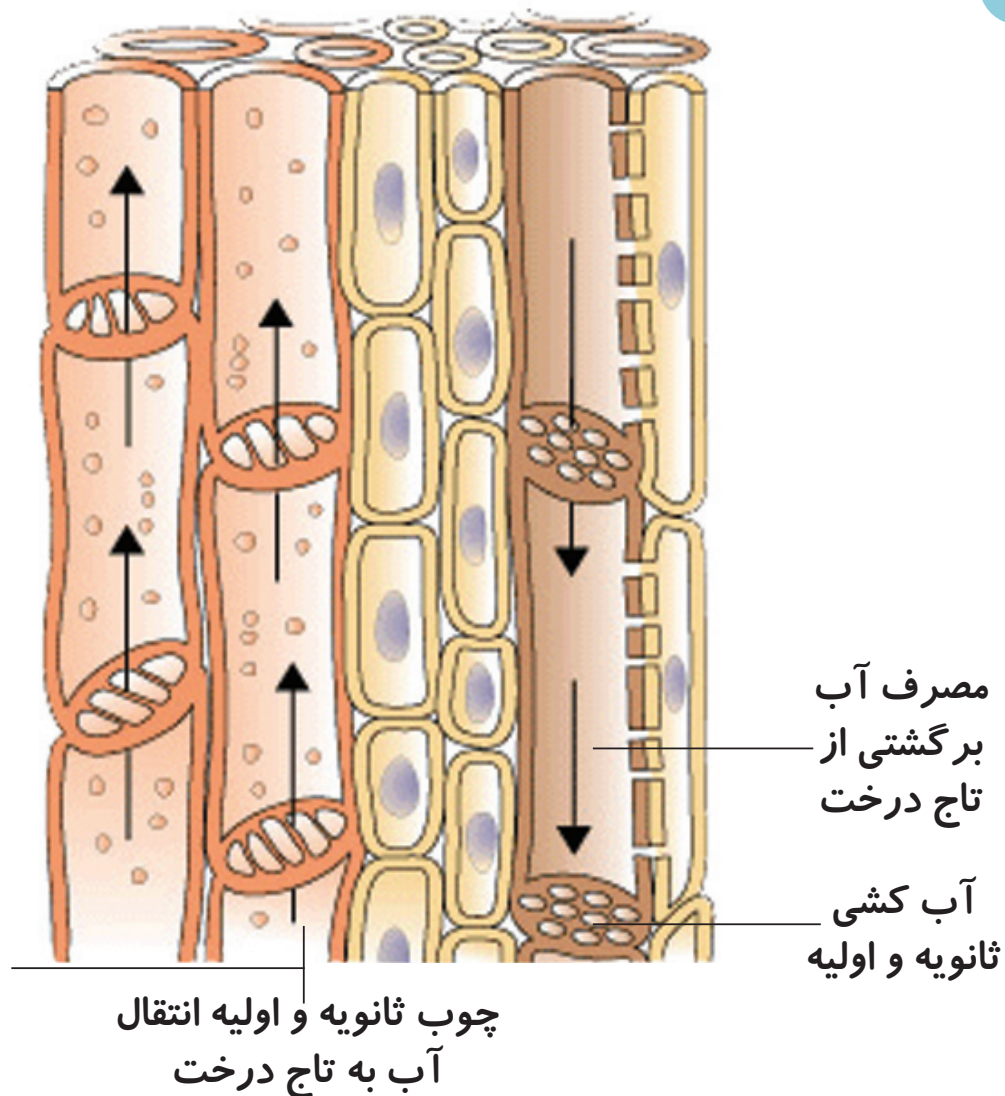


# فصل سوم

## رطوبت چوب



## پیش‌آزمون



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

.....

.....

۲- فصل برداشت چوب از جنگل کی می‌باشد و چرا؟

.....

.....

۳- رطوبت چوب برای ساخت مبلمان مسکونی چه قدر است؟

.....

.....

۴- ضرورت پایدار بودن ابعاد چوب را بیان کنید.

.....

.....

۵- انواع ابزار اندازه‌گیری جرم را نام ببرید.

