

نمونه پرسش‌های درس برنامه‌نویسی MATLAB

محمدعلی شفیعیان

تهیه‌شده برای گروه فیزیک

بهار ۱۳۹۸

۱- هزینه ارسال یک بسته به وسیله پست ویژه ۱۰ دلار به ازای هر ۲ پوند و ۳/۷۵ دلار به ازای هر پوند اضافه بر ۲ پوند است. اگر بسته‌ای دارای وزنی بالغ بر ۷۰ پوند باشد، ۱۰ دلار جریمه به عنوان اضافه بار به مخارج افزوده می‌شود. هیچ بسته‌ای با وزن بالای ۱۰۰ پوند مورد قبول واقع نمی‌شود. برنامه‌ای بنویسید که وزن بسته‌ها را بر حسب پوند دریافت کرده و هزینه ارسال بسته را محاسبه نماید (اطمینان حاصل نمایید که برنامه قابلیت محاسبه هزینه را برای بسته‌های دارای اضافه وزن داشته باشد).

۲- در برخی از ماتریس‌ها عنصری وجود دارد که به آن نقطه زینی (Saddle Point) گفته می‌شود. یک نقطه زینی، عنصری از ماتریس است که مقدار آن بزرگتر یا مساوی هریک از عناصر موجود در آن سطر و نیز کوچکتر یا مساوی هر یک از عناصر موجود در ستونی است که آن عنصر در آن قرار دارد. به عنوان مثال، عنصر موجود در سطر اول و ستون اول ماتریس زیر یک نقطه زینی است زیرا از تمامی عناصر موجود در سطر اول بزرگتر و از تمامی عناصر موجود در ستون اول نیز کوچکتر است:

$$A = \begin{bmatrix} 5 & 4 & 3 & 2 \\ 6 & 8 & 6 & 4 \\ 8 & 6 & 5 & 7 \end{bmatrix}$$

توجه داشته باشید که یک ماتریس می‌تواند اصلاً نقطه زینی نداشته باشد یا اینکه بیش از یک نقطه زینی داشته باشد. تابعی به نام saddle را تعریف کنید که یک پارامتر ورودی به نام M داشته باشد که همان ماتریسی است که قرار است نقطه زینی برای آن محاسبه شود. همچنین این تابع باید دو خروجی به نام‌های rows و cols داشته باشد که اندیس‌های سطر و ستون نقطه (نقطه‌های) زینی را به صورت دو بردار ستونی در خروجی قرار دهد. برنامه را به گونه‌ای بنویسید که اگر هیچ نقطه زینی در ماتریس M پیدا نشد، مقادیر خروجی‌ها را برابر با بردار تهی قرار داده شود. **** راهنمایی:** برای نوشتن این تابع می‌توانید با استفاده از دو حلقه for شرط نقطه زینی برای تک تک عناصر ماتریس را بررسی نمایید و در صورت برآورده شدن شرایط اندیس آن را بردارید و در خروجی قرار دهید.

۳- یکی از روش‌های عددی برای یافتن ریشه یک معادله، روش نصف کردن فاصله (تقصیف) نام دارد. به طور کلی اگر تابع $f(x)$ در بازه $[a, b]$ پیوسته باشد و نیز $f(a) \cdot f(b) < 0$ باشد، آنگاه حداقل یک نقطه مانند c هست که $a < c < b$ و $f(c) = 0$ است. به عبارت دیگر معادله $f(x) = 0$ حداقل یک ریشه در بازه (a, b) دارد. علاوه بر آن اگر تابع $f(x)$ بر بازه $[a, b]$ اکیداً یکنوا (اکیداً صعودی یا اکیداً نزولی) باشد، آنگاه c

منحصر به فرد است. روش تنصیف عبارت است از تکرار نصف کردن زیربازه‌های $[a, b]$ و در هر مرحله، تعیین نیم‌بازه‌ای که شامل ریشه c باشد. برای شروع قرار می‌دهیم $a_1 = a$ و $b_1 = b$ و فرض می‌کنیم c_1 نقطه میانی $[a, b]$ باشد یعنی:

$$c_1 = \frac{a_1 + b_1}{2} \quad (1-3)$$

حال اگر $f(c_1)$ شرط توقف الگوریتم (که بعداً بیان خواهد شد) را برآورده کند آنگاه c_1 ریشه $f(x)$ است، در غیر این صورت، حاصل ضرب $f(a_1) \cdot f(c_1)$ را تشکیل می‌دهیم و حالات زیر را تشخیص می‌دهیم:

