



آزمون عملی

7 ژوئیه 2015

سفارش‌های کلی

- مدت آزمون عملی 5 ساعت است و 20 نمره دارد.
 - قبل از شنیدن صدای زنگ شروع، حق ندارید پوشش سؤالات را باز کنید و یا به وسایل دست بزنید.
 - پاسخ‌های خود را روی برگه‌های پاسخنامه مخصوص IPHO بنویسید. مشاهدات خود را در جداول و جعبه‌هایی که در پاسخنامه مشخص شده وارد کنید. همه‌ی نمودارها باید روی کاغذهای مخصوص IPHO که به همین منظور در اختیار شما قرار داده شده، رسم شود. صفحات سفید دیگری در اختیار شماست که حرف B روی آن‌ها نوشته شده است. برای نوشتن چیزهایی که می‌خواهید تصحیح نشود از آن‌ها استفاده کنید و در پایان روی آن‌ها ضربدر بکشید.
 - همه‌ی اطلاعات خواسته شده در سربرگ را پر کنید (مانند کد شرکت کننده، شماره صفحه و غیره).
 - شما بدون اجازه، مجاز به ترک میز کار خود نیستید. اگر نیاز به کمک دارید (مانند خرابی ماشین حساب یا رفتن به دستشویی) با استفاده از دو کارتی که در اختیار دارید به مراقبین اطلاع دهید (کارت قرمز برای کمک و کارت سبز برای رفتن به دستشویی).
 - شروع و خاتمه آزمون با صدای زنگ خواهد بود. علاوه بر این دو، رأس هر ساعت زنگ زده می‌شود. همچنین پانزده دقیقه مانده به پایان امتحان زنگ اخطار زده می‌شود.
 - در پایان آزمون باید سریعاً از نوشتن خودداری کنید. برگه‌های پاسخنامه و نمودارهای خود را مرتب و شماره‌بندی کنید و آن‌ها را در پاکت مخصوص قرار دهید. سپس پاکت را روی میز بگذارید. مجاز به بردن هیچ برگه‌ای به بیرون از سالن امتحان نیستید.
- تا زمانی که پاکت شما تحویل گرفته نشده، سر میز خود بمانید. پس از آن که پاکت‌ها جمع‌آوری شد راهنمای شما به بیرون از سالن امتحان راهنمایی‌تان خواهد کرد.



آزمون عملی

7 ژوئیه 2015

ساعت 10:00 - 15:00

سال 2015 به سال جهانی نور مشهور است. تکنیک‌های نوری نقش مهمی در فیزیک تجربی دارند. پراش ابزار بسیار قدرتمندی در علوم است و کمک شایانی به حل ساختار پیچیده‌ی ملکول‌هایی مانند DNA و مطالعه خواص ماده با جزئیات بسیار کرده است. امروز شما آزمایش‌هایی با استفاده از پراش نور لیزر انجام می‌دهید.

10 آزمایش E-I: پراش مربوط به ساختار مارپیچی
نمره

10 آزمایش E-II: پراش مربوط به امواج ناشی از کشش سطحی
نمره

آزمایش‌های E-I و E-II از هم مستقل‌اند و میز ایتیکی یکسان دارند، گرچه وسایل متفاوتی دارند. شما باید با آزمایش E-I شروع کنید و بعد از آن آزمایش E-II را انجام دهید.

توجه: محاسبه‌ی خطا لازم نیست

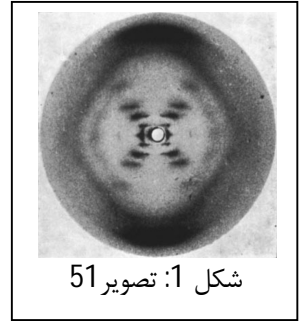
توصیه‌های ایمنی مهم

- مستقیماً یا از طریق وسایل نوری به پرتو لیزر نگاه نکنید.
- در آزمایش‌ها از پرتو لیزر مرئی با توان پایین استفاده می‌شود. لکن توصیه می‌شود از عینک ایمنی هنگامی که وسایل نوری را در امتداد هم قرار می‌دهید استفاده کنید.
- اشیائی که بازتاب‌کننده‌های خوبی هستند در مسیر نور لیزر قرار ندهید.
- وسایلی که سمت راست میز است قبلاً برای آزمایش E-II تنظیم شده است، قبل از این که آزمایش E-II را شروع کنید آن‌ها را دستکاری نکنید و از حالت تنظیم خارج نکنید.
- سطح رویی آینه‌ها لایه‌نشانی شده است، از لمس کردن سطح آن‌ها خودداری کنید.
- از منبع تغذیه DC برای تبلت استفاده نکنید.
- در حین امتحان عملی از رفت و آمدهای غیر ضروری اجتناب کنید. میز یا دیوارهای اتاق‌تان را تکان ندهید.
- آزمایش‌های لیزری نیاز به پایداری و تعادل دارند.
- فرکانس مولد موج سینوسی روی تبلت را بالاتر از 500 هرتز تنظیم نکنید.

پراش از یک ساختار مارپیچی (نمره کل: 10)

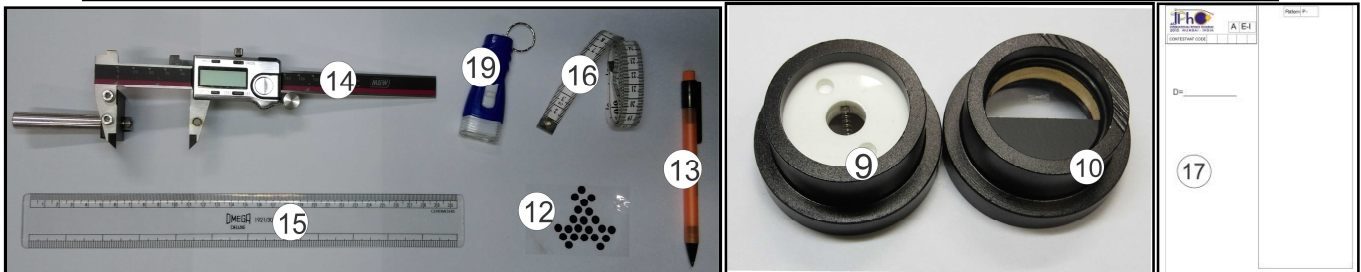
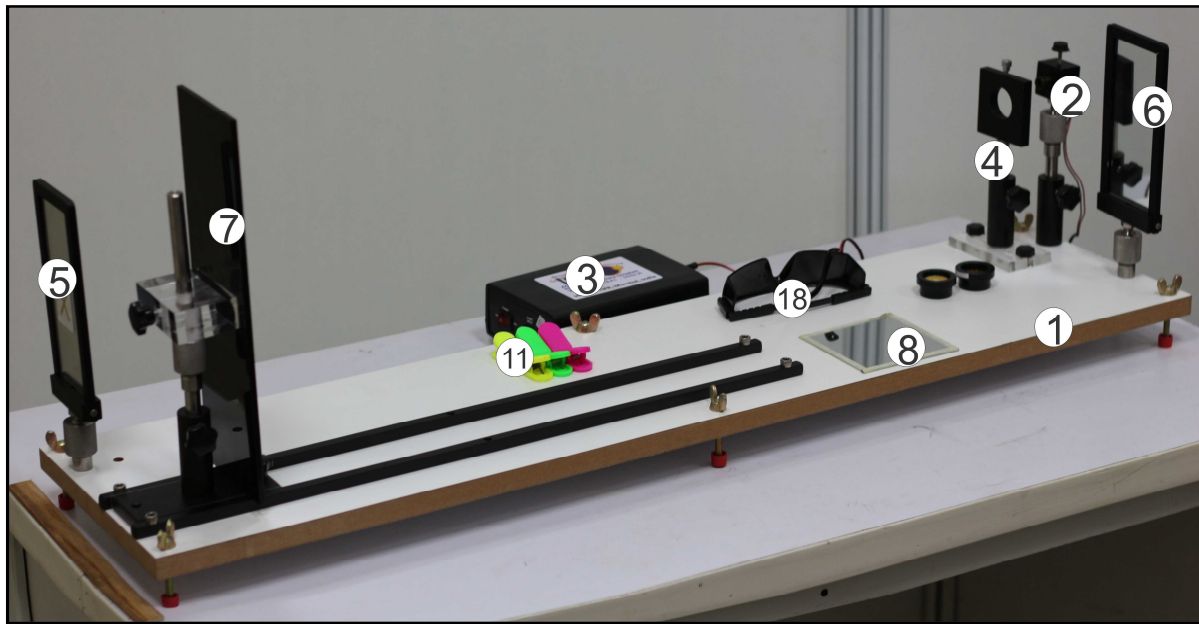
مقدمه

