

فصل چهارم: دما و گرما

بخش سوم: گرما | ظرفیت گرمایی، گرمای ویژه

- ۱- توان گرمکنی الکتریکی برابر با 200 W است. اگر تمام انرژی این گرمکن توسط 2 L آب جذب شود چند دقیقه طول می کشد تا دمای آب به اندازه 50°C افزایش یابد؟ اگر 70% انرژی گرمکن توسط 2 L آب جذب شود چند دقیقه طول می کشد تا همان افزایش دما را داشته باشیم؟
($c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$)
متوسط - منتهای ۱۳۹۶

بخش چهارم: تغییر حالت های ماده | تغییر حالت مایع - بخار، تبخیر سطحی، گرمای نهان تبخیر

- ۲- 30 g گرم بخار 100°C را درون یک گرماسنج با ظرفیت گرمایی ناچیز، با 20 g گرم یخ (-10) درجه سانتی گراد و 60 g گرم آب 40°C مخلوط می کنیم. نتیجه آن را بررسی کنید.
سخت - منتهای ۱۳۹۶

$$C_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}, L_F = 330 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$C_{\text{یخ}} = 2100 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}, L_V = 2545 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

بخش سوم: گرما | ظرفیت گرمایی، گرمای ویژه

۳- مقدار گرمایی که یک لیتر آب را از دمای $20^{\circ}C$ به دمای $70^{\circ}C$ می‌رساند چقدر است؟ اگر همین میزان گرما را به 1 kg فلز آلومینیم در دمای اولیه $20^{\circ}C$ بدهیم دمای نهایی آن چقدر می‌شود؟ $(c_{\text{آب}} \simeq 4200 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^{\circ}C}, c_{\text{آلومینیم}} = 900 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^{\circ}C})$

متوسط - منتهای ۱۳۹۶

بخش دوم: انبساط گرمایی | انبساط حجمی

۴- در یک روز گرم تابستانی تانکر حامل سوخت با 30000 L بنزین بارگیری شده است. هوا در محل تحویل سوخت $20^{\circ}C$ سردتر از محلی است که در آنجا سوخت بار زده شده است. راننده چند لیتر سوخت را در این محل تحویل می‌دهد؟ $(\beta_{\text{بنزین}} = 12.5 \times 10^{-3} \frac{1}{K})$

متوسط - منتهای ۱۳۹۶

بخش چهارم: تغییر حالت‌های ماده | تغییر حالت مایع - بخار، تبخیر سطحی، گرمای نهان تبخیر

۵- برگ درختان یا گیاهان مناطق گرم خشک معمولاً سوزنی و به صورت خار می‌باشد. چرا این برگ‌ها به این صورت شده‌اند؟

سخت - منتهای ۱۳۹۶

بخش سوم: گرما | گرماسنج و گرماسنجی

۶- درون ظرف شیشه‌ای به جرم 5 kg که در دمای $22^{\circ}C$ قرار دارد، 1 kg آب با دمای $44^{\circ}C$ و 6 kg کیلوگرم جیوه با دمای $110^{\circ}C$ می‌ریزیم. دمای تعادل را محاسبه کنید.

سخت - منتهای ۱۳۹۶

$$(c_{\text{ظرف}} = 840 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^{\circ}C}, c_{\text{آب}} = 4200 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^{\circ}C}, c_{\text{جیوه}} = 140 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^{\circ}C})$$

بخش دوم: انبساط گرمایی | انبساط طولی

۷- یک بزرگراه از بخش‌های بتنی به طول $50m$ ساخته شده است. این بخش‌ها در دمای $15^\circ C$ بتن‌ریزی و عمل آورده شده‌اند. برای جلوگیری از تاب برداشتن بتن در دمای $50^\circ C$ مهندسان باید چه فاصله‌ای را بین این قطعه‌ها در نظر بگیرند؟ $(\alpha_{\text{بتن}} = 12 \times 10^{-6} \frac{1}{K})$

متوسط - مننّا - ۱۳۹۶

۸- دو میله به جنس‌های برنج و سرب به طول $2m$ در دمای اتاق در اختیار داریم. این میله‌ها را گرم می‌کنیم در چه دمایی اختلاف طول این دو برابر یک میلی‌متر می‌شود؟ $(T_{\text{اتاق}} = 20^\circ C, \alpha_{\text{سرب}} = 29 \times 10^{-6} \frac{1}{K}, \alpha_{\text{برنج}} = 19 \times 10^{-6} \frac{1}{K})$

متوسط - مننّا - ۱۳۹۶

بخش چهارم: تغییر حالت‌های ماده | تغییر حالت جامد - مایع، گرمای نهان ذوب

۹- درون گرماسنجی به ظرفیت گرمایی $124 \frac{J}{^\circ C}$ ، $5kg$ آب با دمای $5^\circ C$ وجود دارد و مجموعه آب و گرماسنج در تعادل گرمایی است. اگر مقدار $200g$ یخ با دمای $1^\circ C$ به این مجموعه اضافه کنیم، چقدر از یخ باقی می‌ماند؟

سخت - مننّا - ۱۳۹۶

$$(L_F = 334 \frac{kJ}{kg}, c_{\text{آب}} = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}, c_{\text{یخ}} = 2220 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C})$$

تغییر حالت مایع - بخار، تبخیر سطحی، گرمای نهان تبخیر

۱۰- در گروهی از جانوران خون گرم و انسان، تبخیر عرق بدن، یکی از راه‌های مهم کنترل دمای بدن است. الف) چه مقدار آب تبخیر شود تا دمای بدن شخصی به جرم $50kg$ به اندازه‌ی $1^\circ C$ کاهش یابد؟ گرمای نهان تبخیر آب در دمای بدن $(37^\circ C)$ برابر $2420 \times 10^6 \frac{J}{kg}$ و گرمای ویژه بدن در حدود $3480 \frac{J}{kg \cdot K}$ است.

سخت - مننّا - ۱۳۹۶

ب) حجم آبی که شخص باید برای جبران آب تبخیر شده بنوشد، چقدر است؟ $(\rho_{\text{آب}} = 1 \frac{g}{cm^3}, \rho_{\text{جیوه}} = 13.6 \frac{g}{cm^3})$

۱۱- گرمگنی در هر ثانیه 200 J گرما می دهد. الف) چقدر طول می کشد تا این گرمگن 1 kg کیلوگرم آب 100°C را به بخار آب 100°C تبدیل کند؟

متوسط- منتهای ۱۳۹۶

ب) این گرمگن در همین مدت، چه مقدار یخ 0°C را می تواند به آب 0°C تبدیل کند؟

$$(L_V = 2256 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, L_F = 333,7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}})$$

بخش سوم: گرما | دمای تعادل بدون تغییر حالت

۱۲- هفت کیلوگرم اتانول با دمای 20°C را با 4 kg کیلوگرم آب مخلوط می کنیم. اگر دمای آب 50°C باشد دمای تعادل را بیابید.

متوسط- منتهای ۱۳۹۶

$$(c_{\text{آتانول}} = 2400 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}, c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}})$$

بخش دوم: انبساط گرمایی | انبساط طولی

۱۳- صفحه مسی را با مته آهنی سوراخ می کنیم. قطر مته در دمای 20°C برابر با 2 cm است. هنگام سوراخ کاری دمای سر مته و صفحه مسی به 200°C

می رسد. قطر سوراخ صفحه مسی بعد از خنک شدن تا دمای 20°C چقدر است؟ $(\alpha_{\text{آهن}} = 12 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}, \alpha_{\text{مسی}} = 17 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{K}})$

متوسط- منتهای ۱۳۹۶

تغییر چگالی در اثر تغییر حجم

۱۴- با افزایش دما حجم جسم تغییر خواهد کرد اما جرم آن بدون تغییر می ماند. به همین دلیل انتظار داریم با افزایش دما چگالی اجسام کاهش یابد. این رابطه را به دست بیاورید. نشان دهید با تقریب مناسبی می توان چگالی جسم را از رابطه $\rho_2 = \rho_1 (1 - \beta \Delta T)$ نیز به دست آورد. سخت- منتا- ۱۳۹۶

انبساط مایعات

۱۵- ظرف شیشه ای به گنجایش 250 cm^3 را پر از روغن زیتون کرده ایم و در انباری خانه ای با دمای 20°C نگهداری می کنیم. اگر این دمای این ظرف به 70°C برسد آیا روغن زیتون به بیرون می ریزد یا خیر؟ اگر جواب مثبت است حجم روغن زیتون بیرون ریخته شد. چقدر است؟ متوسط- منتا- ۱۳۹۶

$$\left(\alpha_{\text{شیشه}} = 10 \times 10^{-6} \frac{1}{K}, \beta_{\text{روغن زیتون}} = 0.70 \times 10^{-3} \frac{1}{K} \right)$$

انبساط طولی

۱۶- دو میله به جنس های فولاد و آلومینیم به طول یک متر در دمای 20°C در اختیار داریم. شروع به گرم کردن این میله ها می کنیم در چه دمایی اختلاف طول این دو میله برابر با یک میلی متر می شود؟ $(\alpha_{\text{آلومینیم}} = 23 \times 10^{-6} \frac{1}{^\circ \text{C}}, \alpha_{\text{فولاد}} = 13 \times 10^{-6} \frac{1}{^\circ \text{C}})$ متوسط- منتا- ۱۳۹۶

۱۷- بین دو دکل فشار قوی برق کابل های مسی با طول حدود 350 m وجود دارد اگر ضریب انبساط مس برابر با $(17 \times 10^{-6} \frac{1}{K})$ باشد افزایش طول کابل در تابستان با دمای میانگین 30°C نسبت به زمستان با دمای 0°C چقدر است؟ این پدیده را با چشم نمی توان دید، توضیح دهید؟ متوسط- منتا- ۱۳۹۶

بخش چهارم: تغییر حالت‌های ماده - تغییر حالت جامد - مایع، گرمای نهان ذوب

۱۸- درون یک ظرف عایق مقدار 1 kg یخ و 0.5 kg آب وجود دارد. اگر توسط یک گرمکن الکتریکی آب را گرم کنیم و 1416 ثانیه طول بکشد که دمای این مجموعه به 60°C برسد، توان گرمکن چقدر است؟

$$(L_F = 330 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}})$$

تغییر حالت مایع - بخار، تبخیر سطحی، گرمای نهان تبخیر

۱۹- در یک ظرف عایق، 10 گرم بخار آب 100°C ، 60 گرم آب 10°C و 200 g یخ 14°C وجود دارد. دمای تعادل و ترکیب نهایی در این ظرف را بیابید.

$$(L_F = 334 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, L_V = 2256 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}, c_{\text{یخ}} = 2220 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}})$$

ترکیبی (جامد - مایع - گاز)

۲۰- برای ذوب کردن یک کیلوگرم یخ صفر درجه سانتی گراد، حداقل چند گرم بخار آب 100°C لازم است؟

$$(L_F = 333.7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, L_V = 2256 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}})$$

تغییر حالت مایع - بخار، تبخیر سطحی، گرمای نهان تبخیر

۲۱- می‌خواهیم 0.5 kg یخ در دمای صفر درجه سانتی‌گراد را به بخار 100°C تبدیل کنیم. اگر این کار را با یک گرمکن الکتریکی با توان 2 kW انجام دهیم، چقدر زمان طول می‌کشد که این فرایند به‌طور کامل انجام شود؟ اگر 62.5% توان الکتریکی موتور به یخ برسد چه زمانی برای بخار کردن کامل آن زمان نیاز است؟
متوسط - منتهای ۱۳۹۶

$$(c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}, L_V = 2256 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, L_F = 334 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}})$$

تغییر حالت جامد - مایع، گرمای نهان ذوب

۲۲- دویست گرم یخ با دمای 5°C را درون یک کیلوگرم آب با دمای 25°C می‌اندازیم. دمای تعادل این مجموعه چقدر است؟
متوسط - منتهای ۱۳۹۶

$$(c_{\text{یخ}} = 2220 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}, c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}, L_F = 334 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}})$$

۲۳- درون گرماسنجی با ظرفیت گرمایی ناچیز یک کیلوگرم آب با دمای 25°C قرار دارد. اگر یک تکه یخ به جرم 0.5 kg و دمای 5°C را درون گرماسنج بیاندازیم، دمای تعادل را محاسبه کنید
متوسط - منتهای ۱۳۹۶

$$(c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}, L_F = 334 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, c_{\text{یخ}} = 2220 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}})$$

۲۴- درون گرماسنجی به ظرفیت گرمایی $\frac{J}{^{\circ}C}$ مقدار ۲۳۸ گرم آب $5^{\circ}C$ وجود دارد. اگر قطعه یخی به جرم $66.8g$ و دمای $1^{\circ}C$ را درون گرماسنج بیاندازیم، بعد از رسیدن به تعادل گرمایی، با فرض آنکه مقداری از یخ باقی بماند، چند گرم از یخ آب شده است؟
متوسط - منما - ۱۳۹۶

$$(c_{\text{آب}} = 4200 \frac{J}{kg.^{\circ}C}, L_F = 334 \frac{kJ}{kg}, c_{\text{یخ}} = 2220 \frac{J}{kg.^{\circ}C})$$

