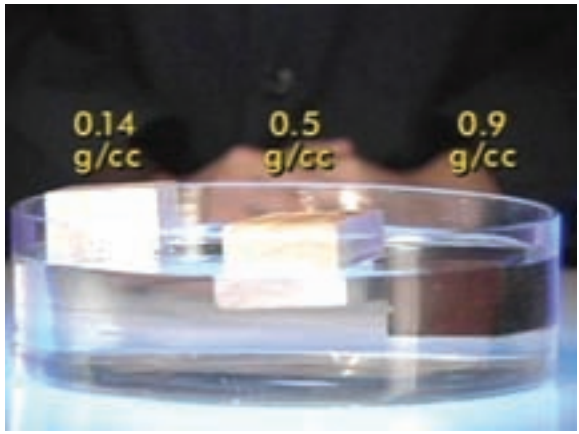
بخش اول

خواص فیزیکی چوب



فصل اول

تعاریف

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ ساختمان ماکروسکوپی (شکل ظاهری) چوب را تشریح کند.

۲ــ پوست، چوب، برون چوب و درون چوب، مغز، پره‌های چوبی(اشعه‌های چوبی) را تعریف کند.

۳ــ اختلاف چوب بهاره و چوب پاییزه را بیان نماید.

۴ــ تفاوت «سوزنی برگان» و «پهن برگان» را توضیح دهد.

۵ــ مقاطع مختلف چوب را تعریف کند.

۶ــ تفاوت چوب‌های غیر طبیعی و چوب‌های نرمال (طبیعی) را بیان کند.

زمان تدریس: ۲ ساعت

مقدمه

در مبحث خواص فیزیکی چوب، عمدتاً صفات توارثی چوب، مانند : شکل ظاهری (نقش)، رنگ، بو و طعم، جرم ویژه نسبی، میزان رطوبت و . . . ، هم‌چنین عکس‌العمل چوب در برابر صوت، حرارت، الکتریسیته و غیره مورد بحث قرار می‌گیرند. این‌گونه صفات با آن دسته خصوصیاتی که در اثر نیروهای مکانیکی خارجی و واکنش‌های شیمیایی پدید می‌آیند کاملاً متفاوتند. خواص فیزیکی چوب در اکثر موارد به صورت پایه و اساس تعیین کاربرد یا مصارف چوب مورد استفاده قرار می‌گیرند ؛ از این‌رو، اطلاعات مربوط به فیزیک چوب از نظر طراحی سازه‌های چوبی و حداکثر استفاده از چوب‌های مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و همواره مورد توجه صاحبان صنایع و متخصصان علوم چوب و کاغذ می‌باشد.

۱ــ تعاریف

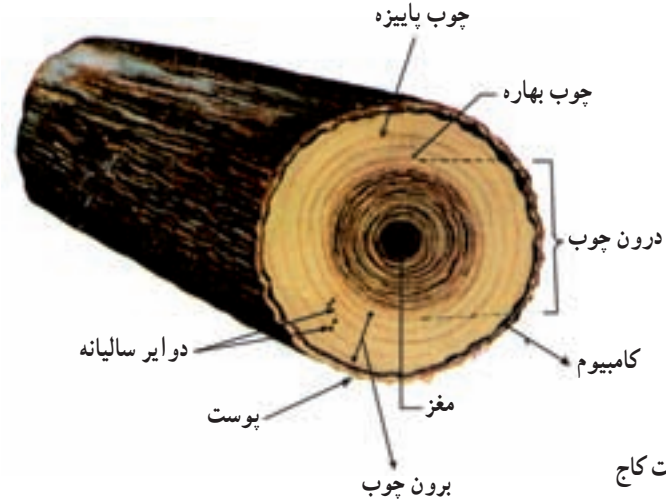
چوب ماده‌ای لیگنوسلولزی است که از ساقه، شاخه و ریشه گیاهان چوبی به‌دست می‌آید و از سلول‌های عمدتاً دوکی شکل و توخالی تشکیل شده است که به موازات یکدیگر و در راستای طول درخت قرار دارند.[۱] این ساختمان ویژه، روی خواص و کاربرد نهایی چوب تأثیر فراوان دارد ؛ بنابراین، هنگام تبدیل تنه درخت به چوب‌های بریده شده، خصوصیات آناتومیکی (تشریحی) الیاف، و یا سلول‌های تشکیل‌دهنده چوب و طرز قرار گرفتن آن‌ها، روی خواص فیزیکی، مکانیکی و شکل ظاهری چوب تأثیر می‌گذارند ؛ از این رو، دراین فصل، سعی خواهد شد، بعضی از قسمت‌ها و عناصر تشکیل دهنده ساختمان چوب ــ که درتشریح وبیان خواص فیزیکی ومکانیکی چوب نقش مهمی دارند ــ به‌طور اختصار تعریف گردد.

۱ــ۱ــ ساختمان ماکروسکوپی[۲] چوب

به شکل ۱ــ۱ توجه کنید. این شکل مقطع عرضی تنه یک درخت را نشان می‌دهد.

الف) پوست: این قسمت خود شامل دو لایه است :

لایه‌ی مرده یا پوست بیرونی: مرکب از سلول‌ها و بافت‌های مرده و ضخامت آن بسته به‌گونه و سن درخت متغیّر است. پوست بیرونی معمولاً خشک و چوب پنبه‌ای می‌باشد و حفاظت تنه را به عهده دارد.



شکل ۱ــ۱ــ مقطع عرضی تنه درخت کاج

۱ــ استاندارد ملّی ایران به شماره ۱۱۲۴

۲ــ قابل رؤیت با چشم غیرمسلح.

لایه‌ی زنده یا پوست درونی: مرکب از بافت‌های زنده، نرم ومرطوب است که مواد غذایی تهیه شده را به نقاط مختلف درخت هدایت می‌کند.

ب) کامبیوم (لایه‌ی زاینده): این لایه، بین پوست و چوب قرار دارد و از خارج، سلول‌های پوست (بافت آبکش) و از طرف داخل، سلول‌های تشکیل دهنده چوب (بافت چوب) را تولید می‌کند.

ج) چوب: بافت لیگنوسلولزی ساقه، شاخه و ریشه گیاهان چوبی که در حد فاصل بین مغز و لایه زاینده قرار دارد و وظیفه آن انتقال آب، ذخیره مواد غذایی و تأمین مقاومت مکانیکی است و خود به دو بخش متمایز برون چوب یا چوب برون، و درون چوب یا چوب درون تقسیم می‌شود.[1]

د) برون چوب: این قسمت از چوب بلافاصله بعد از لایه زاینده قرار دارد ؛ رنگ آن معمولاً روشن‌تر از قسمت مرکزی شاخه و حاوی سلول‌های زنده و فعال است و شیرابه را از ریشه به‌برگ‌ها انتقال می‌دهد.

هـ) درون چوب: بخش میانی تنه درخت به درون چوب معروف است، سلول‌های این قسمت غیرفعال بوده، با تغییر تدریجی چوب برون تشکیل می‌شود. در اکثر گونه‌ها، رنگ آن تیره‌تر از برون‌چوب است و کار آن ذخیره مواد استخراجی و تأمین مقاومت مکانیکی درخت می‌باشد.[2]

و) مغز: مغز دارای بافت نرمی است که در مرکز تنه و شاخه‌ها قرار دارد.

ز) پره‌های چوبی (اشعه‌های چوبی) : پره‌های چوبی نوارهایی هستند متشکل از یک یا چند ردیف سلول‌های شعاعی که از پوست تا مرکز درخت و عمود بر دوایر سالیانه امتداد دارند و کار آن‌ها عمدتاً انتقال و ذخیره مواد غذایی است.[3]

ح) چوب بهاره و چوب تابستانه: چوبی که در آغاز فصل رویش به خصوص در چوب‌های مناطق معتدله و سردسیری تشکیل می‌شود معمولاً حاوی سلول‌هایی درشت با دیواره سلولی (غشاء) نازک است. رنگ آن روشن است و اصطلاحاً به آن «چوب بهاره» یا «چوب آغاز» می‌گویند. در حالی که چوبی که در پایان دوره‌ی رویش به‌وجود می‌آید، به دلیل کم بودن جریان آب، سلول‌هایی با حفره‌های سلولی تنگ‌تر و غشای سلولی ضخیم‌تر دارند و رنگ آن تیره‌تر از چوب بهاره است و اصطلاحاً به آن «چوب تابستانه» گفته می‌شود. به مجموع چوب بهاره وچوب تابستانه که در یک دوره رویش تولید می‌شود، «دایره (حلقه) رویش سالیانه» گویند.

۲،۱ و۳ــ استاندارد ملّی ایران به شماره ۱۱۲۴

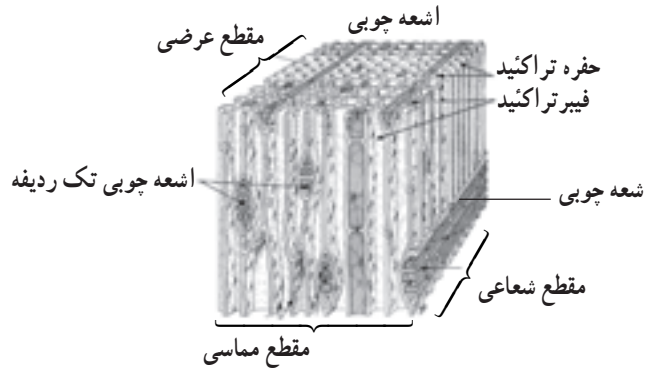
۲ ــ ۱ــ ویژگی‌های اختصاصی چوب

چوب یک ماده طبیعی با منشأ بیولوژیک (زنده) است ؛ بنابراین، در مورد چوب باید به دو خاصیت بنیادی و انحصاری توجه کرد :

الف) از آن جا که دو فرد هرگز یکسان نیستند و یا دو سیب از یک درخت و حتی یک شاخه نیز هرگز کاملاً مشابه و یکسان نمی‌باشند.[۱] خصوصیات و ویژگیهای دو قطعه چوب حتی از ساقه یک درخت نیز کاملاً یکسان نخواهند بود. شایان ذکر است که این عدم یکنواختی محدود به ظاهر چوب نیست، بلکه باعث به‌وجود آمدن خواص متفاوتی می‌گردد.

ب) چوب از سلول‌هایی تشکیل شده که این سلول‌ها زمانی زنده بوده و نقش بیولوژیکی را ایفا می‌کرده‌اند. ساختمان این سلول‌ها ــ با توجه به وظیفه‌ای که داشته‌اند ــ متفاوت است، به دلیل این که از کنار یکدیگر قرار گرفتن این سلول‌های متنوع، چوب به وجود آمده است. چوب ماده‌ای «هرسو نایکسان» است بدین‌معنی که خواص آن در جهت‌های مختلف متفاوت است.

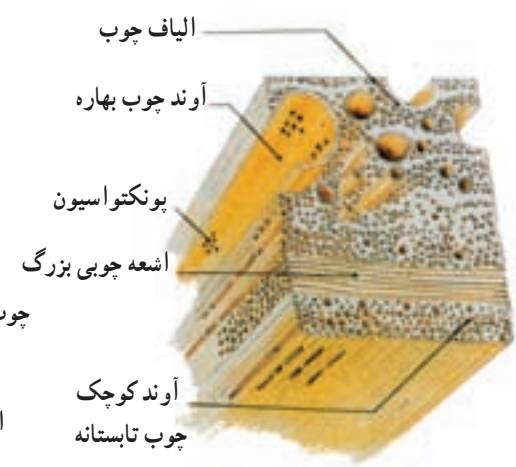
اغلب سلول‌های چوب به شکل لوله‌های بلند و باریک هستند که در جهت محور ساقه درخت و به‌طور موازی قرار گرفته‌اند. در شکل ۲ــ۱یک قطعه چوب سوزنی برگ نشان داده شده است که در آن قرار گرفتن موازی سلول‌های بلند قابل رؤیت است. در چوب پهن برگان نظیر راش، بلوط و... تنوع سلول‌ها زیادتر است و چندین نوع سلول با وظیفه‌های بیولوژیک متفاوت وجود دارد، ولی در چوب سوزنی برگان نظیر «نراد»، «نوئل»، «کاج» تنوع سلولی کم‌تر بوده و در آن میان، تراکئید از همه واضح‌تر است.



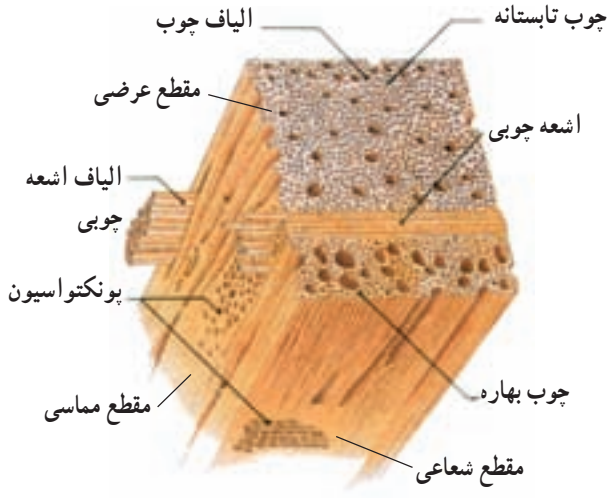
شکل ۲ــ۱ــ طرز قرار گرفتن سلول‌ها در یک قطعه چوب سوزنی برگ

۱ــ به عنوان مثال مشاهده تغییرات وزن مخصوص بین گونه‌ها تا حد سی برابر و بین چوب درختان یک گونه تا حد شش برابر و نیز سه برابر در یک دایره رویش طبیعی می‌باشد.

