

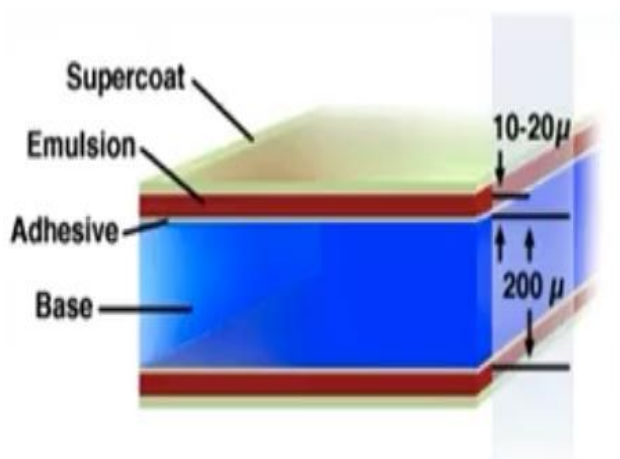


رادیولوژی

در این جلسه در رابطه با processing فیلم رادیوگرافی و چگونگی تشکیل تصویر و ظهور تصویر از یک فیلم خام صحبت می‌کنیم.

ساختار فیلم

در ابتدا نگاهی به ساختار درونی پاکت فیلم می‌اندازیم که از اجزاء مختلفی تشکیل شده است؛ مانند: فویل سربی، رپینگ کاغذی تیره (داخل یک پاکت پلاستیکی قرار دارد) و همچنین فیلم.



قسمت عمده ی حجم فیلم قسمت base فیلم (قسمت آبی تصویر) است که این قسمت فیلم برای ساپورت مکانیکی لازم است؛ یعنی از فیلم در برابر خم شدن و آسیب‌های مکانیکی محافظت می‌کند؛ و همچنین، در تشکیل تصویر نقشی ندارد (قسمتی که در تشکیل تصویر نقش دارد قسمت emulsion است). Emulsion قلب فیلم است (قسمت قرمز رنگ). adhesive برای چسبیدن emulsion به base و super-coat برای محافظت از emulsion قرار دارند.

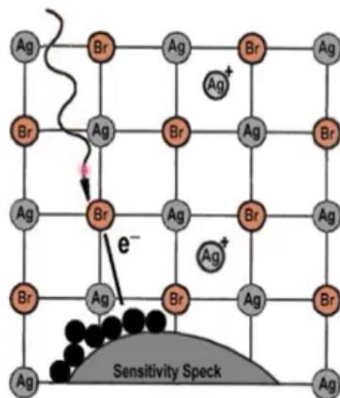
ساختار emulsion چگونه است؟

برای توضیح این موضوع یک ژله میوه را تصور کنید که قسمت عمده آن ژلاتین است و داخل آن تکه های میوه قرار دارند؛ emulsion دقیقا به همین صورت است؛ یعنی، یک ساختار ژلاتینی دارد که داخل آن کریستال های برمید نقره یا هالید نقره قرار گرفته‌اند. دلیل اینکه به این کریستال ها هالید نقره می‌گویند این است که یک اتم از اتم های گروه هالوژن‌ها (F-Cl-Br-I-At) با یک اتم نقره پیوند داده و در یک ساختار



کریستالی شرکت کرده است. معمولا این اتم گروه هالوژن ها برم است به همین خاطر به این کریستال ها برمید نقره هم میگویند. یک سری یون های نقره (Ag^+) نیز به صورت بینابینی در این ساختار قرار دارند.

در مجموع وقتی اشعه به فیلم برخورد می کند، با این کریستال ها واکنش می دهد و طی واکنش هایی تصویری نهفته تشکیل می شود. دلیل اینکه به تصویر تشکیل شده تصویر نهفته می گویند این است که تا فیلم را در ماده ظهور و ثبوت ظاهر نکنیم تصویری مشاهده نمی شود.



Formation of latent image:

زمانی که یک فوتون اشعه X به یک کریستال برخورد می کند، این فوتون از نقره موجود در ساختار کریستال؛ یک الکترون جدا می کند و این الکترون آزاد شده در منطقه ای که به آن sensitivity center (speck) یا منطقه حساسیت می گویند (منطقه دارای بار مثبت)، جمع می شود. از ترکیبات سولفور در ساختار منطقه حساسیت استفاده شده است.

