فیزیک پزشکی
Medical
Physics
دکتر شه روز نصیریان
Optics
Ophthal-
mology
Biosensor
Medical
Technology
Molecular
Biology
Biophysics
Acoustics
Audiometry
Molecular
Medicine
Radiation
Therapy
X-ray
Diagnostic
Nuclear
Medicine
Computer
Guided
Surgery
Biostatistics
Med.
Informatics
Bio-
mechanics
Biomed.
Engineering

مباحث یا سرفصل‌ها:

۱. مکانیک بدن:
۲. متابولیسم انرژی، گرما، کار و توان بدن:
۳. فیزیک قلب و عروق:
۴. فیزیک دستگاه تنفس:
۵. فیزیک امواج صوتی، گوش و شنوایی، گفتار:
۶. فیزیک نور، چشم و بینایی:
۷. الکتریسیته و مغناطیس در بدن:

عنوان درس به فارسی:	فیزیک بدن انسان	
عنوان درس به انگلیسی:	Physics of the Human Body	
دروس پیش‌نیاز:	فیزیولوژی، آناتومی	
دروس هم‌نیاز:	فیزیک عمومی ۲	
تعداد واحد:	۳	تخصصی ■
تعداد ساعت:	۴۸	

منابع

1-Physics of the Human Body, Irving P. Herman, 2016: Springer

2- Medical Physics: physics of the body, Cameron, J.R. and J.G. Skofronick, 1992: Medical Physics Publishing Corporation.

۲- فیزیک پزشکی، دکتر عباس تکاور

اصطلاح شناسی، مدلسازی و اندازه گیری

فیزیک پزشکی: کاربرد قوانین فیزیکی در فعالیت های بدن در حالات سلامت و بیماری

فیزیک پزشکی و مهندسی پزشکی بسیاز نزدیک به یکدیگرند.

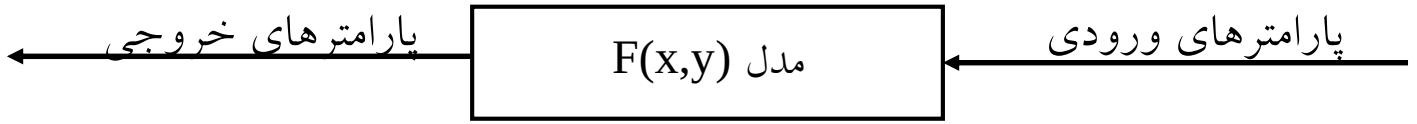
یک مهندس پزشک می بایست اطلاعات جامعی در خصوص تمامی گرایش های مهندسی پزشکی داشته باشد و در سه زمینه ی

۱- مهندسی بالینی، ۲ مهندسی توانبخشی و ۳ ابزار پزشکی فعالیت نماید.

تجهیزات پزشکی در دو زمینه بکار می روند: ۱- تشخیص بیماری و ۲- درمان

یکی از کارهای مهم یک مهندس پزشک کنترل کمیت های متغییر با زمان (مانند دما) است که برای این کار اندازه گیری و تصحیح نیاز دارد و در سه بخش ۱- اندازه گیری کمی متغییر (دما)، ۲- اندازه گیری کیفی متغییر (دست زدن به سر بیمار) و ۳- تصحیح (استفاده از ابزار متفاوت و یا دفعات متعدد) صورت می پذیرد.

برای بخش تصحیح می بایست مدلی موجود باشد که مطابق آن پارامترهای ورودی به خروجی تبدیل شوند.



پارامترهای رایج اندازه گیری در پزشکی: ۱- دما، ۲- نبض، ۳- وزن، ٤- حجم، ٥- فشار خون، ٦- چگالی و ... که به پارامترهای بالینی معروفند.

«هر فرد سالم در دقیقه ۱۵ بار تنفس و حدود ۷۰ ضربان قلب دارد.»

در اندازه گیری پزشکی برخی مشکلات وجود دارد که عبارتند از:

۱- در دسترس نبودن برخی پارامترهای ضروری

۲- تصادفی بودن متغییرهای بالینی

۳- تاثیر بخش های مختلف بدن روی یکدیگر

٤- وجود برخی پارامترهای شناسایی نشده

٥- عدم اطلاعات و دانش کافی

٦- شرایط انسان دوستانه که موجب می شود برخی آزمایش ها تنها روی حیوانات صورت پذیرد.

۷- اثر اختلالات و نویز بر اندازه گیری ها و وجود خطا.

خطاها در پزشکی:

۱- مثبت کاذب: آن است که فرد عاری ازبیماری را به اشتباه بیمار تلقی نماییم.

۲- منفی کاذب: آن است که فرد بیمار را به اشتباه سالم تلقی نماییم.

خطاهای فیزیکی:

۱- خطای مطلق (ΔT)، می تواند دقت وسیله ی اندازه گیری باشد.

۲- خطای نسبی ($\Delta T/T$)

کاهش خطا و ایجاد دقت و صحت در اندازه گیری، می تواند با تکرار بانجام رسد.

انحراف معیار (Standard Deviation: SD):

انحراف معیار از دو واژه تشکیل یافته است. جزء اول یعنی انحراف به میزان دوری هر عضو یک مجموعه داده از مقدار میانگین گفته می‌شود. واژه معیار نیز به معنی استاندارد بودن این مقدار است. هر چه انحراف معیار مجموعه‌ای از داده‌ها عدد پایین‌تری باشد، نشانه آن است که داده‌ها به میانگین نزدیک هستند و پراکندگی اندکی دارند. در صورتی که انحراف معیار عدد بزرگی باشد، نشان می‌دهد که پراکندگی داده‌ها زیاد است. پس انحراف معیار، عددی برای نشان دادن میزان پراکندگی اعضای یک مجموعه از داده‌ها است.

در خصوص داده های با توزیع نرمال، انحراف معیار شاخصی است که چگونگی پراکندگی داده های حاصل از یک سنجش در اطراف میانگین جمعیت مورد مطالعه را نشان می دهد و واحد آن با واحد داده ی مورد آزمایش یکسان است. چنانچه داده ها را با X و میانگین آن ها را با M نشان دهیم داریم:

$$\sum_{i=1}^{N}\left(x_i - M\right)$$

که مجموع اختلاف داده ها را از مقدار میانگین (انحراف میانگین) می دهد که ممکن است بدلیل کوچک و بزرگ بودن داده ها نسبت به M صفر حاصل شود.

برای میانگین مربع اختلاف ها از رابطه ی $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i - M)^2}{N}}$ استفاده می شود و انحراف معیار بصورت زیر تعریف می گردد:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i - M)^2}{N-1}}$$

که موقعیت داده ها را در اطراف میانگین می دهد.

انحراف معیار از میانگین (Standard error of the mean:SE):

$$SE = \frac{SD}{\sqrt{N}}$$

مثال: قد افراد کلاس عبارتست از: ۱۶۸، ۱۶۷، ۱۸۱، ۱۸۲، ۱۷۶، ۱۷۵، ۱۶۵، ۱۹۲، ۱۹۱، ۱۸۸، ۱۸۲، ۱۸۷، ۱۷۸، ۱۷۷، ۱۷۵ سانتی متر.
مطلوبست محاسبه ی میانگین، انحراف از میانگین ، SD و SE این جمعیت.

فصل ۱- نیروهای وارد بر بدن- نیروهای درونی و فیزیک استخوان بندی-مکانیک بدن

نیرو: عامل حرکت در جهان می باشد و انواع مختلفی دارد مانند گرانس، الکتریکی، مغناطیسی، صوتی، هسته ای، الکترومغناطیسی و .....

علم های استاتیک و دینامیک اصول اصلی حرکت شناسی می باشند.

وظایف استخوان ها در بدن:

۱- تعادل بدن در راه رفتن، دویدن، خوابیدن و کلیه حرکات روزانهو همچنین انتقال قدرت در بدن توسط استخوان ها صورت می پذیرد.

۲- با کهولت سن استخوان فرسوده می شود (پوکی استخوان در سنین بالای ٤٠ سال). در زنان بیشتر از مردان است.

۳- حفاظت از بخش های حساس مانند مغز، چشم، نخاع، قلب و شش ها.

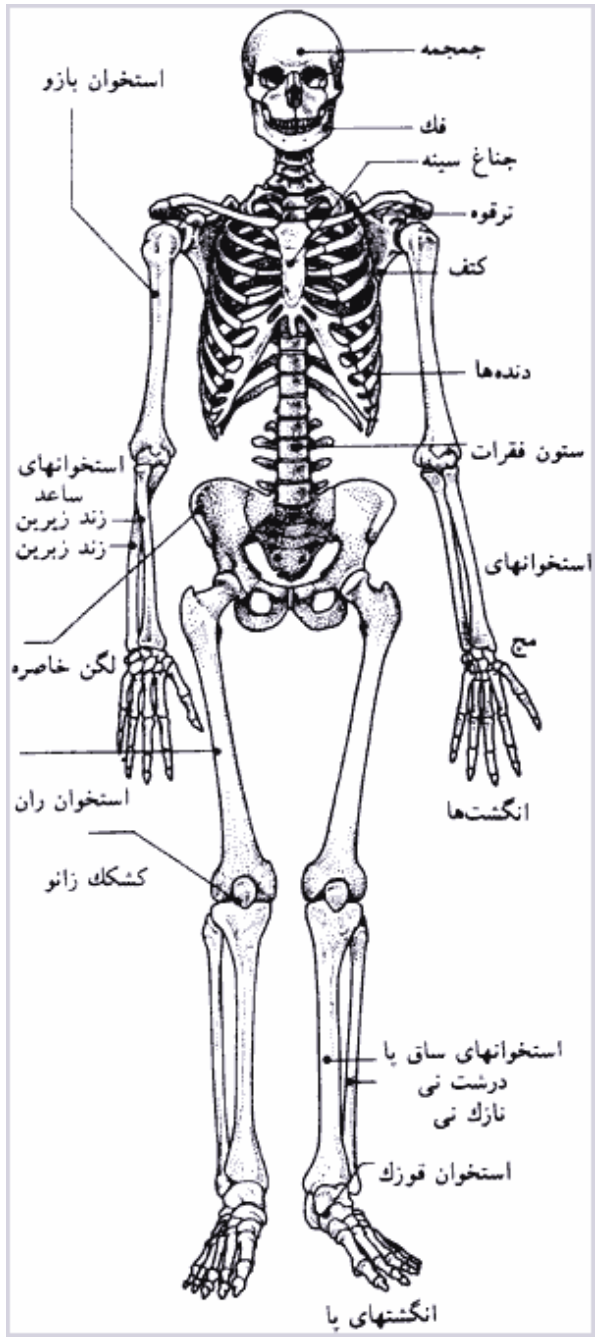
٤- انبار سازی مواد شیمیایی مورد نیاز بدن مانند کلسیم و بدین صورت که اگر کلسیم خون کم شود، مقداری کلسیم از استخوان به خون هدایت می گردد.

۵- تغذیه- استخوان فک

٦- انتقال صدا (حنجره) و در یافت و شنیدن صدا (گوش)

۷- استخوان زنده و دارای عصب و ذخیره ی خونی است.

۸- هر ۷ سال یکبار استخوان های ما نوسازی می شوند.



۹- فرآیند ساخت و تخریب استخوانی به ترتیب توسط استئوبلاست ها (Osteoblasts) و استئو کلاست ها (Osteoclasts) صورت می پذیرد. استئو کلاست ها بخش های استخوانی را تخریب می نمایند و استئوبلاست ها با کلسیم بخش تخریب شده، بخش جدید استخوانی می سازند. در سنین رشد فعالیت استئوبلاست ها بیشتر از استئو کلاست ها است و در بالای ۴۰ سال برعکس می شود.

۱۰- استخوان از کلاژن، کلسیم و کانی های دیگر ساخته شده است.

۱۱- کلاژن حدود ٪۴۰ وزن و ٪۶۰ حجم استخوان را دارد و نرم و انعطاف پذیر است.

۱۲- کانی ها حدود ٪۶۰وزن و ٪۴۰ حجم استخوان را دارند و ترد و شکننده اند.

۱۳- دسته بندی استخوان ها

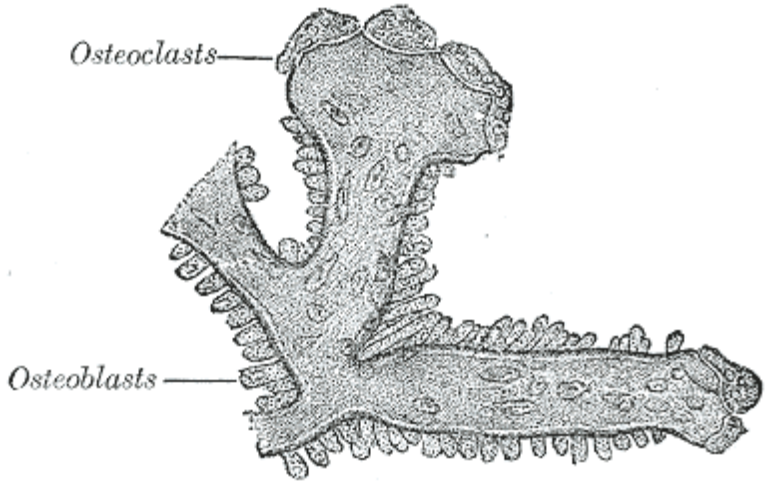
۱۳-۱- تخت و بشقابی مانند استخوان شانه

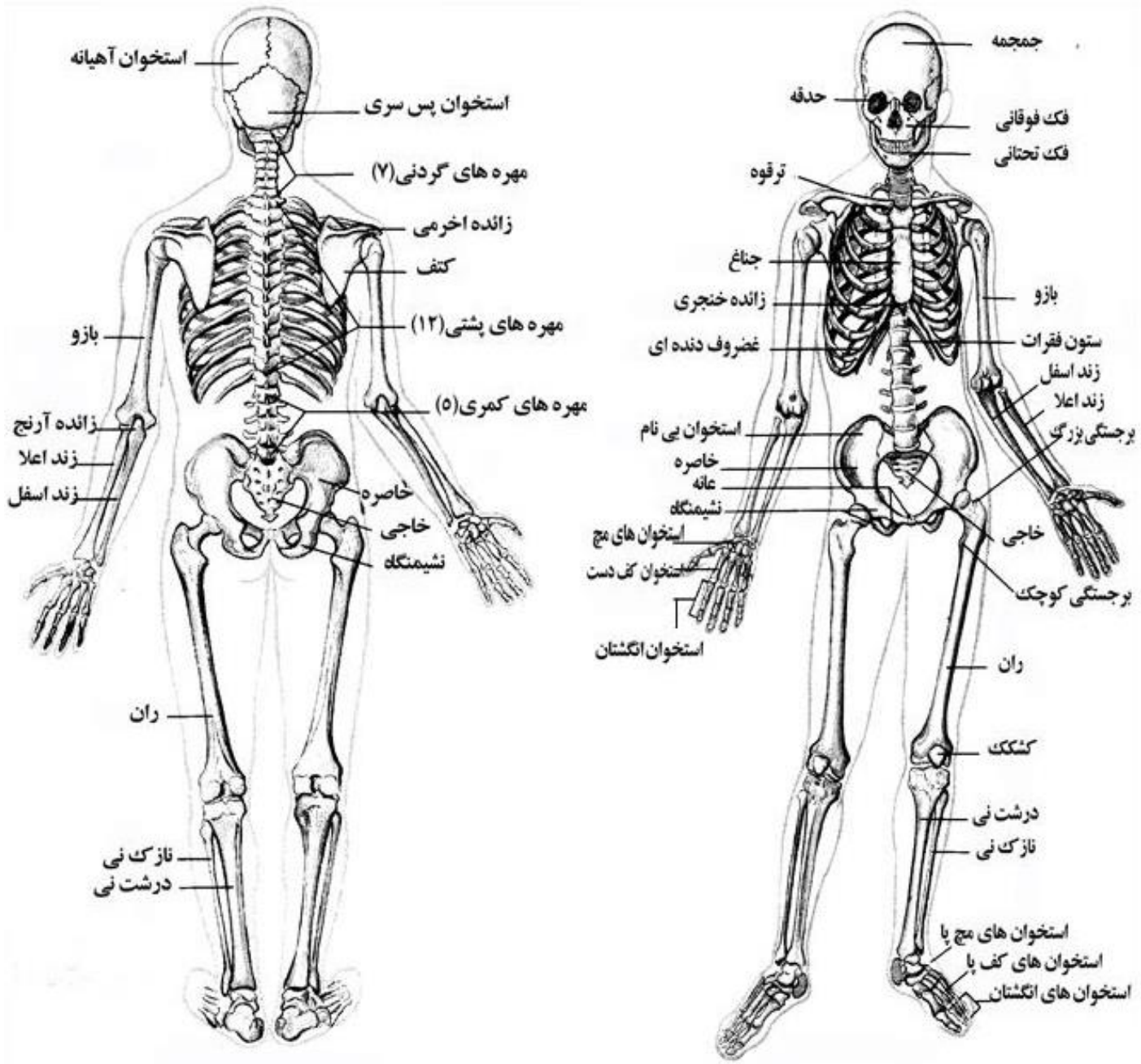
۱۳-۲- بلند توخالی مانند بازو

۱۳-۳- استوانه ای مانند ستون مهره

۱۳-۴- نامنظم مانند مچ دست و پا

۱۳-۵- خاص مانند دنده ها



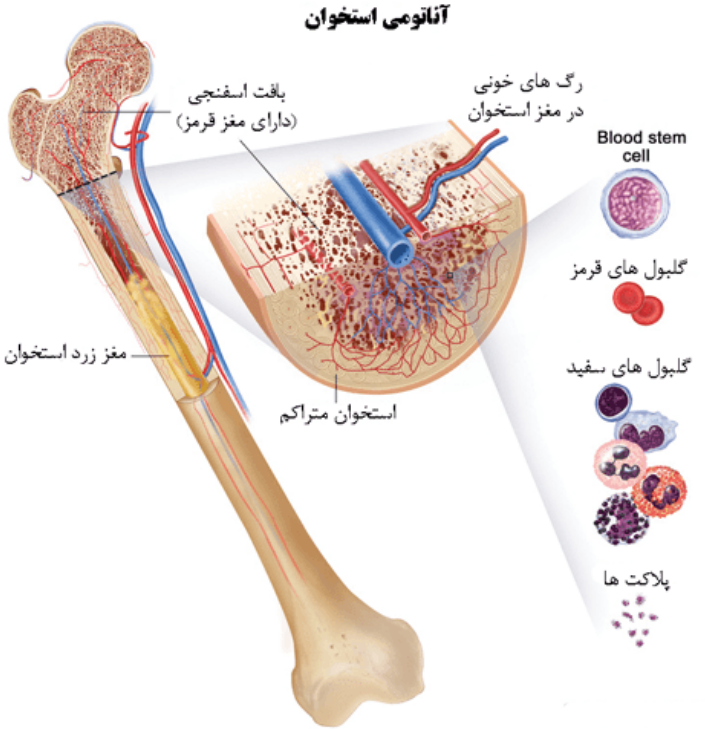

استخوان آهیانه
استخوان پس سری
مهره های گردنی(۷)
زائده اخرمی
کتف
مهره های پشتی(۱۲)
مهره های کمری(۵)
بازو
زائده آرنج
زند اعلا
زند اسفل
خاصره
خاجی
نشیمنگاه
ران
نازک نی
درشت نی
جمجمه
حدقه
فک فوقانی
فک تحتانی
ترقوه
جناغ
زائده خنجری
غضروف دنده ای
بازو
ستون فقرات
زند اسفل
زند اعلا
برجستگی بزرگ
استخوان بی نام
خاصره
عانه
نشیمنگاه
استخوان های مچ
استخوان کف دست
استخوان انگشتان
خاجی
برجستگی کوچک
ران
کشکک
درشت نی
نازک نی
استخوان های مچ پا
استخوان های کف پا
استخوان های انگشتان

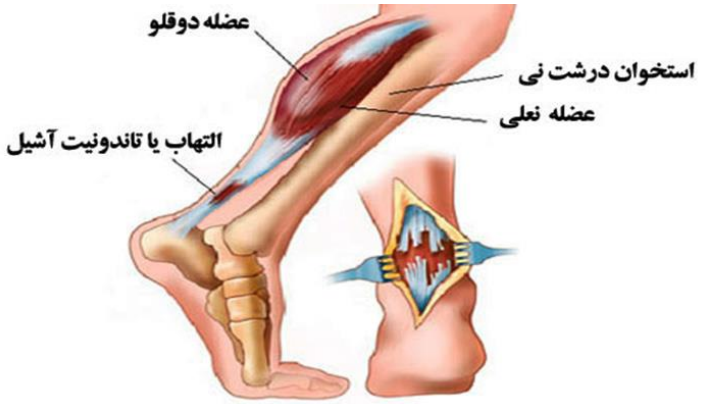
۱۴- استخوان ها از نظر ساختار داخلی به ۱- جامد توپر یا متراکم و ۲- اسفنجی یا میلع ای دسته بندی می شودند.

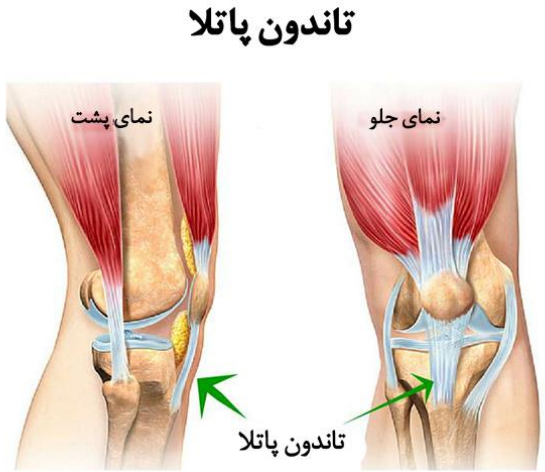
۱۴-۱- در جاهایی که نیاز به استحکام بالا نه انعطاف است استفاده می شوند مانند بخش روکش استخوان ها.

۱۴-۲- بدلیل خم پذیری و انعطاف در استخوان های ستون مهره و بخش مرکزی استخوان ها استفاده می شوند.

۱۵- تاندون (Tondon): دسته ی محکمی از بافت های همبند فیبروی است که استخوان را به عظله وصل می کند و وظیفه ی انتقال نیرو را دارد.





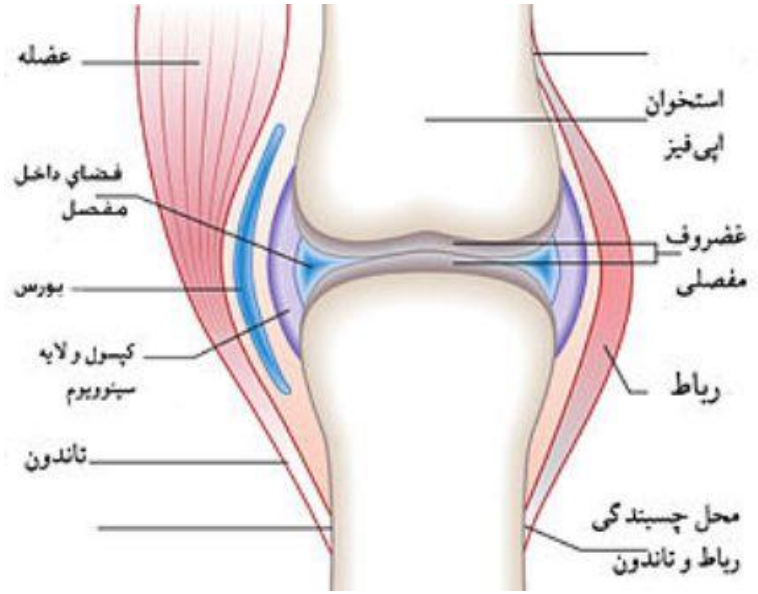


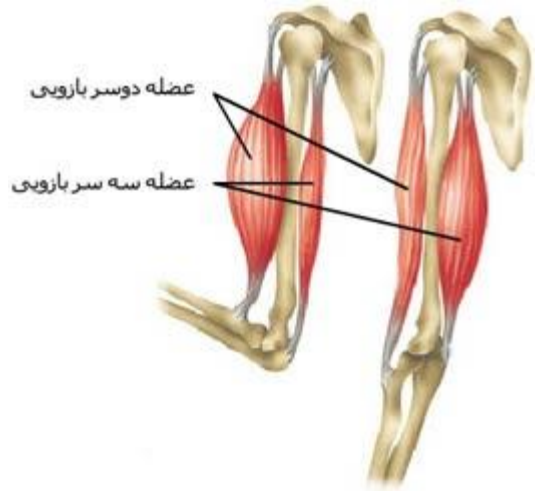
۱۶- مفصل: به محل اتصال دو یا بیشتر استخوان می گویند.

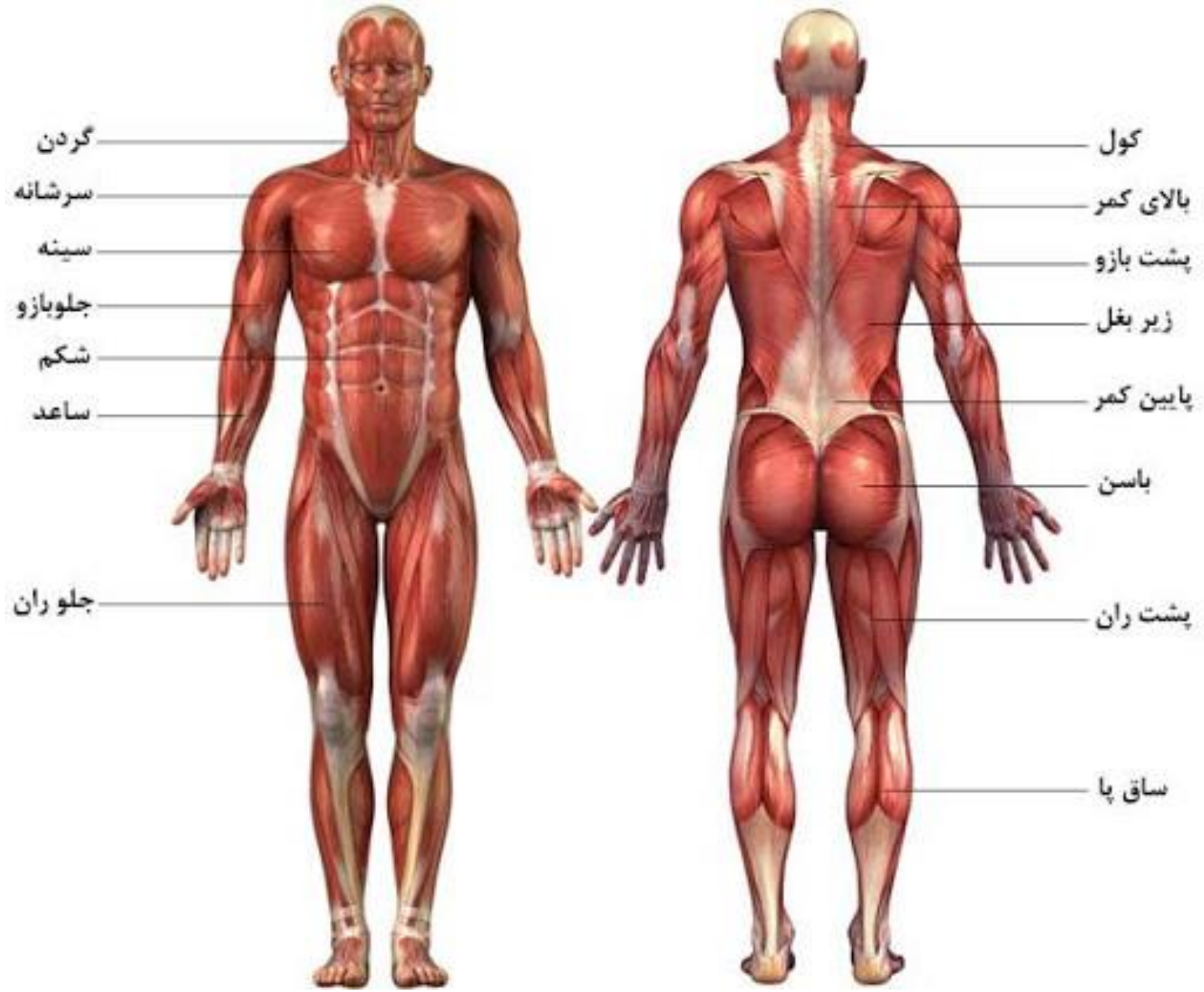
۱۷- غضروف: جسمی نرم و منعطف است که فضای داخل مفصل ها را پر می کند و حرکت آنها را تسهیل می نماید.

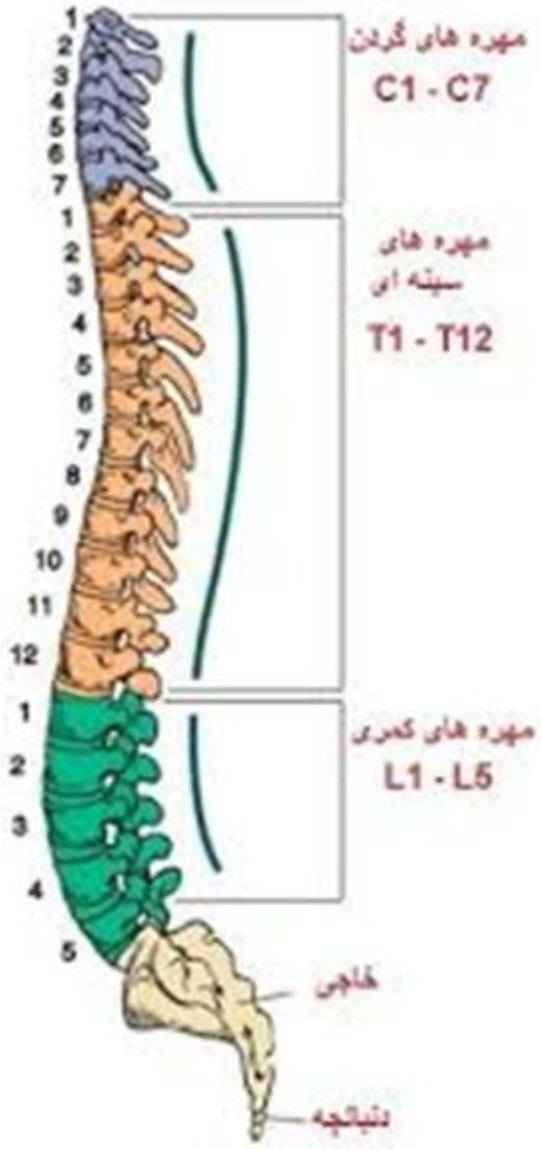
۲۳- عظله: کار اصلی آن کشش (Pull) است نه هل دادن (Push). ولی در موارد خاص برعکس می شود. طول عظله در اثر کشش تغییر می کند و برای حرکت به یک جفت عظله نیاز داریم.

همچنین ماهیچه‌ها با یکدیگر عمل متقابل دارند مثلاً: ماهیچه سه سر بازویی وقتی منقبض می‌شود که ماهیچه دوسر منبسط شود و ساعد باز می‌شود. ماهیچه سه سر بازویی وقتی منبسط می‌شود که ماهیچه دوسر منقبض شود و ساعد بسته می‌شود (خم می‌شود).





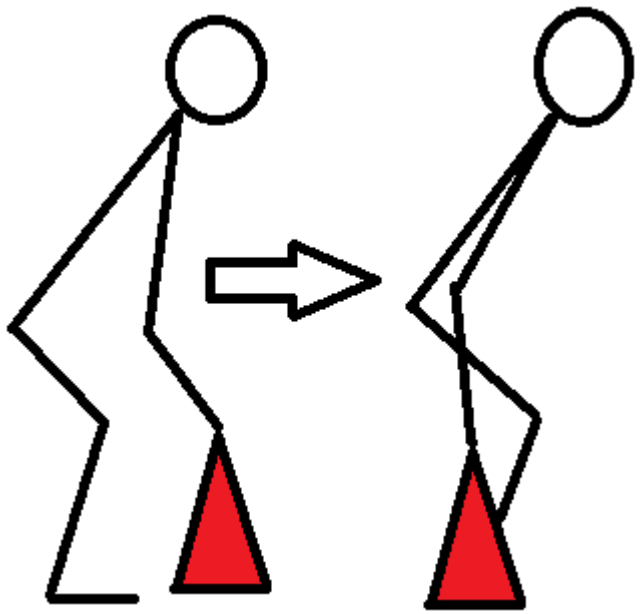

گردن
سرشانه
سینه
جلوبازو
شکم
ساعد
جلو ران
کول
بالای کمر
پشت بازو
زیر بغل
پایین کمر
باسن
پشت ران
ساق پا



۲۴- عضلات Flexor: عضلاتی اند که دو عضو استخوانی را به هم نزدیک می کنند مانند عظله دوسر.

۲۵- عضلات Extensor: عظلاتی اند که عضو استخوانی را به سمت خارج هل می دهند مانند عضله سه سر.

۲۶- ستون فقرات: تکیه گاه اصلی سر و بدن است. بشکل S است. مهره ها که استخوتن های ستون فقرات می باشند نیرو را منتقل می نمایند. دیسک های بین مهره ها بصورت عوامل گیرنده ی ضربه و بمنظور میرایی آن کار می کنند.



۲۷- خم شدن و بلند کردن اجسام: وقتی از ناحیه کمر برای بلند کردن اجسام خم می شویم، نیروی بزرگی توسط عضلات پشت بدن تولید می شود. اگر بخش کمر تا سر بصورت افقی باشد، فاصله ی عمودی مرکز گرانش از مفصل بیشینه می شود که موجب ایجاد گشتاور متعادل کننده ای می شود که برای کم کردن این گشتاور و درست شده توسط جسم کشش بزرگی در تاندون ها و مهره ها ایجاد می شود که موجب آسیب می گردد. بدین منظور می بایست فاصله ی مرکز جرم تا مفصل کوتاه و نیز فاصله ی جسم تا مفصل کم شود. پس بهتر است تا جایی که می شود فاصله ی بین سر تا انتهای ستون فقرات عمودی باشد، زانوها خم شوند و مرکز جرم جسم در زیر مرکز جرم بدن قرار گیرد.

کمیت	نماد، رابطهٔ فیزیکی، معادلهٔ ابعادی	SI		CGS		FPS	
		نام واحد	نام واحد	نام واحد	نماد واحد	نام واحد	نماد واحد
طول	L	متر	m	سانتی‌متر	cm	فوت	ft
جرم	m	کیلوگرم	Kg	گرم	g	پوند جرم	lbm
زمان	t	ثانیه	s	ثانیه	s	ثانیه	s
دما	T	سانتی‌گراد، کلوین	°C و K	سانتی‌گراد، کلوین	°c و k	فارنهایت، رانکین	°F و °R
مقدار ماده	n	مول، کیلوگرم مول	mole ،kgmole	مول، گرم مول	mole ،grmole	مول، پوند مول	mole, lbmole
سطح	$A=L^2$	متر مربع	m^2	سانتی‌متر مربع	cm^2	فوت مربع	ft^2
حجم	$V=L^3$	متر مکعب	m^3	سانتی‌متر مکعب	cm^3	فوت مکعب	ft^3
چگالی	$\rho = \frac{m}{V}$	کیلوگرم بر مترمکعب	kg/m^3	گرم بر سانتی‌متر مکعب	gr/cm^3	پوند جرم بر فوت مکعب	Lbm/ft^3
سرعت	$V = L/t$	متر بر ثانیه	m/s	سانتی متر برثانیه	cm/s	فوت بر ثانیه	ft/s
شتاب	$a = L/t^2$	متر بر مجذور ثانیه	m/s^2	سانتی‌متر بر مجذور ثانیه	cm/s^2	فوت بر مجذور ثانیه	ft/s^2
نیرو	F=ma	نیوتن	$kg.m/s^2 = N$	دین	$gr.cm/s^2 = dyne$	پوند نیرو	$(lbm)(۳۲/۱۷۴\ ft/s^2) = L$
فشار	P = F/A	پاسکال	$N/m^2 = Pa$	دین بر سانتی‌متر مربع	$dyne/cm^2$	پی‌اس‌آی	$lbf/in^2 = Psi$
کار (یا انرژی)	W=F.L	ژول	N.m=J	ارگ	Dyne.Cm=erg	پوند نیرو در فوت	lbf.ft

سیستم بین‌المللی (واحدهای این سیستم مورد قبول همهٔ جوامع علمی و مهندسی است)

یکاهای دستگاه بین‌المللی

سرنام SI از عبارت Le Système International d' Unitès گرفته شده که در زبان فرانسه به معنی دستگاه بین‌المللی یکاها است، و گاهی آن را دستگاه متری نوین هم می‌گویند. بین‌المللی‌شدن دستگاه متری از پیمان‌نامه‌ای درباره‌ی متر حاصل شده است که در سال ۱۸۷۵ به امضای هفده کشور عضو رسید. دستگاه بین‌المللی SI در سال ۱۹۶۰ و اساساً به دنبال اصلاحاتی پدیدآمد که در یکی از دستگاه‌های متر ـ کیلوگرم ـ ثانیه (MKS) صورت گرفت.

۱ـ SI: System International

۲ـ MKS: meter ـ Kilogram ـ Second

۳ـ CGS: Centimeter ـ Gram ـ Second

۴ـ FPS: Foot ـ Pound ـ Second

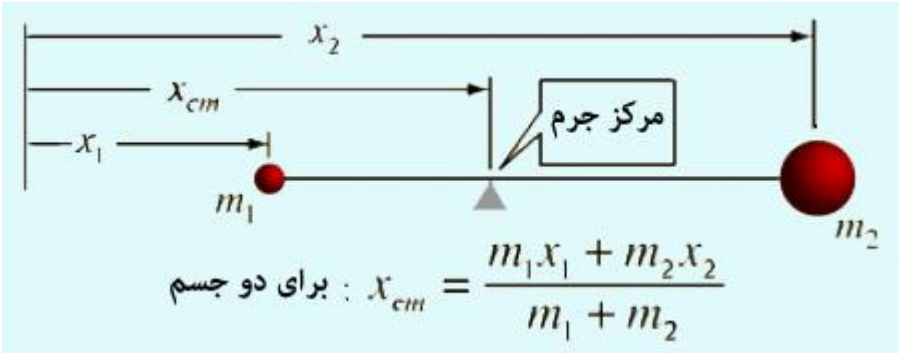
قانون اول نیوتن یا قانون اینرسی: بیان می‌کند که اگر هیچ نیروی خالص خارجی بر روی یک جسم وارد نشود، این جسم تمایل دارد حالت خود را حفظ نماید یعنی اگر ساکن است ساکن بماند و اگر در حال حرکت است در یک مسیر مستقیم با سرعت ثابت ادامه دهد.

قانون دوم نیوتن: بیان می‌کند که اگر برآیند مجموع نیروهای وارده بر جسمبه جرم M برابر F باشد، جسم شتابی برابر a می یابد. $\vec{F} = M\vec{a}$

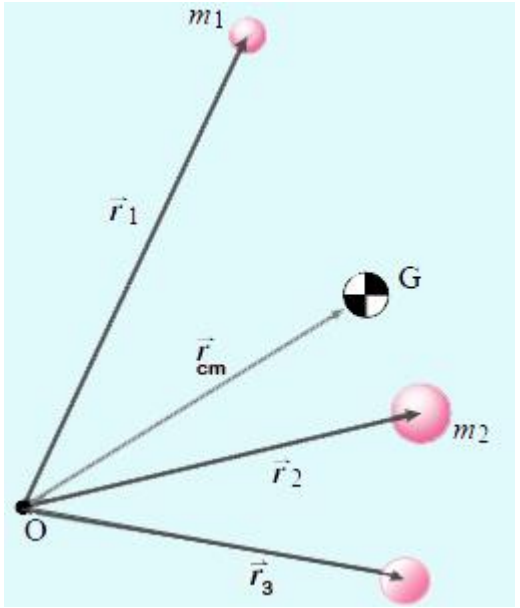
قانون سوم نیوتن: سومین قانون نیوتن به این صورت بیان می‌شود که هر عملی را عکس‌العملی است، مساوی با آن و در جهت خلاف آن.

مرکز جرم

مرکز جرم (center of mass) در واقع نقطه ای است که همه تمام ذرات جسم در آن متمرکز است. هنگامی که ذره ای در مرکز جرم واقع است هیچ گشتاور خالصی در آن وجود نداشته و در تعادل ایستا باقی می ماند.

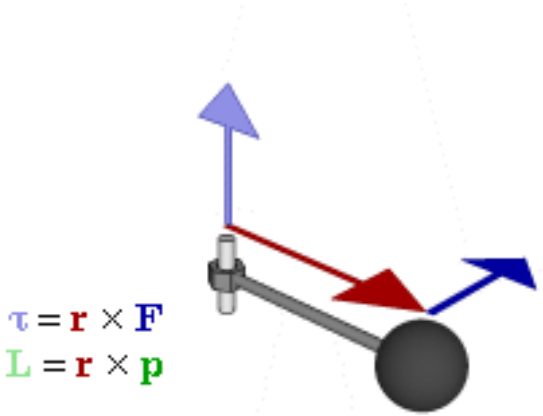


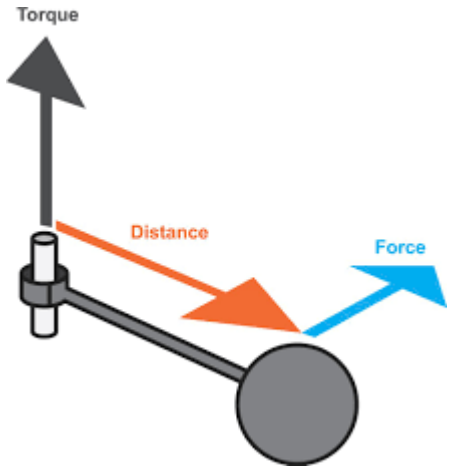
$$\vec{r}_{C.M.} = \frac{\sum_{i=1}^{N} m_i r_i}{\sum_{i=1}^{N} m_i} = \frac{\sum_{i=1}^{N} m_i r_i}{M}$$

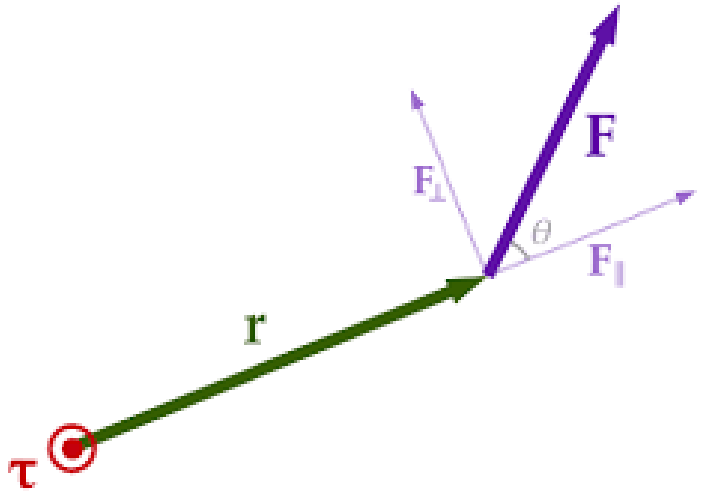


گشتاور نیرو:

گشتاور نیرو کمیتی برداری است و مقدار بردار گشتاور نیرو برابر است با حاصلضرب نیرو در فاصله عمودی آن از محوری که جسم به دور آن می‌گردد.

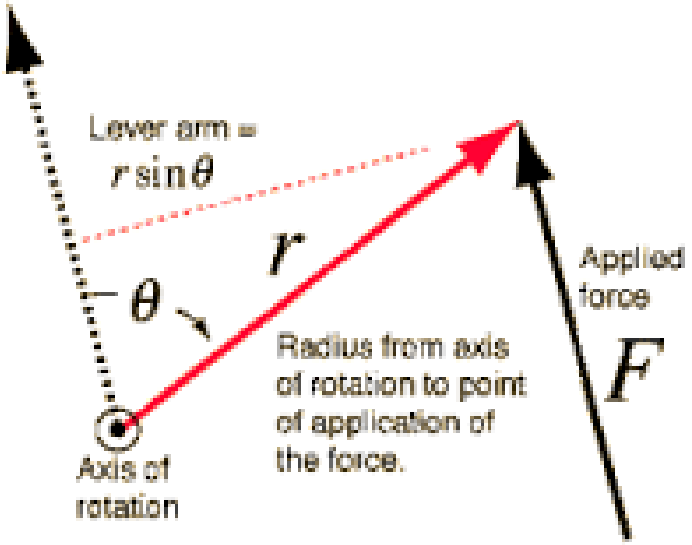


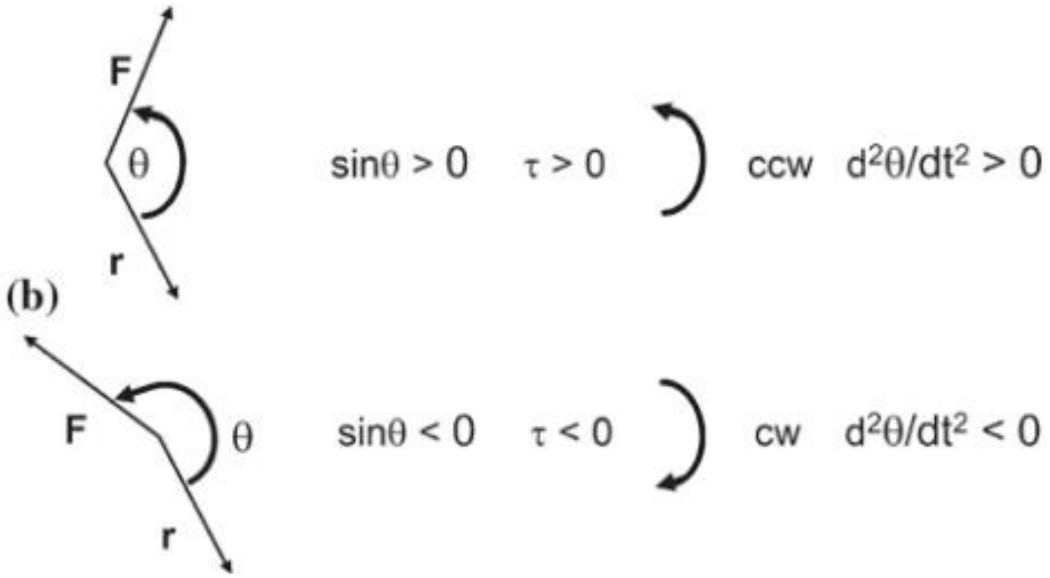




$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} = r\,F\,Sin\theta$$

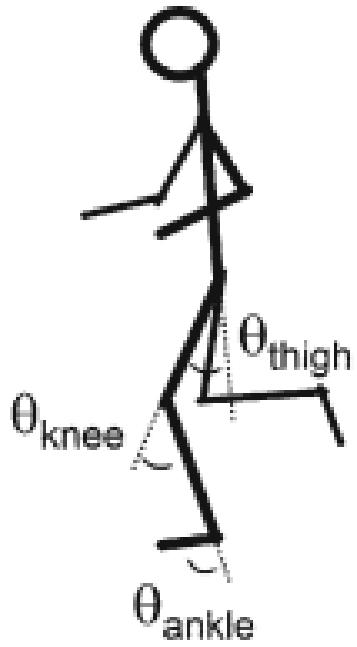
$$\text{torque} = \tau = rF\sin\theta$$





$$\mathbf{F} = m\mathbf{a} = m\frac{\mathrm{d}\mathbf{v}}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}\mathbf{p}}{\mathrm{d}t},$$

$$\tau = I\frac{\mathrm{d}\Omega}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}L}{\mathrm{d}t},$$



نیروی اصطکاک نیروی مقاومی است که در برابر حرکت اجسام به وجود می‌آید. این نیرو هم در خلاف جهت حرکت هم در جهت حرکت(مثل راه رفتن) ایجاد شده و با حرکت اجسام مخالفت می‌کند. برای ایجاد حرکت در اجسام باید نیرویی بزرگ‌تر از **نیروی اصطکاک** در جهت حرکت اعمال کرد. این نیرو به جنس دو سطح و نیروی عمود بر سطح بستگی دارد.

انواع نیروی اصطکاک عبارتند از ۱- نیروی اصطکاک ایستایی و ۲- نیروی اصطکاک چنبشی

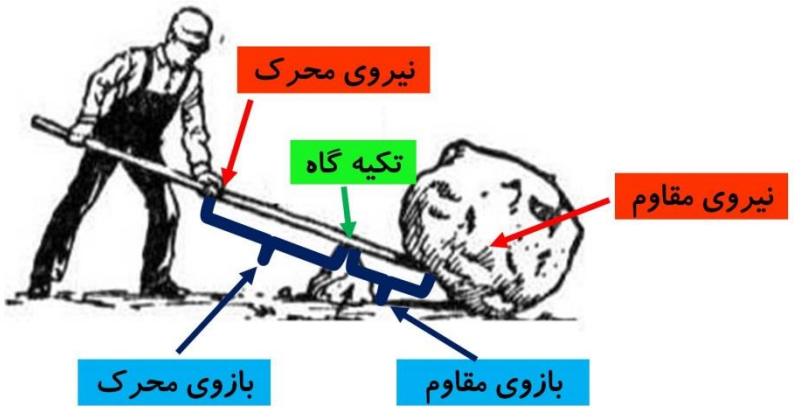
نیروی اصطکاک ایستایی

هرگاه به جسمی که بر یک سطح افقی در حالت سکون است نیروی افقی وارد شود و جسم حرکت نکند و در حال سکون باقی بماند، نشانگر آن است که برآیند نیروهای وارده بر آن صفر است. پس نیرویی به اندازه نیروی وارده، بر جسم وارد می‌شود که نیروی Fرا خنثی می‌کند. این نیرو، نیروی **اصطکاک ایستایی** نامیده می‌شود و از برهم‌کنش بین دو سطحی که نسبت به هم ساکن هستند و با هم در تماس‌اند به‌وجود می‌آید. به عبارت دیگر مقدالر نیروی اصطکاک تا آستانه حرکت جسم را اصطکاک ایستایی می گویند.

نیروی اصطکاک جنبشی

با حرکت جسم جامد بر سطح جسم جامدی دیگر، نیرویی موازی سطح تماس به هریک از دو جسم از طرف جسم دیگر، وارد می‌شود که نیروی **اصطکاک جنبشی** نام دارد. نیروی اصطکاک جنبشی از برهم‌کنش بین دو سطحی که نسبت به هم متحرک می‌باشند و با هم تماس دارند به وجود می‌آید. جهت نیروی اصطکاک جنبشی در خلاف جهت حرکت جسم است.

اصطکاک در مفاصل وجود دارد و غضروف وظیفه ی کاهش آن را دارد.



اهرم ها:

اهرم نوعی ماشین ساده است که معمولا از میله ای ساده تشکیل شده که حول یک نقطه دوران میکند. اهرم ها در بسیاری از وسایلی که روزمره به کار می بریم، استفاده شده اند.

اجزای اهرم کدام اند:

تکیه گاه

نقطه اثر نیروی محرک

نقطه اثر نیروی مقاوم

اصطلاحات در اهرم ها:

نیروی محرک: نیرویی که به اهرم وارد می کنیم و آن را در فیزیک با حرف M نشان می دهند.

نیروی مقاوم: نیرویی که جسم به اهرم وارد می کند و در فیزیک با حرف W نشان داده می شود.

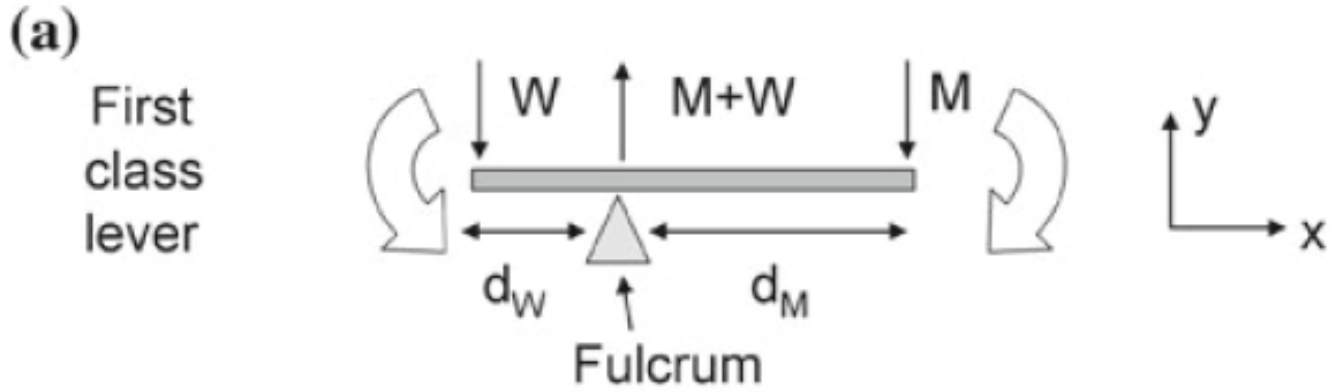
بازوی محرک: فاصله بین نیروی محرک تا تکیه گاه اهرم است.

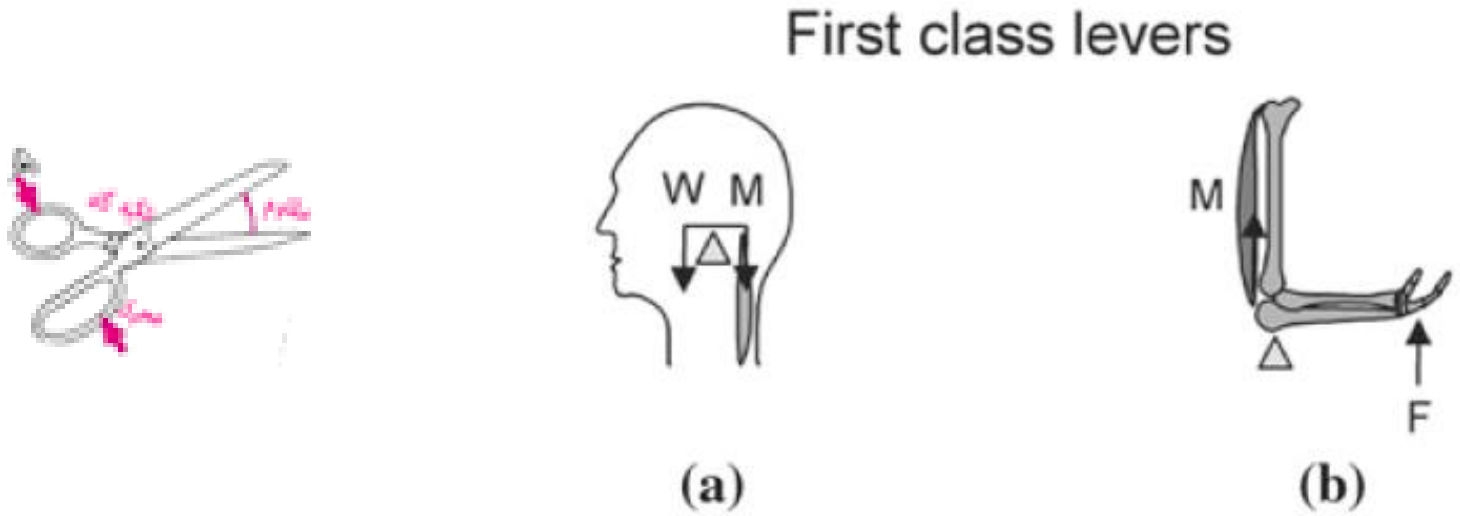
بازوی مقاوم: فاصله بین نیروی مقاوم تا تکیه گاه اهرم است.

تکیه گاه : نقطه ای از اهرم که اهرم حول آن دوران می کند.

اهرم نوع اول:

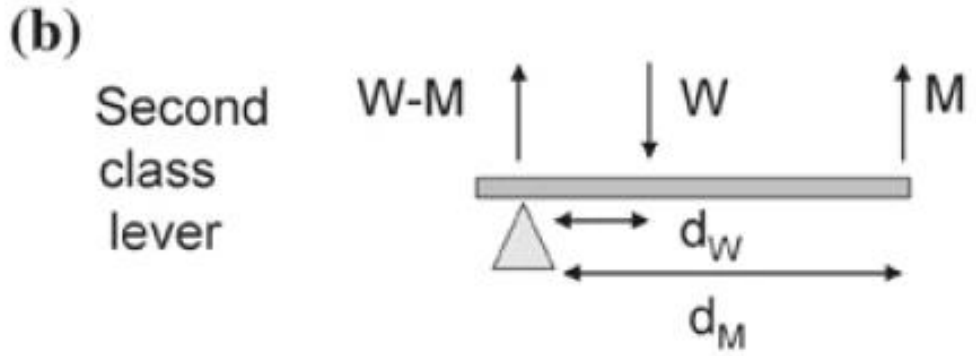
در اهرم نوع اول، تکیه گاه بین نیروی محرک و مقاوم قرار دارد. اهرم نوع اول باعث تغییر جهت می شود. ه عنوان نمونه، در قیچی‌های معمولی که برای بریدن کاغذ و پارچه از آنها استفاده می‌شود، بازوی محرک از بازوی مقاوم کوچک تر است.

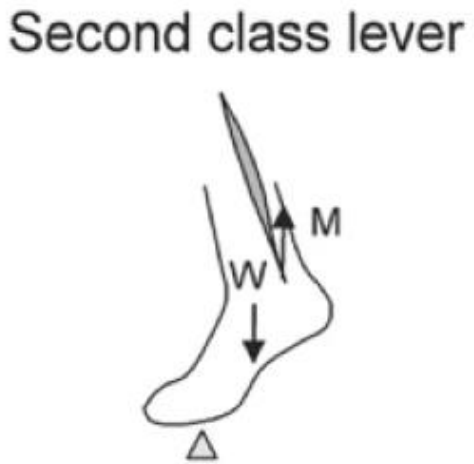


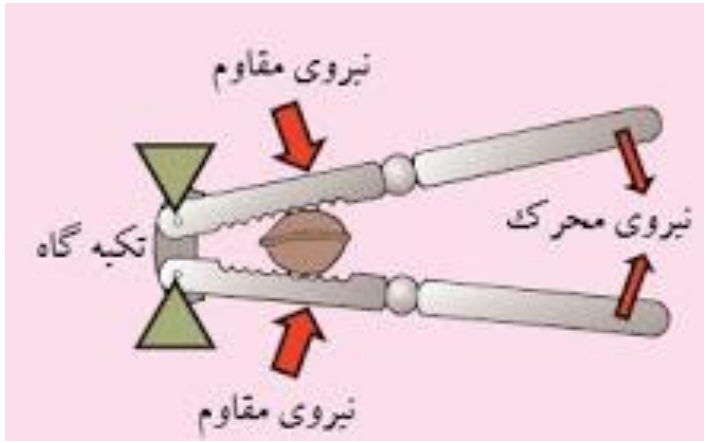


اهرم نوع دوم:

در اهرم‌های نوع دوم، نیروی مقاوم بین تکیه‌گاه و نیروی محرک قرار می‌گیرد. شماتیک این اهرم‌ها در شکل زیر نشان داده شده است. به عنوان مثالی از این اهرم‌ها می‌توان به درِ اتاق، در بازکن کنسرو، جک اتومبیل، چرخ دستی و فندق‌شکن اشاره کرد.

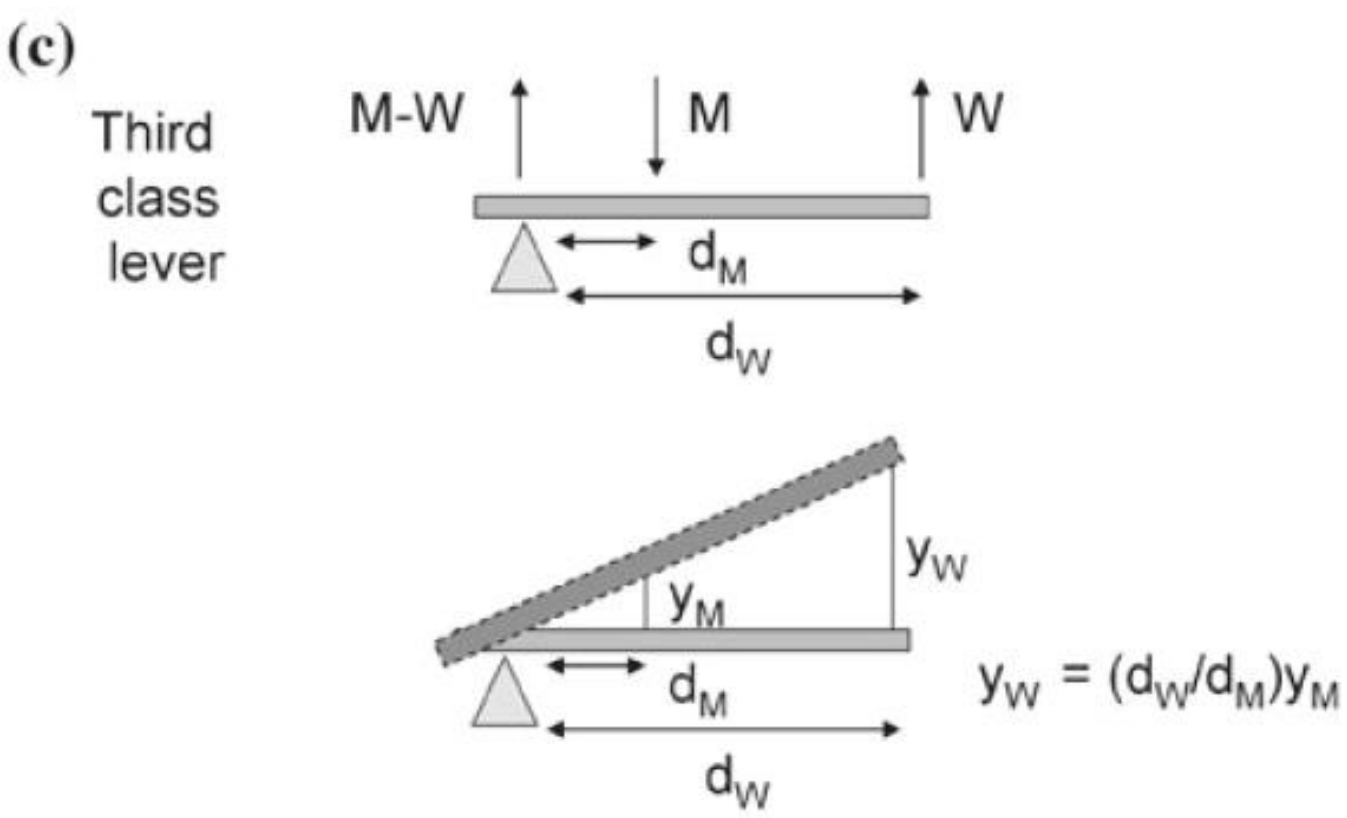


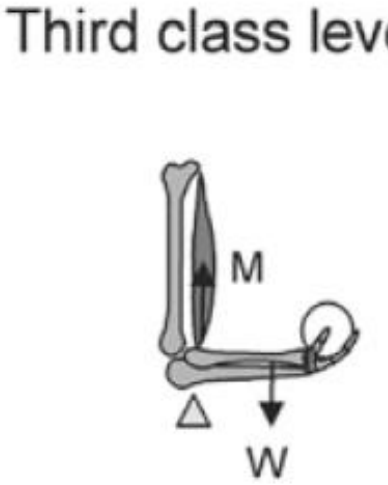




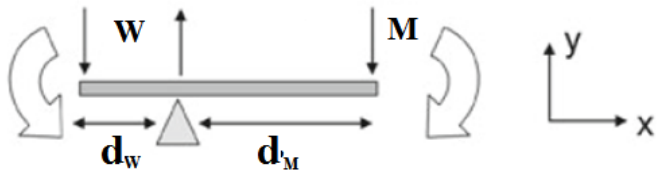
اهرم نوع سوم:

در اهرم‌های نوع سوم، نیروی محرک در وسط و تکیه‌گاه و نیروی مقاوم در دو طرف آن قرار می‌گیرند. شکل زیر، شماتیک این دسته از اهرم‌ها را به تصویر کشیده است. نمونه‌ای از اهرم‌های نوع سوم را می‌توان در بازوی انسان، راکت تنیس، جاروی دستی بلند، بیل، قاشق و منگنه مشاهده کرد.



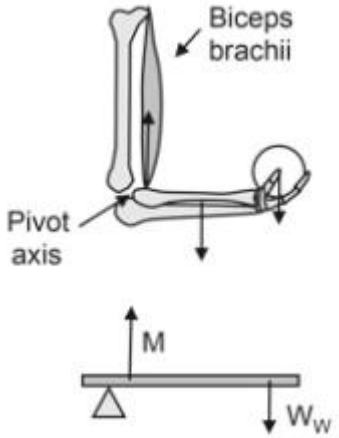


شرط تعادل در اهرم ها مزیت مکانیکی را می دهد که می تواند کوچکتر و بزرگتر از ۱ باشد:



$$\left[W\, d_W = M\, d_M \Rightarrow \frac{W}{M} = \frac{d_M}{d_W} = MA(Mechanical\ \ Advantage) \right]$$

مثال : در شکل اگر بازوی محرک ۳۰ و بازوی مقاوم ٤ سانتی متر باشند، با نیروی محرک ۲ کیلوگرم، مقدار نیروی مقاوم و مزیت مکانیکی چقدر می باشند؟

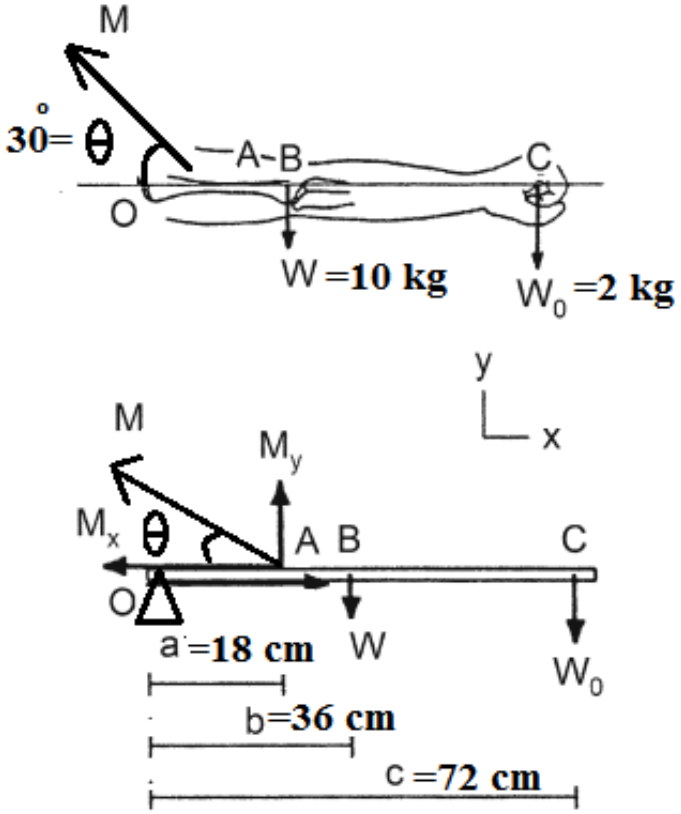


$$\left[W\, d_W = M\, d_M \Rightarrow (2\,kg \times 10 \frac{m}{\sec^2}) \times 30 = M \times 4 \Rightarrow M = 150\,N \right]$$

$$\left[MA = \frac{W}{M} = \frac{20}{150} \langle 1 \right]$$

مثال : مطلوبست مجاسبه ی نیرو و مولفه های نیروی کشش عضله ی بازو.

برای حل می بایست برابری گشتاور نیروها حول محور دوران (O) را که توسط ماهیچه ی بازو از یک طرف و گشتاور حاصل از وزن دست و وزنه از سوی دیگر ایجاد می شود را نوشت.



$$\vec{\tau}_M = \vec{\tau}_W + \vec{\tau}_{W_o} \Rightarrow \vec{a}\times\vec{M} = \vec{b}\times\vec{W} + \vec{c}\times\vec{W}_o \Rightarrow$$

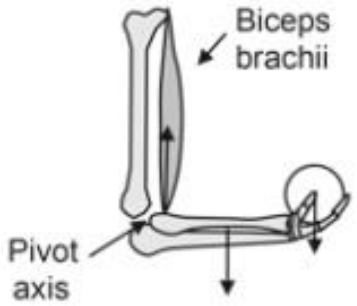
$$a\,M\,sin\theta = bW\,sin90 + cW_o\,sin90 \Rightarrow$$

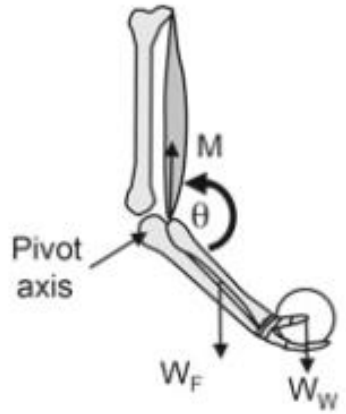
$$a\,M\,sin\theta = bW + cW_o \Rightarrow$$

$$18_{cm}\times M\times sin30 = 36_{cm}\times\left(10_{kg}\times 10\ \frac{m}{\sec^2}\right) + 72_{cm}\times\left(2_{kg}\times 10\ \frac{m}{\sec^2}\right) \Rightarrow$$

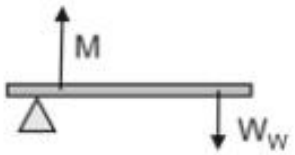
$$\Rightarrow M = 560\,N$$

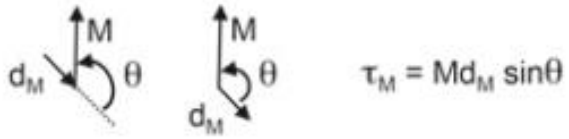
$$and \quad \begin{cases} M_x = M\,cos30^o = 560\times\dfrac{\sqrt{3}}{2} = 476\ N \\ M_y = M\,\sin 30^o = 560\times\dfrac{1}{2} = 280\ N \end{cases}$$



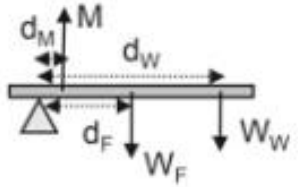


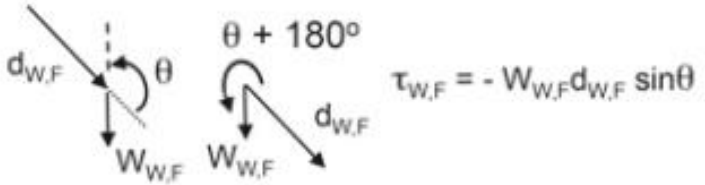
(b) Case #1





(c) Case #2





مثال : مطلوبست مجاسبه ی نیروی کشش عضله ی M وقتی دست حاوی وزنه به اندازه زاویه θ پایین می آید.

برای حل می بایست مجموع گشتاور نیروهای حول محور دوران (Pivot axis) را که توسط M ، وزن دست W_F و وزنه ی W_W ایجاد می شود و در تعادل هستند را نوشت.

$$\vec{\tau}_M + \vec{\tau}_{W_1} + \vec{\tau}_{W_o} = 0 \Rightarrow$$

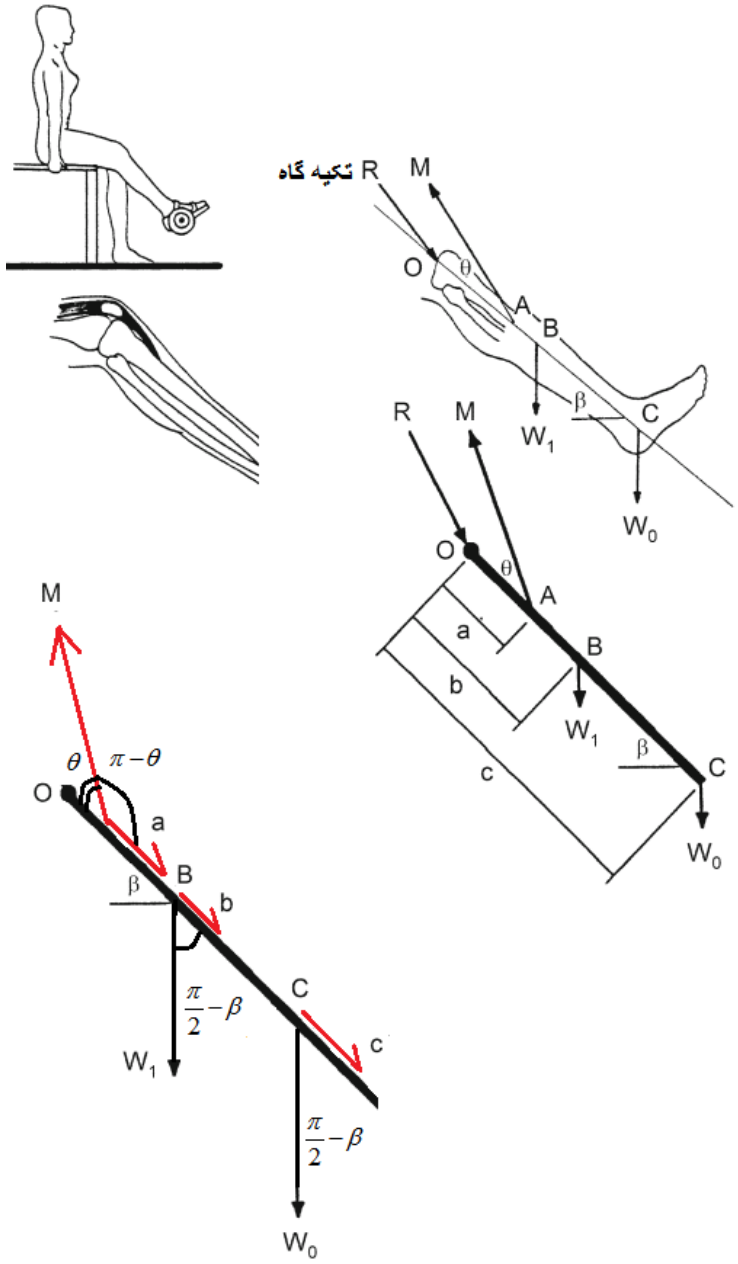
$$\vec{d}_M \times \vec{M} + \vec{d}_W \times \vec{W} + \vec{d}_F \times \vec{W}_F = 0 \Rightarrow$$

$$\underbrace{d_M\ M\ \sin(\theta)}_{\vec{\tau}_M : \odot} + \underbrace{d_W W\ \sin(\pi+\theta)}_{\vec{\tau}_W : \otimes} +$$

$$\underbrace{d_F W_F \sin(\pi+\theta)}_{\vec{\tau}_F : \otimes} = 0 \Rightarrow$$

$$d_M\ M\ \sin\theta - d_W W\ \sin\theta - d_F W_F \sin\theta = 0$$

$$\Rightarrow M = \frac{(d_W W + d_F W_F)}{d_M}$$



مثال : مطلوبست مجاسبه ی نیروی کشش عضله ی M برای نگهداری وزنه.

برای حل می بایست مجموع گشتاور نیروهای حول محور دوران (O) را که توسط M ، وزن پای W_1 و وزنه ی W_o ایجاد می شود و در تعادل هستند را نوشت.

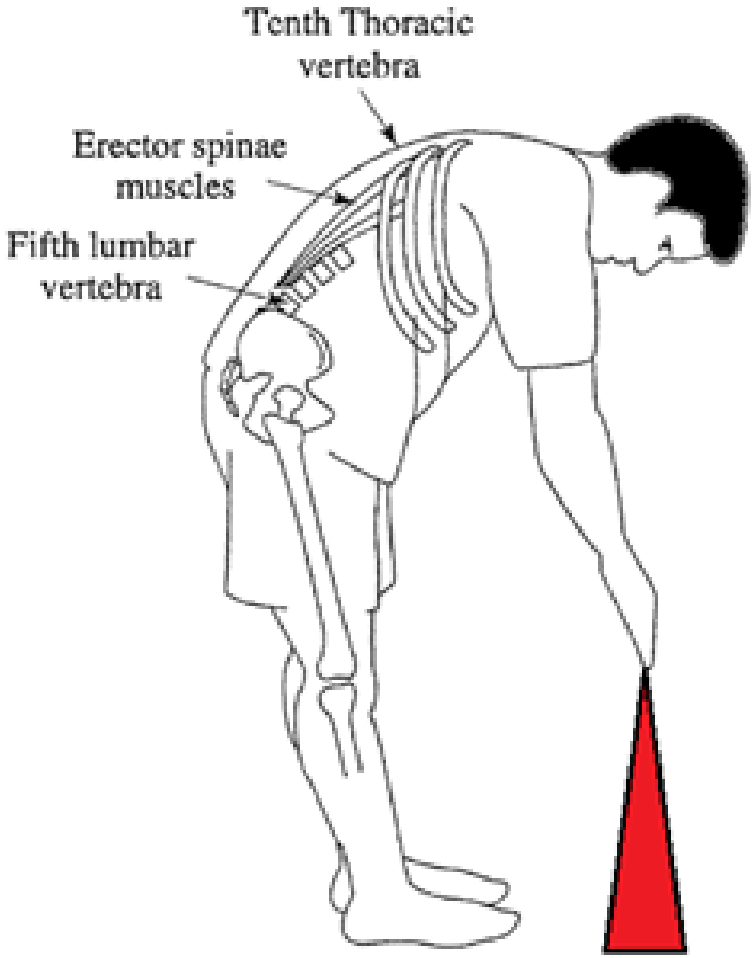
$$\vec{\tau}_M + \vec{\tau}_{W_1} + \vec{\tau}_{W_o} = 0 \Rightarrow \vec{a}\times\vec{M} + \vec{b}\times\vec{W}_1 + \vec{c}\times\vec{W}_o = 0 \Rightarrow$$

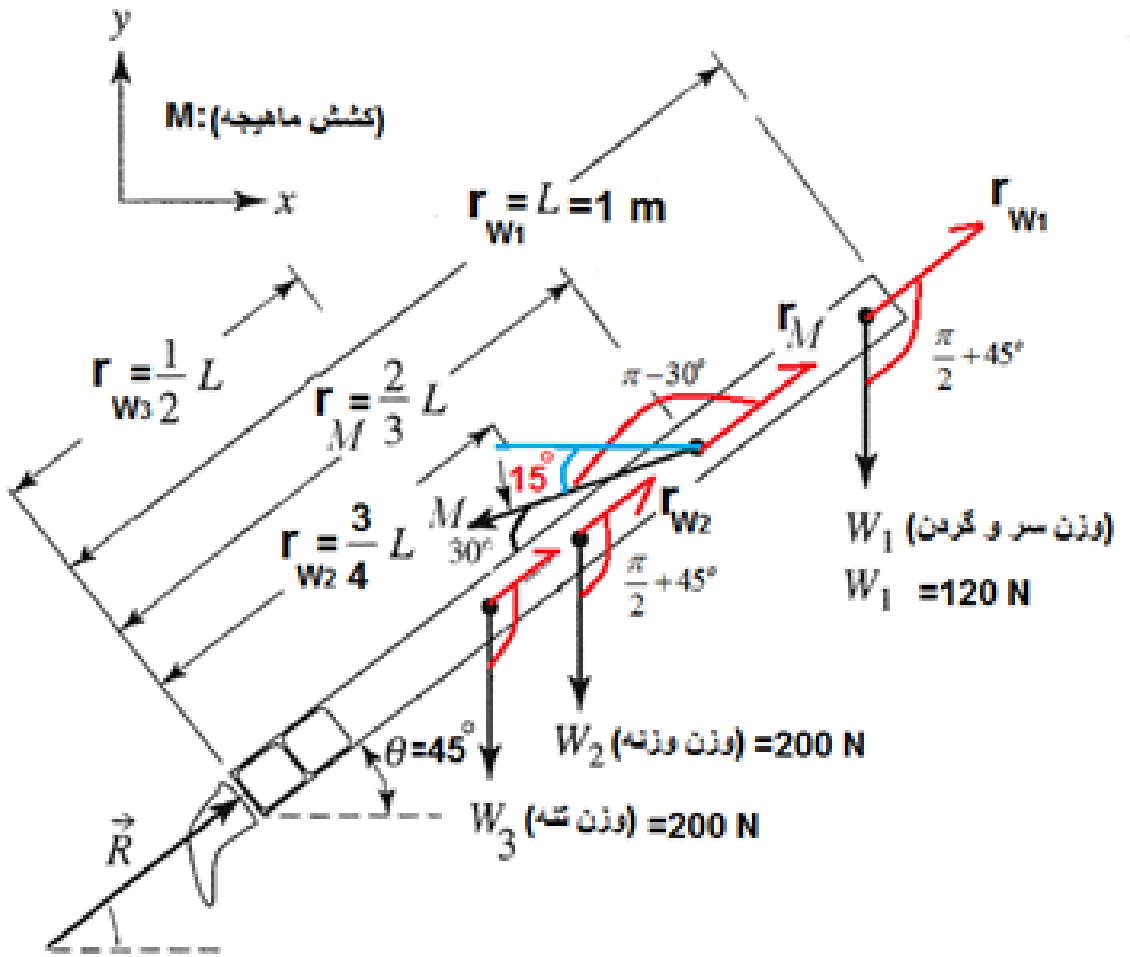
$$\underbrace{a\,M\,\sin(\pi-\theta)}_{\vec{\tau}_M:\odot} + \underbrace{b W_1 \sin\left(\frac{\pi}{2}-\beta\right)}_{\vec{\tau}_{W_1}:\otimes} + \underbrace{c W_o \sin\left(\frac{\pi}{2}-\beta\right)}_{\vec{\tau}_{W_o}:\otimes} = 0 \Rightarrow$$

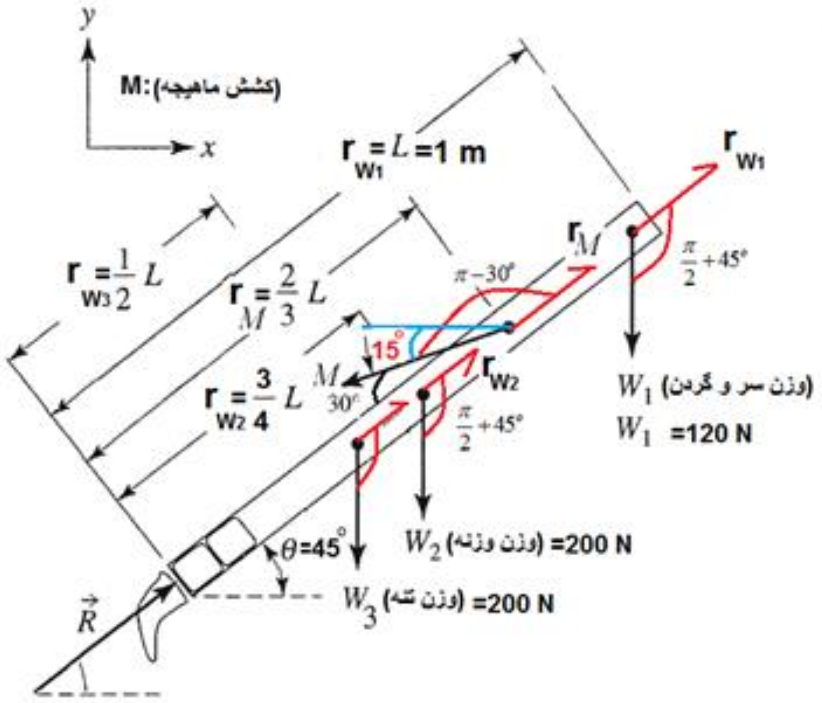
$$-a\,M\,\sin\theta + b W_1 \cos\beta + c W_o \cos\beta = 0 \Rightarrow$$

$$M = \frac{(b W_1 + c W_o)\cos\beta}{a\sin\theta}$$

مثال: شخصی با خم شدن از کمر می خواهد جسمی ۲۰۰ نیوتنی را بلند کند. مطلوبست محاسبه ی مقدار نیروی کششی ماهیچه ی کمر شخص و نیروی وارد شده به مهره ی L5.







$$\vec{\tau}_M+\vec{\tau}_{W_1}+\vec{\tau}_{W_2}+\vec{\tau}_{W_3}=0\Rightarrow \vec{r}_M\times\vec{M}+\vec{r}_{W_1}\times\vec{W}_1+\vec{r}_{W_2}\times\vec{W}_2+\vec{r}_{W_3}\times\vec{W}_3=0\Rightarrow$$

$$\underbrace{r_M\ M\ sin\left(\pi-30^o\right)}_{\vec{\tau}_M:\odot}+\underbrace{r_{W_1}\ W_1\ sin\left(\frac{\pi}{2}+45^o\right)}_{\vec{\tau}_{W_1}:\otimes}+\underbrace{r_{W_2}\ W_2\ sin\left(\frac{\pi}{2}+45^o\right)}_{\vec{\tau}_{W_2}:\otimes}+\underbrace{r_{W_3}\ W_3\ sin\left(\frac{\pi}{2}+45^o\right)}_{\vec{\tau}_{W_3}:\otimes}\Rightarrow$$

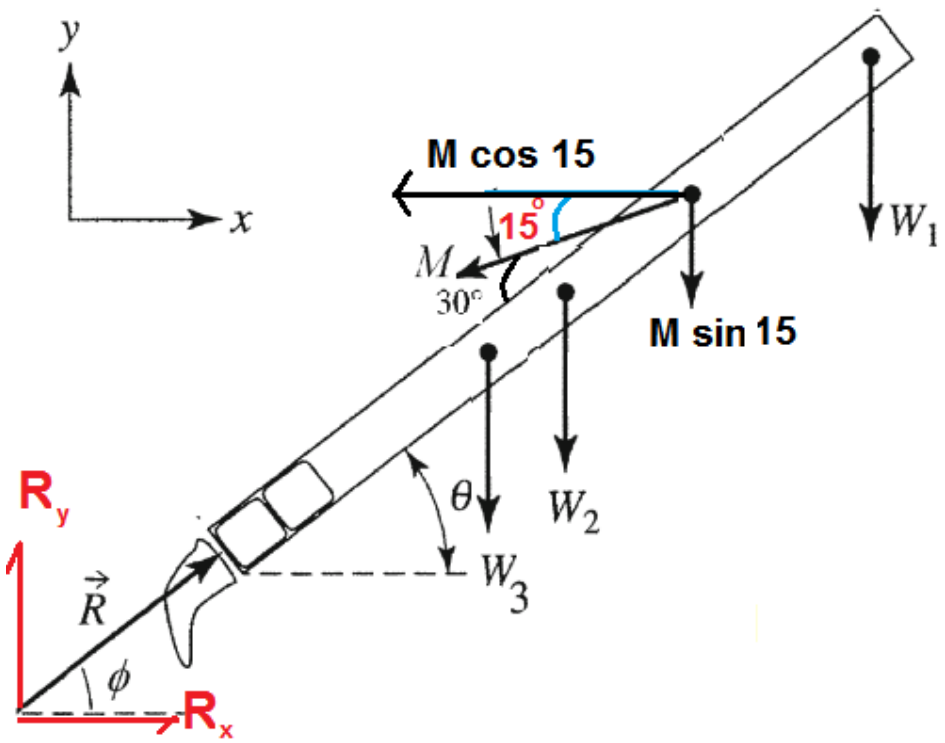
$$-r_M\ .M\ .\frac{1}{2}+r_{W_1}\ .W_1.\frac{\sqrt{2}}{2}+r_{W_2}\ .W_2.\frac{\sqrt{2}}{2}+r_{W_3}.W_3.\frac{\sqrt{2}}{2}=0\Rightarrow$$

$$M=\frac{2.\frac{\sqrt{2}}{2}.\left(r_{W_1}.W_1+r_{W_2}.W_2+r_{W_3}.W_3\right)}{r_M}\Rightarrow$$

$$M=\frac{\sqrt{2}.\left(L.W_1+\frac{3}{4}L.W_2+\frac{1}{2}L.W_3\right)}{r_M}\Rightarrow$$

$$M=\frac{\sqrt{2}.\left(1\times120+\frac{3}{4}\times200+\frac{1}{2}\times200\right)}{1}=518\,N$$

نیروی وارد شده به مهره L5:



$$-M\sin 15^o - W_1 - W_2 - W_3 = R_y \Rightarrow$$

$$R_y = -\left(M\sin 15^o + W_1 + W_2 + W_3\right) =$$

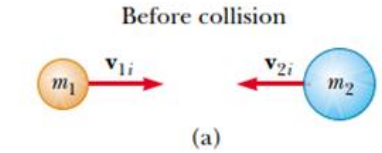
$$-\left(518\times\sin 15^o + 120 + 200 + 200\right) = 654\,N$$

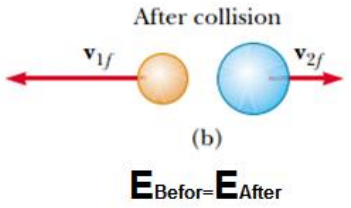
$$\textit{and} \qquad R_x = M\cos 15^o = 518\,N \times 0.9659 = 500.33\,N$$

$$\textit{Then}: \qquad R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{(654)^2 + (500.33)^2} = 823.4\,N$$

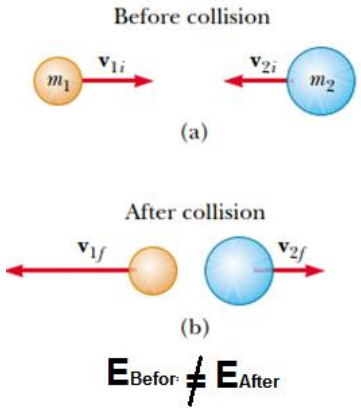
انواع برخورد:

۱- الاستیک یا کشسان: برخوردی است که انرژی جنبشی سیستم قبل و پس از برخورد برابر می باشد.

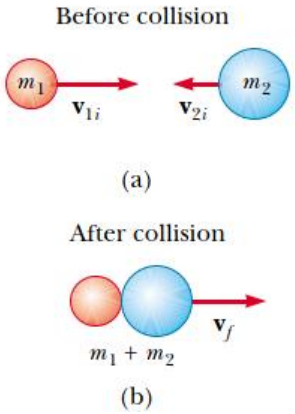




۲- غیر الاستیک یا غیر کشسان: برخوردی است که انرژی جنبشی سیستم قبل و پس از برخورد برابر نمی باشد.



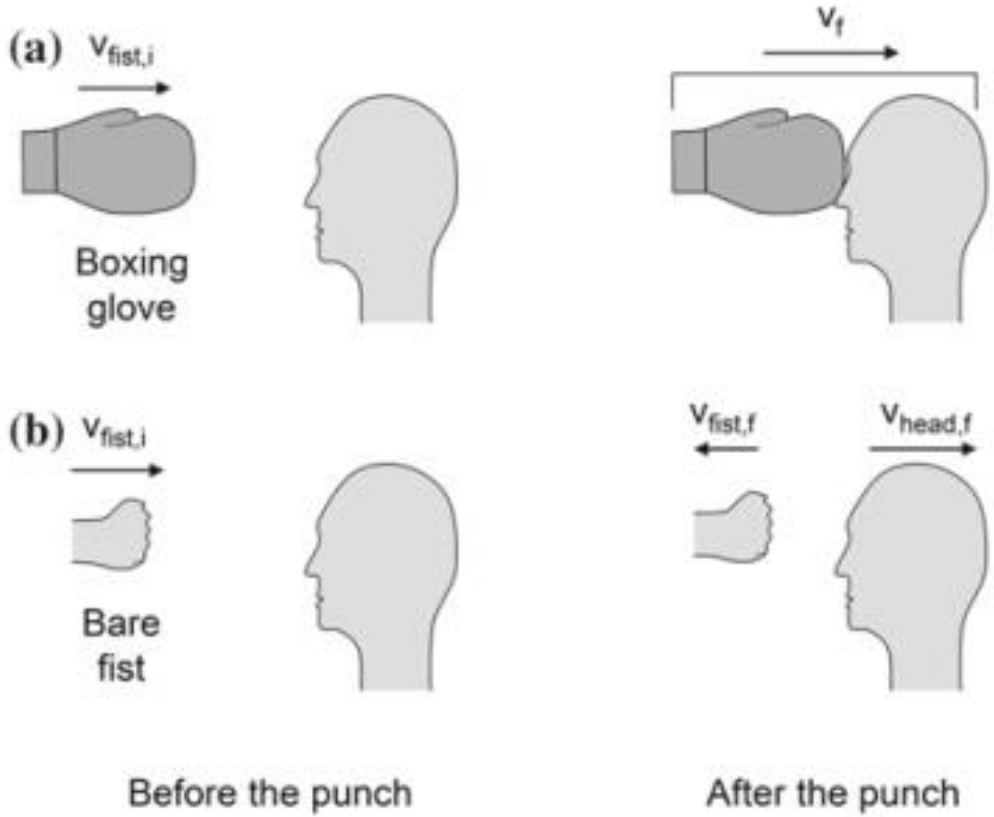
۳- برخورد کاملا ناکشسان: بر خورد غیر الاستیکی است که پس از برخورد اجزا به یکدیگر می چسبند.

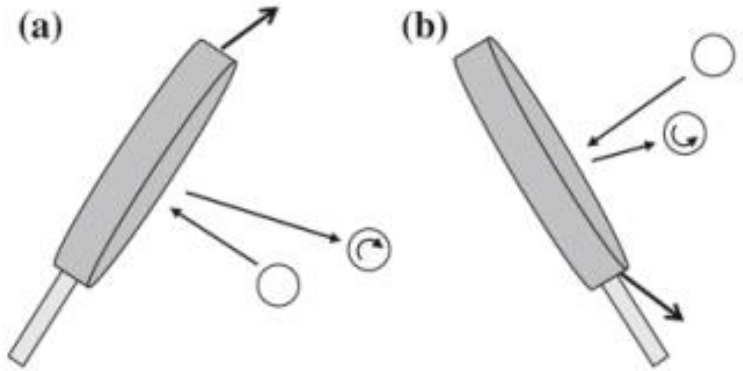


ضریب ارتجاع یا استرداد (Coefficient of restitution):

برابر نسبت سرعتهای نسبی دو جسم قبل و بعد برخورد است.

$$e = \frac{V_{f_1} - V_{i_1}}{V_{f_2} - V_{i_2}}$$


(a) $v_{fist,i}$
Boxing glove
v_f
(b) $v_{fist,i}$
Bare fist
$v_{fist,f}$
$v_{head,f}$
Before the punch
After the punch


(a)
(b)

دینامیک و آثار سرعت و شتاب بر بدن:

$$\begin{cases}\vec{F}=m\vec{a}\\ \vec{P}=m\vec{V}\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}\dfrac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}=\dfrac{m\Delta\vec{V}}{\Delta t}\Rightarrow\dfrac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}=m\dfrac{\Delta\vec{V}}{\Delta t}=m\vec{a}=\vec{F}\\ \vec{F}_{\text{ضربه}}=\vec{J}=\dfrac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}\\ \vec{P}_{Initial}=\vec{P}_{Final}\end{cases}$$

مثال: شخصی به وزن ۸۰۰ نیوتن و وزن سر ۸۰ نیوتن با سرعت ۵ متر بر ثانیه حرکت می کند، و این شخص با دیوار و میله ای در بالای آن بترتیب در زمان های ۰/۰٤ و ۰/۰۳ ثانیه برخورد می نماید. نیروی تولید شده در این ضربه به شخص و سر وی چقدر است؟

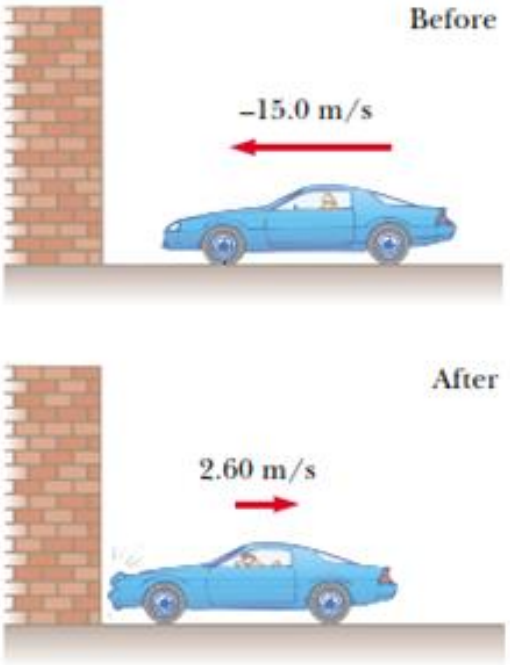
بنابراین یکی از راههای کاهش نیروی اعمال شده به بدن افزایش زمان برخورد می باشد.

$$\textit{The person}:\begin{cases}\Delta\vec{P}=\Delta\left(m\vec{V}\right)=\vec{P}_{Final}-\vec{P}_{Initial}=\dfrac{800}{10}\times5-\dfrac{800}{10}\times0=400\ \dfrac{kg}{m.\sec}\\ \begin{cases}if\ :t=0.04\sec\Rightarrow\vec{F}=\dfrac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}=\dfrac{400}{0.04}=10000\,N\\ if\ :t=0.03\sec\Rightarrow\vec{F}=\dfrac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}=\dfrac{400}{0.03}=13333.33\,N\end{cases}\end{cases}$$

$$\textit{The Head}:\begin{cases}\Delta\vec{P}=\Delta\left(m\vec{V}\right)=\vec{P}_{Final}-\vec{P}_{Initial}=\dfrac{80}{10}\times5-\dfrac{80}{10}\times0=40\ \dfrac{kg}{m.\sec}\\ \begin{cases}if\ :t=0.04\sec\Rightarrow\vec{F}=\dfrac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}=\dfrac{40}{0.04}=1000\,N\\ if\ :t=0.03\sec\Rightarrow\vec{F}=\dfrac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}=\dfrac{40}{0.03}=1333.33\,N\end{cases}\end{cases}$$

صدمه شلاقی در تصادفات: اتومبیل در زمان کوتاهی می ایستد. بدن و سر و گردن بدلیل اینرسی به جلو می روند و فشار زیادی روی قفسه سینه (روی کمربند) و سر و گردن وارد می شود.

مثال– اتومبیلی با جرم ۱۵۰۰ کیلوگرم با دیواری برخورد می کند. سرعت اولیه و نهایی پس از برخورد به ترتیب ۱۵– و ۲/۶ متر بر ثانیه می باشند. اگر زمان برخورد ۱۵۰ میلی ثانیه باشد، مطلوبست محاسبه میانگین نیروی برخوردی وارد شده به اتومبیل.



$$\mathbf{p}_i = m\mathbf{v}_i = (1\,500\ \text{kg})(-15.0\mathbf{i}\ \text{m/s}) = -2.25 \times 10^4\mathbf{i}\ \text{kg}\cdot\text{m/s}$$

$$\mathbf{p}_f = m\mathbf{v}_f = (1\,500\ \text{kg})(2.60\mathbf{i}\ \text{m/s}) = 0.39 \times 10^4\mathbf{i}\ \text{kg}\cdot\text{m/s}$$

Hence, the impulse is

$$\mathbf{I} = \Delta\mathbf{p} = \mathbf{p}_f - \mathbf{p}_i = 0.39 \times 10^4\mathbf{i}\ \text{kg}\cdot\text{m/s} - (-2.25 \times 10^4\mathbf{i}\ \text{kg}\cdot\text{m/s})$$

$$\mathbf{I} = 2.64 \times 10^4\mathbf{i}\ \text{kg}\cdot\text{m/s}$$

The average force exerted on the automobile is

$$\overline{\mathbf{F}} = \frac{\Delta\mathbf{p}}{\Delta t} = \frac{2.64 \times 10^4\mathbf{i}\ \text{kg}\cdot\text{m/s}}{0.150\ \text{s}} = 1.76 \times 10^5\mathbf{i}\ \text{N}$$

آثار تغییر شتاب لحظه ای بر بدن:

۱- در وسایلی مانند آسانسور موجب افزایش و کاهش وزن و ظهور وزن ظاهری و تغییر پمپاز خون می شود.

۲- در هواپیما و مسافرت های فضایی اگر شتاب بیشتر از ۵ برابر سرعت صوت شود، بدلیل تغییر الکترواستاتیکی یونها و فشار خون در مغز موجب بیهوشی و فراموشی می شود.

۳- در ضربه اگر $\Delta t \to 0$ میل نماید، نیروی وارد بر بدن بشدت افزایش می یابدو صدمه زیاد است.

٤- دوران موجب جداسازی بخش های کم محلول و نا محلول در مایع می شود (مانند جداسازی گلبول قرمز از پلاسما در آزمایش هماتوکریت).

۵- اگر محلولی شامل ذرات کروی شکل باشد داریم:

$$\text{Gravity Force: } \downarrow F_g = \underbrace{\left(\frac{4}{3}\pi R^3\right)}_{\text{Volume of spherical particle}} \times \underbrace{\rho}_{\text{Particle density}} \times \underbrace{g}_{\text{Acceleration of gravity}}$$

$$\text{Floating Force: } \uparrow F_F = \underbrace{\left(\frac{4}{3}\pi R^3\right)}_{\text{Volume of spherical particle}} \times \underbrace{\rho_o}_{\text{solution density}} \times \underbrace{g}_{\text{Acceleration of gravity}}$$

$$\text{Deterrent force: } \downarrow F_d = 6\pi \underbrace{R}_{\textit{Effective radius of particle}} \times \underbrace{\eta}_{\text{viscosity}} \times \underbrace{V}_{\text{Sediment speed}}$$

$$\Rightarrow F_g - F_F = F_d \Rightarrow V = \frac{2R^2}{9\eta} g\left(\rho - \rho_o\right)$$

(الف) در برخی بیماری ها مانند تب رماتیسمی و نقرس، گلبول های قرمز خون به هم چسبیده و شعاع موثر ذرات تشکیل شده زیاد می شود و سرعت ته نشینی افزایش می یابد.

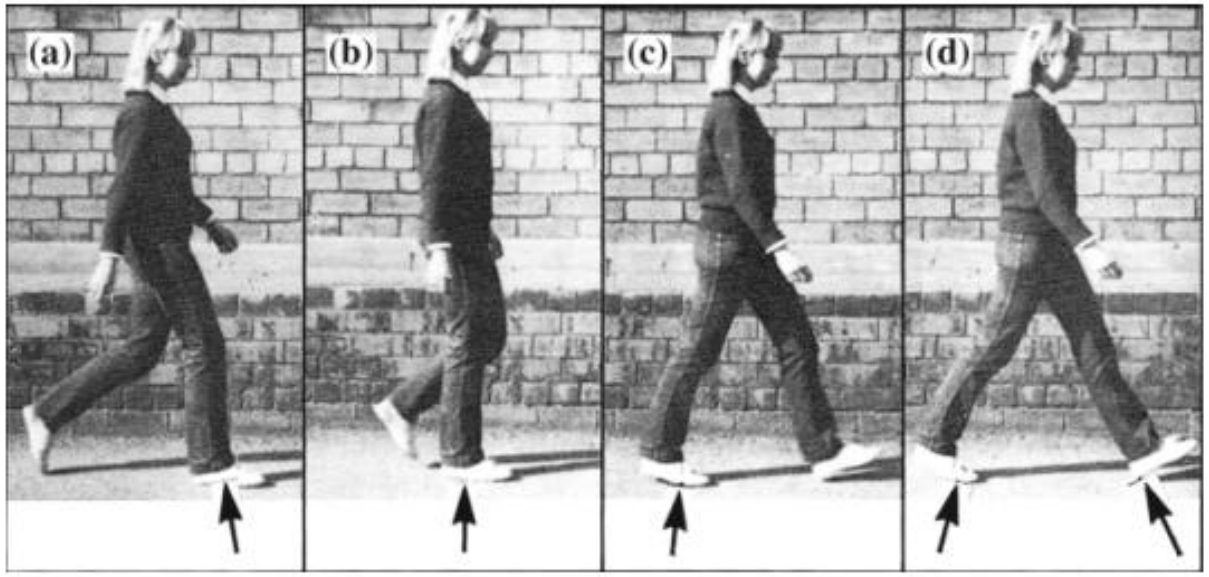
(ب) در بیماریهایی مانند کم خونی داسی شکل و زردی همولیتیک، گلبول های قرمز خون می شکنند و سرعت ته نشینی در آنها کاهش می یابد.

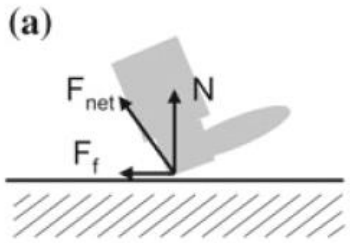
بنابراین تعیین سرعت ته نشینی گلبول های قرمز خون یک آزمایش بالینی برای تشخیص برخی بیماری ها است.

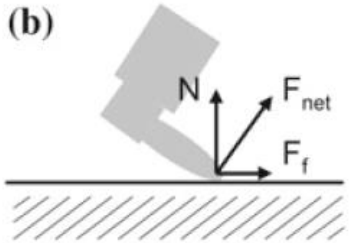
مثال: اگر قطر گلبو لهای قرمز خون ۸ میکرومتر، چگالی پلاسمای خون ۱/۲ گرم بر سانتی متر مکعب، چگالی گلبول قرمز ۱/۷ گرم بر سانتی متر مکعب، و ویسکوزیته محلول ۰/۰۰۰۰۰۵ باشد، مطلوبست محاسبه ی سرعت ته نشینی گلبول های قرمز.

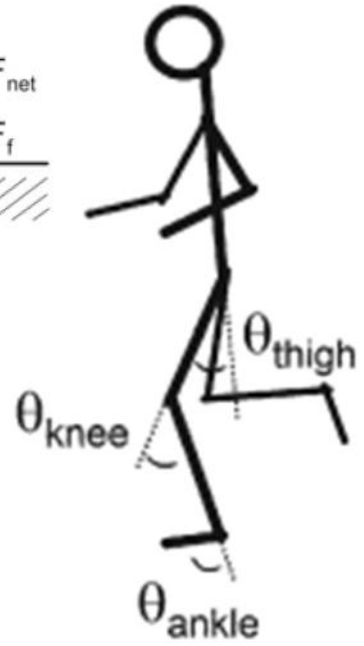
$$V=\frac{2R^2}{9\eta}g\left(\rho-\rho_o\right)=\frac{2\times\left(8\times10^{-6}\right)_{m^2}}{9\times\left(5\times10^{-6}\right)}\times9.8\,_{\frac{m}{\sec^2}}\times\left[\left(1.7-1.2\right)\times10^{-6}\,_{\frac{gr}{m^3}}\right]=1.74\times10^{-4}\ \frac{cm}{\sec}$$

حرکت شناسی (Kinematics)



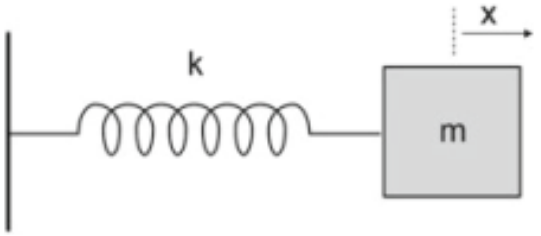






نحوه ایستادن

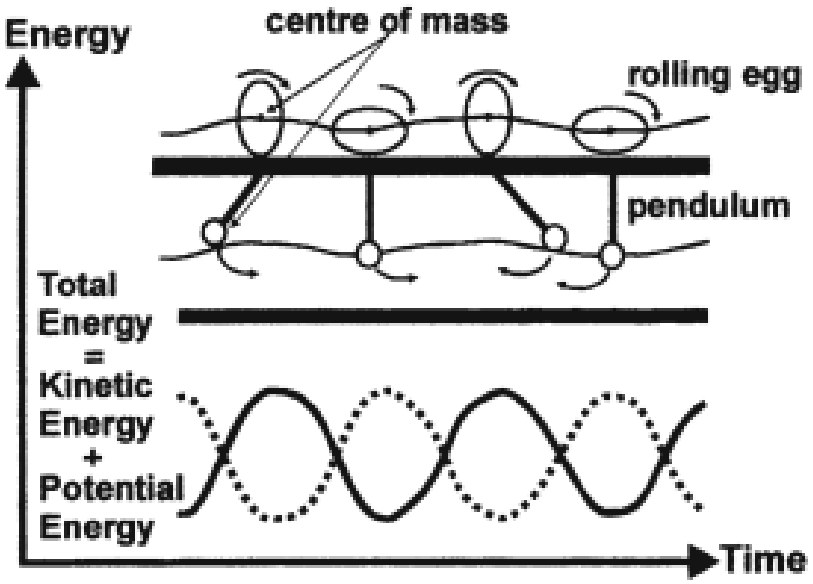
Simple Harmonic Oscillator



$$m\frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2} = -kx$$

$$\frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2} = -\frac{k}{m}x = -\omega^2 x,$$

$$x = A\cos(\omega t + \phi),$$



$$\mathrm{KE} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}\right)^2 = \frac{1}{2}mA^2\omega^2\sin^2(\omega t + \phi),$$

$$\mathrm{PE} = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2\cos^2(\omega t + \phi) = \frac{1}{2}mA^2\omega^2\cos^2(\omega t + \phi)$$

$$E = \mathrm{KE} + \mathrm{PE} = \frac{1}{2}mA^2\omega^2\sin^2(\omega t + \phi) + \frac{1}{2}mA^2\omega^2\cos^2(\omega t + \phi) = \frac{1}{2}mA^2\omega^2$$

Mass on a Pendulum

$$mL\frac{d^2\theta}{dt^2} = -mg\sin\theta.$$

$$mL\frac{d^2\theta}{dt^2} = -mg\theta$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{L}\theta = -\omega^2\theta. \qquad \theta(t) = B\cos(\omega t + \beta),$$

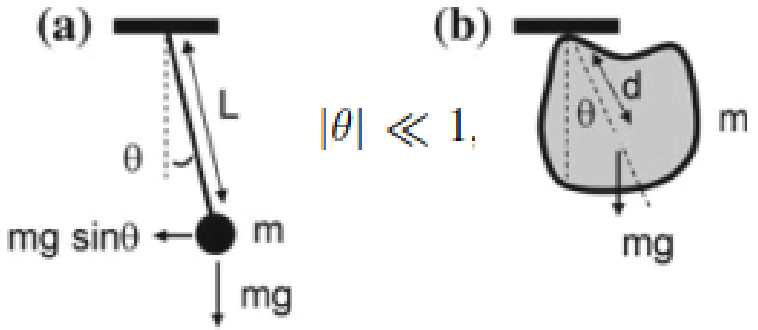
$$\text{KE} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\left(L\frac{d\theta}{dt}\right)^2 = \frac{1}{2}mB^2L^2\omega^2\sin^2(\omega t + \beta),$$

because $v = Ld\theta/dt = -BL\omega\sin(\omega t + \beta)$. The potential energy is

$$\text{PE} = mgL(1 - \cos\theta) \approx \frac{1}{2}mgL\theta^2,$$

because for small θ ($|\theta| \ll 1$), $1 - \cos\theta \approx 1 - \theta^2/2$, and so

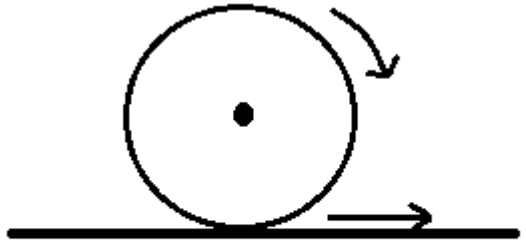
$$\text{PE} \approx \frac{1}{2}mgLB\cos^2(\omega t + \beta) = \frac{1}{2}mB^2L^2\omega^2\cos^2(\omega t + \beta)$$



$|\theta| \ll 1.$

$\omega = (g/L)^{1/2}.$

$$E = \text{KE} + \text{PE}$$
$$= \frac{1}{2}mB^2L^2\omega^2\sin^2(\omega t + \beta) + \frac{1}{2}mB^2L^2\omega^2\cos^2(\omega t + \beta)$$
$$= \frac{1}{2}mB^2L^2\omega^2$$



انواع حرکت:

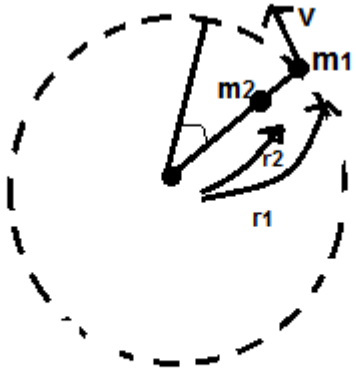
۱- حرکت انتقالی ۲- حرکت دورانی محض ۳- حرکت غلتشی

۱- حرکت انتقالی آن است که تمام اجزای جسم حرکت نماید (در راستای خط مستقیم)

۲- حرکت دورانی محض آن است که تمام اجزای جسم حول مرکزی دوران نماید.

