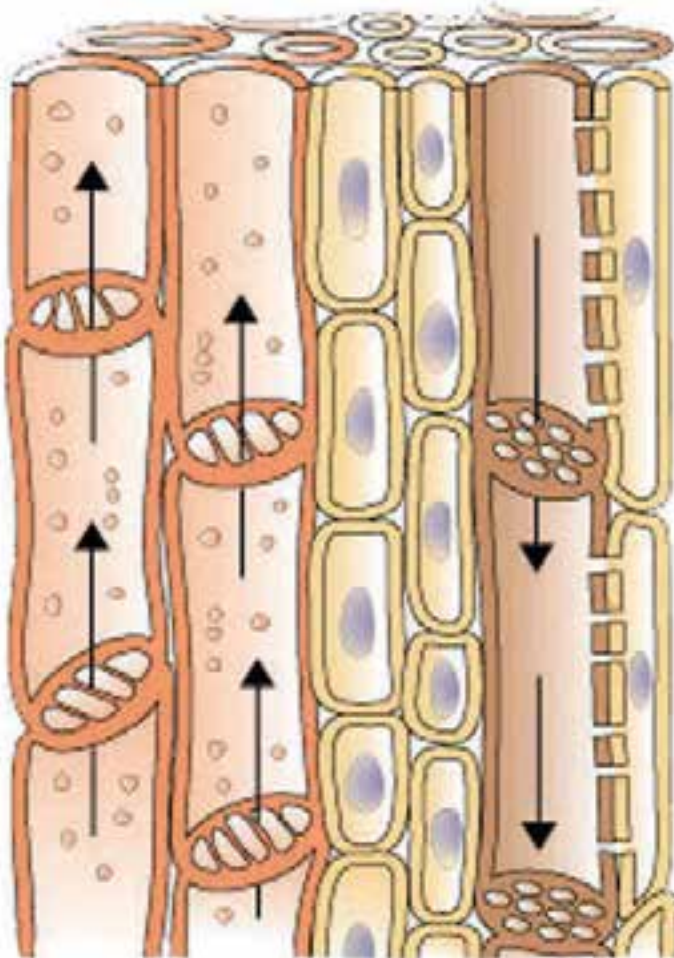


# فصل سوم

## رطوبت چوب





## پیش‌آزمون

۱- رطوبت و آب را در درخت سرپا بیان کنید.

.....  
.....

۲- برداشت چوب از جنگل در چه فصلی است و چرا؟

.....  
.....

۳- رطوبت چوب برای ساخت مبلمان مسکونی چه مقدار می‌باشد؟

.....  
.....

۴- به چه دلیل پایداری ابعاد چوب مهم می‌باشد؟

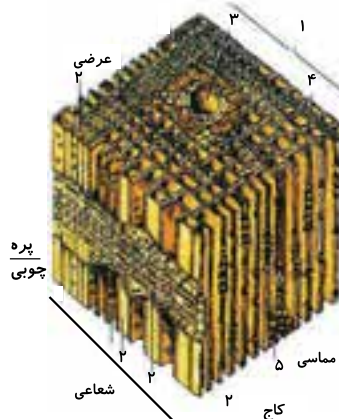
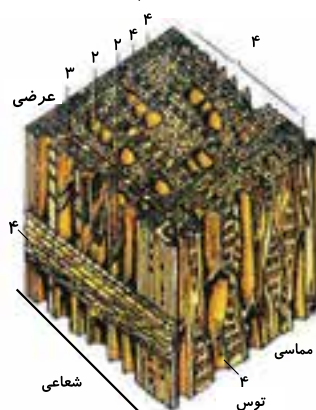
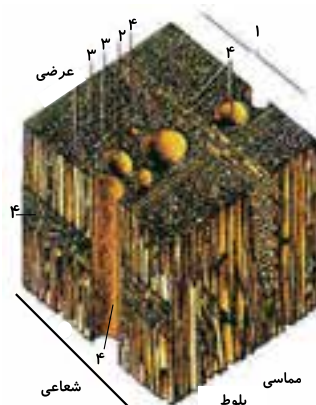
.....  
.....

۵- انواع ابزارهای اندازه‌گیری جرم یک قطعه چوب را نام ببرید.

.....  
.....

۶- چگونه درصد رطوبت چوب بیان می‌شود؟

.....  
.....



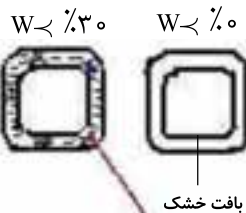
بلوط: ۱- رویش سالیانه، ۲- آوند ۳- فیبر ۴- پره چوبی  
توس: ۱- رویش سالیانه ۲- آوند ۳- فیبر ۴- پره چوبی  
کاج: ۱- رویش سالیانه ۲- تراکتید بهاره ۳- حفره  
رزینی ۴- تراکتید تابستانه ۵- پره چوبی

شکل ۱-۳- مقاطع میکروسکوپی سه گونه چوبی

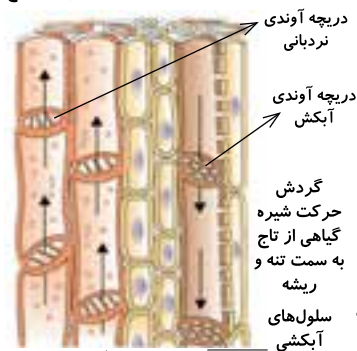
## رطوبت در درخت سرپا

ساختمان میکروسکوپی و ماکروسکوپی چوب شرایطی را به وجود می‌آورد که می‌توان چوب را به عنوان یک ماده پرخلل و فرج به حساب آورد (شکل ۱-۳). این خاصیت شامل فضاهای موجود بین رشته‌های سلولز و میکروفیبریل‌ها از یک طرف و نیز حفره‌های سلولی

$30\% < W < 100\%$      $30\% - 40\%$



شکل ۳-۲- آب آزاد و رطوبت اشباع



شکل ۳-۳- چرخه آب در درخت و چگونگی مصرف آن



شکل ۳-۴- استحصال چوب از جنگل با ماشین‌های مدرن

از طرف دیگر می‌باشد، که در مجموع چوب را یک ماده متخلخل ساخته است این خلل و فرج در درخت سرپا به وسیله مایعات و تا حدودی از گازها پر شده‌اند. در حالت طبیعی چوب چه در درخت سرپا و چه به صورت تبدیل شده، اغلب مقدار معینی رطوبت (آب) دارد. (شکل ۳-۲)

در درخت سرپا (زنده) مقدار رطوبت چوب قبل از هر چیز به گونه‌ی چوبی، سن درخت، شرایط توده جنگلی و نیز فصل سال بستگی دارد.

