تاسیسات الکتریکی (هدایتی)

جلسه ۱

آکوستیک در معماری

- صدای خواسته: صدای که باید به طور مطلوب شنیده شود ← مبحث آکوستیک داخلی

- صدای ناخواسته: صدای که باید تا حد امکان و میزان مطلوب کاهش داد.

← مبحث نویز کنترل و یا کنترل نوفه

مبانی صدا ← کنترل صداهای خواسته و ناخواسته به علاوه‌ی انتشار صدا در فضای باز

هر خانه یا ساختمانی باید حریم صوتی داشته باشد همانند حریمی که از اتوبان‌ها برای ساخت و ساز وجود دارد.

تعریف فیزیکی صدا ← امواج مکانیکی طولی که در جامدات، مایعات و گازها منتشر می‌شود.

گستره‌ی شنوایی انسان بین ۲۰ HZ تا ۲۰ KHZ / بعضی منابع ۱۲ HZ تا ۱۲ KHZ

تعریف فیزیک - روانی صدا ← امواجی که گوش انسان را تحریک کند / امواج قابل شنیدن از طریق گوش

توان صوتی ← مقدار انرژی صوتی که توسط منبع تولید می‌شود - واحد آن W (وات) است ← وات آکوستیکی است.

شدت صوتی ← مقدار توان صوتی که از واحد سطح می‌گذرد ← W/m^2

فشار صدا ← تغییرات فشار در یک فرایند که در آن تعادل به هم می‌خورد / فشار موجود در شرایط عادی 10^5 pa ← N/m^2

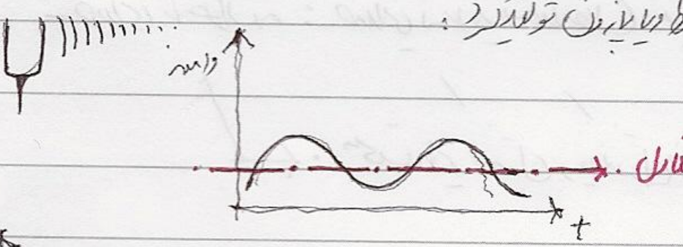
انواع صداها

. صداهایی که به گوش خوش می‌آید

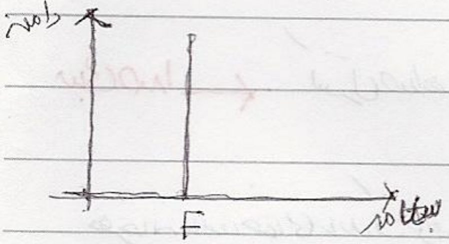
۱. نغمه ناب ← . ساده‌ترین نوع صدا ← . به شکل موج سینوسی

← . صوتی است که تنها از یک بسامد تشکیل شده باشد و در طبیعت به ندرت یافت می‌شود.

می‌توان آن را توسط دیاپازون تولید کرد:



• نزدیک‌ترین صدا به نغمه ناب، سوت است



۲. نغمه

۳. نوفه (Noise)

بسامد ← . تعداد نوسانات در یک ثانیه (F)

زمان تناوب ← . مدت زمان لازم برای یک تناوب (رفت و برگشت) کامل

طول موج ← . مسافتی که موج در یک پریود زمانی طی می‌کند و یا فاصله‌ی بین دو قله‌ی موج

سرعت انتشار صوت ← . به محیط انتشار بستگی دارد. به دمای هوا نیز وابسته است:

$$\underset{\text{سرعت صوت}}{C} = ۳۳۱ + ۰/۶\,\underset{\text{دمای محیط}}{T}$$

$$\lambda = \frac{C}{\underset{\text{فرکانس}}{F}} = \underset{\text{سرعت صوت}}{C}\,\underset{\text{زمان دوره تناوب}}{T}$$

دامنه ← . به فاصله‌ای اطلاق می‌شود که ذره نوسان کننده از موضع تعادل خود دارد.

- . لحظه‌ای ← . دامنه‌ای که موج در هر لحظه دارد
- . Pick , max ← . دامنه‌ی قله
- موثر ← ریشه‌ی معدل مربع دامنه‌های لحظه‌ای را گویند:

x ← دامنه لحظه‌ای

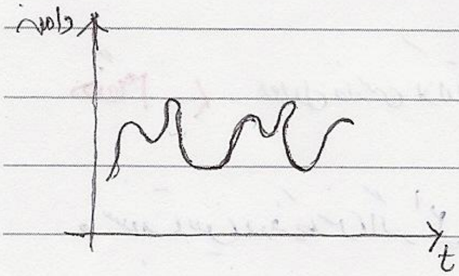
$$\Rightarrow \text{دامنه موثر} = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \cdots x_n^2}{n}}$$

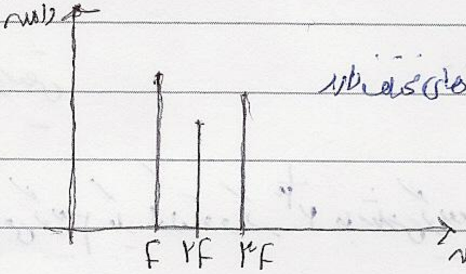
شکل موج ← . دامنه در هر لحظه از زمان را نشان می‌دهد.

بیناب یا طیف ← . توزیع انرژی در بسامدهای مختلف

۲. نغمه ← . صدایی که از یک بسامد پایه و هارمونیک‌هایش تشکیل شده باشد

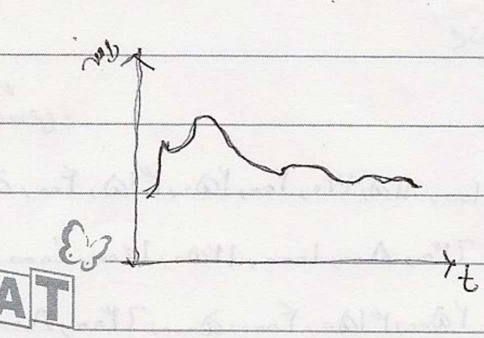
- . به گوش انسان خوش می‌آید
- . شکل غیر سینوسی، اما الگوی تکرار شونده در هر پریود دارد.

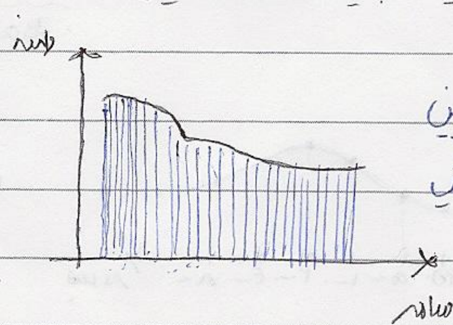




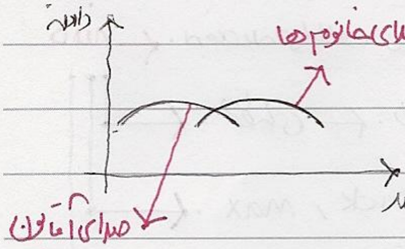
- در بسامدهای مختلف، دامنه‌های مختلف دارد

۳. نوفه ← . صدایی که ما بین بسامدهای تشکیل دهنده‌اش رابطه‌ای وجود ندارد.





- در نوفه، بسامد پایه خیلی پایین است و هارمونیک‌هایش نزدیک به هم، به همین دلیل خطی پیوسته را تشکیل می‌دهند



- بسامدهای بم طول موج بیشتر و بسامد کمتری دارند.
- بسامدهای زیر طول موج کمتر و بسامدهای بیشتری دارند.

- بسامدهای زیر بین ۲۰۰۰ و ۲۰,۰۰۰ هرتز
- بسامدهای متوسط بین ۲۰۰ تا ۲۰۰۰ هرتز
- بسامدهای بم بین ۲۰ تا ۲۰۰ هرتز.

تجزیه و تحلیل صدا

به دو صورت:

۱. فیزیکی: همان سنجش ذهنی ما

۲. به وسیله‌ی فیلترهای صوتی ← یک هنگامی و ۱/۳ هنگامی

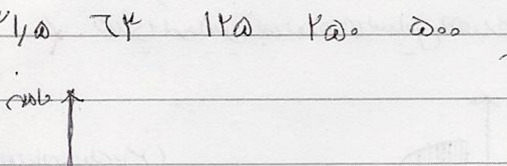
هنگام ← معادل فارسی اوکتاو در موسیقی.

- نسبت بین دو فرکانس اگر $\underline{2^1}$ باشد می‌گوییم یک اوکتاو و اگر $2^{\frac{1}{3}}$ باشد می‌گوییم ۱/۳ اوکتاو

یک هنگامی:

۱۶ ۳۱٫۵ ۶۳ ۱۲۵ ۲۵۰ ۵۰۰ ۱۰۰۰ ۲۰۰۰ ۴۰۰۰ ۸۰۰۰ ۱۶۰۰۰

Base



۱/۳ هنگامی:

۱۰۰، ۱۲۵، ۱۶۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۱۵، ۴۰۰، ۵۰۰،
۶۳۰، ۸۰۰، ۱۰۰۰، ۱۲۵۰، ۱۶۰۰، ۲۰۰۰،
۲۵۰۰، ۳۱۵۰، ۴۰۰۰، ۵۰۰۰، ۶۳۰۰، ۸۰۰۰

در کارهای ساختمانی و معماری :

۱ هنگامی → ۶۳ _ ۸۰۰۰

آزمایش‌های قدیمی → ۱۲۵ — ۲۰۰۰
→ ۱۰۰ _ ۳۱۵۰

۱/۳ هنگامی → ۵۰ _ ۵۰۰۰

؟ فرق فیلترهای ۱ و ۱/۳ اکتاوی چیست؟

• حوزه شنوایی انسان چند اکتاو است؟ حدوداً ۱۰ اکتاو

$\frac{20,000}{20} = \boxed{1000} = 2^{10}$

تراز

تراز صدای کلاس در شرایطی که کسی صحبت نمی‌کند باید :

$L_{PAeqT} = 35.\ dB$

K فشار

شاخص نشان دهنده صدا بندی

تراز شاخص لگاریتمی است ← واحد آن دسی‌بل (dB)

سه تراز نسبت یک فراسنج به حد مخصوصی از همان فراسنج. این نسبت را با لگاریتم نشان می‌دهند.

