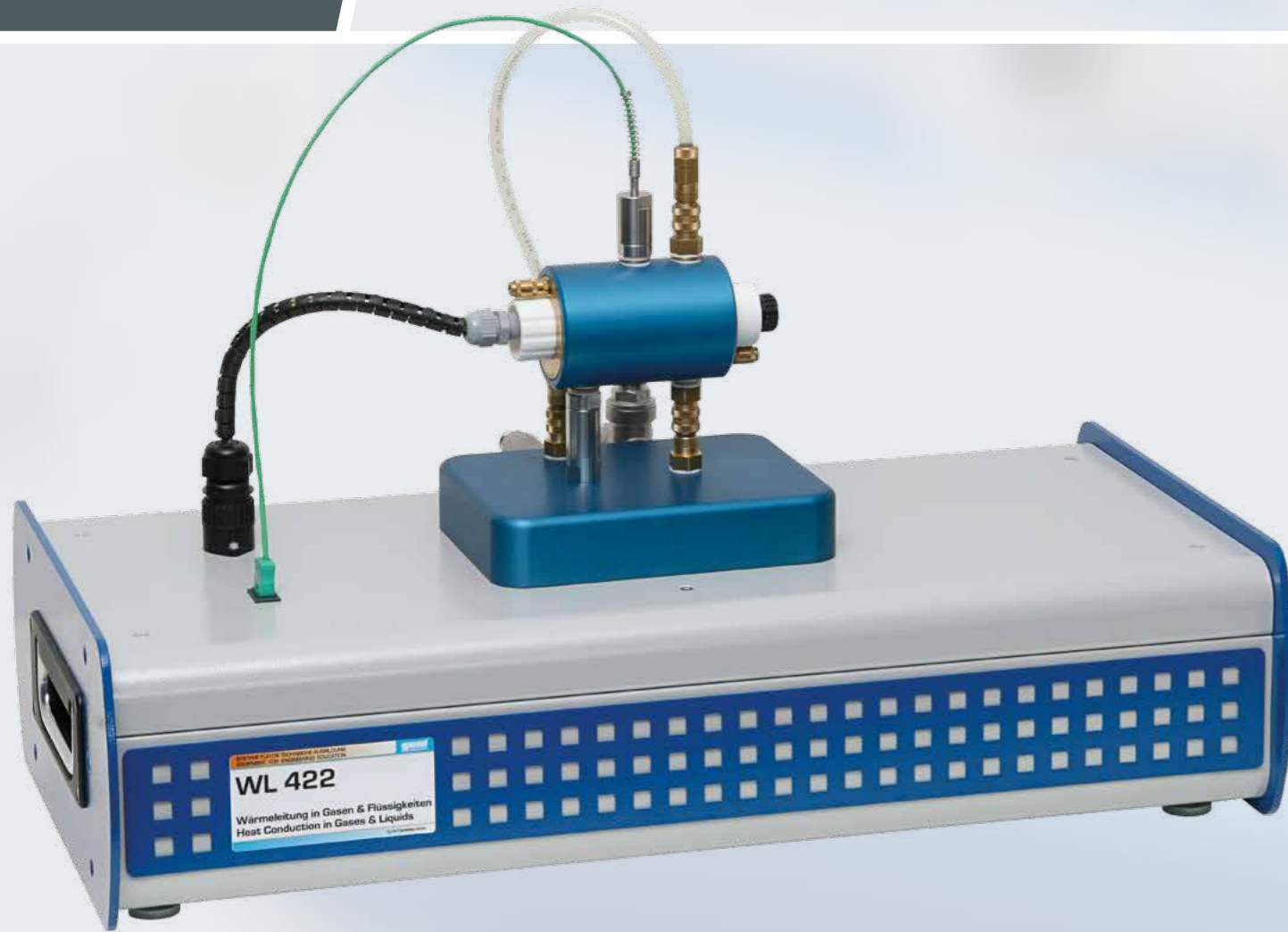
- le refroidissement actif permet d'atteindre rapidement l'écart de température requis
- pas d'eau de refroidissement nécessaire

Contenus didactiques et exercices

- description de l'évolution avant l'atteinte de l'état stationnaire
- détermination de la conductivité thermique de différents métaux à partir de valeurs de mesure
- détermination de la résistance thermique d'un objet
- étude du transfert de chaleur avec différents matériaux installés en série

Numéro d'article 060.42000 
 Caractéristiques détaillées des produits sous: gunt.de/static/s5490_2.php

WL 422 Conduction thermique dans des fluides



Mesurer la conduction thermique dans des fluides est très exigeant étant donné que leur conductivité est relativement mauvaise et que les flux thermiques associés sont donc faibles.

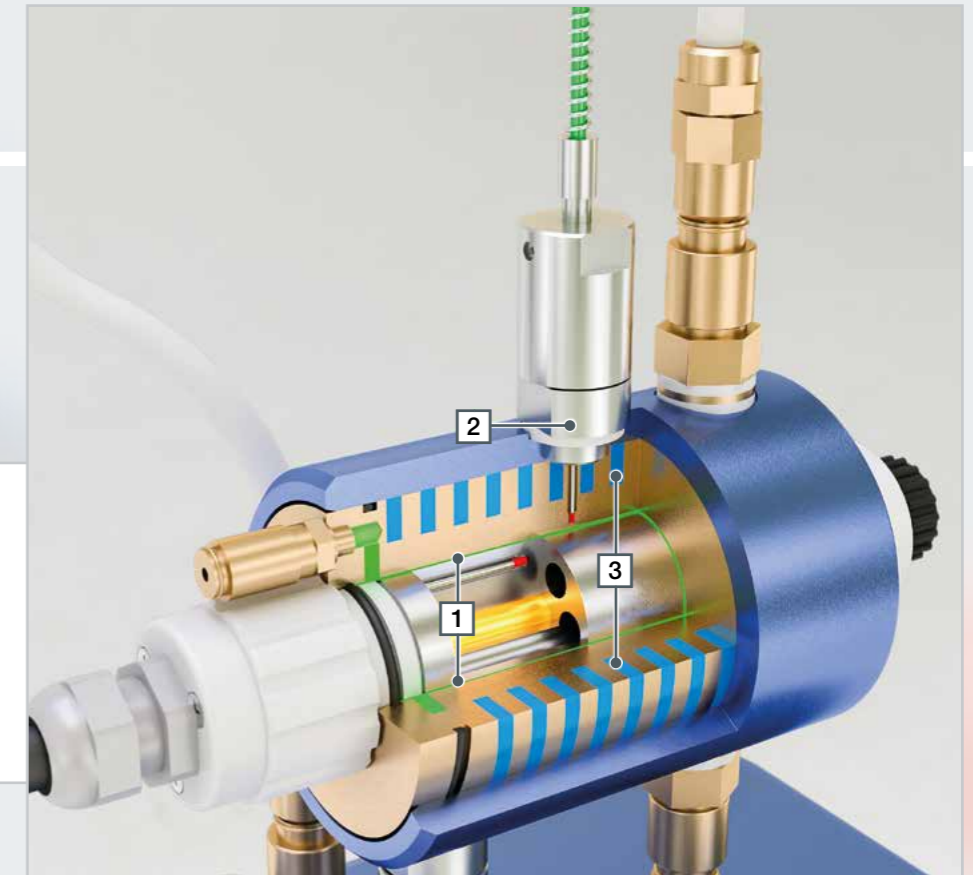
Les composants principaux de l'appareil d'essai sont deux cylindres: un cylindre interne chauffé électriquement qui se trouve à l'intérieur d'un cylindre externe refroidi par eau.