هم‌چنین، درخت همانند انسان هر ساله رشد طولی و قطری دارد. رشد قطری درخت به‌صورت دایره‌های هم مرکزی قابل رؤیت است که در درختان با رویش قطری بهاره و تابستانه مجزا، هر «دو دایره» و در درختانی که رویش قطری بهاره و تابستانه مجزا ندارند هر «یک دایره» نشان‌دهنده رشد قطری سالیانه است. اگر درخت دارای چوب پراکنده آوند باشد مرز مشخصی بین رویش بهاره و تابستانه وجود نداردشکل(۳ــ۱ــالف). ولی در درختان بخش روزنه‌ای، در فصل بهار که مواد غذایی بیشتری در دسترس درخت است میزان رویش زیادتر بوده به دلیل نیاز به انتقال مواد غذایی بیشتر در درخت، حفره سلولی بزرگ‌تر و ضخامت دیواره سلول کمتر است و در نتیجه رنگ چوب روشن‌تر خواهد بود، اما در فصل تابستان که از میزان مواد غذایی درخت کم می‌شود حفره سلولی کوچک‌تر شده، سلول‌ها دارای دیواره ضخیم‌تر هستند ؛ بدین ترتیب، چوب تیره‌تر است. در این حالت هر دو دایره رویش (یکی بهاره روشن و دیگری تابستانه تیره) نشان‌دهنده رویش قطری یک سال است که در شکل (۳ــ۱ــ ب) نشان داده شده است.

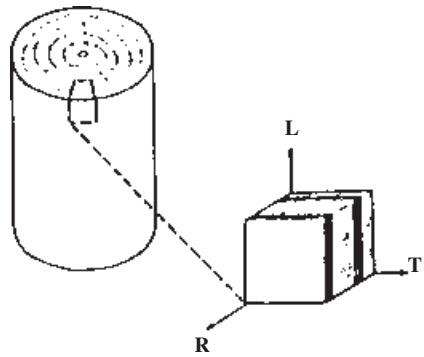


شکل ۳ــ۱ــ الف ــ یک قطعه چوب پراکنده آوند



شکل ۳ــ۱ــ ب ــ یک قطعه چوب بخش روزنه‌ای

«هرسونایکسانی» در چوب: برای روشن شدن ساختمان چوب در خصوص مقاومت‌های مکانیکی آن یک قطعه چوب را از یک قسمت ساقه درخت طبق شکل ۴ــ۱در نظر بگیرید. طرز قرار گرفتن سلول‌ها و اجزای تشکیل‌دهنده چوب در جهت‌های مختلف باعث به وجود آمدن خواص متفاوت در آن جهت‌ها خواهد شد.



شکل ۴ــ۱ــ جهت‌های سه‌گانه در یک قطعه چوب

در چوب سه جهت اصلی را می‌توان مشخص کرد :

الف)جهت طولی یا محوری (L): که موازی با محور اصلی درخت است و اغلب سلول‌های چوب موازی با این محور قرار گرفته‌اند. در شکل ۴ــ۱جهت طولی با حرف L[1] نشان داده شده است.

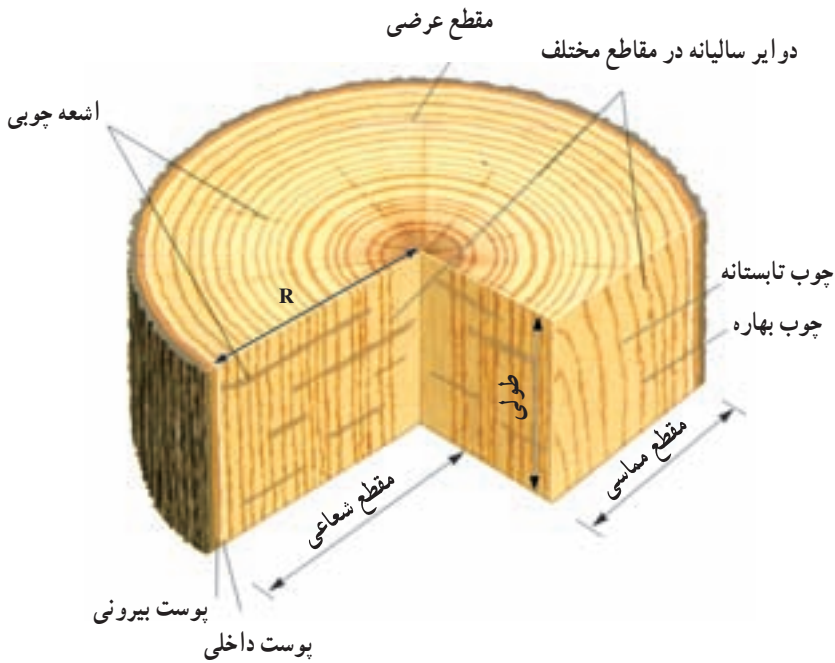
ب) جهت مماسی (T): که جهت مماس بر دایره‌های رویش سالیانه است. در شکل ۴ــ۱ جهت مماسی ؛ با حرف T[2] نشان داده شده است.

ج) جهت شعاعی (R): جهت شعاعی عمود بر جهت مماسی (دایره‌های رویش سالیانه) و در جهت شعاع دایره‌های سطح مقطع درخت است. جهت شعاعی دایره‌های رویش سالیانه را قطع کرده و در شکل‌های۴ــ۱ و ۵ــ۱با حرف R[3] نشان داده شده است.

۱ــ L، مخفف کلمه انگلیسی «Longitudinal»، به معنی طولی یا محوری است ؛ که اصطلاحاً به آن در ستون عرضی گفته می‌شود.

۲ــ T، مخفف کلمه انگلیسی Tangential، به معنی مماسی است.

۳ــ R، مخفف کلمه انگلیسی Radial، به معنی شعاعی است.



شکل ۵ــ۱ــ مقاطع مختلف و بخشی از عناصر ساختمانی از جمله اشعه چوبی در یک قطعه چوب

۳ــ۱ــ پهن برگان و سوزنی برگان

معمولاً گونه‌های درختی چوبده بـه دو گروه بزرگ «پهن بـرگان» و «سوزنی برگان» تقسیم می‌شوند. پهن برگان، اکثراً سخت چوب، نقش‌دار، دارای برگ‌های درشت و پهنی هستند و در مناطق معتدله خـزان‌کننده‌اند مـانند بلوط، راش، افرا و ... ؛ در حالی‌که سوزنی برگان اکثراً نرم چوب، بدون نقش و دارای برگ‌های سوزنی شکل می‌باشند که به جز چند گونه مانند لاریکس خزان نمی‌کنند، مانند کاج، سرو، نراّد و... .

۴ــ۱ــ مقاطع چوب

معمولاً، مطالعات مربوط به خواص و شناسایی چوب درسه برش یا مقطع : عرضی، شعاعی و مماسی انجام می‌شود، زیرا اغلب خصوصیات چوب در این سه مقطع متفاوت هستند. مقطع عرضی با قطع تنه عمود بر محور طولی درخت به‌دست می‌آید. مقطع شعاعی و مماسی هر دو طولی و عمود بر مقطع عرضی هستند و با برش تنه درخت در جهت موازی با محور طولی درخت به دست می‌آیند.

با این تفاوت که برش مماسی در جهت مماس بر دوایر سالیانه و برش شعاعی در جهت موازی با پره‌های چوبی یا عمود بر دوایر سالیانه می‌باشد. در درختان پس از سپری شدن مدت زمانی از عمر آنها چوب برون و چوب درون مشخص و یا نامشخص تشکیل می‌گردد که در مقطع تنه،چوب درون به رنگ تیره در قسمت داخلی و چوب برون به رنگ روشن در قسمت بیرونی قابل رؤیت می‌باشد. این سه مقطع در شکل ۶ــ۱ نشان داده شده است.

شکل ۶ــ۱ــ مقاطع مختلف تنه درخت و چوب برون و چوب درون و مغز چوب

۵ــ۱ــ چوب‌های غیرطبیعی یا واکنشی

معمولاً درقسمت‌های خمیده‌ی تنه و قسمت فوقانی و زیرین شاخه‌های درخت، چوبی تشکیل می‌شود که خصوصیات آن با چوب طبیعی یا نرمال کاملاً فرق دارد[۱]. این گونه چوب‌ها در سوزنی‌برگان به «چوب فشاری» و در پهن برگان به «چوب کششی» معروف است.[۲] بسیاری از ویژگیهای فیزیکی، مکانیکی و ... واکنشی با چوب نرمال فرق دارد.علت اصلی این تغییرات را می‌توان دانسیته بالای چوب واکنشی نسبت به چوب نرمال دانست(شکل‌های ۷ــ۱ و ۸ــ۱).

چوب فشاری که در قسمت زیرین تنه خمیده و شاخه‌های درختان سوزنی برگ به‌وجود می‌آید و وضعیّت برون مرکزی را در مقطع عرضی بوجود می‌آورد (شکل ۷ــ۱).

۱ــ پیدایش این نوع بافت عکس‌العمل درخت برای برگشت به وضعیّت عادی خود می‌باشد و بنابراین نام این بافت را غیر نرمال یا واکنشی گذارده‌اند.

۲ــ استاندارد ملّی ایران به شماره ۱۱۲۴

شکل ۷ــ۱ــ برش عرضی درخت سوزنی برگ: چوب نرمال در قسمت فوقانی و چوب فشاری در قسمت تحتانی دیده می‌شود.

چوب کششی در قسمت فوقانی تنه خمیده و شاخه‌های درختان پهن برگ تشکیل می‌شود و ازخصوصیات بارز آن این است که هنگام بریده شدن، به‌ویژه در چوب‌های‌تر، چوب به شکل کرکدار درمی‌آید که در نتیجه اره‌کشی آن بسیار دشوار می‌شود. در مقاطع عرضی این چوب نیز برون مرکزی مشاهده می‌گردد.

شکل ۸ــ۱ــ برش عرضی درخت پهن برگ: چوب کششی در قسمت فوقانی قرار دارد وچوب نرمال در قسمت پایین قرار دارد.

به این پرسش‌ها پاسخ دهید

۱ــ در شکل ۹ــ۱ که یک برش عرضی تنه درخت است قسمت‌های مختلف قابل تشخیص را مشخص کنید :

شکل ۹ــ۱ــ برش عرضی تنه یک درخت

۲ــ لایه زاینده (کامبیوم) را تعریف کنید.

۳ــ اختلاف برون چوب و درون چوب را تشریح کنید.

۴ــ تفاوت بین سوزنی برگان و پهن برگان را بیان کنید.

۵ــ چوب بهاره و چوب پاییزه را تعریف کنید.

۶ــ چوب‌های غیرطبیعی یا واکنشی چه نوع چوب‌هایی هستند؟ در شکل ۱۰ــ۱ چوب واکنشی و چوب نرمال را مشخص کنید.

۷ــ تفاوت چوب کششی وچوب فشاری را بیان کنید.

۸ــ نمونه‌هایی از مقاطع مختلف گونه‌های چوبی را در محل زندگی خود تهیه کرده و عناصر ساختمانی آن‌را مشخص کنید.

۹ــ در قطعه‌ای از چوب شاخه سوزنی‌برگ و پهن برگ، چوب واکنشی را نشان دهید.

شکل ۱۰ــ۱ــ برش عرضی تنه خمیده یک سوزنی‌برگ

فصل دوم

آشنایی با رنگ، بو و طعم چوب

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل ازفراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ علت بروز رنگ‌های مختلف را در چوب بیان کند.

۲ــ کاربرد رنگ چوب را درتشخیص چوب‌های مختلف بیان کند.

۳ــ تأثیر رنگ چوب را در دوام طبیعی آن تعریف کند.

۴ــ نقش رنگ را در زیبایی چوب بیان کند.

۵ــ علت بوی چوب را بیان کند.

۶ــ نقش بو را در تشخیص چوب تعریف کند.

۷ــ تأثیر بوی چوب را درکاربرد آن شرح دهد.

۸ــ تأثیر بو را در دوام طبیعی چوب بیان نماید.

۹ــ کاربرد طعم را در شناسایی و مصارف چوب شرح دهد.

زمان تدریس : ۴ ساعت

مجموعه‌ای از رنگ‌های زیبای طبیعی چوب

۲ــ رنگ، بو و طعم چوب

۱ــ۲ــ رنگ چوب

چوب گونه‌های مختلف دارای رنگ‌های طبیعی گوناگونی از سفید (در برون چوب اکثر گونه‌ها) تا زرد لیمویی (شمشاد)، کرم تا صورتی (راش)، خاکستری تا قهوه‌ای مایل به سیاه (گردو) و سیاه (آبنوس) و سایر رنگ‌های بینابین آن‌ها می‌باشد. حتی در یک قطعه چوب ممکن است اختلاف رنگ وجود داشته باشد ؛ مانند اختلاف رنگ درون چوب و برون چوب، چوب بهاره و چوب تابستانه، بافت پره‌های چوبی و بافت‌های مجاور آن. اختلاف رنگ بیشتر در چوب درون وجود دارد. حال آن که، چوب برون در اکثر گونه‌ها به رنگ سفید روشن است.