۳- حرکت غلتشی ترکیب حرکت دورانی محض و حرکت انتقالی است.مانند حرکت لاستیک اتومبیل

ممان اینرسی - لختی دورانی :



$$v_1 = r_1\omega_1$$

$$v_2 = r_2\omega_2$$

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} \rightarrow (\omega_1 = \omega_2) \rightarrow (r_1 \neq r_2) \rightarrow (v_1 \neq v_2)$$

$$v_i = r_i \times \omega_i$$

پس انرزی جنبشی کل را می توان به صورت زیر نوشت:

$$E_K = E_{K1} + E_{K2} + ... = \frac{1}{2}M_1V_1^2 + \frac{1}{2}M_2V_2^2$$

$$E_K = \frac{1}{2} M_1 (R_1 \omega_1)^2 + \frac{1}{2} M_2 (R_2 \omega_2)^2 + \ldots \xrightarrow{\omega_1 = \omega_2 = \ldots = \omega} E_K = \frac{1}{2} \left[M_1 R_1^{\,2} + M_2 R_2^{\,2} + \ldots. \right] \omega^2$$

$$\rightarrow E_K = \frac{1}{2} \underbrace{\left[\sum_{I=1}^{N} M_I R_I^{\,2} \right]}_{=I} \omega^2$$

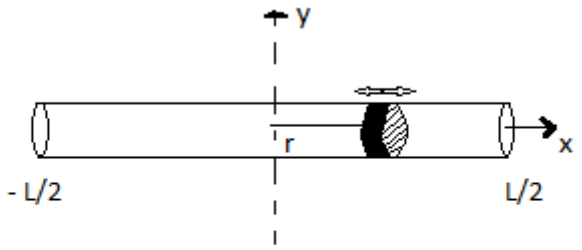
$$E_K = \frac{1}{2} I \omega^2 \qquad : Rotation$$

$$E_K = \frac{1}{2} M V^2 \qquad : Linear$$

$$I = \sum_{I=1}^{N} M_I R_I^{\,2} \qquad : Point wise$$

$$I = \int R^2 dM$$

فرض کنید میله ای با طول L و به جرم m و شعاع سطح مقطع R داریم.مطلوبست محاسبه ممان اینرسی آن در چرخش حول محور گذرنده از مرکزش و عمود بر میله(خط عمود منصف)



$$I = \int r^2 dm$$

$$m = \rho v \rightarrow dm = \rho dv \rightarrow I = \int r^2 \rho dv$$

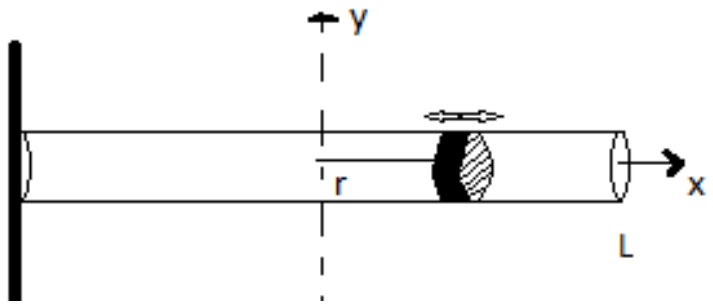
$$dv = s dr$$

$$I = \int r^2 \rho s dr \rightarrow I = \rho s \int_{\frac{-\ell}{2}}^{\frac{\ell}{2}} r^2 dr = \left[\rho s \frac{1}{3} r^3 \right]_{\frac{-\ell}{2}}^{\frac{\ell}{2}} \rightarrow I = \rho \pi r^2 \frac{1}{3} \left[\left(\frac{\ell}{2} \right)^3 - \left(-\frac{\ell}{2} \right)^3 \right]$$

$$\rightarrow I = \rho \pi r^2 \times \frac{1}{3} \times 2 \times \frac{\ell^3}{8} \rightarrow I = \frac{1}{12} \rho \pi r^2 \ell^3 \rightarrow I = \frac{1}{12} \left[\rho \pi r^2 \ell \right] \ell^2 \rightarrow I = \frac{1}{12} M \ell^2$$

انتقال محور دوران به گوشه:

$$I = \rho S \frac{1}{3}\left[r^3\right]_0^{\ell} = \rho S \frac{\ell^3}{3} \rightarrow I = \frac{1}{3}[\rho s \ell]\ell^2 \rightarrow I = \frac{1}{3} m \ell^2$$



قضیه انتقال محور های موازی :ا

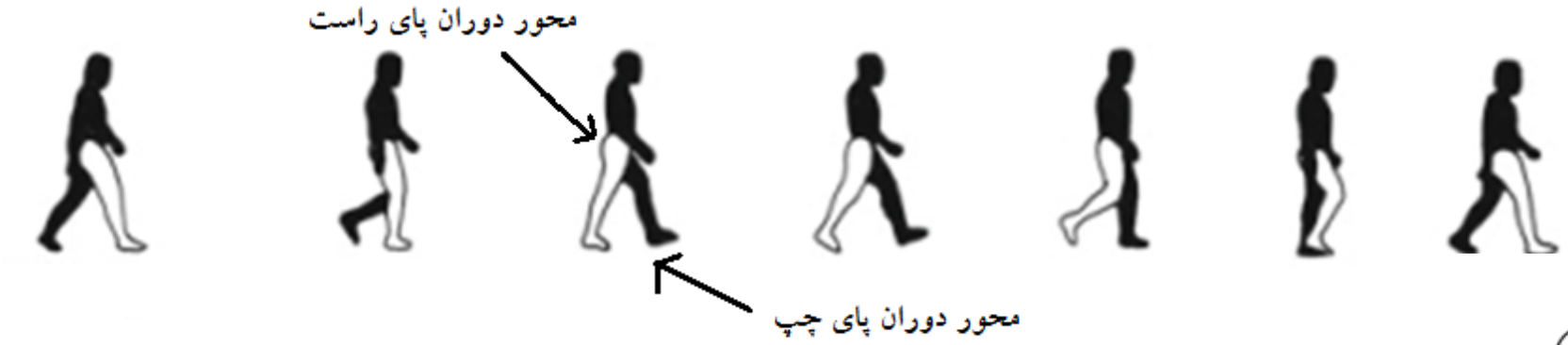
گر ممان اینرسی جسمی حول محوری Io باشد و محور بطور موا زی به اندازه ی r جابه جا شود ممان اینرسی جدید جسم می شود:

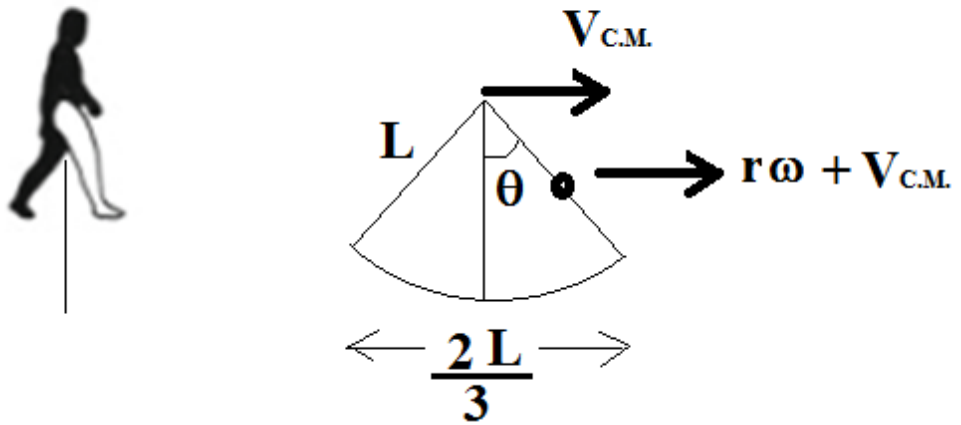
$$I_{New} = I_o + mr^2$$

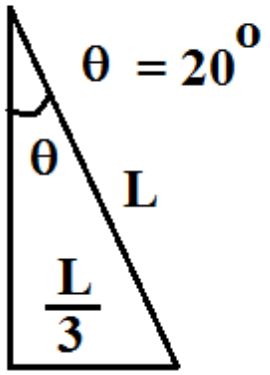
$$I = \frac{1}{12} m \ell^2, r = \frac{1}{2}\ell$$

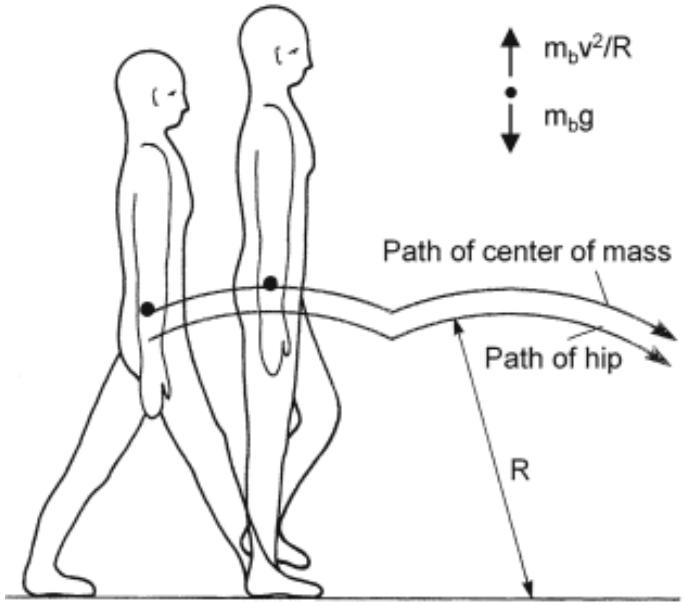
$$\rightarrow I_{New} = I_o + mr^2 = \frac{1}{12} m \ell^2 + m(\frac{1}{2}\ell)^2 = \frac{1}{3} m \ell^2$$

مدل راه رفتن:







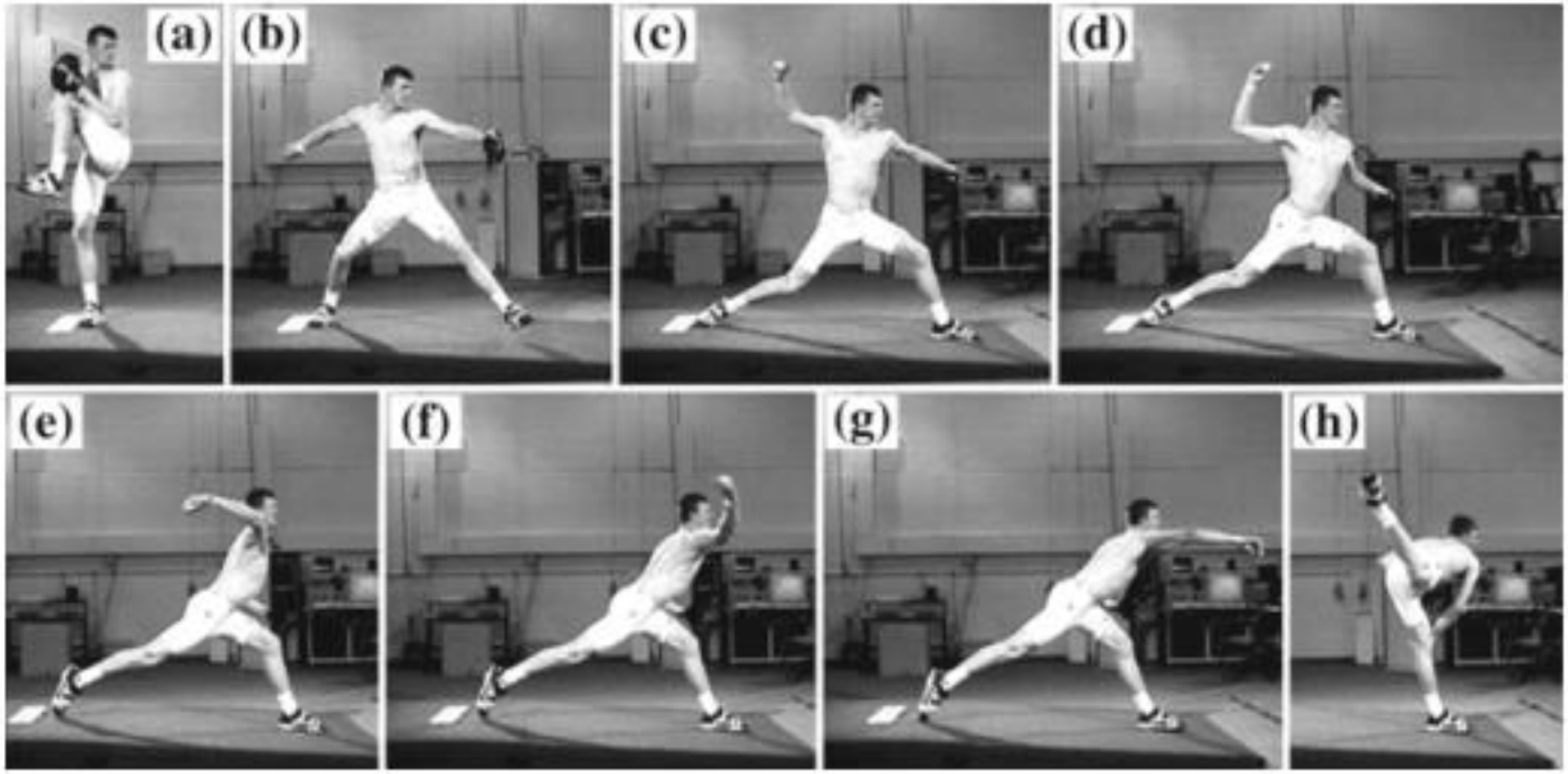


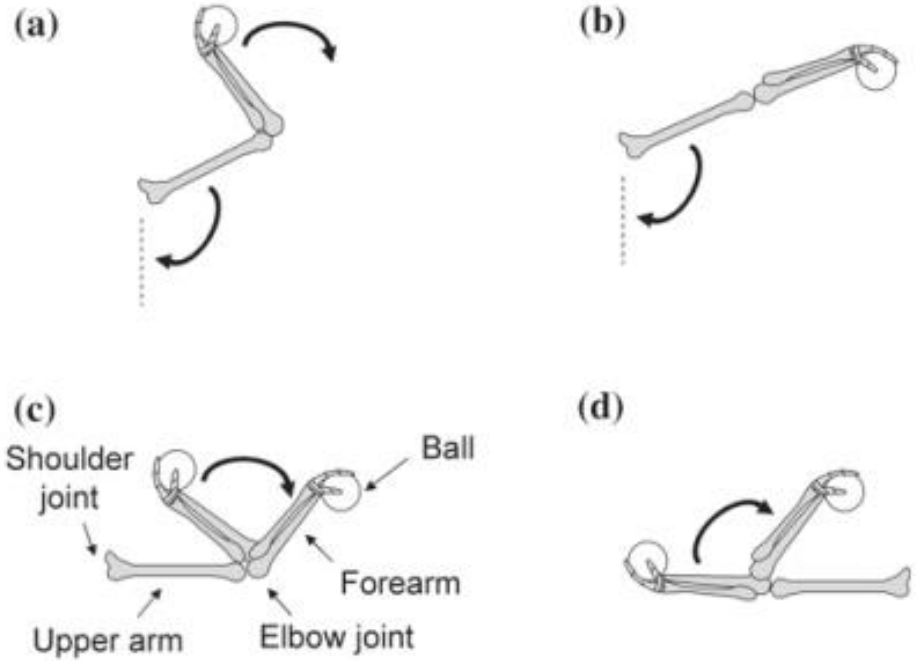
$$E_L = \frac{1}{2} I \omega^2 + \frac{1}{2} m_{Leg} V_{C.M.}{}^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{3} m \left(\frac{\ell}{2}\right)^2\right)\omega^2 + \frac{1}{2} m_{Leg} V_{C.M.}{}^2$$

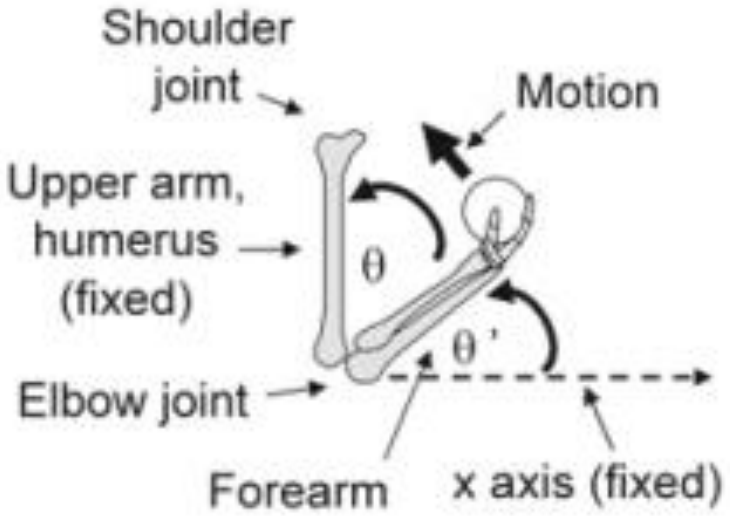
$$E_R = \frac{1}{2} I \omega^2 = \underbrace{\frac{1}{2}\left(\frac{1}{3} m \left(\frac{\ell}{2}\right)^2\right)\omega^2}_{Right\ Leg} + \frac{1}{2} I_{Body} \omega^2$$

$$\xrightarrow[Right+left]{E\ in\ one\ Step} E = 2\left(E_L + E_R\right)$$

پرتاب توپ بیسبال با پرتاب کننده ۱۸۰ سانتی متری و وزن ۹۰ کیلوگرم:







$$\sum \tau_z = Md_M \sin\theta - W_F d_F \sin\theta - W_B d_B \sin\theta$$
$$= (Md_M - W_F d_F - W_B d_B)\sin\theta,$$

$$\sum \tau_z = I\frac{d^2\theta'}{dt^2}.$$

Because $\theta + \theta' = \pi/2$ (=90°), a fixed quantity, we see that $d\theta/dt + d\theta'/dt = 0$ and $d^2\theta/dt^2 + d^2\theta'/dt^2 = 0$, so

$$\frac{d^2\theta'}{dt^2} = -\frac{d^2\theta}{dt^2}$$

$$\sum \tau_z = -I \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

$$I = \frac{1}{3} m_F L^2 + m_B L^2,$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{\sum \tau_z}{I}.$$

$$L \sim 0.2\,H \sim 36\,\text{cm}$$

$m_F \sim 2\,\text{kg}$ for a 90 kg player.

Baseball: mass of 0.146 kg.

$$1\,\text{N} = 1\,\text{kg-m/s}^2 = 100\,\text{kg-cm/s}^2,$$

$$\theta(t = 0) = 3\pi/4 \qquad d\theta(t = 0)/dt = 0$$

$$\theta(t = t_{\text{final}}) = \pi/4 \qquad d\theta(t = t_{\text{final}})/dt = ?,$$

$$W_F d_F = (2\,\text{kg})(9.8\,\text{m/s}^2)(18\,\text{cm}) = 353\,\text{N-cm}$$
$$W_B d_B = (0.146\,\text{kg})(9.8\,\text{m/s}^2)(36\,\text{cm}) = 51.5\,\text{N-cm},$$

$$\sum \tau_z = (1{,}620\,\text{N-cm} - 404\,\text{N-cm}) \sin\theta = (1{,}216\,\text{N-cm}) \sin\theta$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{\sum \tau_z}{I} = -\frac{(1{,}216\,\text{N-cm}) \sin\theta}{1{,}053\,\text{kg-cm}^2}.$$

$$\frac{d^2\theta(t)}{dt^2} = -116/\text{s}^2 \sin\theta(t)$$

$$\langle \sin\theta \rangle = 0.707\ (= \sin\pi/4 = \sin 3\pi/4).$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -116/s^2\langle \sin\theta\rangle = -81.7/s^2 = -\alpha. \quad \Rightarrow \quad \frac{d\theta}{dt} = -\alpha t + c_1.$$

c_1 is determined from the initial condition that $d\theta(t = 0)/dt = 0$, which gives $c_1 = 0$ and

$$\frac{d\theta}{dt} = -\alpha t. \quad \Rightarrow \quad \theta(t) = -\frac{1}{2}\alpha t^2 + c_2.$$

Because $\theta(t = 0) = 3\pi/4$, we find $c_2 = 3\pi/4$ and $\theta(t) = -\alpha t^2/2 + 3\pi/4$. At t_{final}, $\theta(t = t_{final}) = \pi/4$, so

$$\pi/4 = -\frac{1}{2}\alpha t_{final}^2 + \frac{3\pi}{4}, \quad \Rightarrow \quad t_{final} = (\pi/\alpha)^{1/2}.$$

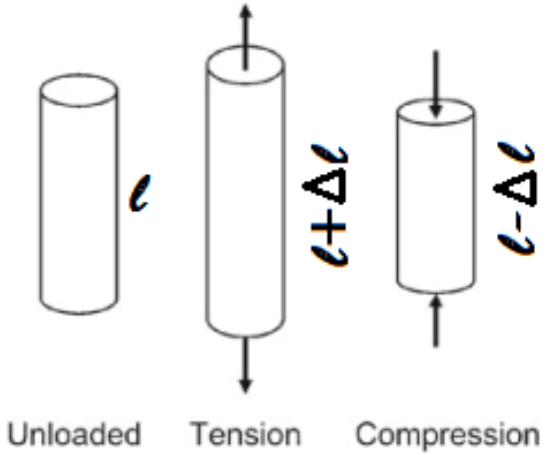
$$|d\theta(t = t_{final})/dt| = |-\alpha t_{final}| = (\pi\alpha)^{1/2}$$

$$v_B = \left| L\frac{d\theta(t = t_{final})}{dt} \right| = L\sqrt{\pi\alpha},$$

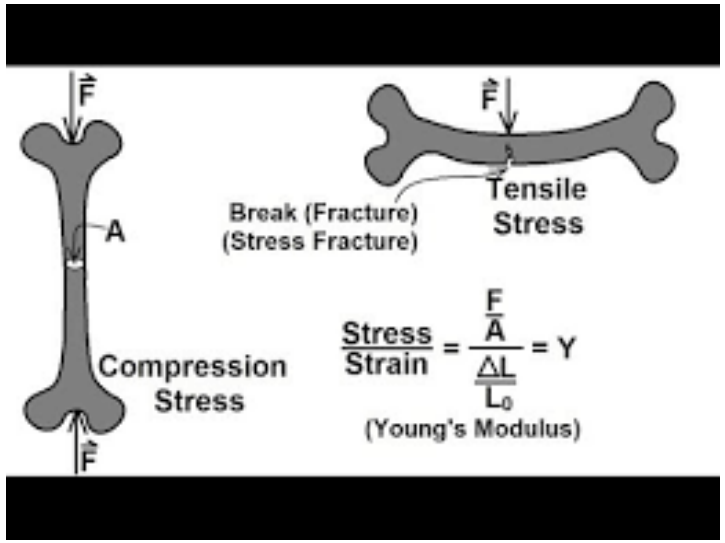
with arm angular speed $|d\theta(t_{final})/dt| = \sqrt{\pi\alpha}$. For $L = 36$cm this is $v_B = 63.8(\alpha)^{1/2}$, in units of cm/s with α in units of $1/s^2$.

مدول یانگ:

۱- کرنش: وقتی به جسمی نیرو وارد می شود بسته به نوع نیرو (فشاری و یا کششی) طول جسم نسبت به طول اولیه تغییر می یابد بنابراین داریم:



$$\varepsilon = \frac{\ell_{Deformation} - \ell_{Normal}}{\ell_{Normal}} = \frac{\Delta\ell}{\ell}$$

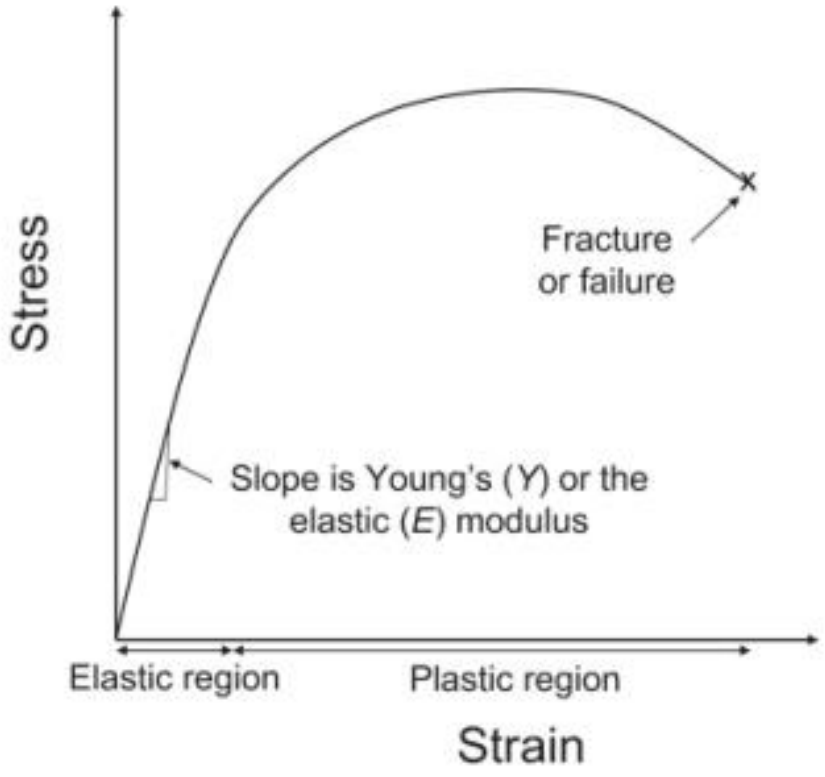


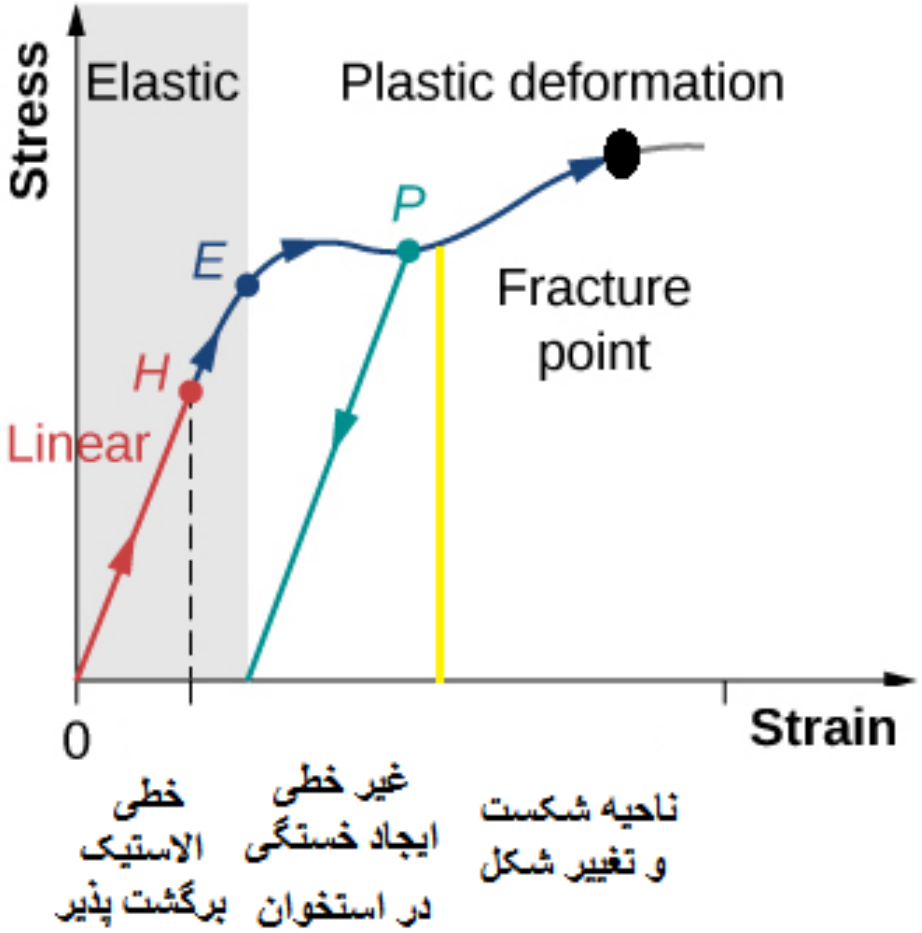
استرس: نسبت نیروی خارجی وارد بر جسم به مساحت سطحی جسم است:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \frac{N}{m^2}$$

مدول یانگ یا مدول الاستیک:

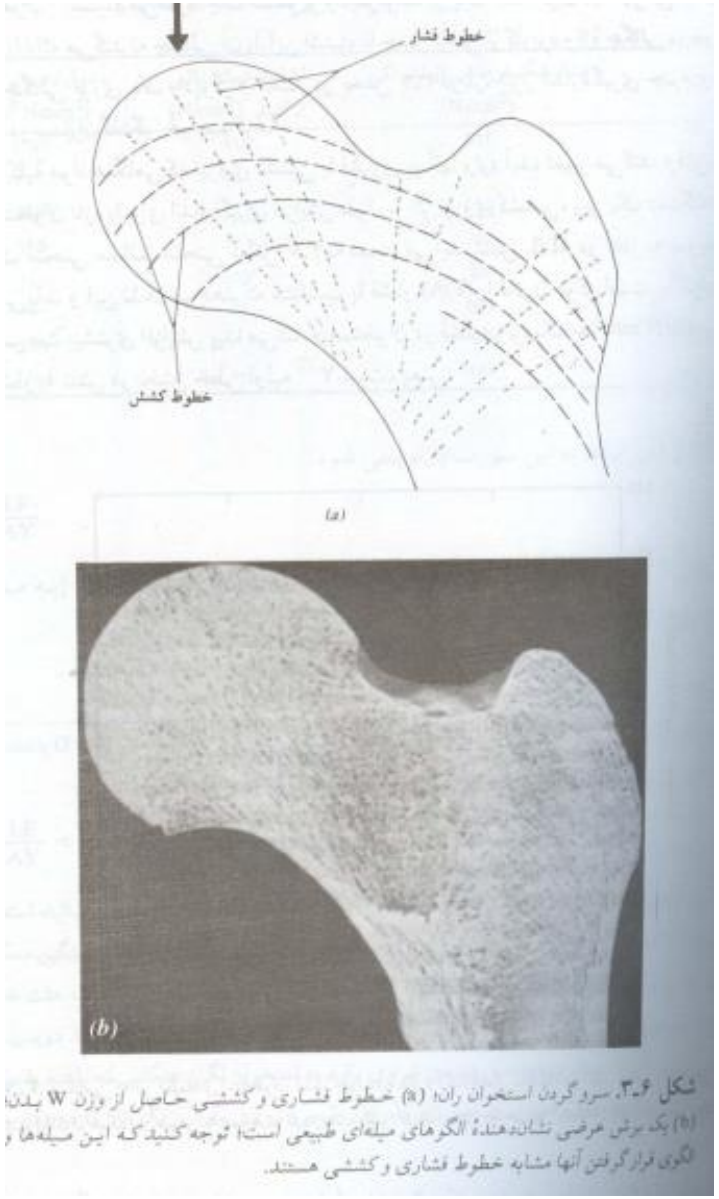
$$Elastic\ Modulus:\ Y = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta\ell}{\ell}} = \frac{F \times \ell}{A \times \Delta\ell}$$





وقتی استخوان تحت تاثیر نیروی خارجی قرار می گیرد، کرنش و استرس در سرتاسر آن ایجاد می شود و بسته به نوع بافت در هر قسمت، تغییراتی خاص رخ می دهد.

نرمی (Toughness): به سطح زیر منحنی استرس–کرنش گویند که به صورت انرژی در واحد حجم تعریف می شود. این پارامتر توانایی جذب انرژی توسط استخوان فبل از شکستگی را تعیین می نماید.



شکل ۳.۶. سر و گردن استخوان ران: (a) خطوط فشاری و کششی حاصل از وزن W بدن؛ (b) یک برش عرضی نشان‌دهندهٔ الگوهای میله‌ای طبیعی است؛ توجه کنید که این میله‌ها و الگوی قرارگرفتن آنها مشابه خطوط فشاری و کششی هستند.

مثال: استخوان ران پا طول ۷۰ سانتی متر و مساحت برش عرضی ۱۰ سانتی متر مربع دارد. اگر همه ی وزن بدن شخص ۸۰ کیلو گرمی روی آن قرار گیرد مطلوبست محاسبه ی مقدار کوتاه شدگی استخوان.

$$\Delta\ell = \frac{F \times \ell}{A \times Y} = \frac{0.7_{m} \times (80 \times 10)_{N}}{\left(10 \times 10^{-4}{}_{m}\right) \times \left(1.8 \times 10^{10}{}_{\frac{N}{m^2}}\right)} = 0.31\ mm$$

تعیین حد الاستیک استخوان قبل از شکستن، تعیین مقدار نیروهای کششی، فشاری و پیچشی برای رساندن استخوان به ناحیه شکستف و تعیین مدول الاستیک استخوان از جمله اندازه گیری های مهندسی برای ارزیابی استخوان می باشند. این ارزیابی ها توسط حسگرها بانجام می رسد که نمونه ای از آنها گجت های موجود می باشند.

برای بررسی صحت ساختار و عملکرد استخوان بررسی به دو صورت (۱) در بدن جاندار و (۲) در آزمایشگاه صورت می پذیرد.

یکی از مهم ترین بررسی ها برای ارزیابی صحت ساختار و عملکرد استخوان تعیین کلسیم در آن است. روش های مختلف این ارزیابی عبارتند از:

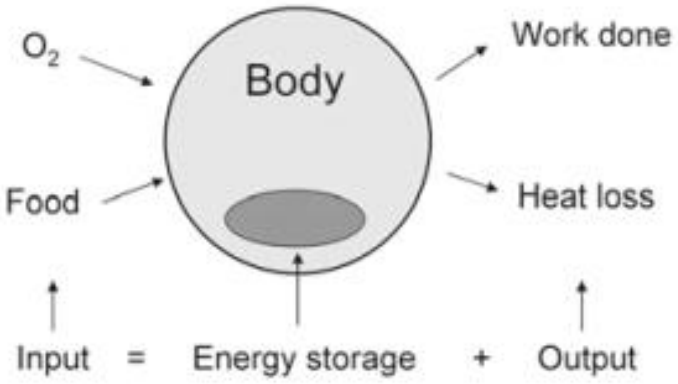
۱- روش پراش پرتو X: شدت پراش پرتو X تابیده شده به استخوان اندازه گیری می شود. از این روش برای تعیین چگالی استخوان نیز استفاده می شود.

۲- روش جذب فوتونی: مقدار فوتون جذب شده در سطح برش مقطعی استخوان اندازه گیری می شود.

۳- روش رادیو اکتیو کردن: استخوان در معرض نوترون های پر انرژی قرار گرفته و بسته به میزان و شدت پرتو گامای ساطع شده از استخوان، مقدار مواد معدنی و کلسیم در آن مشخص می شود.

مطالعه آزاد

فصل ۲- دما، گرما و سرما در پزشکی- انرژی و توان در بدن



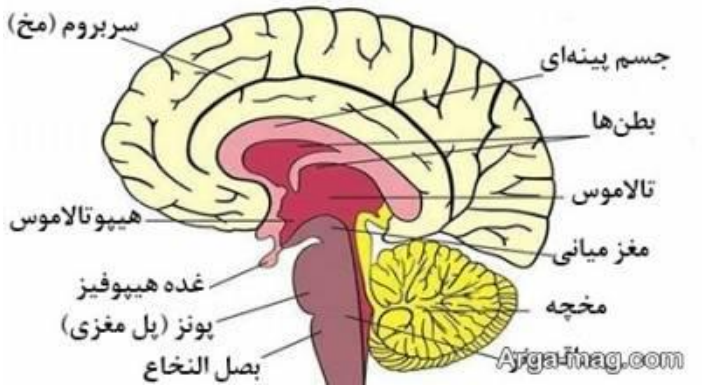
بدن تمایل دارد پارامترهای درونی اش را در حالت پایدار نگه دارد و دما یکی از این پارامترها می باشد.

پس از هضم غذا در بدن و انتقال آن به بافت ها و سلول ها، حدود ٪۹۰ انرژی آزاد شده ی غذا از طریق اکسیداسیون به حرارت تبدیل شده و این گرما از طریق بافت ها و سیالات به نقاط مختلف بدن انتقال می یابد. دمای طبیعی بدن C^o ۰/۳± ۳۷ می باشد و کاهش متابولیسم (شوک) موجب کاهش آن و عفونت باعث افزایش آن می شود.

حدود ٪۶۰ گرما در بدن از طریق تشعشع به محیط انتقال می یابد.

تعرق نوع دیگر از دست دادن گرما است.

تنفس نیز موجب کاهش دمای بدن می شود.



تنظیم دمای بدن توسط غده ی هیپوتالاموس در ناحیه مرکزی مغز صورت می پذیرد و این کار از طریق افزایش/کاهش ضربان قلب، تنفس، تعرق، اتساع/انقباض رگ ها و ... انجام می شود.

اندازه گیری دمای بدن توسط دماسنج ها با نجام میرسد و مکان های دماسنجی عبارتند از: دهان، مقعد، زیربغل، سرخرگ ریوی، مری، پرده صماخ و مثانه.

Infrarrojos
Ambientales
Bimetálico
Canastilla
A distancia
Digitales

DATALOGGER

سیستم: مجموعه ای که از محیط اطراف خود مجزا شده باشد را سیستم می‌نامیم.

محیط: هر جسم خارج از سیستم را محیط می‌گوییم.

کمیت های ماکروسکوپیک: کمیت هایی هستند که به خواص کل سیستم مربوطند و می توان آنها را در آزمایشگاه اندازه گرفت مانند: فشار، حجم، دما.

کمیت‌های میکروسکوپیک: کمیت‌هایی را می‌نامیم که نتوان آن‌ها را به طور مستقیم در آزمایشگاه اندازه گرفت و اندازه‌گیری آن‌ها نیازمند اندازه‌گیری پارامترهای دیگر و نیز استفاده از روش‌های آماری می‌باشد. مانند: سرعت شتاب، اندازه حرکت مولکول‌ها و ...

علم ترمودینامیک: علمی است که رابطه ی بین کمیت‌های ماکروسکوپیک و میکروسکوپیک را بیان می‌نمایند.

تعادل گرمایی: اگر دو جسم که در دماهای متفاوتی قراردارند به یکدیگر متصل نماییم، پس از مدّتی دمای آن‌ها برابر می‌شود که به این حالت تعادل گرمایی می‌گوییم و تا رسیدن به تعادل گرمایی انرژی به نام گرما بین دو جسم مبادله می‌شود.

قانون صفرم ترمودینامیک : بیان می‌دارد اگر دو جسم a و b و نیز دو جسم a وc در تعادل گرمایی باشند، دو جسم b و c نیز در تعادل گرمایی می‌باشند و کمیتی یکسان بین این اجسام وجود دارد که به آن دما می‌گویند.

ماده دماسنجی: هر ماده‌ای که در اثر تغییر دما از خود تغییری نشان دهد را ماده‌ی دماسنجی می‌نامند.

رابطه ی تبدیل درجه سانتی گراد به فارنهایت و برعکس: $\frac{c}{100}=\frac{F-32}{180}$

رابطه ی تبدیل درجه سانتی گراد به کلوین: $C^{o}+273/16=K$

ضریب انبساط خطی : اگر میله‌ای به طول L با کسب مقداری گرما دمایش به اندازه‌ی ΔT تغییر نماید داریم:

$$(\Delta\ell)\alpha(\ell\Delta T)\rightarrow\Delta\ell=\lambda\ell\Delta T$$

که λ ضریب انبساط طولی است.

ضریب انبساط سطحی : اگر جسمی با مساحت S موجود باشد و تغییر دمای ΔT در آن ایجاد شود، مساحت آن به اندازه‌ی ΔS تغییر می‌نماید و داریم:

$$(\Delta S)\alpha(S\Delta T)\rightarrow\Delta S=\beta S\Delta T$$

که β ضریب انبساط طولی است.

ضریب انبساط حجمی: اگر جسمی با حجم V موجود باشد و تغییر دمای ΔT در آن ایجاد شود، حجم آن به اندازه‌ی ΔV تغییر می‌نماید و داریم:

$$(\Delta V)\alpha(V\Delta T)\rightarrow\Delta V=\gamma V\Delta T$$

که γ ضریب انبساط طولی است.

عموما داریم: $\beta=2\lambda$ و $\gamma=3\lambda$.

مثال) میله‌ای به طول ۱ متر که در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد قراردارد، بین دو لبه با فاصله‌ی ۹۹/۸ سانتی‌متر قرار می‌گیرد اگر ضریب انبساط خطی میله ۰/۰۱ باشد چه مقدار میله خنک شود تا از شکاف پایین رود؟

$$\Delta\ell = \lambda\ell\Delta T \Rightarrow (\ell_2 - \ell_1) = \lambda\ell(T_2 - T_1) \Rightarrow$$

$$(99.8 - 100) = 0.01 \times 100(T_2 - 100) \Rightarrow -0.2 = T_2 - 100 \Rightarrow T_2 = 99.8\,C^o$$

پس می بایست میله ۰/۲ درجه سانتی گراد خنک شود.

قانون اول ترمودینامیک:

$$\Delta U = Q - W$$

تغییر انرژی ذخیره شده در بدن

جریان گرما به بدن

کار انجام شده توسط بدن

$$\left(Q = Q_{\text{metabolism}} + Q_{\text{heat loss from radiation}}\right)$$

عموماً تغییرات انرژی بدن در حالت پایا و تعادل و در واحد زمان انجام می شود. تغییرات انرژی بر حسب زمان:

$$\frac{dU}{dt} = \frac{dQ_{\text{metabolism}}}{dt} + \frac{dQ_{\text{heat loss from radiation}}}{dt} - \frac{dW}{dt}$$

گرما : نوعی انرژی است که در اثر اختلاف دمای بین دو محیط انتقال پیدا می‌کند که واحدهای آن همان واحدهای انرژی است مانند: ۱- ژول، ۲- کالری، ۳- کیلوکالری و ٤- ارگ.

کالری : یک کالری مقدار گرمایی است که می‌بایست به یک گرم آب ١٤/٥ داده شود تا دمای آن را به ١٥/٥ درجه سانتی گراد برسانیم است.

ظرفیت گرمایی: مقدار گرمایی است که باید به یک جسم داده شود تا دمای آن به اندازه‌ی ۱ درجه تغییر نماید.

ارزش آبی:

$$A = \frac{Q_{(Cal)}}{\Delta T_{(K)}}$$

ظرفیت گرمایی ویژه (C): مقدار گرمایی که لازم است تا دمای واحد جرم یک جسم را به اندازه‌ی یک درجه تغییر دهد، ظرفیت گرمایی ویژه می‌نماییم.

$$Q = MC\Delta T \quad or \quad \int_{Q_1}^{Q_2} dQ = \int_{T_1}^{T_2} M \times C(T) \times dT$$

مثال) پای شخصی به جرم ۲ کیلو گرم در اثر سرمازدگی به دمای ۱۰- درجه سانتی گراد رسیده است. برای یخ زدایی (رساندن دمای پا به ۱۰ درجه سانتی گراد) می بایست پای شخص را در حداقل چه جرمی از آب ۳۱ درجه سانتی گراد قرار دهند؟

ظرفیت گرمایی پای یخ زده: ۰/۵ $cal/gr.C^o$، ظرفیت گرمایی پای غیر یخ زده: ۰/۸ $cal/gr.C^o$، گرمای نهان ذوب پا ۸ cal/gr، ظرفیت گرمایی آب: ۱ $cal/gr.C^o$می باشند.

گرمای مورد نیاز برای رسیدن دمای پای یخ زده از ۱۰- به ۰- درجه سانتی گراد: $Q_1 = MC\Delta T = 2000 \times 0.5 \times \big(0-(-10)\big) = 10000\,Cal$

گرمای مورد نیاز برای رسیدن دمای پای یخ زده از ۰- به ۰+ درجه سانتی گراد: $Q_2 = M\ell_F = 2000 \times 8 = 16000\,Cal$

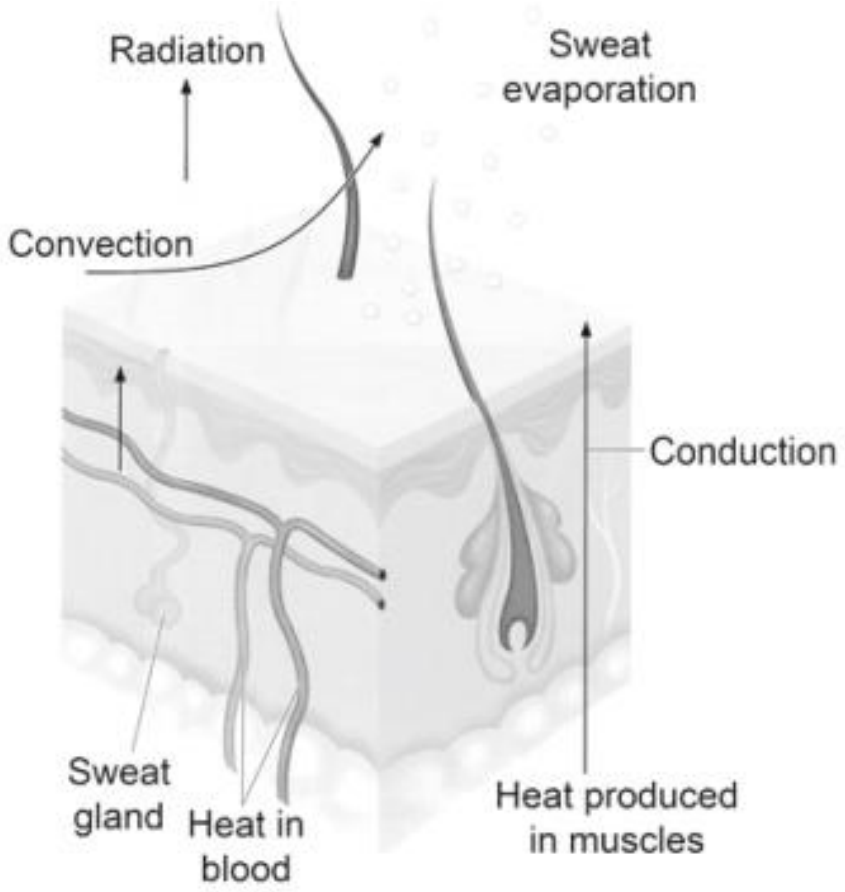
گرمای مورد نیاز برای رسیدن دمای پا از ۰+ به ۱۰ درجه سانتی گراد: $Q_3 = MC\Delta T = 2000 \times 0.8 \times \big(10-0\big) = 16000\,Cal$

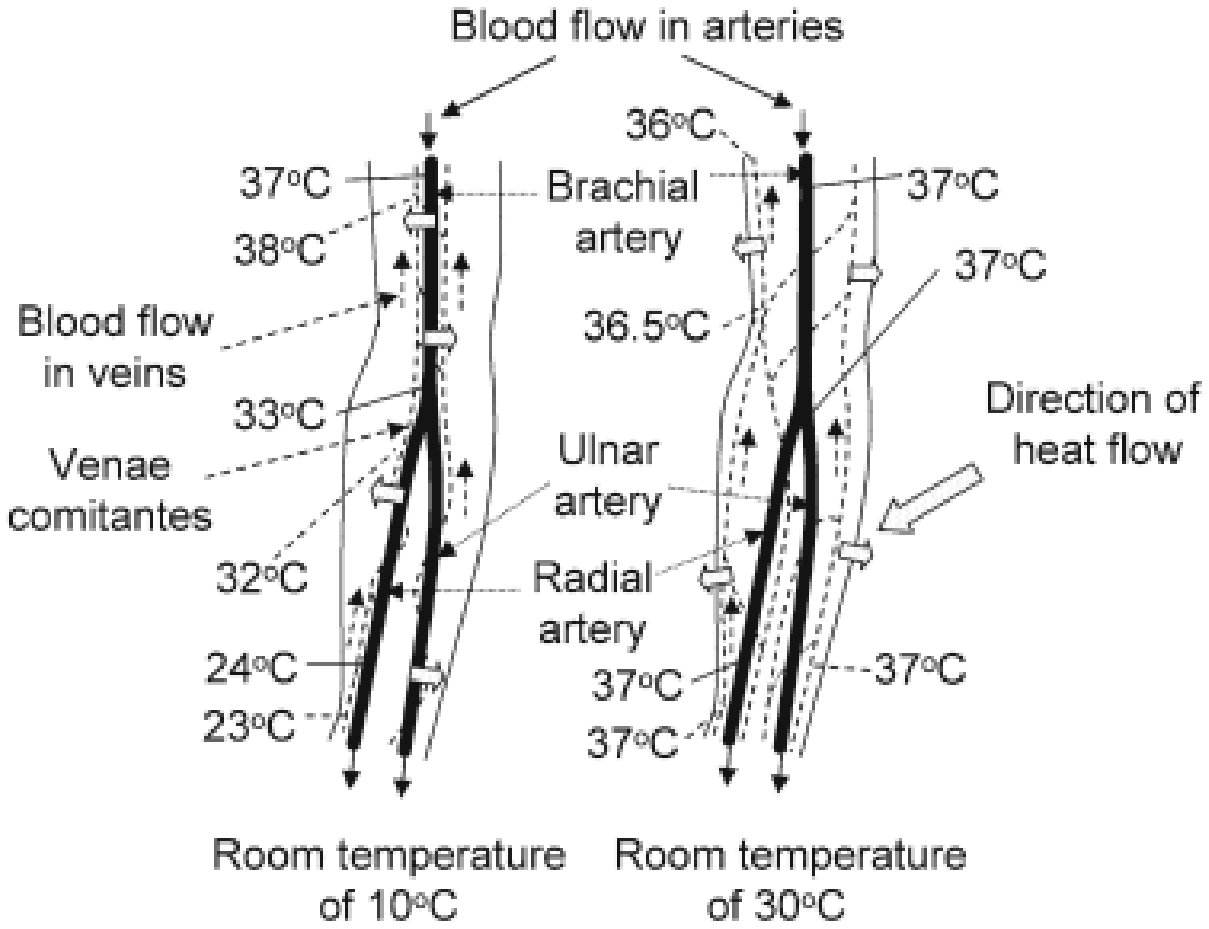
گرمای کل مورد نیاز برای یخ زدایی پا: $Q_{Total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 10000 + 16000 + 16000 = 42000\,Cal$

می بایست آب گرمایی برابر گرمای کل یخ زدایی پا از دست بدهد تا حداقل آب باشد. : $Then: \xrightarrow{(Q_{Water} = -Q_{Total})} Q_{Water} = MC\Delta T \Rightarrow -42000 = M_{Water} \times 1 \times \big(10-31\big) \Rightarrow$

$$M_{Water} = 2000\ gr$$

روش های از دست دادن انرژی در بدن:





روش‌های انتقال گرما

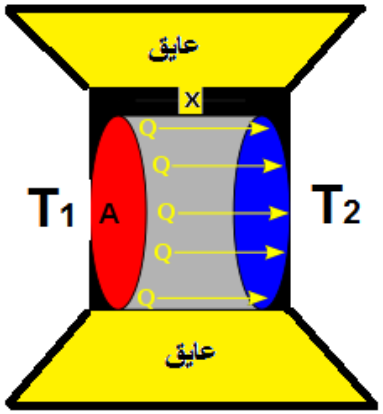
۱- هدایت یا رسانش گرمایی : در این روش گرما بدون انتقال جرم و تنها در اثر اختلاف دما منتقل می‌شود.

۲- همرفت : در این روش گرما در اثر اختلاف دما و انتقال جرم جابه‌جا می‌شود.

۳- تابش : انتقال گرما در حقیقت انتقال انرژی است و نیاز به محیط مادی ندارد و این انتقال انرژی به صورت تشعشع الکترومغناطیسی انجام می‌شود.

۱- رسانش گرمایی: انتقال انرژی ناشی از اختلاف دمای بین قسمت های مجاور یک جسم را هدایت یا رسانش گرمایی می گویند. در این روش گرما بدون انتقال جرم و تنها با اختلاف دما منتقل می شود.

مقدار گرمایی که در واحد زمان ار منبع گرم تر ۱ با دمای T1 به منبع سرد تر ۲ با دمای T2 منتقل می شود را جریان گرمایی می گویند.

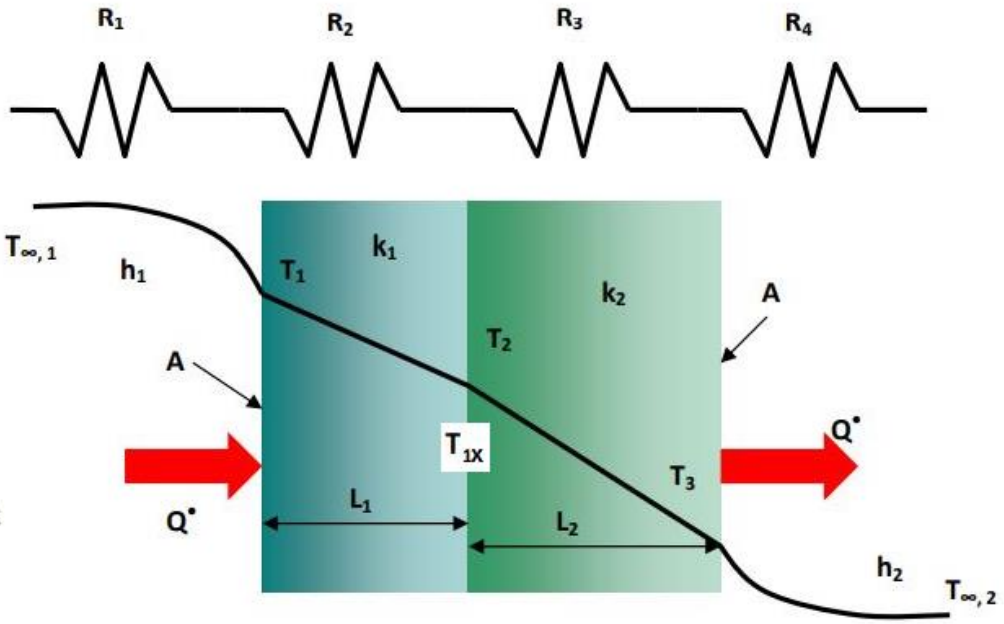


$$H = \frac{Q}{t} \text{ or } \frac{dQ}{dt} \quad and \quad H\,\alpha \begin{cases} -(T_2 - T_1) \\ A \\ \frac{1}{x} \end{cases} \Rightarrow H\,\alpha - \frac{A(T_2 - T_1)}{x} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H = \frac{dQ}{dt} = \frac{-kA(T_2 - T_1)}{x} = \frac{-kA_{Skin}(T_{Skin} - T_{Air})}{x_{(Skin\ thickness)}}$$

توجه : وقتی این فرمول کاربرد دارد که جریان گرمایی به حالت پایا رسیده باشد و همواره H=Q/T در همه سطح مقطع‌ها یکسان باشد.

در حالت سری یا متوالی صفحات رسانا برای انتقال گرما در حالت پایدار داریم:



$$H_1 = \frac{-k_1 A(T_{1x} - T_1)}{\ell_1}$$

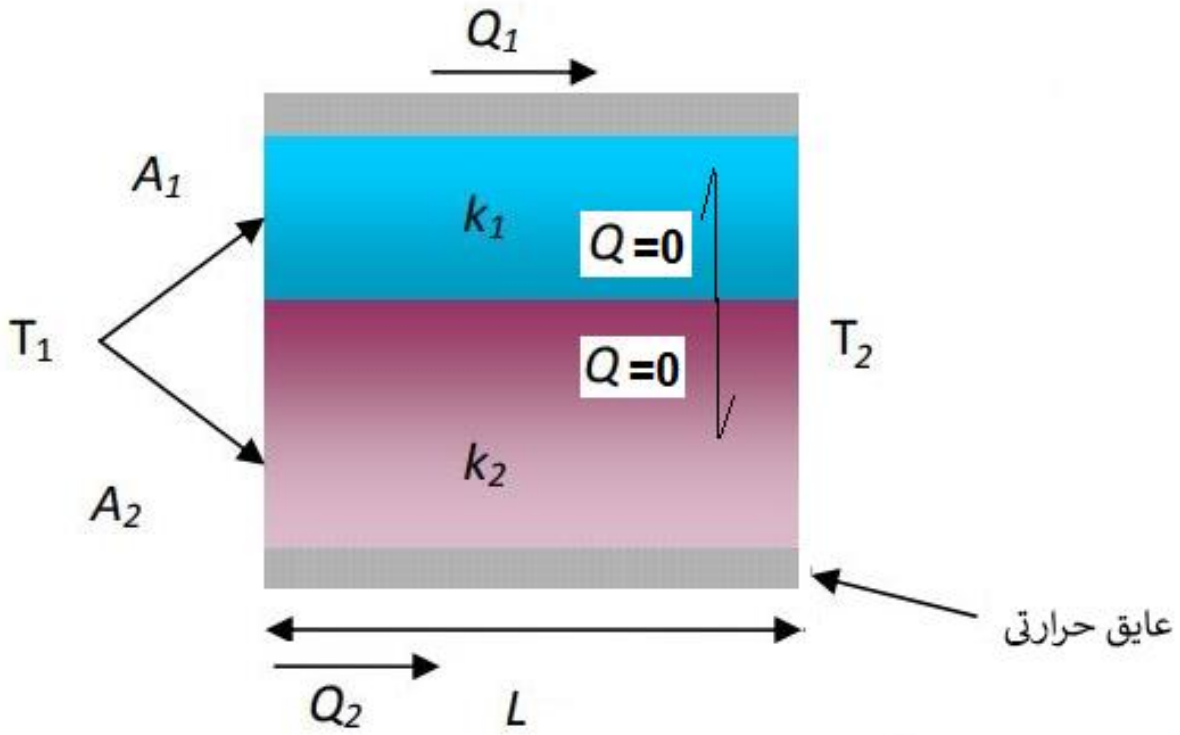
$$H_2 = \frac{-k_2 A(T_2 - T_{1x})}{\ell_2}$$

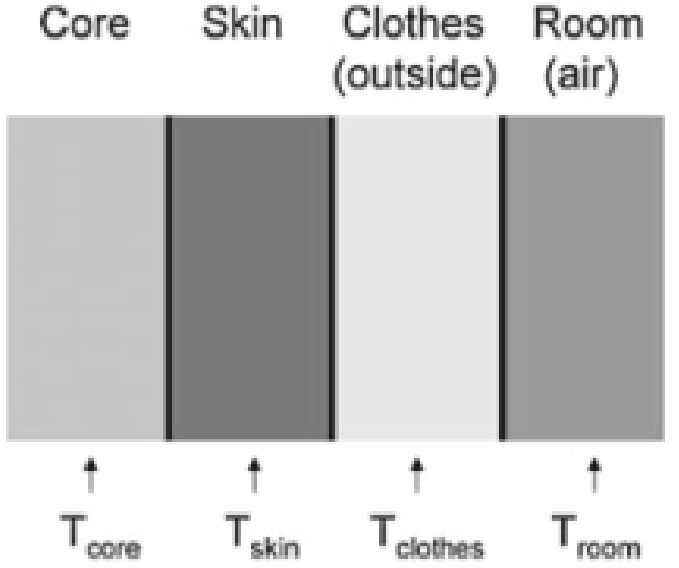
$\xrightarrow{H_1 = H_2}$ چون رژیم انتقال گرما به حالت پایا رسیده است.

$$H = \frac{A(T_1 - T_2)}{\frac{\ell_1}{k_1} + \frac{\ell_2}{k_2}}$$

$$\Rightarrow H = \frac{A(T_1 - T_2)}{\sum_{i=1}^{N} \frac{\ell_i}{k_i}}$$

در حالت موازی از کنار هم قرار گیری صفحات رسانا داریم:

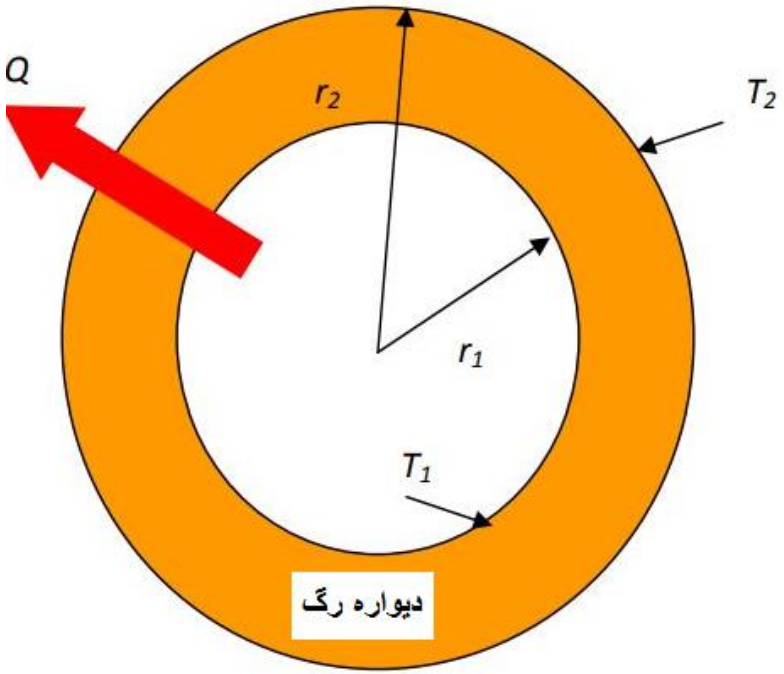




$$H = H_1 + H_2 \Rightarrow \frac{-k_1 A_1 (T_2 - T_1)}{\ell_1} + \frac{-k_2 A_2 (T_2 - T_1)}{\ell_2} \rightarrow$$

$$H = \frac{(T_1 - T_2)}{\ell} \sum_{i=1}^{N} k_i A_i$$

مثال: از مسائل مهم انتقال حرارت که در بدن نیز کاربرد دارد، انتقال حرارت رسانش در شکل های غیر تخت مانند استوانه است. در رگ های خونی انتقال حرارت بصورت عمود بر سطح استوانه شکل رگ صورت می پذیرد و در جهات دیگر، انتقال حرارتی صورت نمی گیرد. چون دما نیز به شعاع r بستگی دارد، داریم:



$$H = -kA\frac{dT}{dx} \Rightarrow H = -k\left(2\pi x\ell\right)\frac{dT}{dx} \Rightarrow$$

$$\int_{r_1}^{r_2}\frac{dx}{x} = -\frac{2\pi k\ell}{H}\int_{T_1}^{T_2} dT \Rightarrow H = \frac{2\pi k\ell\left(T_1 - T_2\right)}{\ell n\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

همرفت(Convection):

به انتقال گرما و حرکت هماهنگ گروهی از مولکول های سیال از منطقه گرم به منطقه سرد می گویند. فرض کنید ما می خواهیم هوای یک منطقه را گرم کنیم. هنگامی که هوا گرم می شود مولکول ها گسترش می یابند و چگالی هوا کمتر از قبل می شود. این بخش از هوا که سبک است به بالا می رود و جایگزین هوای سرد می شود. به این جابه جایی هوا از ناحیه گرم به سرد همرفت می گویند.

تابش: یکی از راه‌های انتقال گرما تابش است. در تابش گرما عمدتاً از طریق موج الکترومغناطیس انتقال می‌یابد و در نتیجه نیاز به محیط مادی نیست. تابش گرمایی، انرژی الکترومغناطیسی منتشرشده به وسیله ماده ی دارای دمای بالاتر از صفر مطلق می‌باشد. تابش گرمایی بدون حضور ماده، از میان فضای خالی منتشر می‌شود و تابش گرمایی نتیجه حرکات تصادفی اتم‌ها و مولکول‌ها در ماده است. از آنجا که این اتم‌ها و مولکول‌ها از ذرات باردار تشکیل شده‌اند (پروتون‌ها و الکترون‌ها) حرکات آن‌ها باعث انتشار امواج الکترومغناطیسی، که حامل انرژی هستند می‌باشد. شدت جریان تابشی تعریف می شود:

$$I(\lambda, T)\,\mathrm{d}\lambda = \frac{2hc^2\epsilon/\lambda^5}{\exp(hc/\lambda k_\mathrm{B}T) - 1}\,\mathrm{d}\lambda,$$

where ϵ is a parameter known as the emissivity, h is Planck's constant (6.626×10^{-34} J-s), k_B is Boltzmann's constant (1.381×10^{-23} J/K), and T is the temperature in degrees Kelvin (K) ($T\,(\mathrm{K}) = T\,(^\circ\mathrm{C}) + 273^\circ$). ($I(\lambda, T)$ is actually the intensity per unit wavelength range. $I(\lambda, T)\mathrm{d}\lambda$ is the intensity covering the wavelength range from λ to $\lambda + \mathrm{d}\lambda$, where $\mathrm{d}\lambda \ll \lambda$. Intensity has units of energy/area-time.)

شار جریان گرمایی مطابق قانون استفان عبارت است از:

$$R = \varepsilon\sigma T^4$$

where σ is the Stefan–Boltzmann constant $= 5.67 \times 10^{-8}\,\mathrm{W/m^2\text{-}K^4}$

At skin temperature (34 °C), the thermal emission is $505\,\mathrm{W/m^2}$ for $\epsilon = 1$.

مثال: انرژی کم شده از بدن بدلیل تابش در واحد زمان:

The correct temperature to use is that of the body skin (34 °C = 307 K),
The energy loss per unit time due to thermal radiation from the body is

$$-\left(\frac{dQ}{dt}\right)_{loss} = RA = \epsilon_{skin}\sigma T_{skin}^4 A_{skin},$$

$$-\left(\frac{dQ}{dt}\right)_{loss} = (1)(5.67 \times 10^{-8}\,W/m^2\text{-}K^4)(307\,K)^4(1.85\,m^2) = 932\,W$$

$$A_{room} = A_{skin}$$

انرژی دریافت شده توسط بدن بدلیل تابش از محیط:

$$\left(\frac{dQ}{dt}\right)_{gain} = \epsilon_{room}\sigma T_{room}^4 A_{room}$$

$$= (1)(5.67 \times 10^{-8}\,W/m^2\text{-}K^4)(297\,K)^4(1.85\,m^2) = 816\,W,$$

بنابراین خالص انرژی تابش شده توسط بدن عبارت است از:

$$-\left(\frac{dQ}{dt}\right)_{net} = -\left(\frac{dQ}{dt}\right)_{loss} - \left(\frac{dQ}{dt}\right)_{gain} = 932\,W - 816\,W = 116\,W,$$

گرما درمانی:

یکی از روش های نوین درمان بیماری های جسمی و حتی روانی *حرارت درمانی* است. *حرارت درمانی* در درمان بسیاری ازبیماری ها موثر است ، کلاژن را بالا میبرد و خشکی مفاصل ،درد و اسپاسم ماهیچه ای التهاب را کاهش میدهد و جریان خون را بالا می برد.

حرارت درمانی ۲ نوع دارد :خشک و مرطوب

گرمای خشک به گرمای الکتریکی و سونا و گرمای مرطوب به حمام سونا گفته میشود.

فواید حرارت درمانی

حرارت درمانی جریان خون در بافتها اکسیژن و موادمغذی سلولها را تامین میکند.

این نوع روش درمانی نوین جریان خون را بهبود و اسپاسم عضلانی را کاهش میدهد و درد را درمان میکند.

انعطاف پذیری انعطاف حس خوب کلی به فردمیدهدحرارت درمانی کشش بافت های اطراف ستون فقرات ماهیچه ها بافت های ارتباطی را آسان میکند درنتیجه حرارت درمانی خشکی عضلات را کاهش میدهد. گرما درمانی یا همان حرارت تراپی ارزان و آسان است درمقایسه باخیلی از درمانهای دیگر حرارت درمانی کم هزینه و انجام ان آسان است و میتوانید درخانه هنگامی که روی مبل دراز کشیده اید و تلوزیون تماشا میکنید انجام دهید حتی بعضی کیسه ها طوری تعبیه شده که هنگامیکه درمحل کار یا ماشین هستید بتوانید استفاده کنید.

دستگاه دیاترمی:

دیاترمی دستگاهی جهت فیزیوتراپی بافت‌های بدن است که با استفاده ازجریان برق، ایجاد حرارت کرده و جریان خون را در محل مورد نظر تسریع می‌کند. این امر باعث تسهیل در عمل جذب و ترمیم در ناحیه مورد نظر می‌شود. دیاترمی با بالاترین فرکانس طراحی شده است که با تابش امواج الکترومغناطیس و میدان‌های الکترومغناطیس (با طول موج بین ۵/۰ تا ۲ مگا هرتز که قدرت نفوذی زیادی ایجاد می‌کند) عمل خود را انجام می‌دهد.

دیاترمی موج کوتاه (فرکانس ۲۷/۱۲ مگاهرتز):

در دیاترمی موج کوتاه از انرژی مغناطیسی با فرکانس بالا برای تولید گرما استفاده می شود. این نوع دیامتری می‌تواند با امواج انرژی پیوسته یا پالسی به کار گرفته شود. این روش برای تسکین درد ناشی از سنگ های کلیه و بیماری التهاب لگن استفاده میشود.

این روش معمولاً برای عضروف ها، تاندون ها و چربی و عارضه هایی که موجب درد و اسپاسم عضلانی می شوند کاربرد دارد، مانند: پیچ خوردگی ها، کشیدگی ها،تنوسینوویت (التهاب تاندون و غلاف آن).

دیاترمی میکروموج (فرکانس ۲٤٥۰ مگاهرتز)

در دیاترمی میکروموج از میکرو موج ها که در عمق ۱ تا ۳ سانتی‌متر زیر پوست درجهت سرعت بهبود بخشیدی و تخفیف درد و نیز برای تولید گرما در بدن استفاده می شود. می‌توان برای ایجاد یکنواخت گرما در عمق بافت ها، بدون گرم شدن پوست، از این روش استفاده کرد. از آنجا که این موج ها نمی توانند در عمق ماهیچه‌ها نفوذ کنند، این روش برای استفاده در نواحی نزدیک پوست مناسب تر است، مانند شانه ها.

دیاترمی فراصوت

در دیاترمی فراصوت یا اولتراسوند از امواج صوت برای گرم کردن بافت های عمقی استفاده می شود.

گرما با ارتعاش بافت تولید می شود و جریان خون در آن ناحیه بیشتر می شود. این روش در موارد زیر مورد استفاده قرار می گیرد:

پیچ خوردگی های اسکلتی عضلانی، کشیدگی ها، اسپاسم های عضلانی، انقباض یا چسبندگی مفاصل، نوروم (تومور عصب).

فواید دیاترمی

درمان جراحات با گرما می تواند جریان خون را افزایش دهد و موجب انعطاف پذیرتر شدن بافت همبند شود. گرما همچنین می تواند به حداقل کردن تورم کمک کند و احتمال ایجاد ادم یا ساکن ماندن جریان مایعات را کاهش دهد. با افزایش جریان خون در محل جراحت، گرمایی که به وسیله دیاترمی در عمق بافت ها ایجاد می شود، می تواند روند بهبود و ترمیم را سریع تر کند.

این روش درمانی برای درمان عارضه هایی از قبیل موارد زیر استفاده می شود:

آرتروز، درد کمر، فیبرومیالژیا، اسپاسم عضلانی، ماهیچه آماس یا میوزیت، درد عصب، پیچ خوردگی ها و کشیده شدگی ها، تنوسینوویت (التهاب تاندون و غلاف آن)، تاندونیت، بورسیت.

چه افرادی مجاز به انجام درمان با دیاترمی هستند؟

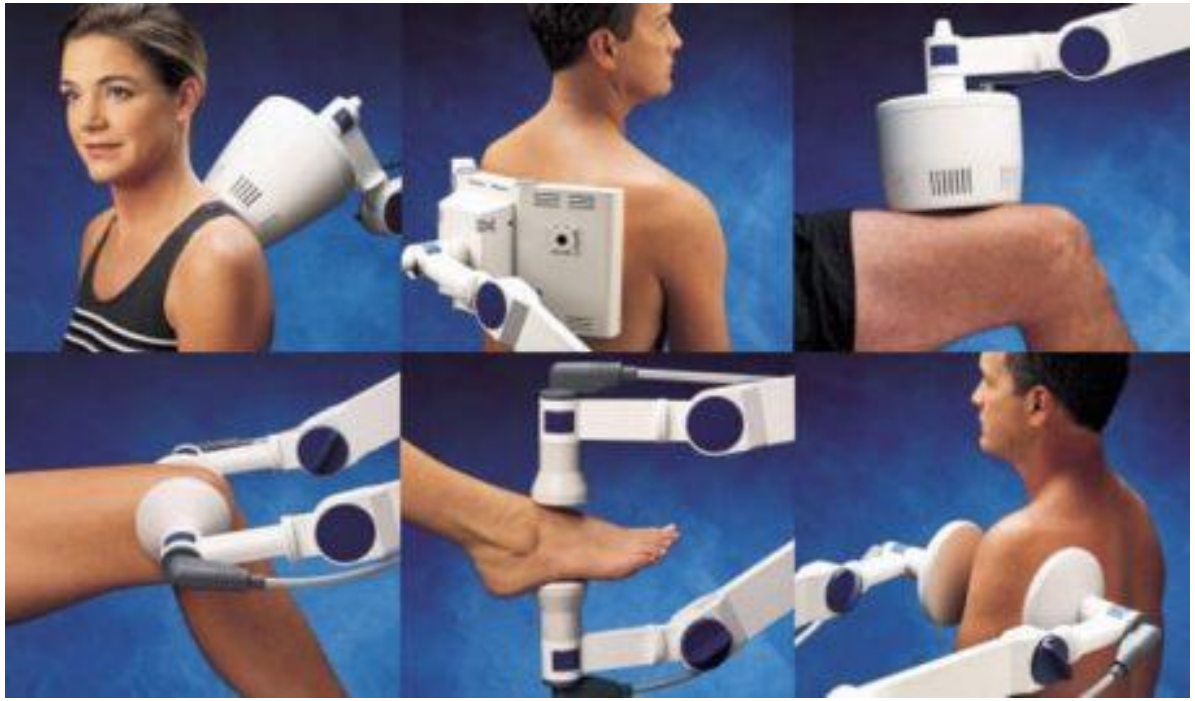
افرادی که دستگاه های فلزی کاشته شده در بدن دارند، در صورتی که تحت درمان با هر نوع دیاترمی قرار گیرند، ممکن است در خطر جراحت باشند.

این دستگاه ها شامل موارد زیر هستند:

تنظیم کننده ضربان قلب

اندام های مصنوعی

ابتلا به هر کدام از موارد زیر ممکن است کاندید مناسبی برای گرما درمان نباشد.



سرطان

کم شدن حس پوست

بیماری عروق محیطی

محدود شدن ذخیره خونی در بافت (ایسکمی)

عفونت ها

شکستگی های کوچک و بزرگ در استخوان ها

اختلالات خونریزی

عارضه های قلبی ریوی یا کلیوی شدید

بی حسی پوست

حاملگی

پانسمان زخم

تعریق زیاد

انجام این درمان بر روی قسمت های خاصی از بدن مانند موارد زیر ایمن نیست.

چشم ها

مغز

گوش ها

نخاع

قلب

ارگان های مرتبط با تولید مثل اندام های تناسلی و رحم

سرما درمانی یا کرایوتراپی

سرما درمانی یا کرایوتراپی (Cryotherapy) به روشی درمانی گفته می‌شود که در آن بخشی از بدن بیمار یا کل بدن در معرض سرما و کاهش دما قرار می‌گیرد. اصطلاح کرایوتراپی مابین سال‌های ۱۸۸۰ تا ۱۸۹۰ میلادی، از دو واژه یونانی (κρυοο) بمعنای سرما و (θεραπεια) بمعنای درمانی گرفته شد. هدف از کریوتراپی کاهش سوخت و ساز سلولی، افزایش بقای سلولی، کاهش التهاب، کاهش درد واسپاسم ، انقباض عروق است.

از موارد کاربرد دستگاه کرایوتراپی در کنترل و درمان بیماری سالک، بواسیر، یبوست، دردهای بعد از عمل جراحی در پرتو درمانی، از بین بردن چربی‌های اضافه بدن و از این دست می باشد. این روش نسبتاً ارزان، ایمن و قابل‌اعتماد است. بااین‌حال، مهم است که ضایعه پوستی به‌طور دقیق تشخیص داده‌شده باشد. از این روش در درمان ملانوم (نوعی ضایعه سرطانی) یا هر ضایعه رنگی دیگری که می‌تواند ملانوم باشد، نباید استفاده شود.

کاربرد کرایوتراپی یا سرما درمانی

۱- تغییر رنگ پوست (پیگمانتاسیون ها): مانند لک‌های ناشی از آفتاب و لنتیگو

۲- برخی ضایعات پیش بدخیمی: مانند کراتوز آکتینیک

۳- ضایعات عروقی مانند: انواع همانژیوم‌ها از جمله سارکوم کاپوزی

٤- برخی ضایعات ویروسی مثل زگیل و مولوسکوم کنتاژیوزوم

۵- کیست‌ها و ضایعات توموری خوش خیم مانند: میلیا، زائده‌های گوشتی

٦- اسکارهای هیپرتروفیک و کلوئیدها

تذکر: استفاده از کرایو در درمان خال‌های ملانوسیتیک که ضایعات پیش سرطانی محسوب می شوند، ممنوع است زیرا تغییرات داخل سلولی حاصله، تمایل به بدخیمی این ضایعات را تسریع و تسهیل می نماید.

نواع کرایوتراپی

۱- نیتروژن مایع

۲- یخ دی‌اکسید کربن

DMEP -۳

۱- کرایوتراپی با نیتروژن مایع:

نیتروژن مایع از جمله اصلی ترین مواد مورد نیاز در کرایوتراپی است. این مایع قادر است تا دمای ۱۹۶- درجه سانتی گراد را ایجاد کند. در کرایوتراپی با استفاده از نیتروژن به عمق ضایعه نفوذ می کند و بسته به نوع ضایعه چند ثانیه سرما را در جوش، زیگیل و ... به کار خواهد برد تا موجب از بین رفتن این اختلال شود. استفاده ازکرایواسپری ،کرایوپروب یا اپلیکاتوربا نوک پنبه است. در بعضی موارد این کارچند بار تکرار می شود تا زمانیکه عمل انجماد و ذوب شدن کامل شود. این عمل باعنوان «انجماد-ذوب دوبل» شناخته شده است و معمولا برای سرطان پوست و یا زگیل های ویروسی قوی مورد استفاده قرار می گیرد.

۲- کرایوتراپی با برف دی اکسید کربن

درکرایوتراپی دی اکسید کربن ازسیلندری حاوی دی اکسید کربن منجمد با دمای ۷۸/۵- درجه سانتی گراد استفاده می شود. آن را باید بطور مستقیم درضایعه پدید آمده درپوست بکار برد.

۳- کرایوتراپی با اتر دایمتیل و پروپان (DMEP):

DMEP در دمای ۵۷- درجه سانتی گراد کار می کند. درقوطی های آئروسل عرضه می شود و برای درمان زگیل بکار برده می شود بوسیله یک اپلیکاتور فوم که باتوجه به اندازه و محل ضایعه بر روی ضایعه پوستی بین ۱۰ و ٤٠ ثانیه قرار می گیرد. درحین انجام عمل کرایوتراپی و پس ازانجام آن ممکن است احساس سوزش و درد را به همراه داشته باشد. ممکن است تورم و قرمزی فوری بوجود بیاید، که می توان آن را با استفاده ازیک استروئید موضعی سریعا بعد از انجام عمل انجماد کاهش داد.آسپرین به صورت خوراکی نیز ممکن است بتواند التهاب و ناراحتی را کاهش دهد.

مکانیسم کرایوتراپی را در ۳ فاز می توان تشریح کرد:

فاز اول، فاز انتقال حرارت: رایج‌ترین ماده مورد استفاده در کرایو، نیتروژن مایع است که نقطه جوشی معادل ۱۹٦- درجه سانتی گراد دارد و با استفاده از آن بر روی ضایعه یک فاز انتقال حرارت سریع از پوست به مایع فریز کننده اتفاق افتاده و مقدمات تخریب سلولی در محل ضایعه فراهم می شود.

فاز دوم، فاز تخریب سلولی: فریز ضایعه به سبب شرایط داخل سلولی، تخریب ناگهانی و سریع سلولی را به دنبال دارد. مطالعات نشان داده است که پس از یک تخریب سریع، توانایی تولید کلاژن فیبروبلاست‌ها به حداقل می رسد و این، موجبات درمان ضایعاتی نظیر کلوئیدها را به بهترین وجه فراهم می کند.

فاز سوم، فاز التهابی: این التهاب با ادم و قرمزی همراه است و پاسخ طبیعی به فرایند مرگ سلولی می باشد. عدم کنترل مناسب این فاز می‌تواند منجر به تشکیل تاول و درنهایت اسکار شود.

عوارض کرایوتراپی ۱) عوارض حاد: شامل: سردرد، تاول و درد در محل ضایعه که به خصوص در مورد کلوئیدها بسیار شدید است. ۲) عوارض تاخیری: شامل خونریزی، عفونت و تشکیل بیش از حد بافت ترمیمی (گرانولاسیون) است. ۳) عوارض دائمی: آلوپسی (از بین رفتن دائمی فولیکول‌های مو)، آتروفی و تحلیل پوست، اسکار دائمی، و کم رنگ شدن محل ضایعه (هیپوپیگمانتاسیون) که ضایعه‌ی اخیر در افرادی با پوست تیره شایع تر است.

ممنوعیت های کرایوتراپی

در افراد مسن و کودکان: به علت احتمال بیشتر تشکیل تاول و اسکار

افراد دیابتی: به علت احتمال عدم ترمیم مناسب و ایجاد زخم پس از انجام کرایوتراپی

افراد با پوست تیره: به علت احتمال تغییر رنگ محل ضایعه (هیپوپیگمانتاسیون) پوست آسیب دیده (بر اثر آفتاب، استفاده موضعی از کورتیکواستروئیدها و ...): به علت افزایش خطر تشکیل تاول و نکروز

بارداری: به علت افزایش کرایوگلوبولین‌ها و خطر پاسخ بیش از حد به کرایوتراپی

نواحی اطراف اعصاب: به علت خطر نوروپاتی محیطی

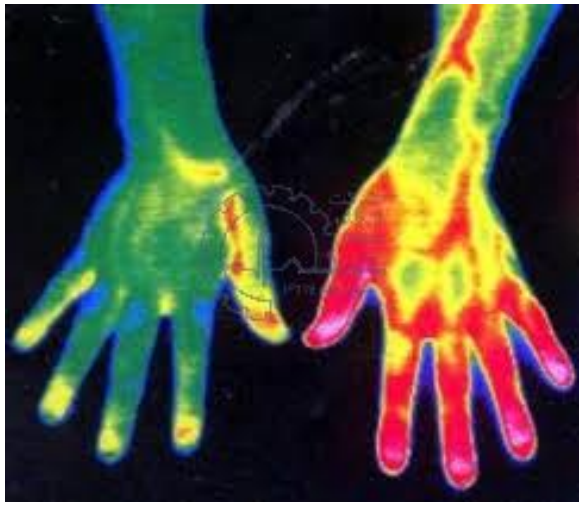
فرانک ریبری در جریان روزهای یورو ۲۰۱۲

تیم راگبی ولز

دمانگاری یا **ترموگرافی** (Thermography):

مطابق با قانون قانون پلانک، تابش جسم سیاه هر جسمی که دمایی بالاتر از صفر مطلق یا صفر کلوین داشته باشد از خود اشعه های تابشی مادون ساطع می‌کند. این تابش ها امکان دیده شدن جسم در شرایط نور مرئی و تاریکی مطلق را فراهم می کنند میزان پرتو مادون قرمز منتشر شده از هر جسم با تغییرات حرارتی جسم وابسته است این اصل سبب می‌شود تا تغییرات نامحسوس دمایی در تصویربرداری فروسرخ قابلیت رویت باشد. بنابراین **دمانگاری**از روش‌های تصویربرداری فروسرخ است. گاهی به آن **تصویربرداری دمایی** نیز گفته می‌شود. در این روش دوربین‌های دمانگار تابش فروسرخ طیف الکترومغناطیس (طول موج ۹ تا ١٤ میکرومتر را دریافت کرده و از آنها دما نگاشت تهیه می‌کنند.

طریقه عمل ترموگرافی یا تصویربرداری حرارتی به چگونگی رشد سلولهای سرطانی بستگی دارد. وقتی سلولهای سرطانی در تومور رشد می کنند و تکثیر می یابند، جریان خون در آن نواحی بسیار سرعت پیدا می کند. افزایش جریان خون باعث افزایش دمای پوست می شود. این افزایش دما، همان چیزی است که ترموگرافی در صدد کشف آن است.



کاربرد ترموگرافی در پزشکی

۱ – سرطان

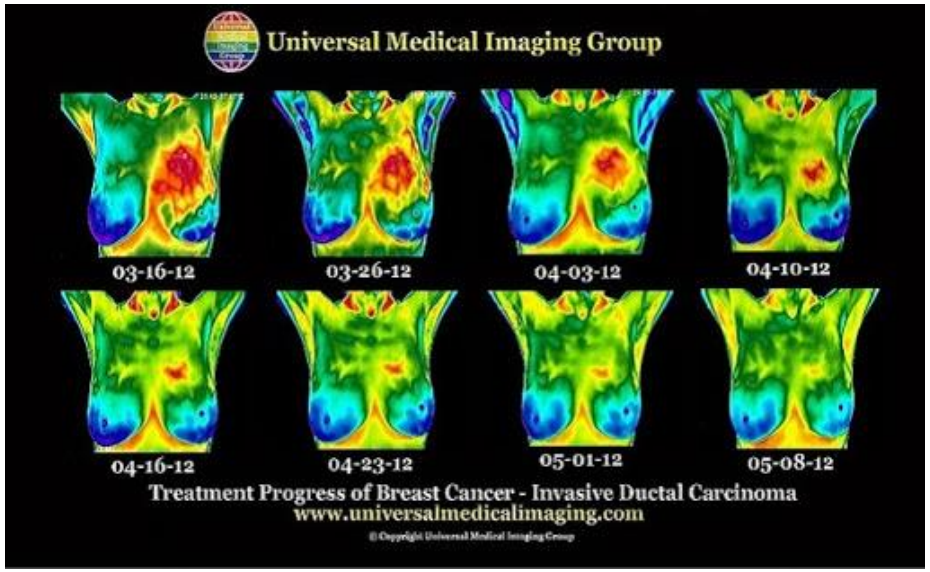
۲ – عفونت

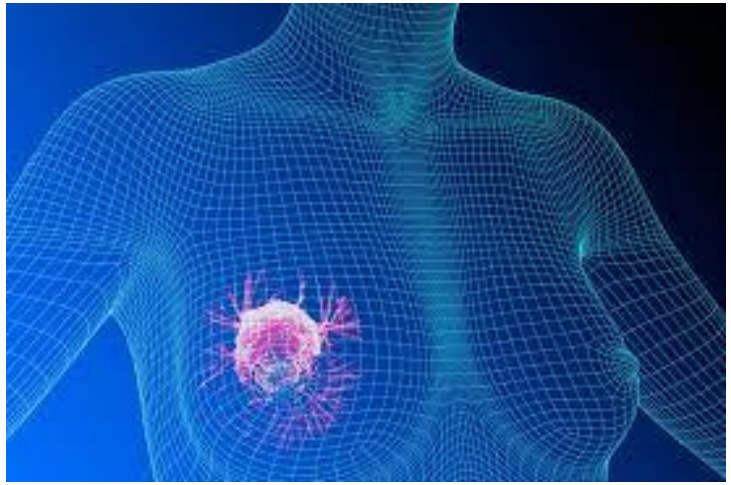
۳ – بیماری عروقی

برای فهم ترموگراف ضروری است تا دو موضوع را در مورد بافت سرطانی سینه در مقایسه با بافت سینه نرمال بدانیم
. این دو موضوع عبارتند از :
۱ – در بافت سرطانی فعالیت متابولیک بیشتری وجود دارد. (واکنش های بیوشیمی)
۲ – جریان خون در آنها افزایش پیدا می کند.
این جنبه های بافت سرطان سینه منتج از سلول های سرطانی همه آنچه را که آنها برای حفظ و رشد نیاز دارند، انجام می دهد.
و دیگر عارضه جانبی این روند افزایش دمای پوست است. دوربین ها و کامپیوترهای فوق حساس می توانند این افزایش دما را کشف کنند. آنها تصاویر با کیفیت بالائی را ایجاد می کنند.

❊کاربرد ترموگرافی در تشخیص سرطان سینه (ترموگرافی پستان)

ترموگرافی سینه یک تست غیرتهاجمی و بدون درد است که اشعه در آن هیچ دخالتی ندارد. این تست می تواند علائم هشداردهنده اولیه سرطان سینه را کشف و پایش کند. این نوع غربالگری سرطان پستان به طور مشخص برای افراد زیر ۵۰ سال مفید است.
ترموگرافی جانشینی برای ماموگرافی محسوب نمی شود. ماموگرافی همچنان به عنوان گزینه اصلی در غربالگری علائم اولیه سرطان سینه باقی می ماند و میزان کمی از اشعه ایکس برای انجام آن مورد نیاز است.





FLIR

E4
E5
E6
E8
FLIR
FLIR
Wi Fi

109.8 °F
105
100
95
90
85
81.9 °F

FLIR

میزان متابولیسم پایه(Basal Metabolic Rate-BMR):

میزان متابولیسم پایهکل میزان کالری است که بدن شما به آن نیاز دارد که در حالت استراحت، عملکرد طبیعی و پایه‌ای خود را انجام دهد. این عملکرد پایه شامل گردش خون، تنفس، تقسیم سلولی، سنتز پروتئین، انتقال یون، استفاده از انرژی توسط ماهیچه‌ها، اعصاب و سلول‌ها است. حدود ۷۰٪ انرژی که ما هر روز مصرف می‌کنیم، انرژی موردنیاز برای کارکرد اندام‌های ماست که ما را زنده و سالم نگه دارد. ۳۰٪ باقی‌مانده برای هضم غذا (۱۰٪) و انرژی موردنیاز برای فعالیت بدن (۲۰٪) است.

راه‌های مختلفی برای تعیین سطح شاخص متابولیسم پایه وجود دارد، اما دقیق‌ترین آن در محیط آزمایشگاهی و تحت شرایط خاص (بدون استرس، در حالت استراحت، بافاصله زمانی مشخص از غذا خوردن و ورزش و مصرف کافئین، ریتم قلبی مناسب و ...) اندازه‌گیری می‌شود.

ازآنجایی‌که انجام آزمایشات آزمایشگاهی بسیار گران است، از فرمولی که توسط متخصصین طراحی‌شده برای تخمین میزان BMR استفاده می‌شود و تنها به یک ماشین‌حساب برای تعیین آن نیاز دارید.

برای تعیین میزان BMR می‌توان از فرمول طراحی‌شده هریس بندیکت (جیمز آرتور هریس و فرانسیس گانو بندیکت دانشمندان طراحان این فرمول) استفاده کرد.

نحوه محاسبه BMR در مردان:

از طریق این فرمول میزان متابولیسم پایه خود را حساب کنید:

BMR = ٦٦/٤٧٣٠ + (١٣/٧٥١٦ × (جرم به کیلوگرم + ٥/٠٠٣٣ × (قد به سانتی متر − (٦/٧٥٥٠× (سن به سال

نحوه محسابه BMR در زنان:

بانوان نیز از طریق این فرمول به میزان متابولیسم پایه خود می‌رسند:

BMR = ٦٥٥/٠٩٥٥ + (٩/٥٦٣٤ × (جرم به کیلوگرم + ١/٨٤٩٦ × (قد به سانتی متر − (٤/٦٧٥٦× (سن به سال

ترکیبی از عوامل، متابولیسم پایه شما را تعیین می‌کند. عوامل ژنتیکی، سن، جنس و ترکیب بدن همه در میزان BMR نقش دارند. برای تغییر میزان BMR در مورد ژنتیک، سن یا جنس، نمی‌توان زیاد کاری کرد؛ اما شما می‌توانید ترکیب بدن خود را برای افزایش سوخت‌وساز بدن تغییر دهید.

پس چگونه BMR خود را تغییر دهید؟ ساخت عضله! حتی زمانی که بدن شما در حالت استراحت قرار دارد، توده عضلانی بدون چربی کالری بیشتری از توده چربی می‌سوزاند. مطالعات متعدد نشان داده است که پس از چند هفته تمرین مقاومتی شما ممکن است افزایش میزان متابولیسم استراحت را ٧–٨٪ افزایش دهید.

Table 6.19 BMR (kcal/day) for different age groups

Age group (years)	BMR (males)	BMR (females)
Under 3	$59.5m_b - 30$	$58.3m_b - 31$
3–10	$22.7m_b + 504$	$20.3m_b + 486$
10–18	$17.7m_b + 658$	$13.4m_b + 693$
18–30	$15.1m_b + 692$	$14.8m_b + 487$
30–60	$11.5m_b + 873$	$8.1m_b + 846$
Over 60	$11.7m_b + 588$	$9.1m_b + 658$

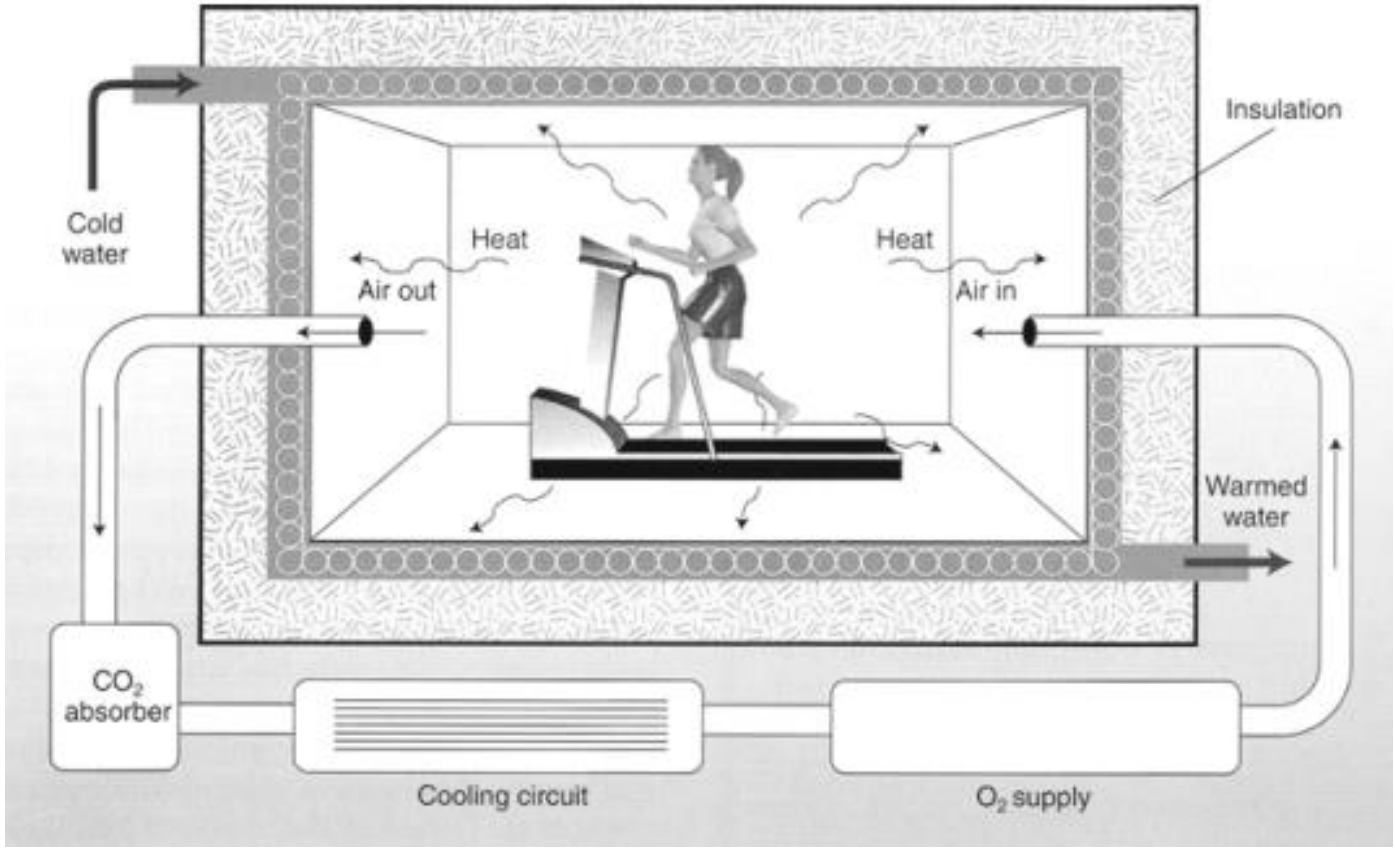
m_b is the body mass in kg.
Using data from [11], using [90]

Table 6.20 BMR (kcal/day) for adult men and women of different ages, assuming the BMI (or Quételet's index Q) is 22 for men and 21 for women and the relations in Table 6.19

Height (m) (also ft, in)	Mass (kg) (also lb)	Age (yr)		
		18–30	30–60	Over 60
Men				
1.5 (4′11″)	49.5 (109)	1,440	1,450	1,150
1.6 (5′3″)	56.5 (124)	1,540	1,530	1,250
1.7 (5′7″)	63.5 (140)	1,650	1,620	1,350
1.8 (5′11″)	71.5 (157)	1,770	1,710	1,450
1.9 (6′3″)	79.5 (175)	1,900	1,800	1,560
2.0 (6′7″)	88.0 (194)	2,030	1,900	1,670
Women				
1.4 (4′7″)	41.0 (90)	1,100	1,190	1,030
1.5 (4′11″)	47.0 (104)	1,190	1,240	1,090
1.6 (5′3″)	54.0 (119)	1,290	1,300	1,160
1.7 (5′7″)	61.0 (134)	1,390	1,360	1,230
1.8 (5′11″)	68.0 (150)	1,500	1,420	1,310

Using data from [11], from [33]

نرخ متابولیسم طی فعالیت های روزمره:



a calorimetric chamber for direct calorimetry

جدول ۲-۵ مصرف اکسیژن در فعالیتهای روزانهٔ مردی با مساحت بدن $1.75\ m^2$، قد 175 cm و جرم 76 kg

فعالیت	مصرف اکسیژن (liters/min)	معادل تولید گرما		مصرف انرژی (mets - 50 $Kcal/m^2$ hr)
		Kcal/min	W	
خواب	۰/۲۴	۱/۲	۸۳	۰/۸۲
نشستن با آسایش	۰/۳۴	۱/۷	۱۲۰	۱/۱۵
ایستادن با آرامش	۱/۳۶	۱/۸	۱۲۵	۱/۲۵
اتومبیل سواری	۰/۴۰	۲	۱۴۰	۱/۳۵
نشستن در کلاس (بیدار)	۰/۶۰	۳	۲۱۰	۲/۰۵
آهسته قدم‌زدن	۰/۷۶	۳/۸	۲۶۵	۲/۶۰
دوچرخه‌سواری با سرعت 13-17.7 km/hr	۱/۱۴	۵/۷	۴۰۰	۳/۹۰
بازی با تنیس	۱/۲۶	۶/۳	۴۴۰	۴/۳۰
شنای پروانه ۱/۶ کیلومتر بر ساعت	۱/۳۶	۶/۸	۴۷۵	۴/۶۵
اسکی با سرعت ۱۴/۵ کیلومتر در ساعت	۱/۵۶	۷/۸	۵۴۵	۵/۳۵
بالا رفتن از پله‌ها با پیمودن ۱۱۶ پله در دقیقه	۱/۹۶	۹/۸	۶۸۵	۶/۷۰
دوچرخه‌سواری با سرعت ۲۱/۳ کیلومتر در ساعت	۲	۱۰	۷۰۰	۶/۸۵
بازی بسکتبال	۲/۲۸	۱۱/۴	۸۰۰	۷/۸۰
آزمایش قدم زدن هاروارد	۳/۲۲	۱۶/۱	۱۱۲۰	۱۱/۰۵

مواد غذایی غالب در بدن:

۱- کربو هیدرات ها مانند گلوکز (۲۵ درصد در زنان و ۱۰ درصد در مردان در ماهیچه و کبد ذخیره می شود)

۲- چربی- تریبوتیرین (tributyrin)

۳- الکل- اتانول

معادله اکسیداسیون یک مول اتانول عبارتست از:

$$\underbrace{C_6H_{12}O_6}_{180\ gr} + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 686\ kCal$$
$$192\ gr \qquad 264\ gr \qquad 108\ gr$$

مثال: شخصی طی ۲٤ ساعت فعالیت های زیر را بترتیب انجام می دهد، ۱۰ ساعت نشسته کار می کند، ۲ ساعت پیاده روی می کند، ۱ ساعت می دود، ۳ ساعت رانندگی می کند، و ۸ ساعت می خوابد. تغییر انرژی داخلی فرد در این دوره چقدر است؟

$$\Delta E_{in} = -\sum_i P_i \times \Delta t$$

$$= -\left[\begin{array}{l}\left(1/7\,\frac{kCal}{\min}\times 600\min\right)+\left(3/8\,\frac{kCal}{\min}\times 120\min\right)+\left(10\,\frac{kCal}{\min}\times 60\min\right)+\\ \left(2\,\frac{kCal}{\min}\times 180\min\right)+\left(1/2\,\frac{kCal}{\min}\times 4800\min\right)\end{array}\right] = -3012\,kCal$$

چنانچه این شخص رژیم غذایی روزانه کم تر از ۳۰۱۲ کیلو کالری داشته باشد، وزنش کم می شود.

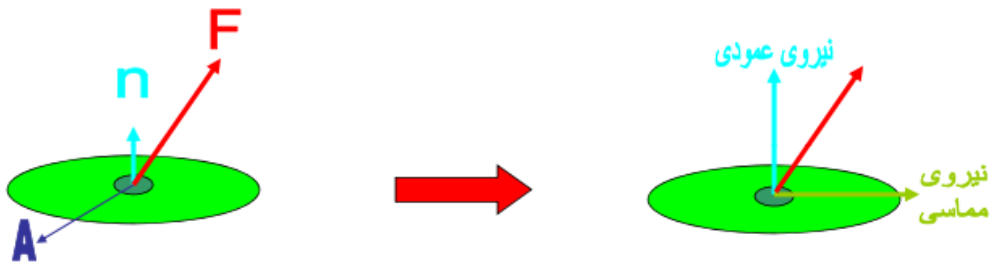
خواص سیالات:

سیال به ماده ای گفته می شود که در برابر هر نیروی مماسی وارد بر آن تغییر شکل دهد و این تغییر شکل پیوسته باشد.

سیالات به دو دسته گازها و مایعات تقسیم می شوند.

- گازها تراکم پذیرند، اما مایعات عملا تراکم ناپذیرند.
- مایعات حجم معینی را اشغال می کنند، اما گازها هر حجمی را اشغال می کنند.

فشار و تنش:



- نیروی عمودی: F_n
- نیروی مماسی: F_t

$$Normal\ Stress = \frac{F_n}{A} = P \qquad [Pa]$$

$$Shear\ Stress = \frac{F_t}{A} = \tau \qquad [N/m^2]$$

چند نکته:

$$P_{abs.} = P_{atm.} + P_{gauge}$$

اگر گفته شود که مثلا 100 mm Hg خلا است، یعنی فشار برابر است با:

$$P_{abs} = 760 - 100 = 660\, mmHg$$
$$P_{gauge} = -100\ mmHg$$

لازم به یادآوری است که اتمسفر استاندارد برابر است با:

۱۰۱۳۲۵ Pa

14.7 Psi

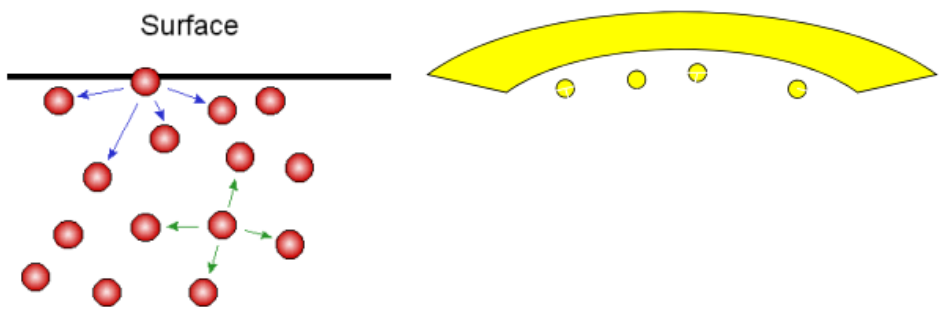
760 mmHg

1.01325 bar

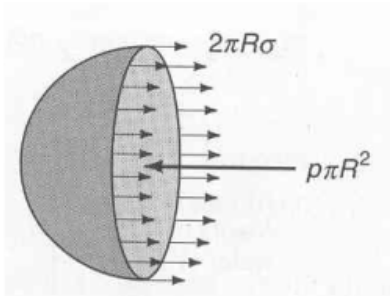
کشش سطحی:

- کشش سطحی ناشی از وجود نیروی جاذبه بین مولکول های همشکل است. کشش سطحی کاری است که لازم است تا مصرف شود تا اینکه واحد سطح مایع را از هم بپاشد.

$$\sigma = \frac{N.m}{m^2} = N/m$$



رابطه فشار درون یک قطره با کشش سطحی آن:

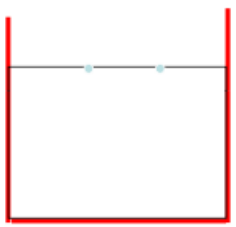


$$P\pi R^2 = \sigma 2\pi R$$

$$\Rightarrow P = \frac{2\sigma}{R}$$

فشار بخار:

- در سطح مایع، انرژی تعدادی از مولکولها در حدی است که می‌تواند بر نیروی جاذبه بین مولکولها غلبه کند و از سطح مایع خارج شود و به فاز بخار برود. این باعث بوجود آمدن فشار بخار مایعات است.



نکته:

هر چه دما بیشتر شود، فشار بخار بالا می رود. دلیل این مساله این است که تعداد مولکول هایی که مقدار انرژیی بیشتر از انرژی متوسط به دست می آورند، زیاد می شود. وقتی فشار بخار برابر فشار محیط خارجی شود، پدیده جوشش اتفاق می افتد. بر این اساس، نقطه جوش نرمال دمایی است که در آن فشار بخار برابر با فشار 1 atm است.