با توجه به فیزیولوژی درخت واضح است که آب از زمین و توسط جوان‌ترین لایه‌های چوب برون به طرف بالا منتقل شده و مواد غذایی از طریق لایه آبکش با پوست درون به طرف پایین و اندام‌های مصرف‌کننده هدایت می‌شود. (شکل ۳-۳)

مجموعه این مایعات، رطوبت در درخت سرپا را تشکیل می‌دهند، که مقدار آن بوده در گونه‌های مختلف نوسان دارد. (جدول ۳-۱)

جدول ۳-۱- متوسط درصد آب در چوب‌های تازه قطع شده در پاییز

ردیف	نوع چوب	چوب درون	چوب برون	میانگین
۱	کاج	۳۰-۴۰	۱۰۰-۱۲۰	۸۸
۲	نوئل	۳۰-۴۰	۱۰۰-۱۲۰	۹۱
۳	لاریکس	۳۰-۴۰	۱۰۰-۹۰	۸۲
۵	توس	۳۰-۴۰	۷۰-۹۰	۷۸
۶	کبوده	۳۰-۴۰	۸۰-۱۰۰	۸۲

برداشت چوب از جنگل معمولاً در زمستان و به خاطر عدم فعالیت درخت صورت می‌گیرد. در این فصل مقدار رطوبت در درخت سرپا به حداقل خود می‌رسد و آسیب کمتری به آن وارد می‌شود. (شکل ۳-۴)

اما رطوبت در درخت سرپا در فصل بهار و تا حدودی در تابستان به دلیل اوج فعالیت زیستی درخت خیلی بیشتر است.

## شرایط محیطی و رطوبت در چوب

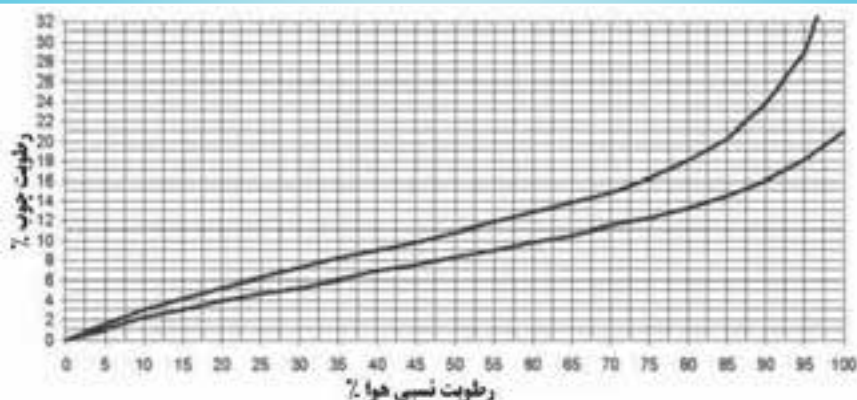
مقدار رطوبت (آب) در چوب بستگی به شرایط زیستی درخت سرپا و یا محیطی که پس از قطع در آن مکان قرار می‌گیرد، دارد. چوب در زمان حیات به آب نیاز دارد و پس از قطع باید عاری از رطوبت باشد. به طوری که آب در حالت دوم، آب باعث تخریب چوب می‌شود. درخت برای رشد و نمو در محیط جنگل به سه فاکتور مهم نیاز دارد آب، نور، حرارت،

با توجه به این که در فصل بهار و بخشی از تابستان نزولات آسمانی، نور و حرارت مطلوب است، بنابراین درخت در فصل بهار از بیشترین فعالیت برخوردار است. در این شرایط آب در درخت به حداکثر مقدار خود می‌رسد. پس از قطع درخت، ادامه حضور آب در چوب شرایط مناسبی برای فعالیت قارچ‌ها و سایر عوامل مخرب چوب فراهم می‌کند، لذا باید چوب را خشک نمود، تا بتوان از آن در تولید مبلمان و یا سازه‌های چوبی استفاده نمود. برای این منظور بایستی رطوبت آن را به حداقل میزان ممکن (شرایط محیط مصرف) رساند. این است که، درصد رطوبت چوب را برای مصرف در محیط استقرار سازه، مشخص می‌کند.

### نکته



باید به خاطر داشت چوب همیشه در حال تبادل رطوبت با محیط اطراف خود برای رسیدن به تعادل رطوبتی است. سرعت این تبادل بستگی به رطوبت نسبی هوای محیط دارد. (جدول ۲-۳ و نمودار ۳-۵)



نمودار ۳-۵- رابطه رطوبت چوب با رطوبت نسبی هوا

اگر به این مهم توجه لازم نشود، پس از قرار گرفتن سازه چوبی در یک محیط تبادل رطوبتی بین محیط و سازه برقرار می‌گردد. در این صورت اگر یک سازه چوبی (مثل صندلی) رطوبت بیشتری نسبت به محیط داشته باشد با از دست دادن رطوبت سلول‌های چوب (الیاف) جمع (هم‌کشیده) می‌شوند. (نمودار ۳-۵) که در این وضعیت اتصالات، تخریب شده و پوشش‌های رنگی سطح چوب آسیب می‌بیند، به طوری که پوسته می‌شوند و از سطح چوب جدا می‌شود، یا اتصالات ضعیف شده و تخریب می‌گردند. اما اگر رطوبت سازه چوبی نسبت به محیط مجاور کم باشد، سازه چوبی در تبادل رطوبت با محیط خود برای ایجاد تعادل، رطوبت از محیط جذب و باعث تورم الیاف چوب و واکنش می‌شود. در این صورت نیز به سطوح پوشیده از رنگ، اتصالات و سایر اعضاء سازه آسیب وارد می‌شود.