تصویر پراش اشعه X از DNA (شکل 1) در آزمایشگاه روزالیند فرانکلین که به «تصویر 51» مشهور است، مبنای کشف ساختار مارپیچی دوتایی DNA توسط واتسون و کریک در سال 1952 بود. آزمایشی که در پیش دارید به درک بهتر الگوی پراش نور مرئی ناشی از ساختار مارپیچی کمک می‌کند.



هدف

تعیین پارامترهای هندسی ساختار مارپیچی با استفاده از پدیده‌ی پراش



شکل 2: وسایل آزمایش E-I

فهرست وسایل

[1]	سکوی چوبی	[11]	گیره‌ی پلاستیکی
[2]	چشمه‌ی لیزر همراه با نگهدارنده و پایه	[12]	چسب سیاه دایره‌ای
[3]	منبع تغذیه DC برای چشمه لیزر	[13]	مداد اتود
[4]	نگهدارنده نمونه همراه با پایه	[14]	کولیس دیجیتالی با نگهدارنده
[5]	آینه سمت چپ	[15]	خط‌کش پلاستیکی (30 cm)
[6]	آینه سمت راست	[16]	متر نواری (1.5 m)
[7]	پرده (10 cm x 30 cm) با نگهدارنده و پایه	[17]	برگه‌ی آزمون برای رسم الگو
[8]	آینه تخت (10 cm x 10 cm)	[18]	عینک محافظ در برابر لیزر
[9]	نمونه I (فنر مارپیچ)	[19]	چراغ قوه
[10]	نمونه II (مارپیچ دوتایی شبیه طرح چاپ شده روی سطح شیشه‌ای)		

توجه: موارد [1]، [3]، [14]، [15]، [16] و [18] در آزمایش E-II نیز استفاده می‌شوند.

شرح وسایل آزمایش

سکوی چوبی [1]: که یک جفت ریل هدایت‌کننده، لیزر، آینه‌ها، پرده و نگهدارنده‌ی نمونه روی آن نصب است. چشمه‌ی لیزر همراه با نگهدارنده و پایه [2]: چشمه لیزر با طول موج $\lambda = 635 \text{ nm}$ ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) که داخل یک نگهدارنده‌ی فلزی قرار دارد و از طریق یک توپی اتصال (Balljoint)، قطعه [20] در شکل 3، به سکو نصب شده است. توپی اتصال امکان تنظیم لیزر در هر سه جهت X، Y و Z را فراهم می‌کند. بدنه‌ی لیزر نیز قابل چرخش است و با استفاده از پیچ بالایی دستگاه ثابت می‌شود. باریکه‌ی لیزر با چرخاندن کلاهک جلویی دستگاه (مطابق فلش قرمز رنگ شکل 3) کانونی می‌شود. این کار برای به دست آوردن الگوی پراش واضح و روشن، انجام می‌شود.

منبع تغذیه DC [3]: قاب روی دستگاه دارای یک کلید تنظیم شدت (high/low)، سوکت اتصال دهنده منبع لیزر و سه سوکت برای اتصال USB است. قاب پشت دستگاه نیز دارای کلید خاموش و روشن و سوکت ورودی برق اصلی است (آرایه شکل 4).

نگهدارنده نمونه همراه با پایه [4]: با شل کردن پیچ بالایی دستگاه می‌توان نمونه داخل آن را آزاد کرد (شکل 3). نگهدارنده نمونه در جهت‌های افقی و عمودی قابل تنظیم و چرخش است.

آینه سمت چپ [5]: این آینه روی سکو ثابت است (شکل 5). از سمتی که روی آن علامت X دارد استفاده نکنید.

آینه سمت راست [6]: این آینه نیز روی سکو ثابت است، اما می‌توان آن را کاملاً برداشت (این کار در آزمایش E-II انجام می‌شود). از سمتی که روی آن علامت X است استفاده نکنید.

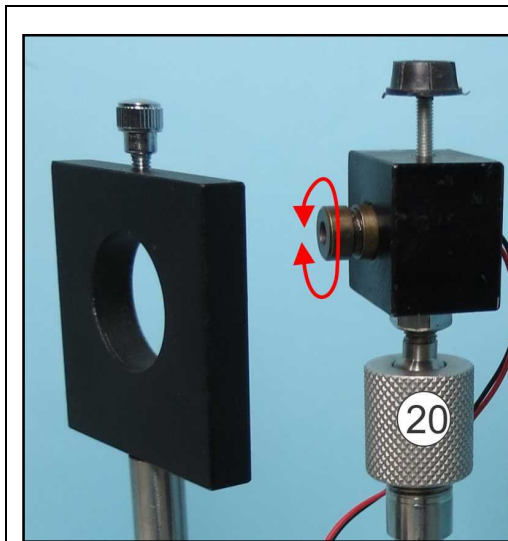
پرده و نگهدارنده آن [7]: پرده توسط یک اتصال توپی روی پایه قرار دارد و امکان تنظیم آن با چرخش در همه جهت‌ها وجود دارد (شکل 5). به غیر از آرایش شکل 2، در صورت لزوم می‌توان جای پرده را مطابق شکل 6 نیز انتخاب کرد.

نمونه I [9]: یک فنر مارپیچ که در میان نگهدارنده‌ای از جنس پلاستیک سفید رنگ ثابت شده است.

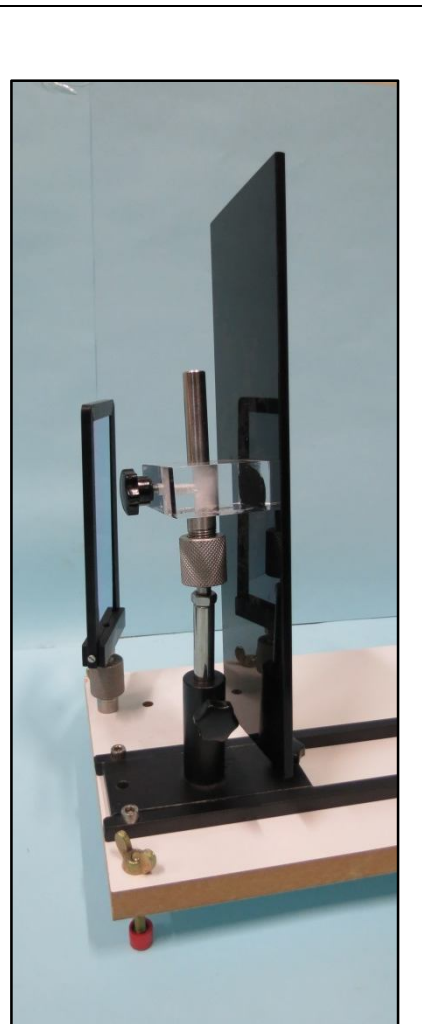
نمونه II [10]: این نمونه معادل یک ماریچ دو تایی است که روی یک سطح شیشه‌ای چاپ شده و در میان نگهدارنده دایره‌ای قرار دارد.

