



جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش

مرکز ملی پرورش استعداد‌های درخشان و دانش‌پژوهان جوان

مبارزه علمی برای جوانان، زنده کردن روح جست‌وجو و کشف واقعیت‌هاست. «امام خمینی (ره)»



سازمان دانش‌پروران جوان

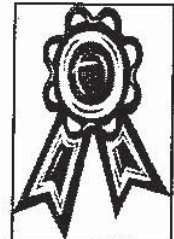
اینجانب (شرکت کننده) این دفترچه را به صورت کامل (۲۵ برگه با احتساب جلد) دریافت نمودم امضاء

اینجانب (منشی حوزه) تعداد برگه (با احتساب جلد) دریافت نمودم امضاء

بیست و هشتمین دوره المپیاد فیزیک -

تاریخ: ۱۳۹۴/۲/۱۵ - ساعت: ۹:۳۰ - مدت: ۲۱۰ دقیقه

تایید کمیته علمی



شماره صندلی

•

شماره پرونده: _____
کد ملی: _____
نام پدر: _____
نام مدرسه: _____
استان: _____
منطقه: _____
حوزه: _____
پایه تحصیلی: _____



توضیحات مهم

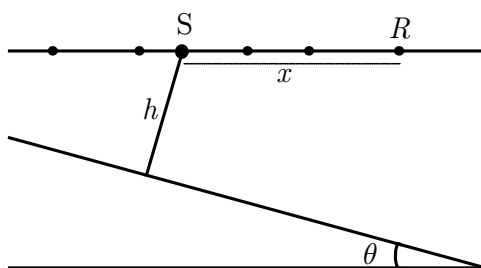
استفاده از ماشین حساب ممنوع است

- ۱- این پاسخنامه به صورت نیمه کامپیوتری تصحیح می‌شود، بنابراین از مجاله و کثیف کردن آن خودداری نمایید.
- ۲- مشخصات خود را با اطلاعات بالای هر صفحه تطبیق دهید. در صورتی که حتی یکی از صفحات پاسخنامه با مشخصات شما همخوانی ندارد، مراقبین را مطلع نمایید.
- ۳- پاسخ هر سوال را در محل تعیین شده خود بنویسید. چنانچه همه یا قسمتی از جواب سوال را در محل پاسخ سوال دیگری بنویسید، به شما نمره‌ای تعلق نمی‌گیرد.
- ۴- یا توجه به آنکه برگه‌های پاسخنامه به نام صادر شده است، امکان ارائه هیچگونه برگه اضافه وجود نخواهد داشت. لذا توصیه می‌شود ابتدا سوالات را در برگه چرک نویسی، حل کرده و آنگاه در پاسخنامه پاک‌نویس نمایید.
- ۵- عملیات تصحیح توسط مصححین، پس از قطع سربرگ، به صورت ناشناس انجام خواهد شد. لذا از درج هرگونه نوشته یا علامت مشخصه که نشان دهنده صاحب برگه باشد، خودداری نمایید. در غیر این صورت تقلب محسوب شده و در هر مرحله‌ای که باشید از ادامه حضور در المپیاد محروم خواهید شد.
- ۶- از مخدوش کردن دایره‌ها در چهار گوشه صفحه و پارکدها خودداری کنید، در غیر این صورت برگه شما تصحیح نخواهد شد.
- ۷- همراه داشتن هرگونه کتاب، جزوه، یادداشت و لوازم الکترونیکی نظیر تلفن همراه و لپ تاپ ممنوع است. همراه داشتن این قبیل وسایل حتی اگر از آن استفاده نکنید یا خاموش باشد، تقلب محسوب خواهد شد.
- ۸- آزمون مرحله دوم برای دانش‌آموزان سال اول و دوم دبیرستان صفاً جنبه آزمایشی و آمادگی دارد و شرکت کنندگان در دوره تابستانی از بین دانش‌آموزان پایه سوم دبیرستان انتخاب می‌شوند.
- ۹- هر سوال این دفترچه ۱۰ نمره دارد.