$\underbrace{\text{فراسنج}}_{I}$ پارامتر

تراز شدت صدا ← $L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}$

I_0 ← شدت صوت مبنا

$I = \frac{P^2}{\rho \cdot C}$

P ← فشار صدا

ρ ← چگالی

C ← سرعت صوت

$\rho \cdot C$ ← امپدانس آکوستیکی

آستانه شدت شنوایی $= I_0 = 10^{-12}\ W/m^2$

تراز فشار صدا ← $L_P = 20 \lg \frac{P}{P_0}$

P_0 ← فشار آستانه شنوایی

فشار آستانه شنوایی $= P_0 = 2\times10^{-5}\ N/m^2$

۳

• تراز آستانه شنوایی با توجه به شدت و فشار چند دسی بل است؟

$$L_I = 10 \lg \frac{10^{-12}}{10^{-12}} = 0$$

$$L_P = 20 \lg \frac{10^{-5}}{10^{-5}} = 0$$

$$\boxed{\begin{array}{l} \lg 1 = 0 \quad \lg 10 = 1 \quad \lg 2 = 0.3 \\ \lg 10^n = n \quad \lg x^n = n \lg x \\ \lg A \cdot B = \lg A + \lg B \\ \lg A/B = \lg A - \lg B \end{array}}$$

آستانه دردناکی → • $I = 1 \ W/m^2$

$P = 20 \ N/m^2$

تراز صدای آستانه دردناکی :

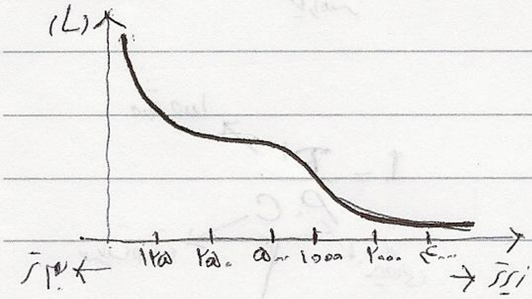
$$L_I = 10 \lg 10^{12} = 120$$

$$L_P = 20 \lg 2^6 = 120$$

دلیل استفاده از شاخص لگاریتم ← • چون گوش ما لگاریتمی می‌شنود یعنی با دو برابر شدن شدت صدا،

گوش ما دو برابر می‌شنود.

نمودار آستانه شنوایی



میانگین نمودارهای شنوایی افرادی که شنوایی آن‌ها مشکلی نداشته.

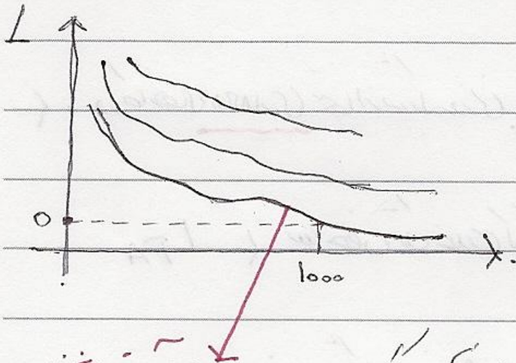
← • با توجه به نمودار آستانه شنوایی گوش انسان بسامدهای بم را [illegible] که تضعیف می‌کند

و بسامدهای زیر را تقویت می‌کند (تا ۴۰۰۰ هرتز)

← حساس‌ترین نقطه گوش انسان بین ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ هرتز است.

← یعنی ما برای اینکه بسامدهای بم را به اندازه‌ی بسامدهای زیر بشنویم، باید انرژی بیشتری مصرف کنیم.

نمودارهای هم‌تراز شنوایی یا نمودارهای ایزوفون (یا نمودارهای هم‌تراز بلندی)



نمودار آستانه شنوایی صفر فو

نمودارهایی هستند که بلندی آن‌ها در بسامدها و ترازهای مختلف یکسان است.

مقیاس این نمودارها "فون" نام دارد.

که در تراز ۱۰۰۰ هرتز، نمودار هر ترازی که دارد، نمودار همان نام را می‌گیرد.

← نمودار هم‌تراز شنوایی ۴۰phone را باید از روی جدول نموداری که در بسامد ۱۰۰۰ هرتز، ۴۰dB بلندی داشته باشد را بیابیم.

سونومتر (ترازسنج صدا) ← دستگاهی که تراز صدا را اندازه‌گیری می‌کند.

در ترازسنج صدا، مدارهای الکترونیکی قرار می‌دهند که همانند گوش انسان کار می‌کند و از گوش انسان تقلید می‌کند.

← شبکه‌های وزنی A، B، C

شبکه وزنی A ← برای صداهای کم و براساس ایزوفون ۴۰ ساخته شد تا ۵۵dB

شبکه وزنی B ← براساس ایزوفون ۷۰ و تا ۸۰dB

شبکه وزنی C ← براساس ایزوفون ۱۰۰، برای ترازهای بالای ۸۰dB

* تغییرات نمودار در ایزوفون های بالاتر کمتر است

* حساسیت گوش انسان در برابر صداهای بالاتر خطی‌تر می‌شود.

* در صداهای بالاتر (نمودارهای بالاتر) گوش انسان صدا را کمتر افت می‌دهد.

تراز بلندی صدا را براساس شبکه‌های وزنی A و B و C اندازه‌گیری می‌کنند.

* در کارهای معماری تنها از شبکه وزنی A استفاده می‌کنند

L_{PA} → شاخص تک عددی که گویای بلندی صداست، و بیانگر شدت کل صداهاست.

(نشانه‌های قدیمی) L = ۵۵ dB(A) → یعنی در شبکه وزنی A اندازه‌گیری شده

نشانه‌های جدید → L_{PA} = ۵۵ dB

تراز صدای بالاتر از ۱۴۰ dB، پرده‌ی گوش را پاره می‌کند.

اگر بین دو تراز صدا، بین ۰–۱ (dB) اختلاف وجود داشته باشد، به صدای بلندتر ۳ dB اضافه می‌شود

L۱ = ۷۰ ، L۲ = ۷۰ → L۱ + L۲ = ۷۳ dB

افزایش تراز به صدای بیشتر (dB)	اختلاف بین ترازهای صدا (dB)
۳	۰–۱
۲	۲–۳
۱	۴–۸
۰	بیش از ۹

← اگر اختلاف بین دو صدا 3 dB باشد، تازه کمی احساس می‌شود که یکی از صداها بلندتر از دیگری است.

← اگر اختلاف بین دو صدا 7 dB باشد، احساس می‌شود که یک صدا بلندتر از دیگری است.

← اگر اختلاف بین دو صدا 10 dB باشد، صدای بلندتر دو برابر دیگری احساس می‌شود.

بسامد:	۱۲۵	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰	۸۰۰۰
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
شبکه وزنی A:	−۱۶	−۹	−۳	۰	+۱	+۱	−۱

برای تخمین بلندی صدا، ابتدا آن را به شبکه وزنی A می‌بریم:

$$\begin{cases} L_{1000} = 50 \text{ dB} \\ L_{125} = 58 \text{ dB} \end{cases} \xrightarrow{\text{به شبکه وزنی A می‌بریم}} \begin{matrix} L_{1000} = 50 \text{ dB} \\ L_{125} = 42 \text{ dB} \end{matrix}$$

پس صدای اول بلندتر است که در شبکه وزنی A تراز آن بیشتر است.

اما اگر بپرسند تراز کدام یک بیشتر است ← دومی $L_{125} = 58 \text{ dB}$

• گوش انسان غیرخطی است، یعنی در بسامدهای مختلف گوناگون برخورد می‌کند ← بسامدهای بم را افت می‌دهد و بسامدهای زیر را تقویت می‌کند و احساس [illegible] ندارد، در ۱۰۰۰ هرتز نه تقویت می‌کند و نه افت می‌دهد.

← شدت و فشار دو پارامتر فیزیکی هستند.

؟ شدت یک پارامتر فیزیکی است، این پارامتر با کدام پارامتر فیزیک روانی رابطه دارد؟ بلندی

بسامد (پارامتر فیزیکی) ← زیر و بمی صدا (نواک) ← پارامتر فیزیک - روانی

شکل موج ← طنین صدا (کیفیت) یا طنین صدا ← پارامتر فیزیک - روانی

؟ اگر شدت صدا را ثابت نگه داریم و بسامد را تغییر دهیم، آیا بلندی تغییر می‌کند؟ بله، چون گوش ما غیرخطی است و تغییر بسامد، بلندی را تغییر می‌دهد.

