

# اصول سیستم های رادیولوژی و تصویر گر پزشکی

فصل سوم: خصوصیات فیزیکی و فتوالکتریک فیلم رادیوگرافی

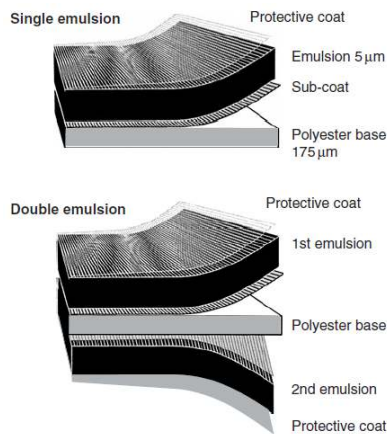
مدرس: حسین پورقاسم

## فیلم رادیوگرافی

- فوتون های اشعه X به سه طریق، به تصویر قابل نمایش تبدیل می شود:
- ۱- یک امولسیون فتوگرافی که تحت تأثیر مستقیم اشعه X عبوری از بدن قرار می گیرد و تصویر تشکیل می گردد.
- ۲- پرتوهای اشعه X به وسیله صفحات تشدید کننده به نور مرئی تبدیل می شود و نور حاصل بر روی فیلم رادیولوژی تشکیل تصویر می دهد.
- ۳- اشعه X به طور مستقیم به صفحه فلوروسکوپی برخورد می کند و تصویر تشکیل میگردد (تفاوت عمده صفحات فلوروسکوپی و صفحات تشدید کننده در طول موج نور تابشی از آنها مربوط می شود).



## خصوصیات فیزیکی فیلم رادیوگرافی



فیلم رادیوگرافی همان فیلم عکاسی (فتوگرافی) است که حاوی یک ماده حساس به نور یا اشعه (امولسیون) است.

ماده مذکور به صورت یک لایه نازک بر هر دو طرف یک صفحه شفاف از جنس پلاستیک (قبلاً به صورت شیشه ای بوده و در حال حاضر از جنس پلی استر است) که پایه نامیده می شود، کشیده شده است.

بین لایه حساس و بنیان فیلم یک لایه چسب قرار داده می شود.



## خصوصیات فیزیکی فیلم رادیوگرافی

**ماده حساس (امولسیون):** دو جزء اساسی ماده حساس ژلاتین و هالاید نقره است. ماده حساس بر دو طرف پایه فیلم کشیده شده اند که ضخامت آن کمتر از ۵ میلی متر است. هالاید نقره، ماده حساس به نور در امولسیون است.

**تصویر مخفی:** دانه‌های آیدوبرماید نقره در داخل ماده حساس فیلم در اثر برخورد فوتونهای نوری باعث آزاد شدن نقره آن می‌شود و یک تصویر با نواحی سیاه رنگ (فلز نقره) بر روی کلیشه رادیوگرافی ظاهر می‌شود.

**ظهور:** فرآیندی شیمیایی است که تصویر مخفی را با یک ضریب میلیونی تقویت می‌کند. واکنش اساسی در این فرآیند احیای یون نقره یعنی اضافه شدن یک الکترون و تبدیل آن به متالیک نقره است.

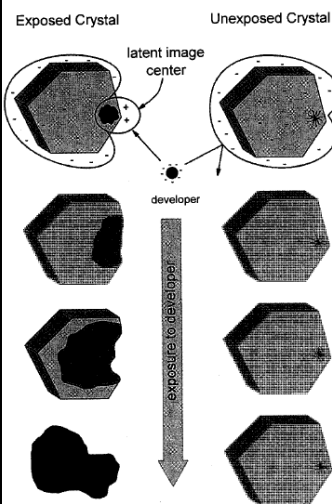


## خصوصیات فیزیکی فیلم رادیوگرافی

- **ثبوت:** در خلال عمل ظهور، فقط قسمتی از هالاید نقره موجود در ماده حساس احیاء می شوند و هالایدهای نقره باقی مانده به تصویر تشکیل شده صدمه می زند. بنابراین لازم است که این هالایدهای نقره توسط محلول ثبوت حذف گردد.
- **مرحله شستشو:** پس از مراحل ظهور و ثبوت، فیلم با آب شسته می شود تا عوامل شیمیایی محلول ثبوت از بین برود. اگر این مرحله ناقص انجام شود به مرور زمان فیلم قهوه ای می شود.



