TEBYAN.NET
WWW.TEBYAN.NET
بسم الله الرحمن الرحیم

کارگاه پرتوهای صنعتی

(چهارشنبه – ۱۳۹۲/۶/۱۳)

ارائه کننده:

علیرضا مشکوری

عضو هیئت علمی دانشکده بهداشت قم

موضوع:

۱– پرتوهای غیریونساز و اثرات زیان بار آنها بر سلامت انسان

۲– اندازه گیری و سنجش پرتوهای غیریونساز

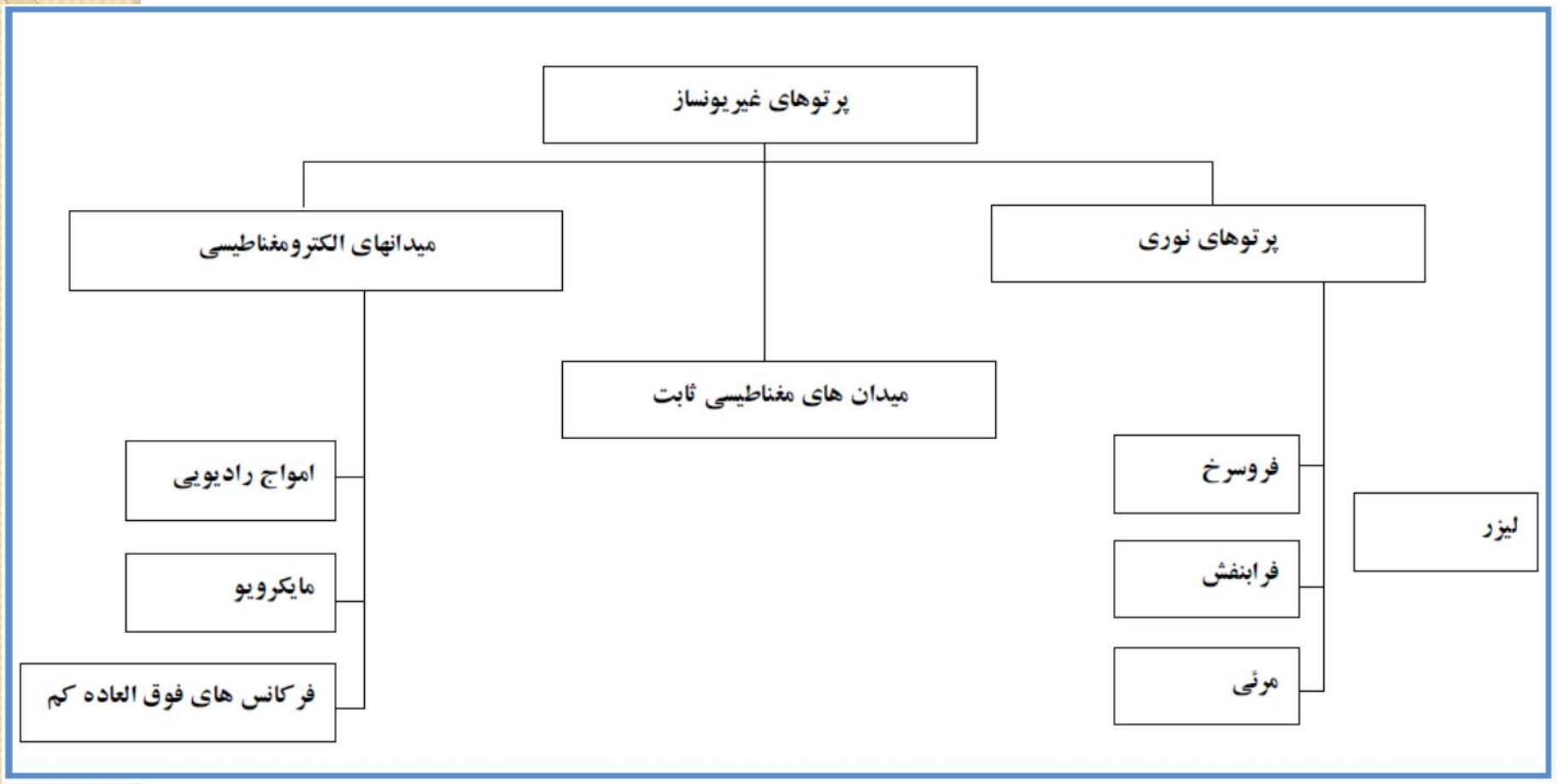
۳– حدود مجاز مواجهه

پرتوهای غیریونساز و اثرات زیان بار آنها بر سلامت انسان

Table 1 – Electromagnetic spectrum

		Frequency (Hz)			Wavelength		
Radio waves		Less than		$3x10^{11}$	Above		0.3 m
Microwave		10^9 Hz	to	$3x10^{11}$	0.3 m	to	1 mm
Infrared		$3x10^{11}$ Hz	to	$3.8x10^{14}$	1 mm	to	789 nm
Visible	Red	$3.8x10^{14}$ Hz	to	$4.8x10^{14}$	789 nm	to	625 nm
	Orange	$4.8x10^{14}$ Hz	to	$5x10^{14}$	625 nm	to	600 nm
	Yellow	$5x10^{14}$ Hz	to	$5.2x10^{14}$	600 nm	to	577 nm
	Green	$5.2x10^{14}$ Hz	to	$6.1x10^{14}$	577 nm	to	491 nm
	Blue	$6.1x10^{14}$ Hz	to	$6.59x10^{14}$	491 nm	to	455 nm
	Violet	$6.59x10^{14}$ Hz	to	$8x10^{14}$	455 nm	to	390 nm
Ultraviolet		$8x10^{14}$ Hz	to	$2.4x10^{16}$	390 nm	to	8.82 nm
X ray		$2.4x10^{16}$ Hz	to	$5x10^{19}$	8.82 nm	to	6 pm
Gamma ray		Above		$5x10^{19}$	Less than		6 pm

همه این پرتوها تابع قوانین فیزیکی مشابهی هستند. معمولاً برای پرتوهای نوری، طول موج و برای میدان های الکترومغناطیسی، فرکانس ذکر می شود.



۱. پرتو فرابنفش(Ultra Violet)UV:

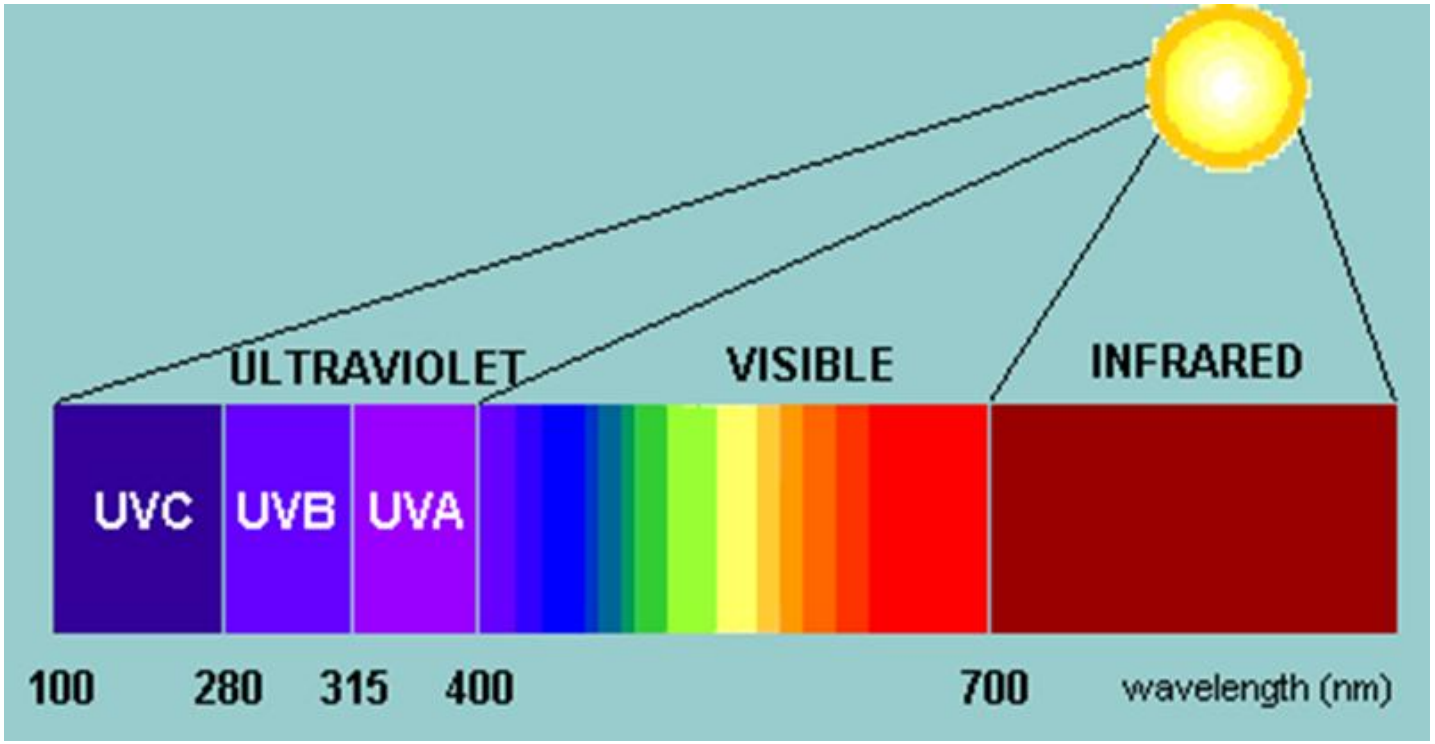
- اشعه فرابنفش بخشی از طیف الکترومغناطیس است که در طیف بین نور مرئی و اشعه یونیزان (اشعه X و گاما) قرار می گیرد و طول موج آن بین ۱۰۰ تا ۴۰۰ نانومتر است.
- اشعه UV را از نظر طول موج و تاثیرات بیولوژیکی به سه گروه تقسیم می کنند:

۱) UV_C: ۱۰۰ تا ۲۸۰ نانومتر

۲) UV_B: ۲۸۰ تا ۳۱۵ نانومتر

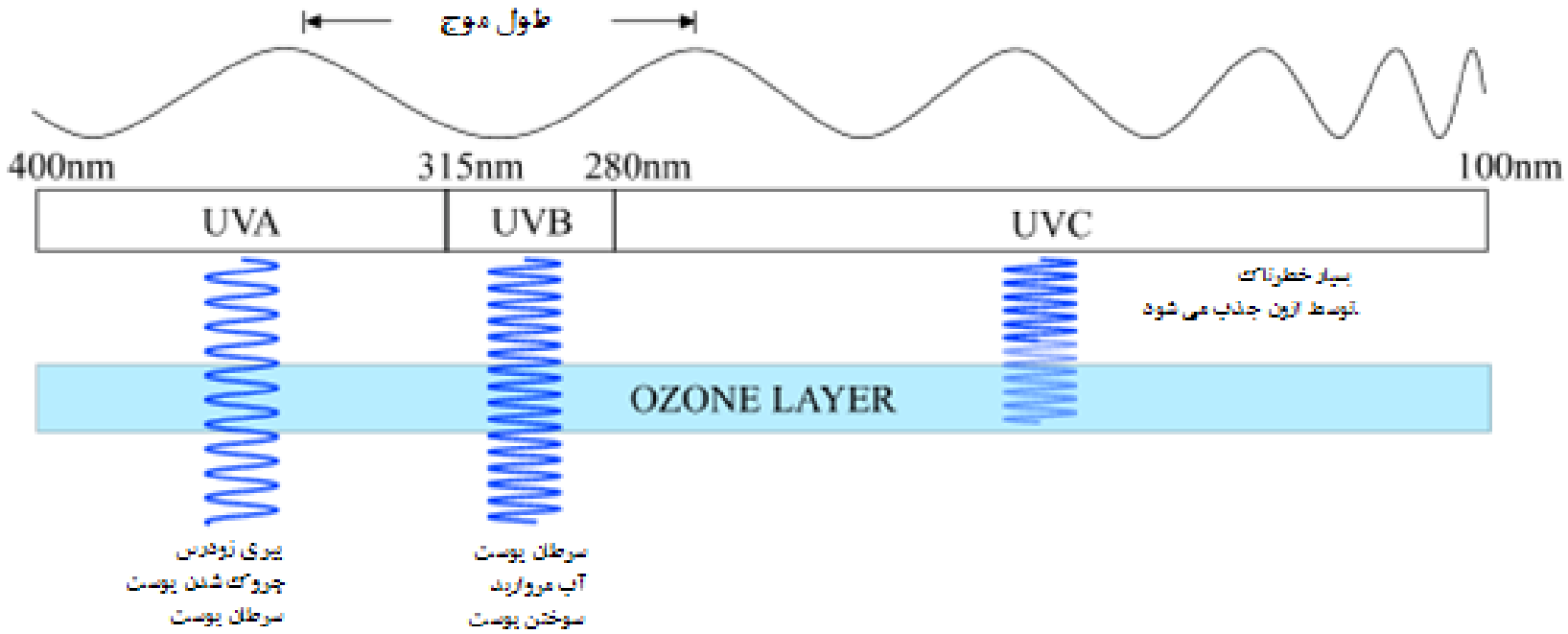
۳) UV_A: ۳۱۵ تا ۴۰۰ نانومتر

باندهای پرتوهای ماوراء بنفش



- باندهای A و B که دارای طول موج بلندتری هستند بیشترین اثرات بیولوژیکی را ایجاد می کنند.
- طول موج های کوتاهتر از ۲۰۰ نانومتر از نظر بیولوژیکی غیرفعال هستند و فقط در محیط خلاء یا محیطهای بسته می توانند وجود داشته باشند، چون در فاصله کوتاهی جذب می شوند.
- طول موج های ۲۰۰ تا ۲۹۰ نانومتر عمدتاً در لایه شاخی پوست یا قرنیه چشم جذب می شوند. در صورتی که طول موج های بلندتر می تواند بر درم، عدسی و عنبیه چشم اثر بگذارند.

اثرات پرتوهاي فرا بنفش



منابع اشعه UV:

- از منابع مهم تولید کننده اشعه UV خورشید است ولی بخش مهمی از این اشعه توسط لایه ازن جذب می گردد و تخریب لایه ازن می تواند این اشعه خطرناک را که ازدیاد آن منجر به سرطان پوست می شود، به زمین بفرستد.
- وقتی نور خورشید از جو زمین می‌گذرد، تمام پرتوهای فرابنفش نوع C و تقریبا ۹۰ درصد پرتوهای فرابنفش نوع B توسط لایه ازن، بخار آب، اکسیژن و دی‌اکسیدکربن جذب می‌شوند و UV_A کمتر توسط جو زمین تاثیر می‌پذیرد. بنابراین پرتوهای فرابنفشی که به زمین می‌رسد، از پرتوهای فرابنفش نوع A(۹۵٪) و کمی از پرتوهای نوع B است.

- میزان اشعه UV_A و UV_B در طول روز یکسان نیست.
- مقدار اشعه UV_B از ده صبح تا چهار بعدازظهر بیشتر است وحداکثر اشعه UV_B هنگام ظهر است. لذا دوری از آفتاب بخصوص در این ساعات از اهمیت بیشتری برخورداراست.
- مقدار اشعه UV_A تقریبا درطول روز ثابت است.
- از شیشه معمولی فقط UV_A عبور می‌کند.
- اشعه UV_B عامل اصلی آفتاب سوختگی و قرمز شدن پوست درمقابل آفتاب است.
- اشعه UV_A به قسمتهای عمیق تر پوست نفوذ می کنند(در مقایسه با UV_B)و عامل اصلی پیری و چروک پوست است. همچنین در تیره و برنزه شدن پوست نیز نقش دارد.

منابع اشعه UV:

- از جمله منابع عمده دیگر UV عبارتست از: لامپهای پرفشار یا کم فشار بخار جیوه، فلورسنت، دستگاههای جوشکاری، لیزر و ...

کاربرد پرتو فرابنفش

- برای ضد عفونی کردن آبها
- تخریب نسوج
- تخریب باکتریها
- تهیه ویتامین D
- معالجه امراض پوستی

مشاغل در معرض UV:

- نور طبیعی خورشید: کشاورزان – باغبانان – ماهیگیران – کارگران راه آهن – پلیس –پرسنل نظامی–کارگران ساختمان سازی و ...)بیشتر آسیبهای ناشی از UV در این گروه وجود دارد(مواجهه با نور خورشید در ساعات ۱۰ صبح تا ۳ بعد از ظهر رخ می دهد)
- جوشکاری: جوشکاران – کارگران خط لوله – برشکاران لوله و...
- UVمیکروب کش: پزشکان – پرستاران – دندانپزشکان – تکنسین های آزمایشگاه – آرایشگران و...
- پروسه های خشک کردن: چاپگران – نقاشان – لیتوگرافان – کارگران پلاستیک و ...

اثرات زیست شناختی پرتو فرابنفش:

- به علت آنکه اشعه UV نفوذ نسبتاً ضعیفی دارد تنها اعضایی که بر آنها اثر می گذارد چشم و پوست است.
- عواملی که بر شدت آسیب اثر می گذارند شامل مدت مواجهه، شدت تابش، فاصله از منبع تشعشع و جهت فرد در معرض نسبت به منبع مولد می باشد.
- بازتاب UV از آب و برف یا سطوح محیطی دیگر می تواند بر شدت تماس بیفزاید.

الف) اثرات پوستی:

۱) **قرمزی پوست:** مؤثرترین طول موج در ایجاد این عارضه طول موج ۲۹۶ نانومتر است که در ناحیه متوسط فرابنفش قرار دارد.

۲) **تیرگی پوست:** معمولا پس از قرمزی، تیرگی پوست ایجاد می شود. اما تیرگی بیشتر بوسیله پرتوهایی با طول موج ۳۰۰ تا ۳۶۰ نانومتر ایجاد می شود.

۳) **سرطان پوست:** موارد زیادی از سرطان پوست در کسانیکه به علل شغلی مانند کشاورزان، ماهیگیران و قایقرانان، مدتهای طولانی در معرض تابش مستقیم آفتاب قرار داشته اند مشاهده شده است.

...

۴) آفتاب سوختگی:

- تیره شدن رنگ پوست، ایجاد شیارهای عمیق در پوست و ایجاد واکنشهای حساسیت به نور(photosensivity)(واکنش غیرطبیعی پوست به اثرات اشعه ماوراء بنفش در نور خورشید)
- حساسیت به آفتاب سوختگی با رنگ پوست تغییر می کند.
- عامل اصلی: UV_B

۵) چین و چروک و پیری پوست:

- لکه لکه شدن پوست و ایجاد چین و چروک، نشانه هایی از آسیب پوستی است که می تواند منجر به آسیب های شدید پوستی و حتی سرطان پوست شود.
- عامل اصلی: UV_A

انواع پوست

نوع پوست	رنگ	سوختگی	برنزه شدن
I	خیلی بور و روشن	همیشه	هرگز
II	بور	معمولاً	به سختی
III	طبیعی	گاهی اوقات	معمول
IV	تیره خفیف	به ندرت	به آسانی
V	تیره	خیلی به ندرت	خیلی آسان
VI	خیلی تیره/سیاه	نمی سوزد	خیلی آسان

...

افراد درمعرض خطر بیشتر:

-دارای پوست روشن

-دارای پوستی که به سختی برنزه می شود

-آفتاب سوختگی مکرر

-سابقه xeroderma pigmentosa: در معرض ابتلا به ملانوم بدخیم

ب) اثرات چشمی:

۱) آب مروارید(کاتاراکت):

- علت عمدهٔ کوری در دنیا می باشد. اثر پرتو بر پروتئینهای عدسی چشم، سبب از هم باز شدن، درگیر شدن و تجمع رنگدانه ها شده که سبب کدورت عدسی شده و در نهایت منجر به کاتاراکت می شود.
- با این وجود آب مروارید در درجات مختلف در اغلب افراد با توجه به سن، در معرض بودن خورشید و در معرض بودن خاص نسبت به UV_B به عنوان عوامل خطرزای اصلی گسترش آب مروارید می باشند.

کاتاراکت

A cataract is an opacity of the normally clear lens which may develop as a result of aging, metabolic disorders, trauma or heredity

...

۲) التهاب ملتحمه و قرنیه:

- تابش پرتو فرابنفش به چشم به میزان زیاد باعث التهاب قرنیه و ملتحمه آن می گردد.
- فعالیت حداکثر در ایجاد این عوارض در محدوده طول موج ۲۸۸ نانومتر می باشد.
- علائم حاصل از اثر پرتو پس از چند ساعت تابش ظاهر می گردد که عبارتند از: التهاب ملتحمه، نورترسی(فوتوفوبیا)، درد چشم، التهاب پلک(بلفاریت)، اشک ریزش و احساس سوزش در چشم.

کنژنکتیویت یا التهاب ملتحمه (Conjunctivitis)

التهاب قرنیه یا کراتیت

...

۳) تخریب سیاهی چشم:

- این تخریب باعث اختلال در دید می شود و با آسیب دیدن مرکز شبکیه چشم بوجود می آید.
- این اختلال به شکل تشکیل نقطه تاریک در دید و کدر شدن یا به هم ریختگی تصویر می باشد.
- این آسیب بسیاری از فعالیتهای روزانه مثل مطالعه و رانندگی را بسیار سخت می کند.

...