به طور کلی، رنگ چوب یکی از خصوصیات بارز در اکثر گونه‌های چوبی است، اما تشریح و بیان آن با کلمات مشکل به نظر می‌رسد. معمولاً رنگ چوب با مشاهده‌ی ظاهر آن تشخیص داده می‌شود ؛ بدین ترتیب که چوب مانند سایر اجسام در برابر روشنایی، بخشی از طیف‌های مرئی نور طبیعی را به خود جذب می‌کند و بقیه را منعکس می‌سازد و این نور منعکس شده روی حس بینایی اثر می‌گذارد و رنگ چوب مشخص می‌گردد.[1] به شکل‌های ۱ــ۲، ۲ــ۲، ۳ــ۲، ۴ــ۲، ۵ــ۲ و ۶ــ۲ نگاه کنید. دراین شکلها رنگ‌های گوناگون درمقاطع متفاوت چند گونه مختلف نشان داده شده است.

شکل ۱ــ۲ــ رنگ سفید مایل به کرم درچوب خانواده کاج

۱ــ علاوه بر خاصیت انعکاس نور توسط چوب، رنگ چوب به‌وجود مواد استخراجی و زاویه تابش نیز بستگی دارد. (استاندارد ملّی ایران به شماره ۱۱۲۳)

شکل ۲ــ۲ــ رنگ زرد لیمویی درچوب شمشاد

شکل ۳ــ۲ــ رنگ کرم تا صورتی درچوب راش

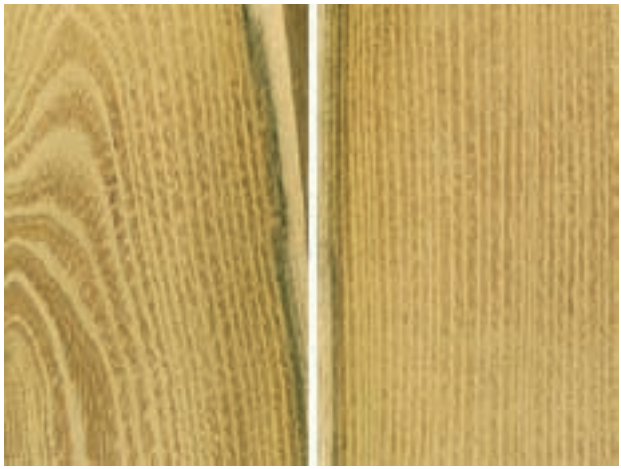
شکل ۴ــ۲ــ رنگ خاکستری تا قهوه‌ای تیره درچوب گردو

شکل ۵ــ۲ــ رنگ قهوه‌ای مایل به قرمز در چوب اوکالیپتوس

شکل ۶ــ۲ــ رنگ تیره چوب در گونه آکاسیا

معمولاً چوبی که در معرض هوای آزاد قرار می‌گیرد، اغلب تیره رنگ می‌شود و این تغییر رنگ غالباً در برون چوب پدید می‌آید. چنین تغییر رنگی منشأ شیمیایی داشته، در نتیجه‌ی اکسیده شدن ترکیبات معدنی موجود درچوب به‌وجود می آید. تغییر رنگ، ممکن است بلافاصله پس از قطع

درخت در جنگل و یا بعد از تبدیل تنه به چوب آلات مورد نظر به‌وجود آید ؛ مثلاً رنگ چوب «توسکا»، پس از بریده شدن به‌سرعت از سفیدی به قرمزی و بعد به قهوه‌ای مایل به زرد تغییر می‌یابد و یا رنگ درون چوب «اقاقیا» به سبز روشن تا قهوه‌ای تیره، تغییر می‌کند(شکل ۷ــ۲).



شکل ۷ــ۲ــ چوب اقاقیا

چنان‌چه چوب‌های با رنگ روشن در معرض نور خورشید، به‌ویژه در ارتفاعات قرار گیرند، رنگ آن‌ها به قهوه‌ای تبدیل می‌شود ؛ درحالی که اگر در معرض باران و یا رطوبت زیاد قرارگیرند، رنگ خاکستری تیره پیدا می‌کنند.

در برخی از چوب‌ها، مواد رنگی ممکن است آن‌قدر زیاد باشد که بتوان آن را استخراج نموده و به‌عنوان رنگ مورد استفاده قرار داد. در گذشته و قبل از متداول شدن رنگ‌های مصنوعی، از بعضی چوب‌های مخصوص، رنگ استخراج می‌شده است.

به علاوه، چوب بعضی از گونه‌ها مانند اقاقیا و تعدادی از گونه‌های مناطق استوایی دارای خاصیت «فلورسنت» هستند ؛ بدین معنی که در اثر تابش نور ماورای بنفش، رنگی می‌شوند که دراین حالت، چوب درون معمولاً به رنگ زرد براق و چوب برون به رنگ سایه روشن درمی‌آید.

ذخیره شدن بیش از حد مواد رنگی در چوب، ممکن است موجب تغییر رنگ موضعی گردد. تغییر رنگ همچنین ممکن است دراثر حمله قارچ‌ها، باکتری‌ها و یا سایر عوامل خارجی دیگر پدید آید (شکل ۸ــ۲).

شکل ۸ــ۲ــ تغییر رنگ چوب دراثر حمله قارچ‌ها

۱ــ۱ــ۲ــ نقش رنگ در دوام طبیعی چوب: معمولاً، رنگ تیره نشان‌دهنده‌ی دوام زیاد چوب است. به طورکلی، رنگ چوب ناشی از وجود مواد شیمیایی، مانند تانن‌ها، رزین‌ها، روغن‌ها، اسیدهای آلی، مواد رنگی و غیره است که غالباً در چوب درون و به نسبت کمتری در چوب برون ذخیره می‌شوند و به آن‌ها «مواد استخراجی» (Extractives) می‌گویند. این‌گونه مواد در مقابل حمله‌ی قارچ‌های عامل پوسیدگی چوب و حشرات، مانند سم عمل کرده، از پوسیدن چوب جلوگیری می‌نمایند. وجود این‌گونه مواد شیمیایی در چوب گونه‌هایی، مانند : گردو، سکویا، سرو، سدر، ارس، بلوط و اقاقیا، سبب بادوام بودن آن‌ها می‌شود. بر این اساس، درون چوب این‌گونه چوب‌ها و سایر گونه‌هایی، مانند : کاج‌ها، بادوام‌تر از برون چوب آن‌ها بوده و چوب‌هایی مانند : صنوبرها، بیدها و نمدار کم دوام محسوب می‌شوند (شکل‌های ۹ــ۲ و ۱۰ــ۲).

شکل ۹ــ۲ــ میز تحریر ساخته شده از چوب ماهاگونی مربوط به قرن هجدهم میلادی

شکل ۱۰ــ۲ــ رنگ سفید مایل به کرم درچوب کم دوام بید

لازم است یادآوری شود که رنگ روشن چوب همیشه نمی‌تواند دلیل برکم دوام بودن چوب باشد، زیرا گونه‌هایی مانند دارتالاب و بعضی از سدرها دارای رنگ روشن هستند ؛ در حالی که دوام طبیعی آن‌ها زیاد است (شکل ۱۱ــ۲).

شکل ۱۱ــ۲ــ رنگ قهوه‌ای روشن در چوب بادوام سدر

۲ــ۱ــ۲ــ نقش رنگ درزیبایی چوب: رنگ طبیعی چوب تعداد زیادی از گونه‌ها بسیار زیبا است و اکثراً کاربرد تزیینی و دکوراتیو دارند. شکل ۱۲ــ۲ دو دست لباس مردانه و زنانه ساخته شده از چوب با مجموعه‌ای از رنگ‌های زیبای چندین گونه را نشان می‌دهد. در شکل ۱۳ــ۲ میز تحریری می‌بینید که به سبکی زیبا ساخته و تزیین شده است.

شکل ۱۲ــ۲ــ مجموعه‌ای از رنگ‌های چوب

شکل ۱۳ــ۲ــ میزتحریر ساخته شده از چوب شیشم

این میز تحریر زیبا ازچوب «شیشم» یا «دالبرجیا» ساخته شده است. درون چوب اغلب گونه‌های خانواده شیشم دارای رنگ‌های متفاوتی از جمله : قهوه‌ای طلایی، قهوه‌ای شکلاتی، قهوه‌ای مایل به بنفش، نارنجی متمایل به لیمویی و غیره می‌باشد. به دلیل رنگ‌های متنوع و زیبا، چوب این گونه‌ها غالباً در ساخت مبلمان گران قیمت، پیانو و وسایل تزیینی و تجملی مورد استفاده قرار می‌گیرند. وسایل تزیینی دیگری که به دلیل زیبایی ظاهری و رنگ‌های دلپذیر از چوب گونه‌های مختلف ساخته شده‌اند در شکل‌های ۱۴ــ۲، ۱۵ــ۲، ۱۶ــ۲، ۱۷ــ۲ و ۱۸ــ۲ نشان داده شده است.

شکل ۱۴ــ۲ــ صندلی با رویه‌کوبی ساخته شده از چوب پهن‌برگ

شکل ۱۵ــ۲ــ کنده‌کاری روی چوب شمشاد

شکل ۱۶ــ۲ــ ترکیبی از رنگ تیره گردو و رنگ روشن افرا

شکل ۱۷ــ۲ــ رنگ کرم در چوب افرا

شکل ۱۸ــ۲ــ گلدان زینتی ساخته شده از چوب توس

رنگ بعضی از چوب‌ها ثابت است ؛ مثلاً برخی گونه‌های خانواده مرکبات دارای رنگ زرد روشن ثابتی هستند و در خاتم‌کاری مورد استفاده قرار می‌گیرند ؛ در حالی که رنگ بیشتر چوب‌ها، پس از مدتی که در معرض نور قرار می‌گیرند تغییر رنگ می‌دهند ؛ مانند چوب توت که دارای رنگ زرد نارنجی است، ولی پس از مدتی ابتدا به رنگ طلایی درمی‌آید و بعد دراثر تابش نور، به رنگ حنایی تغییر می‌یابد.

برای جلوگیری از تغییر رنگ چوب، می‌توان از موادی نظیر «پلی‌استر» استفاده کرده و برای مدتی رنگ آن را حفظ کرد و هم‌چنین به کمک روکش کردن از مواد طبیعی و مصنوعی می‌توان رنگ آن‌ها را تغییر داد. تغییر رنگ طبیعی با عملیات بخار دادن و یا رطوبت دادن امکان‌پذیر است ؛ برای مثال، چوب بلوط هرگاه برای مدتی نسبتاً طولانی در معرض باران یا رطوبت قرار گیرد کاملاً سیاه رنگ می‌شود و یا در مبل‌سازی به منظور دستیابی به رنگ مناسب و زیبا، چوب راش را بخار می‌دهند. چوب گردو و عنبرسائل اگر در معرض بخار آب قرار گیرند، رنگ روشن برون چوب آن‌ها به تیرگی رنگ چوب درون تغییر می‌یابد. در مبل‌سازی هنگام ساختن مبل‌های ارزان قیمت اغلب ممکن است چوب‌های ارزان قیمت را با رنگ‌های مصنوعی به شکل ظاهری چوب‌های گران قیمت رنگ‌آمیزی کنند.

۳ــ۱ــ۲ــ نقش رنگ در تشخیص چوب: علی‌رغم تشابه زیادی که درساختمان چوب برخی از گونه‌ها وجود دارد، در بعضی موارد، رنگ چوب ممکن است در تشخیص ماکروسکپی چوب مورد استفاده قرار گیرد ؛ برای مثال، «چنار» از رنگ صورتی مایل به قرمز(شکل۱۹ــ۲) «گلابی» از رنگ زرد مایل به‌قرمز (شکل۲۰ــ۲) و «شیشم آفریقایی» از روی رنگ سیاه چوب درون آن‌ها (شکل ۲۱ــ۲) به‌خوبی قابل تشخیص وشناسایی هستند ؛ ولی باید توجه داشت که چوب بعضی از گونه‌ها فاقد رنگ مشخصی هستند و یا اگر درمعرض هوای آزاد قرار گیرند به‌سرعت تغییر رنگ می‌دهند ؛ ازاین‌رو تشخیص و شناسایی ظاهری (ماکروسکپی) کلیه چوب‌ها از روی رنگ آن‌ها امکانپذیر نیست.

شکل ۱۹ــ۲ــ رنگ صورتی مایل به قرمز در چوب چنار

شکل ۲۰ــ۲ــ رنگ زرد مایل به قرمز در چوب گلابی

شکل ۲۱ــ۲ــ رنگ سیاه درچوب شیشم آفریقایی

۲ــ۲ــ بو و طعم چوب

بوی چوب نیز ناشی از وجود مواد استخراجی فرّار در چوب است. در مواردی که چنین موادی در چوب وجود دارد، اکثراً، در دیواره سلول‌های چوب درون ذخیره می‌شوند. با توجه به این که این‌گونه مواد استخراجی معمولاً فرّار هستند، از این‌رو چوب تازه قطع شده در ابتدا، معطر است و پس از مدتی که در معرض هوای آزاد قرارگرفت، بوی خود را به‌تدریج از دست می‌دهد ؛ به همین دلیل در چوب‌های تازه قطع شده، بوی چوب محسوس‌تر می‌باشد ؛ هم‌چنین در برخی موارد حمله قارچ‌های چوبخوار و یا باکتری‌ها ممکن است باعث تجزیه دیواره سلولی شده، ایجاد بو در چوب کنند.

