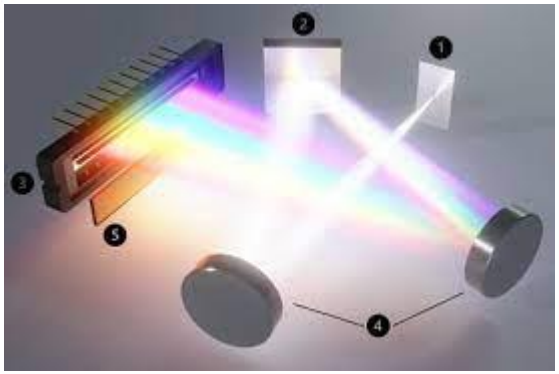
دانشگاه کاشان

دستورکار آموزش مجازی
آزمایشگاه اپتیک



آزمایش ۱: اسپکتروسکوپ

هدف آزمایش:

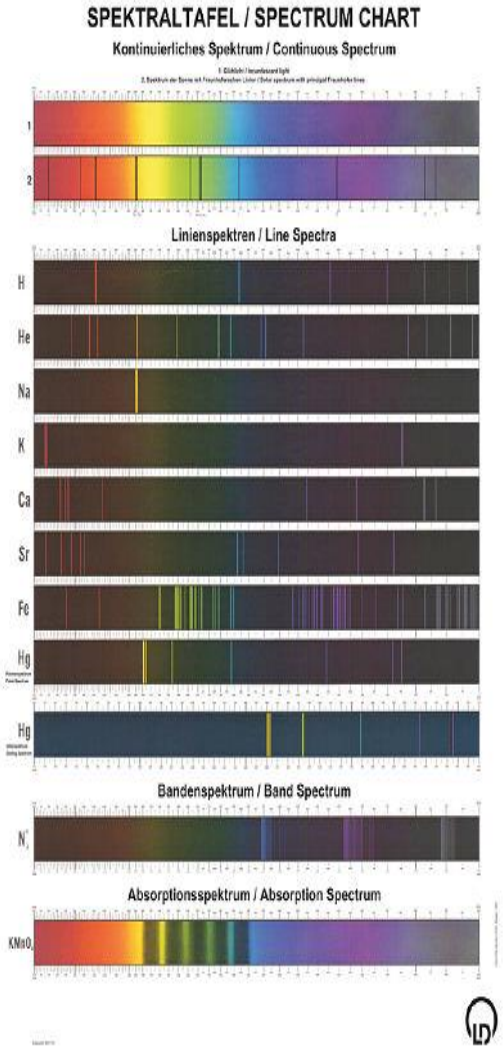
طیف نمای منشوری

وسایل آزمایش:

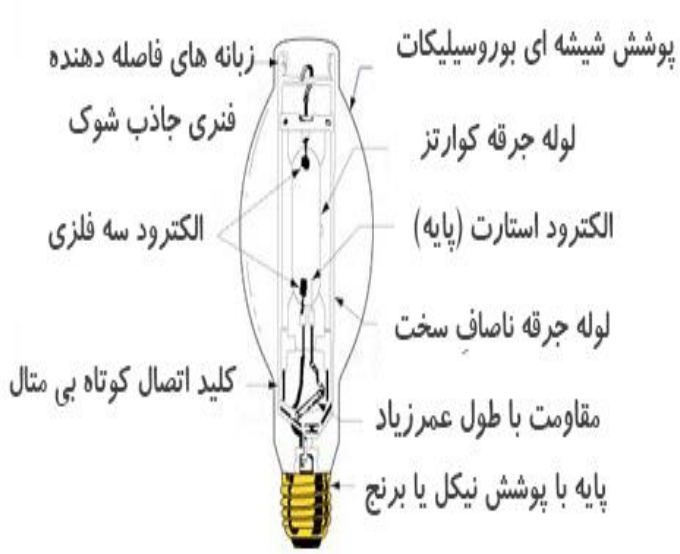
اسپکتروسکوپ، چند لوله گسلر با پایه و ترانسفوماتور قوی، لامپ سفید و منبع تغذیه

دکتر سید محمد باقر قریشی.