سؤال ۴. در یک کلاس درس تراز صدا به ترتیب ۳۶، ۳۵، ۴۰، ۳۸ دسی‌بل است. تراز میانگین در این کلاس چند دسی‌بل است؟

راه اصلی ← تبدیل همه ترازها به شدت، سپس میانگین گیری و دوباره تبدیل به تراز

اما اگر اختلاف ترازها کمتر از ۵ dB باشد، می‌توان از آنها میانگین گرفت:

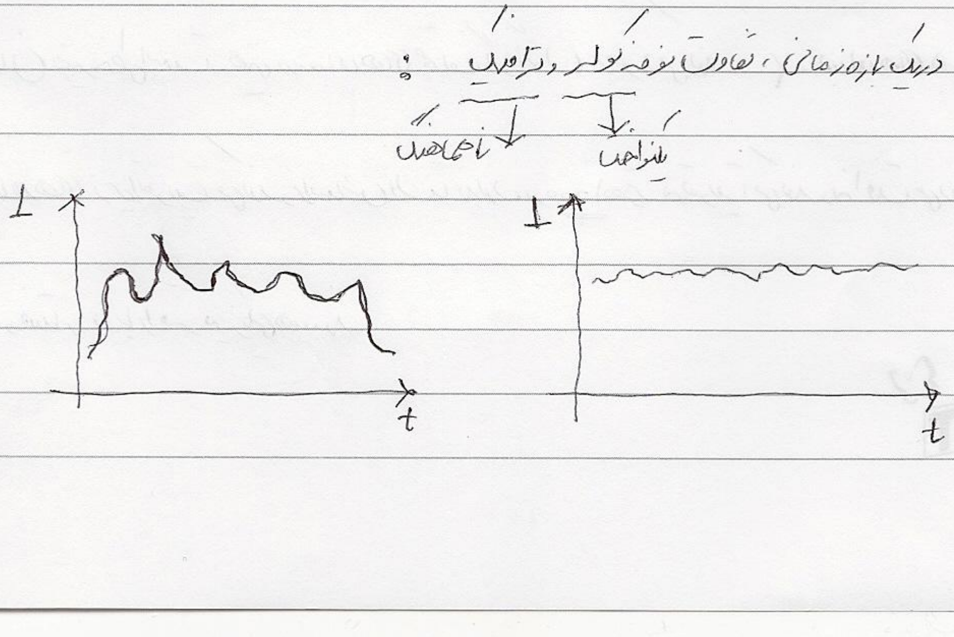
$$\frac{۳۸+۴۰+۳۵+۳۶}{۴}=$$

انواع نوفه

در یک بازه زمانی، تفاوت نوفه کولر و ترافیک؟

ترافیک ← ناهماهنگ

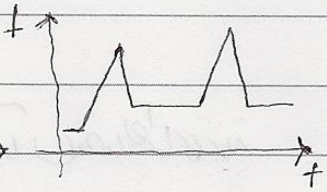
کولر ← یکنواخت



طبقه‌بندی نوفه‌ها با توجه به زمان ← نوفه یکنواخت (پیوسته) : نوفه‌ای که با نوسانات کوچک قابل صرف‌نظر در تراز صدای مشاهده شده.

نوفه متغیر : نوفه‌ای که تراز آن در مدت مشاهده به طور پیوسته و تا حدی محسوس است. مثل ترافیک

نوفه ضربه‌ای : نوفه‌ای که در کسری از زمان مشاهده می‌شود (لحظه‌ای) ←



تراز معادل ← (تراز میانگین صدا) ← L_{eq}

با دستگاه سونومتر اندازه‌گیری می‌شود ← L_{eq} , $L_{PAeq}(30') = 35$ dB

↓

برای کلاس درس

تراز درصدی ← . تراز صدایی است که در n درصد از زمان اندازه‌گیری تراز صدا از L_n بیشتر است.

$L_{A10} = 70$ dB → یعنی در ۱۰ درصد از زمان اندازه‌گیری، تراز صدا از ۷۰ دسی‌بل بیشتر بود.

$L_{A1} = 70$ dB → در یک درصد از زمان، بیشتر از dB۷۰ بوده.

با اینکه تراز میانگین صدا در شب کمتر است ولی تراز آلودگی صدا در شب بیشتر است. چون تراز درصدی در شب بیشتر است ← عبور ماشین‌های سنگین ...

$$\boxed{L_{NP} = L_{eq} + (L_{A10} - L_{A90})}$$

اتوبان همت در روز → ۸۲ + ۶ = ۸۸

اتوبان همت در شب → ۷۵ + ۲۰ = ۹۵

- صدا، هرچه یکنواخت‌تر باشد کمتر اذیت می‌کند.

- تراز درصدی ← تغییرات تراز را به ما نشان می‌دهد.

ترسنج نوفه یا حداکثر تراز نوفه مجاز

حداکثر تراز نوفه‌ای که می‌توان تحمل کرد که به کار خواسته‌ی ما در آن فضا لطمه‌ای نزند.

نوفه زمینه ← جمع سر و صداها، یا نوفه‌ها، غیر از صدای خواسته

۱. منابع نوفه زمینه چیست؟

۲. شاخص‌های نوفه‌ی زمینه چیست؟

۳. ترسنج نوفه به چه عواملی بستگی دارد؟

۴. برای یک پروژه، برای تعیین ترسنج نوفه یک کلاس درس، باید چه مراحلی را طی کرد؟

منابع نوفه زمینه در یک فضا

منابع داخلی ← تأسیسات مکانیکی و الکتریکی (تهویه و لوله‌کشی) و یا هر چه در داخل ایجاد صدا کند

منابع خارجی ← تمام صداهایی که از بیرون وارد فضای داخلی می‌شود.

← با بررسی این منابع، نحوه‌ی عایق‌کاری ساختمان را مشخص می‌کنیم

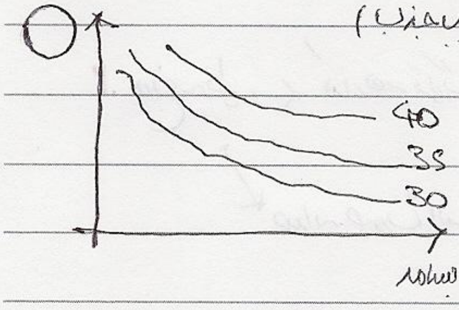
تعیین معیار برسنج نوفه به چه عواملی بستگی دارد؟

- کاربری فضا
- عوامل اقتصادی: چقدر می‌خواهیم هزینه کنیم
- بحث فرهنگی: مثلاً ما بیشتر از کشورهای اروپایی تحمل سر و صدا را داریم

شاخص برسنج نوفه

شاخص برسنج نوفه ← تک عددی (معمولاً در شبکه وزنی A)

- نموداری ← نموداری که محور افقی آن بسامد و محور عمودی آن متغیر است.
(تراز، ایزولاسیون، ضریب جذب)



نمودار برسنج نوفه را رسم می‌کنند. اگر نوفه در فضای ما پایین نمودار بود قابل قبول است، اما اگر بالای نمودار بود مشکل دارد

← زیرا برسنج نوفه، حداکثر نوفه‌ای است که ما می‌توانیم تحمل کنیم.

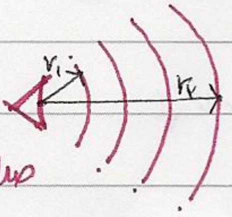
انتشار صدا در فضای باز

برای جلوگیری از انتشار صدا:
- کاشت درخت
- ایجاد دیوار صوتی
- فاصله گرفتن

منابع انتشار صدا

۱. منبع نقطه‌ای ← مثل صدای انسان، بلندگو، ماشین ...

? با فاصله گرفتن از منبع نقطه‌ای تراز صدا چه تغییری می‌کند؟ کاهش نویز



صدا به صورت گردی منتشر می‌شود.

$$NR = 20 \log \frac{r_2}{r_1} = L_1 - L_2$$ (کاهش نویز)

? با دو برابر شدن فاصله از منبع، تراز صدا چه تغییری می‌کند؟

$$\frac{R_2}{R_1} = 2$$

$$\rightarrow NR = 20 \log 2 = 20 \times 0.3 = 6 \text{ dB}$$

↓

۶ دسی بل تراز صدا کاهش می‌یابد

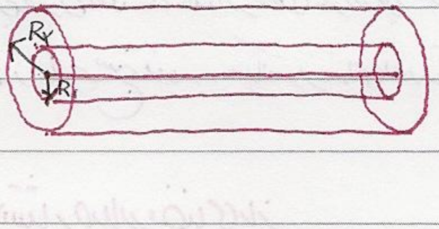
? تراز صدا در فاصله‌ی 10 متری یک ماشین 80 dB است. تراز صدا در فاصله‌ی 100 متری چند دسی بل خواهد بود؟

$$NR = 20 \log \frac{100}{10} = 20$$ کاهش می‌یابد

$$\rightarrow L_2 = 80 - 20 = 60 \text{ dB} \rightarrow L_2$$

۲. منبع خطی ← کنار هم قرار گرفتن منابع نقطه‌ای، منبع خطی را به وجود می‌آورد. (اتوبان)

صدا به صورت استوانه‌ای پخش می‌شود.



$$NR = 10 \log \frac{R_2}{R_1} = L_1 - L_2$$

° با دو برابر شدن فاصله، نویز ۳ دسی بل کاهش می‌یابد.

۳. منبع سطحی ← از کنار هم قرار گرفتن منابع خطی ایجاد می‌شود (مثل استادیوم یا کارخانه)

در منبع سطحی با فاصله گرفتن تا یک فاصله‌ای از منبع، صدا تغییر نمی‌کند. اما بیشتر از آن فاصله، منبع خطی و سپس نقطه‌ای می‌شود.