۲۵- قطعه یخی به جرم $80g$ و دمای $2^{\circ}C$ را درون گرماسنجی حاوی $200g$ آب با دمای $1^{\circ}C$ انداخته ایم. پس از برقراری تعادل گرمایی ترکیبی از آب و یخ وجود دارد. جرم یخ موجود را محاسبه کنید.
متوسط - منما - ۱۳۹۶

$$(C_{\text{گرماسنج}} = 200 \frac{J}{^{\circ}C}, c_{\text{آب}} = 4200 \frac{J}{kg.^{\circ}C}, c_{\text{یخ}} = 2220 \frac{J}{kg.^{\circ}C}, L_F = 334 \frac{kJ}{kg})$$

۲۶- یک قطعه یخ به دمای $3^{\circ}C$ درون یک گرماسنج به ظرفیت گرمایی ناچیز به همراه مقداری آب در دمای $0^{\circ}C$ قرار دارد. بعد از برقراری تعادل در دمای $0^{\circ}C$ مقدار $150g$ یخ به جرم اولیه یخ اضافه می شود. جرم اولیه یخ چقدر است؟
متوسط - منما - ۱۳۹۶

$$(c_{\text{یخ}} = 2220 \frac{J}{kg.^{\circ}C}, L_F = 334 \frac{kJ}{kg})$$

۲۷- درون گرماسنجی با ظرفیت گرمایی ناچیز، $336g$ آب با دمای θ وجود دارد. اگر قالب یخی با دمای $0^\circ C$ و به وزن $400g$ را درون ظرف بیاندازیم، بعد از رسیدن به تعادل $358g$ یخ باقی می ماند. دمای اولیه آب (θ) چقدر است؟

متوسط - منتهای ۱۳۹۶

$$(L_F = 336 \frac{kJ}{kg}, c_{\text{آب}} = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C})$$

بخش سوم: گرما | گرماسنج و گرماسنجی

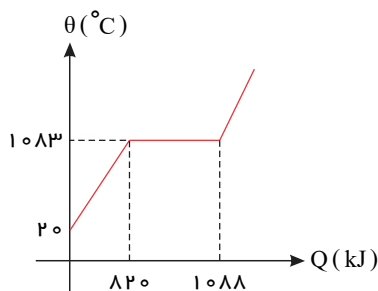
۲۸- یک قطعه یخ به جرم $100g$ و به دمای اولیه $20^\circ C$ را درون یک گرماسنج که مقداری آب $5^\circ C$ درون آن قرار دارد می اندازیم. اگر ظرفیت گرمایی گرماسنج ناچیز باشد، جرم آن چقدر باشد تا بدون اینکه تغییر جرم بدهد با قطعه یخ به تعادل برسد؟ ($c_{\text{یخ}} \simeq \frac{c_{\text{آب}}}{2}$)

سخت - منتهای ۱۳۹۶

بخش چهارم: تغییر حالت های ماده | تغییر حالت جامد - مایع، گرمای نهان ذوب

متوسط - منتهای ۱۳۹۶

۲۹- با توجه به نمودار مقابل گرمای نهان و ظرفیت گرمایی جسم $2kg$ را محاسبه کنید.



متوسط - منما - ۱۳۹۶

۳۰ - چند کیلوژول گرما از $5kg$ آب $40^{\circ}C$ بگیریم تا به یخ، دمای $20^{\circ}C$ تبدیل شود؟

$$(c_{\text{آب}} = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^{\circ}C}, c_{\text{یخ}} = 2220 \frac{J}{kg \cdot ^{\circ}C}, L_F \simeq 334 \frac{kJ}{kg})$$

ترکیبی (جامد - مایع - گاز)

۳۱ - در چاله کوچکی $1kg$ آب $0^{\circ}C$ قرار دارد. اگر بر اثر تبخیر سطحی قسمتی از آب تبخیر شود. بقیه آن یخ بندد، آب یخ زده چقدر است؟
 سخت - منما - ۱۳۹۶

$$(L_V = 2490 \frac{kJ}{kg})$$

تغییر حالت مایع - بخار، تبخیر سطحی، گرمای نهان تبخیر

۳۲ - $1.2L$ آب را درون یک کتری الکتریکی ریخته ایم. اگر توان این کتری برابر با $2kW$ باشد و شصت درصد توان آن صرف گرم کردن آب شود:
 الف) چقدر گرما برای بخار کردن کل آب لازم است؟ (گرمای از شروع جوشیدن تا تبخیر کامل را به دست بیاورید)
 ب) چه زمانی برای فرایند قسمت الف لازم است؟

$$(L_V = 2256 \frac{kJ}{kg})$$

متوسط - منما - ۱۳۹۶

بخش سوم: گرما | دمای تعادل بدون تغییر حالت

۳۳ - به m_1 کیلوگرم آب $100^{\circ}C$ ، m_2 کیلوگرم آب $30^{\circ}C$ می افزاییم. نهایتاً $14kg$ آب $50^{\circ}C$ حاصل می شود. m_1 و m_2 را محاسبه کنید.
 سخت - منما - ۱۳۹۶

$$(c_{\text{آب}} = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^{\circ}C})$$

گرماسنج و گرماسنجی

۳۴- درون گرماسنجی به ظرفیت گرمایی $380 \frac{J}{K}$ مقداری آب $25^\circ C$ قرار دارد و مجموعه در حال تعادل است. اگر درون ظرف مقدار آب به دمای $50^\circ C$ بریزیم، نهایتاً $1.1 kg$ آب با دمای تعادل $37.6^\circ C$ خواهیم داشت. مقدار اولیه و مقدار ثانویه آب را محاسبه کنید. $(c_{\text{آب}} = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C})$

سخت- منما- ۱۳۹۶

۳۵- درون گرماسنجی به ظرفیت گرمایی $200 \frac{J}{K}$ که در دمای $20^\circ C$ در حال تعادل است، چقدر آب $50^\circ C$ بریزیم تا دمای مجموعه $45.2^\circ C$ شود؟ $(c_{\text{آب}} = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C})$

سخت- منما- ۱۳۹۶

۳۶- برای پیدا کردن گرمای ویژه یک آلیاژ، $25g$ از آن را به دمای $140^\circ C$ می‌رسانیم و درون گرماسنجی که با $50g$ آب $25^\circ C$ در تعادل است، می‌اندازیم. اگر دمای تعادل $30^\circ C$ بشود گرمای ویژه و ظرفیت گرمایی آلیاژ را به دست بیاورید. $(C_{\text{گرماسنج}} = 100 \frac{J}{^\circ C}, c_{\text{آب}} = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C})$

سخت- منما- ۱۳۹۶

۳۷- برای تعیین ظرفیت گرمایی یک گرماسنج در ابتدا گرماسنج را در محیطی که دمای آن $20^{\circ}C$ است قرار می‌دهیم و منتظر می‌مانیم تا به تعادل گرمایی برسد، سپس درون آن $250g$ آب با دمای $25^{\circ}C$ می‌ریزیم و متوجه می‌شویم که دمای تعادل $24.2^{\circ}C$ شده است. ظرفیت گرمایی گرماسنج را بیابید. $(c_{\text{آب}} = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^{\circ}C})$

متوسط - منته - ۱۳۹۶

۳۸- در یک ظرف شیشه‌ای به ظرفیت گرمایی $350 \frac{J}{^{\circ}C}$ ، یک کیلوگرم آب $20^{\circ}C$ سلسیوس ریخته‌ایم و مجموعه در حال تعادل است. اگر یک قطعه نقره به وزن $0.5kg$ و دمای $100^{\circ}C$ را درون ظرف بیاندازیم، دمای تعادل مجموعه چقدر می‌شود؟ $(c_{\text{نقره}} = 900 \frac{J}{kg \cdot ^{\circ}C}, c_{\text{آب}} = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^{\circ}C})$

متوسط - منته - ۱۳۹۶

ظرفیت گرمایی، گرمای ویژه

۳۹- درون یک کتری برقی به جرم $1kg$ و توان $1kW$ ، $2kg$ آب می‌ریزیم. اگر دمای اولیه آب $15^{\circ}C$ باشد و شصت درصد توان آن صرف گرم کردن کتری و آب شود چقدر طول می‌کشد تا آب درون کتری بجوشد؟

متوسط - منته - ۱۳۹۶

$$(c_{\text{کتری}} \simeq 500 \frac{J}{kg \cdot ^{\circ}C}, c_{\text{آب}} = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^{\circ}C})$$

دمای تعادل بدون تغییر حالت

۴۰- چند کیلوگرم آب $60^{\circ}C$ را با دو کیلوگرم آب $42^{\circ}C$ مخلوط کنیم تا مجموعاً آب با دمای $54^{\circ}C$ داشته باشیم؟

متوسط - منته - ۱۳۹۶

$$(c_{\text{آب}} \simeq 4200 \frac{J}{kg \cdot ^{\circ}C})$$

۴۱- درون ظرفی 2 kg آب 20°C وجود دارد. اگر 2 kg آب دریا به مجموعه اضافه کنیم دمای تعادل برابر با 29°C می شود. دمای اولیه آب دریا چقدر بوده است؟

$$(c_{\text{آب}} \simeq 4200 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}, c_{\text{آب دریا}} = 3900 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}})$$

۴۲- مقداری آب با دمای 20°C درون ظرف عایقی قرار دارد. 1 kg جیوه به دمای اولیه 10°C درون ظرف می ریزیم. پس از برقراری تعادل دمای تعادل به 22°C می رسد. جرم آب درون ظرف چقدر است؟

$$(c_{\text{جیوه}} = 140 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}, c_{\text{آب}} = 4200 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}})$$

گرماسنج و گرماسنجی

۴۳- گرماسنجی به جرم 200 g از مس ساخته شده است. یک قطعه 80 گرمی از یک ماده نامعلوم همراه با 50 گرم آب به درون گرماسنج ریخته می شود. اکنون دمای این مجموعه 30°C شده است. در این هنگام 100 گرم آب 70°C به گرماسنج اضافه می شود، دمای تعادل 52°C می شود. گرمای ویژه قطعه را محاسبه کنید.

$$(c_{\text{مس}} = 400 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}, c_{\text{آب}} = 4200 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}})$$

۴۴- برای اندازه گیری گرمای ویژه فلزی با جنس نامعلوم قطعه 5 کیلوگرمی از آن را تا دمای 100°C گرم می کنیم و سپس آن را درون گرماسنجی با ظرفیت گرمایی $1800 \frac{J}{K}$ که حاوی 5 kg آب با دمای اولیه 13°C است می اندازیم. اگر دمای نهایی مجموعه 22°C شود، گرمای ویژه این فلز چقدر است؟ $(c_{\text{آب}} = 4200 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}})$

دمای تعادل بدون تغییر حالت

۴۵- جسمی به جرم 25 kg و دمای 37°C را درون ظرف عایقی حاوی 5 kg آب 25°C می‌اندازیم. پس از چند دقیقه دمای تعادل را اندازه می‌گیریم. دمای تعادل 21°C می‌شود. گرمای ویژه جسم را محاسبه کنید. از تبادل گرمایی بین ظرف محیط اطراف چشم‌پوشی کنید.

$$(c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}})$$

متوسط - منما - ۱۳۹۶

۴۶- در ظرف عایقی حاوی 4 kg آب 20°C ، یک قطعه آلومینیم 1 kg کیلوگرمی به دمای 50°C و یک قطعه فلز دیگر به جرم 2 kg و به دمای 60°C و گرمای ویژه نامعلوم می‌ریزیم و دمای تعادل را اندازه می‌گیریم. دمای تعادل تقریباً 23°C شده است. با چشم‌پوشی از تبادل گرما بین ظرف و محیط اطراف گرمای ویژه فلز را محاسبه کنید.

متوسط - منما - ۱۳۹۶

$$(c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}, c_{\text{آلومینیم}} = 900 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}})$$

ظرفیت گرمایی، گرمای ویژه

۴۷- در یک لامپ التهای از یک رشته تنگستن به جرم یک گرم استفاده شده است. اگر این لامپ التهای 100 W باشد. چند ثانیه طول می‌کشد که دمای رشته تنگستن به اندازه 2150°C افزایش یابد؟ $(C_{\text{تنگستن}} = 134 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}})$

متوسط - منما - ۱۳۹۶

۴۸- یک کیلوگرم آهن را با چهار کیلوگرم آلومینیم آلیاژ می‌کنیم. گرمای ویژه آلیاژ چقدر است؟ $(c_{\text{آهن}} = 460 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}, c_{\text{آلومینیم}} = 900 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}})$

سخت - منما - ۱۳۹۶

۴۹-۲۵. کیلوگرم نقره را با یک کیلوگرم آلومینیم آلیاژ می‌کنیم. گرمای ویژه آلیاژ چقدر است؟

سخت- منتا- ۱۳۹۶

$$\left(c_{\text{آلومینیم}} = 900 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}, c_{\text{نقره}} \simeq 240 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \right)$$

۵۰- یک گلوله سربی به جرم $25g$ که با سرعت $600 \frac{m}{s}$ حرکت می‌کند به یک کره کوچک مسی به جرم یک کیلوگرم برخورد می‌کند و در آن متوقف می‌شود. اگر تمام انرژی جنبشی گلوله به حرارت تبدیل شود و کره و گلوله به‌طور یکنواخت گرم شوند افزایش دمای آنها را پیدا کنید.

