

Лабораторийн ажил 7

Хатуу биеийн дулаан багтаамжийг олох, Дюлинг-Птийн хуулийг шалгах

Ажлын зорилго

Хатуу биеийн хувийн дулаан багтаамжийг туршлагаар олж, онолоор тогтоосон үр дүнтэй харьцуулах

Хэрэглэгдэх зүйлс

Ойролцоо эзлэхүүнтэй янз бүрийн хатуу бие, калориметр, мензурк, термометр, хямсаа

Онолын хэсэг

Бодисын хувийн дулаан багтаамж (C) нь нэгж масстай бодисын температурыг $1K$ -ээр нэмэгдүүлэхэд шаардагдах дулааны тоо хэмжээгээр тодорхойлогдох хэмжигдэхүүн юм. m масстай биеийн температурыг dT хэмжээгээр нэмэгдүүлэхэд дулаан зарцуулагдах бол хувийн дулаан багтаамж нь:

$$C = \frac{1}{m} \cdot \frac{dQ}{dT} \quad (1)$$

болно. 1моль бодисын температурыг $1K$ -ээр нэмэгдүүлэхэд шаардагдах дулааны тоо хэмжээг тухайн бодисын молийн дулаан багтаамж C_μ гэнэ. Молийн дулаан багтаамж, хувийн дулаан багтаамжтай дараах тэгшитгэлээр холбогдоно.

$$C_\mu = \mu \cdot C$$

Үүний: μ -бодисын моль масс.

Хатуу биеийг халаахад эзлэхүүн нь бараг нэмэгдэхгүй учир ажил хийгдэхгүй гэж үзэж болно. $\delta A = 0$ (металын эзлэхүүн тэлэлтийн коэффициент нь ойролцоогоор $10^{-5} K^{-1}$). Тэгвэл Термодинамикийн I хууль ёсоор $dQ = dU$ болно. Кристалл дахь атомууд тэнцвэрийн байрныхаа орчим хэлбэлзэн хөдөлнө. Кристаллын атом бүрийн хэлбэлзэх хөдөлгөөний чөлөөний зэргийн тоо гурав байна. Энэхүү чөлөөний зэрэг тус бүрд kT хэмжээний энерги ноогдоно. Энэхүү атом бүрд оногдох энергийн хагас нь кинетик энергид, хагас нь потенциал энергид ноогдоно. Тэгвэл чөлөөний зэрэг нь 3 гэдгийг тооцон молийн дулаан багтаамжийн тэгшитгэлд орлуулбал $3R$ гэсэн тогтмол утгатай гарна.

$$C_\mu = \mu \cdot C = \frac{\mu}{m} \cdot \frac{dQ}{dT} = \frac{1}{\nu} \cdot \frac{d}{dT}(3N_A \cdot k \cdot T) = 3R \quad (2)$$

Абсолют тэг температураас нэлээд ялгаатай температурт (жишээ нь тасалгааны температурт) металын молийн дулаан багтаамж нь $3R$ болж тогтмолжихыг Дюлинг-Птийн хууль гэнэ. $R = 8.31 \text{ Ж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$ -хийн универсал тогтмол.

Хатуу биеийн дулаан багтаамжийг тодорхойлох: Үүний тулд m_y масстай усыг саванд таслан авч, калориметрт хийнэ. Өөр нэг савтай усанд m_0 масстай хатуу биеийг хийж, t_0 температуртай болтол халаасны дараа калориметрт байгаа савтай ус уруу хийнэ. Биеийг калориметр дахь савтай усанд хийхийн өмнө халаагч дээрээс авч усны температур t_0 -ийг хэмжих хэрэгтэй. Хатуу бие нь усны хамт ижил хэмжээгээр халсан учир энэ хэмжсэн утга нь хатуу биеийн температур гэсэн үг. Калориметр доторх устай саванд хатуу биеийг хийж дулааны тэнцвэр тогтсоны дараа хольцын температур θ -г хэмжинэ. Калориметр нь гадаад орчинтой дулаан солилцохгүй бараг битүү сав учир халсан хатуу биеийн алдсан дулаан нь хүйтэн усны авсан дулаантай тэнцүү байх ёстой. Энэ үеийн дулааны балансын тэгшитгэл нь:

$$C_0 m_0 (t_0 - \theta) = (C_y m_y + C_k)(\theta - t_1)$$

гэж бичигдэх бөгөөд хатуу биеийн хувийн дулаан багтаамжийг:

$$C_0 = \frac{(C_y m_y + C_k)(\theta - t_1)}{m_0 (t_0 - \theta)} \quad (3)$$

томъёогоор тодорхойлно. Туршилтын m_{yc} , t_0 -ийн утгыг янз бүрээр сонгон авч, тухайн хатуу биеийн хувийн дулаан багтаамжийн утгыг 3 -аас дээш удаа тодорхойлно.

Бэлтгэх асуулт

1. Дюлинг-Птийн хуулийг тайлбарлана уу.

.....

2. Бодисын хувийн дулаан багтаамж гэж юуг хэлэх вэ?

.....

3. Молийн дулаан багтаамж гэж юуг хэлэх вэ?

.....

4. Дулаан багтаамж гэж юуг хэлэх вэ?

.....

5. 20°C температуртай 2.8л устай саванд 3кг масстай 460°C хүртэл халсан хэсэг болдыг хийв. Ус 60°C болтол халсан ба нэг хэсэг нь уур болсон. Уур болсон усны массыг ол.

.....