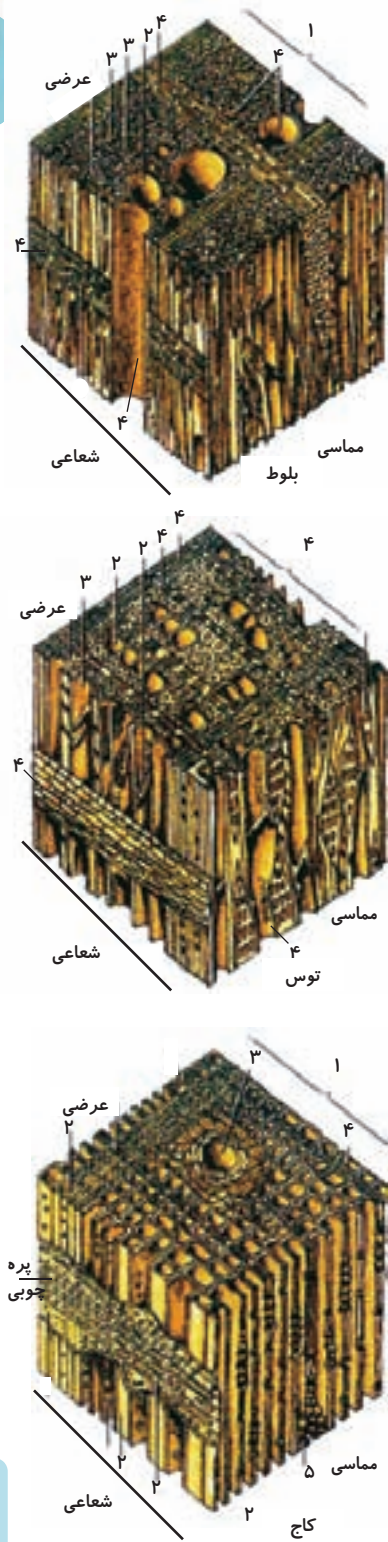
.....

.....

۶- محاسبه درصد رطوبت چوب را بیان کنید.

.....

.....



## رطوبت در درخت سرپا

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

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 میکروسکپی سه گونه چوبی

که گاه با چشم غیرمسلح نیز قابل رویت‌اند که در مجموع در چوب بافت متخلخل تشکیل می‌دهند این خلل وفرج 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 ۲-۳)

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 زنده به طرف پایین و اندام‌های مصرف‌کننده هدایت می‌شود. (شکل ۳-۳)

مجموعه این مایعات، رطوبت در درخت سرپا را تشکیل می‌دهند، که مقدار آن بین ۲۰-۲۰۰ درصد در چوب زنده و در گونه‌های مختلف نوسان دارد. (جدول ۱-۳)

| جدول ۱-۳- 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      |

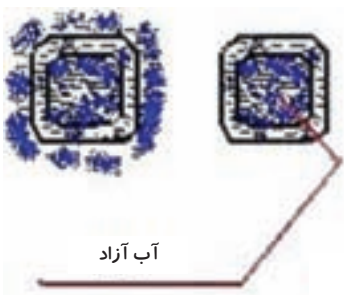
برداشت چوب از جنگل معمولاً در پاییز و به خاطر عدم فعالیت درخت صورت می‌گیرد. در این فصل مقدار رطوبت در درخت سرپا به حداقل خود می‌رسد و آسیب کم‌تری به آن وارد می‌شود. (شکل ۴-۳)

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

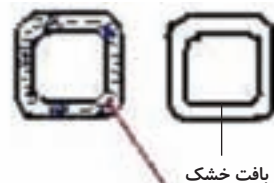
### شرایط محیطی و رطوبت در چوب

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 در خارج از این دو وضعیت، آب باعث تخریب چوب می‌شود. درخت برای رشد و نمو در محیط جنگل به سه فاکتور مهم نیاز دارد آب، نور، حرارت،