- الف - اگر $f(a_1) \cdot f(c_1) > 0$ باشد ریشه در بازه $[c_1, b_1]$ قرار دارد و قرار می‌دهیم $a_2 = c_1$ و $b_2 = b_1$.
- ب - اگر $f(a_1) \cdot f(c_1) < 0$ باشد ریشه در بازه $[a_1, c_1]$ قرار دارد و قرار می‌دهیم $a_2 = a_1$ و $b_2 = c_1$.

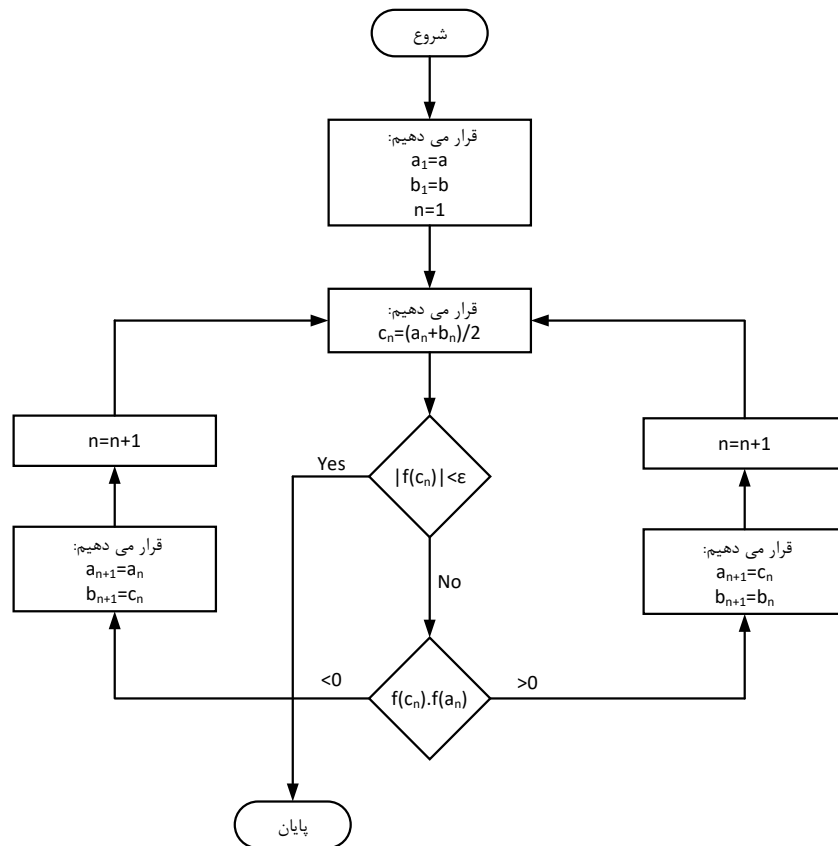
اکنون عملیات بالا را برای زیربازه $[a_2, b_2]$ تکرار می‌کنیم و همین عملیات را ادامه می‌دهیم. به این ترتیب، دنباله‌ای از اعداد برای c_n تولید می‌شود که با استفاده از معیار توقف زیر، در مرحله‌ای مناسب متوقف می‌شویم:

$$|f(c_n)| < \varepsilon \quad (2-3)$$

که در آن $\varepsilon > 0$ ، دقت مورد نیاز ما به شمار می‌آید.

با توجه به آنچه بیان شد، برنامه‌ای بنویسید که ریشه معادله $f(x) = 2x - \sin(x) - 0.7$ را با دقت $\varepsilon = 10^{-4}$ روی بازه $[0, 1]$ به دست آورد. **** راهنمایی:** برای تعریف و محاسبه تابع $f(x)$ می‌توانید از دستور `f = @(x) 2*x-sin(x)-0.7` استفاده نمایید.

