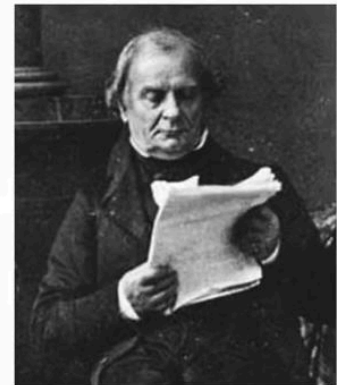


Thermodynamique

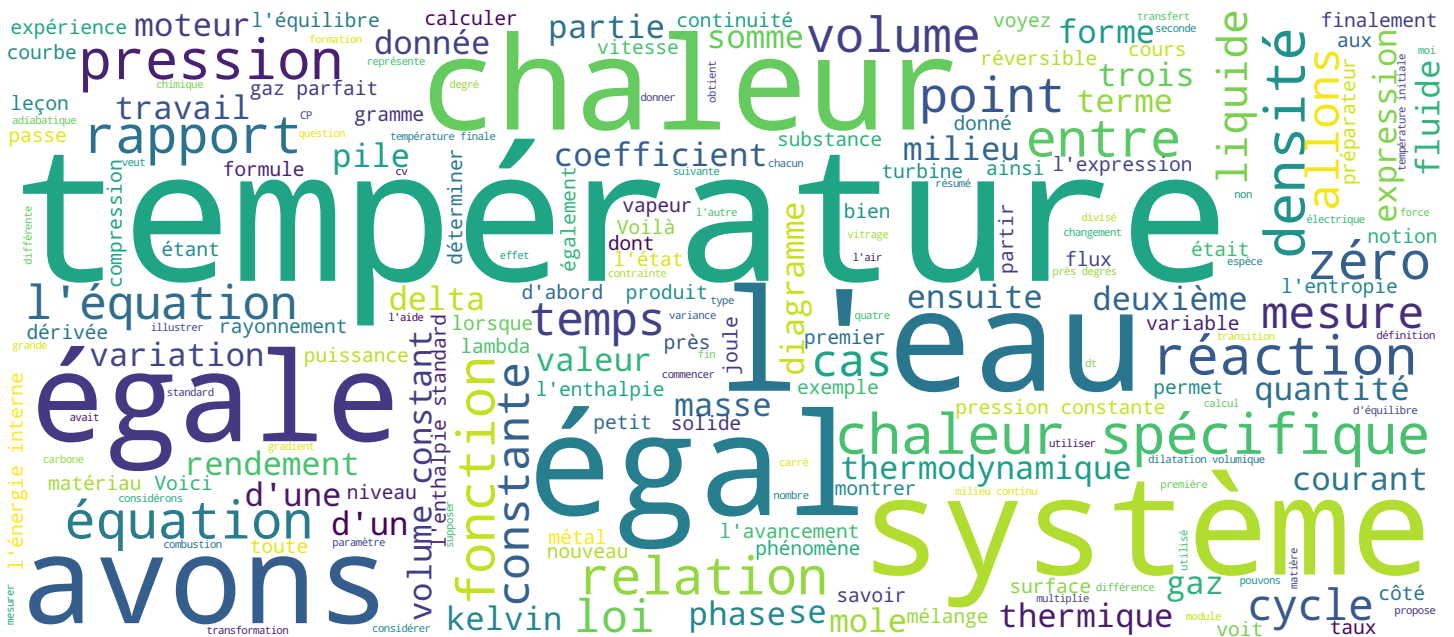
Expériences : Coefficients calorimétriques



Emile Clapeyron, 1799-1864



Prof. Jean-Philippe Ansermet



Search MOOC



Video



EPFL

Expériences : coefficients calorimétriques



- Chaleur spécifique de l'eau
- Dilatation volumique de l'eau
- Loi de Dulong-Petit