۴) سوختگی یا برف کوری(نور زدگی)(Snow Blindness):

- چنانچه چشم در معرض تابش شدید پرتو فرابنفش قرار گیرد مثل هنگام راه رفتن در برف (بدون محافظت چشم)، آنگاه چشم بطور موقتی دچار سوختگی یا همان برف کوری می گردد که گرچه موقتی است ولی دردناک بوده و باعث قرمزی چشم و التهاب سطح چشم می گردد.
- علائم: درد – تورم – تاول – التهاب چشم – ریزش اشک – ترس از نور

سوختگی یا برف کوری(نور زدگی)(Snow Blindness)

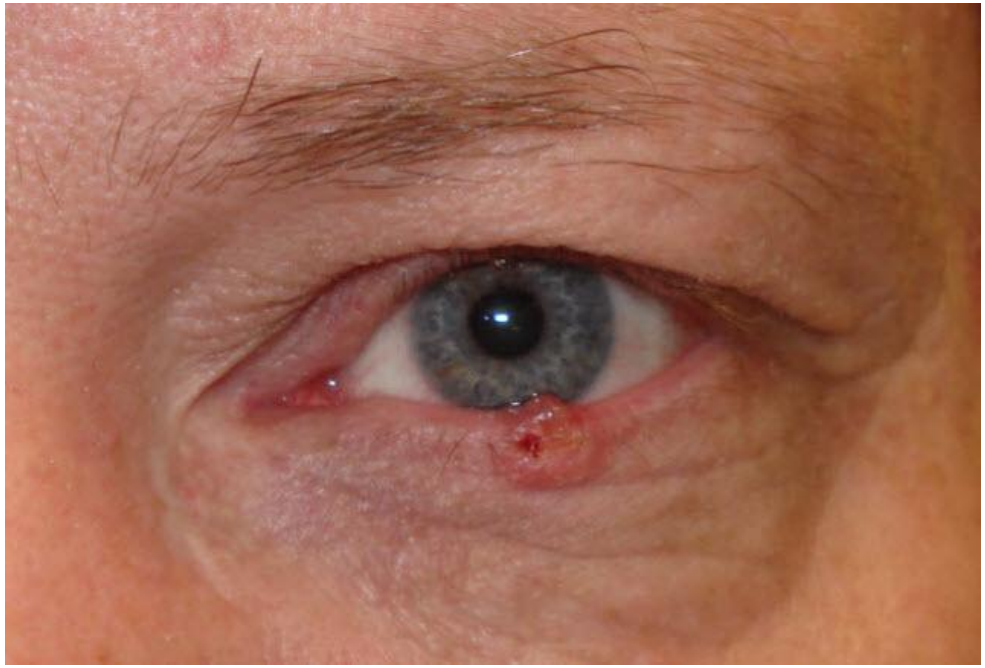
۵) گل مژه:

- توده ای غیرطبیعی و عموماً غیرسرطانی که در گوشه چشم رشد می کند.
- گل مژه ممکن است روی قرنیه نیز تشکیل شود.
- گل مژه دید را محدود می کند و گاهی برای برداشتن آن نیاز به عمل جراحی است.

...

۶) سرطان پلک:

- تکرار قرارگرفتن در معرض اشعه ماورای بنفش حتی می تواند منجر به سرطان پلک شود.



اثرات مواجهه با اشعه ماوراء بنفش

۱- اثرات چشمی(حاد و مزمن)

۲- اثرات پوستی(حاد و مزمن)

اثرات حاد چشمی مواجهه با اشعه ماوراء بنفش

❖ فتوکراتوکنژنکتیویت:

- واکنش التهابی در ملتحمه و قرنیه
- تماس چشمی با طول موجهای کوتاهتر از ۳۱۵ نانومتر بویژه ۲۷۰ نانومتر که چشم بالاترین حساسیت را به آن دارد منجربه این آسیب می شود.
- علایم ۶ تا ۱۲ ساعت پس از مواجهه آغاز شده و شامل: درد شدید، ترس از نور(فتوفوبی)، احساس جسم خارجی یا شن ریزه در چشم و اشکریزش می باشد.

...

❖ کاتاراکت:

- مواجهه شدید با طول موجهای ۲۹۵ تا ۳۲۰ نانومتربدلیل ایجاد اثرات فتوشیمیایی و حرارتی در عدسی سبب ایجاد کاتاراکت درعرض ۲۴ ساعت ازمواجهه می شود.

- درمان: جراحی

اثرات مزمن چشمی مواجهه با اشعه ماوراء بنفش

- **ناخنک(pterygium):**رشد خوش خیم درونی بافت فیبری عروقی ملتحمه به داخل قرنیه

- **pinguecula:** رشد خوش خیم بافت همبند ملتحمه که منجر به ایجاد یک ضایعه زرد رنگ روی قسمت سفید چشم می شود- به داخل قرنیه رشد نمی کند.

...

❖ **keratitis:** التهاب قرنیه

مطالعات اپیدمیولوژیک ارتباط بین اثر فوق و مواجهه مزمن با **uv** را نشان داده اند.

اثرات حاد پوستی مواجهه با اشعه ماوراء بنفش

❖آفتاب سوختگی:

- شایعترین اثر حاد مواجهه با uvاست که در اثر واکنش با مواد فعال نوری در پوست ایجاد می شود.
- ۲ تا ۲۴ ساعت پس از مواجهه قرمزی پوست رخ می دهد که این قرمزی بدنبال مواجهه با طول موجهای ۲۹۰ تا ۳۲۰ نانومتر شدید تر بوده و با ادم، تاول، پوسته ریزی، تب و لرز وتهوع و به ندرت کلاپس عروقی همراه است.
- حساسیت به آفتاب سوختگی با رنگ پوست تغییر می کند.

اثرات مزمن پوستی مواجهه با اشعه ماوراء بنفش

❖ پیری پوست:

- در کشاورزان و ماهیگیران در نواحی در معرض نور آفتاب مانند صورت، پشت گردن و دستها
- علایم: خشکی پوست،چین و چروک عمیق پوست، شیارهای پوستی برجسته، لکه لکه شدن پوست و تلانژکتازی
- در بیشتر تحقیقات، UV_A مسوول اصلی آن بوده است.

❖ ضایعات پوستی بدخیم:

- اشعه UVدر طول موج ۲۵۶ تا ۳۲۰ نانومتر آسیب رسان می باشد.

۲. پرتوهای مرئی:

- پرتوهای مرئی یا دیدگانی را بیشتر با نام روشنایی می شناسیم. دسته ای از امواج که در گستره پرتوهای الکترومغناطیس بوده و طول موج آنها در فاصله ۴۰۰ تا ۷۶۰ نانومتر قرار دارد.

- از جمله کاربردهای گسترده شناسایی نور مرئی، استفاده از آن در طراحی روشنایی محیطهای کار و زندگی است. فعالیت های فیزیولوژیک و روانی بدن، به طور خودآگاه و ناخودآگاه متأثر از میزان روشنایی است و طراحی صحیح روشنایی علاوه بر تامین و ارتقای سلامتی از نظر فاکتورهای مربوطه به بهبود راندمان و بهره وری در کار می انجامد.

عوارض ناشی از ازدیاد نور:

- خیرگی(مهمترین عارضه)
- علائم خیرگی با احساس ناراحتی و درد در چشم، کم شدن حس بینایی، ترس از نور و ریزش اشک پدید می آید.

عوارض ناشی از کمبود نور:

- در کارهای ظریف و دقیق: اختلال و کاهش بینایی
- این عوارض شامل: فشار در چشم، سردرد، سرگیجه، خستگی، بی میلی نسبت به کار و نیستاگموس حرفه ای(باعث بروز حرکات غیرطبیعی در چشم)

۳. پرتو مادون قرمز(IR (Infra Red:

- پرتو مادون قرمز (فروسرخ) بخشی از طیف الکترومغناطیس است که در طیف بین پرتوهای مایکروویو و نور مرئی قرار می گیرد و طول موج آن بین ۷۶۰ نانومتر تا ۱ میلیمتر است.

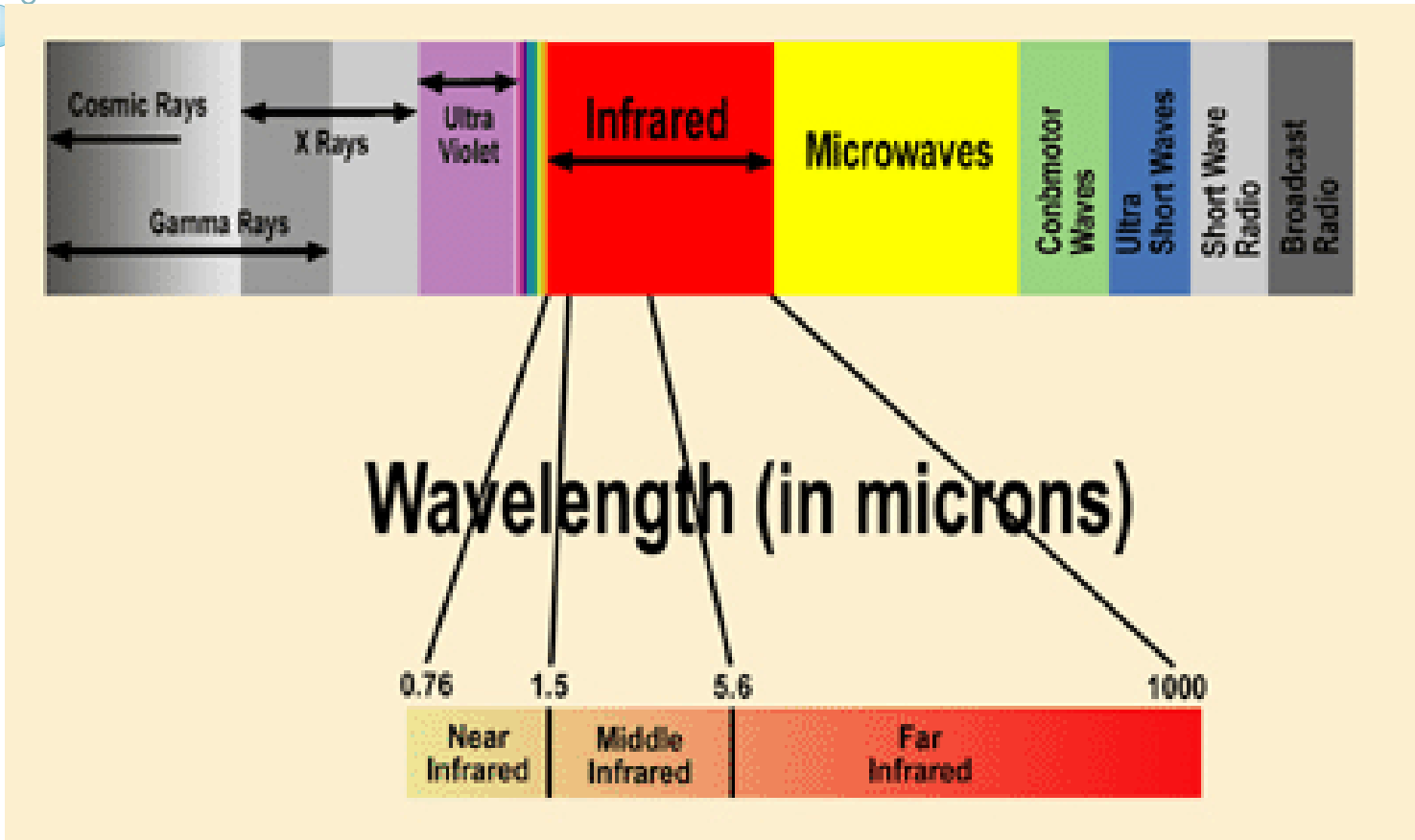
- این پرتو شامل سه طیف زیر می باشد:

A) ۷۶۰ تا ۱۵۰۰ نانومتر(نزدیک)

B) ۱۵۰۰ تا ۵۶۰۰ نانومتر(متوسط)

C) ۵۶۰۰ نانومتر تا ۱ میلیمتر(دور)

باندهای پرتوهای مادون قرمز



منابع پرتو مادون قرمز:

- نمونه هایی از فعالیتهایی که پرتو مادون قرمز را تولید می کنند عبارتند از:
  - جوشکاری
  - عملیات کوره
  - عملیات ریخته گری
  - لیزر با شدت بالا

منبع طبیعی

- بزرگ ترین منبع طبیعی پرتو فروسرخ، خورشید است. مقداری از نور آفتاب که به ما می رسد، دارای پرتو فروسرخ کوتاه است، زیرا پرتوهای فرو سرخ بلند آن در طبقات هوا جذب شده اند.