کولیس دیجیتال با نگهدارنده [14]: کولیس دیجیتال (که برای آزمایش E-II روی یک نگهدارنده ثابت است). این دستگاه دارای کلید روشن - خاموش On/Off، کلیدی برای صفر کردن قرائت دستگاه، انتخاب گر mm/inch (دستگاه را روی mm تنظیم کنید)، کلید قفل کننده و یک دستگیره برای حرکت دادن فک سمت راست است. کولیس دیجیتال را برای سنجش فاصله‌ها روی الگوی رسم شده در برگه‌های آزمون می‌توان به کار برد.

برگه‌های آزمون رسم الگوی پراش [17]: تعدادی برگه‌ی آزمون برای رسم الگوی پراش به شما داده می‌شود. این برگه‌ها را می‌توانید از وسط تا کنید و با کمک چند گیره پلاستیکی روی پرده نصب کنید. دقت کنید که الگوی پراش در داخل مستطیل مربوطه رسم شود.



شکل 3: منبع لیزر و نگهدارنده نمونه. تویی اتصال [20]



شکل 5: آینه سمت چپ و پرده



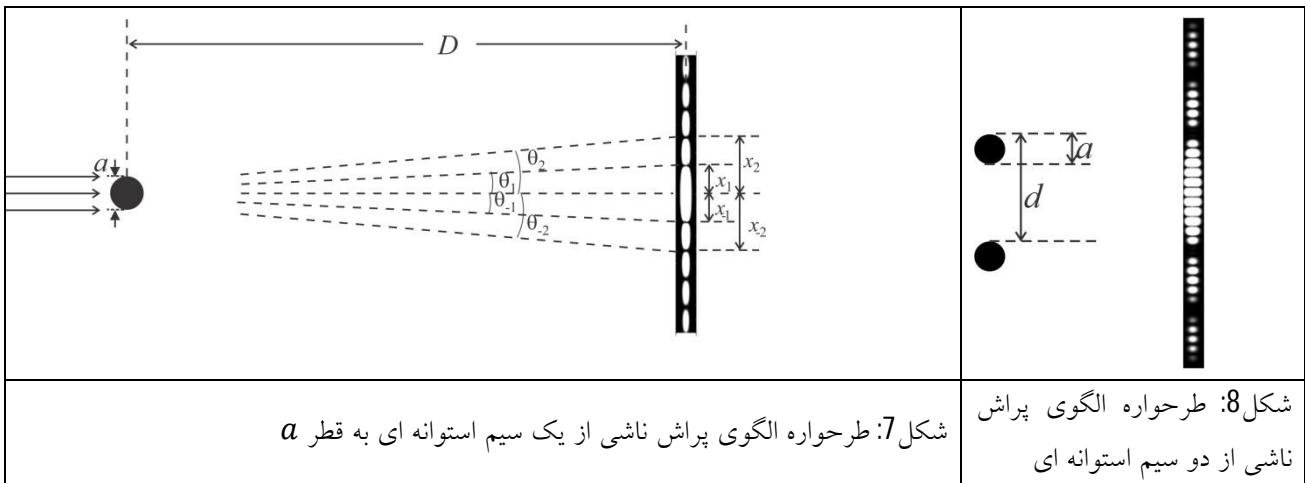
شکل 4: منبع تغذیه DC



شکل 6: آرایش جایگزین شکل 2 برای پرده

توضیح نظری

اگر باریکه لیزر با طول موج λ به طور عمودی به یک سیم استوانه‌ای به شعاع a بتابد، عمود بر امتداد سیم پراشیده می‌شود. الگوی شدت مشاهده شده روی پرده مطابق شکل 7 است.



شکل 7: طرحواره الگوی پراش ناشی از یک سیم استوانه‌ای به قطر a

شکل 8: طرحواره الگوی پراش ناشی از دو سیم استوانه‌ای

توزیع شدت بر حسب زاویه θ نسبت به امتداد تابش به صورت زیر است:

$$I(\theta) = I(0) \left[\frac{\sin \beta}{\beta} \right]^2$$

که در آن $\beta = \frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}$. لکه‌ی مرکزی روشن است و برای زوایای دیگر اگر $\sin \beta$ صفر شود (به ازای $\beta \neq 0$)، شدت صفر می‌شود. به این ترتیب n امین کمینه شدت در زاویه θ_n اتفاق می‌افتد به طوری که

$$\sin \theta_n = \pm n \frac{\lambda}{a} \quad n = 1, 2, 3, 4, 5 \dots$$

در این جا علامت \pm به دو سمت لکه مرکزی ($\theta = 0$) اشاره دارد.

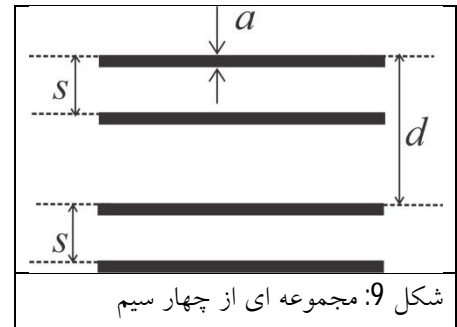
الگوی پراش ناشی از دو سیم استوانه‌ای مشابه موازی که به فاصله d از هم قرار دارند (شکل 8) ترکیبی از دو الگو است که یکی الگوی پراش تک سیم و دیگری الگوی تداخل دو سیم است. توزیع شدت نهایی در این حالت به صورت زیر به دست می‌آید

$$I(\theta) = I(0) \cos^2 \delta \left[\frac{\sin \beta}{\beta} \right]^2$$

که در آن $\beta = \frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}$ و $\delta = \frac{\pi d \sin \theta}{\lambda}$

اگر پرده در فاصله‌ی بزرگ D از سیم باشد کمینه‌های ناشی از پراش در

فواصل $x_{\pm n} = \pm n \frac{\lambda D}{a}$ و کمینه‌های ناشی از تداخل در فواصل $x_{\pm m} = \pm \left(m - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda D}{a}$ قرار دارند که n و m اعداد صحیح و مثبت‌اند. به همین ترتیب اگر چهار سیم مطابق شکل (9) در معرض تابش قرار داشته باشند، توزیع شدت نهایی، ترکیبی از الگوی پراش هر سیم و الگوی تداخل دو جفت سیم است که به a ، d و s بستگی دارد. به بیان دیگر در توزیع شدت حاصل شده، ترکیبی از سه الگوی مختلف دیده می‌شود.