۱ــ۲ــ۲ــ نقش بو در تشخیص چوب: تشریح و بیان بوی چوب مانند رنگ، آسان نیست، ولی بعضی از چوب‌ها به کمک بوی مخصوص آن‌ها شناسایی می‌شوند. چوب سدرها و سروها دارای بوی مطبوعی هستند و انواع کاج نیز بوی رزین می‌دهد. در بین سایر گونه‌ها، «چوب دار تالاب»، «**ساسافراس**[۱]» و «بداغ» بعضی مواقع دارای بوی نامطبوعی می‌باشند و چوب درون «**کاتالپا**[۲]» بوی نفت می‌دهد. چوب یکی از گونه‌های **افرا**[۳] هنگامی که گرم و مرطوب است بوی مربای توت‌فرنگی می‌دهد. **چوب تیک**[۴] ، بوی چرم سوخته و چوب گونه «**سراتوپتانوس**[۵]» بوی کارامل می‌دهد. چوب بعضی از گونه‌های مناطق استوایی نیز بوهای مختلفی دارند و برحسب بویی که دارند با نام‌های

۱ــ Sassaferas album
۲ــ Catalpa specigera
۳ــ Acer pseudoplatanus
۴ــ Tectona grandis
۵ــ Ceratopetanus apetalum

چوب «کافور»، چوب «سیر»، چوب «تمشک»، چوب «عطسه» و غیره معروف می‌باشند. از چوب‌های داخلی ایران، زربین که از خانواده سروهاست دارای بوی مطبوع و سرخدار دارای بوی نامطبوعی است. با این وجود، به دلیل این که بعضی از چوب‌ها فاقد بوی به‌خصوصی هستند و به‌علاوه، بوی چوب‌ها در اثرگذشت زمان و تأثیر عوامل خارجی به‌تدریج کاهش می‌یابد ؛ بنابراین، تشخیص چوب با استفاده از بو،همیشه میسر نیست، اما در شناسایی چوب مؤثراست.

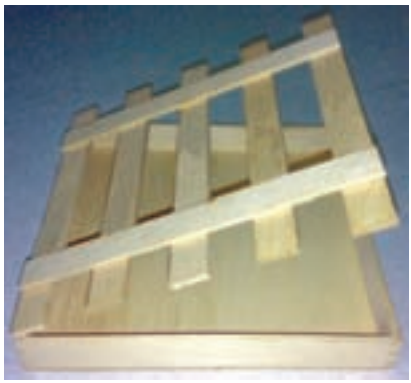
۲ــ۲ــ۲ــ تأثیر بوی چوب درکاربرد آن: بوی چوب، ممکن است از جمله محاسن آن محسوب شود و در تعیین کاربرد آن تأثیر به‌سزایی داشته باشد ؛ برای مثال، چوب سدر اسپانیایی[۱] که نوعی درخت پهن‌برگ است، به دلیل بوی مطبوعی که دارد، برای ساخت جعبه تزیینی (شکل۲۲ــ۲) و برخی دیگر از سدرها و سروها برای ساخت کمد لباس مورد استفاده قرار می‌گیرند. چوب بعضی از گونه‌ها مانند «صندل[۲]»، برخی از «اکالیپتوس‌ها». سدرها و سدر اسپانیایی به خاطر بوی معطر مخصوصی که دارند برای ساخت وسایل تزیینی و تجملی مانند، گلدان، مجسمه، مهره شطرنج و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرند و یا اغلب مدادهای مرغوب به دلیل خوشبویی از چوب گونه‌های مختلف سروها و یا

شکل ۲۲ــ۲ــ جعبه‌ی تزیینی ساخته شده از چوب توس

۱ــ Cedrela odorata

۲ــ Santalum album

«ارس» ساخته می شود ؛ در حالی که در صنعت سبدسازی و جعبه‌های حمل و نقل و بسته‌بندی موادغذایی، بوی چوب جزء معایب محسوب می‌شود، زیرا بوی چوب ممکن است روی بوی مواد غذایی تأثیر بگذارد. در این‌گونه موارد، استفاده از چوب‌های بدون بو ارجحیت دارد، در شکل ۲ــ۲۳ که یک پالت چوبی مشاهده می‌شود. در شکل ۲ــ۲۴ تصویر یک دراور از چوب گردو و در شکل ۲ــ۲۵ ظروف چوبی آشپزخانه نشان داده شده است.



شکل ۲ــ۲۳ــ پالت چوبی مورد استفاده برای حمل بار

شکل ۲ــ۲۴ــ دراور ساخته شده از چوب گردو مربوط به قرن هیجدهم

شکل ۲ــ۲۵ــ ظروف چوبی آشپزخانه

۳ــ۲ــ۲ــ تأثیر بو در دوام طبیعی چوب: بعضی از چوب‌ها دارای بوی مخصوصی هستند که حشرات چوبخوار را از خود دور می‌سازند و یا به عبارت دیگر «حشره‌گریز» هستند و به‌همین دلیل، دوام طبیعی آن‌ها زیادتر از چوب‌های بی‌بو است ؛ برای نمونه در شمال ایران، اغلب کمدهای لباس را از چوب «زربین» می‌سازند، زیرا چوب زربین دارای بوی مخصوصی است که باعث می شود حشرات چوبخوار به آن نزدیک نشوند و در نتیجه برای سال‌ها دوام پیداکرده، سالم می‌ماند ؛ البته گفتنی است که فقط داشتن بوی حشره گریز دلیل بادوام بودن چوب نیست، زیرا برخی از چوب‌ها وجود دارند که دارای دوام طبیعی زیادی هستند، ولی فاقد هرگونه بوی مخصوص هستند.

۴ــ۲ــ۲ــ کاربرد طعم درشناسایی و مصارف چوب[1]: طعم چوب نیز ناشی از وجود مواد استخراجی درچوب است که در بعضی موارد می‌تواند در شناسایی و مصارف چوب مؤثر واقع شود. طعم معمولاً در چوب‌های تازه قطع شده محسوس‌تر است که البته در چوب درون آن را بهتر می‌توان تشخیص داد. چوب‌هایی مانند بلوط و شاه بلوط که حاوی مقداری مواد استخراجی هستند طعم تلخ دارند. معمولاً طعم چوب عاملی عمده در تشخیص و شناسایی چوب محسوب نمی‌شود، اما ممکن است در بعضی موارد در تشخیص چوب‌های مختلف که از نظر ساختمان ماکروسکپی تشابه زیادی دارند، مورد استفاده قرارگیرد ؛ برای مثال، چوب گونه «لیبوسدروس[2]» و درخت «نوش[3]» از لحاظ ساختمان ظاهری بسیار شبیه هستند، اما «لیبوسدروس» دارای طعمی گس و طعم نوش تلخ است.

طعم چوب‌ها در تعیین کاربرد آن‌ها، از جمله در ساخت ظروف غذاخوری، قاشق چوبی، چوب بستنی و غیره بسیار با اهمیت است (شکل۲۶ــ۲).

شکل ۲۶ــ۲ــ ظرف منبت‌کاری شده از چوب ون

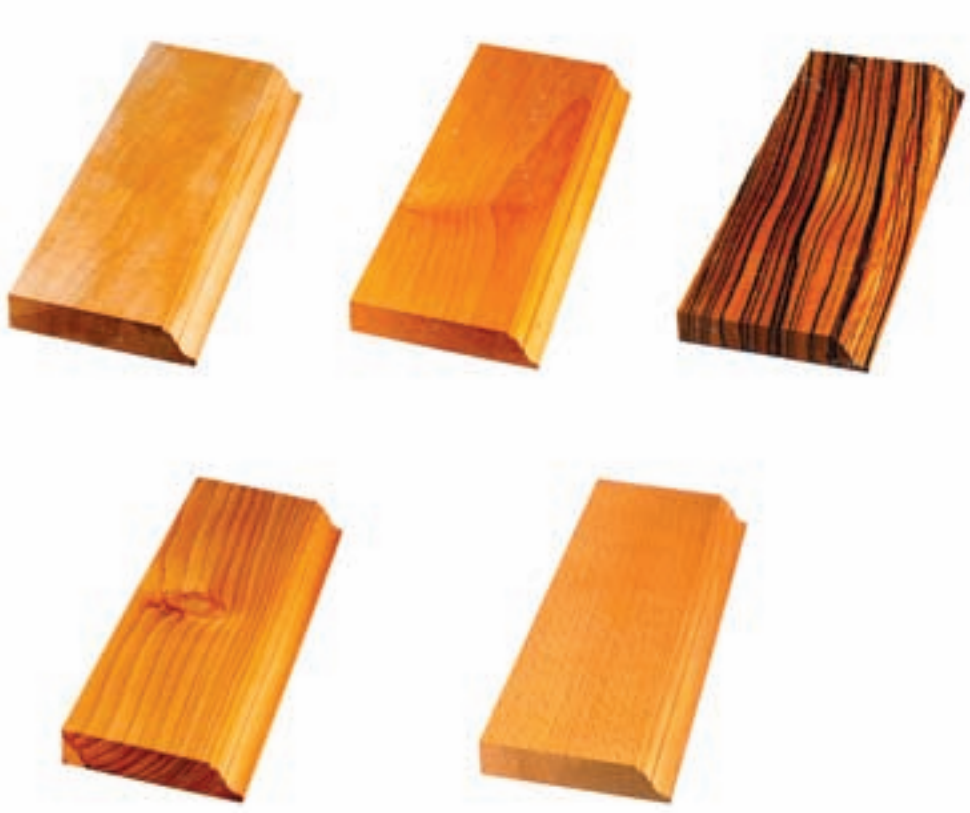
۱ــ استاندارد ملّی ایران به شماره ۱۱۲۳

۲ــ Libocedrus decurrens

۳ــ Thuya plicata

به این پرسش‌ها پاسخ دهید

۱ــ دلیل تیره رنگ شدن چوب در مجاورت هوا چیست؟
۲ــ چرا چوب‌های تیره رنگ معمولاً دوام بیشتری دارند؟
۳ــ لزوم آشنایی بارنگ، بو و طعم چوب چیست؟
۴ــ تأثیر بوی چوب را در کاربرد آن با چند مثال بیان کنید.
۵ــ چرا تشخیص و شناسایی ماکروسکپی کلیه چوب‌ها از روی رنگ آنها میسر نمی‌باشد؟
۶ــ پنج نمونه چوب تهیه کرده رنگ، بو و... آن‌را تعیین کنید.
۷ــ درتصاویر زیر نوع چوب‌ها را از روی رنگ آن‌ها شناسایی کنید.



فصل سوم

رطوبت، همکشیدگی و واکشیدگی چوب

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ رطوبت چوب را تعریف نماید.

۲ــ مقدار رطوبت چوب را محاسبه کند.

۳ــ همبستگی رطوبت با عوامل مختلف را بیان کند.

۴ــ حالات مختلف آب را در چوب تعریف کند.

۵ــ مقدار رطوبت چوب را در حالات مختلف شرح دهد.

۶ــ پدیده همکشیدگی و واکشیدگی چوب را تعریف کند.

۷ــ تأثیر همکشیدگی و واکشیدگی را در چوب توضیح دهد.

۸ ــ تفاوت همکشیدگی و واکشیدگی چوب را با انقباض وانبساط فلزات در اثر حرارت شرح دهد.

۹ــ روش‌های پیشگیری از همکشیدگی و واکشیدگی را بیان کند.

۱۰ــ روش‌های اندازه‌گیری رطوبت چوب را در آزمایشگاه توضیح دهد.

۱۱ــ نحوه‌ی اندازه‌گیری درصد رطوبت چوب، همکشیدگی و واکشیدگی چوب را توضیح دهد.

زمان تدریس: ۸ ساعت

۳ــ رطوبت چوب، همکشیدگی و واکشیدگی

۱ــ۳ــ تعیین رطوبت چوب

تعریف رطوبت چوب: میزان آب و بخار آبی است که به صورت آزاد در حفرهٔ سلول و یا جذب شده توسط غشای سلول‌ها و اجزای تشکیل‌دهنده چوب وجود دارد. رطوبت یک قطعه چوب معمولاً نسبت به وزن خشک آن سنجیده می‌شود ؛ بنابراین، طبق تعریف :

$$\text{درصد رطوبت چوب} = \frac{\text{وزن آب موجود در چوب}}{\text{وزن خشک چوب}} \times ۱۰۰$$

با توجه به این فرمول : وزن خشک چوب – وزن تر چوب = وزن آب موجود در چوب

می‌توان فرمول محاسبه درصد رطوبت چوب را به‌شکل زیر نوشت :

$$\text{درصد رطوبت چوب} = \frac{\text{وزن خشک چوب} - \text{وزن تر چوب}}{\text{وزن خشک چوب}} \times ۱۰۰$$

چنان‌چه دررابطه فوق علایم اختصاری به کاربرده شود، می‌توان فرمول محاسبه درصد رطوبت چوب را با بیان ریاضی به‌صورت زیر نوشت[۱] :

$$M.C.\% = \frac{W_m - W_{OD}}{W_{OD}} \times ۱۰۰^*$$

که در آن :

M.C. = مقدار رطوبت چوب (برحسب درصد)

W_m = وزن تر چوب

W_{OD} = وزن چوب کاملاً خشک

با توجه به این که در فرمول فوق، مخرج کسر، وزن خشک نمونه است، نه وزن کل نمونه (وزن خشک + وزن آب)، از این‌رو، میزان رطوبتی که بدین ترتیب به‌دست می‌آید، می‌تواند بیش‌از ۱۰۰ درصد باشد.