$$30\% < W < 100\% \quad 30\% - 40\%$$

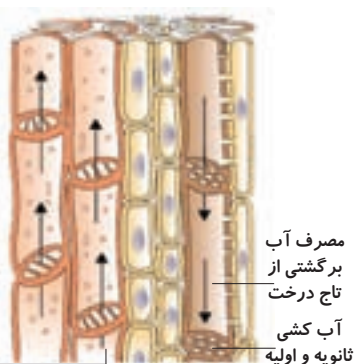


$$W < 30\% \quad W < 0\%$$



رطوبت اشباع

شکل ۲-۳



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



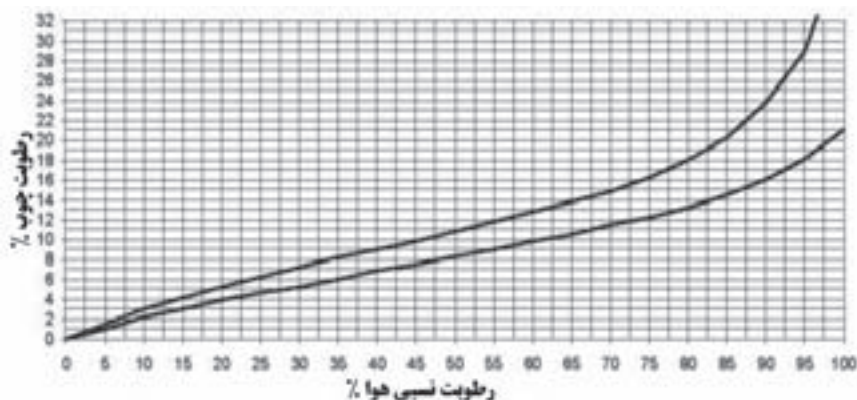
شکل ۴-۳- استحصال چوب از جنگل با ماشین‌های مدرن

با توجه به این که در فصل بهار و بخشی از تابستان نزولات آسمانی، نور و حرارت مطلوب است، لذا درخت از بیشترین فعالیت برخوردار است. در این شرایط آب در درخت به حداکثر مقدار خود می‌رسد. درخت هم به این آب احتیاج دارد، چون لازمه ادامه فعالیت زیستی است. 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 آن را به کار برد، و از آن مبل و یا سازه چوبی ساخت. برای این منظور رطوبت آن را به حداقل ممکن (شرایط محیط مصرف) رساند. این شرایط محیط مصرف 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 شماره ۲ و نمودار ۳-۵



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

اگر توجه لازم به این موضوع نشود، پس از قرار گرفتن سازه چوبی در یک محیط تبادل رطوبتی بین محیط و سازه برقرار می‌گردد. در این صورت اگر سازه رطوبت بیشتری نسبت به محیط داشته باشد با پس دادن رطوبت سلول‌های چوب (الیاف) جمع (هم‌کشیده) می‌شود. (نمودار ۳-۵) که در این وضعیت اتصالات، پوشش‌های رنگی سطح چوب آسیب می‌بیند، به طوری که پوسته شده از سطح چوب جدا می‌شود، یا اتصالات ضعیف شده و تخریب می‌گردند.

اما اگر رطوبت سازه 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 شده و واکنشیده می‌شود. در این صورت نیز آسیب به سطوح پوشیده از رنگ، اتصالات و سایر اعضاء سازه وارد می‌شود.

## رطوبت چوب

قبل از این که به تأثیر آب و چوب پردازیم به خواص آب و چوب 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 هستند. (شکل ۶-۳)  
 لوله‌های موئین به لحاظ ابعاد (ریزی و درشتی) متفاوت هستند و عامل تشخیص بین آن‌ها دو حالت است ماکرو و میکروکاپیلار به شرح زیر می‌باشد.

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

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

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

باتوجه به بحث فوق می‌توان گفت: چوب به‌عنوان یک جسمی با لوله‌های موئین ناهمگن از نوع مرتبط است.

فیبر در پهن برگان

تراکتید در سوزنی برگان



آوند در پهن برگان



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

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

| ردیف | رطوبت نسبی هوا | دمای محیط درجه سلیوس |      |      |      |      |      |
|------|----------------|----------------------|------|------|------|------|------|
|      |                | 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**

علیرغم این که در بیان حالات مختلف آب در چوب گفته شد آب در سه حالت در چوب وجود دارد اما در واقع در بررسی‌های علمی و عملی دو حالت از آب در چوب (الف) آب آزاد (ب) رطوبت اشباع مورد توجه بیشتری قرار می‌گیرد.

