

ارزش حرارتی سوخت‌ها را در شرایط متعارفی و استاندارد ۱ آتمسفر و ۲۵ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری می‌کنند. بیشترین ارزش حرارتی را سوخت‌هایی دارا هستند که فقط از C و H تشکیل شده‌اند. ارزش حرارتی کربن خالص حدود 8100 kcal/kg است.

حل چند مسأله نمونه

مسأله ۱: در صورتی که درجه حرارت اولیه و ثانویه جسمی بر حسب درجه سانتیگراد به ترتیب $\theta_{C1} = 400^\circ \text{C}$ و $\theta_{C2} = 720^\circ \text{C}$ باشد، اولاً مطلوب است :

الف) اختلاف این دو درجه حرارت بر حسب تقسیم‌بندی سانتیگراد ($\Delta\theta_C = ?$)

ب) اختلاف آن دو بر حسب تقسیم‌بندی کلونین ($\Delta T = ?$)

ج) اختلاف آن دو بر حسب تقسیم‌بندی فارنهایت ($\Delta\theta_F = ?$)

ثانیاً روابطی به دست آورید که این اختلاف برای هر درجه حرارتی به کمک آن‌ها امکان‌پذیر باشد.
حل: اولاً قسمت الف :

$$\Delta\theta_C = \theta_{C2} - \theta_{C1} = 720 - 400 = 320^\circ \text{C}$$

قسمت ب : چون $T = \theta + 273$ بنابراین، می‌توان نوشت :

$$\Delta T = T_2 - T_1 = (720 + 273) - (400 + 273) = 320^\circ \text{K}$$

قسمت ج : ابتدا باید درجه حرارت‌های سانتیگراد اولیه و ثانویه جسم از روی فرمول

$$\frac{\theta_F - 32}{180} = \frac{\theta_C}{100} \quad \text{تبدیل به درجات حرارت فارنهایت شود، سپس اختلاف آن دو تعیین شود :}$$

$$\frac{\theta_{F1} - 32}{180} = \frac{400}{100} \Rightarrow \theta_{F1} = \frac{400 \times 180}{100} + 32 = 752^\circ \text{F}$$

$$\frac{\theta_{F2} - 32}{180} = \frac{720}{100} \Rightarrow \theta_{F2} = \frac{720 \times 180}{100} + 32 = 1328^\circ \text{F}$$

اکنون می‌توان اختلاف آن‌ها را تعیین کرد :

$$\Delta\theta_F = \theta_{F2} - \theta_{F1} = 1328 - 752 = 576^\circ \text{F}$$

ثانیاً : چنانچه از حل قسمت اولاً معلوم می‌شود، اختلاف درجه حرارت‌های اولیه و ثانویه جسم بر حسب تقسیم‌بندی سانتیگراد و تقسیم‌بندی کلونین تفاوتی ندارد و علت این امر را می‌توان از روی عملیات زیر و تعیین رابطه آن دو ملاحظه کرد :

$$\Delta\theta_C = \theta_{C2} - \theta_{C1}$$

$$\Delta T = T_p - T_1 = (\theta_{C_2} + 273) - (\theta_{C_1} + 273) = \theta_{C_2} - \theta_{C_1}$$

$$\Delta \theta = \Delta T \quad \text{در نتیجه می توان نتیجه گرفت:}$$

در مورد اختلاف درجه حرارت های فارنهایت برحسب تقسیم بندی سانتیگراد و کلونین باید

چنین عمل کرد:

$$\frac{\theta_{F_2} - 32}{180} - \frac{\theta_{F_1} - 32}{180} = \frac{\theta_{C_2} - \theta_{C_1}}{100}$$

که پس از ساده کردن نتیجه می شود: $\Delta \theta_F = \frac{9}{5} \Delta \theta_C$ و چون $\Delta \theta = \Delta T$ بنابراین، به طور کلی

می توان نوشت:

$$\Delta \theta_F = \frac{9}{5} \Delta \theta_C = \frac{9}{5} \Delta T$$

مسأله ۲: در یک کوره عملیات حرارتی، لازم است دمای یک میله فولادی به قطر 20° میلیمتر

و به طول 20° سانتیمتر از $45^\circ C$ به $85^\circ C$ برسد. در صورتی که چگالی این فولاد $7/6 \frac{g}{cm^3}$

و گرمای ویژه متوسط آن در این فاصله دمایی $0/12 \frac{cal}{g \cdot ^\circ C}$ باشد، چه مقدار انرژی حرارتی برحسب

کیلوکالری و کیلوژول توسط میله جذب خواهد شد؟ همچنین ظرفیت حرارتی آن را برحسب $\frac{kJ}{^\circ C}$

تعیین کنید.

