«به نام یگانه پدیدآورنده‌ی هستی»

دبیرستان علامه حلی (۸)

مدیریت آموزش و پرورش منطقه ۲ تهران

تمرین شماره‌ی ۲۴ فیزیک پایه‌ی دوم

کلاس: ۲۰۱

نام و نام خانوادگی: علیرضا کاوه

گروه فیزیک دبیرستان علامه حلی تهران

کاره‌مان!

$L_{v\,H_2O} = ۲۲۵۰\ cal/g$ $L_{f\,H_2O} = ۳۴۰\ J/g$

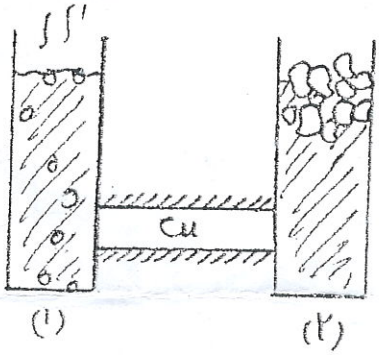
برای تمام مسائل، از این ثابت‌ها استفاده کنید:

$K_{Al} = ۲۴۰\ w/m.k$	$K_{هوا} = ۰.۰۲۵\ w/m.k$	$K_{شیشه} = ۱\ w/m.k$	$K_{Cu} = ۴۰۰\ w/m.k$	$K_{Fe} = ۸۰\ w/m.k$	$K_{یخ} = ۲.۲\ w/m.k$

۱ (پایان‌ترم ۸۷)ـ یک گرم‌کن الکتریکی ۱۰۰ W، برای مدّت زیادی در داخل یک ظرف محتوی ۴ کیلوگرم آب قرار دارد. این گرم‌کن نتوانسته است آب را به جوش آورد. اگر گرم‌کن را خاموش کنیم، چند ثانیه طول می‌کشد تا دمای آب داخل ظرف، یک درجه‌ی سانتی‌گراد کاهش یابد؟ $C_{آب} = ۴۲۰۰\ J/kg.°C$ و از ظرفیت گرمایی ظرف و گرم‌کن صرف نظر کنید.

$$mc\Delta T = ۱۰۰\ w \times \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{۴ \times ۴۲۰۰}{۱۰۰} = ۱۶۸\ s$$

۲ (پایان‌ترم ۹۰)ـ در داخل مخزن (۱)، آب در فشار یک اتمسفر در حال جوشیدن است. در داخل مخزن (۲)، مخلوط یخ و آب در فشار یک اتمسفر در حال تعادل‌اند. دو مخزن با یک میله‌ی توپُر مسی که سطح جانبی آن عایق گرمایی شده است، به یکدیگر متصل‌اند. اگر طول میله ۴۰ سانتی‌متر و سطح مقطع آن ۶.۸ سانتی‌متر مربع باشد، مطلوب است:



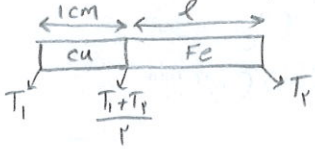
الف) آهنگ (نرخ) انتقال گرما از طریق میله‌ی مسی.

$$\dot{Q} = KA\frac{\Delta T}{\ell} = ۴۰۰ \times ۶۸ \times ۱۰^{-۴} \times \frac{۱۰۰}{۰.۴} = ۶۸\ w$$

ب) آهنگ ذوب شدن یخ در مخزن (۲)!

$$\dot{m}L_f = \dot{Q} = ۶۸\ w = \dot{m} \times ۳۴۰ \times ۱۰^{۳} \Rightarrow \dot{m} = \frac{۶۸}{۳۴۰ \times ۱۰^{۳}} = ۲ \times ۱۰^{-۴}\ kg$$

۳ (شهریور ۸۶)ـ صفحه‌ای مسی به ضخامت ۱ cm را به صفحه‌ای آهنی با همان سطح مقطع چسبانده‌اند. ضخامت صفحه‌ی آهنی باید چقدر باشد تا دمای فصل مشترک مس و آهن، $\frac{T_1+T_2}{۲}$ شود؟ T_1 و T_2 دمای فصل مشترک‌های مس-هوا و آهن-هوا هستند.