**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 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 اشباع می‌توان حتی در فضای آزاد آن را از چوب خارج کرد. (۳-۸) در فضای آزاد بدون پرداخت هزینه به لحاظ اینکه چوب دارای آب آزاد است

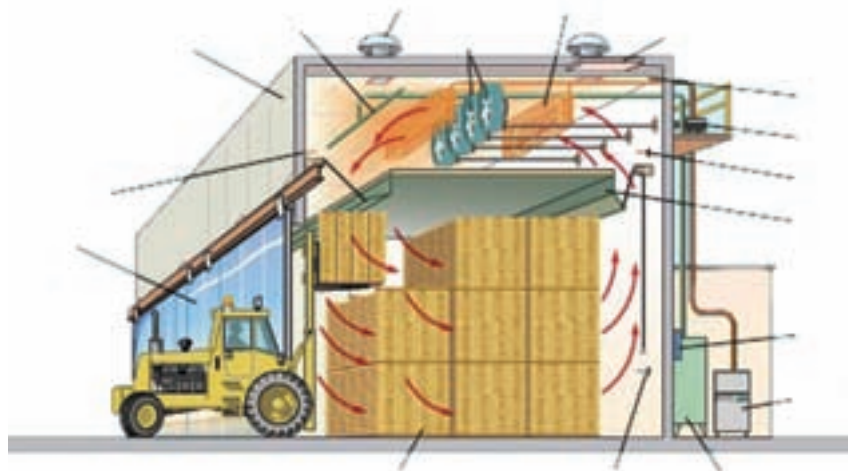




شکل ۹-۳- تبخیر آب از چوب

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 رطوبت اشباع چوب، سرعت خروج رطوبت نیز کاهش می‌یابد. اما که برای رسیدن به درصد رطوبت حداقل یعنی استفاده از چوب برای ساخت سازه مورد استفاده در محیط مسکونی (۸-۷) درصد رطوبت، زمان و هزینه خشک کردن چوب افزایش می‌یابد.

پس هر چه قدر رطوبت در چوب بیشتر باشد 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 اشباع به هزینه و زمان بیشتری برای خارج کردن نیاز دارد. (شکل ۱۰-۳)



شکل ۱۰-۳- خشک کردن با کوره

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

ب) رطوبت اشباع فیبر (آب آغستگی): رطوبت اشباع فیبر حدی از رطوبت چوب است که در آن تمام نیروهای شیمیایی و فیزیکی نگهدارنده آب بر روی دیواره سلول‌های چوبی اشباع شده‌اند ولی حفره‌های سلولی و فضاها بین سلولی خالی از آب است. (شکل ۱۱-۳)

بر اساس وضعیت جذب آب به وسیله چوب به این موضوع می توان پی برد که رطوبت اشباع فیبر چه به لحاظ تئوری و چه به لحاظ عملی، از اهمیت زیادی برخوردار است، چرا که رطوبت اشباع فیبر حداکثر آب ممکن است که چوب در دیواره سلول های خود جای می دهد، این مقدار هنگامی تحقق می پذیرد که چوب توسط هوای اشباع شده از بخار احاطه شود. به طور مثال اگر در فصول گرم رطوبت نسبی هوا به ۱۰۰ درصد برسد حداکثر رطوبت اشباع حدود ۳۰ درصد است، پس از طی سیکل زمانی مشخص در چوب فراهم می شود.

مقدار رطوبت اشباع فیبر را در حدود ۳۰ درصد در نظر می گیرند، که در این بین حتی در بعضی موارد حد پایین و بالا آن با توجه به نوع چوب برابر با ۴۰-۲۰ درصد است. با توجه به این موارد دسته بندی چوب ها را از نظر رطوبت اشباع به شرح زیر تعیین گردد.

۱- چوب های پهن برگ پراکنده آوند بدون چوب درون مشخص مثل نمدار، بید، تیریزی، توسکا، توس، راش (اروپایی) ممرز و هم چنین چوب برون چوب های گروه دارای رطوبت اشباع فیبر خیلی زیاد هستند، که مقدار آن برابر ۳۵-۳۲ درصد است. (شکل ۱۲-۳)

۲- چوب سوزنی برگان بدون چوب درون رنگی مشخص مثل نراد، نوئل و چوب درون و برون چوب های سوزنی برگ با چوب درون رنگی مشخص مثل کاج جنگلی و لاریکس با رطوبت اشباع فیبر خیلی زیاد برابر ۳۴-۳۰ درصد است. (شکل ۱۳-۳)

۳- چوب های سوزنی برگ با چوب درون واضح، با مقدار رزین کم مثل کاج جنگلی، لاریکس، دو گلاس دارای رطوبت اشباع فیبر حدود ۲۸-۲۶ درصد است.