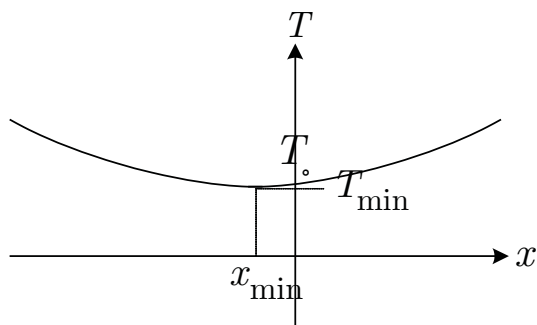


۱) زمین‌شناسان برای بررسی لایه‌های مختلف زمین، منبع موجی در یک نقطه روی سطح زمین قرار می‌دهند. موج ارسال شده توسط این منبع به داخل زمین نفوذ کرده و پس از انعکاس از مرز بین دو ناحیه‌ی مختلف داخل زمین، با گیرنده‌های متعددی که با فاصله‌های مختلف از منبع روی سطح زمین و در دو طرف آن قرار دارند دریافت می‌شود.

مطابق شکل، منبع S و گیرنده‌ی R روی سطح زمین قرار دارند. فرض کنید فاصله‌ی گیرنده‌ی R از منبع x باشد و مرز بین دو ناحیه در داخل زمین با افق زاویه‌ی θ می‌سازد. فاصله‌ی منبع تا مرز بین دو ناحیه را h بگیرید. وقتی در نقطه‌ی S انفجاری رخ می‌دهد، موج حاصل از آن پس از انعکاس از مرز بین دو ناحیه در داخل زمین، در زمان T پس از انفجار به گیرنده می‌رسد. اگر سرعت موج در این لایه از زمین v باشد



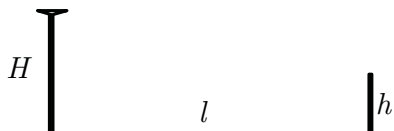
آ) T را بر حسب x, h, θ و v به دست آورید.



ب) در یک آزمایش، زمان رسیدن امواج به گیرنده‌ها بر حسب فاصله‌شان از منبع به صورت شکل مقابل به دست آمده است. مقادیرهای h, θ و v را بر حسب T_0, T_{\min} و x_{\min} به دست آورید.

پ) در یک آزمایش خاص مقادیر $T_0 = 3/0$ s، $T_{\min} = 2/4$ s و $x_{\min} = -3/6$ km به دست آمده‌اند. مقادیر عددی

$\cos \theta, h$ و v را به دست آورید.



۲) یک فرستنده‌ی مخابراتی در ارتفاع H از سطح زمین در نظر بگیرید که به

فاصله‌ی افقی l از یک گیرنده که در ارتفاع h از سطح زمین است، قرار دارد.

فرستنده امواجی را با طول موج λ ، در همهی جهتها ارسال می‌کند. دو پرتو از

فرستنده به گیرنده می‌رسد: پرتو A که مستقیماً از فرستنده به گیرنده می‌رسد، و پرتو B که پس از بازتاب از سطح زمین به

گیرنده می‌رسد. طول مسیری را که دو پرتو طی می‌کنند، به ترتیب با d_A و d_B نشان می‌دهیم.

۱) d_B و d_A را بر حسب داده‌های مسئله به دست آورید.

ب) عبارت‌های به دست آمده در بخش ۱) برای d_B و d_A را با فرض آن که l از H و h خیلی بزرگ‌تر است ساده کنید.

(می‌توانید از تقریب $1 + r\varepsilon \approx (1 + \varepsilon)^r$ برای ε کوچک استفاده کنید.)

پ) با در نظر گرفتن این که فاز پرتو بازتابی در هنگام بازتاب به اندازه‌ی π تغییر می‌کند، اختلاف فاز بین پرتوهای A و B را

در محل گیرنده محاسبه کنید.