$$\dot{Q}_1 = \dot{Q}_2 \Rightarrow \frac{K_{Cu}A\left(\frac{T_1+T_2}{۲} - T_1\right)}{۰.۰۱} = \frac{K_{Fe}}{\ell}A\left(T_2 - \frac{T_1+T_2}{۲}\right)$$

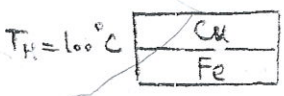
$$\Rightarrow ۴ \times ۱۰^{۴}\left(\frac{T_2-T_1}{۲}\right) = \frac{۸۰}{\ell}\left(\frac{T_2-T_1}{۲}\right) \Rightarrow \ell = \frac{۸۰}{۴ \times ۱۰^{۴}} = ۲ \times ۱۰^{-۳}\ m = ۲mm$$

۴ (پایان‌ترم ۸۸)ـ در شکل (۱)، دو میله‌ی فلزی هم‌سطح مستطیل‌شکل، [illegible] و دیگری آهن به صورت سری به هم جوش داده شده‌اند و سطح جانبی آن‌ها عایق گرماست. اگر در این حالت، این دو سر را در دو منبع دمای ثابت صفر و صد درجه‌ی سانتی‌گراد قرار دهیم، در هر ۲ دقیقه ۱۰ ژول گرما از طریق میله‌ها عبور می‌کند. اکنون اگر این دو میله را مانند شکل (۲)، از پهلو به هم جوش دهیم و دمای آن‌ها را این بار نیز در منبع دما قرار دهیم، نرخ انتقال حرارت از میله‌ها چه مقدار خواهد شد؟

(۱)

$$\frac{\dot{Q}_2}{\dot{Q}_1} = \frac{\frac{۴۰۰}{\ell}A \times (۱۰۰) + \frac{۸۰}{\ell}\frac{A}{۲} \times ۱۰۰}{\frac{۴۰۰}{\ell}A \times (۱۰۰ - T_H)} = \frac{۴۱۰}{۴۰۰ - ۴T_H} = ۷.۲$$

(۲)



$$۴۰۰(۱۰۰ - T_H) = ۸۰(T_H - ۰) \Rightarrow T_H = \frac{۲۵۰}{۳}\ ^{\circ}C$$

$$\Rightarrow \dot{Q}_2 = ۷.۲\,\dot{Q}_1 = ۷.۲ \times \frac{۱۰}{۱۲۰} = ۰.۶\ w$$ جواب

۵ (پایان‌ترم‌های ۸۳ و ۸۵)ـ آب در یک قابلمه‌ی آلومینیومی می‌جوشد و با آهنگِ ۰.۰۵ Lit/min تبخیر می‌شود. ضخامتِ کفِ قابلمه ۵ mm و قطر آن (قطر دایره‌ی کف) ۲۰ cm است. دمای کفِ قابلمه (زیرِ قابلمه) در تماس با آتش چقدر است؟

$\dot{m} = \rho \dot{V} \Rightarrow \dot{m} = \rho \dot{v} = 1 \frac{Kg}{Lit} \times ۰/۰۵ \frac{Lit}{min}$

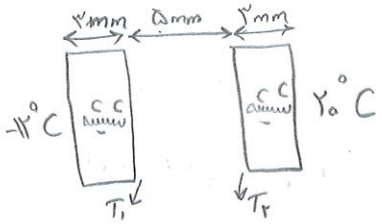
$\Rightarrow \dot{m} = \frac{۵ \times 10^{-۴}}{۶۰} \frac{Kg}{s} = \frac{10^{-۳}}{۱۲} \frac{Kg}{s}$