معادله گاز کامل:

$$PV = RT \qquad PV = \frac{m}{M}RT$$

or

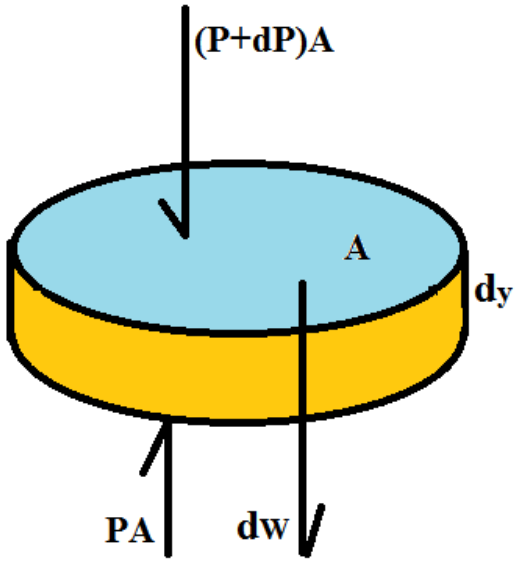
$$PV = nRT \qquad \rho = \frac{m}{V} = \frac{PM}{RT}$$

P: فشار ، V: حجم ، R: ثابت عمومی گازها

n: مول گاز و T: دما بر حسب کلوین

فشار و چگالی:

یک شاره را در نظر می گیریم که المان حجمی استوانه شکل به سطح مقطع A و ضخامت dy دارد. اگر فشار وارد بر سطح پایینی المان حجمی PA ، فشار وارد بر سطح بالایی آن (P+dP)A و وزن المان حجمی dW باشد برای تعادل داریم:



$$PA = (P + dP)A + dW \Rightarrow PA = (P + dP)A + \rho g A dy \Rightarrow$$

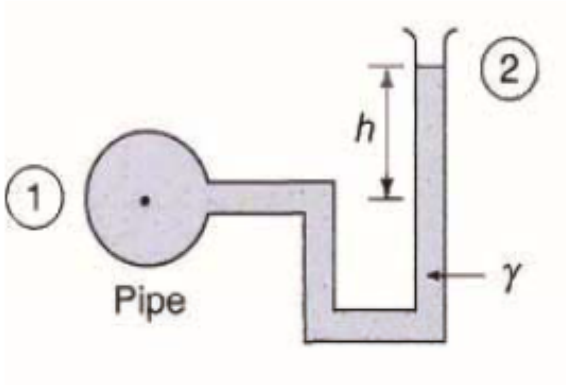
$$\frac{dP}{dy} = -\rho g \Rightarrow \int_{P_1}^{P_2} dP = -\int_{y_1}^{y_2} \rho g dy \Rightarrow P_2 - P_1 = -\rho g (y_2 - y_1) \Rightarrow$$

$$\xrightarrow{y_2 - y_1 = h} \mathrm{P} = \mathrm{P_o} + \rho g h$$

این رابطه بیان می کند که فشار در تمامی نقاط هم ارتفاع یا هم عمق، در چگالی ثابت ، یکسان است.

مانومتر

مانومتر دستگاهی است که از طریق ارتفاع مایع فشار را اندازه می‌گیرد.



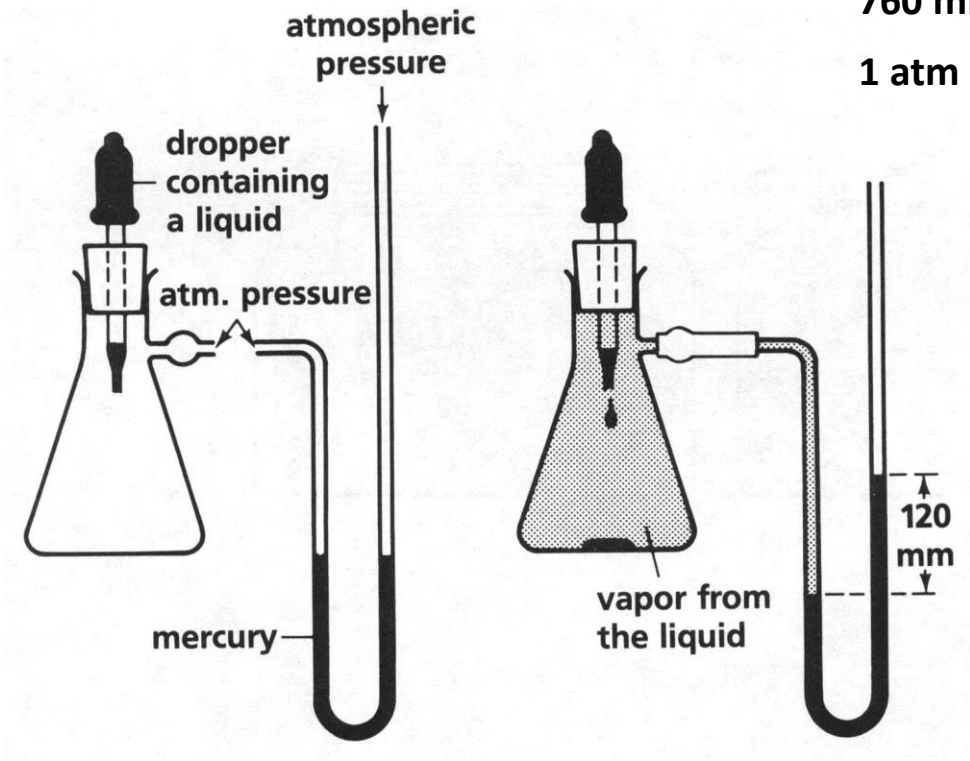
$$p_1 + \rho g z_1 = p_2 + \rho g z_2$$

$$p_1 - p_2 = \rho g (z_2 - z_1)$$

$$\Delta p = \rho g h$$

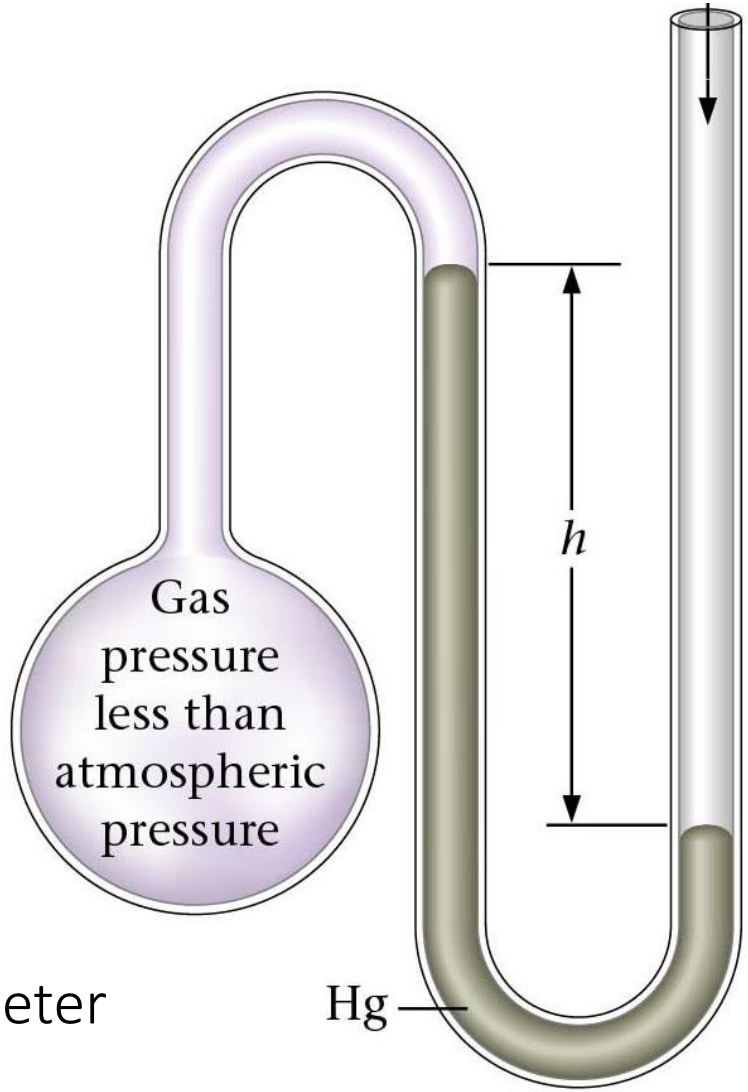
$$if \quad p_2 = 0 \Rightarrow p_1 = \rho g h$$

How Vapor Pressure is Measured



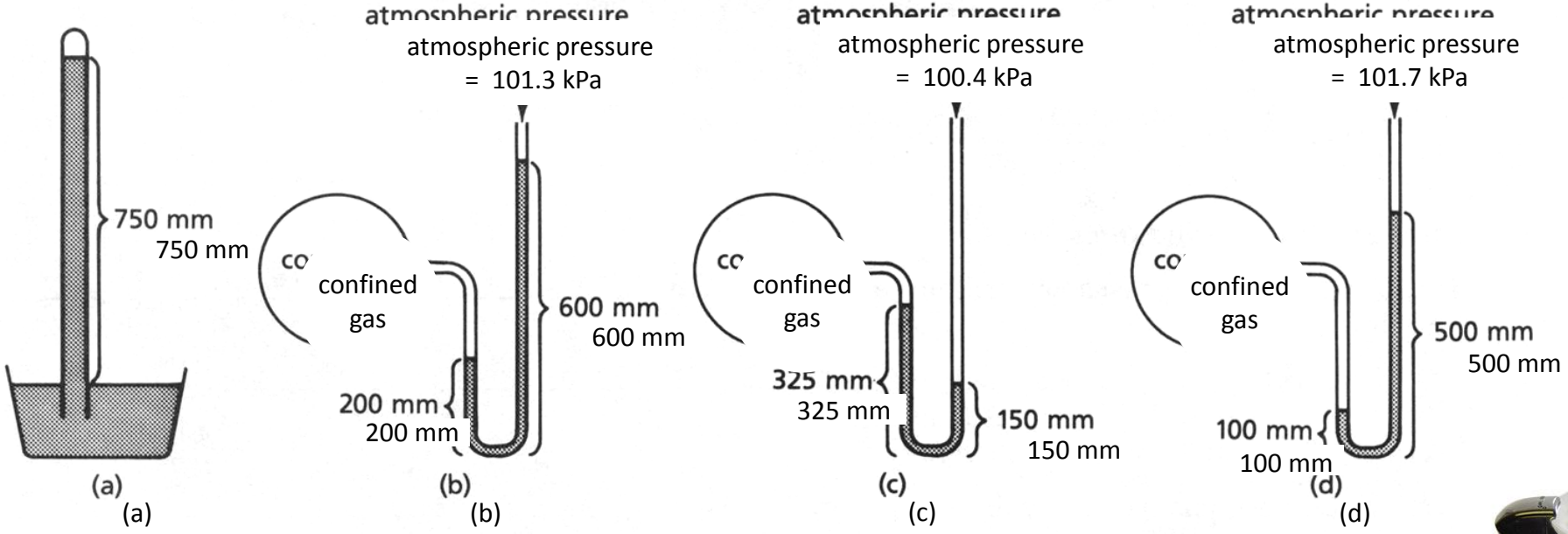
760 mm + 120 mm = 880 mm Hg

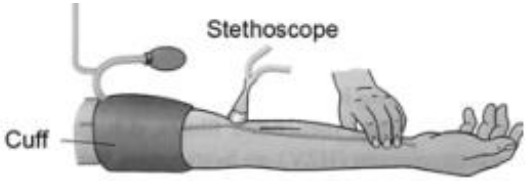
1 atm = 760 mm Hg

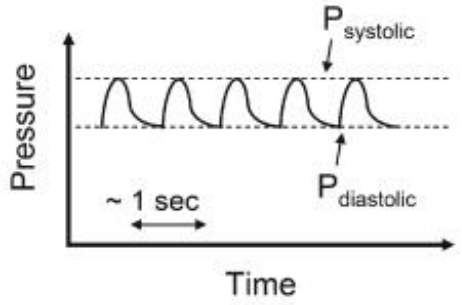


Manometer

Barometer & Manometer





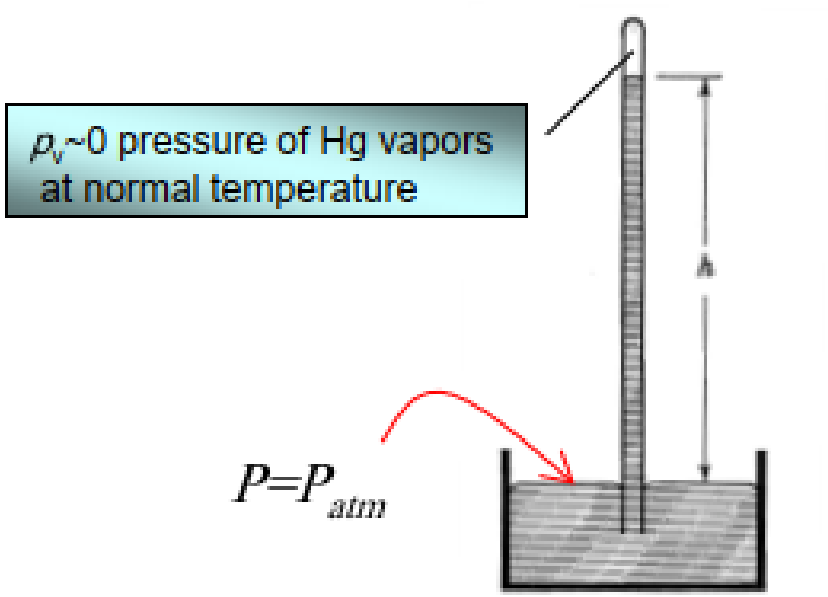


مانومترها: (Manometers)

مانومترها وسایلی هستند که با توجه به ستونهای مایعات اختلاف فشار را نشان می دهد.

بارومتر: (Barometer)

بارومتر جیوه ای برای تعیین فشار مطلق هوا استفاده می شود. در بارومتر انتهای لوله بسته بوده، از هوا تخلیه شده و آب بندی میشود.

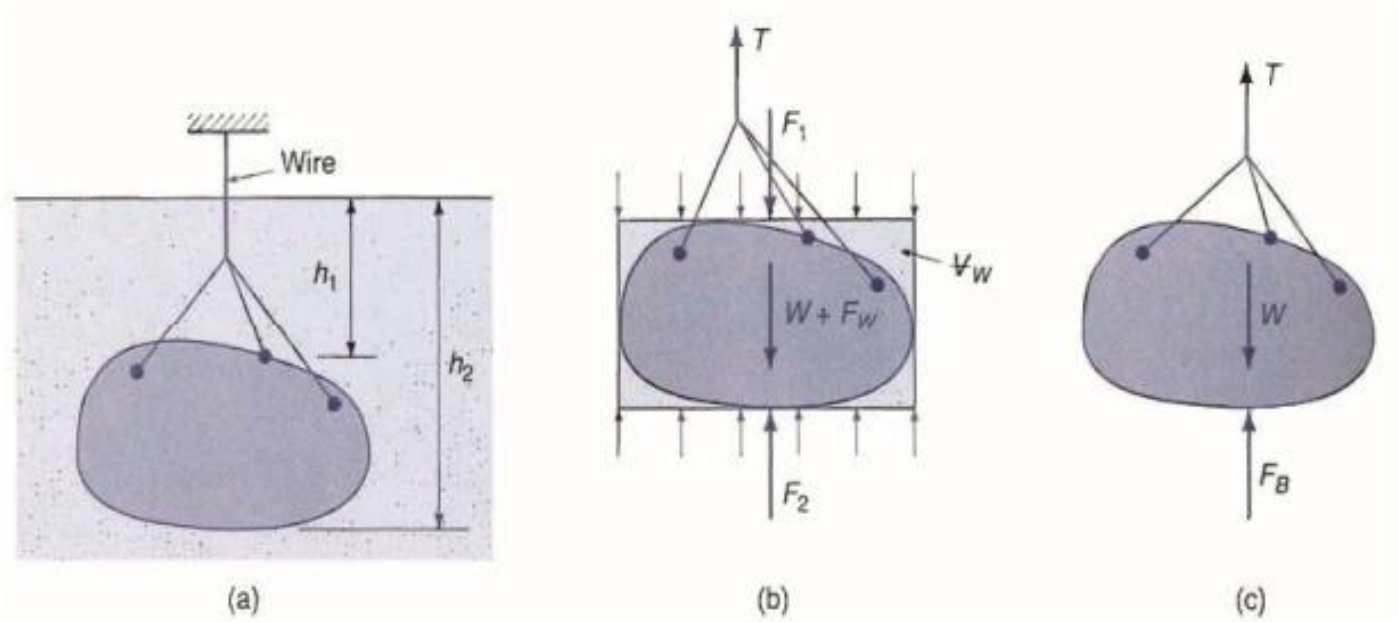


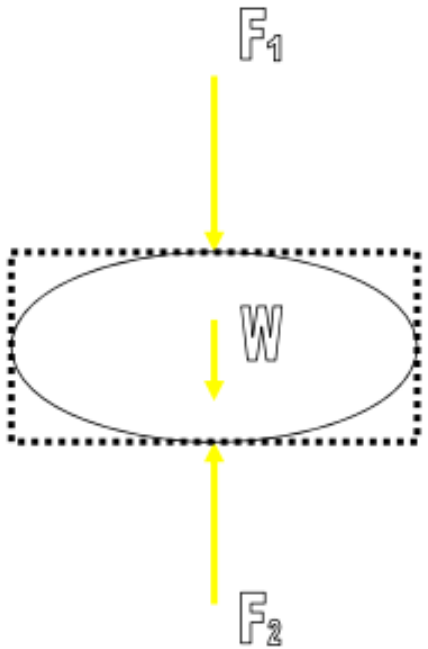
$$P_u = 0$$

$$P_A = P_{atm} = \gamma_{Hg} h$$

نیروی شناوری

قانون ارشمیدس: هر جسمی در سیالی قرار گیرد به اندازهٔ وزن سیال هم حجم خود سبک می‌شود.





با توجه به شکل داریم:

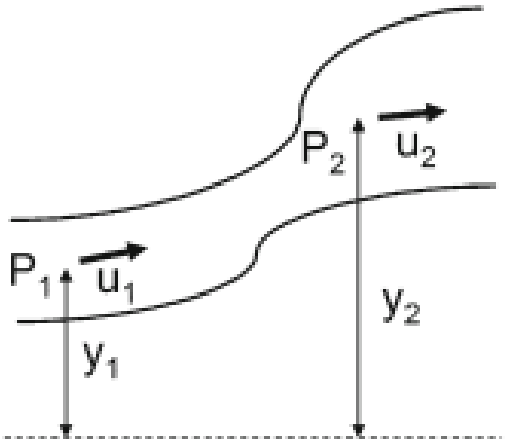
$$\sum F = F_2 - F_1 - F_w = F_B$$

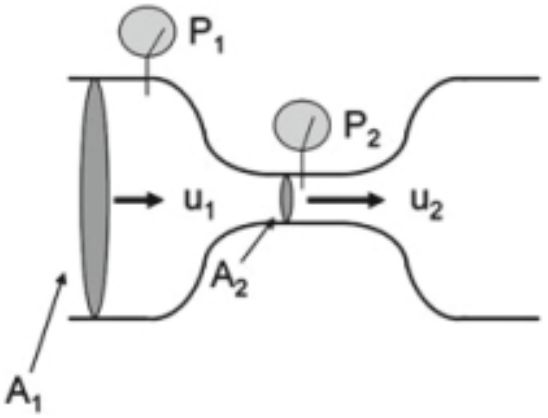
$$F_B = (\rho g h_2) A - (\rho g h_1) A - \rho g V_w$$
$$= \rho g [A(h_2 - h_1) - V_w]$$
$$= \rho g V$$

وزن ظاهری اگر جسم کاملاً مستغرق باشد:

$$W - F_B = \rho_S g V - \rho_L g V = (\rho_S - \rho_L) g V$$

معادله برنولی:





$$P_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^{\,2} + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho V_2^{\,2} + \rho g y_2$$

The densities $\rho_1 = \rho_2 = \rho$ for this incompressible fluid. (Bernoulli's equation actually applies to any two points along a streamline.)

There are three special cases of Bernoulli flow. (1) For static fluids ($u = 0$), and Bernoulli equation's reduces to $P_1 + \rho g y_1 = P_2 + \rho g y_2$. (2) It reduces to Torricelli's theorem when $P_1 = P_2$, namely $\rho u_1^2/2 + \rho g y_1 = \rho u_2^2/2 + \rho g y_2$. (3) It reduces to the Venturi flow regime when $y_1 = y_2$ (Fig. 7.8), so

(1) *Static Fluid* : $P_1 + \rho g y_1 = P_2 + \rho g y_2$

(2) *Torricelli 's theorem* : $\frac{1}{2}\rho V_1^{\,2} + \rho g y_1 = \frac{1}{2}\rho V_2^{\,2} + \rho g y_2$

(3) *Venturi flow regime* : $P_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^{\,2} = P_2 + \frac{1}{2}\rho V_2^{\,2}$

بنابراین روی هر دو نقطهٔ خط جریان می‌توان نوشت:

$$\frac{V_1^2}{2}+\frac{P_1}{\rho}+gh_1=\frac{V_2^2}{2}+\frac{P_2}{\rho}+gh_2$$

این معادله برنولی است و برای بدست آوردن آن فرضهای زیر بکار رفته است:

- جریان غیر ویسکوز (بدون تنش برشی)
- جریان پایا $\frac{\partial V}{\partial t}=0$
- جریان روی یک خط جریان $a_s=V\frac{\partial V}{\partial s}$
- چگالی ثابت $\frac{\partial \rho}{\partial s}=0$
- جریان غیر چرخشی

در رژیم ونچوری در یک لوله داریم:

$$A_1V_1=A_2V_2\Rightarrow V_2=\frac{A_1V_1}{A_2}\Rightarrow P_1+\frac{1}{2}\rho V_1^{\,2}=P_2+\frac{1}{2}\rho\left(\frac{A_1V_1}{A_2}\right)^2\Rightarrow$$

$$P_2-P_1=\frac{1}{2}\rho V_1^{\,2}\left[1-\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2\right]$$

With $A_2 < A_1$, we see that $u_2 > u_1$ and $P_2 < P_1$

تقسیم رابطه را بر g :

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + h_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + h_2$$

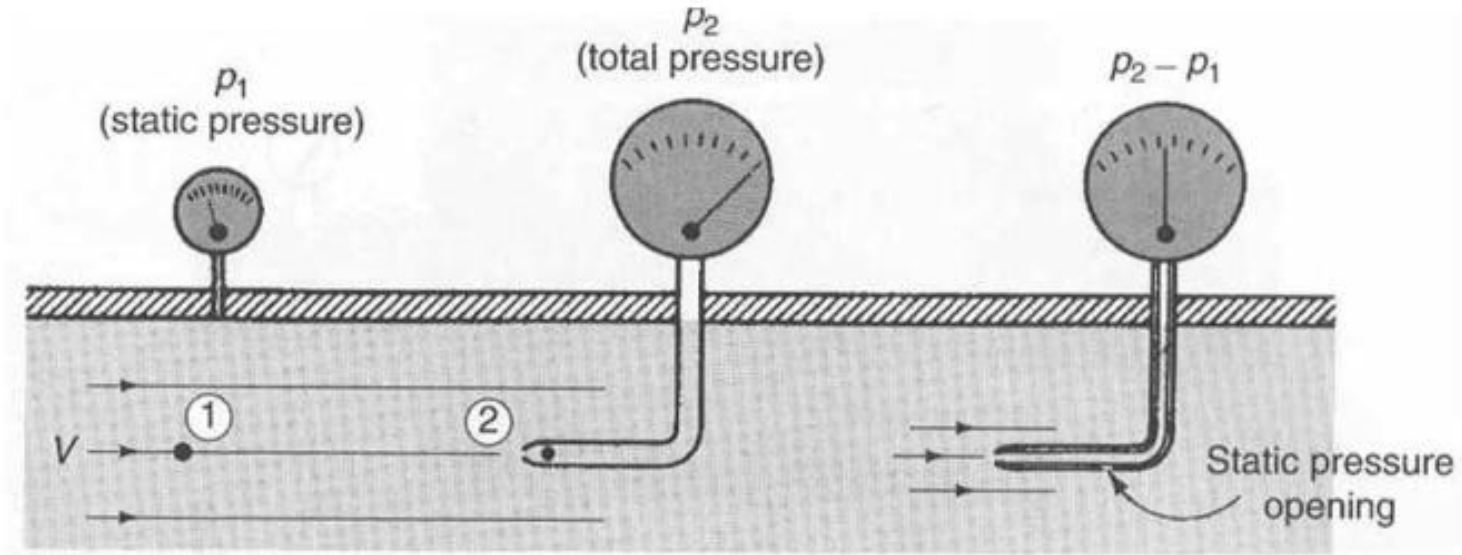
مجموع سه جمله می‌شود بلندای کل Total head

بلندای پیزومتریک : $\frac{p}{\rho g} + h$

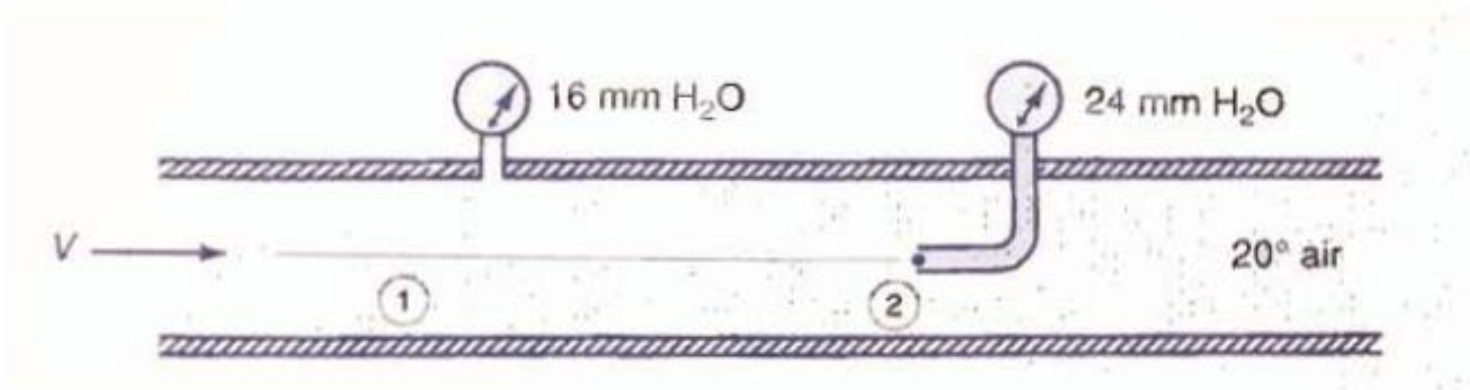
فشار استاتیک : p

فشار سکون Stagnation Pressure : $p + \rho \frac{V^2}{2}$

$$P + \frac{1}{2}\rho V^2 + \rho g h = cte$$



فشار استاتیک	فشار سکون (لوله پیتو)	اختلاف بین فشار استاتیک و فشار سکون
p	$p + \rho \frac{V^2}{2}$	$\rho \frac{V^2}{2}$



اندازه گیری سرعت سیال با استفاده از لوله پیتو

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} = \frac{P_2}{\rho g}$$

$$V_1 = \sqrt{\frac{2}{\rho}(P_2 - P_1)}$$

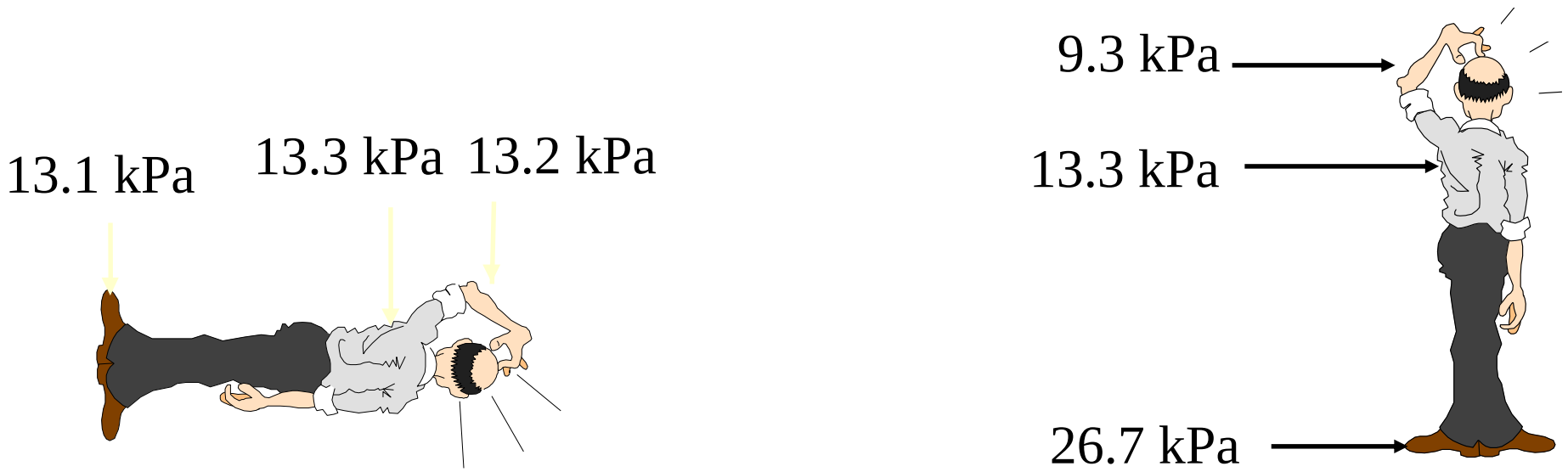
مثال: نسبت فشار خروجی قلب (۱۲۰ mmHg) به فشار اتمسفر چقدر است؟ (فشار اتمسفر ۱/۰۱ kpa).

$$P_{Heart} = \rho gh = (13600)\times(9.8)\times(0.12) = 0.16\ kPa$$

$$\frac{P_{Heart}}{P_{Air}} = \frac{0.16}{1.01} = 0.16$$

مثال: اگر رگ های خونی بدن انبساط و انقباض نداشته باشند، اختلاف فشار خون میان پاها و سر مردی ۱۸۰ سانتی متری در هنگام ایستادن چقدر است؟ ؟ (چگالی خون: ۱/۰۶ است).

$$\Delta P = \rho gh = (1060)\times(9.8)\times(1.8) = 18.7\ kPa$$



$$\frac{V_1^2}{2g}+\frac{P_1}{\rho g}=\frac{P_2}{\rho g}\Rightarrow V_1=\sqrt{\frac{2}{\rho}(P_2-P_1)}$$

$$PM=\rho RT \Rightarrow \rho=\frac{PM}{RT} \Rightarrow$$

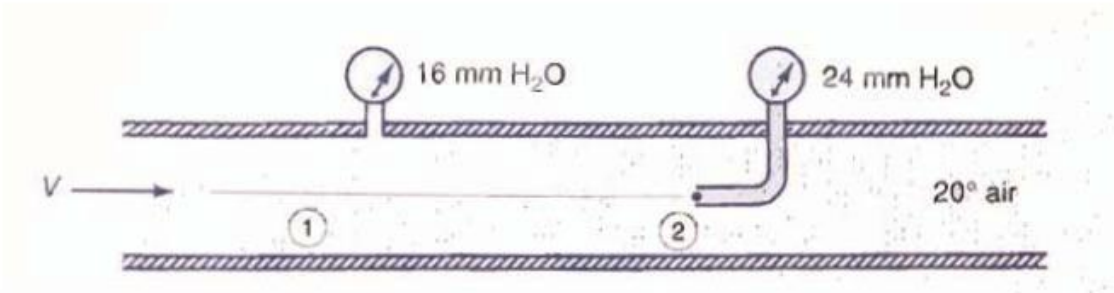
فشار هوا (Pa) — تبدیل به متر — ρ_{H_2O} — g — M — T

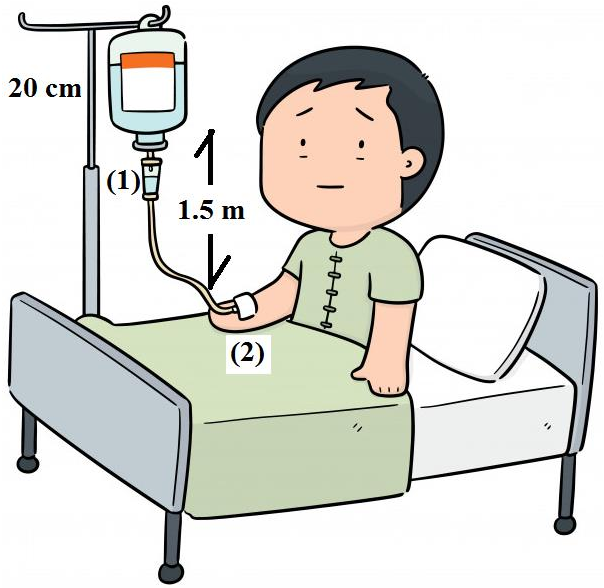
$$\rho=\frac{(101325+16\times10^{-3}\times1000\times9.8)}{8.314\times(273+20)}\times29=1.2\ \ Kg/m^3$$

$$V_1=\sqrt{\frac{2}{1.2}\times\underbrace{(24-16)}_{mm\,H_2O}\times\underbrace{10^{-3}}_{\text{تبدیل به متر}}\times\underbrace{1000}_{\rho_{H_2O}}\times\underbrace{9.81}_{g}}=11.44\ \ m/s$$

ΔP

مثال: بلندای فشار استاتیک بوسیله یک لوله پیتو اندازه گرفته می شود. با توجه به داده های موجود بر روی شکل، سرعت هوا را به دست آورید.





مثال: ظرف سرم با ارتفاع مایع ۲۰ سانتی متر در ارتفاع ۱/۵ متری دست بیمار نصب شده است. فشار سرم در نقاط ۱ و ۲ (رسیده به رگ) چقدر است؟ چگالی سرم:۱۰۱۰ kg/m3 و فشار هوا ۱۰۲ کیلو پاسکال است.

$$\text{In (1):}\quad P_1 = P_o + \rho gh = 102 + (1010 \times 9.8 \times 0.2) = 104\ Kpa$$

$$In\ (2):\quad P_2 = P_1 + \rho gh = 104 + (1010 \times 9.8 \times 1.5) = 114.9\ Kpa$$

مثال:اگر ارتفاع سطح سرم از محل تزریق ۱ متر باشد فشار تزریق سرم در خون چقدر است. فشار وریدی حدود ۳/۷ میلیمتر جیوه است. چگالی سرم: ۱۰٤۰ kg/m3 است.

$$P_{Blood} = \rho gh = (1040 \times 9.8 \times 1) = 10190\ pa = \frac{10190\ pa}{1.33 \frac{Pa}{mmHg}} = 76.7\ mmHg$$

$$P_{net} = (76.7 - 3.7)_{mmHg} = 73\, mmHg$$

قانون هاگن–پوازی برای جریان دارای مقاومت یا مایع دارای ویسکوزیته در جریان آرام بدون تلاطم در داخل استوانه مانند جریان خون در رگ های بدن:

$$Hagen-Poiseullie's\ Law: \quad \boxed{Q=\frac{\pi R^4}{8\eta L}(P_1-P_2)}$$

$$\boxed{(P_1-P_2)=\Delta P=\underbrace{\frac{8\eta L}{\pi R^4}}_{Vessel\ Resistance}Q}$$

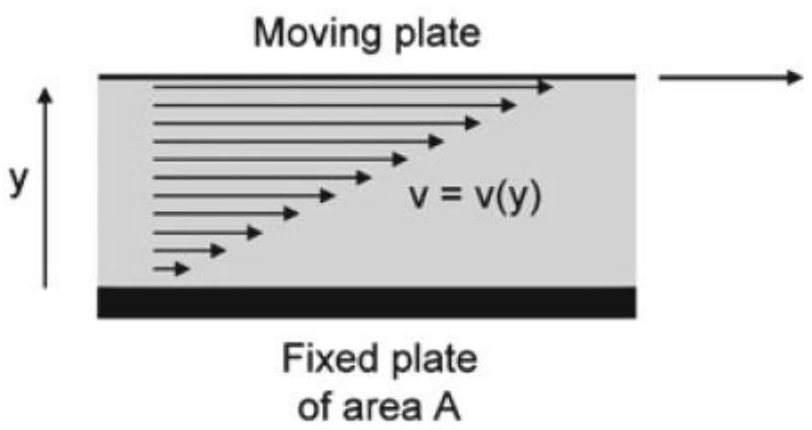
ΔP : *is the pressure loss*

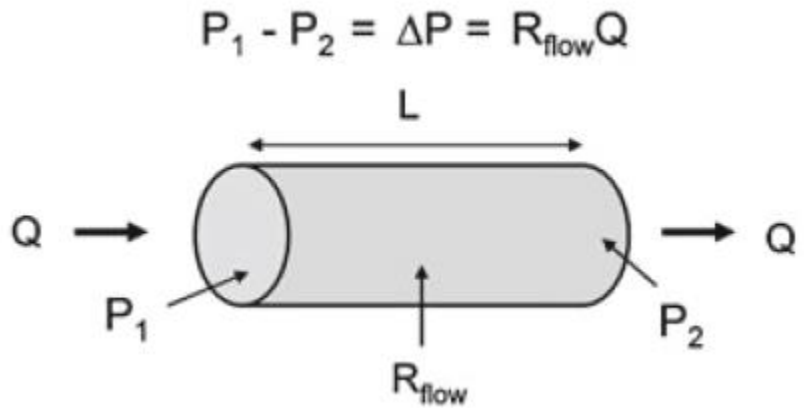
η : *is the dynamic viscosity*

L : *is the length of pipe*

R : *is the diameter*

Q : *is the volumetric flow rate*





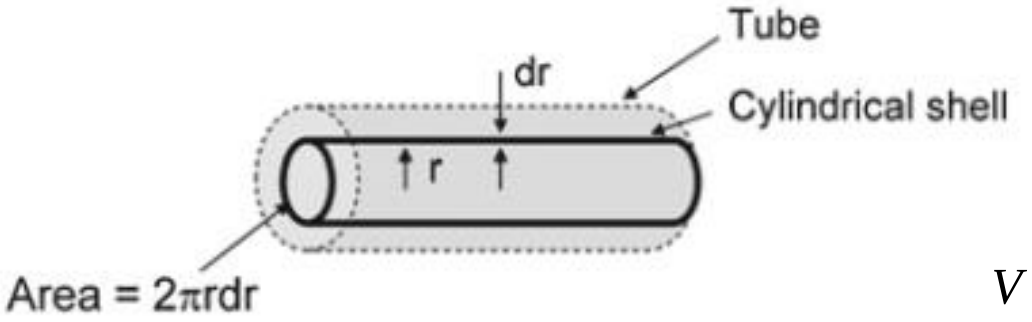
105

Table 7.3 Coefficient of viscosity η of common materials, in Pa-s (1 poise = 0.1 Pa-s)

Material	T (°C)	η
Water	0	1.78×10^{-3}
	20	1.00×10^{-3}
	37	0.69×10^{-3}
	50	0.55×10^{-3}
	100	0.28×10^{-3}
Blood plasma	37	1.5×10^{-3}
Whole blood[a]	37	$\sim 4.0 \times 10^{-3}$
Cerebrospinal fluid	20	1.02×10^{-3}
Interstitial fluid	37	$1.0–1.1 \times 10^{-3}$
Human tears	37	$0.73–0.97 \times 10^{-3}$
Motor oil, SAE 10	20	0.065
Motor oil, SAE 50	20	0.54
Machine oil, heavy	37	0.13
Machine oil, light	37	0.035
Ethylene glycol	37	0.011
Mercury, liquid	37	1.465×10^{-3}
Methanol	37	0.47×10^{-3}
Ketchup	20	50

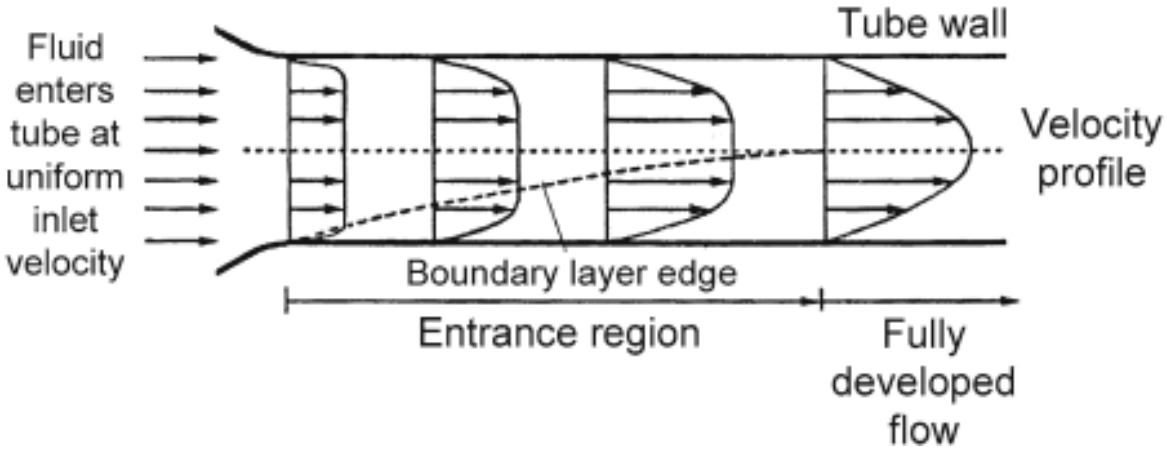
سرعت مایع در لوله پوازی:

سرعت مایع در لوله پوازی به ویسکوزیته، فشار وارد آمده به لایه ی استوانه ای بستگی دارد:



$$V(r)=\frac{\Delta P}{4\eta L}\left(R^2-r^2\right)=\frac{R^2\Delta P}{4\eta L}\left(1-\frac{r^2}{R^2}\right)$$

وقتی سرعت یکنواخت در سطح مقطع A لوله داریم، نرخ جریان در لوله (Q) برابر VA است. وقتی شرط یکنواختی سرعت برقرار نباشد باید انتگرال سرعت مایع را المان سطحی داخل لوله محاسبه نمود:



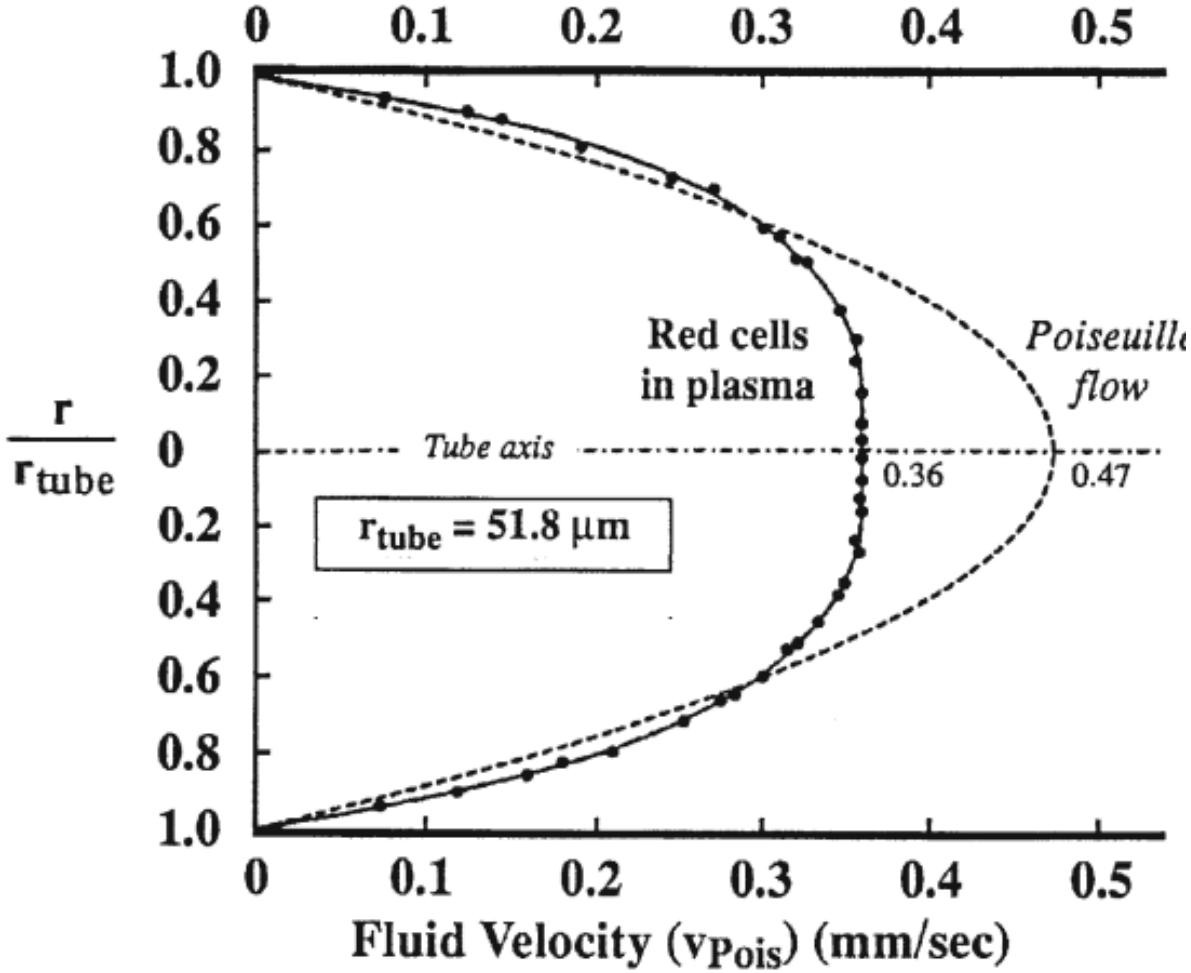
$$Q=\int_0^R \frac{\Delta P}{4\eta L}\left(R^2-r^2\right)\times 2\pi r dr=\int_0^R \frac{\pi\Delta P}{2\eta L}\left(rR^2-r^3\right)dr=\frac{\pi\Delta P}{2\eta L}\left(\frac{R^4}{2}-\frac{R^4}{4}\right)=\frac{\pi R^4\Delta P}{8\eta L}$$

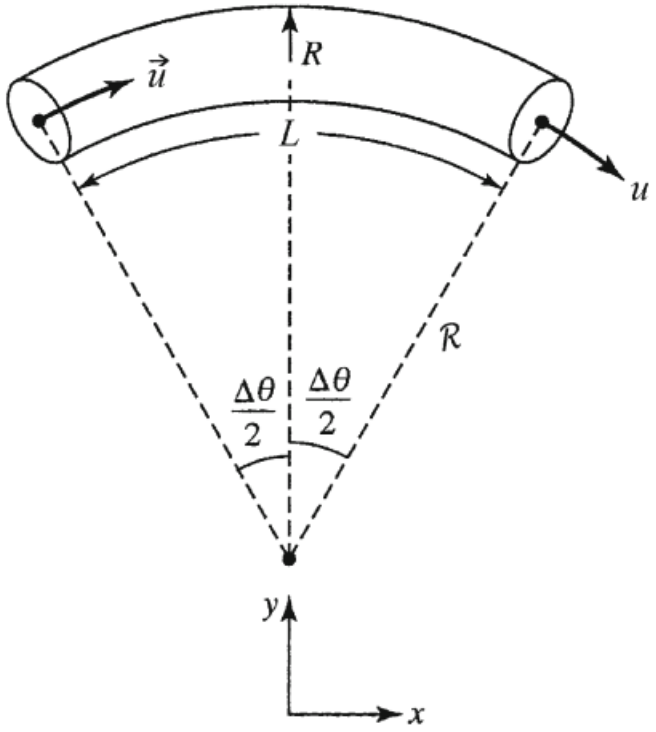
این رابطه همان قانون پوازی است و چون Q برابر با (حاصلضرب مساحت در میانگین سرعت) مایع است، میانگین سرعت برابر می شود با:

$$\overline{V} = \frac{Q}{\pi R^2} = \frac{\pi R^4 \frac{\Delta P}{8\eta L}}{\pi R^2} = \frac{R^2 \Delta P}{\eta R^2 L}$$

and

$$V(r) = 2\overline{V}\left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)$$





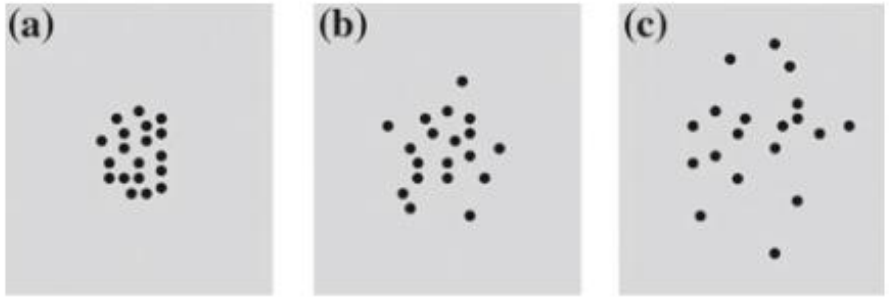
جریان در لوله خمیده:

اوج فشار جانب مرکز در این حالت عبارت است از:

$$\boxed{P_{Centripetal} = 2\rho V^2 \frac{R}{\mathfrak{R}}}$$

$$Q = \frac{\pi R^4}{8\eta L}(P_1 - P_2) = \frac{\pi R^4}{8\eta L}\left(P_{Centripetal}\right) \longrightarrow$$

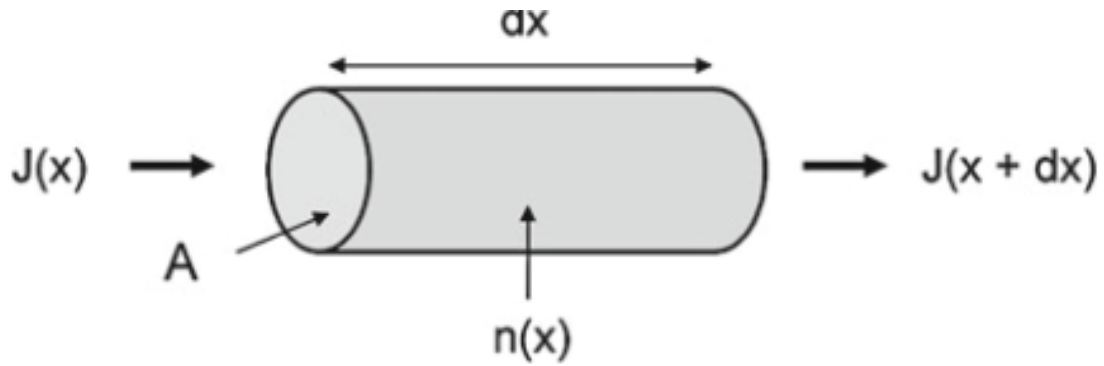
$$Q = \frac{\pi R^4}{8\eta L}\left(2\rho V^2 \frac{R}{\mathfrak{R}}\right) = \frac{\pi R^5 \rho V^2}{4\eta L \mathfrak{R}}$$



نفوذ (diffusion):

وقتی مجموعه ای از ذرات یا مولکول ها بصورت غیر یکنواخت در داخل محیطی پخش شوند ، پدیده نفوذ رخ می دهد.

قانون اول فیک (Fick) در نفوذ عبارت است از:



concentration of particles

Flux of particles

$$\underbrace{J = -\underbrace{D_{diff}}_{\text{diffusion coeffcient}} \frac{\partial \overbrace{n(x,t)}}{\partial x}}_{\text{Fick's First Law of Diffusion}} \xrightarrow{\frac{\partial n}{\partial t} = -\frac{\partial J}{\partial x}} \frac{\partial J}{\partial x} = -D \frac{\partial^2 n}{\partial x^2} \rightarrow \underbrace{\boxed{\frac{\partial n}{\partial t} = D \frac{\partial^2 n}{\partial x^2}}}_{\text{Fick's Second Law of Diffusion}}$$

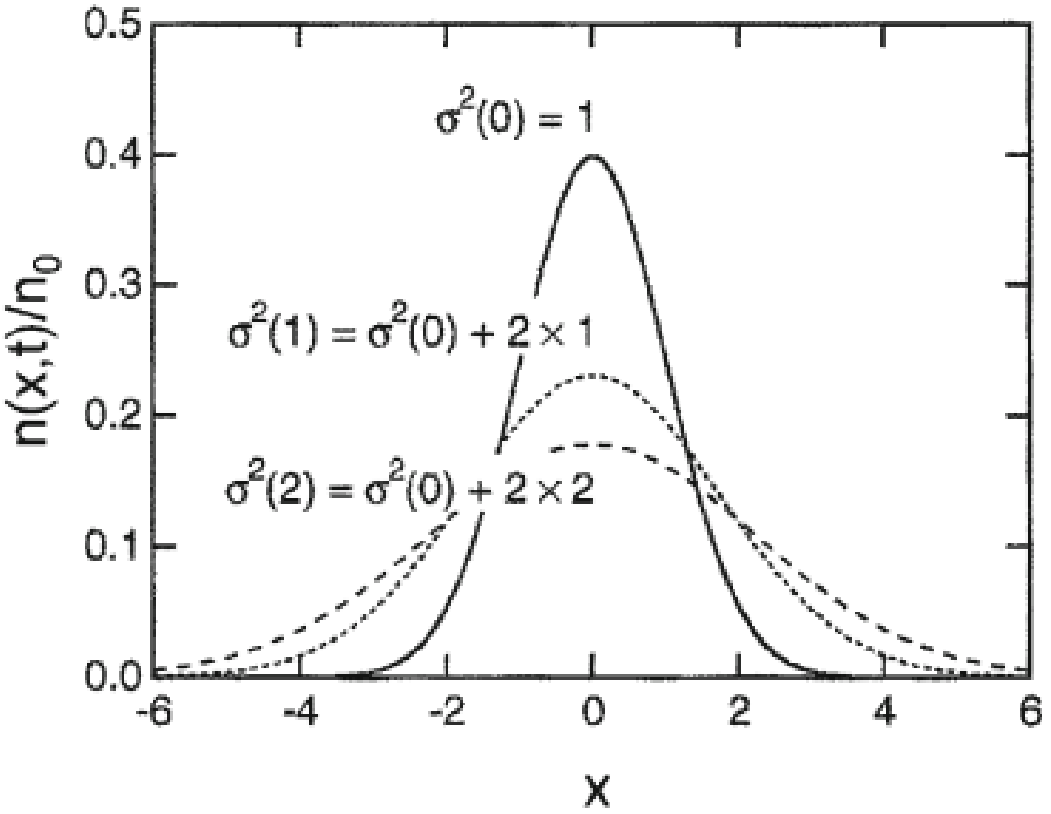
$$\begin{cases} n(x, t=0) = N\ (Total\ Number\ of\ \ Particles) \\ n(x=0, t) = N \\ n(x \to \infty, t) = 0 \end{cases}$$

معادله اخیر در ریاضی مهندسی حل شده و

با توجه به شرایط مرزی جواب معادله می شود:

$$n(x,t) \approx \frac{N}{\sqrt{4\pi D_{diff}\, t}} \exp\left(\frac{-x^2}{4D_{diff}\, t}\right)$$

در توزیع گوسی ذرات داریم:



$$\begin{cases} \sigma^2(t) = \sigma^2(0) + 2D_{Diff}\, t \xrightarrow[\sigma(0)=Initial\ \text{diffusion}]{\sigma^2(0)=1} \\ \Rightarrow n(x,t) = \dfrac{N}{\sqrt{2\pi\sigma^2(t)}} \exp\left(\dfrac{-x^2}{2\sigma^2(t)}\right) \end{cases}$$

طول پخش عبارت است از: $\sqrt{D_{diff}\, t}$

در سه بعد:

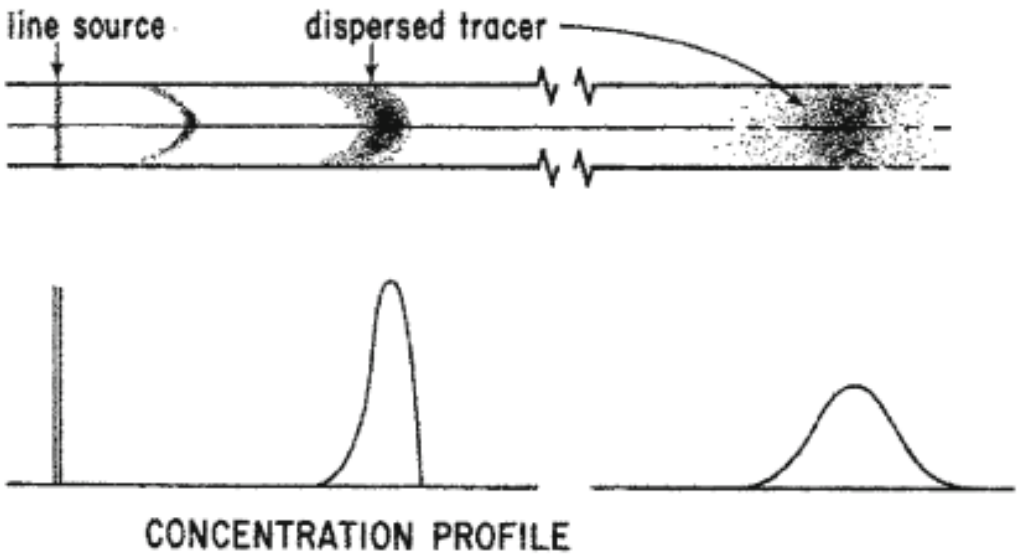
$$n(r=\sqrt{x^2+y^2+z^2},t)=\frac{N}{\left(2\pi\sigma^2(t)\right)^{\frac{3}{2}}}\exp\left(\frac{-r^2}{2\sigma^2(t)}\right)$$

مقدار شیب نمودار پخش عبارت است از:

$$n(x,t)=\frac{N}{\sqrt{2\pi\sigma^2(t)}}\exp\left(\frac{-x^2}{2\sigma^2(t)}\right)\Rightarrow$$

$$\left.\frac{dn(x,t)}{dx}\right|_{x,t}=\frac{N}{\sqrt{2\pi\sigma^2(t)}}\left(\frac{-2x}{2\sigma^2(t)}\right)\exp\left(\frac{-x^2}{2\sigma^2(t)}\right)\Rightarrow$$

$$\left.\frac{dn(x,t)}{dx}\right|_{x,t}=\frac{-2xN}{\sigma^2(t)\sqrt{8\pi\sigma^2(t)}}\exp\left(\frac{-x^2}{2\sigma^2(t)}\right)$$



مثال: در تزریق و توزیع مولکول های انسولین به بدن، سطح مولکول های تزریقی اولیه 10^{19} در عمق ۲ سانتی متری از سطح خارجی پوست است. اگر $D=0.0001$ باشد مطلوبست محاسبه: (الف) تجمع ذرات پس از ۱۵ دقیقه در عمق ۵ سانتی متری از سطح خارجی پوست . (ب) در چه عمقی از سطح خارجی پوست ، تجمع مولکول های انسولین پس از ۱۰ دقیقه به 10^{15} می رسد. (پ) شیب پخش ذرات در زمان ۳۰ دقیقه و در عمق ۳ سانتی متری از سطح خارجی پوست چقدر است؟

(الف)

$$n(x,t) \approx \frac{N}{\sqrt{4\pi D_{diff} t}} \exp\left(\frac{-x^2}{4D_{diff} t}\right) \Rightarrow n(x,t) \approx \frac{10^{19}}{\sqrt{4\times 3.14\times 0.0001\times 900}} \exp\left(\frac{-(3)^2}{4\times 0.0001\times 900}\right) \Rightarrow$$

$$n(x,t) \approx 1.31\times 10^{8}$$

(ب)

$$n(x,t) \approx \frac{N}{\sqrt{4\pi D_{diff} t}} \exp\left(\frac{-x^2}{4D_{diff} t}\right) \Rightarrow 10^{15} = \frac{10^{19}}{\sqrt{4\times 3.14\times 0.0001\times 600}} \exp\left(\frac{-x^2}{4\times 0.0001\times 600}\right) \Rightarrow$$

$$x = 1.5\ cm \xrightarrow{Initial\ \ depth\ \ of\ \ injection=2\ cm} x_{result} = 1.5+2 = 3.5\ cm$$

(پ)

$$n(x,t) \approx \frac{N}{\sqrt{4\pi D_{diff} t}} \exp\left(\frac{-x^2}{4D_{diff} t}\right) \Rightarrow \frac{\partial n(x,t)}{\partial x} \approx \frac{N}{\sqrt{4\pi D_{diff} t}} \times \left(\frac{-2x}{4D_{diff} t}\right) \exp\left(\frac{-x^2}{4D_{diff} t}\right) \Rightarrow$$

$$\frac{\partial n(x,t)}{\partial x} \approx \frac{-xN}{2D_{diff} t \sqrt{4\pi D_{diff} t}} \times \exp\left(\frac{-x^2}{4D_{diff} t}\right) \Rightarrow$$

$$\frac{\partial n(x=1cm, t=1800\ \text{sec})}{\partial x} \approx \frac{-1\times10^{19}}{2\times0.0001\times1800\times\sqrt{4\times3.14\times0.0001\times1800}} \times \exp\left(\frac{-1^2}{4\times0.0001\times1800}\right) \Rightarrow$$

$$\frac{\partial n(x=1cm, t=1800\ \text{sec})}{\partial x} \approx 4.6\times10^{18}$$

فشار در بدن:

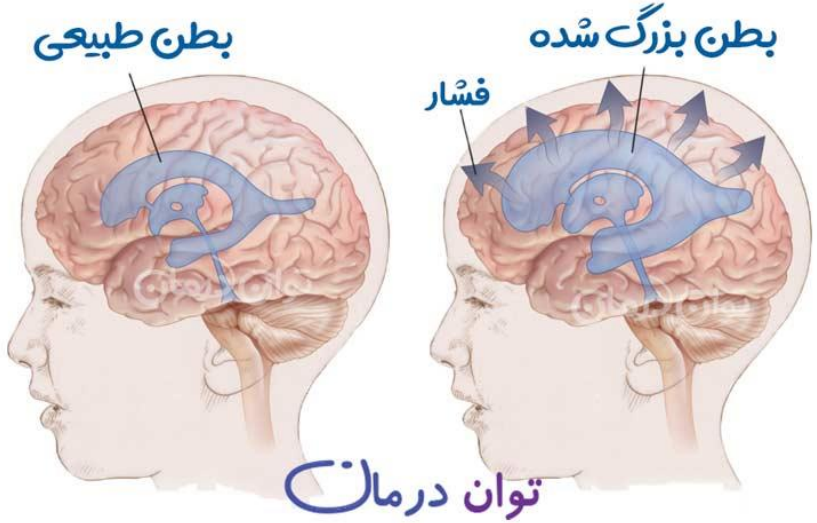
۱- فشار جمجمه:

محتویات داخل جمجمه شامل این موارد می باشد:

۱- بافت خود مغز که به طور متوسط در بزرگسالان ۱۴۰۰ گرم وزن دارد (۸۰ درصد فشار)

۲- خون داخل مغز (۱۰ درصد فشار)

۳- مایع مغزی نخاعی (۱۰ درصد فشار)



جمجمه یک فرد بالغ حدود ۱۵۰ سی سی مایع مغزی نخاعی دارد. این مایع پس از تولید در مغز از راه بطن ها به ستون فقرات و گردش خون وارد می شود. اگر بدلیلی این بطن ها تنگ شوند، فشار داخل جمجمه افزایش می یابد که ممکن است موجب بیماری هیدروسفالی (آب آوردن سر) شود. این بیماری در نوزادان شایع است و توسط جراحی بهبود می یابد. را کیفی تشخیص این بیماری اندازه گیری محیط جمجمه است. اندازه ی طبیعی محیط جمجمه نوزادان ۳۲ الی ۳۷ سانتی متر است.

۲- فشار چشم:

فشار چشم وضعیتی است که در آن فشار داخل چشم به بالاتر از حد طبیعی می‌رسد. واحد سنجش فشار چشم، میلی‌متر جیوه است. فشار طبیعی چشم بین ۱۰ تا ۲۱ میلی‌متر جیوه است و افزایش این مقدار به بالاتر از ۲۱ میلی‌متر جیوه نشانه‌ای از فشار چشم است. فشار چشم که به علت انسداد مجرای خروجی زلالیه و یا افزایش مایع داخل چشم، اتفاق می افتد و موجب آسیب به بافت حساس چشم و شبکیه چشم می شود، لازم است هر چه سریعتر بررسی شود زیرا که در صورت عدم معالجه به موقع می تواند به عصب بینایی فرد آسیب جدی و جبران ناپذیری وارد کند. افزایش فشار چشم یکی از مهم‌ترین عواملی است که خطر ابتلا به بیماری آب‌سیاه (گلوکوم) را افزایش می‌دهد. آب‌سیاه از اختلالات چشم است که می‌تواند باعث کاهش قدرت بینایی و حتی بروز نابینایی بشود. در ادامه این مطلب همراه ما باشید تا با فشار چشم بیشتر آشنا شوید. فشار چشم به‌تنهایی بیماری محسوب نمی‌شود. بلکه وضعیتی است که به افراد هشدار می‌دهد که بیشتر مراقب باشند تا به آب‌سیاه مبتلا نشوند. زیرا فشار چشم از عواملی است که خطر ابتلا به آب‌سیاه را افزایش می‌دهد. به‌همین دلیل برخی به مشکل فشار چشم، «مستعد آب‌سیاه» نیز می‌گویند. آزمون چشم می‌تواند نشان بدهد که عصب بینایی تحت تأثیر آب‌سیاه قرار دارد یا خیر. یکی از دلایل افزایش فشار چشم، بیماری‌های چشم است.

تشخیص فشار چشم بالا و جلوگیری از خطرات آن

آزمایش تونومتری: برای تعیین فشار مایع داخل چشم بر حسب میلی متر جیوه یکی از متداول ترین و دقیق ترین روشهای اندازه گیری و تشخیص بیماری فشار چشم می باشد.که با استفاده از یک قطره بی حسی وچکاندن ان در داخل چشم روند اندازه گیری و تشخیص حد بیماری اغاز می شود.

آزمون کولونوسکوپی: در این روش، عدسی های خاصی برای تشخیص بیماری مورد استفاده قرار می گیرد.

روش افتالموسکوپی: وسیله ای که داخل چشم را بزرگتر نشان می دهد تا پزشک معالج، بهتر بتواند میزان افزایش فشار را اندازه گیری کند.

آزمون میدان بینایی: پزشک از بیمار می خواهد تا به یک صفحه پریمتری نگاه کند و با دیدن نور واکنش خود را با فشار دکمه نشان دهد و سپس نتایج آزمون برای تشخیص حد فشار مورد بررسی قرار می گیرد.

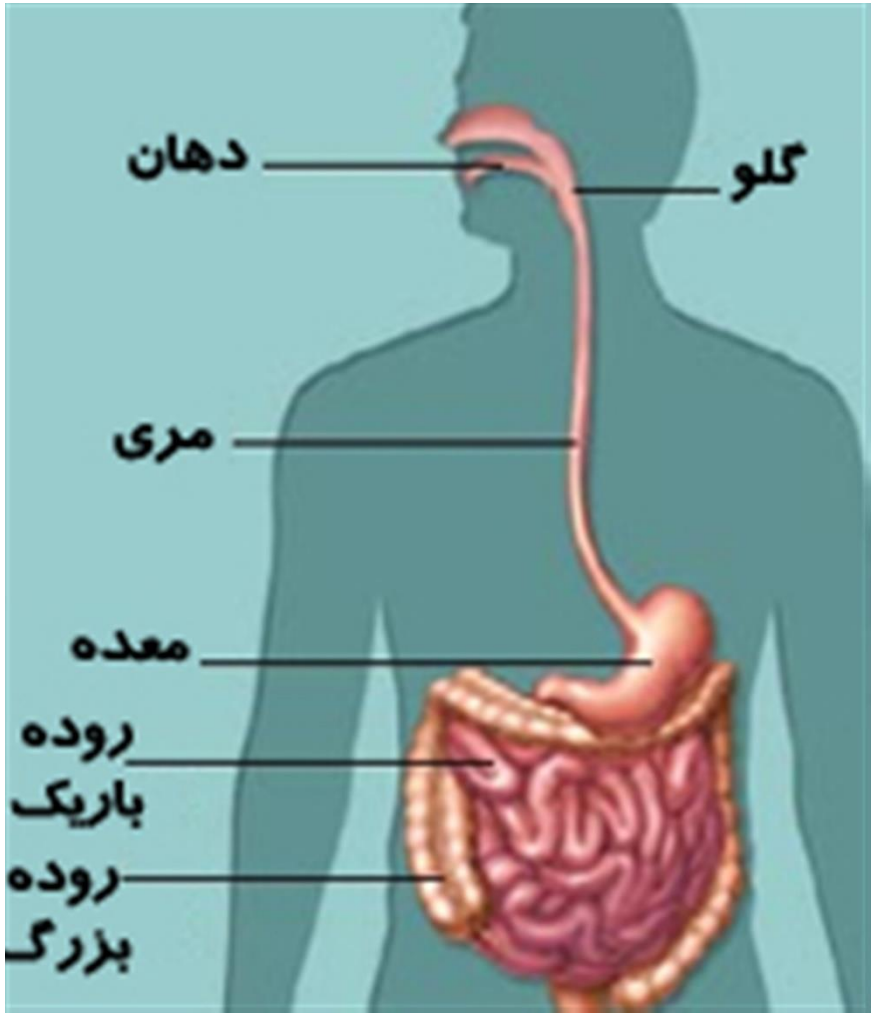
آزمون پاکی متری: در این روش از ابزاری برای بررسی تاثیر ضخامت قرنیه بر فشار چشم استفاده می شود.

۳- فشار در دستگاه گوارش:

اختلال دستگاه گوارش، اصطلاحی است که عموما برای مشکلات و بیماری‌های دستگاه گوارش انسان، به کار می‌رود. در واقع دستگاه گوارش، مجموعه‌ای از اندام‌های تو خالی و دوسر باز هستند که طی یک گذر طولانی و مداوم از دهان تا مقعد انسان را تشکیل می‌دهد و حدود ٦ متر طول دارد. اندام‌های اصلی دستگاه گوارش عبارت‌اند از؛ دهان، مری، معده، روده کوچک، روده بزرگ و مقعد. البته اندام‌های مهم دیگری مثل کبد، لوزالمعده و کیسه صفرا هم به هضم و جذب بهتر غذا کمک می‌کنند. حالا تصور کنید که یکی از این اندام‌ها مسئولیت خود را به خوبی انجام ندهد. حاصل این کارکرد نامناسب، چیزی جز بیماری های دستگاه گوارش نخواهد بود.

بیماری‌های متفاوتی که در ادامه این مطلب برخی از آنها را به شما معرفی می‌کنیم.

هر کدام از اندام‌های دستگاه گوارش، دارای شبکه گسترده‌ای از رگ‌های خونی هستند که باعث رسیدن خون به این اندام‌ها و جذب و توزیع مواد مغذی به سایر بدن می‌شوند. همچنین دستگاه گوارش دارای میلیون‌ها سلول عصبی است که به وسیله آن، پیام‌هایی بین این دستگاه و مغز رد و بدل می‌شود. هورمون‌ها و باکتری‌های مفید موجود در دستگاه گوارش، به بهتر شدن عملکرد گوارش کمک می‌کنند.



در واقع روده انسان میزبان صدها نوع باکتری مفید مختلف است. این باکتری‌ها، فلور روده را تشکیل می‌دهند. فلور روده یا میکروبیوم، تقویت کننده سیستم ایمنی بدن است، هضم لاکتوز و جذب کلسیم را راحت‌تر می‌کند، کبد را از مواد مضر پاک می‌کند و برای پیشگیری از برخی بیماری‌های دستگاه گوارش مثل سرطان روده بزرگ مفید است. تمام اعضای داخلی گوارش درون غشائی به نام پریتونیوم قرار دارد. این لایه علاوه بر محافظت از اندام شکمی، ماده‌ای ترشح می‌کند که باعث رطوبت و لغزندگی در اعضای شکمی می‌شود و از ساییده شدن این اعضا به یکدیگر جلوگیری می‌کند.

بیشتر بخش های دستگاه گوارش فشاری بیشتر از هوا دارند و تنها مری و بدلیل اتصال به فشار شش ها ، فشاری برابر اتمسفر دارد. هوای داخل شده در هنگام بلع غذا و گازهای تولید شده در هنگام هضم غذا موجب افزایش فشار داخل دستگاه گوارش می شوند که از ابتدا یا انتهای آن خارج می گردند.

فشار استخوان بندی:

بیشترین فشار درونی بدن در مفاصل استخوانی تحمل کننده وزن وجود دارند.

در هنگام راه رفتن ممکن است فشار مفاصل زانو به ۱۰ اتمسفر برسد.

فشار در مثانه و کلیه ها:

کلیه عضو لوبیای شکل دوقلویی است که وظایف حیاتی زیر رابه عهده دارد:

۱.تصفیه کردن خون و نگاه داشتن بعضی ترکیبات و دفع برخی دیگر

۲.تصفیه کردن خون از مواد زائد و مایعات اضافی

۳.کمک به تنظیم فشارخون و تعداد گلبول های قرمز خون

کلیه خون از طریق سرخرگی که از قلب می آید وارد کلیه می شود و با عبور از درون سلول ها صافی خون (نفرون ها) که واحدهای کاری کلیه هستند، تصفیه می شود. مواد پالایش شده وارد لوله های حالب شده و سپس مثانه را از ادرار پر می کند. پس از پر شدن مثانه ادرار توسط پیشاب راه از بدن خارج می شود و خون تصفیه شده به جریان شاهرگی باز می گرداند.

بیماری کلیوی زمانی روی می دهد که کلیه ها دچار نقص می شوند. هر کلیه حاوی حدود یک میلیون رگ خونی بسیار ریز است که نفرون نام دارند. بیماری کلیوی به واسطه آسیب این رگهای خونی بروز می کند. این آسیب می تواند باعث شود خون از این رگها خارج شود، یا در برخی موارد، باعث توقف کارکرد این رگها و در نتیجه عملکرد ضعیف کلیه ها شود. بیماری کلیوی می تواند عارضه ای بسیار جدی باشد، به همین دلیل تشخیص هر چه سریعتر آن از اهمیت ویژه ای برخوردار است. هر فردی ممکن است، به این بیماری دچار شود، اما شیوع آن نزد افراد مبتلا به دیابت، افراد دارای فشار خون بالا و افراد سیاه پوست و از نژاد آسیای جنوبی بیشتر است. آسیب ناشی از دیابت به کلیه ها نفروپاتی دیابتیک نام دارد.

عوامل کاهش خطر ابتلا به بیماری کلیوی

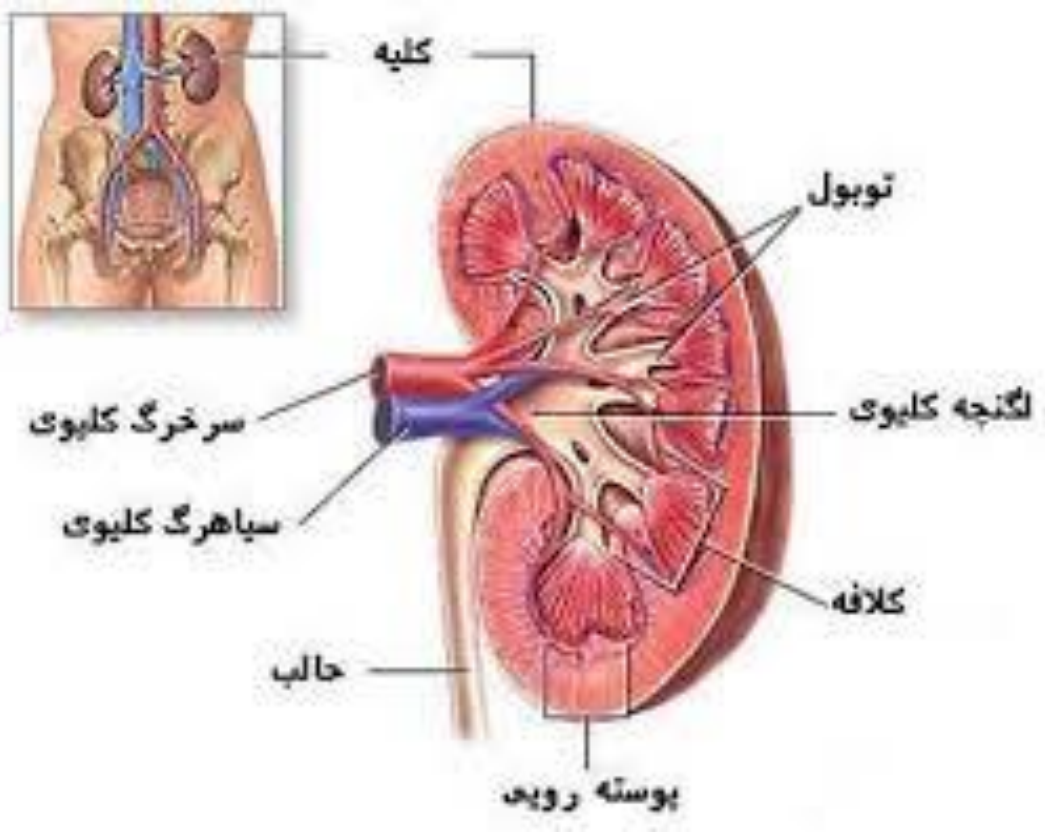
۱.قند خون، فشار خون و چربی خون (کلسترول) را به خوبی‌کنترل کنید.

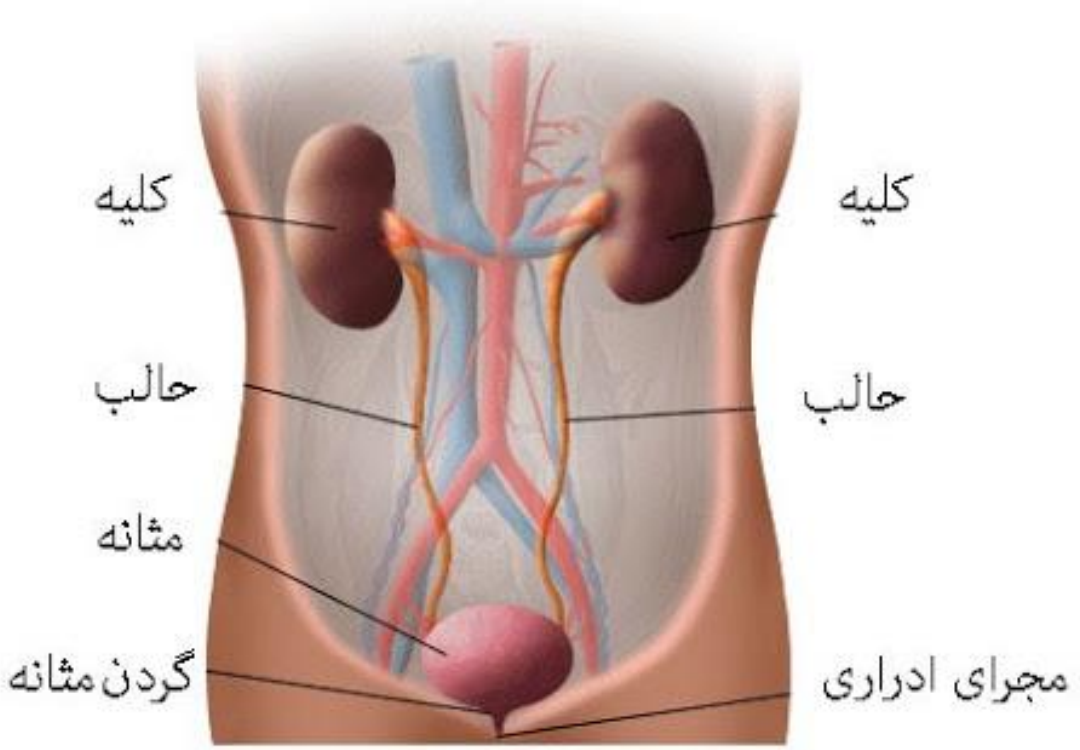
۲.طبق دستور غذایی سالمی که برای همگان توصیه می شود پیش‌بروی، غذایی که چربی، نمک و قند کمی داشته باشد از جمله انواع‌مختلف میوه جات و سبزیجات به طور منظم فعالیت بدنی انجام‌دهید.

۳.داروهای خود را طبق دستور مصرف کنید. اگر داروها با شما سازگاری نداشتند، فوراً به پزشک خود اطلاع دهید.

٤.سیگار کشیدن را ترک کنید. نیکوتین باعث ایجاد آسیب در دیواره های داخلی رگ های خونی میشود و در نتیجه چربی و پلاک خون به دیواره ها می چسبند.

مایعات خروجی کلیه ها توسط مجاری حالب به مثانه می رسد. مثانه حدود ۵۰۰ سی سی حجم داشته و فشار تخلیه ی آن بین ۲ الی ۳ تور می باشد.





فشار گوش:

گوش میانی نوعی اتاقک هوا در درون بدن است و فشار آن می بایست از فشار بیرون پرده بیشتر باشد.تنظیم فشار هوا از طریق گرفتن بینی و دمیدن هوا به بیرون از طریق دهان بسته امکان پذیر است. فشاری که یک غواص در عمق ۳۰ متری تحمل می کند حدود ٤ اتمسفر است. در این فشار اکسیژن بیشتر در خون باقی می ماند و تولید نیتروژن اضافی در خون موجب نارکوز نیتروژن می شود. این بیماری درد زیادی در قفسه سینه ، ماهیچه ها و مفاصل ایجاد می نماید. برای رفع آن می بایست در اتاقکی مخصوص فشار را اندک اندک به فشار اتمسفر رساند.

فصل ۳ و ٤

فیزیک دستگاه قلب و رگ ها:

وظیفه دستگاه گردش خون :

همان طور که گفته شد دستگاه گردش خون در انتقال مواد نقش دارد. به واسطه عملکرد دستگاه گردش خون مواد غذایی لازم به سلول ها رسیده و مواد زائد سلول از آنها دور می شود. از طرف دیگر اکسیژن مورد نیاز سلول تامین شده و دی اکسید کربن از بدن جمع می شود.

دستگاه گردش خون از سه بخش قلب، رگ ها شامل سرخرگ، سیاهرگ ، مویرگ و خون تشکیل شده است.

نقش قلب در گردش خون:

قلب اندامی است در قفسه سینه که در مجاورت شش ها قرار گرفته و به سمت چپ بدن تمایل دارد و همانند یک تلمبه خون را در رگ ها پمپ می کند تا انرژی لازم را برای حرکت خون در رگ ها فراهم سازد و خون بتواند در سرتاسر بدن گردش یابد. قلب یک انسان به طور متوسط به اندازه مشت گره کرده فرد است و در یک فرد بالغ حدود ۳۰۰ گرم وزن دارد.

ساختار قلب در انسان ٤ حفره ای است. دو حفره کوچک به نام دهلیز در بالا و دو حفره بزرگ به نام بطن در پایین قرار دارند. دهلیز و بطن به تر تیب با اصطلاح Atrium و Ventricle در انگلیسی نامیده می شوند. ساختمان قلب از ۳ نوع بافت پیوندی، ماهیچه ای و پوششی تشکیل شده است.

۱- بافت پیوندی: خارجی ترین لایه قلب است و آبشامه نام دارد که دو لایه بوده و در بین آن مایه آبشامه قرار گرفته است. وظیفه آبشامه حفاظت از قلب و تسهیل حرکت قلب است.

۲- بافت ماهیچه ای: از نوع غیر ارادی بوده و بیش ترین حجم قلب را تشکیل میدهد تا انرژی لازم را برای ضربان قلب فراهم سازد.

داخلی ترین لایه قلب از بافت پوششی تشکیل شده است و مستقیما با خون در ارتباط است.

در قلب ٤ دریچه از جنس بافت پوششی وجود دارد.

۱- دریچه دهلیزی – بطنی: در ساختار قلب دو نوع دریچه دهلیزی بطنی وجود دارد که عبارتند از:

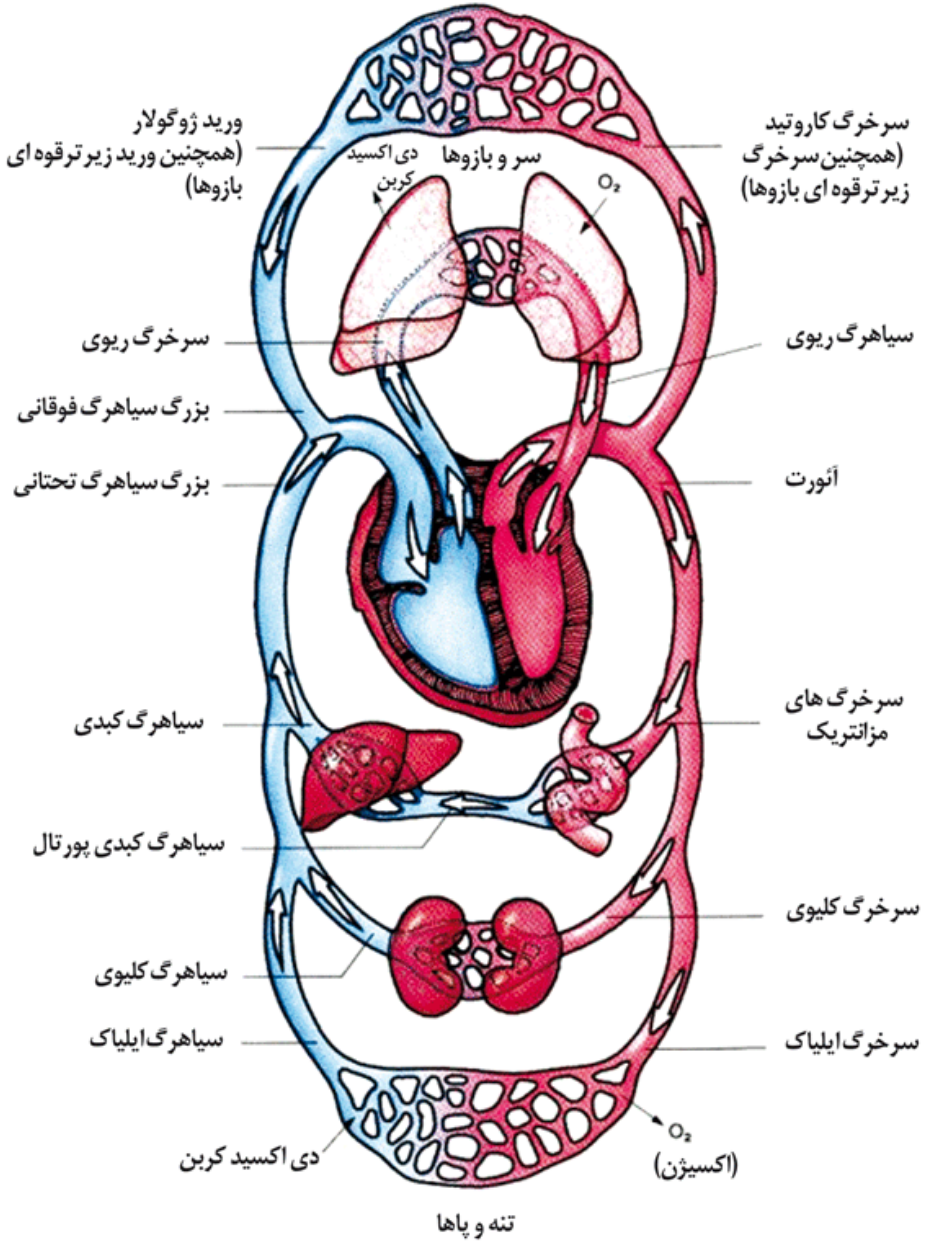
الف: دریچه میترال یا ذو لختی

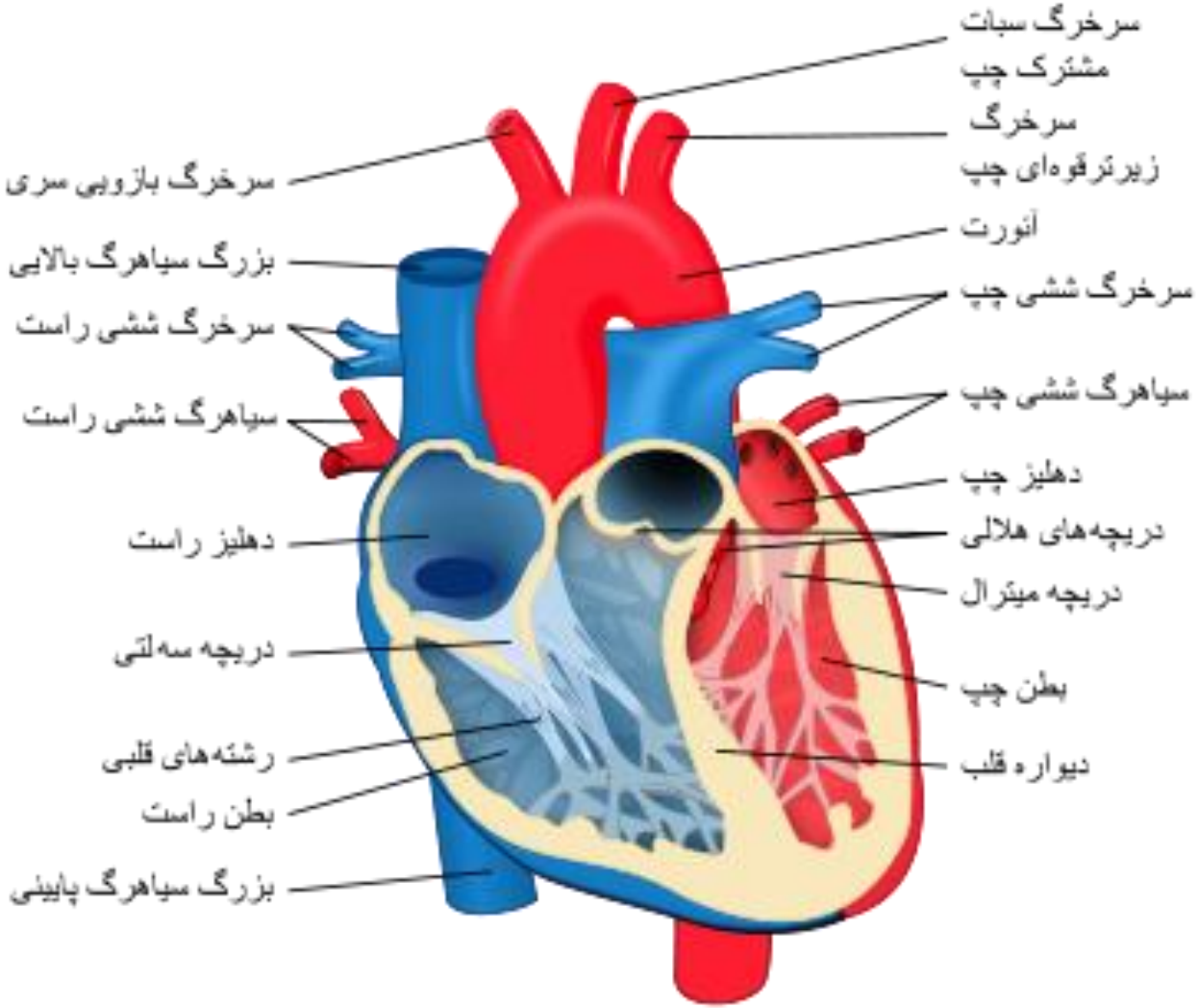
ب: دریچه سه لختی

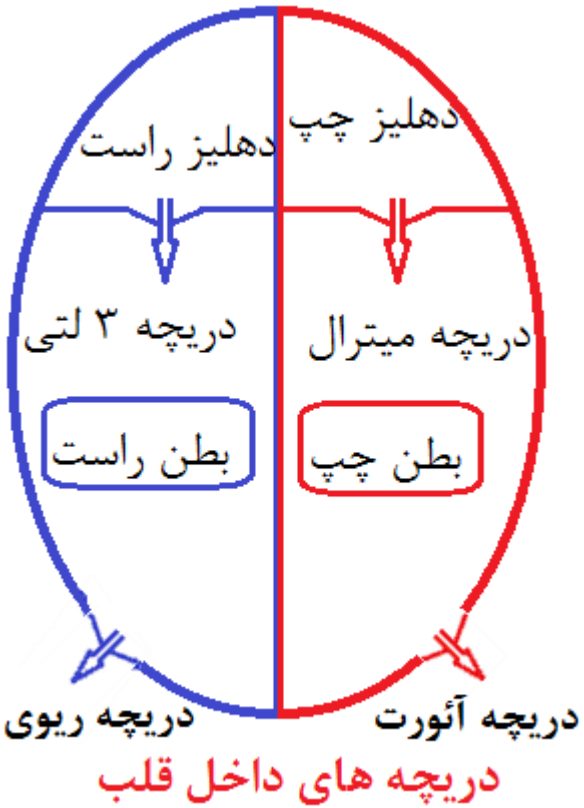
۲- دریچه های سینی- در ساختار قلب دو نوع دریچه سینی وجود دارد که عبارتند از:

دریچه سینی آئورتی

دریچه سینی ششی


ورید ژوگولار
(همچنین ورید زیر ترقوه ای
بازوها)
دی اکسید
کربن
سر و بازوها
O_2
سرخرگ کاروتید
(همچنین سرخرگ
زیر ترقوه ای بازوها)
سرخرگ ریوی
سیاهرگ ریوی
بزرگ سیاهرگ فوقانی
بزرگ سیاهرگ تحتانی
آئورت
سیاهرگ کبدی
سرخرگ های
مزانتریک
سیاهرگ کبدی پورتال
سرخرگ کلیوی
سیاهرگ کلیوی
سیاهرگ ایلیاک
سرخرگ ایلیاک
O_2
(اکسیژن)
دی اکسید کربن
تنه و پاها

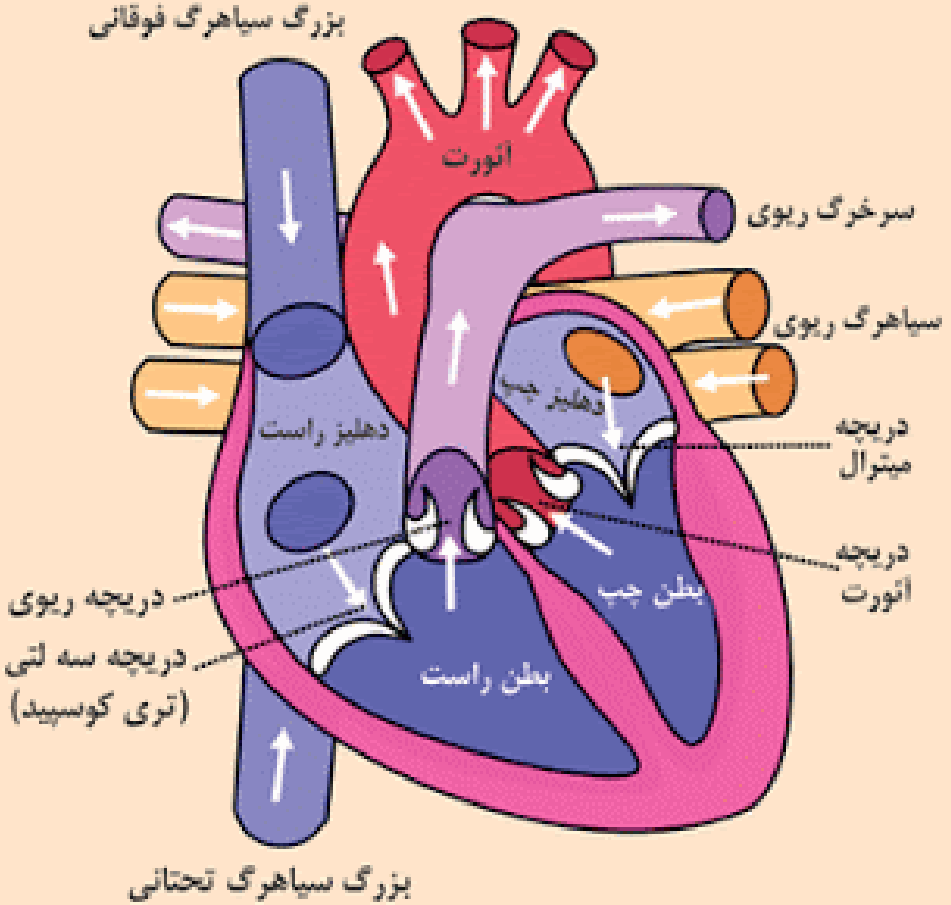

سرخرگ سبات
مشترک چپ
سرخرگ
زیرترقوه‌ای چپ
سرخرگ بازویی سری
آئورت
بزرگ سیاهرگ بالایی
سرخرگ ششی چپ
سرخرگ ششی راست
سیاهرگ ششی چپ
سیاهرگ ششی راست
دهلیز چپ
دهلیز راست
دریچه‌های هلالی
دریچه میترال
دریچه سه‌لتی
بطن چپ
رشته‌های قلبی
دیواره قلب
بطن راست
بزرگ سیاهرگ پایینی

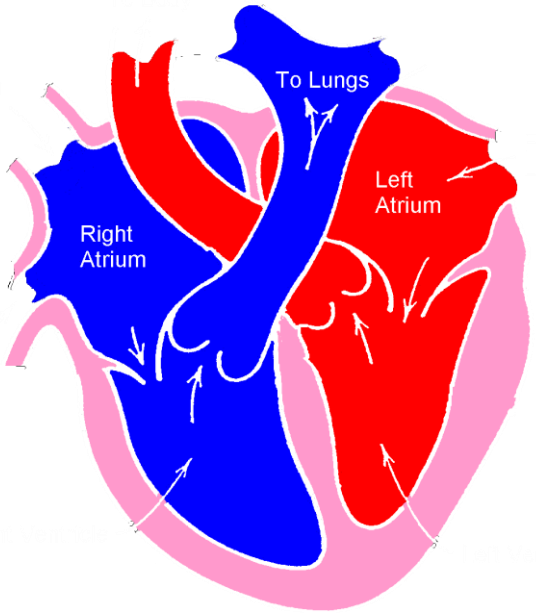


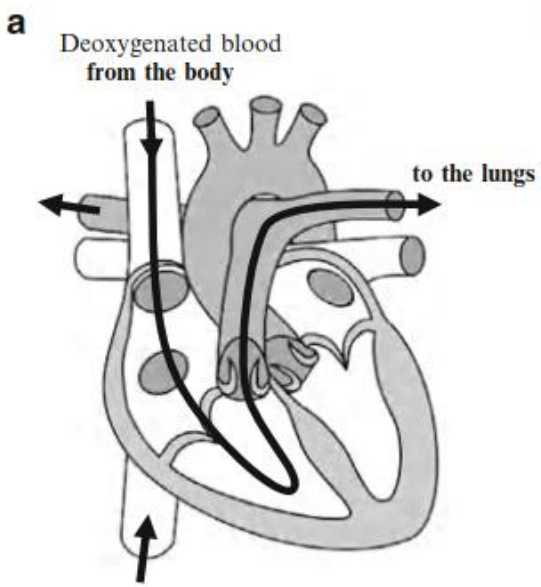
دریچه های داخل قلب

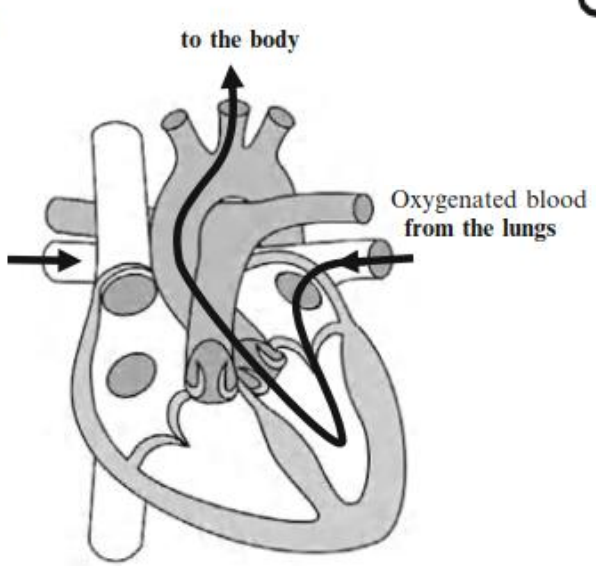
قلب چگونه خون را پمپ می کند؟

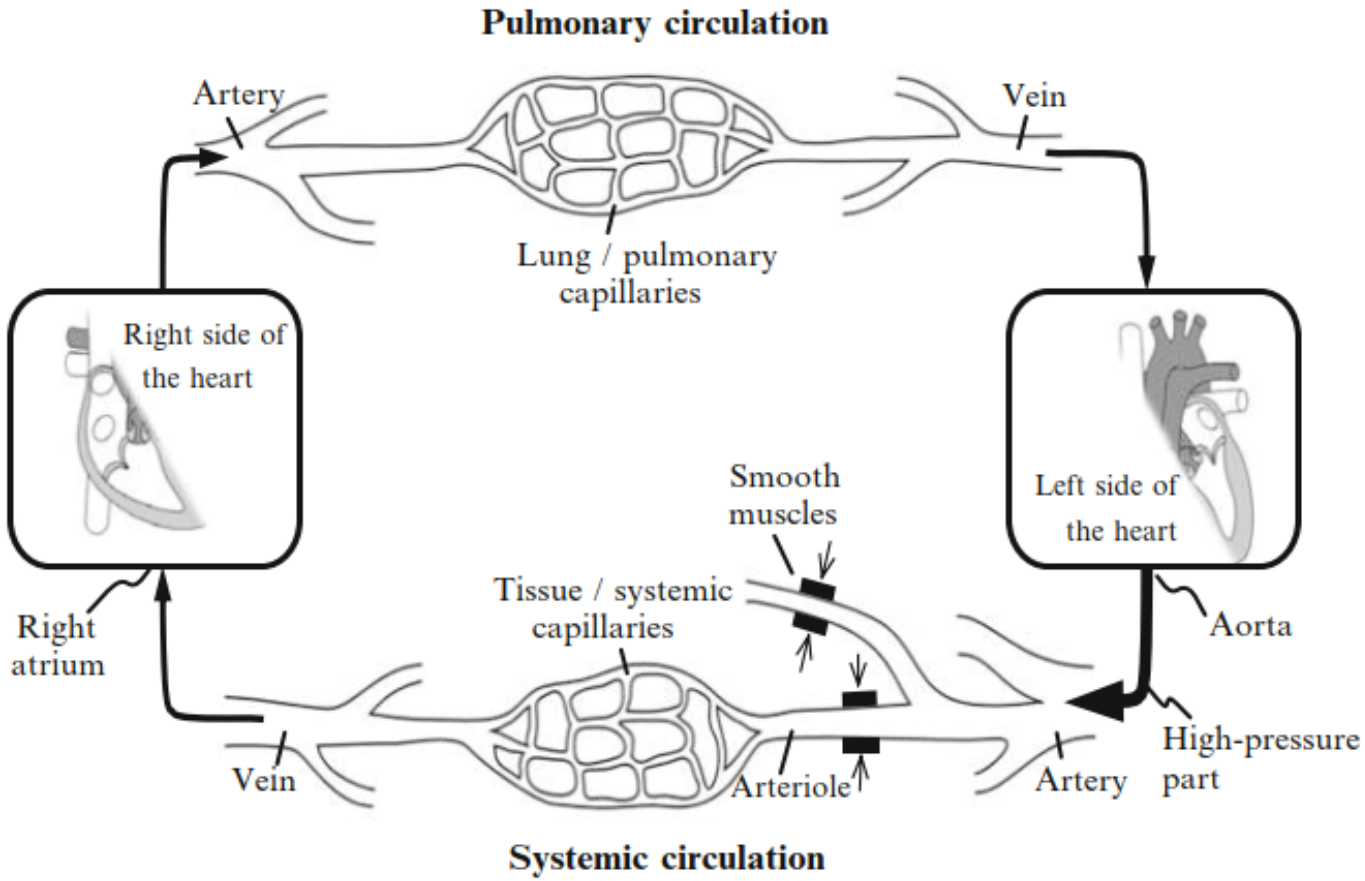
چهار حفره قلب به شکل دو پمپ مجاور هم عمل می‌کنند. در سمت راست قلب، خون فاقد اکسیژن از سایر قسمتهای بدن از طریق بزرگ سیاهرگ زیرین و زبرین وارد دهلیز راست قلب می‌شود. دهلیز راست خون را به بطن راست می‌راند که آن نیز به نوبه خود خون را به سرخرگ ریوی می‌فرستد که به ریه‌ها می‌رود. در ریه‌ها خون از اکسیژن غنی می‌شود و دی‌اکسیدکربن خود را از دست می‌دهد. سپس خون غنی از اکسیژن از طریق سیاهرگ ریوی به سمت چپ قلب جریان پیدا می‌کند. دهلیز چپ خون را به بطن چپ می‌راند و بطن چپ با قدرت منقبض شده و خون را به آئورت می‌فرستد. آئورت سرخرگ بزرگی است که در بخش فوقانی قلب قرار دارد. از طریق آئورت خون غنی از اکسیژن در تمامی بدن جهت تغذیه سلولها توزیع می‌گردد.