ت) با فرض این که دامنه‌ی هر دو پرتو در محل گیرنده برابر با E باشد، دامنه‌ی برآیند دو موج را در محل گیرنده به دست آورید

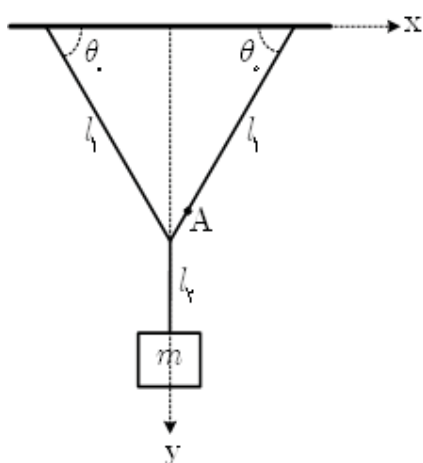
و عبارت به دست آمده را با فرض آن که Hh از $l\lambda$ خیلی کوچک‌تر است حساب کنید. (می‌توانید از تقریب $\sin \varepsilon \approx \varepsilon$ برای ε

کوچک استفاده کنید.)

ث) دامنه‌ی هر دو پرتو در محل فرستنده E_0 است. با دور شدن از فرستنده دامنه کاهش می‌یابد، به طوری که در فاصله‌ی l از

فرستنده، دامنه با $\frac{1}{l}$ متناسب است. شدت موج دریافت شده توسط این گیرنده با l^α متناسب می‌باشد. α چه قدر است؟ (شدت

موج دریافتی با مجذور دامنه‌ی نهایی نوسان متناسب می‌باشد.)



۳) جسم کوچکی به جرم m مطابق شکل توسط نخ‌هایی به جرم ناچیز از سقف آویزان شده است. در لحظه‌ی $t = 0$ نخ سمت راست از نقطه‌ی A بریده می‌شود. نخ متصل به جسم در بازه‌ی زمانی $0 \leq t < t_1$ شل است. محورهای مختصات، طول نخ‌ها و زاویه‌ی θ_0 در شکل مشخص شده است، (آ) مختصات جسم را در لحظه‌ی $t = t_1$ بر حسب l_1, l_2 و θ_0 به دست آورید.

(ب) زمان t_1 را بر حسب l_1, l_2 و θ_0 و g حساب کنید.

(پ) بردار سرعت جسم درست قبل از لحظه‌ی $t = t_1$ را با \vec{v}_1 نمایش می‌دهیم. مؤلفه‌های \vec{v}_1 را در دستگاه مختصات $x-y$ به دست آورید.

(ت) فرض کنید در زمان بسیار کوتاه Δt که از t_1 خیلی کوچک‌تر است، سرعت جسم در امتداد نخ صفر شود و مؤلفه‌ی سرعت در جهت عمود بر نخ بدون تغییر می‌ماند. بردار سرعت جسم بعد از این تغییر را با \vec{v}_2 نمایش می‌دهیم. مؤلفه‌های \vec{v}_2 را در دستگاه مختصات $x-y$ به دست آورید.

(ث) نیروی برآیند وارد شده به جسم را در بازه‌ی زمانی Δt تقریباً ثابت فرض می‌کنیم. اندازه‌ی این نیرو را به دست آورید.



۴) الکترونی با بار $-e$ و جرم m تحت تأثیر میدان مغناطیسی ثابت و یکنواخت B در جهت مثبت محور z قرار دارد. بر اثر نیروی وارد شده از طرف میدان مغناطیسی، الکترون بر روی دایره‌ای در صفحه‌ی $x-y$ می‌چرخد. از طرفی بنا بر مکانیک کوانتومی رابطه‌ی زیر بین شعاع چرخش، R و سرعت الکترون، v برقرار است

$$\pi m v R = n h,$$

که در آن n عددی طبیعی و h ثابت پلانک است. کلیه‌ی کمیت‌های خواسته شده در بخش‌های ب) تا ث) مسئله را بر حسب e, m, B, h و n بنویسید.