Thermodynamique

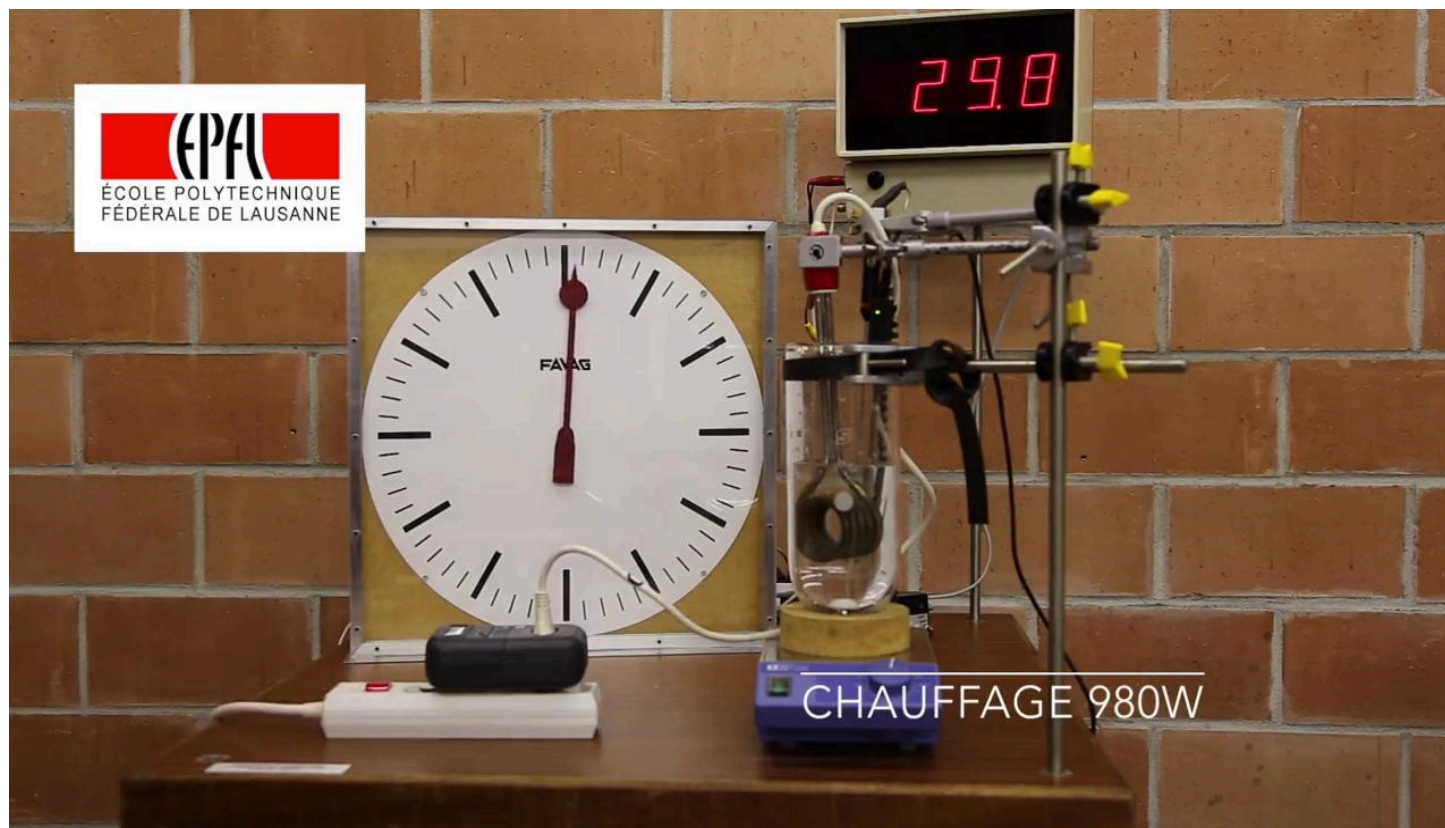
Me voici à nouveau pour vous présenter quelques expériences dans cette leçon. Pour l'ECAM vous a défini les coefficients calorimétriques. En particulier, il a parlé de chaleur sensible. Personnellement, j'utilise le terme chaleur spécifique. Alors dans cette dans ce module d'expérience, j'aimerais m'assurer que tout le monde a une bonne compréhension de la notion de chaleur spécifique. Aussi, je vais vous montrer une mesure approximative de la chaleur spécifique de l'eau. En rapport avec la question de savoir si on mesure une chaleur spécifique à volume constant ou à pression constante, on va regarder la dilatation volumique de l'eau en fonction de la température. Enfin, je vais mentionner la loi dite de l'empathie. Et je vais faire une expérience pour illustrer cette loi.