الکترون جذب منطقه خاصی به نام منطقه حساسیت می شود. این پروسه ممکن است چندین بار برای یک کریستال تکرار شود. پس منطقه ی حساسیت کریستالی که به آن اشعه خورده است بار منفی به خود می گیرد و یون های نقره (Ag^+) آزادی که در ساختار کریستال وجود دارند به این منطقه مهاجرت کرده و جذب می شوند. در نتیجه اتم های نقره به صورت نواحی فلزی تیره رنگ در منطقه حساسیت رسوب می کند.

سوال: چرا یون های نقره که در پیوندها هستند به منطقه حساسیت نمی آیند؟

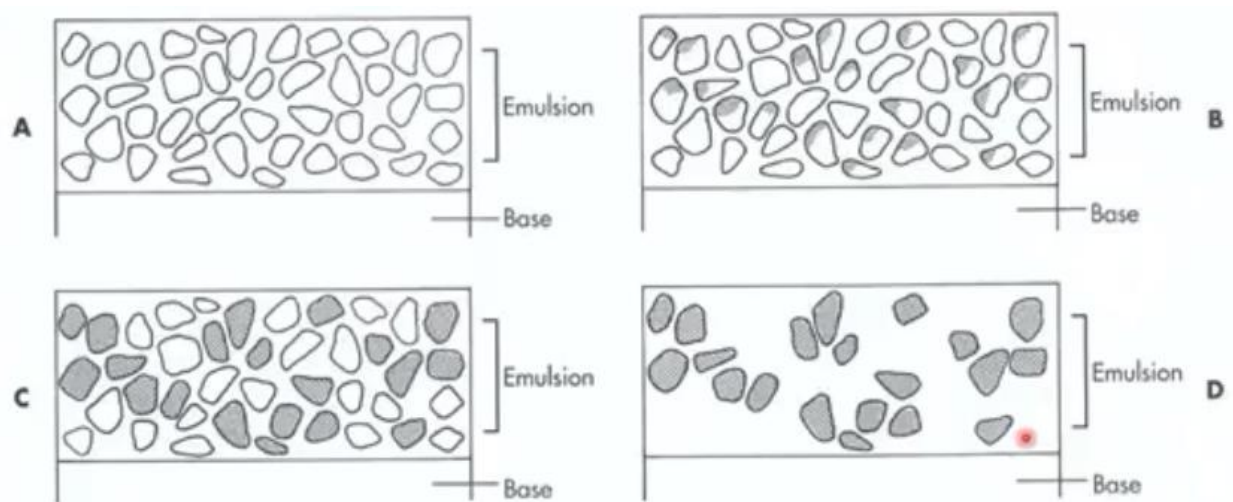
جواب: این یون ها در واکنش کریستالی هستند یعنی در یک ساختار کریستالی با چند برم واکنش داده اند در نتیجه این یون ها حتی اگر یک پیوند از آن ها کنده شده باشد، آنقدر آزاد نیستند که بتوانند سریع به منطقه حساسیت برسند.

اگر به یک فیلم خام اشعه تابیده شود مناطقی که اشعه از جسم عبور کرده و توانسته به فیلم برسد، کریستال هایی در زیر این قسمت ها مشاهده می شوند که با اشعه expose شده اند. این کریستال ها، کریستال زخمی نامیده می شوند که اتم های نقره فلزی در آن رسوب کرده اند.

کریستال‌هایی که تغییر نکرده‌اند، اشعه‌ای به آن‌ها برخورد نکرده است. ممکن است بر سر راه این کریستال‌ها آمالگام وجود داشته باشد و بخش عمده‌ی اشعه را جذب کرده باشد و چیزی از اشعه باقی نمانده باشد تا به کریستال‌ها برخورد کند.