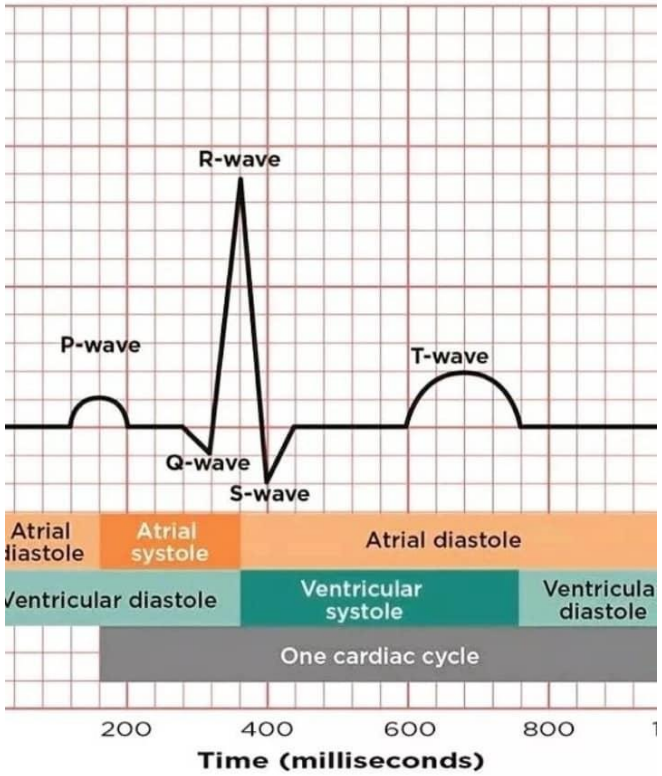


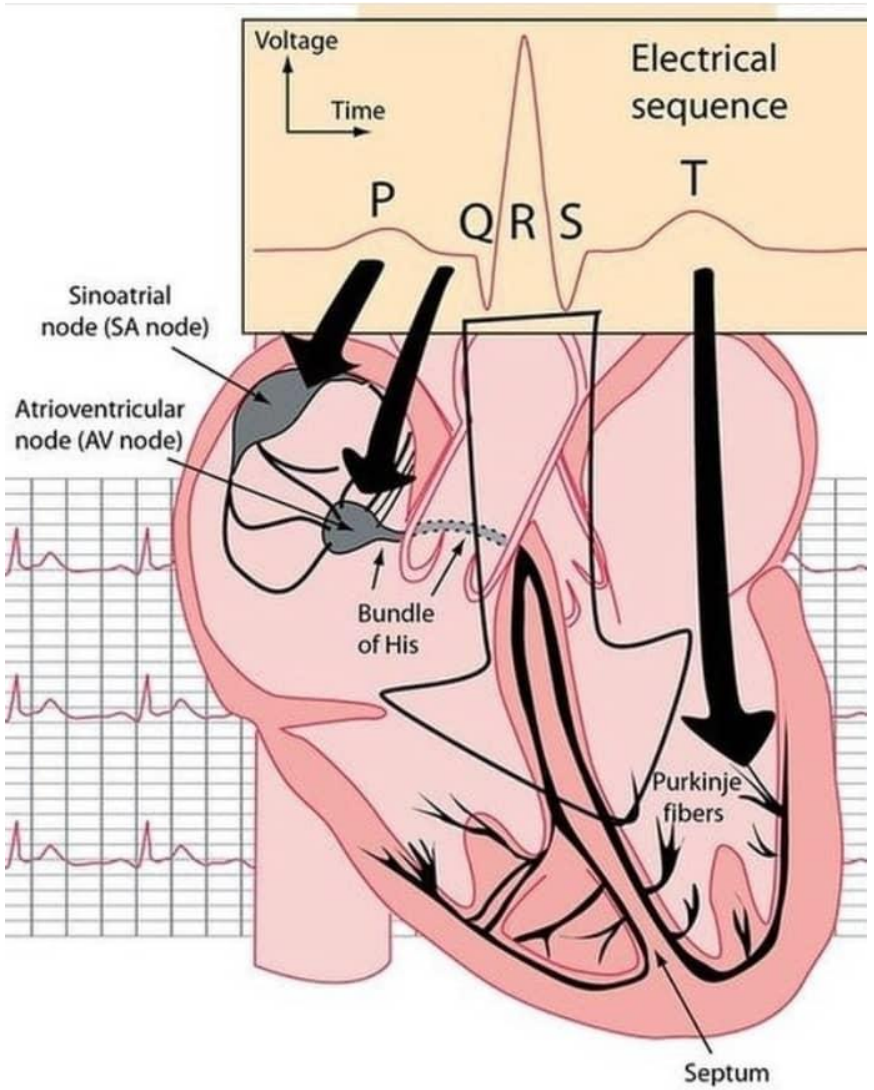

To Lungs
Left Atrium
Right Atrium

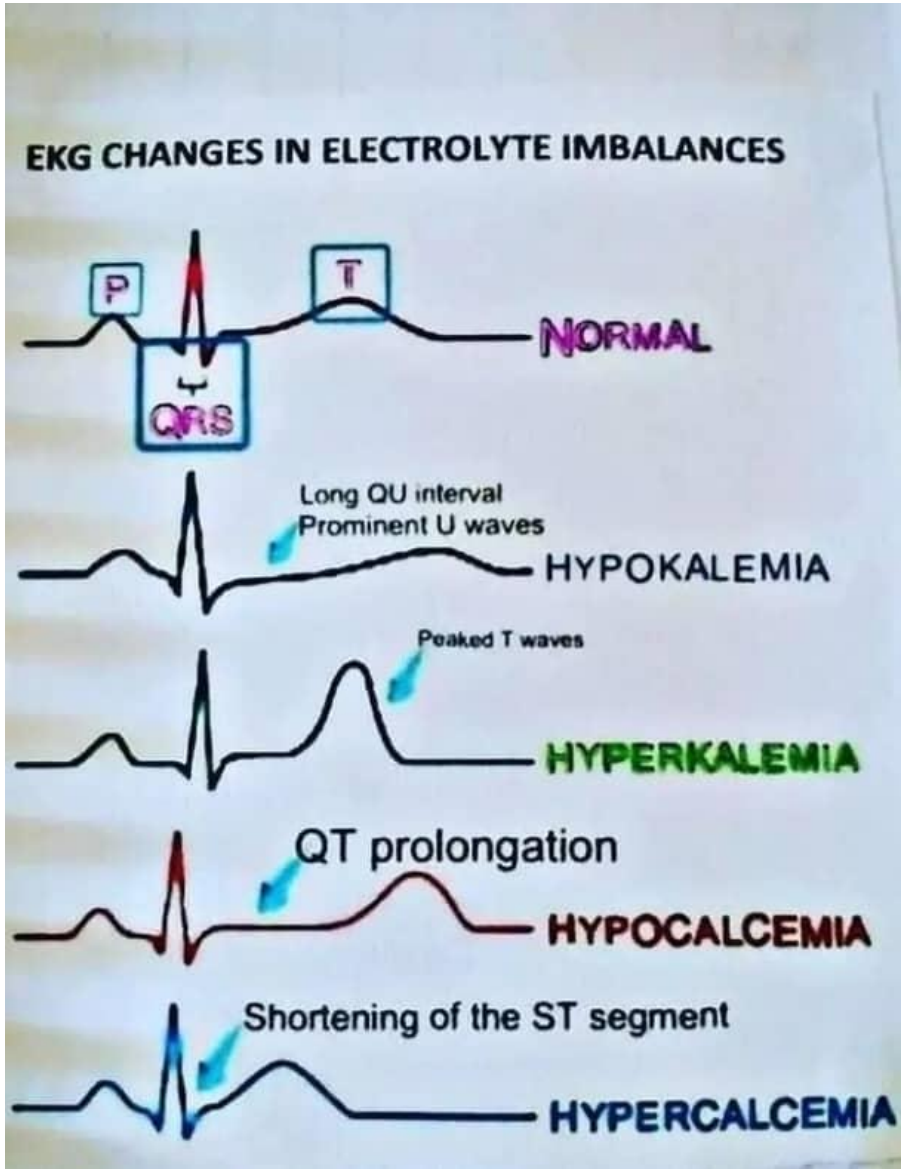

a
Deoxygenated blood
from the body
to the lungs

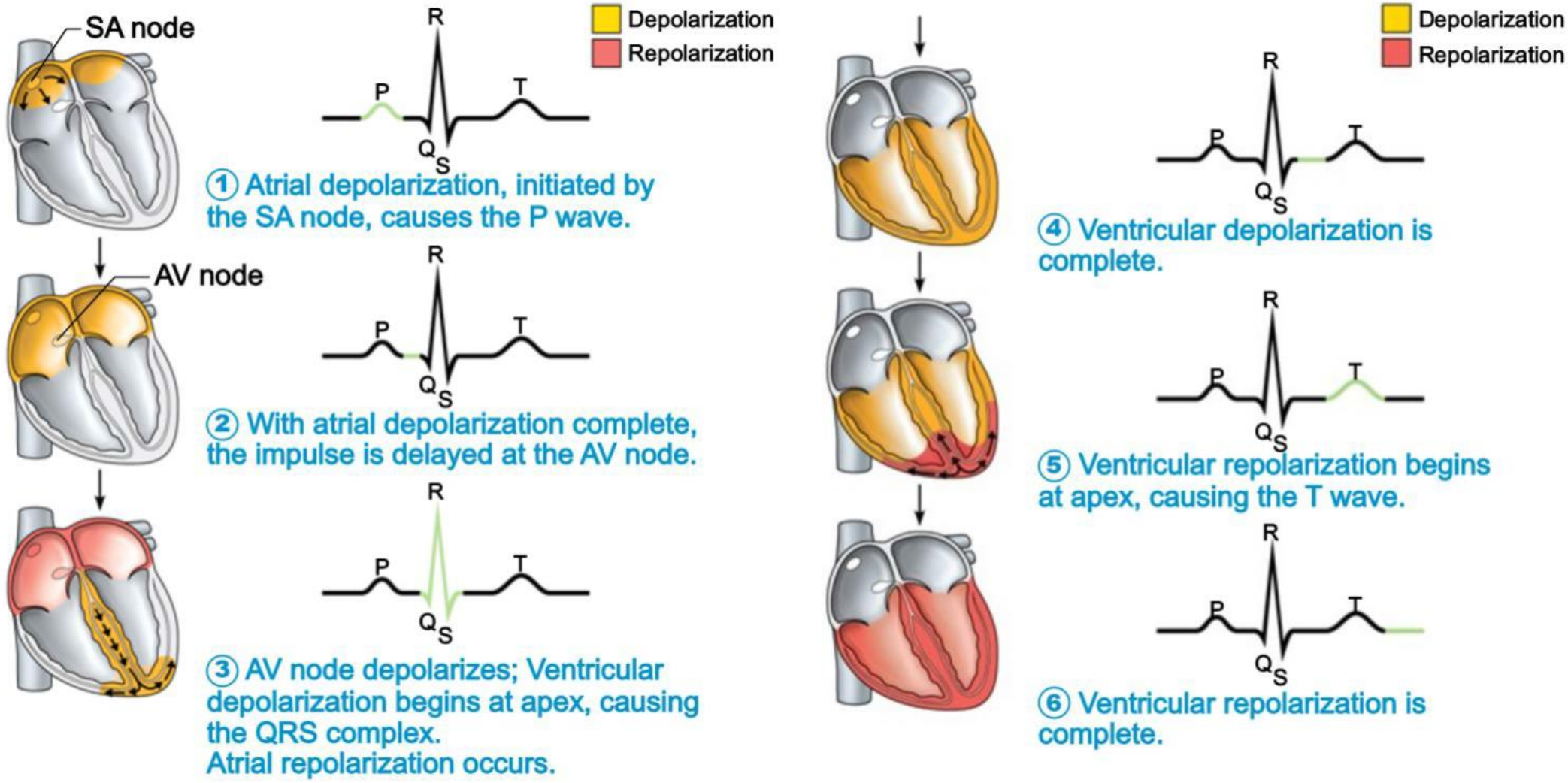

b
to the body
Oxygenated blood
from the lungs


Pulmonary circulation
Artery
Vein
Lung / pulmonary capillaries
Right side of the heart
Left side of the heart
Smooth muscles
Tissue / systemic capillaries
Right atrium
Aorta
Vein
Arteriole
Artery
High-pressure part
Systemic circulation


R-wave
P-wave
T-wave
Q-wave
S-wave
Atrial diastole
Atrial systole
Atrial diastole
Ventricular diastole
Ventricular systole
Ventricular diastole
One cardiac cycle
200
400
600
800
Time (milliseconds)


Voltage
Time
Electrical sequence
P
Q R S
T
Sinoatrial node (SA node)
Atrioventricular node (AV node)
Bundle of His
Purkinje fibers
Septum


EKG CHANGES IN ELECTROLYTE IMBALANCES
P
QRS
T
NORMAL
Long QU interval
Prominent U waves
HYPOKALEMIA
Peaked T waves
HYPERKALEMIA
QT prolongation
HYPOCALCEMIA
Shortening of the ST segment
HYPERCALCEMIA



سیگنال ECG و نقش هریک از بخش های قلب در تولید این سیگنال.

دریچه میترال یا دو لختی: دریچه ای است دو قسمتی که بین دهلیز و بطن چپ قرار دارد و در زمان انقباض بطن ها از برگشت خون روشن به دهلیز چپ جلوگیری می کند.

دریچه سه لختی: سه لختی دریچه ای است سه قسمتی که بین دهلیز و بطن راست قرار دارد و در زمان انقباض بطن ها از برگشت خون تیره به دهلیز راست جلوگیری می کند.

دریچه سینی آئورتی: در بطن چپ و ابتدای سرخرگ آئورتی، دریچه ای سه قسمتی به نام سینی آئورتی قرار دارد که در زمان استراحت بطن ها از برگشت خون روشن به بطن چپ جلوگیری می کند.

دریچه سینی ششی: در بطن راست و ابتدای سرخرگ ششی دریچه ای سه قسمتی به نام سینی ششی قرار دارد که در زمان استراحت بطن ها از برگشت خون تیره به بطن راست جلوگیری می کند.

سرخرگ: **سر**خرگ یکی از عروق دستگاه گردش خون است که خون را از بطن های قلب خارج کرده و به بافت های بدن می برد. دو نوع سرخرگ آئورت و ششی در بدن وجود دارد که به ترتیب حاوی خون روشن اکسیژن دار و خون تیره دی اکسید کربن دار هستند.

قطر دیواره و خاصیت ارتجاعی در سرخرگ زیاد است بنابراین به راحتی فشار خون را تحمل می کند و پاره نمی شود.

سیاهرگ: سیاهرگ یکی از عروق دستگاه گردش خون است که خون را از بافت ها به دهلیز قلب باز می گرداند. سیاهرگ های ششی خون روشن و سیاهرگ های گردش خون بزرگ خون تیره دارند. سیاهرگ ها ضخامت دیواره و خاصیت ارتجاعی کمتری دارند بنابراین نسبت به سرخرگ گشاد تر بوده و خون زیادی در آنها ذخیره می شود. در ساختار سیاهرگ های پاها دریچه هایی وجود دارد که به جریان یک طرفه خون به سمت قلب کمک می کند.

مویرگ: مویرگ یکی از عروق دستگاه گردش خون است که وظیفه مبادله مواد و گازها را در بافت ها و سلولها بر عهده دارد و سرخرگ ها را به سیاهرگ ها مرتبط می سازند. ساختار مویرگ متناسب با عملکرد آن از یک لایه نازک بافت پوششی است.

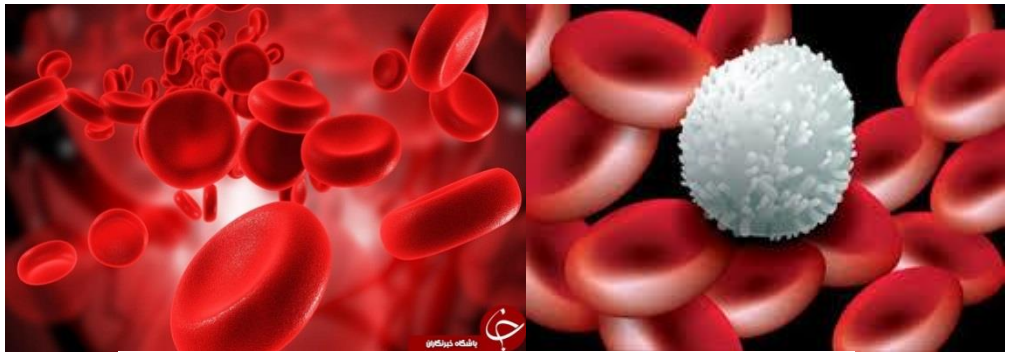
کارکرد قلب انسان:

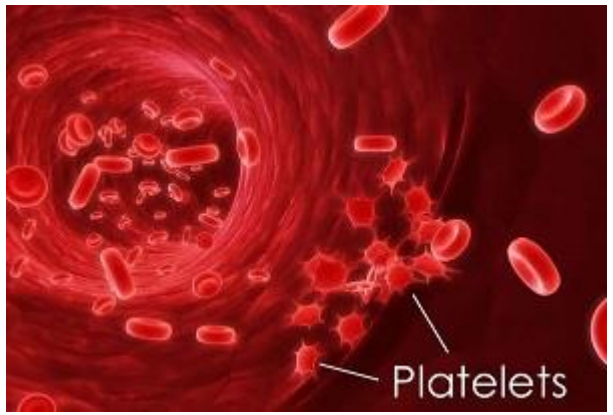
۱- ماهیچه های بطن چپ با انقباض، خون را با فشار ۲۵ تور به آتورت و سرخرگ ها و سپس از طریق شبکه مویرگی به بافت ها و سلول ها می رساند. پس از تبادل اکسیژن و مواد غذایی و پس گیری دی اکسید کربن از سلول ها، خون از طریق سیاهرگچه ها، سیاهرگ ها و سیاهرگ های توخالی زیرین و زبرین وارد قلب می شوند.

۲-خون دریافتی وارد دهلیز راست شده و چند لحظه مکث می نماید. سپس با انقباض ضعیف ۵-٦ تور ، خون به بطن راست منتقل می شود.

۳- بطن راست با انقباض عضلانی، خون را از طریق سرخ رگهای ششی به ششها منتقل می کند. پس از انتقال دی اکسید کربن به اتمسفر و پذیرش اکسیژن در کیسه های هوایی، خون احیا شده از طریق سیاهرگ های اصلی وارد دهلیز چپ می شوند.

٤- با انقباضضعیف دهلیزی (۷-۸ تور) خون از طریق دریچه ی میترال از دهلیز چپ وارد یطن چپ می شود و مجددا مرحله ۱ آغاز می گردد.





۱- حجم خون افراد بالغ ٤/٥ لیتر است که حدود ۷ درصد وزن بدن است.

۲- قلب در هر پمپاژ حدود ۸۰ سی سی خون پمپ می کند. بنابراین حدود ۱ دقیقه طول می کشد یک گلبول قرمز بطور کامل در بدن گردش نماید.

۳-خون اجزای زیر را دارد:

الف) گلبول قرمز، دیسک شکل، قطر ۷ میکرومتر که ٤٥ درصد خون می باشد.

ب) پلاسما، مایع شفاف، ٥٥ درصد خون است.

پ) گلبول سفید یا گلوسیت، ۸۰۰۰ عدد در هر سی سی خون.

ت) پلاکت، اجزائی باقطر ۱-٤ میکرومتر، موثر در انعقاد خون، ۳۰۰ هزار عدد در هر سی سی خون.

ث) هورمون ها، الکترولیت ها و یونها (مثلا ۱۰ میلی گرم کلسیم در ۱۰۰ سی سی خون وجود دارد).

٤- افراد مرتبط با سیستم های قلبی و عروقی: ۱- هماتولوژیست، ۲- متخصص قلب و عروق و ۳- جراح و متخصص قلب.

٥- ۸۰ درصد گردش خون در اندام بدن و ۲۰ درصد گردش ششی است.

٦- شمارش گلبول ها با کشیدن یک قطره خون روی لام مخصوص و شمارش چشمی یا اتوماتیک در واحد سطح یا حجم صورت می پذیرد.

۷- صداهای قلب در فرکانس های ۲۰-۲۰۰ هرتز می باشندکه برای شنیدن آنها نیاز به تقویت کننده الکترونیکی داریم.

۸- فشار میانگین خون:

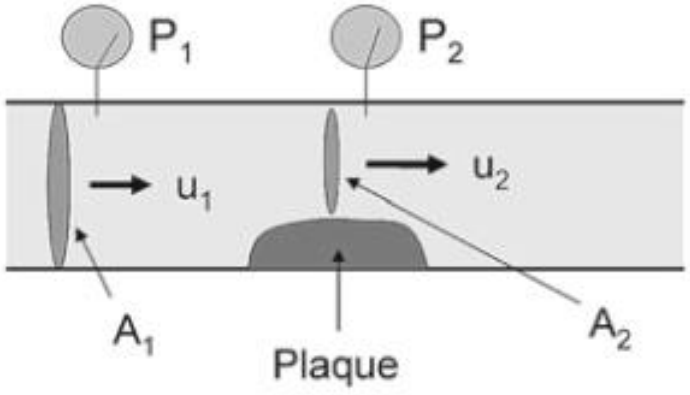
انقباض ← ، → انبساط

$$P_{\text{mean}} = \frac{P_{\text{systole}} + 2P_{\text{diastole}}}{3}$$

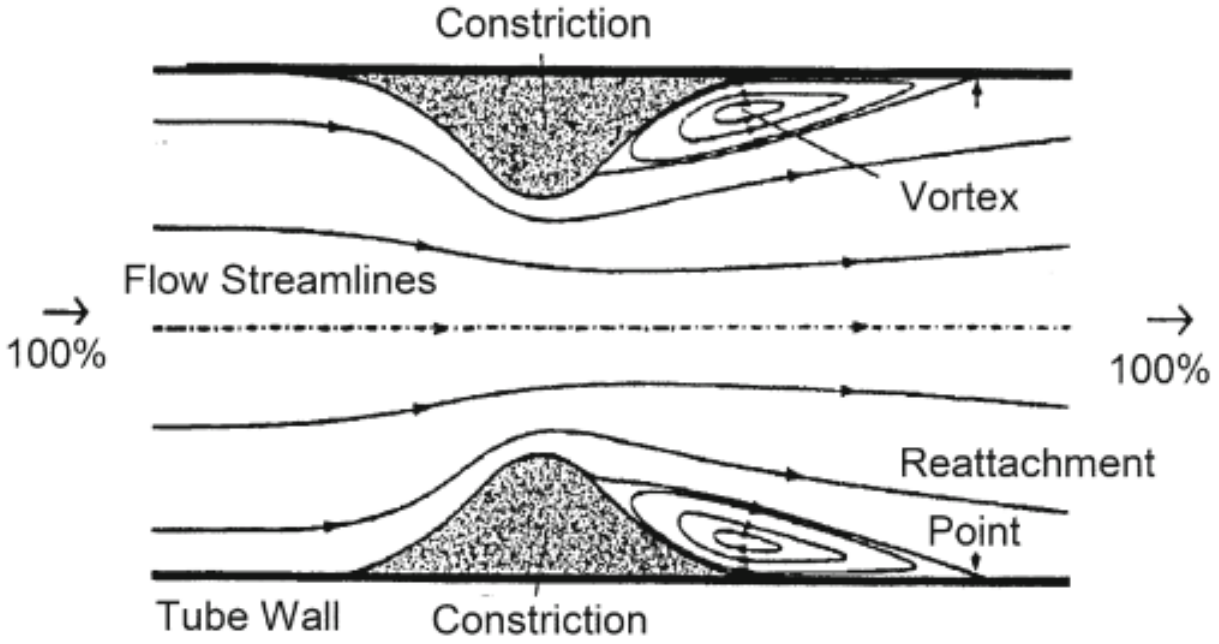
$$(1/3)120\,\text{mmHg} + (2/3)80\,\text{mmHg} \sim 94\,\text{mmHg in this example}$$

عواقب گرفتگی عروق:

در رژیم ونچوری در یک لوله داشتیم:



$$\begin{cases} P_2 - P_1 = \frac{1}{2}\rho V_1^{\,2}\left[1-\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2\right] \xrightarrow[OR \quad if\ \frac{A_2}{A_1}\langle 1]{if\ \frac{A_1}{A_2}\rangle 1} \begin{cases} P_2 \langle P_1 \\ V_2 \rangle V_1 \end{cases} \\ V_2 = \frac{A_1}{A_2}V_1 \end{cases}$$



افت فشار ناشی از گرفتگی رگ، با سرعت خون افزایش می یابد و بنابراین انتظار می رود با افزایش فعالیت بدنی افزایش یابد. این افت فشار در رگ های ناحیه مغزی ممکن است باعث یک حمله ischemic گذرا (TIA) و در برخی موارد بیهوشی فرد شود که با فعالیت بیشتر می شود. پس از بیهوشی و بدلیل قطع تحرک، خون رسانی مجدد به بافت مغزی شروع می شود.

اسفیگمومانومتر (*sphygmomanometer*): که اصطلاحا به آن فشار سنج خون نیز می‌گویند، دستگاهی برای اندازه گیری **فشار خون** است. به طور کلی دستگاه های فشار سنج خون در دو نوع **دستی** و **الکترونیکی** در بازار موجود هستند که تفاوت عمده فشار سنج های دیجیتالی و دستی این است که نوع دستی نیازی به برق و باطری ندارد.

فشارسنج های دستی دو نوع هستند: ۱- فشار سنج جیوه ای و ۲- فشار سنج آنیرید (اندازه گیری با هوا).

فشار سنج جیوه ای: فشار سنج جیوه ای به عنوان **استانداردترین** نوع دستگاه های فشار سنج خون در نظر گرفته شده است. این دستگاه فشار خون را به وسیله ارتفاع ستون جیوه نشان می‌دهد، که به خاطر دقت بالا، اغلب در آزمایش‌های بالینی مواد مخدر و در ارزیابی بالینی بیماران پر خطر، از جمله زنان باردار استفاده می شود.

فشار سنج خون آنیرید: نوع دیگر از دستگاه های فشار سنج خون دستی، **دستگاه آنیرید** (عقربه‌ای) است که بسیار متداول و رایج است ولی بر خلاف فشار سنج جیوه ای، نیاز به **کالیبراسیون** دارد. این نوع فشار سنج **ارزان**تر از نوع جیوه ای است و ارزان بودن قیمت آن بعضا باعث **دقت کمتر** آن‌ها می‌شود. علت اصلی خروج از کالیبراسیون این دستگاه، تکان خوردن آن است که دستگاه‌های نصب شده بر روی دیوارها یا پایه‌ها به این مسئله حساس نیستند.

فشار سنج دیجیتال

فشار سنج های دیجیتال برای نشان دادن فشار خون فرد از اندازه گیری **اسیلوسکوپ** (نوسان سنجی) و محاسبات الکترونیکی استفاده می‌کنند. دستگاه های فشار سنج دیجیتال با **دقت زیادی**، فشار خون متوسط و میزان **ضربان قلب** را اندازه گیری می‌کنند، اما ممکن است برای برخی از بیماران، مانند افرادی که مبتلا به **آرترواسکلروز** یا **آریتمی** هستند، دستگاه های فشار سنج دیجیتال را توصیه نکنند، زیرا محاسبات آن‌ها ممکن است برای این بیماران دقیق نباشد، در این موارد از فشارسنج دستی توسط یک فرد آموزش دیده استفاده می‌شود. اخیرا برخی از دستگاه های فشار سنج دیجیتال می‌توانند به وسیله اینترنت به موبایل شما وصل شوند و اطلاعات فشار خونتان را در تلفن همراه شما ذخیره کنند. این نوع فشار سنج ها با برق یا باطری کار می‌کنند.

فشارسنج ها برحسب نوع استفاده به چند دسته تقسیم می شوند:

فشارسنج بازویی

فشارسنج های مچی

فشار سنج انگشتی

دقیق‌ترین و بهترین نوع فشار سنج ها، فشار سنجی است که کاف آن **بازویی** باشد.

کاف فشار سنج یا *Sphygmomanometers Cuff* کیسه‌ای پلاستیکی است که به دور عضو بدن بسته شده و با افزایش حجم هوای درونی، عضو را در بر می‌گیرد و از **عبور خون** از رگ‌های آن عضو جلوگیری می‌کند.

قوانین فیزیکی شارش خون در رگها:

آهنگ جریان متناسب است با:

۱- فشار: هرچه بیشتر جریان بیشتر

۲- طول رگ: طول کمتر رگ موجب فشار بیشتر و جریان بیشتر می شود.

۳- چسبندگی دیواره ای: چسبندگی بیشتر شار خون و جریان کمتر.

٤- شعاع رگ: شار جریان خون با توان دوم شعاع رگ مرتبط است.

$$Current\ rate: \quad J = \underbrace{(P_A - P_B)}_{\text{فشار اردو سر رگ}} \left(\frac{\pi}{8}\right)\left(\frac{1}{\eta}\right)\left(\frac{R^4}{\ell}\right)$$

تمامی عوامل ذکر شده در معادله پواروی (Poiseuille) خلاصه می شود:

در این رابطه R شعاع رگ و η ویسکوزیته است که در دستگاه M.K.S با واحد پاسکال ثانیه و در دستگاه C.G.S با واحد پواز سنجیده می شود.

1 Pascal=10 Pois

ویسکوزیته آب در ۲۰ درجه سانتی گراد ۰.۰۰۱ پاسکال است.

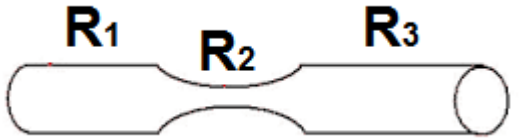
اشکال این رابطه این است که رگها را صلب و بدون انعطاف فرض می کند و در واقعیت این گونه نیست ولی نتایج آن با واقعیت همخوانی مناسبی دارد.

مقاومت ظاهر شده در برابر عبور خون در رگها بصورت زیر بیان می شود:

$\Delta P=J.R$ که در آن ΔP اختلاف فشار دو سر رگ، J آهنگ جریان، و R مقاومت در مقابل عبور جریان می باشند.

قوانین جریان ها در رگ های متوالی و انشعابی عبارتند از:

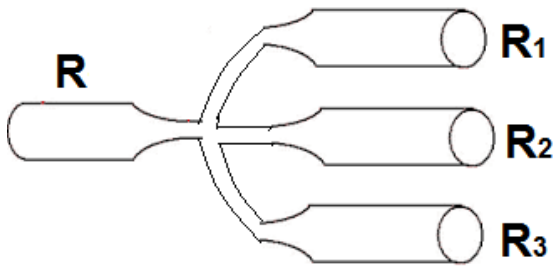
۱- در رگ های متوالی:



$$JR_{Total} = JR_1 + JR_2 + JR_3 + \ldots \Rightarrow$$

$$R_{Total} = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots$$

۲- در رگ های موازی:



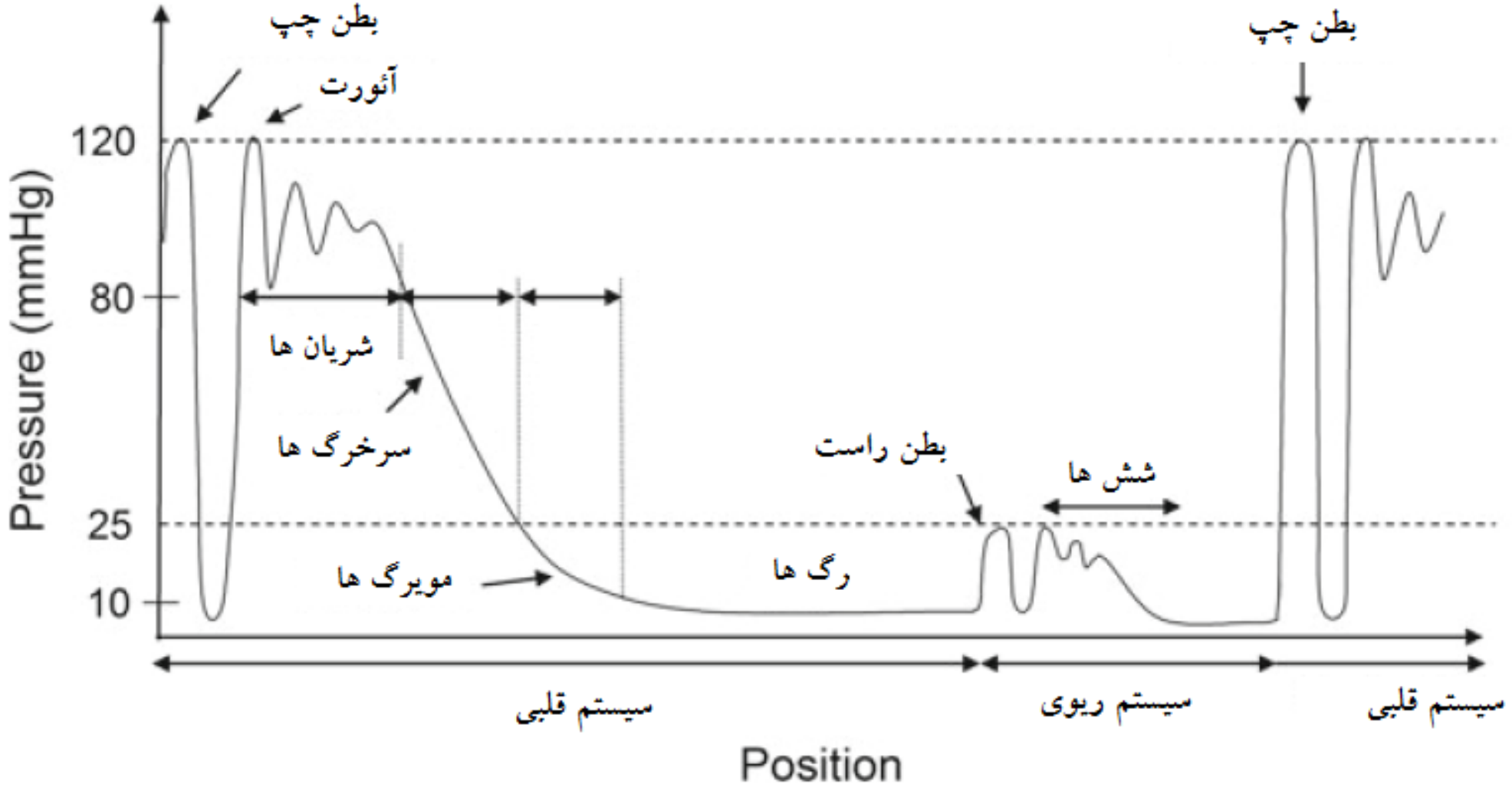
$$J_{Total} = J_1 + J_2 + J_3 + \ldots \Rightarrow$$

$$J_{Total} = \frac{\Delta P}{R_{Total}} = \frac{\Delta P}{R_1} + \frac{\Delta P}{R_2} + \frac{\Delta P}{R_3} + \ldots \Rightarrow$$

$$\frac{1}{R_{Total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots$$

۳- در عین حال داریم:

$$R_{Total} = \frac{\Delta P}{Q \;\; or \;\; J_{Total}} = \frac{8\eta\ell}{\pi R^4}$$



نمودار I: فشار خون در امتداد سیستم گردش خون در فردی که به صورت افقی دراز کشیده است.

افت فشار در شریان ها و رگ های مقاوم:

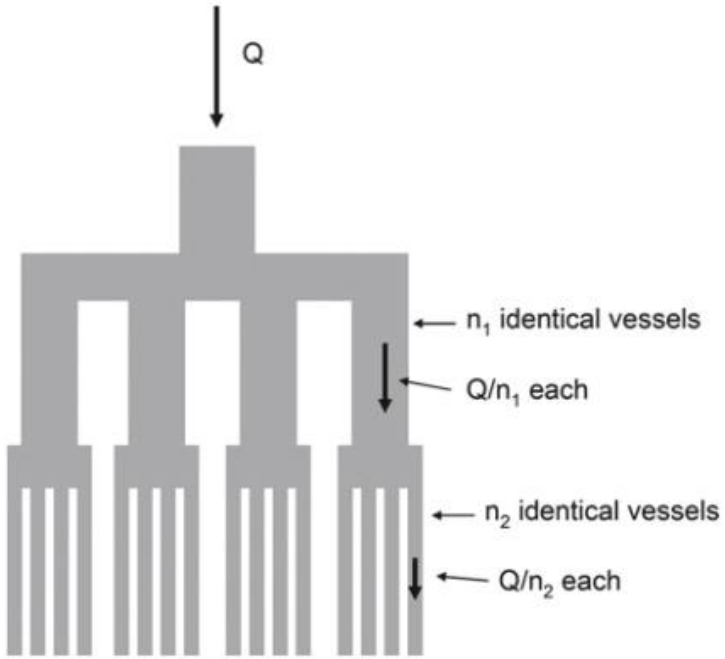
تصمیم داریم با استفاده از قانون پوازی افت فشار را در نواحی آئورت، شریان های بزرگ، شریان ها و مویرگ ها تخمین زده و با نمودار I (صفحه قبل) مقایسه نماییم.

$$\begin{cases} Poiseuille's\ law:\ \Delta P = \left(\dfrac{8\eta L}{\pi r^4}\right)Q \\ R_{flow,0} = \dfrac{8\eta L_o}{\pi r_o^{\,4}} \xrightarrow[r_o = 1\,cm]{L_o = 1\,cm} R_{flow,0} = \dfrac{8\times\left(4\times10^{-3}\,\dfrac{N.s}{m^2}\right)\times(1\,cm)}{\pi(1\,cm)^4} = \dfrac{1.02\times10^{-2}\,\dfrac{N}{m^2}}{\dfrac{(cm)^3}{s}} = \dfrac{1.02\times10^{-8}\,\dfrac{N}{mm^2}}{\dfrac{(cm)^3}{s}} \Rightarrow \\ R_{flow,0} = \dfrac{7.7\times10^{-5}\,mmHg}{\dfrac{(cm)^3}{s}} \end{cases}$$

از طرفی داریم:

$$\begin{cases} R_{flow} = R_{flow,0} \dfrac{\dfrac{L}{L_o}}{\left(\dfrac{r}{r_o}\right)^4} = R_{flow,0} \dfrac{L\,(in\ cm)}{r^4\ (in\ cm^4)} \\ \Delta P = R_{flow}\, Q = 7.7\times10^{-5}\ (mmHg)\ \dfrac{L\,(in\ cm)}{r^4\ (in\ cm^4)} Q\left(in\ \dfrac{cm^3}{s}\right) \end{cases}$$

شریان های بزرگ به شریان های کوچک تر و نهایتا مویرگ ها تقسیم می شوند و در n امین تقسیم داریم:



$$\begin{cases} Q_n = \dfrac{Q_{Total}}{n} \\ Q_{Total} = 80\ \dfrac{cm^3}{s} \end{cases}$$

بنابراین داریم:

$$\Delta P = 7.7\times10^{-5}\ \left(mmHg\right)\frac{L\ (in\ cm)}{r^4\ (in\ cm^4)}\times\frac{80}{n} = \frac{0.0062\left(mmHg\right)}{n}\ \frac{L\ (in\ cm)}{r^4\ (in\ cm^4)}$$

این افت فشار در هر رگ در یک سطح مشخص از جریان است و به دلیل موازی بودن آنها، افت فشار در هر بخش سطح معینی از جریان شریانی است. اکنون آن را برای سطوح مختلف شریان ها تعیین می کنیم.

آئورت: $n=1$، $r=1.25\ cm$، $L=10\ cm$ است بنابراین افت فشار حدود ۰/۰۲۵ میلی متر جیوه و ناچیز است.

شریان های بزرگ: $n=200$، $r=0.2\ cm$، $L=75\ cm$ است بنابراین افت فشار حدود ۱/٤ میلی متر جیوه و ناچیز است.

شریان ها و ورید کوچک: $n=5\times10^5$ ، $r=0.03\ mm$، $L=6\ mm$ است بنابراین افت فشار حدود ۹۱ میلی متر جیوه و بسیار قابل توجه است.

مویرگ ها: $n=10^{10}$ ، $r\sim3.5\ \mu m$ ، $L\sim0.2cm$ است بنابراین افت فشار حدود ۸/۲ میلی متر جیوه و نسبتا قابل توجه است.

نتیجه:

این تخمین ها با آنچه ما از شکل I انتظار داریم مطابقت دارد.

در این مدل سازی و با عدم اعمال پارامترهای کششی ، شریان‌ها و مویرگ‌ها به خوبی به عنوان عروق مقاومت دار مدل‌سازی می‌شوند.

در آئورت و شریان‌های بزرگ افت فشار بسیار کمی دارند و بیشتر شبیه عروق انطباق پذیر و دور از تنش فشاری هستند.

اگر چه وریدها شعاع بزرگتری نسبت به شریانهای مشابه دارند و در نتیجه مقاومت و فشار کمتر در آنها کاهش می یابد، در شریان ها و ورید های کوچک افت فشار قابل توجهی ایجاد می شود.

در مویرگ ها اگر چه افت فشار وجود دارد ولی در مقایسه با فشار اولیه اثر گذار نیست.

دستگاه تنفس:

دستگاه تنفس در انسان شامل شش ها، مجاری هوا، قفسه سینه که شش ها را در خود جای داده و ماهیچه های تنفسی است. به طور کلی دستگاه تنفس را می توان به دو قسمت تقسیم کرد:

دستگاه تنفسی فوقانی که متشکل از بینی، حلق، لوزه ها و آدنوئیدها و حنجره است.

دستگاه تنفسی تحتانی که از نای، نایژه ها، نایژک ها،کیسه های هوایی و ریه ها تشکیل شده است.

دستگاه تنفس انسان شامل:

۱- راههای هوایی:

.حفره بینی

.گلو یا حلق

.نای

.نایژه ها

.نایژک ها

توجه: نای و نایژه ها دارای حلقه های غضروفی زیاد و همواره باز هستند و نایژک هادارای انشعاب های بسیار زیاد می باشد.

۲- شش ها.

۳- قفسه سینه: قفسه سینه شش ها را در برگرفته سبب حرکات دم و بازدم می گردد.

٤- پرده جنب: پرده ای دوجداره که باعث اتصال شش ها به قفسه سینه می شود.

٥- مایع جنب : ویژگی مایع جنب لغزنده بودن آن است و در آسان نمودن حرکت شش ها نقش دارد.

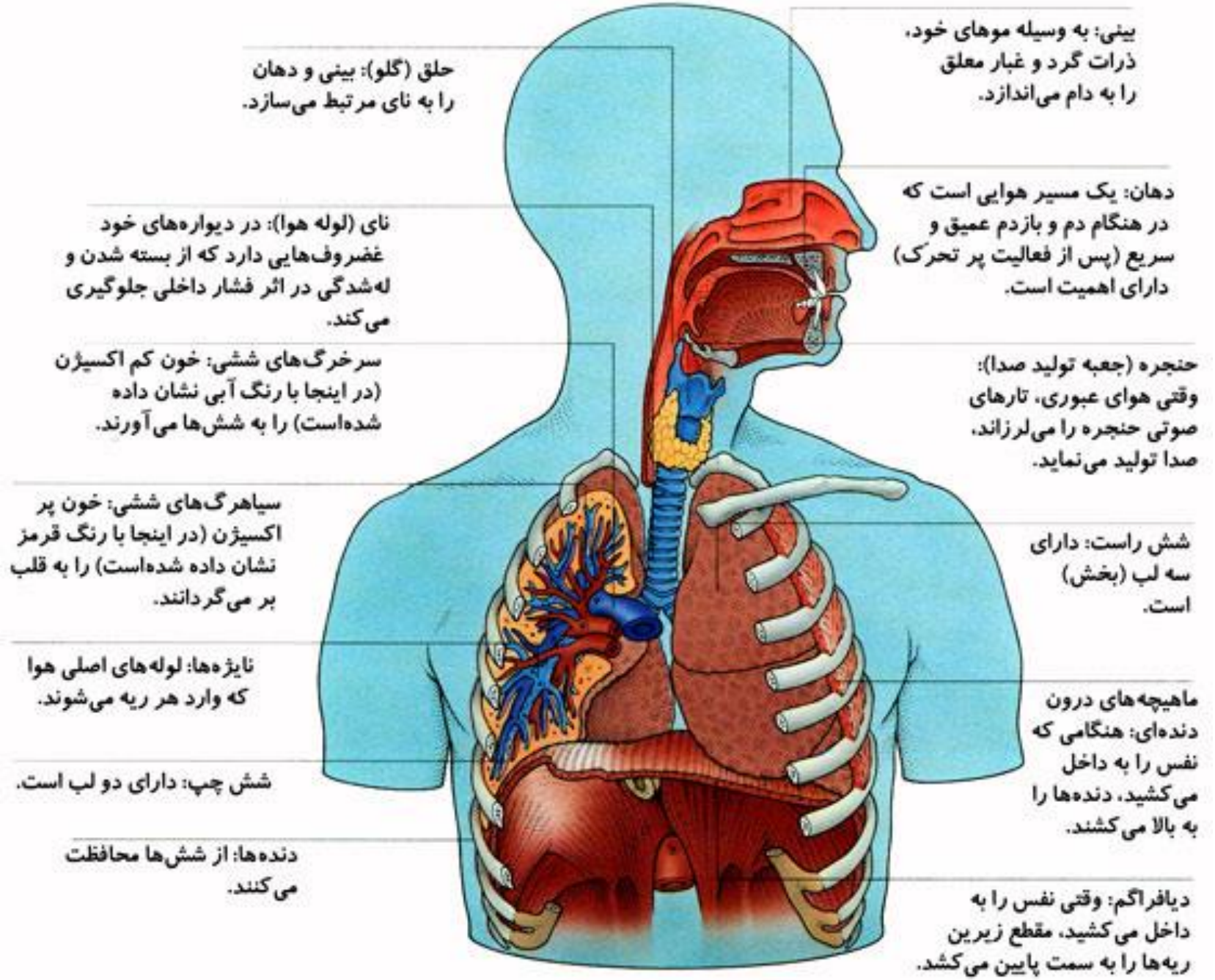
٦- ماده ای به نام سورفاکتانت: سورفاکتانت توسط برخی از سلول های دیواره کیسه های هوایی ترشح شده، سطح داخل کیسه های هوایی را پوشانده، موجب کاهش کشش سطحی مایع پوشاننده کیسه های هوایی و موجب تسهیل باز شدن طبیعی کیسه های هوایی می شود. سورفاکتانت در اواخر دوران جنینی ساخته شده و کمبود آن مشکل تنفسی در نوزادان زودرس ایجاد می کند.

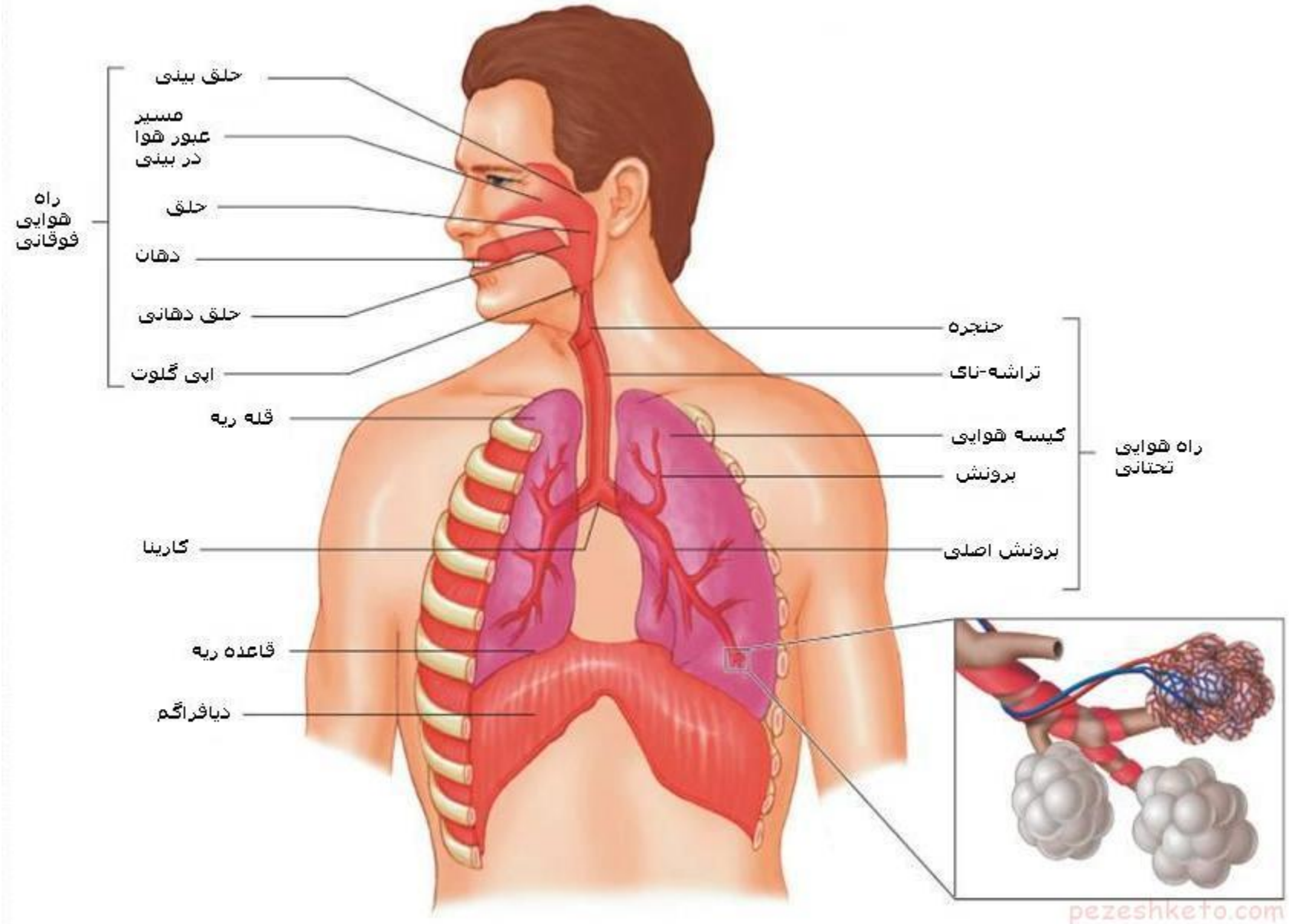
به طور خلاصه، هوا پس از ورود به بدن از ساختارهای زیر عبور می کند:

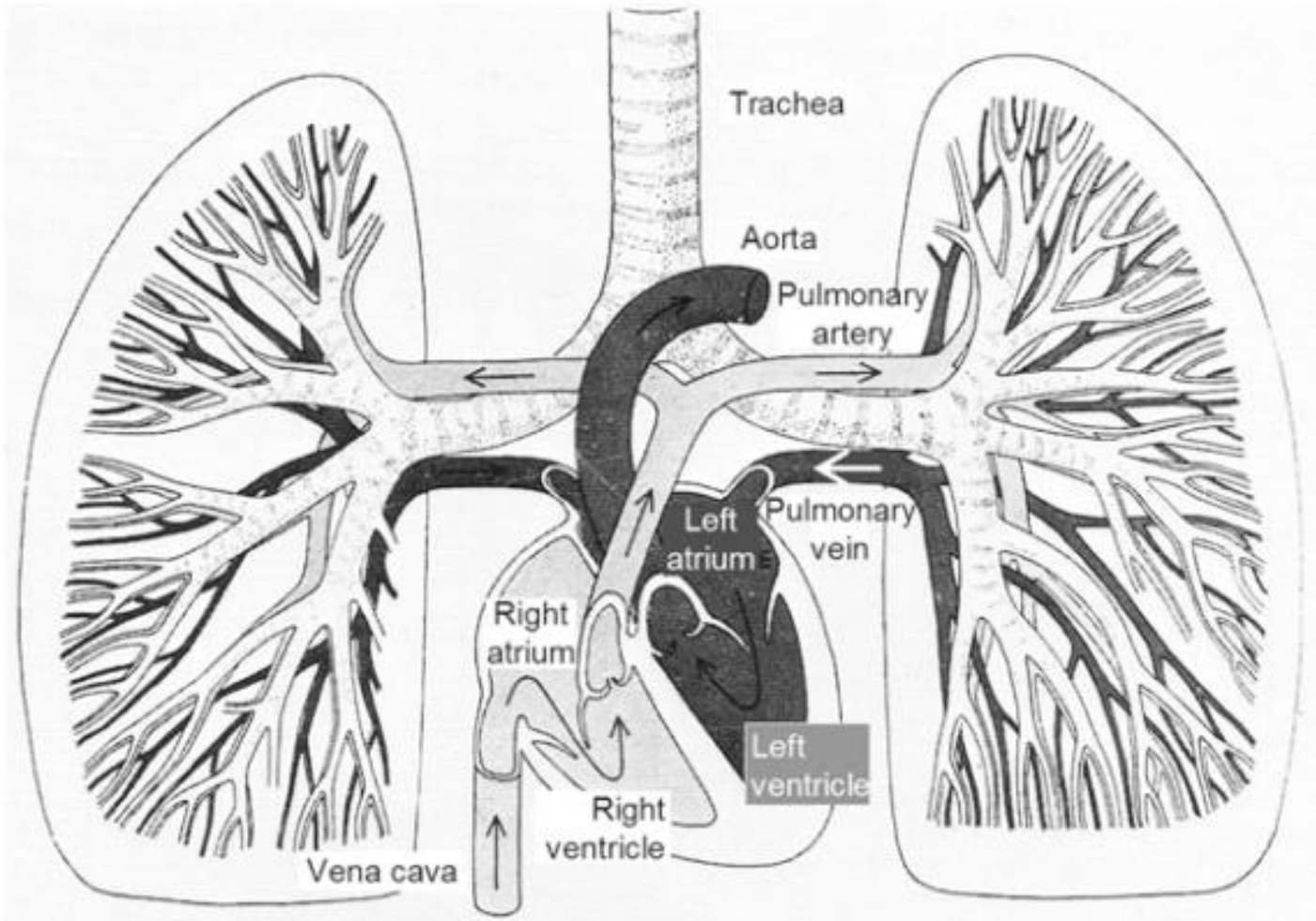
سوراخ های بینی، حفرات بینی،حلق،حنجره، نای، نایژه ها، نایژک ها، کیسه های هوایی.

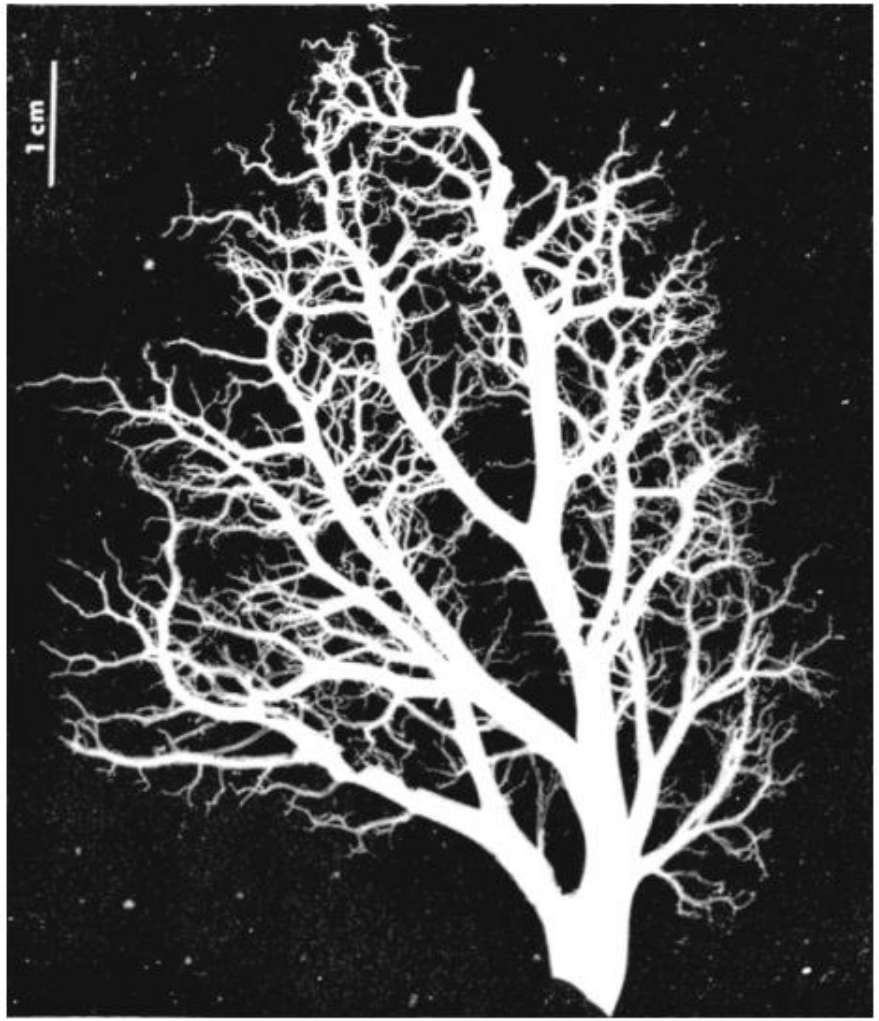
تنفس اصطلاحی است که به دو فرآیند اشاره دارد:

تنفس خارجی که شامل جذب اکسیژن به بدن و دفع دی اکسیدکربن از آن می باشد. و تنفس داخلی: که شامل مصرف اکسیژن و تولید دی اکسید کربن توسط سلول ها و تبادل گازی بین سلولها و محیط مایع اطراف آنهاست.


بینی: به وسیله موهای خود، ذرات گرد و غبار معلق را به دام می‌اندازد.
حلق (گلو): بینی و دهان را به نای مرتبط می‌سازد.
دهان: یک مسیر هوایی است که در هنگام دم و بازدم عمیق و سریع (پس از فعالیت پر تحرک) دارای اهمیت است.
نای (لوله هوا): در دیواره‌های خود غضروف‌هایی دارد که از بسته شدن و له‌شدگی در اثر فشار داخلی جلوگیری می‌کند.
حنجره (جعبه تولید صدا): وقتی هوای عبوری، تارهای صوتی حنجره را می‌لرزاند، صدا تولید می‌نماید.
سرخرگ‌های ششی: خون کم اکسیژن (در اینجا با رنگ آبی نشان داده شده‌است) را به شش‌ها می‌آورند.
شش راست: دارای سه لب (بخش) است.
سیاهرگ‌های ششی: خون پر اکسیژن (در اینجا با رنگ قرمز نشان داده شده‌است) را به قلب بر می‌گردانند.
نایژه‌ها: لوله‌های اصلی هوا که وارد هر ریه می‌شوند.
ماهیچه‌های درون دنده‌ای: هنگامی که نفس را به داخل می‌کشید، دنده‌ها را به بالا می‌کشند.
شش چپ: دارای دو لب است.
دنده‌ها: از شش‌ها محافظت می‌کنند.
دیافراگم: وقتی نفس را به داخل می‌کشید، مقطع زیرین ریه‌ها را به سمت پایین می‌کشد.


راه هوایی فوقانی
حلق بینی
مسیر عبور هوا در بینی
حلق
دهان
حلق دهانی
اپی گلوت
قله ریه
کارینا
قاعده ریه
دیافراگم
راه هوایی تحتانی
حنجره
تراشه-نای
گیسه هوایی
برونش
برونش اصلی
pezeshkefo.com


Trachea
Aorta
Pulmonary artery
Pulmonary vein
Left atrium
Right atrium
Left ventricle
Right ventricle
Vena cava


1 cm

راههای هوایی:

۱- دهان و بینی: با نفس کشیدن، هوا از طریق سوراخ های بینی و جریان یافتن در حفرات بینی به بدن ما وارد می شود که شامل حدود ۲۰ درصد اکسیژن است. هوا موقع عبور از بینی، تصفیه و مرطوب شده و دمای آن به دمای بدن می رسد. دیواره حفرات بینی با سلول های پوششی مرطوب و مژه دار و غنی از مویرگ های خونی، پوشیده شده است. سلول های موجود در دیواره بینی، جریانی از موکوس(محلول چسبناک) را ایجاد نموده و موجب جذب ذرات گرد و غبار، باکتری ها و سایر ذرات خارجی که به درون بینی کشیده شده اند، می شوند و سپس با کمک مژک ها این ذرات به سمت گلو هدایت شده به سیستم گوارش منتقل می شوند. این سیستم، بسیار موثرتر از شش های ظریف می تواند این مواد را دفع نماید. یک انسان در طی شبانه روز به طور طبیعی بیش از یک پیمانه از ترشحات بینی را می بلعد و در هنگام بروز عفونت ها و یا واکنش های حساسیتی این مقدار بیشتر می شود.

۲- حلق: انتهای حفرات بینی به حلق مرتبط است. هنگام تنفس هوا از بینی یا دهان، هوا وارد حلق می شود. حلق مسیر مشترکی برای عبور هوای تنفسی و غذا است.قسمت تحتانی حلق به دو ساختمان تقسیم می شود: مری که به معده و نای به ریه ها منتهی می شود. حلق توسط لوزه ها، آدنوئیدها احاطه می شود که این ساختمان ها، نقاط مهمی درزنجیره حفاظتی غدد لنفاوی بدن هستند.

۳- زبان کوچک: زبان کوچک یک زائده کوچک در انتهای حلق و چسبیده به کام، که در هنگام بلع راه بینی را می بندد.

٤- حنجره: حنجره حلق و نای را به هم متصل می کندکه گاهی به آن"سیب آدم" نیز می گویند. حنجره، حاوی طناب های صوتی است که برای تولید صدا به لرزش در می آیند. به دلیل وجود تارهای صوتی، به این ناحیه جعبه صدا نیزگفته می شود. حنجره شامل عضلاتی است که به بلع، تکلم و تنفس کمک می کند و بر اوج صداموثر است.. وجود غضروف در دیواره حنجره، آن را مستحکم ساخته و این ناحیه در هنگام لمس گردن، سفت به نظر می رسد. در هنگام بلع، دریچه ای به نام اپی گلوت ، به صورت خودکار حنجره را مسدود می کند تا غذا و مایعات وارد مری شده وارد مجاری تنفسی تحتانی نشوند. چنانچه این مکانیسم به درستی عمل نکند و اجسام خارجی وارد حنجره حساس شوند، واکنش سرفه، ماده خارجی را به بیرون می اندازد.

٥- نای و نایژه: هوا از حنجره وارد نای می شود. وجود غضروف در دیواره نای آن را از جمع شدن حفظ می کند. نای توسط اپی گلوت محافظت می شود. نای به دو شاخه تقسیم می شود که هر یک از آنها را نایژه می نامند. هر نایژه به یک شش متصل است. دیواره نای ونایژه ها حاوی غضروف و مقدار کمی عضله صاف است و دارای بافت پوششی مژک دار و غدد موکوسی است. نای و نایژه ها با غشای موکوسی (محلول چسبناک) پوشیده شده اند که ذرات گریخته از مکانیسم تصفیه گر بینی و حنجره را به دام می اندازد. ترشحات دارای این ذرات به کمک مژه ها دائما به سمت بالا و حلق رانده شده و به طور متناوب بلعیده می شوند. این مکانیسم موجب می شود تا شش ها از ورود ذرات خارجی حفظ شوند.

٦- گلوت: عضلات دور کننده در حنجره در شروع دم منقبض می شوند و طنابهای صوتی را از هم دور می کنند تا گلوت باز شود. در جریان بلع یا عق زدن، عضلات نزدیک کننده حنجره بصورت خودکار (رفلکسی) منقبض می شوند و گلوت را می بندند تا از ورود غذا، مایعات یا مواد استفراغ شده به درون ریه ها جلوگیری کنند.

۷- شش ها یا ریه ها: ریه ها در حفره سینه در دو طرف قلب قرار گرفته اند. هر یک از شش ها با پرده جنب پوشیده شده که به شکل کیسه ای شش را در برگرفته و پوشش قفسه سینه را تشکیل می دهد. ریه ها به راحتی بر روی دیواره قفسه سینه می لغزند اما به سختی از آن جدا می شوند. مشابه لغزیدن دو لام شیشه ای مرطوب روی همدیگر است که به سختی می توان آنها را از هم جدا کرد. فشار در فضای بین ریه ها و قفسه سینه کمتر از فشار اتمسفر است. اگردیواره قفسه سینه باز یا سوراخ شود، ریه ها روی هم می خوابند. اگر ریه هاخاصیت ارتجاعی خود را از دست بدهند، دیواره قفسه سینه متسع شده و ظاهری بشکه مانند به خود می گیرد.

شش اندامی اسفنجی با سطح داخلی بسیار وسیع برای تبادلات گازی و تداوم حیات می باشد. نایژه در داخل شش، منشعب می شود و انشعابات کوچک بسیار زیادی را به وجود می آورد. این انشعابات نایژک ها را می سازند که تعدادشان در یک شش به بیش از یک میلیون می رسد. هر نایژک به خوشه ای از کیسه های هوایی منتهی می شود. هر یک از شش های انسان بیش از سیصد میلیون کیسه هوایی دارد که سطحی تقریبا معادل با مساحت زمین تنیس را ایجاد می کند. هر کیسه هوایی با یک لایه بسیار نازک از سلول های پوششی پوشیده شده است.

در حال استراحت، یک فرد طبیعی حدود۱۲الی۱۵ بار در دقیقه نفس می کشد.

حدود ۵۰۰ میلی لیتر هوا در هر بار تنفس وارد ریه ها شده و از آن خارج می شود.

در بازدم حدود ۱٦ درصد اکسیژن وجود دارد.

مقادیر بسیار جزئی از گازهای دیگر مثل متان، استون و هیدروژن که در روده ها تولید می گردد نیز در هوای بازدمی یافت می شود. بیش از ۲۵۰ ماده فرار در هوای خارج شده از دستگاه تنفسی انسان شناسایی شده است.

تبادل گاز در برونشیول های تنفسی، مجاری کیسه های هوایی و کیسه های هوایی صورت می گیرد. این تقسیمات متعدد موجب افزایش سطح تبادل هوا در کیسه های هوایی می شود. در نتیجه سرعت جریان هوا در راههای هوایی کوچک بسیار کاهش می یابد. کیسه های هوایی توسط مویرگ های ریوی احاطه شده اند.

دم: دم یک عمل فعال است که توسط آن هوا وارد ریه ها می شود. عمل دم توسط انقباض دیافراگم و عضلات بین دنده ای خارجی شروع می شود. انقباض این عضلات موجب بزرگ شدن حجم قفسه سینه و کاهش فشار در قفسه سینه شده در نتیجه هوا به داخل ریه ها هجوم می برد.

بازدم: یک عمل غیرفعال در نتیجه رفع انقباض عضلات دمی و بازگشت ارتجاعی ریه ها، انجام می شود. بازدم عمیق نیاز به انقباض پرقدرت عضلات تنفسی دارد. انقباض عضلات دمی موجب افزایش حجم قفسه سینه می شود. در انتهای دم هوا از داخل ریه ها به بیرون جریان می یابد.

عضلات تنفسی:

عضلات تنفسی شامل دیافراگم، عضلات دم و عضلات بازدم می باشند

عضلات دم: ماهیچه هایی که قفسه سینه را بالا می برند و حجم آن را افزایش می دهند

عضلات بازدم: ماهیچه هایی که قفسه سینه را پایین می برند و حجم آن را کاهش می دهند

دیافراگم : دیافراگم عضله ای قوی و گنبدی شکل است که برای عمل تنفس ضروری بوده، همچنین حفره قفسه سینه را از حفره شکم جدا می سازد. این عضله به کف قفسه سینه متصل شده است و بصورت قوسی در بالای کبد قرار گرفته است. جابجایی عضله دیافراگم مسئول ٪۷۵ از تغییرات حجم فضای داخل قفسه سینه در حین تنفس آرام است. انقباض عضلات بازدمی در جریان بازدم شدید موجب کاهش حجم قفسه سینه می شود.

فشار خون در سرخرگ ششی حدود ۲۰ میلی متر جیوه است.

در ششها حدود ۱ لیتر خون داریم و حدود ۷۰ میلی لیتر از آن اکسیژن می گیرند.

در هر دقیقه حدود ٦ لیتر هوا تنفس می کنیم.

قوانین اساسی گازها:

۱- قانون عمومی گازها: $PV=nRT$.

۱-قانون بویل ماریوت : حاصل ضرب فشار و حجم معینی از گاز در صورتی که دما تغییر نکند ثابت می باشد.$P_1V_1=P_2V_2$

۲- قانون شارل گیلوساک: هرگاه تغییر حالت گاز باتعداد مدل های یکسان و فشار ثابتی صورت پذیرد داریم: $\frac{V1}{V2}=\frac{T1}{T2}$

۳- قانون آوودگادرو: حجم ها ی مساوی از گازهای مختلف در فشار و دمای یکسان دارای تعداد مولکول های یکسان می باشد.

فرض های نظریه جنبشی گازها:

۱- تعداد مولکول های گاز را زیاد فرض می کنیم.

۲- هیچ نیرویی بین مولکول های گاز وجود ندارد.

۳- حرکت مولکول های گاز به صورت تصادفی رخ می دهد.

٤- برخورد مولکول های گاز کاملاً الاستیک است.

٥- از حجم مولکول های گاز در مقابل حجم اشغال شده توسط گاز صرف نظر می شود.

٦- حرکت مولکول های گاز از قوانین نیوتون پیروی می کند.

ظرفیت گرمایی در حجم ثابت : $\left(\frac{dQ}{d\theta}\right)_V = C_V$

ظرفیت گرمایی در فشار ثابت: $\left(\frac{dQ}{d\theta}\right)_P = C_P$

$$\boxed{C_P - C_V = nR}$$

قانون اول ترمودینامیک: $dQ = du + dW = du + Pdv$

۱- در تمامی گازها Cv و Cp تابعی از دما می باشند و همواره Cp>Cv است.

۲- $\gamma = \frac{Cp}{Cv}$ تعریف جدید.

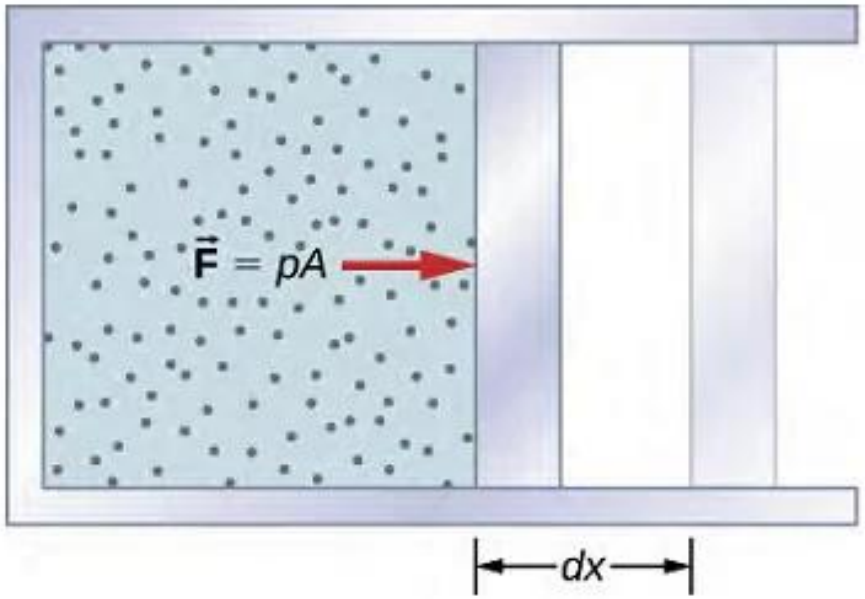
درگازهای تک اتمی مانند هلیوم ، نئون و بیشتر بخارات فلزی مانند جیوه (Hg) و Na و... دارای $Cv = \frac{3}{2}R$ و $Cp = \frac{5}{2}R$ هستند پس $\gamma = \frac{Cp}{Cv} = \frac{5}{3}$

در گازهای دواتمی (H_2, O و...) همواره $Cv = \frac{5}{2}R$, $Cp = \frac{7}{2}R$ $\gamma = \frac{Cp}{Cv} = \frac{7}{5}$

برای گازهای شیمیایی و چند اتمی که از نظر شیمیایی فعال اند مانند NH_3 ... همواره Cv,Cp تابعی از دما می باشند و برای هر گاز درصد دما متفاوت هستند.

فرآیندهای ترمودینامیکی:

کار ترمودینامیکی:



$$\begin{cases} W = \int_1^2 \vec{F}.d\vec{x} \xrightarrow{F=PA} W = \int_1^2 P\,\underbrace{\vec{A}.d\vec{x}}_{=dV} \rightarrow W = \int_1^2 PdV \\ dU = dQ - dW = dQ - \int_{V_1}^{V_2} PdV \end{cases}$$

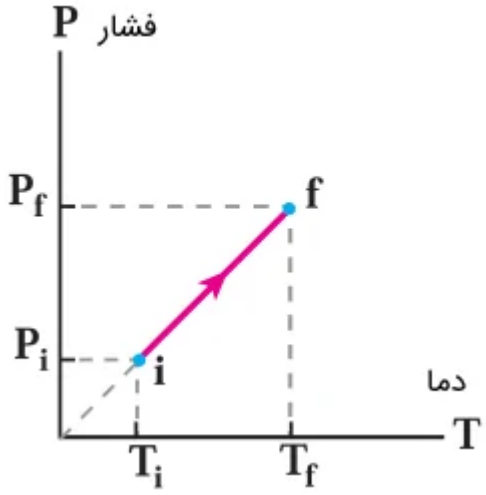
۱- فرآیند هم حجم:

همان‌طور که از نام این فرآیند مشخص است، در طول انجام فرآیند، حجم سیستم ثابت باقی می‌ماند. از رابطه کار مشخص است که در صورت ثابت بودن حجم، سیستم کاری روی محیط (یا محیط روی سیستم) انجام نمی‌دهد. یعنی اگر حجم مقدار معینی از گاز با مول مشخص در یک فرآیند تغییر ننماید داریم:

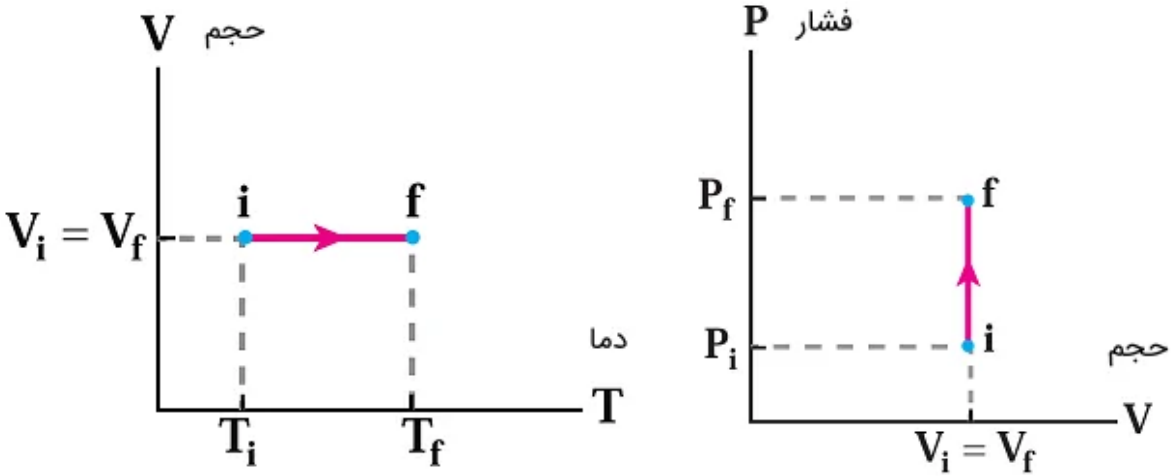
قانون شارل-گیلوساک

$$PV = nRT \rightarrow V = \frac{nRT}{P} \rightarrow \boxed{\frac{T_1}{P_1} = \frac{T_2}{P_2}}$$

$$\begin{cases} W = \int_{V_1}^{V_2} PdV \xrightarrow{V_1 = V_2} W = 0 \\ and \quad dU = dQ - 0 \rightarrow dU = dQ \end{cases}$$



نمودار فشار-دما برای یک فرآیند هم‌حجم به صورت خطی است.

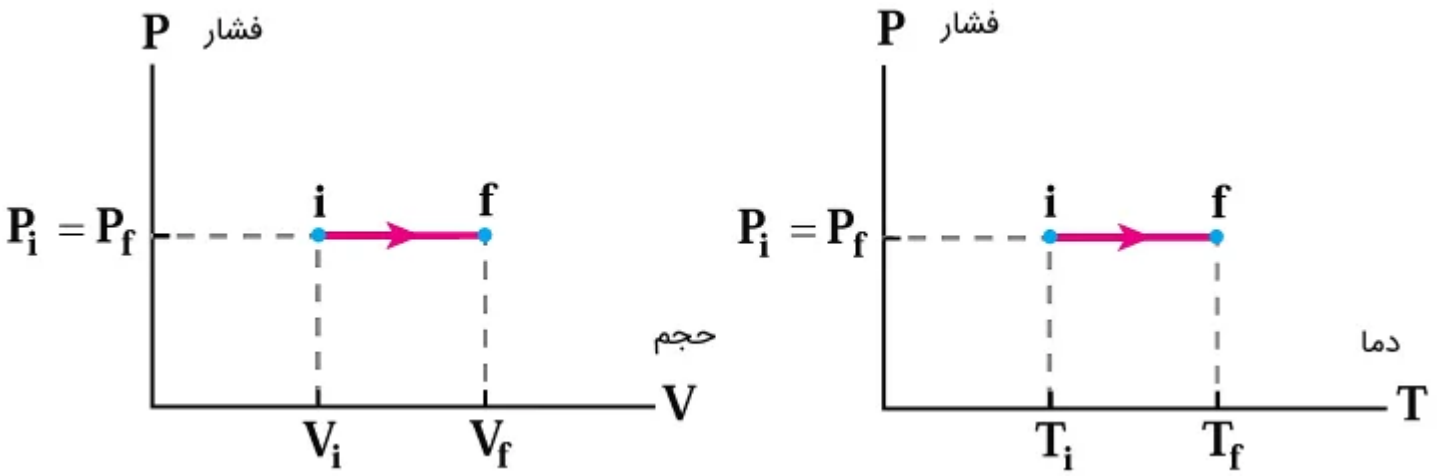


نمودارهای حجم-دما و فشار-حجم برای یک فرآیند هم‌حجم که دما و فشار در آن افزایش پیدا می‌کند.

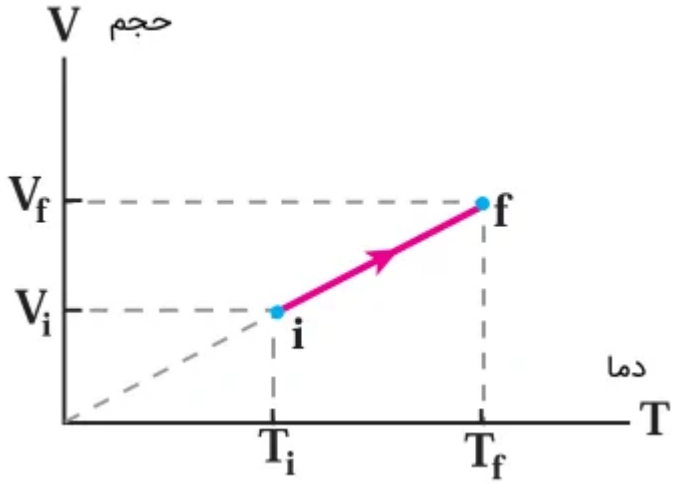
۲- فرآیند هم فشار:

فرآیندی است که تغییر حالت سیستم (گاز) در فشار ثابت رخ می‌دهد. از آنجایی که فرآیند هم‌فشار را شبه‌استاتیک در نظر می‌گیریم، با نوشتن معادله حالت برای دو حالت مختلف از فرآیند داریم:

$$PV = nRT \rightarrow P = \frac{nRT}{V} \rightarrow \boxed{\frac{T_1}{V_1} = \frac{T_2}{V_2}}$$



نمودارهای فشار–حجم و فشار–دما برای یک فرآیند انبساطی هم‌فشار. مطابق با این نمودارها، سیستم گرما جذب کرده و علامت کار محیط روی سیستم منفی است.

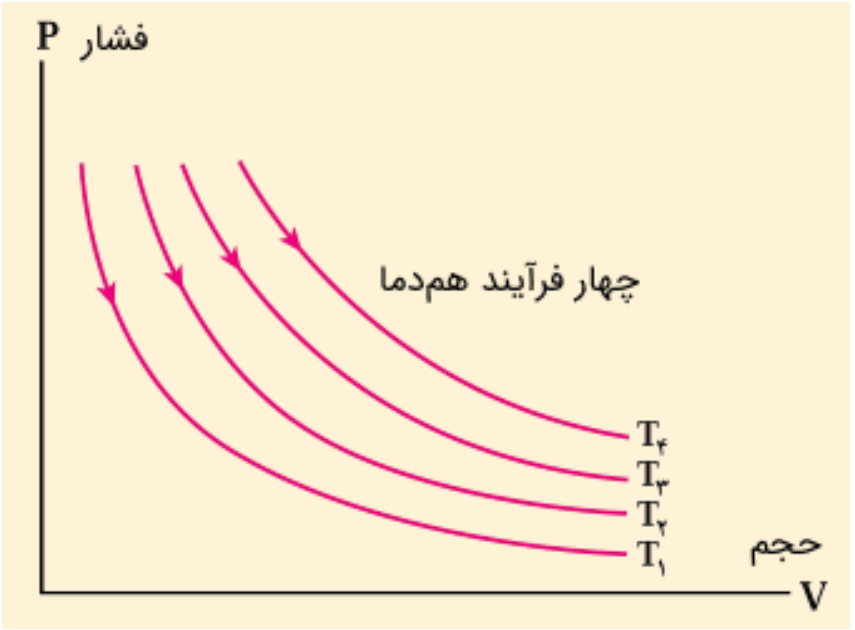


نمودار حجم–دما برای یک فرآیند هم‌فشار به صورت خطی است.

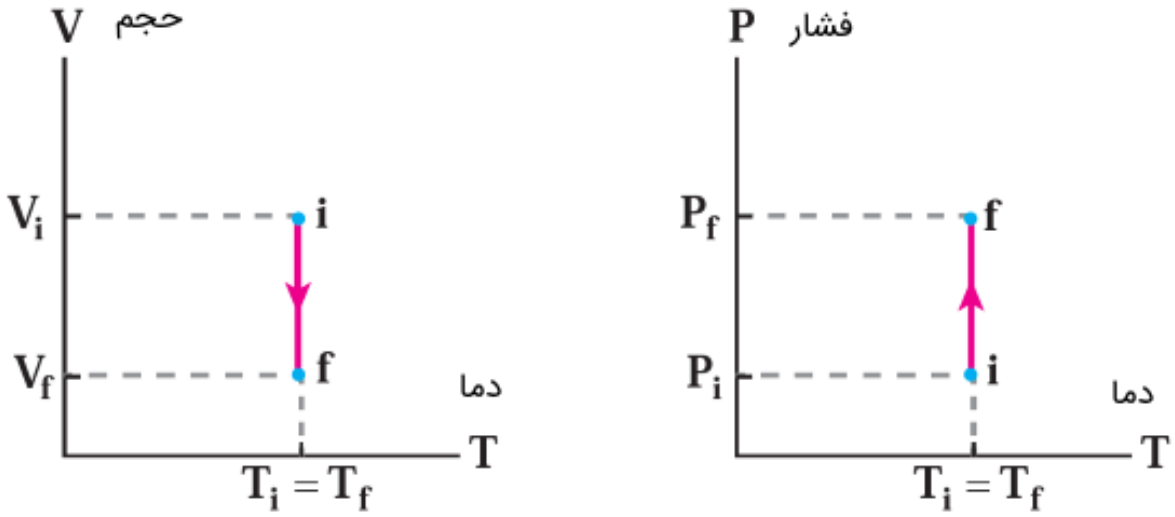
۳- فرآیند هم دما:

فرآیندی است که تغییر حالت سیستم (گاز) در دمای ثابت رخ می‌دهد و دمای سیستم تغییر نمی نماید. می‌دانیم که از قانون اول ترمودینامیک، انرژی درونی یک سیستم تابعی از دمای آن است. پس انرژی درونی سیستم برای یک فرآیند شبه‌استاتیک هم‌دما صفر است. در نتیجه:

$$dU = dQ + dW \xrightarrow{dU=0} dQ = -dW$$



نمودار فشار–حجم برای چهار فرآیند هم‌دمای مختلف. نموداری که بالاتر قرار می‌گیرد، دمای بیشتری دارد.



نمودارهای حجم–دما و فشار–دما برای یک فرآیند تراکمی هم‌دما.

در این فرآیند کاری که محیط روی سیستم انجام می‌دهد، مثبت است و در نتیجه Q منفی می‌شود. Qمنفی به منزله از دست دادن گرما (انتقال به محیط) است.

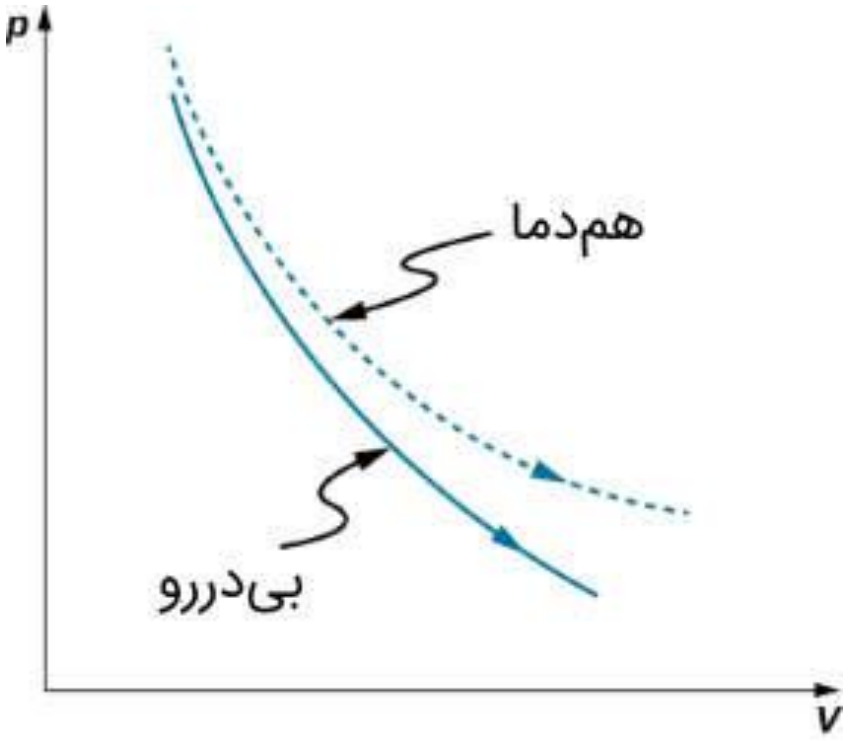
٤- فرآیند بی دررو (Adiabatic process):

در فرآیند شبه‌استاتیک بی‌دررو ، مقدار گرمای مبادله شده بین سیستم و محیط صفر است. فرآیند بی‌دررو در سیستم‌هایی که به خوبی عایق‌بندی (ایزوله) شده‌اند رخ می‌دهد. البته اگر فرآیند آن‌چنان سریع انجام شود (انبساط یا تراکم) که سیستم (گاز) فرصت تبادل گرما با محیط را پیدا نکند، می‌توان فرآیند را بی‌دررو در نظر گرفت.

البته اگر فرآیند خیلی سریع رخ دهد نمی‌توان آن را شبه‌استاتیک بی‌دررو در نظر گرفت.

از آنجایی که در فرآیند بی‌دررو مقدار Q صفر است، از قانون اول ترمودینامیک برای انرژی درونی سیستم داریم:

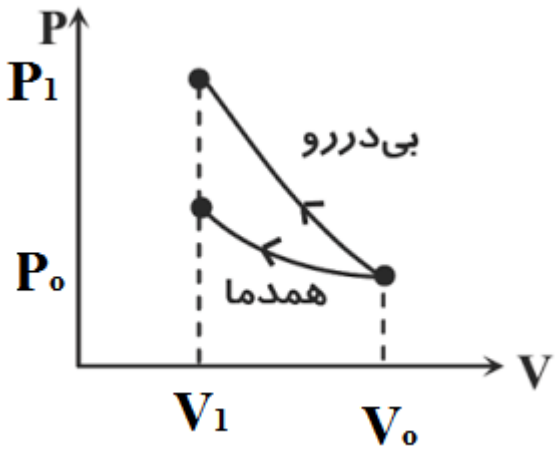
$$dU = dQ + dW \xrightarrow{dQ=0} dU = dW$$



نمودار فشار–حجم یک فرآیند بی‌دررو شبیه به منحنی فرآیند هم دما با شیب بیشتر است.

مثال: ثابت کنید در یک فرایند بی دررو در ریه ها داریم: $PV^{\gamma} = cte$

در این فرایند همواره dQ=0 است.



$$\left.\begin{aligned} &dQ = C_v d\theta + PdV \\ &dQ = C_P d\theta - VdP \end{aligned}\right\} \xrightarrow{dQ=0} \left[dQ = C_v d\theta + PdV = \left(C_P - nR\right)d\theta + PdV \rightarrow dQ = C_P d\theta - VdP \right]$$

$$\left.\begin{aligned} &C_P d\theta = VdP \\ &C_V d\theta = -PdV \end{aligned}\right\} \xrightarrow{\div} \frac{C_P}{C_V}\frac{d\theta}{d\theta} = \frac{-V}{P}\frac{dP}{dV}$$

$$\frac{C_P}{C_V} = \gamma$$

$$-\gamma\frac{dV}{V} = \frac{dP}{P} \longrightarrow -\gamma\int_{V_0}^{V}\frac{dV}{V} = \int_{P_0}^{P}\frac{dP}{P}$$

$$\rightarrow -\gamma\, Ln(V)\Big|_{V_o}^{V} = Ln(P)\Big|_{P_o}^{P} \rightarrow -\gamma\, Ln(V) - \left(-\gamma\, Ln(V_0)\right) = Ln(P) - Ln(P_0)$$

$$Ln(P) = -\gamma\, Ln(V) + \left[\gamma\, Ln(V_0) + Ln(P_o)\right] \rightarrow Ln(P) = -Ln(V^{\gamma}) + cte$$

$$\rightarrow Ln(P) + Ln(V^{\gamma}) = cte \rightarrow L_n\left(PV^{\gamma}\right) = cte \Rightarrow PV^{\gamma} = cte$$

انرژی مورد نیاز سلول های بدن از طریق واکنش های شیمیایی بدست می آید. این انرژی زمانی حاصل می شود که اکسیژن وجود داشته باشد. عمل سیتم تنفسی تامین اکسیژن مورد نیاز بدن و دفع مواد زائد حاصل از واکنش های شیمیایی است.

تنفس عبارت از روندی است که طی آن مبادلات گازی بین اتمسفر و سلول های بدن انجام می گیرد و شامل دو مرحله است: ۱- تنفس خارجی و ۲- تنفس داخلی.

به طور کلی اهداف تنفس تامین اکسیژن برای بافت ها و خارج کردن دی اکسید کربن است. این عمل طی فرآیندهای زیر انجام می شود : تهویه ریوی – انتشار ریوی – انتقال گازها و تبادل مویرگی گازها می باشد.

تهویه ریوی ، شامل ورود و خروج هوا بین محیط و ریه ها تا سطح حبابچه ها است.

انتشار ریوی ، شامل تبادل گاز بین حبابچه ها و خون است.

انتقال گازها ، شامل حمل اکسیژن و دی اکسید کربن از طریق خون بسوی سلول ها و بالعکس می باشد.

تبادل مویرگی گازها یعنی تبادل گاز بین خون مویرگ و سلول ها می باشد.

دو فرآیند تهویه ریوی و انتشار ریوی ؛ تنفس خارجی می باشد. دو فرآیند انتقال و تبادل مویرگی بعنوان تنفس داخلی می باشند.

انتشار ریوی : تبادل گاز در ریه ها انتشار ریوی نامیده می شود ، که دو وظیفه مهم بعهده دارد : اکسیژن را که در بافت ها برای تولید انرژی مصرف می شود به خون تحویل می دهد و دی اکسید کربن را از خون سیاهرگی برگشتی تحویل می گیرد. این عملیات توسط مویرگ های ریوی صورت می پذیرد. این مویرگ ها شبکه متراکمی در اطراف کیسه های هوایی تشکیل می دهند. مویرگ های ریوی بحدی کوچک هستندکه درهر زمان فقط به یک گلبول قرمز اجازه عبور می دهند و اینجا مکانی است که انتشار ریوی رخ می دهد.

گردش خون ریه ها : شریان ریوی بعد از خروج از بطن راست به دو شاخه راست و چپ تقسیم که هرکدام به ریه مربوطه می روند.

تبادل گازها در حبابچه ها : اساس تبادل گازی در خلال انتشار ریوی ، شیب فشار است . اگر فشار گاز در هر دو طرف غشا برابر باشد گازهای طرفین غشا بحالت تعادل در می آیند و گازها جابجا نخواهند شد ولی در حالت طبیعی فشار دو طرف غشا برابرنیست. بنابراین اختلاف فشار گازهای تنفسی نه تنها تبادل گاز بین هوای حبابچه ها و خون مویرگی–ریوی را بانجام می رساند بلکه موجب تبادل گاز در سطح سلول نیز می شود.

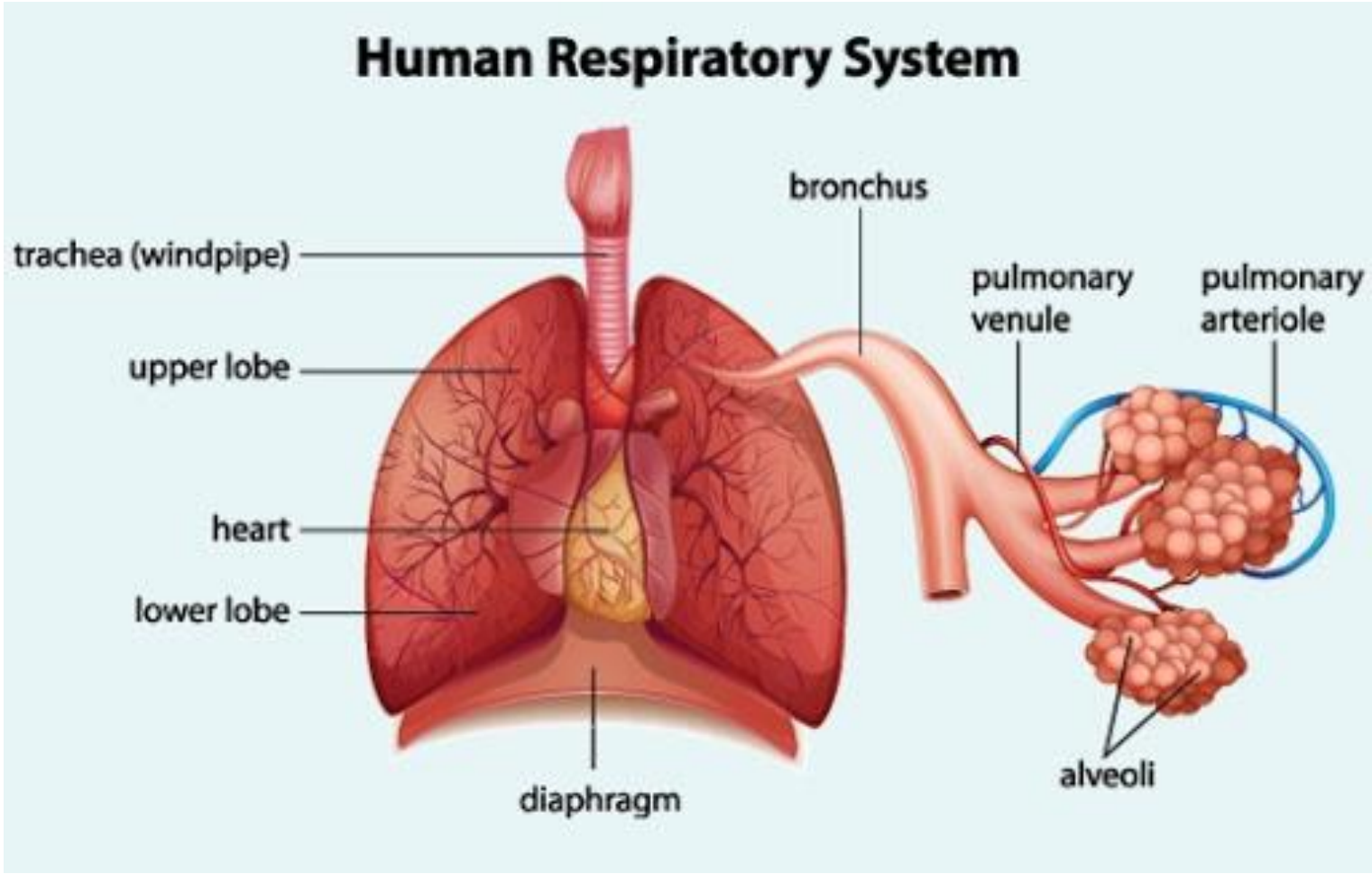
عوامل موثر بر میزان انتشار گازها از غشای تنفسی : میزان انتشار گازها از غشای تنفسی با ضخامت غشا نسبت عکس و با مساحت سطح غشا ، ضریب انتشار گاز در ماده ی غشا و اختلاف فشار بین دو سوی غشا نسبت مستقیم دارد. هر عاملی ضخامت غشا تنفسی را دو تا سه برابر طبیعی افزایش دهد میتواند اختلال در تبادلات گازی بوجود بیاورد. ضریب انتشار برای انتقال هر گاز از غشای تنفسی بستگی به قابلیت انحلال آن گاز در غشا داشته و نسبت عکس با مجذور وزن مولکولی گاز دارد. دی اکسید کربن بسیار آسانتر از اکسیژن از غشای تنفسی انتشار میابد؛ چون در مقایسه با اکسیژن قابلیت انحلال بیشتری دارد. دی اکسید کربن تقریبا ۲۰ برابر سریع تر از اکسیژن و دو برابر سریع تر از نیتروژن از غشا انتشار پیدا می کند. هرچه اختالف فشار گازها در دوسوی غشا تنفسی بیشتر باشد تمایل گاز برای انتشار از غشا تنفسی بیشتر می باشد. هنگامی که فشار گاز در حبابچه بیشتر از خون باشد ؛ انتشار از حبابچه به داخل خون انجام می شود (اکسیژن) اما هرگاه فشار گاز در خون بیشتر از فشار آن گاز در حبابچه باشد انتشار از خون به داخل حبابچه انجام می شود (دی اکسید کربن) .

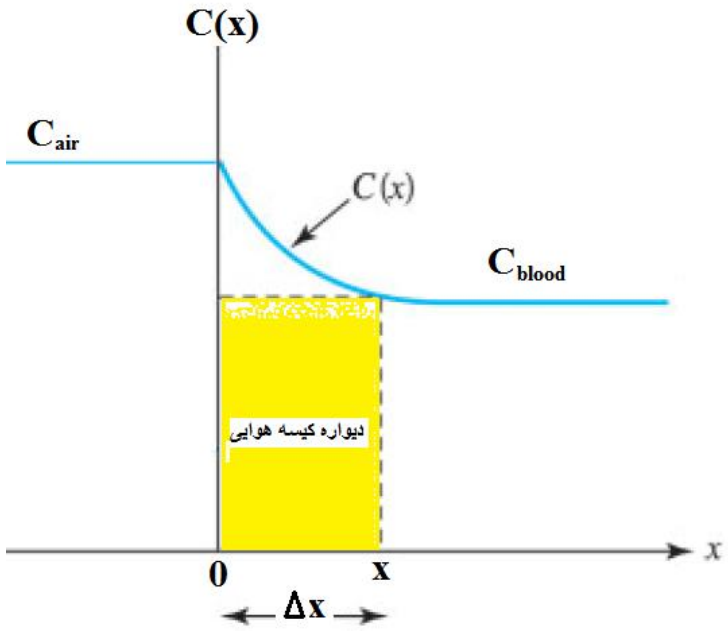
انتقال اکسیژن : حدود ۹۸ درصد اکسیژن بوسیله ترکیب با هموگلوبین گلبول های قرمز و در حدود ۲ درصد باقیمانده بصورت محلول در پلاسمای خون به بافت ها و سلول ها انتقال میابد.

اشباع شدن هموگلوبین : هر مولکول هموگلوبین می تواند چهار مولکول اکسیژن را با خود حمل کند. هنگامی که اکسیژن به هموگلوبین می پیوندد ؛ اکسی هموگلوبین تشکیل می شود. پیوند بین اکسیژن و هموگلوبین بستگی به فشار اکسیژن خون و میل ترکیبی بین هموگلوبین و اکسیژن دارد. عوامل زیادی در اشباع هموگلوبین تاثیر دارند . مثال اگر خون اسیدی شود تمایل اکسیژن برای جداشدن از هموگلوبین بیشتر می شود، این اتفاق در بافتهای فعال روی می دهد. اما در ریه ها حالت قلیایی بیشتر است ؛ بنابراین هموگلوبینی که از ریه ها عبور می کند میل ترکیبی زیادی با اکسیژن دارد و همین امر باعث اشباع زیاد آن از اکسیژن می شود. در هنگام فعالیت های ورزشی حالت اسیدی در عضالت افزایش اسیدی داریم که باعث میشود که اکسیژن بیشتری از هموگلوبین جدا شود.افزایش دما در عضله فعال در تجزیه اکسیژن از هموگلوبین موثر است ؛ بطوری که اکسیژن بیشتری از هموگلوبین جدا می شود تا نیاز عضله فعال را تامین کند.

منواکسید کربن و منواکسید نیتروژن: میل ترکیبی هموگلوبین خون که عامل انتقال اکسیژن به بافت های بدن است، با منواکسید کربن و منواکسید نیتروژن به ترتیب تقریبا ۲۰۰ و ۲۰ برابر بیشتر از میل ترکیبی آن با اکسیژن است. از این رو وجود این گازها در تنفس قادر است مقادیر زیادی از هموگلوبین را به کربوکسی هموگلوبین و نیتروکسی هموگلوبین که ترکیب های پایدار هستند تبدیل و مقدار هموگلوبین انتقال اکسیژن را کاهش دهد. این عامل باعث اختلال جزئی در برخی اعمال بدن مانند اثر بر سیستم اعصاب مرکزی ، اختلال در تشخیص زمان ؛ اختلال بینایی، تغییر در اعمال قلب ؛ تنفس ، خستگی ، خواب آلودگی ، حالت کما و مرگ می گردد.

ظرفیت خون در حمل اکسیژن : ظرفیت خون در حمل اکسیژن ، حداکثر مقدار اکسیژنی است که خون می تواند حمل کند. این ظرفیت در درجه اول بستگی به مقدار هموگلوبین خون دارد. هر ۱۰۰ میلی لیتر خون مردان بطور متوسط دارای ١٤ تا ١٨ گرم هموگلوبین دارد ودر زنان ١٢ تا ١٦ گرم است. هرگرم هموگلوبین می تواند با ١/٣٤ میلی لیتر اکسیژن ترکیب شود.، بنابراین ظرفیت خون در حمل اکسیژن تقریبا ١٦ تا ٢٤ میلی لیتر اکسیژن در هر ۱۰۰ میلی لیتر خونی است که کامال از اکسیژن اشباع شده است.





بنابراین انتقال اکسیژن از کیسه هوایی به خون و تحویل دی اکسید کربن از خون به داخل کیسه هوایی برای انتقال به اتمسفر بیرون به فشار و غلظت گازها در دو طرف دیواره ی کیسه های هوایی بستگی دارد و این عملیات از طریق فرایند نفوذ (diffusion) صورت می پذیرد. در طی این فرایند مولکول های اکسیژن از منطقه با غلظت بالا به منطقه با غلظت پایین می روند. بنابراین داریم:

$$Diffusion\ density: J_{diff} = D\frac{C(x) - C(x+\Delta x)}{\Delta x} \Rightarrow$$

$$J_{diff} = D\frac{dC(x)}{dx} \quad and \quad D = \lambda\sqrt{N}$$

در این رابطه D ضریب نفوذ، λ مسافت میانگین بین برخورد مولکول ها است که در هوا 10^{-7} و در بافت 10^{-11} متر است. N تعداد برخورد بین مولکول ها است که در هوا 10^{10} و در بافت 10^{12} متر است. بنابراین داریم:

$$Diffusion\ density: J_{diff} = -\lambda\sqrt{N}\frac{dC(x)}{dx}$$

مثال: اگر ضخامت دیواره ی کیسه هوایی در شخصی ۰/٤ میکرومتر و چگالی جریان انتقال اکسیژن در آن برابر J=1/r باشد، اختلاف غلظت اکسیژن در دو طرف کیسه جداره کیسه هوایی چقدر است؟

$$\lambda = 10^{-10}\ m,\ N = 10^{10}$$

$$\left.\begin{aligned} J_{diff} &= \frac{1}{r} \\ J_{diff} &= -\lambda\sqrt{N}\,\frac{dC(r)}{dr} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{1}{r} - \lambda\sqrt{N}\,\frac{dC(r)}{dr} \Rightarrow$$

$$-\int_{x_o}^{x}\frac{dr}{r} = \lambda\sqrt{N}\int_{C_1}^{C_2} dC(r) \Rightarrow -\ell n\left(\frac{x}{x_o}\right) = \lambda\sqrt{N}\left(C_2 - C_1\right) \Rightarrow$$

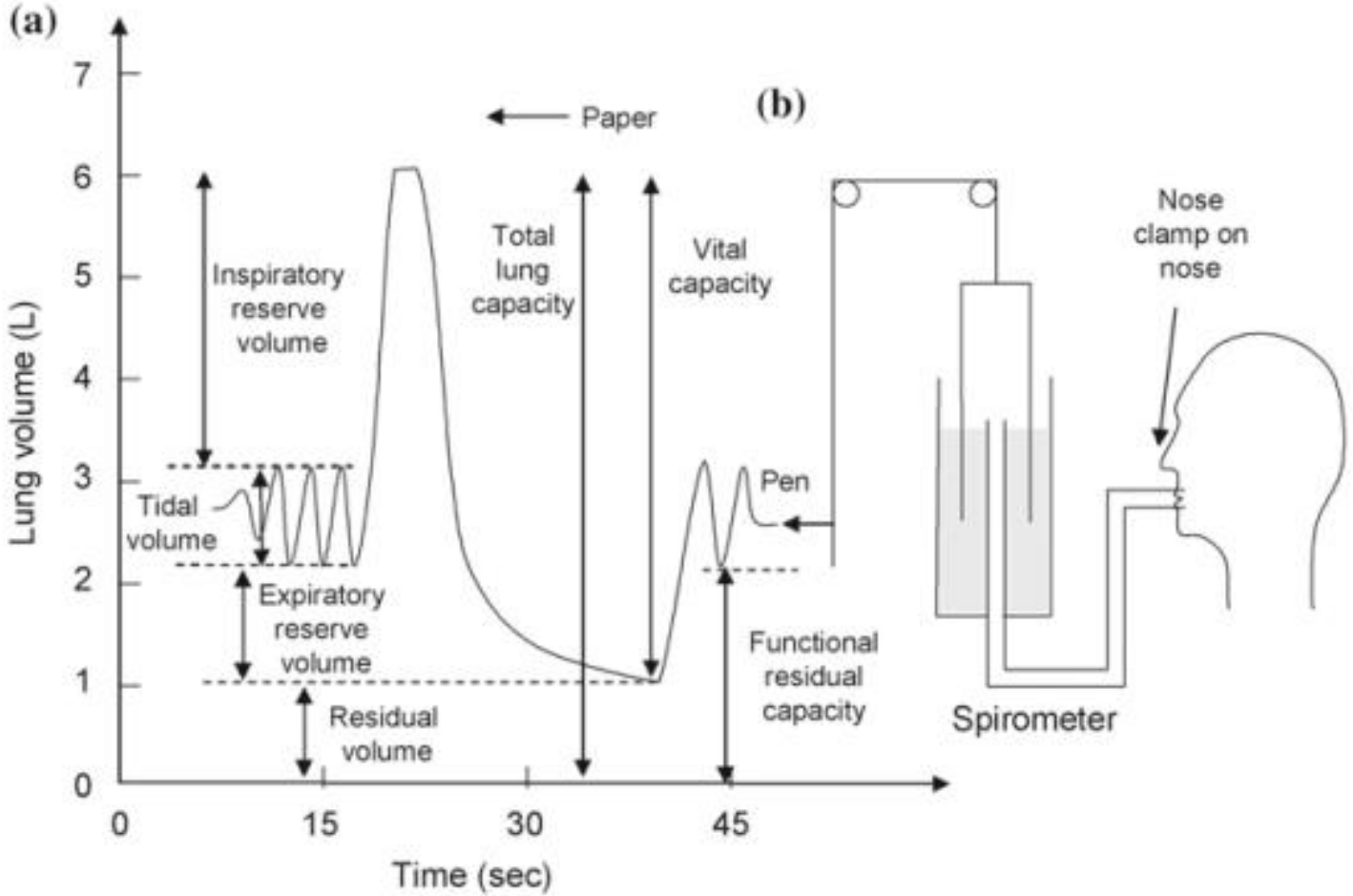
$$\Delta C = \left(C_2 - C_1\right) = -\frac{1}{\lambda\sqrt{N}}\,\ell n\left(\frac{x = 0.4\,x_o}{x_o}\right) = -\frac{1}{10^{-10}\sqrt{10^{10}}}\,\ell n\left(0.4\right) \Rightarrow$$

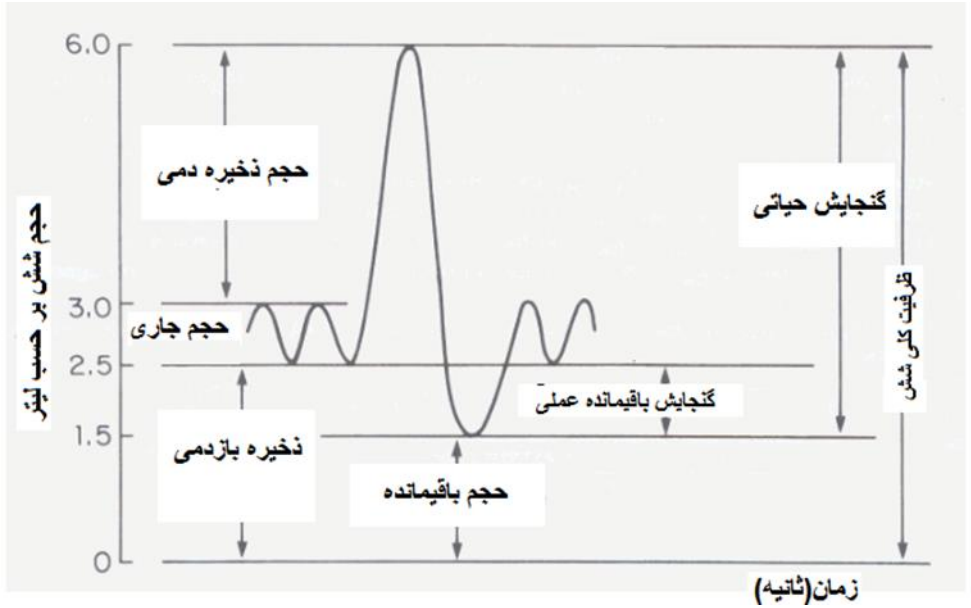
$$\Delta C = 0.917\ atm$$

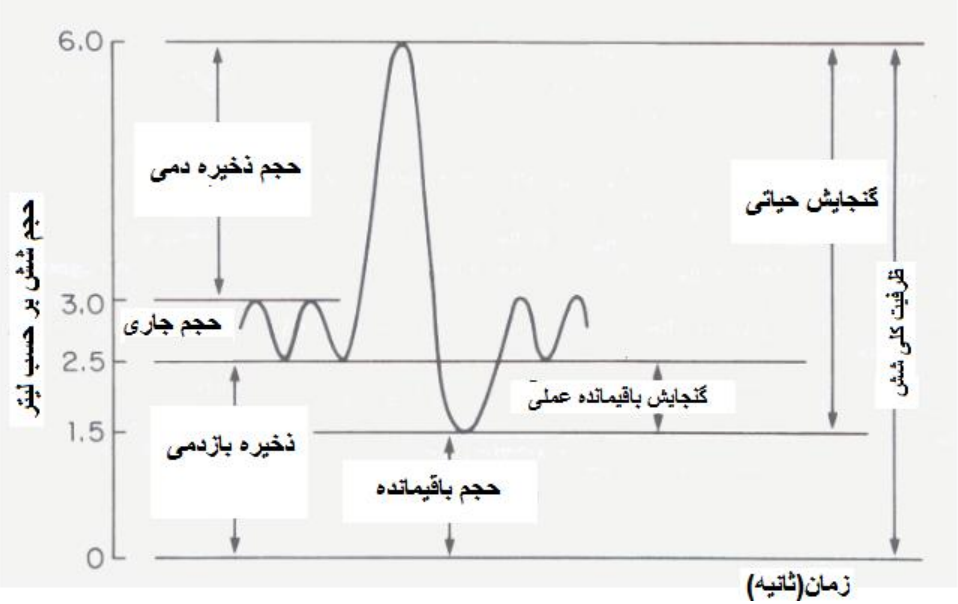
اندازه گیری حجم ها و ظرفیت های تنفسی (اسپیرومتری -spirometry):

با اسپیرومتر حجم هوایی را که در شرایط مختلف به درون ریه وارد و یا از ریه خارج می شود می توان اندازه گیری نمود. اسپیرومتر شامل یک استوانه دو جداره است که بین دو جدار آن آب می ریزند و یک سرپوش استوانه شکل سبک به طور معکوس روی آن قرار گرفته و در آب غوطه ور است و توسط زنجیری که از روی یک قرقره می گذرد به قلم ثبات منتهی می گردد و قلم منحنی های تنفسی را بر روی کاغذ مخصوصی که به دور کیموگراف پیچیده ثبت می نماید.

