

۱- دما

دما معیاری برای سنجش سردی و گرمی اجسام است. در اصل آن چه ما در قالب دما حس می کنیم اثری کلی از حرکت جزئی ذرات تشکیل دهنده ی ماده است. هر چه انرژی جنبشی ذرات بیشتر باشد، دمای ماده ی شامل آن ذرات بالاتر است. ما به کمک حس لامسه خود می توانیم به طور تقریبی دمای اجسام را تشخیص دهیم. برای اندازه گیری دقیق دما، از دماسنج استفاده می شود.

۲- دماسنجی

راه و شیوه ی اندازه گیری دما را دماسنجی می نامیم. برای دماسنجی از یک خاصیت ماده که در قبال تغییر دما، تغییر می کند استفاده می کنند. مهم ترین این ویژگی ها انبساط و انقباض مواد در اثر گرم یا سرد شدن جسم است. رایج ترین نوع دماسنج ها، دماسنج های جیوه ای و الکلی هستند. نحوه ی استفاده از دماسنج به ساختمان آن بستگی دارد. در این نوع دماسنج ها، مخزن دماسنج را در تماس با جسم مورد آزمایش قرار می دهند و دما را از عدد مقابل سطح جیوه در لوله ی باریک می خوانند.

۳- ساختمان دماسنج های جیوه ای (الکلی)

این دماسنج ها از یک مخزن و یک لوله ی باریک تشکیل شده است. وقتی مخزن گرم می شود، جیوه ی (الکل) مخزن منبسط شده در نتیجه سطح جیوه (الکل) در لوله بالا می رود. در اثر سرد شدن و انقباض این فرآیند برعکس انجام می شود.

۴- مدرج ساختن دماسنج جیوه ای (الکلی)

برای مدرج کردن دماسنج جیوه ای مراحل زیر باید طی شود:

- ۱- مخزن دماسنج را در تماس با یخ خردشده ی در حال ذوب قرار می دهیم. سطح جیوه را بعد از ثابت شدن علامت می زنیم و عدد صفر را یادداشت می نمائیم.
- ۲- مخزن دماسنج را بالای آب در حال جوش در تماس با بخار آب قرار می دهیم. سطح جیوه را بعد از ثابت شدن علامت می زنیم و عدد ۱۰۰ را یادداشت می نمائیم.
- ۳- بین دو علامت را به صد قسمت مساوی تقسیم می کنیم.
- ۴- بالای علامت صد و پائین صفر را متناسب با تقسیم بندی انجام شده درجه بندی می کنیم.

۵- گستره ی سنجش دما در دماسنج ها

گستره ی عمل کرد دماسنج ها به ساختمان دماسنج و ماده ی دماسنجی بستگی دارد. مثلاً جیوه در دمای 39°C یخ می زند. پس نمی توان از آن برای دماهای پایین تر از 39°C استفاده کرد. الکل نیز در دمای 78°C تبخیر می شود. پس الکل نیز برای اندازه گیری دماهای بالاتر از 78°C مناسب نیست.

۶- بستگی نقطه ی انجماد و جوش آب به فشار و ناخالصی

دمای ذوب و جوش آب (یا هر ماده ای) علاوه بر جنس ماده به فشار هوا و ناخالصی آن بستگی دارد. مثلاً دمای ذوب یخ و جوش آب صفر درجه سلسیوس و 100°C است. ولی این در صورتی است که آب خالص بوده، فشار هوا نیز یک اتمسفر باشد. با افزایش فشار یا ناخالصی دمای ذوب یخ پایین آمده، دمای جوش آب نیز افزایش می یابد.

۷- تعادل گرمایی، دمای تعادل

وقتی دو منبع گرم و سرد در مجاورت هم قرار می‌گیرند، جسم گرم‌تر با کاهش دما و جسم سردتر با افزایش دما روبرو می‌شوند. وقتی دمای آن‌ها یکی شد دیگر دمای آن‌ها تغییر نمی‌کند. به این دما **دمای تعادل** گفته می‌شود. دو جسم را در صورتی که در تماس با هم دمایشان تغییر نکند در **تعادل گرمایی** می‌گویند.

۸- گرما

دو جسم سرد و گرم در اثر ارتباط با یکدیگر و اختلاف دمایشان دچار تغییر در مقدار انرژی درونی می‌شوند. به انرژی مبادله شده بین دو جسم در اثر اختلاف دما، **گرما** می‌گویند. مثلاً ما از خورشید گرما می‌گیریم. چون بین ما و خورشید اختلاف دما وجود دارد. در انتقال انرژی به صورت گرما جسم با دمای بالاتر انرژی از دست می‌دهد و جسم سردتر انرژی به دست می‌آورد.

۹- رسانش گرما

انرژی گرمایی در جسم از قسمت گرم‌تر (دارای دمای بالاتر) به قسمت سردتر می‌رود. به این نوع انتقال انرژی رسانش گرما می‌گویند. رسانش گرمایی بیشتر در مورد جامدات مطرح است. در سیالات (مایعات و گازها) نیز تا حدی رسانایی گرمایی وجود دارد ولی از آن جا که در این مواد هم‌رفت وجود دارد، اثر رسانایی فوق‌العاده کم می‌شود. موادی را که رسانش گرمایی آن‌ها فوق‌العاده کم است، اصطلاحاً نارسانا (عایق) گرمایی می‌گویند. مثلاً آب، هوا و چوب رساناهای خوبی برای گرما نیستند.

۱۰- عایق‌بندی گرمایی

ما در زمستان با مصرف انرژی خانه را گرم می‌کنیم و در تابستان با مصرف انرژی (معمولاً انرژی الکتریکی) خانه را خنک می‌کنیم. اگر بتوانیم از مواد عایق گرما در ساختمان خانه استفاده کنیم، به علت انتقال گرمای کم‌تر دمای داخل ساختمان کم‌تر تغییر می‌کند و در نتیجه با مصرف کم‌تر انرژی خانه خنک یا گرم می‌شود.

۱۱- کاربرد رسانایی رساناهای خوب گرما

۱- شعله پخش‌کن وسیله‌ای فلزی است که گرمای حاصل از شعله را (به واسطه‌ی رسانایی خوب) پخش می‌کند و مانع از سوختن غذا در فضای بالای شعله می‌شود.
۲- ظروف طبخ غذا را معمولاً آلومینیومی، مسی و ... می‌سازند تا گرما را بهتر به قسمت‌های مختلف غذا منتقل کنند.

۱۲- هوا رسانای ضعیف گرما

هوا یک رسانای بسیار ضعیف گرما است. یکی از کاربردهای این مورد دیوارهای دو لایه است. اتلاف انرژی از دیوارهای دولایه کم‌تر از نصف دیوارهای یک لایه است. لباس‌های پشمی نیز علاوه بر نارسانا بودن پشم از هوای محبوس در بین تارهایشان کمک می‌گیرند. پرندگان نیز در روزهای سرد با پوش دادن به پرهای خود از نارسانایی هوا استفاده می‌کنند.

۱۳- گرمای ویژه

اجسام برای افزایش دما نیاز به دریافت انرژی گرمایی دارند. گرمای مورد نیاز برای افزایش دمای یکسان مواد مختلف برابر نیست. به گرمای مورد نیاز برای یک درجه سلسیوس افزایش دمای یک کیلوگرم از هر ماده گرمای ویژه آن می‌گویند. یکای گرمای ویژه $\frac{J}{kg^{\circ}C}$ می‌باشد. گرمای ویژه ی چند ماده ی مختلف در جدول ۲-۳ کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه آمده است.

برای جسم m با تغییر دمای $\Delta\theta$ و گرمای ویژه C داریم:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

که این رابطه میزان تغییر انرژی درونی جسم m را به ما می‌دهد.

۱۴- کاربرد گرمای ویژه ی بالای آب

گرمای ویژه ی آب بسیار بالا است. این بدان معناست که با مقدار کمی افزایش دما انرژی زیادی در خود ذخیره می‌کند. این مورد کاربردهایی دارد:

۱- در رادیاتور خودروها از آب استفاده می‌شود.

۲- در رادیاتور و شفاژ ساختمان‌ها برای انتقال گرما از آب استفاده می‌شود.

۳- گرمای ویژه ی بالای آب در مناطق ساحلی مرطوب سبب می‌شود که دمای آن مناطق تقریباً ثابت بماند.

۱۵- مقایسه ی گرما و انرژی درونی

همان‌طور که گفته شد انرژی جنبشی (ارتعاشی) ذرات تشکیل دهنده ی مواد در قالب انرژی درونی قرار می‌گیرد و دو جسم کاملاً همانند اگر دارای دماهای متفاوت باشند، جسم گرم‌تر دارای انرژی درونی بیشتری است. اگر مقداری آب $100^{\circ}C$ را در مجاورت مقداری آهن $100^{\circ}C$ قرار دهیم اتفاقی رخ نخواهد داد. در حالی که اگر این آب را در مجاورت مقداری آهن صفر درجه سلسیوس قرار دهیم، کمی سرد خواهد شد، یعنی انرژی درونی آن کاهش خواهد یافت و در عوض انرژی درونی آهن افزایش خواهد یافت. در این جا این مقدار انرژی درونی ابتدا تبدیل به انرژی گرمایی شده، سپس به انرژی درونی آهن تبدیل و به آن افزوده شده است. ما از انرژی درونی به خودی خود نمی‌توانیم بهره‌ای ببریم در حالی که با تبدیل آن به گرما می‌توانیم از انرژی تبدیل شده در نیروگاه‌ها، خودروها و ... بهره‌مند شویم.

۱۶- دما، انرژی درونی و گرما

برای آنکه سردی یا گرمی اجسام را بصورت کمی (عددی) مقایسه کنیم، نیاز به معرفی یک کمیت داریم. این کمیت دماست که معیاری است برای سنجش میزان سردی یا گرمی اجسام. اگر از حس لامسه برای سنجیدن دما استفاده کنیم، دو اشکال عمده به این روش وارد است که اولاً دقت لازم را ندارد و ثانیاً بازه ی اندازه‌گیری دما محدود می‌شود. بنابراین برای اندازه‌گیری دما از آثاری که تغییر دما روی سایر کمیت‌های فیزیکی مانند طول، حجم، فشار گاز، مقاومت الکتریکی و ... دارد استفاده می‌کنیم. اساس کار دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی بر انبساط مایعات است.

- انرژی درونی هر جسم، مجموع انرژی مولکول‌های تشکیل دهنده ی آن از جمله انرژی جنبشی آنهاست.
- دمای هر جسم متناسب است با انرژی جنبشی متوسط مولکول‌های سازنده ی آن.
- گرما صورتی از انرژی است که به علت اختلاف دما بین دو جسم مبادله می‌شود.

۱۷- یکی از مقیاس‌های اندازه‌گیری دما، درجه‌ی سلسیوس است که در این مقیاس در فشار یک اتمسفر دمای یخ در حال ذوب را صفر و دمای آب در حال جوش را صد در نظر گرفته و ما بین آن را به صد قسمت مساوی تقسیم می‌کنند. این تقسیم‌بندی برای دماهای بالای صد و زیر صفر هم ادامه پیدا می‌کند. دما بر حسب درجه‌ی سلسیوس را معمولاً با θ نمایش داده و یکای آن به صورت $^{\circ}\text{C}$ بیان می‌شود. مقیاس دیگر دما بر حسب کلوین (دمای مطلق) می‌باشد که یکای SI دما نیز می‌باشد. در این مقیاس تقسیم‌بندی با درجه‌ی سلسیوس تفاوتی ندارد و تنها صفر کلوین معادل تقریباً 273°C است. دما بر حسب کلوین را معمولاً با T نمایش داده و یکای آن به صورت K بیان می‌گردد. با توضیحات فوق می‌توان دریافت که رابطه‌ی دما بر حسب درجه‌ی سلسیوس و کلوین به صورت زیر خواهد بود:

$$T = \theta + 273$$

نکته: تغییر دما بر حسب درجه‌ی سلسیوس و کلوین یکسان است. این نتیجه را می‌توان از توضیحی که برای مقیاس کلوین بیان شد نتیجه گرفت. اما می‌توان به صورت زیر نیز نوشت:

$$\left. \begin{aligned} T_1 &= \theta_1 + 273 \\ T_2 &= \theta_2 + 273 \end{aligned} \right\} \Rightarrow T_2 - T_1 = (\theta_2 + 273) - (\theta_1 + 273) \Rightarrow \Delta T = \Delta \theta$$

مثال: مجموع دمای جسمی بر حسب سلسیوس و کلوین 327 می‌باشد. دمای این جسم چند کلوین است؟
حل:

$$T + \theta = 327 \Rightarrow T + (T - 273) = 327 \Rightarrow 2T = 600 \Rightarrow T = 300\text{K}$$

مثال تستی: دمای جسمی بر حسب سلسیوس 2 برابر می‌شود. دمای این جسم بر حسب کلوین چند برابر می‌شود؟
الف) 2 برابر ب) بیش از 2 برابر ج) کمتر از 2 برابر د) بسته به دما هر سه ممکن است.
حل:

$$\left. \begin{aligned} T_1 &= \theta_1 + 273 \xrightarrow{(\times 2)} 2T_1 = 2\theta_1 + 2 \times 273 \\ T_2 &= \theta_2 + 273 \xrightarrow{\theta_2 = 2\theta_1} T_2 = 2\theta_1 + 273 \end{aligned} \right\} \Rightarrow T_2 < 2T_1$$

گزینه‌ی (ج) پاسخ صحیح است.

