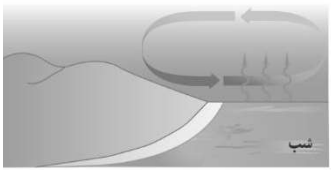
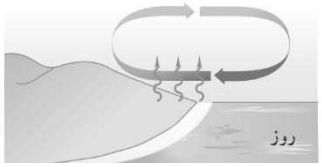
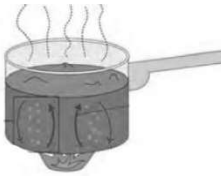
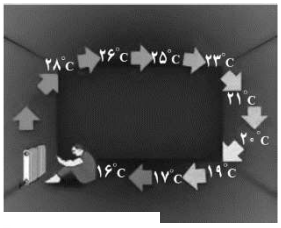
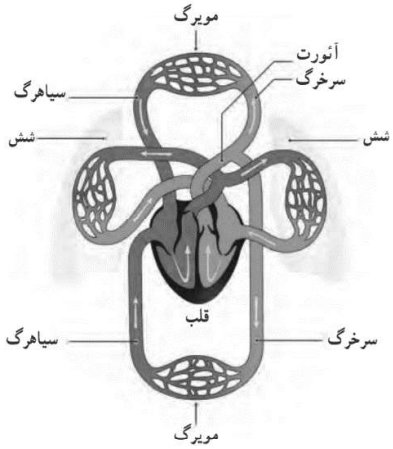
همرفت
- تعریف: انتقال گرما در مایعات و گازها که همراه با جابه‌جایی بخشی از خود ماده است.
- فرایند: گرم شدن شاره ← افزایش حجم و کاهش چگالی ← افزایش نیروی شناوری وبالا رفتن ← انتقال انرژی همراه ماده
- عامل مؤثر ← هرچه ضریب انبساط حجمی مایع بیشتر باشد، همرفت بهتر انجام می‌پذیرد.
- انواع
  - طبیعی: همرفت بدون کمک پمپ مانند گرم شدن هوای اتاق با شوفاژ، گرم شدن آب درون قابلمه، جریان بادهای ساحلی (در روز به سمت ساحل و در شب به سمت دریا)، انتقال گرما از مرکز خورشید به سطح آن
  - واداشته: همرفت به کمک پمپ مانند سیستم گرم کننده مرکزی در ساختمان‌ها، سیستم خنک کننده موتور اتومبیل و دستگاه گردش خون

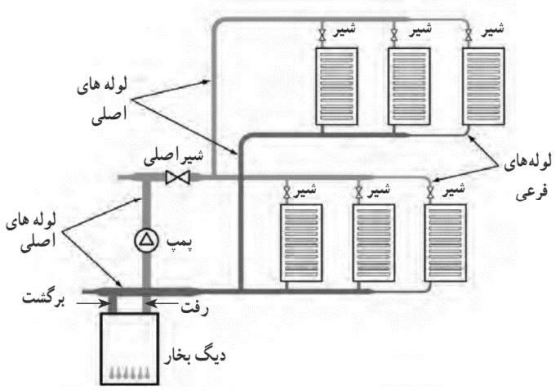




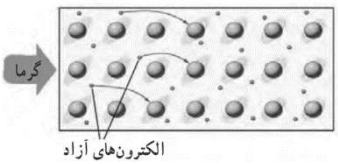








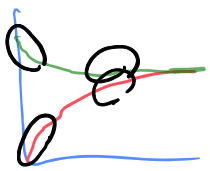
رسانندگی گرمایی
- تعریف: انتقال گرما از طریق ارتعاش اتم‌ها یا حرکت الکترون‌های آزاد
- انواع
  - نافلزات: رسانش صرفاً از طریق ارتعاش اتم‌ها ← رساناهای خوبی نیستند.
  - فلزات: رسانش از طریق ارتعاش اتم‌ها + الکترون‌های آزاد (سهم بیشتر)
- مثال
  - فلزات در هوای سرد در لمس سردتر از نافلزات و در هوای گرم، گرم‌تر هستند.
  - برخی آشپزها برای زودتر پختن سیب‌زمینی در آن چند سیخ فلزی کوچک فرو می‌کنند.
  - موهای خرس‌های قطبی توخالی هستند ← رسانندگی گرمایی پایین ← گرم نگه داشتن بدن خرس
  - شیشه‌های دوجداره ← رسانندگی گرمایی پایین ← کاهش هدر رفتن انرژی
  - پالتو ← رسانندگی گرمایی پایین ← گرم نگه داشتن بدن