۱. دیوار صوتی و نقش آن چیست؟

۲. دیوار صوتی از چه مصالحی ساخته می‌شود

۳. سد صوتی با ارتفاع کم آیا برای طبقات بالا عمل می‌کند؟

- سد صوتی بیشتر برای جاده‌ها و جدیداً برای نیروگاه‌ها مطرح است و یا برج‌های خنک کننده در تاسیسات ساختمان

انتشار صدا در فضای باز

? چه مواردی باعث کاهش صدا در فضای باز می شود؟ (نوفه محیطی)

? با دو برابر شدن فاصله از منبع سطحی، چه میزان کاهش صدا داریم؟ تا مسافتی تغییری نداریم

تاثیر گیاهان در انتشار صدا

علفزار (گیاهان کوتاه): هر صد متر عمق، تا ۵ dB(A) کاهش می دهد.

نسبتاً متراکم ← هر صد متر عمق، بین ۵ – ۱۰ dB(A) کاهش می دهد.

کاملاً متراکم (جنگل) ← هر صد متر عمق، بین ۱۰ – ۱۵ dB(A) کاهش می دهد.

گیاهان بهتر است تا همیشه سبز باشند تا نقش افت دهنده داشته باشند.

↓

وگرنه، در زمستان و تابستان کاهش نوفه متفاوت است

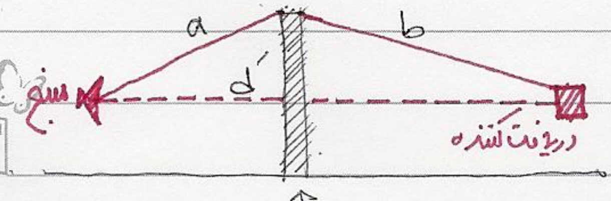
↓

گیاهان پهن برگ مقاومت بهتر و افت بیشتری دارند.

دیوار صوتی

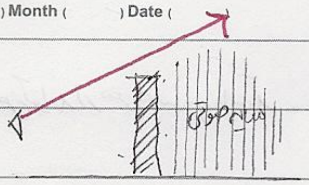
مقدار کاهش $L_\beta = ۰/۸۷ - ۸/۸۸ \lg (۷۴/۱۴\,\sigma - ۴/۵۰۸)$

$$\sigma = a + b - d'$$



SUBJECT:

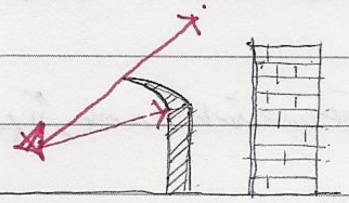
Year ( ) Month ( ) Date (



- هر چقدر منبع به دیوار نزدیک تر باشد، L_B بیشتری داریم

- هر چقدر دیوار بلند تر باشد. L_B بیشتری داریم.

- هر چقدر دریافت کننده پایین تر باشد، کاهش بیشتری داریم.



+ برای بیشتر شدن L_B و یا برای افزایش سایه صوتی، یا باید دیوار را بلند تر کنیم و یا به سمت منبع به آن انحنا دهیم.

+ هر چقدر این دیوار صوتی چگال تر باشد، کاهش بیشتری دارد

+ اگر چگالی سطحی دیوار ۵ $\frac{kg}{m^2}$ باشد، حداکثر L_B آن 10dB است.

10dB افت ← ۵ kg/m^2

15dB افت. ← 10 kg/m^2

20 dB افت. ← 20 kg/m^2

بیشترین افت صوت که یک دیوار در بهترین شرایط می‌تواند تامین کند dB ۲۰ است.

? اگر براساس محاسبه کاهش صدا ۲۰ dB باشد، در شرایطی که دیوار ۵ $\frac{kg}{m^2}$ باشد، حداکثر کاهش واقعی

چند دسی بل می‌باشد؟ ۱۰ dB

? اگر در روشنایی صوتی باشیم، و L_B=25 dB باشد، افت توسط دیوار چند دسی بل است؟ صفر، چگالی دیوار نقشی ندارد

? تراز صدای یک ترافیک در فاصله ۵ متری ۸۰ دسی بل است. در فاصله‌ی ۱۰۰ متری آن یک ساختمان باشد.
در صورتی که یک دیوار صوتی بین اتوبان و این ساختمان نصب گردد و مقدار کاهش آن ۱۰ dB باشد، تراز صدای
ناشی از اتوبان روی نمای ساختمان چند دسی بل است؟

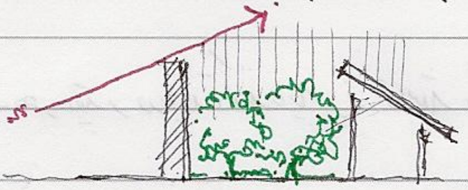
$L_1 = ۸۰\ dB ,\ R_1 = ۵\ m ,\ R_2 = 100 m ,\ L_B = 10\ dB$

$L_2 = ۸۰ - (10 \log \frac{100}{۵}) = ۸۰ - ۱۳ = ۶۷$

$۱۳ + ۱۰ = ۲۳ \Rightarrow \boxed{۸۰ - ۲۳ = ۵۷\ dB}$

← دیوار می‌تواند از هر جنسی باشد.

← اگر بین دیوار با ساختمان گیاه می‌کاشتیم چه تأثیری داشت؟ هیچ. چون این حجم مستقر در سایه‌ی صوتی است.



← اگر ارتفاع گیاه ۱۰ و ارتفاع دیوار ۶ باشد، ۱۰ را در نظر می‌گیریم.

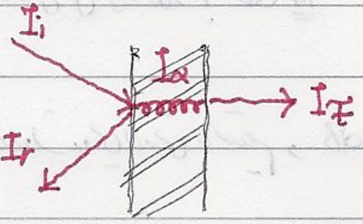
← اگر جاده دور باشد، ساختمان‌ها در قله مناسب است. چون تپه خودش دیوار را ایفا می‌کند.

تنها ضرر مترو، ایجاد نوفه‌ی ضربه‌ای است. چون دیوارهای بتنی و خاکی، افت خوبی به صداها می‌دهد. که البته برای جلوگیری از نوفه‌ی ضربه‌ای از تکنولوژی که پل‌سازان برای زیرپل‌ها استفاده می‌کنند. یعنی زیرپل‌ها از ماده‌ای الاستیک استفاده می‌شود.

مبحث آکوستیک داخلی

انعکاس ← عدم جذب صدا توسط سطوح

یک موج صوتی وقتی به دیوار برخورد می‌کند ← جذب، منعکس، عبور (ترانسمیل شده)



ضریب جذب (α) ← $\frac{I_\alpha}{I_i}$

ضریب انعکاس (r) ← $\frac{I_r}{I_i}$

ضریب ترانسمیل (τ) ← $\frac{I_\tau}{I_i}$ ← $\frac{\text{شدت ترانسمیل}}{\text{شدت برخورد}}$ $\qquad \alpha + r + \tau = 1$

هرچه ضریب ترانسمیل یک دیوار کمتر باشد، دیوار عایق صوتی بهتری است.

افت صوتی ← $T_L = 10 \lg \frac{1}{\tau}$ / $\alpha = 1 - r$

*
R

پنجره باز، ضریب جذب آن یک است ← $I_\alpha = I_i$

پنجره باز، ضریب ترانسیل آن یک است ← $I_\tau = I_i$

چون در پنجره‌ی باز چیزی منعکس نمی‌شود. پس همه‌ی آن جذب شده و پس ترانسیل می‌شود.

$\alpha = 1 - \overset{0}{\boxed{r}} = 1$

$\alpha_{\text{جذب}} = \alpha_{\text{سطحی}} + \alpha_{\text{لرزه‌ای}}$

در پنجره‌ی باز ← $\alpha = \overset{\text{سطحی}}{\underset{0}{\alpha}} + \overset{\text{لرزه‌ای}}{\underset{1}{\alpha}} = \underline{\underline{1}}$

ضریب انعکاس دیوار بتنی بیشتر از آجر است ← ضریب جذب آجر بیشتر از بتن

↓

ضریب ترانسیل آجر بیشتر از بتن

آجر جاذب خوبی است و منعکس کننده خوبی نیست و دیوار بتنی بالعکس.

← دیوار بتنی عایق بهتری است، چون ترانسیل آن کمتر است.

← چون در پنجره، دیوار نداریم $\alpha + r = 1$ است، در شرایط دیگر دیوار باشد: $\alpha + r + \tau = 1$

واخُنش ← . از بازتاب‌های داخلی

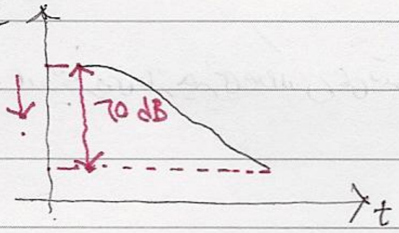
↙

. انعکاسات پی در پی در یک اتاق پس از قطع منبع صدا

زمان واخنش یکی از شاخص های مهم است .

در مبحث ۱۸ ← . زمان واخنش برای کلاس درس T = ۰/۴ _ ۰/۶ (S)

زمان واخنش ← . مدت زمانی که پس از قطع منبع صدا تراز صدا ۶۰ dB افت پیدا کند .



زمان واخنش در یک فضای کاملاً باز ایده آل صفر است .

چون انعکاس وجود ندارد .