Notes

Summary



0m 04s



Commençons avec la chaleur spécifique de l'eau. Nous avons ici. Un. Chauffage électrique. C'est à peu près un kilowatt qui va chauffer une quantité donnée d'eau dans un calorimètre et nous allons mesurer la température de l'eau en fonction du temps à puissance constante. En observant l'expérience. Le préparateur met un demi litre d'eau dans le calorimètre. Et. A un moment bien précis, il enclenche le chauffage.

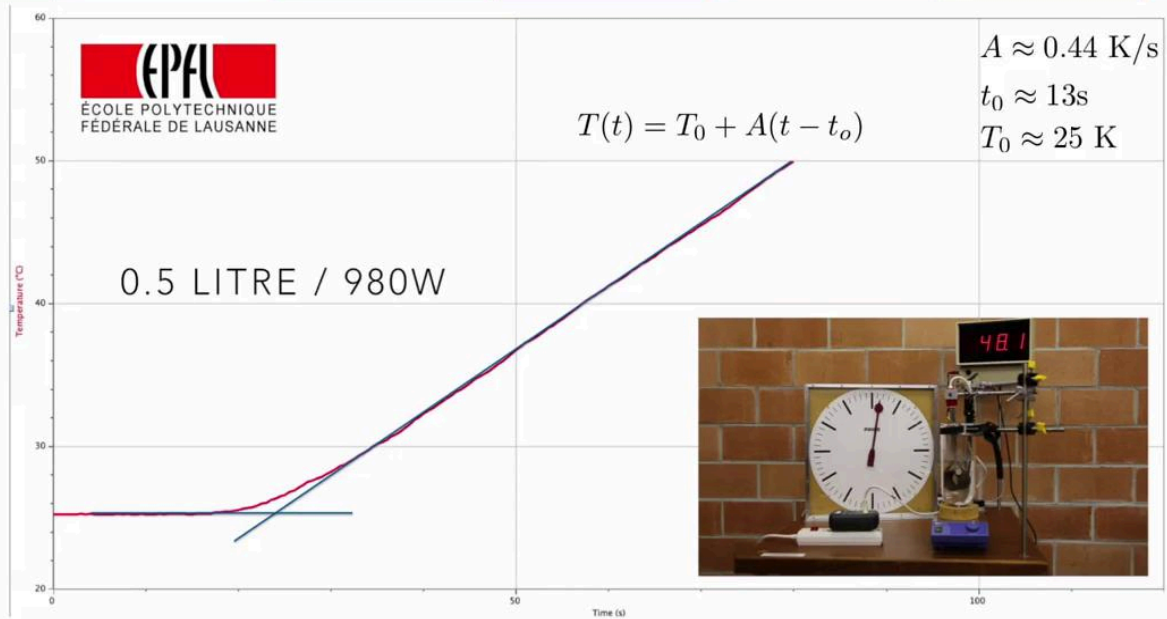
Notes

Summary



1m 06s

Chaleur spécifique de l'eau



Et maintenant vous voyez un enregistrement ? Des données de la température en fonction du temps. La puissance de chauffage de 900 huitante watts. Voici le graphique de la mesure ainsi obtenue. Il s'agit maintenant de prendre ces données et d'en déduire la chaleur spécifique de l'eau. Alors la première chose que je propose de faire, c'est de faire une approximation, de supposer qu'on a une croissance linéaire de la température. Comme ceci, donc on a une loi linéaire en temps. Avec ici le paramètre le plus important c'est la pente qui vaut 0,44 kelvin par seconde.

Notes

Summary



1m 54s

Relation de Mayer :

$$c_P - c_V = -T \frac{\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P}{\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T}$$