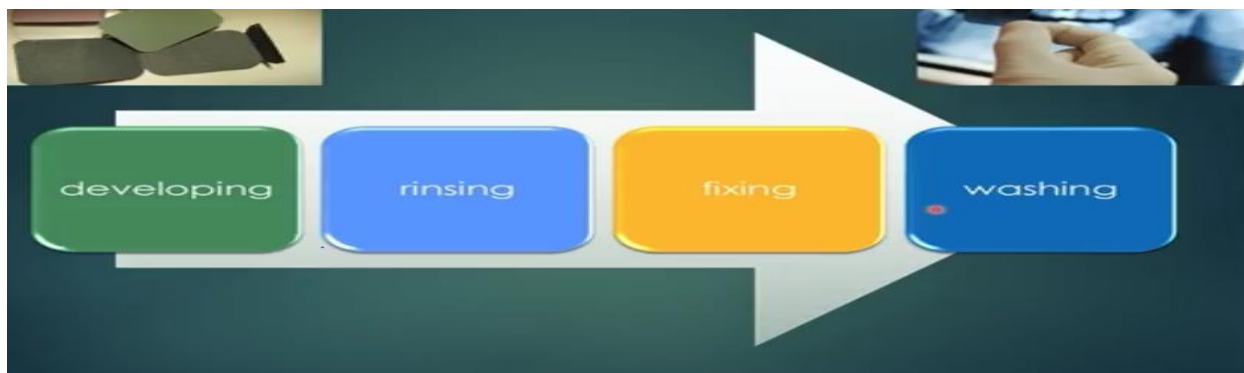
در واقع کریستال‌های expose شده و expose نشده نشان دهنده‌ی خود جسم، دانسیته جسم و میزان تضعیفی که در اشعه/ایجاد می‌کنند است. به مناطق اشعه دیده تصویر نهفته می‌گوییم؛ زیرا، برای دیدن این مناطق باید فیلم را در مایع ظهور و ثبوت قرار دهیم.

ظاهر کردن به این صورت است که کریستال‌های اشعه خورده را کاملاً سیاه می‌کند و به همه‌ی برم‌ها الکترون می‌دهد و آن‌ها را از ساختار کریستالی خارج می‌کند؛ همچنین، همه‌ی یون‌های نقره، حتی یون‌هایی که در ساختار کریستالی هستند را به اتم نقره تبدیل می‌کند. در این پروسه کل کریستال به یک توده‌ی نقره فلزی تبدیل می‌شود و به صورت یک ناحیه سیاه رنگ بر روی فیلم دیده می‌شود. به همین دلیل نقاط اشعه دیده بعد از ظاهر کردن فیلم سیاه دیده می‌شوند. کریستال‌های expose نشده هنوز روی فیلم هستند، این کریستال‌ها در مرحله ثبوت از روی فیلم برداشته شده و یک منطقه clear و سفید ایجاد می‌شود.



مراحل ظهور و ثبوت

به طور کلی کاری که در تاریکخانه انجام می‌گیرد این است که در ابتدا فیلم درون developing agent یا developing solution که همان محلول ظهور است قرار می‌گیرد و پس از شستشو (rinsing)، فیلم در fixer که همان محلول ثبوت است قرار می‌گیرد. بعد از شستشو با آب جاری فیلم را خشک کرده تا تصویر قابل مشاهده شود.



ظهور

محلول ظهور یک مایع است که از ۴ جز مختلف تشکیل شده است که هر یک از آن‌ها کار به خصوصی را انجام می‌دهد:

۱. developer

مهم‌ترین جز آن developer است که عمل ظهور را انجام می‌دهد. این ماده یک احیاء کننده است و الکترون در اختیار Ag^+ قرار می‌دهد و آن را به اتم نقره تبدیل می‌کند. در نتیجه پیوند میان نقره و برم شکسته می‌شود و اتم‌های نقره به صورت نقاط سیاه بر روی فیلم قرار می‌گیرند. Phenidone و hydroquinone جزء developer ها هستند.

۲. activator

- باعث می‌شود PH محلول ظهور بازی شود و PH محیط حدودا به ۱۰ می‌رسد. developer در محیط بازی عملکرد بهتری دارد.
- باعث می‌شود emulsion متورم شود و وقتی که این قسمت متورم شود محلول ثبوت و مایعات اطراف کریستال‌ها راحت جریان پیدا می‌کنند و کار مایعات تسریع می‌شود. Sodium/potassium hydroxide جزء activator ها هستند.

۳. preservative

نگه دارنده است و باعث افزایش طول عمر محلول ظهور می‌شود (از اکسید شدن آن با اکسیژن هوا جلوگیری می‌کند). اگر محلول ظهور به مدت طولانی اکسید شده باشد، preservative با آن واکنش داده و اکسیدشدگی را از بین می‌برد. محصول این واکنش یک ماده قهوه‌ای رنگ است که ممکن است به فیلم بچسبد. برای از بین بردن این ماده باید فیلم را بشوییم. ماده نگه دارنده sodium sulfite است.