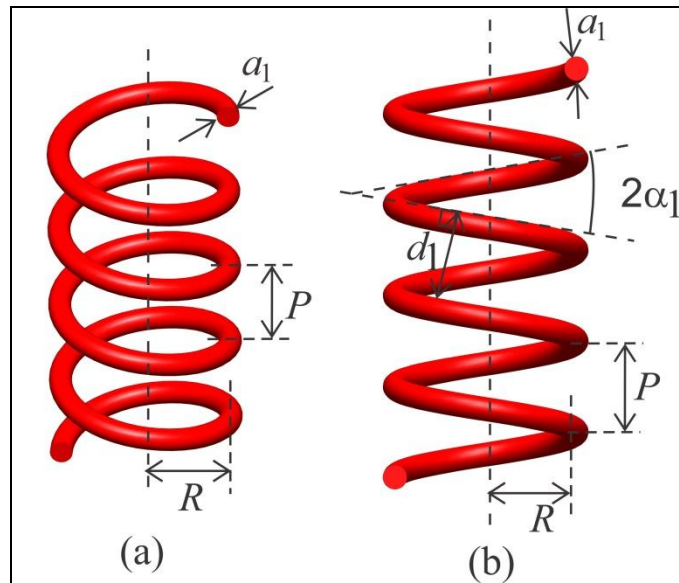
تنظیمات اولیه

- 1 - چشمه نور لیزر را روشن کنید و آینه‌ها را چنان میزان کنید که لکه نور لیزر روی پرده بیفتد.
- 2 - با استفاده از خط‌کش پلاستیکی برای سنجش طول‌ها و تنظیم نگهدارنده‌های لیزر و آینه‌ها کاری کنید که امتداد باریکه لیزر همواره به موازات سکوی چوبی باشد.
- 3 - مطمئن شوید که لکه نور لیزر حوالی مرکز پرده می‌افتد.
- 4 - لیزر را خاموش کنید و یک برگه آزمون مربوط به ثبت الگو را روی پرده نصب کنید.
- 5 - آینه تخت دیگری که دارید را با گیره‌های پلاستیکی روی پرده نصب کنید و مجدداً لیزر را روشن کنید.
- 6 - پرده را چنان تنظیم کنید که باریکه لیزر روی خودش برگردد و به چشمه لیزر برخورد کند. بعد از تنظیم پرده، آینه را از روی پرده بردارید.
- 7 - چراغ‌های داخل اتاقک شما در صورت نیاز قابل خاموش و روشن کردن هستند.

آزمایش

بخش A: تعیین پارامترهای هندسی یک فنر ماریچ

نمونه I یک فنر ماریچ به شعاع R و پای پیچ P است که از سیمی به ضخامت a_1 مطابق شکل 10(a) ساخته شده است. اگر به این فنر از نمای جانبی نگاه کنیم تصویر دستگاه معادل است با دو دسته سیم موازی با ضخامت یکسان که در هر دسته سیم‌های متوالی به فاصله d_1 از هم هستند. این دو دسته سیم مطابق شکل 10(b) باهم زاویه $2\alpha_1$ می‌سازند.



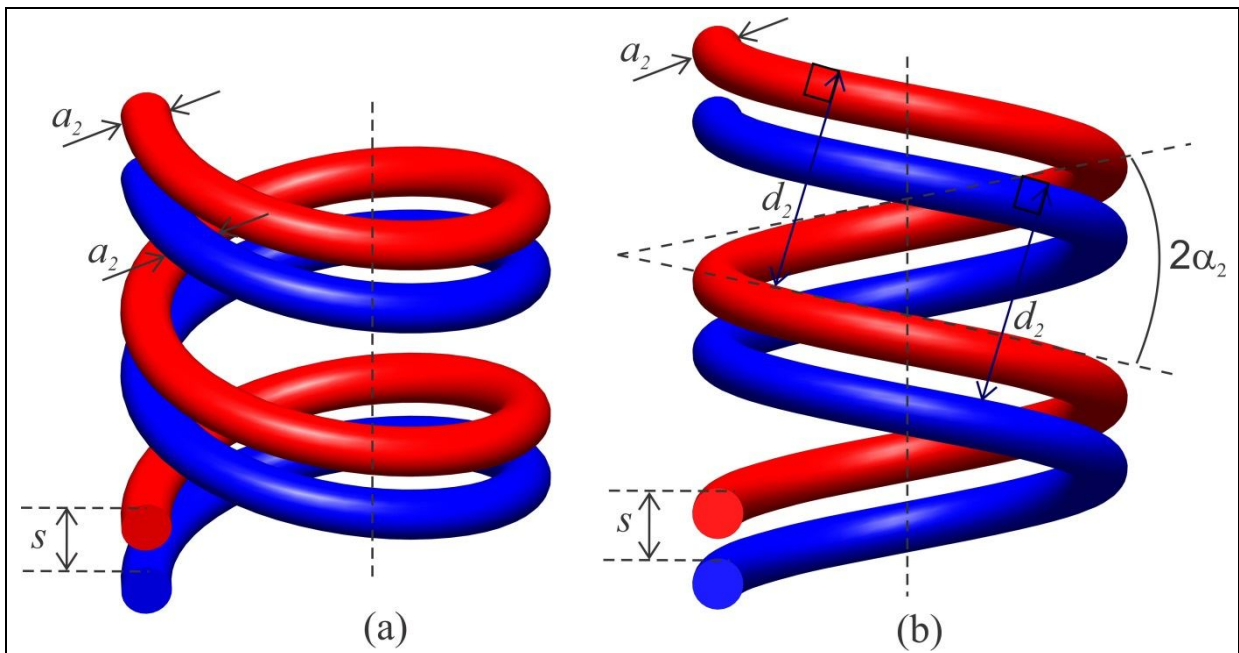
شکل 10: (a) نمایی از فنر مارپیچ. (b) تصویر دو بعدی فنر مارپیچ وقتی از نمای جانبی دیده می شود.

- نمونه I را روی نگهدارنده نصب کنید، بطوریکه فنر عمودی باشد.
 - یک الگوی پراش ضربدر شکل (بصورت X) روی برگه آزمون مربوط به ثبت الگوی پراش تشکیل دهید.
 - برای منظور فوق تنظیم‌های زیر قابل انجام است:
 - کانونی بودن لیزر (کلاهک عدسی را بچرخانید).
 - جهت باریکه لیزر (بدنه دستگاه لیزر را طوری بچرخانید که فقط دو دور از سیم های فنر در معرض تابش باشند).
 - شدت لیزر (با کلید High/Low روی منبع تغذیه).
 - تاریکی محیط (با خاموش و روشن کردن کلید داخل کابین شما).
- اگر لکه بیشینه مرکزی روی برگه آزمون ثبت الگو خیلی روشن است، می‌توانید یک تکه چسب سیاه رنگ دایره‌ای روی برگه آزمون ثبت الگو بچسبانید تا پراکندگی نور کمتر شود.

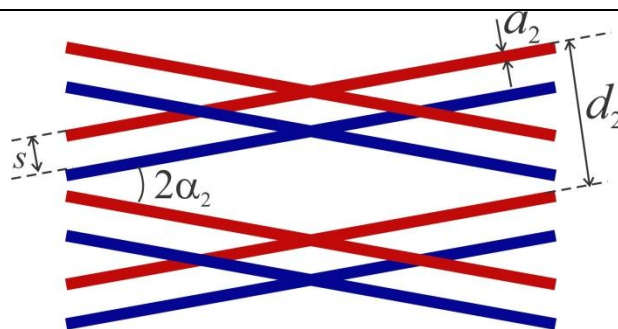
عنوان	توضیح	نمرات
A1	برای تعیین a_1 و d_1 ابتدا محل درست کیمینه های شدت را (به کمک مداد اتود (13)) در هر دو سمت لکه مرکزی روی برگه آزمون ثبت الگو علامت بزنید. برگه‌های آزمون ثبت الگوی پراش را به صورت p1, p2 و ... نامگذاری کنید.	0.7
A2	برای تعیین a_1 فواصل مناسبی را به کمک کولیس دیجیتال اندازه گیری کنید و در جدول A1 وارد کنید.	0.5
A3	نمودار مناسبی رسم کنید که از اندازه گیری شیب آن a_1 بدست آید. این نمودار را A1 بنامید.	0.7
A4	به منظور تعیین d_1 فواصل مناسبی را اندازه گیری کنید و در جدول A2 وارد کنید.	0.8
A5	نمودار مناسبی رسم کنید که از اندازه گیری شیب آن d_1 بدست آید. این نمودار را A2 بنامید.	0.6
A6	با توجه به الگوی ضربدری شکل پراش، زاویه α_1 را تعیین کنید.	0.2
A7	کمیت P را بر حسب d_1 و α_1 بیان کنید و سپس P را حساب کنید.	0.2
A8	شعاع R را بر حسب P و α_1 بیان کنید و سپس R را حساب کنید (از ضخامت a_1 چشم پوشی کنید).	0.2