ا) در صفحه‌ی $x-y$ ، دایره‌ی مسیر الکترون را بکشید و جهت حرکت الکترون را با علامت پیکان روی آن مشخص کنید.

ب) شعاع دوران را به دست آورید.

پ) سرعت الکترون را به دست آورید.

ت) انرژی جنبشی الکترون را به دست آورید.

ث) شار مغناطیسی گذرنده از مدار حرکت الکترون را به دست آورید.

ج) با استفاده از مقادیر عددی $J \cdot s$ ، $h = 6.6 \times 10^{-34}$ و $e = 1.6 \times 10^{-19} C$ کمترین مقدار شار مغناطیسی گذرنده از مدار الکترون را حساب کنید.

چ) با استفاده از مقادیر عددی T ، $B = 0.10$ ، $m = 9.1 \times 10^{-31} kg$ و $e = 1.6 \times 10^{-19} C$ اندازه‌ی کوچک‌ترین بسامد فوتون تابش شده بین حالت‌های کوانتومی را حساب کنید.



۵) فرض کنید هوای اطراف زمین گاز کامل است و در ارتفاع دلخواهی مانند h از سطح زمین رابطه‌ی بین دمای جو، $T(h)$ و فشار جو $P(h)$ به صورت

$$P(h)T(h)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} = \text{ثابت}$$

است.

آ) اگر در اثر تغییرات جزئی ارتفاع به اندازه‌ی Δh ، فشار و دما به ترتیب به اندازه‌ی جزئی ΔP و ΔT تغییر کنند رابطه‌ی به صورت

$$\frac{\Delta P}{\Delta h} = f(P, T) \frac{\Delta T}{\Delta h}$$

بین این کمیت‌ها برقرار است. $f(P, T)$ را به دست آورید.

ب) با استفاده از شرط تعادل نیروها برای یک لایه جو در ارتفاع h و به ضخامت Δh کمیت $T(h)$ را بر حسب M جرم مولی هوا، g شتاب گرانش، R ثابت عمومی گازها و T_0 دما در سطح زمین به دست آورید.

پ) کمیت $P(h)$ را بر حسب کمیت‌های مذکور در بخش ب) و P_0 فشار در سطح زمین به دست آورید.

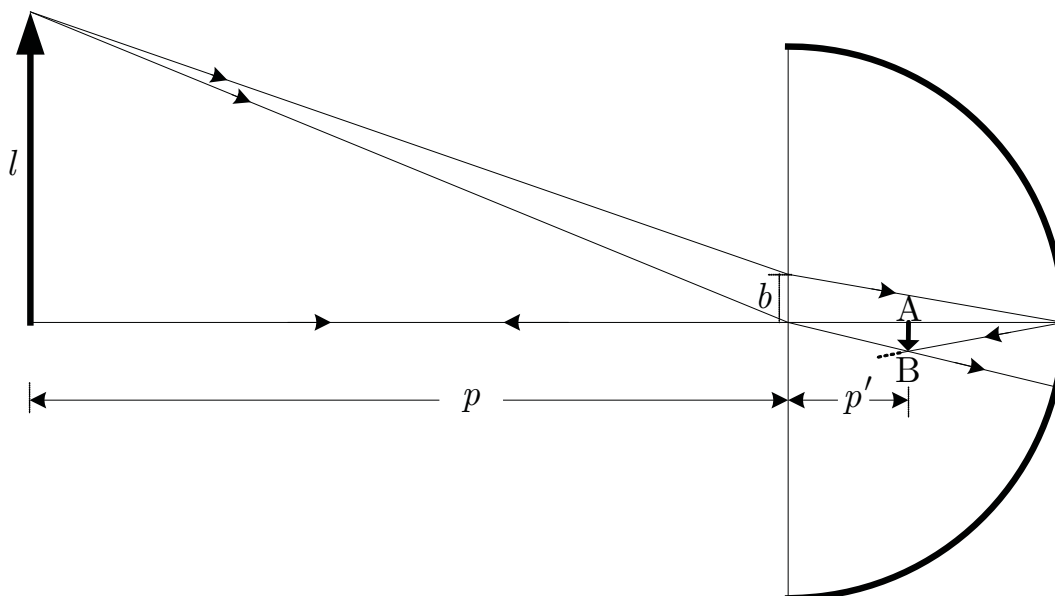
ت) به ازای هر یک کیلومتر بالا رفتن از سطح زمین دمای جو چند درجه سانتیگراد کم می‌شود؟ در نظر بگیرید،