درسنامه گرما و تغییر حالت‌های ماده

گرما و تغییر دما

گرما مقدار انرژی گرمایی است که به دلیل اختلاف دمای میان دو جسم بین آن‌ها مبادله می‌شود و از رابطه‌ی $Q = m.c.\Delta\theta$ به دست می‌آید. در این رابطه m جرم، c گرمای ویژه (یا ظرفیت گرمایی ویژه) و $\Delta\theta$ تغییرات دما است. گرما ویژگی یک فرایند و تغییر است و واژه‌ی گرمای ماده اشتباه است. فرایند هم‌دما شدن ابتدا سریع و سپس کندتر رخ می‌دهد و در این فرایند از نگاه میکروسکوپی انرژی‌های جنبشی و پتانسیل مربوط به حرکت‌های کاتوره‌ای جسم گرم‌تر کاهش می‌یابد و همین انرژی‌ها در جسم گرم‌تر افزایش می‌یابد.



نکات:

۱- یکای گرما مانند سایر انرژی‌ها ژول (J) است که فرعی و نرده‌ای است و به صورت $N.m$، $\frac{kg.m^2}{s^2}$ و $w.s$ نیز نوشته می‌شود.هر کالری (cal) معادل ۴٫۲ ژول است.

۲- c به جنس و دما بستگی دارد و یکای آن $\frac{J}{kg.K}$ است، یعنی گرمای لازم برای افزایش دمای ۱ کیلوگرم از ماده به اندازه $1K$ است.

۳- مقدار $\Delta\theta$ و ΔT با هم برابر است و $\frac{5}{9}\Delta F$ است.

۴- فرمول فوق به صورت $Q = C.\Delta\theta$ نیز نوشته می‌شود که C ظرفیت گرمایی است و چون معادل $m.c$ است به جرم و جنس ماده و دما بستگی دارد و واحد آن $\frac{J}{K}$ است یعنی گرمای لازم برای افزایش دمای ماده به اندازه‌ی $1K$.

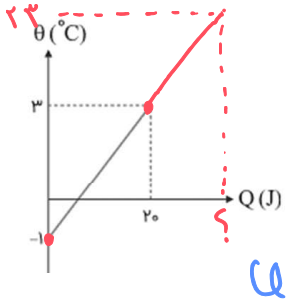
تیپ‌بندی مسائل گرما

تیپ ۱: جایگذاری

- می‌توان به جای Q در رابطه، $P.t$ یا سایر انرژی‌ها (انرژی جنبشی) را قرار داد. به جای m می‌توان $\rho.V$ قرار داد و $\Delta\theta$ نیز برابر ΔT و $\frac{5}{9}\Delta F$ است.

تمرین ۸: قطعه‌ای آهن به چگالی $8\frac{g}{cm^3}$ و ابعاد $4\times5\times5$ سانتی‌متر داریم. اگر گرمای ویژه‌ی آهن $1250\frac{J}{kg.K}$ باشد، یک گرمکن با توان $500w$ و بازده ۲۰٪، در مدت ۱۰۰ ثانیه، دمای فلز را چند F افزایش می‌دهد؟

تمرین ۹: نمودار تغییرات دما برحسب گرمای داده شده به جسمی با جرم m به صورت زیر است:



الف) ظرفیت گرمایی این جسم چند $\frac{J}{°C}$ است؟

ب) اگر جرم جسم ۲۰ گرم باشد، گرمای ویژه‌ی آن چند $\frac{J}{kg.°C}$ است؟

پ) جسم چند ژول گرما باید بگیرد تا دمای آن به $296K$ برسد؟

تیپ ۲: چند برابری

تمرین ۱۰: چگالی جسم A ۲ برابر چگالی جسم B و حجم آن ۳ برابر حجم جسم B است. اگر گرمای ویژه‌ی جسم A $\frac{1}{4}$ برابر جسم B باشد:

الف) ظرفیت گرمایی جسم A چند برابر جسم B است؟

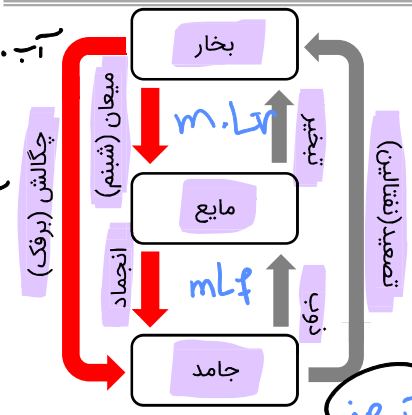
ب) شیب نمودار θ برحسب تغییر Q برای جسم A چند برابر جسم B است؟

پ) به ازای گرمای یکسان، افزایش دمای جسم B چند برابر جسم A است؟

تغییر حالت‌های ماده

۱ـ فرایندهایی که به سمت بالا می‌روند، گرماگیر هستند و فرایندهایی که به سمت پایین می‌آیند گرماده هستند و در این فرایندها با وجود مبادله گرما تغییر دما نداریم.

۲ـ گرمای فرایند ذوب یا انجماد $Q = m.L_f$ و گرمای فرایندهای تبخیر یا میعان $Q = m.L_v$ است.



فن استاد

در حل مسائل تغییر حالت، می‌توانیم از mL_f و mL_v استفاده کنیم و یا می‌توانیم یخ و بخار را به آب تبدیل کنیم و از $m.c.\Delta\theta$ استفاده کنیم. اگر مساله فقط با یک فرمول mL_f و mL_v حل شد، یعنی فقط مقداری یخ ۰°C به آب ۰°C (آب ۰°C به یخ ۰°C) یا آب ۱۰۰°C به بخار ۱۰۰°C (بخار ۱۰۰°C به آب ۱۰۰°C) تبدیل شد، می‌توانیم از mL_f و mL_v استفاده کنیم، اما اگر چند فرمولی بود، یعنی تغییر دمای آب یا یخ نیز داشتیم، یخ و بخار را به آب معادل سازی می‌کنیم:

مثال: بخار ۱۰۰ $\xrightarrow{mL_v}$ آب ۱۰۰ $\xrightarrow{mc_{آب}\Delta\theta}$ آب صفر $\xrightarrow{mL_f}$ یخ صفر $\xrightarrow{mc_{یخ}\Delta\theta}$ یخ ۴۰−

معادل سازی یخ: برای یخ $-\theta$ درجه ← خود یخ را ۸۰− در نظر می‌گیریم و دمای آن را نصف می‌کنیم و ۲ عدد را جمع می‌زنیم.

تمرین ۱۱: معادل‌سازی‌های زیر را انجام دهید:

الف) یخ ۴۰− = آب ...

ب) یخ ۶− = آب ...

پ) آب ۹۰− = یخ ...

ت) آب ۱۰۲− = یخ ...

معادل سازی مخلوط آب و یخ: در مخلوط آب و یخ از روش تناسب استفاده کنید. اگر تمام مخلوط یخ باشد دما ۸۰− است و وقتی در مخلوط x گرم یخ باشد دما با تناسب به دست می‌آید.

تمرین ۱۲: معادل‌سازی‌های زیر را انجام دهید:

الف) مخلوط $1kg$ یخ و $4kg$ آب = $5kg$ آب ...

ب) مخلوطی از آب و یخ که ۴۰ درصد آن یخ است = آب ...

پ) ۱۰ کیلوگرم آب ۸− درجه = ... یخ و ... آب صفر درجه

معادل‌سازی بخار: برای بخار آب ۱۰۰ درجه ← فرآیند تبخیر معادل ۵۴۰ درجه گرما می‌گیرد، پس وقتی آب ۱۰۰ درجه به بخار تبدیل می‌شود، انگار ۵۴۰ درجه دیگر افزایش دما داشته و معادل آب ۶۴۰ درجه است.