**** راهنمایی:** برای سهولت در نوشتن برنامه، فلوجارت روش نصف کردن فاصله در ادامه آورده شده است که می‌توانید از آن استفاده نمایید.



۴- رابطه زیر را در نظر بگیرید:

$$V_o = \frac{1}{1+j2\pi fRC} V_i \quad (1-4)$$

در یک اسکریپت، برنامه‌ای بنویسید که مقادیر پارامترهای f ، R و C را از کاربر دریافت کند (راهنمایی: استفاده از دستور input) و نمودار اندازه و فاز V_o را بر حسب V_i در یک نمودار ترسیم نماید. (راهنمایی: برای محاسبه اندازه از دستور abs و برای محاسبه فاز از دستور angle استفاده کنید).

- مقدار V_i را از -10 تا $+10$ با گام‌های 25 ، قرار دهید. همچنین، در صورت تمایل می‌توانید برای پارامترهای f ، R و C مقادیر پیش‌فرض $f=100$ ، $R=10$ و $C=1 \times 10^{-6}$ را وارد نمایید.

- دو نمودار باید در یک figure و با رنگ‌های مختلف ترسیم شوند. نمودار اندازه را با رنگ قرمز و به صورت نقطه‌چین با markerهای ستاره‌ای و نمودار فاز را با رنگ مشکی و خط‌چین با markerهای مربعی شکل ترسیم نمایید. ضخامت خط را در هر کدام برابر با ۲ قرار دهید.

- برنامه را به گونه‌ای بنویسید که اگر مقدار کمیت‌های f ، R و C که کاربر دریافت می‌کند منفی بود یک پیغام خطا نمایش داده شود (راهنمایی: استفاده از دستور disp) و برنامه اجرا نشود.

۵- ایزوتوپ رادیواکتیو یک عنصر، حالتی ناپایدار از عنصر است که به‌طور طبیعی در طی یک زمان معین به عناصر دیگر تجزیه می‌شود. این تجزیه روندی نمایی دارد. اگر Q_0 مقدار اولیه یک ماده رادیواکتیو در زمان $t=0$ باشد، آنگاه مقدار ماده در هر زمان t از معادله زیر به‌دست می‌آید:

$$Q(t) = Q_0 e^{-\lambda t} \quad (1-5)$$

که در آن λ ثابت تجزیه رادیواکتیو می‌باشد.

از آنجایی که تجزیه مواد رادیواکتیو با روندی ثابت صورت می‌گیرد، می‌توان از آن به‌عنوان ساعتی برای اندازه گرفتن آغاز تجزیه استفاده کرد. اگر از مقدار ماده رادیواکتیو در نمونه اولیه (Q_0) و مقدار باقی‌مانده از آن در زمان فعلی مطلع باشیم، می‌توانیم با حل معادله بالا نسبت به t ، زمان آغاز تجزیه را تعیین نماییم. معادله به‌دست آمده به‌صورت زیر است:

$$t_{delay} = -\frac{1}{\lambda} \log_e \frac{Q}{Q_0} \quad (2-5)$$

این معادله در بسیاری از مقوله‌های علمی کاربرد دارد. برای مثال باستان‌شناسان با استفاده از نوعی ساعت رادیواکتیوی که مبتنی بر کربن ۱۴ است، مدت زمان سپری شده بعد از مرگ موجودات زنده را تعیین می‌نمایند. در زمان حیات گیاهان یا حیوانات، کربن ۱۴ مرتباً وارد بدن آنها می‌شود، بنابراین مقدار کربنی که در هنگام مرگ در بدن یک موجود زنده باقی می‌ماند از قبل معلوم است. ثابت تجزیه برای کربن ۱۴، برابر با 0.00012097 در سال است. حال اگر بتوانیم مقدار کربن ۱۴ باقی‌مانده را به‌طور دقیق اندازه‌گیری کنیم آنگاه از معادله (۲-۵) می‌توان تعیین نمود که چند وقت پیش این موجود مرده است.