در بعضی موارد که اندازه‌گیری مقدار رطوبت چوب‌های با حجم زیاد مدنظر است، مانند چوب‌های هیزمی و یا چوب‌های گرد (مورد استفاده در صنایع خمیر کاغذ و یا تخته‌خرده چوب و

۱ــ طبق استاندارد ملّی ایران به شماره ۲۸۹۵ برای تعیین میزان رطوبت چوب از نمونه‌هایی به شکل مکعب مستطیل با قاعده‌ای به ضلع ۲۰ میلی‌متر و طول ۵±۲۵ میلی‌متر که در امتداد الیاف چوب باشند، باید استفاده گردد.

*OD : مخفف کلمه‌ی Oven-dry به معنی کاملاً خشک است. m : مخفف کلمه‌ی moist به معنی مرطوب است.

غیره) ممکن است، درصد رطوبت چوب نسبت به‌وزن کل (وزن چوب تر) سنجیده شود که دراین حالت فرمول محاسبه به‌صورت زیر می‌باشد :

$$M.C.\% = \frac{W_m - W_{OD}}{W_m} \times ۱۰۰$$

باید توجه داشت که مقدار رطوبتی که بدین‌ترتیب به‌دست می‌آید با درصد رطوبتی که نسبت به‌وزن خشک سنجیده می‌شود فرق دارد ؛ برای مثال، فرض کنید وزن «تر» یک قطعه چوب ۳۰۰ نیوتن و وزن خشک آن ۱۰۰ نیوتن است. اگر درصد رطوبت نسبت به وزن خشک سنجیده شود، خواهیم داشت :

$$\text{درصد رطوبت} = \frac{۳۰۰-۱۰۰}{۱۰۰} \times ۱۰۰ = ۲۰۰\%$$

در صورتی که، طبق فرمول دوم، مقدار درصد رطوبت آن برابر :

$$\text{درصد رطوبت} = \frac{۳۰۰-۱۰۰}{۳۰۰} \times ۱۰۰ = ۶۶\%$$

خواهد بود اما در عمل، اکثراً از فرمول اول استفاده می‌شود ؛ یعنی درصد رطوبت برحسب وزن خشک محاسبه می‌گردد.

۲ــ۳ــ حالات مختلف آب در چوب

به‌طور کلی، آب به سه حالت در چوب وجود دارد :

الف) آب آزاد*: آب آزاد به آبی گفته می‌شود که به صورت مایع یا بخار در داخل حفره سلول‌های چوبی یافت می‌شود. با توجه به این که این آب توسط نیروی «کاپیلاریته[۱]» نگهداری می‌شود و در حالت گرم و خشک به‌سهولت از چوب خارج می‌شود و یا به‌عبارت دیگر، در فرآیند خشک‌کردن چوب، در مراحل اولیه این آب از چوب خارج می‌شود ؛ از این رو، به‌آن اصطلاحاً «آب آزاد» گفته می‌شود.

ب) آب آغشتگی*: این‌نوع آب در داخل دیواره‌ی سلول‌های چوبی و به‌کمک نیروهای جذب سطحی به‌حالت چسبیده با مولکول‌های زنجیر سلولز قرار دارد و در مقایسه با آب آزاد، جدا کردن آن از چوب به انرژی بیشتری نیاز دارد ؛ از این‌رو، چوب هنگام خشک شدن، ابتدا، آب

---

* استاندارد ملّی ایران به شماره ۱۱۲۳

۱ــ کاپیلاریته یا نیروی موئی نیرویی است که در لوله‌های کم‌قطر باعث بالا آمدن آب می‌شود.

آزاد و بعد آب آغشتگی را از دست می‌دهد.

ج) آب نهادی*: آب نهادی عبارت از آبی‌است که در ساختمان مولکولی غشای سلولی وجود دارد و جدا کردن آن از چوب ساده نبوده و مستلزم تجزیه چوب است. این آب در اندازه‌گیری مقدار رطوبت چوب تأثیری ندارد.

۳ــ۳ــ مقدار رطوبت چوب در حالات مختلف

هنگامی که آب آزاد و آب آغشتگی در چوب وجود دارند (مثلاً در چوب‌های تازه قطع‌شده) اصطلاحاً به‌آن چوب، «چوب تر» و یا «چوب سبز» گفته می‌شود. در این حالت، مقدار رطوبت چوب زیادبوده و مقدارآن به عوامل مختلفی نظیر گونه‌درخت، قسمت‌های مختلف درخت (ساقه، شاخه، درون‌چوب و برون‌چوب و غیره)، سن‌درخت، جرم مخصوص، میزان مواد (استخراجی)، نوع خاک و برخی دیگر از عوامل متغیر بستگی دارد ؛ برای مثال، در گونه‌هایی که چوب آن‌ها سبک است، مانند، «صنوبر»، «بید»، «توسکا» و غیره، مقدار رطوبت بیش‌از ۱۰۰درصد است. در کاج بین ۶۰ تا ۱۰۰درصد و در گونه‌هایی نظیر «راش»، «بلوط» و «ممرز» بین ۵۵ تا ۸۰ درصد و در بعضی چوب‌های سنگین مناطق گرمسیری بین ۳۰ تا ۶۰ درصد است یا چوب‌هایی‌که مقدار زیادی صمغ دارند و یا سن آن‌ها زیاد است «چوب‌درون» و یا چوب قسمت‌های نزدیک به‌بن‌درخت، مقدار رطوبت کمتری دارند.

چنان‌چه چوب به‌نحوی خشک شود که تمامی آب آزاد از چوب خارج شود و فقط آب‌آغشتگی در چوب باقی‌مانده باشد، گفته می‌شود که رطوبت چوب درحد «نقطه اشباع الیاف» (F.S.P[1]) است ؛ بنابراین، نقطه‌ی اشباع الیاف، حد رطوبتی‌است‌که درآن حفره سلول‌های چوب از آب آزاد خالی است، ولی غشای سلول‌ها از آب اشباع می‌باشد*. مقدار رطوبت چوب دراین نقطه حدود ۳۰ درصد است، اما مقدار واقعی آن در چوب‌های مختلف بین ۲۵ تا ۳۰ درصد میزان رطوبت براساس وزن خشک متغیر است که این تغییر به گونه‌چوب بستگی دارد. نقطه‌ی اشباع الیاف، یک نقطه‌ی بحرانی بوده، آگاهی از آن در کاربرد چوب بسیار حائز اهمیت است، زیرا کاهش رطوبت از این میزان باعث بروز پدیده همکشیدگی و تغییر در مقاومت‌های چوب می‌گردد. به‌طور کلی، رطوبت چوب‌هایی که در شرایطی مورد استفاده

---

* استاندارد ملّی ایران به شماره ۱۱۲۳

۱ــ Fiber Saturation Point

*استاندارد ملّی ایران به شماره ۱۱۲۴

قرار می‌گیرند که مستقیماً با آب در تماس نیستند کمتر از نقطه‌ی اشباع فیبرهاست ؛ مثلاً، رطوبت چوب‌هایی که در قسمت‌های بیرونی ساختمان به‌کار می‌روند معمولاً بین ۱۰ تا ۱۲درصد، چوب‌های مصرفی در قسمت‌های درونی ساختمان و مبلمان‌های داخلی بین ۶ تا ۷ درصد است ؛درحالی‌که،رطوبت چوب‌های مصرفی در ساختمان‌های ساحلی و بدنه‌ی کشتی ممکن است تا ۱۰۰درصد برسد.

۴ــ۳ــ همبستگی رطوبت با عوامل مختلف

چوب ماده‌ای است «هیگروسکوپیک[۱]» (آبدوست) و به رطوبت در حالت‌های مایع و بخار کاملاً حساس است ؛ بدین‌معنی که وقتی قطعه چوب‌خشک در محیط مرطوب قرار گیرد، رطوبت را جذب می‌کند و اگر چوب مرطوب در محیط خشک قرار گیرد، رطوبت خودرا از دست می‌دهد.

رطوبت یکی از عوامل محیطی مهم برای چوب به‌شمار می‌رود، زیرا تقریباً روی تمامی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی چوب تأثیرمی‌گذارد ؛ بدین‌ترتیب که با زیادشدن رطوبت جرم ویژه نسبی چوب زیاد می‌شود، ابعاد چوب افزایش می‌یابد، مقاومت‌های مکانیکی در بیشتر موارد کاهش می‌یابد و قابلیت هدایت حرارتی و الکتریکی آن زیاد می‌شود. این تغییرات معمولاً تا نقطه اشباع الیاف قابل‌توجه بوده و ادامه دارد ولی، از آن نقطه به‌بعد، تغییرات خواص به غیر از جرم مخصوص، بسیار اندک و غیر محسوس می‌باشد.[۲]

رطوبت چوب یکی از عوامل مهم مورد نیاز برای رشدو فعالیت عوامل بیولوژیکی مخرب چوب (حشرات و قارچ‌ها) است ؛ بنابراین، وجود رطوبت در چوب، سبب رشد و فعالیت آن‌ها شده در نتیجه، باعث پایین‌آوردن دوام طبیعی و کیفیت چوب می‌گردد ؛ هم‌چنین، سایر خصوصیات چوب مانند قابلیت رنگ‌پذیری، چسب‌خوری و ماشین‌کاری چوب نیز با افزایش مقدار رطوبت تغییر می‌یابد.

۵ــ۳ــ تعریف همکشیدگی و واکشیدگی*

هرگاه قطعه‌چوبی را که کاملاً از رطوبت اشباع شده به‌تدریج خشک کنیم، ابتدا، آب‌آزاد موجود در حفره سلول‌های چوبی به‌تدریج بخارشده از چوب خارج می‌شود، تا این زمان تغییری در ابعاد حجم چوب دیده نمی‌شود، ولی بعد از آن‌که چوب به‌تدریج رطوبت موجود در دیواره‌های سلول آب آغشتگی را از دست بدهد، کم‌کم غشای سلول‌های چوبی همکشیده شده، ابعاد و یا در نتیجه

۱ــ Hygroscopic

۲ــ از این نقطه به بعد تنها وزن چوب افزایش یافته و در حجم آن تغییری ایجاد نمی‌شود.

حجم چوب کاهش پیدا می‌کند ؛ سرانجام، هنگامی فرا می‌رسد که تمامی آب‌آغشتگی از چوب خارج گردد. این پدیده‌ی کاهش ابعاد چوب را اصطلاحاً «همکشیدگی» می‌گویند. حال اگر، همین قطعه‌چوب را مجدداً در معرض رطوبت قرار دهیم، غشای سلول‌ها به‌تدریج رطوبت جذب نموده، منبسط می‌گردد و درنتیجه افزایش در ابعاد یا حجم چوب ایجاد می‌شود تا این‌که کاملاً از رطوبت اشباع شود (نقطه اشباع فیبرها) و از آن نقطه به‌بعد با کم‌و زیادشدن رطوبت، ابعاد چوب ثابت می‌ماند. این پدیده‌ی افزایش ابعاد یا حجم چوب را در اثر جذب رطوبت (تا نقطه‌ی اشباع فیبر) اصطلاحاً «واکشیدگی» می‌گویند.

معمولاً میزان همکشیدگی و واکشیدگی، برحسب درصد تغییرات ابعاد نسبت به اندازه‌ی اولیه، سنجیده می‌شود، بنابراین طبق تعریف می‌توان نوشت[1] :

$$\text{درصد همکشیدگی} = \frac{\text{کاهش ابعاد از حالت واکشیده}}{\text{ابعاد درحالت واکشیده}} \times ۱۰۰$$

$$\text{درصد واکشیدگی} = \frac{\text{افزایش ابعاد از حالت خشک}}{\text{ابعاد درحالت خشک}} \times ۱۰۰$$

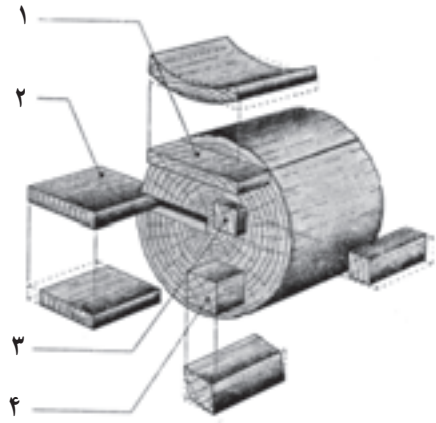
۱ــ۵ــ۳ــ اشکال مختلف همکشیدگی و واکشیدگی: میزان همکشیدگی در چوب گونه‌های مختلف متفاوت است و حتی در یک گونه نیز در جهات مختلف (طولی، شعاعی و مماسی) یکسان نیست. تغییر ابعاد در جهات شعاعی، مماسی و طولی را به‌ترتیب همکشیدگی یا واکشیدگی «شعاعی»،«مماسی» و «طولی» گویند. به مجموع همکشیدگی یا واکشیدگی طولی، شعاعی و مماسی، «همکشیدگی یا واکشیدگی حجمی» گفته می‌شود.

همکشیدگی طولی یا محوری که معمولاً با حرف l نشان داده می‌شود اغلب، هنگام خشک‌کردن چوب در کوره از حالت «تر» به «خشک» پدید می‌آید و مقدار آن بین ۰/۱ تا ۰/۲ درصد است، ولی در چوب‌های غیرطبیعی[2]، ممکن است به‌میزان زیادی افزایش یابد. بدین‌سبب، در اکثر موارد، مقدار این‌نوع همکشیدگی به‌علت ناچیزبودن قابل اغماض می‌باشد.