Les deux cylindres sont séparés par un espace annulaire concentrique. Cet espace annulaire est rempli du liquide à étudier. La conduction thermique se fait du cylindre interne par le fluide vers le cylindre externe.

L'espace annulaire étroit empêche la formation d'un flux thermique convectif et permet d'avoir une surface de passage relativement étendue tout en maintenant une distribution homogène de la température.

Avec ce procédé, on peut étudier la conductivité thermique des fluides aussi bien à l'état liquide que gazeux.

- 1 espace annulaire
- 2 thermocouple
- 3 canaux de refroidissement
- eau de refroidissement
- fluide



Mesure précise

- les formes spéciales du cylindre interne et de la conduite d'eau dans le cylindre externe permettent d'obtenir une distribution homogène de la température
- la construction spécifique du montage expérimental minimise les flux thermiques parasites et les grandeurs perturbatrices

L'état stationnaire est atteint rapidement

- la faible masse des cylindres interne et externe accélère le chauffage
- le piston d'équilibrage breveté assure le maintien d'une pression constante dans le fluide pendant le chauffage



Contenus didactiques et exercices

- détermination de la conductivité thermique dans des fluides
- détermination de la résistance thermique dans des fluides
- interprétation des états non stationnaires en cours de chauffage et de refroidissement
- introduction à la conduction thermique non stationnaire avec le modèle de capacité en bloc

Numéro d'article 060.42200

Caractéristiques détaillées des produits sous:
gunt.de/static/s5491_2.php



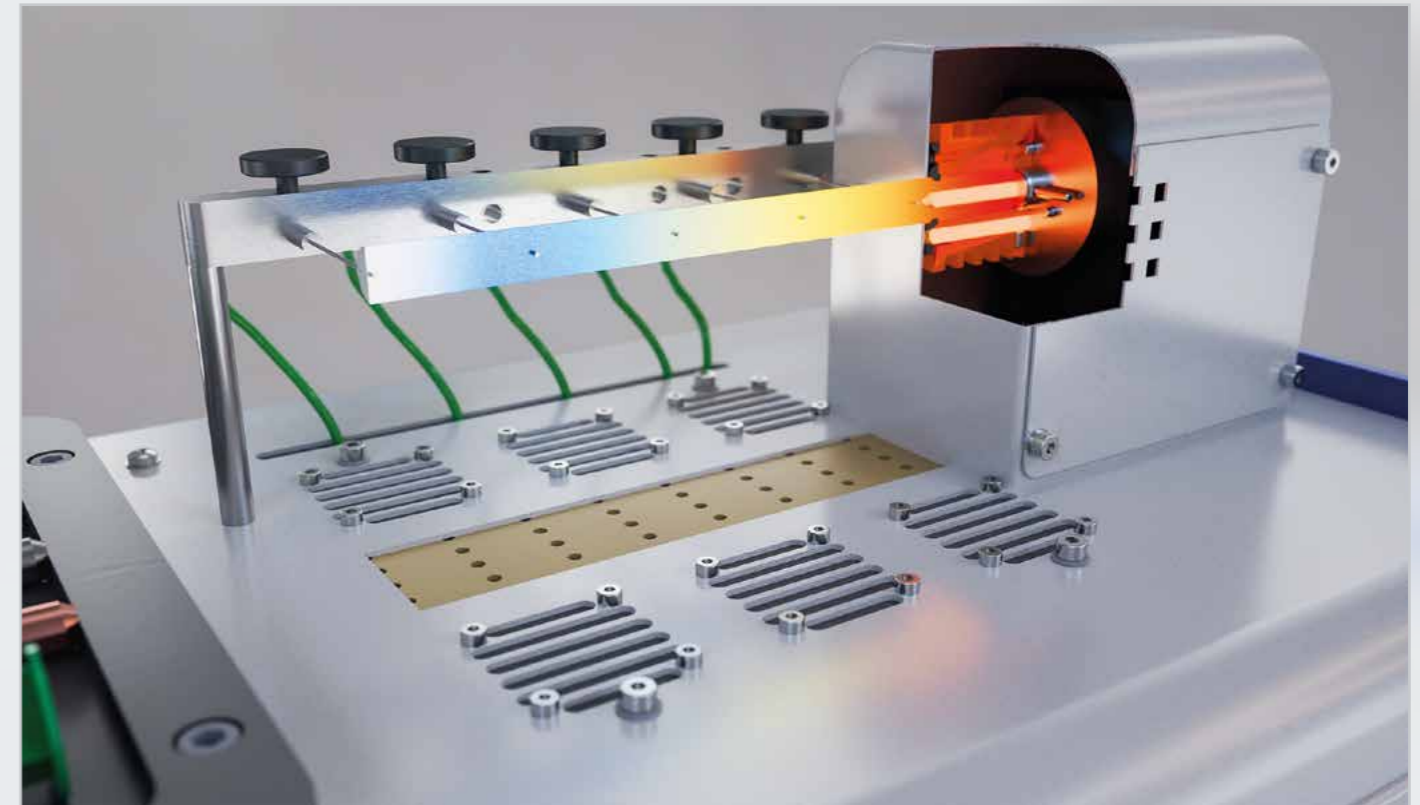
WL 430 Conduction thermique et convection

L'appareil d'essai met en évidence l'association de la conduction thermique et de la convection à travers l'exemple d'un anneau de refroidissement. L'évolution typique de la température le long d'un anneau de refroidissement est montrée.