منابع نوری



بخار جیوه

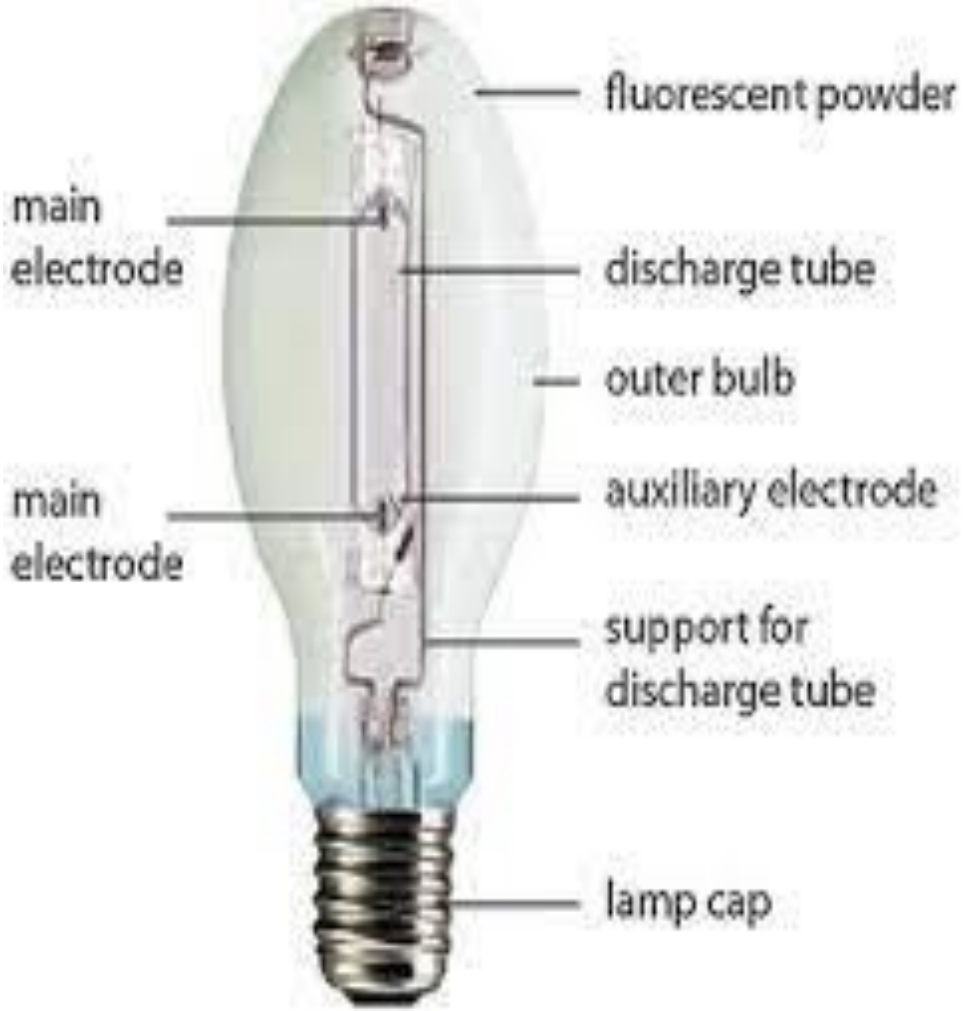


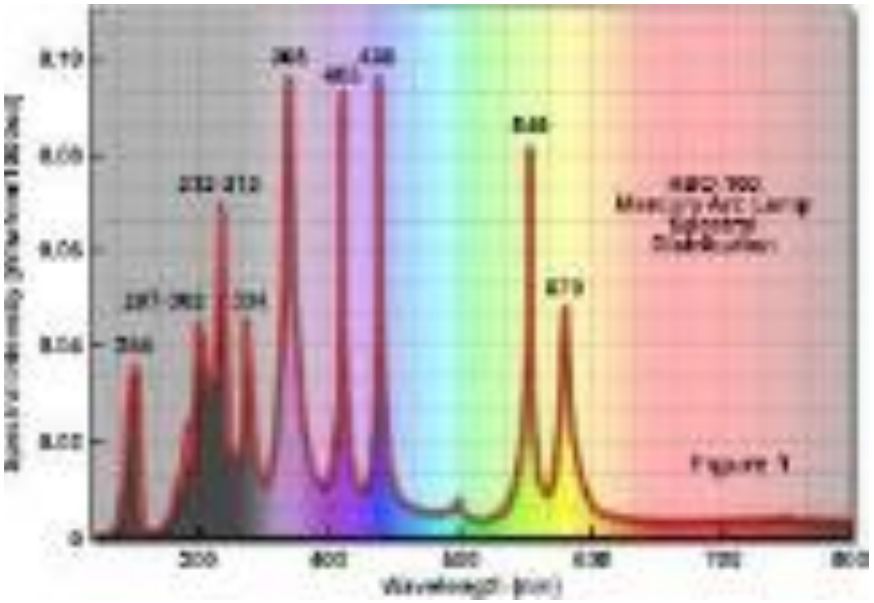
لامپ های بخار جیوه زمانی که یک قوس الکتریکی کوتاه از بخار جیوه عبور کند، نور را انتشار می دهند.

بخار سدیم پرفشار

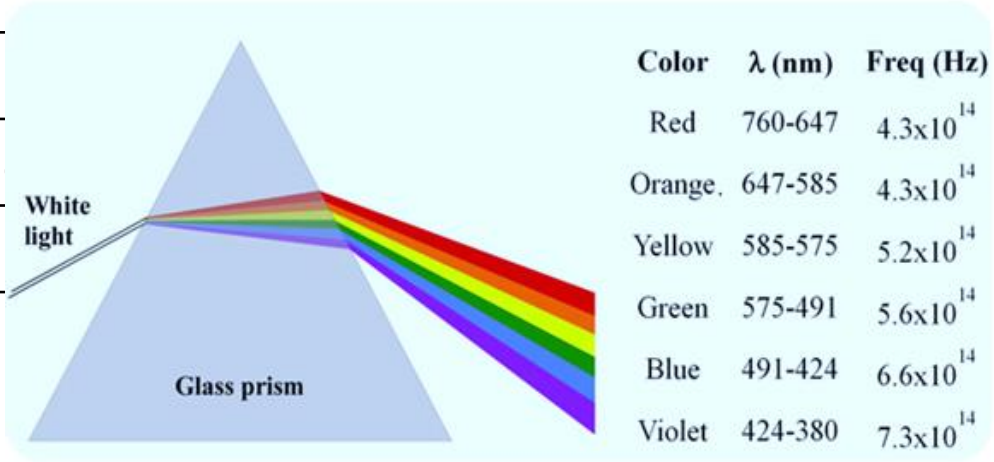
با قوس الکتریکی ایجاد شده در بخار سدیم که موجب تولید روشنایی می گردد.