۱ــ استاندارد ملّی ایران به شماره ۲۸۹۸ ۲ــ چوب‌های کششی و فشاری

همکشیدگی در جهت مماسی معمولاً بیشتر از سایر جهات و در اکثر گونه‌ها دو برابر همکشیدگی شعاعی است. علت نامساوی بودن همکشیدگی در جهات مختلف عمدتاً مربوط به خصوصیات آناتومیکی (تشریحی) نظیر وجود پره‌های چوبی، فراوانی روزنه[1] در سطح شعاعی دیواره سلولی، فزونی چوب‌پاییزه در جهت شعاعی و اختلاف بین مقدار ماده چوبی موجود در دیواره یا غشای سلولی در جهت شعاعی و مماسی است[2].

۲ــ۵ــ۳ــ تأثیر همکشیدگی و واکشیدگی: همکشیدگی چوب یکی از معایب چوب است که هنگام خشک‌شدن چوب پدید می‌آید. چنانچه فشارهای حاصل از همکشیدگی (حین خشک‌شدن)، از مقاومت چوب زیادتر شود، عدم تحمل چوب سبب پیدایش معایبی نظیر ترک‌های سطحی، ترک‌های مقطعی، شکاف، چین‌خوردگی، تاب‌برداشتن و غیره می‌شود که در نتیجه کیفیت چوب را پایین آورده خسارات مالی زیادی به‌بار می‌آورد به شکل ۱ــ۳ توجه کنید، دراین شکل، برخی معایب و تغییرشکل‌هایی که در نتیجه همکشیدگی ممکن است در جهات مختلف چوب به‌وجود آید، نمایش داده‌شده است.



شکل ۱ــ۳ــ تغییر شکل ابعاد چوب در روش‌های مختلف در اثر همکشیدگی

۱ــ در تخته پهن، همکشیدگی در پهنا زیادتر از طول یا ضخامت آن است و نسبت به محور درخت تاب برمی‌دارد.

۲ــ در حالتی که دو ایر رویش سالیانه عمود بر سطح برش باشد، میزان همکشیدگی به حداقل می‌رسد.

۳ــ دراین حالت نیز حداقل همکشیدگی پدید می‌آید.

۴ــ دراین‌حالت که دو ایر رویش سالیانه به‌صورت مایل هستند مقطع تخته به صورت لوزی همکشیده می‌شود.

۱ــ پونکتواسیون

۲ــ به کتاب فیزیک چوب دکتر عنایتی از انتشارات دانشگاه تهران مراجعه شود.

بنابراین، آگاهی از میزان همکشیدگی در چوب‌های مختلف و در جهات مختلف چوب یک «گونه» از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و در موارد زیر می‌تواند مؤثر واقع شود :

ــ در تهیه تخته‌ها و قطعات مناسب برای کاربردهای بخصوص به‌نحوی که همکشیدگی به‌حداقل برسد ؛

ــ در تهیه برنامه چوب‌خشک‌کنی به منظور به‌کاربردن تدابیر لازم جهت جلوگیری از بروز معایب ناشی از همکشیدگی ؛

ــ در تعیین کاربرد چوب‌آلات بریده‌شده برای مصارف بخصوص ؛

ــ در صنایعی نظیر تخته چندلا و یا روکش‌سازی و تخته خرده چوب آگاهی از میزان همکشیدگی می‌تواند کمک مؤثری در نحوه‌ی قرارگرفتن لایه‌ها روی یکدیگر باشد.

۳ــ۵ــ۳ــ تفاوت همکشیدگی و واکشیدگی با انقباض و انبساط فلزات در اثر حرارت:

ــ افزایش بُعد طولی چوب در اثر افزایش درجه‌حرارت نسبت به فلزات بسیارکم است. در سوزنی‌برگان ضریب انبساط در جهت طولی به ازای هریک درجه فارنهایت حرارت، حدود $۱/۸\times۱۰^{-۶}$ و در پهن‌برگان حدود $۲/۵\times۱۰^{-۶}$ است که در مقایسه با ضریب انبساط آهن و آلومینیم که به‌ترتیب ۷×۱۰^{-۶} و ۱۳×۱۰^{-۶} است حدود چهارتا هفت برابر کمتر است.

ــ پدیده همکشیدگی و واکشیدگی در اثر تغییر رطوبت در چوب ایجاد می‌شود ؛ حال آن که انقباض و انبساط فلزات در اثر تغییر درجه حرارت است.

ــ همکشیدگی و واکشیدگی در جهات مماسی، شعاعی و طولی چوب متفاوت است و در جهت محوری (طولی) بسیاراندک و قابل اغماض است ؛ درحالی‌که در فلزات انقباض و انبساط در جهات مختلف یکسان است.

ــ در فلزات، تغییرات درجه‌حرارت مستقیماً روی فلزات اثر گذاشته، سبب انقباض و انبساط می‌شود ؛ حال‌آن‌که درچوب درجه‌حرارت روی رطوبت هوایی که چوب در آن قرار گرفته اثر می‌گذارد و بعد موجب ایجاد تغییراتی در رطوبت چوب می‌شود و در نتیجه باعث پدیدآمدن واکشیدگی یا همکشیدگی می‌شود.

۴ــ۵ــ۳ــ روش‌های پیشگیری از همکشیدگی و واکشیدگی: به‌منظور پیشگیری و یا کاهش میزان همکشیدگی و واکشیدگی چوب روش‌های متعددی ابداع و پیشنهاد شده‌است، اما با هیچ‌یک از این روش‌ها از تغییرات ابعاد چوب، به‌نحو مطلوب و کامل جلوگیری نشده‌است. برخی از این روش‌ها که بیش از همه مؤثر واقع شده به‌طور اختصار در این‌جا ذکر می‌گردد :

ــ عایق‌کردن چوب در برابر جذب رطوبت از طریق استفاده از رنگ‌ها، مواد پولیش، رزین‌های مصنوعی و رنگ‌های متالیک ؛

ــ جلوگیری از تغییر ابعاد از طریق مهارکردن[1]، به‌نحوی که حرکت بخارآب مشکل یا غیرممکن گردد ؛

ــ اشباع چوب با مواد شیمیایی که قادر باشد جایگزین تمامی یا دست‌کم بخشی از آب‌آغشتگی موجود در غشای سلول‌های چوبی بشود، مانند : آغشته‌کردن با فنل فرم آلدئید و یا پلی‌اتیلن گلیکول[2] ؛

ــ انجام عملیاتی که ضمن آن تغییرات فیزیکی و شیمیایی در گروه‌های هیدروکسیل[3] موجود درچوب که در خاصیت جذب رطوبت، نقش دارند، ایجاد نموده، این خاصیت را کاهش دهد ؛

ــ اشباع چوب با مونومرهایی[4]، مانند «متیل متاکریلات[5]» یا «استایرن[6]» و بعد «پلی‌مریزاسیون[7]»آن‌ها در اثر حرارت یا تابش اشعه رادیواکتیو (تهیه چوب ــ پلاستیک) ؛

ــ علاوه براین روش‌ها، موارد دیگری مانند انتخاب چوب‌ها و یا برش‌های مناسب برای کارهای بخصوص و با دقت در برش و انتخاب چوب‌آلات بریده شده در جهات مناسب می‌تواند از بروز همکشیدگی و واکشیدگی، تا اندازه‌ای جلوگیری نموده یا آن‌را به‌حداقل برساند. در صنایع تخته چندلا به‌منظور کاهش همکشیدگی، معمولاً لایه‌ها را به‌نحوی روی‌هم می‌چسبانند تا همکشیدگی در جهات مختلف یکدیگر را خنثی نماید.

۵ــ۵ــ۳ــ روش‌های اندازه‌گیری رطوبت چوب در آزمایشگاه: در آزمایشگاه رطوبت چوب را می‌توان به چند روش به این شرح اندازه‌گیری نمود :

الف) روش خشک‌کردن در اتو: دراین‌روش که یکی از متداول‌ترین روش‌های استاندارد اندازه‌گیری رطوبت چوب است،قطعه‌ای را از چوب موردنظر در اتو در درجه حرارت ۲±۱۰۳

۱ــ مهار کردن : به‌کارگیری روش‌هایی مانند اندود کردن دو سر چوب به‌منظور جلوگیری از خروج رطوبت از دو انتهای چوب.

۲ــ پلی‌اتیلن گلیکول = Polyethylene glycol.

۳ــ گروه‌های هیدروکسیل = گروه‌های OH که بر روی مواد آلی وجود دارند.

۴ــ مونومر = Monomer ماده اولیه‌ای که از آن پلی‌مر درست می‌کنند.

۵ــ متیل متاکریلات = Methyl Methacrylate.

۶ــ استایرن = Styrene.

۷ــ پلی‌مریزاسیون = Polymerization به معنی پلی‌مر شدن یا سخت شدن که طی آن تعداد زیادی مولکول‌های کوچک به یکدیگر متصل شده، مولکول‌های خیلی بزرگ را درست می‌کنند.

درجه سانتی‌گراد خشک می‌کنند. مراحل کار در این روش بدین‌شرح است :

ــ نمونه‌ای با ابعاد ۵±۲۵×۲۰×۲۰ میلی‌متر[۱] در جهت الیاف از چوب موردنظر و با فاصله حداقل ۳۰ سانتی‌متری از انتهای تخته اصلی قطع می‌شود.

ــ بلافاصله وزن تر نمونه (W_m) با ترازو با دقت ۰/۰۱ نیوتن تعیین می‌شود[۲]. در شکل‌های ۲ــ۳، ۳ــ۳ و ۴ــ۳ چند نمونه ترازوی آزمایشگاهی نشان داده شده است.

شکل ۲ــ۳ــ ترازوی دیجیتال برای وزن‌کردن نمونه

شکل ۳ــ۳ــ ترازوی سرپوش‌دار برای جلوگیری از تبخیر رطوبت

شکل ۴ــ۳ــ نوعی دیگر از ترازوی سرپوش‌دار برای جلوگیری از تبخیر رطوبت

۱ــ استاندارد ملّی ایران به شماره ۲۸۹۵

۲ــ در ترازو معمولاً جرم نمونه اندازه‌گیری می‌شود که می‌بایست با استفاده از فرمول ذیل به محاسبه وزن پرداخت :

وزن (N) = جرم (kg) × شتاب جاذبه ($۹/۸۱ m/s^۲$)

ــ نمونه را بلافاصله در اتو با دمای ۲±۱۰۳ درجه سانتی‌گراد قرار داده تا به وزن ثابت[1] برسد (شکل ۵ــ۳).

شکل ۵ــ۳ــ نوعی اتو[2] برای خشک‌کردن چوب

ــ پس از خشک شدن نمونه (رسیدن به وزن ثابت) با استفاده از ترازو وزن خشک آن (W_{OD}) تعیین می‌گردد.

ــ در این مرحله، با دردست‌داشتن وزن تر(W) و وزن خشک (W_{OD})، با استفاده از فرمول اندازه‌گیری رطوبت، نسبت به هدف مورد نظر، رطوبت چوب محاسبه می‌گردد.

مثال : وزن یک قطعه چوب تازه قطع‌شده از گونه راش ۴۰۰ نیوتن بوده است. این قطعه چوب در کوره چوب خشک‌کنی خشک شده و وزن آن به ۲۵۰ نیوتن تنزل پیدا کرده است. درصد رطوبت این قطعه چوب قبل از خشک شدن چه‌قدر بوده است؟

حل:

با استفاده از فرمول اندازه‌گیری درصد رطوبت خواهیم داشت :

۱ــ وزن ثابت نمونه زمانی تعیین می‌شود که کاهش وزنی نمونه در فاصله ۶ ساعت بین دو توزین متوالی برابر یا کمتر از ۰/۵ درصد وزن نمونه باشد، استاندارد ملّی ایران شماره ۲۸۹۵

۲ــ اتو : یک کوره چوب خشک‌کنی کوچک آزمایشگاهی می‌باشد.

$$M.C.\% = \frac{W_m - W_{OD}}{W_{OD}} \times ۱۰۰$$

جواب $\%۶۰ = \frac{۱۵۰}{۲۵۰} \times ۱۰۰ = \frac{۴۰۰ - ۲۵۰}{۲۵۰} \times ۱۰۰ =$ درصد رطوبت قطعه چوب

ب) روش تقطیر: چوب برخی از گونه‌ها حاوی مقداری رزین است که حتی در درجه حرارت کم به‌سرعت تبخیر می‌شوند. بدین سبب رطوبت این قبیل چوب‌ها را با استفاده از روش تقطیر اندازه‌گیری می‌نمایند. دراین روش، نمونه آزمونی چوب مورد نظر را طبق روش قبلی تهیه و بعد در محلول تولوئن می‌جوشانند و بخار آب به‌دست‌آمده را در دستگاه تقطیر جمع‌آوری و آن‌را وزن می‌کنند ؛ همچنین وزن چوب خشک عاری از آب را با ترازو اندازه می‌گیرند. دراین مرحله با داشتن وزن آب و وزن چوب خشک و استفاده از فرمول تعیین درصد رطوبت نمونه آزمونی را تعیین می‌نمایند.

ج) روش الکتریکی[۱]: در این روش به‌منظور اندازه‌گیری درصد رطوبت چوب ازخاصیت مقاومت چوب در مقابل جریان الکتریسیته استفاده می‌شود. بدین‌ترتیب که با استفاده از رطوبت‌سنج‌های الکتریکی بدون تهیه نمونه، مستقیماً رطوبت چوب مورد نظر را اندازه‌گیری می‌نمایند. اندازه‌گیری درصد رطوبت با رطوبت‌سنج الکتریکی سریع بوده و تا حدود ۷ تا ۲۵ درصد دقت دارد. معمولاً اندازه‌گیری با این نوع دستگاه درچند نقطه انجام می‌شود و بعد میانگین درصد رطوبت محاسبه می‌گردد. لازم به‌یادآوری است که دراین روش، باید گونه مورد نظر، دمای چوب، جهت برش نمونه و ضخامت نمونه مورد توجه قرار گیرد. یک نمونه رطوبت‌سنج الکتریکی و روش استفاده از آن در شکل ۶ــ۳ نشان داده شده است.