Une barre ronde en métal chauffée d'un seul côté est utilisée comme modèle d'anneau de refroidissement. La chaleur est guidée à travers la barre ronde avant d'être libérée dans l'air ambiant. En plus de l'essai avec de l'air

au repos (convection libre), il est possible de réaliser des essais avec de l'air en écoulement en utilisant un ventilateur (convection forcée).

Différents matériaux et dimensions de barres rondes ainsi que des vitesses d'écoulement au choix permettent de multiples variations des paramètres déterminants.



Mesure précise des températures

- l'isolation thermique active du dispositif de chauffage réduit les flux thermiques indésirables
- influence minimale du champ d'écoulement et de température grâce à des composants adaptés les uns aux autres

Conditions d'essai optimales

- position de l'échantillon dans un environnement libre permet la réalisation optimale de la convection libre dans l'air au repos



Contenus didactiques et exercices

- comparaison entre convection libre et convection forcée
- étude du transfert de chaleur convectif sur des fluides en écoulement
- étude de la conduction thermique dans des matériaux métalliques pour des conductivités thermiques différentes

Numéro d'article 060.43000



Caractéristiques détaillées des produits sous:
gunt.de/static/s5492_2.php

WL 440 Convection libre et forcée

Le composant principal de l'appareil d'essai est un conduit d'air vertical dans lequel se déroulent les procédés de convection. Un ventilateur aspire de l'air ambiant au niveau de l'extrémité inférieure du conduit et le transporte à travers le conduit d'air.

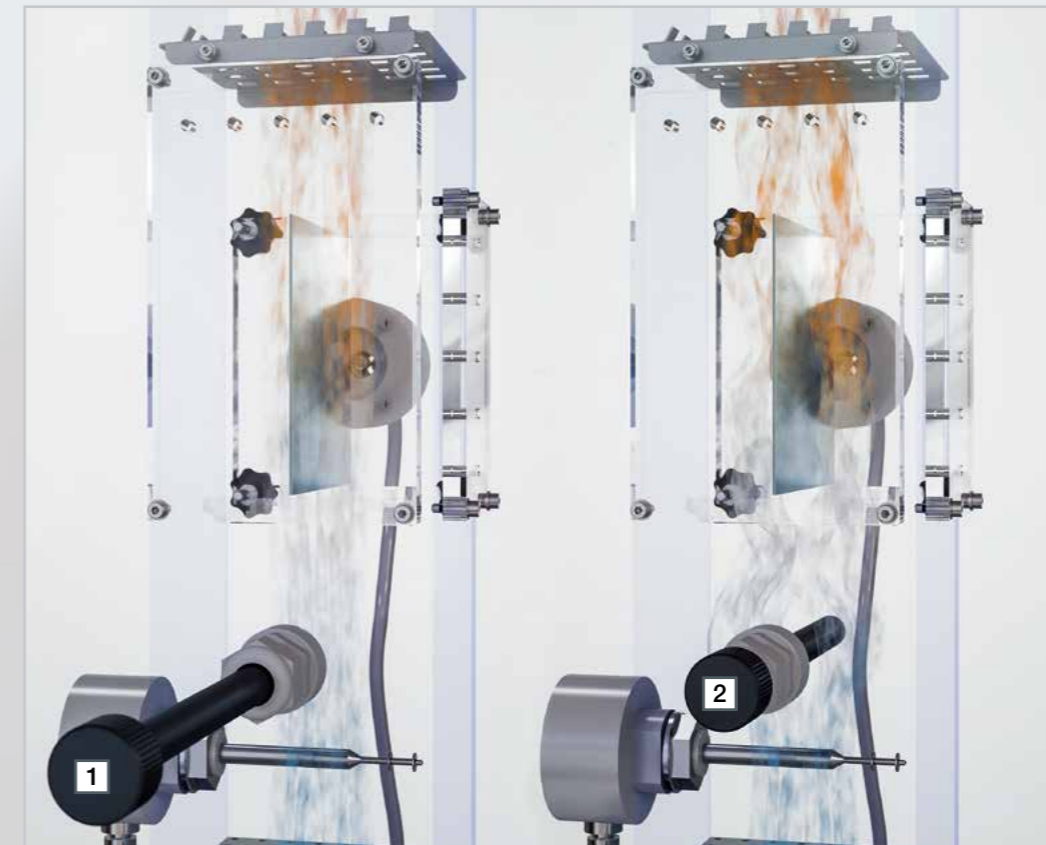
On peut utiliser quatre éléments de chauffage différents dans le conduit d'air, qui transfèrent leur chaleur à l'air. Les éléments de chauffage présentent des géométries différentes telles que faisceau tubulaire, plaque plane ou cylindre. L'appareil d'essai est dimensionné de telle manière que la totalité de la chaleur apportée par l'élément de chauffage est transférée à l'air.

Les essais sur ces éléments de chauffage montrent bien l'impact de la formation d'écoulement sur le transfert de chaleur. Des obstacles permettent de mettre en évidence les effets d'un écoulement turbulent sur le transfert de chaleur.



Numéro d'article 060.44000

Caractéristiques détaillées des produits sous: gunt.de/static/s5494_2.php



Plaque plane soumise à un écoulement incident

- 1 écoulement incident non perturbé
- 2 écoulement incident sur des obstacles

Écoulement incident optimal sur les éléments chauffants

- la présence de tourbillons dans l'écoulement incident améliore la transmission de la chaleur aux couches de fluides plus éloignées

Atteinte rapide des états stationnaires

- la construction spéciale des éléments de chauffage accélère le chauffage

Mesure précise

- zone de mélange contrôlée derrière les éléments de chauffage pour une mesure exacte de la température de l'air au milieu
- la quasi-totalité de la chaleur des éléments de chauffage est transférée à l'air