Thermodynamique

Je rappelle ici les données et maintenant avec ces données là, je vous propose de calculer la chaleur spécifique de l'eau. Je vous invite à faire une pause et essayer de faire le calcul par vous même. Alors on va supposer que la puissance électrique, c'est la puissance thermique fournie à l'eau. Je vais utiliser une formule qui ressemble beaucoup à celle de l'ECAM ou j'introduis la chaleur spécifique ici. Je l'ai noté c_P avec une étoile pour indiquer que c'est une chaleur spécifique par unité de masse. Et je multiplie par la masse d'eau que j'ai que j'ai noté M ici. Maintenant. De cette formule là, je déduis la chaleur spécifique. Je donne l'indice P parce que ma mesure est faite avec une pression donnée. Avec les valeurs numériques, j'obtiens 4,4 joule par gramme et par kelvin. Alors vous savez sûrement déjà que la chaleur spécifique de l'eau, c'est plutôt 4,18 joule par gramme et par kelvin, c'est à dire une calorie par gramme et par kelvin. Nous avons fait une mesure rapide et approximative n'est pas étonnant que notre valeur ne soit pas la valeur tabulaire. Vous pourriez maintenant vous poser la question de savoir. Quelle est, quelle serait la chaleur spécifique à volume constant ?

Notes

Summary



2m 57s

Chaleur spécifique de l'eau



Relation de Mayer :

$$c_P - c_V = -T \frac{\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P}{\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T}$$

eau à 25⁰C :

$$c_P = 75.3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$c_V = 74.5 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

Thermodynamique

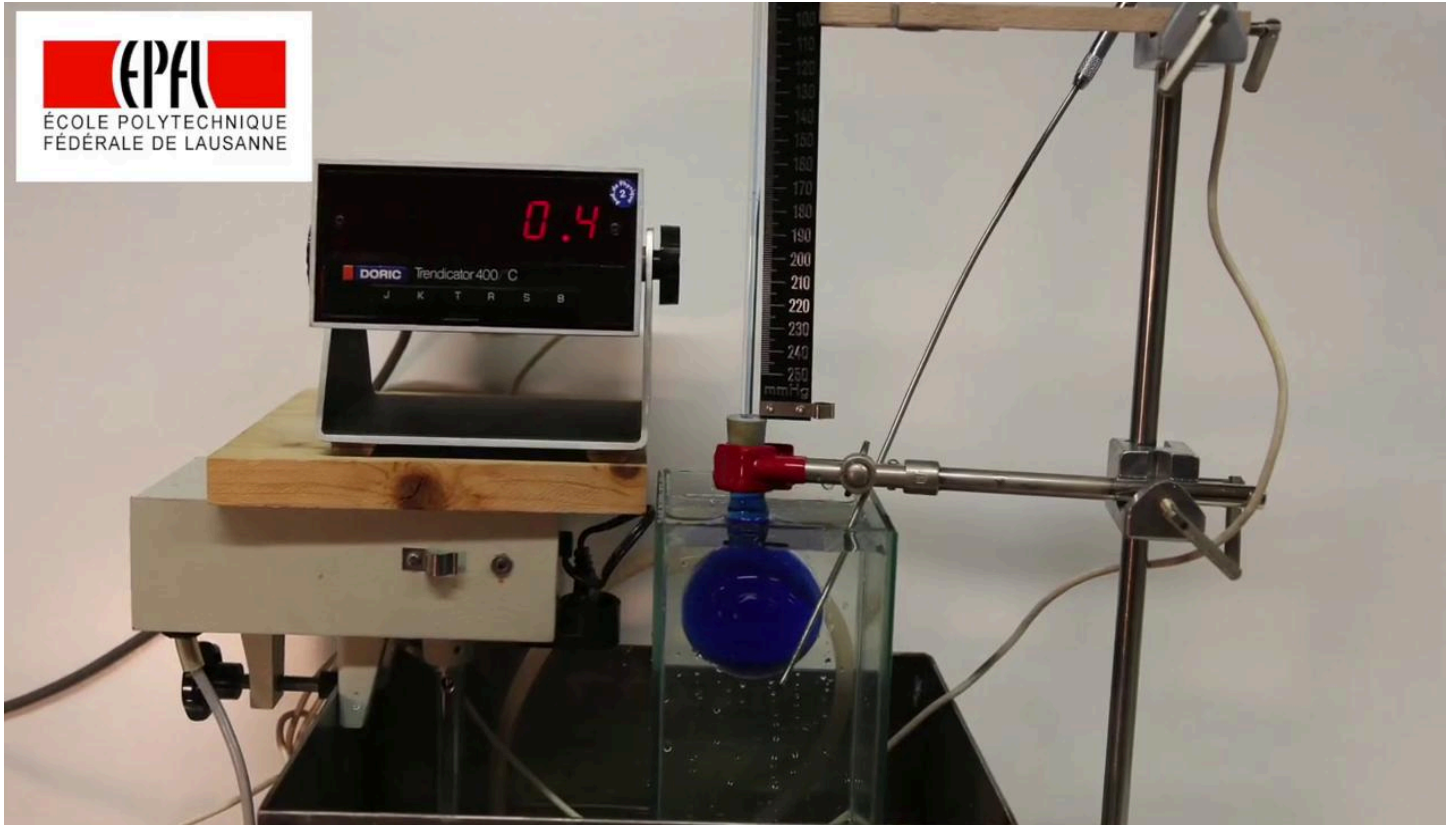
Pour les vous a donné la formule dite formule de mère qui lit cp et cv. Dans cette formule, on voit apparaître au dénominateur. La compressibilité iso. Terme et au numérateur. La dilatation volumique à pression constante. Dans la prochaine séquence, nous allons faire une mesure qui permet de calculer ou de mesurer cette dilatation volumique ici. Pour conclure, j'aimerais juste vous signaler que pour l'eau à 20 degrés, c'est épais que je donne ici en joule par mot. Le parquet loving to. Alors c'était en joule par gramme et par kelvin en mots, en joules, par moles par kelvin. On a à peu près septante cinq joules par mot. Le parquet, le vine et cv seraient à peu près 64.

