

Определяне на специфичен топлинен капацитет на течност

Кратко теоретично въведение

Специфичният топлинен капацитет на веществата е физична величина, която е числено равна на количеството топлина Q , което трябва да се предаде на 1 kg от веществото за да се повиши температурата му с 1°K . В системата SI специфичният топлинен капацитет се измерва в J/kgK и се дефинира с формулата

$$(1) \quad c = \frac{Q}{m(T_2 - T_1)}$$

където m - маса на изследваното вещество (kg), а $(T_2 - T_1)$ - изменението на температурата (K)

Тази формула е в сила, когато „ c “ не зависи от температурата.

Когато специфичният топлинен капацитет c се изменя с изменението на температурата, неговата стойност при дадена температура се определя от

$$(2) \quad c = \frac{dQ}{mdT}$$

За повечето тела специфичния топлинен капацитет нараства с нарастването на температурата.

Средната стойност на „ c “ за вода в температурния интервал $0^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$ равна на тази в интервала $19,5^{\circ}\text{C} - 20,5^{\circ}\text{C}$. Когато „ c “ зависи от температурата средната ѝ стойност в зададен температурен интервал може да се определи от уравнение (1).

Ако в една изолирана система се извършва топлообмен предаването на топлинна енергия от едни тела на други е свързано с калориметричното равенство, изразяващо закона за запазване на енергията

$$(3) \quad Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n = 0$$

Събираемите в горното уравнение представляват алгебричните стойности на отдаденото (-) и приетото (+) количество топлина от всички, участващи в топлообмена тела.

Определянето на специфичния топлинен капацитет на течностите става сравнително лесно, като се използва електрически калориметър. Отделеното количество топлина при протичането на ток I през нагревателния елемент, потопен в течността за време t , съгласно закона на Джаул е

$$(4) \quad Q_1 = UIt = RI^2t$$

U - напрежение в краищата на нагревателя

R - съпротивление на нагревателя

Това количество топлина се поглъща от калориметричната система и нейната температура се повишава от началната T_1 до T_2

$$(5) \quad Q_2 = (mc + m_1c_1 + m_2c_2)(T_2 - T_1)$$

m - маса на течността в калориметъра

m_1 - маса на вътрешния съд на калориметъра /алуминий/

m_2 - маса на бъркалката и електродите /месинг/

c_1 - специфичен топлинен капацитет на материала на съда /алуминий/

c_2 - специфичен топлинен капацитет на материала на бъркалката и електродите /месинг/

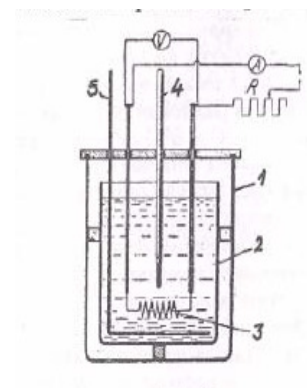
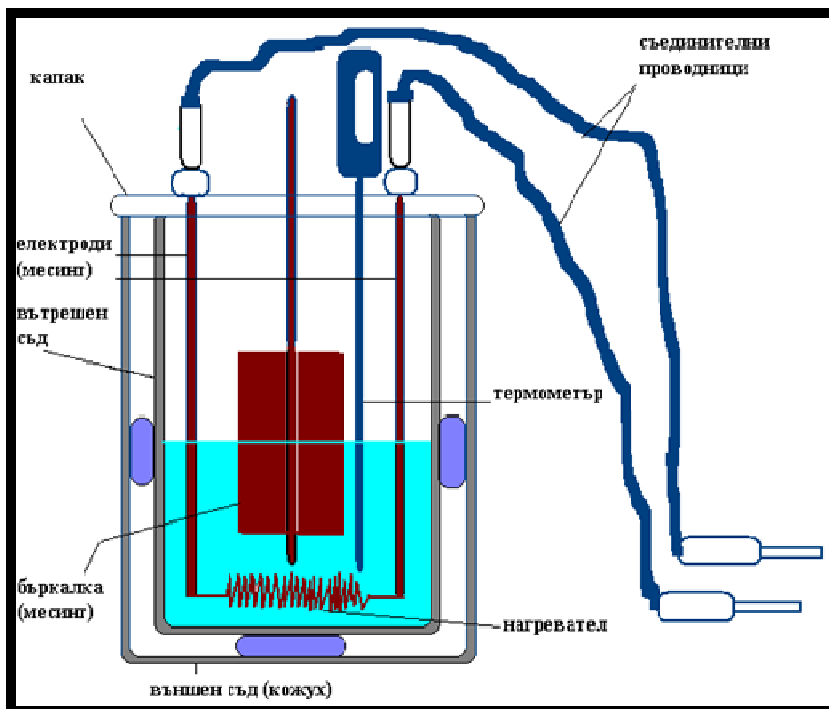
Заместването на (4) и (5) в калориметричното равенство дава

$$(6) \quad c = \frac{UIt}{m(T_2 - T_1)} - \frac{m_1c_1 + m_2c_2}{m}$$

В уравнение (6) трябва да бъде отчетено несъвършенството на топлоизолацията на калориметричната система. За намаляване на грешката при експеримента се прилага определена методика, описана по-долу.

Опитна постановка

За определяне на специфичния топлинен капацитет на изследваната течност се използва електрически калориметър фиг. 1. Той се състои от : външен съд 1; вътрешен съд 2; нагревател 3; термометър 4 и бъркалка 5.



фиг. 1

Задачи и начин на изпълнение

Да се определи средният специфичен топлинен капацитет на водата.