Contenus didactiques et exercices

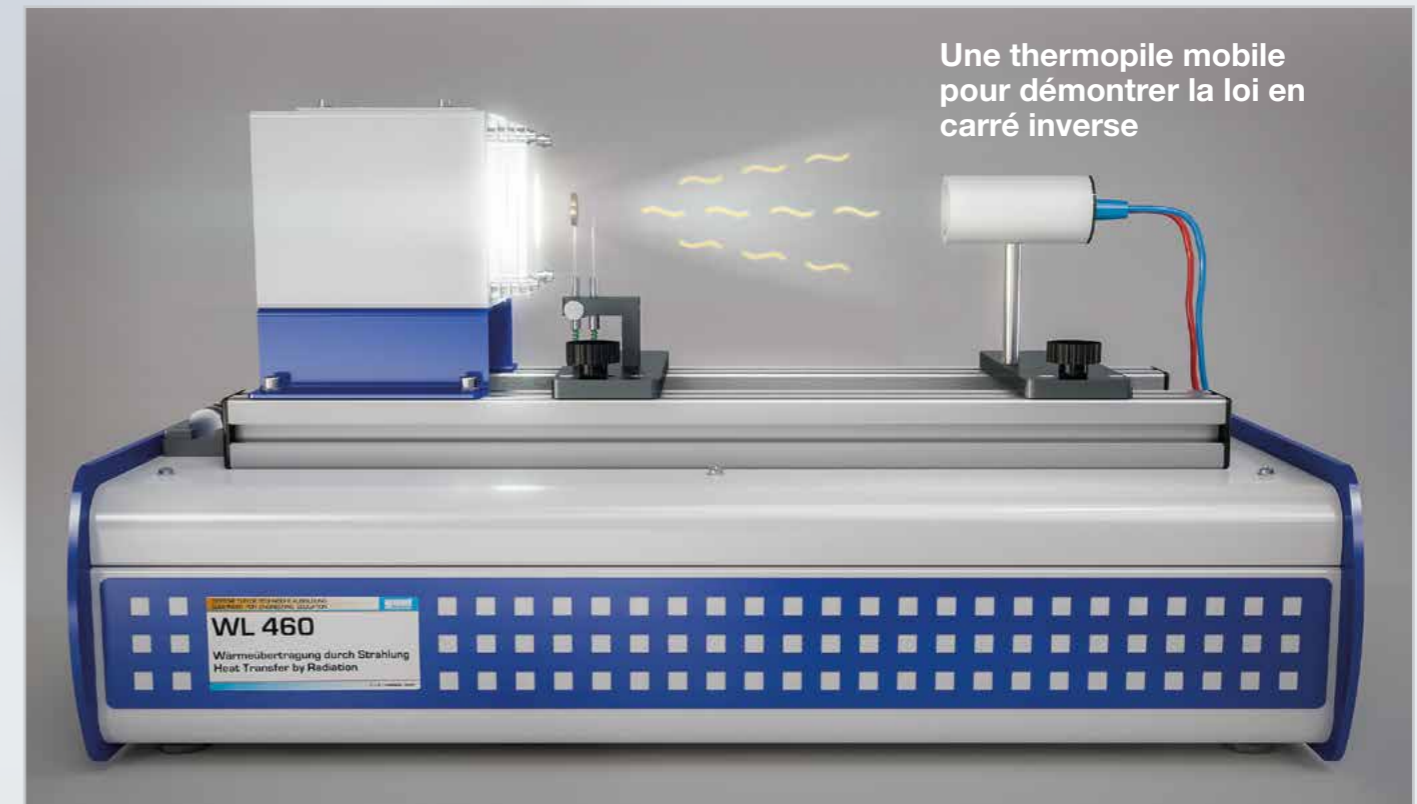
- transferts de chaleur convectifs sur différentes géométries
- détermination expérimentale du nombre de Nusselt dans l'essai
- calcul de grandeurs caractéristiques typiques du transfert de chaleur

WL 460 Transfert de chaleur par rayonnement

Les essais sur le rayonnement thermique sont exigeants. Pour atteindre une puissance de rayonnement suffisante, il faut que les surfaces rayonnantes atteignent des températures très élevées.

Le composant central de l'appareil d'essai est un échantillon mince en forme de rondelle en métal. Un des différents échantillons en métal est positionné sur un thermocouple et chauffé sans contact par un faisceau de lumière très concentré.

Le rayonnement thermique dissipé par l'échantillon est mesuré par une thermopile. Afin de pouvoir mesurer le rayonnement à différentes distances, la thermopile est montée sur un rail mobile.

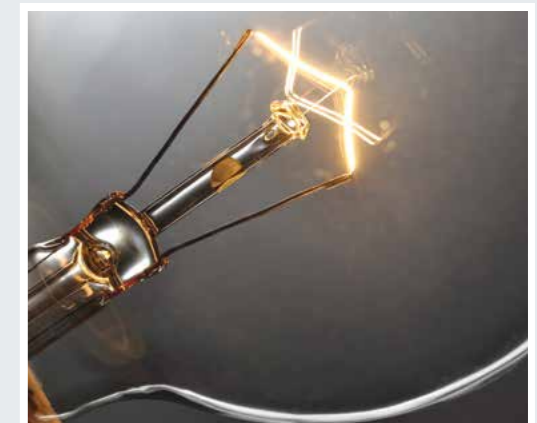


Bons résultats de mesure

- réduction de la conduction thermique sur les échantillons
- aucune sensibilité aux flux thermiques ambiants

Réalisation rapide de l'essai

- chauffage rapide des échantillons grâce à un rayonnement thermique intense et aux dimensions réduites des échantillons
- refroidissement rapide de l'échantillon



Contenus didactiques et exercices

- loi de Lambert
- loi de Stefan-Boltzmann
- loi de Kirchhoff
- étude du comportement non stationnaire
- établissement du bilan de puissance
- génération de diagrammes logarithmiques