$\dot{m} L_v = \dot{Q} = \frac{10^{-۳}}{۱۲} \times ۲۲۵۰ \times ۴/۲ = ۷/۱۷۵ \, w$

$\Rightarrow \dot{Q} = -۲۴۰ \times \frac{\pi \times ۰/۰۱}{۰/۰۰۵} \times (۱۰۰ - T_c) \Rightarrow T_c = ۱۰۱/۲۴^\circ C$

۶ (شهریور ۸۵)ـ پنجره‌ای دو جداره، از دو شیشه، هریک به ضخامتِ ۳ mm که بین آن‌ها لایه‌ای از هوا به ضخامتِ ۵ mm قرار دارد، تشکیل شده است. اگر دمای هوای بیرون $-۱۲^\circ C$ و دمای هوای داخل اتاق $۲۰^\circ C$ باشد:

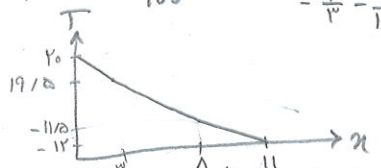
الف) آهنگِ اتلافِ گرما از چنین پنجره‌ای به مساحت ۲ مترمربع چقدر است؟ ب) نمودار $T - x$ را برای کل عرض پنجره (۱۱ میلی‌متر) به شکل دقیق رسم کنید.



$\dot{Q} = \frac{۱ \times ۲}{۰/۰۰۳} \times (T_1 + ۱۲) = \frac{۱}{۴۰} \times \frac{۲}{۰/۰۰۵} \times (T_2 - T_1) = \frac{۱ \times ۲}{۰/۰۰۳} \times (۲۰ - T_2)$

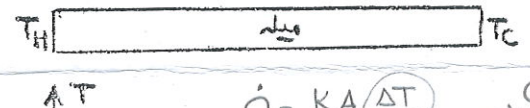
$\Rightarrow \begin{cases} T_1 + T_2 = ۸ \\ \Rightarrow \frac{۲}{۳} T_1 + ۸ = \frac{۸ - ۴T_1}{۱۰۰} \end{cases} \Rightarrow \frac{۸ - ۰/۰۸}{-\frac{۲}{۳} - \frac{۲}{۱۰۵}} = T_1 = -۱۱/۵۳۴^\circ C$

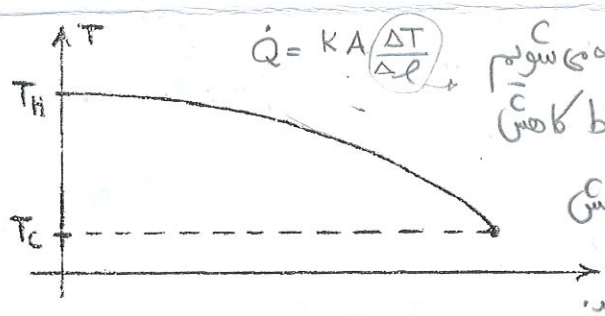
$\Rightarrow T_2 = ۱۹/۵۳۴^\circ C \Rightarrow \dot{Q} = ۲۱۰۲۳ \, w$



۷ـ یک میله‌ی منشوری (یعنی با اندازه‌ی سطح مقطع ثابت) که سطح جانبی آن به خوبی عایق گرمایی شده است را بین دو منبع دمای ثابتِ T_H و T_C قرار می‌دهیم. در لحظه‌ای پیش از برقراری شرایط پایا، نمودار $T - x$ میله به صورت زیر است.

با توجه به نمودار، به نظر شما، نقاط مختلفِ این میله در حال سرد شدن هستند یا گرم شدن؟ چرا؟





$\dot{Q} = KA \frac{\Delta T}{\Delta \ell}$ اگر $\frac{\Delta T}{\Delta \ell}$ را به صورت دیفرانسیلی بنویسیم $\left(\frac{dT}{d\ell}\right)$ متوجه می‌شویم که $\frac{d^2T}{d\ell^2} > ۰$ پس با افزایش دما نرخ گرم شدن نقاط کاهش می‌یابد. پس گرادیان دمای هر نقطه با افزایش x کاهش می‌یابد، پس نقاط مختلف با افزایش x در حال سرد شدن هستند.