منبع مصنوعی

- اجسام ملتهب: بهترین منبع مصنوعی برای پرتو فرو سرخ می باشند که طول موج آنها بر حسب درجه حرارت تغییر می کنند.

کاربرد پرتو مادون قرمز:

- ترموگرافی و فیزیوتراپی، طیف سنجی، کوره های حرارتی، فرهای مادون قرمز، لامپهایی مادون قرمز
- پرتو فرو سرخ برای تشدید جریان خون موضعی، درمان آماس مفاصل، دردهای ماهیچه ای، بیماریهای عروقی، دررفتگی و محدودیت حرکات مفصلی نیز استفاده می شود.

اثرات زیست شناختی پرتو مادون قرمز:

- مهمترین اثر زیست شناختی پرتو مادون قرمز به علت افزایش دمای بافت، پس از جذب پرتو، می باشد.
- پرتو مادون قرمز به طور عمده به وسیله پوست و چشم جذب می گردد و نفوذ آنها در لایه های داخلی پوست بسیار کم است. حداکثر عمق نفوذ پرتو مادون قرمز در پوست سه میلیمتر است.
- از عوارض مهم پرتو مادون قرمز روی پوست، ایجاد سوختگی حاد و تیرگی پوست می باشد.

- اثر این پرتو روی عدسی چشم باعث ایجاد آب مروارید(کاتاراکت) شده که به اصطلاح آب مروارید شیشه سازان نامیده می شود. ولی در حال حاضر این عارضه در کارگران ذوب فلز و کارگران کوره نیز مشاهده می گردد. علت ایجاد آب مروارید گرمای حاصل از این پرتو می باشد و چون عدسی چشم فاقد عروق خونی است به همین دلیل نمی تواند گرمای جذبی را دفع نموده و در نتیجه بتدریج آسیب می بیند. دورهٔ کمون این عارضه را ۱۵ تا ۲۰ سال ذکر نموده اند.
- تابش پرتو به میزان زیاد روی چشم سبب سوختگی شبکیه می شود.

۴. ماکروویوها و امواج رادیویی :

- امواج رادیوفرکانس (RF) و مایکروویو (MW) دسته ای از پرتوهای غیریونیزان را تشکیل می دهند که دارای فرکانس در محدودهٔ ۳ کیلوهرتز تا ۳۰۰ گیگاهرتز می باشند.
- مواجهه با این تابش می توانند شغلی و یا غیرشغلی باشد.

- میدان مغناطیس ثابت: کره زمین مهم ترین منبع تولید کننده میدان مغناطیسی ثابت است.

- کابلهای برق و ژنراتورهای DC(مترو)، راکتورهای هسته ای و شتابدهنده های ذرات از جمله مهمترین منابع مصنوعی تولید کننده های میدان مغناطیسی ثابت هستند. در مراکز ساخت آهنرباهای دائم و مراکز تولید مواد مغناطیسی نیز میدان مغناطیسی ثابت وجود دارد.

مشاغل مرتبط:

- مواجهات شغلی عبارتند از:خشک کن ها، دستگاه های چسب، صنعت پلاستیک، استریل کننده ها، کار در کنار سیستم های ارتباطی: رادیو و تلویزیون، کنترل ترافیک از راه دور، بیسیم، رادار و نیز کار در کنار ترانسمیترهای مایکروویو می باشد.

- مواجهات غیرشغلی، مشتمل بر اجاق های مایکروویو خانگی، رادیو تلویزیون، تلفن همراه و ... می گردد.

منابع محیطی:

- منابع پرتوان که دارای شدت ۱ وات بر متر مربع در فاصله ۱۰۰ متری از منبع می باشند شامل:

- فرستنده های رادیویی
- فرستنده های UHF و VHF
- رادارهای کنترل ترافیک هوایی
- رادارهای جوی
- سیستم های ارتباطی نظیر ترمینالهای زمینی ارتباطات ماهواره ای

- منابع کم توان که دارای شدت ۱۰ وات بر متر مربع یا کمتر در فاصله ۱۰ متری از منبع می باشند شامل:

سیستم هایی بر پایه مایکروویو که در ارتباطات تلفنی، تلویزیونهای کابلی و اجاقهای مایکروویو مورد استفاده قرار می گیرند.

تابش های شغلی:

- در فعالیت های صنعتی امواج رادیویی برای گرم کردن مواد دی الکتریک مورد استفاده قرار می گیرند نظیر خشک کردن پلاستیک ها

- کارکنان مربوط به سیستم های ارتباطی و رادار در برابر میدان هایی با شدت کم قرار می گیرند.

- کارکنان اتاقهای فرستنده های رادیویی و محلهای نزدیک به پایه برجهای فرستنده معمولاً در برابر شدت میدان کمتر از ۱ وات بر متر مربع قرار دارند ولی کارکنان برجهای تلویزیونی می توانند در معرض میدانهای با شدت بالا قرار گیرند.

اثرات:

- اثرات حرارتی: اولین مکانیسم برخوردی این دسته از پرتوها با ماده ایجاد تحریک در چرخش و یا نوسان مولکولی (همچون آب) است که باعث افزایش گرمای بافت می شود. قسمتهای تحت تأثیر بیشتر، اعصاب مرکزی، چشم و پوست می باشند.
- اثرات غیرحرارتی: در این صورت ساختار مولکولی مستقیما با مکانیسم های اثر مولکولی، عدم توازن و اثر میدانهای الکتریکی و مغناطیسی تحت تأثیر قرار گرفته و باعث تغییرات سلولی می شود.

اثرات بهداشتی و بیولوژیکی میدانهای الکتریکی و مغناطیسی:

- تغییر در یون و پروتون در طول غشای سلولی
- دخالت در سنتز DNA
- تأثیر بر سلول، هورمون و آنزیم و درنتیجه اثر بر فرایند رشد سلول
- تأثیر برروی محرکهای ایمنی سلول
- تأثیر بر سلولهای سرطانی
- اثرات جنینی و نقص مادرزادی در اثر تماس زیاد با امواج رادیویی و مایکروویو در ایستگاههای الکتریکی

- اثر میدانهای الکتریکی بر سیستم گردش خون
- مشاهده کروموزومهای شکسته شده در لنفوسیتهای کارگران در ایستگاههای الکتریکی
- مشاهده سرطان و لوسمی در کودکانی که منازل آنها در نزدیکی خطوط جریان الکتریکی بوده است.
- مشاهده نمونه هایی از سرطان مغز و لوسمی در اثر تماس زیاد با میدانهای الکتریکی و مغناطیسی در کارگران در مشاغل الکتریکی و الکترونیکی

سنجش پرتوهای غیریونساز

تعیین شدت پرتو

- برای تعیین میزان خطرناکی پرتو، لازم است، شدت پرتو در محل قرارگرفتن هرشخص به خصوص در محل قرار گرفتن چشم تعیین شود.

- در برخی شرایط می توان شدت پرتو را با دقت خوب محاسبه کرد.

- در اغلب موارد شدت پرتو باید با اندازه گیری تعیین شود.

تعیین شدت پرتو- محاسبه

- برای منابع نقطه ای شدت نور از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$E = \frac{P}{A}$$

- E= شدت نور
- P= توان منبع نور
- A= مساحت سطحی است که تمام نقاط آن بطور همزمان از منبع، پرتو دریافت می کنند.

- در اغلب موارد، محاسبه شدت نور توسط رابطه ی فوق دقت کافی نداشته و فقط تخمینی از شدت واقعی پرتو را بدست میدهد زیرا:

- انعکاس نور از سطوح موجود در محیط

- جذب نور توسط موانع موجود در مسیر نور

- یکنواخت نبودن تابش منبع

بررسی میزان خطرناکی پرتوها در محیط کار

- میزان خطرناکی پرتو در محیط کار به طول موج یا بسامد و شدت پرتو در محل استقرار فرد بستگی دارد.

- برای اندازه گیری شدت هر نوع پرتو باید از دستگاه مخصوص همان نوع پرتو استفاده کرده و اعداد بدست آمده را با حدود مجاز پرتوگیری طبق استاندارد ملی ایران برای آن نوع پرتو مقایسه کرد و میزان خطرناکی پرتو در محیط را تخمین زد.

اندازه‌گیری پرتوهای نوری

- کمیت مورد اندازه‌گیری = چگالی یا شدت پرتو برحسب وات برمترمربع

- محل اندازه‌گیری= محل استقرار شخص (پوست و چشم)

- پرتوهای نوری با طول موج‌های مختلف و شدت یکسان اثرات مشابهی ندارند و میزان تخریب سلولی آن‌ها متفاوت است.

اندازه‌گیری پرتوهای نوری(ادامه)

- برای بررسی میزان خطرناکی پرتو باید شدت آن در هر طول موج در ضریب تاثیر طول موج بر بدن ضرب شود.

- حاصلضرب چگالی(شدت) پرتو در ضریب تاثیر طول موج= **چگالی(شدت) مؤثر پرتو**

- چگالی(شدت) موثر کل= مجموع چگالی(شدت)های مؤثر

اندازه‌گیری پرتوهای نوری(ادامه)

- هرچه ضریب تاثیر پرتو بر بدن بیشتر باشد، پرتو اثر تخریبی بیشتری بر بافت دارد.
- برای بررسی خطرات پرتوهای نوری لازم است شدت مؤثر پرتو تعیین شود.
- چگالی(شدت) پرتو به نحوه تاثیرگذاری طول موج‌های مختلف بر بدن بستگی ندارد.
- چگالی(شدت) مؤثر پرتو به نحوه تاثیرگذاری طول موج‌های مختلف بر بدن بستگی دارد.

دستگاه‌های اندازه‌گیری پرتوهای نوری

- **اسپکتروراديومترها**
- اندازه‌گیری چگالی پرتو در هر طول موج؛
- معمولا بسیار گران‌قیمت؛
- نیاز به آموزش برای کاربرد دستگاه؛
- دقت بسیار خوب.