۴. Restrainer

بازدارنده است و از احیا شدن کریستال‌های expose نشده جلوگیری می‌کند. باعث می‌شود که این کریستال‌ها باقی بمانند تا در مرحله ثبوت با مایع ثبوت از فیلم خارج شوند. Benzotriazole و potassium bromide جزء بازدارنده‌ها هستند.



سوال: فرق کریستال‌های expose شده و expose نشده در چه فاکتوری است که فقط کریستال‌های expose شده ظاهر می‌شوند در حالی که هر دو احیا می‌شوند؟

پاسخ:

- کریستال‌هایی که expose شده‌اند در منطقه حساسیتشان یون نقره وجود دارد ولی کریستال‌های expose نشده فاقد این ویژگی هستند.
- یون نقره موجود در منطقه حساسیت نقش کاتالیزوری در واکنش احیا در عمل ظهور دارد.
- ساختار کریستال‌های expose شده به دلیل واکنش‌های متعدد آسیب‌پذیر شده‌است، به همین دلیل کریستال‌های expose شده نسبت به مایع ظهور حساس‌تر هستند.

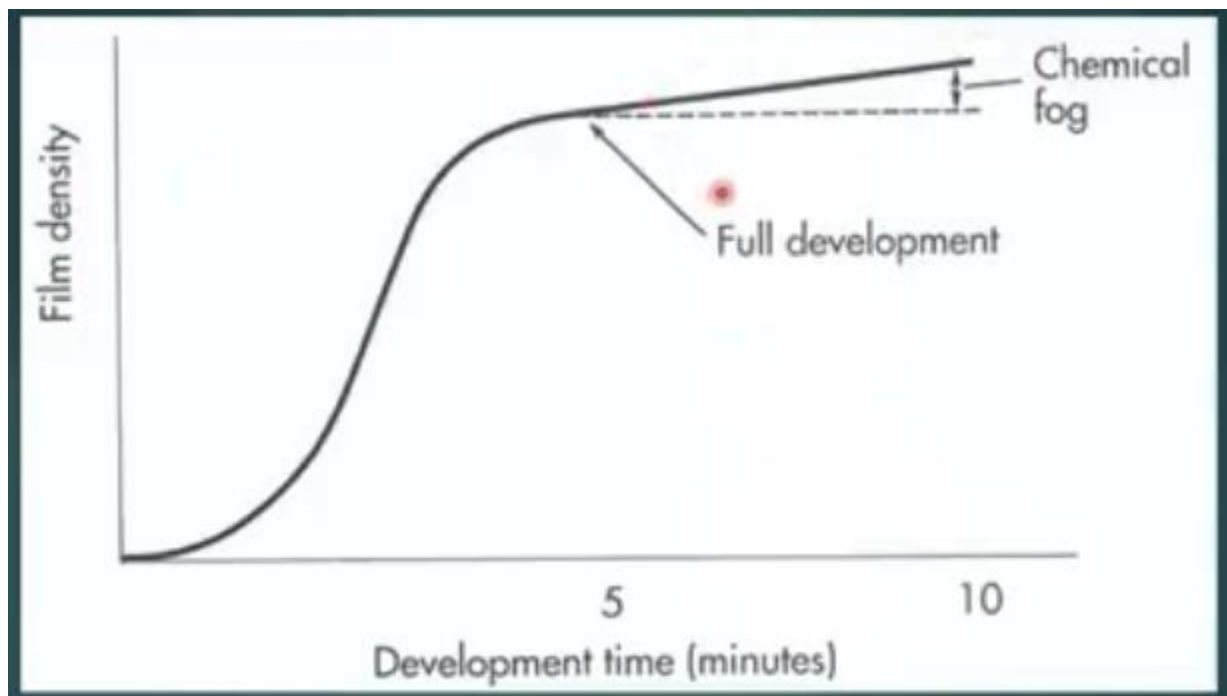
نکته: اگر فیلم مدت زمان زیادی در مایع ظهور قرار گیرد کریستال‌های expose نشده هم احیا می‌شوند ولی در زمان کم فقط کریستال‌هایی که کاتالیزور دارند وارد واکنش می‌شوند پس مهم است که فیلم زمان زیادی در مایع ظهور قرار نگیرد.