۸ـ ژئوفیزیکدانان پی برده‌اند که به طور متوسط، دمای پوسته‌ی زمین به ازای هر ۳۰ متر افزایش عمق، $۱^\circ C$ زیاد می‌شود. اگر رسانندگیِ گرماییِ متوسط پوسته‌ی زمین برابر با $۰/۵ \, w/m.k$ باشد زمین با چه آهنگی از هسته‌ی خود گرما از دست می‌دهد؟ شعاع کره‌ی زمین را ۶۴۰۰ km فرض کنید که در برابر ضخامت پوسته‌ی زمین، خیلی زیاد است.

$\dot{Q} = KA \frac{\Delta T}{\Delta \ell} = ۰/۷۵ \times ۴\pi \times (۶۴ \times 10^۵)^۲ \times \frac{-۱}{۳۰} = -۱/۲۹ \times 10^{۱۳} \, w$

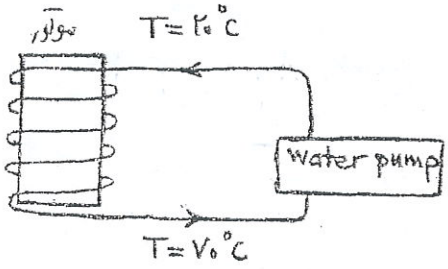
۹ـ ضخامت لایه‌ی یخ روی سطح آبِ یک دریاچه‌ی آب شیرین، ۱۰ سانتی‌متر است. اگر دمای هوای بالای سطح یخ $-۳۰^\circ C$ باشد، آهنگ افزایش ضخامتِ لایه‌ی یخ در این لحظه چقدر است؟

$\dot{Q} = \frac{۲/۲}{۰/۱۱} \times ۳۰ \times A = \dot{m} L_f = \rho \dot{V} L_f = \rho A \dot{\ell} L_f \Rightarrow ۶۶۰ = ۱ \times ۳۴۰ \times 10^۳ \times \dot{\ell}$

$\Rightarrow \dot{\ell} = ۱/۹۴ \times 10^{-۳} \frac{m}{s}$

تمرین شماره‌ی ۲۴ فیزیک پایه‌ی دوم

۱۰ــ دمای یک موتور فولادی به جرم ۱۰۲ Kg هنگامی که شروع به کار می‌کند، در هر ثانیه ۱۰° C افزایش می‌یابد. می‌خواهیم این موتور را به وسیله‌ی گردشِ آب در لوله‌هایی که اطراف آن است، خنک نگه داریم.



الف) اگر دمای آب ورودی به لوله‌های دور موتور، ۲۰° C باشد و بخواهیم دمای آبِ خروجی از لوله‌های دور موتور، از ۷۰° C تجاوز نکند، حداقل دبی لازم آبِ در گردش، برای ثابت نگه داشتنِ دمای موتور فولادی چقدر است؟ (مقدار جرم آب عبوری از هر مقطع لوله، در واحد زمان ($\dot{m}$) را به دست آورید)

$C_{فولاد}$= ۰.۱۱ cal/g. °C , $C_{آب}$= ۱ cal/g. °C

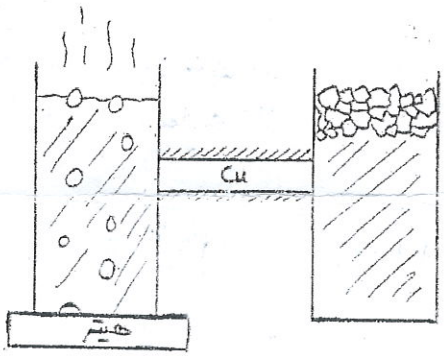
$m_1 c_1 \Delta T_1 = m_2 c_2 \Delta T_2 \Rightarrow 1/2 \times 0/11 \times 1000 \times 10$ (A)

$= \dot{m} \Delta t \times 1 \times 1000 \times (70 - 20) \xrightarrow{\Delta t = 1} \dot{m} = \frac{1/2 \times 0/11 \times 60}{50} = 26/4 \ \frac{Kg}{s}$

ب) این انتقال حرارت به چه روش‌هایی انجام می‌پذیرد؟ کدام روش در کدام بخش اتفاق می‌افتد؟

رسانایی بهترین روش انتقال حرارت در اینجاست.