۱۸- ظرفیت گرمایی (A): مقدار گرمایی است که باید به یک جسم داده شود تا دمای آن یک درجه ی سلسیوس (یا یک کلوین) افزایش یابد. با توجه به تعریف فوق می توان دریافت که گرمایی (Q) که لازم است تا دمای جسم را به اندازه ی $\Delta\theta$ افزایش دهد از رابطه ی مقابل به دست می آید:

$$Q = A \cdot \Delta\theta$$

یکای ظرفیت گرمایی (A) در SI ژول بر کلوین $\left(\frac{J}{K} \text{ یا } \frac{J}{^{\circ}C}\right)$ است.

گرمای ویژه (c): مقدار گرمایی است که باید به یک کیلوگرم از یک جسم داده شود تا دمای آن یک درجه ی سلسیوس (یا یک کلوین) افزایش یابد.

در واقع می توان گفت گرمای ویژه، ظرفیت گرمایی جسمی به جرم یک کیلوگرم است. پس برای تغییر دمای $1^{\circ}C$ برای جسمی به جرم ۱Kg گرمای c لازم است. پس اگر مقدار m کیلوگرم از جسم این تغییر دما را داشته باشد، گرمای لازم mc خواهد بود. با توجه به توضیحات فوق می توان دریافت که $A = mc$ است و در نتیجه برای تغییر دمای $\Delta\theta$ می توان نوشت:

$$Q = A \cdot \Delta\theta = mc\Delta\theta$$

یکای گرمای ویژه در SI ژول بر کیلوگرم بر کلوین $\left(\frac{J}{Kg^{\circ}C} \text{ یا } \frac{J}{KgK}\right)$ است.

در رابطه ی ذکر شده $\Delta\theta = \theta_p - \theta_1$ است یعنی دمای اولیه (θ_1) از دمای ثانویه (θ_p) کم می شود. اگر جسمی گرما بگیرد، مقدار Q را مثبت و اگر گرما از دست بدهد مقدار Q را منفی قرار می دهیم. با توجه به رابطه $Q = mc\Delta\theta$ می توان دریافت:

$$\begin{cases} Q > 0 \Rightarrow \Delta\theta > 0 \Rightarrow \theta_p > \theta_1 \rightarrow \text{دمای جسم افزایش یافته است.} \\ Q < 0 \Rightarrow \Delta\theta < 0 \Rightarrow \theta_p < \theta_1 \rightarrow \text{دمای جسم کاهش یافته است} \end{cases}$$

مثال: از ۵۰g جیوه با دمای $52^{\circ}C$ مقدار ۳۶۰J گرما می گیریم. دمای جیوه چقدر می شود؟

$$\left(C_{\text{جیوه}} = 150 \frac{J}{Kg^{\circ}C}\right)$$

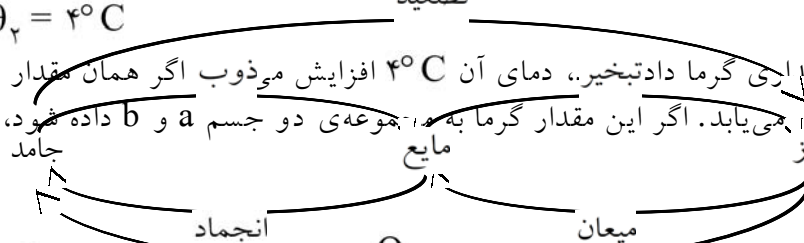
۱۹- ۲- حالت های ماده

از قبل با حالت های مختلف ماده و تغییر حالت (فاز) آنها آشنا هستید. در اینجا فقط این نکته را تاکید می کنیم که اگر فشار ثابت باشد تغییر حالت ماده در دمای ثابتی (دمای گذار) صورت می گیرد. شکل زیر تغییر حالت های مختلف ماده به هم را نشان می دهد.

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow -360 = \frac{50}{1000} \times 150 \times \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = -48^{\circ}C \Rightarrow$$

$$-48 = \theta_p - 52 \Rightarrow \theta_p = 4^{\circ}C$$

مثال: اگر به جسم a مقداری گرما دادیم، دمای آن $4^{\circ}C$ افزایش می ذوب اگر همان مقدار گرما را به جسم b بدهیم دمای آن $12^{\circ}C$ افزایش می یابد. اگر این مقدار گرما به مجموعه ای از دو جسم a و b داده شود، دمای مجموعه چقدر بالا می رود؟
حل:



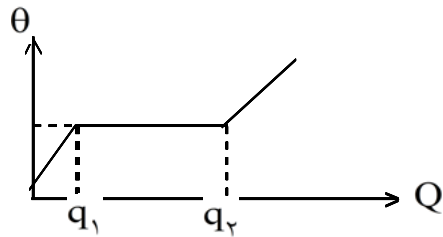
$$Q = A \cdot \Delta\theta \Rightarrow \begin{cases} Q = A_a \times 4 \Rightarrow A_a = \frac{Q}{4} \text{ چگالش} \\ Q = A_b \times 12 \Rightarrow A_b = \frac{Q}{12} \end{cases}$$

افزایش فشار بر جامدها بجز مواردی مثل یخ، باعث بالا رفتن نقطه ی ذوب می شود. همچنین افزایش فشار بر مایع باعث بالا رفتن نقطه ی جوش می شود. وقتی این گرما به مجموعه ای دو جسم داده می شود، دمای آنها به یک اندازه ($\Delta\theta$) افزایش می یابد و بخشی از گرما به جسم a و بخشی دیگر به جسم b می رسد، بنابراین:

$$Q = A_a \Delta\theta + A_b \Delta\theta = (A_a + A_b)\Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = \frac{Q}{A_a + A_b} = \frac{Q}{\frac{Q}{4} + \frac{Q}{12}} = 3^{\circ}C$$

دماهای مختلف در کنار هم باشند، به علت اختلاف دما شروع به مبادله ی گرما می کنند تا هم دمای یکسان، دمای تعادل می گوئیم. در این تبادل گرمایی بعضی از اجسام گرم می شوند و بعضی سرد می شوند.

۲۰- ذوب: وقتی به یک جسم جامد گرما می‌دهیم، دمای آن شروع به افزایش می‌کند. اگر گرما دادن را ادامه دهیم جسم به دمایی می‌رسد که پس از آن با اینکه جسم گرما می‌گیرد ولی دمای آن بالا نمی‌رود، این دما، دمای ذوب جسم است و جسم شروع به ذوب شدن کرده است.



مقدار گرمایی که جسم جامد در دمای ذوب خود می‌گیرد تا بطور کامل ذوب شود را گرمای نهان ذوب می‌گوییم. اگر عمل گرما دادن را ادامه دهیم، دمای جسم که مایع شده است بالا می‌رود. نمودار دما بر حسب گرمایی که به جسم داده می‌شود، به صورت مقابل است.
مثال: در نمودار شکل فوق، گرمای نهان ذوب کدام مقدار است؟

- الف) q_1 ب) q_2 ج) $q_2 - q_1$ د) بستگی به جرم دارد.
پاسخ: گزینه ی (ج) صحیح است.

گرمای نهان ویژه ی ذوب (L_f): مقدار گرمایی است که به 1Kg از یک جسم جامد داده می‌شود تا در دمای ثابت (که دمای ذوب آن است)، از حالت جامد به حالت مایع تبدیل شود. یکای آن در SI ژول بر کیلوگرم ($\frac{\text{J}}{\text{Kg}}$) است.

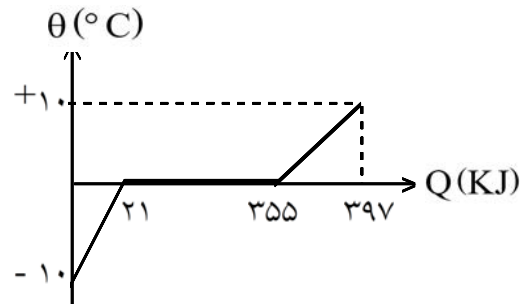
باید توجه داشت که این گرما صرفاً باعث تغییر حالت جسم شده است و دمای جسم را بالا نمی‌برد. با توجه به تعریف فوق می‌توان دریافت که گرمای لازم برای ذوب مقدار m کیلوگرم از یک ماده که در نقطه ی ذوب قرار دارد، از رابطه ی $Q = mL_f$ به دست می‌آید. (گرمای نهان ذوب جسم)

در نموداری که در بالا رسم شده است، مقدار q_1 از رابطه ی $mc_1\Delta\theta_1$ به دست می‌آید که c_1 گرمای ویژه ی حالت جامد است و $q_2 - q_1$ هم برابر mL_f خواهد بود و ادامه ی نمودار هم باعث افزایش دمای حالت مایع می‌شود.
مثال: چقدر گرما لازم است تا 1Kg یخ 10°C به آب 10°C تبدیل شود؟ نمودار دمای جسم بر حسب گرمای دریافتی را رسم کنید.

$$\left(C_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}, C_{\text{یخ}} = 2100 \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}, L_f = 334000 \frac{\text{J}}{\text{Kg}}, \theta_{\text{ذوب}} = 0^\circ\text{C} \right)$$

حل: چون در این فرآیند از حالت جامد به حالت مایع می‌رسیم، پس نمی‌توان با یک رابطه به جواب رسید. این فرآیند مطابق شکل زیر طی سه مرحله گرما گرفتن به وضعیت مورد نظر می‌رسد:

$$\begin{aligned} & \text{یخ } -10^\circ\text{C} \xrightarrow{Q_1} \text{یخ } 0^\circ\text{C} \xrightarrow{Q_2} \text{آب } 0^\circ\text{C} \xrightarrow{Q_3} \text{آب } 10^\circ\text{C} \\ Q_1 &= mc_i\Delta\theta_i = 1 \times 2100 \times (0 - (-10)) = 21000\text{J} = 21\text{KJ} \\ Q_2 &= mL_f = 1 \times 334000 = 334000\text{J} = 334\text{KJ} \\ Q_3 &= mc_w\Delta\theta_w = 1 \times 4200 \times (10 - 0) = 42000\text{J} = 42\text{KJ} \end{aligned}$$



در مثال فوق اگر گرمایی که به جسم داده می‌شود کمتر از 21KJ باشد، جسم در حالت جامد (یخ) باقی می‌ماند و اگر گرمای داده شده به جسم بیش از 355KJ باشد، تمام آن ذوب شده و دمایش به بالاتر از صفر (نقطه ی ذوب) می‌رسد و اگر گرمایی که به جسم داده می‌شود بیش تر از 21KJ و کم تر از 355KJ باشد، قسمتی از یخ ذوب می‌شود و قسمتی از آن باقی می‌ماند و دمای نهایی هم صفر خواهد بود.

انجماد: باید توجه داشت که این فرآیند وارون فرآیند ذوب است. در این فرآیند برای تبدیل مایع به جامد در دمای انجماد (که همان دمای ذوب است) همان مقداری گرما گرفته می‌شود که برای تبدیل جسم جامد به مایع در نقطه ی ذوب گرما لازم است.

بنابراین در فرآیند انجماد می‌توان از رابطه ی $Q = -mL_f$ استفاده کرد.

۲۱- جوشیدن و تبخیر: این فرآیند هم مشابه ذوب است، با این تفاوت که به جای تبدیل جامد به مایع، تبدیل مایع به گاز صورت می گیرد.

گرمای نهان ویژه تبخیر (L_v): مقدار گرمایی است که به 1Kg از یک مایع در نقطه ی جوش داده می شود تا به بخار در همان دما تبدیل شود. بنابراین گرمای لازم برای تبخیر در دمای ثابت (گرمای نهان تبخیر) از رابطه ی $Q = mL_v$ بدست می آید.

میعان: وارون فرآیند تبخیر است و بنابراین گرمای نهان میعان از رابطه ی $Q = -mL_v$ بدست می آید.
مثال: به 1Kg آب 80°C مقدار $309/6\text{KJ}$ گرما می دهیم. چقدر از آب بخار می شود؟

$$\left(c_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}, L_v = 2256000 \frac{\text{J}}{\text{Kg}}, \theta_{\text{جوش}} = 100^\circ\text{C} \right)$$

حل: با توجه به صورت سؤال، مشخص می شود که تنها قسمتی از آب بخار می شود، بنابراین تمام آب باید به دمای بخار (100°C) برسد و سپس بخشی از آن بخار شود. گرمای لازم برای تبدیل آب 80°C به آب 100°C عبارتست از:

$$Q_1 = mc\Delta\theta = 2 \times 4200 \times (100 - 80) = 84000\text{J} = 84\text{kJ}$$

در نتیجه گرمایی که صرف تبخیر قسمتی از آب می شود عبارتست از:

$$Q_2 = Q - Q_1 = 309/6 - 84 = 225/6 \text{ KJ}$$

این مقدار گرما می تواند مقدار m' از آب را به بخار تبدیل کند که از رابطه ی زیر قابل محاسبه است:

$$Q_2 = m'L_v \Rightarrow 225600 = m' \times 2256000 \Rightarrow m' = 0/1 \text{ Kg}$$

تبخیر سطحی: در هر دمایی مولکول های سطح مایع از آن جدا می شوند که به این عمل تبخیر سطحی می گویند. هرچه مساحت سطح مایع بیشتر باشد و یا دمای آن بالاتر باشد و یا فشار هوای بالای آن کمتر باشد تبخیر سطحی سریعتر صورت می گیرد. در اثر تبخیر سطحی دمای مابقی مایع کاهش می یابد.