Notes

Summary



4m 34s



Donc il y a une petite différence. Alors je me propose maintenant de faire une mesure du volume de l'eau en fonction de la température à pression constante. Ça veut dire que je veux mesurer cette dérivées partielles. Pour ce faire, j'ai à disposition. Un ballon rempli d'eau colorée trempait dans un bassin dont on contrôle la température et en mesure cette température. Le ballon est fermé par un tube capillaire ouvert à son extrémité, ce qui fait que la pression est constante et on va observer la variation de hauteur du niveau du liquide dans le capillaire.

Notes

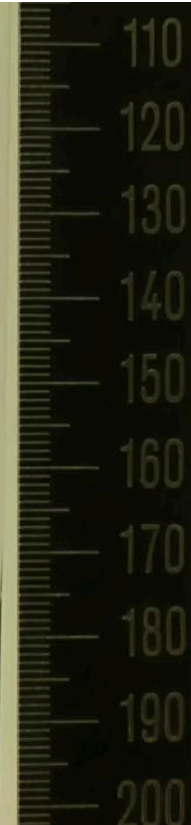
Summary



Volume minimum —

Température de l'eau

1.7



Vous voyez ici qu'on a une indication de la température. On va commencer. A. À peu près huit. Degrés centigrades. Et vous distinguez sur l'image le niveau de l'eau légèrement bleuté dans le capillaire. Vous avez une réglette en cm à côté du tube ? Et vous constatez que, comme on pourrait s'y attendre, plus on refroidit le liquide, plus son volume diminue. Mais. Vous allez voir. Il y a environ quatre degrés. Le volume atteint un minimum et quand on continue à descendre en température, le volume augmente. C'est ce qu'on appelle le comportement anormal de l'eau.

Notes

Summary





Loi de Dulong-Petit :