$$T_0 = 300 \text{ K}, g = 9.8 \text{ m/s}^2, R = 8.3 \text{ J/mol.K}, M = 29 \text{ g/mol}$$

ث) در این مدل ضخامت جو چند کیلومتر است؟



۶) یک نیم‌کره‌ی شیشه‌ای توپُر با ضریب شکست n و شعاع r در نظر بگیرید که سطح کروی بیرونی آن نقره اندود شده و در هوا با ضریب شکست یک قرار دارد. مطابق شکل جسمی به طول l به فاصله‌ی p از سطح تخت نیم‌کره و موازی آن قرار دارد. نور تابیده شده از جسم به نیم‌کره از سطح تخت وارد نیم‌کره می‌شود و از سطح کروی که مانند آینه عمل می‌کند باز می‌تابد.



با در نظر گرفتن پرتوهای رسم شده در شکل، نمادهای معرفی شده و $AB=l'$ ،

آ) نسبت $\frac{l'}{p'}$ را بر حسب $\frac{l}{p}$ و n به دست آورید.

ب) طول b را به عنوان تابعی از l' ، p' و r به دست آورید.

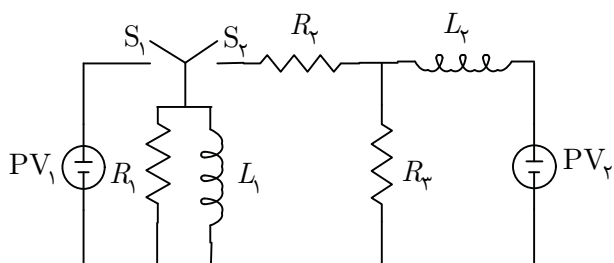
در ادامه‌ی مسئله فرض کنید p از خیلی بزرگ‌تر است.

پ) l' و p' را بر حسب l ، p ، r و n به دست آورید.

ت) با ادامه دادن پرتوها تصویر نهایی به دست می‌آید. فاصله‌ی تصویر نهایی از سطح تخت را بر حسب l ، p ، r و n به دست آورید.

ث) اندازه‌ی تصویر نهایی را بر حسب l ، p ، r و n به دست آورید.

راهنمایی: اگر ε بسیار کوچک باشد می‌توان نوشت: $\frac{1}{1 \pm \varepsilon} \approx 1 \mp \varepsilon$ و $\sin \varepsilon \approx \tan \varepsilon \approx \varepsilon$.



۷) از دو سلول خورشیدی مشابه PV_1 و PV_2 در مدار شکل روبه‌رو به عنوان منبع نیروی محرکه استفاده شده است. منحنی ولتاژ بر حسب عکس جریان برای این نوع سلول خورشیدی در شکل زیر نشان داده شده است. در