بخش B: تعیین پارامترهای هندسی ساختار ماریچجی دوتایی با استفاده از الگوی پراش

شکل 11(a) دو دور از یک ماریچجی دوتایی را نشان می دهد. شکل 11(b) نیز تصویر دو بعدی این ماریچجی دوتایی را وقتی از نمای جانبی دیده می شود نشان می دهد. هر ماریچجی از سیمی با ضخامت a_2 درست شده که در تصویر شامل دو دسته سیم موازی به فاصله d_2 از هم است که زاویه $2\alpha_2$ باهم ساخته اند. فاصله دو سیم مجاور در دو ماریچجی S است. نمونه II مطابق شکل 12 یک دستگاه دو بعدی معادل با ماریچجی دوتایی است که روی یک صفحه شیشه ای چاپ شده است. الگوی پراش این دستگاه مشابه الگوی پراش ماریچجی دوتایی است. در این قسمت باید پارامترهای هندسی نمونه II را تعیین کنید.



شکل 11: (a) نمایی از فنر ماریچجی دوتایی. (b): تصویر دو بعدی ماریچجی دوتایی وقتی از نمای جانبی دیده می شود.



شکل 12: دستگاه دو بعدی معادل با ماریچجی دوتایی نمونه II

- نمونه II را روی نگهدارنده نمونه نصب کنید.
- یک برگه آزمون ثبت الگوی جدید روی پرده نصب کنید.
- الگوی پراش واضح ضربدر شکلی روی پرده ایجاد کنید.

عنوان	توضیح	نمرات
B1	برای تعیین s ، a_2 و d_2 ابتدا محل مناسب کمینه‌ها را در هر سمت لکه مرکزی علامت بزنید. می‌توانید از برگه های آزمون ثبت الگوی پراش بیشتری استفاده کنید.	1.1
B2	برای تعیین a_2 فواصل مناسبی را اندازه گیری کنید و در جدول B1 وارد کنید.	0.5
B3	نمودار مناسبی رسم کنید که از اندازه گیری شیب آن a_2 بدست آید. این نمودار را B1 بنامید.	0.5
B4	برای تعیین s فواصل مناسبی را اندازه گیری کنید و در جدول B2 وارد کنید.	1.2
B5	نمودار مناسبی رسم کنید که از اندازه گیری شیب آن s بدست آید. این نمودار را B2 بنامید.	0.5
B6	برای تعیین d_2 فواصل مناسبی را اندازه گیری کنید و در جدول B3 وارد کنید.	1.6
B7	نمودار مناسبی رسم کنید که از اندازه گیری شیب آن d_2 بدست آید. این نمودار را B3 بنامید.	0.5
B8	با توجه به الگوی ضربدری شکل پراش، زاویه α_2 را تعیین کنید.	0.2

بخش A: تعیین پرامترهای هندسی یک فنر مارپیچ

عنوان	توضیح	نمره																																				
A1	تعداد برگه های آزمون ثبت الگوی پراش در بخش A:..... با برجسب های P.....																																					
A2	<p style="text-align: center;">جدول A1 : مشاهدات بدست آمده از الگوی P</p> <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Obs. Sr. No.</th> <th style="width: 100px;"></th> <th style="width: 100px;"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2</td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3</td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4</td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Obs. Sr. No.			1			2			3			4			5																					
Obs. Sr. No.																																						
1																																						
2																																						
3																																						
4																																						
5																																						
A3	<p style="text-align: right;">نمودار A1 برای تعیین a_1 برجسب شیب نمودار A1: محاسبه a_1:</p> <p>$a_1 =$</p>																																					

جدول A2 : مشاهدات بدست آمده از الگوی P

نمره

A4

Obs. No.		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

A5

نمودار A2 برای تعیین d_1 برحسب

شیب نمودار A2:

محاسبه d_1 :

$$d_1 =$$

A6

$$\alpha_1 =$$

A7	$P =$	کمیت P بر حسب d_1 و α_1 :	
A8	$R =$	شعاع R را بر حسب P و α_1 :	
Total			

بخش B: تعیین پارامترهای هندسی ساختار معادل مارپیچ دوتایی با استفاده از الگوی پرash

عنوان	توضیح	نمره																																										
B1	تعداد برگه های آزمون ثبت الگوی پرash در بخش B: با برجسب های P.....																																											
B2	جدول B1 : مشاهدات بدست آمده از الگوی P <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;"><u>Sr</u></th> <th style="text-align: center;"><u>Obs.</u></th> <th style="text-align: center;"><u>No.</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2</td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3</td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4</td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	<u>Sr</u>	<u>Obs.</u>	<u>No.</u>	1			2			3			4			5																											
<u>Sr</u>	<u>Obs.</u>	<u>No.</u>																																										
1																																												
2																																												
3																																												
4																																												
5																																												

B3

نمودار B1 برای تعیین a_2 برحسب

شیب نمودار B1:

محاسبه a_2 : $a_2 =$

B4

جدول B2: مشاهدات بدست آمده از الگوی P

Sr. No.	Obs.	
1		
2		
3		
4		
5		
6		

|

B7	<p>نمودار B3 برای تعیین d_2 بر حسب</p> <p>شیب نمودار B3:</p> <p>محاسبه d_2:</p> $d_2 =$	
B8	$\alpha_2 =$	
Total		