خرید اسپکتروراديومتر برای یک مرکز در صورتی اقتصادی است که طیف وسیعی از پرتوهای نوری نیاز به اندازه‌گیری داشته‌باشد.

دستگاه‌های اندازه‌گیری پرتوهای نوری

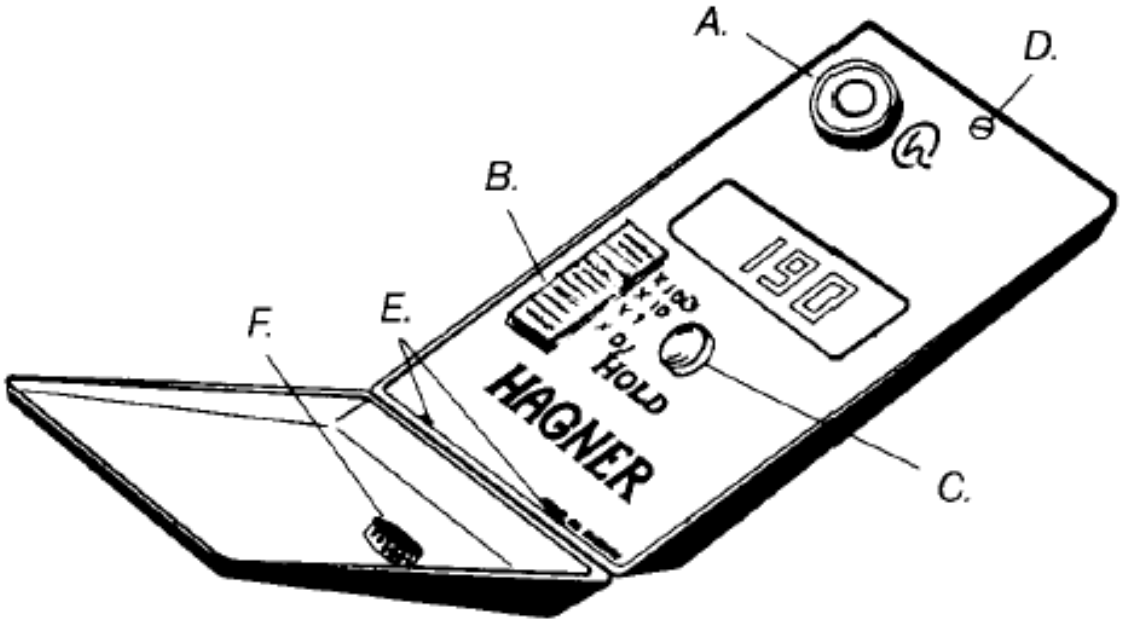
- **رادیومترها**
- اندازه‌گیری چگالی پرتو در محدوده‌های از پیش تعیین شده طول موج؛
- ارزان‌قیمت تر از اسپکتروورادیومترها؛
- کاربرد ساده‌تر از اسپکتروورادیومترها؛
- دقت کمتر از اسپکتروورادیومترها- ولی عموما دارای دقت کافی در عمل.

نحوه اندازه گیری عملی پرتوهای غیریونساز:

- اولین اقدام در فرایند اندازه گیری امواج، جمع آوری اطلاعات لازم در محیط کار و نحوه مواجهه افراد است.
- بدین منظور می بایست مشخصات فنی منابع و همچنین مشخصات امواج انتشار یافته از منابع به ویژه از لحاظ فرکانسی، ساعات مواجهه افراد، تعداد افراد در معرض و محل های تردد و ایستگاههای کاری مشخص گردیده و در داخل برگه های مخصوص ثبت گردد.

دستگاه سنجش پرتو فرابنفش

Digital UV-A radiometer



The controls and other parts of the Radiometer

A. Detector
B. Range switch
C. Holdbutton
D. Screw for coverplate
E. Locking bosses for the coverplate
F. Magnet that switches the instrument on and off

UV-A/B and UV-C Light Meters

Range: 1 μW/cm^2 to 40 mW/cm^2

اندازه گیری روشنایی(پرتو مرئی):

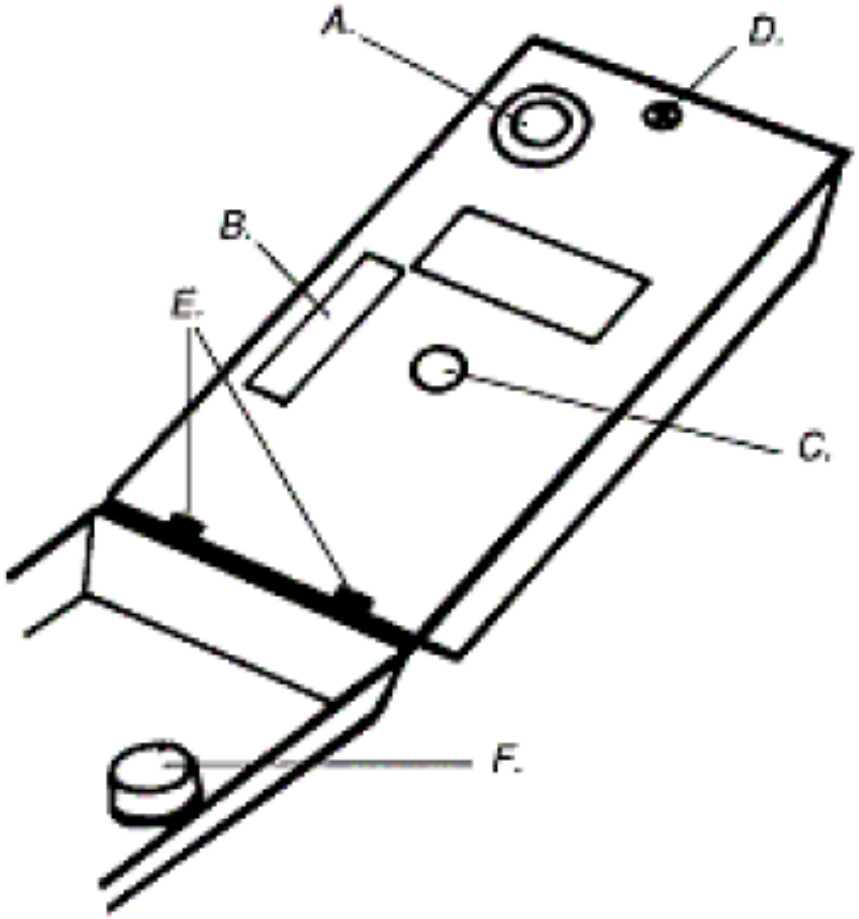
- اندازه گیری شدت روشنایی با دستگاه لوکسمتر(Luxmeter) یا نورسنج(Photometer) انجام می شود.
- لوکسمتر وسیله اندازه گیری «شدت روشنایی» با واحد لوکس می باشد، دستگاه مورد نظر «شدت نور» بر سطح سنسور را حس نموده و با توجه به ضرایب تبدیل اختصاص داده شده به دستگاه دیجیتالی، شدت روشنایی محلی که سنسور در آن واقع شده است را نشان می دهد.

دستگاه اندازه گیری روشنایی(پرتو مرئی):

دستگاه اندازه گیری روشنایی(پرتو مرئی):

دستگاه سنجش پرتو مادون قرمز

- The Hagner EC1 IR Digital Radiometer



The controls and other parts of the Photometer
A Detector
B Range switch
C Holdbutton
D Screw for coverplate
E Locking bosses for the coverplate
F Magnet that switches the instrument on and off

اندازه گیری امواج مایکروویو و رادیوفرکانسی:

- جهت تعیین میزان مواجهه می توان شدت مؤثر میدان الکتریکی یا میدان مغناطیسی را اندازه گیری کرد.
- دستگاههای اندازه گیری معمولاً شامل آنتن دریافت کننده، آشکارساز، یک تقویت کننده و نمایشگر می باشد.
- آنتن و آشکارساز به صورت کلی پروب یا جستجوگر نامیده می شود.

- اغلب پروبهای دستگاههای اندازه گیری به صورت تمام جهت هستند تا پاسخی صحیح که نحوه و جهت نگهداری پروب دستگاه اندازه گیری تأثیری در آن نداشته باشد، ایجاد نمایند.
- در صورتیکه از آنتن تمام جهت استفاده نشود آنتن را جهت دار (directional)گویند. بنابراین می بایست در زمان اندازه گیری، جهت میدانهای الکتریکی و مغناطیسی را تعیین و سپس متناسب با جهت میدانهای منبع، جهت نگهداری آنتن تعیین گردد.

- اندازه گیری میدانهای رادیوفرکانسی معمولاً می بایست در ایستگاه کاری و محل کار کارگر انجام گیرد.
- توصیه می شود میانگین فضایی شدت امواج در اطراف سطح بدن کارگر تعیین گردد. بنابراین لازم است پروب دستگاه اندازه گیری در سطح زمین نگاه داشته شود و با فواصل عمودی۲۵سانتی متری در راستای بدن بالا آورده شود و در هر فاصله نتایج قرائت گردند.

تجهیزات اندازه گیری میدانهای مغناطیسی استاتیک (DC)

مانیتور فردی مدل HI 3550

HI-3550 SPECIFICATIONS

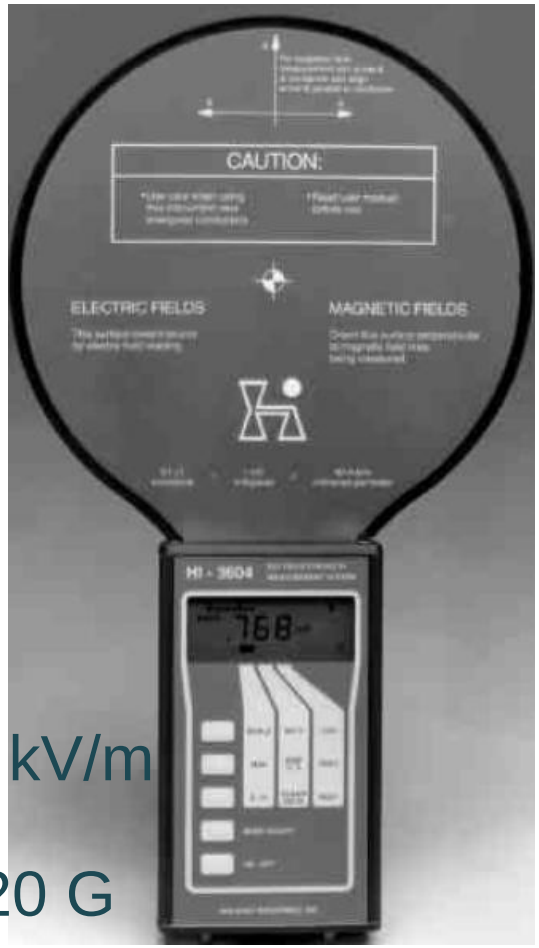
Measurement Range	0.1 mT to 0.3 T
DC Measurement Accuracy	0.1 mT to 0.5 mT ± 0.05 mT 0.5 mT to 0.3 T ±10 %
Measurement Update Period	3 seconds
Measurement Modes	Instantaneous (with Peak Hold function) Integrating (mT-hours)
Alarm Function	Instantaneous and Time Integrating
Operating Temperature Range	0°C to 50°C
Batteries	4 AAA alkaline cells
Weight	150g (5.3 oz.)