نمودار density-development time:

نمودار زیر density یا تیرگی فیلم را نسبت به زمانی که در مایع ظهور قرار دارد نشان می‌دهد. این نمودار نشان می‌دهد که در ابتدای کار فیلم به آهستگی شروع به تیره شدن می‌کند و سرعت زیادی ندارد اما در ادامه که مواد احیاکننده

شروع به احیا کردن کریستال‌ها می‌کنند سرعت تیره شدن فیلم بالا می‌رود. از یک نقطه به بعد تیرگی به حدی می‌رسد که نمودار وارد حالت plato شده و تیرگی به میزان کمی افزایش می‌یابد

- full development: این تیرگی زمانی رخ می‌دهد که تمامی کریستال‌های expose شده ظاهر می‌شوند. این حد، حد مناسب تیرگی فیلم است و ظهور در اینجا کامل می‌شود.
 - زمان‌های پس از full development: این زمان زمانی است که فیلم بیش از حد در مایع ظهور قرار گرفته است و تیرگی که در این زمان بوجود می‌آید را chemical fog می‌گویند (به هر تیرگی که از منابع غیر تشخیصی روی فیلم ایجاد می‌شود fog گفته می‌شود. به دلیل آن‌که پروسه ظهور و ثبوت یک پروسه شیمیایی است به آن chemical fog گفته می‌شود). در این مرحله کریستال‌های expose نشده ظاهر می‌شوند و fog ایجاد می‌کنند.
- نکته: به restrainer که از احیا کریستال‌های expose نشده جلوگیری می‌کند antifog agent می‌گویند.



وقتی که محلول ظهور زیاد استفاده شود به آن محلول seasoned (پخته یا کهنه) می‌گویند و موادی که داخل آن می‌باشد غلظت و کاراییشان کم می‌شود مثلاً مواد احیا کننده موجود در محلول کم می‌شود و برم به ترکیبات محلول وارد می‌شود. پس کارایی این محلول به مرور زمان کمتر شده و باید هر روز در جایگاه محلول ظهور مطبمان ماده ظهور جدید بریزیم اگر لود مطب مثلاً ۳۰ پری اپیکال باشه (۵ پانورامیک) باید به ازای هر گالن حدود هشت انس ماده بریزیم (حدوداً به ازای هر چهار لیتر حدود یک چهارم لیتر مواد اضافه کنیم). هر موقع که ماده به محلول ظهور اضافه می‌کنیم به محلول ثبوت هم باید اضافه کنیم و بعد از یک مدت کلاً محلول‌ها را باید عوض کنیم. زمان تعویض محلول‌ها با تست

کیفی انجام می‌شود (تست وجه پله ایی که در کنترل کیفیت انجام می‌شود). شست و شو باید بین ظهور و ثبوت حتماً انجام شود دلیلش این است که ماده ظهور بازی و ماده ثبوت اسیدی می‌باشد و اگر این ماده قلیایی وارد ماده اسیدی شود ماده اسیدی را خنثی می‌کند و کارکرد ماده ثبوت را کم می‌کند و دلیل دیگر آن این است که با شستن؛ فرآیند ظهور را متوقف می‌کنیم.

محلول ثبوت:

در محلول ثبوت ۴ جزء وجود دارد :

1. جزء اصلی آن Thiosulfate Ammonium می‌باشد؛ که به آن Clearing agent گویند که با نقره واکنش می‌دهد و تیوسولفات نقره یا hypo تشکیل می‌شود و از روی فیلم به داخل محلول ثبوت آزاد می‌شوند.

اگر این hypo روی فیلم بچسبند یک لکه زرد روی فیلم تشکیل می‌شود و بنابراین بعد از ثبوت حتماً باید فیلم را بشویم.

2. فرآیند تشکیل تیو سولفات نقره و خارج شدن آن از فیلم و وارد شدنش به محلول ثبوت در محیط اسیدی بهتر انجام می‌شود هرچند تیو سولفات آمونیوم در محیط اسیدی ناپایدار می‌باشد ولی چون واکنش راحت تر انجام می‌شود باید محیط اسیدی باشد که با اسید استیک این محیط را فراهم می‌کنند و PH حدود ۴ برای محیط ایجاد می‌شود و برای همین محلول ثبوت بوی سرکه می‌دهد .