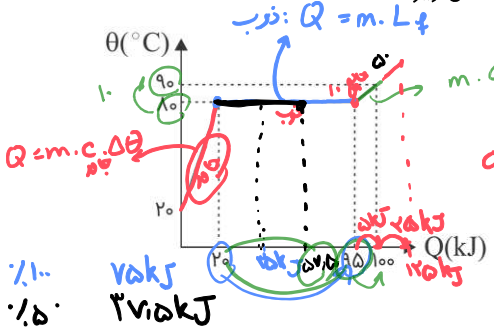
تمرین ۱۳: ۳ کیلوگرم یخ ۶۰− درجه سلسیوس در ظرفی موجود است: $(c = 4200 \frac{J}{kg.K})$

الف) اگر ۶۳۰ کیلوژول گرما به آن بدهیم، جرم یخ موجود در ظرف چند برابر آب می‌شود؟

ب) برای اینکه این قطعه یخ را کاملاً تبدیل به بخار کنیم، چند کیلوژول گرما لازم است؟

پ) در پرسش قبل چند درصد گرمای داده شده صرف افزایش دمای یخ شده است؟

تمرین ۱۴: نمودار تغییرات دمای جسمی جامد به جرم ۵۰۰g برحسب گرمای داده شده به آن مطابق شکل زیر است:



الف) گرمای نهان ذوب چند $\frac{J}{kg}$ است؟

ب) ظرفیت گرمایی جسم جامد چند $\frac{J}{K}$ است؟

پ) گرمای ویژه جسم مایع چند $\frac{J}{kg.K}$ است؟

ت) اگر ۳۵kJ گرما به این جسم بدهیم، چند درصد آن ذوب می‌شود؟

ث) اگر ۱۲۵kJ گرما به این جسم بدهیم، دمای آن به چند کلوین می‌رسد؟

ایستگاه مفاهیم و حفظیات:

۱ـ L_f به جنس ماده و L_v به جنس ماده بستگی دارد.

۲ـ با افزایش دما $\frac{L_v}{L_f}$ کاهش می‌یابد.

۳ـ نقطه ذوب هر ماده به جنس ماده بستگی دارد.

۴ـ در هنگام ذوب شدن جامدهای بلورین، غالباً حجم آن‌ها افزایش می‌یابد و هنگام ذوب شدن یخ افزایش حجم رخ می‌دهد.

۵ـ افزایش فشار در اغلب مواد سبب افزایش نقطه جوش و افزایش نقطه ذوب می‌شود و در آب سبب افزایش نقطه جوش و افزایش نقطه ذوب می‌شود که دومی چشمگیر است.

۶ـ در ارتفاعات دیگ زودپز نقطه‌ی جوش بالا می‌رود.

۷ـ افزودن ناخالصی (مانند نمک) به آب، نقطه‌ی جوش را افزایش و نقطه‌ی ذوب را افزایش می‌دهد.

۸ـ جامدهای (بی‌شکل مانند شیشه / ناخالص مانند قیر) (خالص و بلورین) نقطه ذوب مشخص (دارند / ندارند) و در یک بازه‌ی دمایی ذوب می‌شوند و قبل از ذوب شدن خمیری شکل می‌شوند.

۹ـ وقتی حباب‌های گاز بالا آمده از درون مایع بتوانند به سطح مایع برسند، آهنگ تبخیر به (بیشترین / کمترین) مقدار خود می‌رسد و به این فرایند (جوش کامل / غلغل کردن) می‌گوییم.

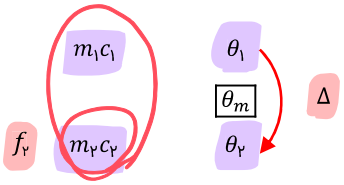
۱۰ـ تبخیر سطحی در (دماهای بالا / هر دمایی) انجام می‌شود و (افزایش / کاهش) دما، (افزایش / کاهش) سطح، (افزایش / کاهش) جریان هوا و (افزایش / کاهش) فشار هوا تبخیر سطحی را بیشتر می‌کند.

۱۱ـ در تماس الکل با پوست، الکل (به پوست گرما می‌دهد / از پوست گرما می‌گیرد) و با قرار دادن تشت آب در سالن بزرگ سربسته در شب‌های بسیار سرد، آب (به سالن گرما می‌دهد / از سالن گرما می‌گیرد).