برنامه‌ای بنویسید که مقدار کربن ۱۴ باقی‌مانده به‌صورت تابعی از زمان را نشان دهد. سپس با دریافت کردن درصد کربن ۱۴ باقی‌مانده در یک نمونه، عمر این نمونه را محاسبه نماید و جواب را بوسیله واحدهای مناسبی نمایش دهد.

۶- اگر تویی از ارتفاع h_0 بالای سطح زمین با سرعت عمودی v_0 رها شود، مکان و سرعت توپ به‌صورت تابعی از زمان توسط معادلات زیر بیان می‌شود:

$$h(t) = \frac{1}{2}gt^2 + v_0t + h_0 \quad (1-6)$$

و

$$v(t) = gt + v_0 \quad (2-6)$$

که در آن g شتاب جاذبه زمین $(\frac{m}{s^2})$ $(-9/81)$ ، h ارتفاع از سطح زمین (با فرض اینکه اصطکاک هوا وجود ندارد) و v نیز سرعت عمودی است. برنامه‌ای بنویسید که با صدور پیغامی از کاربر ارتفاع اولیه توپ را بر حسب متر و سرعت اولیه توپ را بر حسب متر بر ثانیه درخواست نماید. برای سرعت توپ بر حسب ارتفاع آن را ترسیم نماید. برای نمودار خود عنوان و برای محورها برچسب منظور کنید.

۷- مسافت بین دو نقطه (x_1, y_1) و (x_2, y_2) در مختصات دکارتی توسط معادله زیر حساب می‌شود:

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (1-7)$$

برنامه‌ای بنویسید که مسافت بین دو نقطه (x_1, y_1) و (x_2, y_2) را که توسط کاربر مشخص می‌شود محاسبه نماید. با استفاده از برنامه نوشته شده فاصله بین نقاط $(2, 3)$ و $(8, -5)$ را حساب کنید.

۸- برنامه‌ای بنویسید که عددی بین صفر تا ۱۰۰ را به عنوان نمره دریافت نماید و به نمرات بالای ۹۵ درجه A، به نمرات بین ۸۶ تا ۹۵ درجه B، به نمرات بین ۷۶ تا ۸۶ درجه C، به نمرات بین ۶۶ تا ۷۶ درجه D و به نمرات بین صفر تا ۶۶ درجه F را نسبت دهد.

۹- **ترمودینامیک: قانون گازهای ایده‌آل.** گاز ایده‌آل گازی است که تمامی برخوردهای بین مولکول‌های آن کاملاً کشسان باشد. می‌توان مولکول‌های داخل گاز ایده‌آل را به مانند توپ‌های بیلیارد کاملاً محکم در نظر گرفت که پس از برخورد با یکدیگر بدون از دست رفتن هیچ‌گونه انرژی جنبشی از هم جدا می‌شوند. این گاز را می‌توان توسط سه کمیت می‌توان شناسایی نمود: فشار مطلق (P)، حجم (V) و دمای مطلق (T). رابطه بین این کمیت‌ها در یک گاز ایده‌آل، قانون گازهای ایده‌آل نام دارد:

$$PV = nRT \quad (1-9)$$

که در آن P فشار گاز بر حسب کیلوپاسکال (kPa)، V حجم گاز بر حسب لیتر (L) و n تعداد مولکول‌های گاز بر حسب مول (mol)، R ثابت جهانی گازها $(8.314 \text{ L.kPa/mol.k})$ و T دمای مطلق بر حسب کلونین (k) می‌باشد (توجه کنید مولکول $10^{23} \times 6/02 = 1$ مول). فرض کنید نمونه‌ای از یک گاز ایده‌آل حاوی یک مول مولکول در دمای ۲۷۳ k در دست ما است. اکنون به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

الف) اگر فشار گاز از ۱ kPa به ۱۰۰۰ kPa تغییر یابد، حجم این گاز چگونه تغییر می‌کند؟ فشار گاز را بر حسب حجم آن در محورهای مناسب رسم نمایید. از یک خط قرمز مناسب با پهنای ۲ پیکسل استفاده نمایید.