سخت- منتا- ۱۳۹۶

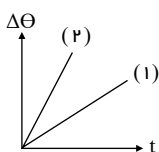
$$\left(c_{\text{سرب}} \simeq 130 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}, c_{\text{مس}} \simeq 400 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \right)$$

۵۱- قطعه فلزی را درون یک ظرف مایع انداخته‌ایم. جرم مایع سه برابر جرم قطعه فلز است. به مجموعه گرما می‌دهیم. می‌دانیم که فلز 10% گرمای کل داده‌شده و مایع 90% از گرمای کل داده‌شده را جذب می‌کند. اگر مجموعه در تعادل گرمایی باشد ظرفیت گرمایی مایع چند برابر ظرفیت گرمایی فلز است؟

متوسط- منتا- ۱۳۹۶

۵۲- به اجسام (۱) و (۲) توسط دو گرمکن مشابه گرما می‌دهیم. مشاهده می‌شود که دمای اجسام بالا می‌رود و نمودار زیر حاصل می‌شود. گرمای ویژه کدام فلز بزرگ‌تر است. (جرم اجسام (۱) و (۲) با هم برابر است)

متوسط- منتا- ۱۳۹۶

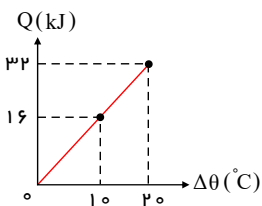


۵۳- دمای یک قطعه فلز ۰/۶ کیلوگرمی را توسط یک گرمکن ۵۰ واتی در مدت ۱۱۰s از $18^{\circ}C$ به $38^{\circ}C$ رسانده ایم. این آزمایش برای گرمای ویژه فلز چه مقداری را به دست می دهد؟
 حدس می زنید که این پاسخ از مقدار واقعی گرمای ویژه فلز بیشتر باشد یا کمتر؟ توضیح دهید.

متوسط - منتهای ۱۳۹۶

۵۴- برای گرم کردن $200g$ آب جهت تهیه چای از یک گرمکن الکتریکی غوطه ور در آب استفاده می کنیم. روی برچسب این گرمکن $200W$ نوشته شده است. با نادیده گرفتن اتلاف گرما، زمان لازم برای رساندن دمای آب از $30^{\circ}C$ به $100^{\circ}C$ را محاسبه کنید. $(c_{\text{آب}} = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^{\circ}C})$

سخت - منتهای ۱۳۹۶



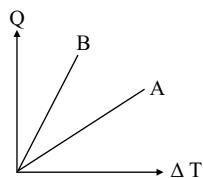
متوسط - منتهای ۱۳۹۶

۵۵- نمودار گرمای داده شده به جسم بر حسب تغییر دمای جسمی به صورت زیر داده شده است.

الف) ظرفیت گرمایی این جسم چقدر است؟

ب) اگر جرم جسم $2kg$ باشد گرمای ویژه آن چقدر است؟

ج) اختلاف دمای این جسم بعد از دریافت چند کیلوژول گرما به $30^{\circ}C$ می رسد؟



متوسط - منتهای ۱۳۹۶

۵۶ - نمودار تغییرات گرما بر حسب دمای دو جسم به صورت زیر است:

الف) کدام جسم ظرفیت گرمایی بزرگ‌تری دارد؟

ب) در مورد گرمای ویژه این دو جسم چه می‌توان گفت؟

۵۷ - مقدار گرمایی که لازم است دو کیلوگرم مس را از دمای $10^{\circ}C$ به دمای $100^{\circ}C$ برساند را به $4kg$ آلومینیم می‌دهیم. اگر آلومینیم در ابتدا در

متوسط - منتهای ۱۳۹۶

دمای $10^{\circ}C$ بوده، دمای نهایی فلز آلومینیم چقدر است؟ $(C_{\text{مس}} \simeq 400 \frac{J}{kg \cdot ^{\circ}C}, C_{\text{آلومینیم}} = 900 \frac{J}{kg \cdot ^{\circ}C})$

دمای تعادل بدون تغییر حالت

۵۸ - در یک کلاس درس اجسام میز، صندلی، تخته، شیشه و پنجره وجود دارد. اگر دانش‌آموزی در یک روز سرد زمستانی وارد این کلاس درس شود،

متوسط - منتهای ۱۳۹۶

دمای کدامیک از اجسام و دانش‌آموز بیش از دمای اتاق است؟ دمای کدامیک کمتر از دمای اتاق است؟

متوسط - منتهای ۱۳۹۶

۵۹ - منظور از این جمله که «دماسنج‌های معمولی دمای خودشان را اندازه‌گیری می‌کنند» چیست؟

بخش دوم: انبساط گرمایی | انبساط طولی

۶۰ - می‌خواهیم یک محور فولادی به قطر $10,702cm$ را درون روزنه‌ای یک چرخ‌دنده از جنس آلومینیم به قطر $10cm$ جا بزنیم. محور و چرخ‌دنده را چند

سخت - منتهای ۱۳۹۶

درجه گرم کنیم تا بتوانیم محور را درون روزنه‌ی چرخ‌دنده جا بزنیم؟ $(\alpha_{\text{فولاد}} = 12 \times 10^{-6} \frac{1}{K}, \alpha_{\text{آلومینیم}} = 23 \times 10^{-6} \frac{1}{K})$

انبساط مایعات

۶۱- درون ظرف مسی به حجم $10L$ در دمای صفر درجه، چقدر بنزین بریزیم تا در دمای $50^{\circ}C$ ظرف لبریز از بنزین شود و هیچ بنزینی بیرون از ظرف نریزد؟ $\left(\alpha_{\text{مس}} = 17 \times 10^{-6} \frac{1}{K}, \beta_{\text{بنزین}} = 1700 \times 10^{-3} \frac{1}{K}\right)$

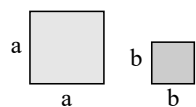
سخت- منتهای ۱۳۹۶

۶۲- درون ظرف فولادی به حجم $4L$ در دمای صفر درجه چقدر روغن زیتون بریزیم تا در دمای $100^{\circ}C$ ظرف لبریز از روغن زیتون باشد؟ (روغن بیرون ظرف نمی‌ریزد) $\left(\alpha_{\text{فولاد}} = 12 \times 10^{-6} \frac{1}{K}, \beta_{\text{روغن زیتون}} = 0.7 \times 10^{-3} \frac{1}{K}\right)$

سخت- منتهای ۱۳۹۶

انبساط سطحی

۶۳- دو مربع به طول اضلاع a و b در اختیار داریم. در ابتدا مساحت مربع به طول ضلع a چهار برابر مساحت مربع به طول ضلع b است. اگر ضریب انبساط مربع‌ها به صورت $\alpha_a = 2\alpha_b$ و تغییر دمای هر دو مربع به یک اندازه باشد: الف) افزایش ضلع مربع a چند برابر ضلع مربع b است؟ متوسط- منتهای ۱۳۹۶

ب) افزایش قطر مربع a چند برابر افزایش قطر مربع b است؟ج) افزایش مساحت مربع a چند برابر افزایش مساحت مربع به ضلع b است؟

انبساط مایعات

۶۴- مقداری بنزین در یک مخزن استوانه‌ای به ارتفاع $15m$ ریخته شده است. در دمای $-15^\circ C$ ، فاصله بین سطح بنزین و بالای ظرف برابر با $30cm$ است. اگر از انبساط مخزن در نتیجه افزایش دما چشم‌پوشی شود، در چه دمایی بنزین سرریز می‌شود. $(\beta_{\text{بنزین}} = 10^{-3} \frac{1}{K})$ متوسط - منما - ۱۳۹۶

انبساط سطحی

۶۵- ورقه‌ای فلزی و مستطیل شکل به اضلاع a_1 و b_1 در نظر بگیرید. بر اثر افزایش دما ΔT طول اضلاع مستطیل به اندازه Δa و Δb افزایش می‌یابد. اگر ضریب انبساط طولی ورقه α باشد، نشان دهید که افزایش مساحت این ورقه با تقریب مناسب از رابطه $\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T$ به دست می‌آید. متوسط - منما - ۱۳۹۶

انبساط طولی

۶۶- طول یک میله آلومینیم در دمای اتاق $58cm$ است. طول یک میله سربی را در همان دما چقدر اختیار کنیم تا در هر دمای دیگری (کمتر از دمای ذوب آنها) اختلاف طول دو میله همواره ثابت باشد؟ $(\alpha_{\text{سرب}} = 29 \times 10^{-6} \frac{1}{K}, \alpha_{AL} = 23 \times 10^{-6} \frac{1}{K})$ سخت - منما - ۱۳۹۶

بخش اول: دما و دماسنجی

۶۷- برای اندازه‌گیری دمای یک جسم توسط دماسنج به چه نکاتی باید توجه کرد؟

متوسط - منما - ۱۳۹۶

پاسخنامه تشریحی

۱ - چگالی آب برابر با یک است. یعنی هر لیتر آن یک کیلوگرم وزن دارد بنابراین ۲L آب ۲kg وزن دارد. رابطه توان به صورت زیر است:

$$P = \frac{Q}{t} \Rightarrow Q = Pt$$

از طرفی رابطه گرما و افزایش دما به صورت زیر است:

$$Q = m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta \theta \Rightarrow Pt = m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta \theta \Rightarrow t = \frac{m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta \theta}{P} = \frac{2 \text{ kg} (4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{C}}) (50^\circ \text{C})}{200}$$

$$\Rightarrow t = 2100 \text{ s} = 35 \text{ min} \rightarrow \text{سی و پنج دقیقه}$$

حال اگر ۷۰ درصد انرژی گرمکن توسط آب جذب شود روابط به صورت زیر می شود:

$$Q = \frac{V_0}{100} \times Pt = \frac{V}{100} Pt$$

$$\frac{V}{100} Pt = m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta \theta \Rightarrow t = \frac{m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta \theta}{\frac{V}{100} P} = \frac{2 \text{ kg} (4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{C}}) (50^\circ \text{C})}{\frac{V}{100} \times 200}$$

$$t = 3000 \text{ s} = 50 \text{ min} \rightarrow \text{پنجاه دقیقه}$$

۲ - با توجه به گرمای نهان ویژه تبخیر، یخ به صورت کامل ذوب می شود و آب ۴۰° درجه و یخ ذوب شده هر دو به دمای ۱۰۰° می رسند و این گرما را از بخار ۱۰۰° می گیرند.

$$Q_{c_1} = m_{\text{یخ}} C_{\text{یخ}} \Delta \theta_{\text{یخ}} = 20 \times 10^{-3} \times 2100 \times 10 = 420$$

برای تبدیل یخ ۱۰° به یخ صفر درجه

$$Q_{c_2} = m_{\text{یخ}} L_F = 20 \times 10^{-3} \times 330000 = 6600$$

برای تبدیل یخ صفر به آب صفر درجه

$$Q_{c_3} = m_{\text{آب}} C_{\text{آب}} \Delta \theta_{\text{آب}} = 20 \times 10^{-3} \times 4200 \times 100 = 8400$$

برای تبدیل آب صفر درجه به آب ۱۰۰°

$$Q_{c_4} = m'_{\text{آب}} C_{\text{آب}} \Delta \theta_{\text{آب}} = 60 \times 10^{-3} \times 4200 \times 60 = 15120$$

برای تبدیل آب ۴۰° به آب ۱۰۰°

$$Q_{c_T} = 420 + 6600 + 8400 + 15120 = 30540$$

گرمای مورد نیاز برای رسیدن به دمای ۱۰۰°

$$Q_{c_T} = m' L_V \Rightarrow 30540 = m' \times 2545000$$

$$m' = 12 \times 10^{-3} \text{ kg} = 12 \text{ gr}$$

یعنی ۱۲ گرم از بخار به آب ۱۰۰° تبدیل می شود و نهایتاً ۹۲ گرم آب ۱۰۰° و ۱۸ گرم بخار ۱۰۰° خواهیم داشت.

- ۳

$$Q = m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta \theta = (1 \text{ kg}) (4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{C}}) (50^\circ \text{C}) = 21000 \text{ J}$$

$$21000 \text{ J} = m_{\text{آلومینیم}} c_{\text{آلومینیم}} \Delta \theta = (1 \text{ kg}) (900 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{C}}) (\Delta \theta)$$

$$\Rightarrow \Delta \theta \approx 233, \Delta \theta = \theta_f - 20 = 233 \Rightarrow \theta_f = 253^\circ \text{C}$$

مقدار گرمایی که یک کیلوگرم آب را از ۲۰° به ۷۰° می رساند، یک کیلوگرم آلومینیم را از ۲۰° درجه سلسیوس به ۲۵۳° می رساند. این نشان دهنده گرمای ویژه بزرگ آب دارد.