تجهیزات اندازه گیری میدانهای الکترومغناطیس در محدوده ELF

HI-3604

ELF Survey Meter

The HI-3604 ELF Survey Meter is designed to evaluate both electric and magnetic fields associated with 50/60Hz power lines, line-powered equipment and appliances.

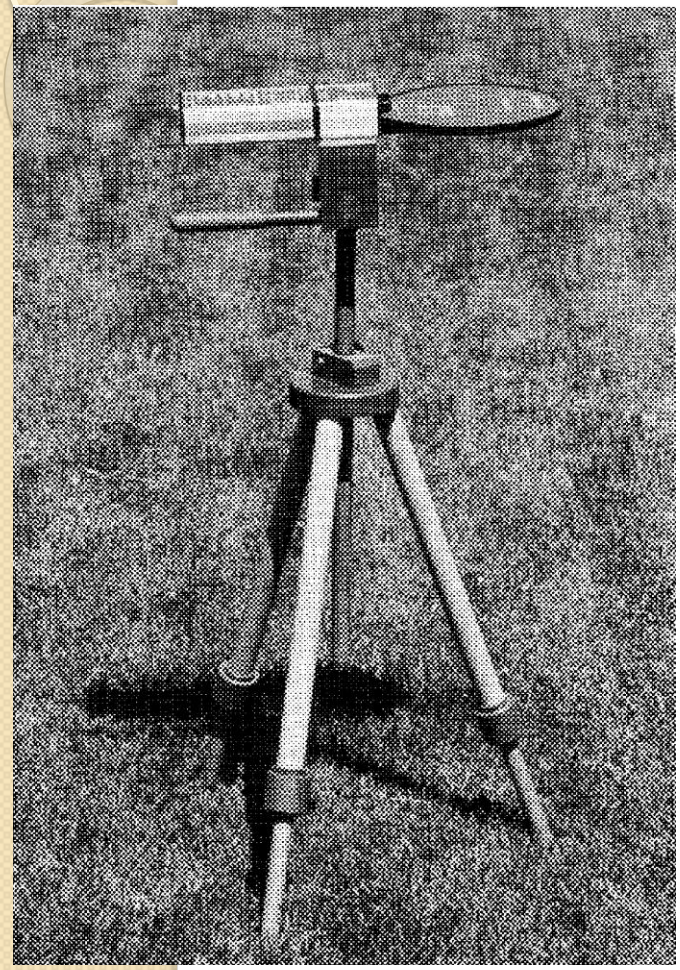


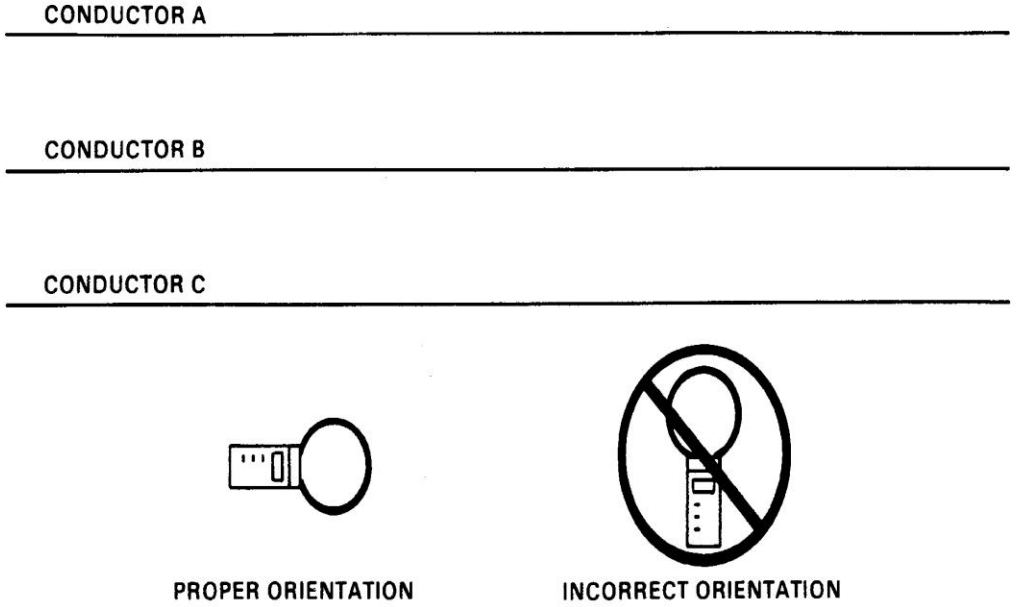
Frequency Response : 30 - 2000 Hz

Sensitivity, Electric Field: 1 V/m - 200 kV/m

Sensitivity, Magnetic Field: 0.2 mG - 20 G

۱– اندازه گیری شدت میدان الکتریکی





۲– اندازه گیری شدت میدان مغناطیسی

تجهیزات اندازه گیری میدانهای الکترومغناطیس در محدوده VLF

VLF Survey Meter

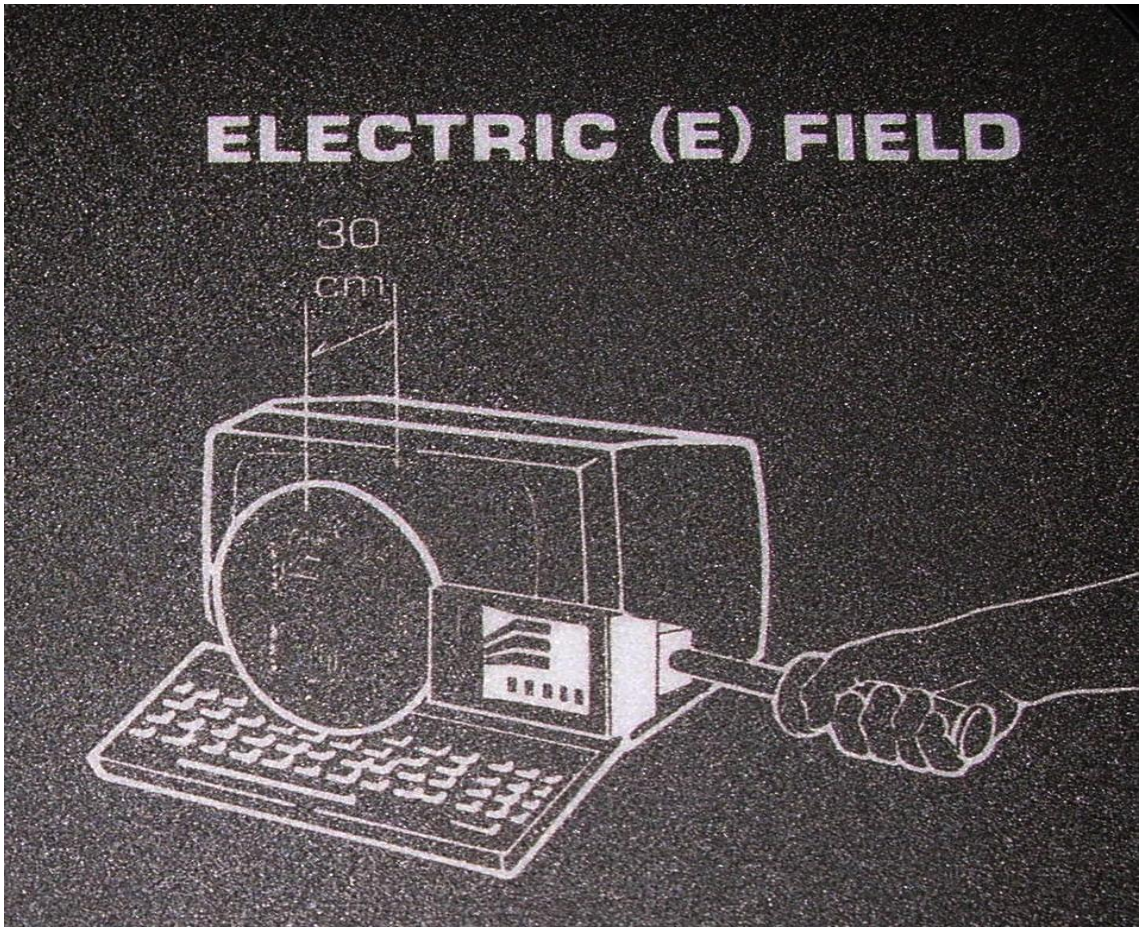
The HI-3603 VLF Survey Meter is specifically designed for measuring the complex electromagnetic field emissions from computer and video display terminals (VDT's).

Frequency Range: 2 kHz – 300 kHz

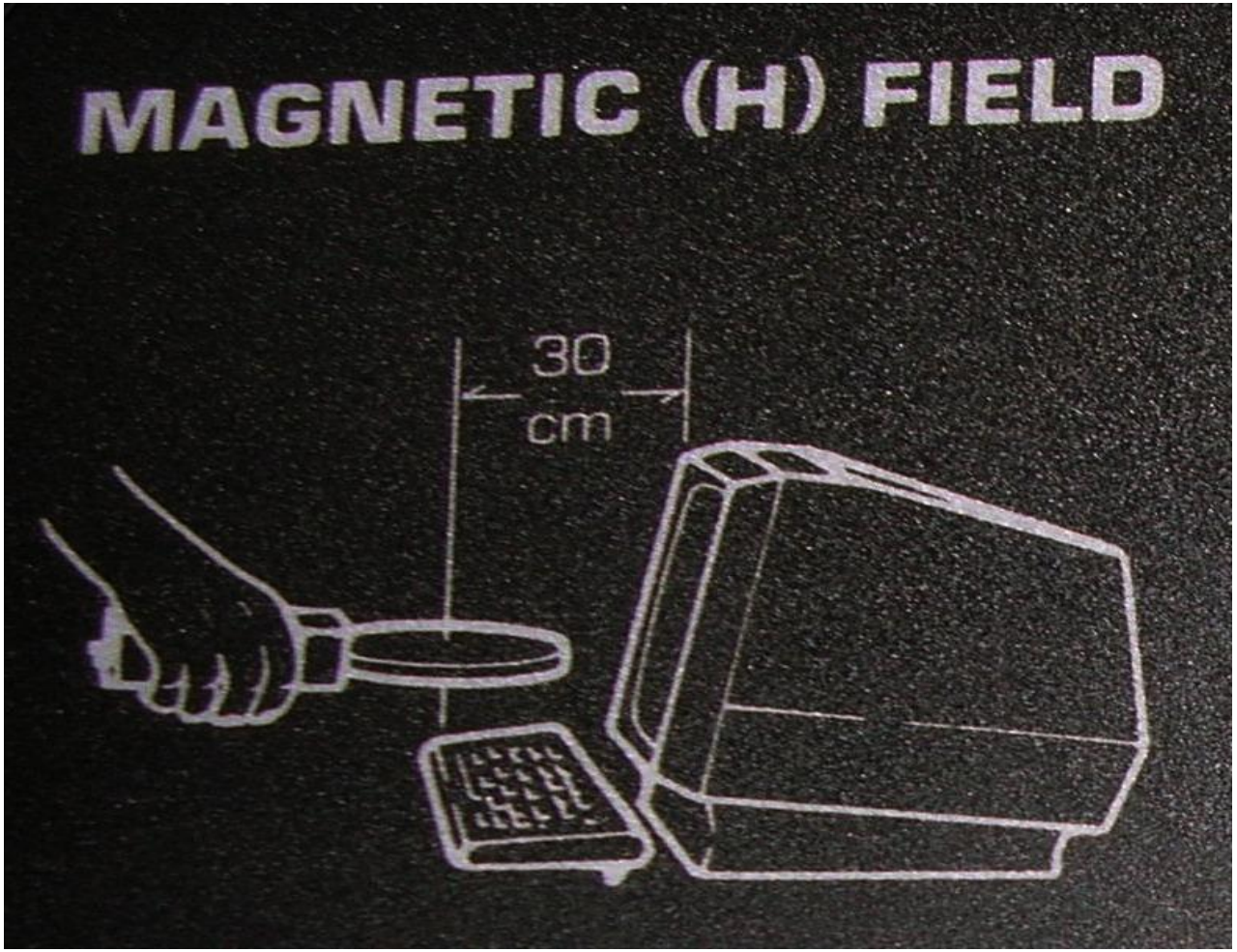
Sensitivity, Electric Field: 1 - 2000 Volts/meter