پراش مربوط به امواج ناشی از کشش سطحی آب

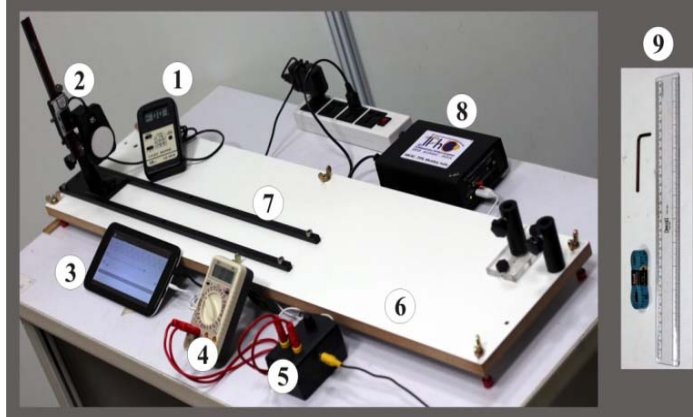
مقدمه

تشکیل و انتشار امواج روی سطح یک مایع پدیده‌ی مهم و شناخته شده‌ای است. در این نوع امواج بخشی از نیروی بازگرداننده مایع نوسان‌کننده از گرانش و بخش دیگری از نیروی کشش سطحی ناشی می‌شود. برای طول موج‌های کوچک‌تر از طول موج بحرانی λ_m ، اثر گرانش قابل چشم‌پوشی است و کافی است اثر کشش سطحی در نظر گرفته شود (طول موج بحرانی از رابطه $\lambda_m = 2\pi \sqrt{\frac{\sigma}{\rho g}}$ به دست می‌آید که σ کشش سطحی، ρ چگالی مایع و g شتاب گرانش است). در این بخش امواج کشش سطحی روی سطح یک مایع با طول موج‌های کوچک‌تر از λ_m را مطالعه می‌کنیم. کشش سطحی مایع خاصیتی است که باعث می‌شود سطح مایع مانند یک یک غشای مرتعش رفتار کند. اگر یک اختلال کوچک روی سطح مایع اعمال شود، همانند یک غشای قابل ارتعاش به صورت موج روی سطح مایع منتشر می‌شود. در این آزمایش از یک لرزش‌گر (Vibrator) الکتریکی برای ایجاد موج روی سطح آب استفاده می‌شود. اگر یک باریکه لیزر به صورت خراشان به امواج روی سطح آب بتابد، برآمدگی‌های روی سطح مشابه توری پراش عمل می‌کنند و الگوی شناخته شده پراش آشنایی را ایجاد می‌کنند. امواج کشش سطحی در ضمن انتشار میرا می‌شوند (دامنه‌ی آن‌ها به تدریج کوچک می‌شود). این میرایی ناشی از گرانیروی (Viscosity) مایع است. که باعث می‌شود لایه‌های مجاور مایع با حرکت نسبی یکدیگر مخالفت کنند.


هدف آزمایش

تعیین کشش سطحی و گرانیروی نمونه آب داده شده با استفاده از پراش نور از امواج کشش سطحی

فهرست وسایل

	[1]	نورسنج (متصل به مجموعه حسگر نوری)
	[2]	مجموعه حسگر نوری بر روی ورنیه یک کولیس که روی یک پایه یک پرده نصب شده است
	[3]	رایانه تبلت (که به عنوان نوسان‌ساز سینوسی به کار می‌رود)
	[4]	مولتی متر دیجیتال
	[5]	جعبه کنترل لرزش‌گر
	[6]	سکوی چوبی
	[7]	راهرو بین دو ریل برای جابجا کردن مجموعه حسگر نوری
	[8]	منبع تغذیه تنظیم شده روی DC
	[9]	آچار شش گوش، متر نواری و خط کش پلاستیکی

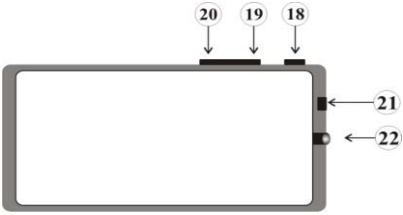
شکل ۱: بخش مرتبط با سکوی چوبی

	[10]	طول سنخ (خط کش) ثابت پلاستیکی با نشانگر محل لرزش‌گر
	[11]	مجموعه لرزش‌گر
	[12]	سینی آب
	[13]	پوشش پلاستیکی
	[14]	وسیله تنظیم ارتفاع لرزش‌گر
	[15]	چشمه لیزر شماره ۲ (با طول موج $\lambda_L = 635 \text{ nm}$)
	[16]	نمونه آب مورد آزمایش
	[17]	استوانه مدرج ۵۰۰ میلی لیتری

شکل ۲: بخش لرزش‌گر و لیزر

توصیف وسایل

(a) رایانه تبلت به عنوان نوسان ساز سینوسی

	[18]	کلید روشن و خاموش
	[19]	افزایش دهنده (Volume up)
	[20]	کاهش دهنده (Volume down)
	[21]	ورودی برق
	[22]	سوکت اتصال پین شنیداری (Audio) از کابل متصل به جعبه کنترل لرزش گر [5]

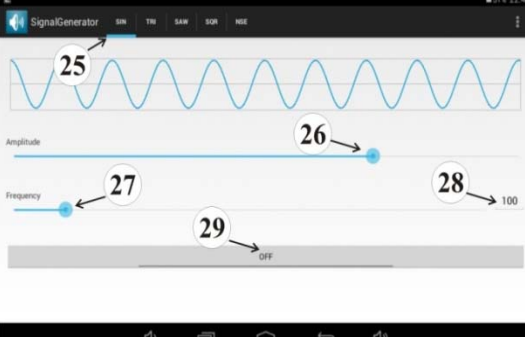
شکل ۳: کلیدها و اتصالات تبلت

توجه:


- تبلت را همیشه متصل به برق نگه دارید.
- به آرامی و یک بار کلید روشن کردن دستگاه را فشار دهید تا صفحه اولیه دیده شود.
- شدت خروجی را با استفاده از کلید افزایش دهنده [19] بیشینه کنید.

	
<p>نشانه [23] را لمس کنید و روی صفحه تبلت بکشید تا قفل دستگاه گشوده شود.</p>	<p>نشانه [24] را به آرامی بزنید تا نوسان ساز موج سینوسی بسازد.</p>

شکل ۴: صفحه اولیه تبلت

	[25]	گزینه گر نوع موج (همواره روی sin بگذارید)
	[26]	لغزش گر تعیین دامنه
	[27]	لغزش گر تعیین دامنه
	[28]	نشانه گر محدوده بزرگی بسامد
	[29]	نمایشگر حالت به کارگیری دستگاه؛ کلید در حالت OFF نشان دهنده خاموش بودن نوسان ساز سینوسی و در حالت ON نشان دهنده روشن بودن آن است

شکل ۵: دستگاه تبلت در حالت استفاده به عنوان نوسان ساز سینوسی

	<p>برای تغییر بسامد</p> <ul style="list-style-type: none"> • به نشانه گر محدوده بزرگی بسامد (شماره [28]) در شکل ۵ به آرامی بزنید تا صفحه نمایش اعداد مربوطه بالا بیاید. • با استفاده از کلید بازگشت (backspace) [30] می‌توانید عدد نوشته شده برای بسامد را پاک کنید. • بسامد مورد نظر را وارد کنید و کلید Finished [31] را بزنید.
---	---




شکل ۶: صفحه نمایش تبلت برای تعیین اندازه بسامد

برای تغییر دامنه


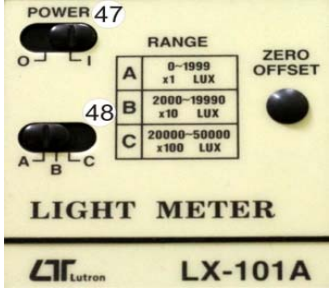


از لغزش گر دامنه روی صفحه تبلت [26] و یا پیچ تنظیم [33] روی جعبه کنترل لرزش گر [5] برای تغییر دامنه خروجی استفاده کنید.