۲۲-۳- اثر تغییر دما بر ابعاد اجسام:

اگر دمای یک جسم را افزایش دهیم، غالباً حجم آنها افزایش می یابد. این افزایش حجم در هر سه بعد جسم صورت می گیرد. اما اگر جسم ما یک ورقه ی نازک فلزی باشد، تغییر ابعادی که در سطح این جسم صورت می گیرد بسیار محسوس تر از انبساط ضخامت آن است. در چنین وضعیتی که انبساط سطح مدنظر قرار می گیرد، انبساط سطحی می گوئیم و به طرز مشابه برای یک میله ی نازک، تغییر در طول بسیار محسوس تر از تغییر در سطح مقطع آن است. در این وضعیت که انبساط در طول مدنظر است را انبساط طولی (و یا خطی) می نامیم.

۲۳- فرض کنید یک میله ی نازک در اختیار داریم و می خواهیم با افزایش دما، میزان انبساط آن را اندازه گیری کنیم. هر چقدر تغییر دما ($\Delta\theta$) بیشتر باشد، میزان انبساط یعنی تغییر طول میله (ΔL) بیش تر خواهد بود. هرچقدر طول اولیه ی میله (L_1) بیش تر باشد باز میزان انبساط (ΔL) به تناسب افزایش می یابد. بنابراین تغییر طول (ΔL) با تغییر دما ($\Delta\theta$) و طول اولیه ی (L_1) متناسب است. ضریب این تناسب به جنس جسم بستگی دارد که آن را ضریب انبساط طولی (α) می نامیم بنابراین:

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta\theta$$

رابطه ی فوق را می توان به صورت زیر بسط داد:

$$L_2 - L_1 = L_1 \alpha \Delta\theta \Rightarrow L_2 = L_1 (1 + \alpha \Delta\theta)$$

یکای α در SI بر کلوین ($\frac{1}{K}$ یا $\frac{1}{^\circ C}$) است.

مثال: میزان تغییر طول یک پل بتنی به طول $1000m$ ، هنگامی که دما $20^\circ C$ افزایش می یابد، چند سانتی متر است؟

$$\left(\alpha_{\text{بتن}} = 1/2 \times 10^{-5} \frac{1}{^\circ C}\right)$$

حل:

$$\Delta L = L_1 \alpha \Delta\theta = 1000 \times (1/2 \times 10^{-5}) \times 20 = 2/4 \times 10^{-2} m = 2/4 \text{ cm}$$

۲۴- انبساط سطحی: عوامل مؤثر در انبساط سطحی (ΔA) هم، تغییر دما $\Delta\theta$ و مساحت اولیه ی (A_1) و جنس جسم که به صورت یک ضریب به نام ضریب انبساط سطحی ظاهر می شود، می باشد. می توان نشان داد که با تقریب خوبی ضریب انبساط سطحی دو برابر ضریب انبساط طولی همان جنس است. بنابراین:

$$\Delta A = A_1 (2\alpha) \Delta\theta$$

در نتیجه:

$$A_2 - A_1 = A_1 (2\alpha) \Delta\theta \Rightarrow A_2 = A_1 (1 + 2\alpha \Delta\theta)$$

یکای ضریب انبساط سطحی همان $\frac{1}{K}$ (یا $\frac{1}{^\circ C}$) می باشد.

مثال: دمای یک صفحه ی فلزی دایره ای شکل را $250^\circ C$ افزایش می دهیم. مساحت صفحه 2% افزایش می یابد. الف) ضریب انبساط سطحی و خطی فلز را بیابید. ب) نسبت شعاع ثانویه به شعاع اولیه ی صفحه چقدر است؟ (حل: الف)

$$\frac{A_2}{A_1} = 1/02 \Rightarrow 1 + 2\alpha \Delta\theta = 1/02 \Rightarrow 2\alpha = \frac{0/02}{250} = \frac{0/02}{250} = 8 \times 10^{-5} \frac{1}{^\circ C} \rightarrow \text{ضریب انبساط سطحی}$$

$$\alpha = 4 \times 10^{-5} \frac{1}{^\circ C} \rightarrow \text{ضریب انبساط طولی}$$

$$\frac{R_2}{R_1} = 1 + \alpha \Delta\theta = 1 + (4 \times 10^{-5}) \times 250 = 1/01$$

ب) روش اول:

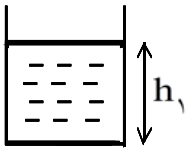
$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{\pi R_1^2}{\pi R_2^2} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{1/02} \cong 1/01$$

روش دوم:

۲۵- انبساط حجمی: عوامل مؤثر در این انبساط هم تغییر دما ($\Delta\theta$) و حجم اولیه (V_1) و جنس جسم که به صورت یک ضریب به نام ضریب انبساط حجمی (β) ظاهر می شود، می باشد. بنابراین: $\Delta V = V_1 \beta \Delta\theta$ و در نتیجه

باید به این نکته توجه کرد که برای جامدات می توان نشان داد که با تقریب خوبی ضریب انبساط حجمی سه برابر ضریب انبساط طولی است، ($\beta_{جامد} \cong 3\alpha$) ولی برای مایعات که فقط انبساط حجمی معنا دارد مستقیماً β اعلام می شود.

مثال: در یک ظرف استوانه ای شکل تا ارتفاع h_1 از یک مایع با ضریب انبساط حجمی β ریخته ایم. دمای مجموعه را به اندازه ی $\Delta\theta$ افزایش می دهیم. ارتفاع مایع درون ظرف را در هر حالت محاسبه کنید.



الف) انبساط ظرف ناچیز باشد. ب) ضریب انبساط طولی جنس ظرف α باشد.

حل: حجم مایع درون ظرف را با V ، مساحت قاعده ی ظرف را با A و ارتفاع مایع درون ظرف را با h نمایش می دهیم. بنابراین برای قبل و بعد از تغییر دما داریم $V_1 = A_1 h_1$ و $V_2 = A_2 h_2$.

$$h_2 = \frac{V_2}{A_2} = \frac{V_1(1 + \beta\Delta\theta)}{A_1} = \frac{V_1}{A_1} (1 + \beta\Delta\theta) \Rightarrow h_2 = h_1 (1 + \beta\Delta\theta) \quad \text{الف)}$$

$$h_2 = \frac{V_2}{A_2} = \frac{V_1(1 + \beta\Delta\theta)}{A_1(1 + 2\alpha\Delta\theta)} = \frac{V_1}{A_1} \times \frac{1 + \beta\Delta\theta}{1 + 2\alpha\Delta\theta} \Rightarrow h_2 = h_1 \times \frac{1 + \beta\Delta\theta}{1 + 2\alpha\Delta\theta} \quad \text{ب)}$$

نکته: ۱- می توان نشان داد که چگالی یک ماده با تغییر دما به صورت $\rho_2 = \frac{\rho_1}{1 + \beta\Delta\theta}$ تغییر می کند.

۲- آب بین دمای 0°C تا 4°C رفتار غیر عادی دارد و با افزایش دما حجم آن کم می شود.

۲۶-۴- انتقال گرما: هرگاه بین دو نقطه اختلاف دما وجود داشته باشد، گرما منتقل می‌شود. این انتقال گرما می‌تواند به سه صورت همرفتی، تابش و رسانش باشد.

همرفتی: انتقال گرما با این روش در سیال‌ها (مایعات و گازها) به علت اختلاف چگالی که در نقاط مختلف سیال با دماهای مختلف ایجاد می‌شود صورت می‌گیرد و با جابه‌جا شدن سیال گرما نیز منتقل می‌شود. تابش: در این روش، انتقال گرما نیازی به محیط مادی ندارد و انتقال گرما سرعت بسیار بالایی دارد. رسانش: در این روش انتقال گرما به سطح مقطع، طول، اختلاف دما و جنس بستگی دارد. در حالتی که دمای طرفین یک جسم، ثابت باشد (مانند دمای طرفین شیشه‌ی پنجره‌ی اتاق) می‌توان آهنگ انتقال گرما را به صورت زیر در حالت پایدار پیدا کرد.

فرض کنید یک میله با سطح مقطع A و طول L که سطح جانبی آن عایق‌بندی شده است در اختیار است. بین دو قاعده‌ی آن اختلاف دمای $\Delta\theta$ ایجاد شده است. مقدار گرمایی که در هر ثانیه از سطح مقطع این میله می‌گذرد (آهنگ عبور گرما P) با اختلاف دما و سطح مقطع متناسب و با طول میله نسبت عکس دارد. ضریب این تناسب که ضریب رسانش می‌نامیم (K) به جنس میله بستگی دارد. بنابراین:

$$P = K \frac{A\Delta\theta}{L}$$

یکای K در SI به صورت $\frac{J}{ms^{\circ}C}$ یا $\frac{W}{m^{\circ}C}$ است.

مشخص است که گرمایی که در مدت t از سطح مقطع می‌گذرد به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$Q = P \cdot t = \frac{KA\Delta\theta t}{L}$$

مثال: یک میله‌ی استوانه‌ای شکل از جنس مس به طول $2m$ و مساحت قاعده‌ی 167 cm^2 که سطح جانبی آن عایق‌بندی شده است، در اختیار است. یک قاعده‌ی استوانه در مخلوط آب و یخ $0^{\circ}C$ و قاعده‌ی دیگر آن در مخلوط آب جوش و بخار $100^{\circ}C$ قرار دارد. الف) آهنگ انتقال گرما را به دست آورید. ب) آهنگ ذوب شدن جرم یخ را به دست آورید.

$$K_{\text{مس}} = 400 \frac{W}{m^{\circ}C}$$

$$L_f = 334000 \frac{J}{Kg}$$

$$P = \frac{KA\Delta\theta}{L} = \frac{400 \times (167 \times 10^{-4}) \times 100}{2} = 334 \text{ W}$$

حل: الف)

ب) اگر آهنگ ذوب شدن جرم یخ (مقدار جرمی از یخ که در هر ثانیه ذوب می‌شود) را m بنامیم، در این صورت چون مقدار گرمایی که در هر ثانیه از سطح می‌گذرد P است، پس همین گرما در هر ثانیه به مخلوط آب و یخ می‌رسد و باعث ذوب شدن یخ می‌شود. بنابراین می‌توان گفت:

$$Q = mL_f \Rightarrow P = mL_f \Rightarrow 334 = m \times 334000 \Rightarrow m = 0.001 \frac{Kg}{s} = 1 \frac{g}{s}$$

در هر ثانیه یک گرم یخ ذوب می‌شود.

۱- دمای ذوب یخ، 0°C و دمای جوش آب، 100°C و دمای بدن انسان سالم 37°C ، هر یک برابر چند درجه ی کلوین هستند؟

طول هر درجه ی سلسیوس با طول یک واحد کلوین یکسان است. از طرفی صفر درجه ی سلسیوس برابر 273°K کلوین است. بنابراین برای تبدیل درجه ی سلسیوس به کلوین باید 273 واحد به دما بر حسب درجه ی سلسیوس اضافه کرد.

$$^{\circ}\text{C} \rightarrow 273\text{k} \quad 100^{\circ}\text{C} \rightarrow 373\text{k} \quad 37^{\circ}\text{C} \rightarrow 410\text{k}$$

۲- جسمی به جرم 250 گرم در دمای 30°C را به درون ظرف عایقی حاوی 500 گرم آب 25°C می اندازیم. پس از چند دقیقه دمای تعادل را اندازه می گیریم. اگر دمای تعادل 21°C باشد، گرمای ویژه جسم را محاسبه کنید. از تبادل گرما بین آب و ظرف چشم پوشی کنید.

مجموع گرماهای مبادله شده توسط جسم و آب درون ظرف صفر است.

$$Q_w + Q_m = 0 \Rightarrow m_w C_w \Delta\theta_w + m_m C_m \Delta\theta_m = 0$$

$$\Rightarrow 0.5 \times 4200 \times 4 = 0.25 \times C_m \times 18$$

$$\Rightarrow C_m = \frac{0.5 \times 4200 \times 4}{0.25 \times 18} = \frac{5600}{3} \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{k}}$$

۳- علت سریع تر پخته شدن غذا در دیگ زودپز را توضیح دهید.

به علت بسته بودن دیگ زودپز و تبخیر آب و در نتیجه افزایش فشار هوای درون زودپز، دمای جوش آب درون زودپز افزایش می یابد و آب درون زودپز در دمای بالاتری نسبت به شرایط متعارفی می جوشد. بنابراین محتویات زودپز در دمای بالاتری نسبت به 100 درجه ی سلسیوس پخته می شوند. بنابراین پخت در دمای بالاتر باعث کوتاه تر شدن زمان پخت می شود.

۴- بررسی کنید که تبخیر سطحی با افزایش دما و افزایش سطح مایع سریع تر صورت می گیرد یا کندتر؟

اگر دمای مایع افزایش یابد، متوسط انرژی جنبشی ذرات آن افزایش می یابد. بنابراین تعداد مولکول هایی که انرژی لازم برای خروج از سطح مایع به هوای بالای مایع را دارند افزایش می یابد و در نتیجه تبخیر سطحی سریع تر صورت می گیرد.

اگر سطح آزاد مایع (سطحی که با هوای بالای مایع در تماس است) افزایش یابد، مولکول هایی که انرژی لازم برای خروج از سطح مایع به هوای بالای مایع را دارند با تعداد بیشتری در واحد زمان به سطح مایع می رسند و از آن خارج می شوند. بنابراین تبخیر سطحی سریع تر صورت می گیرد.

۵- با بررسی تبخیر سطحی در شرایط مختلف سعی کنید از راه تجربه عامل یا عامل های دیگری به غیر از دما و سطح مایع را که بر آهنگ تبخیر سطحی اثر می گذارند پیدا کنید.