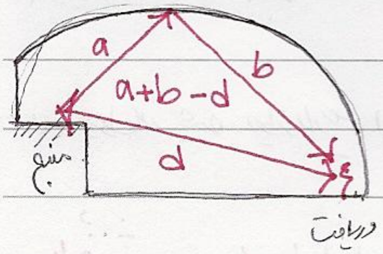
← . اگر در اتاق جاذب صوت بگذاریم ، زمان واخنش کمتر است و شیب بیشتر .

← اتاقی وجود دارد به نام اتاق صامت که جاذب ۱۰۰٪ صوت است .

پژواک .

۱/۲۰ ثانیه ↑

اگر اختلاف زمان بین موج مستقیم و انعکاس و یا دو انعکاس پی در پی بیش از ۵۰ میلی ثانیه باشد پژواک رخ می دهد . و اگر این فاصله کمتر باشد واخنش رخ می دهد .



در سالن سخنرانی که پژواک داریم ← یکی از راه ها سقف جاذب است .

در این حالت انعکاس رخ می دهد . $a+b-d > 17\ m$ →

در محاسبات معمولاً ۱۴ متر در نظر می گیریم .

زمان واخنش

فرمول سابین ← $\boxed{T = \frac{۰/۱۶V}{A}}$

افزایش حجم ← افزایش زمان واخنش

← در حجم ثابت با افزایش سطح جاذب زمان واخنش کاهش می یابد.

A ← سطح معادل جذب صدا به متر مربع ← جذب کل

تمامی سطوح و موجوداتی که صدا در مقابلشه × ضریب جذبشان

$$A = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i S_i = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n$$

گاهی ← $T = \frac{۰/۱۶V}{۴mV + A}$

جذب طولی هوا ←

حجم

۴mV ← در بیشتر جاها صفر در نظر گرفته می شود چون m در بسامد ۵۰۰ هرتز چیزی حدود ۰/۰۰۱ است.

← زیر ۵۰۰ Hz، صفر و بالای آن عدد محاسبه می کنند.

محدوده سطوح

$$T = \frac{۰/۱۶V}{۴mV - S\ln(1-\bar{\alpha})}$$

ضریب جذب میانگین

$$\bar{\alpha} = \frac{A}{S} \qquad \frac{\text{سطح معادل}}{\text{سطح کل}}$$

برای فضاهایی که زمان واخنش آن خیلی پایین است. $T<۰/۴$

$\bar{\alpha}>۰/۲$ ↓ جذب بالا در نتیجه زمان واخنش پایین

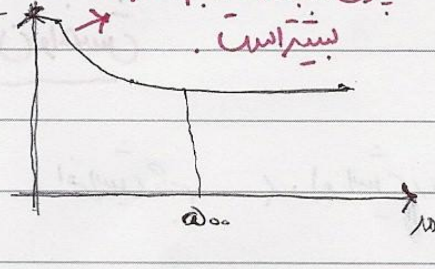
زمان واخنش بهینه بر اساس حجم:

موسیقی	گفتار	حجم
۱	۰/۵	کمتر از ۳۰۰ متر مکعب
۱/۳	۰/۷	کمتر از ۱۰۰۰ متر مکعب
۱/۶	۱	کمتر از ۵۰۰۰ متر مکعب

SUBJECT:

Year ( ) Month ( ) Date ( )

چون در بسامدهای بم، انرژی بیشتر است.



زمان واخنش در بسامدهای مختلف باید خطی باشد.

چرا خطی؟ چون اگر این گونه نباشد، پاسخ بسامدی

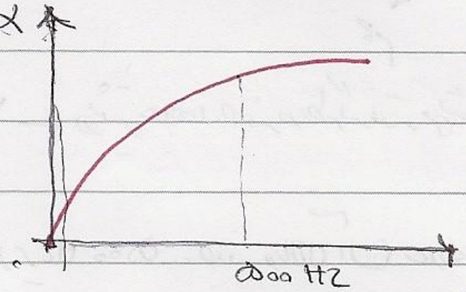
صدا یا موسیقی اتفاق می‌افتد.

← اتاق باید در همه‌ی بسامدها یک گونه عمل کند، یعنی پاسخ بسامدی آن باید خطی باشد.

بهترین سیستم‌های الکترو آکوستیکی مثل میکروفون، ضبط، ... آنهایی اند که در صداهایی که دریافت می‌کنند، کمترین دخل و تصرف را می‌کنند.

انواع جذب کننده‌ها ← جذب کننده‌های الیافی (متخلخل)

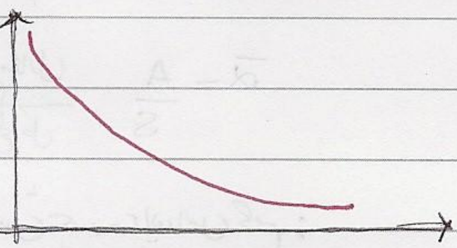
- پرده، موکت، پشم شیشه، پشم سنگ...
- صدا را تبدیل به حرارت می‌کنند.
- در صداهای زیر بیشتر جذب می‌کنند - از ۵۰۰Hz به بالا



← هر چقدر الیاف ضخامت بیشتری داشته باشد

و از دیوار هم فاصله بگیرد، در بسامدهای

بم هم می‌تواند کارکرد داشته باشد.



$$T = \frac{۰٫۱۶ V}{A}$$

اگر فقط جذب کننده‌ی الیافی بگذاریم

نمودار زمان واخنش به این صورت است.

↓

به صورت غیر خطی [illegible] می‌شود. چون در بسامدهای زیر بیشتر جذب می‌کند تا بم.

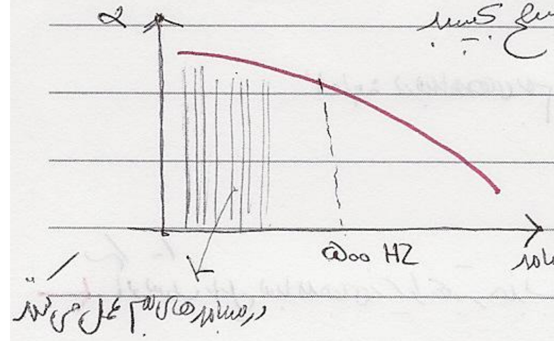
↓

درصورتی که باید تقریباً خطی باشد.

جذب کننده‌ی پوسته‌ای ← . متشکل از صفحاتی مثل ورق چوب، ... که از دیوار فاصله هوایی دارد.

← . بیشتر در بسامدهای بم عمل می‌کند یعنی زیر ۵۰۰ Hz

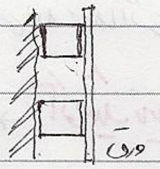
← . در اثر صدا بلرزد نه اینکه به سطح بچسبد



فرکانس تشدید ← $F = \frac{٦٠}{\sqrt{m \cdot d}}$

چگالی سطحی ورق

فاصله هوایی بین دیوار و پوسته



← . اگر ما ورق‌ها را مشبک کنیم، ضریب جذب آن در بسامدهای زیر افزایش می‌یابد چون عبور کرده است.

← . برای طراحی یک آکوستیک داخلی خوب به هر دوی این جاذب‌ها نیاز داریم تا هم صداهای زیر و هم صداهای بم

را جذب کند و نمودار خطی شود.

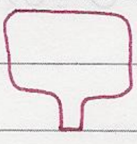
جذب کننده‌ی محفظه‌ای یا کاواکی ← . مثل جذب کننده‌های عالی قاپو

(حفره‌ای)

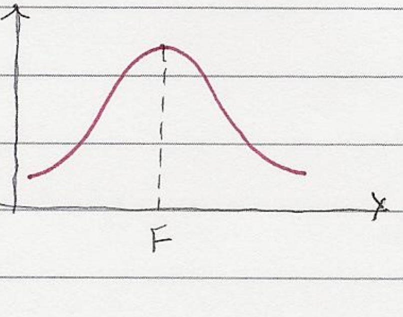
← . به هر صورتی می‌تواند باشد که به شرط اینکه، حجمی در پشت آن

محبوس شده باشد.

به حجم، به شعاع دهانه و به گردنه‌ی آن بستگی دارد ←



در عالی قاپو، گردنه را نداریم



← در یک بسامد بیشترین جذب را دارد.

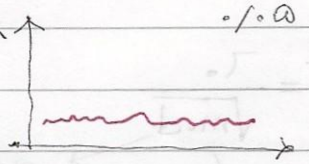
SUBJECT:

Year (   ) Month (   ) Date (   )

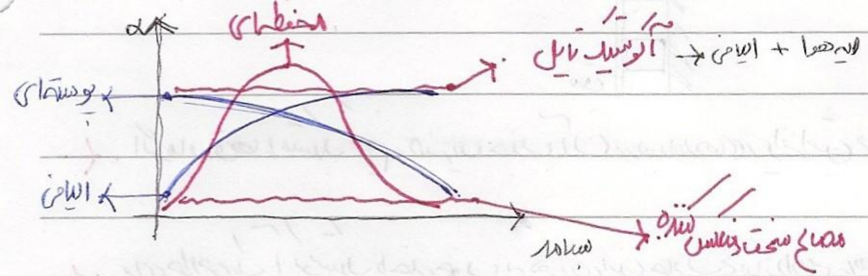
مصالح از نظر جذب چند دسته‌اند

مصالح سخت یا منعکس شده – مصالحی مثل بتن، سنگ، شیشه، ...

۰/۰۲ در بسامدهای بم ← ضریب جذب: زیر ۰/۰۵



← آکوستیک تایل بسامدهای زیر را بهتر جذب می‌کند، اما اگر با فاصله نصب شود (سقف کاذب) در هر دو مورد خوب عمل می‌کند.