Хэмжилт хийх дараалал

1 -р дасгал. Калориметрийн дулаан багтаамжийг тодорхойлох

1. Калориметрт m_1 (100-150мл) хэмжээтэй ус хийж, температур (t_1) -ыг хэмжинэ.
2. Өөр нэг саванд m_2 масстай ус хийж, температур (t_2) -ыг хэмжинэ.
3. Калориметрт байгаа m_1 масстай усанд m_2 масстай ус хийж, хольцын температур (θ) -ыг хэмжинэ.
4. C_k -ийг 4 -р томъёогоор олно. Энд: C_y нь усны хувийн дулаан багтаамж, $C_y = 4190\text{Ж/кг} \cdot$

$$C_k = \frac{m_1 C_y (t_1 - \theta) + m_2 C_y (t_2 - \theta)}{\theta - t_1} \quad (4)$$

5. Дасгалыг 3 -аас дээш удаа давтан хийсний дараа C_k -ийн дундаж утгыг олж алдааг тооцоолно.

Хүснэгт 1: Хэмжилт ба тооцооны хүснэгт

Хэмжилт						Тооцоо					
№	m_1 (кг)	t_1 (°C)	m_2 (кг)	t_2 (°C)	θ (°C)	C_k (Ж/кг·К)	$\langle C_k \rangle$ (Ж/кг·К)	S_{C_k} (Ж/кг·К)	ΔC_k (Ж/кг·К)	ε_{C_k} (%)	$\langle C_k \rangle \pm \Delta C_k$ (Ж/кг·К)
1											
2											
3											
4											
5											

Хэмжилтийн алдааг тооцоолох

n -хэмжилтийн тоо, $i = 1, 2, 3, \dots, n$

$$\text{Арифметик дундаж утга: } \langle C_k \rangle = \frac{C_{k1} + C_{k2} + C_{k3} + C_{k4} + C_{k5}}{5} =$$

$$\text{Стандарт итгэлт муж: } S_{C_k} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (C_{ki} - \langle C_k \rangle)^2} =$$

$$p = \dots \text{ үед Абсолют алдаа: } \Delta C_k = t(n, p) \cdot S_{C_k} =$$

$$\text{Харьцангуй алдаа: } \varepsilon_{C_k} = \frac{\Delta C_k}{\langle C_k \rangle} \cdot 100\% =$$

2 -р дасгал. Калориметрийн аргаар хатуу биеийн хувийн дулаан багтаамжийг тодорхойлох

1. Калориметрт m_y (100-150мл) хэмжээтэй ус хийж, температур (t_1) -ыг хэмжинэ.
2. Өөр нэг саванд байгаа усанд m_0 масстай хатуу биеийг хийж 60-80°C болтол халаасны дараа халаагч дээрээс авч температур (t_0) -ыг хэмжинэ.
3. Хатуу биеийг калориметр доторх савтай усанд хийж хольцын температур (θ) -ыг хэмжинэ.
4. Дасгалыг 3 -аас дээш удаа давтан хийсний дараа C_0 -ийн дундаж утгыг олж алдааг тооцоолно.

5. 3 томъёогоор хатуу биеийн молийн дулаан багтаамжийн онолын утгыг олж, туршилтаар олсон утгатай жишиж Дюлинг-Птийн хуулийг шалгана.

Материал: $m_{Al}=54.39\text{г}$, $m_{Fe}=149.47\text{г}$
 $C_k = 10\text{Ж/К}$, $C_y=4190\text{Ж/кг}\cdot\text{К}$

Хүснэгт 2: Хэмжилт ба тооцооны хүснэгт

Хэмжилт				Тооцоо						
№	m_y (кг)	t_1 (°C)	t_0 (°C)	θ_i (°C)	C_{0i} (Ж/кг·К)	$\langle C_0 \rangle$ (Ж/кг·К)	S_{C_0} (Ж/кг·К)	ΔC_0 (Ж/кг·К)	ε_{C_0} (%)	$\langle C_0 \rangle \pm \Delta C_0$ (Ж/кг·К)
1										
2										
3										
4										
5										

Хэмжилт хийсэн: ... он ... сар ... өдөр Багшийн гарын үсэг.....

Хэмжилтийн алдааг тооцоолох

n –хэмжилтийн тоо, $i = 1, 2, 3, \dots, n$

$$C_{0i} = \frac{(C_y m_{yi} + C_k)(\theta_i - t_{1i})}{m_0(t_{0i} - \theta_i)} =$$

$$\text{Арифметик дундаж утга: } \langle C_0 \rangle = \frac{C_{01} + C_{02} + C_{03} + C_{04} + C_{05}}{5} =$$

$$\text{Стандарт итгэлт муж: } S_{C_0} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (C_{0i} - \langle C_0 \rangle)^2} =$$

$$p = \dots \text{ үед Абсолют алдаа: } \Delta C_0 = t(n, p) \cdot S_{C_0} =$$

$$\text{Харьцангуй алдаа: } \varepsilon_{C_0} = \frac{\Delta C_0}{\langle C_0 \rangle} \cdot 100\% =$$

3 -р дасгал. Дюлинг -Птийн хуулийг шалгах

$$\text{Туршлага ёсоор: } C_\mu = \mu \langle C_0 \rangle =$$

$$\text{Онолоор ёсоор: } C_\mu = \mu C = \frac{m}{\mu} \frac{dQ}{dT} = \frac{m}{\mu} \frac{d}{dT}(3N_A kT) = 3N_A k = 3R =$$

Ажлын (тооцоолот ба хамгаалалтын) ерөнхий үнэлгээ...../ /