3. Preservative که همان Ammonium sulfite است عمر محلول را زیاد میکند و از اکسید شدن تیو سولفات آمونیوم که در محلول اسیدی ناپایدار است جلوگیری می‌کند و عمر محلول را افزایش دهد.

4. Hardener

اکتیویتور در ماده ظهور باعث می‌شد که امولسیون پف کند تا محلول ها راحت تر اطراف کریستالها حرکت کنند اگر امولسیون همان جور پف کرده باقی بماند وقتی که فیلم را خارج می‌کنیم فیلم به راحتی دچار خش برمیدارد و امولسیون از روی سطح فیلم کنده می‌شود و فقط بیس باقی می‌ماند و با کوچکترین ضربه ناخن و دست کنده می‌شود و بنابراین hardener که Aluminum sulfate می‌باشد ،امولسیون پف کرده را شرینک می‌دهد و آن را سخت کرده و آب را از آن بیرون می‌کشد و آن را به اثرات خش و ضربه مقاوم می‌کند.

بعد از مرحله ثبوت شستشو انجام می‌دهیم که hypo retention نداشته باشیم .

عوامل دیگری که در سرعت ظهور و ثبوت تاثیر دارند:

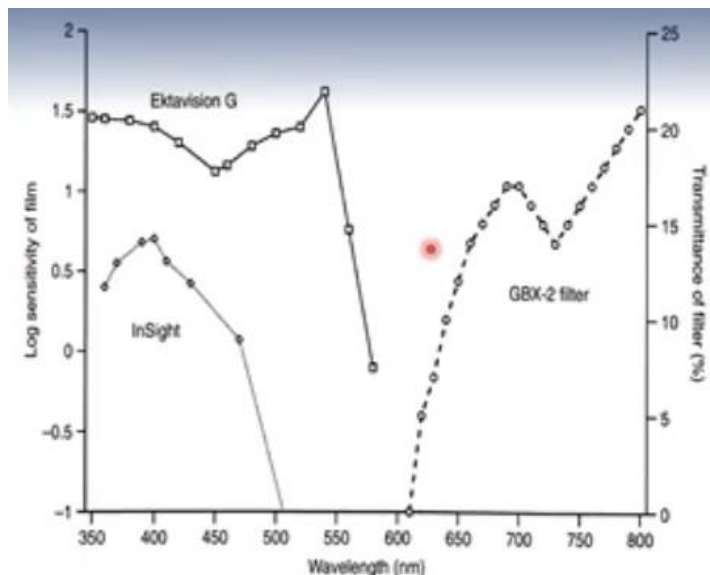
Concentration: سرعت ظهور و ثبوت در محلول جدید بیشتر از محلول کهنه می‌باشد. و هرچه غلظت محلول ثبوت و ظهور بیشتر باشد سرعت فرآیند بیشتر است.

Temperature: در دمای بالاتر فرایند سریع تر انجام می شود.

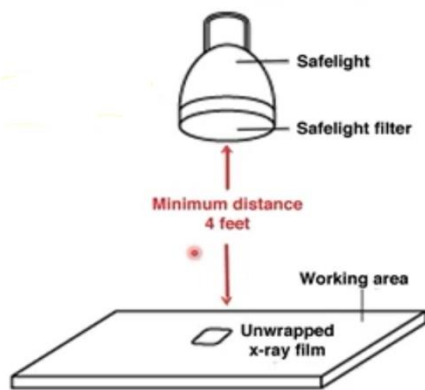
Time: هرچه زمان بیشتر باشد fixing و developing بیشتر انجام میشود ولی در مرحله fixing چون محلول حالت اسیدی دارد اگر فیلم خیلی زیاد و ساعت ها در محلول بماند تصویر و امولسیون از روی فیلم کلاً شسته شده و تصویر از بین میرود و اصطلاحاً تصویر fade می شود.