## رطوبت چوب

قبل از این که به تأثیر متقابل آب و چوب بپردازیم به خواص آب و چوب به صورت جداگانه و به طور اختصار اشاره می‌کنیم.

**حالت فیزیکی آب:** آب به سه صورت مختلف در طبیعت وجود دارد.

۱ - مایع ۲ - جامد ۳ - بخار (گاز)

**حالت فیزیکی چوب:** چوب جسمی است مرکب از خلل و فرج با الیاف ریز و درشت که قسمت اعظم آن از سلولز، همی سلولز، لیگنین و مواد استخراجی تشکیل شده است. تخلخل، مجموعه‌ای بنام لوله‌های بسیار باریک (موئین) است که بدون ارتباط و یا در ارتباط با یکدیگر هستند. اگر لوله‌های موئین دارای شعاع مساوی باشند، مجموعه همگن و چنانچه شعاع لوله‌های موئین مجموعه نامساوی باشد، آن مجموعه ناهمگن است. (شکل ۳-۶)

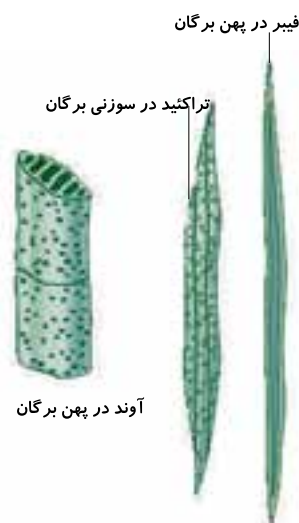
لوله‌های موئین به لحاظ ابعاد (ریزی و درشتی) متفاوت هستند

ماکروکاپیلار  $r > 10^{-5} \text{cm} (> 0.1 \mu\text{m})$

میکروکاپیلار  $r \leq 10^{-5} \text{cm} (\leq 0.1 \mu\text{m})$

لوله‌های موئین درشت (ماکروکاپیلار) در شرایط موضعی قادر به جذب و نیز حمل مایعات می‌باشد. در حالی که لوله‌های موئین ریز (میکروکاپیلار) قادر به جذب و انتقال آب نیست و فقط بخار آب را انتقال می‌دهد.

باتوجه به بحث فوق می‌توان گفت: چوب ماده‌ای متخلخل با لوله‌های موئین ناهمگن از نوع مرتبط است.



شکل ۳-۶- انواع لوله‌های موئین در ساختمان چوب پهن برگان و سوزنی برگان

جدول ۲-۳ - تأثیر شرایط محیطی مانند دما و رطوبت نسبی هوا بر میزان درصد رطوبت چوب

ردیف	رطوبت نسبی هوا	دمای محیط درجه سلسیوس					
		۳۵	۳۰	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰
۱	۹۰	۱۹/۸	۲۰/۰	۲۰/۸	۲۱/۰	۲۱/۰	۲۱/۱
۲	۸۵	۱۷/۱	۱۷/۵	۱۷/۹	۱۸/۰	۱۸/۰	۱۸/۱
۳	۸۰	۱۵/۱	۱۵/۵	۱۵/۸	۱۶/۰	۱۶/۰	۱۶/۲
۴	۷۵	۱۳/۵	۱۳/۸	۱۴/۰	۱۴/۳	۱۴/۵	۱۴/۷
۵	۷۰	۱۲/۱	۱۲/۴	۱۲/۸	۱۳/۰	۱۳/۱	۱۳/۲
۶	۶۵	۱۱/۰	۱۱/۲	۱۱/۵	۱۱/۸	۱۲/۰	۱۲/۰
۷	۶۰	۱۰/۰	۱۰/۳	۱۰/۵	۱۰/۸	۱۰/۹	۱۱/۰
۸	۵۵	۹/۱	۹/۴	۹/۷	۹/۸	۱۰/۰	۱۰/۱
۹	۵۰	۸/۴	۸/۶	۸/۹	۹/۰	۹/۲	۹/۴
۱۰	۴۵	۷/۵	۷/۹	۸/۱	۸/۳	۸/۴	۸/۶
۱۱	۴۰	۶/۶	۷/۰	۷/۳	۷/۵	۷/۷	۷/۸
۱۲	۳۵	۵/۸	۶/۲	۶/۴	۶/۷	۶/۸	۷/۰
۱۳	۳۰	۵	۵/۳	۵/۶	۵/۹	۶/۱	۶/۲
۱۴	۲۵	۴/۲	۴/۵	۴/۸	۵/۰	۵/۳	۵/۴

### حالت فیزیکی آب در چوب

آب آزاد و آب آغشتگی، در حقیقت آب آزاد موجود در حفرات سلولی و فضاهای بین سلولی قرار می‌گیرد اما آب آغشتگی رطوبت موجود در دیواره سلول‌های چوبی است. به دلیل اهمیت بالای این دو نوع رطوبت به توضیحات بیشتری در مورد هر کدام از آنها می‌پردازیم.