pour un solide à des températures suffisamment élevées,

$$c_V = 3R$$

$$c_V = \left. \frac{1}{N} \frac{\partial U}{\partial T} \right|_V$$

$$R = 8.3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

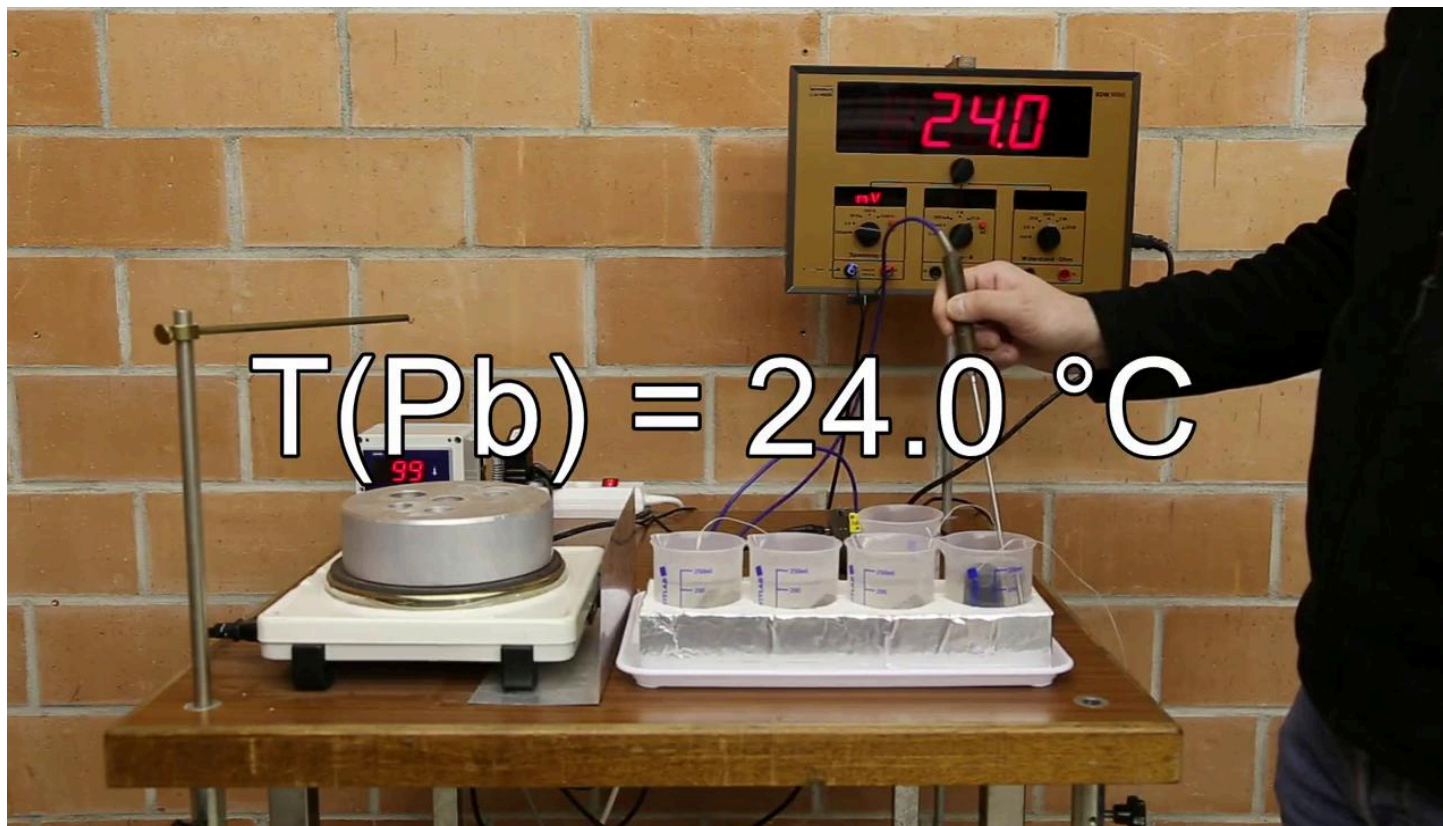
Thermodynamique

J'aimerais vous montrer maintenant une expérience sur la chaleur spécifique des solides. Il y a une loi dite loi de Dulong-Petit qui dit que la chaleur spécifique à volume constant des solides vaut à peu près trois R ou R et la constante des gaz parfaits. Ceci est donc une chaleur spécifique molaire. Pour illustrer cette loi. Nous allons faire une expérience où on chauffe à fond à peu près 100 degrés, quatre métaux différents et on va plonger. On va avoir exactement deux moles de chacun de ces métaux et on va plonger ces métaux dans de l'eau à 20 degrés.

Notes

Summary





Et on va observer pour chaque métal l'augmentation de température de l'eau. Regardons la mesure. Le préparateur met 200 millilitres d'eau, à peu près 20 degrés dans chacun des quatre petits pots que vous voyez sur le devant de la table. À gauche, on a un bloc de métal dans lequel sont chauffés nos échantillons. On a du plomb. De l'aluminium. Du cuivre. Et le dernier chef de l'État. On note que la température de chaque métal était à peu près de six degrés. On attend un moment. On brasse un peu. On a, on laisse le système atteindre chaque système, atteindre un équilibre. L'eau initialement, était à peu près 20,3 degrés Celsius. Et maintenant, le préparateur essaie de mesurer la température de l'eau dans chaque pot.