۱۱ (پایان‌ترم ۹۱)ــ مطابق شکل روبرو، ظرفی محتوی آب و یخ در دمای صفر درجه‌ی سانتی‌گراد، با یک میله‌ی توپُر مسی به سطح مقطع A = ۵ cm × ۵ cm ، طول L = ۱ m، به یک ظرفِ محتوی آب جوش در دمای ۱۰۰° C متصل شده است. به ظرف محتویِ آب جوش، توسط هیتری با توان ۵۵۰ وات گرما داده می‌شود.

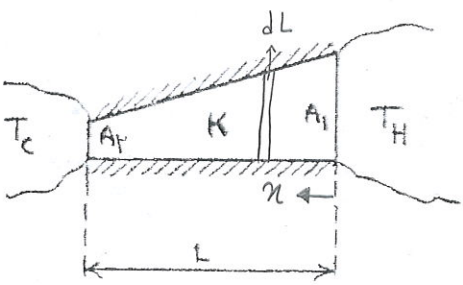


طاهره است. آهنگ تبخیر آب از ظرف محتوی آب جوش

$\dot{Q} = K_{Cu} A \frac{(100 - 0)}{L} = \dot{m} L_V = \frac{400 \times 5^2 \times 10^{-4}}{1} \times 100 = \dot{m} \times 2250 \times 4200$

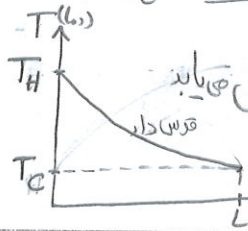
$\Rightarrow \dot{m} = \frac{100}{4200 \times 2250} = 10/58 \times 10^{-6} \ \frac{Kg}{s}$

۱۲ (امتیازی پایان‌ترم ۹۱)ــ میله‌ای با ضریب رسانندگی K و طول L، مطابق شکلِ زیر بین دو منبع دمای ثابت T_H و T_C قرار دارد. سطح مقطع این میله در طول آن ثابت نیست و از A_1 (در تماس با منبع گرم) تا A_2 (در تماس با منبع سرد) کاهش می‌یابد. نمودار کیفی T − x را در طول میله برای شرایط پایا رسم کنید و دلایل خود را بنویسید. در یک المان طول (dL) تقریباً مساحت ثابت می‌ماند؟



$\dot{Q} = \frac{K A_1}{dL} (dT) = K A_2 \frac{dT}{dL} = \frac{dQ}{dt}$ یعنی $\dot{Q}$ به صورت المان تغییری کند.

$\Rightarrow \dot{Q} = \frac{K \frac{A_1 + A_2}{2}}{L} (T_H - T_C) = \frac{K \bar{A}}{L} (T_H - T_C)$



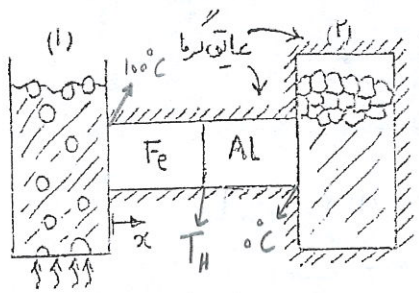
یعنی با افزایش $\frac{dT}{dL} = \frac{\dot{Q}}{KA}$ با دلیل افزایش A، گرادیان دما کاهش می‌یابد

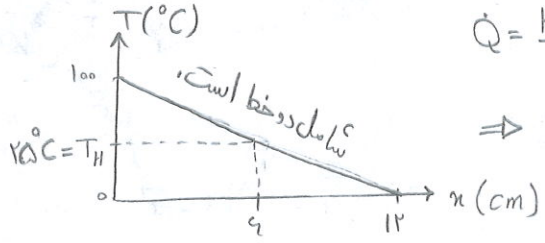
یعنی با کاهش x، گرادیان دما در نتیجه دما کاهش می‌یابد.