۴ - به دلیل کاهش دما، حجم سوخت کاهش می یابد.

$$\Delta V = V_0 \beta \Delta T = (30 \times 10^3 \text{ L}) (12.5 \times 10^{-3} \frac{1}{K}) (-20 \text{ K}) = -7500 \text{ L}$$

$$\text{میزان سوخت تحویل داده شده} = 30000 \text{ L} - 7500 \text{ L} = 22500 \text{ L}$$

۵ - دلیل سوزنی شدن برگ ها برای حفظ آب بیشتر برای حیات گیاه است. می دانیم که هرچه مساحت برگ بیشتر باشد فرایند تبخیر سطحی از گیاه بیشتر است بنابراین برگ های سوزنی در بیابان دوام بیشتری دارند.

۶ -

$$Q_{\text{آب}} + Q_{\text{ظرف}} + Q_{\text{جیوه}} = 0$$

$$m_{\text{أب}}c_{\text{أب}}(\theta - \theta_{\text{أب}}) + m_{\text{جيوه}}c_{\text{جيوه}}(\theta - \theta_{\text{جيوه}}) + m_{\text{طرف}}c_{\text{طرف}}(\theta - \theta_{\text{طرف}}) = 0$$

$$\theta = \frac{m_{\text{أب}}c_{\text{أب}}\theta_{\text{أب}} + m_{\text{جيوه}}c_{\text{جيوه}}\theta_{\text{جيوه}} + m_{\text{طرف}}c_{\text{طرف}}\theta_{\text{طرف}}}{m_{\text{أب}}c_{\text{أب}} + m_{\text{جيوه}}c_{\text{جيوه}} + m_{\text{طرف}}c_{\text{طرف}}}$$

$$= \frac{(1kg)(\text{٢٢} \circ \frac{J}{kg \cdot \circ C})(\text{٢٤} \circ C) + (٦kg)(\text{١٤} \circ \frac{J}{kg \cdot \circ C})(\text{١١} \circ C) + (٥kg)(\text{٨٤} \circ \frac{J}{kg \cdot \circ C})(\text{٢٢} \circ C)}{(1kg)(\text{٢٢} \circ \frac{J}{kg \cdot \circ C}) + (٦kg)(\text{١٤} \circ \frac{J}{kg \cdot \circ C}) + (٥kg)(\text{٨٤} \circ \frac{J}{kg \cdot \circ C})}$$

$$\theta = \text{٢} \circ C$$

- y

$$\Delta L = \alpha_{\text{بن}} L \Delta T = 12 \times 10^{-6} \frac{1}{K} \times 50m \times 35K = 0.021m$$

بین هریک از بخش‌های بتنی پل باید فاصله $2/1\text{ cm}$ وجود داشته باشد تا اثر انبساط پل موجب تاب برداشتن بتن نشود.

۸ - میله‌ها منبسط می‌شوند و طول آنها افزایش می‌یابد، بنابراین رابطه زیر باید برقرار باشد:

$$\Delta L_{\text{برنج}} = \alpha_{\text{برنج}} L_{\text{برنج}} \Delta T = 19 \times 10^{-6} \frac{1}{K} \times 2m \times (T - 293,15)$$

$$\Delta L_{\text{سرب}} = L_{\text{سرب}} \Delta T = 29 \times 10^{-6} \frac{1}{K} \times 2m \times (T - 293,15)$$

$$\Delta L_{\text{سرب}} - \Delta L_{\text{پرچ}} = 10^{-3} m$$

$$\Rightarrow 29 \times 10^{-6} \times 2 \times (T - 293,15) - 19 \times 10^{-6} \times 2 \times (T - 293,15) = 10^{-3}$$

$$\Rightarrow 2 \times 10^{-6} \times (T - 293,15)(29 - 19) = 10^{-3} \Rightarrow T - 293,15 = 50$$

$$\Rightarrow T = 343,15 K \text{ u } 70^{\circ}C$$

۹- چون ذکر شده که چقدر از یخ باقی می ماند، مجموعه دمای تعادل صفر است. گرمایی که گرماسنج و آب نسبت به دمای تعادل (صفر درجه سلسیوس) دارند برابر است با:

$$Q_1 = Q_{\text{آب}} + Q_{\text{گرماسنج}} = Q_{\text{آب}} = m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta\theta = (0.5 \text{ kg}) (4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}) (0 - 5^\circ\text{C}) = -10450 \text{ J}$$

$$Q_{\text{گرماینج}} = C_{\text{گرماینج}} \Delta\theta = (124 \frac{J}{^\circ C})(0 - 5^\circ C) = -620 J, \quad Q_1 = -10500 J - 620 J = -11120 J$$

گرمایی که یخ می‌گیرد تا به دمای تعادل صفر درجه برسد:

$$Q_{\text{cu}} = m_{\text{cu}} c_{\text{cu}} \Delta\theta = (0.2 \text{ kg})(0.39 \text{ J/kg}\cdot^\circ\text{C})(0 - (-10^\circ\text{C})) = +7.8 \text{ J}$$

میزان گرمایی که صرف آب کردن یخ می‌شود برابر با مجموع گرماهاست داریم:

$$Q = Q_{\dot{\chi}_1} + Q_1 = 444 \circ J - 1112 \circ J = -668 \circ J$$

$$Q = -mL_F \Rightarrow -66\text{A}\cdot = -m(33\text{F} \times 10^{\text{r}} \frac{J}{kg}) \Rightarrow m = 20 \times 10^{-\text{r}} kg$$

۲۰ گرم از یخ ذوب می‌شود و 180g از آن باقی می‌ماند.

۱۰ - الف) ظرفیت گرمایی بدن شخص برابر است با:

$$C_{\text{شخص}} = m_{\text{شخص}} C_{\text{انسان}} = (50 \text{ kg}) \left(3480 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right) = 1.74 \times 10^5 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

اگر این مقدار گرما از بدن شخص بگیریم دمای بدن او یک درجه کاهش می‌یابد. حال سوال این است که چقدر آب باید تبخیر شود تا دمای آن یک درجه پایین بیاید. داریم:

$$Q = C \Delta \theta, \Delta \theta = 1^\circ \text{C}$$

$$Q = mL_V \Rightarrow 1 \vee_{\mathcal{F}} \times 1 \circ^{\mathcal{F}} J = m(\mathcal{V}_{\mathcal{F}} \times 1 \circ^{\mathcal{F}} \frac{J}{kq})$$

$$m \simeq \circ_{\circ} \mathbf{V}\mathbf{I}kg = \mathbf{V}\mathbf{I}g$$

کافی است 72 g آب از بدن شخص بخار شود تا دمای او یک درجه پایین آید.

(ب) چگالہ، آب کی است بنا بر این ابن شخص، باید 72 cm^3 آب بنوشد.

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{\gamma \rho_g}{V}$$

$$V = 12 \text{ cm}^3$$

۱۱ - الف) توان این گرمکن 200 W است. بنابراین مقدار گرمایی که به آب محیط در مدت t ثانیه وارد می‌شود برابر است با:

$$Q_{\text{گرمکن}} = P_{\text{گرمکن}} t$$

برای بخار کردن آب 100°C داریم:

$$Q_{\text{گرمکن}} = mL_V \Rightarrow P_{\text{گرمکن}} t = mL_V, \quad t = \frac{mL_V}{P_{\text{گرمکن}}}$$

$$t = \frac{(0.1 \text{ kg})(2256 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}})}{200 \text{ W}} = 1128 \text{ s} = 18.8 \text{ min}$$

$$Q_{\text{گرمکن}} = mL_F \Rightarrow P_{\text{گرمکن}} t = mL_F \Rightarrow m = \frac{P_{\text{گرمکن}} t}{L_F}$$

$$m = \frac{(2000)(11288)}{333.7 \times 10^3 \frac{J}{kg}} \simeq 0.68 kg$$

۱۲ -

$$Q_{\text{آب}} + Q_{\text{الکل}} = 0 \Rightarrow m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} (\theta - \theta_{1\text{آب}}) + m_{\text{الکل}} c_{\text{الکل}} (\theta - \theta_{1\text{الکل}}) = 0$$

$$\theta = \frac{m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \theta_{1\text{آب}} + m_{\text{الکل}} c_{\text{الکل}} \theta_{1\text{الکل}}}{m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} + m_{\text{الکل}} c_{\text{الکل}}} = \frac{4(4200)(50) + 7(2400)(20)}{4 \times 4200 + 7 \times 2400} = 35^\circ C$$

۱۳ - قطر سر مته و سوراخ در دمای $200^\circ C$ با هم برابر است. بنابراین:

$$\Delta T = 200^\circ C - 20^\circ C = 180^\circ C$$

$$\Delta L = L_r - L_1 \rightarrow L_r = L_1 + \Delta L = L(1 + \alpha \Delta T)$$

$$L_{\text{مته}}(1 + \alpha_{\text{مته}} \Delta T) = L_{\text{سوراخ}}(1 + \alpha_{\text{سوراخ}} \Delta T) \Rightarrow$$

$$L_{\text{سوراخ}} = \frac{L_{\text{مته}}(1 + \alpha_{\text{مته}} \Delta T)}{1 + \alpha_{\text{سوراخ}} \Delta T} = \frac{2cm(1 + 12 \times 10^{-6} \times 180)}{1 + 17 \times 10^{-6} \times 180} \simeq 1.998cm$$

۱۴ - با توجه به رابطه‌ی چگالی داریم: $\rho_1 = \frac{m}{V_1}$

با افزایش دما چگالی به این صورت تغییر خواهد کرد:

$$\rho_r = \frac{m}{V_1 + \Delta V} = \frac{m}{V(1 + \beta \Delta T)} \xrightarrow{m=\rho_1 V_1}$$

$$\rho_r = \frac{\rho_1}{1 + \beta \Delta T} \Rightarrow \rho_r = \rho_1 (1 + \beta \Delta T)^{-1} \simeq \rho_1 (1 - \beta \Delta T)$$

چون β عدد کوچکی است می‌توان از تقریب بالا استفاده کرد.

۱۵ -

$$\Delta V_{\text{روغن زیتون}} = \beta_{\text{روغن زیتون}} V_1 \Delta T = 0.70 \times 10^{-3} \frac{1}{K} \times 250cm^3 \times 50 = 8.75cm^3$$

$$\Delta V_{\text{ظرف}} = \alpha V_1 \Delta T = 3 \times 10^{-6} \frac{1}{K} \times 250cm^3 \times 50 = 0.375cm^3$$

با توجه به اینکه $8.75 > 0.375$ بنابراین حتماً روغن زیتون بیرون خواهد ریخت و میزان آن برابر است با:

$$\Delta V_{\text{روغن}} - \Delta V_{\text{ظرف}} = 8.75cm^3 - 0.375cm^3 = 8.375cm^3$$

۱۶ - چون طول اولیه‌ی میله‌ها در دمای $20^\circ C$ یکسان است، با افزایش دما، تغییر طول میله‌ی آلومینیومی به‌ازای هریک درجه‌ی سلسیوس، به‌اندازه‌ی 10^{-5} واحد طول، از میله‌ی فولادی بیشتر است.

بنابراین اگر میله‌ی آلومینیومی بخواهد یک میلی‌متر یعنی 10^{-3} واحد تغییر کند، باید دما 100 درجه‌ی سلسیوس (معادل $\frac{10^{-3}}{10^{-5}}$) افزایش یابد یعنی:

$$\Delta L_{\text{فولاد}} = \alpha_{\text{فولاد}} L_{\text{فولاد}} \Delta T = 13 \times 10^{-6} \frac{1}{^\circ C} \times 1m \times (T - 20)$$

$$\Delta L_{\text{آلومینیوم}} = \alpha_{\text{آلومینیوم}} L_{\text{آلومینیوم}} \Delta T = 23 \times 10^{-6} \frac{1}{^\circ C} \times 1m \times (T - 20)$$

$$\Delta L_{\text{آلومینیوم}} - \Delta L_{\text{فولاد}} = 10^{-3} m$$

$$\Rightarrow 23 \times 10^{-6} \frac{1}{^\circ C} \times m \times (T - 20) - 13 \times 10^{-6} \frac{1}{^\circ C} \times 1m \times (T - 20) = 10^{-3} m$$

$$\Rightarrow 10^{-6} (T - 20)(23 - 13) = 10^{-3} \Rightarrow T - 20 = 100 \Rightarrow T = 120^\circ C$$

۱۷ -

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T = (17 \times 10^{-6} \frac{1}{K})(350m)(30K) = 0.1785m$$

در تابستان کابل‌های مسی دکل‌های فشار برق دارای قوس بیشتری هستند اما در زمستان این قوس به وضوح کمتر است.