**الف) آب آزاد:** در فصل سوم کتاب خواص فیزیکی و مکانیکی تعریف کوتاهی از آب آزاد بعمل آمده است لذا در تشریح این موضوع می‌توان گفت آب آزاد آبی است که فعالیت زیستی درخت را تأمین می‌نماید و محل استقرار عمده آن در درون حفره سلول آوند، تراکئید و فیبر است هرچند در سایر فضاهای خالی نیز به صورت محدود وجود دارد. (شکل ۷-۳)

آب آزاد در تبادل رطوبت چوب و محیط مناسب و مستعد به راحتی از چوب خارج می‌شود. لذا ارزان‌تر و سریع‌تر از آب آغشتگی می‌توان حتی در هوای آزاد آن را از چوب خارج کرد. (۸-۳) در فضای باز به لحاظ اینکه چوب دارای آب آزاد است.





شکل ۹-۳- تبخیر آب از چوب

نسبت به محیط خود، رطوبت بیشتری دارد، لذا از آمادگی بیشتری برای خارج کردن رطوبت برخوردار است و در مدت زمان کمتری رطوبت زیادی از چوب خارج می‌شود. سرعت خروج رطوبت همان طوری که در (جدول ۱-۳) مشخص است بستگی به رطوبت نسبی هوا و دمای محیط دارد. (شکل ۹-۳) روشن است با کاهش آب آزاد و ورود به محدوده آب آغشتگی چوب، سرعت خروج رطوبت نیز کاهش می‌یابد. برای رسیدن به درصد رطوبت حداقل یعنی رطوبت محیط مصرف سازه مورد استفاده در محیط مسکونی (۷-۸) درصد رطوبت، زمان و هزینه خشک کردن چوب افزایش می‌یابد.

پس هر چه قدر رطوبت در چوب بیشتر باشد به هنگام خشک کردن سرعت خروج رطوبت بیشتر و هزینه کمتر و بالعکس، به عبارت روشن‌تر می‌توان گفت آب آزاد را با هزینه و زمان کمتر می‌توان از چوب خارج نمود ولی آب آغشتگی به هزینه و زمان بیشتری برای خارج شدن نیاز دارد. (شکل ۱۰-۳)



شکل ۱۰-۳- خشک کردن با کوره

مقدار آب آزاد در چوب‌های مختلف متفاوت است، به‌طور کلی چوب‌های سبک و متخلخل امکان نگهداری آب آزاد بیشتری دارند و همچنین به لحاظ سرعت رشد بالا آب آزاد بیشتری مصرف می‌کنند. خروج آب آزاد و آب آغشتگی نیز در این گونه چوب‌ها راحت‌تر از سایر چوب‌ها می‌باشد اما در چوب‌های سنگین بالعکس مقدار رطوبت در درخت سرپا اندک است، مانند چوب توس. (جدول ۱-۳) همچنین هزینه و زمان خشک کردن در چوب‌های سنگین نسبت به چوب‌های سبک بیشتر است.

**ب) رطوبت اشباع فیبر (آب آغشتگی):** همان‌طوریکه قبلاً بیان گردید آب آغشتگی، آب موجود در دیواره سلول‌های چوبی است. درصد رطوبتی که در آن دیواره سلولی کاملاً از آب اشباع شده و هنوز آب آزادی در حفره سلولی تشکیل نشده و آن را نقطه اشباع فیبر می‌نامند. افزایش رطوبت و ایجاد آب در حفره سلولی یعنی آغاز مرحله دوم و انباشت آب در حفره‌های سلولی و بین سلولی خواهد بود لذا رطوبت اشباع فیبر رطوبت چوبی است که در آن تمام نیروهای شیمیایی و فیزیکی نگهدارنده آب بر روی دیواره سلول‌های چوبی

اشباع شده‌اند و حفره‌های سلولی و فضاهای بین سلولی خالی از آب هستند. (شکل ۱۱-۳) براساس وضعیت جذب آب به وسیله چوب به این موضوع می‌توان پی برد که رطوبت اشباع فیبر از نظر تئوری و در عمل، از اهمیت زیادی برخوردار است، چرا که رطوبت اشباع فیبر حداکثر آب ممکن است که چوب در دیواره سلول‌های خود جای می‌دهد، این مقدار هنگامی تحقق می‌پذیرد که چوب توسط هوای اشباع شده از بخار احاطه شود. به‌طور مثال اگر در فصول گرم رطوبت نسبی هوا به ۱۰۰ درصد برسد حداکثر رطوبت اشباع فیبر حدود ۳۰ درصد است، پس از طی سیکل زمانی مشخص در چوب فراهم می‌شود.

مقدار رطوبت اشباع فیبر را در حدود ۳۰ درصد در نظر می‌گیرند، که ممکن است در بین گونه‌های مختلف ۴۰-۲۰ درصد است. با توجه به این موارد چوب‌ها را از نظر رطوبت اشباع به چند دسته تقسیم می‌کنند.

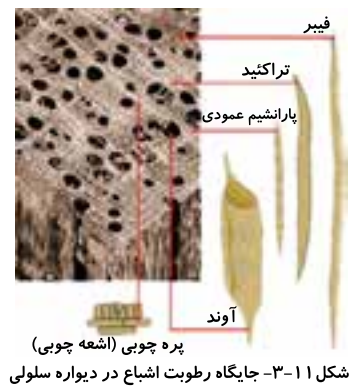
۱- چوب‌های پهن‌برگ پراکنده آوند بدون چوب درون مشخص مثل نمدار، بید، تبریزی، توسکا، توس، راش (اروپایی) ممرز دارای رطوبت اشباع فیبر خیلی زیاد هستند، که مقدار آن برابر ۳۵-۳۲ درصد است. (شکل ۱۲-۳)  
 ۲- چوب سوزنی‌برگ بدون چوب درون مشخص مثل نراد، نوئل و سوزنی‌برگان با چوب درون مشخص مثل کاج جنگلی و لاریکس دارای رطوبت اشباع فیبر خیلی زیاد برابر ۳۴-۳۰ درصد است. (شکل ۱۳-۳)