۴- چوب های پهن برگ بخش روزه ای و نیمه بخش روزه ای، اغلب با چوب درون رنگی واضح مثل اقاچیا، بلوط، زبان گنجشک، گردو و گیلان با رطوبت اشباع فیبر در حدود ۲۴-۲۲ درصد است. (شکل ۱۴-۳)

باید سازندگان سازه های 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 می دهند. هم چنین در خصوص پدیده های فیزیکی مانند هم کشیدگی و وا کشیدگی (به هنگام خشک کردن و مرطوب کردن چوب) وضعیت مشابهی دارند.

## پایداری ابعاد چوب

پایداری ابعاد چوب یعنی: مقاومت به تغییر ابعاد در مقابل تغییر رطوبت. اگر شرایط رطوبت در مکان تغییر یابد بدون تردید ابعاد همه سازه های چوبی از هر



شکل ۱۱-۳- جایگاه رطوبت اشباع در دیواره سلولی



شکل ۱۲-۳- درخت راش



شکل ۱۳-۳- درخت لاریکس از سوزنی برگان خزان کننده



شکل ۱۴-۳- چوب درون واضح در گرده بینه گردو





شکل ۱۵-۳- سازه از چوب تیک

نوع چوبی که ساخته شده باشند تغییر می کند. لذا با انتخاب درست، یعنی به کارگیری چوب‌های مناسب برای ساخت سازه‌های چوبی در محیط‌های ناپایدار به رطوبت، می‌توان پایداری نسبی را در بهره‌برداری از سازه چوبی را فراهم نمود.

به طور مثال: چوب تیک در مقابل رطوبت حداقل جذب آب را دارد، در صورت ساخت پرچین و مبلمان باغی از چوب تیک دوام طبیعی بالایی نسبت به سایر چوب‌ها دارد (شکل ۱۵-۳) 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 و بتوان صرفه‌جویی خوبی در مصرف منابع جنگلی را دنبال کرد.



شکل ۱۶-۳ (الف) - ترازوی مکانیکی

**مفهوم رطوبت:** تمام خواص فیزیکی و مکانیکی چوب ارتباط مستقیم با درصد رطوبت موجود در چوب دارد، مانند هم‌کشیدگی و واکشیدگی عملیات رنده‌کاری، پرداخت، دوام سازه‌های چوبی، مقدار مقاومت خمشی و... و لذا لازم است به برخی از آثار رطوبت در چوب توجه کنید:

- \* از نظر اقتصادی، رطوبت زیاد هزینه حمل و نقل را افزایش می‌دهد.
- \* برای نگهداری چوب طولانی مدت باید درصد رطوبت آن کم‌تر از ۱۰٪ باشد.
- \* پوشش‌های سطوح چوب را فقط در حالت خشک می‌توان انجام داد.
- \* استفاده از چسب‌ها برای ایجاد اتصالات خوب فقط با چوب‌های خشک قابل انجام است.
- \* با کاهش رطوبت، چوب ارزش افزایش پیدا می‌کند.
- \* رطوبت سازه چوبی در طول بهره‌برداری نباید افزایش یابد.



شکل ۱۶-۳ (ب) ترازوی دیجیتال توزین نمونه‌ی چوب

## ابزار و نحوه‌ی اندازه‌گیری جرم چوب

برای اندازه‌گیری درصد رطوبت چوب مورد مصرف باید قبل از هر اقدامی از مقدار درصد 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 و به تعداد ۵ عدد ببرید. 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.



شکل ۱۶-۳(ج) - ترازوی مکانیکی

دقت ترازوهای مورد استفاده برای این منظور تا یک صدم دقت کافیست. ابتدا بلافاصله پس از تهیه نمونه‌ها آن‌ها را تمیز نمایید، به‌طوری‌که هیچ‌گونه خاک اره و... بر روی آن‌ها نماند سپس با ترازوی موجود در آزمایشگاه فیزیک و مکانیک چوب اندازه‌گیری نمایید.