۱۲ـ در جوشیدن (همانند / برخلاف) تبخیر سطحی، (سطح / کل) مایع در فرایند تبخیر شرکت می‌کند.

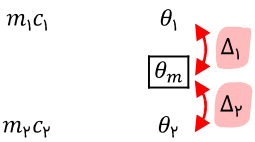
دمای تعادل

- برای آموزش بهتر این بخش توصیه می‌کنم ویدئوی پیش‌نیاز میانگین وزن‌دار را ببینید.
- برای محاسبه‌ی دمای تعادل هنگامی که دو ماده با دما و جرم و گرمای ویژه‌ی معلوم داریم، در ستون راست دماها را می‌نویسیم (دمای سردتر را بالا می‌نویسیم) و در ستون چپ ظرفیت‌های گرمایی $(m.c)$ را می‌نویسیم.



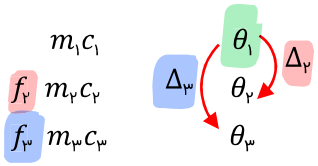
$$\theta_m = \Delta_0 f_2 + \theta_1$$

- همچنین ممکن است یکی از چهار پارامتر θ_1، m_1c_1، θ_2 یا m_2c_2 مجهول باشد و دمای تعادل (θ_m) معلوم باشد که داریم:



$$\frac{m_1c_1}{m_2c_2} = \frac{\Delta_2}{\Delta_1}$$

- ستون سمت چپ قابل ساده شدن است، پس اگر دو ماده از یک نوع بودند (مثلا آب و آب) cها با هم ساده می‌شوند و کافیست mها را بنویسیم.
- دمای تعادل برای ۳ ماده:



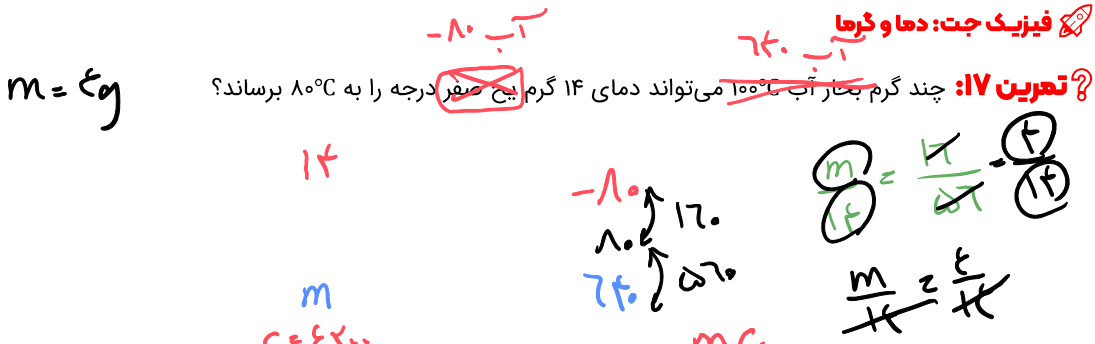
$$\theta_m = \theta_1 + \Delta_0 f_2 + \Delta_0 f_3$$

تمرین ۱۵: ۱۱ گرم آب ۳۱°C را با ۳۳ گرم آب ۵۹°C مخلوط می‌کنیم. دمای تعادل چند درجه سلسیوس می‌شود؟

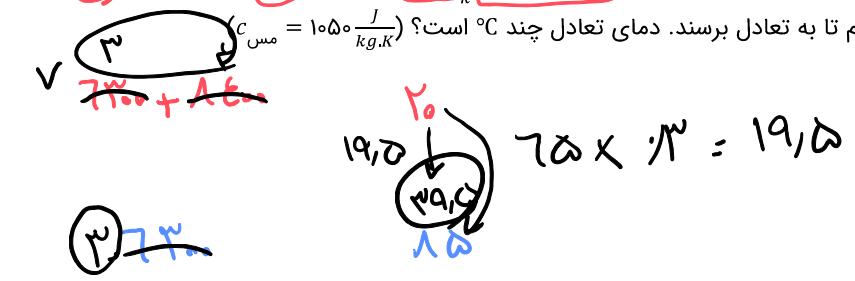
تمرین بالا را به روش معمولی نیز حل کنید تا تفاوت این دو روش را ببینید.