۳- چوب‌های سوزنی‌برگ با چوب درون شخصی، با مقدار رزین کم مثل کاج جنگلی، لاریکس، دو گلاس دارای رطوبت اشباع فیبر حدود ۲۸-۲۶ درصد است.  
 ۴- چوب‌های پهن‌برگ بخش روزنه‌ای و نیمه‌بخش روزنه‌ای، اغلب با چوب درون شخصی مثل افاقیا، بلوط، زبان گنجشک، گردو و گیلاس دارای رطوبت اشباع فیبر در حدود ۲۴-۲۲ درصد است. (شکل ۱۴-۳)

باید سازندگان سازه‌های چوبی به این موضوع توجه نمایند رطوبت اشباع فیبر نقش و تأثیر زیادی در خواص فیزیکی و مکانیکی چوب به عهده دارد. از آن جمله اغلب خواص مکانیکی (مقاومت چوب در برابر نیروهای مکانیکی در بالای رطوبت اشباع بدون ارتباط با مقدار رطوبت چوب هستند) در صورتی که در حد پائین رطوبت اشباع نوسانات دائمی از خود نشان می‌دهند. همچنین در خصوص پدیده‌های فیزیکی مانند هم‌کشیدگی و واکشیدگی در بالای رطوبت اشباع الیاف روی می‌دهد، که نشان دهنده اهمیت فوق‌العاده رطوبت اشباع الیاف در فرآیندهایی نظیر خشک کردن انتخاب چوب برای مصرف مختلف است.

## پایداری ابعاد چوب

پایداری ابعاد چوب یعنی: مقاومت به تغییر ابعاد در برابر تغییرات رطوبت. اگر شرایط رطوبت در مکان تغییر یابد بدون تردید ابعاد همه سازه‌های چوبی از هر نوع







شکل ۱۵-۳- سازه از چوب تیک

چوبی که ساخته شده باشند تغییر می کند. لذا با انتخاب صحیح چوب‌های مناسب برای ساخت سازه‌های چوبی در محیط‌های باز (ناپایدار به رطوبت)، می‌توان پایداری نسبی را در شرایط مصرف سازه چوبی فراهم نمود.

به طور مثال: چوب تیک در مقابل رطوبت حداقل جذب رطوبت را دارد، بنابراین در صورت استفاده از این چوب در ساخت پرچین و مبلمان باغی دوام طبیعی بالایی نسبت به سایر چوب‌ها دارد ( شکل ۱۵-۳)



شکل ۱۶-۳ (الف) - ترازوی مکانیکی

لذا برای شرایط آب و هوایی مختلف می‌توان با انتخاب چوب مناسب پایداری نسبی و خوبی برای سازه‌های چوبی به‌وجود آورد و از تخریب زود هنگام آنها جلوگیری کرد. در این صورت با افزایش عمر سازه‌های چوبی می‌توان در مصرف منابع جنگلی صرفه‌جویی نمود.

**آثار رطوبت در چوب:** در محدوده آب اشباع تمام خواص فیزیکی و مکانیکی چوب ارتباط مستقیم با درصد رطوبت چوب رابطه مستقیم دارد، مانند هم کشیدگی و واکنش‌دهی عملیات رنده‌کاری، پرداخت، دوام سازه‌های چوبی، مقدار مقاومت خمشی و... لذا لازم است به برخی از آثار رطوبت در چوب توجه کنیم:



شکل ۱۶-۳ (ب) - ترازوی دیجیتالی توزین نمونه چوب

- \* از نظر اقتصادی، رطوبت زیاد هزینه حمل و نقل را افزایش می‌دهد.
- \* برای نگهداری چوب در طولانی مدت باید درصد رطوبت آن کمتر از ۱۰ درصد باشد.
- \* ایجاد پوشش روی سطوح چوب فقط در حالت خشک امکان‌پذیر است.
- \* استفاده از چسب برای ایجاد اتصالات مناسب فقط در چوب‌های خشک ممکن است.
- \* خشک کردن چوب ارزش افزوده دارد.
- \* رطوبت سازه چوبی در طول بهره‌برداری نباید افزایش یابد.
- \* رطوبت چوب برای ساخت سازه چوبی مورد استفاده در اماکن مسکونی با حرارت مرکزی ۸-۶ درصد و برای اماکن مسکونی یا گرمایشی بخاری ۱۰-۸ درصد است.

## ابزار اندازه‌گیری جرم و رطوبت چوب



شکل ۱۶-۳ (ج) - ترازوی مکانیکی

قبل از استفاده از چوب برای ساخت سازه چوبی باید از رطوبت آن آگاه باشید. همان‌طوری که در درس‌های تخصصی مطالعه نمودید چوب از مقطع عرضی خود بسیار بیشتر از سایر مقاطع، رطوبت خود را از دست می‌دهد، لذا به منظور اندازه‌گیری درصد رطوبت تخته مورد نظر، ابتدا از انتهای تخته به اندازه ۵۰۰-۳۰۰ میلی‌متر برش داده، سپس نمونه‌های مورد آزمایش را براساس استاندارد به ابعاد ۲۰×۲۰×۲۰ میلی‌متر و به تعداد ۵ عدد تهیه شود. برای وزن کردن نمونه‌ها می‌توانید از ترازوهای مختلف استفاده کنید. در شکل ۱۶-۳ (الف، ب، ج) انواع ترازوی مکانیکی و دیجیتالی نشان داده شده است.