## فرآیند ظهور فیلم



- فرآیند شیمیایی ظهور. سرنوشت یک کریستال هالاید نقره که در معرض تابش اشعه قرار گرفته و یک کریستال هالاید نقره که در معرض تابش اشعه نگرفته در طی فرآیند ظهور نشان داده شده است. کریستالهای هالاید نقره در معرض تابش قرار گرفته، دارای یک مرکز تصویر مخفی (لکه سیاه رنگ) هستند که از ۳ تا ۵ اتم نقره تشکیل شده است. اتمهای نقره به عنوان کاتالیز عمل می کنند و باعث کاهش بیشتر نقره در کریستال هالاید نقره می گردد. بعد از فرآیند ظهور، کریستالهای هالاید نقره در معرض تابش قرار گرفته، تبدیل به لکه های سیاه رنگ نقره می شوند و کریستالهای هالاید نقره در معرض تابش قرار نگرفته، از سطح امولسیون شسته می شوند.



## خصوصیات فتوالکتریک فیلم رادیوگرافی

- تابش به یک فیلم یا ترکیبی از فیلم و صفحه تشدید کننده متناسب با حاصلضرب جریان لامپ اشعه X برحسب میلی آمپر و زمان تابش است. بطور کلی می توان گفت
- (الف) mAs (جریان لامپ در ثانیه) دانسیته فیلم (سیاهی فیلم) را کنترل می کند. و
- (ب) kvp کنتراست تصویر را کنترل می کند.
- به عبارت دیگر، kvp کیفیت دسته اشعه X را مشخص می کند و mAs کمیت دسته اشعه X را تعیین می کند.
- و بطور کلی kvp بیشتر، کنتراست کمتر تصویر را به همراه دارد و mAs بیشتر باعث سیاه تر شدن فیلم می گردد.



## خصوصیات فتوالکتریک فیلم رادیوگرافی

- **دانسیته فتوالکتریک:** درجه سیاهی فیلم، دانسیته فتوالکتریک نامیده می شود و بصورت زیر بیان می شود:

$$D = \log \frac{I_0}{I_t}$$

$I_0$  نور تابشی به فیلم

$I_t$  نور عبور کرده از فیلم

$\frac{I_0}{I_t}$  مقدار کدورت (Opacity) فیلم یعنی توانایی فیلم در متوقف کردن نور.

$\frac{I_t}{I_0}$  مقدار شفافیت (Transmittance) فیلم یعنی توانایی فیلم در عبور نور.



## خصوصیات فتوالکتریک فیلم رادیوگرافی

- دانسیته های مفید در رادیولوژی تشخیصی حدود ۳/۰ (یعنی عبور ۵۰٪ از نور) تا حدود ۲ (یعنی ۱٪ از نور) است.
- جدول زیر، مقادیری از دانسیته و کدورت فیلم را نشان می‌دهد. دانسیته بالاتر به معنی فیلم سیاه‌تر و عبور نور کمتر است.

جدول ۳-۲: مقادیر دانسیته و کدورت فیلم

میزان کدورت	میزان دانسیته	توضیحات
۰	۰.۰۰۰	فیلم کاملاً سفید و بدون نور
۰.۱	۰.۰۱۰	فیلم سفید و بدون نور
۰.۲	۰.۰۲۰	فیلم سفید و بدون نور
۰.۳	۰.۰۳۰	فیلم سفید و بدون نور
۰.۴	۰.۰۴۰	فیلم سفید و بدون نور
۰.۵	۰.۰۵۰	فیلم سفید و بدون نور
۰.۶	۰.۰۶۰	فیلم سفید و بدون نور
۰.۷	۰.۰۷۰	فیلم سفید و بدون نور
۰.۸	۰.۰۸۰	فیلم سفید و بدون نور
۰.۹	۰.۰۹۰	فیلم سفید و بدون نور
۱.۰	۰.۱۰۰	فیلم سفید و بدون نور
۱.۱	۰.۱۱۰	فیلم سفید و بدون نور
۱.۲	۰.۱۲۰	فیلم سفید و بدون نور
۱.۳	۰.۱۳۰	فیلم سفید و بدون نور
۱.۴	۰.۱۴۰	فیلم سفید و بدون نور
۱.۵	۰.۱۵۰	فیلم سفید و بدون نور
۱.۶	۰.۱۶۰	فیلم سفید و بدون نور
۱.۷	۰.۱۷۰	فیلم سفید و بدون نور
۱.۸	۰.۱۸۰	فیلم سفید و بدون نور
۱.۹	۰.۱۹۰	فیلم سفید و بدون نور
۲.۰	۰.۲۰۰	فیلم سفید و بدون نور