۱۸ -

$$Q_{\text{کل}} = (1kg)(330 \frac{kg}{kg}) + (1kg + 0.8kg)(4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C})(60^\circ C - 0^\circ C)$$

$$Q_{\text{کل}} = 33 \times 10^4 J + 37.8 \times 10^4 J = 70.8 \times 10^4 J$$

$$P_{\text{گرمکن}} = \frac{Q_{\text{کل}}}{t} = \frac{70.8 \times 10^4 J}{1416s} = 500w$$

۱۹ - در اینجا نیاز به یک دمای حدسی برای سنجیدن گرماها داریم بهترین انتخاب $0^\circ C$ می‌باشد یعنی فرض کنیم که همه به آب صفر درجه تبدیل شوند. بنابراین داریم:

$$Q_1 = m_{\text{بخار}} L_V + m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta \theta + m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta \theta \leftarrow \text{آزاد شده}$$

$m_{\text{میعان}} \leftarrow$ جرم بخار آبی است که تبدیل به آب صفر درجه شده است.

$$Q_1 = (10 \times 10^{-3} \text{ kg})(2256 \times 10^3 \frac{J}{\text{kg}}) + (10 \times 10^{-3} \text{ kg})(4200 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}})(100^\circ\text{C} - 0) \\ + (60 \times 10^{-3} \text{ kg})(4200 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}})(10^\circ\text{C} - 0) = 29280 \text{ J}$$

برای تعیین Q_2 میزان گرمایی که لازم است تا یخ به آب دمای حدسی صفر درجه برسد، داریم:

لازم

$$Q_2 = m_{\text{یخ}} L_F + m_{\text{یخ}} c_{\text{یخ}} \Delta\theta = (0.2 \text{ kg})(334 \times 10^3 \frac{J}{\text{kg}}) + (0.2 \text{ kg})(2220 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}})(0 - (-14^\circ\text{C}))$$

$$Q_2 = 66800 \text{ J} + 6216 \text{ J} = 73016 \text{ J}$$

مشاهده می شود که $Q_2 > Q_1$ است بنابراین دمای آب همان صفر درجه خواهد شد و فقط بخشی از یخ آب می شود داریم:

$$Q_2 = m_{\text{یخ}} c_{\text{یخ}} \Delta\theta = (0.2 \text{ kg})(2220 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}})(0 - (-14^\circ\text{C})) = 6216 \text{ J}$$

$$Q_1 - Q_2 = 29280 \text{ J} - 6216 \text{ J} = 23064 \text{ J}$$

پس مقدار گرمای 23064 J صرف ذوب کردن بخشی از یخ می شود داریم:

$$Q = m L_F \Rightarrow 23064 \text{ J} = m_{\text{آب شده}} (334 \frac{J}{\text{kg}}) \Rightarrow m_{\text{آب شده}} \simeq 69 \text{ g}$$

$$\text{ترکیب نهایی} \rightarrow \begin{cases} 131 \text{ g} \rightarrow \text{یخ} \\ 139 \text{ g} \rightarrow \text{آب} \end{cases} \xrightarrow[\text{تعادل}]{\text{دمای}} 0^\circ\text{C}$$

۲۰ - برای تبدیل یک کیلوگرم یخ صفر درجه سلسیوس به یک کیلوگرم آب صفر درجه گرمای زیر لازم است:

$$Q_1 = m_{\text{یخ}} L_F = (1 \text{ kg})(333.7 \times 10^3 \frac{J}{\text{kg}}) = 333.7 \times 10^3 \text{ J}$$

حال اگر m گرم بخار آب صد درجه وارد کنیم این بخار اول گرما می دهد تا به آب صد درجه تبدیل شود و سپس گرما می دهد تا به آب صفر درجه تبدیل شود بنابراین:

$$Q_2 = m_{\text{بخار}} L_V + m_{\text{بخار}} c_{\text{آب}} \Delta\theta = m_{\text{بخار}} (2256 \times 10^3 \frac{J}{\text{kg}}) + m_{\text{بخار}} (4200 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}})(100^\circ\text{C} - 0)$$

$$Q_2 = 2256 \times 10^3 m_{\text{بخار}} + 420 \times 10^3 m_{\text{بخار}} = 2676 \times 10^3 m_{\text{بخار}}$$

می دانیم که علامت Q_2 منفی است چون گرما داده شده است داریم:

$$Q_1 = Q_2$$

$$333.7 \times 10^3 = 2676 \times 10^3 m_{\text{بخار}} \Rightarrow m_{\text{بخار}} = \frac{333.7}{2676} \simeq 0.125 \text{ kg}$$

حداقل میزان بخار آب لازم برای ذوب کردن 125 g یخ می باشد. می توان بخار بیشتر از این نیز به یخ افزود (در این صورت دمای تعادل صفر نخواهد بود) اما حداقل مقدار نیست و در اینجا حداقل مقدار خواسته شده است.

۲۱ - گرمای لازم برای تبدیل کردن یخ صفر درجه به بخار صد درجه برابر است با:

$$Q_{\text{کل}} = m_{\text{یخ}} L_F + m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta\theta + m_{\text{آب}} L_V$$

$$= (0.5 \text{ kg})(334 \times 10^3 \frac{J}{\text{kg}}) + (0.5 \text{ kg})(4200 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}})(100^\circ\text{C} - 0) + (0.5 \text{ kg})(2256 \times 10^3 \frac{J}{\text{kg}})$$

$$= 167 \times 10^3 \text{ J} + 210 \times 10^3 \text{ J} + 1128 \times 10^3 \text{ J} = 1505 \times 10^3 \text{ J}$$

حال این گرما توسط گرماده تأمین می شود، بنابراین برای تعیین زمان لازم داریم:

$$P = \frac{Q}{t} \Rightarrow t = \frac{Q}{P} = \frac{1505 \times 10^3 \text{ J}}{2000 \text{ W}} = 752.5 \text{ s}$$

$$t = \frac{752.5}{\frac{60}{1000}} = 12.54 \text{ s}$$

۲۲ - در ابتدا باید مطمئن شویم که کل یخ آب می شود داریم:

$$Q_1 = m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta\theta = (1 \text{ kg})(4200 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}})(25^\circ\text{C} - 0) = 10.5 \times 10^4 \text{ J}$$

گرمای لازم برای تبدیل کردن 200 g یخ -5°C به 200 g آب صفر درجه برابر است با:

$$Q_2 = m_{\text{یخ}} c_{\text{یخ}} \Delta\theta + m_{\text{یخ}} L_F = (0.2 \text{ kg})(2220 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}})(0 - (-5^\circ\text{C})) + (0.2 \text{ kg})(334 \times 10^3 \frac{J}{\text{kg}})$$

$$Q_2 = 2220 \text{ J} + 66800 \text{ J} = 69020 \text{ J}$$

می بینیم که $Q_2 < Q_1$ بنابراین کل یخ آب می شود و اختلاف Q_1 و Q_2 صرف گرم کردن آب صفر درجه می شود. داریم:

$$\begin{cases} m_1 \rightarrow \text{جرم آب اولیه} \\ m_2 \rightarrow \text{جرم یخ آب شده} \end{cases}$$

$$m_1 c_{\text{آب}} (\theta - 25^\circ\text{C}) + m_2 c_{\text{آب}} (\theta - 0^\circ\text{C}) + 69020 \text{ J} = 0$$

$$\theta = \frac{1075 \times 10^4 J - 69020 J}{c_{\text{آب}}(m_1 + m_2)} = \frac{35980 J}{(1 kg + 0.2 kg) \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}} \simeq 7^\circ C$$

۲۳ - برای اینکه ببینیم آب می تواند گرمای لازم برای ذوب یخ را تأمین کند، به صورت زیر عمل می کنیم:
ابتدا مقدار گرمایی یک کیلوگرم آب $25^\circ C$ نسبت به آب صفر درجه را محاسبه می کنیم داریم:

$$Q_1 = m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta \theta = (1 kg) \left(\frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \right) (25^\circ C - 0) = 1075 \times 10^4 J$$

حال مقدار گرمایی که $5^\circ C$ کیلوگرم یخ $-5^\circ C$ را به آب صفر درجه تبدیل می کند محاسبه می کنیم:

$$Q_2 = m_{\text{یخ}} c_{\text{یخ}} \Delta \theta + m_{\text{یخ}} L_F = (0.5 kg) (2220) (0 - (-5^\circ C)) + (0.5 kg) \left(334 \times 10^3 \frac{J}{kg} \right)$$

$$Q_2 = 5550 J + 167 \times 10^3 J = 172550 J$$

می بینیم که $Q_2 > Q_1$ است بنابراین کل یخ آب نمی شود و مقداری از یخ باقی می ماند و دمای تعادل صفر است؛ حالا چقدر از یخ ذوب می شود. داریم:

$$1075 \times 10^4 - 5550 = 99450 J \rightarrow \text{مقدار گرمایی که بخشی از یخ را آب می کند}$$

$$99450 = m' L_F = m' \left(334 \times 10^3 \frac{J}{kg} \right) \Rightarrow m' \simeq 0.3 kg = 300 g$$

تقریباً $300 g$ از یخ آب می شود.

۲۴ - چون مقداری از یخ باقی می ماند و مقداری ذوب می شود، دمای تعادل صفر است. مقدار گرمایی که آب و گرماسنج آزاد می کنند تا به دمای صفر درجه برسند برابر است با:

$$Q_1 = Q_{\text{آب}} + Q_{\text{گرماسنج}} \quad Q_{\text{آب}} = m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta \theta = (0.5 kg) \left(\frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \right) (5^\circ C - 0) = 10500 J$$

$$Q_{\text{گرماسنج}} = C_{\text{گرماسنج}} \Delta \theta = \left(238 \frac{J}{^\circ C} \right) (5^\circ C - 0) = 1190 J$$

$$Q_1 = 10500 J + 1190 J = 11690 J$$

گرمایی که یخ می گیرد تا به صفر درجه برسد برابر است با:

$$Q_2 = m_{\text{یخ}} c_{\text{یخ}} \Delta \theta = (66.8 \times 10^{-3} g) \left(\frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \right) (0 - (-10^\circ C)) = 1482.96 J$$

اختلاف Q_1 و Q_2 مقدار گرمایی است که یخ صفر درجه را به آب صفر درجه تبدیل می کند. داریم:

$$Q_1 - Q_2 = m' L_F \Rightarrow 10207.04 J = m' (334) \Rightarrow m' = 30.56 g$$

m' مقدار یخی است که آب شده است.

۲۵ - در ابتدا آب موجود در گرماسنج باعث می شود که یخ گرم شود و جود یخ باعث می شود که آب و گرماسنج سرد شوند، این فرایند ادامه دارد تا به تعادل گرمایی برسند.

دمای تعادل در اینجا صفر درجه سلسیوس است چون فقط در این دما (و فشار یک اتمسفر) ترکیب آب و یخ وجود دارد. مقدار گرمایی که یخ می گیرد تا به یخ صفر درجه تبدیل شود:

$$Q_1 = m_{\text{یخ}} c_{\text{یخ}} \Delta \theta = (80 \times 10^{-3} kg) \left(\frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \right) (0 - (-20^\circ C)) = 3552 J$$

مقدار گرمایی که آب و گرماسنج باید بدهند تا به دمای صفر درجه سانتی گراد برسند:

$$Q_2 = Q_{\text{آب}} + Q_{\text{گرماسنج}}$$

$$Q_{\text{آب}} = m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta \theta = (200 \times 10^{-3} kg) \left(\frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \right) (10^\circ C - 0) = 8400 J$$

$$Q_{\text{گرماسنج}} = C_{\text{گرماسنج}} \Delta \theta = \left(200 \frac{J}{^\circ C} \right) (10^\circ C - 0) = 2000 J$$

$$Q_2 = 10400 J$$

می بینیم که $Q_2 > Q_1$ است، در ابتدا یخ توسط گرمای آب و گرماسنج گرم می شود و مابقی گرما صرف آب کردن یخ می شود. داریم:

$$Q_3 = Q_2 - Q_1 = 10400 J - 3552 J = 6848 J$$

$$Q_3 = m' L_F \Rightarrow 6848 J = m' \left(334 \times 10^3 \frac{J}{kg} \right) \Rightarrow m' \simeq 20.5 \times 10^{-3} kg$$

20.5 گرم از 80 گرم یخ آب می شود تا مجموعه به تعادل در دمای صفر درجه سانتی گراد برسد. جرم یخ باقی مانده برابر است با:

$$\text{جرم باقی مانده یخ} = 80 g - 20.5 g = 59.5 g$$

۲۶ - مقدار گرمایی که یخ از آب گرفته تا به دمای صفر درجه برسد برابر است با:

$$Q_1 = m_{\text{یخ}} c_{\text{یخ}} \Delta \theta = m_{\text{یخ}} \left(2220 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \right) (0 - (-30^\circ C)) = 66.6 \times 10^3 m_{\text{یخ}}$$

آب به میزان Q_1 گرما از دست داده و چون در دمای صفر درجه بوده شروع به تشکیل یخ جدید می کند. بنابراین داریم:

$$Q_2 = m' L_F = (150 \times 10^{-3} kg) \left(334 \times 10^3 \frac{J}{kg} \right) = 50100 J$$

$$Q_1 = Q_2 \Rightarrow 66.6 \times 10^3 m_{\text{یخ}} = 50100$$

$$m_{\text{یخ}} = \frac{50100}{66.6 \times 10^3} \simeq 0.755 kg$$

جرم اولیه یخ $75 g$ بوده و بعد از رسیدن به تعادل $150 g$ یخ جدید درست شده است.

۲۷ - مقدار $42 g = 358 g - 40 g$ یخ آب شده است و گرمای ذوب شدن را از آب دریافت کرده است.