Numéro d'article 060.46000

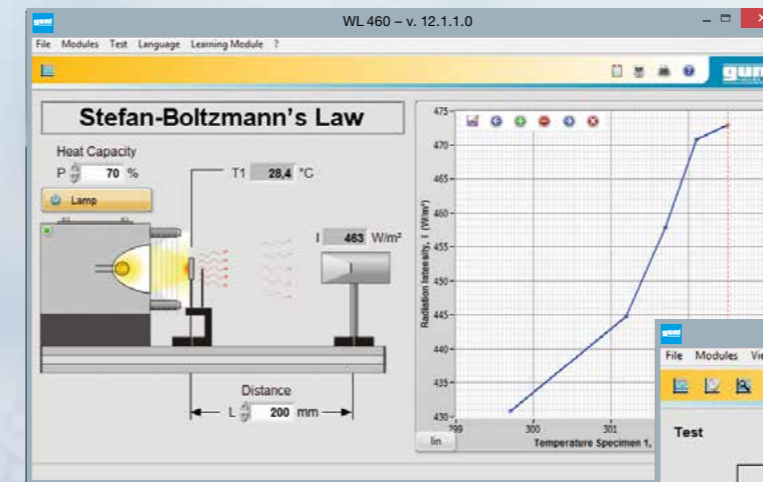
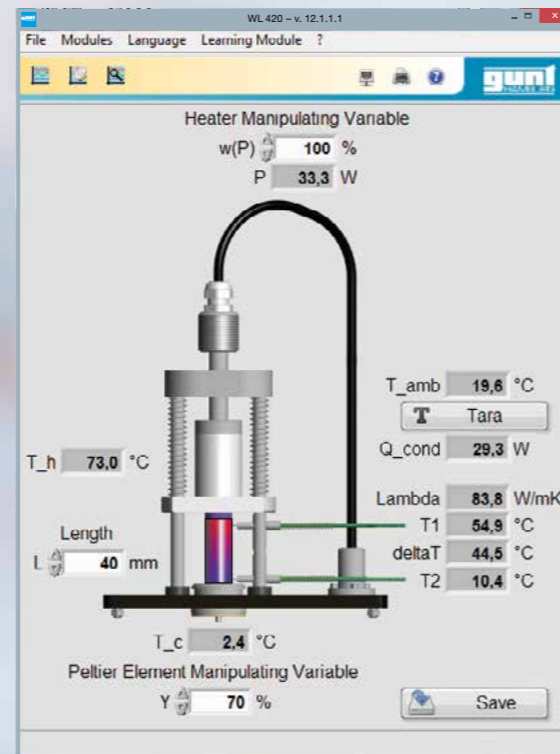
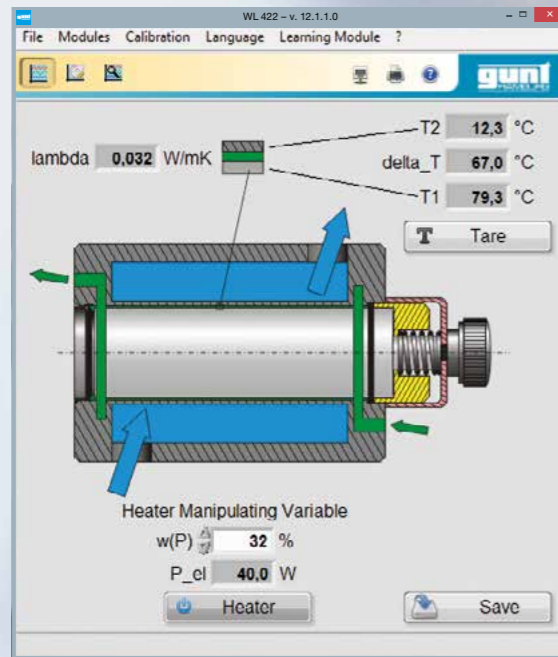
Caractéristiques détaillées des produits sous: gunt.de/static/s5495_2.php



Commande et acquisition des données

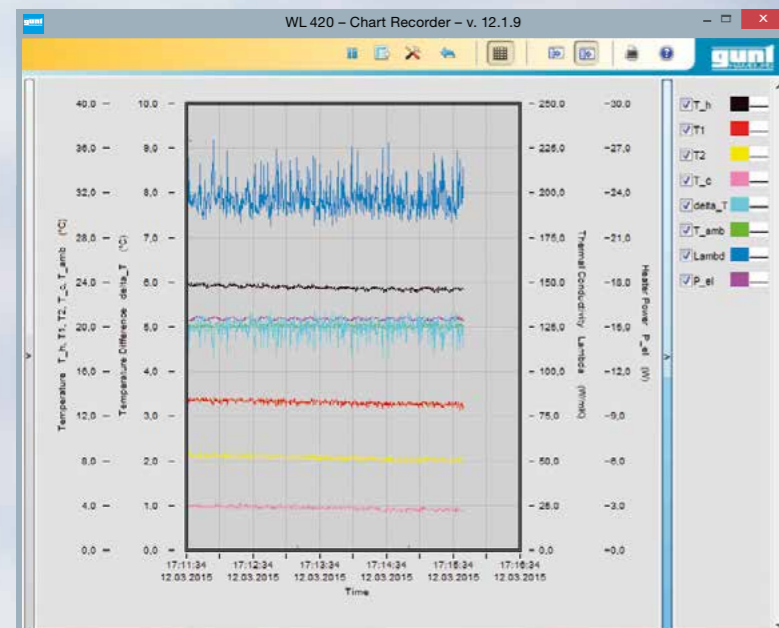
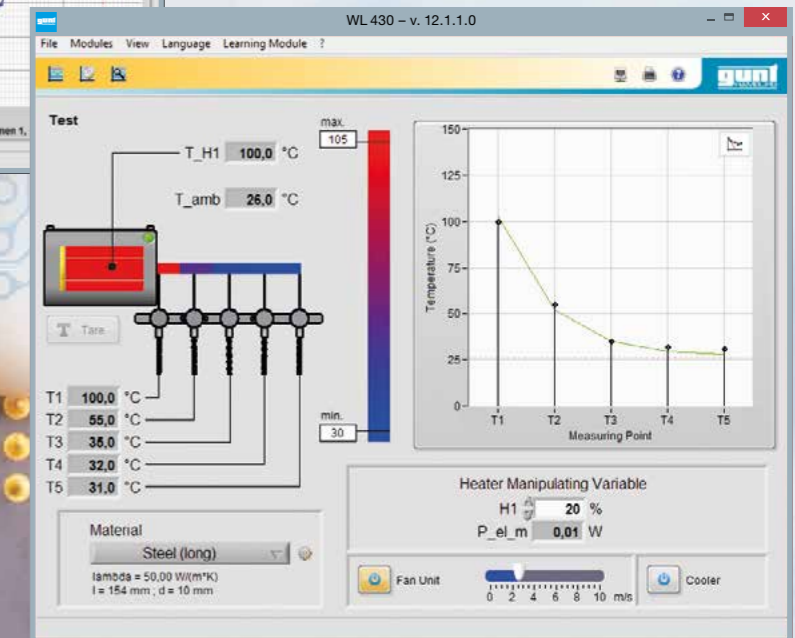
Commande

- commande facile du système par le biais du logiciel
- réglage des paramètres de fonctionnement via les icônes correspondantes
- contrôle et lecture des valeurs de mesure



Courbe de température géométrique

- les représentations des courbes de température aident à comprendre les différents mécanismes du transfert de chaleur