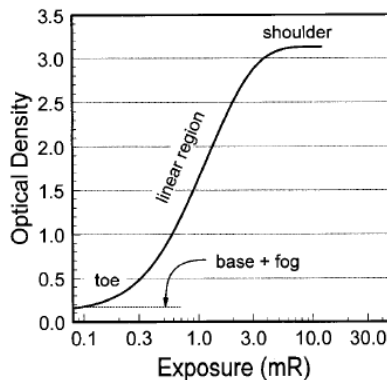
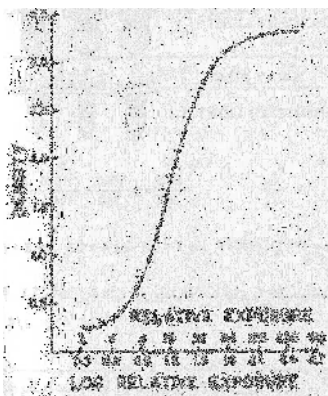


Department of Electrical Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Dr. H. Pourghassem,

9

## منحنی مشخصه فیلم (H&D)

- آقایان Hurter و Oriffield اولین بار در سال ۱۸۹۰ پاسخ فیلم به نور را به شکل منحنی مشخصه منتشر کردند. منحنی مشخصه ارتباط بین تابش و دانسیته را بصورت یک منحنی نمایش می‌دهد.
- محور عمودی منحنی زیر دانسیته فیلم و محور افقی آن میزان تابش را نشان می‌دهد.
- منحنی هلالی شکل و دارای دو ناحیه پاشنه و شانه است. مناطقی که کمتر در معرض تابش بوده‌اند و دارای دانسیته کمتری هستند در ناحیه پاشنه قرار می‌گیرند.



urghassem,

10

## کنتراست رادیوگرافی

- **کنتراست** عبارت است از اختلاف دانسیته بین نواحی مختلف تصویر در کلیشه رادیوگرافی.
- کنتراست رادیوگرافی به کنتراست جسم و کنتراست فیلم بستگی دارد.
- **کنتراست جسم** بوسیله ضخامت، دانسیته و اختلاف اعداد اتمی قسمتهای مختلف جسم، انرژی اشعه X تابشی (kvp)، مواد کنتراست زا و پرتوهای اسکتر (ثانویه) مشخص می‌گردد.
- یادآوری از منظر کنتراست:
- mAs: تعداد کل پرتوهای موجود در دسته اشعه را مشخص می‌کند، مقدار کم یا زیاد mAs باعث شکل‌گیری تصاویر یا تابش کم (خیلی روشن) و یا تابش زیاد (خیلی تاریک) می‌شود.
- kvp: کیفیت پرتوهای دسته اشعه X را تعیین می‌کند. مقدار خیلی زیاد kvp باعث پایین آمدن اختلاف اشعه عبوری از یک جسم نرم و یک جسم چگالتر می‌شود که موجب کاهش کنتراست می‌گردد.

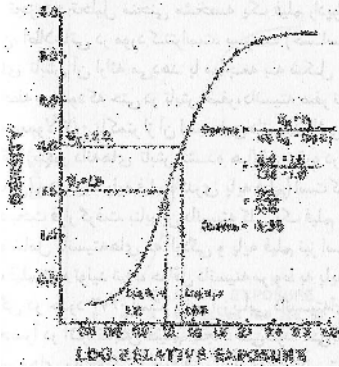


## کنتراست رادیوگرافی

- کنتراست فیلم به طور کلی به ۴ عامل بستگی دارد:
- ۱- منحنی مشخصه فیلم.
- ۲- دانسیته فیلم.
- ۳- تابش مستقیم و غیر مستقیم توسط صفحه تشدید کننده.
- ۴- ظهور فیلم.



### ۱- شکل منحنی مشخصه



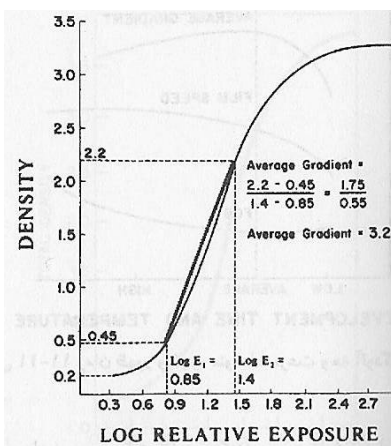
منحنی مشخصه رابطه بین تابش نسبی و دانسیته فیلم را نشان می دهد. شیب این منحنی تحت عنوان گامای فیلم شناخته می شود:

$$\text{Gamma} = \frac{D_2 - D_1}{\log E_2 - \log E_1}$$

$D_2$   $D_1$  دانسیته های ایجاد شده توسط دو تابش نسبی  $E_1$   $E_2$  در پرشیب ترین قسمت منحنی است