بنابراین چون مخلوط آب و یخ داریم، دمای تعادل صفر است. از این رو، آب θ به آب صفر درجه تبدیل شده و 42 گرم یخ صفر به آب صفر تبدیل می‌شود.

$$Q_1 = mL_F = (42 \times 10^{-3} \text{ kg}) \left(336 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \right)$$

$m \leftarrow$ جرم یخ آب شده

$$Q_r = m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta\theta = (336 \times 10^{-3} \text{ kg}) \left(4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right) (\theta - 0^\circ\text{C})$$

$$Q_1 = Q_r \Rightarrow (42 \times 10^{-3}) (336 \times 10^3) = (336 \times 10^{-3}) (4200) (\theta)$$

$$\Rightarrow \theta = \frac{42}{42} = 1^\circ\text{C}$$

۲۸ - برای آنکه آب تغییر جرم ندهد لازم است که به یخ تبدیل نشود (یا یخ آب نشود) بنابراین آب گرما از دست می‌دهد تا به آب سردتر تبدیل شود و یخ گرما می‌گیرد تا به یخ گرم‌تر تبدیل شود.

برای رسیدن به تعادل گرمایی هم آب و هم یخ باید به دمای صفر درجه برسند بنابراین داریم:

$$Q_{\text{آب}} = m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta\theta = m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} (\Delta^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{یخ}} = m_{\text{یخ}} c_{\text{یخ}} \Delta\theta = (100 \times 10^{-3} \text{ kg}) \left(\frac{c_{\text{آب}}}{2} \right) (0^\circ\text{C} - (-20^\circ\text{C})) = 100 \times 10^{-3} \times c_{\text{آب}}$$

$$Q_{\text{آب}} = Q_{\text{یخ}} \Rightarrow m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} (\Delta^\circ\text{C}) = 100 \times 10^{-3} \times c_{\text{آب}}$$

$$\Rightarrow m_{\text{آب}} = 0.2 \text{ kg} = 200 \text{ g}$$

۲۹ - مقدار گرمایی که جسم دریافت می‌کند تا دمای آن از 20°C تا 83°C برسد برابر با 820 kJ است. بنابراین داریم:

$$Q = mc\Delta\theta$$

$$820 \times 10^3 = 2 \times c (1083 - 20) \Rightarrow c \simeq 386 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}, \quad C = mc = (2 \text{ kg}) \left(386 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right) = 772 \text{ J/}^\circ\text{C}$$

گرمایی جسم می‌گیرد ولی دمای آن تغییر نمی‌کند مربوط به ذوب شدن (یا بخار شدن) جسم است. بنابراین:

$$1088 \text{ kJ} - 820 \text{ kJ} = 268 \text{ kJ}$$

$$268 \times 10^3 \text{ J} = mL_F = (2 \text{ kg}) (L_F) \Rightarrow L_F = 134 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

۳۰ - گرمایی که باید از آب بگیریم تا به آب صفر درجه تبدیل شود برابر است با:

$$Q_1 = m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta\theta = (0.8 \text{ kg}) \left(4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right) (40^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) = 134 \times 10^3 \text{ J}$$

گرمایی که باید از آب صفر درجه بگیریم تا یخ صفر درجه داشته باشیم برابر است با:

$$Q_r = m_{\text{آب}} L_F = (0.8 \text{ kg}) \left(336 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \right) = 167 \times 10^3 \text{ J}$$

در قسمت آخر میزان گرمایی که باید از یخ صفر درجه بگیریم تا یخ 20°C داشته باشیم برابر است با:

$$Q_r = m_{\text{یخ}} c_{\text{یخ}} \Delta\theta = (0.8 \text{ kg}) \left(2220 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right) (0 - (-20^\circ\text{C})) = 222 \times 10^3 \text{ J}$$

$$Q_{\text{کل}} = Q_1 + Q_r + Q_3 = 273.2 \times 10^3 \text{ J} = 273.2 \text{ kJ}$$

۳۱ - در اینجا عمل تبخیر از آب گرما می‌گیرد (و باعث می‌شود مقداری آب بخار شود)

$$Q = -m_1 L_V = -m_1 \left(2490 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \right)$$

$m_1 \leftarrow$ وزن آب بخار شده

$$Q = -m_r L_F = -(1 \text{ kg} - m_1) \left(333.7 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \right) \rightarrow$$

$(1 \text{ kg} - m_1) \leftarrow$ وزن آب باقی‌مانده

$$m \left(2490 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \right) = (1 - m) \left(333.7 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \right)$$

$$m = \frac{333.7 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}}{2490 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}} \simeq 0.118 \text{ kg}$$

بخار شدن 118 گرم آب از روی سطح چاله باعث می‌شود که 882 g آب باقی‌مانده یخ بزند.

۳۲ -

$$\text{الف) } Q = mL_V = (1.2 \text{ kg}) \left(2256 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \right) = 270.7200 \text{ J}$$

$$\text{ب) } Q = P_{\text{واقعی}} t, \quad P_{\text{واقعی}} = \frac{60}{100} P = \frac{60}{100} \times 2000 \text{ W} = 1200 \text{ W}$$

$$t = \frac{Q}{P_{\text{واقعی}}} = \frac{270.7200 \text{ J}}{1200 \text{ W}} = 225.6 \text{ s}$$

$$Q_1 + Q_r = 0 \Rightarrow m_1 c_{\text{آب}} (\theta - \theta_1) + m_r c_{\text{آب}} (\theta - \theta_r) = 0$$

$$m_1 c_{\text{آب}} (\Delta^\circ C - 100^\circ C) + m_p c_{\text{آب}} (\Delta^\circ C - 30^\circ C) = 0 \rightarrow \text{حذف آب } c$$

$$m_1 (\Delta^\circ C) = m_p (20^\circ C) \Rightarrow \Delta m_1 = 2 m_p$$

می‌دانیم که $m_1 + m_p = 14 \text{ kg}$ است. بنابراین داریم:

$$m_1 + m_p = 14, \quad m_1 = \frac{2}{\Delta} m_p \Rightarrow \frac{2}{\Delta} m_p + m_p = 14$$

$$\frac{2}{\Delta} m_p = 14 \Rightarrow \begin{cases} m_p = 10 \text{ kg} \\ m_1 = 4 \text{ kg} \end{cases}$$

۳۴- Q_1 و Q_p مربوط به گرمای آب وجود داشته و آب اضافه شده است. $Q_{\text{گرماسنج}} + Q_1 + Q_p = 0$

$$C_{\text{گرماسنج}} (\theta - \theta_1) + m_1 c_{\text{آب}} (\theta - \theta_1) + m_p c_{\text{آب}} (\theta - \theta_p) = 0$$

$$\left(380 \frac{J}{K}\right) (\Delta^\circ C - 25^\circ C) + m_1 \left(4200 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^\circ C}\right) (\Delta^\circ C - 25^\circ C) + m_p \left(4200 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^\circ C}\right) (\Delta^\circ C - 50^\circ C) = 0$$

$$4788 + 5292 m_1 - 5208 m_p = 0$$

$$\xrightarrow[\text{تقسیم به ۴۲}]{\text{معادله سازی}} 114 + 126 m_1 - 124 m_p = 0 \quad \xrightarrow[\text{تقسیم به ۲}]{\text{معادله سازی}} 57 + 63 m_1 - 62 m_p = 0$$

با در نظر گرفتن دستگاه معادله مقابل داریم:

$$\begin{cases} 63 m_1 - 62 m_p + 57 = 0 \\ m_1 + m_p = 14 \end{cases} \Rightarrow m_1 = 0.5 \text{ kg}, \quad m_p = 0.6 \text{ kg}$$

به دست می‌آید. معادله دوم را از صورت مسئله نوشتیم.

- ۳۵

$$Q_{\text{آب}} + Q_{\text{گرماسنج}} = 0$$

$$C_{\text{گرماسنج}} (\theta - \theta_1) + m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} (\theta - \theta_{\text{آب}}) = 0$$

$$m_{\text{آب}} = \frac{C_{\text{گرماسنج}} (\theta - \theta_1)}{c_{\text{آب}} (\theta - \theta_{\text{آب}})} = \frac{\left(200 \frac{J}{K}\right) (20^\circ C - 45.2^\circ C)}{\left(4200 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^\circ C}\right) (45.2^\circ C - 50^\circ C)}$$

$$m_{\text{آب}} = \frac{5040}{20160} = \frac{1}{4} \text{ kg} = 250 \text{ g}$$

- ۳۶

$$Q_{\text{آب}} + Q_{\text{گرماسنج}} + Q_{\text{آلیاژ}} = 0$$

$$m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} (\theta - \theta_{\text{آب}}) + C_{\text{گرماسنج}} (\theta - \theta_1) + m_{\text{آلیاژ}} c_{\text{آلیاژ}} (\theta - \theta_1) = 0$$

$$c_{\text{آلیاژ}} = \frac{m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} (\theta_{\text{آب}} - \theta) + C_{\text{گرماسنج}} (\theta_1 - \theta)}{m_{\text{آلیاژ}} (\theta - \theta_1)}$$

$$c_{\text{آلیاژ}} = \frac{(0.5 \text{ kg}) \left(4200 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^\circ C}\right) (25^\circ C - 30^\circ C) + \left(100 \frac{J}{^\circ C}\right) (25^\circ C - 30^\circ C)}{(0.25 \text{ kg}) (30^\circ C - 140^\circ C)}$$

$$c_{\text{آلیاژ}} = \frac{11000}{275} = 400 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^\circ C}, \quad c = 400 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^\circ C} (0.25 \text{ kg}) = 100 \frac{J}{^\circ C}$$

- ۳۷

$$Q_{\text{آب}} + Q_{\text{گرماسنج}} = 0$$

$$m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} (\theta - \theta_{\text{آب}}) + C_{\text{گرماسنج}} (\theta - \theta_1) = 0$$

$$C_{\text{گرماسنج}} = \frac{m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} (\theta_{\text{آب}} - \theta)}{\theta - \theta_1} = \frac{\left(\frac{1}{4} \text{ kg}\right) (4200) (25^\circ C - 24.2^\circ C)}{24.2^\circ C - 20^\circ C}$$

$$C_{\text{گرماسنج}} = \frac{840}{4.2} = 200 \frac{J}{^\circ C}$$

- ۳۸

$$Q_{\text{آب}} + Q_{\text{نقره}} + Q_{\text{ظرف}} = 0$$

$$C_{\text{ظرف}} (\theta - \theta_1) + m_{\text{نقره}} c_{\text{نقره}} (\theta - \theta_1) + m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} (\theta - \theta_1) = 0$$

$$\theta = \frac{C_{\text{آب}} \theta_{\text{آب}} + m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \theta_{\text{آب}} + m_{\text{نقره}} c_{\text{نقره}} \theta_{\text{نقره}} + m_{\text{ظرف}} c_{\text{ظرف}} \theta_{\text{ظرف}}}{C_{\text{آب}} + m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} + m_{\text{نقره}} c_{\text{نقره}} + m_{\text{ظرف}} c_{\text{ظرف}}}$$

$$\theta = \frac{(350 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C})(20^\circ C) + (0.5 kg)(900 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C})(1000^\circ C) + (1 kg)(4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C})(20^\circ C)}{350 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} + (0.5 kg)(900 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}) + (1 kg)(4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C})}$$

$$\theta = \frac{136000}{5000} = 27.2^\circ C$$

۳۹ - میزان گرمایی که هم کتری و هم آب را به دمای $100^\circ C$ می‌رساند برابر است با:

$$Q = (2 kg)(4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C})(100^\circ C - 15^\circ C) + (1 kg)(500 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C})(100^\circ C - 15^\circ C)$$

$$= 714 \times 10^3 J + 42.5 \times 10^3 = 756.5 \times 10^3 J$$

با استفاده از رابطه توان $P = \frac{W}{t}$ داریم:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Q}{t} \Rightarrow t = \frac{Q}{P}$$

توجه کنید که شصت درصد توان کتری برقی صرف گرم کردن آب می‌شود بنابراین در محاسبات بالا نیز باید توان کتری را $600 W$ اختیار کنیم (به جای $1000 W$) داریم:

$$t = \frac{756.5 \times 10^3 J}{600 W} \simeq 1260 s = 21 \text{ min}$$

- ۴۰

$$Q_{\text{آب گرم}} + Q_{\text{آب سرد}} = 0 \Rightarrow \begin{cases} m_1 = ? , c = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} , \theta_1 = 60^\circ C \\ m_2 = 2 kg , c = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} , \theta_2 = 42^\circ C \end{cases}$$

$$m_1 c (\theta - \theta_1) + m_2 c (\theta - \theta_2) = 0 \Rightarrow m_1 = \frac{m_2 (\theta_2 - \theta)}{\theta - \theta_1} = 2 kg \frac{42^\circ C - 54^\circ C}{54^\circ C - 60^\circ C}$$

$$\Rightarrow m_1 = 4 kg$$

- ۴۱

$$Q_{\text{آب}} + Q_{\text{آب دریا}} = 0 \Rightarrow m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} (\theta - \theta_{\text{آب}}) + m_{\text{آب دریا}} c_{\text{آب دریا}} (\theta - \theta_{\text{آب دریا}}) = 0$$

$$(2 kg)(4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C})(29 - 20) + (2 kg)(3900 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C})(29 - \theta_{\text{آب دریا}}) = 0$$

$$75600 + 226200 - 7800 \theta_{\text{آب دریا}} = 0 \Rightarrow \theta_{\text{آب دریا}} \simeq 38.7^\circ C$$