## مراحل وزن کردن نمونه‌ها:

دقت ترازوهای مورد استفاده برای این منظور تا یک صدم گرم کفایت. پس از تهیه نمونه‌ها آن‌ها را تمیز نمایید، به طوری که هیچ‌گونه خاک آره و ... بر روی آنها نماند سپس با ترازوی موجود در آزمایشگاه فیزیک و مکانیک چوب، وزن دقیق آنها را اندازه‌گیری نمایید. سپس عملیات اندازه‌گیری را در جدولی مطابق جدول شماره ۳-۴ ثبت نمایید، نمونه‌های تهیه شده را داخل اتو و با دمای  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  درجه سلسیوس قرار دهید. - هر ۶ ساعت نمونه‌های داخل اتو و ثبت را از نظر وزنی کنترل کنید. در آخرین کنترل‌ها اگر تغییر در کاهش وزن نمونه نسبت به اندازه‌گیری ماقبل صورت نگرفت، می‌توان آخرین اندازه‌گیری را پایان عملیات اندازه‌گیری تلقی نمود. نمونه‌ها در این حالت دارای رطوبت صفر درصد هستند. با به دست آمدن اندازه وزنی نمونه مرطوب و خشک می‌توان درصد رطوبت را با فرمول زیر محاسبه نمود، و در جدول ۳-۴ ثبت کرد:

### محاسبه درصد رطوبت چوب:

محاسبه درصد رطوبت به طریق فرمول زیر انجام می‌گیرد:

$$MC = \text{درصد رطوبت}$$

$$W_m = \text{جرم چوب مرطوب، بر حسب گرم}$$

$$W_{OD} = \text{جرم چوب خشک، بر حسب گرم}$$

$$MC = \frac{M_m - W_{OD}}{W_{OD}} \times 100$$

### مثال

$$\frac{120 - 80}{80} = \times 100$$

$$MC = \frac{40 \times 100}{80}$$

$$MC = \frac{4000}{80} = 50\% \text{ درصد رطوبت از دست داده}$$

یک قطعه چوب راش تازه قطع شده به جرم ۱۲۰ گرم است پس از خشک کردن وزن آن به ۸۰ گرم تقلیل یافت. درصد رطوبت از دست رفته چقدر است.

### رطوبت سنج الکتریکی

از وسیله دیگری نیز برای اندازه‌گیری درصد رطوبت چوب به نام رطوبت سنج الکتریکی استفاده می‌توان نمود. این ابزار الکتریکی براساس مقاومت در مقابل عبور جریان الکتریسیته از چوب و تبادل سیگنال بین الکترودهای آن طراحی شده است. مقدار درصد رطوبت در چوب می‌تواند بر روی سرعت عبور جریان الکتریسیته تأثیر بگذارد، لذا از این طریق محققان با بهره‌مندی از رابطه فوق دستگاه‌های کوچک و حتی جیبی طراحی و ساخته‌اند. این وسیله هر چند مقدار اندکی خطا دارد اما برای تعیین سریع مقدار رطوبت چوب کاربرد دارد، تجار اغلب از این وسیله در هنگام خرید و فروش چوب در جاهایی که دسترسی به آزمایشگاه مقدور نیست و لازم است در کمترین زمان از درصد رطوبت چوب آگاهی یابند مورد استفاده قرار می‌گیرد. (شکل ۱۸-۳ الف و ب)



شکل ۱۷-۳- اتو برای خشک کردن نمونه های چوبی در آزمایشگاه



شکل ۱۸-۳، (الف) - رطوبت سنج سوزنی



شکل ۱۸-۳، (ب) - رطوبت سنج تماسی

## رطوبت چوب هنگام مصرف

معمولاً برای تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی چوب اگر موارد مصرف ویژه‌ای برای آن عنوان نشود آزمایشات چوب در رطوبت ۱۲ درصد انجام می‌گیرد.

جدول ۳-۳- رطوبت چوب در شرایط مختلف

ردیف	محیط لازم جهت خشک کردن	محدوده رطوبت	شرایط دست یابی	شرایط نگهداری
۱	مرطوب در فصل بهار	$MC > 100$	درخت سرپا یا نگهداری طولانی داخل آب	درخت سرپا، داخل آب
۲	چوب تازه قطع شده فصل پاییز	$MC = 50-100\%$	رطوبت اولیه چوب پس از قطع	محیط مرطوب مانند جنگل و مزارع سرپوشیده
۳	خشک کردن در هوای آزاد	$MC = 15-20\%$	در هوای آزاد به مدت طولانی	در هوای آزاد
۴	خشک کردن در هانگار <sup>۱</sup>	$MC = 8-12\%$	نگهداری طولانی در زیر سر پناه یا خشک کردن در کوره	بدون سیستم گرمایشی متمرکز، فضای سرپوشیده
۵	خشک کردن در کوره چوب خشک کنی	$MC < \%$	خشک کردن کامل در کوره تحت دمای $103 \pm 2^\circ C$	در محیط مسکونی یا اداری با سیستم گرمایشی متمرکز

ردیف	گونه چوب	مشخصات نمونه مرطوب				مشخصات نمونه خشک			
		وزن گرم	ابعاد و نمونه به سانتیمتر	حجم $cm^3$	جرم مخصوص $g/cm^3$	وزن گرم	ابعاد و نمونه به سانتیمتر		
							ضخامت	پهنا	طول
۱									
۲									
۳									
۴									
۵									

۱- هانگار، به فضای سرپوشیده‌ای با دیوارهای باز گفته می‌شود که، چوب‌ها با دسته بندی ابعاد در آن محل برای خشک کردن طبیعی به مدت طولانی بر روی هم طبق اصول پیچیده می‌شوند.