### ۱- شکل منحنی مشخصه



محاسبه گامای فیلم در یک محدوده کم از دانسیته انجام می گیرد و محاسبه این شیب در محدوده مفید رادیوگرافی یعنی ۵/۰ تا ۲ منجر به محاسبه شیب متوسط می شود.

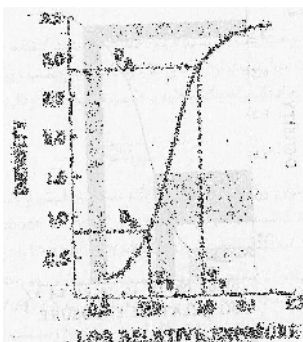
$$D_2 = 2.2 \quad D_1 = 0.45$$

$$\log E_2 = 1.4 \quad \log E_1 = 0.85$$

نکته: در صورتی که شیب متوسط فیلم مورد استفاده بیشتر از یک باشد، فیلم کنتراست جسم را تشدید می کند و به هر اندازه شیب متوسط بیشتر باشد، میزان این تقویت زیادتر خواهد بود.



### ۱- شکل منحنی مشخصه (مثال)



- فرض کنید یک دسته اشعه با  $kvp$  مناسب طوری به یک جسم با بافت نرم و بافت استخوانی برخورد می کند که فیلم زیر بافت نرم ۴ برابر فیلم زیر استخوان فوتون دریافت می کند.
- اختلاف لگاریتم تابشهای نسبی فیلم در این دو ناحیه برابر  $6/0$  (  $\log 4 = 0.6$  ) است.
- یعنی اگر فرض کنیم که لگاریتم تابشی در بافت نرم  $\log E_s = 1.5$  باشد و لگاریتم تابشی ناحیه استخوانی  $\log E_B = 0.9$  باشد. دانسیته های استخوان و بافت نرم بصورت  $D_s = 2.8$   $D_B = 0.8$  خواهد بود.
- اختلاف دانسیته این دو برابر دو است یعنی اینکه این دو ناحیه در فیلم با اختلاف روشنایی ۱ به ۱۰۰ دیده می شود (  $\log 100 = 2$  ).



### ۱- شکل منحنی مشخصه (مثال)

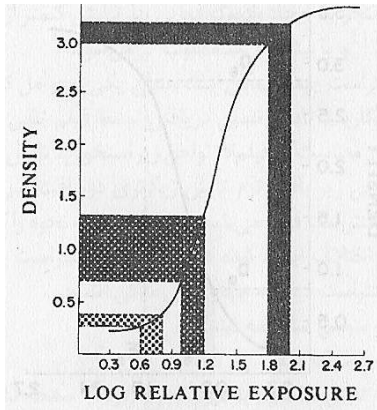
جمع بندی:

به عبارت دیگر دو ناحیه در جسم با کنتراست ۱ به ۴ بر روی فیلم با کنتراست ۱ به ۱۰۰ تقویت می شود.





## ۲- دانسیته فیلم



- فرض کنید با یک Kvp مناسب و ثابت در یک تصویر برداری، میزان پرتوهای عبوری از یک ناحیه نسبت به ناحیه دیگر ۶/۱ برابر باشد. یعنی اختلاف لگاریتمی تابش دو ناحیه  $\log 1.6 = 0.2$
- اگر فیلم مورد استفاده دارای منحنی مشخصه گراف روبرو باشد. در صورت مناسب بودن عوامل زمان و میلی آمپر این اختلاف تابش می تواند
  - ۱- در ناحیه شیب دار منحنی واقع شود و یک اختلاف لگاریتمی ۶/۰ (  $\exp(0.6) = 4$  ) و کنتراست ۱ به ۴ را در فیلم ایجاد کند (قسمت هاشور خورده مشکی).