- ۴۲

$$Q_{\text{آب}} + Q_{\text{آب دریا}} = 0 \Rightarrow m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} (\theta - \theta_{\text{آب}}) + m_{\text{آب دریا}} c_{\text{آب دریا}} (\theta - \theta_{\text{آب دریا}}) = 0$$

$$(1 kg)(1400 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C})(22 - 100) + m_{\text{آب}} (4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C})(22^\circ C - 20^\circ C) = 0$$

$$m_{\text{آب}} = \frac{10920}{8400} = 1.3 kg$$

۴۳ - در ابتدا گرماسنج فلز و $50^\circ C$ گرم آب همگی در دمای $30^\circ C$ هستند. بنابراین:

$$\theta_{\text{گرماسنج}} = 30^\circ C , \theta_{\text{قطعه}} = 30^\circ C , \theta_{\text{آب}} = 30^\circ C \rightarrow 50^\circ C \text{ گرم آب}$$

زمانی که $100^\circ C$ گرم آب $70^\circ C$ را اضافه می‌کنیم این آب مجموعه را گرم می‌کند. توجه کنید که نمی‌توان $150^\circ C$ گرم آب در نظر بگیریم چون اینها در دماهای متفاوتی هستند. $50^\circ C$ گرم آب $30^\circ C$ گرما می‌گیرد. تا $52^\circ C$ برسد و صد گرم آب $70^\circ C$ گرما از دست می‌دهد تا به دمای $52^\circ C$ برسد. بنابراین داریم:

$$m_{\text{گرماسنج}} c_{\text{گرماسنج}} (\theta - \theta_{\text{گرماسنج}}) + m_{\text{قطعه}} c_{\text{قطعه}} (\theta - \theta_{\text{قطعه}}) + m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} (\theta - \theta_{\text{آب}}) + m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} (\theta - \theta_{\text{آب}}) = 0$$

$$(0.2 kg)(400 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C})(52^\circ C - 30^\circ C) + (0.8 kg) c_{\text{قطعه}} (52^\circ C - 30^\circ C)$$

$$+ (0.5 kg)(4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C})(52^\circ C - 30^\circ C) + (0.1 kg)(4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C})(52^\circ C - 70^\circ C) = 0$$

$$C \simeq 670 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$$

$$Q_{\text{آب}} + Q_{\text{فلز}} + Q_{\text{گرماسنج}} = 0$$

$$m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} (\theta - \theta_{\text{آب}}) + m_{\text{فلز}} c_{\text{فلز}} (\theta - \theta_{\text{فلز}}) + c_{\text{گرماسنج}} (\theta - \theta_{\text{گرماسنج}}) = 0$$

- ۴۴

$$(0.5kg)(4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C})(22^\circ C - 13^\circ C) + (0.5kg)(c_{\text{فلز}})(22 - 100) + (1800 \frac{J}{kg})(22 - 13) = 0$$

$$C_{\text{فلز}} = \frac{(2100 + 1800)(22 - 13)}{39} = 100(9) = 900 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$$

- ۴۵

جسم: $m_1 = 0.25kg, \theta_1 = 3^\circ C, C_1 = ?$

آب: $m_2 = 0.5kg, \theta_2 = 25^\circ C, C_2 = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$

$$m_1 c_1 (\theta - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta - \theta_2) = 0$$

$$(0.25kg)(c_1)(21 - 3) + (0.5kg)(4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C})(21 - 25) = 0$$

$$c_1 = \frac{8400}{0.25 \times 18} \simeq 1866 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$$

۴۶ - جمع جبری گرمای مبادله شده بین این سه جسم، صفر است. یعنی:

آب: $m_1 = 0.4kg, \theta_1 = 20^\circ C, C_1 = 4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$

آلومینیم: $m_2 = 0.1kg, \theta_2 = 50^\circ C, C_2 = 900 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$

فلز: $m_3 = 0.2kg, \theta_3 = 60^\circ C, C_3 = ?$

$$m_1 c_1 (\theta - \theta_1) + m_2 c_2 (\theta - \theta_2) + m_3 c_3 (\theta - \theta_3) = 0$$

$$(0.4kg)(4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C})(23^\circ C - 20^\circ C) + (0.1kg)(900 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C})(23 - 50) + (0.2kg)(c_3)(23^\circ C - 60^\circ C) = 0$$

$$5040 - 2430 - 7.4c_3 = 0 \Rightarrow c_3 \simeq 353 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$$

- ۴۷

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow Pt = mc\Delta\theta \Rightarrow t = \frac{mc\Delta\theta}{P} = \frac{(10^{-3}kg)(134 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C})(2125^\circ C)}{100} \Rightarrow t \simeq 2.85s$$

- ۴۸

$$\begin{cases} Q_{\text{آهن}} = m_{\text{آهن}} c_{\text{آهن}} \Delta\theta \\ Q_{\text{آلومینیم}} = m_{\text{آلومینیم}} c_{\text{آلومینیم}} \Delta\theta \end{cases} \xrightarrow[\text{میزان گرما به ازای}]{\text{افزایش دمای یک درجه}} \begin{cases} Q_{\text{آهن}} = m_{\text{آهن}} c_{\text{آهن}} \\ Q_{\text{آلومینیم}} = m_{\text{آلومینیم}} c_{\text{آلومینیم}} \end{cases}$$

مجموع این دو گرما آلیاژ را به اندازه یک درجه افزایش دما خواهد داد. بنابراین:

$$Q_{\text{کل}} = Q_{\text{آهن}} + Q_{\text{آلومینیم}} = m_{\text{آلیاژ}} c_{\text{آلیاژ}} \Delta\theta$$

$$\Rightarrow m_{\text{آهن}} c_{\text{آهن}} + m_{\text{آلومینیم}} c_{\text{آلومینیم}} = (m_{\text{آهن}} + m_{\text{آلومینیم}}) c_{\text{آلیاژ}} \Rightarrow c_{\text{آلیاژ}} = \frac{m_{\text{آهن}} c_{\text{آهن}} + m_{\text{آلومینیم}} c_{\text{آلومینیم}}}{c_{\text{آهن}} + c_{\text{آلومینیم}}}$$

$$\Rightarrow c_{\text{آلیاژ}} = \frac{1 \times 460 + 4 \times 900}{4 + 1} = 812 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$$

۴۹ - ابتدا مقدار گرما برای افزایش یک درجه ای هر دو فلز را محاسبه می کنیم:

$$\begin{cases} Q_{\text{نقره}} = m_{\text{نقره}} c_{\text{نقره}} \times \Delta\theta = m_{\text{نقره}} c_{\text{نقره}} \Delta\theta \\ Q_{\text{آلومینیم}} = m_{\text{آلومینیم}} c_{\text{آلومینیم}} \times \Delta\theta = m_{\text{آلومینیم}} c_{\text{آلومینیم}} \Delta\theta \end{cases}$$

$$Q_{\text{کل}} = Q_{\text{نقره}} + Q_{\text{آلومینیم}} = (m_{\text{نقره}} + m_{\text{آلومینیم}}) c_{\text{آلیاژ}} \Delta\theta$$

$$\Rightarrow m_{\text{نقره}} c_{\text{نقره}} + m_{\text{آلومینیم}} c_{\text{آلومینیم}} = (m_{\text{نقره}} + m_{\text{آلومینیم}}) c_{\text{آلیاژ}}$$

حال مجموع گرمایی که هر دو قطعه فلز را به اندازه یک درجه افزایش دما می دهد، آلیاژ را هم یک درجه افزایش دما می دهد:

$$c_{\text{آلیاژ}} = \frac{m_{\text{نقره}} c_{\text{نقره}} + m_{\text{آلومینیم}} c_{\text{آلومینیم}}}{m_{\text{نقره}} + m_{\text{آلومینیم}}} = \frac{0.25 \times 240 + 1 \times 900}{1.25} = 768 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$$

۵۰ - انرژی جنبشی این گلوله تبدیل به گرما می شود و کل مجموعه را گرم می کند بنابراین داریم:

$$K = \frac{1}{2} m_{\text{گلوله}} v_{\text{گلوله}}^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{25}{1000} kg \right) (600 \frac{m}{s})^2 = 4500 J$$

$$K = Q_{\text{گلوله}} + Q_{\text{کره}} = m_{\text{گلوله}} \Delta\theta + m_{\text{کره}} c_{\text{کره}} \Delta\theta$$

در صورت سوال گفته شده که کل کره و گلوله به طور یکنواخت گرم می شود این یعنی تغییر دمای گلوله و کره با یکدیگر باید برابر باشد.

$$4500J = \left(\frac{25}{1000} kg \right) \left(130 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \right) \Delta\theta + (1kg) \left(400 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \right) \Delta\theta$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = \frac{4500J}{\frac{25}{1000} \times 130 + 400} \simeq 11,16^\circ C \rightarrow \text{افزایش دمای گلوله یا کره بعد از برخورد}$$

۵۱ -

$$Q_{\text{کل}} = Q_{\text{فلز}} + Q_{\text{مایع}} \quad \left\{ \begin{array}{l} Q_{\text{فلز}} = \frac{10}{100} Q_{\text{کل}} = m_{\text{فلز}} c_{\text{فلز}} \Delta\theta \\ Q_{\text{مایع}} = \frac{90}{100} Q_{\text{کل}} = m_{\text{مایع}} c_{\text{مایع}} \Delta\theta \end{array} \right. \Rightarrow \text{تقسیم رابطه ها}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{9} = \frac{m_{\text{فلز}}}{m_{\text{مایع}}} \times \frac{c_{\text{فلز}}}{c_{\text{مایع}}} \Rightarrow \frac{c_{\text{فلز}}}{c_{\text{مایع}}} = \frac{1}{3} \Rightarrow c_{\text{مایع}} = 3c_{\text{فلز}}$$

۵۲ - گرمکن ها در مدت زمان t ثانیه مقدار $Q = P \times t$ گرما تولید می کنند که P مقدار توان گرمکن هاست. اگر این رابطه را با رابطه گرما مساوی قرار دهیم، داریم:

$$\left\{ \begin{array}{l} Q = mc\Delta\theta \\ Q = Pt \end{array} \right. \Rightarrow Pt = mc\Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = \frac{P}{mc} t$$

رابطه بالا ارتباط بین $\Delta\theta$ و t را نشان می دهد که به صورت یک خط است که شیب آن برابر است با $\frac{P}{mc}$ با توجه به اطلاعات مسئله می دانیم که توان گرمکن ها و جرم اجسام (۱) و (۲) با هم برابرند، تنها بزرگی و کوچکی گرمای ویژه اجسام است که کوچکی و بزرگی شیب خطوط را تعیین می کند. داریم:

$$\left. \begin{array}{l} \text{شیب (۱)} = \frac{P}{mc_1} \\ \text{شیب (۲)} = \frac{P}{mc_2} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{با توجه} \\ \text{به شکل} \end{array} \Rightarrow \text{شیب (۱)} > \text{شیب (۲)} \Rightarrow \frac{P}{mc_2} > \frac{P}{mc_1} \Rightarrow c_1 > c_2$$

گرمای ویژه جسم (۱) بزرگ تر از جسم (۲) است.

۵۳ - مقدار گرمایی که توسط گرمکن $50W$ در $11s$ تولید می شود برابر است با:

$$Q = P \times t = 50W \times 11s = 5500J$$

$\uparrow$ توان
 $\downarrow$ گرما $\downarrow$ زمان

این گرما سبب افزایش دما از $18^\circ C$ تا $38^\circ C$ می شود. بنابراین:

$$Q = m_{\text{قطعه}} c_{\text{قطعه}} \Delta\theta \Rightarrow 5500J = (0,6kg)(c_{\text{قطعه}})(38^\circ C - 18^\circ C)$$

$$\Rightarrow c_{\text{قطعه}} \simeq 458 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$$

تمام انرژی گرمکن توسط فلز جذب نمی شود و مقداری انرژی به هدر رفته داریم، بنابراین گرمای ویژه فلز واقعی فلز و بیشتر از این مقدار است.

۵۴ - معنی $200W$ این است که در هر ثانیه $200J$ انرژی به لیوان آب منتقل می شود. مقدار گرمایی که لازم است $200g$ آب را از $30^\circ C$ به $100^\circ C$ برسانیم برابر است با:

$$Q = m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} \Delta\theta = (0,2kg) \left(4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \right) (100^\circ C - 30^\circ C) = 58800J$$

حال تمام این گرما باید توسط گرمکن تأمین شود. اما می دانیم که گرمکن در هر ثانیه $200J$ انرژی می تواند تأمین کند داریم:

$$P = \frac{Q}{t} \Rightarrow t = \frac{Q}{P} = \frac{58800J}{200} = 294s$$

نزدیک به ۵ دقیقه طول می کشد تا آب درون لیوان به جوش آید.

۵۵ - الف)

$$Q = C\Delta\theta \Rightarrow (32 - 16) \times 1000J = C(10) \Rightarrow C = 1600 \frac{J}{^\circ C}$$

ظرفیت گرمایی برابر با $1600 \frac{J}{^\circ C}$ می باشد.