1. Отчита се стайната температура и се записва със съответната приборна грешка

2. С мерителен цилиндър (мензура) се определя обем вода 350 - 400 мл., с температура около 16°C и се записва със съответната приборна грешка. Плътността на водата се приема за 998 кг/м³ (350 ml = 0.350 l = 0.350*10⁻³ m³)

$$m = 998[\text{kg}/\text{m}^3] * 0.350 * 10^{-3}[\text{m}^3] = 0.349[\text{kg}] \approx 0.35 [\text{kg}]$$

Включва се термометърът при затваряне на капака, като се внимава реотанът да е потопен във водата.

Уверете се, че температурата на водата в калориметъра е по-ниска от стайната.

3. Включва се захранването, като се подава напрежение между 12,0 – 14,0 волта. Включва се хронометър, който не се изключва до края на опита, като на всяка кръгла минута се отчита температурата и данните се нанасят в таблица. При затворена верига големината на тока е над 1А. Тези стойности трябва да останат постоянни до края на опита. Отчитат се токът и напрежението и се записват със съответната приборна грешка.

Забележка: Въпреки че токът е силен, консумираната мощност не е голяма. Водата е диелектрик със степен на електролитна дисоциация 3% и относителна диелектрична проницаемост $\epsilon = 81$. Чистата вода не провежда електричен ток. Няма опасност да се пипа бъркалката, т.к. реотанът не се допира до дъното на калориметъра и бъркалката

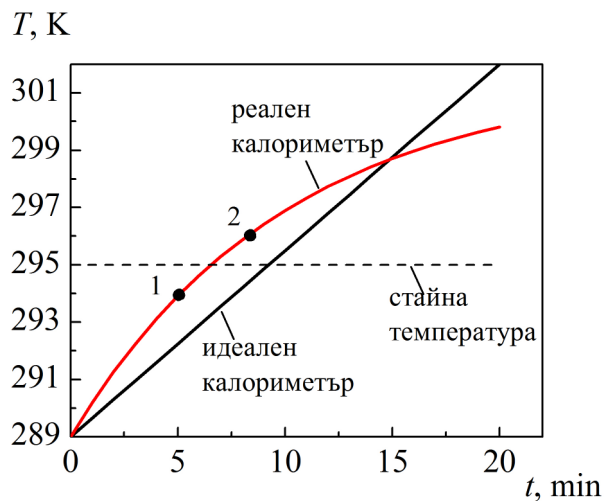
Тъй като водата е слаб проводник на топлина, топлообменът се осъществява чрез конвекция, затова е необходимо водата често да се разбърква за се изравни температурата в целия ѝ обем. Отчитането се прекратява, когато температурата стане 2 -3 градуса над стайната. Нулира се волтметърът и токоизправителя се изключва, отваря се веригата. С получените таблични данни се построява графика $T = f(t)$, която наподобява линейна зависимост. На графиката се означава стайната температура с пунктирна линия, успоредна на абсцисната ос.

Формула (6) е валидна за идеален калориметър, при който няма топлообмен с околната среда. В реалните калориметри, колкото и добра да е топлоизолацията, винаги има топлообмен, който води до промяна на скоростта, с която нараства температурата на водата в калориметъра. Възможни са следните 3 случая:

1) Когато температурата на водата е под стайната, топлинният поток е насочен от околното пространство към вътрешността на калориметъра и температурата на водата се увеличава по-бързо (фигура 2). Причината е, че водата получава топлина не само от нагревателя, но и от околното пространство.

2) Когато температурата на водата е над стайната, топлинният поток е насочен от вътрешността на калориметъра навън и температурата на водата се увеличава по-бавно. Причината е, че част от топлината, получена от нагревателя не се използва за нагряване на водата, а се губи в околното пространство.

3) Когато температурата на водата е приблизително равна на стайната, топлинният поток е нула и температурата на водата се увеличава както при идеалния калориметър. От фигура 2 се вижда, че правата свързваща точки 1 и 2 има същия наклон като правата за идеалния калориметър. В този участък (между точки 1 и 2) формула 6 е валидна и за реален калориметър.



Фиг.2

Избират се две точки от правата, съответстващи на температури близки до стайната (под и над стайната). В този случай можем да пренебрегнем топлообменът с околната среда. Изваждат се координатите им: $T_2 - T_1$ температурна разлика; $t_2 - t_1$ време за нагряване.

Записват се стойностите на: c_1 , c_2 , m_1 , m_2 от калориметъра. Еднократно се изчислява „ c “ по формулата:

$$c = \frac{UI(t_2 - t_1)}{m(T_2 - T_1)} - \frac{m_1c_1 + m_2c_2}{m}$$

Относителната грешка за изчислената стойност на „ c “ се определя по формулата

$$\frac{\Delta c}{c} = \pm \left(\frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{2\Delta T}{T_2 - T_1} + \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta t}{t} \right) \quad \Delta c = \pm c \left(\frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{2\Delta T}{T_2 - T_1} + \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta t}{t} \right) \frac{J}{kgK}$$

$$\frac{\Delta c}{c} = \pm \left(\frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{2\Delta T}{T_2 - T_1} + \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta t}{t} \right) * 100\% \quad \Delta c = \dots \dots \dots \left[\frac{J}{kgK} \right] \approx \dots \dots \dots \left[\frac{J}{kgK} \right]$$

Грешките за U , I , T , m , се определят от класа на точност на приборите.

$$t = t_2 - t_1, \text{ цели минути (време за нагряване)} \quad t = (t_2 - t_1) * 60 [s]$$

$$t = (\dots \pm 2) s$$

$\Delta t \approx 2s$ субективна грешка

Резултати:

$$c = (\dots \pm \dots) J/kgK$$

$$c = \dots [J/kgK] \pm \dots \%$$