تمرین ۱۶: قطعه‌ای فلز با دمای ۲۳°C را در ظرفی حاوی ۲kg آب ۱۵°C می‌اندازیم و بعد از ایجاد تعادل دمای آب ۱ درجه سلسیوس افزایش می‌یابد. ظرفیت گرمایی فلز چند $\frac{J}{K}$ است؟ $(c_{\text{آب}} = ۴۲۰۰ \frac{J}{kg.K})$

تمرین ۱۷: چند گرم بخار آب ۱۰۰°C می‌تواند دمای ۱۴ گرم یخ صفر درجه را به ۸۰°C برساند؟



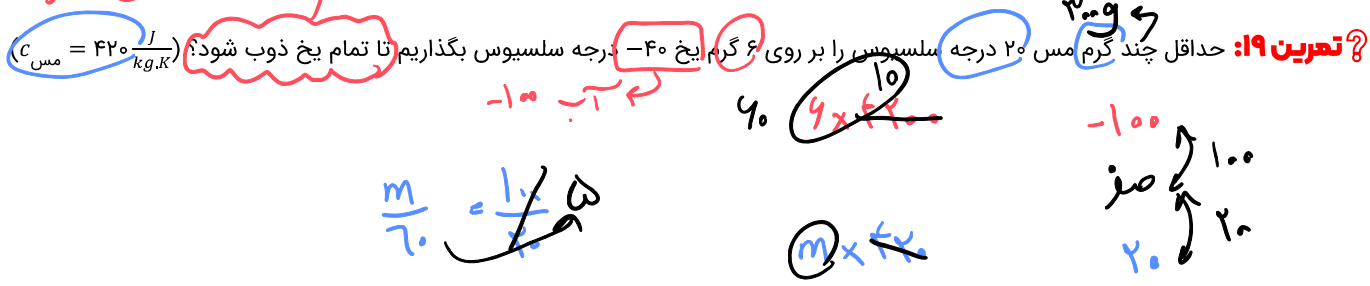
تمرین ۱۸: در گرماسنجی به ظرفیت گرمایی $۶۳۰۰ \frac{J}{K}$ و با دمای ۲۰°C، ۲ کیلوگرم آب ۲۰°C و قطعه‌ای مس به جرم ۶ کیلوگرم و با دمای ۸۵°C قرار می‌دهیم تا به تعادل برسند. دمای تعادل چند °C است؟ $(c_{\text{مس}} = ۱۰۵۰ \frac{J}{kg.K})$



۳ نکته زبان شناسی در میانگین وزن‌دار:

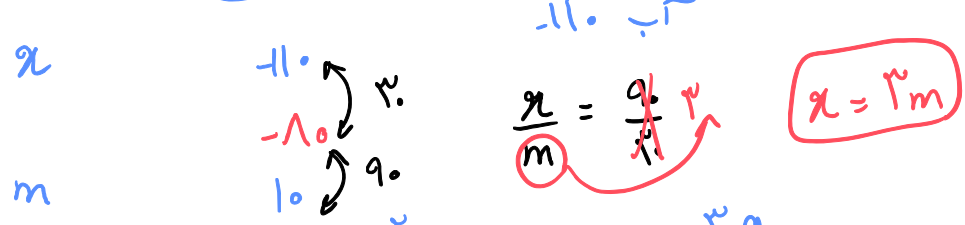
- وقتی مسأله می‌گوید «تمام یخ ذوب شود» یا «یخی در ظرف باقی نماند» یعنی دمای تعادل به صفر می‌رسد.

تمرین ۱۹: حداقل چند گرم مس ۲۰ درجه سلسیوس را بر روی ۶ گرم یخ ۴۰− درجه سلسیوس بگذاریم تا تمام یخ ذوب شود؟ $(c_{\text{مس}} = ۴۲۰ \frac{J}{kg.K})$



- وقتی مسأله می‌گوید «تمام آب یخ بزند» یعنی دمای تعادل را ۸۰− درنظر بگیرید.