لامپ جیوه

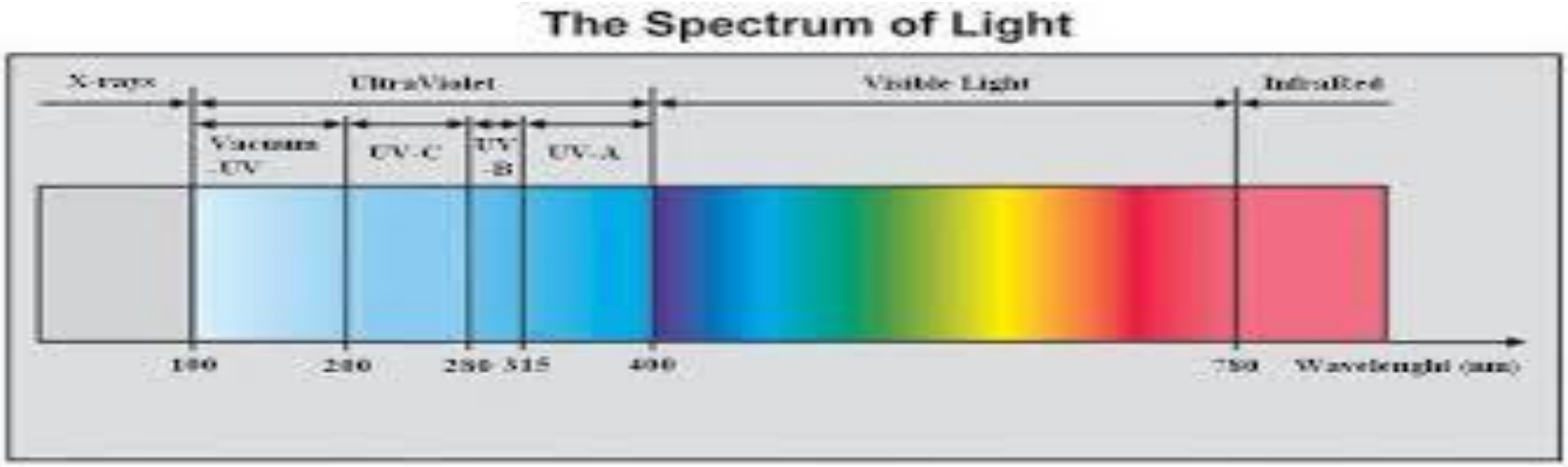

fluorescent powder
main electrode
discharge tube
outer bulb
main electrode
auxiliary electrode
support for discharge tube
lamp cap

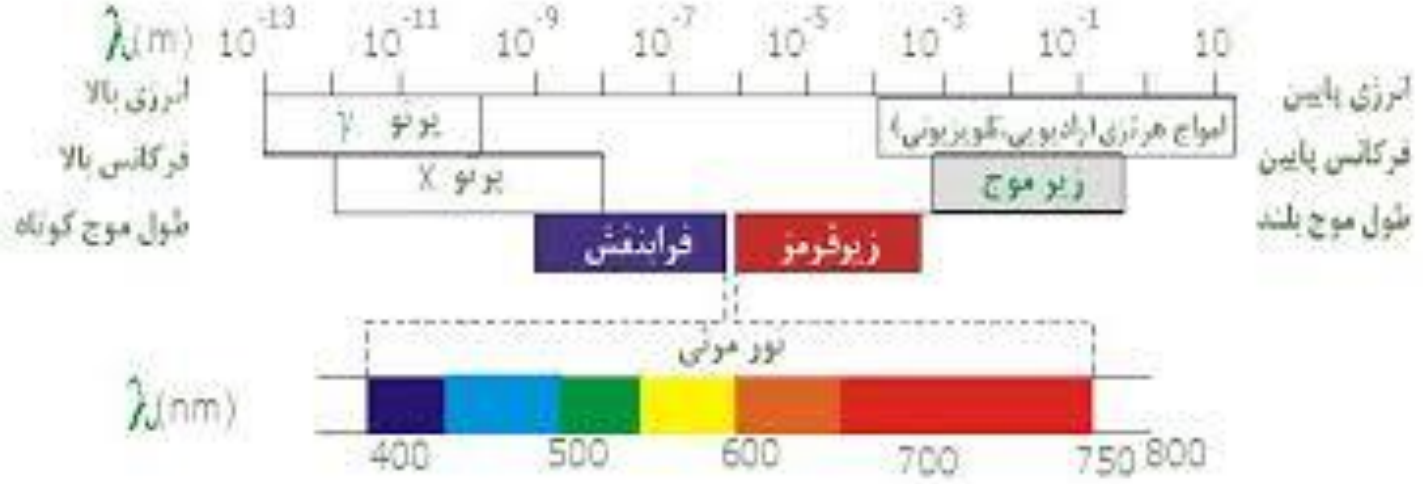


Wavelength (nm)	Color
184.45	ultraviolet (UVC)
253.7	ultraviolet (UVC)
365.4	violet
404.7	Indigo
435.8	blue
546.1	green
578.2	yellow-oran
650	red



https://en.wikipedia.org/wiki/Mercury-va


The Spectrum of Light
X-rays
UltraViolet
Visible Light
InfraRed
Vacuum -UV
UV-C
UV -B
UV-A
100
280
280 315
400
750
Wavelenght (nm)

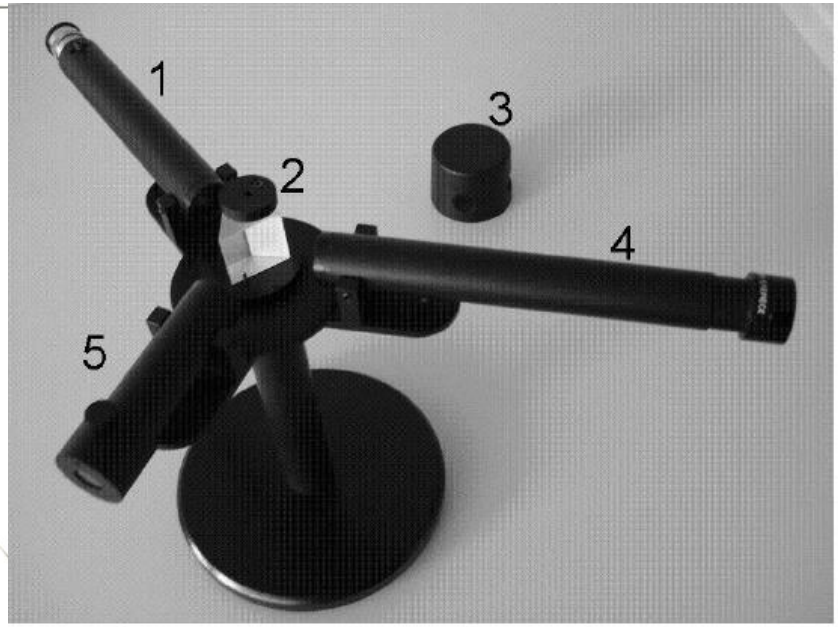

λ(m)
10^-13
10^-11
10^-9
10^-7
10^-5
10^-3
10^-1
10
انرژی بالا
فرکانس بالا
طول موج کوتاه
انرژی پایین
فرکانس پایین
طول موج بلند
پرتو γ
پرتو X
امواج هرتزی (رادیویی، تلویزیونی)
زیر موج
فرابنفش
زیرقرمز
نور مرئی
λ(nm)
400
500
600
700
750
800

زمینه نظری آزمایش

مقدمه:

اسپکتروسکوپ ابزاری است که به وسیله آن طیف یک نور مرکب را مشاهده می‌کنیم. ایـــن ابـــزار بر خلاف اسپکترومتر که می‌تواند طول موج طیف نور را اندازه‌گیری نماید، فقط طیف را نمایان می‌کند. برای ایجاد طیف می‌توان نور را به منشور یا توری پراش تاباند. در اینجا اسپکتروسکوپ منشوری شرح داده می‌شود. از اسپکتروسکوپ می‌توان برای اندازه گیری طول موج طیف های مجهول به روش مقایسه با طیف طول موج معلوم استفاده کرد. منظور ما از این آزمایش اندازه گیری طول موج به روش مقایسه است.