شاخص وضوح صدا

NRC ← میانگین ضریب جذب در ۴ بسامد ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۴۰۰۰

ضریب کاهش نوفه

$$NRC = \frac{\alpha_{250} + \alpha_{500} + \alpha_{1000} + \alpha_{2000}}{4}$$

صوت بیشتر ← $NRC \approx 1$ ، $NRC \ll$ محیطی تیز

ضریب جذب وزن یافته (α_w) ← شاخص تک عددی برای یافتن ضریب جذب مواد.

سؤال) اتاقی به ابعاد ۱۲ متر در ۵/۶ متر به ارتفاع ۳ متر مفروض است. کف اتاق موزائیک، دیوار و سقف با اندود گچ و رنگ شده می‌باشد. روی دیوار شمالی موکتی به ابعاد ۱/۵×۸ متر و روی دیوار غربی موکتی به ابعاد ۵×۱/۵ متر نصب شده است. در ضلع جنوبی این اتاق ۲ پنجره به ابعاد ۲×۴ متر قرار دارد. روی دیوار شمالی دو عدد در به ابعاد ۰/۹×۲/۲ متر نصب شده. در این کلاس درس ۵۴ عدد صندلی چوبی قرار گرفته و ۴۰ دانشجو در کلاس حضور دارند.

۱) زمان واخنش این کلاس درس در بسامدهای ۲۵۰ و ۱۰۰۰ هرتز را در شرایطی که دانش‌آموزان روی صندلی نشسته اند محاسبه کنید؟

۲) زمان واخنش بهینه برای این کلاس درس چگونه است؟

۳) اگر در این کلاس درس سقف آکوستیک تایل با فاصله هوایی ۲۰cm نصب گردد در شرایطی که دانشجویان در کلاس درس می‌باشند را محاسبه نمایید:

مصالح	۱۰۰۰	۲۵۰
موزائیک	۰/۰۲	۰/۰۱
اندود گچ	۰/۰۲	۰/۰۱
3mm پنجره شیشه‌ای	۰/۰۷	۰/۳
در چوبی	۰/۰۸	۰/۱
موکت	۰/۵۴	۰/۰۹
صندلی چوبی	۰/۴۹	۰/۱۴
دانشجو	۰/۴۹	۰/۲۴
آکوستیک تایل	۰/۸۵	۰/۷

راه های کنترل نوفه ⟵
- کاهش تولید نوفه در منبع ⟵
  - انتخاب تاسیسات کم سر و صداتر
  - انتخاب درست منبع
- آکوستیک داخلی مناسب (اطراف منبع) ⟵ جذب کننده ها
- کاهش انتقال نوفه در مسیر به وسیله جداکننده ها (عایق صوتی)

آکوستیک داخلی مناسب :

استفاده از جذب کننده ها در سطوح

$$I = I_D + I_R$$

I_D ⟵ مستقیم

I_R ⟵ واخنش

$$NR = 10 \lg \frac{A_{\text{نهایی}}}{A_{\text{اولیه}}}$$

A ⟵ . سطح معادل جذب صدا

NR ⟵ nois Reduction (کاهش نوفه)

? با دو برابر شدن جاذب در یک اتاق چقدر تراز نوفه منبع کاهش پیدا خواهد کرد؟

$NR = 10 \lg ۲ = \underline{۳}\ dB$

? در یک موتورخانه ضریب جذب میانگین ۰/۲ است . در صورتی که از مواد جاذبی استفاده کنیم که ضریب جذب میانگین آن ۰/۶ باشد چقدر صدای منبع کاهش می یابد؟

$NR = 10 \lg \frac{۰/۶}{۰/۲} = 10 + 10 \lg ۳ = ۱۴\ dB$

چون سطح ها یکی است ، نسبت ضریب جذب ها را جایگذاری می کنیم

کاهش انتقال نوفه در مسیر به وسیله جداکننده ها

فرق کنترل صدا بندی هوابرد و کوبه ای

سنگین کردن / دوجداره کردن

SUBJECT:

Year (　　) Month (　　) Date (　　)

← انتقال کوبه‌ای جدار : ~~انتقال کوبه‌ای~~ سقف ها مطرح است / هرچه دیوار سنگین‌تر باشد، عایق صوتی بهتری است!.

هوابرد

اگر جدارها به وسیله مولکول های هوا به لرزه دربیاید ← انتقال هوابرد صدا

اگر جدارها به وسیله شیئی یا ضربه به لرزه دربیاید ← انتقال کوبه‌ای صدا

← عایق کردن این دو با هم متفاوت است.

تفاوت راه حل ها و شاخص ها ← تفاوت صدابندی

← . سقف ها هم در صدای کوبه‌ای و هم در برابر صدای هوابرد باید عایق باشند

← . در برابر صدای هوابرد کمتر، چون ضخامت سقف زیاد است.

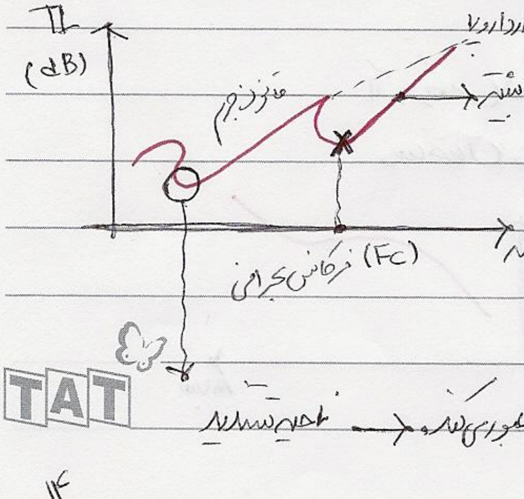
برخی منابع ← انتقال هوابرد ← بین دریافت و منبع هیچ چیزی وجود ندارد

← انتقال پیکره‌ای (نوعی از کوبه‌ای است) ← بین دریافت و منبع سطحی مانع وجود دارد.

هوابرد　　کوبه‌ای

← . صدابندی هوابرد جدار یا افت صوتی (TL) . شاخص کاهش صدا (R)

استاندارد آمریکا　　استاندارد اروپا



$$TL = 10 \log \frac{1}{\tau}$$

. در بسامدهای کم، افت صوتی کمتر است.

موج صوتی که روی دیوار می‌افتد با فرکانس خود دیوار برابر است و به راحتی عبور می‌کند ← ناحیه تشدید

صفحات شیب‌دار یا عمودی ← ضخامت جرم ← مثل فرق دیوار صوتی cm ۱۵ تا cm ۲۵

$$R \text{ یا } TL = ۲۰ \log \underset{\text{بسامد}}{f} . \underset{\text{جرم سطحی}}{m} - ۴۷٫۷ \text{ dB}$$

؟ افت صوتی یک دیوار همگن و چگال در ناحیه قانون جرم با دو برابر شدن بسامد افت صوتی چقدر افزایش خواهد یافت؟

$TL = ۲۰ \log ۲ - ۴۷٫۷$

؟ یک دیوار را اگر بسامد با دو برابر شدن چگالی افت صوتی چقدر افزایش می‌یابد ۶dB

؟ یک دیوار بتنی cm ۱۵ در بسامد ۵۰۰ هرتز افت صوتی آن چقدر است؟

↓

در ناحیه قانون جرم

$TL = ۲۰ \log ۵۰۰ \times \quad - ۴۷٫۷ \text{ dB}$

← دیوار چندلایه، دیوار ساده است / دیواری که در و پنجره در آن تعبیه شده، دیوار مرکب است

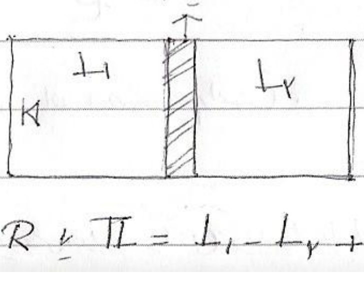
فرکانس بحرانی

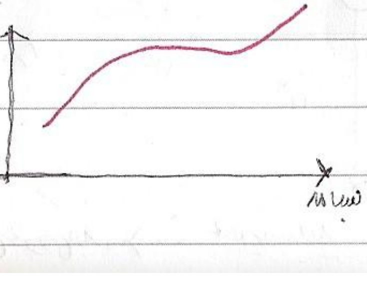
موجی که با دیوار برخورد می‌کند، با فرکانس طبیعی دیوار یکی می‌شود و دیوار حذف می‌شود.

ساختمان را مثال می‌زنیم ← فرکانس طبیعی ساختمان با فرکانس زلزله متفاوت است

↓

اگر فرکانس طبیعی ساختمان با فرکانس زلزله یکی شود بیشترین تشدید را داریم و ساختمان ویران می‌شود.



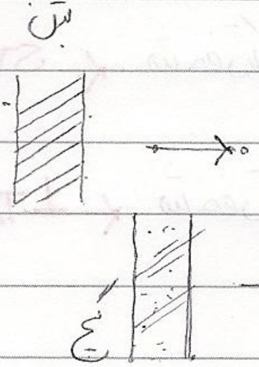


دیوار

$$R \text{ یا } TL = L_1 - L_2 + \lg \frac{S}{A}$$

STC ← معنی است یک عددی که گویای صدابندی هوابرد جداره می باشد.