در داخل اسپیرومتر مخلوطی از گازهای قابل استنشاق (هوا یا اکسیژن) وجود دارد.دو لوله خرطومی از اسپیرومتر خارج می شود و به یک دهانه ۳ طرفی ختم می گردد در وسط این دهانه سه طرفه قطعه دهانی قرار می گیرد و در هنگام دم هوای داخل اسپیرومتر از طریق یکی از لوله های خرطومی (لوله دمی) به داخل ریه ها وارد می شود و هوای بازدمی از طریق لوله خرطومی دیگر (لوله بازدمی) به داخل اسپیرومتر برمی گردد ,با هر دم و بازدم سرپوش بالا و پایین می رود و منحنی های تنفسی را روی استوانه ثبات توسط قلم مخصوص رسم می کند یک دما سنج در محل خروج لوله دمی از استوانه اسپیرومتر قرار دارد که درجه حرارت هوای داخل اسپیرومتر را نشان می دهد.باید دانست که در داخل محفظه و در مسیر هوای بازدمی ظرفی محتوی آهک سود دار قرار دارد که موجب جذب CO_2 هوای بازدمی می شود.


(a)
(b)
Lung volume (L)
Time (sec)
Paper
Inspiratory reserve volume
Total lung capacity
Vital capacity
Tidal volume
Expiratory reserve volume
Residual volume
Functional residual capacity
Pen
Nose clamp on nose
Spirometer


حجم شش بر حسب لیتر
حجم ذخیره دمی
حجم جاری
ذخیره بازدمی
حجم باقیمانده
گنجایش باقیمانده عملی
گنجایش حیاتی
ظرفیت کلی شش
زمان(ثانیه)



تعریف حجم های ریوی:

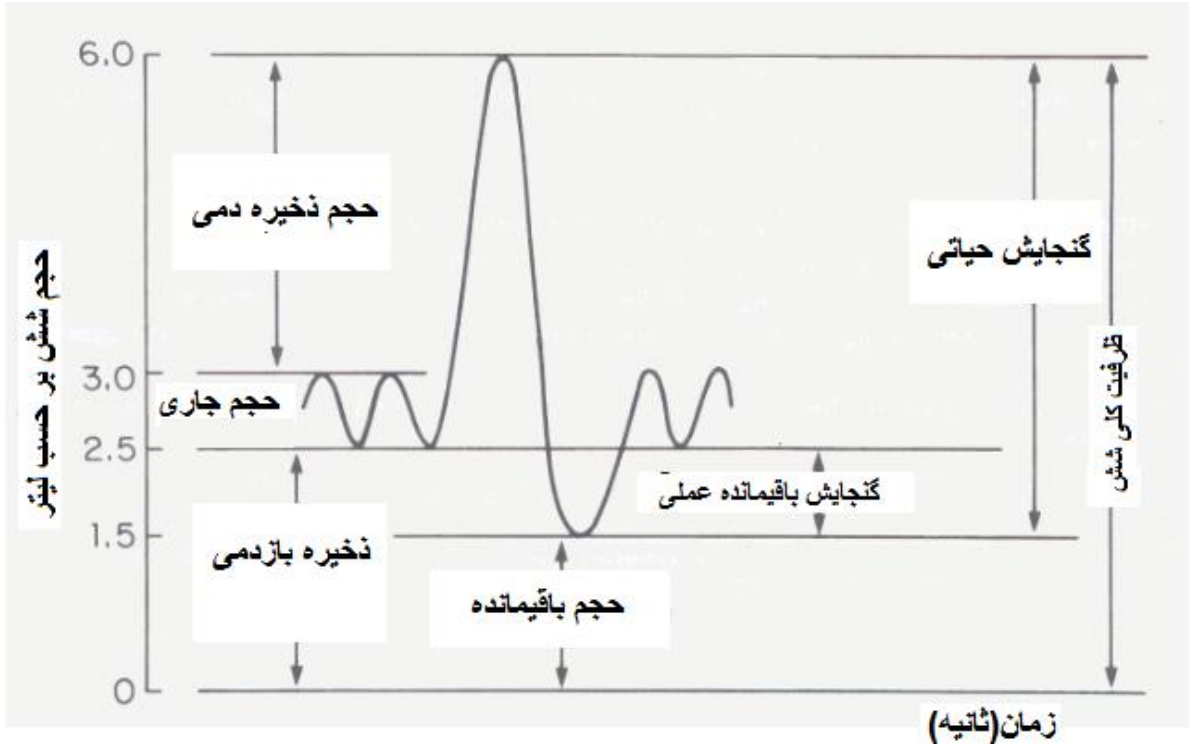
۱–حجم جاری یا هوای جاری (Tidal Volume):

مقدار هوایی است که در جریان یک دم یا بازدم عادی وارد ریه ها یا از آن خارج می شود و مقدار آن برابر با ۵۰۰ سانتی متر مکعب است. برای اندازه گیری حجم هوای جاری از شخص مورد آزمایش خواسته می شود که به طور عادی نفس نماید. با بالا و پایین آمدن سرپوش روی استوانه اسپیرومتر منحنی هوای جاری به وسیله قلم روی کاغذ مدرج رسم می شود . به طوری که شاخه بالارو منحنی نمایش دهنده ی دم و شاخه پایین رو آن مشخص کننده بازدم است.

۲–حجم ذخیره دمی (Inspiratory Reserve Volume=I.R.V):

حداکثر هوایی است که در پایان یک دم عادی می توان با یک دم عمیق وارد ریه کرد و مقدار آن حدود ۳ لیتر است.برای اندازه گیری حجم ذخیره دمی از شخص مورد آزمایش خواسته می شود که پس از یک دم عادی یک دم عمیق انجام بدهد. مشاهده می شود که دامنه منحنی به علت تنفس هوای اضافی افزایش می یابد که مقدار نرمال آن حدود ۳۰۰۰ میلی لیتر است.

۳-حجم ذخیره بازدمی(Expiratory Reserve Volume=E.R.V):



حداکثر هوایی است که در پایان یک بازدم عادی می توان با یک بازدم عمیق از ریه ها خارج کرد و مقدار طبیعی آن ۱۱۰۰ میلی لیتر است ولی می تواند بین (۱۵۰۰-۱۰۰۰) متغیر باشد. برای اندازه گیری حجم ذخیره بازدمی از شخص مود آزمایش خواسته می شود که بعد از بازدم عادی یک بازدم عمیق انجام دهد. در این حالت دامنه منحنی از حد دامنه ی هوای جاری در مرحله بازدم عادی پایین تر میرود که مقدار آن حدود ۱۱۰۰ میلی لیتر خواهد بود.

٤-هوای باقیمانده(RV–Residual Volume):

مقدار هوایی است که پس از یک بازدم عمیق در شش می ماند و موجود نمی تواند آن را از شش ها خارج نماید ولی تعویض می شود و اندازه آن ۱/۲ لیتر است.

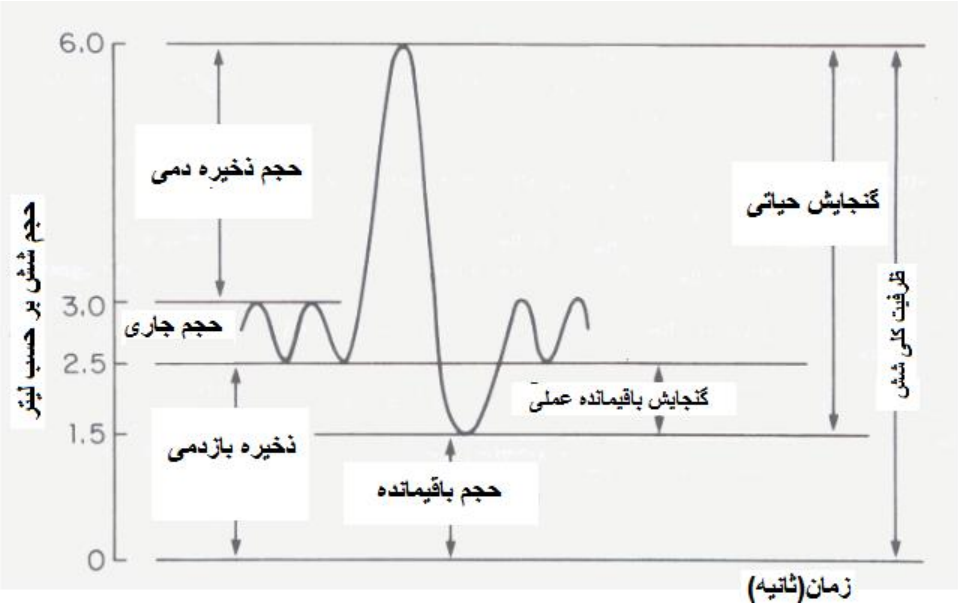
۵- **ظرفیت ششی**:مجموع چند حجم ریوی را ظرفیت ششی می نامند.

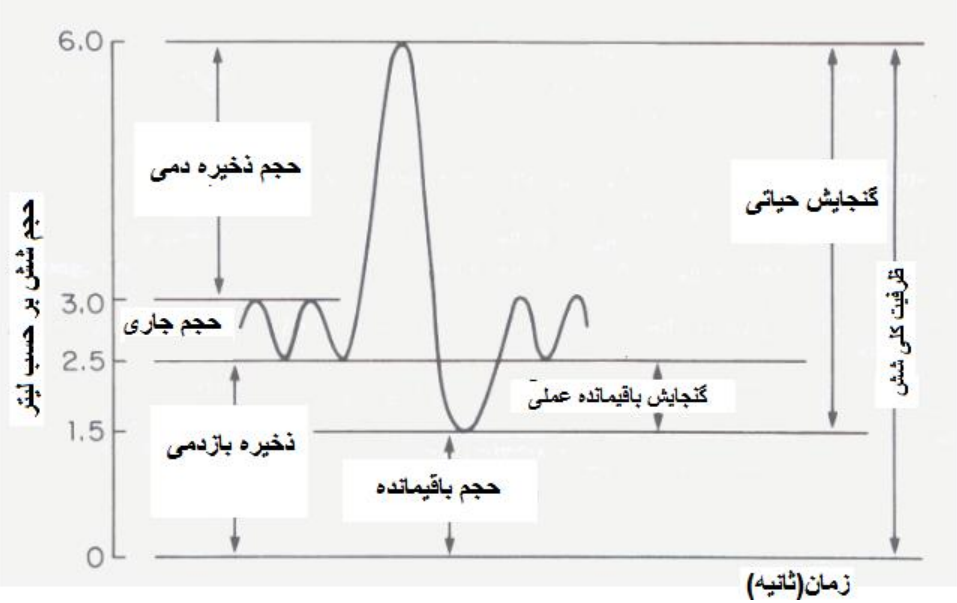
٦- **ظرفیت حیاتی(Vital Capacity=VC)**:

مقدار هوایی است که با یک دم عمیق وارد ریه ها شده و با یک بازدم عمیق از ریه ها خارج می شود یا به عبارتی دیگر حداکثر هوایی که پس از یک دم عمیق می توان با یک بازدم عمیق از ریه ها خارج کرد ظرفیت حیاتی شش ها نامند و مقدار آن برابر با مجموع حجم جاری ,حجم ذخیره دمی و حجم ذخیره بازدمی است.

۷- **ظرفیت کل ریوی (Total Lung Capacity=T.L.C)**:

حداکثر هوایی است که پس از یک دم عمیق در ریه ها وجود دارد و مقدار آن برابر با مجموع ظرفیت حیاتی و حجم باقیمانده است و در یک مرد بالغ حدود ۵۸۰۰ سانتی متر مکعب است.





۸- ظرفیت باقیمانده عملی (Functional Residual Capacity=F.R.C):

مقدار هوایی است که در پایان یک بازدم عادی در ریه ها باقی می ماند و عبارتست از مجموع ذخیره بازدمی و حجم باقی مانده است.مقدار طبیعی آن حدود ۲۳۰۰ میلی لیتر است.

ظرفیت حیاتی با قد , سن و جنس شخص بستگی دارد .هرچه شخص بلند قد تر باشد ظرفیت حیاتی او نیز بیشتر و هرچه سن بیشتر باشد ظرفیت حیاتی کمتر است.ظرفیت های حیاتی افراد با گروه های سنی مختلف و قدهای مختلف برای مردها و زنها به طور جداگانه در جداولی منظور شده است که میزان ظرفیت حیاتی به دست آمده از طریق اسپیرومتری را با این مقادیر که به نام مقادیر پیش بینی شده ظرفیت حیاتی است مقایسه می نمایند.

۹- ظرفیت دمی (Inspiratory Capacity=IC):

حداکثر هوایی است که پس از یک بازدم عادی می توان وارد ریه ها کرد و برابر با مجموع حجم جاری و حجم ذخیره دمی است.

مثال: در یک مرد ۲۵ ساله با قد ۱۸۰ سانتی متر میزان ظرفیت حیاتی پیش بینی شدخ در جدول برابر با ۵۶۲۵ mlاست و هرگاه ظرفیت حیاتی به دست آمده از این شخص برابر با ۵۱۰۰ mlباشد در این صورت می توان مقدار درصد آن را نسبت به حد طبیعی با تناسب به دست آورد.

۵۶۲۵	۱۰۰
۱۰۰	x

x=٪۹۰/۶

یعنی ظرفیت حیاتی شخص مورد آزمایش ۹/٤ درصد از حد طبیعی کمتر است ولی مقدار ظرفیت حیاتی در افراد می تواند ۲۰±۱۰۰ متغیر باشد بنابراین می توان نتیجه گرفت که ظرفیت حیاتی شخص طبیعی است.

فصل ۵- موج و صوت در پزشکی- فیزیک شنوایی:

موج: موج عبارت است از آشفتگی یا برهم خوردن تعادل محیط به صورت منظم یا نامنظم، و راهی برای انتقال انـرژی اسـت. به عبارت دیگر هر کمیت فیزیکی که نسبت به زمان و مکان تغییر یابد را موج می نامیم.

امواج دو دسته اند؛ مکانیکی و الکترومغناطیسی.

امواج مکانیکی

این امواج از تغییر مکان قسمتی از محیط کشسان نسبت به وضعیت تعادل خود ناشی می شوند که این امر به نوبـه خـود سبب نوسان محیط می گردد. برای ایجاد و انتقال این امواج وجود محیط مادی (جامدات، مایعات، گازها) ضروری است. این امواج به شکل های مختلف ایجاد و منتشر می‌گردند؛ سه شکل عمده آن عرضی، طولی و پیچشی می باشد.

۱- موج عرضی

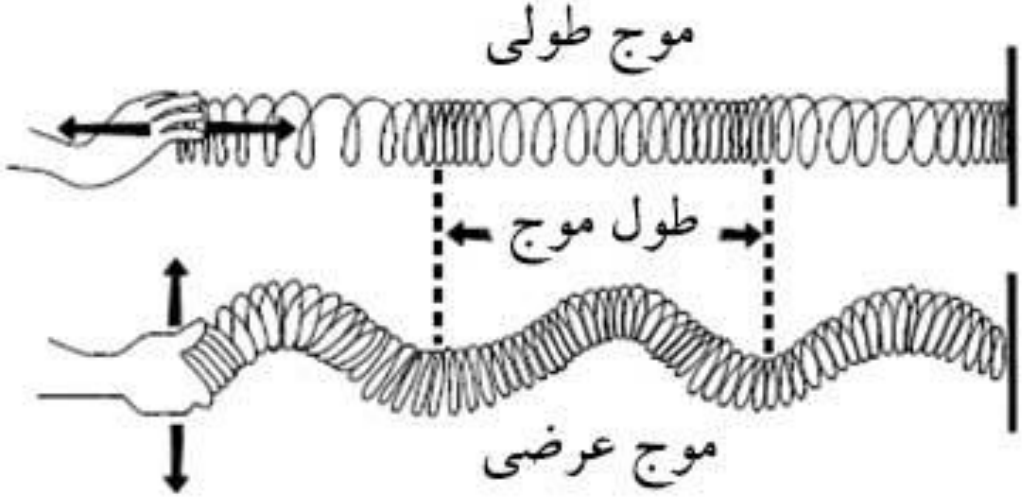
اگر حرکت ذرات ماده ی حامل موج بر راستای انتشار موج عمود باشد، موج را عرضی گویند؛ امواج آب از این دسته اند.

۲- موج طولی

اگر حرکت ذرات ماده ی حامل موج در راستای انتشار موج باشد، موج را طولی گویند؛ امواج صوتی از این دسته اند.

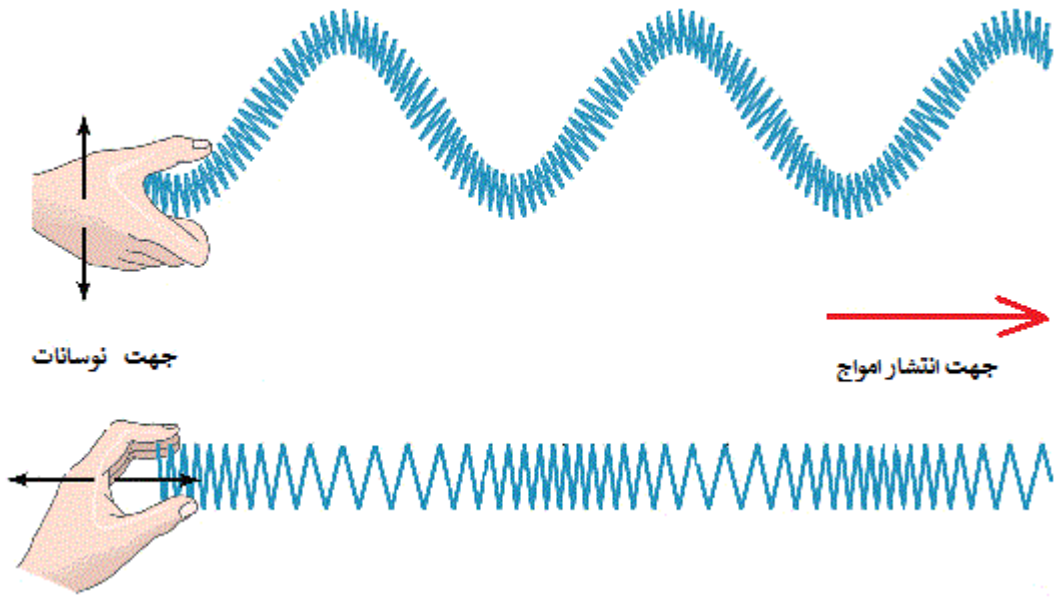
۳- موج پیچشی

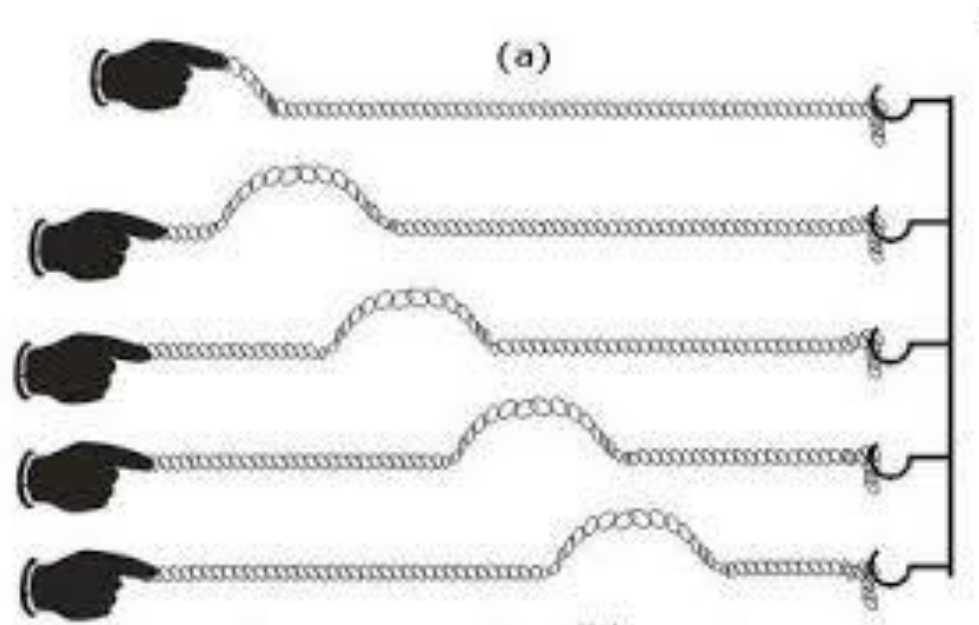
این امواج ترکیبی از دو شکل عرضی و طولی بوده و در محیط های مخصوصی قابل تولید و انتشار می باشـند؛ مـثلاً اگـر همزمان انتهای یک فنر را در دو جهت عمودی و افقی به نوسان درآوریم این موج ایجاد می شود.



نوسان در موج طولی در جهت محور انتشار موج صورت می گیرد.

نوسان در موج عرضی در جهت عمود بر محور انتشار موج صورت می گیرد.





صوت را نمی توان به فواصل دور(بین دو شهر) توسط آمپلی فایر و بلندگو منتقل کرد زیرا

الف- تلفات توان و ولتاژ زیاد است.

ب- به سبب طولانی بودن سیستم آسیب پذیرتر است.

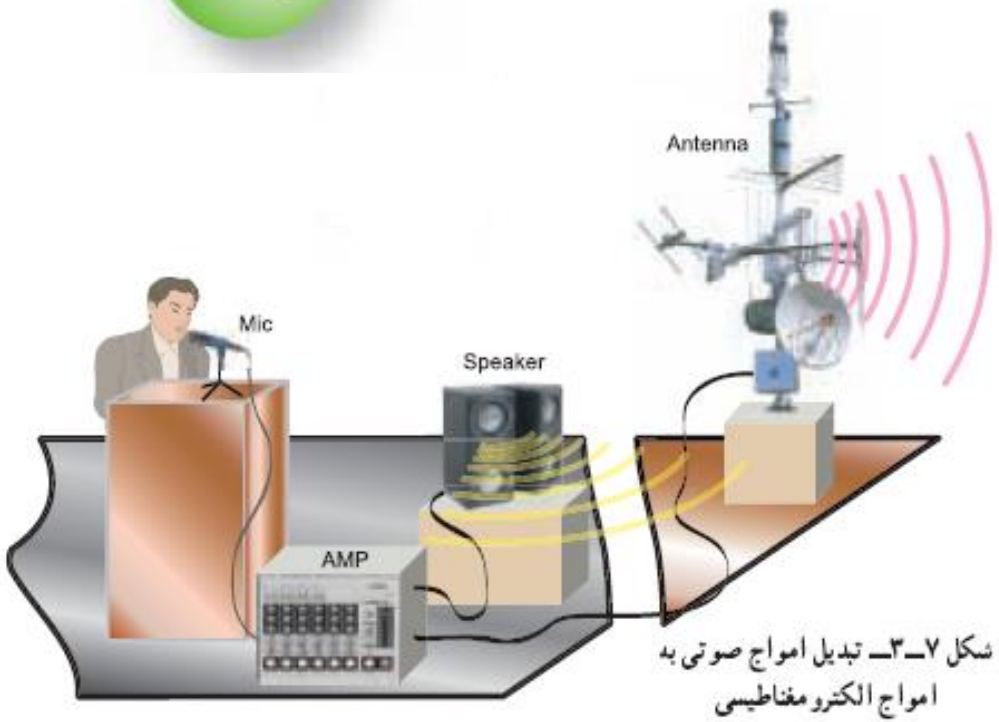
ج- هزینه نصب و راه اندازی ، تعمیر و نگهداری زیاد است.

د- پیام نمی تواند محرمانه باقی بماند.

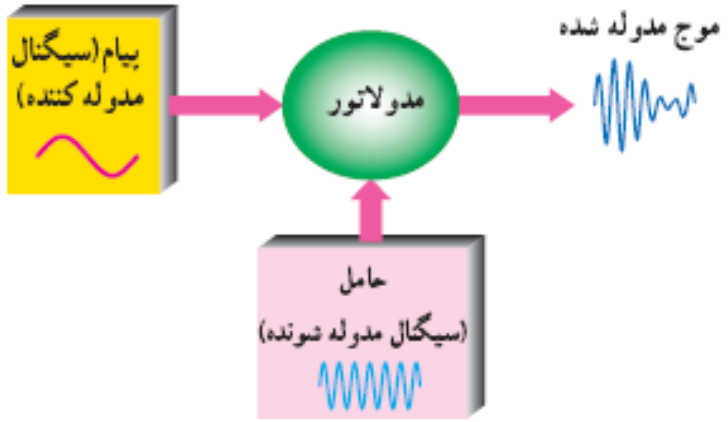
نکته: اگر صوت مستقیما" در فضا پخش شود موجب آلودگی صوتی می شود.

انتقال سیگنال صوتی به فواصل دور توسط امواج الکترومغناطیسی

به نظر می رسد ساده ترین روش برای انتقال امواج صوتی ، تبدیل این امواج به امواج الکترومغناطیسی می باشد و آنها را توسط آنتن منتشر کرد.



شکل ۷ــ۳ــ تبدیل امواج صوتی به امواج الکترومغناطیسی



شکل ۹ــ۳ــ بلوک دیاگرام نحوه‌ی انجام مدولاسیون

اگر سیگنال صوتی را بتوان روی یک وسیله نقلیه سوار کرد(امواج الکترومغناطیس) و در فضا منتشر کرد اشکال روش ارسال مستقیم حل می شود.به ابن روش مدولاسیون (Modulation) گویند.

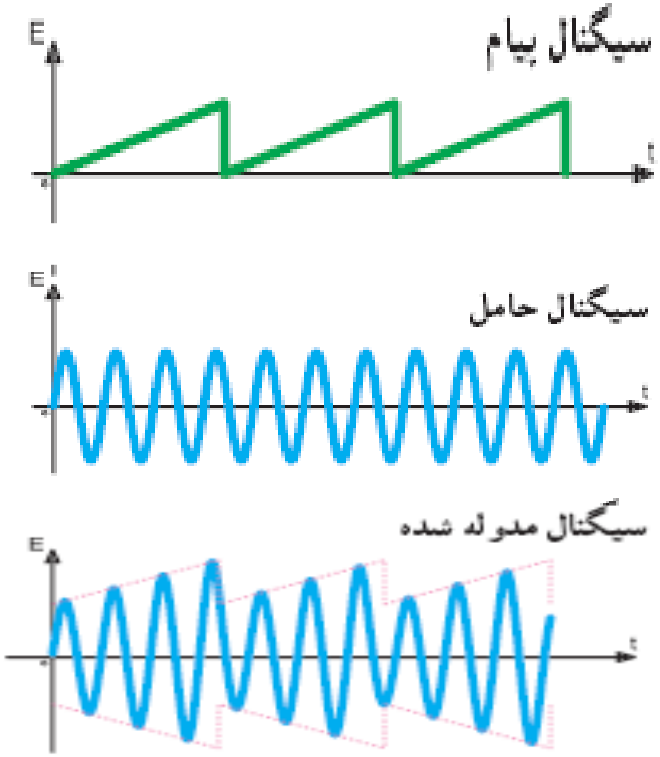
. Modulating signal: سیگنال پیام را سیگنال مدوله کننده گویند.

Modulation signal: سیگنالی که پیام روی آن سوار می شود را سیگنال حامل carrier یا سیگنال مدوله شونده گویند.

Modulator: به مدار یا دستگاهی که عمل مدولاسیون را انجام می دهد مدولاتور گویند.

مدولاسیون

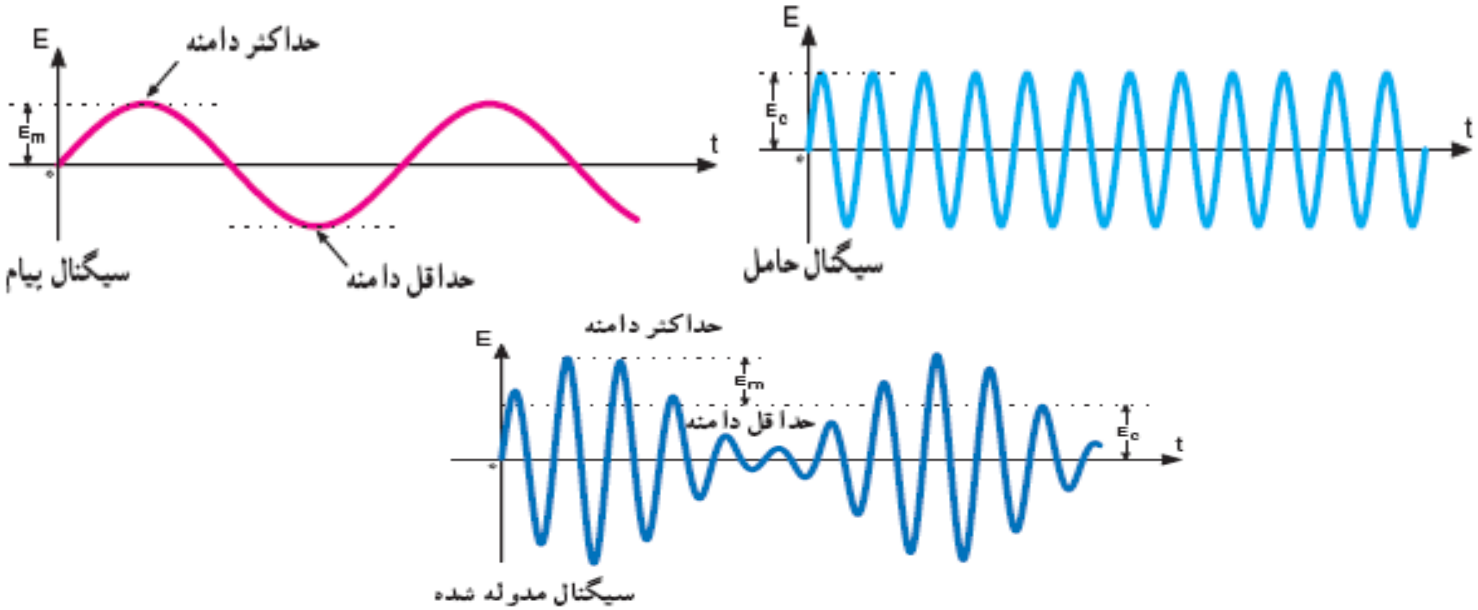
مدولاسیون عبارت است کنترل یکی از مشخصه های اصلی حامل توسط پیام به طوریکه گیرنده بتواند اطلاعات ارسالی را مجددا" بازسازی کند. چون سیگنال حامل سینوسی می باشد لذا می توان سه مشخصه دامنه ، فرکانس و فاز را با سیگنال پیام تغییر داد، پس سه نوع مدولاسیون دامنه، فرکانس و فاز وجود دارد.



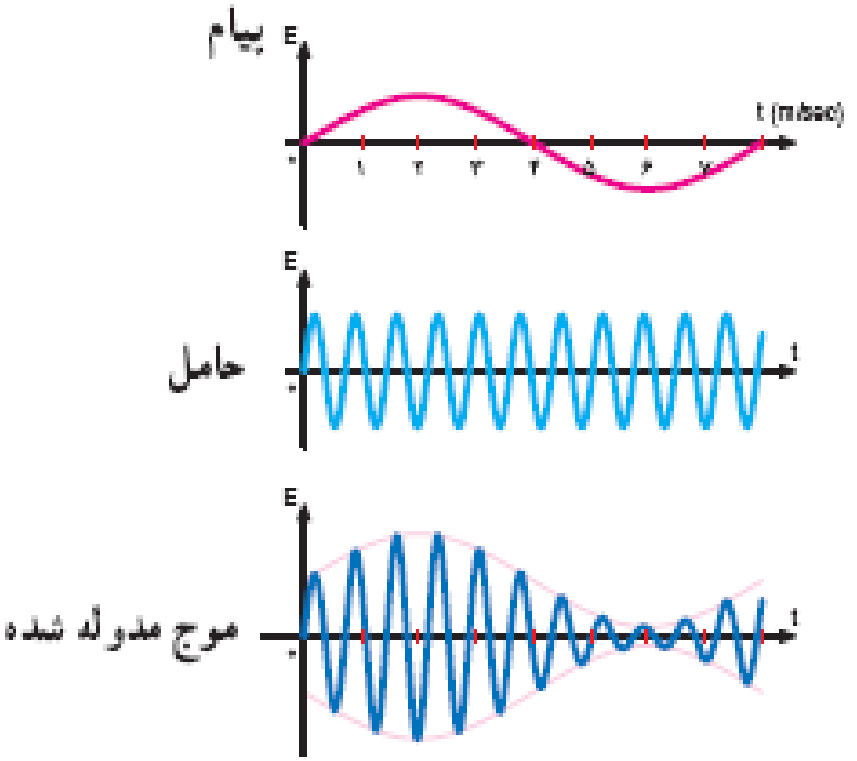
مدولاسیون دامنه Amplitude Modulation

در مدولاسیون دامنه فرکانس ثابت بوده و دامنه آن متناسب با دامنه پیام تغییر می کند.

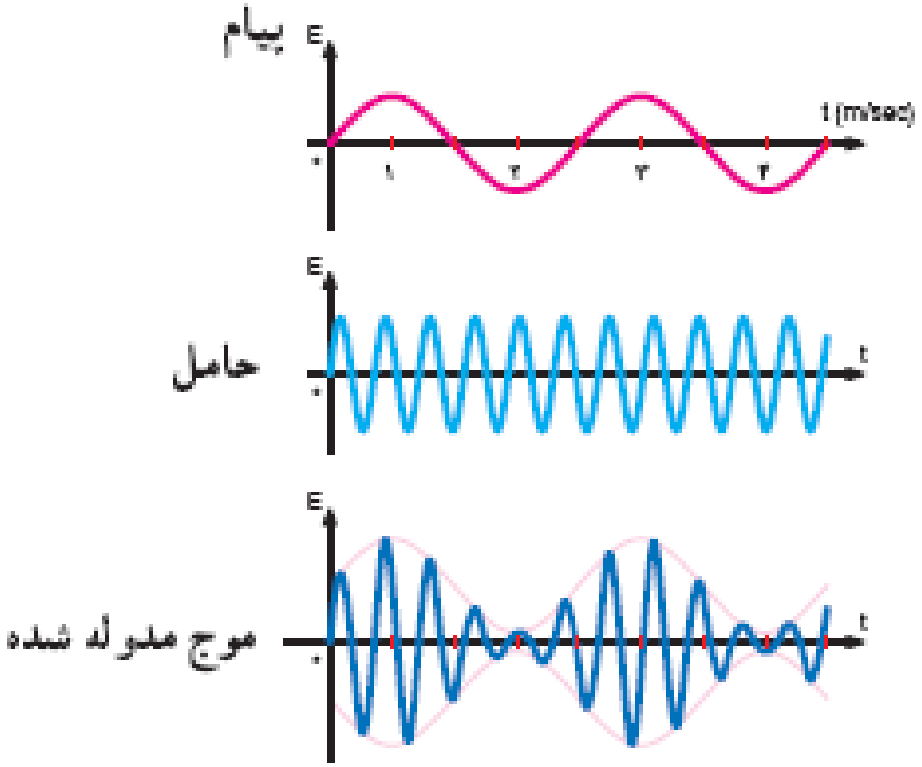
مدولاسیون دامنه را مدولاسیون AM گویند.



نکته: سرعت تغییرات دامنه حامل بستگی به فرکانس پیام دارد.

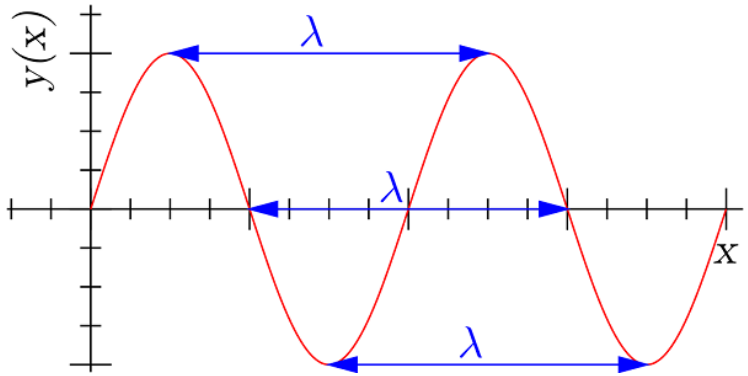


الف) فرکانس پیام ۱۲۵ هرتز



ب) فرکانس پیام ۲۵۰ هرتز

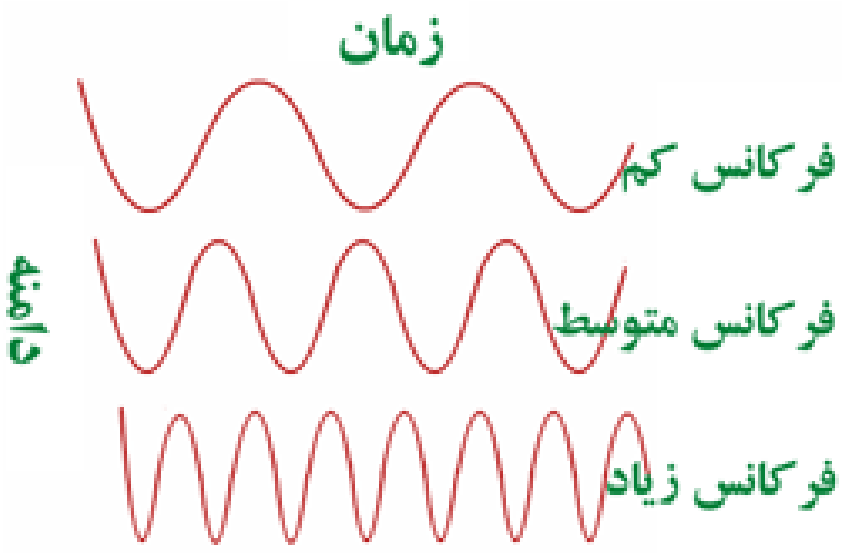
صوت

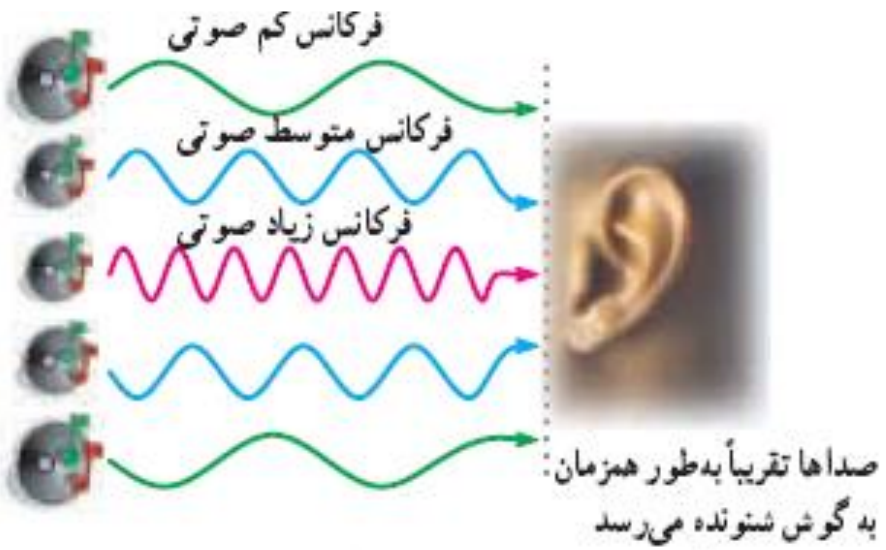


صوت شکلی از انرژی است که توسط مکانیسم شنوایی قابل تشخیص است. امواج صوتی شکلی از امواج مکانیکی طولی هستند که عموماً در هوا منتشر شده و در برخورد با گوش انسان احساس شنیدن را ایجاد می کنند.

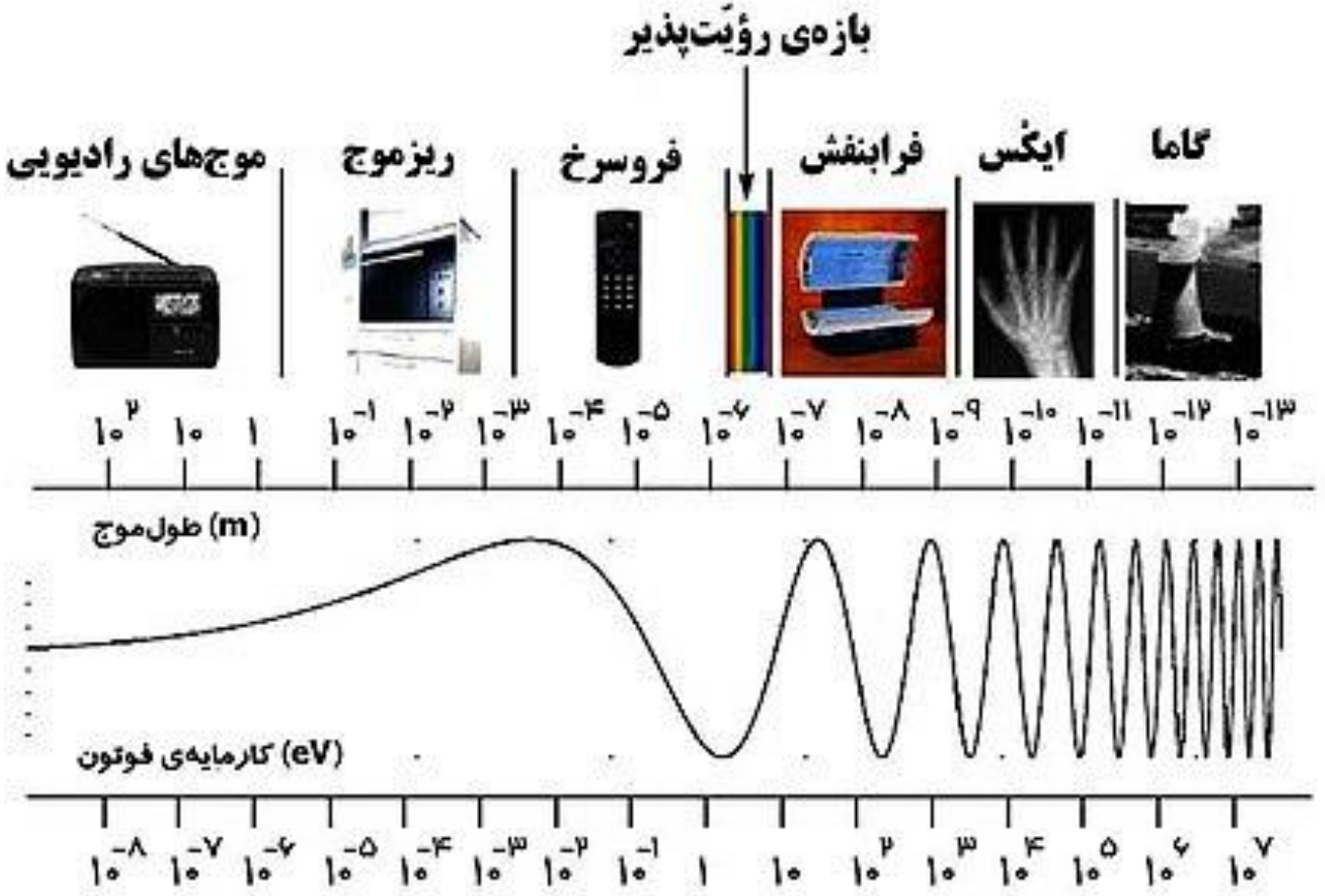
تولید صوت

نوسان ممتد یک محیط الاستیک (کشسان)، می تواند باعث ارتعاش ملکول های هوای مجاور و تغییر مداوم فشار هوا گردد و موج ایجاد شود. این موج به صورت طولی در هوا منتشر شده و در محدوده معینی از نظر فرکانس و دامنه برای انسان قابل درک است و به آن صوت می گویند. به عبارت دیگر در اثر نوسانات و تغییرات متناوب در گازها، صوت ایجاد می‌شود. مدت زمان، فرکانس و شدت صوت، عواملی هستند که باعث می شوند صدا توسط مکانیسم شنوایی شنیده شود. محدوده فرکانس قابل درک برای انسان بین ۱۶ تا ۲۰۰۰۰ هرتز (HZ) است. امواج خارج از این محدوده فرکانس را مادون صوت و ماورای صوت می‌نامند.

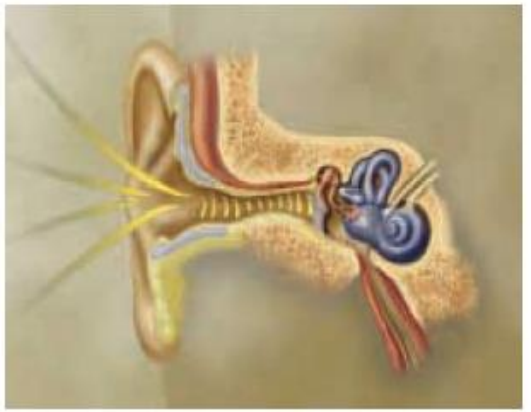




شکل ۱ــ۳ــ امواج صوتی با فرکانس‌های مختلف



شکل ۲ــ۳ــ نحوه‌ی انتشار صوت در هوا



شکل ۳ــ۳ــ نحوه‌ی برخورد ملکول‌های هوا به پرده‌ی گوش انسان

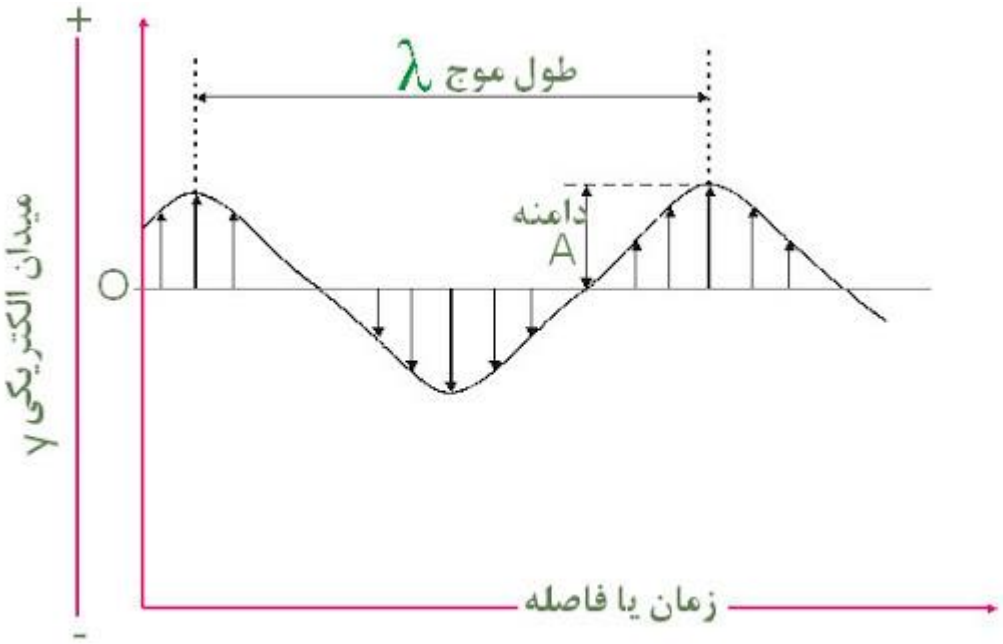
کمیت های صوتی:

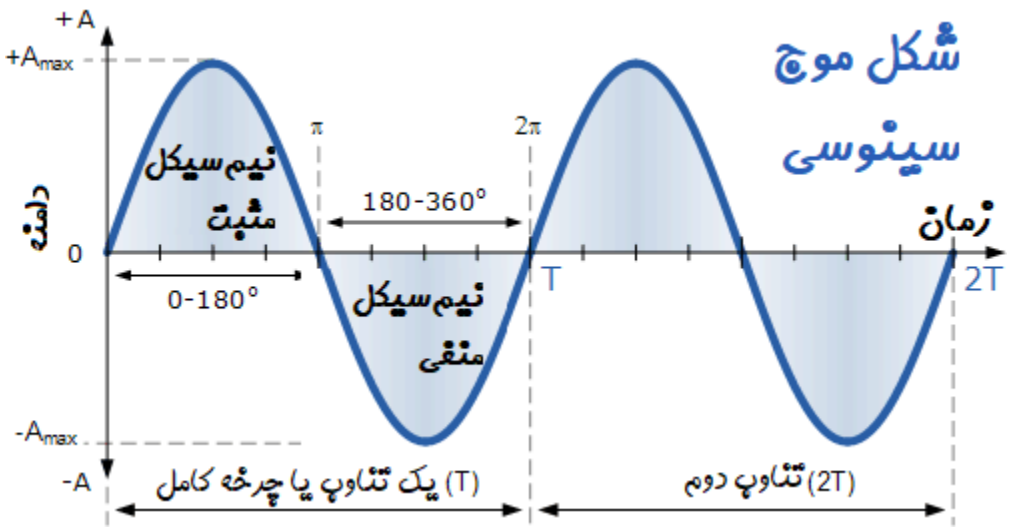
۱- دامنه: فاصله ی بین دو نقطه ی بیشینه و کمینه از نقاط هم فشار در امواج صوتی است.

۲- فرکانس یا بسامد: تعداد نوسانات کامل امواج در یک ثانیه که از یک نقطه ی معین عبور می کند. فرکانس مکالمه انسان بین ۵۰۰ الی ۴۰۰۰ هرتز قرار دارد.

مثلا فرکانس ۱ کیلو هرتز یعنی ۱۰۰۰ موج در ثانیه از یک نقطه عبور نمایند.

۳- طول موج: عبارتست از فاصله ی بین دو نقطه ی همانند در یک موج تکرار شونده.





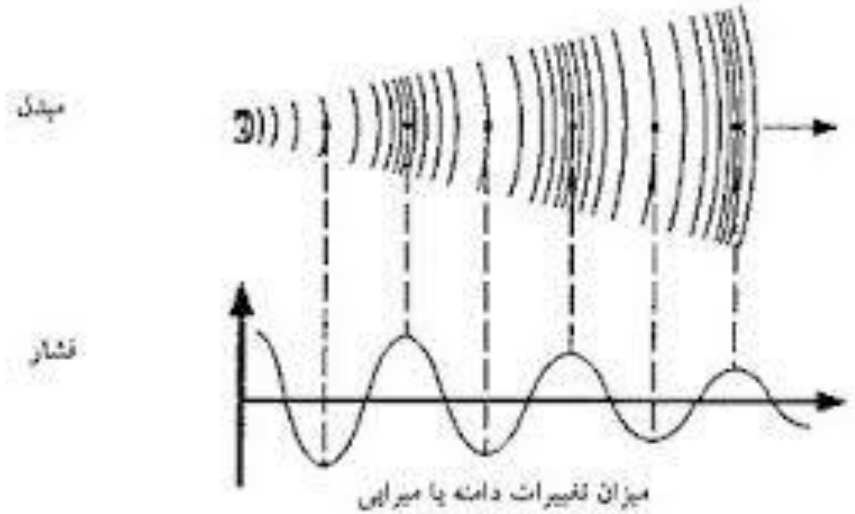
٤- سرعت صوت: مسافتی است که در مدت ۱ ثانیه توسط صوت پیموده می شود. این سرعت به دما، رطوبت، تراکم محیط و ... بستگی دارد. صوت در محیط های گازی و مایع و جامد منتشر می شود. سرعت صوت در هوا در صفر درجه ۳۳۱/۵ متر بر ثانیه است و در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد ۳٤۳ متر بر ثانیه می باشد.

توجه: انتشار موج مکانیکی مانند صوت نیاز به محیط مادی دارد.

وابستگی دمایی سرعت صوت: $V = 331.5 + 0.6 \times T_{(C^o)}$

وابستگی سرعت صوت به طول موج و فرکانس: $\lambda = \frac{V}{f}$

توجه: در یک فرکانس ثابت، دامنه موج کم شود، صدا آهسته تر شنیده می شود.



کمیت های اندازه‌گیری صوت

۱. کمیات فیزیکی (یا مطلق): فشار، شدت، و توان صوت

۲. کمیات لگاریتمی (یا تراز): تراز فشار، تراز شدت و تراز توان صوت

توان صوت

توان صوت برحسب وات (W)، مقدار انرژی صوتی است که در واحد زمان از منبع صوتی خارج شده است.

$$W = \frac{Work}{Time} = \frac{Force \times Dis\tan ce}{Time} \quad \left(\frac{N.m}{\sec}\right)$$

فشار: تراکم یا انبساط محیط که توسط صوت ایجاد شده است و نسبت نیرو به سطح می باشد. $P = \frac{\vec{F}}{A}$, $1atm = 1bar = 10^5\ pa$

شدت صوت: شدت صوت برحسب $\frac{W}{m^2}$ ، مقدار انرژی صوتی است که در واحد زمان از واحد سطح می گذرد؛ سطح مذکور عمود بر راستای انتشار موج صوتی است.

سرعت صدا در مواد مختلف

جنس	سرعت (m/s)	جنس	سرعت (m/s)
فولاد	۶۱۰۰	بتن	۳۲۳۱
آلومینیوم	۴۸۷۷	آب	۱۴۳۳
آجر	۴۱۷۶	سرب	۱۱۵۸
چوب	۳۹۶۲	چوب پنبه	۳۶۶
شیشه	۳۹۶۲	هوا	۳۴۴
مس	۳۹۰۱	لاستیک	۱۵۰
برنج	۳۴۷۵	الماس	۱۲۰۰۰

واحد	سرعت صوت	محیط انتشار صوت
m/sec	۳۳۱	هوای صفر درجه سانتی گراد
m/sec	۳۴۳	هوا در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد
m/sec	۱۴۹۸	آب در دمای ۲۵ درجه‌ی سانتی گراد
m/sec	۶۰۰۰ تا ۵۰۰۰	آهن

شدت صوت مبنا

کمترین شدت صوتی که برای گوش قابل درک باشد برابر $10^{-12}\frac{W}{m^2}$ است که به آن شدت صوت مبنا گویند. بیشترین شدت صوتی که گوش انسان بدون درد قادر به تحمل آن است $100\frac{W}{m^2}$ می‌باشد.

فشار صوت

فشار صوت بر حسب پاسکال $pa=\left(\frac{W}{m^2}\right)$ در سیستم M.K.S و میکروبار $\mu bar\left(\frac{din}{cm^2}\right)$ در سیستم C.G.S است.

فشار مبنا

کمترین فشار صوتی که می تواند گوش انسان را تحریک کند $2\times10^{-4}\,\mu bar=2\times10^{-5}\,pa$ است که به آن فشار مبنا می‌گویند.

بیشترین فشاری که گوش می‌تواند آن را بدون درد احساس کند، ۲۰۰ پاسکال یا ۲۰۰۰ میکروبار است.

آستانه شنوایی

ضعیف ترین صدایی که گوش انسان می تواند آن را بشنود آستانه شنوایی گوش می نامند. یا به عبارتی گوش انسان به طور طبیعی قادر به درک امواج صوتی با حداقل دامنه فشار ۲۰ میکروپاسکال است که آن را آستانه شنوایی می‌نامند.

عدد موج: عدد موج برابر اختلاف فاز دو نقطه‌ی محیط است که به فاصله‌ی یک متر از یک‌دیگر و در یک جهت انتشار موج‌اند.

یکای عدد موج $\frac{rad}{m}$ (رادیان بر متر) است. برای محاسبه‌ی عدد موج از رابطه‌ی زیر استفاده می‌کنیم:

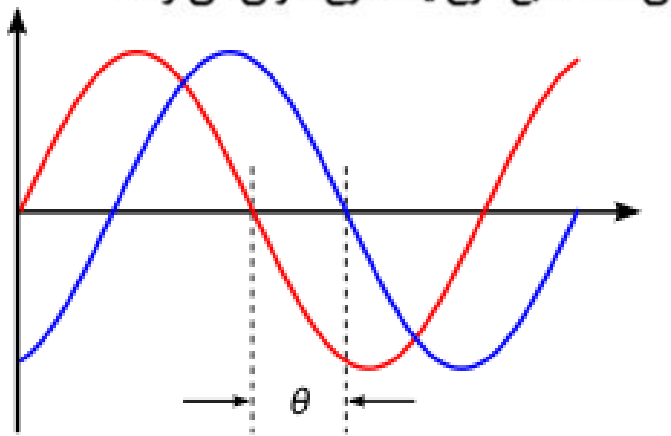
$$k = \frac{\omega}{V} = \frac{2\pi}{\lambda}$$

تابع موج: اگر تابع موج برای چشمه‌ی موج واقع در مکان $x = 0$ به‌صورت $u = A\sin(\omega t + \varphi_0)$ باشد (φ_0 فاز اولیه‌ی چشمه‌ی موج است.)، تابع موج برای نقطه‌ای از محیط که به فاصله‌ی x از چشمه‌ی موج واقع است، به‌صورت زیر نوشته می‌شود:

$$u = A\sin(\omega t + \varphi_0 - k|x|) \begin{cases} \xrightarrow[|x|=x]{x>0} U = A\sin(\omega t + \varphi_0 - kx) \\ \xrightarrow[|x|=-x]{x<0} U = A\sin(\omega t + \varphi_0 + kx) \end{cases}$$

در این رابطه $k|x|$، اختلاف فاز بین هر نقطه از محیط که به فاصله‌ی x از چشمه‌ی موج واقع است، با چشمه‌ی موج است. یا می‌توان گفت، $k|x|$ فاز اولیه‌ی ذره‌ای است که به فاصله‌ی x از چشمه‌ی موج واقع است.

تشخیص موج طولی و عرضی از روی تابع موج: اگر در تابع موج زیرنویس u (راستای نوسان ذره‌های محیط) با ضریب k (محور انتشار موج) یکسان باشد، موج طولی است، در غیر این‌صورت موج عرضی می‌باشد. به‌عنوان مثال، اگر تابع موجی به‌صورت $u_x = A\sin(\omega t - ky)$ باشد، ذره‌های محیط در راستای محور x نوسان می‌کنند و موج در جهت مثبت محور y منتشر می‌شود، بنابراین موج عرضی است. بدیهی است تابع موج یک موج طولی می‌تواند به‌صورت $u_x = A\sin(\omega t - kx)$ باشد.



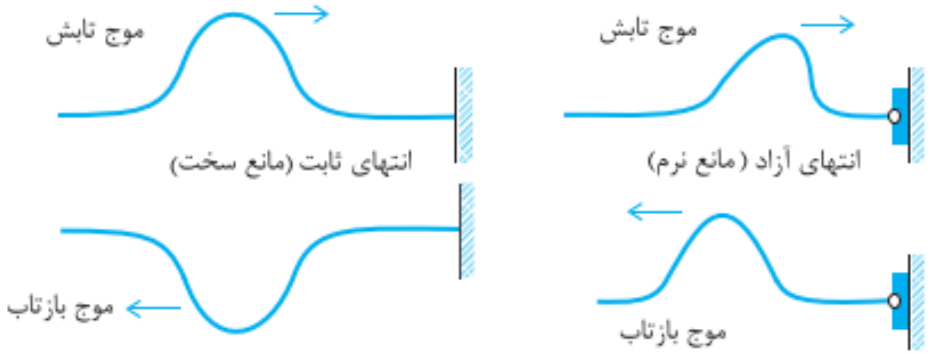
فاز موج: در رابطه‌ی تابع موج به عبارت‌های $\varphi_0 - kx$, $\varphi_0 + kx$ فاز موج گفته می‌شود.

مطالعه آزاد

جبهه‌ی موج

۱. جبهه‌ی موج: مکان هندسی نقطه‌هایی از محیط است که در آن نقطه‌ها، تابع موج دارای فاز یکسانی است. (اختلاف فاز نقطه‌های واقع بر یک جبهه‌ی موج همواره برابر صفر است).

بازتاب موج



۱. بازتاب موج از انتهای ثابت: اگر انتهای یک محیط نتواند نوسان کند، آن را مانع سخت می‌گوئیم. مثلاً اگر انتهای طنابی به یک دیوار ثابت شده باشد، انتهای طناب را انتهای ثابت و دیوار را مانع سخت می‌گوئیم. موج در برخورد با مانع سخت طوری برمی‌گردد که اختلاف فاز موج تابشی و موج بازتاب آن در محل مانع برابر π (rad) است. یعنی موج برگشتی، قرینه‌ی (وارون) موج رفت می‌باشد.

۲. بازتاب موج از انتهای آزاد: اگر انتهای یک محیط بتواند آزادانه نوسان کند، آن را مانع نرم می‌گوئیم. مثلاً اگر انتهای یک طناب افقی به یک حلقه متصل باشد و حلقه آزادانه بتواند روی میله‌ی قائمی بالا و پائین برود، انتهای طناب را انتهای آزاد و میله را مانع نرم می‌نامیم. موج در برخورد به مانع نرم در محل مانع بدون اختلاف فاز برمی‌گردد. یعنی موج وارونه نمی‌شود.

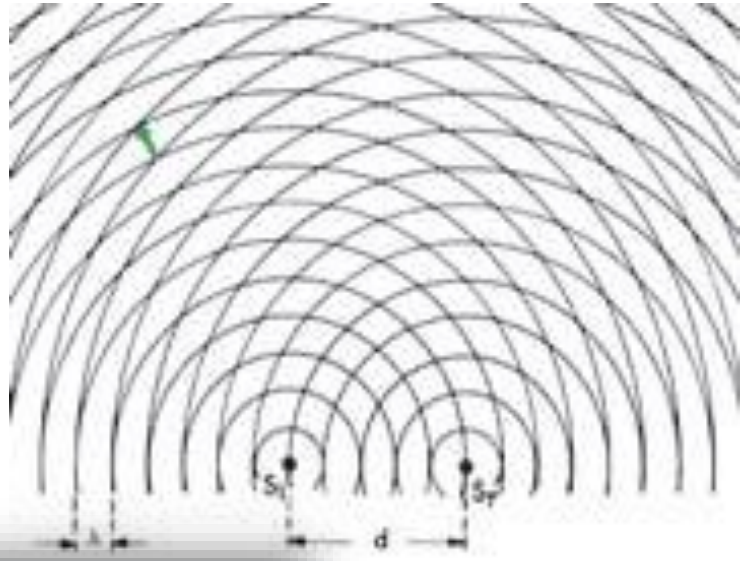
مطالعه آزاد

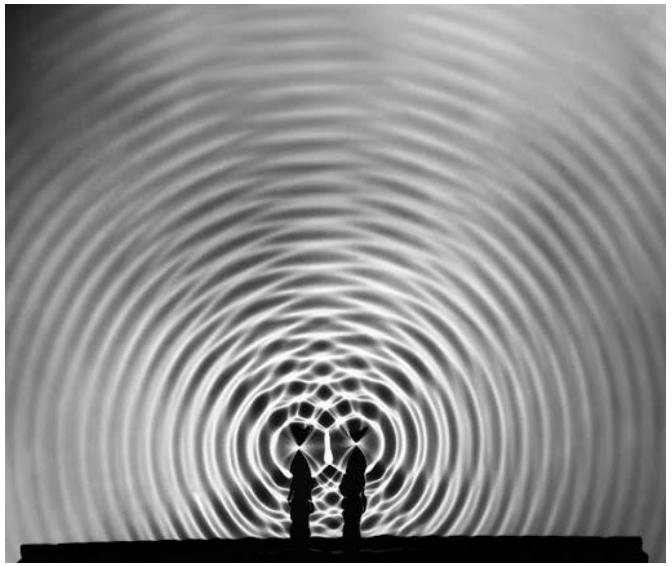
۱. اصل برهم‌نهی موج‌ها: هر موج در حال انتشار، بدون آن‌که برای انتشار سایر موج‌ها مزاحمتی ایجاد کند، از آن‌ها عبور می‌کند و به انتشار خود ادامه می‌دهد. در نقطه‌ای که دو یا چند موج، با هم تلاقی می‌کنند. جابه‌جایی ذره‌ای از محیط که در آن نقطه است برابر برآیند جابه‌جائی‌های حاصل از هر یک از موج‌هاست. $\vec{U}_t = \vec{U}_1 + \vec{U}_2 + \cdots$

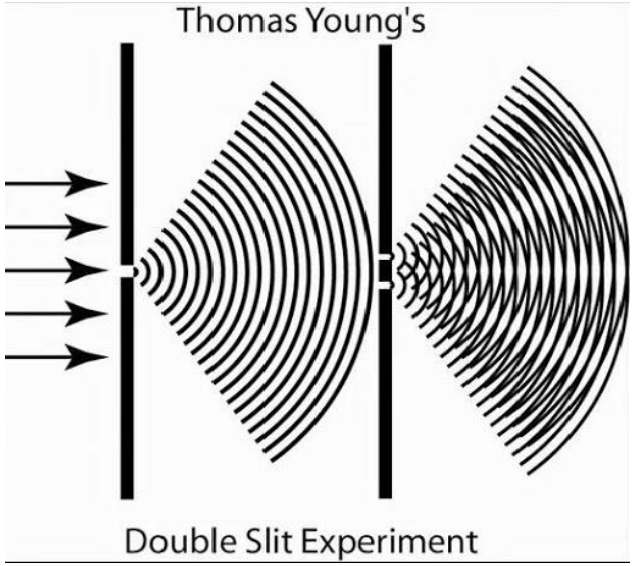
۲. برهم‌نهی سازنده: هرگاه دو موجی که در یک راستا در حرکتند در نقطه‌ای با هم تداخل کنند، در صورتی که دو موج در این نقطه هم‌فاز باشند، تداخل آن‌ها سازنده می‌شود. در این حالت دامنه‌ی موج برآیند، برابر مجموع دامنه‌ی دو موج است. $A = A_1 + A_2$

۳. برهم‌نهی ویرانگر: هرگاه دو موجی که در یک راستا در حرکتند، در نقطه‌ای با هم تداخل کنند، در صورتی که دو موج در این نقطه در فاز مخالف یکدیگر باشند (اختلاف فاز معادله‌ی آن‌ها مضرب فردی از π باشد.)، تداخل آن‌ها ویرانگر می‌شود. در این حالت دامنه‌ی موج برآیند، تفریق دامنه‌ی دو موج می‌شود. $A = |A_1 - A_2|$

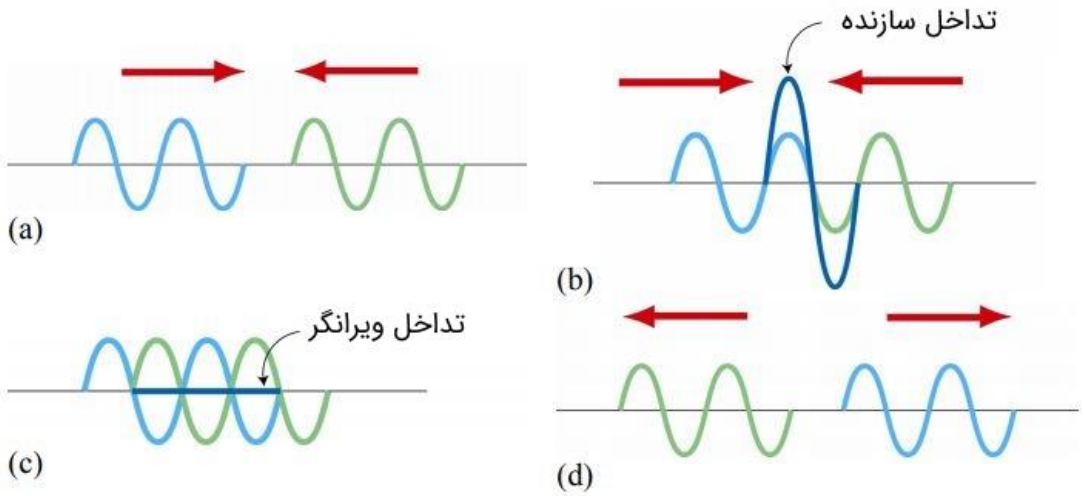
تداخل دو موج تابش و بازتاب در محل مانع سخت ویرانگر و در محل مانع نرم سازنده است. اگر دامنه‌های موج‌های تابش و بازتاب یکسان و برابر باشد، دامنه‌ی برآیند در محل مانع سخت برابر صفر و در محل مانع نرم برابر $2A$ خواهد بود.







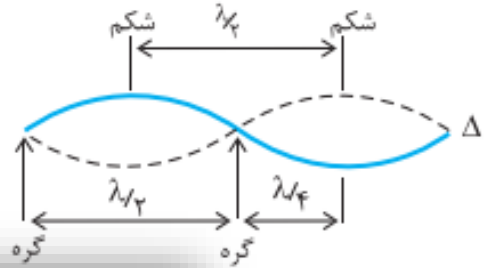
مطالعه آزاد



برهم‌نهی موج‌ها در یک بعد و موج ایستاده

۱. نحوه‌ی تشکیل موج ایستاده: از برهم‌نهی دو موج هم‌بسامد و هم‌دامنه که در خلاف جهت یکدیگر منتشر می‌شوند، موج ایستاده تشکیل می‌شود. (مثل موج‌های ساکن تشکیل شده در لوله‌های صوتی و تارهای مرتعش)

۲. گره‌ها و شکم‌ها: در بعضی از نقاط محیط که موج ایستاده تشکیل شده است، جابه‌جایی دو موج یکسان اما در خلاف جهت یکدیگرند. در نتیجه برهم‌نهی دو موج ویرانگر و دامنه‌ی این نقاط صفر می‌شود. به این نقاط گره می‌گوئیم. به بعضی نقطه‌های دیگر نیز در هر لحظه دو موج هم‌فاز می‌رسد. در نتیجه این نقطه‌ها با بیشینه‌ی دامنه‌ی نوسان می‌کنند که به آن‌ها شکم می‌گوئیم.



فاصله‌ی گره‌ها و شکم‌ها: فاصله‌ی دو گره متوالی و یا دو شکم متوالی برابر با $\frac{\lambda}{2}$ و فاصله‌ی یک گره از شکم مجاورش برابر $\frac{\lambda}{4}$ می‌باشد.

مطالعه آزاد

۳. ویژگی‌های موج ایستاده:

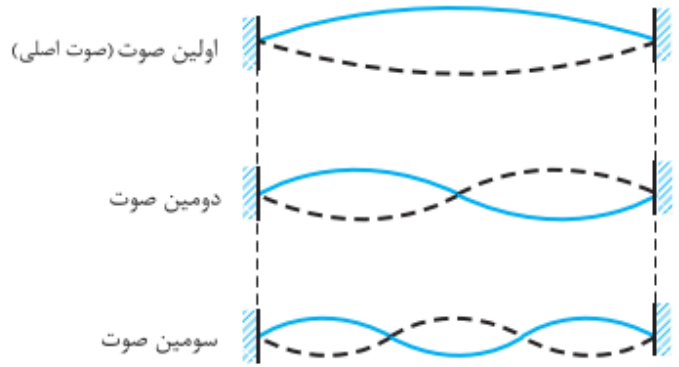
الف) تمام نقاط بین دو گره‌ی متوالی هم‌بسامد و هم‌فازند اما دامنه‌ی آن‌ها یکسان نیست و تمام نقاطی که در طرفین یک گره وجود دارند هم بسامد و در فاز مخالفند.

ب) موج ایستاده بر خلاف موج رونده انرژی را منتقل نمی‌کند. یعنی انرژی از یک نقطه به نقطه‌ی دیگر منتقل نمی‌شود. به این دلیل نقاط گره همواره گره باقی می‌مانند.

پ) در انتهای ثابت همواره گره و در انتهای آزاد همواره شکم تشکیل می‌شود. ت) جای گره‌ها و شکم‌ها ثابت است.

فرمول تارهای مرتعش دوسربسته

تعیین بسامد و طول موج: در تارهای مرتعش دو سر ثابت در انتهای ثابت گره و وسط دو گره شکم تشکیل می‌شود.



$$l=\frac{\lambda_1}{2}$$
$$l=\frac{2\lambda_2}{2}$$
$$l=\frac{3\lambda_3}{2}$$

$$\Rightarrow \boxed{l=\frac{n\lambda_n}{2}} \xrightarrow{\lambda=\frac{V}{f}} l=\frac{nV}{2f_n} \Rightarrow \boxed{f_n=\frac{nv}{2l}=\frac{n}{2l}\sqrt{\frac{F}{\mu}}}$$

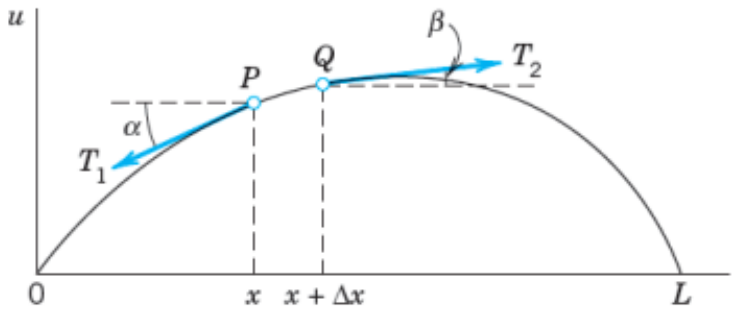
جرم واحد طول

$$\begin{cases} n = \text{تعداد شکم} = \text{شماره صوت = شماره هماهنگ} \\ n = \text{تعداد گره} - 1 \end{cases}$$

n تعداد شکم‌ها، یا شماره‌ی صوت می‌باشد. (تعداد گره‌ها یکی بیش‌تر از تعداد شکم‌هاست.) $n+1=$ تعداد گره. به ازاء $n=1$ تار مرتعش بم‌ترین صوت خود را اجرا می‌کند که به آن صوت اصلی می‌گوئیم.

مطالعه آزاد

مختصری از تار مرتعش و موج



ارتعاش تار نمونه‌ای از حرکت موج است، که ارتعاش آن را در نقطه دلخواه x و در لحظه t با $u(x,t)$ نشان میدهیم.

برای بررسی معادله ارتعاش تار فرض میکنیم که نخ از حالت تعادل خارج شده و سپس در لحظه‌ای مانند $t=0$ رها شده و به ارتعاش درآید. برای بدست آوردن $u(x,t)$ برای یک تار محکم و نازک به طول l که دو انتهای آن ثابت و بدون حرکت است، مسئله را به صورت زیر مدلسازی میکنیم:

ـ جرم تار برای واحد طول ثابت میباشد، یعنی نخ همگن است. نخ کشسان بوده و هیچگونه مقاومتی در مقابل خمش از خود نشان نمیدهد.

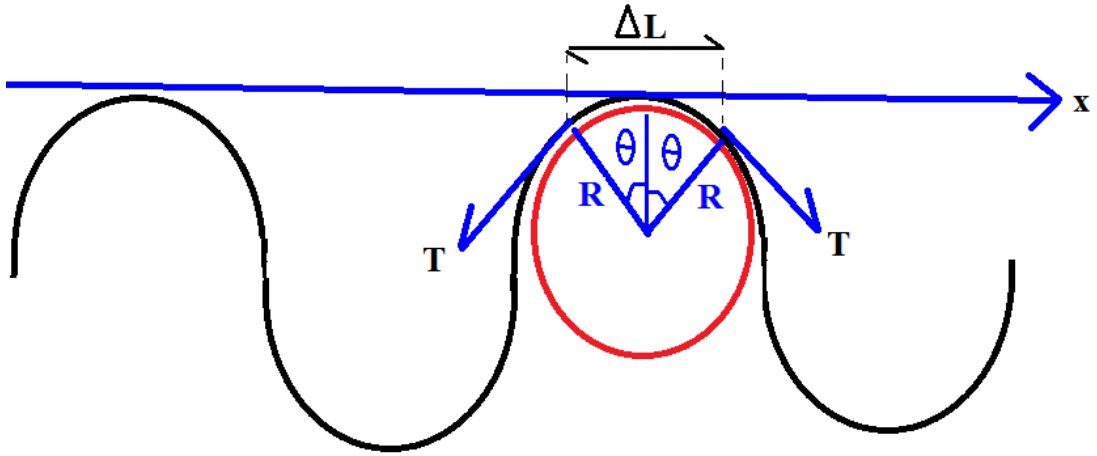
ـ جنس تار از ماده‌ای همگن است و بسیار سبک میباشد، به گونه‌ای که بتوان از نیروی وزن آن صرف نظر کرد.

ـ نیروی کششی که براثر کشیدن نخ قبل از ثابت کردن دو سر آن ایجاد میشود بسیار بزرگ بوده و نیروی جاذبه وارد بر نخ در مقابل آن قابل چشم پوشی میباشد.

ـ حرکت تار یک ارتعاش کوچک عرضی در صفحه‌ای قائم است، یعنی هر قسمت نخ تنها به صورت قائم حرکت مینماید، و قدرمطلق انحراف و شیب نخ در هر نقطه کوچک میباشد.

با این فرض ها نیروهایی را که بر قسمت کوچکی از تار وارد میشوند مورد بررسی قرار میدهیم.

با توجه به شکل ۱ ،فرض میکنیم T_1 و T_2 نیروهای کشش نخ در نقاط انتهایی P و Q قسمت مورد بررسی نخ باشند.



محاسبه ی سرعت موج:

$$\begin{cases} T\cos(\theta)-T\cos(\theta)=ma_x=0 \\ \begin{cases} T\sin(\theta)+T\,ain(\theta)=ma_y \xrightarrow{small\ \theta} 2T\theta=ma_y \rightarrow \\ 2T\dfrac{\frac{\Delta\ell}{2}}{R}=\mu\times\Delta\ell\times\dfrac{V^2}{R}\rightarrow T=\mu V^2 \quad (1) \end{cases} \end{cases}$$

محاسبه توان متوسط یک موج مکانیکی (صوتی):

V: سرعت صوت، ν فرکانس صوت، w بسامد زاویه ای، ym بیشینه جابجایی اتم ها در هوا هستند.

$$\begin{cases} F(x)=T\ \mathrm{Cos}(\theta)=T\dfrac{dy}{dx} \\ P(x,t)=\vec{F}.\vec{V}=T\dfrac{dy}{dx}.\dfrac{dy}{dt} \quad (2) \end{cases}$$

حال اگر داشته باشیم: $y=y_m\sin(kx+wt)$ (3) ، متوسط توان در یک دوره می شود:

$$\bar{P}=\frac{1}{T}\int_0^T P(x,t)dt=\frac{Tk}{T}y_m^2 w\int_0^T\cos^2(kx+wt)dt$$

$$=Tky_m^2 w\underbrace{\left(\frac{1}{T}\int_0^T\cos^2(kx+wt)dt\right)}_{=\frac{T}{2}\delta_{nn}\ \underline{n=n}\ \frac{1}{2}}=\frac{Tky_m^2 w}{2} \quad (4)$$

$$\xrightarrow{T=\mu V^2} \bar{P}=\frac{1}{2}\,\mu y_m^2 kwV^2 \Rightarrow \begin{cases} \bar{P}=\dfrac{1}{2}\,\mu y_m^2 \dfrac{2\pi}{\overline{V}}(2\pi\nu)V^2 \rightarrow \bar{P}=2\pi^2\mu y_m^2\nu^2 V \\ OR \xrightarrow{k=\frac{2\pi}{\lambda}=\frac{2\pi\nu}{V}\Rightarrow kV=2\pi\nu=w} \bar{P}=\dfrac{1}{2}\,\mu y_m^2 \underbrace{w(k\nu)}_{w}\nu= \\ \dfrac{1}{2}\,\mu y_m^2 w^2\nu=\dfrac{1}{2}\,\mu y_m^2 w^2\nu\times\dfrac{\mathrm{A}}{\mathrm{A}}=\dfrac{1}{2}\underbrace{\left(\dfrac{\mu}{A}\right)}_{\rho:Density} y_m^2 w^2\nu A\Rightarrow \\ \bar{P}=\dfrac{1}{2}\,\rho y_m^2 w^2\nu A \end{cases}$$

حال شدت موج تعریف می شود که عبارت است از: مقدار انرژی است که از یک متر مربع در یک ثانیه می گذرد (وات بر متر مربع).

$$I=\frac{\bar{P}}{A}=\frac{\frac{1}{2}\,\rho y_m^2 w^2\nu A}{A}=\frac{1}{2}\underbrace{(\rho\nu)}_{z} y_m^2 w^2 \Rightarrow I=\frac{1}{2}\mathbb{Z}\left|y_m w\right|^2 \quad (12-2)$$

$\mathbb{Z}$ چگالی جریان صوتی یا امپدانس صوتی است.

شدت صوت را به صورت $I = \frac{P_o}{2Z}$ نیز می توان تعریف کرد که در آن P_o بیشترین تغییر فشار می باشد.

معادله موج طولی در اثر تغییر فشار:

فرض می کنیم لایه ای از شاره (صوت) در فشار P_o و به ضخامت Δx داریم. داثر ایجاد فشار ضخامت لایه تغییر می کند و حجم لایه ی تغییر یافته $A\Delta y$ می شود. پس داریم:

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{A\Delta y}{A\Delta x} = \frac{dy}{dx}$$

از طرفی مُدول بالک تعریف می شود:

$$\beta = -\frac{\Delta P}{\frac{\Delta V}{V}} \rightarrow \Delta P = -\beta \frac{\Delta V}{V} \xrightarrow{\frac{\Delta V}{V} = \frac{A\Delta y}{A\Delta x} = \frac{dy}{dx}} \Delta P = -\beta \frac{dy}{dx}$$

$$\xrightarrow{Because:\ y = y_m \cos(kx - wt)} \Delta P = -\beta \frac{d}{dx}\left(y_m \cos\left(kx + wt\right)\right) \rightarrow$$

$$\Delta P = \beta k y_m \frac{d}{dx}\left(\sin\left(kx + wt\right)\right) \xrightarrow{Because:\ \beta = \rho V^2} \begin{cases} \Delta P = \underbrace{\left[k \rho V^2 y_m\right]}_{=P_m}\left(\sin\left(kx + wt\right)\right) \\ P_m = k \rho V^2 y_m \end{cases}$$

P_m دامنه فشار صوتی است.

Mass density, sound speed, and acoustic impedance

Material	ρ (kg/m^3)	v_s (m/s)	Z ($= \rho v_s$) (kg/m^2-s)
Air (20 °C)	1.20	343	413
Water	1.00×10^3	1,480	1.48×10^6
Fat	0.92×10^3	1,450	1.33×10^6
Muscle	1.04×10^3	1,580	1.64×10^6
Bone	2.23×10^3	3,500	7.80×10^6
Blood	1.03×10^3	1,570	1.61×10^6
Soft tissue (avg.)[a]	1.06×10^3	1,540	1.63×10^6
Lung	286	630	1.80×10^5

امپدانس آکوستیک $Kg/m^2s \times 10^6$	سرعت امواج طولی m/s	نوع ماده
1.48	1480	آب
17	6300	آلومینیوم
37.3	4430	برنج
3.2	2730	پرسپکس
99.7	5180	تنگستن
30.13	4650	زیرکونیم
62.6	3240	طلا
45.4	5740	فولاد آستنیتی 347
45.6	5890	فولاد 1020
2.4	1920	گلیسیرین
41.6	4660	مس
37.7	3600	نقره
50	5630	نیکل
0.0041	330	هوا

مثال: (الف) حداکثر تغییر فشاری که گوش می تواند تحمل کند ۲۸ پاسکال است. اگر فشار جو ۱۰۰ کیلو پاسکال باشد، حداکثر جابجایی متناظر برای یک موج صوتی با بسامد ۱۰۰۰ هرتز در هوا چقدر است؟

$$P_m = k\rho V^2 y_m \rightarrow y_m = \frac{P_m}{k\rho V^2} \xrightarrow{k=\frac{2\pi\nu}{V}=\frac{2\pi\times10^3}{331}=19m^{-1}} y_m = \frac{28}{19\times1.29\times(331)^2} = 1.1\times10^{-5}\, m = 11\,\mu m$$

(ب) فشار ضعیف ترین صوتی که در بسامد ۱۰۰۰ هرتز می توان شنید در حدود ۰/۲ میکرو پاسکال است. دامنه ی جابجایی متناظرش چقدر است؟

$$P_m = k\rho V^2 y_m \rightarrow y_m = \frac{P_m}{k\rho V^2} \xrightarrow{k=\frac{2\pi\nu}{V}=\frac{2\pi\times10^3}{331}=19m^{-1}} y_m = \frac{2\times10^{-5}}{19\times1.29\times(331)^2} = 10^{-11}\, m = 10^{-5}\ \mu m$$

این مقدار از شعاع اتم (10^{-10} m) هم کوچک تر است.

برهمکنش امواج صوتی با بدن:

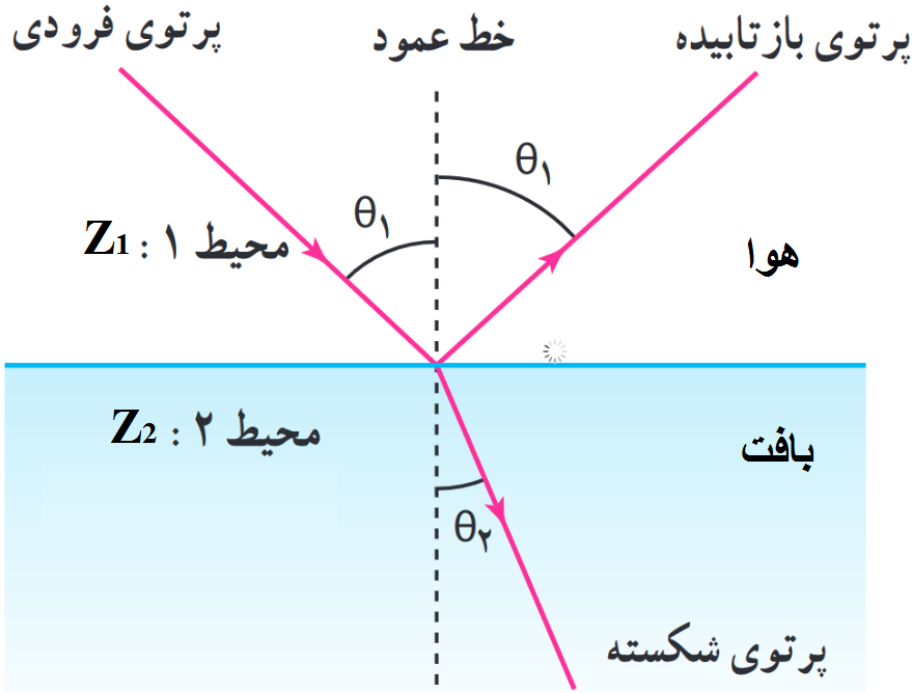
وقتی یک موج صوتی با شدتی مشخص با بدن برخورد می کند، دو اتفاق رخ می دهد. بخشی از موج از مرز هوا–بافت عبور نموده و وارد بافت می شود، و بخشی دیگر از مرز بازتاب می نماید. درصد بازتاب و عبور به جنس و تراکم و نوع بافت بستگی دارد.

ضریب بازتابش موج صوتی در مرز دو محیط:

$$R\,(\%) = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}\right)^2 \times 100$$

ضریب عبوری موج صوتی به محیط ۲:

$$T\,(\%) = \left(\frac{2Z_2}{Z_2 + Z_1}\right)^2 \times 100$$



بنابراین

(۱) نسبت دامنه فشار موج بازتاب شده R به دامنه فشار موج اولیه و فرودی (A_o) :

$$\frac{R}{A_o}=\left(\frac{Z_2-Z_1}{Z_2+Z_1}\right)$$

(الف) اگر $Z_1=Z_2$ باشد بازتاب نداریم.

(ب) اگر $Z_2<Z_1$ باشد تغییر فاز در موج بازتابی رخ می دهد و تغییر علامت داریم.

(۲) نسبت دامنه فشار موج عبوری T به دامنه فشار موج اولیه و فرودی (A_o) :

$$\frac{T}{A_o}=\left(\frac{2Z_2}{Z_2+Z_1}\right)$$

مثال: نسبت دامنه های فشار و شدت امواج صوتی بازتاب یافته و عبوری از هوا یه ماهیچه را بدست آورید. (استفاده از جدول ۱-۱۲).

نسبت دامنه های فشاری:

$$\frac{R}{A_o}=\left(\frac{Z_2-Z_1}{Z_2+Z_1}\right)=\left(\frac{1.64\times10^6-430}{1.64\times10^6+430}\right)=0.9995$$

$$\frac{T}{A_o}=\left(\frac{2Z_2}{Z_2+Z_1}\right)=\left(\frac{2\times(1.64\times10^6)}{1.64\times10^6+430}\right)=1.9995$$

نسبت شدت ها:

$$\frac{\left(\frac{R^2}{2Z_1}\right)}{\left(\frac{A_o{}^2}{2Z_1}\right)}=\left(\frac{R}{A_o}\right)^2=(0.9995)^2=0.9990$$

$$\frac{\left(\frac{T^2}{2Z_2}\right)}{\left(\frac{A_o{}^2}{2Z_1}\right)}=\frac{Z_1}{Z_2}\left(\frac{T}{A_o}\right)^2=\left(\frac{430}{1.64\times10^6}\right)(1.9995)^2=0.0010$$

تکلیف۱: نسبت دامنه های فشار و شدت امواج صوتی بازتاب یافته و عبوری از آب به ماهیچه را بدست آورید.

تکلیف۲: نسبت دامنه های فشار و شدت امواج صوتی بازتاب یافته و عبوری از ماهیچه به استخوان را بدست آورید.

در بسیاری از موارد نیاز به اگاهی از فشار و شدت موج صوتی نیست. برای مقایسه ی بین دو موج صوتی (I_2/I_1) از یکایی بنام بِل (bel) استفاده می شود. نسبت شدت جریان بر حسب بِل عبارت است از $\text{Log}_{10}(I_2/I_1)$. اگر I_2/I_1 برابر صفر باشد، آنگاه تفاوت شدت دو موج یا تقاوت تراز شدت آنها ۱ بِل می باشد. چون بِل واحد بزرگی است از واحد دسی بِل (dB) استفاده می شود.

$$10\ dB = 1\ bel$$

چون I متناسب با P^2 است .پس نسبت را می توان بصورت روبرو نشان داد.

$$10\log_{10}\left(\frac{P_2^2}{P_1^2}\right) = 20\log_{10}\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

مثلا اگر اختلاف فشار در یک موج صوتی دو برابر دیگری باشد، داریم:

$$20\log_{10}\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = 20\log_{10}\left(\frac{2P_1}{P_1}\right) = 20\log_{10}(2) = 20\times 0.301 \approx 6\ dB$$

در آزمون های شنوایی از یک صوت پایه یا رفرنس فشار صوت استفاده می شود و مابقی صوت ها نسبت به آن سنجیده می شوند.

$$P_o = 2\times 10^{-4}\ \frac{dyne}{cm^2}\ ,\ 10^{-12}\ \frac{watt}{m^2}$$

فردی با شنوایی خوب به سختی در چنین شدتی ، صوت با بسامد ۱۰۰۰ هرتز را می شنود.

بنابراین اگر صوتی بر حسب dB بیان شود، مرجع مقدار داده شده فرض می شود.

توجه:

۱- در نقطه ی آستانه شنوایی، تراز صدا صفر دسی بِل می باشد.

۲- با ۲ برابر شدن شدت صدا، تراز شدت آن ۳ دسی بِل افزایش می یابد.

۳- با ۱۰ برابر شدن شدت صدا، تراز شدت آن ۱۰ دسی بِل افزایش می یابد.

٤- با ۱۰۰ برابر شدن شدت صدا، تراز شدت آن ۲۰ دسی بِل افزایش می یابد.

۵- با ۱۰۰۰ برابر شدن شدت صدا، تراز شدت آن ۳۰ دسی بِل افزایش می یابد.

نویز

تعداد زیادی از اصوات ساده ای که به طور غیرهماهنگ بهم پیوسته اند و رابطه ای با یکدیگر ندارند و در واقع از فرکانس‌های متعددی تشکیل شدهاند که شکل و نظم معینی ندارند.

دسی‌بل (Decibel)

تراز صدا با واحدی به نام دسی بل اندازه گیری می شود. اگر صدا تا ۱۰ دسی بل افزایش یابد شدت صدایی که قابل شنیدن باشد حدود ۲ برابر افزایش پیدا می کند و اگر ۱۰ دسی‌بل کاهش یابد شدت صدایی که در این حالت شنیده می شود نصف صدای اولیه خواهد بود.

باند

مجموع یکسری فرکانس های نزدیک بهم را گویند؛ مثلاً فرکانس های بین ۱۰۰–۵۰ هرتز، یک باند فرکانس را تشکیل می‌دهند.

اکتاو باند

به گستره فرکانسی گفته می شود که نسبت فرکانس حد بالا به پایین آن ۲ به توان ۱ است. میانگین هندسی این دو حد به عنوان فرکانس مرکزی آن تعریف می شود. اکتاو باند یک روش کلی برای تقسیم دامنه فرکانس ها می باشد.

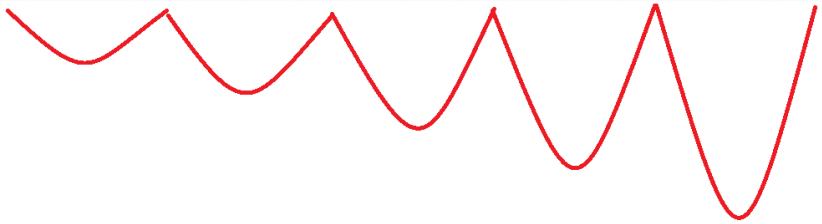
به عبارتی دیگر هر دو برابر شدن فرکانس را یک اکتاو می گوییم. یعنی اگر صوتی ۱ اکتاو باشد نسبت به فرکانس مرجع، فرکانس آن دو برابر شده است.

$$\frac{f_1}{f_2} = 2^2$$

Octave Bands (Center Frequency)

31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000

25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000



مقایسه ی بین هارمونی و اکتاو:

اگر تغییر شدت صوت خطی باشد آن را هارمونی می نامند.

اگر تغییر شدت صوت لگاریتمی باشد آن را اکتاو می گویند.

حوزه ی شنوایی انسان ۱۰ اکتاو است.

پیانو ۵–۷ اکتاو دارد.

مابقی آلات موسیقی ۳–۳/۵ اکتاو دارند.

یک‌سوم اکتاو باند

به گستره فرکانسی گفته می شود که نسبت فرکانس حد بالا

به حد پایین آن دو به توان یک سوم است.

میـانگین هندسـی این دو واحد به عنوان فرکانس مرکزی آن تعریف می شود.

$$\frac{f_1}{f_2} = 2^{\frac{1}{3}}$$

1/3 Octave Bands (Center Frequency)

هارمونیک	فرکانس
1	100
2	200
3	324.901
4	400
5	565.6854
6	696.4405
7	800

تقسیم‌بندی صوت برحسب فرکانس

۱. مادون شنوایی یا فرو صوت Infra sonic : فرکانس‌های زیر ۲۰ هرتز

۲. طیف شنوایی Audible spectrum : محدوده ی شنوایی گوش انسان فرکانس‌های ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ هرتز

۳. ماورای شنوایی یا فرا صوت Ultra sonic : فرکانس‌های ۲۰۰۰۰ هرتز به بالا (سگ تا ۳۰۰۰۰ هرتز و خفاش تا ۹۰۰۰۰ هرتز را می شنوند.)

تقسیم‌بندی صدا براساس زمان و دسی‌بل

۱- صدای ضربه ای: در زمان کوتاهی ایجاد شده و سپس میرا می شود، یا تکرار صدا کمتر از یکبار در ثانیه است؛ مثل شلیک گلوله، پرس های ضربه‌ای.

۲- صدای یکنواخت: تغییرات دسی بل نسبت به گذشت زمان ناچیز است یا صدایی است که نوسانات صدا با گذشت زمان ۵ ± dB است.

۳- صدای متغیر: صدایی است که نوسانات صدا با گذشت زمان بین ۱۰ تا ۱۵ دسی‌بل باشد.

٤- صدای منقطع: تغییرات دامنه نوسانات صدا بیش از ۱۵ ± dB است.

انواع صدا:

۱- نغمه ناب (Pure Tone): صدایی است که یک فرکانس ثابت دارد.

۲- نغمه (Tone): صدایی است که از چند فرکانس نزدیک و مربوط به هم تشکیل شده باشد.

۳- نوفه (Noise): صدایی است که دارای اجزای فرکانسی مشخصی نیست و دلپذیر نیست.

صدای زمینه

صدای موجود در محیط غیر از صدای منبع موردنظر اندازه گیری شده را گویند.

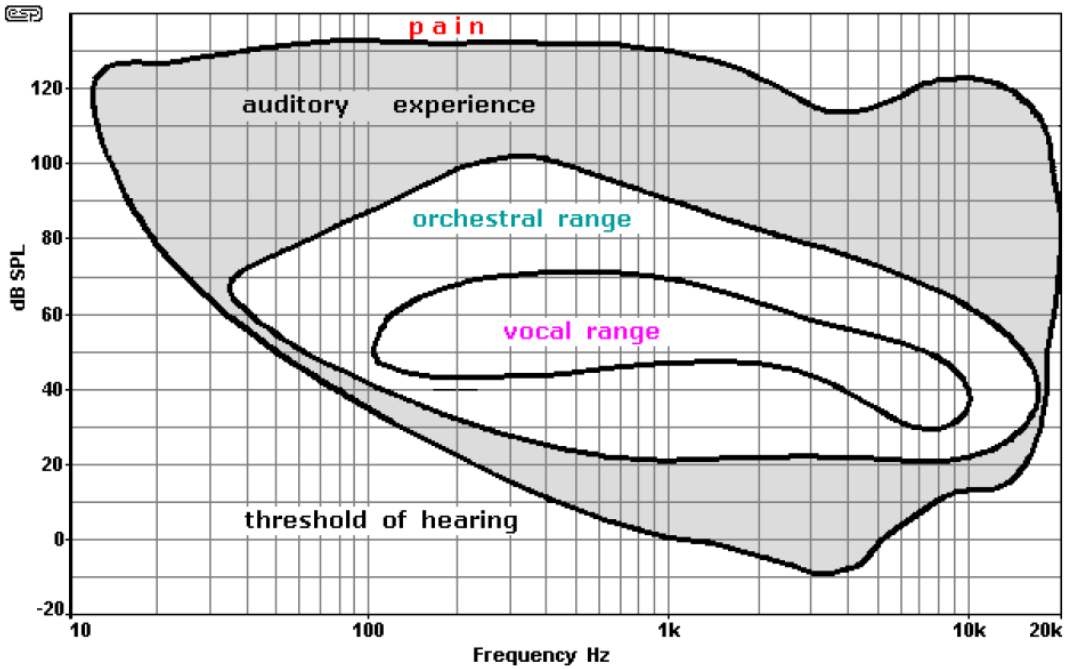
انواع میدان‌های صوتی

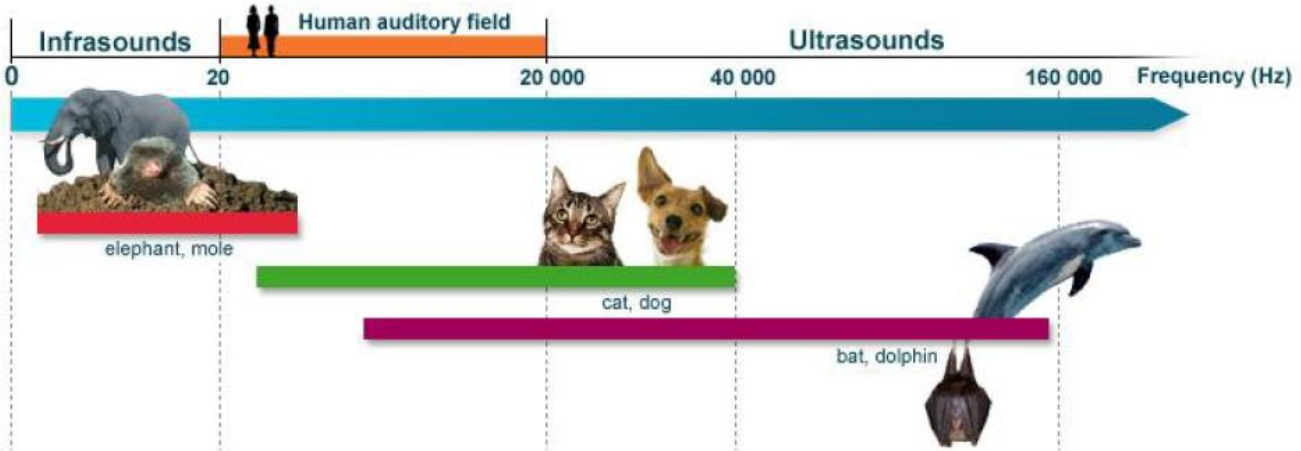
۱- میدان آزاد: میدانی است که در آن هیچ مانعی سر راه انتشار موج صوتی نباشد. در این حالت با افزایش فاصله از منبع صوتی، شدت صوت کاهش پیدا می‌کند.

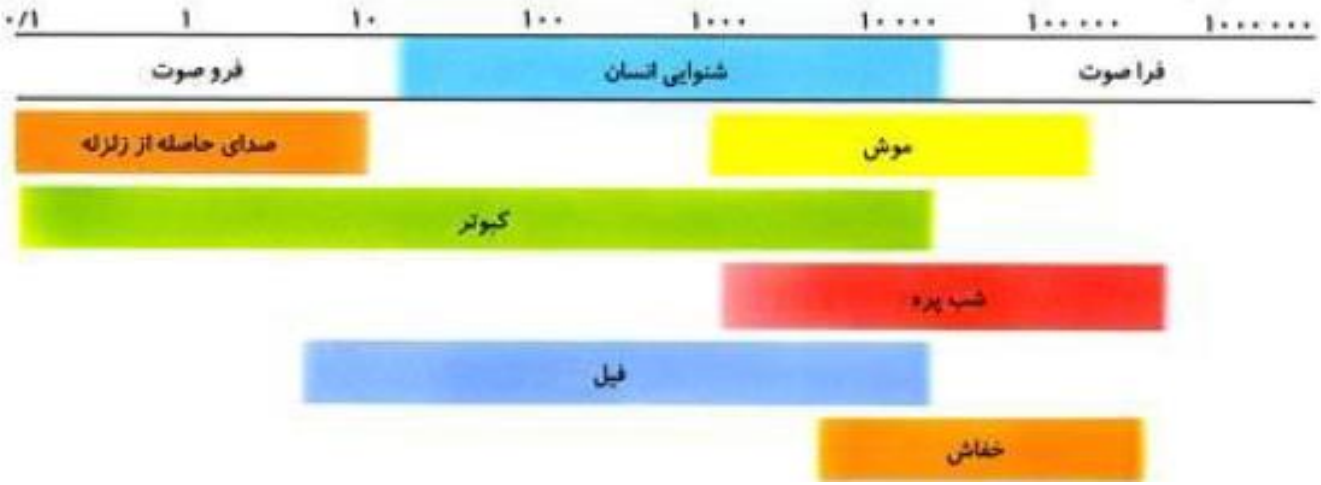
۲- میدان محدود: میدانی است که شرایط میدان آزاد را نداشته باشد و در آن بازتاب انرژی صوتی وجود دارد.

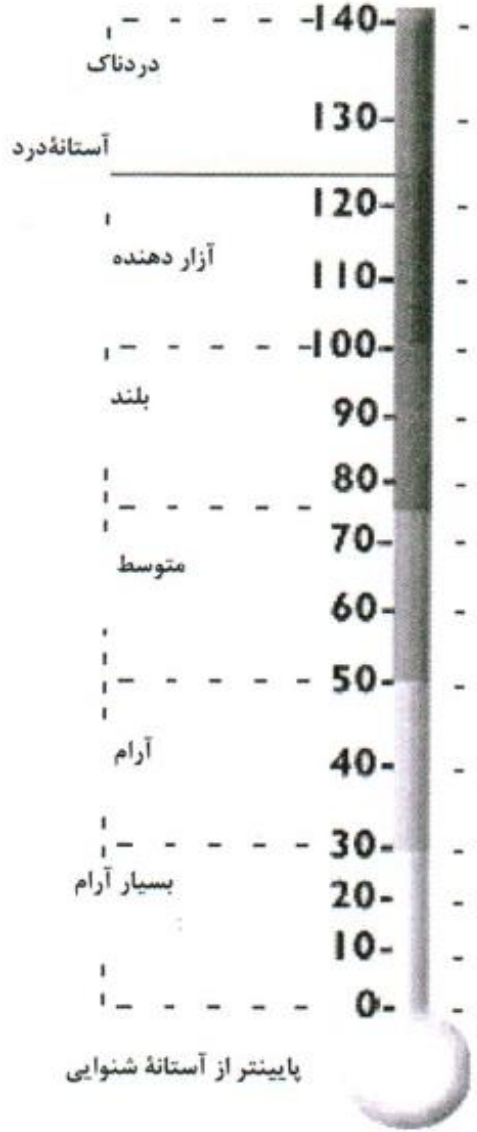
میدان شنوایی گوش انسان

فرکانس (Hz)	۲۰ الی ۲۰۰۰۰
شدت (W/m^2)	$۱۰^{-۱۲}$ الی ۱۰۰
فشار (Pa)	۲×۱۰^{-۵} الی ۲۰۰


pain
auditory experience
orchestral range
vocal range
threshold of hearing
dB SPL
120
100
80
60
40
20
0
-20
10
100
1k
10k
20k
Frequency Hz


Infrasounds
Human auditory field
Ultrasounds
0
20
20 000
40 000
160 000
Frequency (Hz)
elephant, mole
cat, dog
bat, dolphin


۰/۱
۱
۱۰
۱۰۰
۱۰۰۰
۱۰۰۰۰
۱۰۰۰۰۰
۱۰۰۰۰۰۰
فرو صوت
شنوایی انسان
فرا صوت
صدای حاصله از زلزله
موش
کبوتر
شب پره
فیل
خفاش



تراز شدت صدا و احساس شنوایی

تراز شدت صدا (SIL):

- $L_I = 10 \log I/I_0$

تراز توان صدا (SWL):

- $L_W = 10 \log W/W_0$

تراز فشار صدا (SPL):

- $L_P = 20 \log P/P_0$

واحد ترازهای شدت، توان و فشار، دسی‌بل (dB) است.

توان و تراز شدت صداهای مختلف

منبع صوتی	توان صدا (W)	تراز صدا (dB)
موشک فضاپیما	۱۰۰،۰۰۰،۰۰۰	۲۰۰
موتور هواپیمای جت	۱۰۰،۰۰۰	۱۷۰
هواپیمای ملخی در ۵ متری	۱۰	۱۳۰
پتک کمپرسی در ۱ متری	۱	۱۲۰
رادیو با صدای بسیار بلند	۰/۱	۱۱۰
اتومبیل در بزرگراه	/۰۱	۱۰۰
بوق اتومبیل در ۵ متری	۰/۰۱	۱۰۰
کامیون در ۵ متری	۰/۰۰۱	۹۰
ماشین ظرف شویی	۰/۰۰۰۱	۸۰
گفتگو در ۱ متری	۰/۰۰۰۰۱	۷۰
اتومبیل در ۱۰ متری	۰/۰۰۰۰۰۱	۶۰
جوی آب آرام	۰/۰۰۰۰۰۰۱	۵۰
ناحیهٔ مسکونی بدون ترافیک	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱	۴۰
باغ آرام	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۱	۳۰
تک تک ساعت	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱	۲۰
زمزمه	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱	۱۰
آرامش کامل	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱	۰

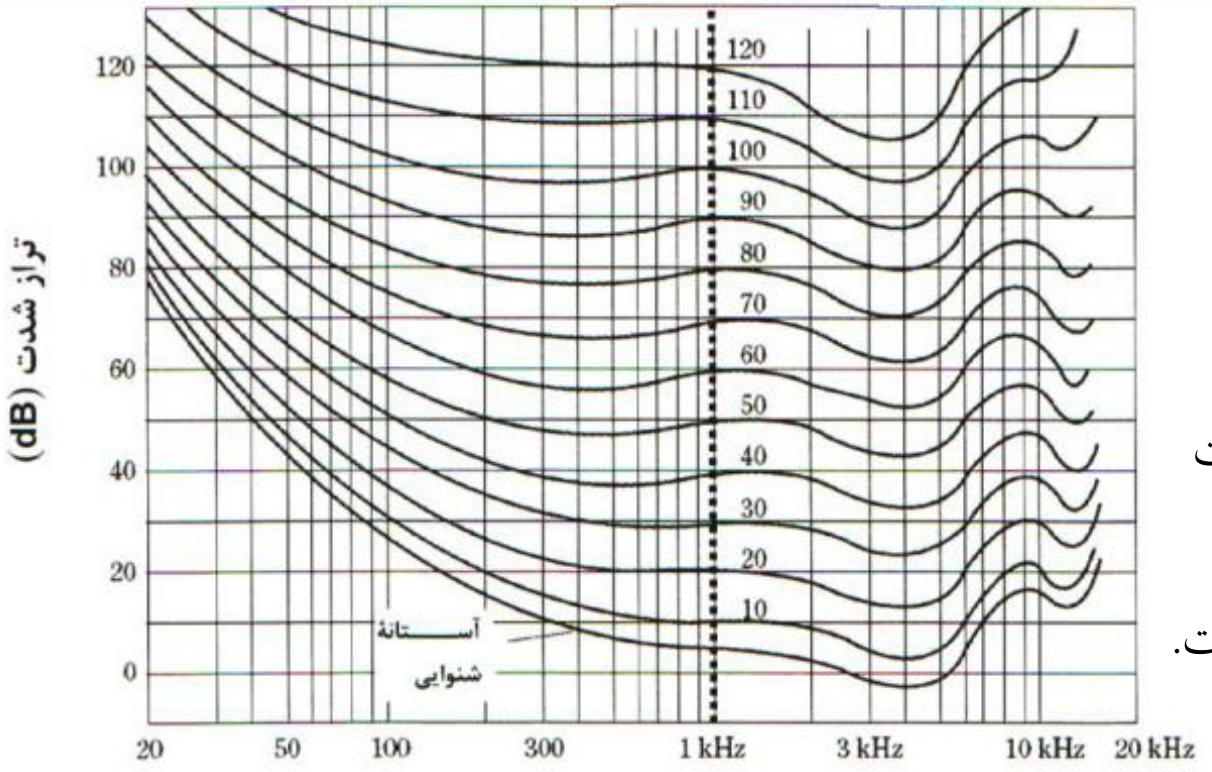
بلندی صدا: بلندی صدا در حالت کلی به دو عامل حساسیت گوش و شدت امواج بستگی دارد. البته فرکانس موج هم در بلندی صدا بی‌تأثیر نیست. شدت امواج خود تابعی از دامنه نیز هست.