467112

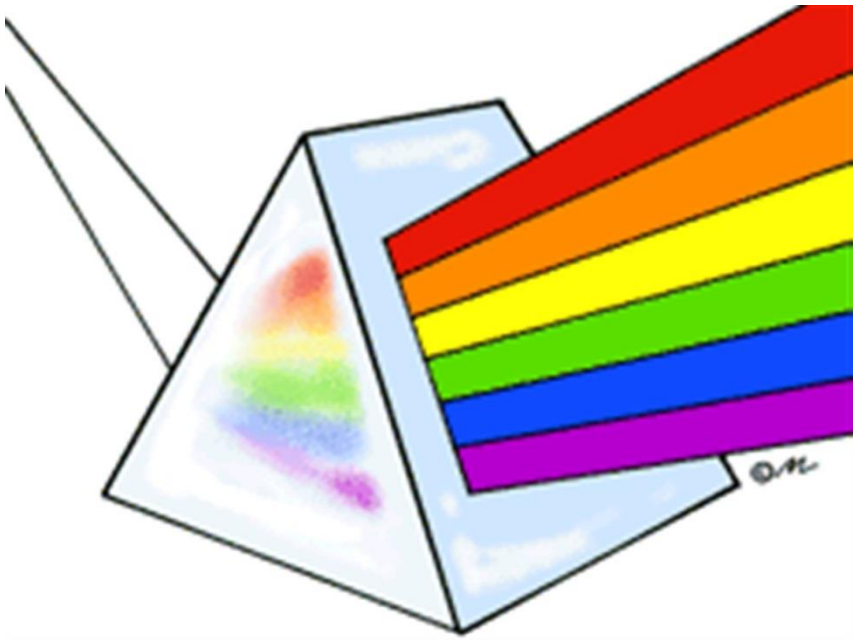


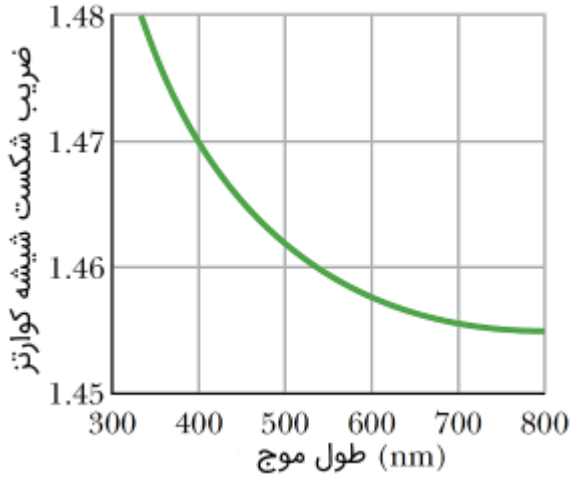
School spectroscope

1 Collimator tube
2 Prism
3 Cap
4 Telescope tube
5 Scale tube

زمینه نظری آزمایش

منشور: جسم شفافی است که نور را تجزیه می‌کند. نور فرودی بر منشور شکسته شده و چون ضریب شکست منشور برای هر رنگ(طول موج) متفاوت است، در نتیجه طول موجهای مختلف از یکدیگر جدا شده و تشکیل طیف می‌دهند. مقدار ضریب شکست منشور (n) برای هر طول موج با مربع آن نسبت عکس دارد. رابطه تجربی کوشی، $n = A + \frac{B}{\lambda^2}$ نحوه این تغییرات را مشخص می‌کند. A و B ثابت هستند و به جنس منشور ارتباط دارند .
بنابراین ضریب شکست و در نتیجه انحراف برای طول موجهای بزرگ کمتر است و بر عکس.





زمینه نظری آزمایش

کلیماتور: برای تجزیه نور باید پرتوی فرودی به طور موازی بر وجه منشور بتابد. برای این کار چشمه نوری را در مقابل شکاف قرار می‌دهیم. شکاف در کانون یک عدسی همگرا واقع شده است. بنابراین نور بعد از گذر از عدسی موازی شده و به منشور می‌تابد. این عمل به وسیله کلیماتور انجام می‌شود. در ابتدای لـــوله کلیماتور شکاف قابل تنظیم برای قرار گرفتن چشمه تعبیه شده که به بدنه ثابت شده است. در کنار شکاف پایه کوچکی به لوله متصل است که محل قرار گرفتن منشور ی کوچک است. به وسیله این منشور می‌توان نور را تجزیه کرد.

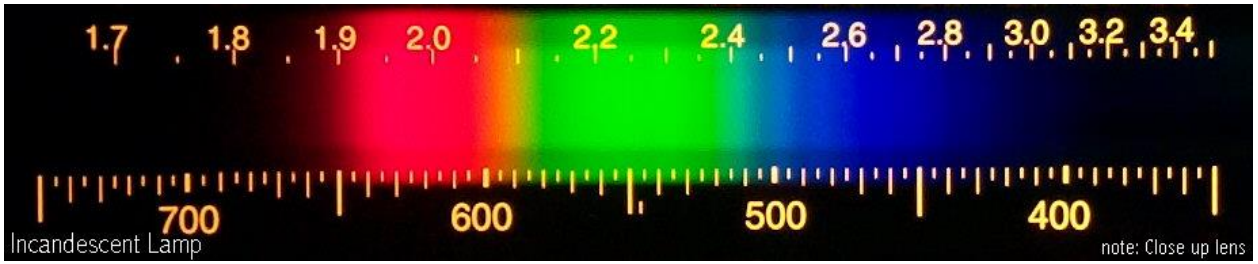
دوربین: دوربین از دو عدسی چشمی و شیئی تشکیل شده‌است.نور تجزیه شده منشور به وسیله عدسی شیئی دریافت و در کانون خود را موازی کرده تا در بی‌نهایت مشاهده شود. عدسی چشمی قابل حرکت افقی و تنظیم‌پذیر است.