حل: ابتدا به کمک حجم (استوانه) و چگالی میله، جرم آن را تعیین کنید.

طول میله $l = 20 \text{ cm}$ و قطر میله $d = 20 \text{ mm} = 2 \text{ cm}$

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \times l \Rightarrow V = \frac{3/14 \times 2^2}{4} \times 20 = 62/8 \text{ cm}^3 \quad \text{حجم میله فولادی}$$

$$m = \rho \cdot V \Rightarrow m = 7/6 \times 62/8 = 477/28 \text{ g} \quad \text{جرم میله}$$

اکنون می توان مقدار انرژی حرارتی جذب شده توسط میله را محاسبه کرد:

$$\theta_1 = 45^\circ C \text{ و } \theta_2 = 85^\circ C \Rightarrow \Delta \theta = \theta_2 - \theta_1 = 85^\circ = 45^\circ = 40^\circ C \quad \text{افزایش دما}$$

$$Q = m \bar{c} \Delta \theta \Rightarrow Q = 477/28 \times 0/12 \times 400 \Rightarrow$$

$$Q = 22909/44 \text{ cal} \approx 23 \text{ kcal}$$

$$Q = 22909/44 \times 4/1868 = 95917/24J \approx 96 \text{ kJ}$$

ظرفیت حرارتی میله را می توان از رابطه $A = \frac{Q}{\Delta\theta}$ به دست آورد :

$$A = \frac{96}{400} = 0.24 \frac{\text{kJ}}{^{\circ}\text{C}}$$

چون $Q = m\bar{c}\Delta\theta$ در نتیجه : $A = \frac{Q}{\Delta\theta} = \frac{m\bar{c}\Delta\theta}{\Delta\theta} = m\bar{c}$ لذا بدیهی است که تعیین ظرفیت

حرارتی از این طریق نیز جواب یکسانی خواهد داشت :

$$A = m\bar{c} \Rightarrow A = 477 / 28 \times 0.12 = 57.27 \frac{\text{cal}}{^{\circ}\text{C}} \Rightarrow$$

$$A = 0.5727 \frac{\text{kcal}}{^{\circ}\text{C}} = 0.5727 \times 4.1868 \frac{\text{kJ}}{^{\circ}\text{C}} = 0.24 \frac{\text{kJ}}{^{\circ}\text{C}}$$

مسئله ۳: یک کوره بوته ای می تواند 70° کیلوگرم از یک نوع چدن خاکستری را از درجه

حرارت محیط (25°C) به درجه حرارت فوق ذوب (1300°C) برساند. سوخت مصرفی برای این

عمل $8/5$ لیتر است. احتراق هر لیتر از این سوخت (نوعی مازوت) 9950° کیلوکالری گرما تولید

می کند. مطلوب است :

الف) میزان مصرف سوخت برای هر کیلوگرم چدن مذکور برحسب سانتیمتر مکعب.

ب) راندمان حرارتی کوره.

گرمای ویژه چدن جامد بطور متوسط $0.12 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C}}$ ، گرمای ویژه چدن مذاب به طور متوسط

$0.16 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C}}$ گرمای نهان گداز چدن $23 \frac{\text{cal}}{\text{g}}$ و نقطه ذوب آن 1150°C است.

حل:

الف) چون مقدار کل مصرف سوخت برای 70° کیلوگرم چدن $8/5$ لیتر است بنابراین، سوخت

مصرفی برای هر کیلوگرم چدن عبارتست از :

$$\frac{8/5}{70} = 0.121 \text{ lit} = 121 \text{ cm}^3$$

ب) برای تعیین راندمان حرارتی کوره ابتدا باید حرارت لازم برای ذوب چدن تا درجه حرارت

فوق ذوب 1300°C محاسبه شود :

$$Q_1 = m\bar{c}(\theta_m - \theta_i)$$

گرمای لازم برای ذوب چدن تا نقطه ذوب

$$Q_1 = 70 \times 0.12(1150 - 25) = 9450 \text{ kcal}$$

$$Q_2 = m\lambda$$

$$Q_2 = 70 \times 23 = 1610 \text{ kcal}$$

گرمای نهان ذوب چدن

$$Q_3 = mc'(\theta_p - \theta_m)$$

گرمای لازم از نقطه ذوب تا نقطه ذوب فوق ذوب

$$Q_3 = 70 \times 0.16(1300 - 1150) = 1680 \text{ kcal}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q = 9450 + 1610 + 1680 = 12740 \text{ kcal}$$

کل گرمای لازم

بنابراین، راندمان کوره (R) برابر خواهد بود با :

$$R = \frac{Q}{V \cdot q_v} \times 100$$

$$R = \frac{12740}{8/5 \times 9950} \times 100$$

$$R = \frac{12740}{84575} \times 100 = 15\%$$

تمرین‌ها

۱- 1350° درجه سانتیگراد چند درجه فارنهایت و چند درجه کلون است؟

۲- درجه حرارت‌های 40° و 40° - درجه فارنهایت را به سانتیگراد تبدیل کنید.