فشار هوای بالای مایع: اگر فشار هوای بالای مایع افزایش یابد، حداقل انرژی لازم برای خروج مولکول های مایع از مایع به هوای بالای مایع افزایش می یابد. بنابراین تعداد کمتری از ذرات مایع انرژی لازم برای خروج از مایع به هوای بالای مایع را دارند و تبخیر سطحی کندتر صورت می گیرد.

وجود ناخالصی به صورت محلول در مایع: وجود ناخالصی باعث تغییر در نیروی بین مولکولی مولکول های مایع می شود و می تواند باعث تغییر در آهنگ تبخیر سطحی شود.

۶- توضیح دهید چرا با پوشیدن لباس‌های تر احساس سرما می‌کنید؟

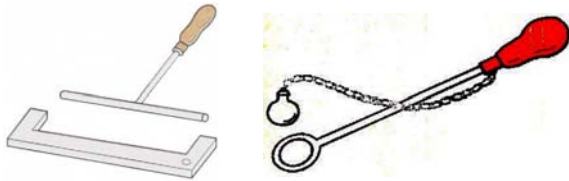
در مولکول‌های آب موجود در لباس خیس تبخیر سطحی رخ می‌دهد و دمای آب موجود در بافت‌های لباس کاهش می‌یابد و این کاهش دما با گرفتن گرما از بدن جبران می‌شود بنابراین سرما احساس می‌شود.

۷- توضیح دهید چرا عرق کردن به خنک نگه داشتن بدن کمک می‌کند؟

با تبخیر سطحی آب موجود در عرق در سطح بدن کاهش دما ایجاد می‌شود و باعث خنک شدن می‌شود. به عبارت دیگر مولکول‌های آب گرمای لازم برای تبخیر شدن را از سطح بدن دریافت می‌کنند و باعث کاهش دما در سطح بدن می‌شوند.

۸- توضیح دهید چرا هنگامی که دوش می‌گیرید بخار آب روی شیشه پنجره حمام مایع می‌شود؟

دمای هوای حمام به طور متوسط از دمای هوای بیرون بیشتر است. گرما از طریق جداری شیشه از هوای حمام به بیرون منتقل می‌شود. وقتی گرمای هوای مجاور شیشه که در آن بخار آب نیز موجود است توسط شیشه گرفته می‌شود، بخار آب در مجاورت شیشه میعان می‌شود و به صورت قطره‌های آب روی سطح شیشه ظاهر می‌شود.



۹- توضیح دهید که چگونه می‌توان با استفاده از ابزارهایی که در زیر نشان داده شده است پدیده انبساط در اثر افزایش دما را نمایش داد.

در شکل ۱ وقتی گلوله سرد است از درون حلقه می‌گذرد و هنگامی که به اندازه‌ی کافی گرم می‌شود دیگر از درون حلقه عبور نمی‌کند.

در شکل ۲ هنگامی که میله‌ی T شکل سرد است در دهانه‌ی میله‌ی U شکل جای می‌گیرد. اما هنگامی که به اندازه‌ی کافی گرم می‌شود در آن جای نمی‌گیرد.

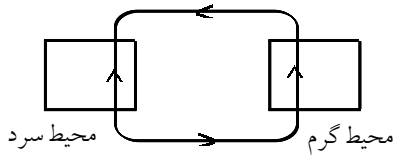
۱۰- آب در چه دمایی کم‌ترین حجم را دارد؟ در این دما چگالی بیش‌ترین مقدار خود را دارد یا کم‌ترین آن را؟

بر اساس تجربه آب در دمای 4°C کم‌ترین حجم را دارد و بنابراین با توجه به رابطه‌ی $\rho = \frac{m}{V}$ آب در این دما بیش‌ترین چگالی را دارد.

۱۱- چرا در لباس‌های آتش‌نشانی از پوشش‌های فلزی براق استفاده می‌شود؟

در نزدیکی شعله‌های آتش قسمت‌های قابل ملاحظه‌ای از گرمای شعله‌های آتش به صورت تابش گرمایی منتقل می‌شود. بنابراین لباس‌هایی با پوشش فلزی براق می‌تواند باعث بازتابش گرمایی و عدم جذب آن توسط افراد آتش‌نشان شود.

۱۲- چرا هنگامی که در یخچال را باز می‌کنید، هوای سرد از پایین آن بیرون می‌آید؟



در پدیده‌ی انتقال گرما از طریق همرفت جریان هوا به صورت شکل مقابل بین محیط گرم و سرد برقرار می‌شود. علت این پدیده این است که هوای سرد دارای چگالی بیشتر است و به سمت پایین حرکت می‌کند و هوای گرم دارای چگالی کم‌تر است و به سمت بالا حرکت می‌کند.

بنابراین در پایین محیط گرم کاهش فشار و در پایین محیط سرد افزایش فشار ایجاد می‌شود و هوا در قسمت پایین از محیط سرد به طرف محیط گرم حرکت می‌کند.

۱۳- چرا در کشورهای با آب و هوای گرم، رنگ سفید برای نمای بیرون خانه‌ها مناسب‌تر است؟

رنگ سفید برای نمای بیرون خانه می‌تواند نور خورشید و تابش‌های گرمایی را منعکس کند و از جذب گرما از این طریق جلوگیری کند.

۱۴- چرا در زمستان وقتی با پای برهنه روی کف سنگی یا سیمانی راه می‌روید، پاهای شما احساس سرما می‌کند، اما وقتی روی کف اتاق با کف‌پوش چوبی (با همان دما) راه می‌روید احساس سرما نمی‌کنید؟

در هر دو حالت دمای سطحی که روی آن راه می‌رویم یکسان و کم‌تر از دمای پای ما است. بنابراین گرما از پای ما به سطح منتقل می‌شود و احساس سرما می‌کنیم. اما هر چه قدر رسانایی گرما در سطح بیشتر باشد آهنگ انتقال گرما شدیدتر است و سرما بیشتر حس می‌شود. بنابراین در کف‌پوشی چوبی به دلیل رسانایی کم‌تر نسبت به کف سنگی یا سیمانی احساس سرما کم‌تر است.

۱۵- دماهای زیر را بر حسب درجهٔ سلسیوس مشخص کنید:

الف - 0K ب - 273K پ - 546K

$$T = \theta + 273$$

θ دما بر حسب درجه‌ی سلسیوس و T دما بر حسب کلوین است.

$$\Rightarrow 0\text{K} = -273^\circ\text{C} \quad \text{و} \quad 273\text{K} = 0^\circ\text{C} \quad \text{و} \quad 546\text{K} = 273^\circ\text{C}$$

۱۶- هنگامی که با دماسنج جیوه‌ای دمای آبی را اندازه می‌گیرید، موقع خواندن دما، باید مخزن دماسنج حتماً درون آب باشد، ولی وقتی پزشک دمای بدن بیمار را اندازه می‌گیرد، دماسنج را از محل تماس با بدن بیمار دور می‌کند، بعد دما را می‌خواند. چه تفاوتی بین دماسنج پزشکی و دماسنج جیوه‌ای معمولی وجود دارد که این روش اندازه‌گیری را توجیه می‌کند؟

در دماسنج معمولی پس از جدا کردن دماسنج از جسم یا محیطی که دمای آن مورد اندازه‌گیری است به سرعت دمای دماسنج تغییر می‌کند و جیوه درون آن شروع به حرکت می‌کند و لذا دمای خوانده شده در این حالت نمی‌تواند صحیح باشد.

در دماسنج پزشکی در لوله‌ی جیوه یک خمیدگی وجود دارد که پس از بالا آمدن جیوه درون لوله تا مقدار لازم و جدا کردن دماسنج از محل تماس با بدن بیمار از پایین آمدن جیوه درون لوله جلوگیری می‌کند.

۱۷- دمای یک قطعه فلز $0/6$ کیلوگرمی را توسط یک گرمکن 50 واتی در 110 ثانیه از 18°C به 38°C رسانده ایم. این آزمایش برای گرمای ویژه فلز چه مقداری را ارائه می دهد؟ حدس می زنید که این جواب از مقدار واقعی برای گرمای ویژه بیش تر است یا کم تر؟ توضیح دهید.

$$\begin{cases} Q = P \cdot \Delta t \\ Q = mC\Delta\theta \end{cases} \Rightarrow mC\Delta\theta = P \cdot \Delta t$$

$$\Rightarrow 0/6 \times C \times (38 - 18) = 50 \times 110 \Rightarrow 0/6 C \times 20 = 5500 \Rightarrow C = \frac{5500}{12} = \frac{1375}{3} \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{K}}$$

اگر فرض کنیم گرمایی که جسم دریافت کرده است کم تر از گرمایی است که گرمکن آزاد کرده است داریم:

$$mC\Delta\theta < P \cdot \Delta t \Rightarrow C < \frac{1375}{3} \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{K}}$$

علت این فرض این است که در عمل قسمتی از گرمای آزاد شده توسط گرمکن به محیط منتقل می شود.

۱۸- چه روش هایی پیشنهاد می کنید که نتیجه یک آزمایش اندازه گیری ظرفیت گرمایی گرماسنج و یا یک آزمایش اندازه گیری گرمای ویژه از دقت بیشتری برخوردار باشد؟ توضیح دهید.

باید از هر طریق ممکن جلوی تبادل گرما بین مواد مورد آزمایش و محیط اطراف گرفته شود.

* زمان طولانی در آزمایش های گرمایی فرصت تبادل گرمای بیشتری به مواد مورد آزمایش می دهد و خطا بزرگ می شود. بنابراین آزمایش باید به گونه ای طرح شود که زمان انجام آن بسیار کوتاه باشد.

* اختلاف دمای بالای مواد مورد آزمایش با محیط شدت تبادل گرما بین محیط و مواد مورد آزمایش را افزایش می دهد و خطا بزرگ می شود. بنابراین آزمایش باید در دماهایی نزدیک به دمای محیط طراحی شود.

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

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 0$$

$$\Rightarrow 0/2 \times C_{\text{Cu}}(52 - 30) + 0/08 C_X(52 - 30) + 0/05 \times 4200 \times (52 - 30) + 0/1 \times 4200 \times (52 - 70) = 0$$

$$\Rightarrow 4/4 C_{\text{Cu}} + 1/76 C_X + 4620 - 7560 = 0 \Rightarrow 4/4 \times 380 + 1/76 C_X - 2940 = 0$$

$$\Rightarrow 1672 + 1/76 C_X - 2940 = 0 \Rightarrow 1/76 C_X = 1268 \Rightarrow C_X = \frac{7925}{11} \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{K}}$$

۲۰- یک گرمکن که با آهنک ثابت 500 وات انرژی تولید می کند، به طور کامل در یک قطعه یخ بزرگ با دمای 0°C گذاشته شده است. در مدت 1320 ثانیه، 2 کیلوگرم آب با دمای 0°C تولید می شود. گرمای نهان ویژه ذوب یخ را حساب کنید.

$$\begin{cases} Q_i = mL_f \\ Q = P\Delta t \end{cases} \Rightarrow mL_f = P\Delta t \Rightarrow 2 \times L_f = 500 \times 1320 \Rightarrow L_f = \frac{500 \times 1320}{2}$$

$$\Rightarrow L_f = 330000 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 330 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

۲۱- انبساط تیر آهنی با طول اولیه ۲۵ متر، در اثر افزایش دمای آن از 10°C تا 30°C را حساب کنید.
 $(\alpha_{\text{Fe}} = 12 \times 10^{-6})$

$$\Delta L = L\alpha\Delta\theta = 25 \times 12 \times 10^{-6} \times (30 - (-10)) = 25 \times 12 \times 10^{-6} \times 40 = 12 \times 10^{-3} \text{ m} = 12 \text{ mm}$$

۲۲- چه مقدار افزایش دما باعث می شود که طول یک خطکش $0/5$ متری برنجی $1/1$ میلی متر افزایش یابد؟

$$\Delta L = L\alpha\Delta\theta \Rightarrow 1/1 \times 10^{-3} = 0/5 \times 19 \times 10^{-6} \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = \frac{1/1 \times 10^{-3}}{0/5 \times 19 \times 10^{-6}} = \frac{2200}{19}^{\circ}\text{C} \approx 115/8^{\circ}\text{C}$$

۲۳- در روزی که دما 0°C است برای پنجره‌ای، شیشه‌ای به طول 6m انداخته شد. برای پیش‌بینی انبساط شیشه، فاصله کوچکی به اندازه $1/35$ میلی متر بین شیشه و چارچوب منظور شد. روزی که دما 25°C است مشاهده می شود که این فاصله از بین رفته است. با چشم‌پوشی از انبساط چارچوب، ضریب انبساط شیشه را حساب کنید.

$$\Delta L = \alpha L \Delta\theta \Rightarrow 1/35 \times 10^{-3} = \alpha \times 6 \times (25 - 0)$$

$$\Rightarrow 1/35 \times 10^{-3} = 150\alpha \Rightarrow \alpha = \frac{1/35 \times 10^{-3}}{150} = 9 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}$$

هنگامی که 1 کیلوگرم آب را با گرمکن غوطه‌ور در آن به مدت 5 دقیقه گرم می‌کنیم، دمای آب 30°C بالا می‌رود.
 به 2 سؤال بعدی پاسخ دهید.