تاریک خانه:

تاریک خانه حالت قرمز رنگ دارد چون ما فیلم را در تاریک خانه باز میکنیم و اگر نور به فیلممان بخورد؛ کریستالهای expose نشده هم expose می شوند و قبل از انجام فرآیند ظهور و ثبوت فیلم سیاه می شود. تاریکخانه باید کاملاً در بسته و تاریک باشد ولی نور قرمز می تواند وجود داشته باشد. به نمودار زیر توجه کنید :

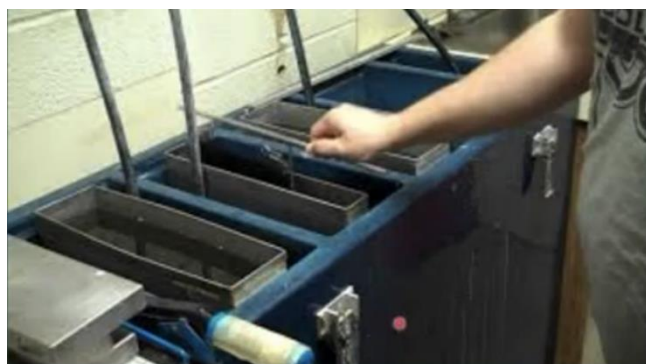


این نمودار نشان دهنده طول موج هایی از نور مرئی می باشد که دو نوع مارک فیلم که در نمودار رسم شده است به آن حساسیت دارد. همه آنها به طول موج حدوداً ۵۵۰ تا ۵۷۰ نانومتر حساس هستند ولی فیلم ها به طول موج های بالای ۶۰۰ نانومتر حساس نیستند. البته اگر زمان خیلی طولانی فیلم داخل تاریکخانه بماند و نور قرمز در آن روشن باشد یک fog در آن ایجاد می شود؛ به این دلایل ما در تاریکخانه فیلتر نور قرمز داریم که باید در یک فاصله معین از میز کار قرار گیرد زیرا شدت نور هم روی ظاهر سازی فیلم تاثیر می گذارد؛ این فاصله حدود ۴ فوت (حدود ۱.۲m) می باشد. این لامپ اگر لامپ معمولی باشد ۷.۵ وات می باشد ولی اگر لامپ فرستد (حالت مه آلود و ابری دارد) باشد می تواند ۱۵ وات هم باشد در بعضی تاریک خانه ها فیلتر نور زرد وجود دارد که برای فیلم های داخل دهانی مناسب اند ولی برای فیلم های خارجی مثل پانورامیک و سفالومتریکی مناسب نیستند. یک نمونه از این فیلترها ML2 می باشد. این فیلتر برای فیلم های داخل دهانی که خیلی سریع هستند هم مناسب نیستند؛ زیرا همان گونه که میدانیم سرعت با



حساسیت به اشعه تعریف می شود یعنی اینکه با یک مقدار از اشعه چقدر تیرگی روی فیلم ایجاد می شود.
پس ما از فیلتر نور قرمز استفاده می کنیم که اصطلاحاً به آن GBX2 می گویند

تاریک خانه: یک تانکر بزرگ است که ۴ ظرف استیل (که با محلول ها واکنش ندهند) در آن قرار دارد که این ۴ ظرف به ترتیب زیر حاوی موادی هستند:



۱- ظهور

۲- آب

۳- ثبوت

۴- آب

این ظرف ها دوباره در یک ظرف دیگر قرار دارند؛ چون در ظرف دیگر باید آب با دمای یکنواخت جریان داشته باشد تا دمای مکان مختلف یکسان باشند. داخل ظروف دماسنج (که نباید جیوه ای باشد چون ممکن است بشکند و باعث آلودگی ظروف شود) وجود دارد که به وسیله ی آن دمای مواد داخل ظروف کنترل می شود؛ زیرا دما عامل مهمی در این فرایند است.

البته سیستمی به این تجهیز همیشه وجود ندارد!

آیا ما به عنوان یک دندانپزشک نیاز است که در مطب خود یک اتاق به عنوان تاریک خانه داشته باشیم؟

خیر؛ دستگاهی وجود دارد به نام Day light loader که یک درپوش دارد و دو تا دریچه که به وسیله ی کش پوشیده شده اند. از این دریچه ها دست خود را وارد دستگاه می کنیم. درون دستگاه ۴ ظرف ظهور، آب، ثبوت و دوباره آب وجود دارد؛ فیلم را باز کرده و به وسیله ی گیره آنرا گرفته و فرایند ظهور و ثبوت را انجام می دهیم.