شکل ۶ــ ۳ــ طرز کار با رطوبت‌سنج الکتریکی

۱ــ استاندارد ملّی ایران به شماره ۱۱۲۳

از انواع دیگر رطوبت‌سنج الکتریکی، نوع تماسی است که برای تعیین درصد رطوبت روکش‌های نازک چوبی به‌کار می‌رود. این رطوبت‌سنج‌ها قادرند رطوبت تا عمق ۳۰ میلی‌متر را در چوب اندازه‌گیری کنند (شکل ۷ــ۳). به‌دلیل کوچکی ابعاد و جابه‌جایی آسان، این دستگاه‌ها و سرعت اندازه‌گیری، در هنگام خرید چوب نیز وسیله مناسب و قابل استفاده می‌باشند.

شکل ۷ــ ۳ــ رطوبت‌سنج تماسی

به‌این پرسش‌ها پاسخ دهید

۱ــ حالات مختلف آب داخل چوب را نام‌برده، شرح دهید.

۲ــ میزان رطوبت چوب به‌چه عواملی بستگی دارد؟ شرح دهید.

۳ــ نقطه‌ی اشباع الیاف را تعریف کنید.

۴ــ همکشیدگی و واکشیدگی چوب را در اثر تغییرات رطوبت شرح دهید.

۵ــ دلیل نامساوی‌بودن همکشیدگی و واکشیدگی چوب را در جهات مختلف، بیان کنید.

۶ــ تفاوت همکشیدگی و واکشیدگی چوب با انقباض و انبساط فلزات را در اثر حرارت شرح دهید.

۷ــ روش‌های پیشگیری از همکشیدگی و واکشیدگی را بیان کنید.

۸ــ روش‌های مختلف تعیین درصد رطوبت چوب را شرح دهید.

۹ــ اگر وزن آب موجود در قطعه‌چوبی ۰/۱۸ نیوتن و وزن تر آن ۰/۷۸ نیوتن باشد، درصد رطوبت این قطعه‌چوب چقدر خواهد بود؟

۱۰ــ اگر نمونه‌ی چوبی از محیط مرطوب به محیط خشک منتقل گردد و پس از مدتی حجم آن از ۳ سانتی‌مترمکعب به ۲/۵ سانتی‌مترمکعب برسد، درصد همکشیدگی آن چقدر خواهد بود؟

فصل چهارم

جرم مخصوص و جرم ویژه نسبی

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :
۱ــ جرم مخصوص و جرم ویژه نسبی را تعریف کند.
۲ــ جرم ویژه نسبی دیواره سلول‌ها و خاصیت تخلخل چوب را بیان‌کند.
۳ــ تغییرات جرم ویژه نسبی یا جرم مخصوص را شرح دهد.
۴ــ اهمیت جرم مخصوص و همبستگی آن‌را با سایر عوامل شرح دهد.
۵ــ طرز کار با اتو، کولیس، ترازو و حجم‌سنج جیوه‌ای را بیان کند.
۶ــ جرم مخصوص و جرم ویژه نسبی را محاسبه کند.

زمان تدریس: ۶ ساعت

۴ــ جرم مخصوص و جرم ویژه نسبی

به‌منظور بیان جرم ماده چوبی در واحد حجم معمولاً از دو خاصیت فیزیکی جرم مخصوص (دانسیته) و جرم ویژه نسبی استفاده می‌شود.

۱ــ۴ــ جرم مخصوص (دانسیته)[۱]

جرم مخصوص یا دانسیته‌چوب عبارت‌است از نسبت «جرم‌نمونه» به «حجم آن»، اما با توجه به‌این‌که چوب و فرآورده‌های چوبی خاصیت جذب و دفع رطوبت دارند، ازاین رو، جرم مخصوص آن‌ها بستگی کامل به میزان رطوبت آن‌ها دارد ؛ بدین‌معنی که جرم و حجم با تغییر میزان رطوبت، تغییر

۱ــ Density

می‌یابند. به‌همین‌دلیل، معمولاً، جرم و حجم، هردو در حالتی معین ومشخص اندازه‌گیری می‌شوند ؛ بنابراین طبق تعریف :

$$\text{جرم مخصوص} = \frac{\text{جرم چوب در حالت آزمایش}}{\text{حجم چوب در حالت آزمایش}}$$

و یا با بیان ریاضی :

$$D = \frac{M}{V}$$

D = جرم مخصوص

M = جرم چوب در حالت آزمایش به گرم

V = حجم چوب در حالت آزمایش به cm^3

واحدهایی که برای سنجش جرم مخصوص به‌کار می‌روند عبارتند از :

ـ گرم بر سانتی‌متر مکعب $(\frac{g}{cm^3})$

ـ کیلوگرم بر متر مکعب $(\frac{kg}{m^3})$

۲ـ۴ـ جرم ویژه نسبی[۱]

جرم ویژه نسبی چوب عبارت‌است‌از نسبت «جرم خشک چوب» به «جرم آب هم‌حجم آن»[۲] ؛ بنابراین طبق تعریف :

$$\text{جرم ویژه نسبی} = \frac{\text{جرم خشک چوب}}{\text{جرم آب هم‌حجم نمونه}}$$

و یا با بیان ریاضی :

$$S_G = \frac{M}{M_W}$$

که در آن :

SG = جرم ویژه نسبی

M = جرم خشک چوب

M_W = جرم آب جابه‌جا شده در رطوبت معین

۱ـ Specific Gravity

۲ـ حرارت استاندارد آب ۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد(استاندارد ملّی ایران، شماره ۳۰۴۲).

به‌تعبیری دیگر، جرم ویژه نسبی چوب عبارت‌است از جرم خشک چوب تقسیم بر جرم آب هم‌حجم آن.

$$\text{جرم ویژه نسبی} = \frac{\text{جرم خشک چوب}}{\text{جرم آب هم‌حجم}}$$

با وجودی که هم جرم ویژه نسبی و جرم مخصوص هردو در حالت خشک از لحاظ مقدار باهم برابرند، اما در عمل، استفاده از جرم ویژه نسبی این مزیت را دارد که اغلب در محاسبه آن از جرم خشک نمونه استفاده می‌شود و این موضوع مانع از ایجاد سردرگمی در اساس محاسبه می‌شود.

با دانستن جرم ویژه نسبی و میزان رطوبت چوب، می‌توان جرم هر متر مکعب آن را در رطوبت‌های مختلف محاسبه نمود.

۱۰(درصد رطوبت چوب + ۱۰۰) جرم ویژه نسبی = جرم هر متر مکعب چوب در رطوبت‌های‌مختلف

مثلاً اگر جرم ویژه نسبی چوبی براساس حجم در صفر درصد رطوبت برابر ۰/۵ باشد، جرم هر متر مکعب آن در صفر درصد رطوبت ۵۰۰ کیلوگرم خواهد بود و در ۲۰ درصد رطوبت، هر متر مکعب آن ۶۰۰ کیلوگرم جرم خواهد داشت.

همان‌گونه‌که اشاره شد، در سیستم متریک، محاسبه جرم ویژه نسبی ساده‌تر است، زیرا در این سیستم، جرم یک سانتی‌مترمکعب آب دقیقاً مساوی با یک گرم است ؛ بنابراین، می‌توان، جرم ویژه نسبی را با تقسیم جرم (بر حسب گرم)، بر حجم (برحسب سانتی‌متر مکعب) محاسبه نمود که در این‌صورت، جرم مخصوص (D) و جرم ویژه نسبی (SG) باهم برابرند، اما باید توجه داشت که جرم ویژه‌نسبی، یک کمیت نسبی است و یا به‌عبارت دیگر، از نسبت دو جرم بر یکدیگر به‌دست می‌آید و در نتیجه فاقد هرگونه «واحد» است.

۱ــ۲ــ۴ــ جرم ویژه نسبی دیواره سلولی و خاصیت تخلخل چوب: جرم ویژه نسبی دیواره سلولی (غشای سلولی) عبارتست از میانگین جرم ویژه نسبی ماده چوبی موجود در دیواره سلول‌های چوبی که معمولاً با اندازه‌گیری جرم خشک و حجم ماده چوبی و با استفاده از فرمول جرم ویژه نسبی محاسبه می‌گردد. جرم ویژه نسبی ماده چوبی تقریباً برای تمامی گونه‌ها ثابت است و مقدار آن بسته به‌روش اندازه‌گیری حجم مورد استفاده، بدین شرح است :

چنانچه حجم ماده چوبی با روش جابه جایی آب اندازه‌گیری شود، جرم ویژه نسبی ماده چوبی برابر با ۱/۵۳ و هرگاه با جابه جایی گاز هلیوم اندازه‌گیری شود، جرم ویژه نسبی ماده چوبی برابر با

۱/۴۶ خواهد بود که علت این اختلاف، قابلیت نفوذ بیشتر ملکول کوچکتر هلیوم ونشان‌دادن تخلخل بیشتر چوب است.

چوب ماده‌ای است سلولی که دارای ساختمانی متخلخل می‌باشد. این ساختمان متخلخل، خصوصیات ویژه‌ای را به چوب می‌دهد. جرم مخصوص و جرم ویژه نسبی مستقیماً به تخلخل و یا حجم فضای خالی داخل چوب بستگی دارد. اگر جرم ویژه نسبی دیواره سلول‌های یک چوب سبک، مانند صنوبر با جرم ویژه نسبی دیواره‌ی سلولی یک چوب سنگین، مانند راش با یکدیگر مقایسه شود، نتیجه‌ی آن، برابر بودن جرم ویژه نسبی هردو است ؛ بنابراین، می‌توان گفت که جرم ویژه نسبی دیواره سلولی در تمام چوبها ثابت است و مقدار آن معمولاً ۱/۵۳ فرض می‌شود، زیرا در محاسبه جرم ویژه نسبی دیواره سلول‌ها، حجم فضای خالی از حجم ظاهری نمونه چوب کسر می‌شود. حال، اگر فرض شود، قطعه چوبی به‌طور کلی، فاقد هرگونه فضای خالی یا خلل‌وفرج باشد، جرم ویژه نسبی آن نیز ۱/۵۳ و یا جرم مخصوص آن برابر با ۱/۵۳ گرم‌برسانتی‌متر مکعب است ؛ درصورتی‌که حدود ۵۰ درصد حجم آن چوب را خلل و فرج تشکیل دهد، جرم ویژه نسبی آن ممکن است از ۱/۵۳ به ۰/۷۵ کاهش پیدا کند.

۲ــ۲ــ۴ــ تغییرات جرم مخصوص: جرم مخصوص (دانسیته) در گونه‌های مختلف متفاوت است. حتی در بین درختان یک‌گونه و یا در قسمت‌های مختلف یک درخت ممکن است جرم مخصوص متفاوت باشد. این اختلاف ممکن است ناشی از خصوصیات ژنتیکی گونه‌های مختلف و یا در اثر عوامل بسیاری باشد که از جمله عبارتند از : وضعیت رویش بیولوژیکی، خصوصیات آناتومیکی متفاوت، طول، قطر و ضخامت دیواره‌ی سلولی الیاف، درصد سلول‌های مختلف تشکیل‌دهنده چوب، عوامل جوّی مانند میزان بارندگی، درجه‌حرارت‌محیط، باد و به‌علاوه، عوامل دیگری مانند،سن درخت، محل قرارگرفتن چوب در درخت (درچه ارتفاعی از تنه و یا در چه فاصله‌ای از مغز) و موقعیت جغرافیایی مانند ارتفاع از سطح دریا و عرض جغرافیایی.

چوب گونه‌های مختلف ممکن است حاوی مقداری مواد استخراجی باشد که درون حفره‌های سلولی و یا در داخل دیواره سلول‌ها قرار داشته باشد که در هر دو حالت،جزء ساختمان دیواره سلول‌ها به‌حساب نمی‌آیند. این گونه مواد ممکن است شامل روغن‌های معطر، رزین‌ها، چربی‌ها، تانن‌ها، موادرنگی و کربوهیدرات‌ها باشند و مقدار آن‌ها می‌تواند تا ۲۰درصد جرم چوب را به‌خود اختصاص دهد.

وجود این‌گونه مواد می‌تواند سبب به‌وجود آوردن تغییرات زیادی در جرم مخصوص گونه‌های

مختلف گردند. این‌قبیل مواد، ممکن است در تمام قسمت‌های درخت وجود داشته باشد، ولی مقدار آن معمولاً در درون چوب بیشتر از برون چوب است. به‌همین دلیل، جرم مخصوص درون چوب در اکثر گونه‌ها بیشتر از جرم مخصوص برون چوب است.

به‌منظور آشنایی بیشتر با حدود تغییرات جرم مخصوص، طبقه بندی چوب‌ها از لحاظ جرم مخصوص در جدول ۱ــ۴ ذکر می‌گردد.