سپس عملیات اندازه گیری را در جدولی مطابق جدول شماره ۳ ثبت نمایید.  
 \* نمونه‌های اندازه‌گیری شده را در اتو و با دمای  $20^{\circ}\text{C} + 103$  قرار دهید. (شکل ۱۸-۳)  
 - از هر ۶ ساعت نمونه‌های داخل اتو را از نظر وزنی کنترل کنید در آخرین کنترل‌ها اگر تغییر در کاهش وزن نمونه نسبت به اندازه‌گیری ما قبل صورت نگرفت، می‌توان آخرین اندازه‌گیری را پایان عملیات اندازه‌گیری تلقی نمود. نمونه‌ها در این حالت دارای صفر درصد رطوبت هستند.



شکل ۱۷-۳ اتو برای خشک کردن نمونه‌های چوبی در آزمایشگاه

با به دست آمدن اندازه وزنی نمونه مرطوب و خشک می‌توان آن‌ها را با فرمول زیر محاسبه نمود.  
**محاسبه درصد رطوبت چوب:**

محاسبه درصد رطوبت به طریق فرمول زیر انجام می‌گیرد:

$$u = \text{درصد رطوبت}$$

$$m_u = \text{جرم چوب مرطوب، گرم}$$

$$m_d = \text{جرم چوب خشک، گرم}$$

$$u = \frac{m_u - m_d}{m_d} \times 100 [\%]$$



شکل ۱۸-۳ الف) رطوبت‌سنج سوزنی

### مثال

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

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

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

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



شکل ۱۸-۳ ب) رطوبت‌سنج تماسی

### رطوبت‌سنج الکتریکی

وسیله دیگری نیز برای اندازه‌گیری درصد رطوبت چوب وجود دارد. این ابزار الکتریکی بر اساس مقاومت در مقابل عبور جریان الکتریسیته از چوب طراحی شده است. به طوری که مقدار درصد رطوبت در چوب می‌تواند به سرعت عبور جریان برق 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 و خصوصاً برای تجار در خرید چوب و اندازه‌گیری درصد رطوبت چوب در جاهایی که دسترسی به آزمایشگاه مقدور نیست و لازم است در کم‌ترین زمان نسبت به تعیین درصد رطوبت چوب آگاهی یا بند مورد استفاده قرار می‌گیرد، و هیچ محاسبه‌ای مانند محاسبه بالا لازم ندارند. (شکل ۱۹-۳) الف و ب)

## رطوبت چوب هنگام مصرف

معمولاً برای تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی چوب اگر موارد مصرف ویژه‌ای برای چوب عنوان نشود چوب در ۱۲ درصد رطوبت مورد آزمایش قرار می‌گیرد.

| جدول ۳-۳ - رطوبت چوب در شرایط مختلف |                                 |                  |  |   |
|-------------------------------------|---------------------------------|------------------|--|---|
| ردیف                                | محیط لازم جهت خشک کردن          | درصد افزایش      | شرایط دست یابی                                     | موارد مصرف چوب                                  |
| ۱                                   | مرطوب در فصل بهار               | $W < 100$        | درخت سرپا یا نگهداری طولانی داخل آب                | درخت سرپا، داخل آب                              |
| ۲                                   | چوب تازه قطع شده فصل پاییز      | $W = 100 - 50\%$ | رطوبت اولیه چوب پس از قطع                          | محیط مرطوب مانند جنگل و مزارع سرپوشیده          |
| ۳                                   | خشک کردن در هوای آزاد           | $W = 20 - 15\%$  | در هوای آزاد به مدت طولانی                         | در هوای آزاد                                    |
| ۴                                   | خشک کردن در هانگار <sup>۱</sup> | $W = 12 - 8\%$   | نگهداری طولانی در زیر سر پناه یا خشک کردن در کوره  | بدون سیستم گرمایشی متمرکز                       |
| ۵                                   | خشک کردن در کوره چوب خشک کنی    | کمتر از ۸ درصد   | خشک کردن کامل در کوره تحت دمای $103 \pm C^{\circ}$ | در محیط مسکونی یا اداری با سیستم گرمایشی متمرکز |

### 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؟

.....

۱- هانگار، به فضای سرپوشیده ای با دیوارهای باز گفته می‌شود که، چوب‌ها با دسته بندی خواص در آن محل برای خشک کردن طبیعی به مدت طولانی کبه چینه می‌شوند.