میکرومتر: میکرومتر شامل خط‌کش مدرج (با تقسیمات یک دهم میلی‌متری) است که می‌تـــوان با تابانـــدن نور سفید بر روی خط‌کش، تصویر آن را (بازتاب آن از یک وجه منشور) بر روی دوربین و بر روی طیف انداخـــت. نور فرودی بر روی خط‌کش بر یکی از وجوه منشور تابیده و بازتاب آن بر روی طیف نور عبوری از منشور واقع می‌شود و می‌توان انحراف خطوط ، طیف را اندازه‌گیری کرد.

شرح آزمایش

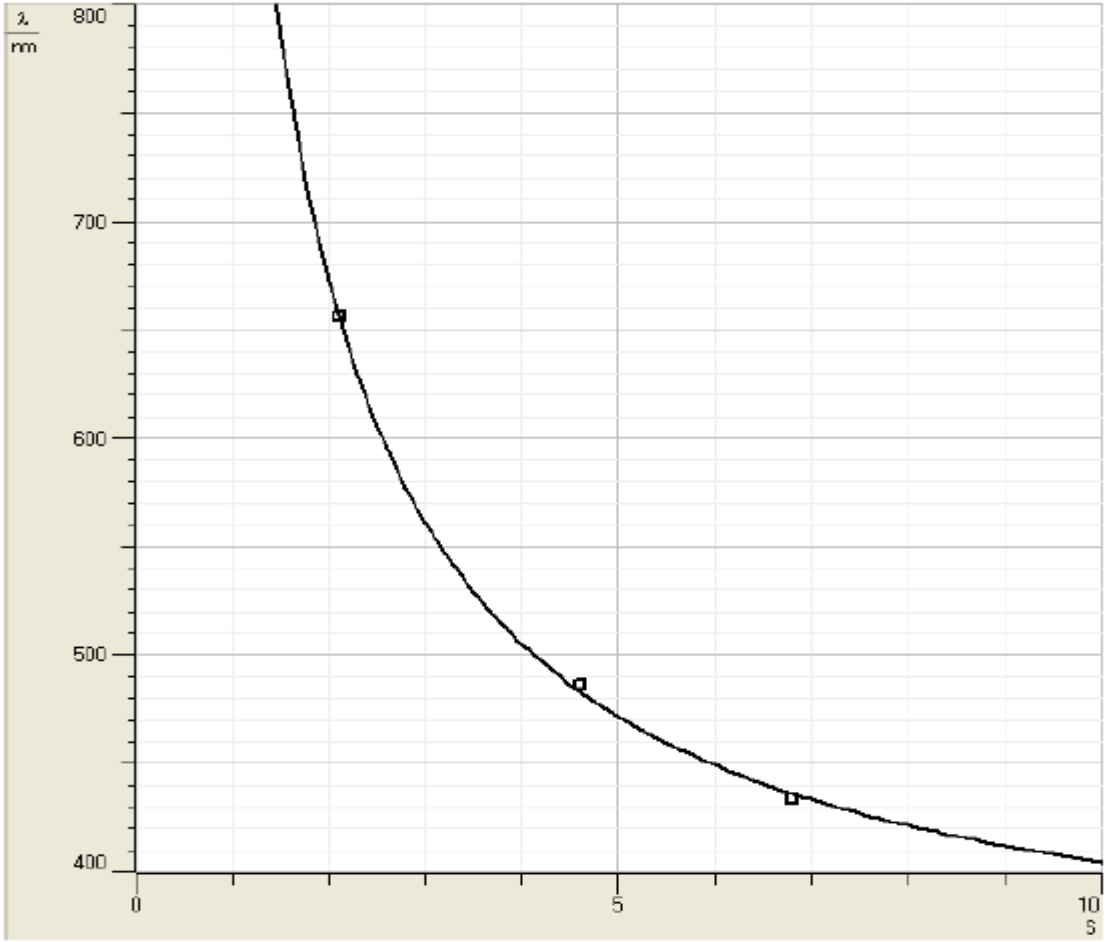
نور فرودی بر منشور به طیف نور تجزیه می‌شود. برای اندازه‌گیری طول موجهای طی ف و طبق رابطه کوشی باید ضرایب شکست هر طول موج مشخص باشد. میزان انحرا ف هر خط متناسب بـا ضریب شکست آن خط است. در اسپکتروسکوپ می‌توان میزا ن انحراف هر خط را به وسیله خط‌کش میکرومتر خواند. نحوه‌ی تغییرات طول موج با انحراف طول موج (X) مشابه نحوه‌ی تغییرات طول موج با ضریب شکست (n) است.

بنابراین .است دلخواهی‌مقدار انحراف هر خط طیف از مبدأ X که $X = A + \frac{B}{\lambda^2}$

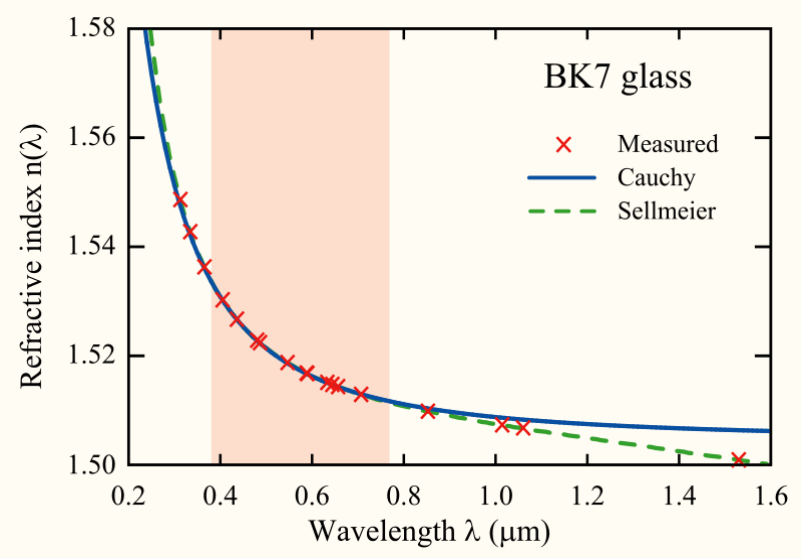


لامپ هیدروژن

Example of a calibration with hydrogen lines:



Cauchy's equation



$$n(\lambda) = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} + \cdots,$$

$$n(\lambda) = A + \frac{B}{\lambda^2},$$

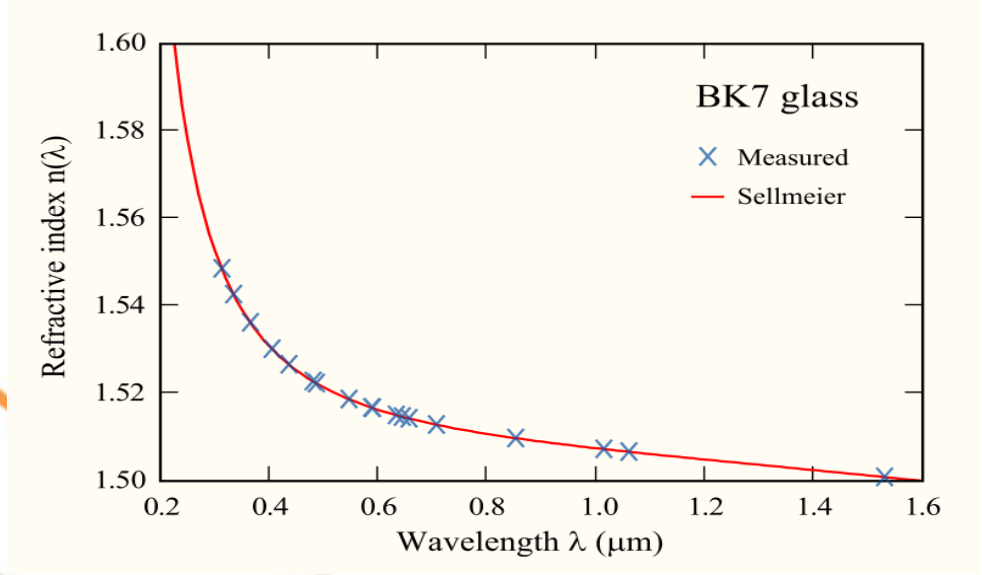
Material	**A**	**B** (μm^2)
Fused silica	1.4580	0.00354
Borosilicate glass BK7	1.5046	0.00420
Hard crown glass K5	1.5220	0.00459
Barium crown glass BaK4	1.5690	0.00531
Barium flint glass BaF10	1.6700	0.00743
Dense flint glass SF10	1.7280	0.01342

Sellmeier equation

$$n^2(\lambda) = A + \frac{B_1\lambda^2}{\lambda^2 - C_1} + \frac{B_2\lambda^2}{\lambda^2 - C_2}.$$

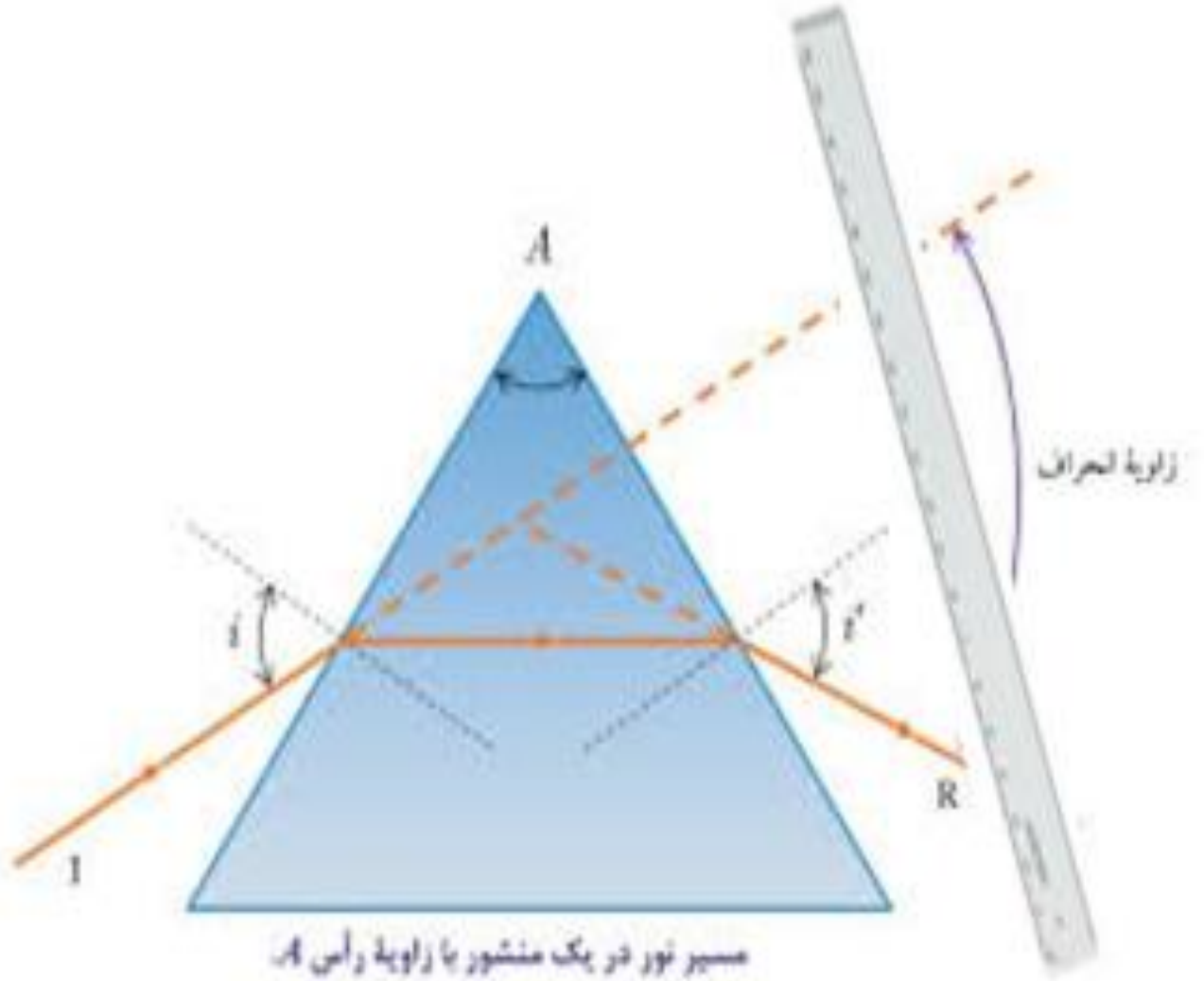
Table of coefficients of Sellmeier equation[7]