ب) فرض کنید دمای گاز تا ۳۷۳ k افزایش یابد. حال حجم گاز چگونه با فشار تغییر می‌نماید؟ فشار گاز را بر حسب حجم آن در همان محورهای قبلی (قسمت الف) رسم کنید. از خط چین آبی با پهنای ۲ پیکسل استفاده نمایید.

برای نمودار خود عنوان و برای محورهای x و y برچسب منظور کنید. همچنین توضیحی برای هر نمودار تعیین کنید.

۱۰- **گیرنده رادیویی.** نوع ساده‌ای از قسمت جلوی یک گیرنده رادیوی AM در شکل ۱۰-۱ نشان داده شده است. این گیرنده از یک مدار RLC

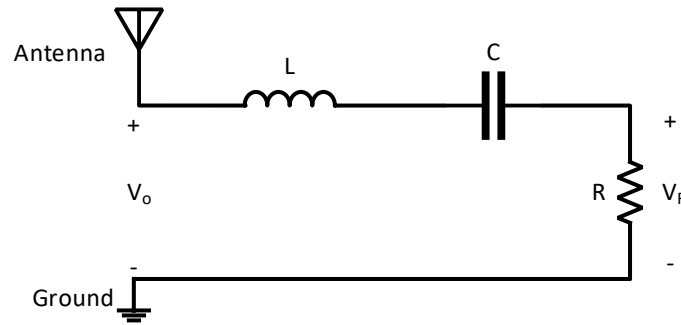
شامل یک مقاومت، خازن و سلف که به صورت سری به هم متصل شده اند، تشکیل شده است. ولتاژ سرتاسر بار مقاومتی در این شکل به صورت تابعی از فرکانس بنا به معادله $(1-10)$ تغییر می‌کند:

$$V_R = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}} V_o \quad (1-10)$$

که در آن، $\omega = 2\pi f$ و f فرکانس بر حسب هرتز می‌باشد. فرض کنید که $L=0.2 \text{ mH}$ ، $C=0.25 \text{ nF}$ ، $R=50 \Omega$ و $V_o=10 \text{ mV}$ است.

الف) نمودار ولتاژ روی بار مقاومتی را به صورت تابعی از فرکانس رسم نمایید. در چه فرکانسی ولتاژ بر روی بار مقاومتی به حداکثر مقدار خود می‌رسد؟ در این فرکانس ولتاژ بر چیست؟ این فرکانس، فرکانس تشدید f_0 نام دارد. مقادیر به دست آمده برای ولتاژ و فرکانس را به صورت متنی در Command Window نمایش دهید.

ب) اگر فرکانس به مقدار 10% بیشتر از فرکانس تشدید تغییر نماید، ولتاژ با چه خواهد بود؟
 پ) در چه فرکانس‌هایی ولتاژ روی بار به نصف ولتاژ در زمان فرکانس تشدید افت خواهد کرد؟



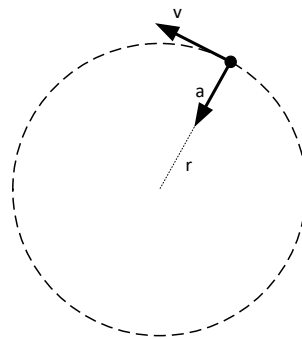
شکل ۱۰-۱: نسخه ساده شده قسمت جلویی یک گیرنده رادیوی AM

۱۱- شعاع چرخشی هواپیما. یک شی که در یک مسیر دایره‌ای با سرعت مماسی ثابت v حرکت می‌کند در شکل ۱۱-۱ نشان داده شده است. شتاب شعاعی لازم برای حرکت شی در یک مسیر دایره‌ای توسط معادله زیر بیان می‌شود:

$$a = \frac{v^2}{r} \quad (1-11)$$

که در آن، a شتاب مرکزگرای شی بر حسب m/s^2 ، کمیت v سرعت مماسی شی بر حسب m/s و r شعاع گردشی بر حسب متر است. فرض کنید که شی در یک هواپیما قرار دارد و به پرسش‌های زیر پیرامون آن پاسخ دهید:

الف) فرض کنید که هواپیما با سرعت 0.85 ماخ و یا 0.85 سرعت صوت حرکت می‌کند. اگر شتاب مرکزگرا $2g$ باشد، شعاع گردشی هواپیما چقدر خواهد بود؟ (توجه: برای این مسأله می‌توانید فرض کنید 1 ماخ برابر با $340 m/s$ و $1g = 9.81 m/s^2$ است).