۲۴- توان متوسط گرمکن را حساب کنید.

$$Q = mC\Delta\theta = 1 \times 4200 \times 30 = 126000 \text{ J}$$

$$Q = P\Delta t \Rightarrow 126000 = P(5 \times 60) = 300P \Rightarrow P = 420 \text{ W}$$

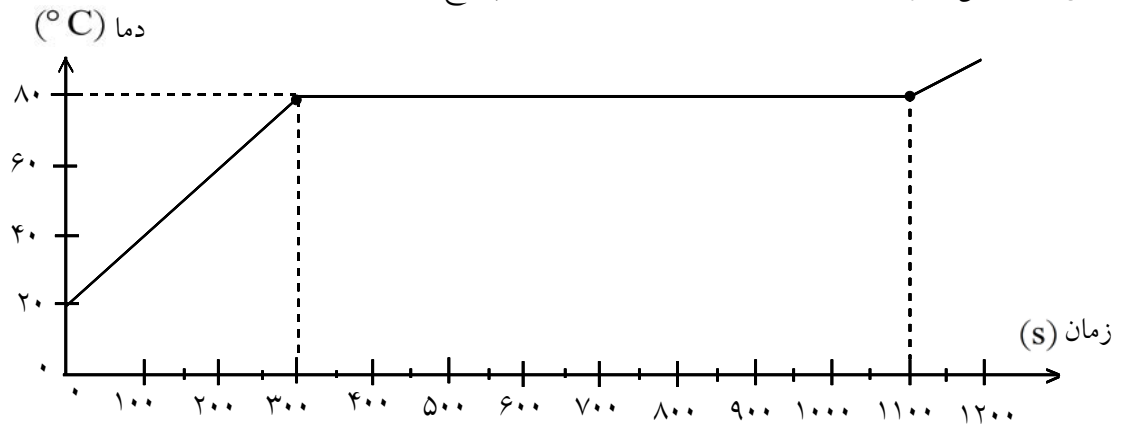
۲۵- اگر همین گرمکن آب را به مدت 9 دقیقه گرم کند دمای آن را چقدر افزایش خواهد داد؟
 راه اول:

$$\begin{cases} Q = P\Delta t \\ Q = mC\Delta\theta \end{cases} \Rightarrow mC\Delta\theta = P\Delta t \Rightarrow 1 \times 4200 \Delta\theta = 420(9 \times 60) \Rightarrow \Delta\theta = 54^{\circ}\text{C}$$

راه دوم:

$$Q = P\Delta t = mC\Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta \propto \Delta t \Rightarrow \frac{\Delta\theta_2}{\Delta\theta_1} = \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \Rightarrow \frac{\Delta\theta_2}{30} = \frac{9}{5} \Rightarrow \Delta\theta_2 = 54^{\circ}\text{C}$$

به یک جسم جامد $0/5$ کیلوگرمی توسط یک گرمکن 100 واتی گرما می‌دهیم. منحنی تغییرات دمای این جسم با زمین در شکل زیر داده شده است. به دو سؤال بعدی پاسخ دهید.



۲۶- چه زمانی طول می‌کشد تا این جامد به نقطه ذوب خود برسد؟

در نقطه‌ی ذوب دمای جسم افزایش نمی‌یابد و ثابت می‌ماند تا تمام جسم ذوب شود. بنابراین با توجه به نمودار دمای ذوب جسم 80 درجه‌ی سلسیوس است و 300 ثانیه طول می‌کشد تا دمای جسم به دمای ذوب برسد.

۲۷- با استفاده از نمودار، گرمای ویژه جامد و گرمای نهان ویژه ذوب آن را محاسبه کنید.

در 300 ثانیه‌ی اول دمای جسم از 20°C به 80°C می‌رسد.

$$\begin{cases} Q_1 = P\Delta t_1 \\ Q_1 = mC\Delta\theta \end{cases} \Rightarrow P\Delta t_1 = mC\Delta\theta \Rightarrow 100 \times 300 = 0/5 \times C \times (80 - 20) \Rightarrow 30000 = 30C$$

$$\Rightarrow C = 1000 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$$

از لحظه‌ی $t = 300\text{s}$ تا $t = 1100\text{s}$ جسم در حال ذوب شدن است.

$$\begin{cases} Q_2 = P\Delta t_2 \\ Q_2 = mL_f \end{cases} \Rightarrow P\Delta t_2 = mL_f$$

$$\Rightarrow 100 \times 800 = 0/5 \times L_f \Rightarrow L_f = 160000 = \frac{\text{J}}{\text{kg}} = 160 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

گرمکنی در هر ثانیه 200 ژول انرژی فراهم می‌کند.

به ۲ سؤال بعدی پاسخ دهید.

۲۸- چه مدت زمان طول می‌کشد تا این گرمکن $0/1$ کیلوگرم آب 100°C را به بخار آب 100°C تبدیل کند؟

$$\begin{cases} Q = mL_V \\ Q = P\Delta t \end{cases} \Rightarrow P\Delta t = mL_V \Rightarrow 200\Delta t = 0/1 \times 2256 \times 10^3 \Rightarrow \Delta t = 1128\text{s}$$

۲۹- این گرمکن در همین مدت چه مقدار یخ 0°C را به آب 0°C تبدیل می‌کند؟

$$\begin{cases} Q = m'L_f \\ Q = P\Delta t \end{cases} \Rightarrow m'L_f = P\Delta t \Rightarrow m' \times 334 \times 10^3 = 200 \times 1128$$

$$\Rightarrow m' = \frac{200 \times 1128}{334000} \approx 0.6755 \text{ kg} = 675.5 \text{ g}$$

یک گرمکن 50 واتی غوطه‌ور در آب به طور کامل در 100 گرم آب درون یک گرماسنج قرار داده می‌شود. به 3 سؤال بعدی پاسخ دهید.

۳۰- این گرمکن در مدت یک دقیقه دمای آب و گرماسنج را از 20°C به 25°C می‌رساند. ظرفیت گرمایی گرماسنج را حساب کنید.

$$\begin{cases} Q = P\Delta t = 50(60) = 3000 \text{ J} \\ Q = Q_W + Q_s \end{cases} \Rightarrow Q_W + Q_s = 3000 \text{ J}$$

$$Q_W = m_W C_W \Delta\theta = 0.1 \times 4200(25 - 20) = 2100 \text{ J} \Rightarrow 2100 + Q_s = 3000 \Rightarrow Q_s = 900 \text{ J}$$

$$Q_s = m C_s \Delta\theta \Rightarrow 900 = m C_s (25 - 20) \Rightarrow m C_s = \frac{900}{5} = 180 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

۳۱- چه مدت طول می‌کشد تا دمای آب درون گرماسنج از 25°C به نقطه‌ی جوش (100°C) برسد؟

گرمایی را که لازم است تا دمای مجموعه به دمای جوش آب برسد محاسبه می‌کنیم:

$$Q_1 = m C_s \Delta\theta + m_W C_W \Delta\theta = (m C_s + m_W C_W) \Delta\theta$$

$$= (180 + 0.1 \times 4200) \times (100 - 25) = 600 \times 75 = 45000 \text{ J}$$

$$Q_1 = P\Delta t_1 \Rightarrow 45000 = 50 \Delta t_1 \Rightarrow \Delta t_1 = 900 \text{ s} \Rightarrow \Delta t_1 = 15 \text{ min}$$

۳۲- چه مدت طول می‌کشد تا 20 گرم آب درون این گرماسنج به بخار تبدیل شود؟

گرمایی را که لازم است تا 20 گرم از آب موجود در گرماسنج تبخیر شود محاسبه می‌کنیم:

$$Q_2 = m'_W L_V = 0.02 \times 2256 \times 10^3 = 45120 \text{ J}$$

$$Q_2 = P\Delta t_2 \Rightarrow 45120 = 50 \Delta t_2 \Rightarrow \Delta t_2 = 902.4 \text{ s} \Rightarrow \Delta t_2 = 15.04 \text{ min}$$

در یک اتاق شیشه‌ پنجره‌ای دارای عرض 2 متر و ارتفاع 1 متر و ضخامت 4 mm است. به 3 سؤال بعدی پاسخ دهید.

۳۳- در یک روز زمستانی که دمای بیرون 0°C و دمای درون اتاق 20°C است چه مقدار گرما در هر ثانیه به خارج نشت می‌کند؟

ضریب رسانندگی گرمایی شیشه برابر $k = 1 \frac{\text{J}}{\text{s.m.K}}$ است.

$$Q = \frac{k A t \Delta\theta}{L} = \frac{1 \times (2 \times 1) \times 1 \times (20 - 0)}{4 \times 10^{-3}} = 10000 \text{ J} = 10 \text{ kg}$$

۳۴- چه مقدار انرژی در طول یک شبانه روز به این ترتیب تلف می‌شود؟

$$\text{یک شبانه روز} = 24 \times 3600 = 86400 \text{ s}$$

$$\Rightarrow \text{در یک شبانه روز } Q = 86400 \times 10 \text{ kJ} = 864000 \text{ kJ} = 864 \text{ MJ}$$

۳۵- اگر در طول سال دمای داخل اتاق به طور متوسط 18°C بالاتر از دمای بیرون باشد، چه مقدار انرژی توسط رسانش از همین یک پنجره تلف می‌شود؟

$$t = (365 \text{ day}) \times (24 \text{ h}) \times (3600 \text{ s}) = 31536000 \text{ s}$$

$$Q = k \frac{At\Delta\theta}{L} = 1 \times \frac{(2 \times 1) \times 31536000 \times 8}{4 \times 10^{-3}} = 12614400000 \text{ J} \Rightarrow Q = 126144 \text{ MJ}$$

۳۶- دلیل افزودن ماده‌ی ضدیخ به آب رادیاتور اتومبیل‌ها در زمستان چیست؟

زیرا ضدیخ دمای جوش را بالا برده و دمای انجماد را پایین می‌آورد. به این ترتیب در زمستان آب رادیاتور در دماهای پایین‌تر از صفر درجه یخ خواهد زد.

۳۷- کوهنوردان می‌گویند که تخم‌مرغ در ارتفاع‌های بالاتر دیرتر آب‌پز می‌شود. دلیل این امر چیست؟

زیرا در ارتفاع‌های بالاتر، فشار هوا کمتر است.

۳۸- چرا غذا در دیگ زودپز زودتر پخته می‌شود؟

فشار بیش‌تر است.

۳۹- از یک کوهنورد حرفه‌ای بپرسید که برای آن که تخم‌مرغ در ارتفاع‌های بالا سریع‌تر آب‌پز شود چه تدبیری باید اندیشید؟

باید به آن مقداری ناخالصی افزود.

۴۰- در آب گرم‌کن‌ها چگونه از اتلاف گرمای آب داغ موجود در مخزن جلوگیری می‌کنند؟

استفاده از مخازنی که عایق گرما هستند - استفاده از مخزن دوجداره

۴۱- اگر به جای آب از مایع دیگری در لوله‌کشی مخصوص گرم کردن منزل‌ها استفاده شود چه تغییری دیده خواهد شد؟

چون گرمای ویژه‌ی آب نسبت به سایر مواد بیش‌تر است، در این صورت این عمل باعث می‌شود که انرژی گرمایی کم‌تری را دریافت نماییم.

۴۲- در یک برنامه ی رژیم غذایی ادعا شده است: هر مقدار دلتان می خواهد بخورید ولی به مقدار کافی آب سرد بنوشید، در این صورت چاق نمی شوید. فرض کنید کل انرژی غذا در بدن صرف رساندن دمای آب سرد 7°C به 37°C شود. با استفاده از جدول زیر معین کنید چند لیتر آب سرد 7°C باید بنوشیم تا تأثیر یک همبرگر 100 گرمی و 200 گرم سیب زمینی سرخ شده ی همراه آن را خنثی کنیم.

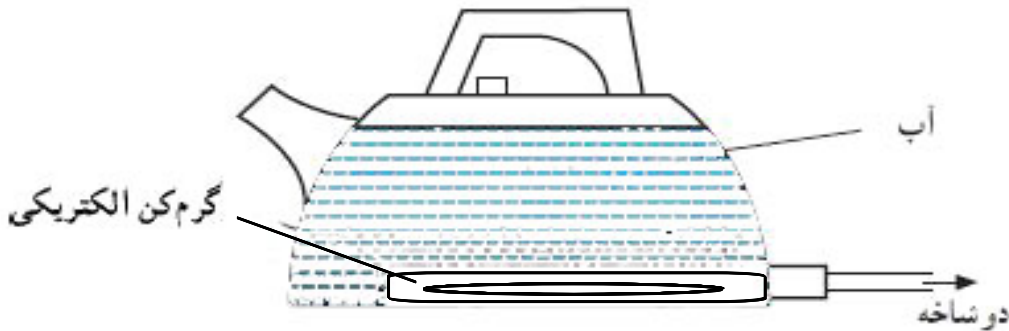
| غذا | همبرگر | سیب زمینی |
|----------------------------|-------------------|-------------------|
| انرژی برحسب ژول بر کیلوگرم | $8/0 \times 10^6$ | $6/0 \times 10^6$ |

$$E_1 = 8 \times 10^5 \text{ J} \Rightarrow E = E_1 + E_2 = 2 \times 10^6 \text{ J} : E = mc\Delta\theta$$

$$E_2 = 12 \times 10^5 \text{ J}$$

$$2 \times 10^6 = m \times 4200 \times 30 \Rightarrow m = \frac{2000}{126} \cong 15 \text{ kg} \cong 15 \text{ lit}$$

در شکل زیر یک کتری برقی را مشاهده می کنید.



به ۳ سؤال بعدی پاسخ دهید.

۴۳- فرآیندهای را که توسط آنها همه ی آب کتری گرم می شود نام ببرید و توضیح دهید.

با وصل کردن دوشاخه به مولد، انرژی الکتریکی به وسیله ی گرم کن الکتریکی به انرژی گرمایی تبدیل شده که این انرژی به صورت رسانش به آب داخل آن منتقل شده و آن را گرم می کند.