۳- نقطه ذوب جیوه $38/9^\circ \text{C}$ - و نقطه جوش آب $356/7^\circ \text{C}$ است. فاصله دمایی این دو

نقطه چند درجه سانتیگراد است؟

۴- اختلاف نقطه ذوب‌های دو نوع چدن سفید و خاکستری 5°C است. این اختلاف چند

درجه فارنهایت و چند درجه کلون خواهد بود؟

۵- نقطه ذوب آلومینیم 933°K و نقطه ذوب منیزیم 1204°F می‌باشد. مطلوب است :

(الف) کدام یک از آن‌ها دیر ذوب‌تر هستند؟ (نقطه ذوب کدام یک بیشتر است؟)

ب) اختلاف آن‌ها چند درجه سانتیگراد است؟

۶- در چه درجه حرارتی درجه حرارت فارنهایت و کلوین از لحاظ اندازه یکسان است؟ این درجه حرارت را برحسب سانتیگراد تعیین کنید.

۷- مطلوب است تعیین ظرفیت حرارتی یک قطعه فولاد به‌طوری که برای افزایش درجه حرارت آن از 45°C به 60°C ، 1200 kcal انرژی حرارتی مصرف شده باشد. جواب را برحسب واحدهای $\frac{\text{cal}}{^{\circ}\text{C}}$ ، $\frac{\text{J}}{^{\circ}\text{C}}$ و $\frac{\text{kJ}}{\text{K}}$ به‌دست آورید ($1\text{ cal} \approx 4/19\text{ J}$).

۸- در تغییر یک قطعه چدن سفید و شکننده به چدن چکش‌خوار (آئیل کردن چدن سفید)، چند مگاژول انرژی حرارتی مصرف می‌شود؟ در صورتی که جرم قطعه 25 kg ، گرمای ویژه متوسط چدن (سفید و چکش‌خوار) $\frac{0.136\text{ cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}}$ در فاصله دمایی آنیلینگ از صفر تا حداکثر 970°C باشد.

($1\text{ cal} \approx 4/19\text{ J}$) و ($1\text{ MJ} = 10^6\text{ J}$)

۹- جرم یک قطعه برنزی $62/5\text{ kg}$ و گرمای ویژه متوسط آن در فاصله دمایی 500°C تا 750°C درجه سانتیگراد $\frac{0.088\text{ kcal}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}$ می‌باشد. مطلوب است محاسبه:

الف) ظرفیت حرارتی برحسب $\frac{\text{kcal}}{^{\circ}\text{C}}$

ب) گرمای لازم برحسب kJ در این فاصله دمایی ($1\text{ cal} \approx 4/19\text{ J}$).

۱۰- یک قطعه آلومینیم به حجم $5/5\text{ dm}^3$ را از 66°C (نقطه انجماد آلومینیم) تا 25°C سرد کرده‌ایم. چه مقدار گرما برحسب کیلوکالری از دست داده است؟ (از انقباض آلومینیم صرف‌نظر می‌شود).

(در فاصله دمایی 25°C تا 66°C) $\bar{c}_{\text{Al}} = 0.24 \frac{\text{cal}}{\text{g}^{\circ}\text{C}}$ و $\rho_{\text{Al}} = 2.7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

۱۱- برای ذوب کامل 24 kg سرب (در نقطه ذوب)، 600°C کیلوژول انرژی گرمایی لازم است. گرمای نهان‌گداز سرب را برحسب $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ و $\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$ تعیین کنید ($1\text{ cal} \approx 4/19\text{ J}$).

۱۲- گرمای نهان‌گداز (با گرمای نهان‌ذوب) یخ و چدن خاکستری به ترتیب برابرند با

$\frac{J}{kg}$ $3/35 \times 10^5$ و $\frac{J}{kg}$ $9/7 \times 10^4$. مطلوب است تعیین انرژی حرارتی لازم برحسب kJ برای

ذوب کامل 100 kg یخ و 100 kg چدن (در نقطه ذوب‌های آنها).