## تحقیق کنید

- ۱- رطوبت درختان سرپا را در چند گونه تجاری و صنعتی داخلی را بررسی کنید.  
.....
- ۲- چرا رطوبت در چوب بهاره و تابستانه ، چوب برون و چوب درون تفاوت دارند؟  
.....
- ۳- رابطه رطوبت نسبی هوا و رطوبت چوب را بررسی کنید.  
.....
- ۴- چند حالت آب در چوب وجود دارد؟  
.....
- ۵- در خصوص مشخصات و شماره استانداردهای آزمایشگاهی زیر تحقیق کنید.  
ابعاد نمونه‌های تعیین درصد رطوبت  
شرایط توزین جرم چوب  
فرمول‌های تعیین درصد رطوبت، درصد هم‌کشیدگی و واکشیدگی چوب



## خودآزمایی

- ۱- تفاوت رطوبت در درخت سرپا و رطوبت چوب مصرفی را شرح دهید.
- ۲- چرا برداشت چوب از جنگل در پاییز انجام می‌گیرد؟
- ۳- چرا رطوبت چوب تحت شرایط رطوبت نسبی هوا می‌باشد.
- ۴- آب به چه حالت‌هایی در طبیعت وجود دارد؟
- ۵- چوب را از نظر حالت فیزیکی آن شرح دهید.
- ۶- لوله‌های موئین به چند دسته تقسیم می‌شوند.
- ۷- چرا چوب نمی‌تواند پایداری و ثبات ابعاد خود را در هر محیطی حفظ کند.
- ۸- اتو (آون) چه ابزاری است؟
- ۹- رطوبت‌سنج‌های الکتریکی کوچک و کاربرد آن‌ها را شرح دهید.
- ۱۰- مشخصات تعدادی از چوب‌های موجود در آزمایشگاه را بر اساس جدول شماره ۳-۴ با ابزار موجود به هر مقدار ممکن تعیین کنید.



## نمونه سؤال امتحان نهایی

- ۱- (دی ماه ۱۳۸۶) آب نهادی را تعریف کنید:
- آبی است که در ساختمان مولکولی غشاء سلولی وجود دارد و جدا کردن آن از چوب ساده نبوده و مستلزم تجزیه چوب است این آب در اندازه گیری مقدار رطوبت چوب تأثیری ندارد.
- ۲- (دی ماه ۱۳۸۶) روش های مختلف تعیین درصد رطوبت چوب را نام ببرید:
- ۱- روش خشک کردن در اتو    ۲- روش تقطیر    ۳- روش الکتریکی
- ۳- (خرداد ماه ۱۳۸۷) وزن تر قطعه چوبی ۸۰ گرم است و وزن خشک آن ۶۴ گرم است درصد رطوبت را بر اساس وزن خشک محاسبه نمایید.

$$MC = \frac{W_m - W_{OD}}{W_{OD}} \times 100$$

$$\%MC = \frac{80 - 64}{64} \times 100 = \frac{16}{64} \times 100 \rightarrow MC = \%25$$

۸۰ گرم = وزن تر  
۶۴ گرم = وزن خشک  
وزن خشک - وزن تر = درصد رطوبت  
وزن خشک

- ۴- (خرداد ماه ۱۳۸۷) فرمول مربوط به هم کشیدگی را بنویسید. هم کشیدگی حجمی را تعریف کنید.

$$\text{هم کشیدگی} = \frac{\text{کاهش ابعاد از حالت واکشیده}}{\text{ابعاد در حالت واکشیده}}$$

- به مجموع هم کشیدگی طولی، مماسی و شعاعی هم کشیدگی حجمی می گویند.
- ۵- (شهریور ماه ۱۳۸۷) روش تقطیری برای تعیین درصد رطوبت چه چوب هایی مناسب است؟ چرا؟
- چوب برخی از گونه ها حاوی مقداری رزین است که حتی در درجه حرارت کم به سرعت تبخیر می شود.
- ۶- (شهریور ماه ۱۳۸۷) وزن ۲۰۰۰ کیلوگرم چوب راش بعد از خشک شدن به مقدار ۱۶۰۰ کیلوگرم رسیده است. مطلوب است: درصد رطوبت آن.

$$\%MC = \frac{W_m - W_{OD}}{W_{OD}} \times 100$$

$$\%MC = \frac{2000 - 1600}{1600} \times 100$$

$$MC = \%25$$

وزن خشک - وزن تر = درصد رطوبت  
وزن خشک

۷- (دی ماه ۱۳۸۷) وزن خشک ۴ تن چوب صنوبر با رطوبت ۱۰۰ را حساب کنید.

$$MC = \frac{W_m - W_{OD}}{W_{OD}} \times 100 \quad 100 = \frac{4 - X}{X} \times 100 \quad 1 \times X = 4 - X \Rightarrow X + X = 4 \Rightarrow 2X = 4$$

$$X = 2 \quad \text{تن} \quad X = \frac{4}{2} = 2 \text{ton}$$

۸- (دی ماه ۱۳۸۷) حالات مختلف آب در چوب را بنویسید.

آب آزاد، آب آغستگی، آب نهادی

۹- (خرداد ماه ۱۳۸۸) در مورد آب نهادی چوب موارد صحیح داخل پرانتز را انتخاب کنید.

آب نهادی عبارت است از آبی که در (حفره - ساختمان مولکولی) دیواره سلولی وجود دارد و جدا کردن آب از چوب (آسان سخت) نبوده و مستلزم تجزیه چوب است. این آب در اندازه‌گیری مقدار رطوبت چوب تأثیر (دارد - ندارد)

ساختمان مولکولی - آسان - ندارد

۱۰- (خرداد ماه ۱۳۸۸) اگر وزن آب موجود در چوب ۷۵ گرم و وزن خشک آن ۱۵۰

گرم باشد درصد رطوبت آن را بر اساس وزن خشک حساب کنید.

$$\text{وزن خشک} - \text{وزن تر} = \text{درصد رطوبت} \quad \text{وزن خشک}$$

$$\% MC = \frac{W_m - W_{OD}}{W_{OD}} \times 100 \quad \frac{75}{150} \times 100 = \%50$$

۱۱- (شهریور ماه ۱۳۸۸) در مورد آب آغستگی موارد داخل پرانتز را انتخاب کنید.