۴۴- توان قسمت گرم کن الکتریکی این کتری 2800 W است. اگر کتری محتوی 2 kg آب 6°C باشد:

(الف) انرژی الکتریکی لازم برای این که دمای آب به 100°C برسد، چقدر است؟

(ب) زمان لازم را برای این که دمای آب به 100°C برسد حساب کنید.

$$Q = mc\Delta\theta = 2 \times 4200 \times 94 = 789600 \text{ J} \quad (\text{الف})$$

$$Q = P.t \Rightarrow t = \frac{Q}{P} = \frac{789600}{2800} = 282 \text{ s} \quad (\text{ب})$$

۴۵- توضیح دهید چرا در عمل به زمانی بیش تر از آنچه در قسمت قبلی محاسبه کردید نیازمندید.

مقداری از انرژی گرمایی تلف می شود.

۴۶- آیا می شود با یک دماسنج الکلی دمای جوش آب را اندازه گیری کرد؟ توضیح دهید.

خیر، چون دمای جوش الکل از دمای جوش آب کم تر است.

۴۷- یک لیوان آب داریم. اگر به جای یک جسم با دمای بالا، جسمی با دمای پایین‌تر از دمای آب را به درون آن بیندازیم، آیا تغییری در انرژی درونی آب و انرژی درونی جسم صورت خواهد گرفت؟ انرژی از کدام یک به دیگری منتقل خواهد شد؟

انرژی درونی کل مجموعه تغییر نخواهد کرد. انرژی درونی آب کم‌تر شده و انرژی درونی جسم سردتر از آب افزایش می‌یابد.

۴۸- قطعه‌ای از موتور یک خودرو به جرم $1/9 \text{ kg}$ که از ترکیب دو فلز آهن و آلومینیوم ساخته شده است، باید در دمای 150°C کار کند. اگر 196 kJ انرژی لازم باشد تا دمای آن از 20°C به دمای 150°C برسد، گرمای ویژه ی این آلیاژ چه مقدار است؟

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow 196000 = 1/9 \times c \times (150 - 20) \Rightarrow c \sim 793/5 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

۴۹- چرا دیواره‌ی شیشه‌ای مخزن دماسنج باید نازک باشد؟

برای این که سریع‌تر با جسم مورد آزمایش یا محیط، تبادل گرمایی ایجاد کند.

۵۰- چرا آب مایع مناسبی برای استفاده در خنک کردن موتور اتومبیل است؟

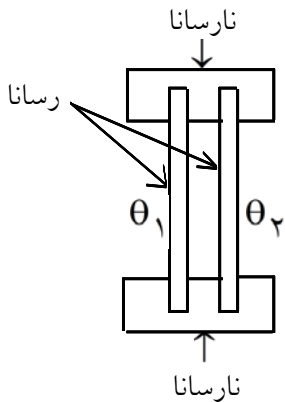
چون گرمای ویژه آب بالا است و با دریافت مقدار زیادی گرما تغییر دمای ناچیزی پیدا می‌کند. ضمناً آب در طبیعت فراوان است.

۵۱- چرا در زمستان هنگامی که سطح آب دریاچه یخ می‌بندد، با افزایش ضخامت یخ، آهنگ افزایش ضخامت یخ کند می‌شود؟

چون یخ نارسانای گرما است و زمانی که یخ ضخیم‌تر می‌شود رسانایی کم‌تر می‌شود.

۵۲- آزمایشی را طراحی کنید که نشان دهد هوا رسانای ضعیف گرماست.

در شکل مقابل $\theta_1 > \theta_2$ به خاطر وجود هوا بین دو صفحه‌ی رسانا دمای بخش سردتر بسیار آرام‌تر گرم می‌شود.



۵۳- پاسخ دهید که چرا موادی نظیر پشم و تارهای شیشه‌ای عایق‌های گرمای خوبی هستند؟

به خاطر این که مواد علاوه بر نارسانایی خود، مقداری هوا را نیز در بین الیاف خود نگه می‌دارند و هوا نیز نارسانای گرما است.

۵۴- یک قطعه چوب و یک قطعه آهن هم‌دما را لمس کنید. چرا آهن سردتر به نظر می‌آید؟ آیا این به دلیل خطای لامسه است؟ توضیح دهید.

چوب نارسانای گرما است و گرمایی که از بدن شما گرفته می‌شود فقط بخشی از چوب را که با آن در تماس هستید گرم می‌کند. در حالی که آهن به خاطر رسانا بودنش گرما را به بخش‌های دیگر منتقل کرده همان‌طور خنک می‌ماند.

| گرمای ویژه بر حسب $\left(\frac{J}{kg^{\circ}C}\right)$ | ماده | ۵۵- الف) دمای یک قطعه آلومینیوم ۱۵ کیلوگرمی از $60^{\circ}C$ به $10^{\circ}C$ می‌رسد. این قطعه آلومینیوم چه مقدار از انرژی درونی خود را از دست داده است؟ ب) اگر ۱۵ کیلوگرم آب از دمای $60^{\circ}C$ به دمای $10^{\circ}C$ برسد چه مقدار از انرژی درونی خود را از دست داده است؟ ج) با سرد شدن کدام یک از این دو جسم گرمای بیشتری به محیط داده شده است؟ با توجه به نتیجه‌ی این مسئله و با استفاده از جدول مقابل یک دلیل بیاورید که چرا آب مایع مناسبی برای رادیاتورها است؟ |
|--|-----------|--|
| ۴۲۰۰ | آب | |
| ۳۹۰۰ | آب دریا | |
| ۲۱۰۰ | یخ | |
| ۹۰۰ | آلومینیوم | |
| ۸۰۰ | بتون | |
| ۸۰۰ | گرانیت | |
| ۷۰۰ | شیشه | |
| ۵۰۰ | فولاد | |
| ۴۰۰ | مس | |
| ۱۵۰ | جیوه | |

گرمای ویژه ی چند ماده ی مختلف

$$Q_{AL} = mc\Delta\theta = 15 \times 900 \times (10 - 60) = -675,000 \text{ J}$$

$$Q_{H_2O} = mc\Delta\theta = 15 \times 4200 \times (10 - 60) = -315,000 \text{ J}$$

برای تغییر دمای یکسان، آب انرژی زیادی می‌گیرد یا از دست می‌دهد. پس با دریافت یا از دست دادن انرژی یکسان دمای آب کم‌تر تغییر می‌کند. (نسبتاً ثابت می‌ماند)

۵۶- گرمای ویژه ی آب بالا است. چند مورد استفاده برای این ویژگی را بیابید.

- خنک کردن موتور اتومبیل
- انتقال گرما در رادیاتورها و شوفاژها
- ثابت نگهداشتن نسبی دما با احداث حوضچه‌ها و دریاچه‌ها
- خنک کردن هوا با کولرهای آبی

۵۷- یک گرمکن الکتریکی در هر ثانیه ۱۱۰۰ ژول انرژی الکتریکی را به گرما تبدیل می‌کند. این گرمکن را درون ۳ کیلوگرم آب قرار می‌دهیم. اگر گرمکن برای ۱۲۰ ثانیه روشن باشد، دمای آب در هر یک از حالت‌های زیر چه مقدار افزایش پیدا می‌کند؟
 الف) همه‌ی انرژی گرمایی گرمکن به آب داده شود.
 ب) ۸۰ درصد انرژی گرمایی گرمکن به آب داده شود.

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{1100}{1} = 1100 \frac{J}{s}$$

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow P \cdot t = mc\Delta\theta \Rightarrow 1100 \times 120 = 3 \times 4200 \times \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta \approx 10^\circ C \quad \text{الف)}$$

$$\frac{1}{10} Q = mc\Delta\theta \Rightarrow \frac{1}{10} \times P \cdot t = mc\Delta\theta \Rightarrow \frac{1}{10} \times 1100 \times 120 = 3 \times 4200 \times \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta \approx 14^\circ C \quad \text{ب)}$$

۵۸- تجربه نشان می‌دهد دمای قسمتی از زمین که برف روی آن است تقریباً ۱۰ درجه سلسیوس بیش‌تر از دمای زمین بدون برف است. علت را توضیح دهید.

برف نارسای گرما است. زمین در قسمت‌های بدون برف راحت‌تر گرما از دست می‌دهد. پس قسمت دارای برف گرم‌تر می‌باشد.

۵۹- یک میخ فولادی به جرم ۱۰ gr، در حین کوبیده شدن در چوب، گرم می‌شود. اگر ۶۰ درصد انرژی جنبشی چکشی به جرم ۱/۲ kg که با سرعت ۸ m/s به میخ برخورد کرده و متوقف شده است به گرما تبدیل شده و به میخ داده شود، دمای آن را چه مقدار بالا می‌برد؟

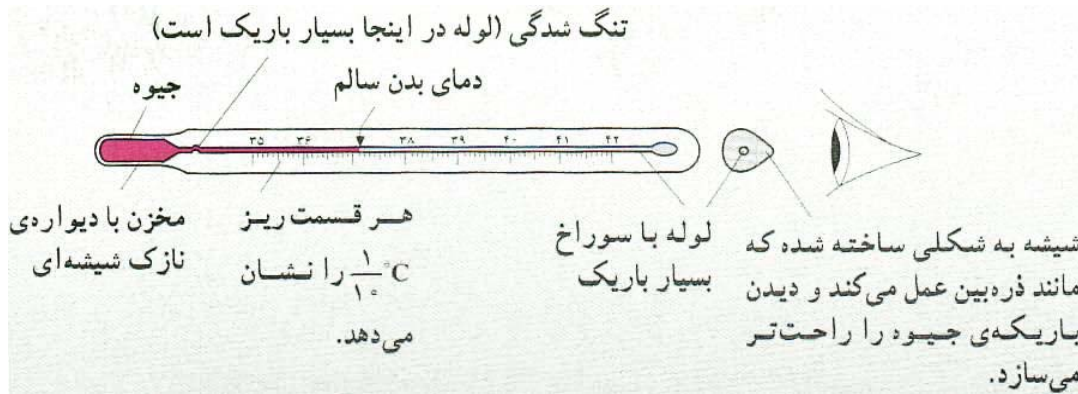
$$\left. \begin{array}{l} Q = mc\Delta\theta \\ Q = \frac{6}{10} K \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{6}{10} \times \frac{1}{2} m' V^2 = mc\Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = \frac{3 m' V^2}{10 mc} \Rightarrow \Delta\theta = \frac{3 \times 1/2 \times 822}{10 \times \frac{1}{1000} \times 500} = 46^\circ C$$

۶۰- چگونه خطای حواس ما می‌تواند باعث نتیجه‌گیری اشتباه درباره‌ی دمای اجسام شود؟ آزمایشی طراحی کنید که این خطا را نمایش دهد.

یک دست خود را در آب گرم و یک دست خود را در آب سرد قرار می‌دهیم. هر دو دست را بعد از آن هم‌زمان در آب ولرم قرار می‌دهیم. دستی که در آب سرد بوده آب ولرم را گرم و دست دیگر آن را سرد حس می‌کند.

۶۱- در ساختمان دماسنج باید لوله‌ی باریک خالی از هوا باشد، وجود هوا در لوله‌ی باریک چه اشکالی به وجود می‌آورد؟ زمانی که جیوه یا الکل در حال انبساط است، هوا هم مانع انبساط آزاد آن می‌شود و هم در دمای مجموعه اثر می‌گذارد.

۶۲- شکل زیر یک دماسنج پزشکی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل تفاوت‌هایی را که این دماسنج با دماسنج جیوه‌ای معمولی دارد بیان کنید.



محدوده‌ی دماسنجی و دقت آن با دماسنج معمولی متفاوت است. خمیدگی روی لوله سبب می‌شود که دما در این دماسنج‌ها ثابت بماند.

۶۳- در آب گرم‌کن‌ها چگونه از اتلاف گرمای آب داغ موجود در مخزن جلوگیری می‌کنند؟
مخزن آب گرم دارای پوشش دوم است (دو جداره می‌باشد)، می‌توان دیواره‌ی آب گرم‌کن را با چیزهایی مانند پشم شیشه عایق‌بندی کرد.

۶۴- اگر به جای آب از مایع دیگری در لوله کشی مخصوص گرم شدن منزل‌ها استفاده شود چه تغییری دیده خواهد شد؟
برای انتقال انرژی یکسان باید مایع درون لوله را گرم‌تر نمود.