شکل ۱۱-۱: یک شی که به خاطر شتاب مرکزگرای a در یک مسیر دایره‌ای به طور یکنواخت حرکت می‌کند.

ب) فرض کنید که سرعت هواپیما به $1/5$ ماخ افزایش یابد. حال شعاع گردشی هواپیما چه مقداری است؟

پ) شعاع گردشی را به صورت تابعی از سرعت هواپیما برای سرعت‌های 0.5 ماخ تا 2 ماخ، با این فرض که شتاب $2g$ باقی می‌ماند، رسم نمایید.

ت) فرض کنید که شتاب ماکزیممی که خلبان می‌تواند تحمل نماید $7g$ است. در $1/5$ ماخ مینیمم شتاب گرانشی هواپیما چه قدر است؟

ث) شعاع گردشی را به صورت تابعی از شتاب مرکزگرا بین شتاب‌های $2g$ تا $8g$ با فرض سرعت ثابت 0.85 ماخ رسم نمایید.

۱۲- فرض کنید تابع مختلط $f(t)$ به وسیله معادله زیر بیان می‌شود:

$$f(t) = (0.5 - 0.25i)t - 1.0 \quad (1-12)$$

نمودار دامنه و فاز این تابع را به ازای $0 \leq t \leq 4$ رسم نمایید.

۱۳- **ترسیم مدار چرخش ماهواره.** هنگامی که یک ماهواره به دور زمین می‌چرخد، مدار چرخش آن تشکیل یک بیضی می‌دهد به طوری که زمین روی یکی از کانون‌های بیضی قرار می‌گیرد. مدار چرخش ماهواره را می‌توان به صورت زیر بیان نمود:

$$r = \frac{P}{1 - \varepsilon \cos \theta} \quad (1-13)$$

که در آن، r و θ به ترتیب فاصله و زاویه ماهواره از مرکز زمین، P یک پارامتر مشخص کننده اندازه مدار و ε پارامتر تعیین کننده میزان بیضوی بودن مدار است. مقدار ε برای یک مدار دایره‌ای صفر می‌باشد و برای یک مدار بیضوی $0 \leq \varepsilon \leq 1$ است. اگر $\varepsilon > 1$ باشد، ماهواره یک مسیر هایپربولیک را دنبال خواهد کرد و از محدوده جاذبه زمین خارج می‌شود.

ماهواره‌ای را با پارامتر اندازه $P=1000$ km در نظر بگیرید. مدار چرخش این ماهواره را برای حالت‌های زیر رسم کنید:

الف) $\varepsilon = 0$ ب) $\varepsilon = 0.15$ پ) $\varepsilon = 0.5$

هر یک از این محورها چقدر به زمین نزدیک می‌شوند؟ این سه نمودار را با هم مقایسه کنید. آیا با نگاه کردن به این نمودارها می‌توانید متوجه مفهوم پارامتر P شوید؟

۱۴- **اعداد فیوناتچی.** در سری فیوناتچی n امین عدد فیوناتچی توسط معادله زیر بیان می‌شود:

$$a_{n+2} = a_{n+1} + a_n, \quad n \geq 1 \quad (1-14)$$

که در آن، برای شروع سری باید مقادیر a_1 و a_2 مشخص باشد. برنامه‌ای بنویسید که مقادیر a_1 و a_2 نیز تعداد مؤلفه‌هایی (n) از سری که باید در یک زمان محاسبه شود را از کاربر دریافت نموده و مقدار سری را محاسبه نماید و نمایش دهد. برنامه را به گونه‌ای بنویسید که اولین باری که $|a_n| > 1000$ شود، محاسبات متوقف شود.