(b) جعبه کنترل لرزش گر، مولتی متر دیجیتال، منبع تغذیه DC و اتصالات مربوطه


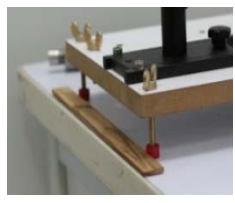
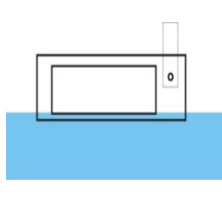


		
[32]: سوکت‌های اتصال سیم‌های مولتی‌متر	[37]: نوار لرزش گر	شکل ۱۰: چشمه لیزر شماره ۲ (نصب شده روی پایه فلزی) همراه با سیم اتصال [15]
[33]: پیچ تنظیم برای تغییر دامنه موج سینوسی	[38]: پین متصل به کابل مجموعه لرزش گر	
[34]: سوکت‌های مربوط به اتصال کابل به مجموعه لرزش گر	شکل ۸: مجموعه لرزش گر	[43]: کلید شدت (روی High نگه دارید)
[35]: اتصال USB برای وصل کردن منبع تغذیه DC	[39]: کلید انتخاب AC/DC	[44]: سوکت USB برای ورود اتصال USB از جعبه کنترل لرزش گر
[36]: پین شنیداری (Audio) برای اتصال به تبلت	[40]: پیچ انتخاب محدوده	[45]: سوکت اتصال به چشمه لیزر شماره ۲
[41]: سوکت‌های ورودی	[41]↔[32]	شکل ۱۱: منبع تغذیه DC [8]
شکل ۷: جعبه کنترل لرزش گر [5]	شکل ۹: مولتی‌متر دیجیتال [4]	

			
[22]→[36]	[34]→[38]	[32]↔[41]	[44]→[35] and [45]→[42]
شکل ۱۲: اتصالات بین تبلت، جعبه کنترل لرزش گر و منبع تغذیه DC			

(c) مجموعه حسگر نوری و نورسنج

			
[46]: روزنه دایره‌ای روی حسگر نوری	[47]: کلید روشن و خاموش نورسنج	یکی از فک‌های ورنیه روی سوراخ پشت حسگر نوری بسته می‌شود.	با استفاده از آچار شش گوش پیچ را سفت کنید.
[48]: A, B و C - محدوده‌های استفاده از نورسنج	شکل ۱۳: مجموعه حسگر نوری و نورسنج	شکل ۱۴: چگونگی به هم بستن مجموعه حسگر نوری	

تنظیمات اولیه

				
شکل ۱۵: جدا کردن آینه سمت راست	شکل ۱۶: پیچ‌های پایه سکو باید با نوار چوبی تماس پیدا کنند	شکل ۱۷: موقعیت صحیح نوار لرزش‌گر و پیچ سیاه تنظیم ارتفاع		

۱ - اتصال لیزر شماره ۱ را از سوکت ورودی منبع تغذیه DC قطع کنید و به جای آن لیزر شماره ۲ را وصل کنید.

توجه: لیزر شماره ۲ از قبل برای یک زاویه تابش خاص تنظیم شده است، به آن دست نزنید.

۲ - آینه سمت راست در آزمایش E-1 را با بازکردن پیچ اتصال پایه آن در زیر سکوی چوبی از دستگاه جدا کنید (شکل ۱۵).

۳ - پرده‌ی استفاده شده در آزمایش E-1 را باز کنید و به جای آن مجموعه حسگر نوری را روی همان پایه نصب کنید. پایه را بین ریل‌های هدایتگر و در داخل راهرو قرار دهید.

۴ - سکوی چوبی [6] را در چنان وضعیتی قرار دهید که پیچ‌های پایه آن در تماس با نوار چوبی نصب شده روی میز کار قرار گیرند (شکل ۱۶).

۵ - قسمت زیپ‌دار پوشش پلاستیکی روی بخش لیزر- لرزش‌گر که در وجه جانبی آن قرار دارد را بالا بزنید و دقیقاً 500 ml از نمونه آب داده شده را داخل سینی [12] بریزید. حجم آب را با استفاده از استوانه مدرج [17] بسنجید.

۶ - لیزر را روشن کنید. لکه‌ی روشن لیزر را روی حسگر نوری قرار دهید. مطمئن شوید که اگر مجموعه حسگر نوری را در امتداد راهرو بین دو ریل جلو و عقب ببرید، لکه نور لیزر فقط عمودی حرکت می‌کند و مسیر آن روی صفحه حسگر زاویه‌ای با امتداد قائم ندارد. با اندکی تنظیم سکوی چوبی از کناره‌ها و نیز جابجایی عمودی مجموعه حسگر نوری می‌توانید کاری کنید که لکه نوری دقیقاً روی روزنه حسگر بیفتد. اگر مرکز لکه لیزر درست بر مرکز روزنه منطبق شود شدت نور سنجیده شده توسط نورسنج بیشینه مقدار خواهد بود.

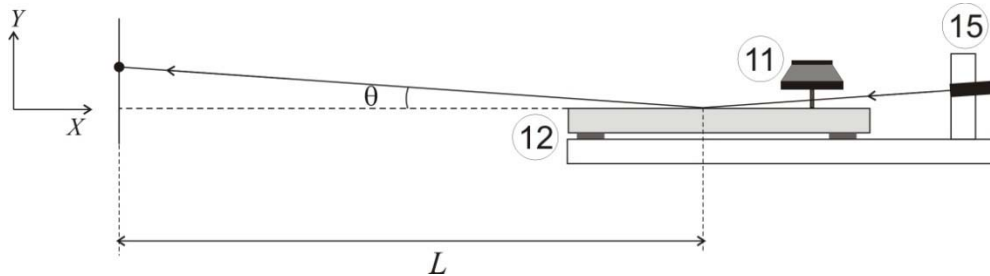
۷ - نوار لرزش‌گر پیشاپیش درست در موقعیت عمودی مناسب تنظیم شده است. در صورت لزوم با استفاده از پیچ سیاه تنظیم ارتفاع مجموعه [14] آن را دقیقاً تنظیم کنید.

۸ - مجموعه لرزش‌گر را می‌توان به طور افقی جلو و عقب برد. نشانگر مکان روی لرزش‌گر جای افقی آن را روی طول سنج (خط‌کش) ثابت دستگاه [10] نشان می‌دهد.

۹ - در حین گرفتن داده‌ها، پوشش پلاستیکی دستگاه را بسته نگه دارید تا سطح آب از جریان‌های هوای اطراف تأثیر نپذیرد.

آزمایش

بخش C: اندازه‌گیری زاویه θ بین باریکه لیزر و سطح آب



شکل ۱۸ - اندازه‌گیری زاویه θ

نمره	توضیح	عنوان
1.0	مجموعه حسگر نوری را در گام‌های مناسب در امتداد راهرو جابجا کنید. جابجایی‌های افقی مجموعه حسگر نوری در امتداد X و جابجایی متناظر Y لکه نوری را یادداشت کنید و داده‌ها را در جدول C1 ثبت کنید. (نورسنج را در محدوده‌ی کار مناسب قرار دهید).	C1
0.6	نمودار مناسبی رسم کنید که با اندازه‌گیری شیب آن زاویه θ بر حسب درجه به دست آید.	C2

بخش D: تعیین کشش سطحی σ برای نمونه آب داده شده

از تحلیل نظری پدیده‌ی پراش در این دستگاه می‌توان نشان داد

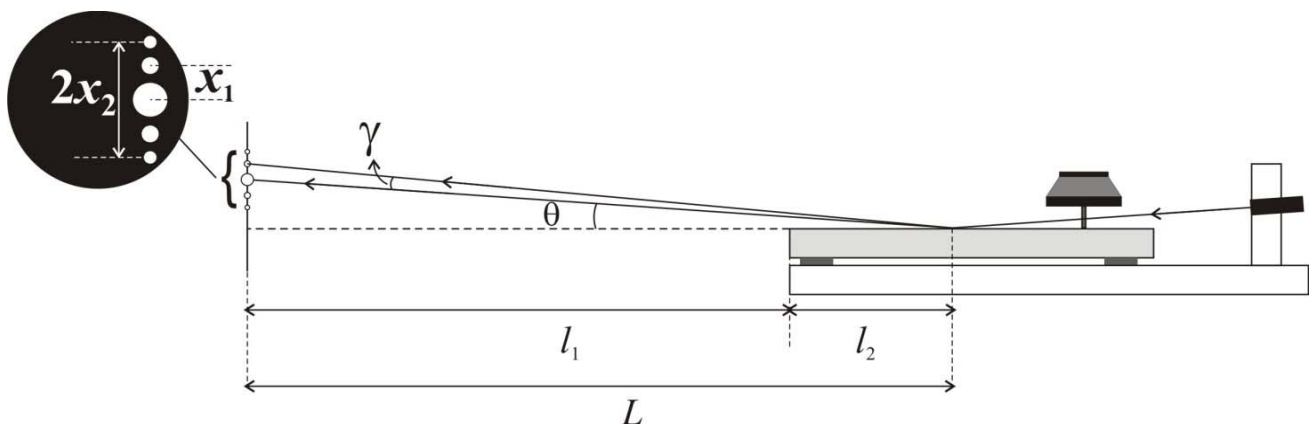
$$k = \frac{2\pi}{\lambda_L} \sin\theta \sin\gamma \quad (1)$$

که $k = 2\pi/\lambda_w$ عدد موج مربوط به امواج کشش سطحی آب است و λ_L و λ_w به ترتیب طول موج امواج کشش سطحی و نور لیزر هستند. زاویه‌ی γ جدایی زاویه‌ای میان بیشینه مرکزی و بیشینه مرتبه اول (شکل ۱۹) است.