- ۱- یک گرماسنج آلومینیومی حاوی مقداری آب 30°C است. یک قطعه مس 80 گرمی در دمای 70°C را به درون گرماسنج می‌اندازیم، دمای تعادل 37°C می‌شود. حساب کنید چه مقدار آب درون گرماسنج بوده است؟
- ۲- گرما چیست؟
- ۳- برخی از مواد گرما را بسیار آهسته از خود عبور می‌دهند به این مواد می‌گوییم.
- ۴- دما را تعریف کنید.
- ۵- راه و شیوه‌ی اندازه‌گیری دما را می‌نامیم.
- ۶- یک دماسنج جیوه‌ای را چگونه مدرج می‌کنند؟
- ۷- در چه صورت دو جسم در تعادل گرمایی قرار می‌گیرند؟
- ۸- موادی که گرما را به خوبی و سریع از خود منتقل می‌کنند نامیده می‌شوند.
- ۹- چرا ظروف طبخ غذا را از موادی مانند مس، آلومینیوم و ... که رساناهای خوب گرما هستند می‌سازند؟
- ۱۰- یکی از راه‌های صرفه‌جویی انرژی در روزهای زمستان پوشیدن لباس‌های گرم در خانه است. توضیح دهید این عمل چگونه به صرفه‌جویی انرژی کمک می‌کند؟
- ۱۱- چرا لباس‌های ضخیم و پشمی عایق‌های گرمایی خوبی هستند؟
- ۱۲- برابر با مقدار گرمایی است که به از ماده داده می‌شود تا گرم‌تر شود.
- ۱۳- چقدر گرما لازم است تا یک کیلوگرم آب 20°C را به دمای جوش برسانیم؟

$$C_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}$$

- ۱۴- 84000J انرژی گرمایی، دمای چقدر شیشه را می‌تواند 30°C افزایش دهد؟

$$C_{\text{شیشه}} = 700 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}$$

- ۱۵- دمای یک قطعه بتن در گرمای ظهر 40°C است. وقتی شب می‌شود بتن تا دمای 5°C سرد می‌شود. انرژی بتن چقدر کم شده است؟ جرم بتن 2 تن است.

$$C_{\text{بتن}} = 800 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}$$

- ۱۶- انرژی مورد نیاز برای گرم کردن 4 کیلوگرم آب به میزان 10°C دمای 8 کیلوگرم شیشه را چقدر افزایش خواهد داد؟

$$C_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \quad \text{و} \quad C_{\text{شیشه}} = 700 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}$$

۱۷- برای گرم کردن 4 kg از ماده‌ای به اندازه‌ی 20°C ، 312 kJ انرژی باید مصرف شود. جنس این ماده را مشخص کنید.

۱۸- اختلاف دمای مناطق ساحلی در گرم‌ترین و سردترین اوقات، کم است. علت را شرح دهید.

۱۹- یک قطعه فولاد از ارتفاع 10 m رها شده، به سطح زمین می‌رسد. بعد از برخورد با زمین فولاد متوقف می‌شود. اگر تمام انرژی فولاد صرف گرم کردن خود فولاد شود، دمای فولاد چقدر بالا خواهد رفت؟

۲۰- ارتفاع یک آبشار 105 m است. آب بعد از رسیدن به پایین آبشار چقدر افزایش دما باید داشته باشد؟ دمای آب کمتر

$$C_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

۲۱- قطعه سنگی به جرم 5 کیلوگرم روی مسی به جرم 1 kg سقوط می‌کند. اگر نیمی از انرژی سنگ صرف افزایش دمای مس شود، دمای مس چه قدر بالا می‌رود؟ (ارتفاع سقوط 16 m است.)

$$C_{\text{مس}} = 400 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

۲۲- برای گرم کردن 2 کیلوگرم آب به میزان 48°C از یک بخاری نفتی استفاده شده است. اگر بازدهی این بخاری 50% باشد چند گرم نفت استفاده شده است؟

$$C_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}, e_{\text{نفت}} = 4/8 \frac{\text{kJ}}{\text{g}}$$

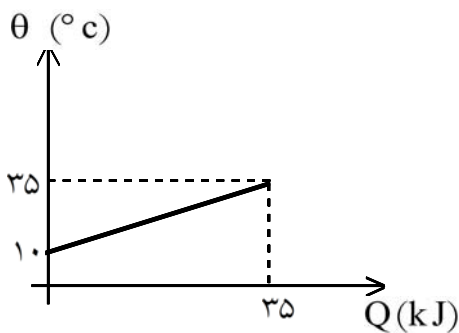
۲۳- با مصرف 10 g زغال دمای 4 کیلوگرم آب را چقدر می‌توان افزایش داد؟ (از اتلاف انرژی صرف نظر شود.)

$$e_{\text{زغال}} = 33/6 \frac{\text{kJ}}{\text{g}}, C_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

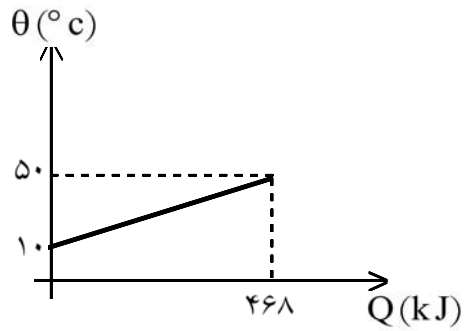
۲۴- با مصرف 168 g نفت دمای 3 کیلوگرم آب 16°C افزایش می‌یابد. بازدهی دستگاه گرم کن چند درصد است؟

$$C_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}, e_{\text{نفت}} = 4/8 \frac{\text{kJ}}{\text{g}}$$

۲۵- منحنی تغییرات دمای جسمی بر حسب گرمای داده شده به آن طبق شکل مقابل است. گرمای ویژه‌ی آن چقدر است؟ $m = 2\text{ kg}$ می‌باشد.

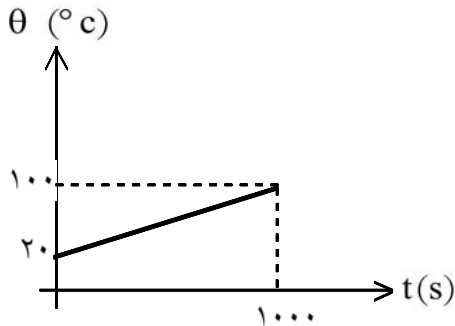


۲۶- یک نمونه ی آب به جرم 3 kg را در دستگاهی آزمایش کرده ایم. نمودار مقابل مربوط به این نمونه ی آب است. آیا این آب آشامیدنی است؟

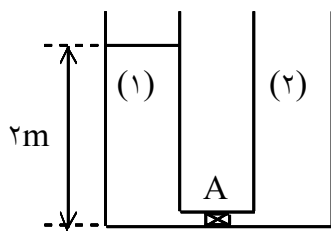


۲۷- با صرف 180 kJ گرما دمای ماده ای به گرمای ویژه ی $1500 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$ ، 40°C افزایش می یابد. جرم آن چقدر است؟

۲۸- یک منبع گرمایی با توان ثابت، 5 kg آب را گرم می کند. نمودار مقابل مربوط به این منبع است. توان گرمایی منبع گرما را حساب کنید.



۲۹- در مخزن (۱)، مقداری آب وجود دارد و مخزن ۲ خالی است. شیر A را باز می کنیم و آب به آرامی از مخزن (۱) به مخزن (۲) جریان می یابد. وقتی جریان قطع شد، آب متوقف می شود، دمای آب چقدر بالا رفته است؟ فرض کنید تمام انرژی آب صرف گرم کردن خود آب شود. دو مخزن مشابه هستند.



$$C_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

۳۰- 500 گرم شیشه ی 20°C را در 1 kg آب 100°C می اندازیم وقتی دمای آب به 95°C می رسد، دمای شیشه چقدر شده است؟

$$C_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}, C_{\text{شیشه}} = 700 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

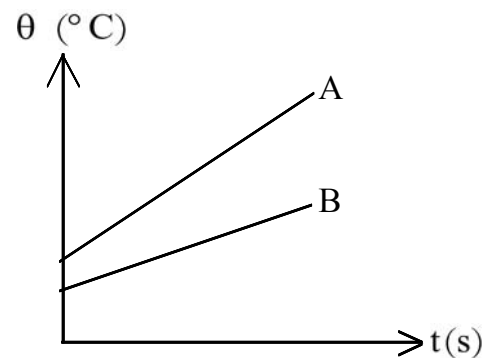
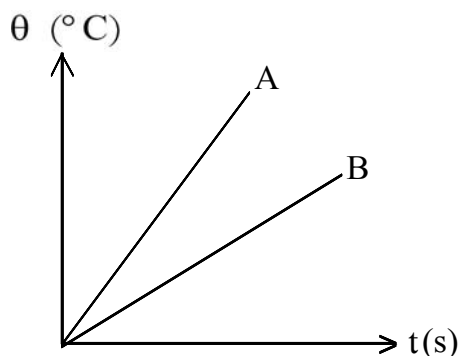
۳۱- علت وزش نسیم دریا به ساحل (در طی روز) و ساحل به دریا (در طی شب) چیست؟

۳۲- انرژی درونی 40g آب 50°C بیش تر است یا 50g آب 40°C ؟

۳۳- Q ژول گرما می تواند دمای جسمی را از θ_1 به θ_2 برساند. با Q ژول انرژی دیگر می توان دمای جسم را از θ_2 به $2\theta_2$ رساند. θ_1 چقدر است؟ درباره ی یکای این کمیت بحث کنید.

۳۴- یک مخزن مکعب شکل داریم که پر از آب داغ است و در هر ثانیه 1500J گرما از دست می دهد. اگر سطوح این مخزن عایق بندی شوند اتلاف انرژی آن 60J/s می شود. اگر تنها یک سطح عایق بندی نشود اتلاف انرژی چقدر خواهد شد؟

۳۵- شکل مقابل نمودار تغییر دمای دو جسم A و B با جرم های برابر را نشان می دهد که با توان برابر گرم می شوند. درباره ی گرمای ویژه ی آنها چه می توان گفت؟



۳۶- شکل مقابل نمودار $\theta-t$ برای دو ماده ی A , B با جرم های یکسان است. درباره ی گرمای ویژه ی آنها چه می توان گفت؟ (آهنک گرم شدن دو جسم برابر است.)

۳۷- در گرماسنجی از مس که جرم آن 1kg است، 2kg آب ریخته ایم. چقدر گرما، دمای آب را 50°C افزایش می دهد؟

$$C_{\text{Cu}} = 400 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}, C_{\text{H}_2\text{O}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

۳۸- در یک ظرف مسی به جرم 1kg ، مقدار 2kg از یک مایع مجهول ریخته شده است. 68kJ گرما دمای مجموعه را 20°C افزایش می دهد. گرمای ویژه مایع چقدر است؟

۳۹- مصرف آبگرمکنی به ظرفیت 75gal ، 2400W است، با نادیده انگاشتن اتلاف گرما از طریق دیواره ها و ظرفیت گرمایی مخزن، تعیین کنید چقدر طول می کشد تا دمای آب داخل آبگرمکن از 20°C به 70°C برسد. هر گالن

(gal) معادل 4 لیتر است. زمان را به شکلی قابل فهم تبدیل کنید. (ساعت، دقیقه و ...)

$$C_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

۴۰- یک آدم بالغ معمولی می‌تواند در حالت عادی با آهنگ 300 W کار کند. اگر تمام کار او صرف گرم کردن 6 L آب، برای ریختن در یک لگن، شستشو شود، این شخص چه مدت باید کار کند تا دمای آب را از 10°C به 35°C برساند. زمان را به ساده‌ترین شکل ممکن بنویسید. (ساعت، دقیقه و ...)

$$C_{\text{آب}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

۴۱- شدت تابشی را تعریف کنید.

۴۲- منبع گرما را تعریف کنید.

۴۳- تابش گرمایی از سطح اجسام در (هر دمایی، دمای خاصی) انجام می‌شود.

۴۴- کلمه‌ی مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

یک فنجان چای داغ را داخل هوای اتاقی قرار می‌دهیم. کدام یک منبع گرما است؟ (هوای اتاق - چای داغ)

۴۵- در عبارت زیر گزینه‌ی درست را انتخاب کرده و به پاسخ برگ انتقال دهید.

(یخ صفر درجه سلسیوس - مخلوط آب و یخ در حال تعادل) را می‌توان به عنوان منبع گرما در نظر گرفت.

۴۶- «منبع گرما» را تعریف کنید.

۴۷- وقتی دمای یک جسم سیاه را افزایش می‌دهیم، نمودار تغییرات تابندگی برحسب طول موج چه تغییراتی می‌کند؟ توضیح دهید.

۱- باید از گرمای مبادله شده توسط گرماسنج صرف نظر کنیم:

$$Q_{cu} + Q_w = 0 \Rightarrow m_{cu} C_{cu} \Delta\theta_{cu} + m_w C_w \Delta\theta_w = 0$$

$$\Rightarrow 0.08 \times 380 \times (37 - 70) + m_w \times 4200 \times (37 - 30) = 0$$

$$\Rightarrow 0.08 \times 380 \times 33 = m_w \times 4200 \times 7$$

$$\Rightarrow m_w = \frac{0.08 \times 380 \times 33}{4200 \times 7} = \frac{209}{6125} \text{ kg} = \frac{1672}{49} \text{ g}$$

۲- به انرژی مبادله شده بین دو جسم به دلیل اختلاف دمای آن‌ها گرما می‌گویند.

۳- نارسنای (عایق) گرما

۴- دما معیاری است که میزان گرمی و سردی اجسام را مشخص می‌کند.

۵- دماسنجی

۱- مخزن دماسنج را در یخ در حال ذوب قرار می‌دهند. هر موقع سطح جیوه ثابت شد نقطه‌ی صفر را علامت می‌زنند.

۲- مخزن دماسنج را بالای آب در حال جوش با بخار تماس می‌دهند. بعد از ثابت شدن سطح جیوه نقطه‌ی 100°C را علامت می‌زنند.

۳- بین این دو علامت را به ۱۰۰ قسمت مساوی تقسیم می‌کنند.

۴- بالای 100°C و صفر درجه‌ی سلسیوس را با توجه به قسمت قبل تقسیم‌بندی می‌کنند.

۷- در صورتی که با مجاورت با هم دمایشان تغییر نکنند.

۸- رسانای گرما

۹- زیرا گرمای شعله را به آسانی به مواد غذایی درون خود می‌رسانند.

۱۰- با پوشیدن لباس‌های زمستانی (چون عایق گرما هستند) بدن ما انرژی کمتری از دست می‌دهد. بدین ترتیب نیاز به گرم کردن بیش از حد خانه نیست. وقتی دمای خانه پایین بیاید، اختلاف دمای خانه و بیرون کم می‌شود و اتلاف انرژی از خانه نیز کاهش می‌یابد.