$\underbrace{\text{صدابندی هوابرد}}$ ↓ افت صوتی



STC= ۴۲ dB

تنها یک عدد است، عایق بندی صدا

STC=۳۸ dB

؟ Rw یا STC چگونه بدست می آیدم

← . در جداکننده ها. ضخامت لایه ها باید با هم متفاوت باشند، زیرا در این صورت فرکانس بحرانی دیوار اولیه روی لایه ی بعدی می افتد و این باعث ضعف دیوار می شود

بتن ۱۰ cm
بتن ۲۰ cm ← چگالی سطحی بیشتری دارد ، اما چگالی حجمی هر دو برابرند -

چگالی سطحی ↓ ضخامت

αw ← . شاخص تک عددی بیانگر جذب صوتی ماده ← . هرچه بیشتر باشد، جذب بیشتر است

STC ← . شاخص تک عددی بیانگر صدابندی هوابرد جدار

LTA ← شاخص تک عددی بیانگر بندی صدا

راه های افزایش صدابندی برای صداهای هوابرد جدار

۱- درزبندی کردن
۲- سنگین کردن (افزایش جرم)
۳- دوجداره کردن (لایه هوا)

اگر در فاصله ی هوایی پشم معدنی قرار دهیم ← . صدابندی افزایش می یابد چون جذب بالایی دارد.

در شیشه های دوجداره، هرچه فاصله ی آنها بیشتر باشد، افزایش صدابندی بیشتر است. (به طول موج مربوط است)

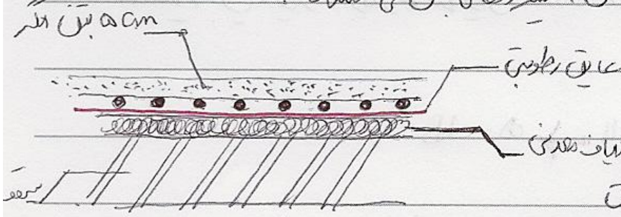
اگر دو لایه ی ما، هم جنس باشد بهتر است یا غیر هم جنس؟

← غیر هم جنس باشد بهتر است. اگر دو جدار با هم، هم جنس باشند بسامد بحرانی آنها روی هم قرار می گیرد و

در یک بسامد خیلی افت می دهد.

← . برای اینکه یک دیوار برای ما دوجداره ی خوبی باشد، باید دو طول موج روی هم قرار نگیرد.

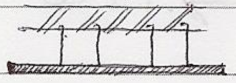
برای صدابندی کوبه‌ای ← . کف شناور ← . بدون بتن، سنگریزه‌های بتن می‌نشیند.



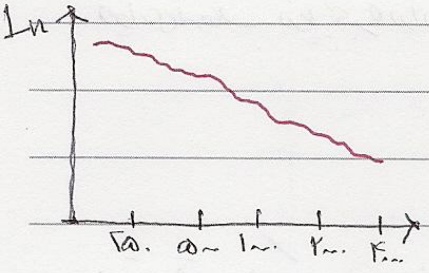
. استفاده از مواد الاستیکی برای موکت

. کف پوش‌های الاستیکی - پارکت

. اجرای سقف کاذب



← . هرچه تراز صدا کمتر باشد، صدابندی بهتر است.



Li ← . تراز صدای کوبه‌ای از یک ضربه‌زن استفاده می‌کند

Lnw ← . تراز صدای کوبه‌ای نرم شده وزن یافته شاخصی است تک عددی که بیانگر صدای انتقال یافته از سقف می‌باشد.

ICC ← . درجه‌بندی صدابندی کوبه‌ای است.

← . کوبه‌ای صدابندی است.

$IIC = 110 - L_{nw}$

← هرچه IIC بیشتر، صدابندی کوبه‌ای بهتر است.

STC ← . حداقل مقدار باید ۵۰ dB باشد (برای کلاس‌های درس، بیمارستان‌ها و واحدهای مستقل و...)

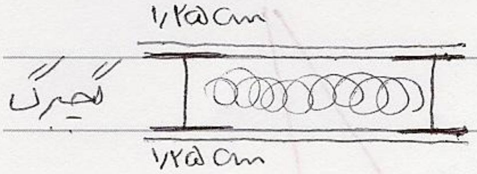
IIC ← . حداقل باید ۶۰ dB باشد. (برای واحدهای مسکونی)

← . سقف بتنی نسبت به 3D، IIC بیشتری دارد ← صدای کوبه‌ای را بهتر جذب می‌کند

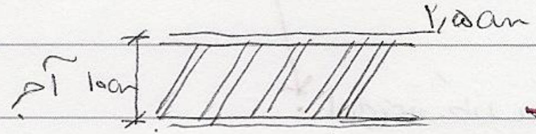
SUBJECT:

Year ( ) Month ( ) Date ( )

مقایسه بین دیوار آجری و درایوال ۱۵ cm ؛



Drywall → ۵۰ dB



→ ۴۲ dB

دیواری که قاب در یا پنجره در آن قرار دارد ← جدار مرکب

هرچه قاب کمتر باشد، صدابندی بهتر است.

افت صوتی جدار مرکب را باید خودمان محاسبه کنیم.

? یک دیوار چندلایه از نظر صدابندی ساده است ← . تمام سطح آن از نظر برخورد با صدا به یک صورت عمل می کند.

چگالی سطحی در تمام نقاط یکسان است.

دیوار ساده دیواری است که چگالی سطحی آن در تمام نقاط آن یکسان است.

دیوار مرکب ← . از دو یا چند جزء ساختمانی تشکیل شده است (چگالی سطحی آن در تمام نقاط یکسان نیست)

? پوسته خارجی کلاس درس تشکیل شده است از دیوار آجری ۲۲ cm و پنجره تک جداره شیشه ای در صورتی که

۴۰٪ این پوسته پنجره باشد، افت صوتی جدار مرکب را حساب کنید.

ج ← . اگر بخواهیم صدابندی این پوسته خارجی را افزایش دهیم، از پنجره دو جداره استفاده شود.

در این شرایط افت صوتی پوسته چند dB خواهد شد؟

- در صورتی که ۱۰٪ این پنجره بازشو باشد. در حالتی که پنجره باز است. افت صوتی چند dB است؟

$TL_{\text{دیوار}} = 52\ dB$ $\quad TL_{\text{تک جداره}} = 18\ dB$ $\quad TL_{\text{دوجداره}} = 35\ dB$

$$TL = 10 \lg \frac{1}{\tau} \qquad \overline{\tau}_{\text{مرکب}} = \frac{\tau_1 S_1 + \tau_2 S_2 + \dots}{S_1 + S_2 + \dots}$$

$$\lg_a^x = y \longrightarrow x = a^y$$

نور ← (تعریف فیزیکی) بخشی از امواج الکترومغناطیسی که طول موج آن‌ها بین ۳۸۰nm ـ ۷۶۰nm است.

امواج برقی – مادون قرمز ← ۷۶۰ – ۳۸۰ → امواج کیهانی – اشعه ماورای بنفش

۴۰۰ – ۸۰۰

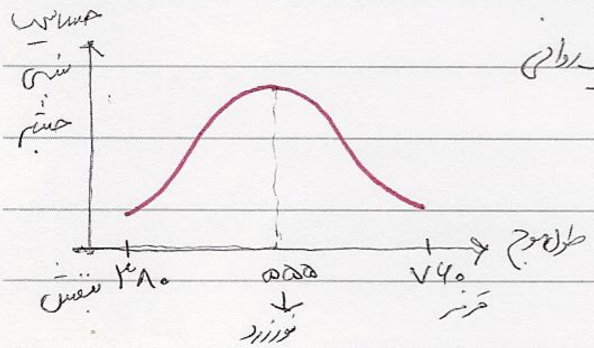
چشم انسان یک هنگام است اما گوش انسان ۱۰ هنگام است.

۷۶۰ – قرمز، نارنجی، زرد، سبز، آبی، بنفش – ۳۸۰

سرعت نور ← ۳×۱۰^۸ m/s . سرعت صوت ← ۳۴۰ m/s

← نور را با طول موج مطرح است.

← طول موج در این جا با پارامتر فیزیک روانی، رنگ رابطه دارد.



درخشش عامل فیزیکی ← روشنایی عامل فیزیک روانی

در نور زرد بیشترین روشنایی را دارد.

درخشندگی عاملی انرژی هاست

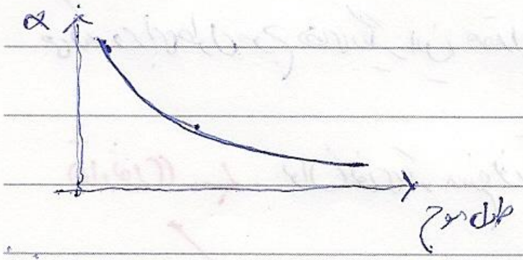
اگر یک انرژی ثابت برای تمامی رنگ‌ها را داشته باشیم، بیشترین روشنایی در رنگ زرد است.

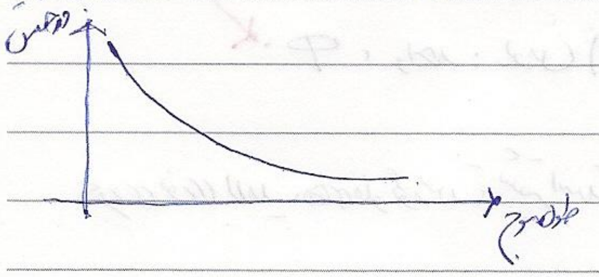
جسمی که تمامی طول موج‌ها را منعکس می‌کند ← سفید دیده می‌شود.

جسمی که تمامی طول موج‌ها را جذب می‌کند ← سیاه دیده می‌شود.