Courbe de temps

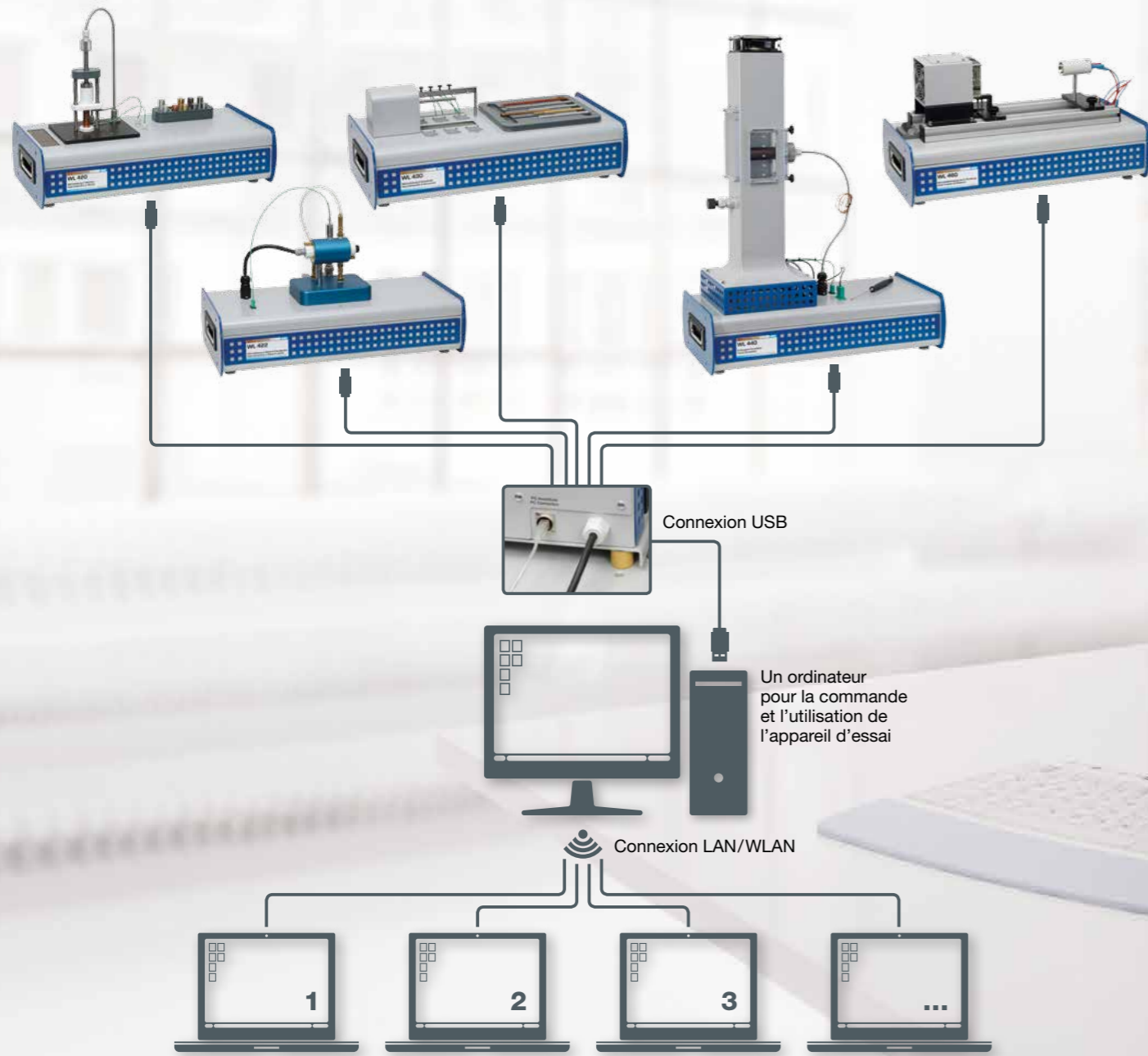
- représentation des valeurs de mesure en fonction du temps
- enregistrement et archivage de caractéristiques personnelles
- types de représentation au choix des valeurs de mesure
 - ▶ sélection des valeurs de mesure
 - ▶ définition
 - ▶ couleur
 - ▶ intervalles de temps



Commande et acquisition des données

Capacité de mise en réseau

- accès intégral par le réseau aux essais en cours à partir d'un nombre indéterminé de postes de travail externes
- les essais peuvent être suivis et évalués de manière autonome par les étudiants sur tous les postes de travail, et ce en utilisant un seul système didactique



...autant de postes de travail que l'on veut équipés du logiciel GUNT, avec une seule licence



Représentation

- flexibilité du positionnement et de l'agencement des différentes fenêtres de programme
- nombre de fenêtres au choix pour la visualisation simultanée du comportement en service du système

Logiciel d'apprentissage

Un élément important qui s'ajoute à la commande et à l'acquisition des données

Cours sur les principes de base

Des contenus didactiques multimédias bien pensés sur le transfert de chaleur

Stationäre Wärmeübertragung & Temperatur

Die **Wärmeübertragung** besteht sich mit dem Transport von Wärme. Wärme stellt eine Energieform dar, welche sich im Alltag als fühlbare Temperatur äußert. Die Beg. Temperatur werden oft verwechselt und gleichbedeutend benutzt. Für die physikalische Betrachtung werden diese Begriffe voneinander abgegrenzt. Im Weiteren werden die Grundlagen der Wärmeübertragung nähergebracht, um sich später mit den konkreten Mechanismen zu beschäftigen. Die Betrachtung geht von so stationären Zustand aus. Es herrscht ein energetisches Gleichgewicht. **Temperaturen verändern sich nicht mehr.**

Die **Temperatur** ist in unserer Alltagswelt eine Größe die wir erfüllen können. Durch Temperaturmessung mit einem Thermometer erhält man einen objektiven Wert. Mit die Vergleiche sind Berechnungen anstellen. Dies ist wichtig, denn unsere subjektive Wahrnehmung und Erfahrung liegt in einigen Bereichen neben den tatsächlichen Gesetzmäßigkeiten.

Anhand der Temperatur wird (subjektiv) bestimmt, was warm und was kalt. Diese Definition ist grundsätzlich nicht falsch, jedoch ist die Wärme physikalisch **nicht vorhanden** von Wärme. Dies ist vergleichbar mit "Dunkel", was dem richtigeren von Licht.

Temperatur ist eine Größe, welche unabhängig von der Menge ist. Absolute Temperatur **Bewegungsenergie von Materiebausteinen**. Diese können Zitterbewegungen aus. Hohe Temperaturen sind Schwingungen mit großer geringer Temperatur besitzen geringere Ausschläge. Das Bild links vers. zu vergleichen.