۱۵- **جریان گذرنده از دیود.** جریان گذرنده از یک دیود نیمه‌هادی توسط معادله زیر بیان می‌شود:

$$i_D = I_o \left(e^{\frac{qv_D}{kT}} - 1 \right) \quad (1-15)$$

که در آن:

i_D = جریان گذرنده از دیود بر حسب آمپر.

v_D = ولتاژ دو سر دیود بر حسب ولت.

I_o = جریان نشتی دیود بر حسب آمپر.

q = بار یک الکترون برابر با 1.602×10^{-19} کولن.

k = ثابت بولتزمن برابر با 1.38×10^{-23} ژول/ک.

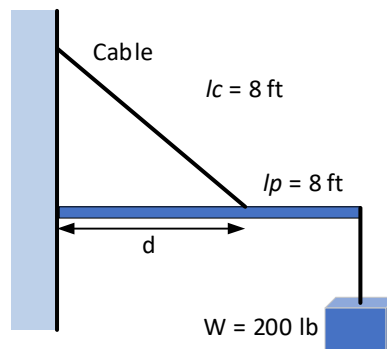
T = دما بر حسب کلوین (k).

جریان نشتی I_o دیود برابر با $2 \mu A$ است. برنامه‌ای بنویسید که جریان گذرنده از این دیود را برای تمامی ولتاژهای از 1 تا 0.6 در گام‌های 0.1 حساب نماید. این روند را برای دماهای 75 ، 100 و 125 درجه فارنهایت تکرار نمایید و نموداری از دما بر حسب ولتاژ ایجاد نمایید. در این نمودار منحنی 3 دمای مختلف را با رنگ‌های متفاوت نشان دهید.

۱۶- تنش روی یک کابل. یک جسم ۲۰۰ پوندی از انتهای یک تیرک عمودی آویزان شده است (شکل ۱-۱۶) و این تیرک توسط یک محور به دیوار متصل شده است و همچنین توسط یک کابل ۸ فوتی که در نقطه‌ای بالاتر به دیوار متصل است، حمایت می‌شود. تنش روی این کابل توسط معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$T = \frac{W \cdot l_c \cdot l_p}{d \sqrt{l_p^2 - d^2}} \quad (1-16)$$

که در آن، T تنش کابل، W وزن جسم، l_c طول کابل، l_p طول تیرک و d فاصله بین تیرک و نقطه اتصال آن به دیوار می‌باشد. برنامه‌های بنویسید که فاصله d را طوری محاسبه کند که تنش کابل حداقل شود. برای این کار برنامه باید تنش روی کابل را در فاصله‌های منظم ۱ فوتی از فوت اول تا فوت هفتم را محاسبه نماید و همچنین می‌بایست فاصله d که منجر به حداقل تنش می‌شود را بیابد. همچنین این برنامه باید نمودار تنش کابل را بر حسب تابعی از d به همراه نمودار و برچسب محورها رسم نماید.



شکل ۱-۱۶: یک وزنه ۲۰۰ پوندی که از یک تیرک آویزان شده است. این تیرک توسط یک کابل حمایت می‌شود.

۱۷- میانگین هارمونیک. میانگین هارمونیک یک راه دیگر برای محاسبه میانگین یک سری از اعداد می‌باشد. میانگین هارمونیک یک سری از اعداد توسط معادله زیر بیان می‌شود:

$$\text{میانگین هارمونیک} = \frac{N}{\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \dots + \frac{1}{x_N}} \quad (1-17)$$

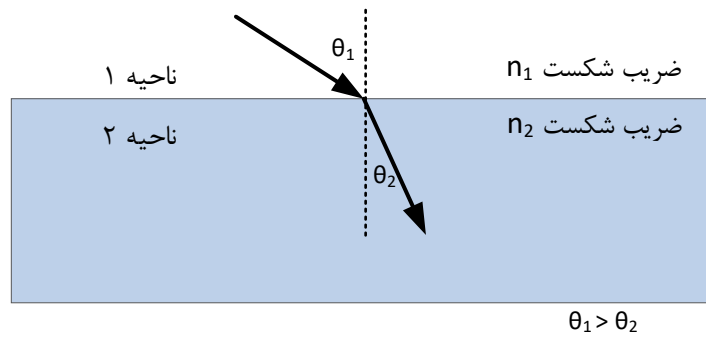
که در آن، N تعداد اعداد است. برنامه‌ای بنویسید که تعداد دلخواهی از مقادیر مثبت ورودی را خوانده و سپس به محاسبه میانگین هارمونیک این سری از اعداد بپردازد. از هر روشی که صلاح می‌دانید برای خواندن این مقادیر ورودی استفاده نمایید.