یک جسم زمانی که تنها رنگ سبز را منعکس کند سبز دیده می‌شود ← تنها رنگ سبز را جذب نمی‌کند.

نمودار مربوط به سلول‌ها حساس رنگی است تا قرمز یا تاریکی ← ۲.





بینش

- حداقل اندازه رویت

- حداقل درخشش برای رویت جسم ← آستانه دیدن ← $10^{-5} \frac{cd}{m^2}$

- حداقل مدت زمان رویت

- حداقل اختلاف رنگ یا کنتراست بین جسم و زمینه

← واحد شدت روشنایی: LUX

- توان امواج الکترومغناطیسی را با واحد وات (W) اندازه‌گیری می‌کنند ولی با توجه به اینکه تاثیر امواج نوری با طول موج‌های مختلف روی چشم متفاوت است، یک وات توان نوری در طول موج‌های مختلف، احساس بینایی مختلف ایجاد می‌کند و لذا این توان برای محاسبات نوری مورد استفاده قرار نگیرد.

مثلاً: یک وات توان نوری در طول موج ۵۵۵ nm (رنگ زرد)، ۶۸۰ لومن شار نوری تولید

می‌کند. در این طول موج های دیگر این مقدار. در حساسیت نسبی چشم (زرد) ضرب می‌شود.

شار نوری ← . توان نوری که منبع نور منتشر می‌کند

← . Φ ، واحد : لومن (Lm)

بهره‌ی نوری لامپ های فلورسنت بیشتر است ← . با برق کمتر، نور بیشتر تولید می‌کند

بهره نوری (بازده نوری) ← واحد $\frac{Lm}{W}$ ← لومن/وات ← $\frac{\text{شار نوری}}{\text{توان نوری}}$

← η

← بهره‌ی نوری لامپ های گازی بیشتر از لامپ های رشته‌ای است.

شدت نور ← . چگالی شار نوری در یک زاویه فضایی (مثل چراغ قوه)

← . I ، واحد : کاندلا Cd

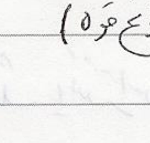
$$\boxed{I = \frac{\Phi}{\Omega}}$$

کاندلا ← I

لومن ← Φ

استرادیان (St) ← Ω

← مهم **



زاویه سطحی

$\alpha = \frac{\text{طول کمان}}{R}$ ⇒ کل دایره ← $\frac{۲\pi R}{R} = ۲\pi$

زاویه فضایی ← کره ، ← $\Omega = \frac{A}{R^2}$ ← کل حجم کره $= \frac{۴\pi R^2}{R^2} = ۴\pi$

استرادیان ← . زاویه‌ای که یک متر مربع از سطح کره با شعاع یک متر را در بر می‌گیرد، یک استرادیان است.

ج) یک لامپ صد واتی رشته‌ای ۱۴۰۰ لومن شار نوری دارد. اولاً شدت نور را در تمام جهات حساب کنید:

۴π کل کره

الف) $I = \frac{\Phi}{\Omega} = \frac{۱۴۰۰}{۴\pi} =$

ثانیاً در صورتی که این لامپ فقط نور خود را به طرف پایین منتشر کند، شدت نوری آن چند کاندلا است؟

ب) $I = \frac{۱۴۰۰}{۲\pi}$ ۲π ← نصف کره

ثالثاً بهره نوری این لامپ چقدر است؟

ج) $\frac{۱۴۰۰}{۱۰۰} = ۱۴\ \frac{lm}{w}$

شدت روشنایی ← . چگالی شار نوری روی سطح

. نسبت شار نوری به سطح

واحد: لوکس (E)

$$E = \frac{\Phi}{A}\ \left(\frac{cd}{m^2}\right) \rightarrow lux \nwarrow \frac{I\cos\alpha}{R^2}$$

شدت روشنایی برای کلاس درس بیشتر از اتاق خواب است.

شدت روشنایی برای اتاق جراحی بیشتر از اتاق مطالعه.

← برای جابه‌جا کردن چیزی به ۵۰ – ۱۰۰ لوکس نور نیاز داریم

← . برای جاهای عمومی، مثل پارکینگ : 100 – 200 lux

← برای کارهای نیمه دقیق مثل مطالعه : 200-500 lux

← . برای کارهای دقیق مثل نقشه‌کشی : ۵۰۰ – ۱۰۰۰ lux

← برای کارهای خیلی دقیق مثل جراحی : بالای 1000 lux

حداقل ۳۰۰۰ لوکس ← → پیشنهادی: ۷۰۰۰ لوکس

SUBJECT:

Year ( ) Month ( ) Date ( )

? نور خورشید در وسط تابستان در ساعت ۱۲ ظهر ≈ ۱۰۰,۰۰۰ لوکس

روز ابری ← ۳۰,۰۰۰ لوکس

در وسط زمستان ← ۱۰,۰۰۰ لوکس

? رابطه بین شدت نور، فاصله و شدت روشنایی ؟

$$E = \frac{\Phi}{A} = \frac{I\Omega}{A} = \frac{I\frac{\cancel{A}}{R^2}}{\cancel{A}} \rightarrow \boxed{E = \frac{I}{R^2}}$$

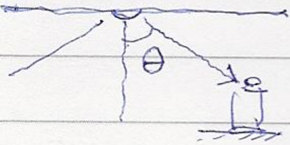
با فاصله گرفتن از منبع نور، شدت روشنایی کم می‌شود.

در شرایطی است که عمود بر لامپ باشیم.

در حالتی که با راستای عمود، زاویه داشته باشیم:

$$\boxed{E = \frac{I\cos\theta}{R^2}}$$

زاویه جسم با خط عمود منبع



معیار خط عمود بر افق ← زمانی که می‌خواهیم کف را روشن کنیم $E_{\text{افقی}} = \frac{I\cos\theta}{R^2}$

معیار خط عمود بر دیوار است. ← زمانی که می‌خواهیم دیوار یا سطح عمودی را روشن کنیم $E_{\text{عمودی}} = \frac{I\cos\alpha}{R^2}$

? شدت نور خورشید بر روی سطح زمین در زیر پنجره اتاقی 60 klux است. اگر زاویه تابش نور خورشید به سطح افق ۳۰° باشد

و مساحت این پنجره 6 m² فرض شود، شار نوری که وارد اتاق می‌شود چند lm است؟

فاصله خورشید از زمین $= 15 \times 10^{5}$

$$E = \frac{60 \times 10^{3} \times \frac{1}{2}}{15^2 \times 10^{10}} =$$

$$\Phi = E \times A = E \times 6$$

SUBJECT:

Year ( ) Month ( ) Date ( )

? شار نوری خورشید در یک روز بدون ابر روی کره زمین را محاسبه کنید، در صورتی که شدت روشنایی نور خورشید در هنگام ظهر ۱۰۰ klux است. فاصله خورشید از زمین ۱۵×۱۰^{۱۰} و قطر کره زمین ۱۳×۱۰^{۶} متر

۲۰//

منابع نور
- . طبیعی : خورشید، ماه، ستارگان، گیاهان، حشرات
- . مصنوعی : انواع لامپ ها
  - فلورسنت
  - رشته ای
  - هالوژن
  - گازی
  - زنون

لامپها
- . التهابی : با عبور دادن جریان برق از رشته فلزی درجه حرارت آن به حدکافی بالا رفته و تشعشع می کند
- . تخلیه گاز

موارد مهم در لامپ ها
- شار نوری
- درخشندگی ← ارزیابی چشم انسان از منابع نوری
- بهره نوری
- رنگ دهی
- طول عمر

$L = \frac{I}{S}$ → سطح لامپ

لامپ های سدیمی، بهره نوری بیشتری از لامپ های جیوه ای دارند.

محاسبات روشنایی
- . روش نقطه به نقطه (برای فضاهای باز)
- . روش لومن (برای فضای بسته)

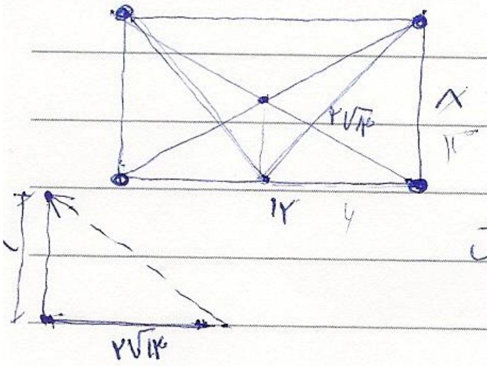
SUBJECT:

Year ( ) Month ( ) Date ( )

(روش نقطه به نقطه) ← زمین بازی به ابعاد ۸×۱۲m مفروض است. درصورتی که ۴ گوشه این

زمین به ارتفاع ۸ متر لامپ با شدت ۳۵۰cd داشته باشیم، شدت روشنایی در هر گوشه

در وسط زمین چقدر است؟



$$\sqrt{۳۶+۱۲} = \sqrt{۵۶} \doteq ۲\sqrt{۱۴}$$

در هر جهت $\rightarrow E_۱+E_۲+E_۳+E_۴$

بهره روشنایی برای روشن نمودن ← نسبت شار نوری مفید به کل شار نوری

$$\frac{\Phi_{\text{مفید}}}{\Phi_{\text{کل}}} = \frac{E\times A}{\Phi_{\text{کل}}}$$

$$\text{تعداد لامپها} = n = \frac{\text{طول}}{a} \times \frac{\text{عرض}}{a}$$

فاصله لامپ ↗