Eine Temperaturdifferenz bedeutet gleichzeitig auch ein Ausgleichsbedarf Wärmeübertragung.

Energie in Form von **Wärme fließt immer von der höheren Temperatur zur niedrigeren Temperatur**. Die Bewegungsenergie der warmen Bereiche regt dabei die umliegende Materie an zu schwingen. Die Temperatur weiter abnehmen als dies in der Umgebung der Fall ist, ist demnach nur durch Wärmeübertragung **gest** möglich. Technische Einrichtungen nutzen Effekte, welche dies trotzdem ermöglichen (zum Beispiel beim Kühlschrank). Darauf wird hier nicht eingegangen.

Wärmemenge eines Stoffes

Die **Wärmemenge** eines Stoffes ist gespeicherte **Wärmemenge**. Es ist die **Energie, welche in den kleinen Bausteinen der Materie als Bewegungsenergie (Zitterbewegung) erhalten ist**. Wie der Name "Wärme" schon andeutet ist diese gespeicherte Energie eine Größe welche man an bestimmten Eigenschaften messen kann.

Die oben genannten "Bausteine der Materie" haben nichts anderes als die Masse eines Stoffes. Es ist entscheidend, dass viele diese Bausteine mehr Energie speichern können als wenige. Physikalisch besser ist die Aussage:

Die Wärmemenge ist proportional zur Masse.

Im Bild ist dies mit Körpern dargestellt. Die Körper sind alle aus dem gleichen Stoff. Die Temperatur ist bei allen Körpern gleich. Die Wärmemenge ist mit Q gekennzeichnet.

Die einzelne Körper ganz links besitzt die einfache Wärmemenge Q . Zwei gleich große Körper (links) besitzen dementsprechend die doppelte Wärmemenge. Ebenso der Körper ganz rechts, in der Darstellung ist das Volumen des Körpers (und somit die Masse) ebenfalls verdoppelt. Diese Art der Darstellung wird weiter unten erneut aufgegriffen.

Die **Wärmemenge ist proportional zur Temperatur**.

Darunter sind zwei Körper eines Stoffes mit gleicher Masse im Bild, jedoch besitzt der zweite Körper die doppelte Temperatur vom ersten Körper. Bei dieser Art der Temperaturvergrößerung ist es wichtig, dass die **absolute Temperatur** in Kelvin gemessen wird, da sie beim absoluten Nullpunkt (keine Wärmemenge) beginnt.

Unterschiedliche Stoffe besitzen unterschiedliche Eigenschaften. Dies ist neben vielen anderen Eigenschaften wie Dichte, Farbe, Geruch, Geschmack, etc. auch mit Eigenschaften gegeben welche die Wärme betrifft.

Eine dieser Eigenschaften nennt sich **"spezifische Wärmekapazität"**. Dieser Wert ist eine Stoffgröße, was bedeutet, dass jeder Stoff einen eigenen Wert aufweist. Unterschiedliche Werte ergeben sich aus dem Aufbau der Materie. In der Technik wird die Wärmekapazität auf die Masse bezogen, was mit dem Wort "spezifisch" angedeutet wird.

Die Wärmemenge ist proportional zur spezifischen Wärmekapazität.

Da der Begriff etwas abstrakt ist zeigt das Bild links oben zuerst die Relation der Dichte



E-Learning

- cours multimédia sur le PC à la maison
- flexibilité grâce à un apprentissage à son propre rythme, indépendamment de l'heure ou de l'endroit
- motivation renforcée par l'originalité et l'approche ludique des contenus d'apprentissage
- complément idéal du cours

Stefan-Boltzmann-Gesetz / Emissionsspektrum

Das **Gesetz von Stefan und Boltzmann** besagt, dass jeder Körper mit einer Temperatur über dem absoluten Nullpunkt Wärmestrahlung abgibt. Dies geschieht in Zusammenhang mit seiner Temperatur.

Soll ein Körper nach dem Gesetz von Stefan und Boltzmann Strahlung ab, so ist das abgestrahlte Spektrum charakteristisch für diese Art der Strahlung.

Die elektromagnetische Strahlung selbst lässt sich in verschiedene Bereiche einteilen. Unterschiedsmerkmal ist die Wellenlänge. Sie ist z.B. ein Teil der von der Sonne abgestrahlte Strahlung die Licht, welches wir sehen.

Im Bild links ist eine Darstellung der Strahlung verschiedener Wellenlängenbereiche. Frequenten Typische Vertreter dieser Strahlungsarten sind als Bild platziert.

Elektromagnetische Strahlung transportiert Energie. Die Energie eines einzelnen "Strahls" ist von der Wellenlänge abhängig. Die Energie eines Strahls ist umgekehrt proportional zur Wellenlänge. Die Wellenlänge ist umgekehrt proportional zur Frequenz. Die Energie eines Strahls ist proportional zur Frequenz.

Des cours thématiques détaillés

- explication sur les différentes formes de transfert de chaleur au moyen d'exemples concrets
- préparation autonome à l'utilisation des appareils

Wärmeleitung allgemein

Wärmeleitung findet in Stoffen statt die keine einheitliche Temperatur haben. Ebenso, wenn sich Stoffe unterschiedliche Temperatur besitzen. Alle Aggregatzustände erlauben diesen Übertragungsvorgang.

Die **Wärmeleitung** ist dementsprechend ein Vorgang, der über Distanzen im jeweiligen Stoff stattfindet. Es gibt eine **Temperaturdifferenz über einer Länge**. Dies ist ein Hinweis auf einen fließenden Wärmestrom.

Die folgenden Größen beeinflussen die Größe des Wärmestroms:

Temperaturdifferenz

Die thermische Leistung wird in vielen technischen Anwendungen über die Temperaturdifferenz gemessen.

Im Bild ist rechts der Schicht (A) durch einen breiten Kontakt dargestellt. Die heiße Wärmefläche (1) überträgt die Wärme durch den Boden des Kochtopfs (2) auf das Wasser (3). Der Wärmefluss ist durch rote Pfeile dargestellt.

Je nach Temperaturdifferenz von der heißen Wärmefläche zum Topfboden wird ein größerer oder kleinerer Wärmestrom abgegeben.

Stoff

Bei vielen Anwendungen ist die Werkstoffauswahl ein deutliches Zeichen dafür, ob ein Gegenstand die Wärme leiten oder zur Isolation beitragen soll.