۱۱- در واقع لباس‌ها ضخیم و پشمی، بسته‌هایی از هوا را در بین تارهای خود نگه می‌دارند و از آن جا که هوا عایق خوبی برای گرما است، بدن ما عایق‌بندی گرمایی می‌شود.

۱۲- گرمای ویژه- یک کیلوگرم- یک درجه سلسیوس

۱۳- $Q = mC\Delta\theta = 1 \times 4200 \times (100 - 20) = 336,000 \text{ J}$

۱۴-

۱۵- $Q = mC\Delta\theta = 2000 \times 800 \times (40 - 5) = 56,000,000 \text{ J} = 56 \text{ MJ}$

انرژی درونی جسم ۵۶ مگاژول کاسته شده است.

۱۶- برای آب از اندیس ۱ و برای شیشه از اندیس ۲ استفاده شده است.

$$m_1 c_1 \Delta\theta_1 = m_2 c_2 \Delta\theta_2 \Rightarrow 4 \times 4200 \times 10 = 8 \times 700 \times \Delta\theta_2$$

$$\Delta\theta_2 = 30^\circ \text{C}$$

تغییر انرژی درونی دو جسم را برابر قرار دهید.

۱۷- ابتدا به کمک مقادیر داده شده گرمای ویژهی جسم را به دست می‌آوریم.

$$Q = mC\Delta\theta \Rightarrow 312000 = 4 \times C \times 20 \Rightarrow C = 3900 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

حال با مراجعه به جدول ۲-۳ کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه جنس جسم را تشخیص می‌دهیم. در این مورد جسم، آب دریا می‌باشد.

۱۸- از آنجا که گرمای ویژهی آب بالا است، برای تغییر دمای اندک آب باید گرمای زیادی بگیرد یا از دست بدهد. بنابراین اگر هوا بخواهد مقدار زیادی سرد (یا گرم شود) باید انرژی زیادی از دست بدهد (یا بگیرد) در این عمل آب برعکس عمل می‌کند و باعث می‌شود تغییر دما فوق‌العاده کم شود. گرمای ویژهی آب بالاست.

$$U = Q \Rightarrow mgh = mC\Delta\theta \Rightarrow 10 \times 10 = 500 \times \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = 0.2^\circ\text{C}$$

قانون پایستگی انرژی را برای جسم بنویسید.

۲۰- در سقوط آب، انرژی پتانسیل گرانشی تبدیل به انرژی گرمایی می‌شود. قانون پایستگی انرژی را برای بخشی از آب به جرم m می‌نویسیم:

$$U = Q \Rightarrow mgh = mC\Delta\theta \Rightarrow 10 \times 10.5 = 4200 \times \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = 0.25^\circ\text{C}$$

علت این است که آب قسمتی از انرژی‌اش را صرف گرم کردن هوای بین راه و قسمتی را صرف گرم کردن زمین می‌کند.

$$\frac{1}{4}U = Q \Rightarrow \frac{1}{4}m_1 gh = m_2 C\Delta\theta \Rightarrow \frac{1}{4} \times 5 \times 10 \times 16 = 1 \times 400 \times \Delta\theta$$

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

اندیس ۱ برای سنگ و اندیس ۲ برای مس به کار برده شده‌اند.

$$Q = mC\Delta\theta = 2 \times 4200 \times 48 \text{ J}$$

انرژی آزاد شده از نفت دو برابر این مقدار است. ضمناً باید انرژی به کیلوژول تبدیل شود.

$$Q = m'e \Rightarrow \frac{2}{1000} \times 2 \times 4200 \times 48 = m' \times 4/8 \Rightarrow m' = 168 \text{ g}$$

انرژی آزاد شده از نفت ۲ برابر تغییر انرژی آب است. به یکاها توجه کنید.

$$Q = m'e = 10 \times 33/6 = 336 \text{ kJ} = 336000 \text{ J}$$

$$Q = mC\Delta\theta \Rightarrow 336000 = 4 \times 4200 \times \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = 20^\circ\text{C}$$

$$Q_t = m'e = 168g \times 4/8 \frac{kJ}{g} = 168 \times 48 \times 100 J \text{ انرژی کل مصرفی } \quad -24$$

$$Q_p = mC\Delta\theta = 3 \times 4200 \times 16 \quad \text{انرژی مفید}$$

R_a بازده می باشد.

$$Q = mC\Delta\theta \quad -25$$

$$35 \times 1000 = 2 \times C \times (35 - 10) \Rightarrow C = 700 \frac{J}{kg^\circ C}$$

۲۶- ابتدا گرما ویژه ی آب را محاسبه می کنیم.

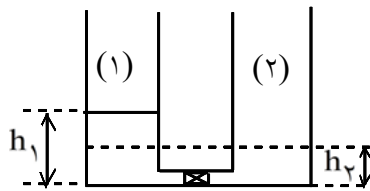
$$Q = mC\Delta\theta \Rightarrow 468 \times 1000 = 3 \times C \times 40 \Rightarrow C = 3900 \frac{J}{kg^\circ C}$$

با توجه به اینکه گرمای ویژه ی این آب با آب خالص متفاوت است، آب آشامیدنی نیست.

$$Q = mC\Delta\theta \Rightarrow 180 \times 10^3 = m \times 1500 \times 40 \Rightarrow m = 3kg \quad -27$$

$$P.t = Q$$

$$P.t = mC\Delta\theta \Rightarrow P \times 1000 = 5 \times 4200 \times 80 \Rightarrow P = 1680 W \quad -28$$



۲۹- آب از مخزن (۱) تا جایی جریان می یابد که ارتفاع آب دو مخزن برابر شود.

$$h_2 = \frac{1}{2}h_1 = 1m \quad \text{پس}$$

انرژی پتانسیل گرانشی را برای مرکز ثقل دو حالت می نویسیم.

تغییر انرژی درونی آب با تغییر انرژی پتانسیل گرانشی آن برابر است.

$$Q = U_2 - U_1$$

$$mC\Delta\theta = mg \left(\frac{h_1}{2} - \frac{h_2}{2} \right) \Rightarrow 4200 \times \Delta\theta = 10 \times \left(1 - \frac{1}{2} \right)$$

$$\Delta\theta = \frac{5}{4200} = 0.0012^\circ C$$

۳۰- گرمایی که شیشه گرفته با گرمایی که آب از دست داده برابر است. اندیس ۱ برای آب و ۲ برای شیشه است.

$$m_1 C_1 \Delta\theta_1 = m_2 C_2 \Delta\theta_2 \Rightarrow 1 \times 4200 \times (100 - 95) = \frac{1}{2} \times 700 \times (\theta - 20)$$

$$\theta - 20 = 60 \Rightarrow \theta = 80^\circ C$$

۳۱- در طی روز دریا و خشکی با آهنگ تقریباً یکسانی از خورشید گرما می‌گیرند ولی چون گرمای ویژه ی خاک (خشکی) پایین است دمای آن بیشتر از دریا می‌شود. به علت اختلاف دمای دریا و ساحل باد ایجاد می‌شود. در طی شب نیز هر دو با آهنگ تقریباً یکسانی گرما از دست می‌دهند پس به علت گرمای ویژه ی پایین خاک دمای آن پایین‌تر از دریا می‌شود. باز هم اختلاف دمای دو طرف سبب وزش نسیم است. گرمای ویژه ی خاک و آب متفاوت است.

۳۲- فرض می‌کنیم هر دو آب را بخواهیم از صفر درجه ی سلسیوس به دماهای مذکور برسانیم

$$Q_1 = m_1 C \Delta\theta = \frac{40}{1000} \times 4200 \times 50 = 8400 \text{ J}$$

$$Q_2 = m_2 C \Delta\theta = \frac{50}{1000} \times 4200 \times 40 = 8400 \text{ J}$$

همانطور که مشاهده می‌شود Q_1 و Q_2 برابر است. پس برای آن که آب‌های مورد سوال تا دماهای ذکر شده گرم شوند انرژی درونی آن‌ها به یک اندازه افزایش می‌یابد. حال کافی است انرژی درونی آن‌ها را در دمای 0°C مقایسه کنیم. در این حالت دمای هر دو برابر است. پس ماده‌ای که دارای جرم بیشتر است دارای انرژی درونی بیشتر نیز هست. پس انرژی درونی 50 g آب 40°C بیشتر است.

$$Q = Q \Rightarrow mC(\theta_2 - \theta_1) = mC(2\theta_2 - \theta_2) \Rightarrow \theta_2 - \theta_1 = \theta_2 \Rightarrow \theta_1 = 0 \quad -33$$

یکای این کمیت می‌تواند با توجه به یکای کمیت C ، درجه ی سلسیوس، کلورین، فارنهایت یا هر یکای دیگری باشد. تنها نکته ی مهم این است که مقدار این کمیت صفر شود.

۳۴- اتلاف انرژی هر وجه را قبل و بعد از عایق‌بندی محاسبه می‌کنیم. هر مکعب ۶ وجه دارد.

$$P_1 = \frac{1500}{6} = 250 \frac{\text{J}}{\text{s}} \quad \text{اتلاف انرژی هر وجه قبل از عایق بندی}$$

$$P_2 = \frac{60}{6} = 10 \frac{\text{J}}{\text{s}} \quad \text{اتلاف انرژی هر وجه بعد از عایق بندی}$$

در حالت سوم ۵ وجه عایق‌بندی شده و ۱ وجه بدون عایق است.

$$P = P_1 + 5P_2 = 250 + 5 \times 10 = 300 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

اتلاف انرژی هر وجه را محاسبه کنید.

-۳۵

$$P_A = P_B \Rightarrow P_A t = P_B t \Rightarrow Q_A = Q_B \Rightarrow mC_A \Delta\theta_A = mC_B \Delta\theta_B$$

$$\Rightarrow \frac{C_A}{C_B} = \frac{\Delta\theta_B}{\Delta\theta_A}$$

$$A \text{ شیب} > B \text{ شیب} \Rightarrow \Delta\theta_A > \Delta\theta_B \Rightarrow \frac{\Delta\theta_B}{\Delta\theta_A} < 1 \quad \left. \vphantom{\frac{\Delta\theta_B}{\Delta\theta_A}} \right\} \Rightarrow \frac{C_A}{C_B} < 1 \Rightarrow C_A < C_B$$

از نمودار چنین برمی‌آید که تغییر دمای A از B بیشتر است پس باید گرمای ویژه ی کمتری داشته باشد که با گرمای یکسان تغییر دمای بیشتری داشته است.

۳۶- از نمودار چنین برمی آید که در فاصله زمانی t_1 تا t_2 (هر دو دلخواه هستند) تغییر دمای A بیشتر است چون شیب A از شیب B بیشتر است. پس باید گرمای ویژه ی B بیشتر باشد.

$$Q_B = Q_A \Rightarrow m C_B \Delta\theta_B = m C_A \Delta\theta_A \Rightarrow \frac{C_B}{C_A} = \frac{\Delta\theta_A}{\Delta\theta_B} > 1 \Rightarrow \frac{C_B}{C_A} > 1 \Rightarrow C_B > C_A$$

۳۷- گرمای داده شده به مجموعه صرف گرم کردن آب و ظرف آن (مس) می شود. اندیس ۱ برای آب و اندیس ۲ برای مس بکار می رود.

$$Q = Q_1 + Q_2 = m_1 C_1 \Delta\theta + m_2 C_2 \Delta\theta = 4 \times 4200 \times 50 + 1 \times 400 \times 50 = 860000 \text{ J} = 860 \text{ kJ}$$

انرژی مصرف شده، صرف گرم کردن آب و مس می شود.

۳۸- انرژی دریافتی صرف گرم شدن مایع و مس با هم می شود. اندیس یک برای مس و اندیس ۲ برای مایع به کار رفته است.

$$Q_1 = m_1 c_1 \Delta\theta + m_2 c_2 \Delta\theta$$

$$68000 = 1 \times 400 \times 20 + 2 \times c_2 \times 20 \Rightarrow c_2 = 1500 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

گرمای دریافتی صرف گرم کردن مس و مایع مجهول با هم می شود.

$$Q = m C \Delta\theta \Rightarrow P \cdot t = m c \Delta\theta \Rightarrow 2400 \times t = (75 \times 4) \times 4200 \times 50 \quad \text{--- ۳۹}$$

$$\Rightarrow t = 26250 \text{ s} = 7 \text{ : } 17' \text{ } 30'' \quad \text{هفت ساعت و هفده دقیقه و ۳۰ ثانیه}$$

$$Q = m C \Delta\theta \Rightarrow P \cdot t = m C \Delta\theta \Rightarrow 300 \times t = 6 \times 4200 \times 25 \quad \text{--- ۴۰}$$

$$\Rightarrow t = 2100 \text{ s} = 35 \text{ min}$$

۴۲- منبع گرما، جسمی است که اگر گرما از دست بدهد یا بگیرد، دمای آن به طور قابل ملاحظه ای تغییر نکند. (۰/۵)

۴۳- هر دمایی (۰/۲۵)

۴۴- هوای اتاق (۰/۲۵)

۴۵- مخلوط آب و یخ در حال تعادل (۰/۲۵)

۴۶- منبع گرما: جسمی است که هر قدر گرما بگیرد یا از دست دهد، دمایش تغییر نکند.

۴۷- اولاً پیشینه ی منحنی یعنی طول موجی که بیشترین تابندگی را دارد، به طرف طول موج های کوتاه تر می رود (۰/۵) و ثانیاً سطح زیر نمودار که معرف شدت تابشی کل است افزایش می یابد. (۰/۵)