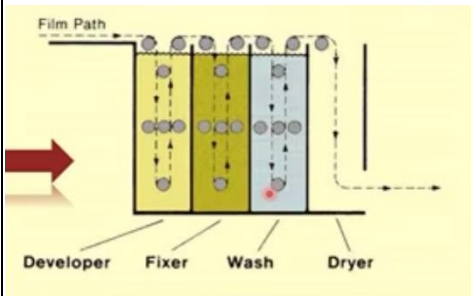


✓ چرا به این وسیله Day light loader می گویند؟ چون به خاطر درپوش و پوشش کشی درپچه ها، درون دستگاه یک محیط تاریک (مگر اینکه دست ها نسبت به کش ها خیلی ظریف تر باشند) ایجاد می شود که می توان از این دستگاه در روشنایی اتاق استفاده کرد و به خاطر پوشش قرمز رنگ، فقط نور قرمز وارد دستگاه می شود.

Automatic film processing



علاوه بر Day light loader در کلینیک های رادیولوژی که تعداد مراجعه کننده ها زیاد است، از روش Automatic film processing استفاده می کنند. در این روش دستگاهی وجود دارد که باید آنرا درون یک اتاق تاریک قرار دهیم و سپس فیلم را وارد دستگاه کنیم؛ این فیلم در داخل دستگاه به وسیله ی غلتک هایی می چرخد و از ماده ی ظهور و ثبوت رد شده و بعد از شسته شدن در آب، با برخورد هوای گرم خشک شده و در نهایت از دستگاه خارج می شود. در این روش شسته شدن بین مرحله ی developer و fixer حذف شده؛ زیرا این شستشو را با فشار غلتک های بالایی می توان انجام داد و با فشار غلتک ها ماده ظهور اضافی از فیلم خارج میشود. پس بنابراین هم ماده ظهور وارد ماده ثبوت نمیشود و هم اینکه فرآیند ظهور پس از خارج شدن محلول ظهور تقریباً کند شده و از بین میرود ولی شستشوی نهایی حتماً باید انجام شود.



✓ غلتک ها دو کار انجام می دهند:

1 - با چرخش این غلتک ها ماده ی ظهور به هم می خورد و هم از نظر دمایی و هم از نظر یک دستی ماده ی ظهور و عدم رسوب آن اهمیت دارد.

2 - غلتک های بالایی کار شستشوی اولیه را انجام می دهند

✓ مزیت های این سیستم:

1 - صرفه جویی در زمان: زیرا ظهور و ثبوت در دمای بالاتری انجام می شود.

2 - فیلمی که از دستگاه بیرون می آید، از نظر contrast و density ثابت می ماند؛ زیرا تحت یک دما و زمان خاص و هوای گرم خشک می شود. بنابراین در طول زمان تغییری نمی کند.

✓ معایب این روش:

1 - Film graininess: دمای بالا باعث می شود فیلم مقداری دون-دون شود!!!

2 - Film artifact: چون دستگاه دارای Roller است، ممکن است که این Roller ها کثیف و فرسوده شده و روی فیلم رد ایجاد کنند و باعث artifact فیلم شوند.

پس اگر ما فرآید ظاهر سازی به روش دستی را به درستی و استاندارد انجام دهیم فیلم با کیفیت نهایی بهتری را بدست می آوریم.

✓ این دستگاه دو ویژگی دارد:

- 1 - Higher temperature: باعث صرفه جویی در زمان می شود
- 2 - Higher concentration of hardener in fixer: باعث مقاومت محلول در برابر فشار های مکانیکی Roller ها می شود.

Rapid processing

نوع دیگری از ظهور و ثبوت است. در این روش ظهور و ثبوت خیلی سریع انجام می شود؛ بنابراین در موارد اورژانسی و موارد اندو از آن استفاده می شود.

✓ مزیت این روش: محلول این روش مقداری متفاوت است؛ غلظت بیشتری از ماده ی احیا کننده (hydroquinone) در آن وجود دارد و همچنین activator آن pH بالاتری دارد که اینها باعث افزایش سرعت فرایند می شوند.

✓ معایب:

- 1 - فیلم خروجی کنتراست کمتری دارد .
- 2 - فیلم نهایی در گذر زمان تغییر رنگ می دهد چون ثبوت سریعی داشت. پس اگر از این روش استفاده کردیم، وقتی فیلم را دیدیم و کار مان تمام شد، فیلم را در ماده ی ثبوت به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده و بعد از شستن و خشک کردن در پرونده ی بیمار قرار می دهیم.