## ۲- دانسیته فیلم

- ۲- یا می تواند در قسمت تابش پایین قرار گیرد و اختلاف دانسیته ۱۳/۰ را داشته باشد که کنتراست ۱ به ۳۵/۱ (  $\exp(0.13) = 1.35$  ) را ایجاد کند (ناحیه هاشور خورده سفید).
- ۳- یا می تواند در قسمت تابش زیاد قرار گیرد و اختلاف دانسیته ۲/۰ یا به عبارتی کنتراست ۱ به ۵۹/۱ (  $\exp(0.2) = 1.59$  ) را در تصویر ایجاد کند (ناحیه تیره).
- توجه کنید که در هر سه حالت اختلاف لگاریتمی تابش دو ناحیه ۲/۰ یعنی  $\exp(0.2) = 1.6$  ، ۶/۱ برابر تابش می باشد.



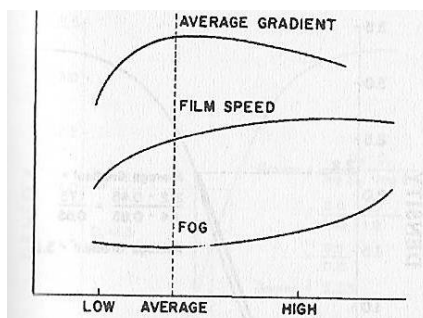
### ۳- تابش مستقیم و غیر مستقیم (با صفحه تشدید کننده) اشعه ایکس

- اگر فیلمی که برای تابش بوسیله نور صفحات تشدید کننده ساخته شده است، بطور مستقیم در معرض اشعه X قرار گیرد، شکل منحنی مشخصه آن بطور کلی تغییر می کند.
- با توجه به اینکه فاکتور تشدید کنندگی صفحات ۵-۱۵ برابر است، اگر برای شکل گیری یک تصویر با صفحه تشدید کننده بر روی فیلم نیاز به یک میلی رونتگن تابش اشعه ایکس باشد. اگر از صفحه استفاده نشود این مقدار تابش به ۳۰ میلی رونتگن افزایش خواهد یافت.
- در دانسیته مشابه، کنتراست فیلمی که فقط در معرض اشعه ایکس قرار گیرد در مقایسه با فیلم مشابهی که در معرض صفحه تشدید کننده قرار گیرد، بسیار پایین است.



### ۴- ظهور فیلم

- افزایش زمان و دمای ظهور فیلم باعث:
- الف- افزایش شیب متوسط (افزایش کنتراست فیلم).
- ب- افزایش سرعت فیلم (افزایش دانسیته به ازای یک تابش معین).
- ج- افزایش مه آلودگی (کاهش کنتراست فیلم)
- گراف زیر، اثر زمان و دمای ظهور بر روی شیب متوسط، سرعت و مه آلودگی را نشان می دهد.



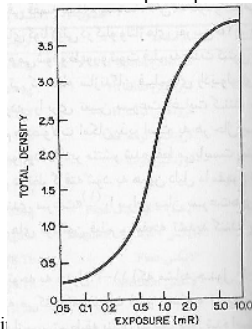
## ۱-۴- سرعت فیلم

- سرعت یک سیستم فیلم-صفحه تشدید کننده طبق تعریف عبارت است از عکس مقدار تابش برحسب رونتگن برای ایجاد دانسیته یک.

$$speed = \frac{1}{Rountgen}$$

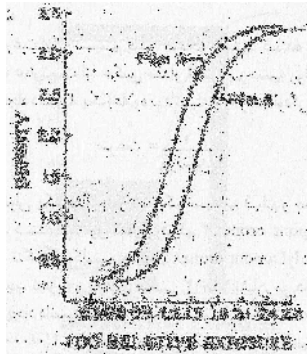
- براساس گراف زیر، برای ایجاد دانسیته یک به تابشی معادل ۵۷/۰ میلی رونتگن نیاز است. بنابراین سرعت سیستم فیلم- صفحه تشدید کننده در این Kvp برابر است با

$$S = \frac{1}{0.00057 R} = 1750 R^{-1}$$



## ۱-۴- سرعت فیلم

- گراف زیر منحنی های دو فیلم را که دقیقاً شبیه هم هستند را نشان می دهد که فیلم B به مقدار ۳/۰ لگاریتم تابش نسبی در سمت راست منحنی فیلم A قرار دارد. هر دو فیلم به دلیل شیب یکسان منحنی دارای کنتراست یکسان هستند
- و لیکن فیلم B نسبت به فیلم A تابش بیشتری یعنی  $2 = \exp(0.3)$  برابر نیاز دارد.



- نکته: چونکه شیب منحنی با دانسیته تغییر می کند. بنابراین سرعت نسبی بین دو فیلم با تغییر دانسیته ای که در آن سرعت اندازه گیری می شود، تغییر می کند.