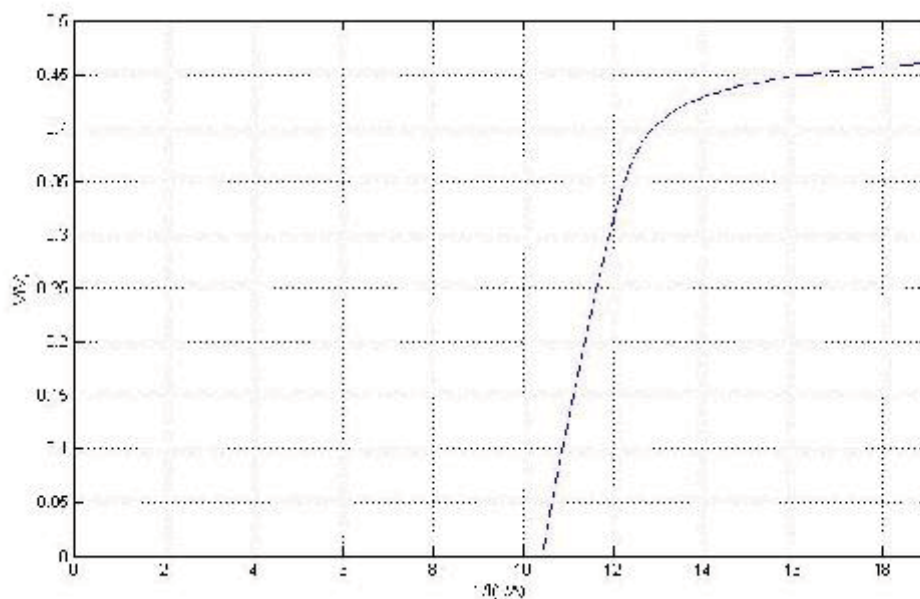
ابتداء برای مدت زمانی طولانی، کلید S_1 بسته و کلید S_2 باز است. در لحظه $t = 0$ ، کلید S_1 باز می‌شود و کلید S_2 بسته می‌شود.

آ) مقدار عددی مقاومت R_2 را طوری تعیین کنید که توان تلف شده در آن، کمی قبل از لحظه $t = 0$ ، بیش‌ترین مقدار ممکن باشد.

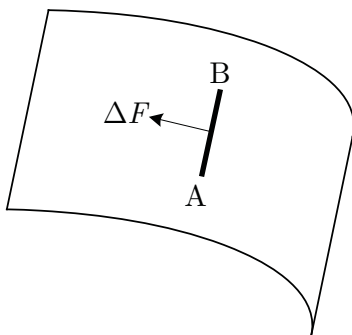
در ادامه‌ی مسئله فرض کنید $R_1 = R_2 = R_3$ و مقدار عددی R_3 همان است که در قسمت آ) به دست آمد.

ب) مقدار عددی جریان‌های I_1 و I_2 که به ترتیب از خودالقاهای L_1 و L_2 می‌گذرند را کمی قبل از لحظه $t = 0$ به دست آورید.

پ) مقدار عددی ولتاژ دو سر مقاومت‌های R_1 و R_2 را بلافاصله بعد از لحظه $t = 0$ به دست آورید.

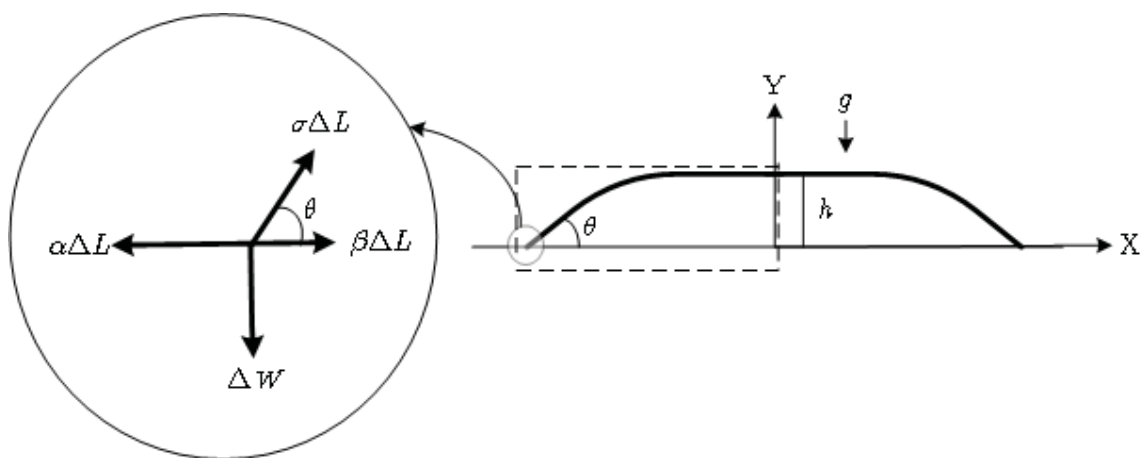


۸) در این مسئله می‌خواهیم ببینیم با ریختن حجم معینی از آب روی میز شیشه‌ای چه سطحی از آن خیس می‌شود.