Sensitivity, Magnetic Field:1 - 2000 Milliamperes/meter

۱– اندازه گیری شدت میدان الکتریکی



۲– اندازه گیری شدت میدان مغناطیسی



RF EMF Strength Meter

Electromagnetic field strength measurement

Monitors high frequency radiation in the 10MHz to 8GHz frequency range

Mobile phone base station antenna radiation measurement

RF power measurement for transmitters

RF EMF Strength Meter

حدود مجاز پرتوهای غیریونساز

محدوده های پرتوهای غیر یونساز و میدانها و شمول استفاده از مقادیر حد مجاز مواجهه

	پرتوهای غیر یونساز													پرتوهای یونساز
ناحیه	زیر رادیو فرکانس		رادیو فرکانس	ماکروویو	مادون قرمز			نورمرئی	فرا بنفش					X-Ray
بهنای موج	ELF				IR-C	IR-B	IR-A		UV-A	UV-B	UV-C			
طول موج	۱۰۰۰ Km	۱۰ Km	۱ m	۱ mm	۳ μm	۱.۴ μm	۷۷۰ nm	۴۰۰ nm	۳۱۵ nm	۲۸۰ nm	۱۸۰ nm	۱۰۰ nm		
فرکانس	۳۰۰ Hz	۳۰ KHz	۳۰۰ MHz	۳۰۰ GHz										
حد مجاز شغلی کاربردی	زیر رادیو فرکانس		رادیو فرکانس و ماکرو ویو					نورمرئی و مادون قرمز نزدیک	فرا بنفش					پرتو یونساز

حدود مجاز پرتوهای نوری

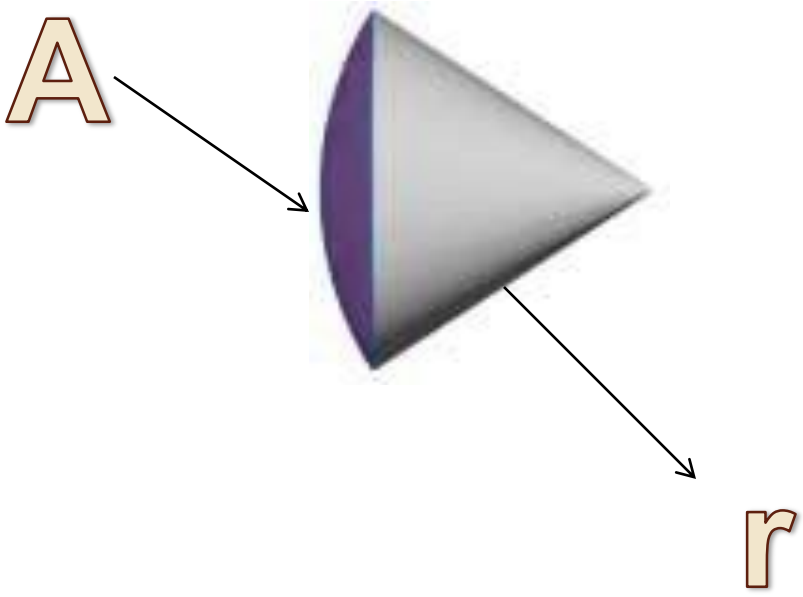
- پس از اندازه‌گیری پرتوهای نوری، بایستی مقادیر به‌دست آمده با حدود مجاز آنها با توجه به استاندارد ملی ایران" پرتوهای غیریونساز- حدود پرتوگیری" با کد مصوب ۸۵۶۷ مقایسه شود.

- کتاب الکترونیکی حدود مجاز مواجهه شغلی-۱۳۹۰(بخش میدانها و پرتوهای غیریونساز- صفحه ۱۴۰)
- مقادیر بالاتر از حد: استفاده از تجهیزات حفاظتی مناسب الزامی

زاویه فضایی(Solid Angle):

- برای شناخت مفاهیم مربوط به نور، آشنایی با زاویه فضایی و واحدش استرادیان لازم است.
- در هندسه دوبعدی، زاویه را می توان قوسی از یک دایره در نظر گرفت که واحد آن رادیان است.
- در هندسه فضایی، زاویه فضایی (زاویه صلب، که معمولاً با Ω نشان داده می‌شود) قوسی از یک کره می باشد و واحد آن استرادیان است.
- چشم انسان یک جسم را در یک زاویه فضایی مشاهده می کند. این زاویه نشان می دهد که آن جسم از دید بیننده چقدر بزرگ بنظر می آید. برای نمونه جسم کوچکی در فاصله نزدیک همان زاویه فضایی ای را می پوشاند که جسم بزرگی در دوردست.

زاویه فضایی



- $\Omega = A/r^2$

کمیت هایی که اندازه گیری می شود.

تابندگی(رادیانس)

- توان تابشی از واحد سطح یک منبع تابش کننده در واحد زاویهٔ فضایی.
- تابندگی معادل شار خارج شده از واحد سطح در واحد زاویهٔ فضایی است. تابندگی برای منبع نور تعریف می شود.
- یکای آن در سیستم بین المللی یکاها (SI) وات بر مترمربع بر استرادیان است.

کمیت هایی که اندازه گیری می شود.

- **تابندگی(رادیانس) موثر**

$$L_{eff} = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_\lambda . R(\lambda) . \Delta\lambda$$

- L_λ، تابندگی در طول موج λ
- $R(\lambda)$،ضریب خطرناکی طول موج λ برای شبکیه
- λ_1 و λ_2، طول موج هایی است که تابندگی موثر بین آن ها به دست می آید.
- یکای تابندگی موثر در سیستم بین المللی یکاها وات بر مترمربع بر استرادیان است.

حد مجاز مواجهه شغلی پرتوهای فرابنفش در طیف های مختلف

نوع پرتو	j/m^2	mj/cm^2
UVA	۳۰۰۰۰	۳۰۰۰
UVB	۱۰	۱
UVC	۴	۰/۴

مدت مجاز مواجهه شغلی با پرتوهای UV در طیف های مختلف

طول زمان پرتوگیری در روز	UVA($\mu W/cm^2$)	UVB($\mu W/cm^2$)	UVC($\mu W/cm^2$)
۸ ساعت	۱۰۴/۱۶۶۷	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱۴
۴ ساعت	۲۰۸/۳۳۳۳	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۲۸
۲ ساعت	۴۱۶/۶۶۶۷	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۵۶
۱ ساعت	۸۳۳/۳۳۳۳	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۱
۳۰ دقیقه	۱۶۶۶/۶۶۷	۰/۰۰۵۶	۰/۰۰۲
۱۵ دقیقه	۳۳۳۳/۳۳۳	۰/۰۱	۰/۰۰۴
۱۰ دقیقه	۵۰۰۰۰	۰/۰۱۷	۰/۰۰۶۷
۵ دقیقه	۱۰۰۰۰	۰/۰۳	۰/۰۱۳
۱ دقیقه	۵۰۰۰۰	۰/۱۶۷	۰/۰۶۷
۳۰ ثانیه	۱۰۰۰۰۰	۰/۳۳	۰/۰۱۳
۱۰ ثانیه	۳۰۰۰۰۰	۱	۰/۴
۱ ثانیه	۳۰۰۰۰۰۰	۱۰	۴
۰/۵ ثانیه	۶۰۰۰۰۰۰	۲۰	۸
۰/۱ ثانیه	۳۰۰۰۰۰۰۰	۱۰۰	۴۰

مقادیر توصیه شده مربوط به نور مرئی(VIS)

میزان روشنایی مطلوب در محل کار

محل کار	میزان روشنایی مطلوب بر حسب لوکس
کارهای بزرگ	۸۰-۱۰۰
کارهای ظریف	۱۵۰- ۲۵۰
کارهای بسیار ظریف	۵۰۰- ۱۰۰۰

حدود توصیه شده شدت روشنایی موضعی مورد نیاز برای مشاغل مختلف (Lx)

گروه شغل	خصوصیات شغل	دقت وضوح اشیاء و تصاویر	مثال	شدت روشنایی موضعی مورد نیاز Lx
الف	کارهای معمول غیر دقیق	۵ سانتی متر	مشاغل تولیدی و تعمیرات عادی	۲۵۰
ب	کارهای نسیتاً دقیق	یک سانتی متر	مونتاژ قطعات مکانیکی, تعمیر تجهیزات مکانیکی	۲۷۰
ج	کارهای دقیق	۵ میلی متر	مشاغل اداری, تحریری یا تایپی، تعمیرات و مونتاژ تجهیزات الکتریکی	۳۰۰
د	کارهای خیلی دقیق	یک میلی متر	نقشه کشی, طراحی دقیق, مونتاژ یا تعمیر قطعات ریز، قالی بافی	۵۰۰
ه	کارهای فوق العاده دقیق	کمتر از یک میلی متر	جراحی	۵۰۰-۱۰۰۰۰

مقادیر حد تماس شغلی توصیه شده مربوط به IR :

در استاندارد ایران برای پرتو IR به صورت جداگانه استانداردی موجود می باشد که دارای دو بخش است:

- یکی برای **حفاظت از شبکیه** و دیگری برای **حفاظت از قرنیه و عدسی** که برای تماس شغلی، این استاندارد را مد نظر قرار می دهیم.
- برای اجتناب از صدمات قرنیه و عدسی، پرتو گیری از پرتو فرو سرخ در محیط هایی خیلی گرم در مدت زمان طولانی (مثل ۱۰۰۰ ثانیه و بالاتر) باید به ۱۰ میلی وات بر سانتیمترمربع محدود شود.