یعنی با افزایش x، گرادیان دما و در پی آن دما افزایش می‌یابد.

۱۳ (پایان‌ترم ۹۲)– در شکل زیر، در ظرف (۱) آب در فشار یک اتمسفر در حال جوشیدن است؛ و در ظرف (۲) مخلوط آب و یخ در فشار یک اتمسفر وجود دارد. این دو ظرف، توسط دو میله‌ی توپُر، هریک به طول $L = ۶\ cm$ و سطح مقطع $A = ۱۷\ cm^۲$، یکی از جنس آهن و دیگری از جنس آلومینیوم به هم وصل شده‌اند.

الف) نمودار $T - x$ را برای کل رسانا (دو میله) به شکل دقیق رسم کنید. محاسبات لازم را بنویسید.





$$\dot{Q} = \frac{K_{Fe} A}{L}(۱۰۰ - T_H) = \frac{K_{Al}}{L}(T_H - ۰)_{x A}$$

$$\Rightarrow \frac{۱۰۰ - T_H}{T_H} = \frac{K_{Al}}{K_{Fe}} = \frac{۱۰۰}{T_H} - ۱$$

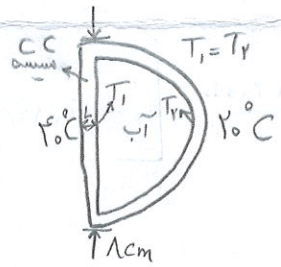
$$\Rightarrow T_H = \frac{۱۰۰}{۱ + \frac{K_{Al}}{K_{Fe}}} = \frac{۱۰۰\, K_{Fe}}{K_{Fe} + K_{Al}}$$

$$\Rightarrow \boxed{T_H = ۲۵^\circ C}$$

ب) آهنگ ذوب شدن یخ در ظرف (۲) را حساب کنید

$$\dot{Q} = \frac{K_{Fe} A}{L}(۱۰۰ - T_H) = \dot{m} L_f \Rightarrow \dot{m} = \frac{K_{Fe} A}{L \cdot L_f}(۱۰۰ - T_H) = \boxed{\frac{۱}{۲۰۰۰}\ \frac{kg}{s}}$$

۱۴ (پایان‌ترم ۹۳)– روی پیشانی شخص بیماری با تب $۴۰^\circ C$، یک نیم‌کره‌ی شیشه‌ای به شعاع $r = ۴\ cm$، ضخامت $L = ۱\ mm$ از سطح صاف آن قرار دارد. نیم‌کره‌ی شیشه‌ای کاملا بسته است و درون آن مخلوط آب و یخ در دمای صفر درجه‌ی سانتی‌گراد وجود دارد. دمای محیط $۲۰^\circ C$ است. آهنگ ذوب شدن یخ درون نیم‌کره را حساب کنید. فرض کنید $L_{f\,H_۲O} = ۳۲۰\ J/g$ است



$$\dot{Q} = \frac{۱ \times \pi r^۲}{L}\times(۴۰ - T_1) = \frac{۱ \times \pi r^۲}{L}\times(T_1 - ۲۰) \Rightarrow ۴۰ - T_1 = ۴T_1 - ۸۰$$

$$\Rightarrow \Delta T_1 = ۱۲۰ \Rightarrow \boxed{T_1 = ۲۴^\circ C}$$

$$\Rightarrow \dot{Q} = \dot{m} L_f = \frac{۱ \times \pi \times (۰/۰۴)^۲}{۰/۰۰۱}\times(۴۰ - ۲۴) = \dot{m} \times ۳۲۰ \times ۱۰^۳$$

$$\Rightarrow \boxed{\dot{m} = ۲/۵ \times ۱۰^{-۴}\ \frac{kg}{s}}$$