بسامد ارتعاش (f) از طریق رابطه‌ی زیر به عدد موج k مربوط است

$$\omega = \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}} k^q \quad (2)$$

که $\omega = 2\pi f$ بسامد زاویه‌ای است، ρ چگالی آب است و q یک عدد صحیح است.



شکل ۱۹: نمودار طرحواره قرار گرفتن وسایل آزمایش

۱ - مجموعه حسگر نوری را (با استفاده از پیچ‌های محکم کننده پایه پرده) در محلی که در شکل (۱) مشخص شده است ثابت کنید. محدوده‌ی مناسب کار برای نورسنج را انتخاب کنید.

نمره	توضیح	عنوان
0.3	طول l_1 بین محل افقی روزنه حسگر نوری و لبه جلویی سینی آب را اندازه بگیرید. در محل برخورد نور لیزر با سطح آب یک خط روشن می‌بینید. وسط این پاره خط نقطه فرود پرتو لیزر روی سطح آب است. طول l_2 ، فاصله این نقطه از لبه جلویی سینی آب را اندازه بگیرید. L را به دست آورید و آن را در پاسخ‌نامه خود ثبت کنید.	D1

۲ - لرزش‌گر را جایی قرار دهید که نشانگر آن روی طول سنج ثابت افقی [10] عدد 7.0 cm را نشان دهد.

۳ - بسامد موج لرزش‌گر را روی 60 Hz تنظیم کنید و دامنه آن را چنان میزان کنید که بیشینه‌های مرتبه اول و دوم به وضوح دیده شوند (بخش بزرگنمایی شده در شکل ۱۹)

نمره	توضیح	عنوان
2.8	فاصله‌ی بین بیشینه‌های مرتبه دوم بالا و پایین بیشینه‌ی مرکزی را اندازه بگیرید و از آن x_1 را به دست آورید. یافته‌های خود را در جدول D1 ثبت کنید. این آزمایش را با افزودن بسامد لرزش‌گر در گام‌های مناسب تکرار کنید.	D2
0.9	متغیرهای مناسبی برای رسم نموداری که از شیب آن q به دست می‌آید را شناسایی کنید. مقادیر این متغیرها را در جدول D2 وارد کنید. نمودار مناسبی برای تعیین q رسم کنید و آن را نمودار D1 بنامید. معادله (2) را با عدد صحیح مناسبی که برای q تعیین می‌کنید باز نویسی کنید.	D3
1.2	با استفاده از معادله (۲)، متغیرهای مناسبی را شناسایی کنید که از شیب نمودار آنها σ به دست آید. این نمودار را D2 بنامید. مقادیر متغیرها را در جدول D3 وارد کنید ($\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$).	D4

بخش E - تعیین ثابت تضعیف δ و گرانروی مایع η

امواج کشش سطحی به واسطه‌ی گرانروی آب تضعیف می‌شوند. دامنه‌ی موج h با فاصله‌ی s از لرزش‌گر به صورت نمایی زیر کاهش می‌یابد

$$h = h_0 e^{-\delta s} \quad (3)$$

که در آن h_0 دامنه‌ی موج در محل لرزش‌گر و δ ثابت تضعیف است. به طور تجربی می‌توان نشان داد که دامنه‌ی h_0 از طریق رابطه‌ی زیر به ولتاژ (V_{rms}) اعمال شده به مجموعه لرزش‌گر مربوط است

$$h_0 \propto (V_{rms})^{0.4} \quad (4)$$

همچنین ثابت تضعیف به صورت زیر به گرانروی مایع بستگی دارد

$$\delta = \frac{8\pi\eta f}{3\sigma} \quad (5)$$

که η گرانروی مایع است.

۱ - محل افقی لرزش‌گر را روی 8.0 cm قرار دهید.

۲ - بسامد را روی 100 Hz تنظیم کنید.

۳ - حسگر نوری را با استفاده از ورنیه کولیس طوری تنظیم کنید که بیشینه‌ی مرتبه ی اول الگوی پراش روی روزنه بیفتد.

۴ - دامنه‌ی موج سینوسی (V_{rms}) را طوری تنظیم کنید که نورسنج عدد 100 را در محدوده‌ی A نشان دهد. در این حالت V_{rms} متناظر را یادداشت کنید.

۵ - لرزش‌گر را در گام‌هایی به فاصله‌ی 0.5 cm از یکدیگر از نقطه‌ی فرود نور لیزر بر سطح آب دور کنید و هر بار V_{rms} را طوری تنظیم کنید که نورسنج عدد 100 را در همان محدوده نشان دهد. مقادیر V_{rms} مربوطه را ثبت کنید.

نمره	توضیح	عنوان
1.9	داده‌های به دست آمده را برای هر گام در جدول E1 وارد کنید.	E1
1.0	نمودار مناسبی رسم کنید که از شیب آن ضریب تضعیف δ تعیین شود. این نمودار را E1 بنامید.	E2
0.3	گرائروی نمونه‌ی آب داده شده 77 را محاسبه کنید.	E3

پراش مربوط به امواج ناشی از کشش سطحی آب

بخش C: اندازه گیری زاویه θ

[C1]

جدول C1

Obs. No.		
1		
2		
3		
4		
5		
6		

نمرات

[C2]

نمودار C1 برای تعیین زاویه θ بر حسب

$$\theta = \underline{\hspace{2cm}}$$

بخش D: تعیین کشش سطحی مایع

نمرات

[D1]:

$l_1 =$	$l_2 =$	$L =$
---------	---------	-------

[D2]:

جدول D1

شماره مشاهده					
1					
2					
3					
4					
5					
6					

[D3]:

نمودار تعیین q : بر حسب

جدول D2

Obs. No.		
1		
2		
3		
4		
5		
6		

شیب =

$q = \dots\dots\dots$

نمرات

معادله ۲:

تعیین کشش سطحی

[D4]:

نمودار تعیین σ بر حسب

جدول D3

Obs. No.		
1		
2		
3		
4		
5		
6		

شیب =

نمرات

کشش سطحی:

$\sigma =$ _____

بخش E: تعیین گرانیروی نمونه آب

[E1]: بسامد سیگنال نوسان ساز = Hz

جدول E1

شماره مشاهده				
1				
2				
3				
4				
5				
6				

[E2]:

نمودار تعیین δ : بر حسب

$$\delta = \underline{\hspace{2cm}}$$

نمرات

[E3]:

تعیین گرانروی، η :

نمرات

$$\eta = \underline{\hspace{2cm}}$$