Notes

Summary



8m 08s

Loi de Dulong-Petit



	pot 1	pot 2	pot 3	pot 4
	Al	Cu	Sn	Pb
masse(g)	54	126	237	417
temp. init.	96.6	96.6	96.6	96.6
temp. fin.	24.1	23.6	26.6	24

$$\dot{U} = 0 = \dot{U}_1 + \dot{U}_2 = P_Q^{21} + P_Q^{12}$$

$$0 = C_{V1}\dot{T}_1 + C_{V2}\dot{T}_2$$

$$C_{V1}(T_{1i} - T_f) = C_{V2}(T_f - T_{2i})$$

$$T_f = \frac{C_{V1}T_{1i} + C_{V2}T_{2i}}{C_{V1} + C_{V2}}$$

Thermodynamique

Voici un résumé des températures obtenues. La température finale de l'eau pour le port, les pots contenant l'aluminium, le cuivre, l'étain, le plan. Vous noterez en passant que les masses on a eu deux moles de chacun, mais en masse on passe de 54 grammes à 417 grammes. Donc on a des échantillons du point de vue massique qui sont très différents. En revanche, les échauffements sont à peu près les mêmes. Maintenant, comment est ce qu'on analyse cette expérience ? Eh bien, on va faire l'hypothèse. Que chaque pot est un système composé d'eau et du morceau de métal et que ce système est isolé. Donc l'énergie interne ne change pas. Chaque sous système a une énergie interne qui change parce qu'il y a un processus thermique. Donc j'écris que j'ai une puissance thermique de deux de sous système deux sous système un et de ce système un sous système deux. Maintenant, j'applique les formules de poulet comme pour exprimer la puissance PQ dans chaque cas et j'introduis des chaleurs spécifiques pour le sous système un pour le sous système deux. J'intègre cette équation dans le temps. J'introduis la température initiale du sous système. Un. La température finale, donc la température d'équilibre de l'eau plus le métal est la température initiale du sous système de ce réseau pour la température finale. Voilà ce que j'obtiens. Suffit de faire un peu d'algèbre.

Notes

Summary



9m 29s

Loi de Dulong-Petit

$$T_f = \frac{C_{V1}T_{1i} + C_{V2}T_{2i}}{C_{V1} + C_{V2}}$$

1 : eau 2 : metal

$$T_f - T_{1i} = \frac{T_{2i} - T_{1i}}{1 + C_{V1}/C_{V2}}$$

$$C_{V1} = (200 \text{ g}) 4.18 \text{ J/(g K)}$$

$$C_{V2} = 6R \approx 50 \text{ J/K}$$

$$T_f - T_{1i} \approx 4 \text{ K}$$

Thermodynamique

A partir de là, je vais calculer l'échauffement de l'eau. Je vais convenir que. Le sous système un c'est l'eau et le sous système. Deux c'est le métal. Donc je vais calculer la température finale moins la température initiale de l'eau. Faites un peu d'algèbre et vous trouvez la formule que voici. Pour cet accroissement de la température de l'eau. La chaleur spécifique de l'eau, on la connaît. C'est 4,18 joule par gramme et par kelvin et on avait 200 grammes d'eau. Pour la chaleur spécifique du métal. J'applique la loi de du long petit. Comme j'ai deux mollets, ça fait 6 h. Et l'application numérique me donne un accroissement de température de quatre Kelvin. Donc les préparateurs ont assez bien travaillé.

Notes

Summary



Expériences : coefficients calorimétriques



- Chaleur spécifique de l'eau
- Dilatation volumique de l'eau
- Loi de Dulong-Petit

Thermodynamique

En résumé, pour illustrer les concepts introduits dans cette leçon, nous avons fait une mesure de la chaleur spécifique, de l'eau tout simplement. Nous avons regardé le comportement anormal de la dilatation volumique de l'eau autour de quatre kelvins et j'ai illustré la loi du blanc petit qui dit que pour un solide, la chaleur spécifique vaut à peu près trois r par mole.

Notes

Summary



12m 12s