۱۳- مطلوب است تعیین مقدار حرارت لازم برحسب کیلوکالری برای رسیدن به نقطه ذوب هر کیلوگرم فلزات و آلیاژهای داده شده :

الف) آلومینیم (نقطه ذوب 660°C).

ب) نوعی چدن خاکستری (نقطه ذوب 1180°C)

ج) فولاد ساده کربنی (نقطه ذوب 1500°C)

درجه حرارت محیط 25°C و گرمای ویژه متوسط آلومینیم $0.24^\circ/\text{cal}$ ، چدن خاکستری $0.135^\circ/\text{cal}$ و فولاد $0.12^\circ/\text{cal}$ بر گرم درجه سانتیگراد است.

۱۴- برای ذوب 120 kg چدن و رسانیدن درجه حرارت آن به 1420°C ، چند کیلوکالری گرما لازم است؟ منحنی تغییرات درجه حرارت نسبت به گرمای داده شده را نیز رسم کنید.

گرمای ویژه چدن جامد به طور متوسط $\frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$ 0.132° ، گرمای ویژه چدن مذاب به طور متوسط

$\frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$ 0.17° ، نقطه انجماد آن 1150°C ، گرمای نهان گداز چدن $\frac{\text{cal}}{\text{g}}$ 23° و دمای محیط 20°C است.

۱۵- یک قطعه فولاد ضدزنگ را که جرم آن 92 گرم است، در کوره‌ای به دمای θ می‌بریم. پس از مدتی قطعه را از کوره خارج کرده و بلافاصله آن را در میان قطعات بزرگی از یخ صفر درجه سانتیگراد قرار می‌دهیم. در نتیجه 158 گرم یخ ذوب می‌شود. دمای θ کوره را به دست آورید.

گرمای نهان ذوب یخ (گرمای نهان گداز) 80° کالری بر گرم و گرمای ویژه متوسط این فولاد

$\frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$ 0.125° است.

۱۶- می‌خواهیم درجه حرارت فوق ذوب نامناسب 18 کیلوگرم آلومینیم مذاب 735°C را،

به فوق ذوب مناسب و مطلوب 715°C کاهش دهیم. چه مقدار آلومینیم جامد، تمیز و 110°C باید به آن اضافه شود؟

گرمای ویژه متوسط آلومینیم جامد و مذاب به طور تقریبی به ترتیب برابر $\frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$ 0.24° و

$\frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$ ۰/۲۶، گرمای نهان‌گداز آلومینیم $\frac{\text{cal}}{\text{g}}$ ۹۱ و نقطه ذوب آلومینیم 66°C است.

راهنمایی: مقدار گرمایی که جسم گرم (۱۸ کیلوگرم آلومینیم فوق‌ذوب 73°C) از دست می‌دهد، تا به دمای 715°C (دمای تعادل) برسد، برابر است با مقدار گرمایی که m کیلوگرم قطعه جامد آلومینیمی می‌گیرد تا به این دمای تعادل برسد. با تشکیل یک معادله می‌توان مقدار مجهول m را محاسبه و تعیین کرد.

۱۷- احتراق هر کیلوگرم از نوعی مازوت مصرفی در یک کوره بوت‌ه‌ای 980°C کیلوکالری گرما ایجاد می‌کند. اگر بازده (راندمان) این کوره $16/5$ درصد باشد، مقدار سوخت لازم برای ذوب 8°C کیلوگرم مس و رساندن درجه حرارت مذاب به 1200°C درجه سانتیگراد را تعیین کنید.

درجه حرارت اولیه کوره 25°C ، گرمای ویژه متوسط مس جامد $\frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$ ۰/۰۹۳، گرمای

ویژه متوسط مس مذاب $\frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$ ۰/۱۱، گرمای نهان‌گداز مس $\frac{\text{cal}}{\text{g}}$ ۴۳ و نقطه ذوب مس 1083°C

است.

۱۸- برای ذوب مقداری چدن (تا نقطه فوق‌ذوب)، 27000°C کیلوکالری گرما لازم است. چنانچه این عمل در یک کوره زمینی که با سوخت گازوئیل کار می‌کند، انجام گرفته باشد، و در صورتی که راندمان کوره 16 درصد، چگالی و قدرت حرارتی گازوئیل به ترتیب برابر 85 kg/lit و 9000 kcal/kg باشد، چه مقدار سوخت برحسب لیتر لازم خواهد بود؟