در شکل بلندی صدای هر منحنی در طول آن ثابت است.

مقیاس تراز بلندی صدا فون است.

تُن ماخذ سنجش که ۱۰۰۰ هرتز است

در این منحنی ها با تن های دیگر و فرکانس های دیگر سنجیده شده است.



منحنی نواهای هم‌تراز (ایزوفون)

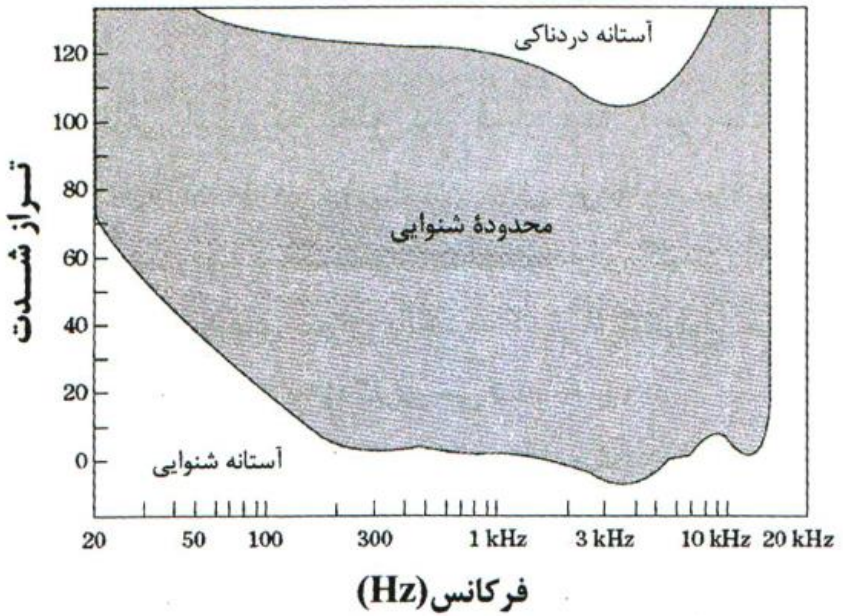
مثال: تن خالص با فرکانس ۱۰۰۰ هرتز که تراز شدت ۳۰ دسی بل دارد با تن خالص با فرکانس ۱۲۵ هرتز با تراز شدت ۴۰ دسی بل و نیز با تن خالص با فرکانس ۳۰۰ هرتز و تراز شدت ۳۲ دسی بل به همان اندازه بلند شنیده می شوند.

توجه:

۱- چون فون لگاریتمی است، صدایی که تراز بلندی آن ٦٠ فون است دو برابر بلند تر از صدایی که تراز بلندی آن ۳۰ فوت است، نیست.

۲- با دو برابر کردن بلندی صدا بر حسب فون، تنها ٦ دسی بل به بلندی واقعی آن افزوده می شود.

اگر شدت صدایی ثابت ولی فرکانس آن تغییر کرده و به همین ترتیب اگر فرکانس آن ثابت و شدت آن تغییر نماید، در هر دو صورت بلندی صدا تغییر خواهد یافت.



محدودهٔ شنوایی بر حسب تراز شدت صدا و فرکانس

انتشار صدا

صدا در محیط باز تا ابد انتشار یافته و در محیط بسته موجب ایجاد تواخل می شود.

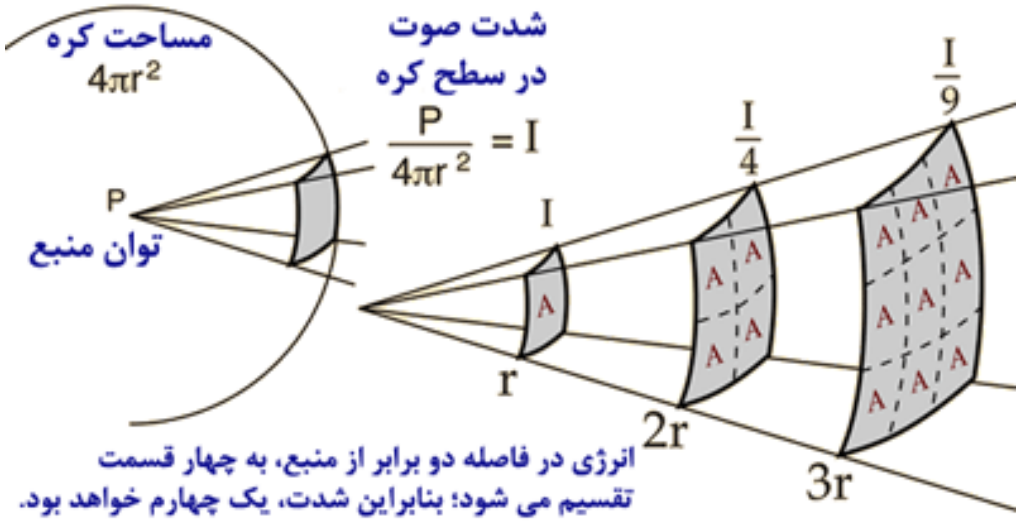
۱- سرچشمه ی نقطه ای صوت:

امواج از یک مرکز در تمام جهات به صورت لایه های کروی هم مرکز منتشر شده و حرکت می کنند (مانند صدای انسان).

با توجه به رابطه (۱) با دوبرابر شدن فاصله تراز صدا باندازه ی ٦ دسی بل کاهش می یابد.

مثال: منبع صوتی نقطه ای در فاصله ی ۱ متری با تراز ۱۰۰ دسی بل موج نشر می دهد. در فاصله ۳۲ متری تراز شدت منبع چقدر است؟

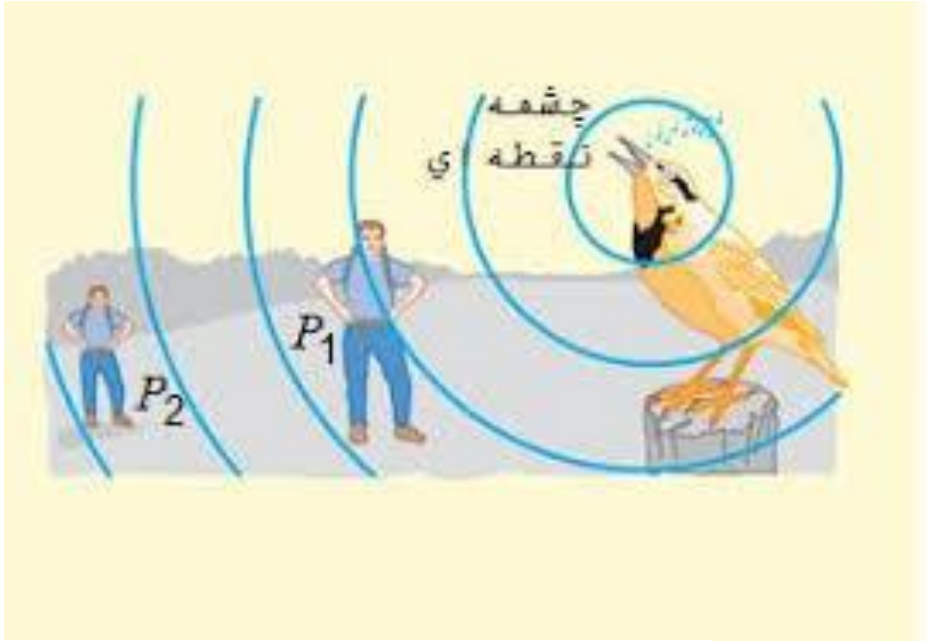
$$100 - L_2 = 20\log_{10}\frac{32}{1_1} \Rightarrow L_2 = 70\ dB$$

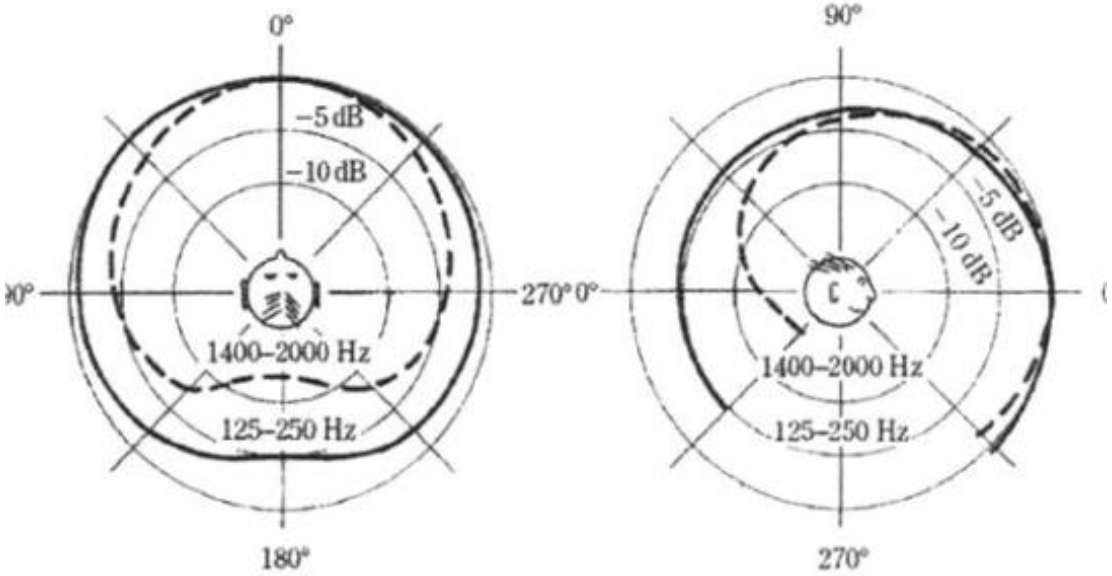


$$L_1 - L_2 = 20\log_{10}\frac{r_2}{r_1} \quad (1)$$

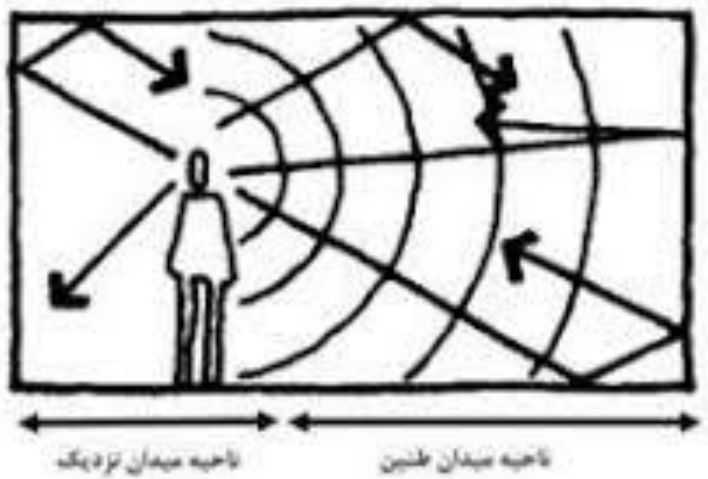
تراز شدت اولیه

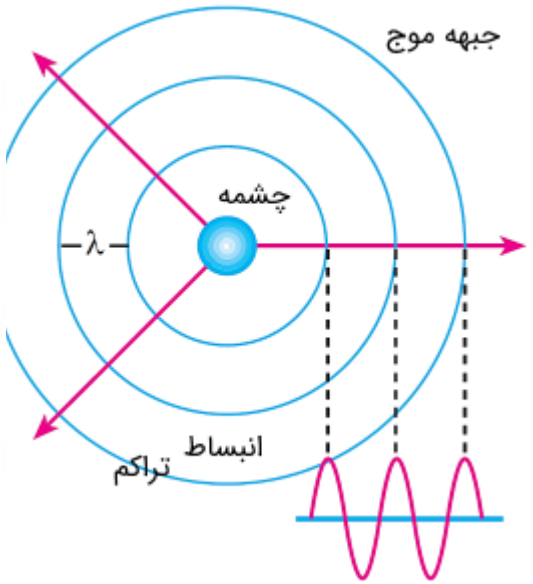
تراز شدت ثانویه (dB)



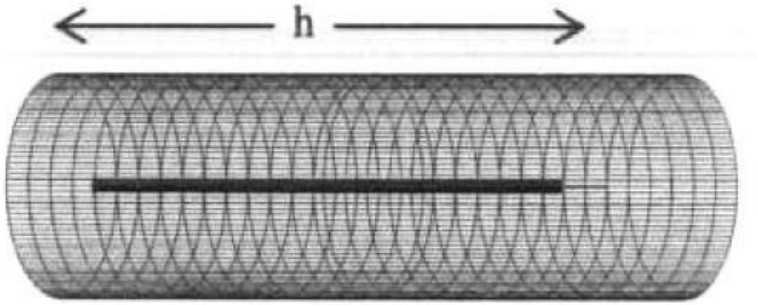


تغییرات تراز بلندی صدا در اطراف سر گوینده در رابطه با فرکانس صدا





سرچشمهٔ نقطه‌ای



سرچشمهٔ خطی

۲ سرچشمه‌های خطی

اگر چندین سرچشـــمه نقطه ای در یک جهت امتداد یابند (مانند صدای بزرگ راه)، سرچشمه خطی تشکیل می‌گردد که امواج صوتی را به صورت اســـتوانه‌ای پخش خواهد کرد. بنابراین در اســـتوانه با بزرگ شـــدن فاصله، شـــدت صدا متناسب با آن کاهش یافته و با دو برابر شدن فاصله طبق رابطه زیر تراز صدا تنها ۳db کاهش خواهد یافت.

$$I = \frac{W}{2\pi rh} \quad (2)$$

در این رابطه:

I: شدت صدای مورد نظر ((W/(m.m)

W: توان صدای مورد نظر (W)

r: فاصله از منبع صدا (m)

h: طول منبع صوتی خطی است (m)

بنابراین داریم:

$$L_1 - L_2 = 10\log_{10}\frac{r_2}{r_1} \quad (3)$$

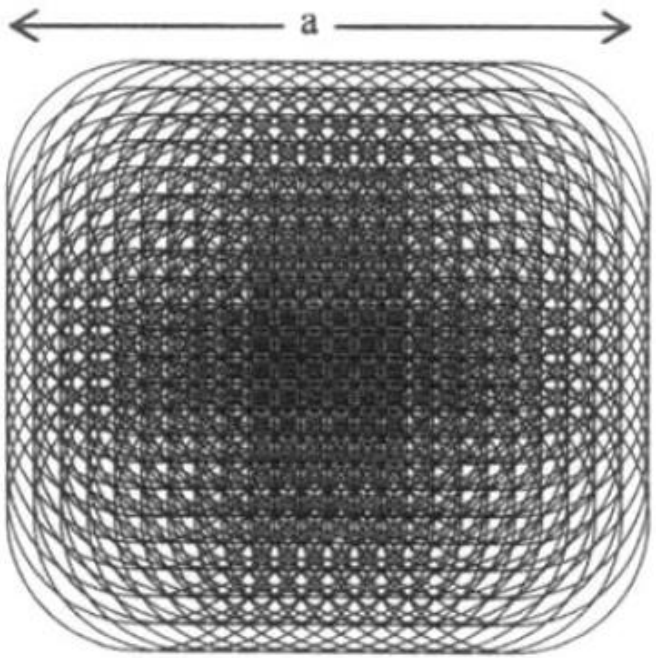
مثال: اگر تراز صدای حرکت قطار بر روی ریل در فاصله ۱ متری ۱۰۰ دسی بل باشد در فاصله ۳۲ متری چقدر است؟

$$100 - L_2 = 10\log_{10}\frac{32}{1} \Rightarrow L_2 = 85\ dB$$

۳ سرچشمه‌های صفحه‌ای

اگر سرچشمه‌های نقطه‌ای در دو جهت امتداد یابند، یک سرچشمه سطحی را به وجود می‌آورند (مانند صدای حضار در یک سالن). در این حالت امواج صوتی در نزدیکی سرچشمه تنها در روی یک محور پخش شده و بنابراین شدت صدا یکسان می‌ماند.

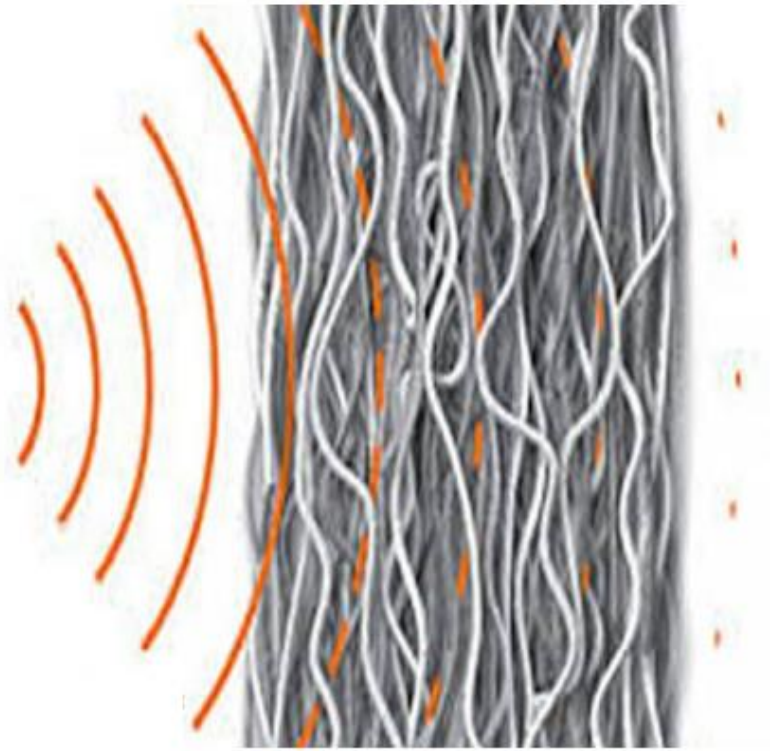
در سرچشـــمه‌های صفحه‌ای، هرگاه فاصله شـــنونده از مرکز صفحه کمتر از ابعاد صفحه باشد (r<a) آنگاه تغییری در تراز شدت صدای دریافتی وجود نخواهد داشت و اگر این فاصله بیشتر باشد (r>a) آنگاه همانند سرچشمه نقطه ای فرض شده و محاسبات صورت می پذیرد.



سرچشمهٔ صفحه ای

۴-۲ تأثیر شرایط محیطی بر صدا

شرایـــط محیطـــی تأثیر غیر قابل انکاری در چگونگی انتشـــار صدا دارند که در ذیل بـــه برخی از مهمترین این عوامل اشاره شده است.



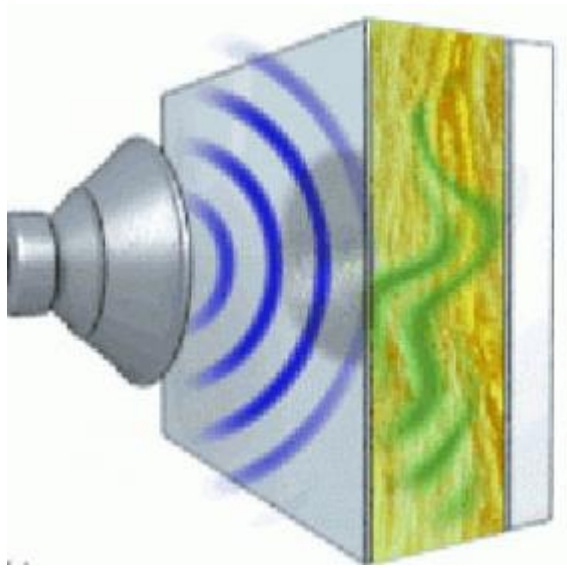
۲-۴-۱ جذب مولکولی

عبارت است از کاهش شدت صوت توسط جذب مولکول‌های هوا از سه طریق زیر:

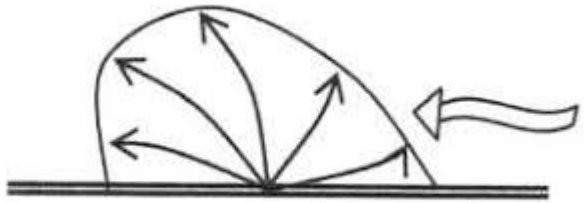
جذب کلاسیک: این پدیده به این دلیل کلاسیک نامیده می‌شود که نتیجه فعل و انفعالات فیزیک کلاسیک مانند چسبندگی است.

جذب دورانی: این پدیده نتیجه افت دورانی انرژی درون مولکولی توسط تغییرات فشار القاء شده توسط امواج صوتی است.

افت ارتعاشی: افت ارتعاشی درون مولکول‌های هوا نتیجه ذخیره ارتعاش توسط مولکول‌ها می‌باشد. از آنجایی که انتقال انرژی از یک مولکول به مولکول دیگر با اندکی تأخیر انجام می‌پذیرد، بنابراین تغییرات اندکی در این جابه جایی اتفاق می‌افتد که نهایتا منجر به کاهش شدت امواج صوتی می‌گردد. به همین سبب در هوای مرطوب بخار آب سبب کاهش شدت امواج صوتی می‌گردد.



۲-۴-۲ تأثیر باد

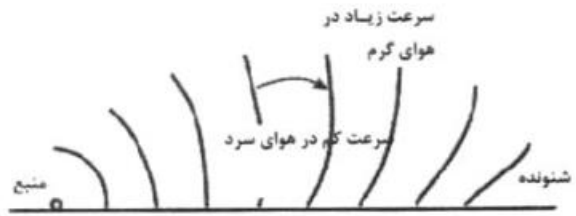


تأثیر وزش باد بر منبع صوتی

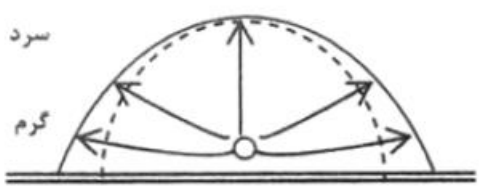
صدای حاصل از یک منبع صوتی همواره در جهت باد بیشتر بوده و در خلاف جهت باد کمتر است. این مسئله صرفا به دلیل تغییر سرعت صوت نبوده بلکه به علت تغییر شکل کروی انتشار صوت بر اثر باد غالب می‌باشد. به عبارت دیگر صدا را در جهت وزش باد بهتر می‌توان شنید تا در جهت مخالف آن.

۲-۴-۳ تأثیر دما

امـواج صوتـی نیز در مرز برخورد از یک محیط گرم با سرعت بـالا به یک محیط سرد با سرعت کم، تمایل به انحراف داشته که به آن پدیده انکسار صوتی می‌گویند.

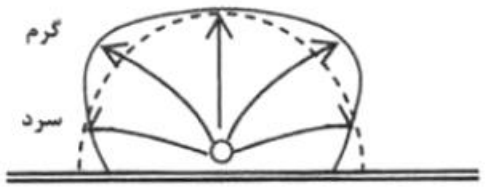


تمایل امواج صوتی از محیط گرم به محیط سرد



روز

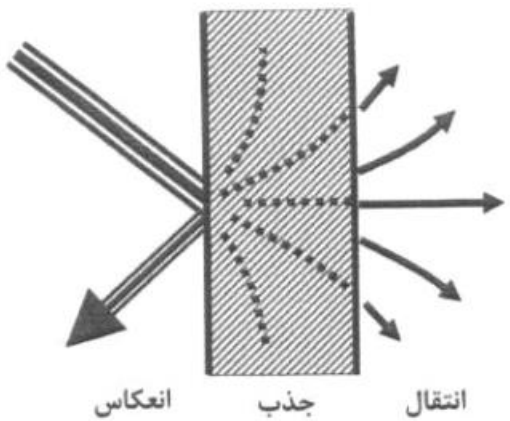
کاهش صدا در سطح زمین



شب

افزایش صدا در سطح زمین

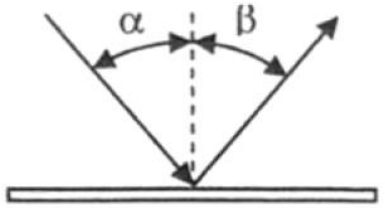
مقایسهٔ انتشار صدا در شب و روز



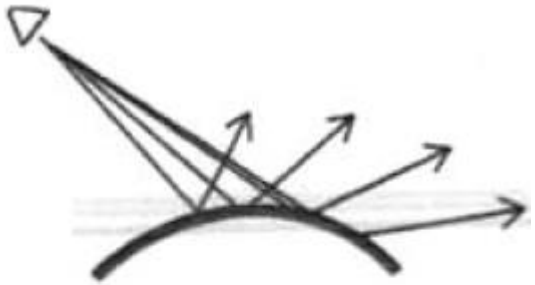
رفتار امواج صوتی پس از برخورد با مانع

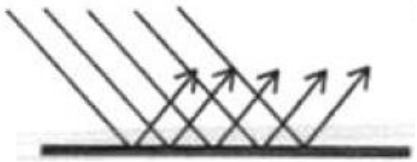
انرژی صوتی مضاعف از طریق پدیدهٔ انکسار

وقتی یک موج صوتی با شدتی مشخص با جسم برخورد می کند، سه اتفاق رخ می دهد. بخشی از موج از مرز هوا–جسم عبور نموده و وارد جسم می شود، و بخشی دیگر از مرز بازتاب می نماید و بخش آخر در جسم جذب می شود.

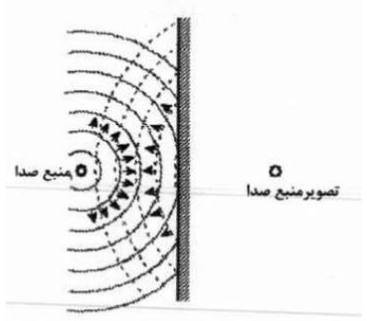


قانون بازتاب آکوستیک هندسی

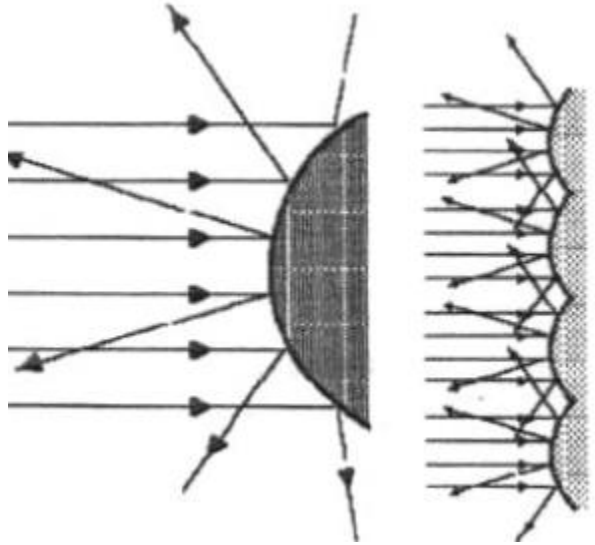




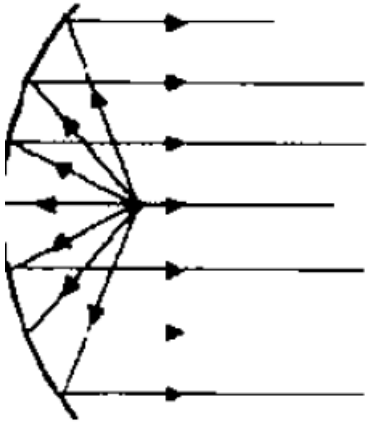
بازتاب از سطوح مسطح



انعکاس صدا از یک منبع نزدیک به سطح



انعکاس صدا بین دو سطح سه



انتقال امواج با منبع صوتی مجاور به سطح مدور

زمان واخنش عبارت است از مدت زمانی است که پس از قطع منبع صدا، تراز صدا به ۶۰ دسی بل برسد. رابطه سابین:

$$R_T = \frac{0.161 \times V}{A} \; ; \; \left\{ \begin{array}{l} V : Body\ volume \\ A : \text{Total surface absorption} \end{array} \right\}$$

$$A = (a_1 \times S_1) + (a_2 \times S_2) + \ldots \; ; \; \left\{ \begin{array}{l} S : Surface\ area \\ a : \text{surface absorption } rate \end{array} \right\}$$

اندازه‌گیری زمان واخنش توسط اسیلوسکوپ

با استفاده از یک اسیلوسکوپ و به کمک عکاسی از صفحه آن و یا با استفاده از اسیلوسکوپ‌های نوری که مستقیماً نوسانات را بر روی نوار کاغذ حساس ضبط می‌کنند می‌توان روند تباهی ترار فشار صدا را ثبت و از مقایسه با نوسان مقیاس زمان (۱۰۰۰ هرتز) زمان واخنش را به‌دست آورد.

اسیلوسکوپ

مطالعه آزاد

ترازسنج صوت – صدا سنج (Sound Level Meter):

این دستگاه برای اندازه‌گیری تراز فشار صوت طراحی گردیده است. در حقیقت دستگاهی است که سطح تراز فشار صدا را بر حسب دسی بل می سنجد. این دستگاه شامل یک میکروفون، یک تقویت کننده و کلیدی است برای پنج حالت A، B، C، D و Line که به ترتیب برای:

۱- شبکه A : در این شبکه، مقادیر تراز فشار صوت متناسب با حساسیت گوش انسان توزین می گردد. تراز اندازه گیری شده در این وضعیت برحسب dBA بیان می گردد؛ برای ترازهای کمتر از ٦٠ دسی‌بل است. (میدان های صوتی با شدت کمتر از ٥٥ فون)

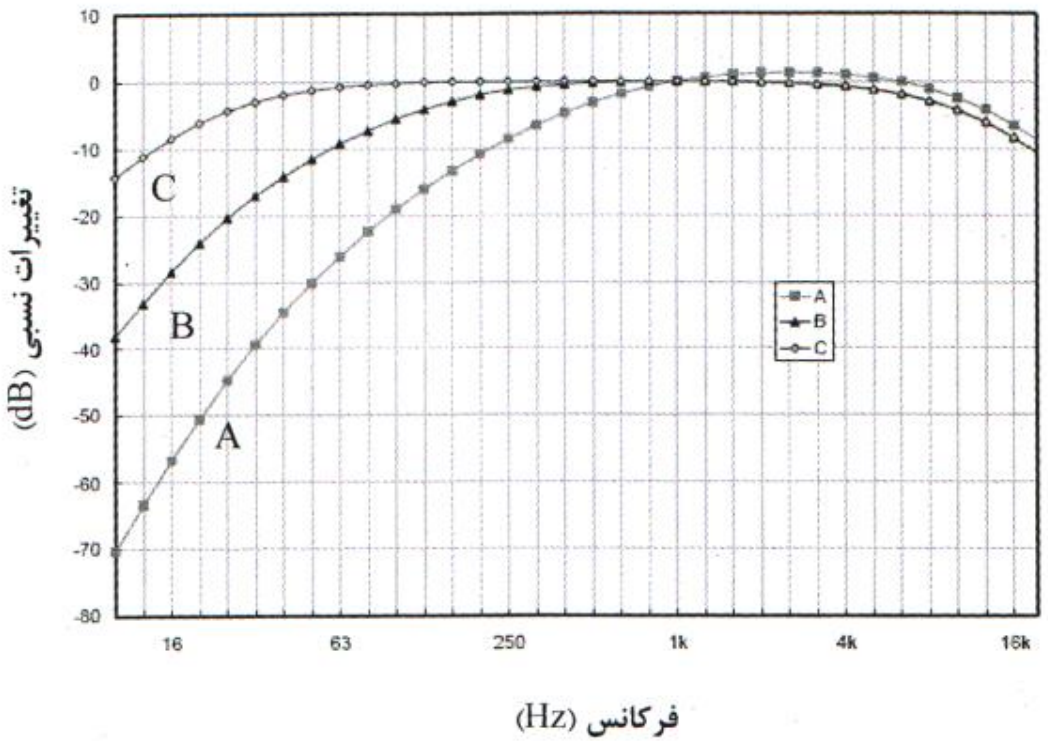
۲- شبکه B : این شبکه بیانگر عکس العمل گوش در ترازهای بالاتر از ٦٠ دسی بل است؛ این شبکه برای ترازهای حدود ٥٥-٨٥ دسی‌بل مناسب است. (متوسط بین ٥٥ الی ٨٥ فون)

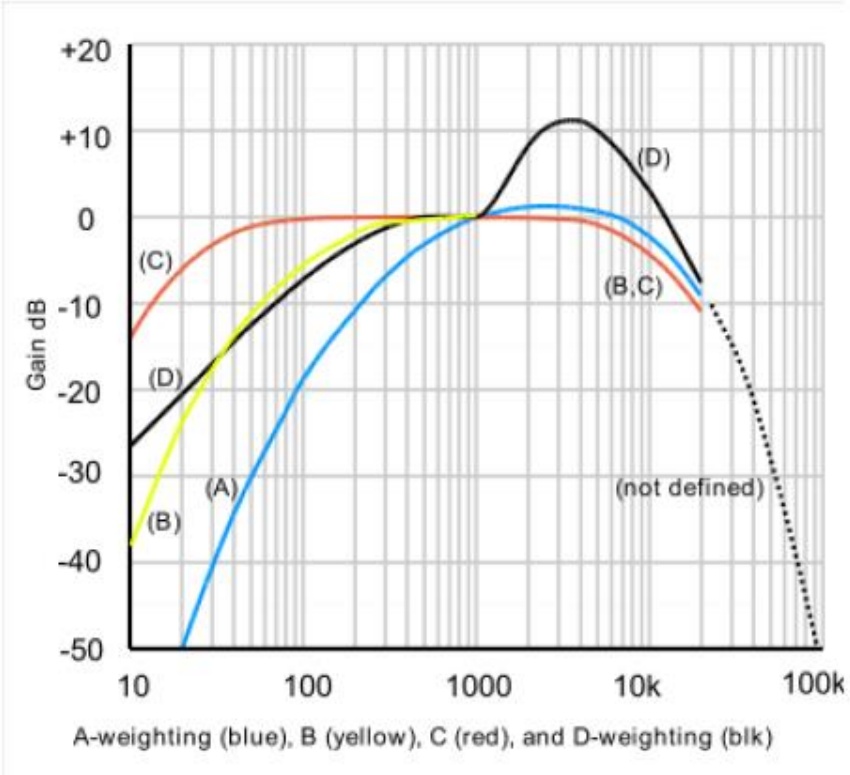
۳- شبکه C : این شبکه بیانگر عکس‌العمل گوش در پهنه فرکانس است؛ لذا برای اهداف تجزیه فرکانس صوت، کنترل صدا و ترازهای فشار بالاتر از ٨٥ دسی‌بل استفاده می‌شود. (زیاد یعنی بالاتر از ٨٥ فون)

٤- شبکه D : این شبکه در بررسی صدای ترافیک وسایل حمل ونقل هوایی استفاده می شود و اثرات تشدیدی گوش در فرکانس های بالاتر از ١٠٠٠ هرتز را به خوبی لحاظ می کند.

٥- شبکه Lin : در این شبکه مقادیر تراز فشار صوت در فرکانس های مختلف توسط دستگاه تراز سنج صوت بدون تغییر در کمیت نمایش داده می‌شود؛ اندازه‌گیری صدا در این شبکه برای اهداف کنترل صدا و یا اهداف صنعتی کاربرد دارد.

Sound Level Meter





نمودار تغییرات نسبی مدارهای A، B و C در فرکانس های مختلف

مقادیر تغییرات نسبی مدار A، B و C

فرکانس (Hz)	۳۱/۵	۶۳	۱۲۵	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰	۸۰۰۰
dB (A)	-۳۹/۴	-۲۶/۲	-۱۶/۱	-۸/۶	-۳/۲	۰	۱/۲	۱	-۱/۱
dB (B)	-۱۷	-۹	-۴	-۱	۰	۰	۰	-۱	-۳
dB (C)	-۳	-۰/۸	-۰/۲	۰	۰	۰	-۰/۲	-۰/۸	-۳

وقتی یک موج صوتی به بافت برخورد می کند، بدلیل اثرات جذبی و بازتابی، بخشی از انرژی هدر می رود که خود موجب کاهش دامنه ی موج می گردد. بنابراین داریم:

$$y_m = y_{m_o} e^{-\alpha x}$$

y_m: دامنه در عمق x از بافت، y_{mo}: دامنه در عمق x=0 از بافت، α ضریب جذب در محیط در یک بسامد خاص (cm^{-1}) است.

چون I با توان دوم y_m متناسب است داریم:

$$I = I_o e^{-2\alpha x} \qquad (12-5)$$

لایه ی نیم کننده: ضخامتی از بافت است که بتواند شدت پرتو اولیه را به نصف کاهش دهد.

توجه ۱: اگر سرعت صوت در محیط ۱ بیشتر از محیط ۲ باشد، زاویه انتشار در محیط ۲ به خط عمود بر فصل مشترک نزدیک می شود.

توجه ۲: اگر سرعت صوت در محیط ۱ کمتراز محیط ۲ باشد، زاویه انتشار در محیط ۲ ازخط عمود بر فصل مشترک دور می شود.

توجه ۳: اگر سرعت صوت در محیط ۱ کمتراز محیط ۲ باشد، و زاویه تابش از زاویه ی حد بیشتر شود، بازتابش کلی رخ داده و انرژی به محیط دوم وارد نمی شود. این رخداد در مرز بافت و استخوان در زاویه ی ۲۲ درجه رخ می دهد.

جدول ۳-۱۲. ضریبهای جذب و لایهٔ نیم‌کننده[1] برای مواد مختلف
(شدت لایهٔ نیم‌کننده برابر است با $\ln 2/2\alpha$)

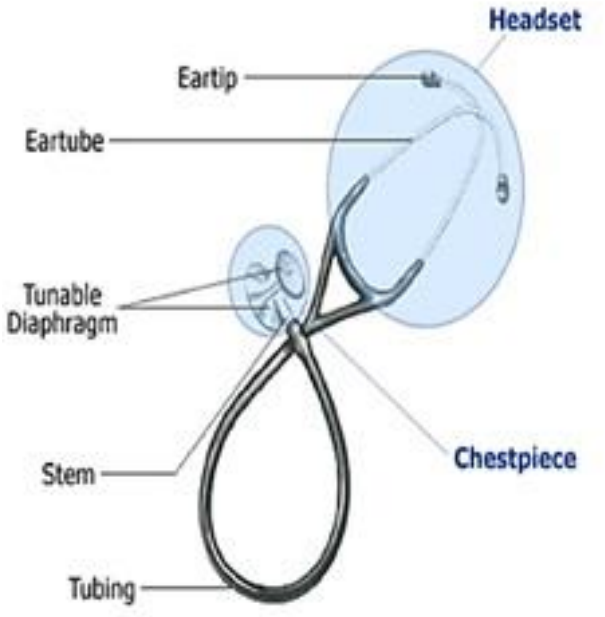
ماده	بسامد	α (cm^{-1})	ستبرای نیم‌کننده $(cm)^a$
ماهیچه	۱	۰/۱۳	۲/۷
چربی	۰/۸	۰/۰۵	۶/۹
مغز	۱	۰/۱۱	۳/۲
استخوان (کاسه‌سر)	۰/۶	۰/۴	۰/۹۵
	۰/۸	۰/۹	۰/۳۴
	۱/۲	۱/۷	۰/۲۱
	۱/۶	۳/۲	۰/۱۱
	۱/۸	۴/۲	۰/۰۸
	۲/۲۵	۵/۳	۰/۰۶
	۳/۵	۷/۸	۰/۰۴۵
آب	۱	$۲/۵\times۱۰^{-۴}$	$۱/۴\times۱۰^{۳}$

Scanned with CamScanner

دق (پزشکی)

دَق یا ضرب یا پرکوسیون (Percussion) در مطالعه علائم بیماری به معاینه و تشخیص توسط ضربه زدن بر روی پوست و به ویژه بر روی نواحی از بدن که دارای حفره است مانند شکم و شانه(شش ها) گفته می شود. این روش معاینه یکی از چهار جزو اصلی در آزمایش بالینی (آزمون کلینیکال) شمرده می شود, هنگامیکه به همراه آن معاینه, لمس و گوش دادن(سمع) انجام می شود.

برای تعیین کردن محل، اندازه، دانسیته و تأیید وضعیت غیرطبیعی اعضایی که به وسیله لمس کردن و گوش کردن مشخص شده است، از مهارت دق استفاده می شود. اگاهی از دانسیته بافت های متفاوت این امکان را به ما می دهد تا محل عضو یا توده را مشخص کرده با شنیدن نوع صداهای ناشی از دق اندازه و حدود ان را تعیین کند.



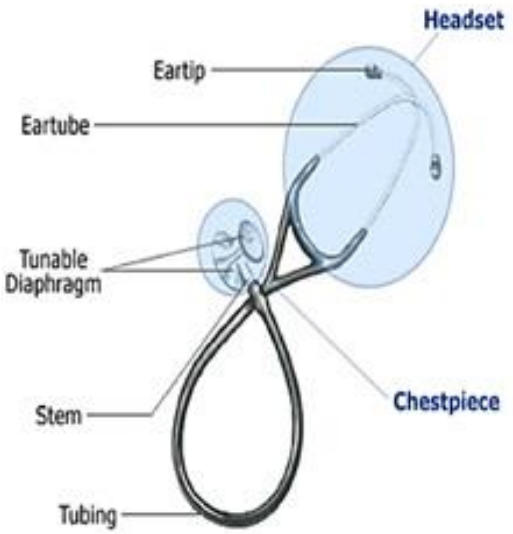
استتوسکوپ

یکی از دستگاه هایی که جهت تشخیص صداهای داخلی بدن بکار میرود گوشی پزشکی یا استتوسکوپ نام دارد و به عملی که توسط گوشی انجام می شود گوش دادن یا auscultate گویند. معمولا از این دستگاه جهت شنیدن صدای قلب، ریه، روده ها و جریان خونی شریانی و وریدی بکار می رود. همچنین در مواردی مانند اختلالات مادرزادی و بیماری های دریچه قلب که صداها و صوت های خاصی به صداهای قلبی اضافه می شوند نیز می توان استفاده کرد. استتوسکوپ (stethoscope) از دو کلمه (stetho) به معنی سینه و scope به معنی نمایش یا نشان دادن است و در کل به معنی وسیله ای برای سمع است.

فیزیولوژی

در یک فرد عادی گوش دادن به قلب در ٤ نقطه (مربوط به هر کدام از دریچه‌های قلب) امکان پذیر است. صدای طبیعی قلب فقط شامل یک صدای اول S(۱) مانند پوم و یک صدای دوم S(۲) مانند تاک است. در حالت طبیعی صدای اضافه‌ای نباید در قلب شنیده شود و بین صدای اول و دوم نیز باید سکوت برقرار باشد. که این صداها ناشی از بسته شدن طبیعی دریچه‌های قلب هستند. هر گونه صداهایی در وسط این دو صدا یا تغییر در شدت این صداها و غیره هر کدام نشانه‌ای از بیماری خاصی است.

ساختار داخلی



یـک گـوشـی پزشکی از قسمت های مختلفی به صورت نشان داده شده در شکل تشکیل شده است.

۱–در مجموعه مربوط به سر (Headset)، از یک نوک گوشی (Eartip) که وارد دو گوش می شود و یـک لـولـه گـوش (Eartube) که نوک گوشی به آن وصل شده است، تشکیل شده است.

۲–در مجموعه مربوط به قفسه سینه (Chestpiece)، از یـک دیـافـراگـم یـا تنظیـم پـذیـر (Tunable Diaphragm) و یـک مـیـلـه اتـصـال مـانـنـد ساقه (Stem) تشکیل شده است.

۳–همچنین از یک لوله بدون درز ((tubing) برای اتصـال دو مجمـوعـه مـربـوط بـه سـر و قفسـه سینـه استفاده شده است.

نحوه انجام کار

عملی که توسط گوشی انجام می شود به آن auscultate یـا گـوش دادن مـی گـویـنـد و شـامـل کنترل صداهای داخلی بدن است که در مورد ریه و قلـب تـوسعـه یافته است. گوشی پزشکی سه قسمت عمده دارد. قسمت اول گوشی روی بدن فرد قرار می‌گیرد و دو طرفه است که یک طرف را دیافراگم و طرف دیگر را قسمت زنگوله‌ای یا بـل مـی‌نـامـنـد و ارتعـاشـات بـدن را تبـدیـل بـه ارتعاشات صوتی کرده و کمی تشدید می‌کند. سـپـس صـوت حـاصـل وارد لـولـه یـا لـولـه‌هـای هـدایـت کـنـنده صدا شده و در نهایت از طریق گـوشـی‌هـای مـخـصـوصـی وارد گـوش پـزشـک می‌شود.

انواع استتوسکوپ: بسته به نوع استفاده، استتوسکوپ‌ها انواع متفاوتی خواهند داشت:

۱- آکوستیک

۲- الکترونیک

گوشی طبی آکوستیک

نمونه های آکوستیک گوشی های پزشکی متداول ترین و شناخته شده ترین نمونه های گوشی های پزشکی بوده و بر اساس انتقال صدای شنیده شده از قفسه ی سینه از طریق لوله ی تو خالی پر شده از هوا به سمت گوش شنونده عمل می کند. قسمت دیافراگم آن برای شنیدن صداهای با فرکانس بالا (مانند صداهای قلبی) است و قسمت بل آن برای شنیدن صداهایی با فرکانس پایین (مانند صداهای ریوی) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

گوشی طبی جنین یکی از گوشی های آکوستیک می باشد که روی شکم مادر قرار گرفته و صدای قلب جنین را شناسایی کرده و شکلی شبیه شیپور دارد.

گوشی طبی الکترونیک

یکی از معایبی که می توان برای گوشی های آکوستیک در نظر گرفت تقویت ناچیز صداهای داخلی بدن می باشد. در مقایسه با گوشی های آکوستیک گوشی های الکترونیکی یک تقویت کننده پشت سر سنسور تشخیص صدا دارند و صداهای داخلی بدن را با وضوح و قدرت بیشتری به گوش شنونده می رسانند. معمولا این سنسور ها از جنس پیزوالکتریک می باشند. اما مشکلی که معمولا در حین استفاده از این گوشی ها به وجود می آید ایجاد نویز و تداخل امواج بر روی این گیرنده بوده که برای حذف آن مجبور به استفاده از فیلتر هایی می باشیم که در نتیجه بخشی از صدا حذف می شود. لذا این گوشی ها همچنان به اندازه ی نمونه های آکوستیک رایج نیستند.

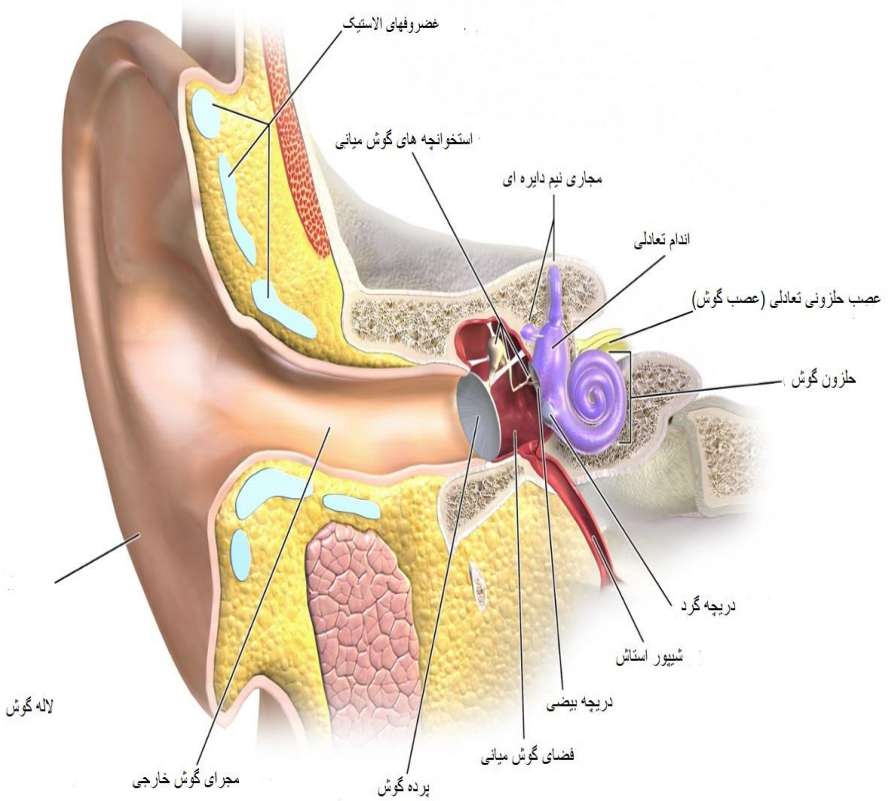
گوش:

گوش انسان یک سیستم حسی است که اصوات محیط را دریافت می کند و آنها را تقویت و به صورت کدهای قابل فهم به مغز انسان تحویل می دهد. وظیفه گوش شنوایی و حفظ تعادل و ثبات بدن است. گوش از بخش ها و بافت های متنوعی تشکیل شده است که در مجموع وظایف خود را بخوبی انجام می دهند.

اجزای گوش

گوش یک اندام حسی است و از ۳ بخش اصلی تشکیل شده است که شامل **گوش خارجی**، **گوش میانی** و **گوش داخلی** است گوش وظیفه ی **شنوایی** و حفظ *تعادل* و *ثبات* بدن را بر عهده دارد.

گوش۳ بخش است که هر بخش وظیفه و عملکرد خاصی را بر عهده دارد. اجزای گوش به ۳ دسته کلی **گوش خارجی** ، **گوش میانی** و **گوش داخلی** تقسیم می شود. هر قسمت از گوش دارای بخش ها و محتویات ویژه خود می باشد که عملکرد یا عملکردهایی را در مسیر تولید **سیگنال های صوتی** به **ایمپالس های** مورد نیاز برای مغز انجام می دهد.



ساختار گوش انسان

مطالعه آزاد

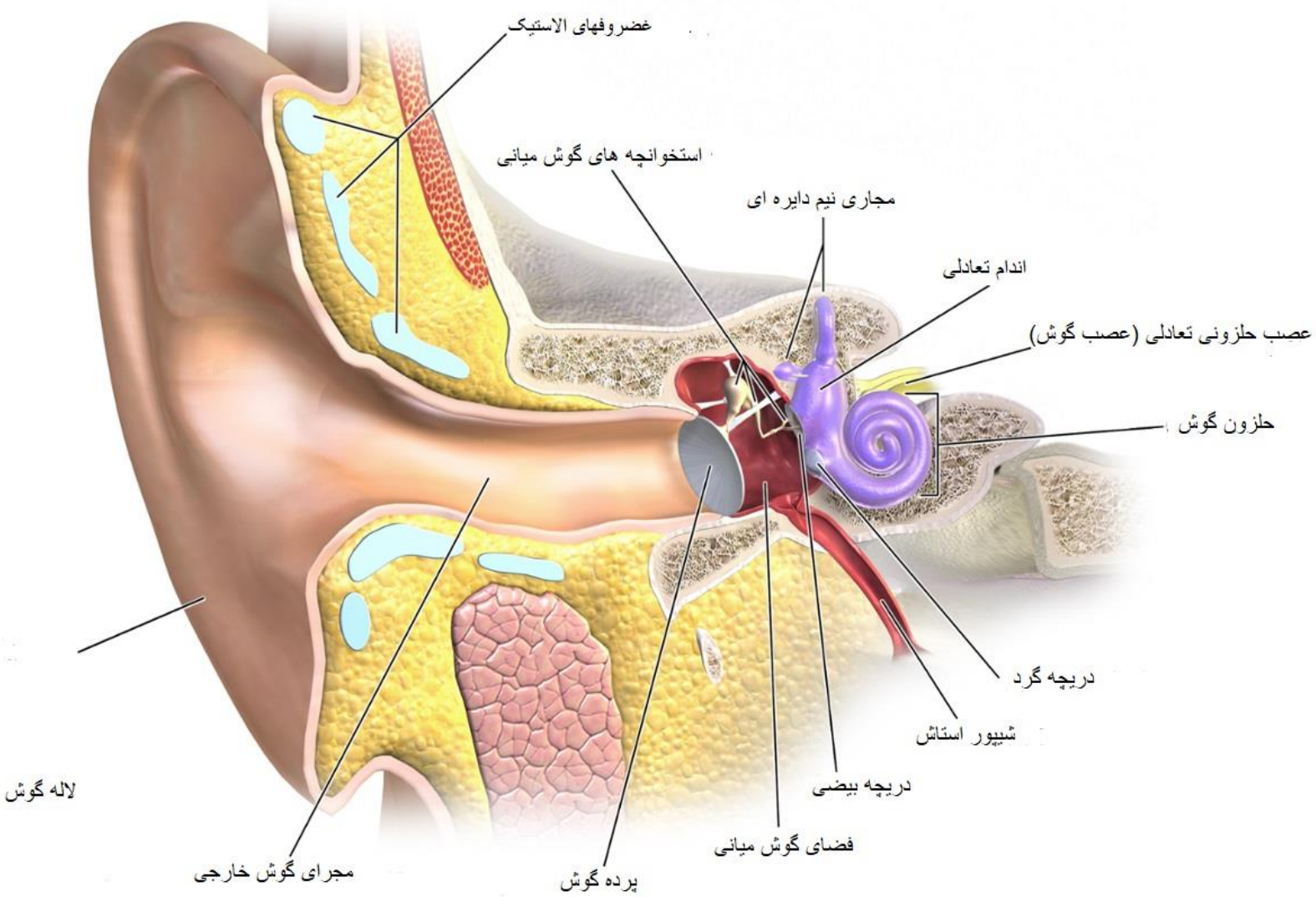
گوش انسان یک سیستم حسی است که اصوات محیط را دریافت می کند و آنها را تقویت و به صورت کدهای قابل فهم به مغز انسان تحویل می دهد. وظیفه گوش شنوایی و حفظ تعادل و ثبات بدن است. گوش از بخش ها و بافت های متنوعی تشکیل شده است که در مجموع وظایف خود را بخوبی انجام می دهند.

اجزای گوش

گوش یک اندام حسی است و از ۳ بخش اصلی تشکیل شده است که شامل **گوش خارجی**، **گوش میانی** و **گوش داخلی** است گوش وظیفه ی **شنوایی** و حفظ *تعادل* و *ثبات* بدن را بر عهده دارد.

گوش۳ بخش است که هر بخش وظیفه و عملکرد خاصی را بر عهده دارد. اجزای گوش به ۳ دسته کلی **گوش خارجی** ، **گوش میانی** و **گوش داخلی** تقسیم می شود. هر قسمت از گوش دارای بخش ها و محتویات ویژه خود می باشد که عملکرد یا عملکردهایی را در مسیر تولید **سیگنال های صوتی** به **ایمپالس های** مورد نیاز برای مغز انجام می دهد.

مطالعه آزاد



ساختار گوش انسان

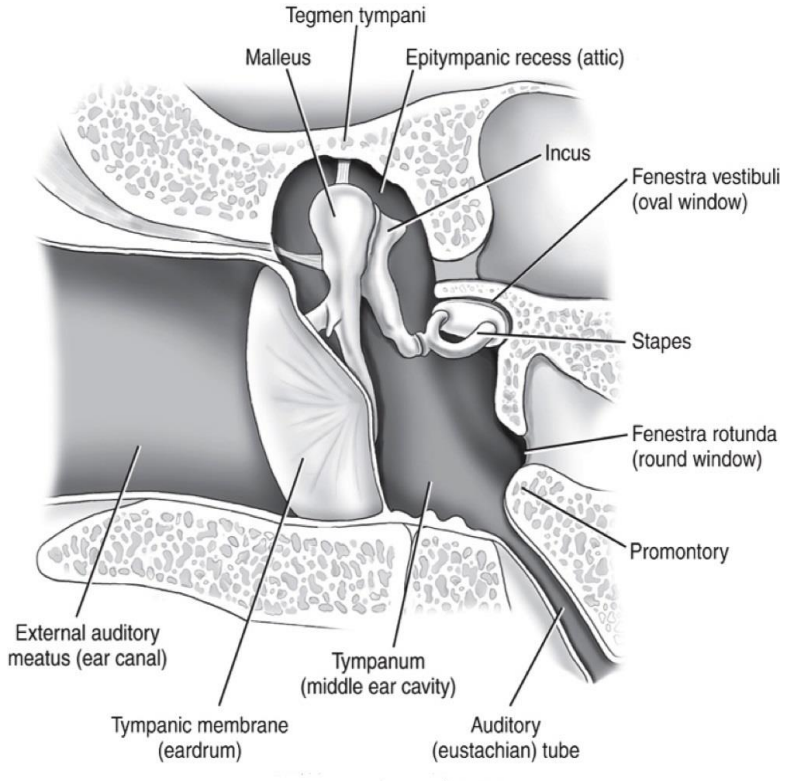
مطالعه آزاد

گوش خارجی

بیرونی ترین قسمت سیستم شنوایی انسان گوش خارجی می باشد. گوش خارجی شامل **لاله گوش** و **مجرای شنوایی** است. لاله گوش دارای چین و شکن های (برامدگی ها و فرورفتگی ها) خاصی است و وظیفه جمع آوری اصوات و انتقال آن به *مجرای گوش* را بر عهده دارد. مجرای گوش انسان اصوات رسیده از بیرون را به *پرده گوش* منتقل می کند. مجرا همانند یک لوله عمل می کند و اصوات را کمی تقویت می کند. مجرای گوش دارای ترشحاتی به نام **سرومن** (جرم گوش) است و از ورود جسم خارجی و حشرات به فضای داخل سیستم شنوایی جلوگیری می کند. سرومن *قلیایی* می باشد وحشرات در دام افتاده در مجرا را می کشد. حرکات پرده وسلول های سطحی مجرا سرومن را به طور طبیعی از آن خارج میکند. دستکاری مجرا توسط سلول های ترشح کننده جرم به عنوان جسم خارجی شناخته می شود و در پی آن تولید سرومن افزایش می یابد. افزایش سرومن وعدم خروج آن از مجرا باعث بسته شدن و انسداد آن می شود.

مطالعه آزاد

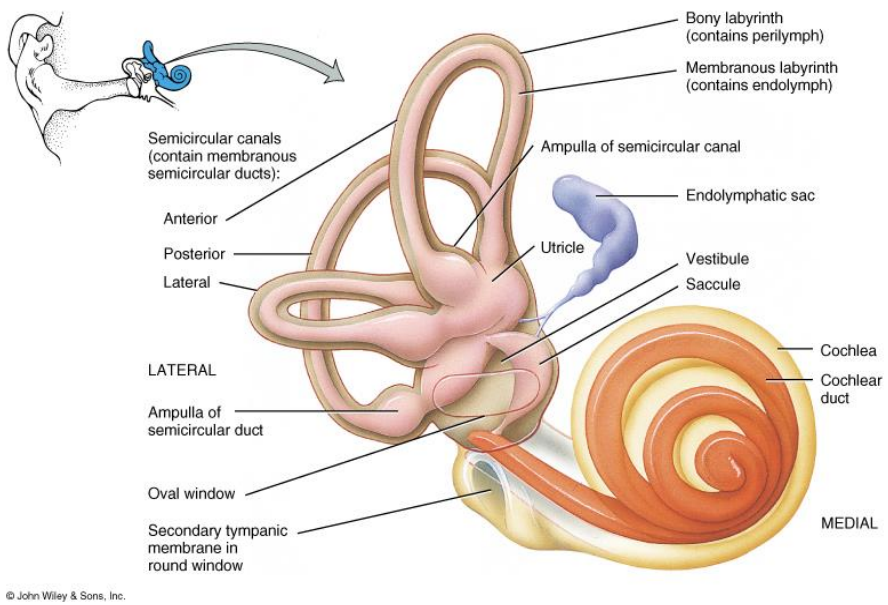
گوش میانی



بخش وسطی سیستم شنوایی انسان گوش میانی می باشد. گوش میانی شامل **پرده صماخ** و **استخوانچه** ها می باشد. *شیپور استاش* فضای داخلی گوش میانی را به حلق متصل می کند و **فشار هوای** درون آن را با بیرون یکسان می سازد تا هوای دو طرف پرده صماخ دارای شرایط یکسانی باشد. پرده گوش اصوات دریافت شده از مجرا را دریافت میکند و آن ها را به استخوانچه ها منتقل میکند. پرده صماخ به دلیل اتصال به استخوان چکشی و بر اساس قانون نسبت سطح ها در انتقال نیرو ،اصوات را به میزان خاصی تقویت می کند. پرده صماخ دارای سه لایه می باشد که یکی از آنها **عضلات** بسیار نازک می باشد و توانایی حرکت را به این جز از سیستم **شنوایی** می بخشد. استخوانچه های گوش میانی بسیار کوچک اند و **کوچکترین استخوان های بدن** را تشکیل می دهند. سه استخوانچه در فضای میانی وجود دارد. استخوانچه های گوش میانی از بیرون به داخل تحت عناوین **چکشی** (متصل به پرده صماخ) **سندانی** و **رکابی** (متصل به گوش داخلی) نامیده می شوند. استخوانچه ها وظیفه انتقال اصوات به حلزون و تقویت ناچیز آن را بر عهده دارند. گوش میانی علاوه بر موارد ذکر شده دارای **عضلات** کوچکی است که به استخوانچه ها متصل می شود و به هنگام مواجهه با اصوات بلند و ناگهانی انقباض آنها باعث کمتر شدن تقویت و سرکوب اصوات می شود تا آسیبی به سیستم شنوایی و سیستم مویی وارد نشود. این رفلکس بصورت خود بخودی انجام می شود.

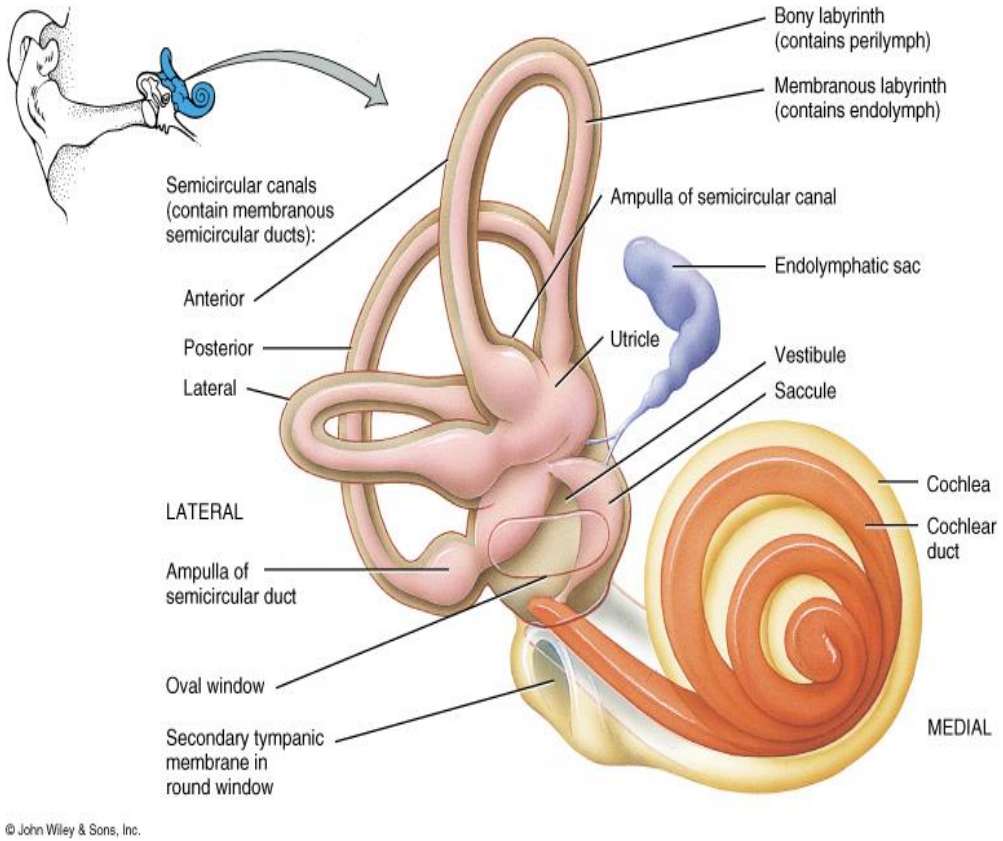
مطالعه آزاد

گوش داخلی



گوش داخلی، داخلی ترین بخش از قسمت **محیطی** سیستم شنوایی انسان است. این بخش شامل **حلزون**، **مجراهای نیم دایره ای** و **عصب شنوایی** می باشد. حلزون گوش ارتعاشات و لرزش ها استخوانچه ها را به ایمپالس های الکتریکی تبدیل می کند تا این تحریکات برای مغز قابل ردیابی و قابل فهم شود. درون حلزون مایع مخصوصی تحت عنوان *اندولنف* وجود دارد که شامل سلولهای مویی ویژه ای می باشد. سلولهای مویی دو دسته اند؛ *سلولهای مویی* داخلی که وظیفه اصلی شنوایی و تبدیل اصوات به سیگنالهای الکتریکی را بر عهده دارد. سلولهای مویی خارجی اصوات بسیار ضعیف را تقویت می کند و از تقویت بیش از حد اصوات بلند جلوگیری می کند.هر بخش از **غشای حلزون** و یا به عبارت دیگر هر دور از حلزون نسبت به محدوده ی خاصی از **فرکانس** ها حساس می باشد و تقویت آن قسمت را انجام می دهد. اصوات دارای *فرکانس بم* (فرکانس های پایین) در قسمت **راس حلزون** تقویت می شود و بیشترین حرکت غشای حاوی سلولهای مویی را در این قسمت از حلزون ایجاد می کند. اصوات دارای فرکانس های زیر (فرکانس بالا) بیشترین تحریک و حساسیت را در قسمت **قاعده** (پایه) حلزون انجام می دهند.

مطالعه آزاد



پس از تبدیل اصوات به سیگنالهای الکتریکی حلزون گوش آنها را به **رشته های آوران عصب گوش** تحویل می دهد. عصب گوش سیگنالهای الکتریکی را به **ساقه مغز** منتقل می کند و پس از تقاطع شنیداری اصوات وارد نیمکره های مغز می شود. مغز واکنش هایی را نسبت به اصوات از خود نشان می دهد و از طریق **اعصاب وابران** سیکنالهایی را به سلولهای مویی خارجی و داخلی منتقل می کند عملکرد آنها را تحت کنترل خو قرار می دهد.

گوش داخلی علاوه بر عملکرد شنوایی وظیفه ی حفظ **تعادل** را با استفاده از مجاری نیم دایره ای خود برعهده دارد. هر گوش دارای سه مجرای نیم دایره ای است که تحت عناوین مجرای **جلویی**، مجرای **عقبی** و مجرای **افقی** نامیده می شوند. هر کدام از مجرای نیم دایره ای نسبت به حرکت در جهت خاصی حساس است و ثبات بدن را در امتداد جهت خاصی حفظ می کند. مجاری نیم دایره ای دو گوش به صورت زوجی با یکدیگر در ارتباط اند و تعادل و ثبات بدن را با عملکرد های جبرانی یکدیگر حفظ می کنند.

مطالعه آزاد

اثر صدا بر انسان

صدا به صورت امواج مکانیکی بر کل بدن از جمله دستگاه شنوایی اثر سوء دارد:

۱. اثر صدا بر دستگاه شنوایی؛

۲. تداخل با مکالمه؛

۳. اثر بر روی اندام بینایی؛

٤. اثر بر سیستم تعادلی؛

۵. ناراحتی اجتماعی؛

٦. اثرات عصبی؛

۷. اثر روی الکترولیت‌ها؛

۸. اثرات جانبی؛

۹. اثرات روانی؛

۱۰. اثرات فیزیولوژیک عمومی؛

۱۱. اثرات ذهنی صدا.

مطالعه آزاد

صدمات صوتی به دستگاه شنوایی

۱- افت موقت شنوایی و افت دائم شنوایی:

• افت موقت شنوایی: زمانی اتفاق می افتد که فرد به طور اتفاقی یا به صورت غیرشغلی با امواج صوتی بالاتر از ٦٥ دسی بل مواجهه داشته باشد. شخص در این عارضه احساس سنگینی و کیپی در گوش دارد؛ محدودهٔ فرکانس kHz ٦-٢ بیشترین اثر را دارد.

• افت دائم شنوایی: اگر مواجهه با صدا تکرار گردد و به صورت دائمی در آید، افت موقت به دائم تبدیل می شود؛ عمدتاً از فرکانس ٤٠٠٠ هرتز شروع می‌گردد.

۲- ضربه صوتی: در اثر یک یا چند مواجههٔ نسبی با ترازهای خیلی بالای فشار صدا مثل انفجار به وجود می آید.

۳- وزوز گوش: شخص همواره دچار احساس وزوز در یک یا دو گوش می شود.

مطالعه آزاد

سیستم های الکترونیکی تقویت صدا

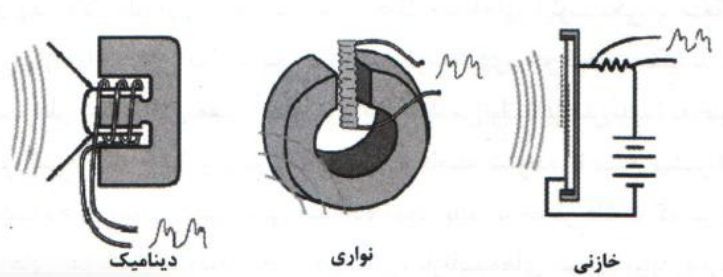
تحت شرایط عادی، صدای یک انسان برای یک فضای سرپوشیده تا حجم **300m³** به اندازه کافی رسا است. یک تالار طراحی شده مناسب از لحاظ جنبه‌های آکوستیکی با منعکس‌کننده‌های کافی این اندازه را به **1500m³** افزایش می‌دهد. در مواردی که کیفیت صدا با استاندارد بسیار مناسبی مد نظر نباشد، این مقدار حتی تا **8500m³** می‌تواند افزایش یابد. به طور کلی باید در فضاهای بزرگتر از **1700m³** و یا در مکان‌هایی که فاصله شنونده تا منبع بیشتر از **18 متر** باشد از تقویت‌کننده‌های صوتی الکترونیکی استفاده نمود. باید به خاطر داشت که در صورت استفاده از سیستم‌های تقویت الکترونیکی صدا در سالن، بازتابنده‌های صوتی نباید مورد استفاده واقع شده و زمان واخنش به حداقل ممکن تنزل یابد.

دلایل متعددی برای استفاده از تجهیزات برقی و بلندگوها وجود دارد که برخی از آن‌ها عبارتند از:

- افزایش تراز بلندی صدا هنگامی که منبع صوتی ضعیف است.
- فراهم‌آوردن صدای کافی برای افرادی که از منبع صوتی دور هستند.
- بازگرداندن صدا به سن.
- تغییر زمان واخنش در یک تالار.
- کاهش تأثیر صدای زمینه به‌وسیله پخش موسیقی ملایم و پایین آوردن شاخص وضوح گفتار در فضاهای عمومی.
- فراهم‌آوردن امکان فراخواندن افراد، اطلاعات و اخطار.
- امکان ترجمه همزمان در همایش‌ها.
- امکان سرویس‌دهی به افراد کم شنوا در تالارها.
- امکان ایجاد افکت‌های مختلف بر روی صدا.
- فراهم‌آوردن امکان ضبط و تکثیر.

به‌طورکلی یک سیستم تقویت صوتی از سه بخش کلی میکروفون، آمپلی‌فایر و بلندگو تشکیل شده‌است. صدای تولیدشده از منبع صوتی توسط میکروفون جمع‌آوری و با آمپلی‌فایر تقویت و از طریق بلندگو پخش می‌شود.

میکروفون‌ها امواج صوتی را دریافت کرده و آن‌ها را به علائم الکتریکی تبدیل می‌کنند. ازجمله مهم‌ترین انواع میکروفون‌ها می‌توان به میکروفون‌های دینامیک، نواری و خازنی اشاره کرد که هریک از آن‌ها دارای توانایی‌های مخصوص به خود هستند.



انواع میکروفون

مطالعه آزاد

در میکروفون‌های **دینامیک**، امواج صوتی صفحه مخروطی شکل میکروفون که به سیم‌پیچ‌های درون حوزه مغناطیس آهن‌ربایی وصل است را به ارتعاش درآورده و در نتیجه ارتعاش سیم‌پیچ، امواج الکتریکی تولید می‌شوند.
در میکروفون‌های **نواری**، امواج صوتی مستقیماً نوار درون حوزه مغناطیسی را به ارتعاش درآورده و در نتیجه ارتعاش نوار، امواج صوتی به امواج الکتریکی تبدیل می‌گردند.
در میکروفون‌های **خازنی**، امواج صوتی غشاء نازک فلزی درون قاب را به ارتعاش درآورده و در نتیجه قاب فلزی که توسط باتری دارای بار الکتریکی شده است را به حرکت در می‌آورد که موجب تولید امواج الکتریکی می‌شود.

هنگام استفاده از میکروفون، تقویت‌کننده و بلندگو در یک فضای بسته و یا فضای باز ممکن است این سیستم صوتی صدای سوت مانند تک فرکانس بلندی ایجاد کند، این پدیده هنگامی به‌وجود می‌آید که صدای پخش شده از بلندگو را میکروفون دریافت کرده و جهت تقویت مجدد به تقویت‌کننده ارسال می‌کند. این سیگنال، حلقه بسته به‌وجود آمده را به‌طور پیوسته طی می‌کند. در این شرایط تقویت‌کننده مانند یک نوسان‌ساز عمل می‌کند که این پدیده به **بازخورد آکوستیکی** معروف است. برای جلوگیری از این پدیده باید فاصله میکروفون، بلندگو و نیز تقویت‌کننده تحت کنترل قرار گیرند. درنتیجه میزان ارتعاشات بلندگو که توسط میکروفون دریافت می‌شوند محدود شده و صدای تک فرکانس بازخورد به وجود نخواهد آمد.

چنانچه بلندگو در داخل جعبه قرار داده نشده باشد یا به بیان دیگر ارتباط جلو و پشت مخروط قطع نشده باشد، ارتعاشات هوای جلوی مخروط با ارتعاشات هوای پشت آن ترکیب شده و راندمان بلندگو به شدت کاهش پیدا می‌کند. این پدیده نیز در بلندگو به بازخورد آکوستیکی معروف است.

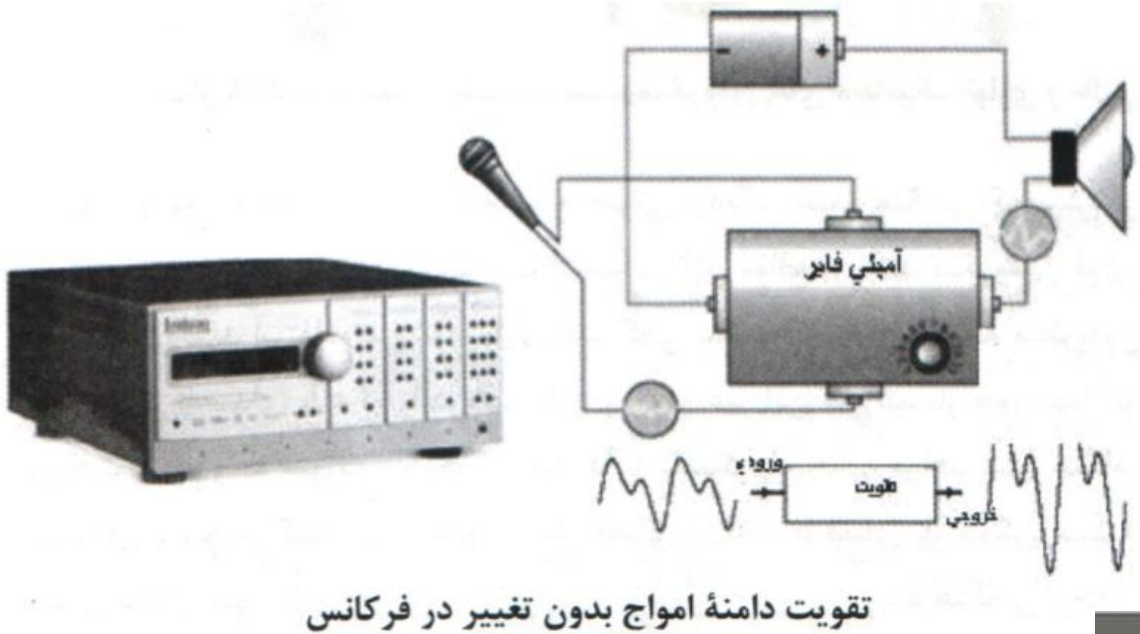
به ترتیب از چپ به راست؛ میکروفون‌های دینامیک، نواری و خازنی

مطالعه آزاد

آمپلی‌فایر

سیستم‌های تقویت الکترونیکی صدا باید قابلیت انتقال صدا با فرکانس‌های وسیع 30 تا 12000 هرتز را به‌منظور حفظ تعادل بین فرکانس‌های پایه و هارمونی داشته باشند. همچنین قابلیت انتقال صحیح صدا از زمزمه تا فریاد بلند بدون تغییر شکل در صدا را داشته و عاری از پژواک باشند.

آمپلی‌فایرها دارای دو مجرای اصلی هستند، یکی برای مدار ورودی و دیگری برای مدار خروجی. سیگنال مدار ورودی می‌تواند از روی صدای ضبط شده و یا از طریق میکروفون ایجاد شده باشد. به محض بارگذاری، مدار خروجی قادر به لرزاندن مخروط بلندگو می‌شود.

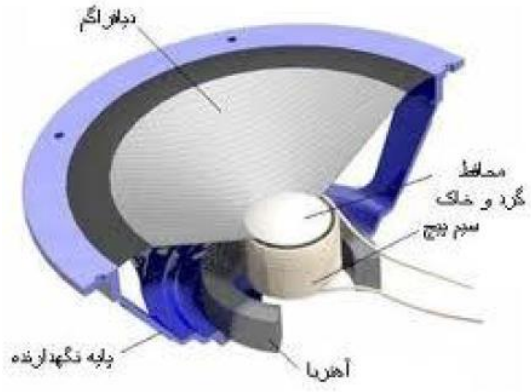


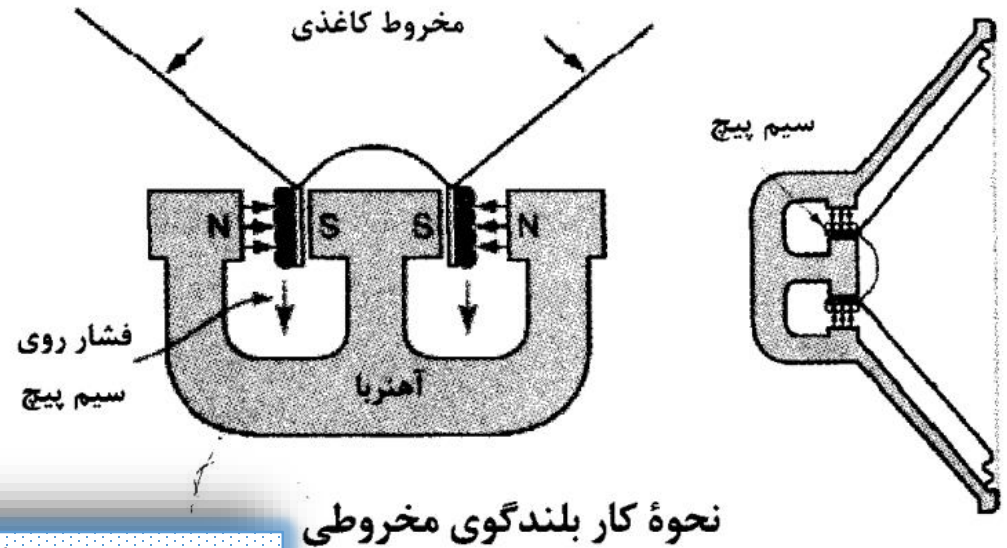
تقویت دامنهٔ امواج بدون تغییر در فرکانس

مطالعه آزاد

بلندگو

واحد نهایی در روند تقویت و پخش صدا بلندگو می‌باشد که سیگنال‌های الکتریکی را به اصوات صوتی تبدیل می‌کند.
بلندگو یک مبدل الکتروآکوستیک است که توان الکتریکی را به انرژی صوتی تبدیل می‌کند و این انرژی را در محیط منتشر می‌کند. انواع مختلف بلندگو عبارتند از: دینامیک، خازنی و پیزوالکتریک که نوع معمول آن دینامیک است.
عناصر اصلی بلندگو عبارتند از: آهن‌ربای دائمی. سیم‌پیچ و دیافراگم مخروطی شکل که معمولاً از کاغذ، پلاستیک و یا فلز انعطاف‌پذیر ساخته شده و با حرکت خود سبب لرزش ذرات هوا و تولید صدا می‌شود.
اتصال مخروط به سیم‌پیچ مولد و لبه خارجی آن نیز به‌وسیله ماده پلاستیکی انعطاف‌پذیری به قاب خارجی متصل است. سیم‌پیچ نیز به‌وسیله قطعه‌ای عنکبوتی شکل به قاب خارجی متصل شده است به‌گونه‌ای که در عین حال که سیم‌پیچ را در محل خود حفظ می‌کند، امکان حرکت آزادانه را نیز از آن سلب نمی‌کند.
در بسیاری از بلندگوهای مرسوم، برای به‌دست آوردن یک وات توان آکوستیکی باید در حدود صد وات قدرت الکتریکی مصرف کرد یعنی این گونه بلندگوها بازدهی یک درصد دارند. بازدهی بلندگوهای **مخروطی** در حدود **سه درصد** و در بلندگوهای پیشرفته **پیزوالکتریکی** به **بیست درصد إلی بیست و پنج درصد** می‌رسد.

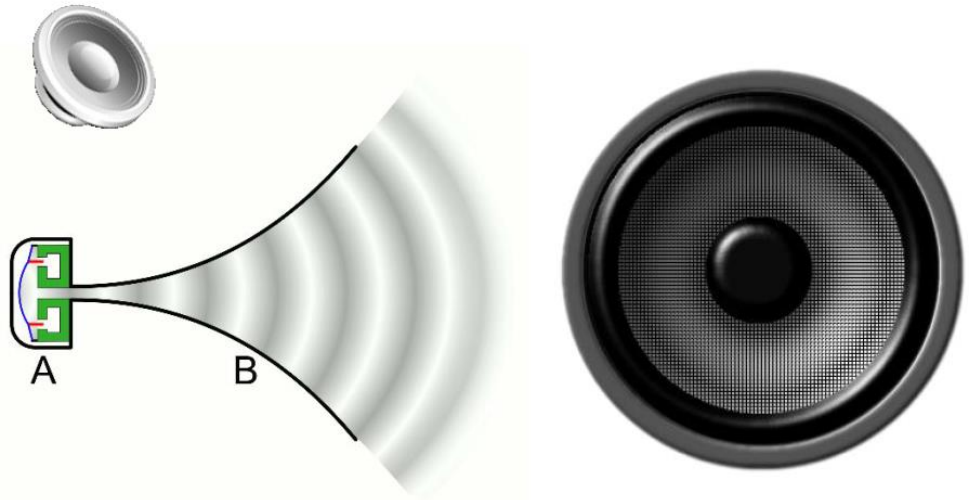


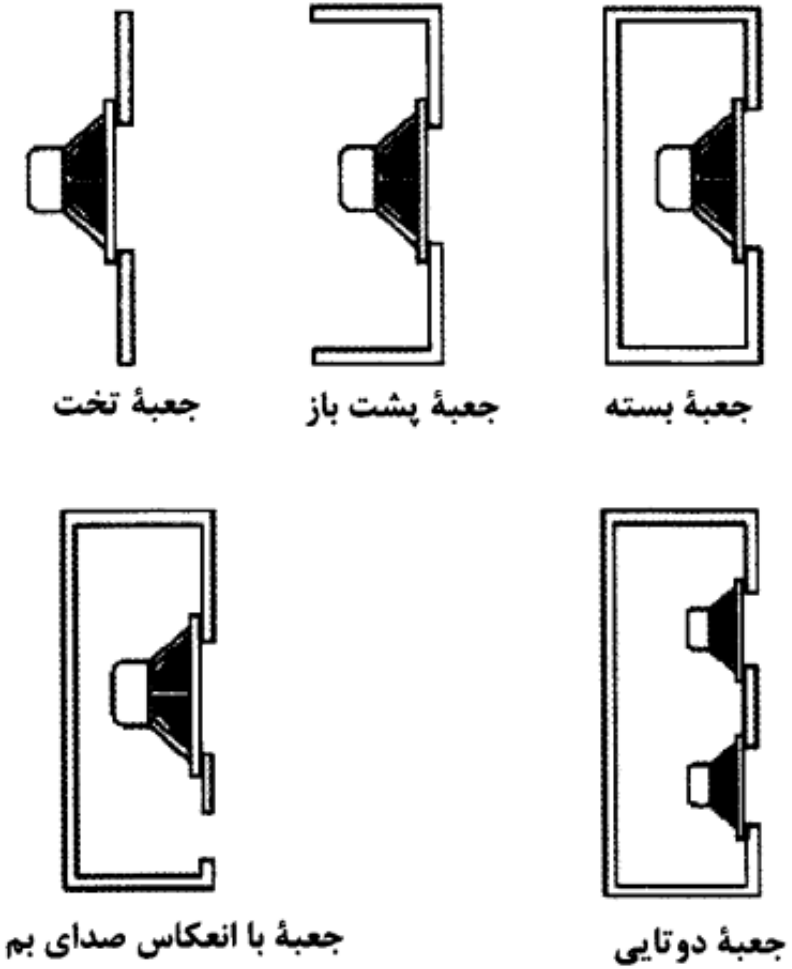


نحوهٔ کار بلندگوی مخروطی

مطالعه آزاد

در بلندگوهای مخروطی، سیم‌پیچ مرتعش‌شده توسط امواج الکتریکی در میدان مغناطیسی آهن‌ربایی، موجب به حرکت درآوردن مخروط کاغذی متصل به آن شده و در نتیجه تولید امواج صوتی می‌نماید.
به‌منظور نصب آسان بلندگو در محل مناسب، تولید صدا با کیفیت مناسب و نیز جهت جلوگیری از تحت تأثیر قراردادن امواج تولیدی از جلو توسط صدای تولید شده از پشت و بنا به دلایل متعدد دیگر، بلندگوهای مخروطی نیاز به یک جعبه محافظ دارند.
سیستم صوتی مناسب سیستمی است که بتواند تمامی فرکانس‌های صدای اصلی را بدون هیچ تغییری در آن منتقل نماید. بنابراین لازم است که از بلندگوهای متناسب با فرکانس‌های مشخص استفاده گردد.

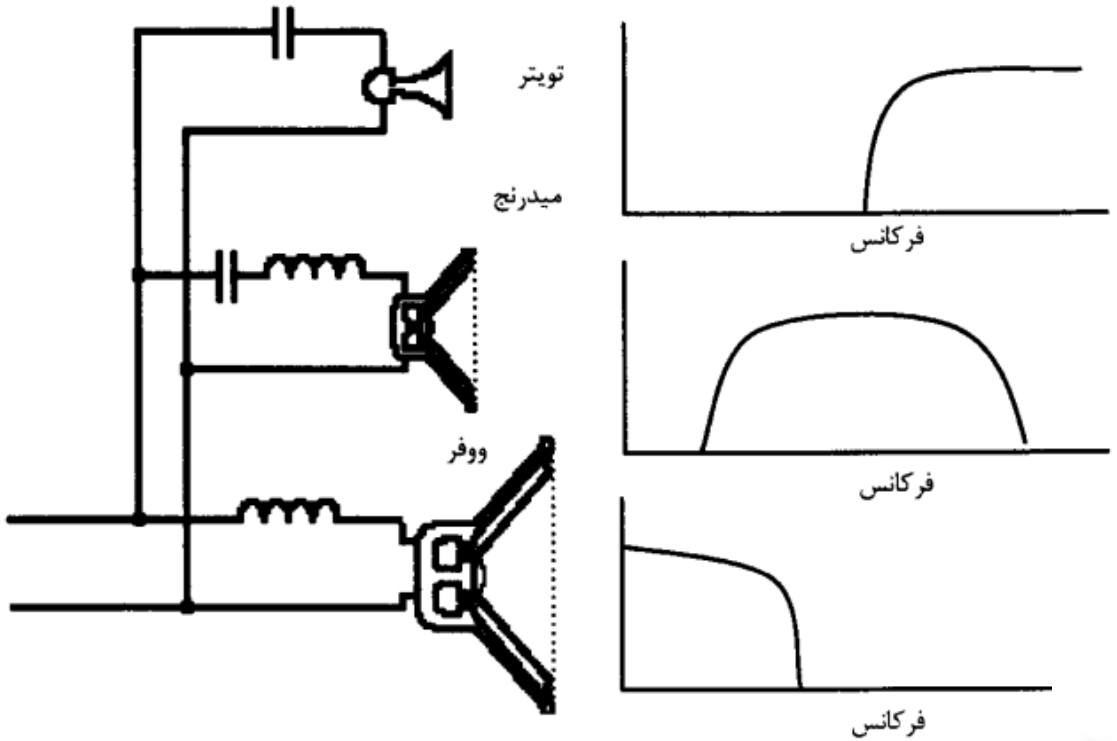




انواع جعبهٔ محافظ بلندگو

مطالعه آزاد

به طور کلی از سه دسته از بلندگوها به‌این منظور استفاده می‌شود:
الف) بلندگوهای مربوط به امواج با طول موج زیاد به نام **ووفر** (Woofer) که مخروط این بلندگو نرم و بزرگ بوده و معمولاً فرکانس‌های پایین‌تر از پانصد هرتز توسط این بلندگو پخش می‌شوند.
ب) بلندگوهای مربوط به امواج متوسط با نام **میدرنج** (Mid-Range).
پ) بلندگوهای مربوط به امواج با طول موج کم به نام **تویتر** (Tweeter) که معمولاً برای پخش فرکانس‌های سه هزار هرتز تا بیست هزار هرتز مورد استفاده قرار می‌گیرد و ابعاد کوچکتری نسبت به بلندگوی ویژه فرکانس‌های میانی یا بلندگوی ویژه فرکانس‌های پایین دارد و مخروط آن از مواد سخت‌تری نسبت به دو بلندگوی مذکور ساخته می‌شود.



محدودهٔ پوشش فرکانسی بلندگوها

مطالعه آزاد

پس از کسب حداکثر توان یک بلندگو، قدم بعدی توزیع صحیح این صدا در مکان است. بدیهی است که اگر تمام توان یک منبع صوتی در یک مکان کوچک‌تری انتشار یابد، فشار صوتی بیشتر و همین‌طور صدای بلندتری در آن مکان حاصل خواهد شد. در فرکانس‌های کم (صداهای بم)، انتقال صدا از منبع به یک مکان ویژه امکان‌پذیر نیست زیرا در فرکانس‌های کم، امواج صوتی تمایل به پخش‌شدن در تمام جهات دارند و به عکس امواج صوتی با فرکانس بالا (صداهای زیر) می‌توانند به صورت جهت‌دار هدایت شوند. البته شکل بلندگو (انواع بلندگوهای مخروطی و نظایر آن) نیز در هدایت صدا در مسیر خاص مؤثر است.

از لحاظ شیوه پخش، صدا به سه صورت **مونو**، **استریو** و **محیطی** قابل پخش است.

در شیوه **مونو:** پخش از طریق یک یا چند بلندگوی یکسان (یک کانال).

کاربرد: در سیستم‌های اطلاع‌رسانی رادیو (به جز موج FM) و مکان‌های عمومی.

در پخش **استریو**: پخش از دو کانال مجزا.

کاربرد: از آن در تلویزیون، رادیو FM، کامپیوترهای خانگی و سینماهای قدیمی.

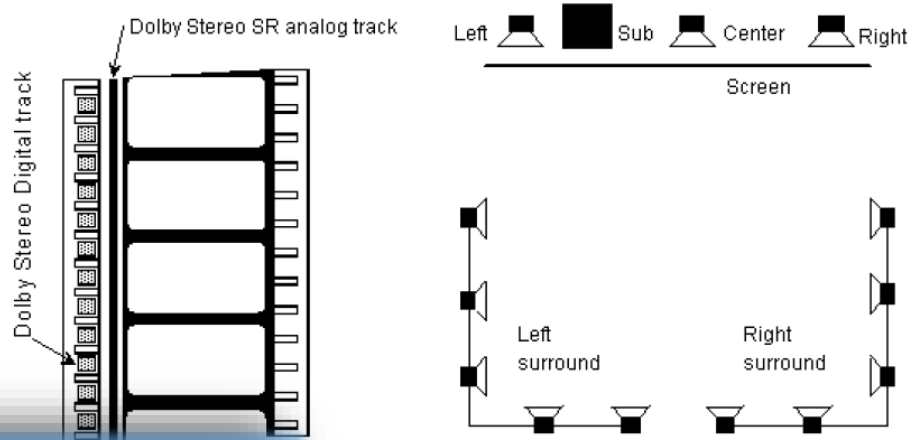
در نوع **محیطی**: که در پخش‌کننده‌های خانگی و سینماها رواج دارد، ضبط صدا از طریق میکروفون‌های مجزا و مونتاژ و گذاشتن افکت‌های صوتی در استودیوها صورت پذیرفته و پخش از طریق کانال‌های مجزا انجام می‌گیرد.

سیستم‌های محیطی خود به پنج دسته تقسیم می‌شوند:

۱) سیستم استریوفونیک: ضبط بر روی نوارهای مغناطیسی انجام شده و پخش از ۴ کانال (۳ کانال در پشت پرده فیلم و ۱ کانال در طول سالن) صورت می‌پذیرد. پخش صداهای اصلی از سمت پرده بوده و پخش صداهای پس‌زمینه در طول سالن انجام می‌گیرد.

۲) سیستم دالبی‌استریو: ضبط بر روی کناره نوار فیلم انجام گرفته و از ۵ کانال (۳ کانال در پشت پرده فیلم و ۲ کانال در طول سالن به صورت محیطی) پخش می‌شود. اولین بار از این روش در فیلم **جنگ ستارگان** استفاده شد. در سیستم‌های سینمای خانگی ضبط بر روی نوارهای ویدئو انجام شده و پخش از ۳ کانال میانی، راست و چپ صورت می‌پذیرد.

Dolby Stereo



مطالعه آزاد

۳) **سیستم دالبی دیجیتال:** ضبط بر روی لبه‌های فیلم انجام گرفته و در اواخر دهه هشتاد توسط آزمایشگاه دالبی برای فیلم‌های دیجیتال ارائه شد. این سیستم از پنج کانال مجزا با طیف صوتی کامل (چپ، مرکزی، راست، چپ محیطی و راست محیطی) تشکیل شده است به اضافه یک کانال ششم ساب ووفر (Subwoofer) در پشت پرده برای افه‌های قوی با فرکانس پایین (LFE) که بیش از شنیده‌شدن در سالن احساس می‌شوند. در این روش امکان افزودن یک کانال صدا برای دیوار انتهای سالن با نام دالبی دیجیتال محیطی EX نیز وجود دارد. سیستم دالبی دیجیتال برای اولین بار در سال 1992 در سینماها به اجرا درآمد و امروزه سیستم صوتی پیشروی پخش فیلم‌های دیجیتال در سینماهایی است که برای اجرای آن تجهیز شده‌اند.

۴) **سیستم DTS (Digital Theater System):** در این سیستم ضبط صدا بر روی یک یا دو CD صورت گرفته و آرایش بلندگوها شبیه به روش دالبی دیجیتال است. از این سیستم اولین بار در فیلم **پارک ژوراسیک** استفاده شده است.

۵) **سیستم SDDS (Sony Dynamic Digital Sound):** در این سیستم ضبط صدا بر روی لبه‌های فیلم انجام و خواندن آن با لیزر صورت می‌پذیرد. در این روش، پخش صدا از ۸ کانال (۳ کانال صدا در پشت پرده به صورت مرکزی، چپ و راست به همراه ۱ کانال ساب ووفر، ۲ کانال در سمت چپ و راست جلوی سالن و ۲ کانال صدای پس‌زمینه در سمت چپ و راست در طول سالن) انجام می‌گیرد. از این سیستم در **خانه اپرای سیدنی** نیز استفاده می‌شود.

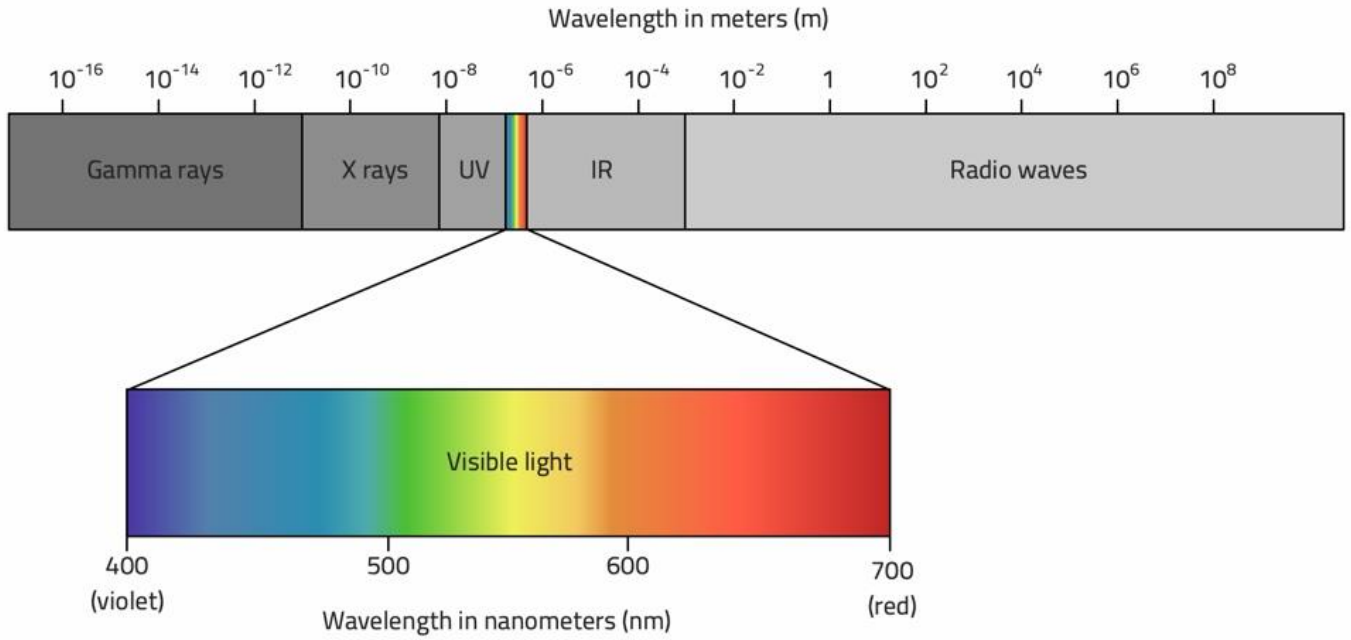
DTS channel arrangement

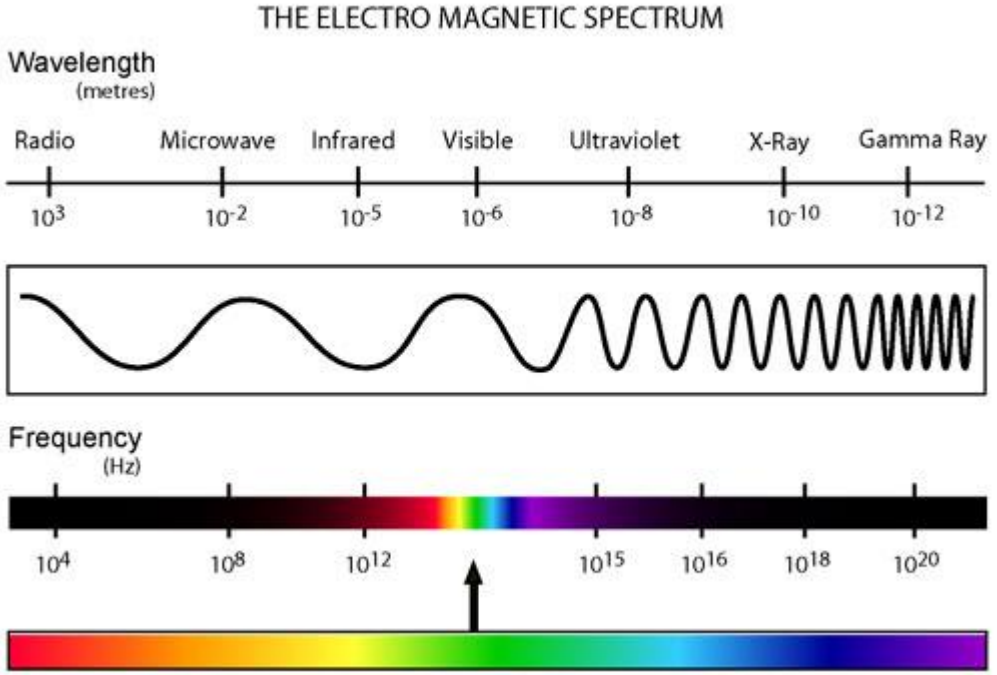
مطالعه آزاد

فصل ٦- مبانی نور، نور در پزشکی و فیزیک چشم و بینایی

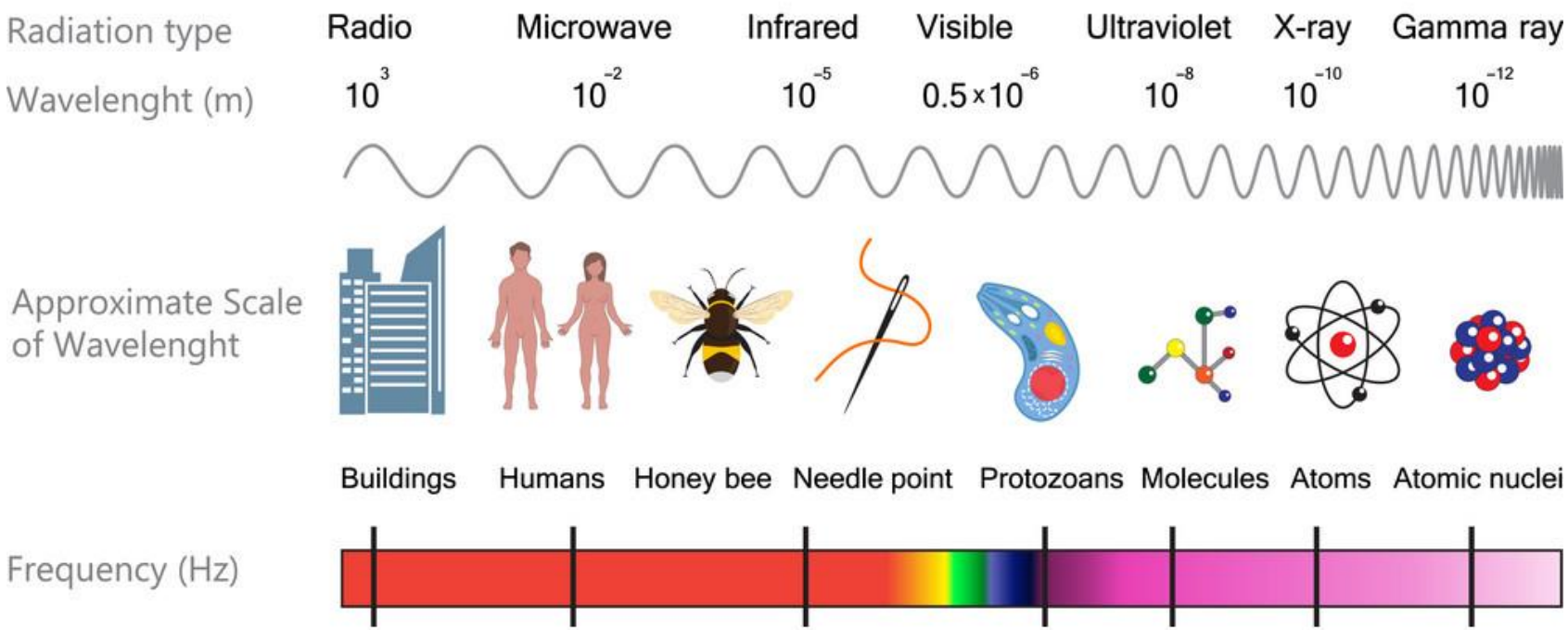
موج: آشفتگی با بر هم خوردن تعادل محیط به صورت منظم یا نامنظم و راهی برای انتقال انرژی می باشد.

انواع امواج: ١- امواج مکانیکی مانند صوت، ٢ امواج الکترومغناطیسی مانند نور





Electromagnetic Spectrum



VectorStock®
VectorStock.com/15706265

طول موج و فرکانس امواج الکترو مغناطیس, گاما تا طیف مرئی – طول موج بر حسب متر و فرکانس بر حسب هرتز می باشد.

ردیف	نام اشعه	علامت اختصاری	نام گروه	دامنه طول موج	دامنه فرکانس
1	اشعه(Gamma) دو زیر گروه			$\lambda<1\times10^{-12}$	$f>3\times10^{20}$
۱	گامای پر انرژی		گاما	$\lambda<1\times10^{-12}$	$f>3\times10^{20}$
۲	گامای معمولی		گاما	$1\times10^{-12}<\lambda<1\times10^{-11}$	$3\times10^{19}<f<3\times10^{20}$
2	اشعه ایکس(x) دو زیر گروه شامل			$1\times10^{-11}<\lambda<1\times10^{-7}$	$3\times10^{15}<f<3\times10^{19}$
۱	ایکس سخت	HX	ایکس	$1\times10^{-11}<\lambda<1\times10^{-9}$	$3\times10^{17}<f<3\times10^{19}$
۲	ایکس نرم	SX	ایکس	$1\times10^{-9}<\lambda<1\times10^{-7}$	$3\times10^{15}<f<3\times10^{17}$
3	فرابنفش(Ultraviolet) ۳ زیر گروه			$1\times10^{-7}<\lambda<4\times10^{-7}$	$1.07\times10^{15}<f<9.52\times10^{15}$
۱	فرابنفش دور	UVC	فرابنفش	$1\times10^{-7}<\lambda<2.8\times10^{-7}$	$1.07\times10^{15}<f<3\times10^{15}$
۲	فرابنفش متوسط	UVB	فرابنفش	$2.8\times10^{-7}<\lambda<3.15\times10^{-7}$	$9.52\times10^{15}<f<1.07\times10^{15}$
۳	فرابنفش نزدیک	UVA	فرابنفش	$3.15\times10^{-7}<\lambda<4\times10^{-7}$	$7.5\times10^{15}<f<9.52\times10^{15}$
4	طیف مرئی(The Light) ۶ زیر گروه شامل			$4\times10^{-7}<\lambda<8\times10^{-7}$	$4.84\times10^{14}<f<6.66\times10^{14}$
۱	بنفش		طیف مرئی	$4\times10^{-7}<\lambda<4.5\times10^{-7}$	$6.66\times10^{14}<f<7.5\times10^{14}$
۲	آبی		طیف مرئی	$4.5\times10^{-7}<\lambda<4.95\times10^{-7}$	$6.06\times10^{14}<f<6.66\times10^{14}$
۳	سبز		طیف مرئی	$4.95\times10^{-7}<\lambda<5.7\times10^{-7}$	$5.26\times10^{14}<f<6.06\times10^{14}$
۴	زرد		طیف مرئی	$5.7\times10^{-7}<\lambda<5.9\times10^{-7}$	$5.08\times10^{14}<f<5.26\times10^{14}$
۵	نارنجی		طیف مرئی	$5.9\times10^{-7}<\lambda<6.2\times10^{-7}$	$4.84\times10^{14}<f<5.08\times10^{14}$
۶	سرخ		طیف مرئی	$6.2\times10^{-7}<\lambda<8\times10^{-7}$	$3.75\times10^{14}<f<4.84\times10^{14}$

مطالعه آزاد

طول موج و فرکانس امواج الکترو مغناطیس, فروسرخ تا میکروموج

ردیف	نام اشعه	علامت اختصاری	نام گروه	دامنه طول موج	دامنه فرکانس
5	مادون قرمز(Infrared) سه زیر گروه شامل			$8\times10^{-7}<\lambda<1\times10^{-4}$	$3\times10^{14}<f<3\times10^{13}$
۱	فرو سرخ کوتاه	SIR	مادون قرمز	$8\times10^{-7}<\lambda<1\times10^{-6}$	$3\times10^{14}<f<3.75\times10^{14}$
۲	فرو سرخ متوسط	MIR	مادون قرمز	$1\times10^{-6}<\lambda<1\times10^{-5}$	$3\times10^{13}<f<3\times10^{14}$
۳	فرو سرخ دور	HIR	مادون قرمز	$1\times10^{-5}<\lambda<1\times10^{-4}$	$3\times10^{12}<f<3\times10^{13}$
6	تراهرتز(Terra Hertz) یک زیر گروه			$1\times10^{-4}<\lambda<1\times10^{-3}$	$3\times10^{11}<f<3\times10^{12}$
۱	ترا هرتز		تراهرتز	$1\times10^{-4}<\lambda<1\times10^{-3}$	$3\times10^{11}<f<3\times10^{12}$
7	ماکرو(Macro) دو زیر گروه			$.001<\lambda<.1$	$3\times10^{9}<f<3\times10^{11}$
۱	ماکرو کوتاه	SHF	میکروموج	$.001<\lambda<.01$	$3\times10^{10}<f<3\times10^{11}$
۲	ماکرو بلند	EHF	میکروموج	$.01<\lambda<.1$	$3\times10^{9}<f<3\times10^{10}$

مطالعه آزاد

طول موج و فرکانس امواج الکترو مغناطیس, امواج رادیویی

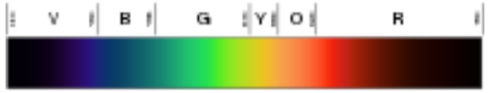
ردیف	نام اشعه	علامت اختصاری	نام گروه	دامنه طول موج	دامنه فرکانس
8	رادیوئی(Radio)- ۸ زیر گروه شامل			λ>.1	f<3×10^{9}
۱	تلویزیونی	UHF	رادیوئی	.1 <λ<1	3×10^{8}<f<3×10^{9}
۲	تلویزیونی و FM	VHF	رادیوئی	1<λ<10	3×10^{7}<f<3×10^{8}
۳	رادیوئی AM-SW	HF	رادیوئی	10<λ<100	3×10^{6}<f<3×10^{7}
۴	رادیوئی AM-MW	MF	رادیوئی	100<λ<1000	3×10^{5}<f<3×10^{6}
۵	رادیوئی AM-LW	LF	رادیوئی	1000 <λ<1×10^{4}	3×10^{4}<f<3×10^{5}
۶	رادیوئی موج بلند	VLF	رادیوئی	1×10^{4} <λ<1×10^{5}	3000<F<30,000
۷	رادیوئی موج بلند	VF	رادیوئی	1×10^{5} <λ<1×10^{6}	300<F<3000
۸	رادیوئی موج بلند	ELF	رادیوئی	1×10^{7} <λ	F<300

مطالعه آزاد

نام	علامت اختصاری	طول موج به نانومتر	مقدار انرژی به فوتون	توضیح
پرتو فرابنفش A	UVA	nm 315 – 400	eV 3.94 – 3.10	موج بلند یا نور سیاه که توسط لایه ازون جذب نمی‌شود
پرتو فرابنفش B	UVB	nm 280 – 315	eV 4.43 – 3.94	موج متوسط که بیشتر آن توسط لایه ازون جذب می‌شود
پرتو فرابنفش C	UVC	nm 100 – 280	eV 12.4 – 4.43	موج کوتاه که کاملاً توسط لایه ازون و جو زمین جذب می‌شود

نام	علامت اختصاری	طول موج به نانومتر	مقدار انرژی به فوتون	توضیح
پرتو فرابنفش نزدیک	NUV	nm 300 – 400	eV 4.13 – 3.10	ظاهراً کم خطر
پرتو فرابنفش میانه	MUV	nm 200 – 300	eV 6.20 – 4.13	خطرناک
پرتو فرابنفش دور	FUV	nm 122 – 200	eV 10.16 – 6.20	بسیار خطرناک

نام	علامت اختصاری	طول موج به نانومتر	مقدار انرژی به فوتون	توضیح
پرتو فرابنفش خلاء یا Vacuum	VUV	nm 10 – 200	eV 124 – 6.20	عمدتاً از طریق اکسیژن جو جذب شده ولی نیتروژن آن را منتقل می‌کند
پرتو فرابنفش تند یا Extreme	EUV	nm 10 – 121	eV 124 – 10.25	کاملاً توسط جو زمین جذب می‌شود



رنگ	بسامد	طول موج
بنفش	۷۸۹–۶۶۸ تراهرتز	۴۵۰–۳۸۰ نانومتر
آبی	۶۶۸–۶۰۶ تراهرتز	۴۹۵–۴۵۰ نانومتر
سبز	۶۰۶–۵۲۶ تراهرتز	۵۷۰–۴۹۵ نانومتر
زرد	۵۲۶–۵۰۸ تراهرتز	۵۹۰–۵۷۰ نانومتر
نارنجی	۵۰۸–۴۸۴ تراهرتز	۶۲۰–۵۹۰ نانومتر
سرخ	۴۸۴–۴۰۰ تراهرتز	۷۵۰–۶۲۰ نانومتر

ماهیت نور و تاریخچه

۱- در حدود ۲۰۰۰۰ سال قبل نور و گرما توسط آتش حاصل از سوختن نباتات و روغن حیوانات کسب می شدند.