حد مجاز مواجهه شغلی با امواج رادیو فرکانس و ماکروویو

فرکانس	چگالی توان، S (W/m^2)	شدت میدان الکتریکی، E (V/m)	شدت میدان مغناطیسی، H (A/m)
۳۰ KHz –۱۰۰KHz	–	۱۸۴۲	۱۶۳
۱۰۰ KHz –۱ MHz	–	۱۸۴۲	۱۶/۳ /f
۱ MHz –۳۰ MHz	–	۱۸۴۲/f	۱۶/۳ /f
۳۰ MHz –۱۰۰ MHz	–	۶۱/۴	۱۶/۳ /f
۱۰۰ MHz –۳۰۰ MHz	۱۰	۶۱/۴	۰/۱۶۳
۳۰۰ MHz –۳ GHz	f /۳۰	–	–
۳ GHz –۳۰ GHz	۱۰۰	–	–
۳۰ GHz –۳۰۰ GHz	۱۰۰	–	–

مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی برای میدانهای مغناطیسی پایا

	TWA هشت ساعته	مقدار سقف
تمام بدن	۶۰ mT	۲ T
دستها و پاها	۶۰۰ mT	۲۰ T
افراد حامل وسایل پزشکی الکترونیکی	–	۰/۵ mT

امواج مکانیکی غیریونساز

امواج فراصوت

- بازه فرکانسی شنوایی افراد متفاوت است و با بالا رفتن سن این بازه کاهش می‌یابد، ولی معمولاً بالاترین فرکانس شنوایی انسان حدود ۲۰ کیلوهرتز در نظر گرفته می‌شود.
- فراصوت(Ultrasound)، به امواج صوتی گفته می‌شود که دارای فرکانسی بیشتر از بازه فرکانسی شنوایی انسان هستند.

- نقطه مقابل این امواج، امواج فروصوت یا (مادون صوت) هستند که دارای فرکانس زیر حد پایین فرکانس شنوایی انسان (حدود ۲۰ هرتز) هستند.
- اصطلاح فراصوت، نباید با مافوق صوت (به انگلیسی: (Supersonic)) که برای سرعت حرکت بالاتر از سرعت صوت استفاده می‌شود، اشتباه گرفته شود.

الف) کاربردهای پزشکی امواج فراصوت:

- در رادیولوژی، پرتو می تواند ساختمان های نهان بدن را آشکار سازد. در آشکارسازی ساختمانهای درونی گاهی از موادی به نام حاجب(کنتراست زا) استفاده می شود. زیانهایی که درتابش پرتو رونتگن و کاربرد مواد حاجب وجود دارد، دانشمندان را به فکر انداخت تا تابشها و روشهای دیگری برای پی بردن به آناتومی ساختمانهای نهان بکارگیرند.
- یکی از روشها کاربرد تشخیصی امواج فراصوت است. در کاربرد امواج در رادیولوژی، از نفوذپذیری آن و همچنین اختلاف جذب پرتو در برخوردش با اتمهای سر راه سود برده می شود درحالی که ویژگی بازتاب امواج مکانیکی فراصوت در برخورد با مرز مشترک بافتها به کار گرفته می شود.

۱. کاربرد تشخیصی (سونوگرافی) امواج فراصوت:

- بیماریهای زنان و زایمان (Gynecology)مانند بررسی قلب جنین، اندازه گیری قطر سر (سن جنین)، بررسی جایگاه اتصال جفت و محل ناف، تومورهای سینه.
- بیماریهای مغز و اعصاب (Neurology)مانند بررسی تومور مغزی، خونریزی مغزی به صورت اکوگرام مغزی یا اکوانسفالوگرافی.
- بیماریهای چشم (Ophthalmology)مانند تشخیص اجسام خارجی در درون چشم، تومور عصبی، خونریزی شبکیه، اندازه گیری قطر چشم، فاصله عدسی از شبکیه.

- بیماریهای کبدی (Hepatic)مانند بررسی کیست و آبسه کبدی.
- بیماری‌های قلبی (Cardiology) مانند بررسی اکوکاردیوگرافی(پژواک‌نگاری قلب).
- دندانپزشکی مانند اندازه‌گیری ضخامت بافت نرم در حفره‌های دهانی و نیز کاربردهای درمانی آن مانند جرم گیری لثه
- این امواج به علت اینکه مانند تشعشعات یونیزان عمل نمی‌کنند، بنابراین برای زنان و کودکان نسبتاً بی‌خطر هستند.

- سونوگرافی فراصوتی یکی از روش‌های تشخیص بیماری در پزشکی است. به این روش اکوگرافی، پژواک‌نگاری و صوت‌نگاری نیز گفته می‌شود.
- این روش بر مبنای امواج ماوراصوتی و برای بررسی بافتهای زیرجلدی مانند عضلات، مفاصل، تاندونها و اندامهای داخلی بدن و ضایعات آنها پی ریزی شده‌است.
- سونوگرافی در حاملگی نیز کاربردهای وسیعی دارد.

۲. کاربرد درمانی (سونوتراپی) امواج فراصوت:

- در فیزیوتراپی جهت کاهش درد و التهاب و همچنین انعطاف پذیری بافت‌ها از اولتراسوند استفاده می‌گردد.
- کاربرد گرمایی: با جذب امواج فراصوت به‌وسیله بدن بخشی از انرژی آن به گرما تبدیل می‌شود. گرمای موضعی حاصل از جذب امواج فراصوت، بهبودی را تسریع می‌کند، قابلیت کشسانی کلاژن (پروتئینی ارتجاعی) را افزایش می‌دهد، کشش در جوشگاه‌های زخم را افزایش می‌دهد و باعث بهبود آنها می‌شود. اگر اسکار به بافتهای زیرین خود چسبیده باشد، باعث آزاد شدن آنها می‌شود.
- نکته: گرمای حاصل از امواج فراصوت با گرمای حاصل از گرمایش متفاوت است.

- میکروماساژ مکانیکی: به هنگام فشردگی و انبساط محیط، امواج طولی فراصوتی روی بافت اثر می‌گذارند و باعث جابجایی آب میان بافتی و در نتیجه باعث کاهش ورم می‌شوند.
- درمان آسیب تازه و ورم: آسیب تازه معمولاً با ورم همراه است. فراصوت در بسیاری از موارد برای از بین بردن مواد دفعی در اثر ضربه و کاهش خطر چسبندگی بافتها بهم بکار می‌رود.
- درمان ورم کهنه یا مزمن: فراصوت چسبندگیهایی که میان ساختمانهای مجاور ممکن است ایجاد شود را می‌شکند.

ب) کاربردهای صنعتی امواج فراصوت:

- آزمون فراصوت((Ultrasonic Testing (UT)) یکی از روش‌های آزمون‌های غیرمخرب است.(آزمون‌های غیرمخرب به مجموعه‌ای از روش‌های ارزیابی و تعیین خواص دستگاه‌ها و قطعات ساخته شده گفته می‌شود که هیچ‌گونه آسیب یا تغییری در سامانه ایجاد نکنند)
- در این روش امواج فراصوت با فرکانس بالا و با دامنه کم به داخل قطعه فرستاده می‌شوند. این امواج پس از برخورد به هر گسستگی بازتابیده می‌شوند. از روی دامنه و زمان بازگشت این امواج می‌توان به مشخصه‌های این گسستگی پی برد. از کاربردهای این روش می‌توان به اندازه‌گیری ضخامت و تشخیص عیوب موجود در قطعات نام برد. یکی از امتیازات مهم این روش توانایی آن در تشخیص عیوب بسیار کوچک به علت فرکانس بالای این امواج و در نتیجه طول موج بسیار کوچک آنها است.

...

کاربرد آزمون فراصوت(UT):

- مواد فلزی و غیر فلزی و کامپوزیت‌ها
- عیوب سطحی و غیرسطحی
- قابل استفاده برای جوش، اتصالات، میله‌ها، مواد ریخته‌گری، مواد آهنگری، قطعات موتور و هواپیما، اجزای ساختمانی، بتن و همچنین بصورت گسترده‌ای برای تشخیص عیوب مخازن تحت فشار و لوله‌های انتقال نفت و گاز
- همچنین برای تعیین ضخامت و خواص مواد
- برای پایش فرسودگی

ج) کاربردهای امنیتی امواج فراصوت:

- در سامانه‌های امنیتی اماکن و خودروها از حسگر فراصوت برای تشخیص حرکت اشیاء به وفور استفاده می‌شود.
- پلیس از این سیستم برای کنترل سرعت خودروها استفاده می‌کند.

د) کاربرد امواج فراصوت در رادارها:

- در کشتی‌ها و زیر دریایی‌ها از این سیستم برای کنترل عمق دریا و پی بردن به وجود اشیاء داخل آب استفاده می‌شود.
- از رادارهای اولتراسونیک برای پی بردن به وجود اشیاء پرنده نیز استفاده می‌گردد.

خطرات امواج فراصوت:

- سوختگی: اگر امواج پیوسته و در یک مکان بدون چرخش بکار روند، در بافت باعث سوختگی می‌شود و باید امواج حرکت داده شوند.
- پارگی کروموزومی: استفاده دراز مدت از امواج اولتراسوند با شدت خیلی بالا، پارگی در رشته (DNA) را نشان می‌دهد.
- ایجاد حفره: یکی از عوامل کاهش انرژی امواج اولتراسوند هنگام گذشتن از بافتهای بدن، ایجاد حفره(Cavitation) است. همه محلولها شامل مقدار قابل ملاحظه‌ای حبابهای گاز غیرقابل دیدن هستند و دامنه بزرگ نوسانهای امواج اولتراسوند در داخل محلولها می‌تواند بر روی بافتها تغییرات بیولوژیکی ایجاد کند (پارگی در دیواره یاخته‌ها و از هم گسستن مولکولهای بزرگ).

امواج فروصوت

- فروصوت(Infrasound) به امواج صوتی گفته می‌شود که دارای بسامدی کمتر از حد پایین محدودهٔ بسامد قابل شنیدن انسان هستند.
- بازه فرکانسی شنوایی انسان حدوداً بین ۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلوهرتز است، بنابراین صداهای با فرکانس کمتر از ۲۰ هرتز که انسان آنها را نمی‌شنود، فروصوت نامیده می‌شود.
- برخی حیوانات از قبیل فیلها و نهنگها، از این اصوات برای برقراری ارتباطات راه دور استفاده می کنند.

Approximate Range فرکانس تقریبی شنوایی (Hz)	نوع جاندار
64-23,000	human انسان
67-45,000	dog سگ
45-64,000	cat گربه
23-35,000	cow گاو
55-33,500	horse اسب
100-30,000	sheep گوسفند
360-42,000	rabbit خرگوش
200-76,000	rat موش صحرایی

جمع بندی

با تشکر از توجه شما