Material	B_1	B_2	B_3	C_1, μm^2	C_2, μm^2	C_3, μm^2
borosilicate crown glass (known as *BK7*)	1.03961212	0.231792344	1.01046945	6.00069867×10^{-3}	2.00179144×10^{-2}	103.560653
sapphire (for ordinary wave)	1.43134930	0.65054713	5.3414021	5.2799261×10^{-3}	1.42382647×10^{-2}	325.017834
sapphire (for extraordinary wave)	1.5039759	0.55069141	6.5927379	5.48041129×10^{-3}	1.47994281×10^{-2}	402.89514
fused silica	0.696166300	0.407942600	0.897479400	4.67914826×10^{-3}	1.35120631×10^{-2}	97.9340025
Magnesium fluoride	0.48755108	0.39875031	2.3120353	0.001882178	0.008951888	566.13559



طول‌موج مجهول به کمک رابطه کوشی	طول‌موج مجهول به کمک نمودار	X نور مجهول	رنگ‌نور مجهول	طول موج بر حسب A°(آنگستروم)	نام رنگهای معلوم

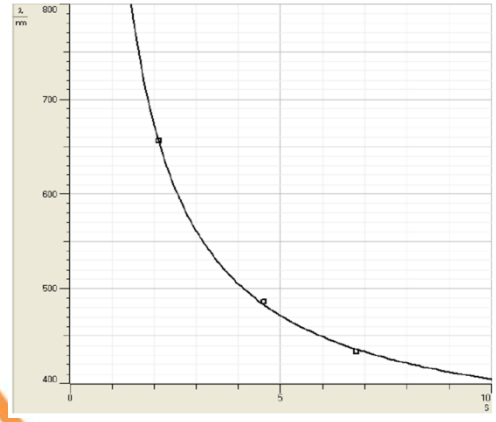
شماتیک آزمایش

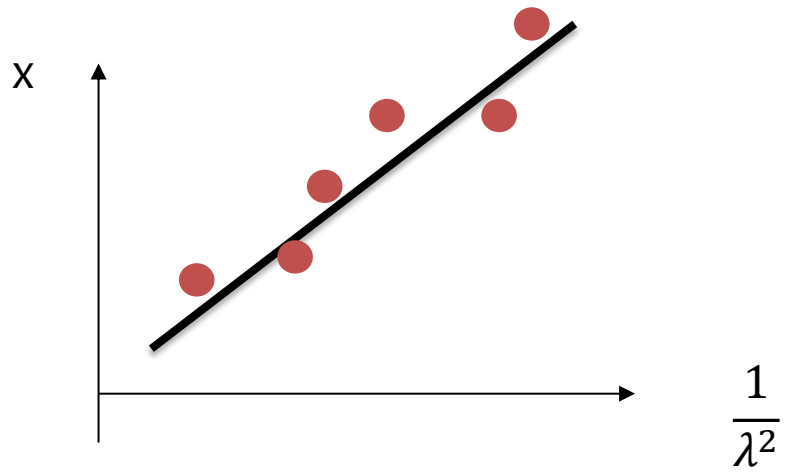


مسیر نور در یک منشور با زاویه رأس A

الف)

رنگ	قرمز	نارنجی	سبز	آبی
X(mm)	۱۶.۳	۱۷.۲۵	۱۸.۹۰	۱۹.۲۵
$\lambda\ (nm)$	۶۶۷.۸۱	۵۸۷.۵۶	۴۷۱.۳۱	۴۴۳.۷۷





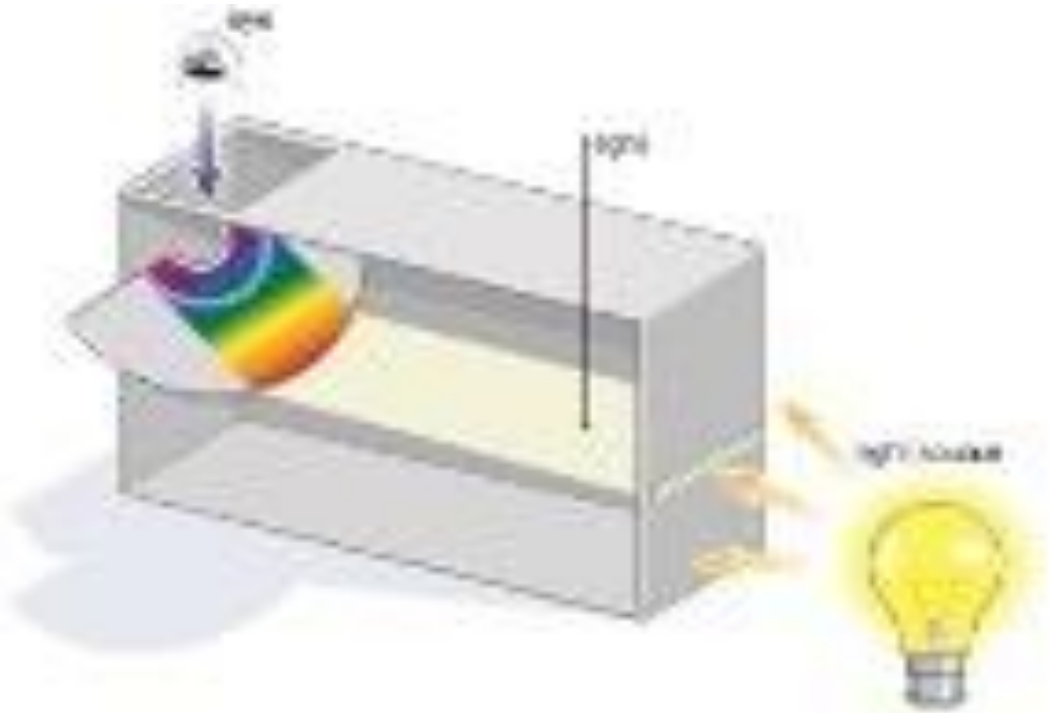
$\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$	$\lambda\ (nm)$ نمودار	$\lambda\ (nm)$	X(mm)	رنگ
		508.5	17.40	زرد
		491.6	17.90	سبز
		479.9	18.70	سبز آبی
		467.8	19.50	آبی
		435.8	19.90	نیلی