۲- در حدود ٤٥٠ سال قبل از میلاد مسیح افلاطون و اقلیدوس بر این باور بودند که چشم نوعی اشعه بینایی از خود ساطع می کند.

۳- حدود ۷۰ سال بعد ارسطو (شاگرد افلاطون) آن را رد کرد و گفت پس چرا شب تاریک نمی بینیم؟

٤- **ذره ای بودن نور (نظریه نیوتن):** نیوتن دانشمند مشهور انگلیسی یکی از کسانی بود که برای اولین بار عنوان کرد نور از ذرات بسیار ریزی ساخته شده که " فوتون " نام دارند و به خط مستقیم حرکت می کند. یکی از دلائلی که نیوتن در این باره آورده و مثال هائی که در رساله خودش نوشته بوجود آمدن سایه است.

٥- **نظریه موجی بودن نور (هویگنس):** کریستیان هویگنس (دانشمند هلندی ١٦٢٩ تا ١٧٩٥) هم عصر نیوتن اعتقاد داشت نور نه از ذره , بلکه از موج ساخته شده است . او براساس مطالعه قوانین بازتاب و شکست همچنین پدیده تداخل و پراش نور و... پدیده هائی مانند این به این نتیجه رسید که نور نمی تواند از ذره بوجود آمده باشد و از موج تشکیل شده است.

٦- **نظریه مکملی:** طبق این نظریه هم نیوتن درست می گفت هم هویگنس معنی این گفته این است که نور هم می تواند ماهیت ذره ای داشته باشد هم ماهیت موجی , بسیاری از پدیده های در ارتباط با نور را می توان به خاصیت ذره ای بودن نور نسبت داد و تعدادی را به موجی بودن نور یعنی نور رفتار دوگانه دارد . بعضی وقت ها ذره ای رفتار می کند و گاهی اوقات موجی.

ادغام خصوصیات ذره ای و موجی نور توسط دوبروی (شاگرد انیشتن) بانجام رسید. بر اساس اصل دوبروی ، در مورد ذرات دو حالت ذره‌ای و موجی در نظر گرفته می‌شود. به عنوان مثال ، اگر ذره‌ای به جرم یک گرم که با سرعت معمولی در حال حرکت است، در نظر بگیریم طول موج منتسب به این ذره ، چنان کوچک خواهد بود که اصلا قابل ملاحظه نیست. اما در مورد ذراتی مانند الکترون ، این طول موج قابل توجه است. بنابراین با توسل به این اصل می‌توان تابش الکترومغناطیسی را نیز متشکل از ذراتی دانست که این ذرات را فوتون می‌گویند.

۷- **کشف ماکسول:** سرانجام ماکسول دانشمند بزرگ انگلیسی نشان داد آنچه ما به عنوان نور می شناسیم در واقع قسمت کوچکی است از طیف وسیع است که به نام امواج الکترو مغناطیس می شناسیم.

۸- پلانک در اوایل قرن بیستم میلادی با ارائه ثابت h پلی بین خصوصیات ظاهرا متضاد نور برقرار کرد.

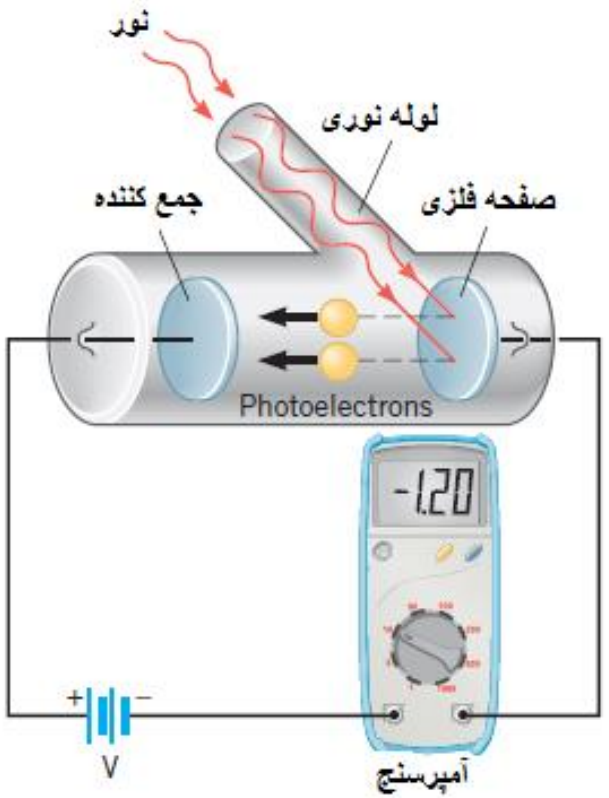
۹- **نظریه کونتومی بودن نور:** طبق نظریه کونتوم و نسبیت که در قرن بیستم توسط انشتین و پلانک تدوین شد , انرژی الکترو مغناطیسی کوانتیده است، یعنی جذب یا نشر انرژی میدان الکترو مغناطیسی به مقدارهای گسسته‌ای به نام "فوتون" انجام می‌گیرد.

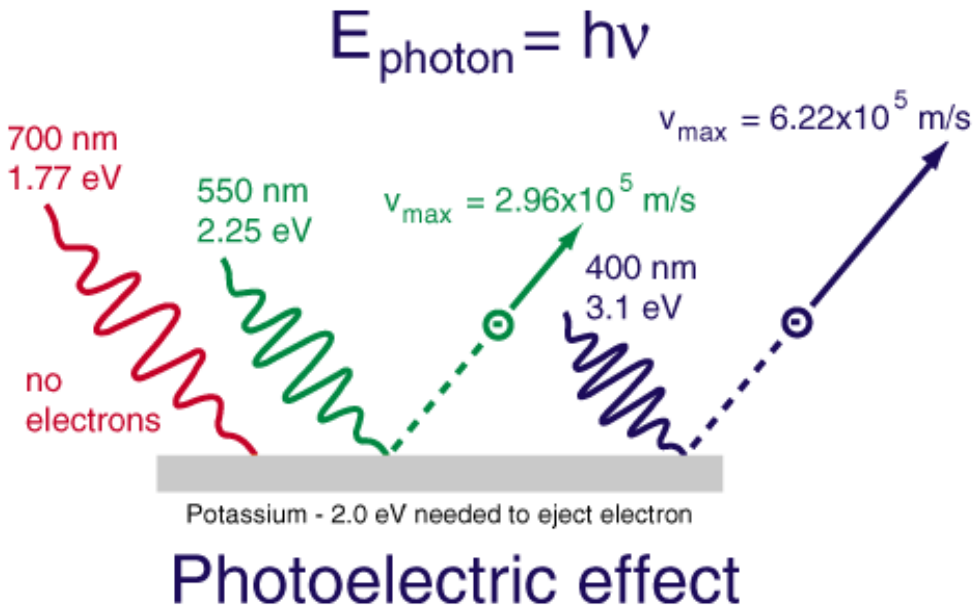
۱۰- نظریه پلانک در ارتباط با بسته‌های انرژی تابشی ، تا اندازه‌ای مبهم بود و فقط به عنوان مبنایی برای توزیع آماری انرژی میان طول موجهای مختلف در طیف الکترومغناطیسی بکار می‌رفت. پنج سال بعد از "پلانک" ، "آلبرت اینشتین" توانست این مفهوم را به صورت مشخص‌تری بیان کند. انیشتین مفهوم کوانتومی نور را برای توجیه اثر فوتوالکتریک بکار برد. بر این اساس ، فوتون‌ها که دارای انرژی معینی هستند، بعد از برخورد با الکترون‌های اتم ، انرژی خود را به آنها داده ، خود از بین می‌روند. این امر می‌تواند به عنوان یک مسئله برخورد میان دو ذره با استفاده از نظریه برخورد توضیح داده شود.

بعد از برخورد ، فوتون از بین می‌رود و الکترون با انرژیی که از فوتون می‌گیرد، از ماده جدا می‌شود و سبب ایجاد یک جریان فوتوالکترونی در مدار خارجی می‌گردد. مقدار جریان در مدار خارجی ، بسته به تعداد فوتونهایی که بر سطح ماده موجود در کاتد تابیده می‌شود، متفاوت خواهد بود.

۱۱- اثر فوتوالکتریکی

اگر یک صفحه فلزی را تحت تابش فیزیک امواج پر انرژی قرار دهیم، پرتو کاتدی و یا الکترون های شتابدار از صفحه فلزی منتشر می شود. همچنین اگر بین دو صفحه فلزی اختلاف پتانسیل الکتریکی بسیار زیادی ایجاد کنیم، الکترون های لایه ظرفیت اتم های فلز، انرژی زیادی دریافت می کنند و در نتیجه سطح فلز را ترک می کنند و به سمت آند پیش می روند. در این عمل چون هم نور و الکتریسیته دخالت دارند به این پدیده، اثر فوتو الکتریک می گویند. در واقع تمام مواد (جامد، مایع و گاز) می توانند در شرایط خاصی تحت تاثیر اثر فوتوالکتریک، پرتو کاتدی از خود گسیل کنند، گاهی به پرتو کاتدی، فوتوالکترون نیز می گویند.





اثر فوتوالکتریک هر جسمی با گسیل فرکانس مشخصی از موج انجام می شود. اگر فرکانس موج برای جسم خاصی کمتر از حد معین باشد، اثری از فوتو الکتریک مشاهده نخواهد شد. اما طبق قوانین الکترودینامیک کلاسیک، موج با برخورد به صفحه فلزی مقداری انرژی به آن منتقل می کند و به مرور زمان این انرژی انباشته می شود تا اینکه انرژی مورد نیاز برای گسیل الکترون فراهم شود. اما در آزمایشگاه خلاف آنچه که در فیزیک کلاسیک گفته شد، روی می دهد، یعنی گیسل موج با فرکانس کمتر از حد معین به فلزی هرگز پرتو کاتدی منتشر نمی کند.

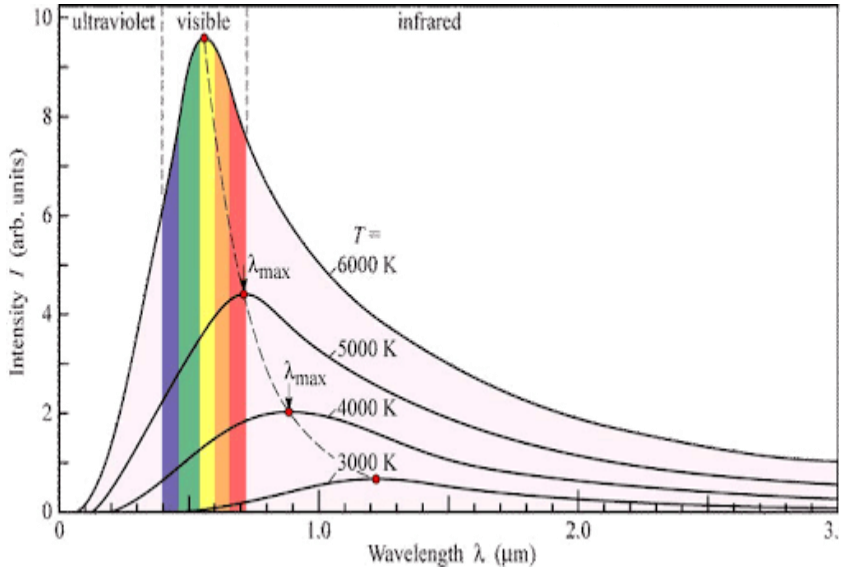
در اثر فوتوالکتریک الکترون های لایه ظرفیت اتم های فلز، با دریافت انرژی موج از صفحه فلزی جدا می شوند، اما در لحظه جدا شدن الکترون های مقداری از انرژی خود را برای غلبه بر نیروی جاذبه الکتروستاتیکی، مصرف می می کنند که انیشتین آن را تابع کار فلز نامید و مقدار آن برای هر فلز، منحصر بفرد است. مقدار تابع کار هر فلز از از ۱ تا ۱۰ الکترون ولت متغیر است.

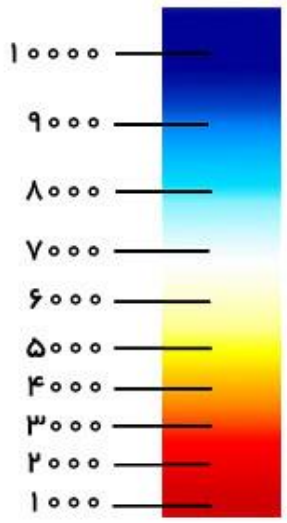
ارائه فرض وجود فوتون ها توسط اینشتین در واقع دومین گام مهم در شکل گیری نظریه کوانتومی محسوب می شد (گام اول را ماکس پلانک با فرض کوانتیده بودن مقدار انرژی در فرایند گسیل و جذب تابش الکترومغناطیس بر داشته بود) به مناسبت این کشف بزرگ و توضیح موفیت آمیز اثر فوتوالکتریک، جایزه نوبل سال ۱۹۲۱ به اینشتین اهدا شد. اینشتین در سال ۱۹۰۵ رابطه زیر را پیشنهاد نمود که اکنون تایید شده‌است:

$$h\nu = W + E_k$$

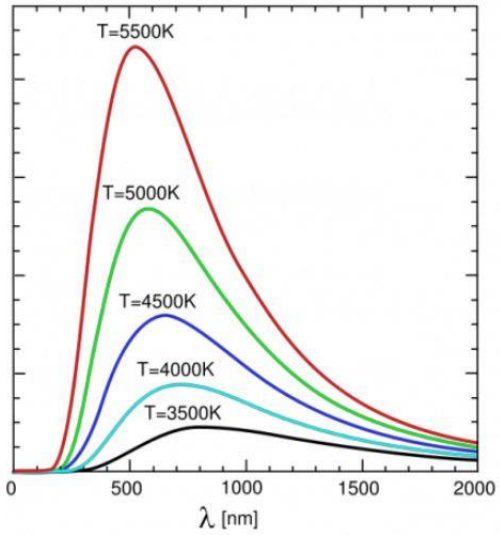
h ثابت پلانک، ν بسامد نور، W تابع کار فلز و E_k انرژی جنبشی الکترون می باشند.

۱۲- **تابش جسم سیاه:** کاواکی که حفره بسیار کوچکی در روی آن تعبیه شده است، تقریب بسیار خوبی از جسم سیاه است. هر تابشی که بر این حفره بتابد، از طریق آن وارد کاواک می‌شود و احتمال بسیار کمی وجود دارد که بلافاصله مجددا باز تابیده شود. در عوض بازتابش، این تابش یا درآشامیده (جذب) می‌شود یا بطور مکرر در دیواره‌های داخلی جسم سیاه بازتاب می‌یابد. در نتیجه عملا تمامی تابش که از طریق این حفره وارد کاواک می‌شود، در این ظرف درآشامیده می‌شود. حال اگر کاواک مورد نظر را تا دمای مشخصی حرارت دهیم، دیواره‌های درونی آن، با آهنگ یکسان فوتون ها را گسیل می‌کنند و جذب می کنند. تحت این شرایط می‌توان گفت که تابش الکترومغناطیسی با دیواره‌های داخلی در تعادل گرمایی است. تابش جسم سیاه نوعی تابش الکترومغناطیسی است، که وقتی جسم سیاه در دمای ثابت و یکنواخت قرار دارد، به بیرون تابش می شود. این تابش طیف و شدت خاصی دارد که فقط و فقط به دمای جسم بستگی دارد. تابش جسم سیاه در دماهای بالاتر افزایش می یابد و رنگ تابش با افزایش دما، از قرمز تیره تا آبی–سفید خیره کننده متغییر است. یک جسم سیاه ایده‌آل به صورت ماده‌ای که تمامی تابش فرودی را ، بدون هیچ بازتابس جذب می کند، تعریف می‌شود. رنگ آبی با طول موج کوتاه به دمای بالاتر جسم و رنگ قرمز با طول موج بلند به دمای پایین تر جسم مربوط است.





۱۰،۰۰۰ کلوین – نور روز ، آسمان صاف
۸۵۰۰ کلوین – نور روز ، هوای مه آلود
۷۰۰۰ کلوین – نور روز ، آسمان پوشیده
۵۵۰۰ کلوین – نور روز ، بعداز ظهر/ تابش مستقیم آفتاب
۳۸۰۰ کلوین – فلاش عکاسی
۳۶۰۰ کلوین – یک ساعت بعد از غروب یا قبل از طلوع
۳۵۰۰ کلوین –نور خورشید در انتهای روز
۳۱۰۰ کلوین –طلوع یا غروب خورشید
۲۹۸۰ کلوین – لامپ التهابی ۲۰۰ وات
۲۹۰۰ کلوین – لامپ التهابی ۱۰۰ وات
۲۸۲۰ کلوین – لامپ التهابی ۷۵ وات
۲۷۹۰ کلوین – لامپ التهابی ۶۰ وات
۲۶۵۰ کلوین – لامپ التهابی ۴۰ وات
۱۹۰۰ کلوین – نور شمع



۱۳- سرعت نور در خلا حدود ۳۰۰ هزار کیلومتر بر ثانیه است، در هوا ۲۹۹ هزار کیلومتر بر ثانیه و در شیشه ۱۹۹ هزار کیلومتر بر ثانیه است.

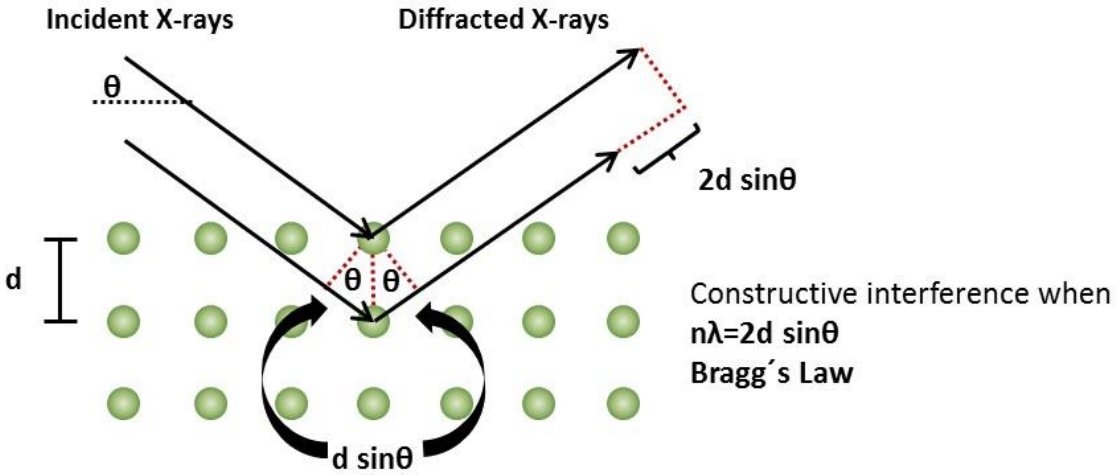
۱٤- حرکت امواج نوری و صوتی و قوانین آنها بسیار شبیه به یکدیگرند.

۱۵- هرچه محیط متراکم تر شود سرعت نور کم تر و سرعت صوت بیشتر می شود.

۱٦- نسبت سرعت نور در هوا به سرعت نور در یک جسم خاص را ضریب شکست جسم می گویند (n).

۱۷- واحد طول موج متر، فرکانس هرتز یا عکس ثانیه و سرعت نور متر بر ثانیه است.

۱۸- وقتی نوری تکفام به شبکه بلوری برخورد می کند، زاویه ی مسیر آن پس از برخورد با اتم های واقع در دسته صفحات مختلف تغییر می نماید که به آن پراش می گویند. همچنین بین دو پرتو بازتابیده از دو دسته صفحه ی مجاور اختلاف راه $2dSin\theta$ وجود دارد که برابر با مضرب صحیحی از طول موج است و قانون براگ نامیده می شود ($2dSin\theta=n\lambda$).



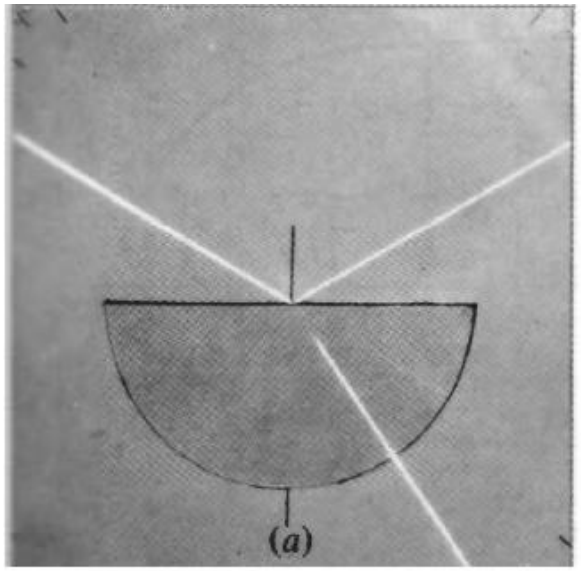
$$c = \lambda\nu$$

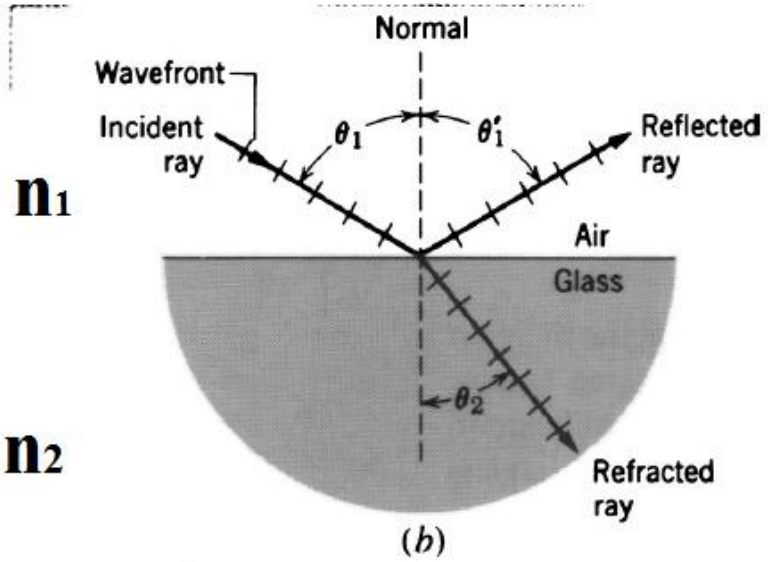
شکست نور: وقتی نور با طول موج مشخص به سطح مشترک دو محیط می تابد بسته به غلظت و تراکم دو محیط دو اتفاق رخ می دهد ۱- بخشی از نور از محیط اول به محیط دوم عبور می کند و زاویه ی پرتو نور ورودی ($\theta 1$) نسبت به خط عمود بر فصل مشترک در محیط دوم ($\theta 2$) و نسبت به محیط اول تغییر می یابد، ۲- بخشی از نور از سطح فصل مشترک بازتاب می یابد ($\theta' 1$) که با زاویه فرودی ($\theta 1$).

اگر محیط دوم چگال تر از محیط اول باشد (n بزرگ تر) پس سرعت نور در آن کم تر می باشد و انحراف پرتو نور در آن بیشتر می باشد یعنی $\theta 2 > \theta 1$.

رابطه ی بین زوایای شکست و ضریب شکست در دو محیط مجاور عبارت است از:

$$n_1 \mathrm{Sin}\theta_1 = n_2 \mathrm{Sin}\theta_2$$

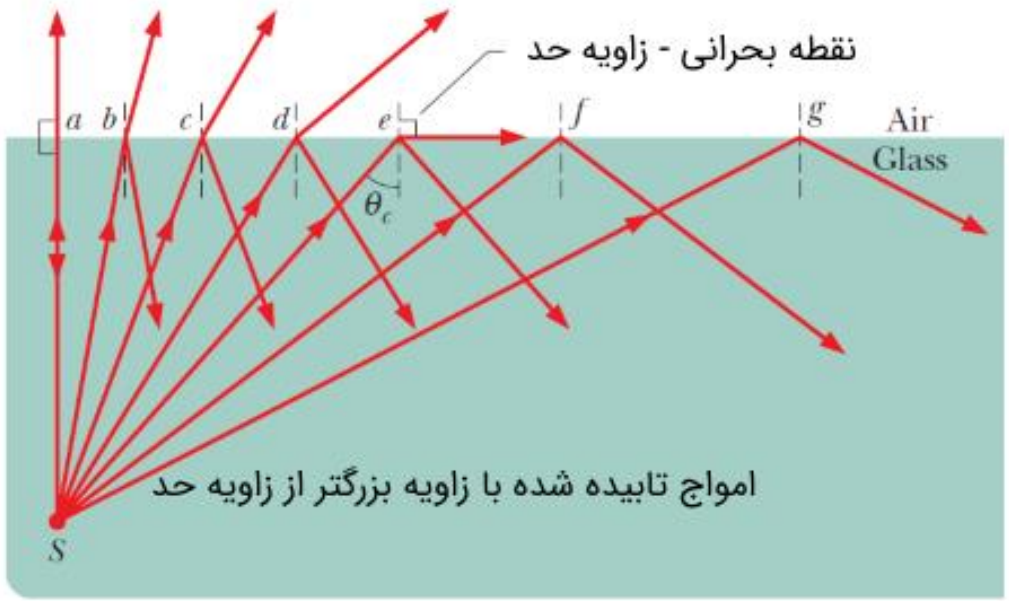




$$n_1 \sin\theta_c = n_2 \sin 90°$$

$$\theta_c = \sin^{-1}\frac{n_2}{n_1}.$$

اگر n_2 بگونه ای تغییر نماید که با توجه به $\theta 1$ مقدار $\theta 2$ برابر ۹۰ درجه شود، آنگاه زاویه تابش (θ_c) را زاویه حد می گویند.



ضرایب عبور و انعکاس:

وقتی نور از یک محیط به فصل مشترک دو محیط برخورد می نماید ۳ حالت ۱- جذب، ۲- عبور و ۳- انعکاس رخ می دهد.

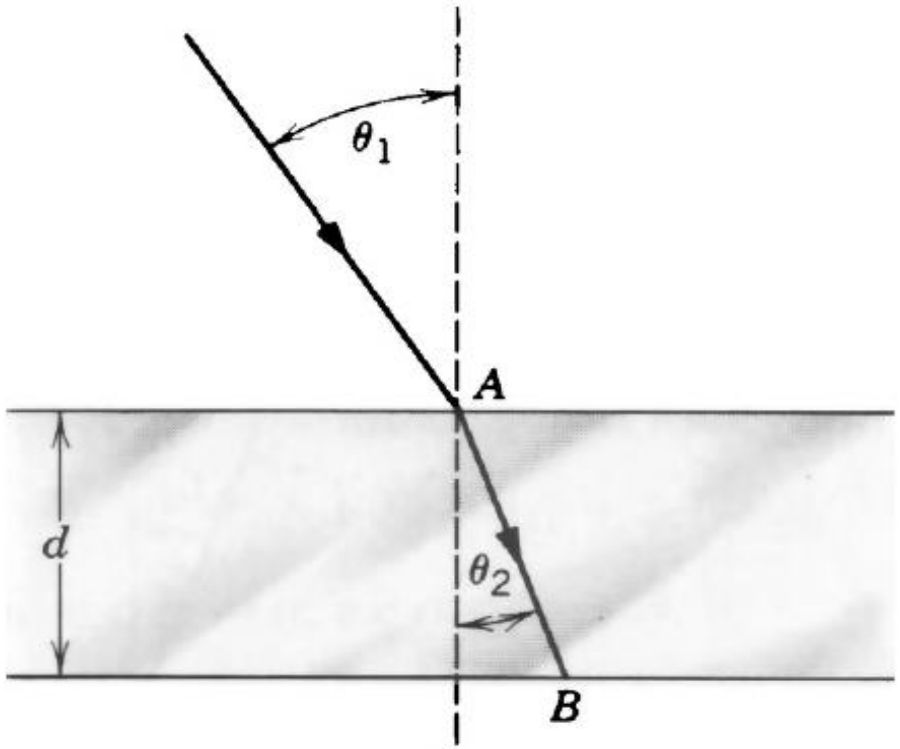
ضریب عبور عبارتست از :

$$T = \frac{\text{Output Light}}{\text{Entrance Light}} \times 100$$

ضریب انعکاس عبارتست از:

$$T = \frac{\text{Reflective Light}}{\text{Entrance Light}} \times 100$$

Problem Red light of wavelength 632 nm in free space is incident, at an angle of $\theta_1 = 39°$ with respect to the normal, on a glass microscope slide of thickness $d = 0.78$ mm and index of refraction $n = 1.52$ (Fig. 18). Find (*a*) the wavelength in the glass and (*b*) the optical path length of the light in traveling through the glass.



Solution (*a*) We can find the wavelength in the glass using

$$\lambda_n = \frac{\lambda}{n} = \frac{632 \text{ nm}}{1.52} = 416 \text{ nm}.$$

(*b*) The angle of refraction is found from Eq. 12,

$$\sin \theta_2 = \frac{\sin \theta_1}{n} = \frac{\sin 39°}{1.52} = 0.414,$$

or

$$\theta_2 = 24.5°,$$

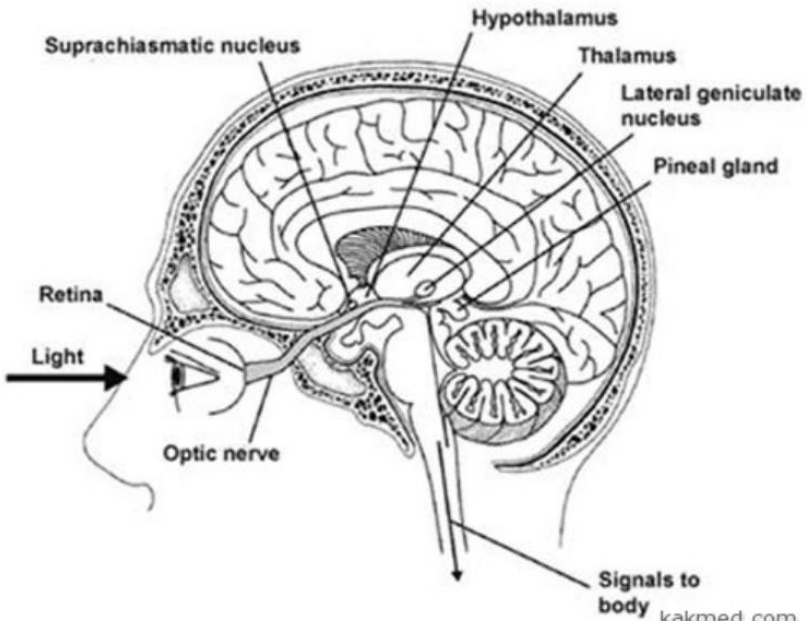
and the actual length of the path through the glass is

$$AB = \frac{d}{\cos \theta_2} = \frac{0.78 \text{ mm}}{\cos 24.5°} = 0.856 \text{ mm}.$$

The optical path is

$$L = n(AB) = 1.52(0.856 \text{ mm}) = 1.30 \text{ mm}.$$

تاثیر نور بر انسان:



ملاتونین که هورمون شب نامیده می شود، از نظر شیمیایی یک اسید امینه ساده است به نام "ان–استیل–۵–متوکسی تریپتامین" .این هورمون در سال ۱۹۵۸ میلادی توسط "آرون لرنر" کشف شد.ملاتونین درغده صنوبری یا پینه‌آل(غده کوچکی در مغز)،شبکیه چشم وگلبول های خون تولید می شود .

ملاتونین، نقشی اساسی در خواب دارد و به تنظیم چرخه خواب و بیداری در بدن کمک می کند . نور، مانع تولید آن و تاریکی، محرک تولیدش است لذا بیشترین مقدار تولید ملاتونین در بدن، در شب ها است (۱۰ برابر میزان آن در روز). این هورمون، به کاهش تعداد دفعات بیداری در شب و بهبود کیفیت خواب کمک می کند.از طرفی با کاهش ۲ تا ٤ دهمی درجه حرارت بدن در شب، فعل و انفعالات بیوشیمیایی را کاهش می دهد واین کاهش درجه حرارت بدن، پیر شدن ارگان ها را به تاخیر می اندازد . ملاتونین از طریق کند کردن متابولیسم در شب، از گردش خون و قلب نیز محافظت می کند. شاید قوی ترین اثر ضد پیری ملاتونین به این علت است که این هورمون قوی ترین گیرنده و جذب کننده رادیکال های آزاد بدن است.

مطالعه آزاد

از آنجا که ملاتونین، یک ملکول کوچک است، می تواند به هر سلول یا نقطه بین سلولی وارد شود. به ویژه در بخش های مشخصی از مغز و حتی در جدار و دیواره عروق و رگها . به همین دلیل می تواند اغلب به عنوان تنها گیرنده و جذب کننده رادیکال های آزاد وارد شود. چنین به نظر می رسد که ملاتونین می تواند پیدایش آب مروارید چشم را نیز به تاخیر بیاندازد و برای مداوا و درمان آسیب های مغزی ناشی از بیماری صرع، سکته مغزی و صدمات مغز ی مفید باشد.مقدار کافی ملاتونین در بدن، تاثیرات مثبتی بر وضعیت روحی-روانی انسان می گذارد.همچنین اثر تحریک کننده ملاتونین بر روی سیستم ایمنی بدن، ثابت شده است "لنفوسیت های تی-اچ-۱" تحت تاثیر ملاتونین می توانند "اینترلویکین-۲" بیشتری تولید کنند و تولید "ای.اف.ان. گاما" را تقویت و بدین ترتیب عملکرد ایمنی بدن را تنظیم نمایند. ملاتونین قادر است اثرات هورمون "کورتیزول" را که موجب کاهش قدرت ایمنی می شود ،خنثی کند. اثر آن در پیشگیری از سرطان به خاطر اثر این هورمون در حفاظت از سلول ها در برابر رادیکال های آزاد ، تحریک قدرت ایمنی بدن و کاهش متابولیسم بدن در شب است. بدن بدین ترتیب در شرایطی قرار می گیرد تا سیستم هایی را ترمیم کند که در روز نابوده شده اند است . ملاتونین تولید هورمون مردانه تستوسترون را نیز متوقف می کند که در پیدایش سرطان پروستات نقش دارد.همچنین از فعالیت تخمدان ها و بیضه ها جلوگیری می کند. ملاتونین، فاکتورهای استرس که چون کورتیکواستروئیدها در غده فوق کلیوی تولید شده و استرس زا هستند را کنترل و نابود می کند. هورمون آدرنالین که عملکردی مخالف ملاتونین داشته و هورمون انرژی نام دارد ، در تمام شرایط انرژی و نیروی مورد نیاز بدن را تامین می کند و در حالیکه ترشح آدرنالین، فشارخون، ضربان قلب و مصرف قند را افزایش می دهد، ملاتونین با این مصرف بالای انرژی مقابله کرده، هورمون های استرس و فشارخون را کاهش می دهد و بدین ترتیب بدن را در برابر استرس حفظ می نماید.

مطالعه آزاد

راه های افزایش هورمون ملاتونین در بدن:

۱- تولید ملاتونین در بدن از طریق خودداری از مصرف سیگار ، یک فعالیت بدنی معمولی اما نه زیاد می تواند تقویت شود. شام نیز بایست در حد امکان ساده باشد و دیروقت صرف نشود.

۲- تولید ملاتونین تابع تابش نور بر چشم است و با تاریک شدن، تولید ملاتونین توسط غده "پینه آل" نیز آغاز می شود. بدین خاطر بایست قبل از رفتن به رختخواب از کار در برابر صفحه کامپیوتر و دیدن تلویزیون خوداری شود و اتاق خواب نیز در حد ممکن تاریک باشد.

۳- کاهش استرس روزانه از طریق تمرینات آرامبخش

٤- مصرف غذاهای حاوی ملاتونین : ملاتونین در مواد غذایی خاص نظیر گوشت، موز ، سیب زمینی، جو، گوجه فرنگی، خیار، ترب، گردو ، بادام، فندق، بادام هندی موجود است.شیر گرم با عسل و ادویه هایی چون جوز هندی، هل، زنجبیل، دارچین و زعفران بطور غیرمستقیم میزان ملاتونین در بدن را افزایش می دهد.

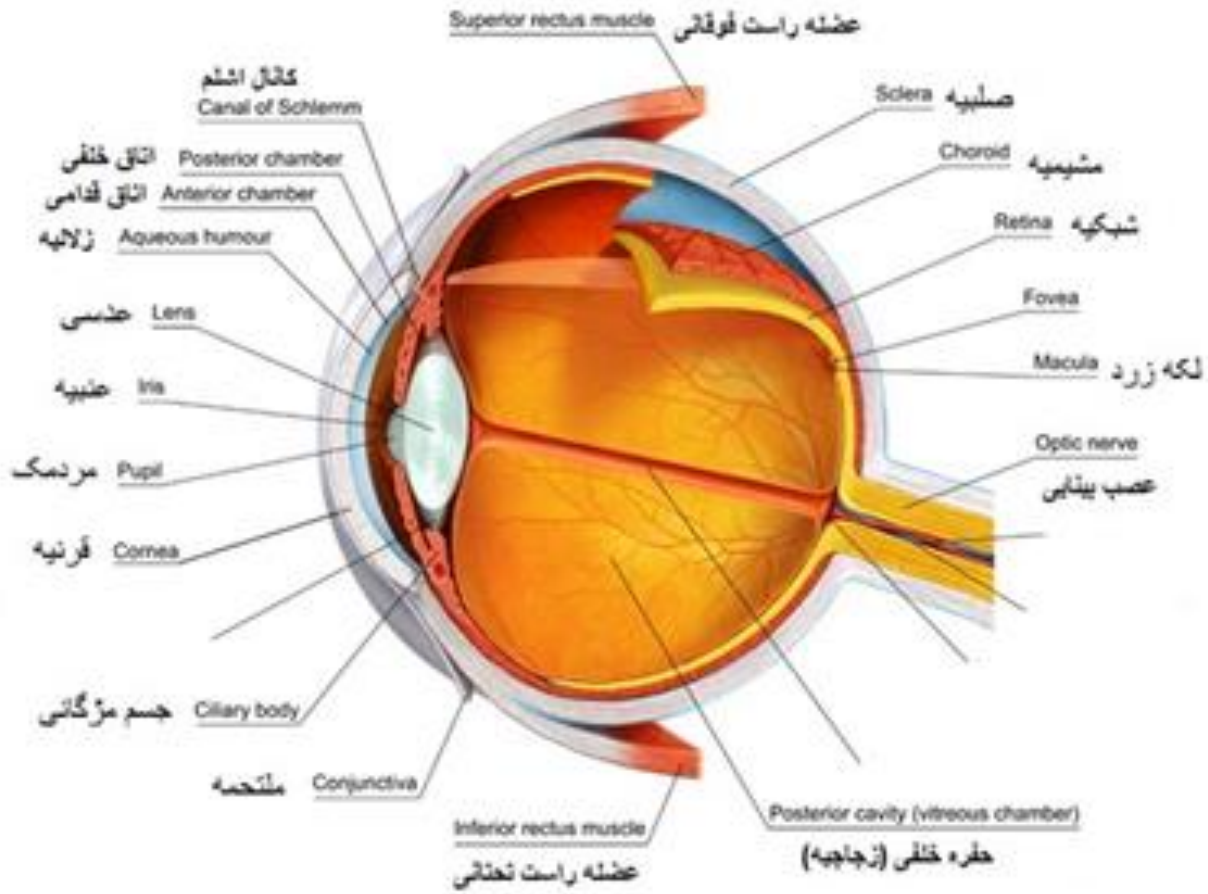
۵- مکمل ملاتونین :هدف مکمل های ملاتونین درمان اختلالات خواب است که البته از قرص های خواب ایمن تر است اما با این حال باید مراقب عوارض جانبی آن بود .ملاتونین را نباید در طول روز مصرف کرد و خانمهای باردار یا شیرده نباید این هورمون را مصرف نمایند.عارضه جانبی مهمی که اغلب افراد هنگام مصرف مکمل ملاتونین دچار آن می شوند، خواب‌آلودگی است، که البته بعد از قطع مصرف دارو برطرف می شود.

٦- وقتی نور وارد چشم انسان می شود، تولید ملاتونین در مدت نیم ساعت متوقف می شود.

۷- نور پردازی مناسب موجب پایداری تولید دائمی ملاتونین در شب هنگام می شود.

مطالعه آزاد

چشم: کار اصلی چشم آن است که نورهایی را که از خارج دریافت می کند طوری روی پرده شبکیه متمرکز کند که تصویر دقیقی از شیء مورد نظر روی پرده شبکیه ایجاد شود. شبکیه این تصاویر را به صورت پیام های عصبی به مغز ارسال می کند و این پیام ها در مغز تفسیر می شوند. بنابراین برای واضح دیدن، قبل از هرچیز لازم است که نور به طور دقیق روی پرده شبکیه متمرکز شود. ساختمان چشم شبیه یک کره است. در قسمت جلوی این کره یک پنجره شفاف به نام قرنیه وجود دارد. نور از محیط خارج وارد قرنیه شده پس از عبور از مردمک به عدسی می رسد. عدسی نور را به صورت دقیق روی شبکیه متمرکز می کند تا تصویر واضحی بر روی شبکیه ایجاد شود. برای آنکه اشیاء به صورت دقیق و واضح دیده شوند لازم است مسیری که نور در چشم طی می کند شفاف باشد و قرنیه و عدسی نور را درست روی شبکیه متمرکز کنند.



مطالعه آزاد

پلک

وقتی جسم نوک تیزی به چشم ما نزدیک می شود ما بی اختیار پلک ها را می بندیم. پلک ها در حقیقت ساختمان های تمایز یافته ای از جنس پوست و عضلات زیر پوستی هستند که وظیفه محافظت از چشم ها را بر عهده دارند. مژه ها مثل یک صافی از ورود گرد و غبار و ذرات مختلف به داخل چشم جلوگیری می کنند. خود پلک ها دو وظیفه مهم دارند: اول آنکه مثل یک دیوار دفاعی جلوی قسمت عمده ای از کره چشم را می گیرند و از کره چشم محافظت می کنند، دوم آنکه پلک ها هر ۵ تا ۱۰ ثانیه یک بار باز و بسته می شوند که این امر به شسته شدن میکروب ها و ذرات خارجی از سطح چشم کمک می کنند و در حقیقت سطح چشم را جارو می کند. به علاوه باز و بسته شدن پلک ها به توزیع یکنواخت اشک بر روی کره چشم کمک می کند.

ملتحمه

ملتحمه یک لایه شفاف محافظ است که سطح داخلی پلک ها و روی سفیدی کره چشم را می پوشاند. در ملتحمه رگ های خونی و گلبول های سفید به مقدار زیادی وجود دارد. این رگ ها و سلول های دفاعی تا حد زیادی از ورود میکروب ها و عوامل بیماری زا به قسمت های عمقی چشم جلوگیری می کند. به علاوه ترشحات ملتحمه سطح چشم را نرم و مرطوب نگه می دارد و در حقیقت سطح چشم را روغنکاری می کند که این امر باعث آسان تر شدن حرکات چشم در جهات مختلف می شود.

مطالعه آزاد

قرنیه

قرنیه قسمت شفاف جلوی کره چشم است که از پشت آن ساختمان های داخلی تر کره چشم مثل عنبیه و مردمک دیده می شود. قرنیه چشم را می توان به شیشه پنجره تشبیه کرد. همانطور که اگر شیشه پنجره کثیف باشد اشیاء بیرون تار دیده می شوند، اگر بر روی قرنیه کسی لکه یا کدورتی وجود داشته باشد فرد اشیاء را تار می بیند. به علاوه همانطور که از پشت یک شیشه موجدار یا مشجر اشیاء کج و کوله و ناصاف دیده می شوند. در صورتی که سطح قرنیه ناهموار باشد اشیاء ناصاف و تار دیده می شوند.

البته قرنیه انسان یک تفاوت مهم با شیشه پنجره دارد و آن هم اینکه شیشه پنجره یک سطح صاف است در حالیکه قرنیه بخشی از یک کره است. این ساختمان کروی باعث می شود که قرنیه چشم مثل یک ذره بین عمل کند و نورهایی را که از محیط خارج وارد کره چشم می شوند به صورت پرتوهای همگرا درآورد که تصویر واضحی روی شبکیه ایجاد کنند. البته در همه افراد این امر به صورت دقیق اتفاق نمی افتد. مثلاً اگر انحنای قرنیه کسی بیشتر از حد طبیعی باشد تصاویر به جای آنکه روی پرده شبکیه بیفتد در جلوی پرده شبکیه تشکیل می شود. چنین فردی نزدیک بین (میوپ) است. همچنین اگر انحنای قرنیه کسی کمتر از حد طبیعی باشد تصاویر به جای آنکه روی پرده شبکیه بیفتند در پشت آن تشکیل می شوند. چنین فردی دوربین (هیپروپ) است. به طوری که می بینیم قرنیه افراد نقش مهمی در تعیین دوربینی یا نزدیک بینی یا شماره چشم افراد دارد. به همین علت اکثر روش های جراحی برای اصلاح دید و شماره عینک روی این بخش از چشم انجام می گیرد. مثلاً در روش های لیزر، لیزیک، لازک و جراحی با تیغه الماس مقدار انحنای قرنیه تغییر می کند و شماره چشم فرد اصلاح می شود.

مطالعه آزاد

عنبیه و مردمک

عنبیه بخش رنگی پشت قرنیه است که رنگ چشم افراد را تعیین می کند. رنگ این بخش در چشم افراد مختلف متفاوت است و از آبی و سبز تا عسلی و قهوه ای تغییر می کند. در وسط عنبیه سوراخی به نام مردمک وجود دارد که مقدار نور وارد شده به چشم را تنظیم می کند. کار مردمک مثل پرده ای است که پشت پنجره آویزان شده و نور ورودی به اتاق را کم و زیاد می کند. همانطور که وقتی نور خارج شدید و زیاد باشد، پرده را می بندیم تا نور کمتری به اتاق وارد شود، وقتی چشم در محیط پر نور قرار می گیرد مردمک تنگ می شود تا مقدار نور کمتری وارد چشم شود. به همین صورت وقتی چشم در محیط کم نور قرار می گیرد مردمک گشاد می شود تا نور بیشتری وارد چشم شود.

اتاق قدامی

اتاق قدامی فضای کوچکی است که بین قرنیه و عنبیه قرار دارد. در این فضا مایعی به نام زلالیه جریان دارد که به شستشو و تغذیه بافت های داخل چشم کمک می کند. همانطور که در یک استخر برای پاک ماندن استخر مرتباً مقداری آب خارج می شود و به جای آن آب تصفیه شده وارد می شود، در چشم هم مرتباً مقداری از مایع زلالیه خارج می شود و مایع زلالیه جدیدی که در چشم تولید شده است جایگزین آن می شود. اگر به هر دلیلی تعادل بین تولید و خروج این مایع به هم بخورد مقدار مایع زلالیه در چشم افزایش پیدا می کند و فشار داخل کره چشم از حد طبیعی بیشتر می شود. (مقدار طبیعی فشار چشم در افراد بالغ بین ۱۰ تا ۲۱ میلی متر جیوه است). بالا رفتن فشار چشم به پرده شبکیه و عصب بینایی آسیب می زند و باعث بیماری آب سیاه یا گلوکوم می شود.

مطالعه آزاد

عدسی

عدسی یک ساختمان شفاف در پشت عنبیه است که در متمرکز کردن دقیق پرتوهای نور بر روی شبکیه به قرنیه کمک می کند. ضخامت عدسی چشم در شرایط مختلف تغییر می کند و بسته به آنکه شیء مورد نظر در چه فاصله ای از فرد قرار داشته باشد ضخامت عدسی کم و زیاد می شود. بنابراین فرد می تواند اشیاء را در فواصل مختلف (از بی نهایت تا حدود ۲۰ سانتی متری و گاهی نزدیک تر) به طور واضح ببیند. هرچه سن افراد بیشتر می شود قدرت تغییر شکل عدسی کمتر می شود به طوری که در حدود سن ٤٠ سالگی قدرت تغییر شکل عدسی آنقدر کم می شود که اکثر افراد برای دیدن اشیاء نزدیک و انجام کارهایی مثل مطالعه و خیاطی به عینک کمکی برای دید نزدیک (عینک مطالعه) نیاز پیدا می کنند. این همان حالتی است که به آن پیر چشمی گفته می شود. با گذشت سن علاوه بر آنکه قدرت تغییر شکل عدسی کم می شود میزان شفافیت عدسی هم کم می شود. گاهی کدورت عدسی آنقدر زیاد می شود که مثل پرده ای دید فرد را تار می کند. این کدورت عدسی را اصطلاحاً آب مروارید می گویند.

زجاجیه

زجاجیه مایع ژله مانند شفافی است که داخل کره چشم را پر می کند و به آن شکل می دهد. زجاجیه از پشت عدسی تا روی پرده شبکیه وجود دارد. با گذشت سن ساختمان ژله مانند زجاجیه تغییر می کند و در بعضی جاها حالت آبکی پیدا می کند. در این حال بعضی قسمت های زجاجیه شفافیت خود را از دست داده و سایه ای روی پرده شبکیه می اندازند که فرد آن را به صورت اجسام شناور کوچکی می بیند که مثل مگس در میدان بینایی بالا و پایین می روند. این حالت اصطلاحاً مگس پران گفته می شود.

مطالعه آزاد

شبکیه

شبکیه یک پرده نازک حساس به نور (شبیه فیلم عکاسی) است که در عقب کره چشم قرار دارد. پرتوهای نوری که به شبکیه برخورد می کنند به پیام های عصبی تبدیل می شوند که از طریق عصب بینایی به مغز منتقل می شوند و در مغز تفسیر می شوند.

در شبکیه انسان انواع مختلفی از سلول های گیرنده نوری وجود دارد که میزان حساسیت آن ها به نور متفاوت است. گیرنده های نوری استوانه ای بیشتر برای دید در محیط های تاریک به کار می روند. گیرنده های مخروطی برای تشخیص رنگ و جزئیات ظریف تمایز یافته اند. ترتیب قرار گیری این سلول ها در شبکیه طوری است که در ناحیه مرکزی شبکیه (ماکولا) تعداد گیرنده های مخروطی بیشتر است. بنابراین وقتی فردی به صورت مستقیم به شیئی نگاه می کند تصویر آن شیء مستقیماً روی ماکولا در جایی می افتد که تعداد سلول های مخروطی بیشتر است و در نتیجه شیء با وضوح بیشتری مشاهده می شود.

مشیمیه

مشیمیه پرده نازک سیاه رنگی است که دور شبکیه را احاطه کرده است. این پرده تعداد زیادی رگ های خونی دارد که مواد غذایی را به بخش هایی از شبکیه می رساند. به علاوه سلول های این لایه حاوی تعداد زیادی رنگ دانه سیاه ملانین است که رنگ سیاهی به این بخش از چشم می دهد. وجود رنگ سیاه مانع از انعکاس نورهای اضافی در داخل کره چشم می شود و به تشکیل تصویر واضحتر کمک می کند.

مطالعه آزاد

صلبیه

صلبیه بخش سفید رنگ نسبتاً محکمی است که دورتا دور کره چشم به جز قرنیه را می پوشاند و از ساختمان های داخل کره چشم محافظت می کند. این بخش از چشم اثر مستقیمی در فرایند بینایی ندارد و در واقع مثل یک اسکلت خارجی از کره چشم محافظت می کند.

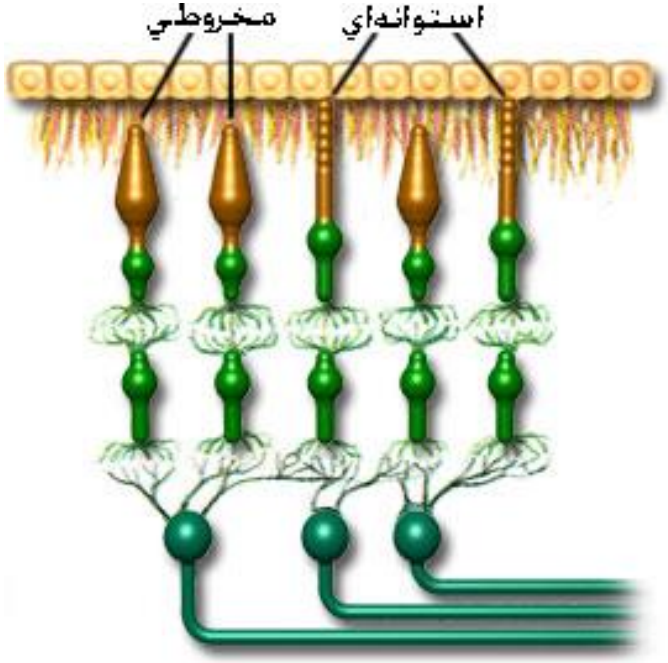
عصب بینایی

عصب بینایی که رابط کره چشم و مغز می باشد از عقب کره چشم خارج می شود و از طریق سوراخی در استخوان پروانه ای جمجمه به مغز می رسد. این عصب پیام های بینایی را به مغز ارسال می کند و این پیام ها در مغز تفسیر می شوند.

عضلات چشم

برای آنکه ما بتوانیم اشیاء را در جهات مختلف ببینیم لازم است بتوانیم چشم را در جهات مختلف بالا، پایین، چپ و راست بچرخانیم. حرکات کره چشم در هر چشم به وسیله ٦ عضله کوچک که به اطراف کره چشم می چسبد کنترل می شود. بیماری این عضلات و یا عدم هماهنگی آن ها می تواند به انحراف چشم یا لوچی منجر شود.

مطالعه آزاد



شبکیه:

۱- شبکیه داخلی‌ترین لایه چشم است و شامل سلول‌های گیرنده نور و سلول های عصبی می‌باشد.

۲- این لایه بسیار نازک، ۷۵ درصد مساحت کره چشم را می‌پوشاند .

۳- شبکیه، لایه حساس به نور را تشکیل می‌دهد و با تبدیل جریان الکترومغناطیسی نور به پیام عصبی و انتقال آن از طریق عصب بینایی به به مغز توانایی دیدن را می‌دهد.

٤- سلول‌های گیرنده نور در شبکیه، دو نوع می‌باشند:

٤-۱- سلول‌های مخروطی که توانایی دیدن رنگ‌ها را در روشنایی به مغز می‌دهند (٦ الی ۷ میلیون سلول).

٤-۲-سلول‌های استوانه‌ای که بینایی در تاریکی را امکان‌پذیر می‌سازند.

۵- جایی را که عصب بینایی از شبکیه خارج می‌شود نقطه کور می‌گویند. لکه زرد (ماکولا) بخش دیگری از شبکیه است که در امتداد محور نوری کره چشم قرار دارد و در دقت و تیزبینی چشم نقش دارد.

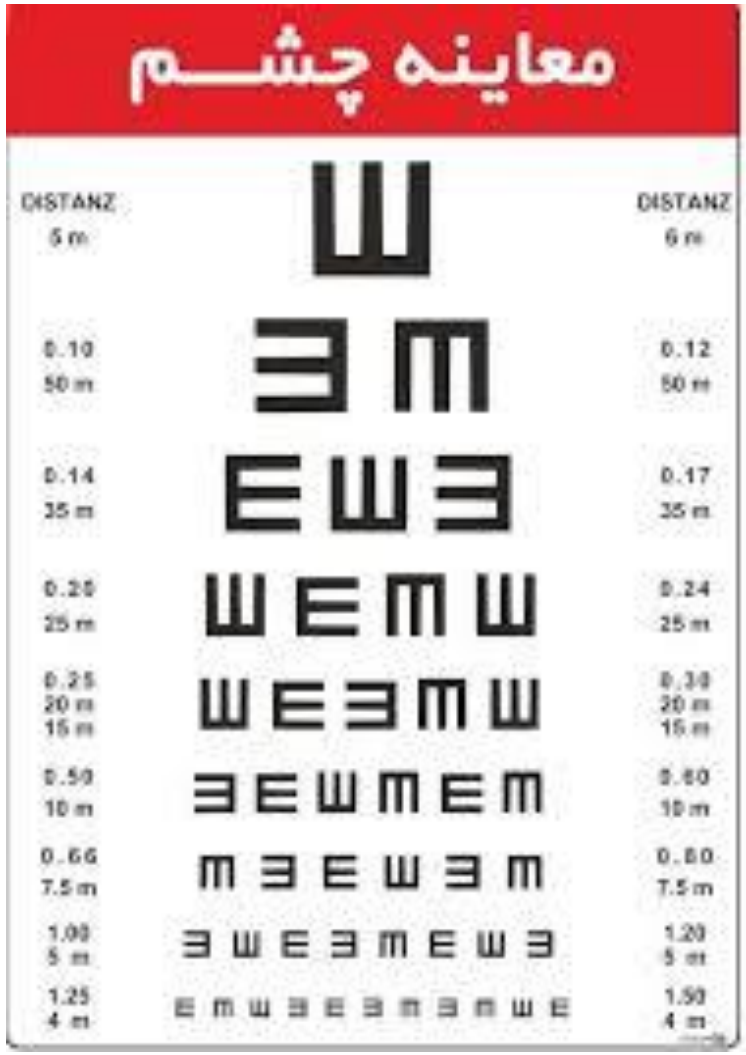
٦- دید فوتوپیک یا دید در نور زیاد در شدت نور بالای ۳۰ لوکس رخ می دهد و سلول های مخروطی کاملا فعال می شوند.

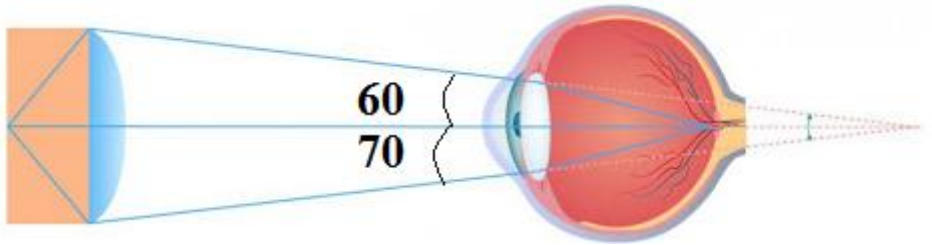
۷- دید اسکوتوپیک یا دید در نور کم در شدت نور کمتر از ۲ لوکس رخ می دهد و عملکرد سلول های مخروطی رو به خاموشی می رود.

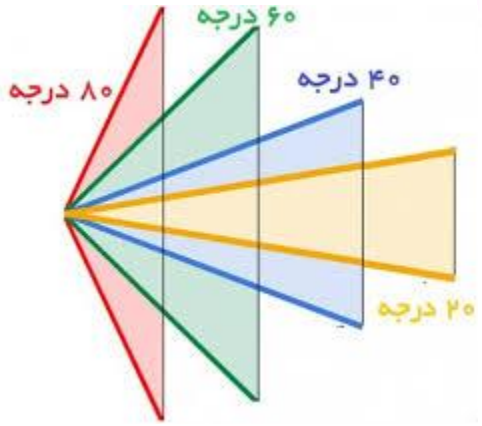
۸- دید مزوپیک یا دید متوسط در مقادیر شدت نور بین ۲ الی ۳۰ لوکس رخ می دهد و در این حالت سلول های مخروطی و میله ای با هم فعالند.

مطالعه آزاد

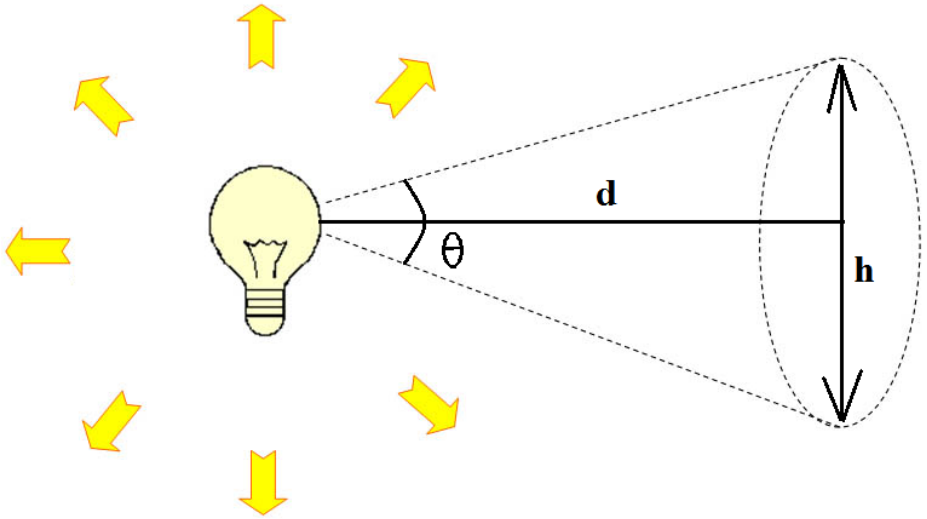
میدان دید:
زاویه ی دریافتی نور توسط چشم محدوده ای است که در آن زاویه، نور بدون تغییر وضعیت چشم دریافت می شود و بسته به ارگونومی و آنانومی چشم متفاوت است و معمولا حدود ۱۳۰ درجه است که ۶۰ درجه از حالت افقی رو به بالا و ۷۰ درجه رو به پایین است.







دقت بینایی:
زاویه ای است که تحت آن کوچکترین جزء جسم رویت شود که با ردیف هایی از حروف در ابعاد مختلف سنجیده می شود. شدت دید توسط درجه یا رادیان بیان می شود.

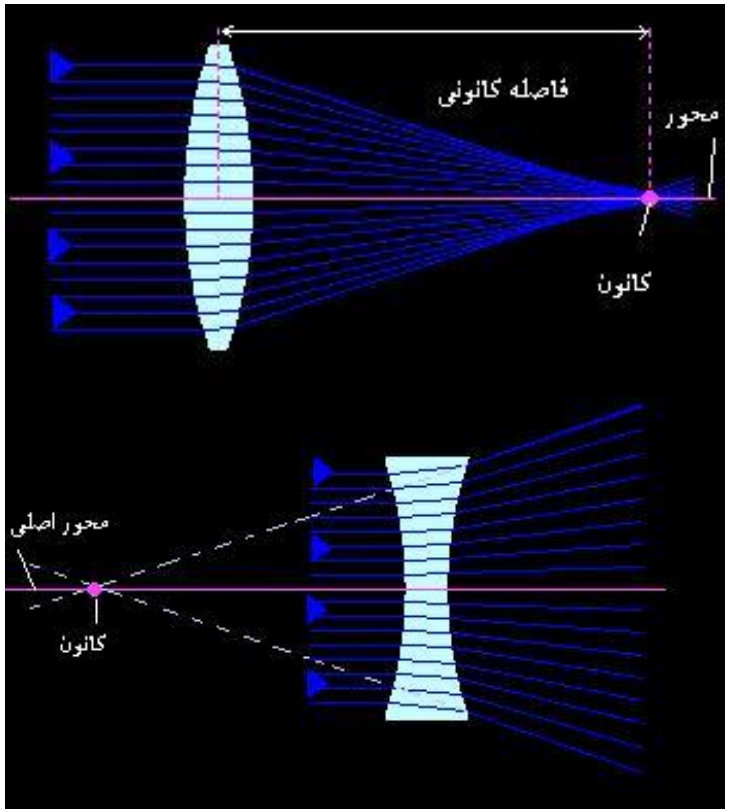


$$\mathrm{Tan}\left(\frac{\theta}{2}\right)=\frac{h}{2d}\Rightarrow\theta=2\times\mathrm{Tan}\left(\frac{h}{2d}\right)\qquad(8-1)$$

$$\text{Example}:\quad\theta=2\times\mathrm{Tan}\left(\frac{1}{2\times100}\right)=0.57^{o}=0.01_{\text{Radian}}$$

عوامل موثر در میدان دید:
۱- اندازه جسم
۲- درخشش جسم
۳- کنتراست یا تباین (وضوح تصویر را ایجاد می نماید).
زمان تطبیق دردن از حالت تاریکی به روشنایی زیاد حدود ۳۰ الی ٦۰ ثانیه است و تغییر اندازه مردمک برای ایجاد تطبیق از حالت تاریکی به روشنایی ۵ برابر بیشتر از حالت روشنایی به تاریکی است و قطر مردمک از ۱/۵ میلی متر (روشنایی) به ٦ میلی متر (تاریکی) تغییر می نماید.

پیر چشمی: در سنین بالا تر از ٤۰ سال عدسی چشم خاصیت ارتجاعی خود را از دست می دهد و دشواری در دید ایجاد می شود که نیاز به عینک مطالعه ضروری می باشد.



عدسی ها دارای تصاویر حقیقی و مجازی هستند، این تصاویر از پرتو های همگرا شونده و واگرا شونده بازتابی ایجاد می‌شود. بر خلاف آینه‌ها در عدسی ها عبور نور نیز مطرح است و تصاویر ممکن است در پشت و جلوی عدسی شکل گیرد. عدسی هایی که ضخامت قسمت های کناریش کوچک تر باشد، پرتو های موازی را همگرا می‌کند و عدسی محدب (کوژ) نام دارد، که دارای فاصله کانونی مثبت می‌باشد. بر خلاف آینه‌ها دارای دو کانون در فضاهای جلو و پشت عدسی می‌باشند ، عدسیهایی که ضخامت قسمت محوری آنها کمتر از ضخامت قسمت کناری باشد، پرتوهای موازی را از هم باز می‌کنند و دارای فاصله کانونی منفی هستند و عدسی مقعر (کاو) نام دارند، که اینها نیز دارای دو کانونی در فضای جسم و تصویر هستند.

انواع عدسی

عدسی محدب (کوژ)

عدسی هایی که نور را همگرا می‌کنند و جهت تصویر سازی حقیقی و نیز همگرا نمودن پرتوهای تابشی از نقاط دور مانند پرتوهای ستارگان مورد استفاده قرار می‌گیرند.

عدسی مقعر (کاو)

این عدسی ها نور را واگرا می کنند و جهت واگرا نمودن نورها و اصلاح برخی سیستم ها که نیاز به واگرایی نور دارد (مانند چشم) مورد استفاده واقع می‌شوند.

قواعد نحوه رسم پرتو در عدسیها

اکثر قواعد همانند آینه‌هاست و در حالت کلی عمده‌ترین آنها که پرتو های خاصی را شامل می‌شود عبارتند از:

۱- پرتوی موازی با محور: پرتو نور بعد از برخورد به عدسی و عبور از آن، از نقطه کانون می‌گذرد که فاصله کانون از رأس عدسی f است.

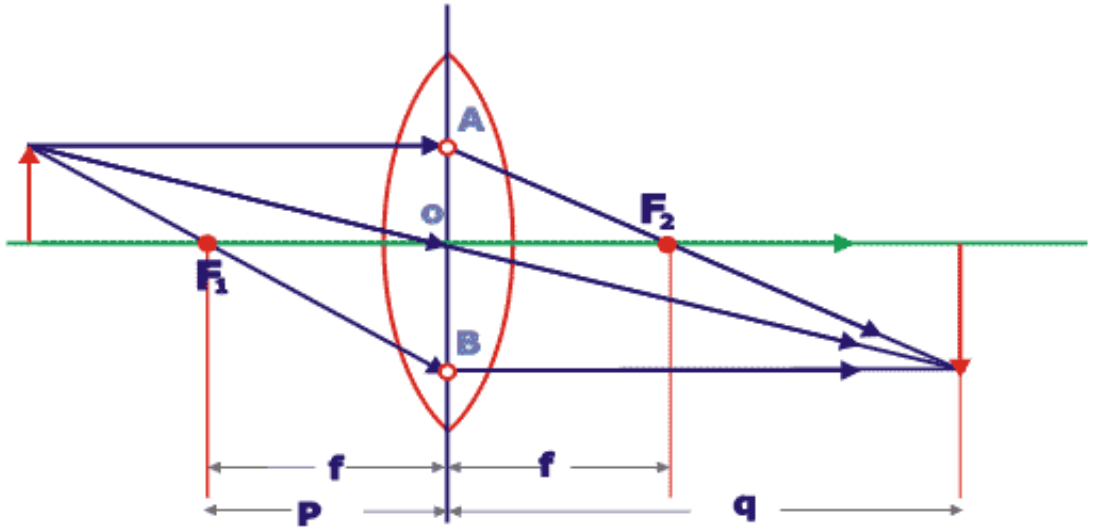
۲- پرتوهای عبوری از کانون عدسی، بعد از شکست در عدسی به موازات محور نوری ادامه مسیر می دهد.

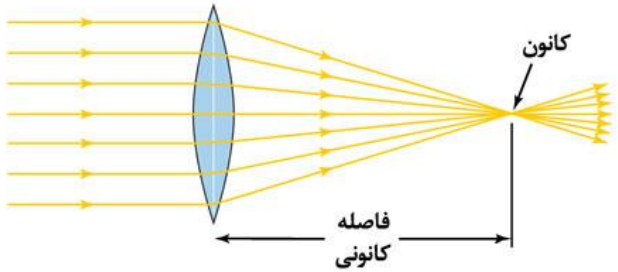
۳- پرتو نوری عبوری از رأس عدسی بدون شکست از آن رد می‌شود.

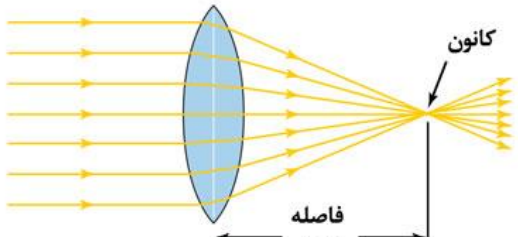
٤- همواره شیئی نوری در سمت چپ عدسی قرار داده می‌شود و نور از چپ به راست بر جسم و عدسی عدسی می‌تابد و در عدسیها بر عکس آینه‌ها ردیابی پرتویی (ترسیم پرتو) برای نور عبوری (شکستی) صورت می‌گیرد.

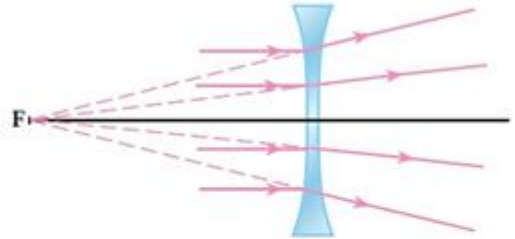
۵- فضای سمت چپ عدسی فضای جسم و فضای سمت راست عدسی فضای تصویر می‌باشد که جسم موجود در سمت چپ (فضای جسم) را جسم حقیقی و جسم موجود در سمت راست (فضای تصویر) را جسم مجازی گویند که وجود خارجی ندارد .

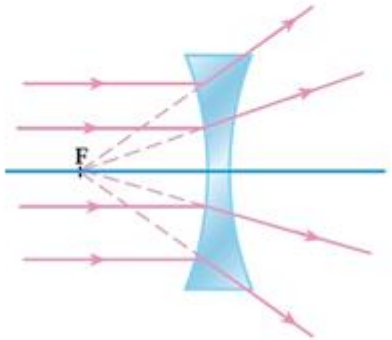
٦- تصویر در فضای تصویر حقیقی و تصویر در فضای جسم مجازی می‌باشد.











عدسی های مرکب

عدسی دو کوژ: آنچنان عدسی است که هر دو طرف آن کوژ می‌باشد.

عدسی کوژ – تخت: آنچنان عدسی است که یک طرف آن کوژ و یک طرف آن تخت می‌باشد.

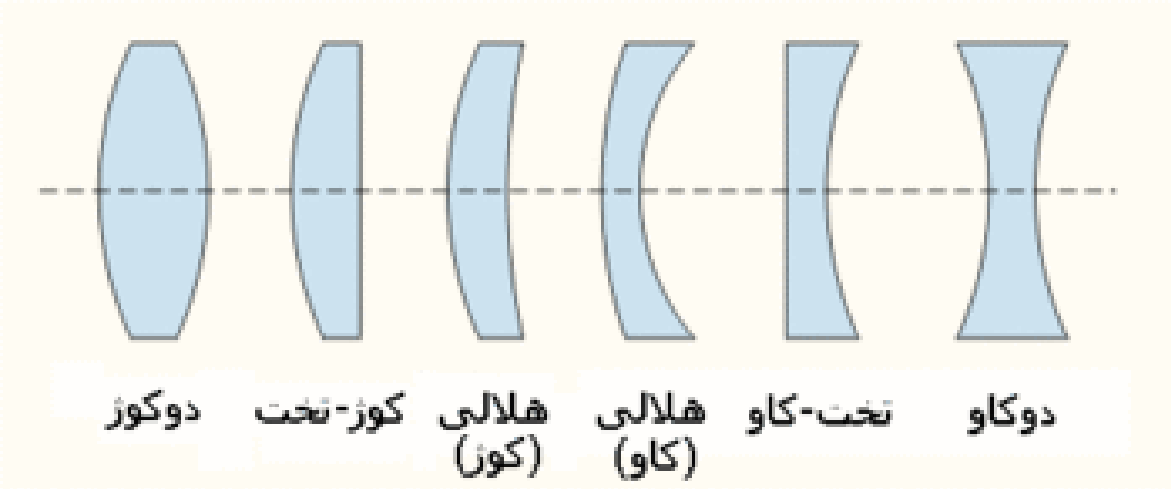
عدسیهای هلالی دو نوعند، یکی آن است که کناره هایش نازک و مرکزش ضخیم است و دیگری دارای کناره‌های ضخیم و مرکز نازکی می‌باشد، یعنی اولی خاصیت همگرایی و دومی خاصیت واگرایی نور را دارد.

عدسی هلالی (محدب یا کوژ): آنچنان عدسی است که یک طرف آن کوژ و طرف دیگرش کاو باشد.

عدسی هلالی (مقعر یا کاو): آنچنان عدسی است که یک طرف آن کوژ و طرف دیگرش کاو باشد.

عدسی تخت – کاو: آنچنان عدسی است که یک طرف آن کاو و طرف دیگرش تخت باشد.

عدسی دو کاو: آنچنان عدسی است که هر دو طرف آن کاو باشد.



دستگاه های نوری شامل عدسی ها

اکثر دستگاه های نوری شامل دو نوع عدسی می‌باشند. ۱- اولین عدسی که ایتدا نور بر آن می‌تابد و در ورودی دستگاه کار گذاشته می‌شود را ***عدسی شیئی*** و ۲- دومین عدسی که در خروجی دستگاه قرار دارد و نور از آن خارج می‌شود را ***عدسی چشمی*** گویند.

دستگاه ها میکروسکوپ نوری - **زیر دریایی** - **میکروسکوپ پلاریزان** - **دوربینهای دو چشمی** - **دوربینها** - **انواع عینک ها** و ... را می‌توان نام برد که دارای این دو عدسی می باشند.

عیوب عدسی ها

عدسی ها به لحاظ داشتن ضخامت زیاد و ناخالصیها دارای آبیراهی هایی هستند که در سیستم اعوجاج ایجاد می‌کنند و وضوح تصویر حاصل از دستگاه نوری را به هم می‌زنند. از جمله از این ابیراهیها عبارتند از:

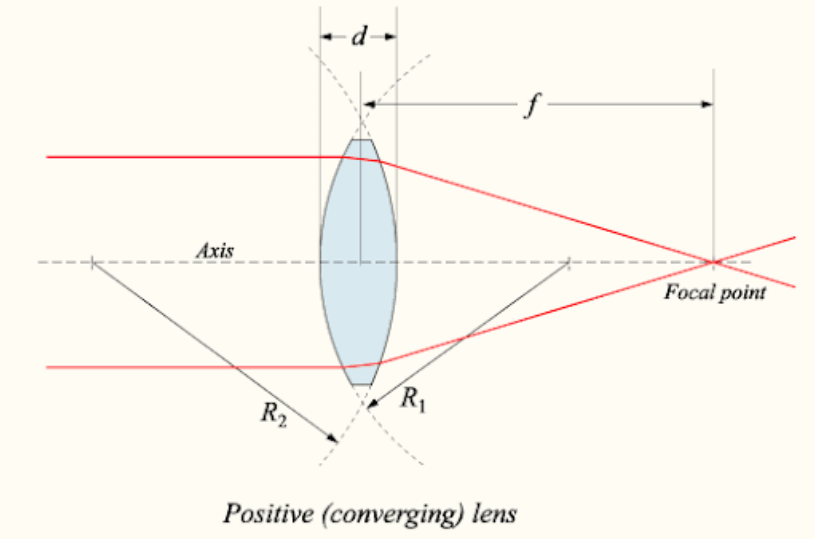
آبیراهی رنگی: در این نوع عیب علاوه بر بهم زدن وضوح و کیفیت تصویر، رنگ آن هم بهم می ریزد و تا حدی نور را از حالت طبیعی خارج می کند که اینها هم به دو دسته ابیراهی رنگی **طولی** و **عرضی** تقسیم می‌شوند.

آبیراهی اعوجاج: در این نوع عیب تصویر هندسه واقعی خود را پیدا نمی‌کند و قسمتهای مختلف عدسی که دارای ضخامتهای متفاوتی هستند، در میزان انحراف پرتوهای تابشی به یک شکل عمل نمی‌کنند و انحراف یکنواخت نبوده و تصویراز وضوح خارج می شود، که این آبیراهی نیز به دو دسته **اعوجاج بشکه‌ای** و **اعوجاج بالشی** تقسیم می‌شود.

مشخصات تصویر در عدسی:

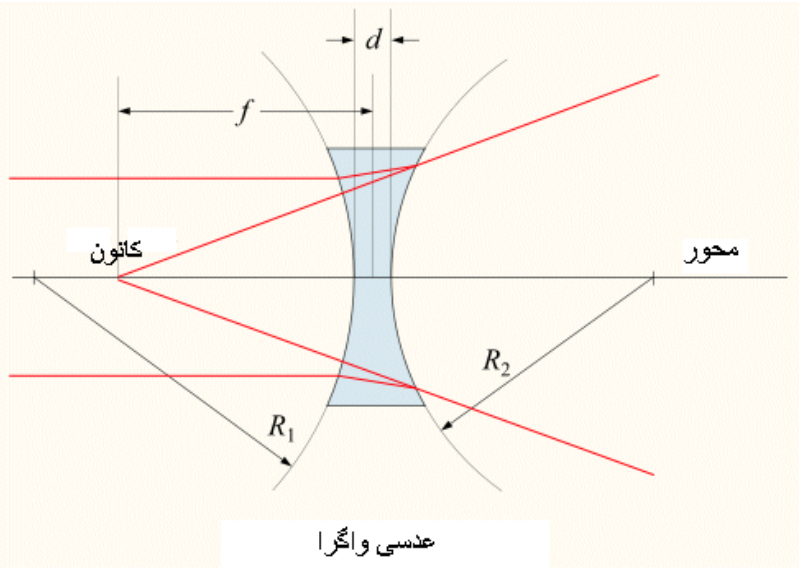
بسته به اینکه جسم در چه فاصله‌ای از عدسی قرار گیرد دارای تصویری حقیقی یا مجازی ، مستقیم یا وارون ، راست یا برگردان ، کوچکتر از جسم یا بزرگتر از آن و ... خواهد بود. رابطه حاکم بر فواصل جسم و تصویر عدسی نازک و فاصله کانونی آن بصورت زیر است:

$$f = \frac{1}{\frac{1}{p} + \frac{1}{q}}$$

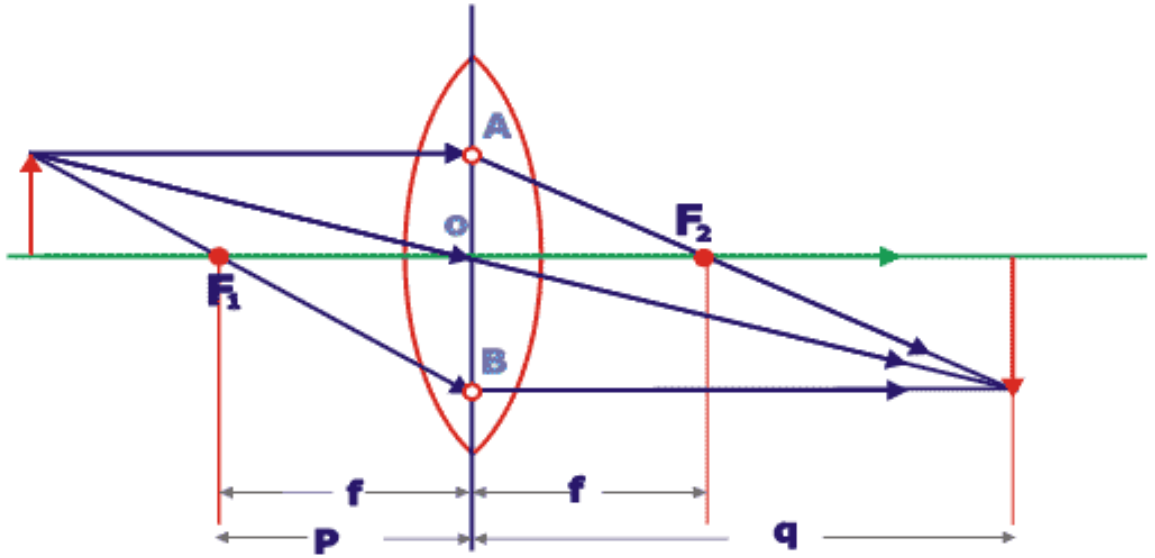


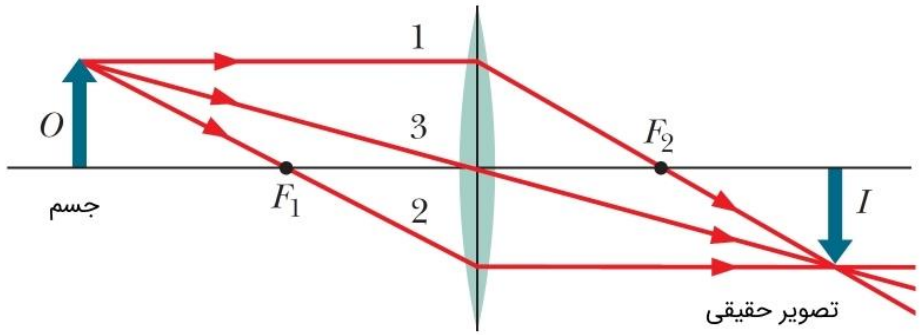
Positive (converging) lens

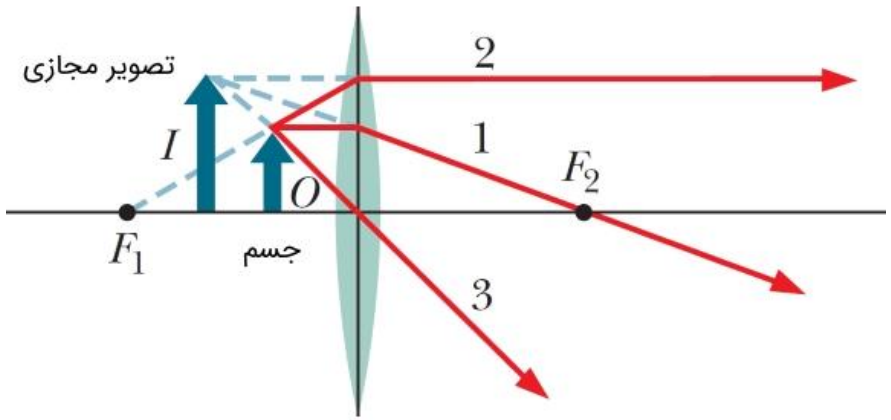
که برای عدسی خیلی نازک (**f = R/2**) است، که در آن **R** شعاع کره دیوپتر عدسی و **p** فاصله جسم از رأس و **q** فاصله تصویر از رأس عدسی می‌باشد.

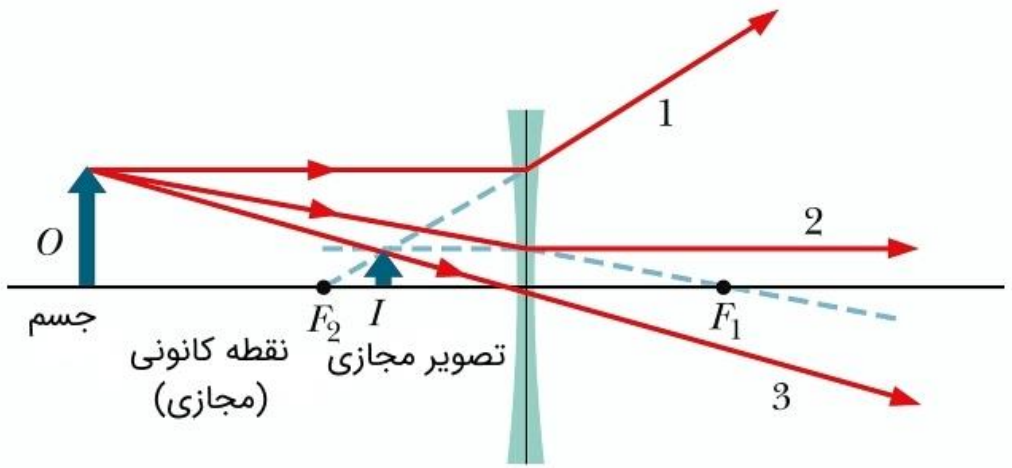


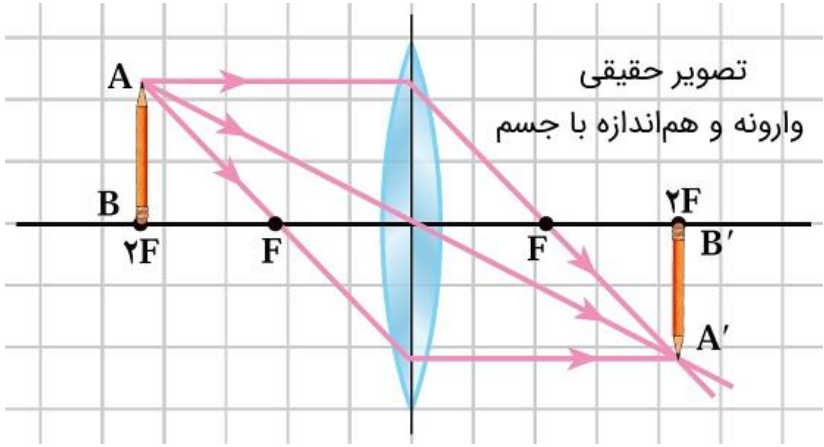
عدسی واگرا

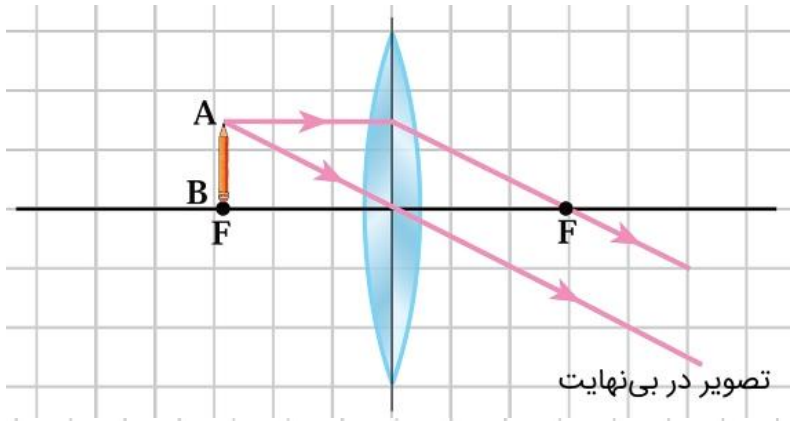


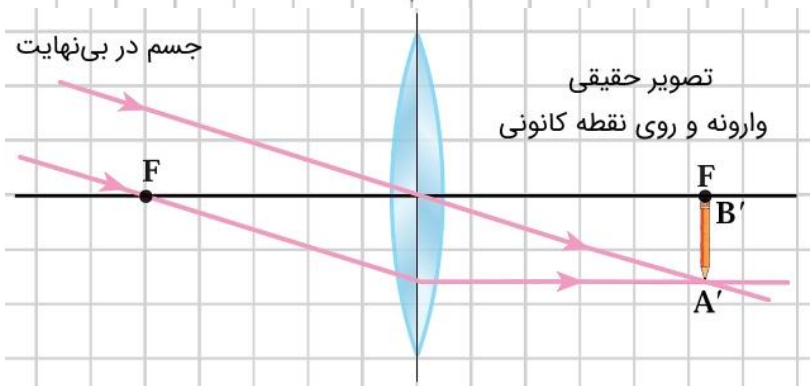

1
3
2
O
جسم
F_1
F_2
I
تصویر حقیقی

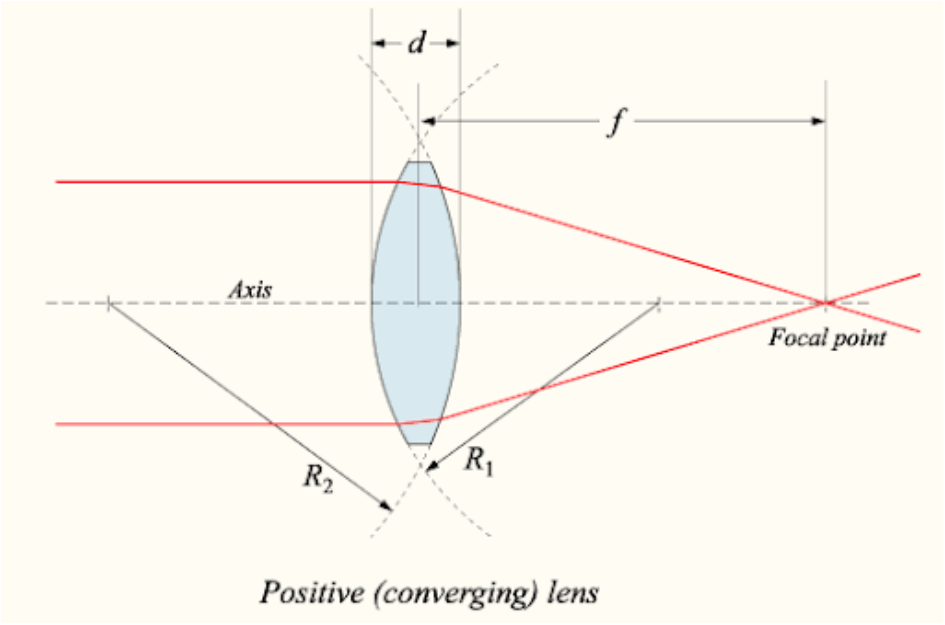

تصویر مجازی
2
1
3
I
O
F_1
جسم
F_2


1
2
3
O
جسم
F_2
I
F_1
نقطه کانونی
(مجازی)
تصویر مجازی

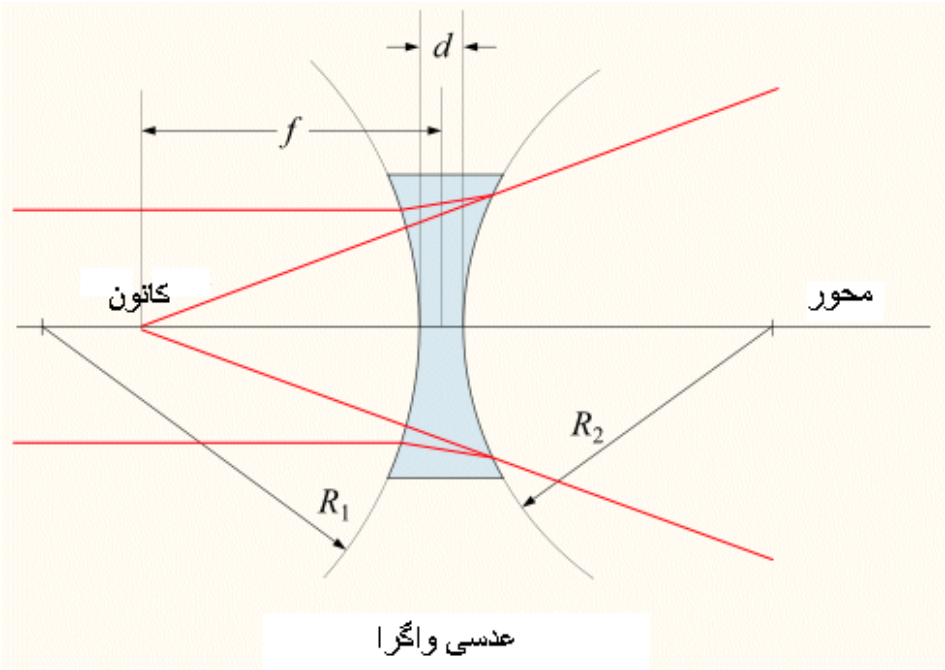

تصویر حقیقی
وارونه و هم‌اندازه با جسم
A
B
۲F
F
F
۲F
B′
A′


A
B
F
F
تصویر در بی‌نهایت


جسم در بی‌نهایت
تصویر حقیقی
وارونه و روی نقطه کانونی
F
F
B′
A′



Positive (converging) lens



عدسی واگرا

برای یک عدسی ضخیم:

$$f = \frac{1}{(n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)}$$

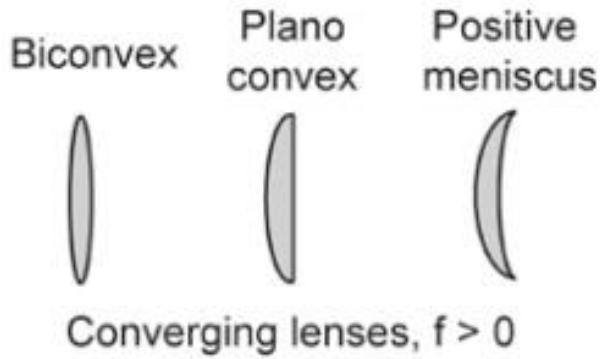
که $\mathbf{R_1}$ شعاع دیو پتر داخلی و کوچک و R_2 شعاع دیو پتر خارجی (بزرگ) و $\mathbf{n}$ ضریب شکست شیشه عدسی می‌باشد. این رابطه در طراحی و ساخت عینک های طبی بکار برده می‌شود، طوریکه به توسط این رابطه چشم پزشکان نمره چشم را مشخص می‌نمایند. یعنی با داشتن $\mathbf{n}$ معلوم و فاصله کانونی مورد نیاز برای چشم بیمار شعاع های داخلی و خارجی عدسی را متناسب با فاصله کانونی مناسب انتخاب می‌کنند تا اصلاح چشم به توسط عینک مربوطه صورت گیرد، رابطه اخیر به **فرمول عینک سازان** معروف است.

اگر f با متر اندازه گیری شود، آنگاه 1/f توان عدسی بر حسب دیوپتر (D) است.

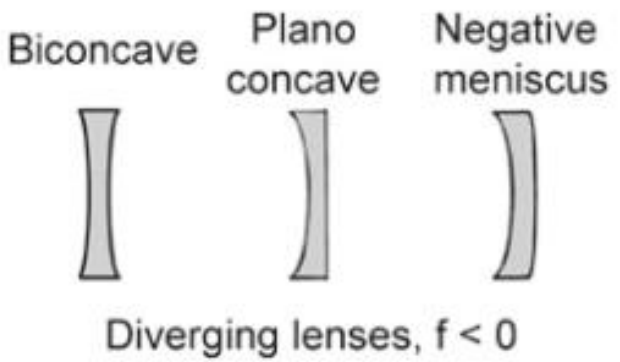
در یک عدسی مثبت (همگرا–کوژ) با فاصله کانونی ۰/۱ ، ۰/۲ و ۰/۵ متر به ترتیب توانی برابر D 10، D5 و D2 دارد.

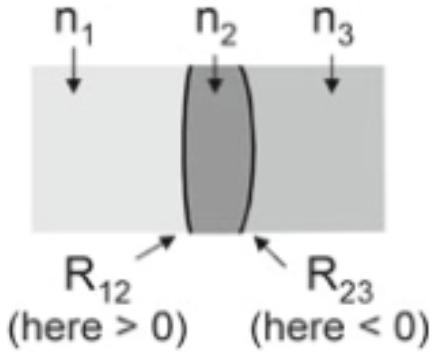
در یک عدسی منفی(واگرا– کاو) با فاصله کانونی ۰/۱– ، ۰/۲– و ۰/۵– متر به ترتیب توانی برابر D 10-، D5- و D2- دارد.

فاصله کانونی f برای جمع دو عدسی با فاصله های کانونی f_1 و f_2 از رابطه $\frac{1}{f}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}$ بدست می آید.



فاصله کانونی f برای جمع N عدسی با فاصله های کانونی f_i از رابطه $\frac{1}{f}=\sum_{i=1}^{N}\frac{1}{f_i}$ بدست می آید.





$$\frac{1}{f}=(n-1)\left(\frac{1}{R_{12}}-\frac{1}{R_{23}}\right)$$

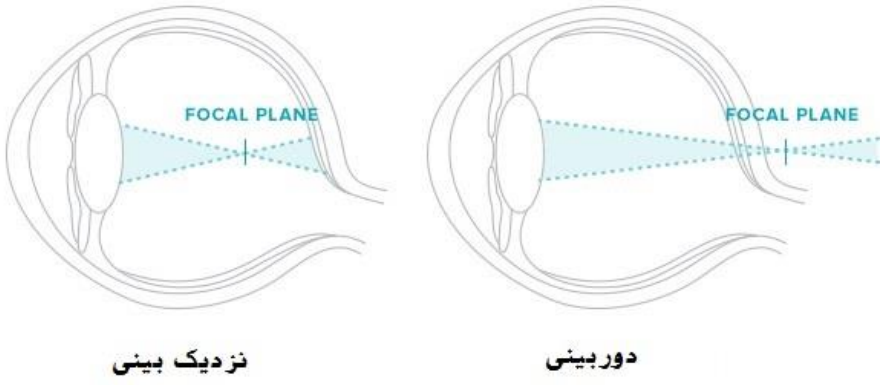
نزدیک‌بینی

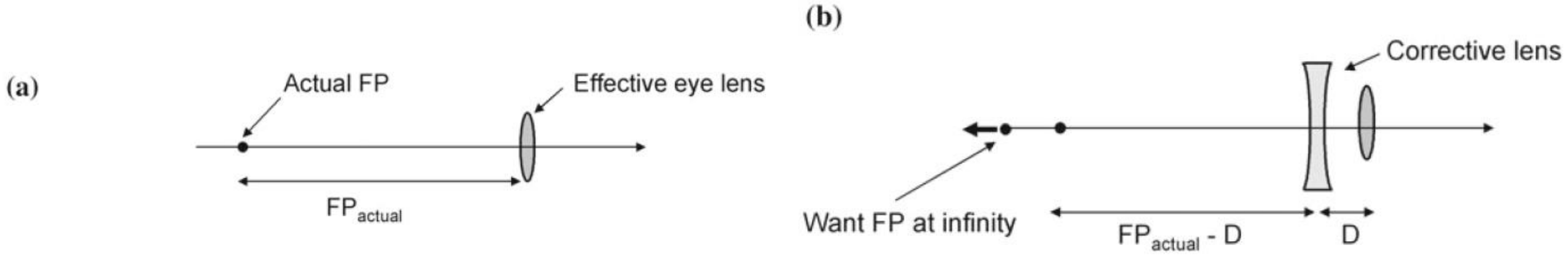
نزدیک‌بینی، یا در اصطلاح بالینی «میوپیا» (Myopia) مشکل بینایی کاملاً رایجی به شمار می‌آید. این افراد اشیاء نزدیک را واضح‌تر از اشیاء دور می‌بینند. معمولاً نزدیک‌بینی در چشمی بوجود می‌آید که بیش از حد کشیده شده یا قرنیه آن انحنای بیش از حد دارد. شکل نامنظم چشم سبب می‌شود که نور بر ورودی جلوی شبکیه تمرکز کند نه بر روی آن. در نتیجه، تصاویر اجسام دور به صورت تار و مبهم ظاهر می‌شود. شدت نزدیک‌بینی متفاوت است و نیاز به تصحیح دارد. بسیاری از این افراد با استفاده از عینک یا لنز با هدف تمرکز نور و ایجاد تصاویر واضح‌تر، مشکل خود را درمان می‌کنند. برای کسانی که به دنبال یک راه حل ساده‌تر در دراز مدت هستند، روش کاشت لنز کولامر می‌تواند یک انتخاب عالی برای اصلاح نزدیک‌بینی به شمار رود.

برای رفع نزدیک بینی باید فاصله کانونی واقعی چشم با عدسی مناسب تنظیم شود.

حداکثر فاصله از چشم که در آن اجسام تصاویر واضح ایجاد می کنند، نقطه دور (Far Point:FP) نامیده می شود و ما می خواهیم FP ما ∞ باشد.

نزدیک‌ترین فاصله‌ای که در آن اجسام واضح هستند، نقطه نزدیک (Near Point:NP) است و ما می‌خواهیم NP ما برای خواندن راحت و غیره ۲۵ سانتی‌متر (۱۰ اینچ) باشد.





اصلاح نزدیک بینی: فرد مبتلا به نزدیک بینی یک نقطه نزدیک کافی در ۲۵ سانتی متر دارد، اما او یک نقطه دور را بسیار نزدیک می بیند. بفرض جسم در فاصله FP=۵۳ سانتی متر از چشم را در نظر بگیرید، چشم می تواند بخوبی آن را تصویر نماید ولی تصویر ناواضح است و مشکل در اجسام قرار گرفته در بینهایت بیشتر می باشد که نیاز به تصحیح دارد . عدسی اصلاحی واگرا (کاو) با دیوپتر منفی در سمت چپ چشم با D≃ ۱/۲ سانتی متر برای لنزهای عینک و D≃ ۰ سانتی متر برای لنزهای تماسی نیاز است. هدف این است که لنز استفاده شونده از جسم قرار گرفته در سمت چپ و در ∞ ، تصویری در فاصله D -۵۳ سانتی‌متری و در سمت چپ عدسی (سمت راست جسم) درست نماید. بنابراین از رویکرد گسترش به عقب بهره می بریم و داریم:

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}\Rightarrow\frac{1}{f_{Corrective}}=\frac{1}{\infty_1}+\frac{1}{D-FP}=P_{Corrective}\Rightarrow f_{Corrective}=D-53_{cm}$$

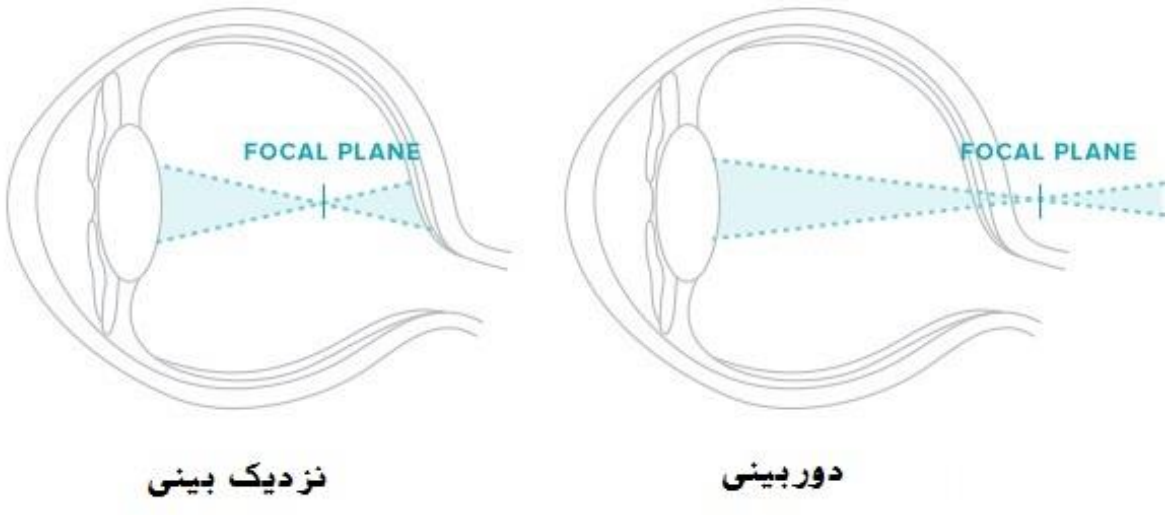
$$Because\ D=1.2cm\ \ then: f_{Corrective}=-51.8cm=-0.518m$$

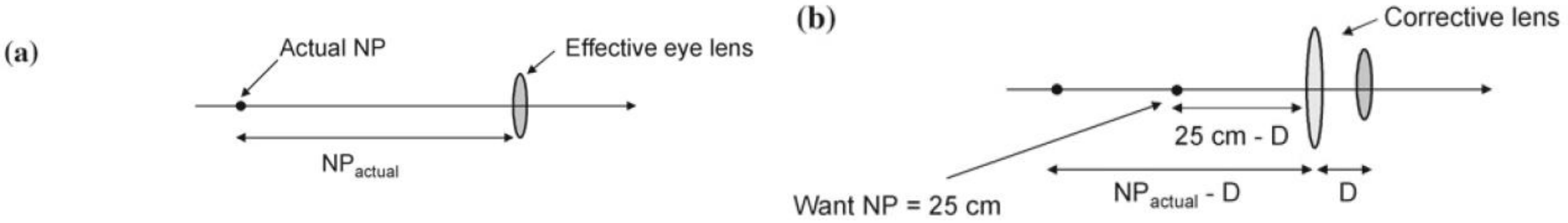
$$The\ corrective\ power\ is\ \frac{1}{f_{Corrective}}=-1.93D$$

دوربینی

دوربینی، یا در اصطلاح بالینی «هایپروپیا» (Hyperopia) یکی دیگر از مشکلات رایج بینایی است. افراد «دوربین» اجسام دور را در مقایسه با اشیاء نزدیک بهتر می‌بینند. دوربینی نباید با پیرچشمی اشتباه گرفته شود، مشکلی که خواندن اشیاء نزدیک را سخت‌تر می‌کند و به طور طبیعی در همه افراد با افزایش سن رخ می‌دهد. دوربینی معمولاً در چشمی به وجود می‌آید که کوتاه شده است. این بی‌نظمی به دلیل تمرکز نور بر ورودی پشت شبکیه نه بر روی آن به وجود می‌آید. در نتیجه، تصاویر اشیاء نزدیک تار به نظر می‌رسد. شدت دوربینی نیز تا حد زیادی متفاوت است و می‌تواند زندگی روزمره را دشوار سازد. بسیاری از افرادی که از دوربینی رنج می‌برند نمی‌توانند با رایانه کار کنند، مطالعه نمایند یا هر فعالیت دیگر که نیاز به دید نزدیک دارد را انجام دهند. دوربینی نیز معمولاً با عینک یا لنز تماسی درمان می‌شود.