- 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 چرا 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 مویین 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- با مشخصات موجود در چوب‌های معرفی شده در جدول زیر سایر قسمت‌های خالی را محاسبه کنید و حاصل به دست آمده را در محل مربوطه بنویسید.



## 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 چوبساده نبوده و مستلزم تجزیه چوب است این آب در اندازه‌گیری مقدار رطوبت چوب تأثیری ندارد.
- ۲- (دی ماه ۱۳۸۶) روش‌های مختلف تعیین درصد رطوبت چوب را نام ببرید:  
 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.

۸۰ گرم = وزن تر

۶۴ گرم = وزن خشک

وزن خشک - وزن تر = درصد رطوبت  
وزن خشک

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

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

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

$$\text{درصد رطوبت} = \frac{\text{کاهش ابعاد از حالت واکشیده}}{\text{ابعاد در حالت واکشیده}}$$

به مجموع همکشیدگی طولی، مماسی و شعاعی همکشیدگی حجمی می گویند.

۵- (شهریور ماه ۱۳۸۷) روش تقطیری برای تعیین درصد رطوبت چه چوب‌هایی مناسب است؟ چرا؟

چوب برخی از گونه‌ها حاوی مقداری رزین است که حتی در درجه حرارت کم به سرعت تبخیر می‌شود.

۶- (شهریور ماه ۱۳۸۷) وزن ۲۰۰۰ کیلوگرم چوب راش بعد از خشک شدن به مقدار ۱۶۰۰ کیلوگرم رسیده است. مطلوب است: درصد رطوبت آن.

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

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

$$\%MC = 25$$

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

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

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

آب آزاد، آب آغشتگی، 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.

$$\text{درصد رطوبت} = \frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}}{\text{وزن خشک}} \quad \% \text{ MC} = \frac{W_m - W_{OD}}{W_{OD}} \times 100 \quad \frac{75}{150} \times 100 = \%50$$

۱۱- (شهریور ماه ۱۳۸۸) در مورد آب آغشتگی موارد داخل پرانتز را انتخاب کنید.  
 آب آغشتگی در داخل (دیواره سلولی - حفره سلولی) وجود دارد و به کمک نیروهای (جذب سطحی - کاپیلارایته) 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.

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

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 - کاپیلارایته) نگهداری می‌شود. اندازه‌گیری (آب آزاد - آب نهادی) مستلزم تجزیه چوب است.

حفره - کاپیلارایته - 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.

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

۲۱۰ = وزن آب = وزن خشک = 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 می نماید. درصد رطوبت آن را به دست آورید.

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

۱۷- (خرداد ماه ۱۳۸۹) چهار مورد از روش های 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 چوب ها و برش های مناسب
- ۵- اشباع چوب با مواد شیمیایی
- ۶- انجام عملیاتی که ضمن آن تغییرات فیزیکی و شیمیایی در گروه های 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

$$\% MC = \frac{W_m - W_{OD}}{W_{OD}} \times 100 \quad \% MC = \frac{3000 - 2500}{2500} \times 100 = \frac{500}{2500} \times 1000 = 20\%$$

راه حل دوم

$$\text{درصد رطوبت} = \frac{\text{وزن آب موجود در چوب}}{\text{وزن خشک چوب}} \quad \% MC = \frac{500}{2500} \times 100 = \frac{500}{2500} \times 1000 = 20\%$$

۱۹- (شهریور ماه ۱۳۸۹) مقدار رطوبت در چوب ها تازه قطع شده (چوب تر) به چه عواملی بستگی دارد؟

- گونه درخت - قسمت های 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 سلول ها و اجزا تشکیل دهنده چوب، وجود دارد.
- تعریف دوم: وزن آب موجود در چوب که معمولاً نسبت به وزن خشک آن سنجیده می شود.

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

۲۱- (دی ماه ۱۳۸۹) نقطه اشباع الیاف (F.S.P) را تعریف نمایید و بنویسید مقدار آن حدوداً چقدر است؟  
 چنان چه چوب به نحوی خشک شود که تمامی آب آزاد از چوب خارج شود و فقط آغستگی در چوب مانده باشد گفته می شود که رطوبت چوب در حد نقطه اشباع الیاف است و مقدار رطوبت چوب در ایت نقطه حدوداً ۳۰ درصد است.