آب آغستگی در داخل (دیواره سلولی - حفره سلولی) وجود دارد و به کمک نیروهای (جذب سطحی - کاپیلاریته) نگهداری می‌شود و در مقایسه با آب آزاد جدا کردن آن از چوب نیاز به انرژی (کمتر-بیشتر) است.

دیواره سلولی - جذب سطحی - بیشتر

۱۲- (شهریور ماه ۱۳۸۸) وزن تر چوبی ۷۵۰ KG و وزن خشک آن ۵۰۰ KG است.

درصد رطوبت آن را بر اساس وزن خشک حساب کنید.

$$\text{وزن خشک} - \text{وزن تر} = \text{درصد رطوبت} \quad \text{وزن خشک}$$

$$\text{درصد رطوبت} = \frac{750 \text{ kg} - 500 \text{ kg}}{500 \text{ kg}} \times 100 = \frac{250}{500} \times 100 = \%50$$

۱۳- (دی ماه ۱۳۸۸) در مورد آب موجود در چوب موارد داخل پرانتز را انتخاب کنید. آب آزاد

به صورت مایع در داخل (دیواره - حفره) سلولی یافت می‌شود و توسط نیروی (جذب سطحی - کاپیلاریته) نگهداری می‌شود. اندازه‌گیری (آب آزاد - آب نهادی) مستلزم تجزیه چوب است.

حفره - کاپیلاریته - آب نهادی

۱۴- (دی ماه ۱۳۸۸) وزن آب موجود در چوب ۲۱۰ گرم و وزن خشک آن ۱۴۰ گرم

می‌باشد. درصد رطوبت آن را حساب کنید.

$$\text{درصد رطوبت} = \frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}}{\text{وزن خشک}} \times 100 = \frac{210}{140} \times 100 = 150\%$$

$$210 = \text{وزن آب} = \text{وزن خشک} = \text{وزن تر}$$

۱۵- (دی ماه ۱۳۸۸) همکشیدگی حجمی چوب را تعریف کنید.

به مجموع همکشیدگی طولی، شعاعی، و مماسی همکشیدگی حجمی گفته می‌شود.

۱۶- (خرداد ماه ۱۳۸۹) وزن تر یک قطعه چوب افرا ۵۰۰۰ نیوتن است که پس از خشک

شدن وزن آن به ۴۰۰۰ نیوتن تقلیل پیدا می‌نماید. درصد رطوبت آن را به دست آورید.

$$\% MC = \frac{W_m - W_{OD}}{W_{OD}} \times 100 \quad \% MC = \frac{5000 - 4000}{4000} \times 100 = \frac{1000}{4000} \times 100 = 25\%$$

۱۷- (خرداد ماه ۱۳۸۹) چهار مورد از روش‌های پیشگیری از همکشیدگی و واکشیدگی

در چوب را به اختصار بنویسید.

۱- عایق کردن چوب در برابر جذب رطوبت

۲- جلوگیری از تغییر ابعاد طریق مهار کردن

۳- اشباع چوب با مونومرها (تهیه - چوب - پلاستیک)

۴- انتخاب چوب‌ها و برش‌های مناسب

۵- اشباع چوب با مواد شیمیایی

۶- انجام عملیاتی که ضمن آن تغییرات فیزیکی و شیمیایی در گروه‌های هیدروکسیل

موجود در چوب که در خاصیت جذب رطوبت نقش دارند ایجاد نماید.

۱۸- (شهریور ماه ۱۳۸۹) وزن آب موجود در یک قطعه چوب گردو ۵۰۰ نیوتن

است. اگر وزن خشک آن ۲۵۰۰ نیوتن باشد. درصد رطوبت آن را محاسبه نمایید.

راه حل اول

$$\% MC = \frac{W_m - W_{OD}}{W_{OD}} \times 100 \quad \% MC = \frac{3000 - 2500}{2500} \times 100 = \frac{500}{2500} \times 100 = 20\%$$

راه حل دوم

$$\text{درصد رطوبت} = \frac{\text{وزن آب موجود در چوب}}{\text{وزن خشک چوب}} \times 100 \quad \% MC = \frac{500}{2500} \times 100 = \frac{500}{2500} \times 100 = 20\%$$

۱۹- (شهریور ماه ۱۳۸۹) مقدار رطوبت در چوب‌ها تازه قطع شده (چوب تر) به چه

عواملی بستگی دارد؟

گونه درخت - قسمت‌های مختلف درخت (ساقه، شاخه، درون چوب، برون چوب

و ...) - سن درخت - جرم مخصوص - میزان مواد استخراجی - نوع خاک

۲۰- (دی ماه ۱۳۸۹) رطوبت چوب را با ذکر درصد رطوبت تعریف نمایید.

تعریف اول: میزان آب و بخار آبی است که به صورت آزاد و جذب شده توسط غشاء سلول‌ها و اجزا تشکیل دهنده چوب، وجود دارد.

تعریف دوم: وزن آب موجود در چوب که معمولاً نسبت به وزن خشک آن سنجیده می‌شود.

$$\%MC = \frac{W_m - W_{OD}}{W_{OD}} \times 100 \quad \text{درصد رطوبت} = \frac{\text{وزن آب موجود در چوب}}{\text{وزن خشک چوب}} \times 100$$

۲۱- (دی ماه ۱۳۸۹) نقطه اشباع الیاف (F.S.P) را تعریف نمایید و بنویسید مقدار آن

حدوداً چقدر است؟

چنانچه چوب به نحوی خشک شود که تمامی آب آزاد از چوب خارج شود و فقط

آغشتگی در چوب مانده باشد گفته می‌شود که رطوبت چوب در حد نقطه اشباع الیاف است

و مقدار رطوبت چوب در این نقطه حدوداً ۳۰ درصد است.