۱۸- شکست نور. هنگامی که یک باریکه نور از ناحیه‌ای با ضریب شکست n_1 به ناحیه‌ای با ضریب شکست متفاوت n_2 وارد شود، دچار شکست می‌شود (شکل ۱-۱۸) زاویه شکست را می‌توان توسط قانون اسنل به صورت زیر به دست آورد:

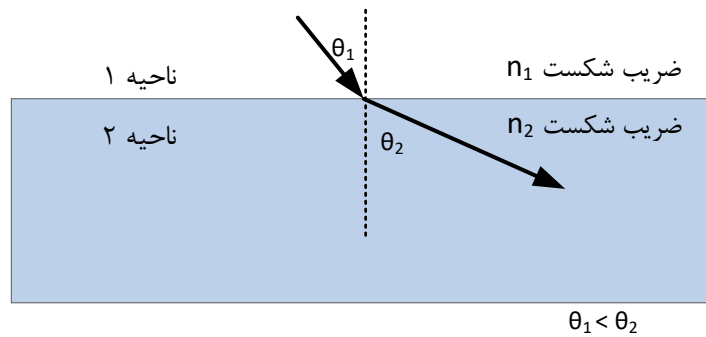
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (1-18)$$

که در آن، θ_1 زاویه ورود نور با محور عمودی در ناحیه ۱ و θ_2 زاویه خروج نور با محور عمودی در ناحیه ۲ می‌باشد. با استفاده از قانون اسنل و معلوم بودن زاویه ورود θ_1 و ضرایب شکست n_1 و n_2 می‌توان زاویه شکست θ_2 را در ناحیه ۲ پیش‌بینی کرد. برای این کار می‌توان از معادله زیر استفاده کرد:

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left(\frac{n_1}{n_2} \sin \theta_1 \right) \quad (2-18)$$



(الف)



(ب)

شکل ۱۸-۱: یک باریکه نور وقتی از یک ناحیه به ناحیه‌ای دیگر می‌رود، دچار شکست می‌شود. (الف) اگر باریکه نور از ناحیه‌ای با ضریب شکست پایین به ناحیه‌ای با ضریب شکست بالا برود، به خط عمودی متمایل می‌شود. (ب) اگر باریکه نور از ناحیه‌ای با ضریب شکست بالا به ناحیه‌ای با ضریب شکست پایین برود، از خط عمودی دور خواهد شد.

برنامه‌ای بنویسید که زاویه شکست باریکه نور را در ناحیه ۲ بر حسب درجه با داشتن زاویه θ_1 در ناحیه ۱ و ضرایب n_1 و n_2 محاسبه نماید. (توجه کنید که اگر $n_1 > n_2$ ، آنگاه بریا بعضی زوایای θ_1 معادله (۱) جواب حقیقی نخواهد داشت، زیرا قدرمطلق $(\frac{n_1}{n_2} \sin \theta_1)$ بیشتر از یک خواهد شد. هنگامی که این اتفاق می‌افتد، تمام نور در ناحیه ۱ بازتابانده می‌شود و هیچ نوری وارد ناحیه ۲ نمی‌شود. برنامه شما باید بتواند به‌درستی این شرایط را شناسایی کرده و تصمیم مناسبی اتخاذ نماید).

همچنین این برنامه باید یک نمودار نشان‌دهنده باریکه ورودی، مرز بین دو ناحیه و باریکه شکسته‌شده در ناحیه دوم ایجاد نماید. برنامه خود را برای موارد زیر آزمایش کنید:

الف) $\theta_1 = 45^\circ$ و $n_2 = 1.7$ و $n_1 = 1.0$

ب) $\theta_1 = 45^\circ$ و $n_2 = 1.0$ و $n_1 = 1.7$