Bevorzugte Stoffe zur Wärmeleitung sind Metalle wie Kupfer und Aluminium. Als Isolatoren werden gerne geschichtete Stoffe verwendet. Abweichungen davon können durch benötigte Eigenschaften aufgrund der Verwendung entstehen.

Der Stoffwert, welcher diese Eigenschaft charakterisiert ist der **Wärmeleitkoeffizient**. Je höher dieser ist, desto geringer ist die Temperaturdifferenz bei gleicher Wärmeleistung.

Distanz / Querschnittsfläche

Die Länge welche die Wärme durch Wärmeleitung zurücklegt hat entscheidenden Einfluss. Je größer die Distanz der wärmeleitenden Gegenstände, desto schlechter wird die absolute

Wärmeübertragung kommt immer bei Temperaturdifferenzen vor. Welche grundsätzlichen Aussagen zur Wärmeübertragung sind korrekt?

Die **Wärmemenge** ist eine Eigenschaft die ein Körper hat sobald er eine Temperatur über dem absoluten Nullpunkt hat. Wodurch wird diese Energie bestimmt?

Wärmeleitung findet statt, wenn sich Stoffe mit einer Temperaturdifferenz befinden. Welche Aussagen treffen zu?

Konvektion ist der Wärmetransport mit einem strömenden Teilchen. Überprüfen Sie die Aussagen:

Grundwissen Wärmeübertragung

Auswertung

Ergebnis: 62,5 %

Sie haben 10 von 16 möglichen Punkten erreicht!

Bitte kreuzen Sie die richtigen Antworten an:

Wärmeübertragung kommt immer bei Temperaturdifferenzen vor. Welche grundsätzlichen Aussagen zur Wärmeübertragung sind korrekt?

Die **Wärmemenge** ist eine Eigenschaft die ein Körper hat sobald er eine Temperatur über dem absoluten Nullpunkt hat. Wodurch wird diese Energie bestimmt?

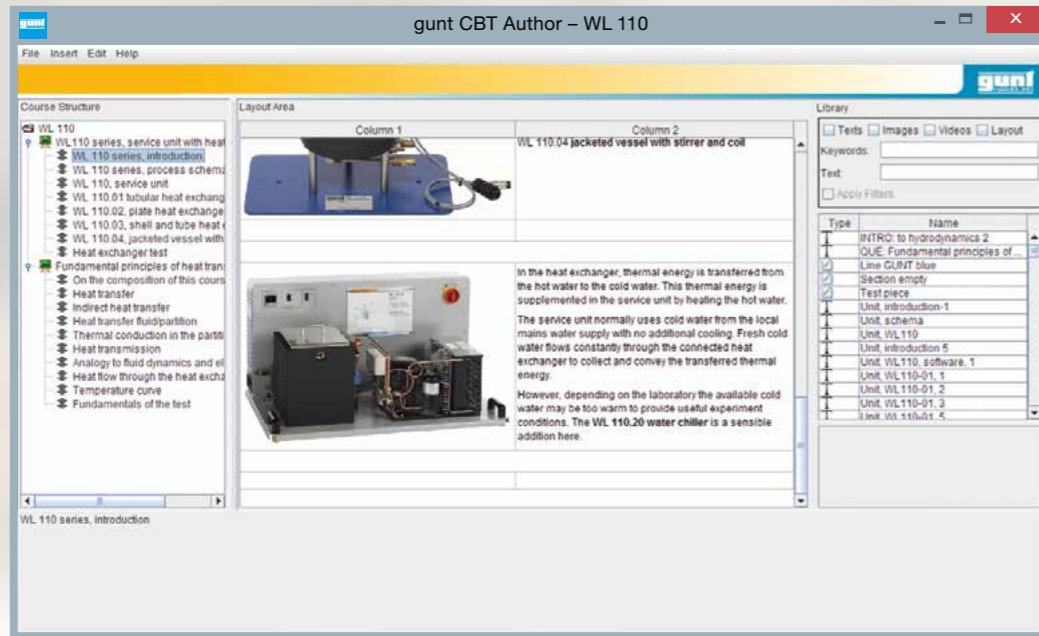
Wärmeleitung findet statt, wenn sich Stoffe mit einer Temperaturdifferenz befinden. Welche Aussagen treffen zu?

Contrôle ciblé des contenus enseignés

- suivi discret et automatique de la progression des acquis
- identification des lacunes et soutien ciblé

Logiciel d'apprentissage

Un élément important qui s'ajoute à la commande et à l'acquisition des données



Liberté de conception pour l'intégration de ses propres contenus d'apprentissage par le biais du système-auteur

- aucunes connaissances HTML requises
- éditeur individuel pour la création de contenus didactiques
- commande intuitive
- intégration ciblée de contenus d'apprentissage concrets au sein de la structure du logiciel
- création de contrôles individuels des compétences
- intégration de films et graphiques animés



Vos avantages en un coup d'œil!

- flexibilité grâce à la détermination autonome de l'heure, de la durée et de l'endroit du suivi de l'unité d'apprentissage
- suivi discret et automatique de la progression des acquis
- possibilité de revenir autant de fois que l'on veut sur les aspects importants
- utilisation restreinte des postes de travail disponibles dans les établissements
- intégration ciblée de contenus d'apprentissage personnalisés au sein de la structure du logiciel
- intégration de méthodes d'apprentissage multimédia dans le quotidien de vos étudiants



Depuis des années, nos appareils et la documentation didactique qui les accompagne se distinguent par leur qualité exceptionnelle!

Avec nous, faites un pas de plus dans le futur.

Impressions

Aperçu du centre de formation de GUNT



En plus du logiciel, une documentation didactique papier est également incluse

WP 300.09 Chariot de laboratoire

constitue un support parfait pour l'accueil d'un appareil mobile d'exercices et d'essai.



Avez-vous besoin d'autre chose dans le domaine du génie thermique et Énergie?



Demandez-nous alors notre **catalogue 3** ou rendez-vous sur gunt.de/static/s9_2.php

Planification du laboratoire



Nous proposons un choix très complet de systèmes d'une qualité exceptionnelle pour la formation technique professionnelle.

Des appareils d'essai très maniables pour les salles de classe, en passant par des bancs d'essai pour votre laboratoire et une grande diversité d'installations d'essai très exigeantes.

Nous vous assistons volontiers dans la planification de votre laboratoire et nous ferons un plaisir de répondre à vos questions.