انحراف هر طول موج معلوم را بخوانید (λ و X). نموداری بر حسب این دو پارامتر رسم کنید (بر روی کاغذ شطرنجی و یا ترجیحاً به کمک کامپیوتر). برای خواندن دقیق، چرخـش دوربین بلامانع است.

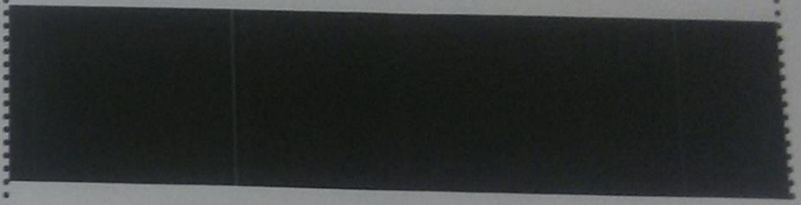
به ازای دو مقدار λ و X ، ثابتهای مجهول رابطه کوشی (A وB) را محاسبه کنید.
لامپ مجهول را مقابل کلیماتور قرار داده طیف آنرا مشاهده و انحراف هر طول موج (X) را بخوانید.
چون روش مقایسه‌ای است، اسپکتروسکوپ به ویژه منشور را تغییر ندهید با استفاده از
الف) نمودار λ و X طیف معلوم، و
ب) رابطه کوشی طول موجهای مجهول را بدست آورید (جدول زیر را پر کنید).
طول موجهای بدست آمده از دو روش الف و ب را با هم مقایسه کنید.
نور مجهول را مقابل شکاف کلیماتور قرار دهید. مشاهده می‌کنید که در طیف آن تعداد زیادی قرمز، زرد، و .
. دارد. سعی کنید علت را توجیه کنید.
محدوده طول موجها را به دو روش نمودار و رابطه کوشی بدست آورید.

تکالیف

۱- پارامترهای A,B به چه پارامتری وابسته است؟
۲- طیف لامپ های گازی و لامپ های LED را بیان کنید.
۲- رابطه های پاشندگی سلمایر را تحقیق کنید و تفاوت آن با رابطه کوشی چیست؟
۳- یک طیف سنج با سی دی درست نمایید و فیلم آن را ارسال نمایید.



هیدروژن H



بنفش----> ۴۸۶۱,۲۷۸۶ Å

آبی-----> ۴۸۶۱,۲۸۷۰ Å

فیروزه‌ای--> ۴۸۶۱,۳۷۱۵ Å

نارنجی----> ۶۵۶۲,۷۱۱۰ Å

جیوه Hg

بنفش -----> ۴۰۵/۱ nm

آبی ------> ۴۳۸/۵ nm

سبزآبی ----> ۴۹۳/۹ nm

سبز ----> ۵۴۷/۷ nm

زرد ----> ۵۷۹/۸ nm

جیوه‌کادمیم Hg.Cd

بنفش -----> ۴۰۷۷,۸۱ Å

۴۳۵۸,۳۵ Å

۴۶۷۸,۱۴ Å

۴۷۹۹,۹۲ Å

۴۹۱۴,۰۴ Å

۵۰۸۵,۸۲ Å

۵۴۶۰,۴۷ Å

۵۷۴۹,۵۹ Å

قرمز -----> ۶۴۳۸,۴۷ Å

کادمیم Cd

بنفش ---> ۴۶۷۸,۱۴۹ Å

آبی ۴۷۹۹,۹۱۲ Å

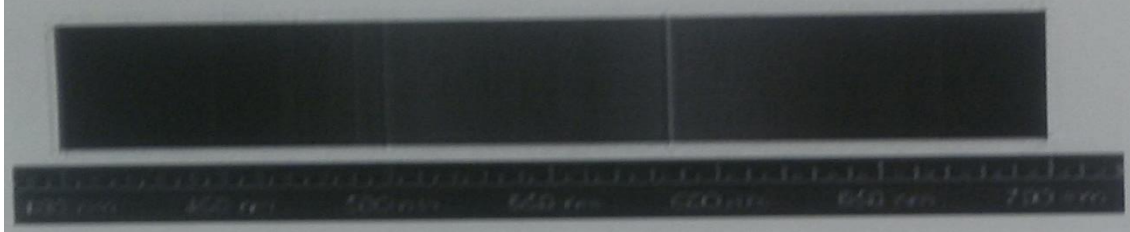
فیروزه‌ای ۵۰۸۵,۸۲۲ Å

سبز ۶۰۹۹,۱۴۲ Å

قرمز ۶۴۳۸,۴۷۰ Å

physics.nist.gov

هلیوم He



بنفش <---- ۴۳۸.۷۹ nm

آبی <----- ۴۴۳.۷۷ nm

سبز <----- ۴۷۱.۳۱ nm

زرد <----- ۴۹۲.۱۹۳ nm

نارنجی <---- ۵۸۷.۵۶ nm

قرمز <------ ۶۶۷.۸۱ nm