رفع عیب توسط عدسی اصلاحی همگرا (کوژ) با دیوپتر مثبت انجام می شود.





اصلاح دور بینی: فرد مبتلا به دور بینی یک نقطه دور در ∞ را بخوبی می بیند اما یک نقطه نزدیک را بسیار دور می بیند. بفرض جسم در فاصله NP=۱۹۰ سانتی متر از چشم را در نظر بگیرید، چشم می تواند آن را در ۱۹۰ سانتی متری تصویر نماید که تصویر ناواضح است و نیاز به تصحیح دارد تا فواصل ۲۵ سانتی متری را واضح ببیند. عدسی اصلاحی همگرا با دیوپتر مثبت در جلوی چشم با D≃ ۱/۲ سانتی متر برای لنزهای عینک و D≃ ۰ سانتی متر برای لنزهای تماسی نیاز است. ما می‌خواهیم این لنز از جسم قرار گرفته در سمت چپ و فاصله D– cm ۲۵ تصویری در فاصله D –۱۹۰ سانتی‌متری سمت راست جسم درست نماید. بنابراین از رویکرد گسترش به عقب بهره می بریم و داریم:

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}\Rightarrow\frac{1}{f_{Corrective}}=\frac{1}{25cm-D}+\frac{1}{D-NP}=P_{Corrective}\Rightarrow$$

$$Because\begin{cases}D=1.2cm\\NP=190cm\end{cases}\quad then:f_{Corrective}=27.2cm=0.272m$$

$$The\ corrective\ power\ is\ \frac{1}{f_{Corrective}}=3.67D$$

مثال ۳ـ۱۵

فرض کنید عدسی A به فاصلهٔ کانونی $F_A = 0.33\,m$ با عدسی B به فاصلهٔ کانونی $F_B = 0.25m$ ترکیب شده است. فاصله کانونی و توان دیوپتری مجموع آنها چقدر است؟

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F_A} + \frac{1}{F_B} = \frac{1}{0.33} + \frac{1}{0.25} = \frac{1}{0.143}$$

یا $F = 0.143\,m$. توجه کنید که عدسی A برابر 3D و عدسی B برابر 4D است. جمع آنها به آسانی 7D است.

مثال ۴ـ۱۵.

برای تعیین توان عدسی مورد نیاز برای اصلاح چشمی نزدیک‌بین با نقطهٔ دور 1m، فاصلهٔ تصویر (عدسی تا شبکیه) را $2\,cm\,(0.02\,m)$ در نظر می‌گیریم.

شخصی که روی جسمی در فاصلهٔ 1 m تمرکز کرده است، توان عدسی او برابر است با:

$$\frac{1}{F} = (\frac{1}{0.02}) + (\frac{1}{100})$$

برابر با 51 D است. چشمی که قادر به تمرکز در بی‌نهایت باشد، توان آن برابر است با:

$$(\frac{1}{0.02}) + (\frac{1}{\infty})\ 50\ D$$

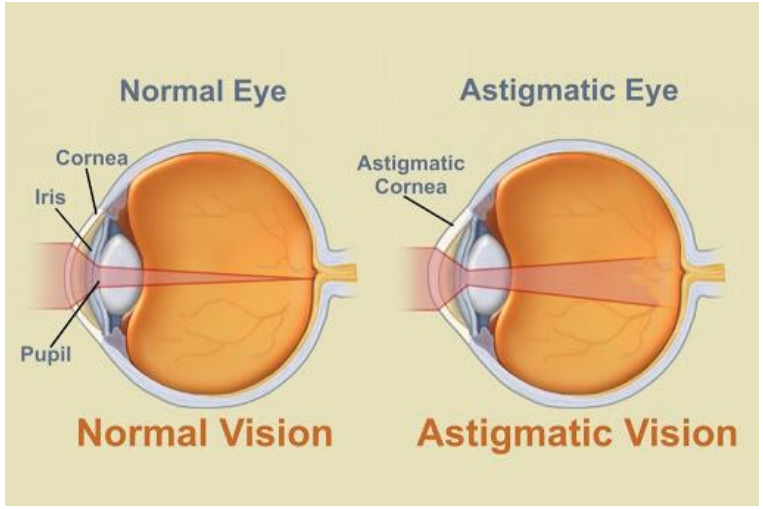
دارد. بنابراین، شخصی نزدیک‌بین با نقطهٔ دور ۱ متر، یک دیوپتر زیادی دارد و یک عدسی منفی 1D- دیدش را تصحیح می‌کند.

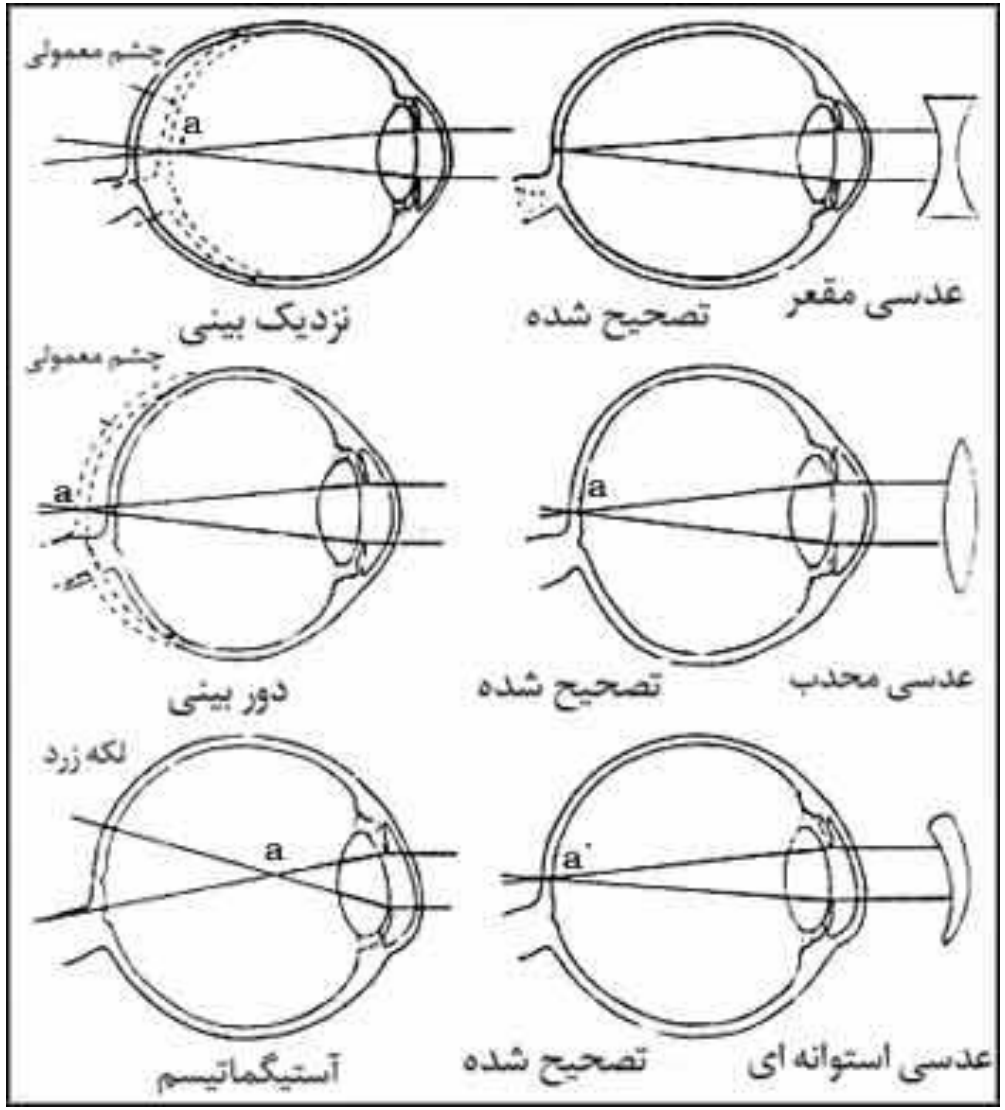
آستیگمات(انحراف دید):

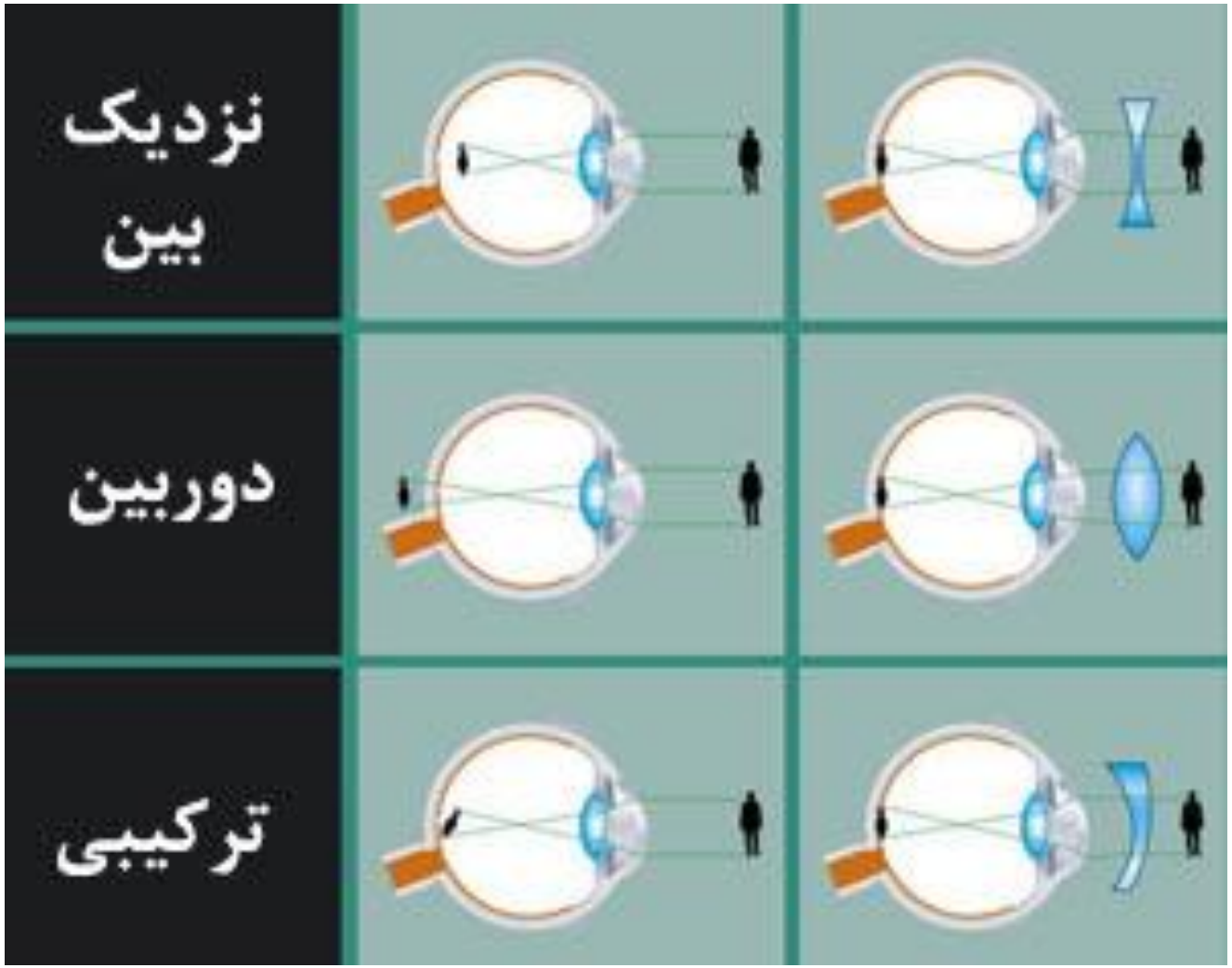
قرنیه پنجره شفاف جلو چشم است.یک قرنیه طبیعی گرد و صاف است،شبیه توپ بسکتبال.وقتی شما آستیگمات دارید،قرنیه در یک جهت نسبت به سایرجهات انحنای بیشتری دارد،مثل توپ فوتبال آمریکایی.آستیگمات دید را برای اجسام دور و نزدیک ، تار یا منحرف می کند.

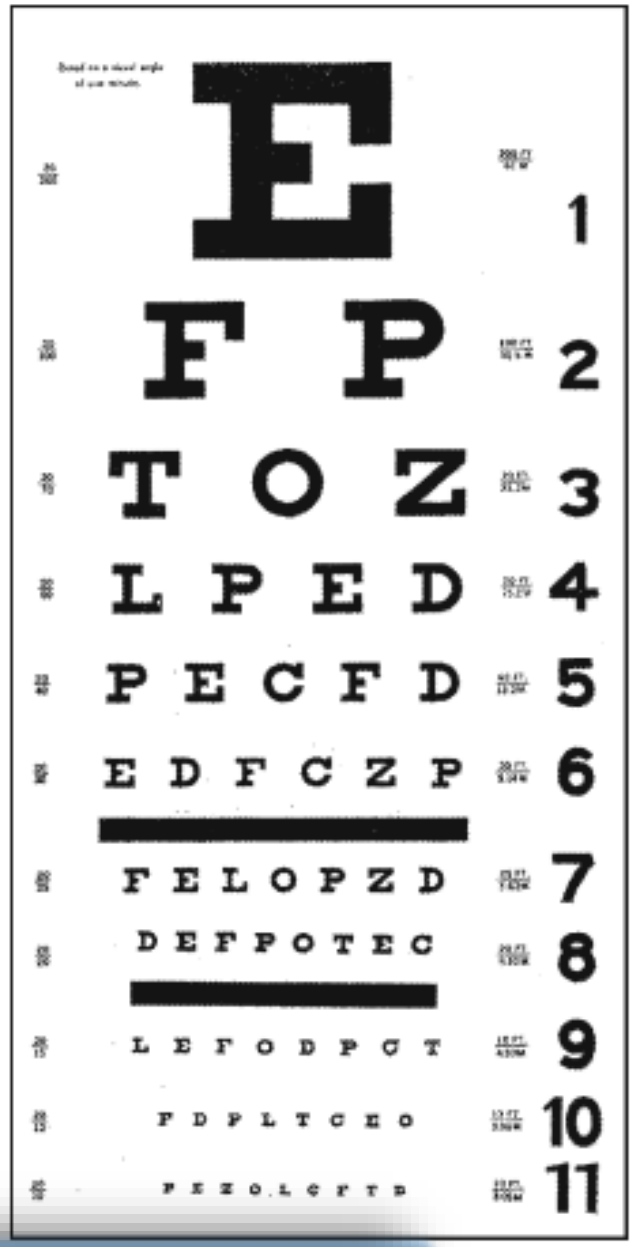
پیرچشمی:

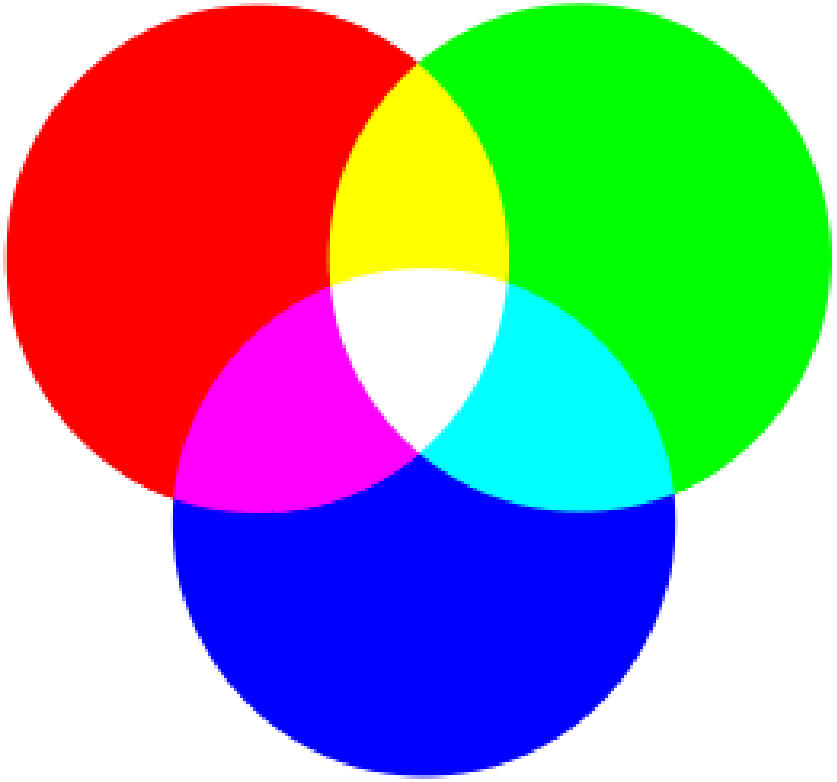
وقتی جوان هستید لنز درون چشم شما نرم و قابل انعطاف است و اجازه می دهد شکل آن به راحتی برای دیدن اجسام دور و نزدیک تغییر نماید. بعد از ٤٠ سالگی، لنز سخت تر می شود. از آنجا که لنز نمی تواند به راحتی گذشته تغییر شکل دهد، خواندن در محدوده نزدیک سخت تر است. این وضع نرمال پیرچشمی نامیده می شود. شما همچنین ممکن است پیر چشمی را با نزدیک بینی، دور بینی یا آستیگماتیسم داشته باشید.




چشم معمولی
a
عدسی مقعر
تصحیح شده
نزدیک بینی
چشم معمولی
a
a
عدسی محدب
تصحیح شده
دور بینی
لکه زرد
a
a'
عدسی استوانه ای
تصحیح شده
آستیگماتیسم


نزدیک بین
دوربین
ترکیبی





روانشناسی رنگ ها:

۱- زرد: اخطار، تحریک کنجکاوی و ...

۲- قرمز: هیجان، انقلاب و ...

۳- آبی: آرامی، شکیبایی، احترام و ....

٤- سبز: بهار، رویش و ....

٥- نارنجی: جوانی، شادابی و ....

٦- بنفش: تیرگی بهم، دلفریب، مرموز و ....

مطالعه آزاد

سنجش و محاسبه نور

در دستگاه بین‌المللی یکاها کاندلا یا شمع با نماد (Candela-cd) یکای شدت نور است (I). منظور از شدت نور، نیروی تابیده از سوی یک سرچشمه نور در جهتی مشخص است که توسط تابع روشنایی (یک مدل استانداردشده از حساسیت چشم انسان به طول موج‌های مختلف که با نام تابع اثرگذاری نور هم شناخته می‌شود) وزن داده می‌شود. یک شمع معمولی هم با تقریب نه‌چندان خوب یک کاندلا شدت نور دارد. اگر گسیل در برخی جهت‌ها به وسیلهٔ یک مانع کدر مسدود شود، گسیل در جهت‌هایی که مسدود نشده‌اند همچنان تقریباً ۱ کاندلا خواهد بود.

کلمه کاندلا در زبان لاتین و بسیاری از زبان‌های نوین به معنای شمع است.

در سده شانزدهم در کنفرانس عمومی اندازه‌گیری و توزین (CGPM) در سال ۱۹۷۹ میلادی، شمع به صورت زیر تعریف شد:

یک کاندلا برابر است با شدت نوری است که از یک جسم سیاه با مساحت یک شصتم سانتی متر مربع در دمای ۱۷۵۵ کلوین و یا از یک چشمه نور تک‌فام با بسامد ۵۴۰ تراهرتز، در یک راستای خاص و شدت شعاعی ۱/۶۸۳ وات بر استرادیان در آن راستا می گذرد.

این تعریف مشخص می‌کند که چگونه می‌توان یک منبع نور ساخت که (طبق تعریف) یک کاندلا گسیل می‌دهد. چنین منبعی را می‌توان برای واسنجی ابزارهای اندازه‌گیری شدت نور به کار برد.

کاندلا هنوز هم گاهی به نام قدیمی‌اش یعنی شمع خوانده می‌شود مثلاً در توان‌شمع یا پاشمع.

شار نوری: میزان نوری که از یک لامپ منتشر می شود شاری نوری (Luminous Flux) نام دارد. یکای سنجش شار نوری لومن (Lumen) است که با حرف یونانی فی (Φ) یا F نشان داده می شود.

به این ترتیب برای اینکه بگوییم یک لامپ چه میزان نور میدهد از اصطلاح شار نوری استفاده می کنیم.

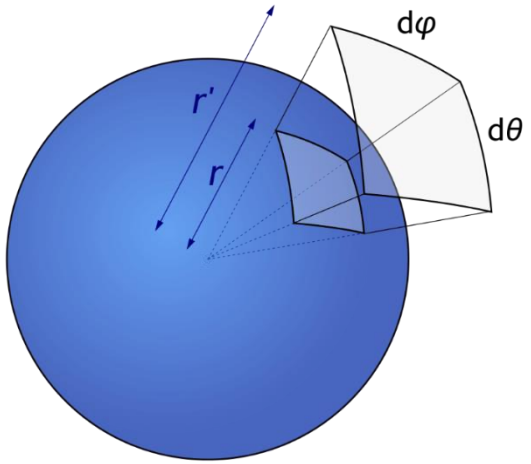
به عنوان مثال شار نوری یک لامپ فلورسنت ۳۶ وات ۲۸۵۰ لومن و شار نوری یک لامپ متال هالید ۵۵۰۰ لومن است.

به بیان دیگر: اگر یک منبع نور در تمام جهات شدت نور یکنواخت ۱ کندلا داشته باشد و در مرکز کره ای قرار گیرد، میزان نور یا شار نوری که از هر استرادیان زاویه فضایی خارج می شود را واحد شار نوری یا لومن می گویند.

استرادیان: در هندسه، زاویه فضایی، که معمولاً با Ω نشان داده می‌شود، زاویه‌ای دو بعدی در فضای سه‌بعدی است که یک جسم روی یک نقطه را می‌پوشاند. این زاویه نشان می‌دهد که آن جسم از دید بیننده‌ای که از آن نقطه به جسم می‌نگرد چه‌قدر بزرگ می‌آید. برای نمونه، جسم کوچکی در فاصله نزدیک می‌تواند همان زاویه فضایی‌ای را بپوشاند که جسم بزرگی در دوردست می‌تواند. اگر جسم را روی سطح کره ای به مرکز آن نقطه تصویر کنیم، زاویه فضایی جسم متناسب است با مساحت بخشی از کره که جسم پوشانده است، تقسیم بر شعاع کره به توان دو:

$$\Omega = k\frac{S}{r^2}$$

k ضریب تناسب است.



$$\begin{cases} F = \phi = \int I.dS \\ \Omega = \dfrac{S}{r^2} = \dfrac{4\pi r^2}{r^2} = 4\pi \ _{Sr} \end{cases} \Rightarrow F = I \times 4\pi \ _{Sr}$$

چگالی توان ورودی: بر حسب مقدار توان رسیده به یک سطح مشخص تعریف می شود و واحد آن W / m^2 است.

$$Light\ power\ density = \frac{P_{input\ light}}{4\pi r^2}$$

اثر فیزیولوژیکی نور روی چشم ما درخشندگی نام دارد. این پارامتر در طراحی روشنایی اهمیت بسیار زیادی پیدا می کند.

واحد سنجش درخشندگی کندل بر متر مربع (Cd/m^2) است. (نیت ۱۰۰۰= cd/m^2 ۱۰۰۰۰= cd/cm^2 ۱= استیلب و π/استیلب=لامبرت ۱)

درخشندگی به دو صورت تعریف می شود:

۱) درخشندگی حاصل از یک منبع نور: برابر است با شدت نور منتشر شده از منبع به مساحت آن که واحد آن ($Luman/(m^2)$ یا Lux است.

۲) درخشندگی حاصل از یک سطح روشن: متناسب است با میزان شدت روشنایی در سطح و ضریب انعکاس آن.

لوکس: روشنایی حاصل از یک لومن شار نوری بر یک متر مربع از یک سطح است.

روشنایی بر یک سطح A:

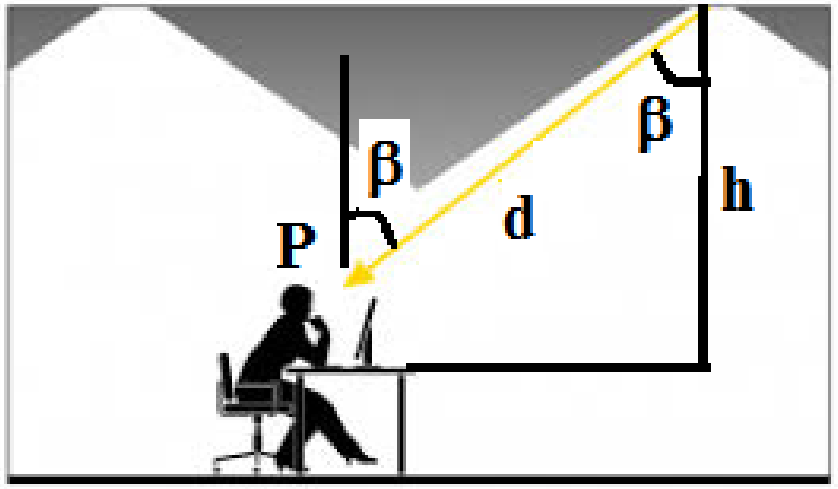
$$E_{(Lux)} = \frac{\phi}{A} = \frac{I\Omega}{A} = \frac{I\frac{A}{r^2}}{A} = \frac{I}{r^2} \quad \text{or} \quad I = E \times r^2$$

مثال: اگر روشنایی یک لامپ در فاصله یک متری ۱۰ لوکس باشد، در فاصله ی نیم متری روشنایی اش چقدر است؟

$$I = E_1 \times r_1^2 = E_2 \times r_2^2 \Rightarrow 10 \times 1^2 = E_2 \times 0.5^2 \Rightarrow E_2 = 40_{Lux}$$

این رابطه وقتی صحیح است که منبع نور نقطه ای و سطح عمود بر تابش منبع باشد. اگر سطح زاویه داشته باشد داریم:

$$\left.\begin{aligned} E_\beta &= E \times Cos(\beta) = \frac{I}{d^2} \times Cos(\beta) \\ Cos(\beta) &= \frac{h}{d} \rightarrow d = \frac{h}{Cos(\beta)} \end{aligned}\right\} E_\beta = \frac{I}{h^2} \times Cos^3(\beta)$$



در این رابطه:

E_β روشنایی سطح شیبدار بر حسب لوکس،

E روشنایی در سطح عمود بر تابش لامپ بر حسب لوکس،

β زاویه برخورد، I شدت نور در جهت مورد نظر بر حسب cd،

d فاصله منبع تا نقطه مورد نظر (P)بر حسب متر و

h فاصله عمودی منبع از سطح بر حسب متر.

مثال: اگر فاصله ی عمودی منبع نوری با روشنایی ۱۰ لوکس ۱۰ متر از سطح زمین باشد و فاصله ی مایل نقطه ای از منبع ۲۰ متر باشد. مطلوبست محاسبه ی شدت روشنایی در نقطه ی مورد نظر.

$$E_\beta = \frac{I}{h^2} \times \mathrm{Cos}^3(\beta)$$

$$\mathrm{Cos}(\beta) = \frac{h}{d} \rightarrow \mathrm{Cos}(\beta) = \frac{10}{20} = \frac{1}{2}$$

$$E_\beta = \frac{10}{10^2} \times \left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{80} \ \text{Lux}$$

لوکس متر

UV LIGHT METER

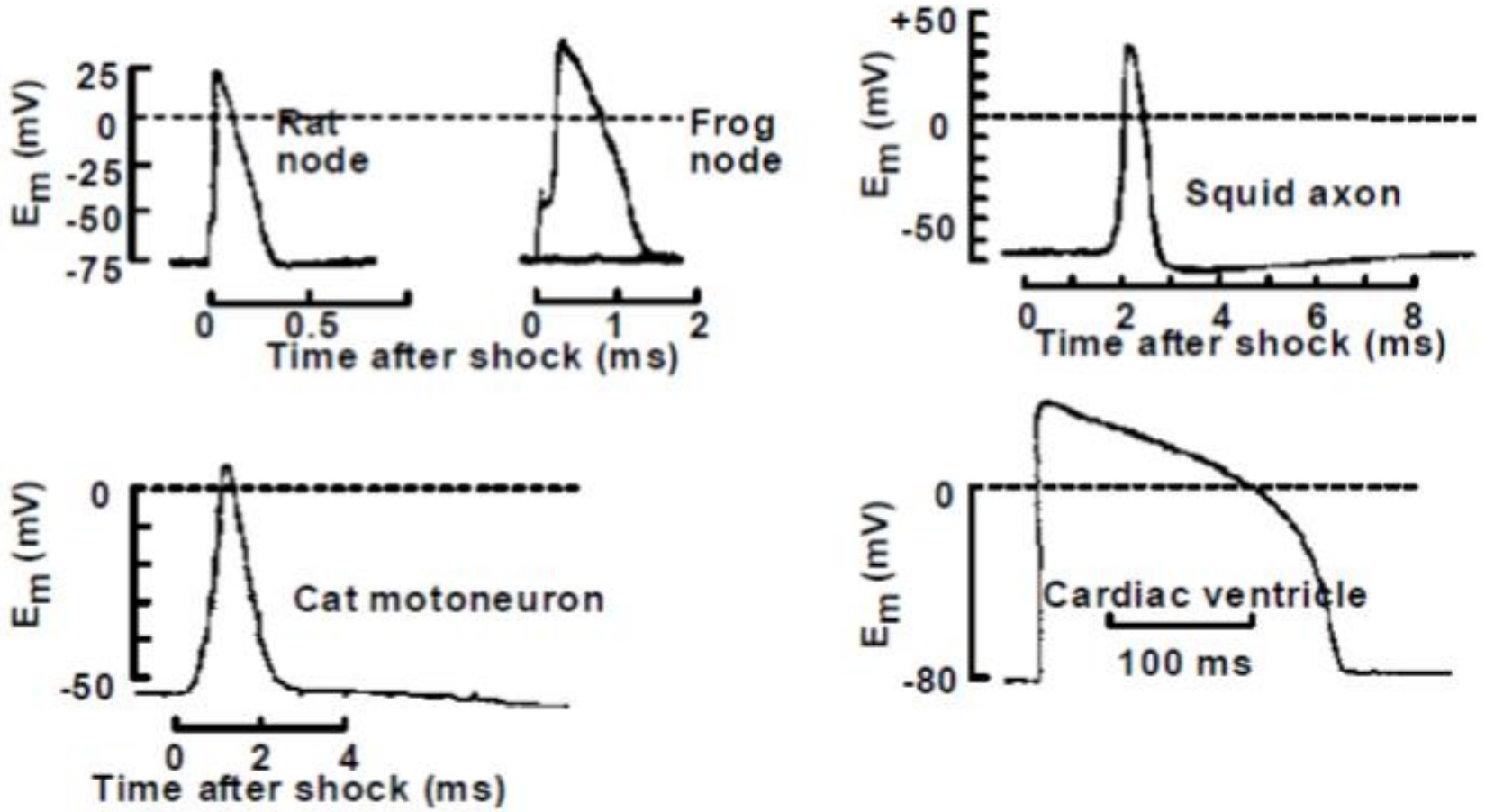
Measurement ranges & resolution	*2 ranges : Hi & Lo range* Lo range : 1999 uW/cm^2 x 1 uW/cm^2 Hi range : 19990 uW/cm^2 x 10 uW/cm^2 ** 1000 uW/cm^2 = 1 mW/cm^2*

فصل ۷- الکتریسیته در بدن- سیگنال های بیوالکتریکی در بدن:

در این فصل به بررسی انواع سیگنال های بیولوژیکی که در حوزه ی مهندسی پزشکی مورد بررسی قرار می گیرد پرداخته می شود. این سیگنال های به طور کلی به سیگنال های بیوالکتریکی، امپدانسی، آکوستیکی، مکانیکی، بیومغناطیسی، بیوشیمیایی و سیگنالهای دوبعدی قابل تفکیک هستند.

۱- پتانسیل عمل Action potential (AP):

پتانسیل عمل توسط غشاء تحریک پذیر یک سلول عصبی یا سلول ماهیچه ای تولید می گردد و به کمک الکترودهای متناسب قابل اخد و ثبت است. برای ثبت پتانسل عمل حاصل از یک سلول، نیاز به جداسازی یک سلول و تحریک آن توسط یک میکروالکترود با نوکی به قطر چند میکرومتر است. تحریک به سه صورت مکانیکی، شیمیایی و الکتریکی انجام می شود. نمونه هایی از این پتانسیل در شکل صفحه بعد نشان داده شده است. اساس تولید این پتانسیل در تغییرات غلظت یونهای داخل و خارج غشاء سلول است.



نمونه هایی از شکل موج های پتانسیل عمل

۲- مغز و سیستم عصبی، الکترونوروگرام(Electroneurogram (ENG:

۱- سیستم عصبی انسان از دو قسمت مرکزی و محیطی تشکیل شده است.

۲- سیستم عصبی مرکزی شامل مغز و نخاع و سیستم عصبی محیطی شامل اعصاب حسی و حرکتی است.

۳- عصب ها رشته های درازی هستند که وظیفه آنها انتقال اطلاعات و پیام ها بین سیستم عصبی مرکزی و محیطی و همچنین درون سیستم عصبی مرکزی است.

٤- پیام های حسی که در اندام های حسی تولید می شوند از طریق اعصاب به نخاع و مغز می روند.

۵- سلول های این پایانه ها می توانند لمس، فشار، دما و درد را حس کرده و آنها را بصورت پیغام هایی از طریق عصب به مغز ارسال کنند.

٦- جنس این پیغام ها الکتریسیته است.

۷- تحریک پایانه های حسی در پوست موجب تولید جریان های الکتریکی می شود و سپس این جریان از طریق عصب به مغز رفته و در آنجا برحسب اینکه از کدام پایانه ارسال شده باشد.

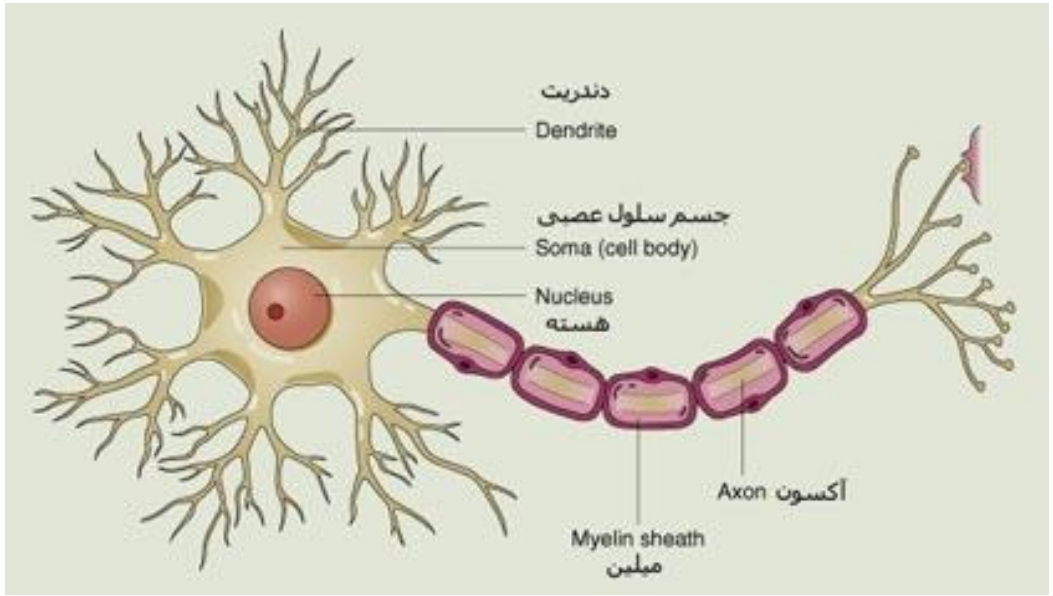
۸- از طرف دیگر مغز دستوراتی را بصورت پیام های الکتریکی آماده می کند و آنها را از راه نخاع و سپس عصب ها به عضلات اندام ها می فرستد.

۹- قطر اعصاب مختلف متفاوت است و البته ساختمان آنها ممکن است با یکدیگر قدری متفاوت باشد ولی همه اعصاب مشترکاتی دارند.

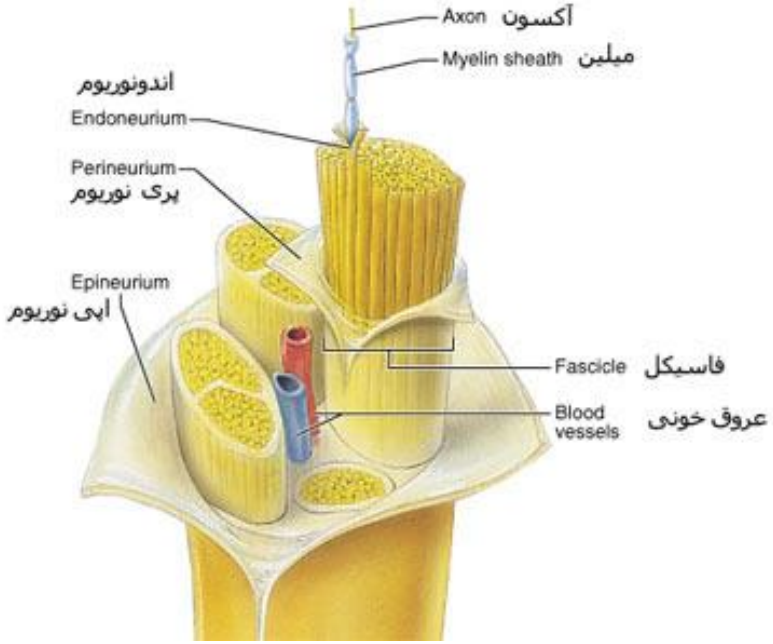
۱۰- یک رشته عصبی که به آن فیبر عصبی nerve fiber هم می گویند در واقع قسمتی از یک سلول است که به آن سلول عصبی یا نورون Neuron می گویند.

۱۱- از هر نورون تعداد زیادی رشته های کوتاه خارج میشود که به آن دندریت Dendrite می گویند. کار دندریت ها انتقال پیام بین سلول های عصبی است یعنی پیام عصبی را از یک سلول به سلول دیگر منتقل می کند.

۱۲- همچنین از هر نورون یک رشته طویل و طولانی خارج میشود که به آن آکسون Axon می گویند. از یک نورون حسی که در نخاع وجود دارد یک آکسون خارج میشود که به اندام حسی می رسد بطور مثال یک رشته آکسون از نخاع خارج شده و به پوست نوک انگشت شست پا می رسد. پس یک رشته آکسون می تواند بسیار طولانی و حتی بیش از یک متر باشد با این حال بسیار نازک بوده و با چشم غیر مسلح دیده نمی شود.



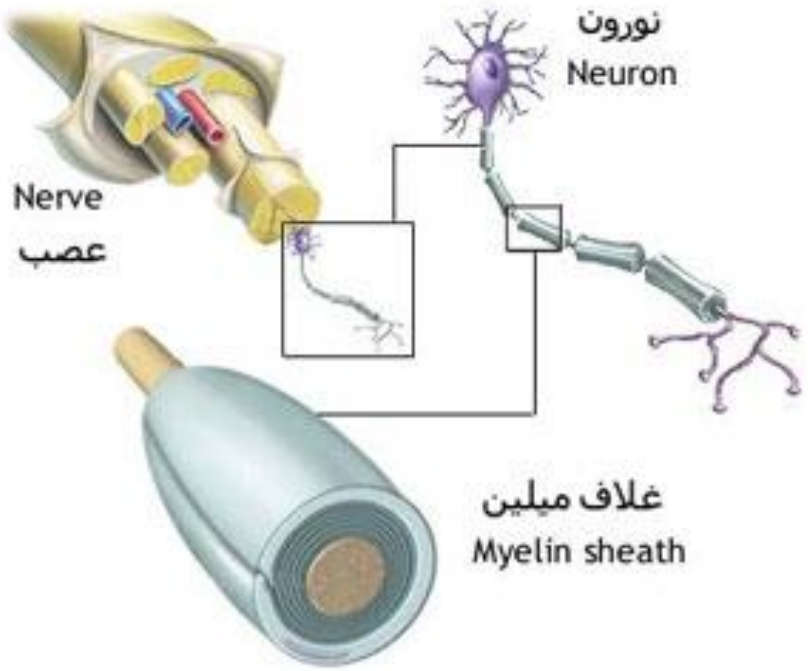
تصویر یک نورون

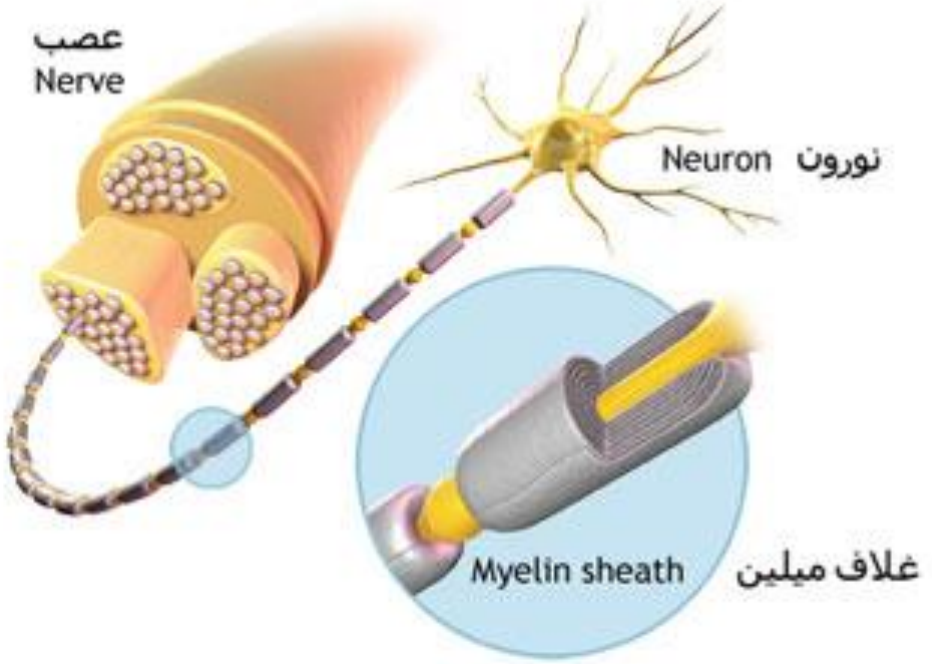


۱۳- هزاران و میلیون ها آکسون در کنار هم قرار می گیرند تا یک عصب را درست کنند.

۱٤- دورتادور هر آکسون را در طول مسیرش سلول هایی می پوشانند که به آنها سلول شوان Schwann cell می گویند. در هر یک میلیمتر طول هر آکسون حدود ده سلول شوان وجود دارد. این ها سلول های محافظ عصب هستند.

۱۵- این سلول های شوان صفحه هایی را درست میکنند که به آن میلین Myelin می گویند. میلین مانند یک چسب نواری که دور حلقه مرکزی پیچیده شده دور آکسون میپیچد و به همین خاطر به آن غلاف میلین هم می گویند. وظیفه سلول شوان و غلاف میلین محافظت از آکسون است.



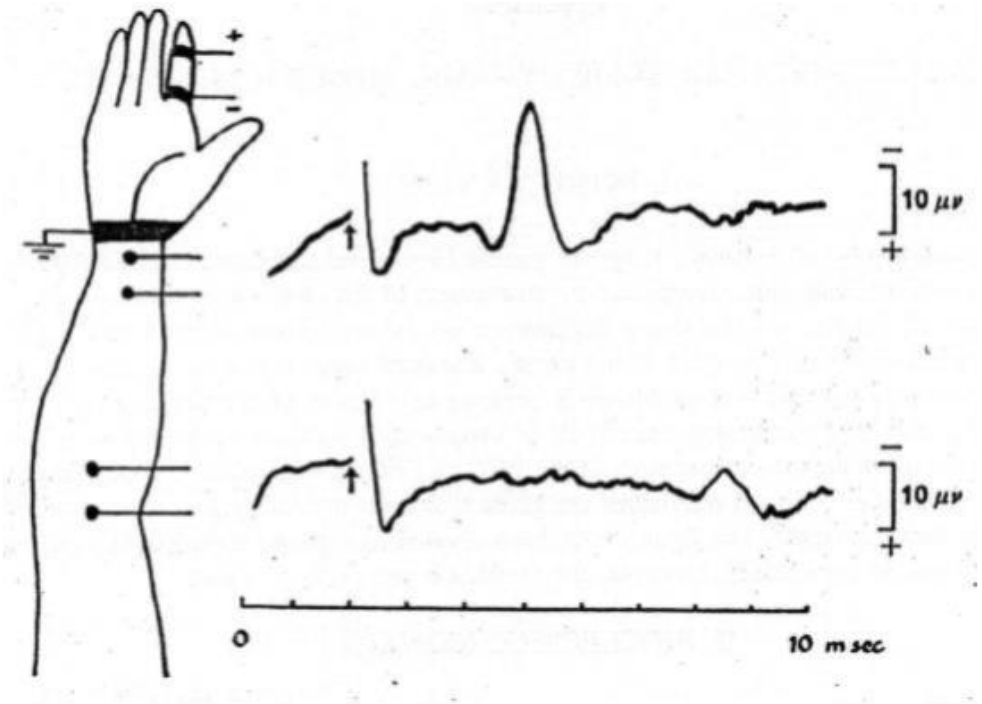


۱۶- میدان الکتریکی تولید شده توسط یک عصب می تواند بدون نفوذ درون غشاء یک تک سلول اندازه گیری گردد.

در این راستا می توان از یک الکترود سوزنی که به یک مجموعه ی عصب وارد می شود و یا حتی الکترودهای سطحی همچون (Ag-AgCl) که بر روی پوست قرار داده شده است استفاده کرد.

بطور کلی پتانسل ثبت شده جمع آثار پتانسیل های عمل مختلفی است که از رساناهای حجمی عبور می کنند.

جهت ثبت ENG یک قسمت از عصب را تحریک کرده و پاسخ آن را ثبت می کنند. نحوه ثبت ENG در عصب مدین (Median) در شکل نشان داده شده است. از ENG برای محاسبه و بررسی سرعت انتقال اطلاعات در اعصاب استفاده می شود.



تحریک و ثبت ENG از عصب مدین،

تحریک انگشت اشاره و ثبت در مچ و آرنج

۱۷- غشای سلولی بخش های درون سلولی و خارج سلولی را در سلول های عصبی و سایر سلول ها تقسیم می کند. Na^+، K^+، Cl^- و پروتئین هایی با بار منفی، و سایر گونه های باردار هم در نورون ها (داخل سلولی) و هم در محیط خارج سلولی وجود دارند که بارهای طبیعی انتقال داده در محیط سیال می باشند. بارهای منفی داخل سلولی و بارهای مثبت خارج سلولی یک resting potential در حدود ۷۰mV- ایجاد می نمایند. یعنی پتانسیل داخل سلول ۷۰ mV- است اگر پتانسیل خارج سلول صفر باشد.

قوانین فیزیکی موجود در یون های موجود در سلول های عصبی و گرادیان غلظت تجمع بارها:

چندین نیروی محرک وجود دارد که غلظت یونی و غلظت های درون سلولی و خارج سلولی را مشخص می کند:

۱- تمایل طبیعی برای یکنواخت بودن غلظت ها در همه جا وجود دارد، بنابراین هنگامی که گرادیان غلظت در سراسر غشای سلول ایجاد می شود، جریان هایی از یون ها از مناطق با غلظت بالاتر به مناطق با غلظت های پایین تر ایجاد می شود تا غلظت های درون سلولی و خارج سلولی یکسان شود. این ترابرد یون ها توسط قانون اول فیک در انتشار یون ها $J_{diff} = -D_{diff} dn/dx$ توضیح داده می شود.

J_{diff} شار یون‌ها در جهت x است (تعداد یون‌هایی که در واحد زمان در یک واحد سطح جریان دارند)، D_{diff} برابر است با ثابت انتشار یونی، n غلظت محلی یون ها و dn/dx گرادیان غلظت محلی آنها است.

۲- از آنجایی که پتانسیل در داخل سلول منفی است، انتظار داریم یون‌های مثبت وارد سلول شوند و در مایع درون سلولی غالب باشند و موجب تولید گرادیان‌های غلظت شوند. این برای K^+ صادق است اما برای Na^+ نه. به طور مشابه، ما انتظار داریم که یون های منفی به دلیل پتانسیل استراحت، سلول را ترک کنند و تعداد آنها در خارج از سلول بیشتر از داخل سلول باشد و مجدد بدلیل این جابجایی شیب غلظت وجود داشته باشد. این برای Cl^- صادق است، اما برای پروتئین های دارای بار منفی، که بخش عمده ای از یون های منفی متفرقه را تشکیل می دهند، صادق نیست. حال هنگامی که گونه های باردار در یک میدان الکتریکی درون سلولی قرار می گیرند، به دلیل برخوردهایی که به عنوان نیروی کششی (Drag Force) عمل می کنند، شتاب می گیرند و در نهایت به سرعت رانش حالت پایدار، Vdrift، می رسند. سرعت رانش یک یون عبارت است از:

$$\begin{cases} V_{drif}\,t = \mu E \quad ; \quad \mu \,\text{is Mobility} \\ J_{elect} = nV_{drif} = n\mu E \end{cases}$$

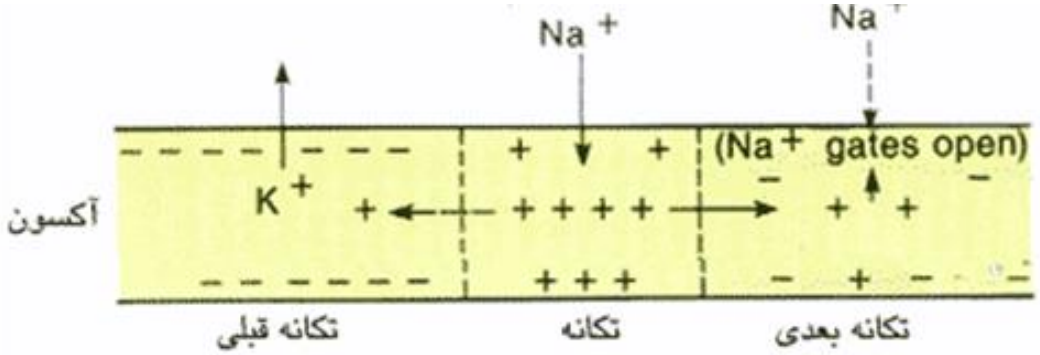
۳- نفوذپذیری غشای سلولی و فرآیندهای فعال باعث تولید گرادیان غلظت یون در دو طرف غشاء و انتشار و حرکت بارها در میدان های الکتریکی می شود. غشاهای سلولی نسبت به K^+ و Cl^- نفوذپذیر هستند. پروتئین ها هرگز به غشای سلولی نفوذ نمی کنند، به همین دلیل است که غلظت یون های پروتئین منفی به طور غیرمنتظره ای در داخل آن زیاد است.

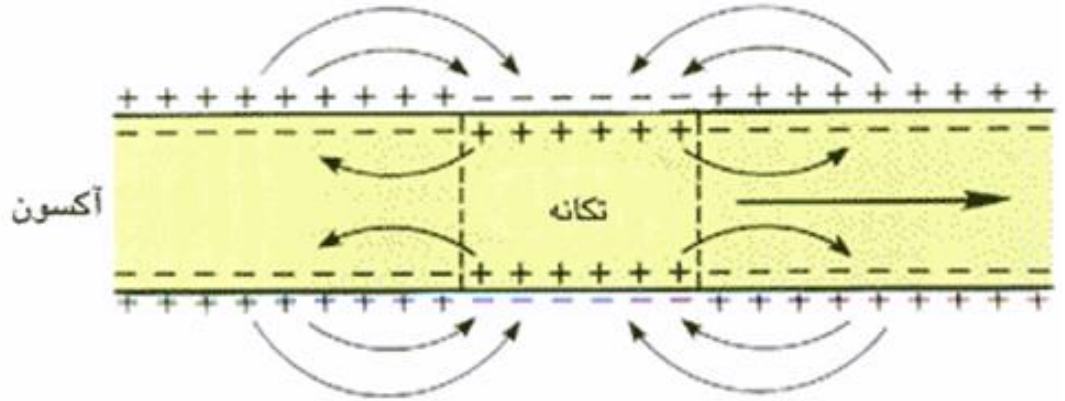
مکانیسم شیمیایی به نام پمپ Na^+ (Na^+–K^+ پمپ) به ازای هر $2K^+$ که از خارج به داخل سلول منتقل می‌کند، به طور فعال $3Na^+$ را از داخل به خارج سلول منتقل می‌کند. این فرآیند Na^+ را در خارج از سلول و K^+ را در داخل سلول نگه می‌دارد.

وقتی محرکی باعث دپلاریزه شدن نقطه‌ای از غشای آکسون شود، دریچه‌های حساس به ولتاژ باز می‌شوند و در آن نقطه از غشای آکسون پتانسیل عمل شکل می‌گیرد.

زمانی که ولتاژ غشا از ۷۰– به ۴۰+ میلی ولت می‌رسد ظرف هزارم ثانیه جریانی از Na^+ از طریق مجاری باز شده به درون سلول انتشار می‌یابد.

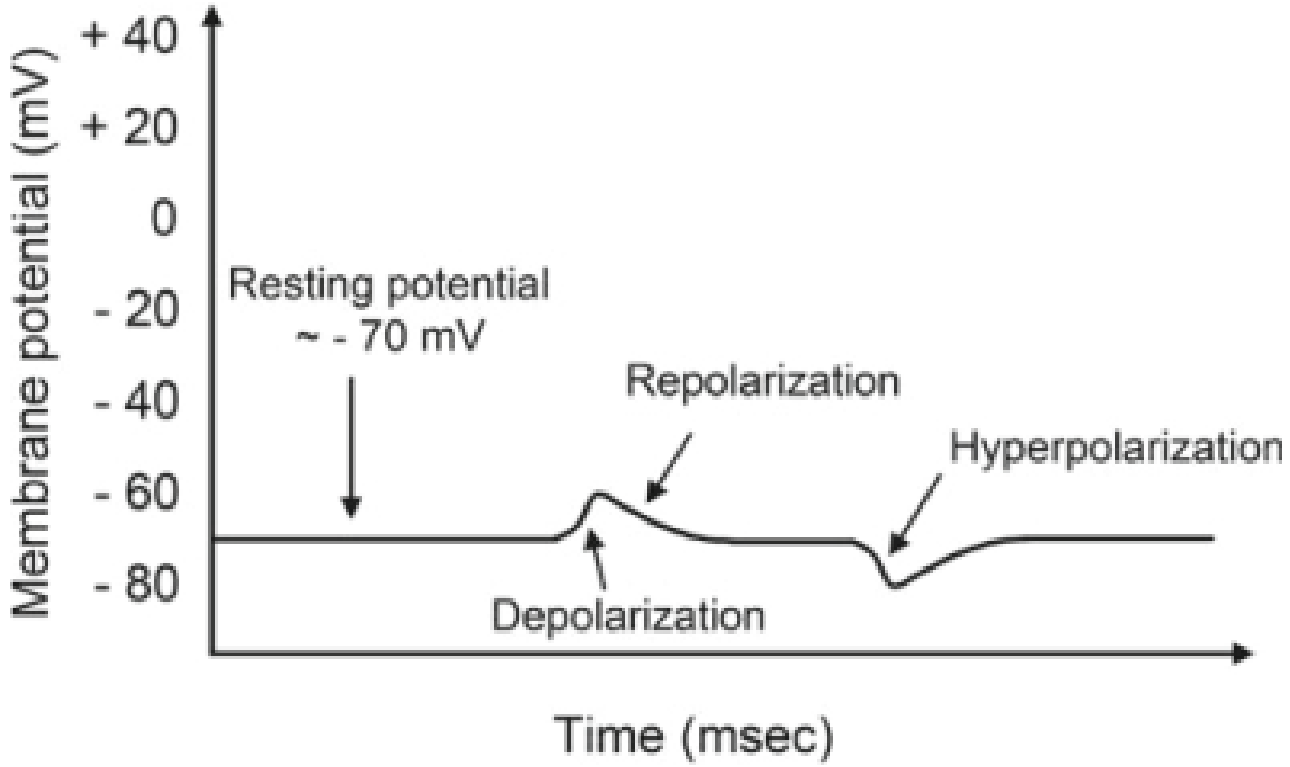
بنابراین، هر پتانسیل عمل، یون‌های مثبت Na را به درون آکسون تزریق می‌کند. این یون‌های سدیم دارای بار مثبت به ناحیه مجاور که هنوز پتانسیل غشای آن ۷۰– میلی ولت است، جا به جا می‌شوند و آن ناحیه از غشای آکسون را دپلاریزه می‌کنند. در واقع جابه‌جایی یون‌های Na^+ باعث تغییر ولتاژ ناحیه مجاو ر، باز شدن دریچه‌های مجاری Na^+ آن و تولید پتانسیل عمل دیگری می‌شود. بنابراین، هر پتانسل عمل به عنوان محرکی برای تولید پتانسیل عمل در ناحیه بعدی غشای آکسون عمل می‌کند.



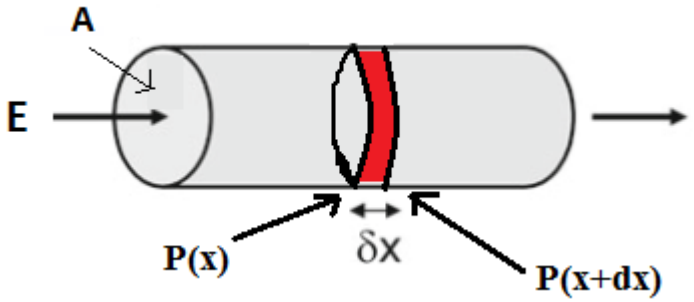


دپلاریزاسیون (−۷۰ mV → −۶۰ mV) به دلیل جریان خالص بارهای مثبت به داخل سلول یا بارهای منفی به مناطق خارج از سلول است.

هایپرپلاریزاسیون (−۷۰ mV → −۸۰ mV) به دلیل جریان خالص بارهای منفی به داخل سلول یا بارهای مثبت به خارج از سلول است. چنین تغییراتی در نفوذپذیری یون اغلب با عنوان «تغییرات در کانال یونی» نامگذاری می شود.



اصول فیزیکی توزیع یونی در سلول های عصبی و حسی:



در حالت تعادل جریان یونی در سیستم صفر است.

برای محاسبات شکل استوانه ای در نظر می گیریم:

(1) $J_{elect} + J_{drift} = 0$

(2) $J_{drift} = D_{drift}\frac{dn}{dx} = n\mu E$

(3) $F_{ions\ feel} = \underbrace{(nq)}_{\text{Total ions per unit volume}}(Adx)E$

(4) $\lim_{dx\to 0}\left[\frac{P(x+dx)-P(x)}{dx}\right] = \frac{dP}{dx}$

(5) $\Delta P = \frac{F_{ions\ feel}}{A}$

$\Big\} \frac{dP}{dx} = nqE$

با استفاده از قانون گاز ایده ال داریم:

$$\begin{cases} P = nk_BT \rightarrow \frac{dP}{dx} = k_BT\frac{dn}{dx} \\ \frac{dP}{dx} = nqE \end{cases} \Rightarrow k_BT\frac{dn}{dx} = nqE \Rightarrow \begin{cases} \frac{dn}{n} = \frac{qE}{k_BT}dx \\ \frac{dn}{dx} = \frac{qnE}{k_BT} \end{cases}$$

داریم:

$$\xrightarrow[J_{elect}=nV_{drif}=n\mu E]{J_{drift}=D_{drift}\frac{dn}{dx}} \begin{cases} J_{flux,+} = q(J_{drify,+} + J_{elect,+}) = -qD_{drift,+}\left(\frac{dn}{dx}\right) + qn\mu_{+}E \\ J_{flux,-} = -q(J_{drify,-} + J_{elect,-}) = qD_{drift,-}\left(\frac{dn}{dx}\right) + qn\mu_{-}E \end{cases} \xrightarrow{\text{Nernst-Planck Equation}}$$

$$J_{flux} = J_{flux,+} + J_{flux,-} = -q(D_{drift,+} - D_{drift,-})\left(\frac{dn}{dx}\right) + qn(\mu_{+} + \mu_{-})E \rightarrow$$

$$J_{flux} = qn(\mu_{+} + \mu_{-})\left[E - \frac{(D_{drift,+} - D_{drift,-})}{n(\mu_{+} + \mu_{-})}\frac{dn}{dx}\right] \xrightarrow{\text{When there is no net current flow}}$$

$$E = \frac{(D_{drift,+} - D_{drift,-})}{n(\mu_{+} + \mu_{-})}\frac{dn}{dx} \Rightarrow E == \frac{(D_{drift,+} - D_{drift,-})}{(\mu_{+} + \mu_{-})}\frac{d(Ln(n))}{dx}$$

$$\text{Voltage between two points is}: \Delta V = V_i - V_O = -\int_{\text{Outside}}^{\text{Inside}} E\,dx = -\frac{(D_{drift,+} - D_{drift,-})}{(\mu_{+} + \mu_{-})}\int_{\text{Outside}}^{\text{Inside}} \frac{d(Ln(n))}{dx}dx \rightarrow$$

$$\Delta V == -\frac{(D_{drift,+} - D_{drift,-})}{(\mu_{+} + \mu_{-})}Ln\left(\frac{n_i}{n_o}\right) \xrightarrow{\text{From Einstein Equation: } \mu = \frac{qD_{drift}}{k_B T}} \Delta V = -\frac{k_B T}{q}\frac{(\mu_{+} - \mu_{-})}{(\mu_{+} + \mu_{-})}Ln\left(\frac{n_i}{n_o}\right)$$

پروتئین ها و بارهای منفی هرگز به غشای سلولی نفوذ نمی کنند بنابراین داریم:

$$\xrightarrow[q=Ze]{\mu_{-}=0} \Delta V = -\frac{k_B T}{Ze} Ln\left(\frac{n_i}{n_o}\right) \rightarrow \frac{n_i}{n_o} = e^{\frac{-Ze(V_i - V_o)}{k_B T}} \rightarrow$$

$$\rightarrow \begin{cases} \boxed{n = n_\infty e^{\frac{-ZeV_{Local}}{k_B T}}} \\ \xrightarrow[V_{Nernst} \text{ for } Na^+ \text{ it is 61 mV, for } K^+ \text{ it is -91 mV, and for } Cl^- \text{ it is -70 mV.}]{\text{Nernst potential}\,(V_{Nernst})} \boxed{\left(\frac{n_i}{n_o}\right)_{Observed} = e^{\frac{-ZeV_{Nernst}}{k_B T}}} \end{cases}$$

همچنین اثر یون های مختلف در محاسبه پتانسیل با رابطه گلدمن بیان می شود:

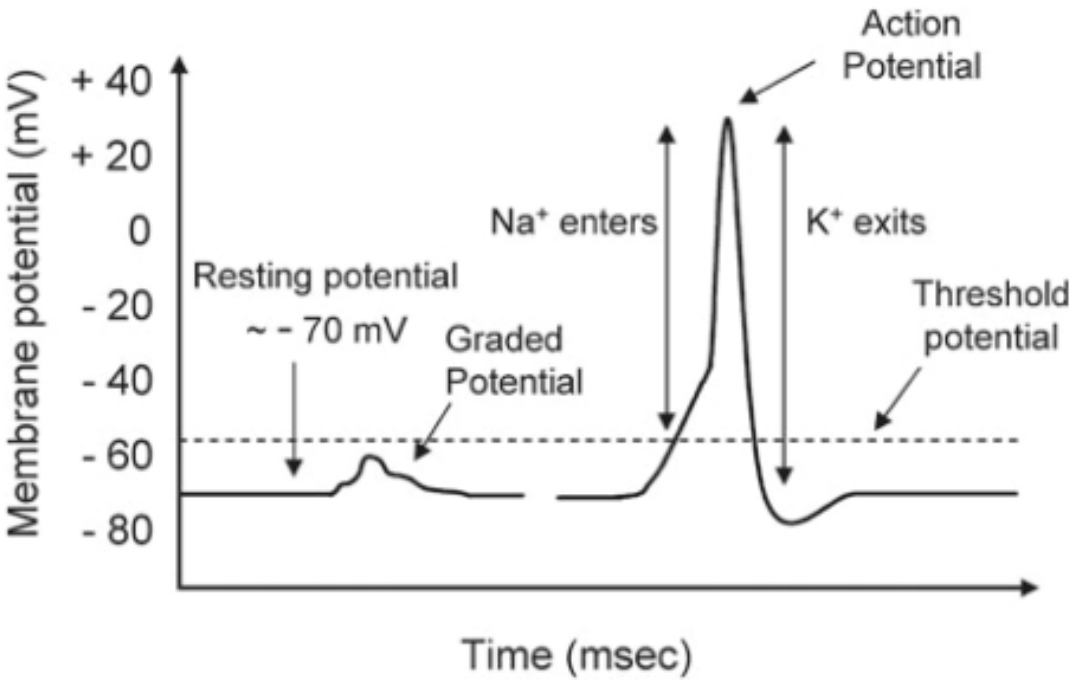
$$\text{The Goldman voltage equation}: \Delta V = -\frac{k_B T}{q} Ln\left(\frac{P_{Na} n_{Na,i} + P_K n_{K,i} + P_{Cl} n_{Cl,i}}{P_{Na} n_{Na,o} + P_K n_{K,o} + P_{Cl} n_{Cl,o}}\right)$$

نفوذپذیری غشا P است و عموما برای سلول های عصبی و حسی، نفوذپذیری غشا برای Cl- بسیار کوچک است و صرفنظر می شود. بنابراین داریم:

$$\Delta V = -\frac{k_B T}{q} Ln\left(\frac{P_{Na} n_{Na,i} + P_K n_{K,i}}{P_{Na} n_{Na,o} + P_K n_{K,o}}\right) \xrightarrow{\alpha = \frac{P_{Na}}{P_K} \approx 0.02} \boxed{\Delta V = -\frac{k_B T}{q} Ln\left(\frac{\alpha n_{Na,i} + n_{K,i}}{\alpha n_{Na,o} + n_{K,o}}\right)}$$

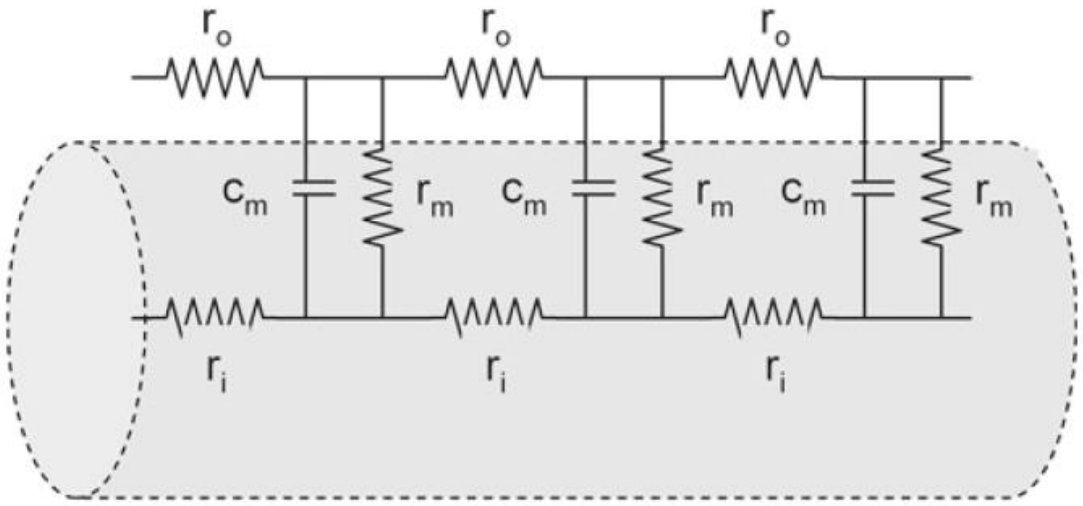
مقدار $\alpha=0.02$ نیاز به اختلاف پتانسیل ۷۵ mV- دارد که به $V_{Nernst} = -91$ mV برای K+ نزدیک است.

Type of Cell Membrane Excitations



The (subthreshold) graded potentials and (above threshold) action potentials

نمونه ای از مدل سازی رسانندگی الکتریکی در طول یک آکسون:



۳- الکتروانسفالوگرام (Electroencephalogram(EEG)) :

ثبت فعالیت های الکتریکی مغز را الکتروانسفالوگرافی می نامند. این سیگنال ها به طور وسیعی برای اهداف کلینیکی و تحقیقاتی استفاده می شود.

این سیگنال ها به سه طریق ثبت میشوند:

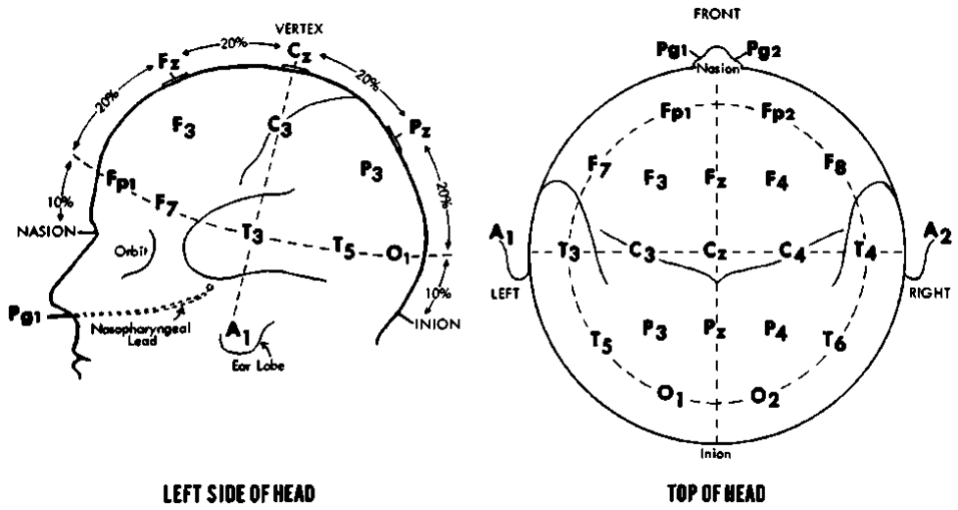
۱ . ثبت عمقی: به کمک ورود الکترودهای سوزنی به بافت نورونهای مغزی انجام می گردد.

۲ . ثبت سطحی: با قرارگیری الکترودها برروی سطح آشکار مغز ثبت می گردد.(دامنه ی بیشتر از ۱۰۰ میکروولت).

۳ . روش غیر تهاجمی: از روی سطح جمجمه و با الکترودهای سطحی صورت می گیرد. (دامنهی کمتر از ۱۰۰ میکروولت). قرارگیری الکترودهای ثبت این نوع از سیگنالهای EEG براساس استاندارد ۱۰-۲۰ همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است انجام می گیرد.

پهنای باند EEG از حدود DC تا ۱۰۰ هرتز میباشد به نحوی که بیشترین انرژی در محدودهی فرکانسی ۰/۵ تا ۶۰ هرتز قرارگرفته است.

محدوده ی دامنه ی این سیگنال نیز بین ۲ تا ۱۰۰ میکروولت است.



استاندارد ۱۰-۲۰

بررسی فعالیت های مغزی در دو مد مختلف انجام می گردد. ۱- مد اول که حاصل فعالیتهای خود به خود مغز است. ۲- مد دوم سیگنال تولید شده توسط مغز در نتیجه ی یک تحریک مشخص است که به این نوع از سیگنال های مغزی پتانسیل های (Evoked) می گویند.

بخش عمده ای از سیگنال های مغزی براساس پهنای باند به چهار اصلی تقسیم میگردند:

۱- امواج دلتا: امواجی بین ۰/۵ تا ۳/۵ هرتز که در نوزادان، خواب عمیق و در برخی از بیماری های مغزی مشاهده می گردد. مشاهده امواج دلتا در بزرگسالان غیر طبیعی است.

۲- امواج تتا: امواجی با فرکانس هایی بین ٤ تا ۷ هرتز که در نواحی گیجگاهی مغز و بیشتر در اطفال مشاهده می گردد البته در بزرگسالانی که دچار افسردگی هستند و یا تحت فشار روانی قراردارند نیز این نوع از سیگنال ها قابل ثبت است.

۳- امواج آلفا: امواجی در محدودی فرکانسی ۸ تا ۱۳ هرتز و ریتمیک هستند که در افراد طبیعی و در حالت هشیاری با چشمان بسته و در شرایط آرامش قابل ثبت است. این امواج بیشتر در ناحیه ی پس سری ثبت می گردد.

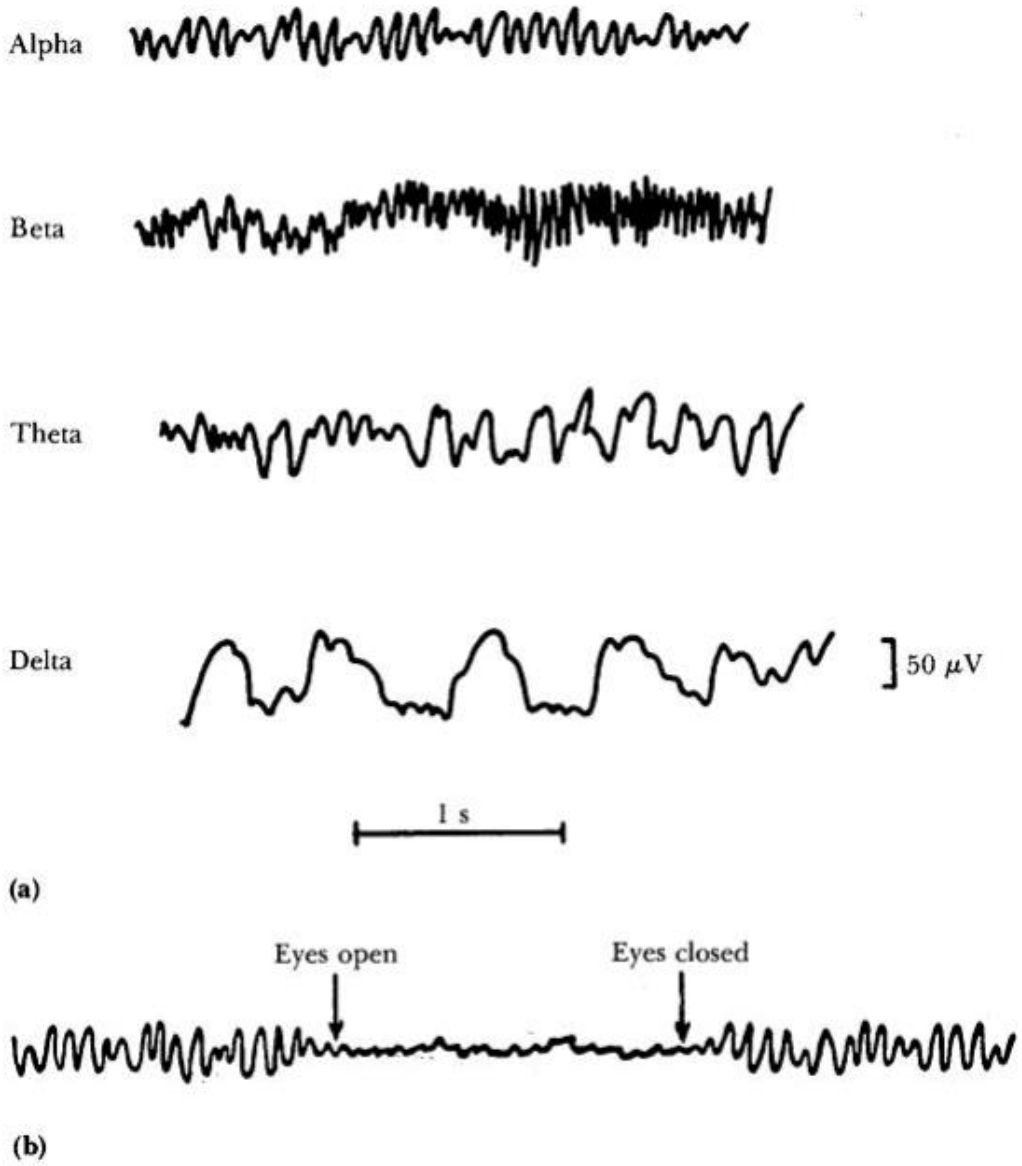
٤- امواج بتا: امواج بتا در فعالیت های شدید مغزی ایجاد شده و در نواحی پیشانی و آهیان های قابل ثبت هستند دارای فرکانس هایی از ۱٤ تا ۵۰ هرتز را شامل می شوند.این امواج به دو گونه ی بتا I و بتا II تقسیم می گردند. امواج بتا I معموال تا دارای فرکانسی تا دو برابر امواج آلفا هستند. امواج بتا II نیز در زمان فعالیت شدید سیستم اعصاب مرکزی و در شرایط فشار روحی ایجاد می گردد. در حقیقت با تولید نوعی از سیگنال بتا نوع دیگر از بین می رود.

EEG در کاربردهای متعددی مورد استفاده قرار می گیرد:

۱- برای بررسی و تشخیص اختالالت خواب، سرع و زوال عقل

۲- مرگ مغزی

۳- دروغ سنجی (Lie detection)



نمونه هایی از امواج اصلی مغزی (EEG).

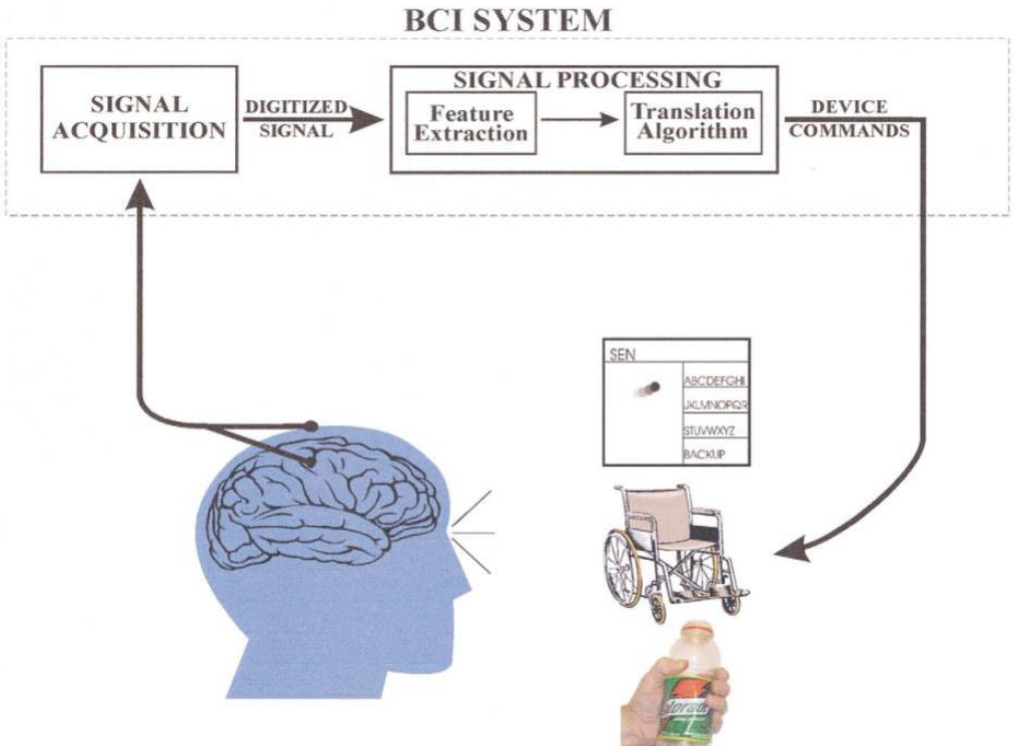
٤- واسط مغز-کامپیوتر (Brain computer interface (BCI)) :

واسط مغز-کامپیوتر سامانه ی ارتباطی است که در آن پیغام ها یا دستورات از شخص به دنیای بیرون راه می یابد بدون آنکه از مسیر طبیعی اعصاب عبور نماید.

روش های BCI به دو نوع وابسته و مستقل تقسیم می گردند:

۱- نوع وابسته ی BCI از بخش های دیگر بدن برای ارسال اطلاعات استفاده می شود. به عنوان مثال در یک BCI وابسته، جدولی از حروف به کاربر ارایه می شود و وی می تواند با چشمک زدن و نگاه مستقیم حرفی خاصی را انتخاب نماید.

۲- در روش غیروابسته به هیچ وجه از مسیرهای مغزی طبیعی استفاده نمی شود. به عنوان مثال در آزمون اشاره شده در بالا اطلاعات ابتدای کانال خروجی مغز استفاده می شوند.

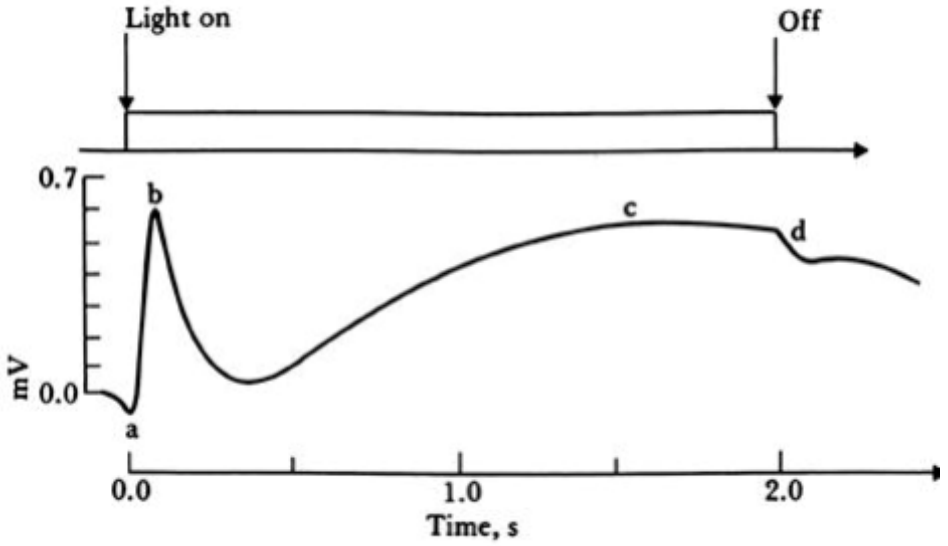


سیستم BCI

۵- الکترو رتینوگرام (Electroretinogram (ERG)) :

الکترو رتینوگرام پتانسیلی است که توسط شبکیه تولید می گردد. در این روش تحریک شبکیه به کمک یک پالس نوری صورت می گیرد. این پتانسیل در بررسی های آفتالمولوژی کاربرد دارد. در کاربردهای تحقیقاتی از میکروالکترودها و در کاربردهای کلینیکی از الکترودهای قرینه که در قالب لنزهایی شفاف ساخته شده اند برای ثبت استفاده می شود.

محدوده ی ولتاژ ERG بین ۰/۵ تا ۱ میکروولت در کاربردهای کلینیکی است و در کاربردهای تحقیقاتی که از الکترودهای سوزنی درون بافت استفاده شده است مقادیر بزرگتری را نیز شامل می شود.



some corneal ERG electrodes

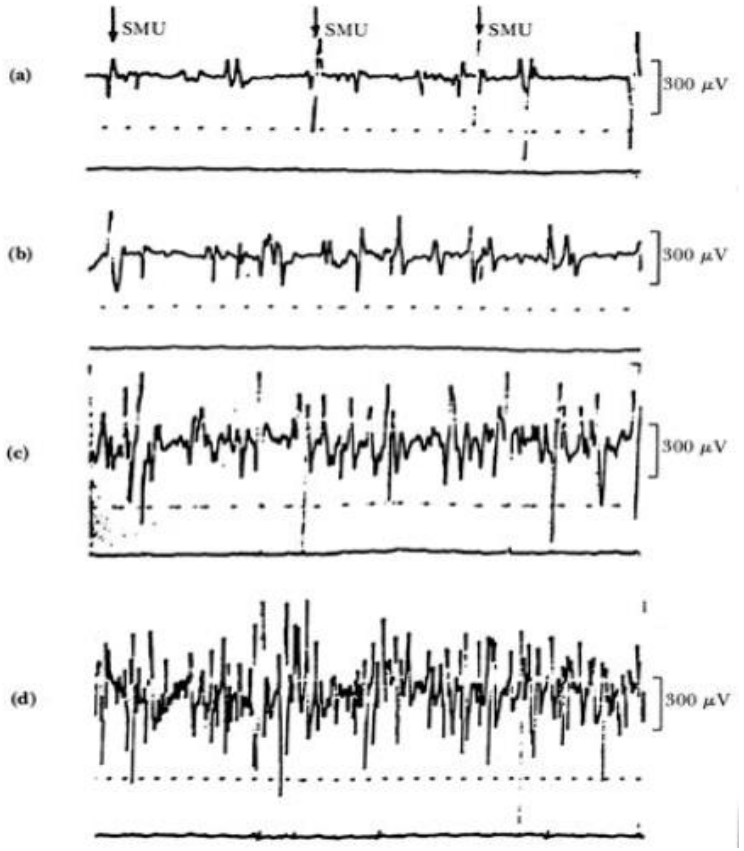
یک موج نمونه ERG و عوامل تولید بخش های موجود در آن

٦- الکترواکولوگرام (Electro-Oculogram(EOG)):

EOG ثبت پتانسیل شبکیه-قرنیه ای است. این پتانسیل برای اندازه گیری موقعیت چشم استفاده می شود. سیگنال با دو جفت الکترود که برروی راست و چپ یا بالا و پایین چشم قرار می گیرند، ثبت می گردد. وقتی کره چشم به سمت چپ و راست و یا بالا و پایین منحرف میشود قرنیه به سمت الکترودهای چپ و راست نزدیک می شود و در نتیجه خروجی EOG متناظر با آنها نیز تغییر میکند. سطح دامنه ی سیگنال در محدوده ی ۱۰ میکرو ولت تا ۵ میلی ولت بوده و پهنای باند سیگنال از DC تا ۱۰۰ هرتز را شامل می گردد.

٧- الکترومایوگرام (Electromyography (EMG)) :

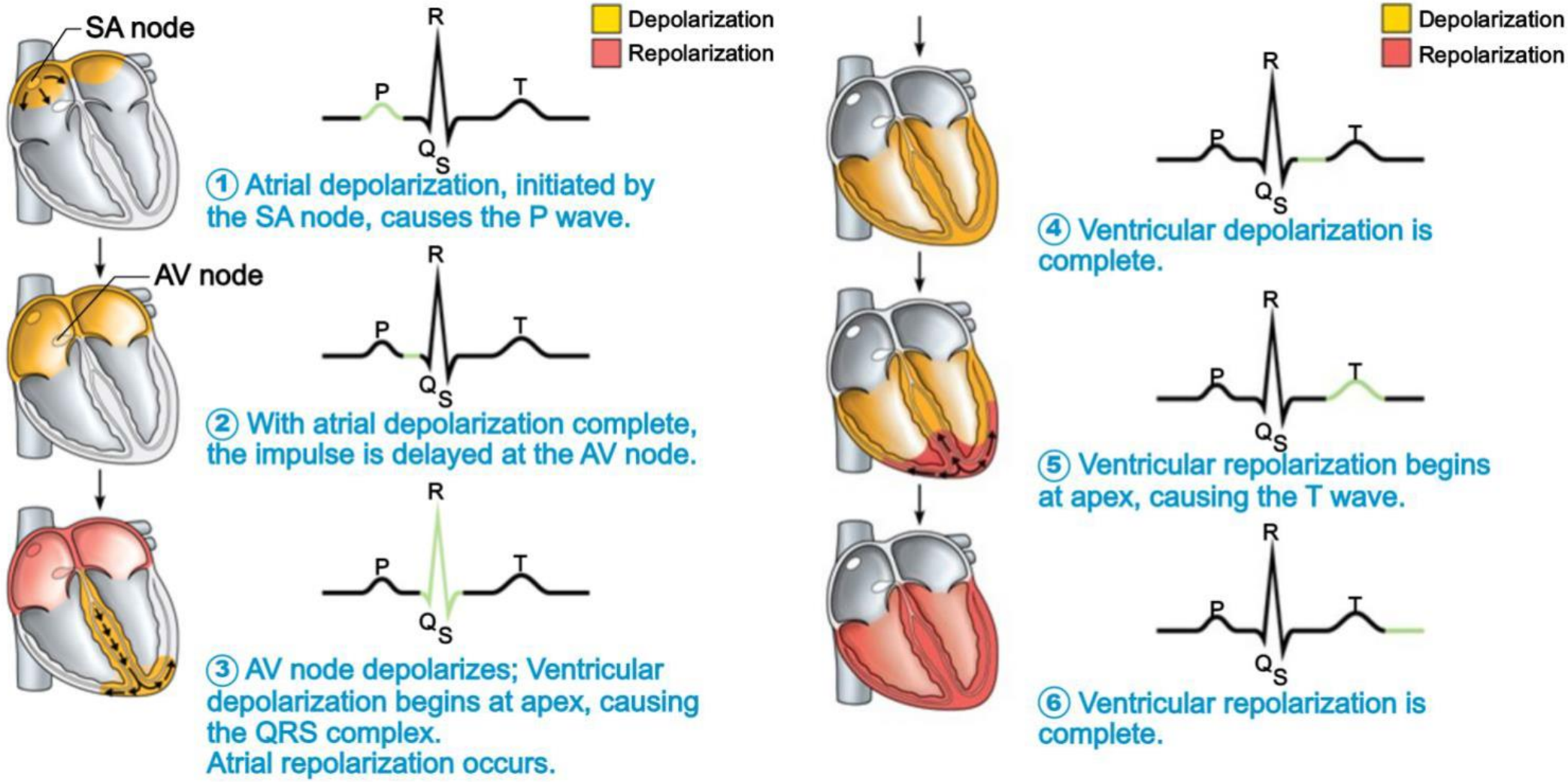
EMG ثبت فعالیت های انفباضی- الکتریکی ماهیچه است. این سیگنال را می توان با استفاده از الکترودهای سطحی که برروی پوست قرار می گیرد ثبت نمود. پتانسیل دریافتی از تحریک یک واحد حرکتی تا ۱۵ میلی ثانیه طول می کشد و دامنه ای بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ میکروولت و پهنای باند ٦ تا ۳۰ هرتز را شامل می شود. با افزایش شدت نیروی انقباضی، شکلی تداخلی از سیگنالهای واحدهای حرکتی متعدد به صورت جمع آثار فضایی- زمانی ثبت می گردد (شکل روبرو) که موجب شکل گیری الگوی تداخلی (EMG) می گردد.



۸- الکتروکاردیوگرام (Electrocardiography (ECG)):

الکتروکاردیوگرافی (ECG) ثبت فعالیت الکتریکی قلب است. این فعالیت الکتریکی با فعالیت مکانیکی قلب در ارتباط مستقیم است. از دیدگاه آناتومی، قلب دارای چهار حفره (دهلیز و بطن راست و دهلیز و بطن چپ) است که خون را به اندام و شش ها می رساند. عملکرد مکانیکی قلب منشا الکتریکی دارد. این فرآیند الکتریکی تکرار شونده است و موجب ارسال جریان الکتریکی در سرتاسر بدن می گردد. دوره ی الکتریکی قلب از گره سینوسی (Sino Atria (SA)) که مجموعه رشته های عصبی قرار گرفته برروی دهلیز راست است، آغاز می گردد. این مجموعه رشته ها همانند یک نوسان ساز عمل می کنند. این گره است که قلب را تحریک می کند. گره سینوسی موجب انقباض دهلیزها می گردد و سیگنال ECG تولید می کند (۶۰-۸۰ میلی ثانیه و ۰/۲-۰/۳ میلی ولت).

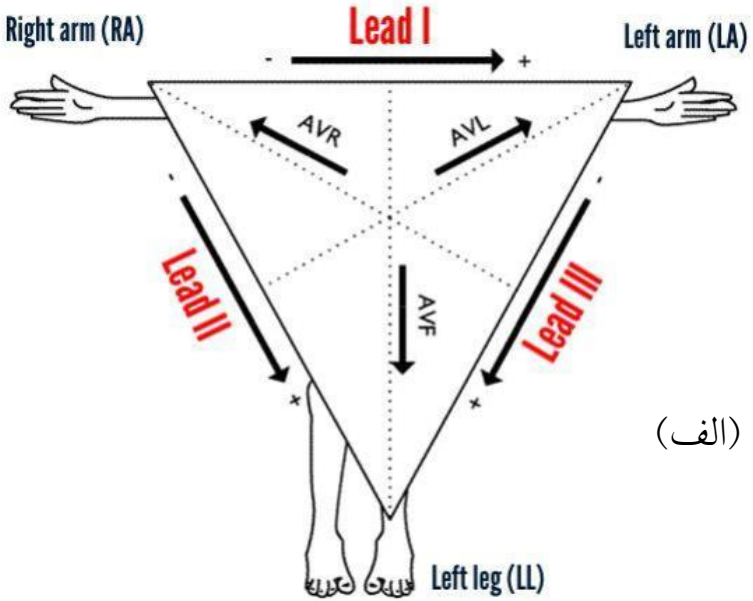
پالس های تحریک از طریق فیبرهای هدایت درون دهلیز به گره دهلیزی-بطنی(Atria-Ventricular (AV)) می رسد که این گره کنترل کننده ی پالس های انتقالی بین دهلیز و بطن است. یک سامانه ی هدایتی ویژه، پالس ها را به بخش های پایینی و خارجی بطن ها منتقل می نماید. انقباض بطن ها موجب پمپاژ خون در بدن شده و کمپلکس QRS را در موج ECG تولید می کند (۸۰ میلی ثانیه در حدود ۱ میلی ولت). در حدود ۱۵۰ میلی ثانیه بعد بطن ها موج T را تولید می نمایند (۱۲۰-۱۶۰ میلی ثانیه و ۰/۳-۰/۲ میلی ولت). این سیگنال TA نامیده می شود. مجموعه ی موج سیگنال ECG در بررسی های کلینیکی پهنای باند ۱۰۰-۰/۰۵ هرتز و در بررسی های تشخیص تا ۲۵۰ یا ۵۰۰ هرتز می تواند افزایش یابد.



سیگنال ECG و نقش هریک از بخش های قلب در تولید این سیگنال.

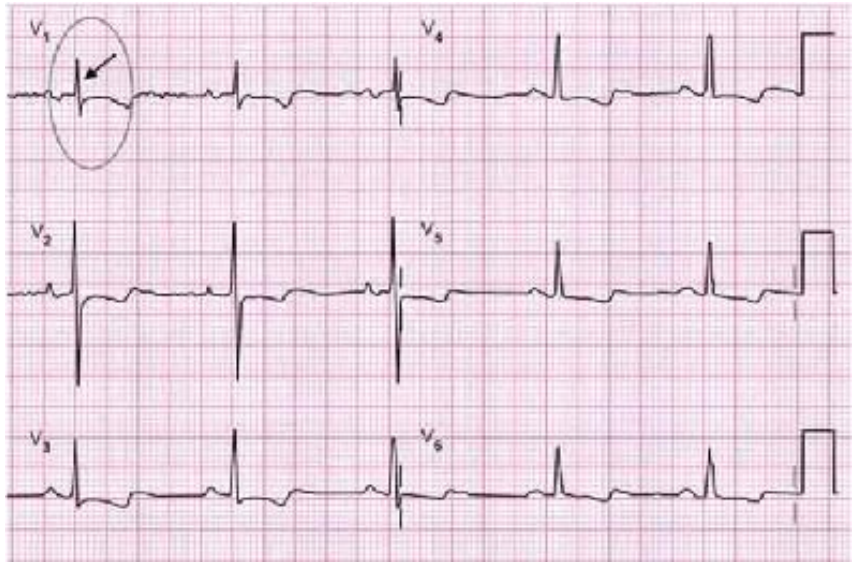
در ثبت سیگنال های قلبی از لیدها (Lead) استفاده می شود. هر لید حاوی اطلاعات ویژهای است که در لیدهای دیگر نیست.

٦ لید استاندارد عبارتند از ثبت های دوقطبی(bipolar: I-II-III) و لیدهای اضافی (Augmented) و تک قطبی(Unipolar:AVR-AVF- AVL) و ٦ لید سینه ای (Pericordial or chest leads) عبارتند از V1 ... ،V2و V6 که به صورت تک قطبی و نسبت به گره ویلسون ثبت می گردند. این چیدمان ثبت سیگنال های قلبی بر مبنای مثلث آیندهوفن (Einthoven) است.

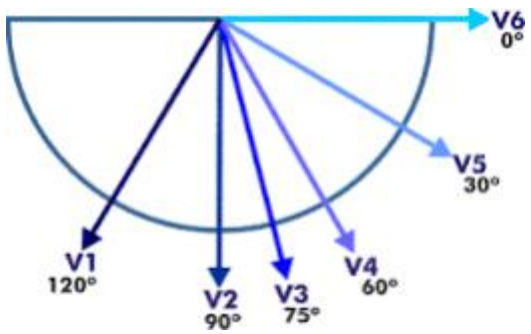


(الف)

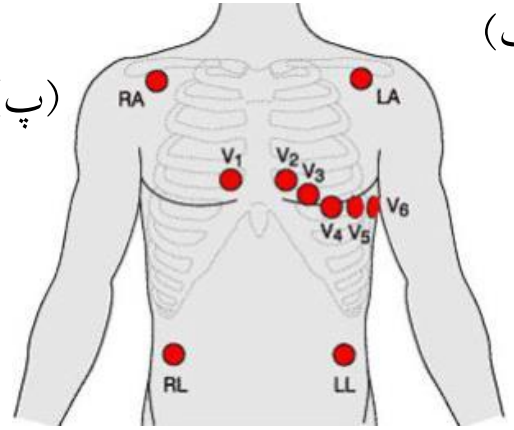
(د)



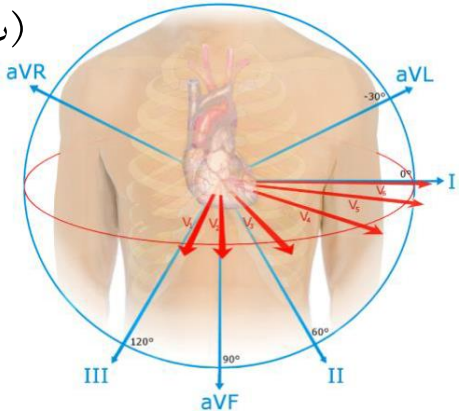
(ج)



(پ)



(ب)



(الف) مثلث آیندهوفن، (ب–ج) محل و زاویه ی قرارگیری الکترودهای ۱۲ لید ECG، و (د) نمونه ای از نوار قلبی.

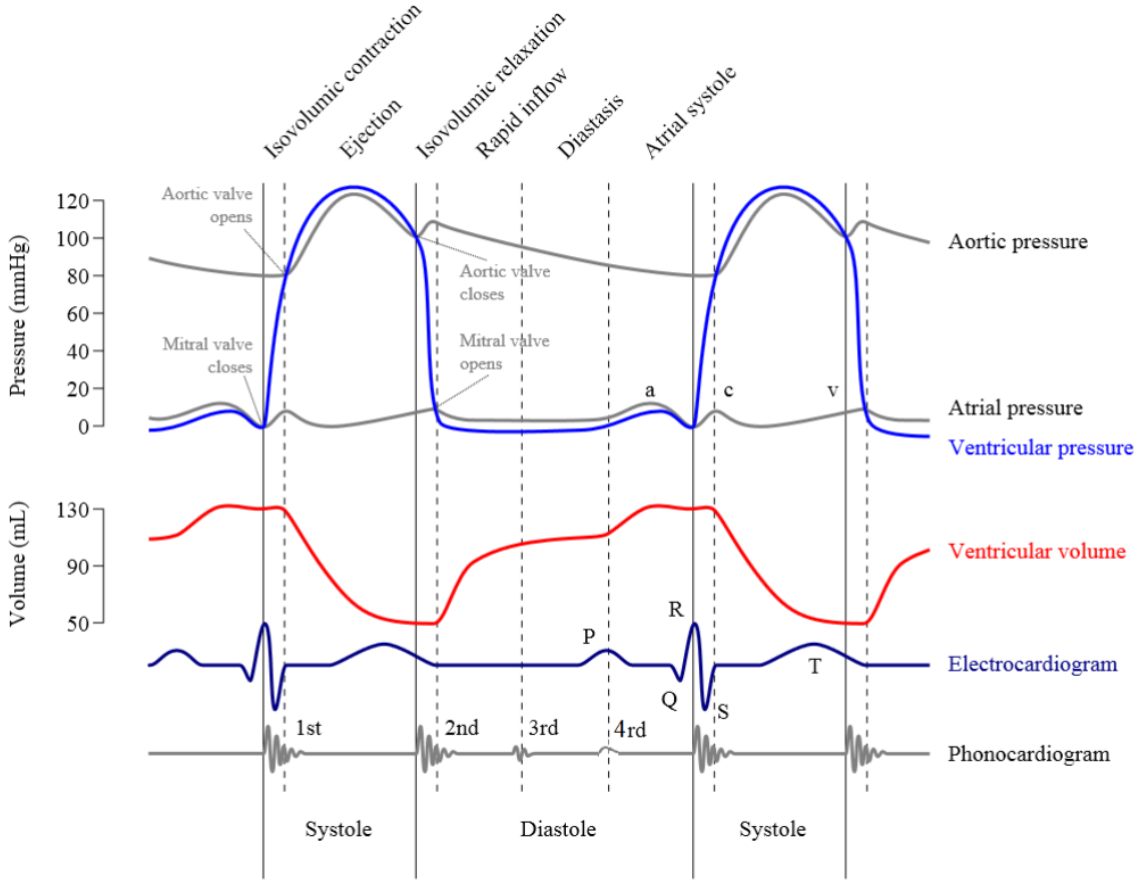
۹- الکتروگاستروگرام (Electrogastrogram (EGG)) :

معده همانند قلب در قالب یک ضربان ساز زنجیرهای از پتانسیل های الکتریکی را تولید میکند. پتانسیل های متناوب درون فیبرهای ماهیچه ای صاف انتقال می یابد موجب یک حرکت مکانیکی آرام و ریتمیکی می گردد (در حدود ۰/۰۵ هرتز). این حرکات مسئول مخلوط کردن، خرد کردن و حرکت به جلوی غذای هضم شده است. پتانسیل های تولید شده توسط معده به وسیله ی الکترودهای سطحی ثبت می گردد.

سیگال های آکوستیک

۱۰-۱- فونوکاردیوگرافی (Phonocardiography (PCG)):

فونوکاردیوگرافی ثبت صداهای تولید شده توسط قلب و دریچه های اصلی قلب است. سیگنال PCG را میتوان به وسیله میکروفون های داخلی که به درون قبل و دریچه ها وارد می شود به صورت تهاجمی و همچنین به صورت غیرتهاجمی به وسیله ی قراردادن میکروفون بر روی سطح بدن ثبت کرد. نمونه ای از این سیگنال های آکوستیکی و صداهای در شکل نشان داده شد است.



نمودارهای فشار تغییرات دریچه ها و نمودار الکتروکاردیوگرام و فونوکاردیوگرام متناظر

۱۰-۲- سیگنال های گوشی (Auscultation):

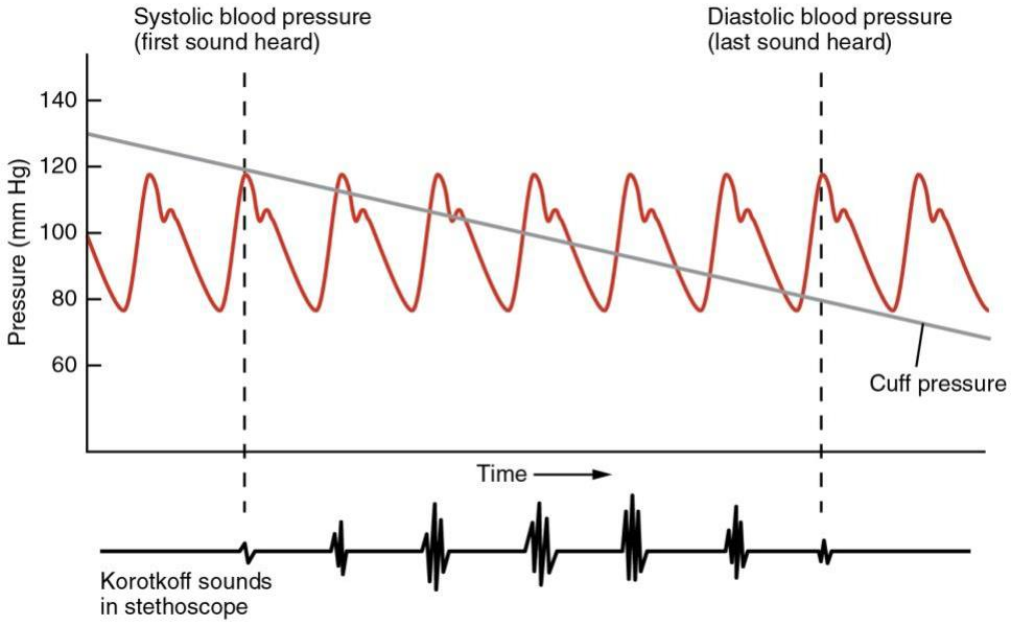
پایش صداهای قلبی از روی ریواره قلبی را سیگنال های گوشی می نامند.

۱۰-۳- صداهای گفتاری (Voice or Speech):

صداهایی که از با عبور هوا از تارهای صوتی تولید ایجاد می گردد.

۱۰-٤-صداهای کوروتکوف (Korotkoff Sounds):

یکی از روش های اندازه گیری غیرمستقیم به کمک ابزار اسفیگومانومتر و گوشی پزشکی انجام می شود. در این روش از بررسی صداهای کوروتکوف برای تشخیص باز و بسته بودن مسیر عبور خون استفاده می گردد.



صداهای کوروتکوف و اندازه گیری فشار.

۱۱- سیگنال های بیومغناطیسی

عمده سیگنال های بیومغناطیسی موجود عبارتند از:

۱۱-۱- مگنتوانسفالوگرافی (Magnetoencephalography (MEG)):

ثبت تغییرات میدان مغناطیسی تولید شده توسط مغز است. سیگنال های MEG دارای اطلاعات بیشتری در مقایسه با EEG است.

۱۱-۲- مگنتوکاردیوگرافی (Magnetocardiography (MCG)):

ثبت تغییرات میدان مغناطیسی تولید شده توسط قلب است.

۱۱-۳- مگنتوپنوموگرافی (Magnetopneumography (MPG)):

پایش میدانهای مغناطیسی موجود در اطراف شش ها است.

ویژگی روش های بیومغناطیس عدم نیاز به تماس با پوست و بدن برای ثبت سیگنال های مغناطیسی مورد نظر است.

۱۳- سیگنال های بیوشیمیایی:

اندازه گیری گازهای خونی و pH است که برای اندازه گیری فشار جزیی اکسیژن ، گاز کربنیک و غلظت یون های هیدروژن استفاده می شود.

۱٤- سیگنال های بیواپتیک:

سیگنال های بیواپتیکی حاصل از اندازه گیری ها و طیف سنجی های مبتنی بر ویژگی ها و اندازه گیری های اپتیکی بافت و یا مواد بیولوژیکی است.

انواع لومینیسانس:

۱- **شیمی لومینسانس** (Chemiluminescence): نشر نور در نتیجه انجام یک واکنش شیمیایی است.

۲- **بیولومینسانس** (Bioluminescence): یکی از انواع شیمی لومینسانس است که در آن تولید نور توسط واکنش شیمیایی ارگانیسم های زنده صورت می گیرد. دو ترکیب شیمیایی به نام های لوسیفرین (luciferin) که یک رنگدانه می باشد و لوسیفراز (luciferase) که یک آنزیم است، در این فرایند دخیل هستند. واکنش لوسیفرین با اکسیژن توسط لوسیفراز کاتالیز شده و در نهایت منجر به تولید نور می گردد.

۳- **الکترولومینسانس** (Electroluminescence): بازترکیب ناگهانی الکترون و حفره در جامداتی مثل ترکیبات نیمه هادی میدان الکتریکی بزرگ و تولید و انتشار نور را موجب می شود.

٤- **کاتدولومینسانس** (Cathodoluminescence): در نتیجه برخورد اشعه کاتدی (پرتو الکترونی تولید شده به وسیله تفنگ الکترونی) به مواد لومینسانس کننده (که اصطلاحا به ان ها Phosphor گفته می شود) در حالت جامد صورت می گیرد. الکترون های پرانرژی در این حالت همانند یک منبع انرژی عمل کرده و موجب تحریک از طریق انتقالات الکترونی و در نتیجه انتشار فوتون می گردند. باز ترکیب زوج الکترون–حفره تولید فوتون نور می کند.

۵- **الکتروشیمی لومینسانس**(Electrochemiluminescence): واکنش های الکتروشیمیایی (اکسایش/کاهش ناهمگن) با انرژی زیاد موجب تابش نور می شوند.

٦- **تریبولومینسانس** (Triboluminescence): نشر نور در نتیجه اعمال تنش مکانیکی (Mechanical Stress) در ترکیبات کریستالی می باشد.

۷- **سونولومینسانس** (Sonoluminescence): منبع تحریک، امواج ماورای صوت است.

۸- **فوتولومینسانس** (Photoluminescence): یکی از معروف ترین انواع لومینسانس است که در آن تحریک به وسیله فوتون ها صورت می گیرد.

مطالعه آزاد

"Many biofluorescent fishes have yellow filters in their eyes, possibly allowing them to see otherwise hidden fluorescent displays…."

مطالعه آزاد