مقدمه: عناصر واقع بر سطح تماس دو محیط یکدیگر را با نیرویی می‌کشند. فرض کنید سطح نشان داده شده در شکل مقابل سطح جدایی بین دو محیط است، مثلاً یک طرف صفحه آب و طرف دیگر آن هوا قرار دارد. عناصر واقع در سمت چپ پاره خط AB به طول ΔL عناصر سمت راست را مطابق شکل با نیرویی می‌کشند که با طول AB متناسب است، به طوری که $\Delta F = \sigma \Delta L$. به کمیت σ ضریب کشش گفته می‌شود که واحد آن نیوتن بر متر است.

هنگامی که یک قطره مایع روی سطحی قرار می‌گیرد، پهن می‌شود و دایره‌ای به شعاع R از سطح را خیس می‌کند. یک مقطع مایع در صفحه‌ی $X-Y$ مطابق شکل زیر است. برای سادگی فرض می‌کنیم که این مقطع در راستای افقی Z که عمود بر صفحه‌ی شکل است در یک فاصله کوتاه ΔL تغییر نمی‌کند (شعاع دایره، بزرگ است). ضخامت مایع h در تمام مقطع ثابت است، اما در کناره‌ها مایع شیب دارد و با زاویه‌ی θ نسبت به افق به سطح جامد منتهی می‌شود. زاویه‌ی θ به ضریب کشش میان سطح جدایی جامد و هوا α ، ضریب کشش میان سطح جدایی جامد و مایع β و ضریب کشش میان سطح جدایی مایع و هوا σ ، بستگی دارد.



۹) مطابق شکل، عنصر کوچکی را در محل جدایی سطح‌های مایع، جامد و هوا در داخل دایره در نظر بگیرید. نیروهای وارد بر این عنصر در دایره‌ی سمت چپ نشان داده شده است. با استفاده از تعادل نیروها در راستای افقی X برای این عنصر، زاویه‌ی θ را بر حسب α ، β و σ به دست آورید.



این قسمت محل سرنویس است و نباید در آن چیزی نوشته شود

ب) برای جنس مشخصی از شیشه $\theta = 45^\circ$. با فرض آن که $\sigma = 7/00 \times 10^{-2} \text{ N/m}$ و $\alpha = 4/00 \text{ N/m}$ ، β را

حساب کنید. ($\cos 45^\circ = 0/707$)

پ) فرض کنید فشار مایع در نقطه‌ی y روی محور Y است. درست در زیر سطح تماس با هوا، فشار مایع همان فشار هوا

یعنی P_0 است. تابع $P(y)$ را بر حسب شتاب گرانش g ، ضخامت مایع h ، چگالی مایع ρ و ارتفاع y از سطح جامد به دست

آورید و نمودار آن را بکشید.

ت) برای مقطعی از دستگاه که داخل مستطیل خط‌چین قرار دارد و طول آن در راستای Z مقدار کوچک ΔL است، تعادل

نیروها در راستای افقی X را بنویسید و از اینجا ضخامت مایع، h را بر حسب α ، β ، σ ، g و ρ به دست آورید.

ث) فرض کنید حجم ۳۱۴ میلی‌لیتر آب روی شیشه بریزد. شتاب جاذبه $g = 10 \text{ m/s}^2$ و چگالی آب $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

است. مقدار عددی h و R را حساب کنید. (از حجم جاهای نزدیک لبه چشمپوشی شود)