ب)

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow C = mc \Rightarrow 1600 \frac{J}{^\circ C} = (2kg)(c)$$

$$c = 800 \frac{J}{kg^\circ C}$$

ج)

$$Q = m_{\text{جسم}} c_{\text{جسم}} \Delta\theta = 1600 \frac{J}{^\circ C} \times 30^\circ C = 48000J = 48kJ$$

۵۶ - الف) رابطه گرما و اختلاف دما به صورت زیر است:

$$Q = C \Delta T$$

بنابراین شیب خط برابر با ظرفیت گرمایی است:

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

چون شیب خط B از شیب خط A بیشتر است بنابراین ظرفیت گرمایی B از ظرفیت گرمایی A بزرگ تر است.

ب) در مورد گرمای ویژه حرفی نمی توان زد چون مقدار جرم A و B مشخص نیست.

۵۷ -

$$Q = m c_{\text{مس}} \Delta \theta = (2 \text{ kg}) \left(400 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{C}} \right) (100^\circ \text{C} - 10^\circ \text{C}) = 72 \times 10^4 \text{ J}$$

$$72 \times 10^4 \text{ J} = m c_{\text{آلومینیم}} \Delta \theta = (4 \text{ kg}) \left(900 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{C}} \right) \Delta \theta \Rightarrow \Delta \theta = 20$$

$$\Delta \theta = \theta_f - 10^\circ \text{C} = 20^\circ \text{C} \Rightarrow \theta_f = 30^\circ \text{C} \rightarrow \text{دمای نهایی آلومینیم}$$

روش دوم: در اینجا گرمایی که به مس و آلومینیم وارد شده یکسان است. بنابراین داریم:

$$(mC\Delta\theta)_{Al} = (mC\Delta\theta)_{Cu} \rightarrow 4 \times 900 \times \Delta\theta_{Al} = 2 \times 400 \times 90 \rightarrow \Delta\theta_{Al} = 20 \rightarrow \theta_{Al} - 10 = 20 \rightarrow \theta_{Al} = 30^\circ \text{C}$$

۵۸ - تمامی اجسام موجود در کلاس درس بعد از مدتی با هوای اطراف خود به تعادل گرمایی می رسند و دمای همه آنها برابر با دمای هوا خواهد شد. اما دانش آموز بیشتری دما را به عنوان دمای بدن او برابر با 37°C است و از دمای هوا بیشتر است. بقیه اجسام دمایی برابر با دمای اتاق دارند. توجه کنید که اگر به پنجره آهنی دست بزنید احساس سرما می کنید اما اگر به میز چوبی دست بزنید احساس سرما نمی کنید این تجربه دلیل بر سردتر بودن پنجره از چوب نیست و در قسمت های بعدی این فصل به آن خواهیم پرداخت.

۵۹ - دماسنج های معمولی با جسم مورد نظر به تعادل گرمایی می رسند و دمای خودشان تغییر می کند و در نهایت دمای تعادل بین دماسنج و جسم را به عنوان دمای اندازه گیری شده، نشان می دهند. مثلاً اگر دماسنج در هوای 10°C قرار بگیرد پس از مدتی با هوای اطراف خود به تعادل گرمایی می رسد و دمای 10°C را نشان خواهد داد. البته اگر نیاز به دماسنجی دقیق داشته باشیم این عوامل باعث ایجاد خطا در اندازه گیری دما می شوند.

۶۰ - طول نهایی جسمی که گرم می شود برابر است با:

$$\Delta L = L_f - L_i = L_i + L_i \alpha \Delta T \Rightarrow L_f = L_i \alpha \Delta T = L_i (1 + \alpha \Delta T)$$

بنابراین باید طول نهایی محور و روزنه چرخ دنده با هم برابر شوند. داریم:

$$L_{\text{روزنه}} - L_{\text{محور}} = L_{\text{روزنه}} (1 + \alpha_{\text{آلومینیم}} \Delta T) - L_{\text{محور}} (1 + \alpha_{\text{فولاد}} \Delta T) \Rightarrow \Delta T (\alpha_{\text{آلومینیم}} L_{\text{روزنه}} - \alpha_{\text{فولاد}} L_{\text{محور}}) = L_{\text{محور}} - L_{\text{روزنه}}$$

$$\Rightarrow \Delta T = \frac{L_{\text{محور}} - L_{\text{روزنه}}}{\alpha_{\text{فولاد}} L_{\text{محور}} - \alpha_{\text{آلومینیم}} L_{\text{روزنه}}} = \frac{(10.7 - 10) \times 10^{-2} \text{ m}}{23 \times 10^{-6} \times 0.1 \text{ m} - 0.1002 \text{ cm} \times 12 \times 10^{-6}} \\ = \frac{0.7 \times 10^{-2}}{1.0976} \simeq 182.2^\circ \text{C}$$

۶۱ - افزایش حجم ظرف برابر است با:

$$\Delta V_{\text{ظرف}} = V_{\text{ظرف}} \alpha \Delta T = (10 \text{ L}) (3 \times 17 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}) (50 \text{ K}) = 0.255 \text{ L}$$

حال فرض می کنیم که 10 L بنزین درون ظرف ریخته ایم محاسبه می کنیم که چقدر بنزین از ظرف بیرون می ریزد. داریم:

$$\Delta V_{\text{بنزین}} = V_{\text{بنزین}} \beta_{\text{بنزین}} \Delta T = (10 \text{ L}) (1000 \times 10^{-3} \text{ K}) (50 \text{ K}) = 0.5 \text{ L}$$

$$\text{میزان بنزین بیرون ریخته} = 0.5 \text{ L} - 0.255 \text{ L} = 0.245 \text{ L}$$

بنابراین میزان بنزینی که باید درون ظرف بریزیم تا ظرف پر از بنزین شود و بنزین بیرون نریزد برابر است با:

$$10 \text{ L} - 0.245 \text{ L} = 9.755 \text{ L}$$

۶۲ - افزایش حجم ظرف فولادی به صورت زیر است:

$$\Delta V = V_1 \alpha \Delta T = (4 \text{ L}) (3 \times 12 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}) (100 \text{ K}) = 0.144 \text{ L}$$

ظرف فولادی 0.144 L افزایش حجم پیدا می کند. به نظر می رسد که اگر ما 4.144 L روغن زیتون درون ظرف بریزیم ظرف لبریز از روغن زیتون می شود اما این درست نیست، زیرا خود روغن زیتون نیز منبسط می شود. برای حل این مسئله فرض می کنیم 4 L روغن درون ظرف می ریزیم و محاسبه می کنیم چقدر روغن بیرون می ریزد. داریم:

$$\Delta V = (4 \text{ L}) (0.7 \times 10^{-3} \frac{1}{\text{K}}) (100) = 0.28 \text{ L}$$

$$0.28 \text{ L} - 0.144 \text{ L} = 0.136 \text{ L} \rightarrow \text{میزان روغن بیرون ریخته}$$

بنابراین اگر از 4 لیتر روغن زیتونی که قرار بود در ظرف بریزیم، این مقدار (0.136 L) را کم کنیم، روغن بیرون نمی ریزد. یعنی:

$$4 \text{ L} - 0.136 \text{ L} = 3.864 \text{ L} \rightarrow \text{میزان روغن ریخته شده درون ظرف}$$

تا ظرف لبریز از روغن شده و هیچ روغنی بیرون نریزد.

۶۳ - الف) مساحت مربع به ضلع a چهار برابر مساحت مربع به ضلع b است. بنابراین:

$$A_a = 4A_b \Rightarrow a^2 = 4b^2 \Rightarrow a = 2b$$

ضلع a دو برابر ضلع b است. افزایش طول به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\begin{cases} \Delta a = a \times \alpha_a \times \Delta T = 2b \times 2\alpha_b \times \Delta T \\ \Delta b = b \times \alpha_b \times \Delta T = b \times \alpha_b \times \Delta T \end{cases} \Rightarrow \frac{\Delta a}{\Delta b} = 4$$

(ب)

$$\text{برای قطر} \begin{cases} \Delta a = a\sqrt{2} \times \alpha_a \times \Delta T = 2b\sqrt{2} \times 2\alpha_b \times \Delta T \\ \Delta b = b\sqrt{2} \times \alpha_b \times \Delta T = b\sqrt{2} \times \alpha_b \times \Delta T \end{cases} \Rightarrow \frac{\Delta a}{\Delta b} = 4$$

افزایش ضلع مربع ها و قطر آنها به یک اندازه است.

(ج)

$$\begin{cases} \Delta A_a = a^2 \times 2\alpha_a \times \Delta T = 4b^2 \times 2\alpha_b \times \Delta T \\ \Delta A_b = b^2 \times 2\alpha_b \times \Delta T = b^2 \times 2\alpha_b \times \Delta T \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta A_a}{\Delta A_b} = 8 \rightarrow \text{افزایش مساحت مربع به ضلع } a \text{ هشت برابر افزایش مربع به ضلع } b \text{ است.}$$

۶۴ - حجم مخزن استوانه ای به صورت $V_1 = Ah_1$ می باشد که A مساحت سطح مقطع و h ارتفاع مخزن استوانه ای است بنابراین افزایش حجم بنزین به صورت زیر است:

$$\Delta V_{\text{بنزین}} = \beta V_1 \Delta T = \beta Ah_1 (T - (-15^\circ C)), \quad h_1 = 15m$$

$$\Rightarrow \Delta V_{\text{بنزین}} = \beta A(15m)(T + 15)$$

حال اگر این افزایش حجم بنزین برابر با فضای خالی بین سطح بنزین و بالای مخزن شود بنزین حتماً بیرون خواهد ریخت. بنابراین:

$$V_{\text{فضای خالی}} = A \times h = A \times 0.3m$$

$$\Delta V_{\text{بنزین}} = V_{\text{فضای خالی}}$$

$$\Rightarrow \beta A(15m)(T + 15) = A \times 0.3m \Rightarrow T + 15 = \frac{0.3}{15 \times \beta} = 20$$

$$T = 35^\circ C$$

- ۶۵

$$A_1 = ab$$

مساحت مستطیل قبل از افزایش دما برابر است با:

بعد از افزایش دما مساحت مستطیل تغییر می کند و برابر است با:

$$A_p = (a + \Delta a)(b + \Delta b), \quad \Delta a = \alpha_a \Delta T, \quad \Delta b = \alpha_b \Delta T$$

$$A_p = (a + \alpha_a \Delta T)(b + \alpha_b \Delta T) = ab(1 + \alpha \Delta T)^2$$

$$A_p = ab(1 + 2\alpha \Delta T + \alpha^2 \Delta T^2)$$

با توجه به جدول کتاب درسی مربوط به انبساط خطی جامدات متوجه می شویم که مرتبه بزرگی α برابر با 10^{-6} می باشد. بنابراین مرتبه بزرگی α^2 برابر با 10^{-12} است که در مقایسه با 10^{-6} عددی بسیار کوچک است و می توان از آن صرف نظر کرد. بنابراین:

$$A_p = ab(1 + 2\alpha \Delta T) = ab + 2\alpha(ab)\Delta T = A_1 + 2\alpha A_1 \Delta T$$

$$\Rightarrow \Delta A = A_p - A_1 = 2\alpha A_1 \Delta T \Rightarrow \boxed{\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T}$$

۶۶ - برای اینکه این اختلاف طول ثابت بماند، باید به ازای تغییر دمای یکسان، همواره تغییر طول آنها با هم برابر باشد. یعنی:

$$\Delta L_{\text{سرب}} = \Delta L_{\text{آلومینیوم}} \Rightarrow \alpha_{\text{آلومینیوم}} L_{\text{آلومینیوم}} \Delta T = \alpha_{\text{سرب}} L_{\text{سرب}} \Delta T$$

$$\Rightarrow L_{\text{سرب}} = \frac{\alpha_{\text{آلومینیوم}}}{\alpha_{\text{سرب}}} L_{\text{آلومینیوم}} = \frac{23 \times 10^{-6} \frac{1}{K}}{29 \times 10^{-6} \frac{1}{K}} \times \frac{58}{100} m$$

$$\Rightarrow L_{\text{سرب}} = \frac{23}{29} \times 0.58 = 0.46m$$

اگر طول میله سربی چهل و شش سانت انتخاب شود اختلاف طول آنها در هر دمایی برابر است.

۶۷ - با توجه به مطالب فصل ۱ کتاب درسی برای بهتر گزارش کردن دمای یک جسم باید به نکات زیر توجه کرد:

- ۱- دقت وسیله اندازه گیری: خطای دماسنج جیوه ای یا الکلی معمولی برابر با ۰٫۵ درجه می باشد بنابراین دما را باید با توجه به این خطا گزارش کرد (توجه کنید که دماسنج های معمولی تا یک درجه سلسیوس درجه بندی شده اند) مثلاً اگر دمای محیط $23^\circ C$ باشد باید به صورت $23^\circ C \pm 0.5^\circ C$ گزارش شود.
- ۲- مهارت شخص آزمایش گر: باید از دماسنج به صورت صحیح استفاده شود تا دما درست باشد.
- ۳- تعداد دفعات اندازه گیری: بر کاهش خطا می توان تعداد دفعات اندازه گیری را زیاد کرد.