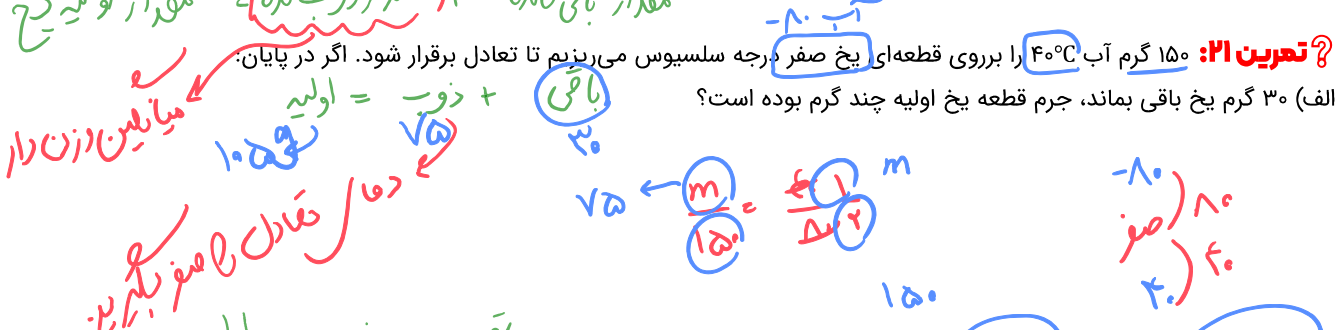
تمرین ۲۰: حداقل چند گرم یخ ۶۰− درجه سلسیوس را در m گرم آب ۱۰ درجه سلسیوس قرار دهیم تا تمام آب یخ بزند؟



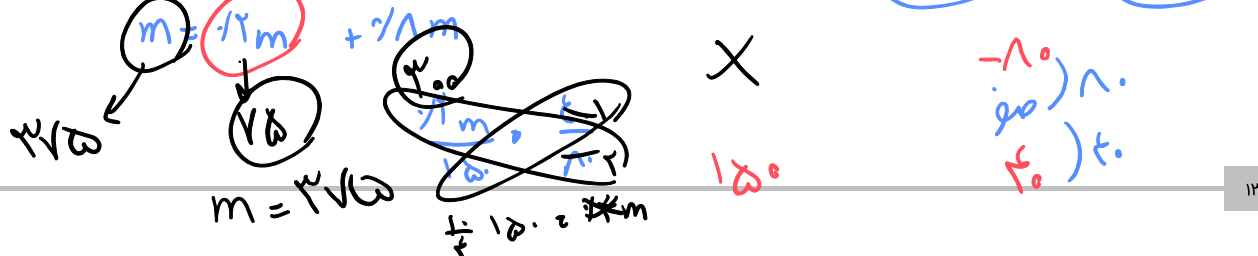
- اگر مقداری یخ صفر درجه ذوب شود و در نهایت مقداری از آن بدون تغییر باقی بماند، برای محاسبه جرم یخ اولیه، می‌توانیم مقدار ذوب شده را از میانگین وزن‌دار محاسبه کنیم و با جرم یخ باقی‌مانده جمع بندیم.

تمرین ۲۱: ۱۵۰ گرم آب ۴۰°C را برروی قطعه‌ای یخ صفر درجه سلسیوس می‌ریزیم تا تعادل برقرار شود. اگر در پایان:

الف) ۳۰ گرم یخ باقی بماند، جرم قطعه یخ اولیه چند گرم بوده است؟



ب) ۸۰ درصد یخ، ذوب نشده باقی بماند، جرم قطعه یخ اولیه چند گرم بوده است؟



تمرین ۲۲: اگر ۴۷ گرم یخ ۲۰− درجه را در ۹۴ گرم آب ۶۰درجه بیاندازیم، دمای تعادل به چند درجه می‌رسد؟

تمرین ۲۳: یک قطعه مس با دمای ۵۰°C گرمای ویژه ۴۲۰ و چگالی $۲\frac{g}{cm^۳}$ و حجم $۲۰۰\,cm^۳$ در مخلوطی از آب و یخ که جرم یخ $۱۶g$ و آب $۲۴g$ است انداخته می‌شود. دمای تعادل چند درجه می‌شود؟

تمرین ۲۴: اگر m گرم آب ۵۶ درجه با $۲m$ گرم یخ ۴۰− درجه به تعادل گرمایی برسد، در نهایت چند گرم آب صفر درجه خواهیم داشت؟