جدول ۱ــ۴ــ طبقه‌بندی گونه‌های مختلف براساس جرم ویژه نسبی[۱]

گونه	جرم مخصوص	گروه	
کاج زرد	کمتر از ۰/۴۰	بسیار سبک	سوزنی برگان
چوب نراد و نوئل	۰/۴۰ــ۰/۵۰	سبک	
کاج جنگلی، کاج دریایی و لاریکس	۰/۵۰ــ۰/۶۰	نیمه سنگین	
سرخدار، سرو خمره‌ای و کاج سیاه	۰/۶۰ــ۰/۷۰	سنگین	
ــ	بیشتر از ۰/۷۰	بسیار سنگین	
صنوبرها و بالزا	۰/۲۰ــ۰/۵۰	بسیار سبک	پهن‌برگان
نمدار و غان	۰/۵۰ــ۰/۶۵	سبک	
راش، بلوط و زبان گنجشک	۰/۶۵ــ۰/۸۰	نیمه سنگین	
شمشاد، انجیلی و ممرز	۰/۸۰ ــ ۱	سنگین	
بعضی چوب‌های مناطق استوایی و از چوب‌های ایران کهور (D = ۱/۱۷۵)	۱ــ۱/۲۰	بسیار سنگین	

همان‌گونه‌که گفته شد، جرم مخصوص در قسمت‌های مختلف یک درخت نیز فرق می‌کند ؛ برای مثال، چوب شاخه‌ها معمولاً سنگین‌تر از چوب تنه است و یا این‌که در بعضی سوزنی‌برگان، جرم مخصوص در قسمت‌های پایین تنه بیشتر بوده با افزایش ارتفاع از سطح زمین کاهش می‌یابد ؛ به‌علاوه، چوب بهاره معمولاً از چوب پاییزه بمراتب سبک‌تر است، به‌این‌دلیل، چوب پهن‌برگان بخش روزنه‌ای،که دارای دوایر سالیانه پهن هستند، (به‌دلیل این‌که فضای اشغال‌شده توسط چوب بهاره ثابت می‌ماند)، از چوب‌های دیگر که دارای دوایر باریک هستند، سنگین‌ترند و برعکس، در سوزنی‌برگان،درختانی که دارای دوایر سالیانه باریک هستند، دارای چوب سنگین‌تری هستند.

۱ــ صفات سبک و سنگین با توجه به وزن چوب استفاده می‌گردند که حاصل ضرب مقدار عددی جرم چوب در شتاب جاذبه ($۹/۸۱ m/s^2$) بوده و واحد آن نیوتن(N) می‌باشد.

۳ــ ۲ــ ۴ــ اهمیت جرم مخصوص و همبستگی آن با عوامل مختلف: جرم مخصوص یکی از مهمترین خواص فیزیکی چوب به‌شمار می‌رود. اهمیت آن بیشتر در این است که اغلب خواص مکانیکی چوب با آن همبستگی تنگاتنگی دارند ؛ برای مثال، با افزایش جرم مخصوص، خواص مکانیکی، بویژه سختی چوب، افزایش می‌یابد، راندمان یا بازده خمیر کاغذ و تخته فیبر با افزایش جرم مخصوص نسبتاً زیاد می‌شود. مقدار حرارت ناشی از سوختن هر یک واحد حجم چوب نیز بستگی به جرم مخصوص دارد ؛ همکشیدگی و واکشیدگی چوب نیز با جرم مخصوص همبستگی نزدیکی دارد. به‌طورکلی، با دانستن جرم مخصوص و یا جرم ویژه نسبی در مقایسه با سایر خواص چوب، بهتر می‌توان به اطلاعات مربوط به طبیعت چوب پی‌برد و از آن به‌صورتی مخصوص استفاده کرد.

۴ــ ۲ــ ۴ــ روش‌های اندازه‌گیری جرم مخصوص در آزمایشگاه: برای اندازه‌گیری جرم مخصوص، ابتدا باید جرم نمونه آزمونی را در رطوبت مورد نظر و سپس حجم آن را اندازه‌گیری نمود :

الف) اندازه‌گیری حجم نمونه آزمونی: به‌منظور اندازه‌گیری حجم نمونه می‌توان از روش‌های زیر استفاده نمود :

۱ــ *استفاده از کولیس*[1]: برای نمونه‌هایی که اشکال هندسی مناسب و منظم دارند، ساده‌ترین

شکل ۱ــ۴ــ انواع کولیس

۱ــ در اندازه‌گیری ابعاد نمونه‌ها، طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۸۱۲، زاویه کولیس و نمونه باید ۴۵ درجه باشد.

روش اندازه‌گیری ابعاد نمونه با دقت $\frac{۱}{۱۰}$ میلی‌متر به وسیله «کولیس»های دقیق یا میکرومتر است که بعداً با ضرب‌کردن ابعاد اندازه‌گیری‌شده در یکدیگر، حجم نمونه آزمونی محاسبه می‌گردد. در شکل (۱ــ۴)، انواع کولیس نشان داده‌شده است. کولیس دیجیتالی را می‌توان تا $\frac{۱}{۱۰۰}$ میلی‌متر اندازه‌گیری کرد.

۲ــ *استفاده از روش شناوری در آب:* درصورتی‌که نمونه آزمونی دارای شکل نامنظمی باشد می‌توان حجم آن‌را با فروبردن در آب و اندازه‌گیری جرم آب جابه‌جا شده به وسیله ترازو و سپس تبدیل جرم به حجم با استفاده از جرم ویژه آب به‌دست‌آورد. وسایل لازم دراین روش در شکل **۲ــ۴** نشان داده‌شده است.

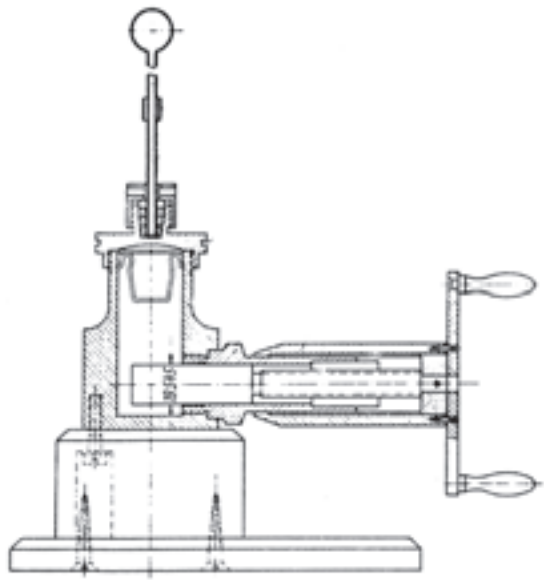
شکل ۲ــ۴ــ روش اندازه‌گیری حجم با توزین آب، قبل و بعد از فروبردن نمونه در آن

این‌روش تعیین حجم برای نمونه‌های «تر» مناسب‌ترین روش است، زیرا دراین حالت، فقط مقدارناچیزی آب به‌وسیله نمونه آزمونی جذب می‌گردد، اما در مواردی که قرار است نمونه‌خشک در آب فروبرده شود، اندود نمودن نمونه‌های آزمونی با پارافین مذاب به‌منظور جلوگیری از نفوذ آب ضرورت دارد.

۳ــ استفاده از استوانه‌ی مدرج: سومین روش تعیین حجم نمونه آزمونی، استفاده از استوانه مدرج است که دراین‌حالت، حجم نمونه آزمونی عبارت است از اختلاف بین سطح آب داخل بشر، قبل و بعد از فروبردن نمونه آزمونی درآب. این روش یکی از ساده‌ترین، سریع‌ترین و رایج‌ترین روش‌های حجم‌یابی نمونه آزمونی به‌شمار می‌رود که در شکل ۳ــ۴ نشان داده شده است.

شکل ۳ــ۴ــ روش تعیین حجم با اندازه‌گیری اختلاف سطح آب در استوانه مدرج

۴ــ استفاده از حجم‌سنج جیوه‌ای[1]: روش دیگری که در آن خطر جذب آب وجود ندارد، استفاده از حجم‌سنج جیوه‌ای است. دراین روش از دستگاهی به‌نام «بروئیل[2]» استفاده می‌شود. نمونه این دستگاه در شکل ۴ــ۴ نشان‌داده شده است. طرز کار با این دستگاه و به‌دست‌آوردن حجم نمونه به‌این‌ترتیب است که تفاضل دو درجه، قبل و بعد از قرارگرفتن نمونه در داخل حجم‌سنج، از روی ورنیه‌ای که متصل به‌حجم‌سنج است، مشاهده می‌شود.



شکل ۴ــ۴ــ دستگاه حجم‌سنج جیوه‌ای Breuil

ب) اندازه‌گیری جرم نمونه آزمونی: برای اندازه‌گیری جرم نمونه‌های آزمونی می‌توان از ترازوهایی که تا $\frac{۱}{۱۰۰}$ گرم دقت دارند استفاده نمود. چنان‌چه نیاز به جرم خشک نمونه آزمونی برای اندازه‌گیری جرم مخصوص خشک باشد، با خشک کردن آن در اتو و به ترتیبی که درفصل سوم شرح داده شد، می‌توان به آن دست یافت. با توجه به این که ممکن است، حین خشک کردن نمونه، مقداری مواد استخراجی، همراه با بخار آب، از نمونه خارج شود، از این‌رو، معمولاً جرم خشک نمونه آزمونی را با استفاده از روش تقطیر و اندازه‌گیری جرم بخار آب خارج شده از چوب اندازه‌گیری می‌کنند.

۱ــ با توجه به سمی بودن جیوه رعایت نکات بهداشتی در هنگام استفاده از این روش ضروری می‌باشد.

۲ــ Breuil

به‌این پرسش‌ها پاسخ دهید

۱ــ رطوبت چه تأثیری بر جرم مخصوص دارد؟

۲ــ اگر جرم ویژه نسبی چوبی $\frac{۱}{۲}$ باشد، جرم خشک ماده چوبی در واحد حجم چقدر خواهد بود؟

۳ــ با وجود این‌که جرم مخصوص ماده تشکیل دهنده چوب حدود ۱/۵۳ گرم بر سانتی‌مترمکعب است، چوب زیر آب قرار نمی‌گیرد ؛ به‌چه دلیل؟

۴ــ عوامل مؤثر را در تغییرات جرم مخصوص شرح دهید.

۵ــ یک روش اندازه‌گیری جرم مخصوص را شرح دهید.

۶ــ اگر جرم‌مخصوص چوب صنوبر ۰/۳۶ گرم برسانتی‌مترمکعب باشد، آن‌گاه جرم ۲ مترمکعب از این‌چوب چقدر خواهد بود؟

فصل پنجم

مقاومت و هدایت الکتریکی، حرارتی و صوت در چوب

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ــ عایق بودن چوب را در مقابل جریان الکتریسیته تعریف کند.

۲ــ ارتباط رطوبت چوب را با هدایت جریان الکتریسیته، تشریح کند.

۳ــ قابلیت هدایت حرارت چوب را بیان کند.

۴ــ ضریب رسانایی حرارتی چوب را تعریف کند.

۵ــ گرمای ویژه چوب را تشریح نماید.

۶ــ تغییر ابعاد چوب را در برابر حرارت تعریف کند.

۷ــ قابلیت عایق بودن چوب را در مقابل صوت بیان کند.

۸ــ قابلیت چوب را در ارتباط با تشدید طنین صوت تشریح کند.

۹ــ عوامل مؤثر را در انتشار صوت در چوب بیان کند.

زمان تدریس : ۸ ساعت

۵ــ مقاومت و هدایت الکتریکی، حرارتی و صوت در چوب

۱ــ ۵ــ مقاومت و هدایت الکتریکی چوب

یکی از مهم‌ترین خواص چوب که بیشتر در بخش تأسیسات سازه‌های چوبی، تهیه دسته ابزار الکتریکی و انتقال خطوط نیرو مورد توجه است، عایق‌بودن آن در برابر جریان الکتریسیته است. معمولاً، چوب کاملاً خشک (رطوبت صفردرصد) ماده‌ای عایق الکتریکی محسوب می‌شود، اما هرقدر رطوبت آن زیاد شود، مقاومت الکتریکی آن کاهش می‌یابد و یا به‌عبارت دیگر، قابلیت هدایتی یا

رسانایی الکتریکی چوب با افزایش رطوبت زیاد می‌گردد.

معمولاً، مقاومت الکتریکی یک سانتی‌مترمکعب چوب را اصطلاحاً «مقاومت ویژه الکتریکی[1] چوب» می‌گویند که با استفاده از این رابطه به‌دست می‌آید :

$$r = R \times \frac{A}{D}$$

r = مقاومت ویژه الکتریکی بر حسب اهم سانتی‌متر

R = مقاومت الکتریکی بر حسب اهم

A = سطح مقطع نمونه بر حسب سانتی‌مترمربع

D = فاصله بین الکترودها یا طول نمونه برحسب سانتی‌متر

مقاومت ویژه الکتریکی چوب کاملاً خشک بسیار زیاد است و ممکن است به چندین هزار مگااهم سانتی‌متر برسد ؛ حال‌آن‌که مقاومت ویژه الکتریکی با افزایش رطوبت کاهش می‌یابد و در چوب تر به چند اهم سانتی‌متر می‌رسد.

عکس مقدار r [2]یا مقاومت ویژه الکتریکی چوب را «هدایت الکتریکی[3] چوب» یا «توان انتقال الکتریکی چوب» می‌نامند که معمولاً برحسب $\frac{1}{\text{اهم سانتی‌متر}}$ بیان می‌گردد.

۲ــ۵ــ عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی چوب

مقدار مقاومت الکتریکی چوب به عوامل زیادی بستگی دارد که این عوامل عبارتند از :

الف) درصد رطوبت: همانگونه‌که قبلاً نیز اشاره شده است، چوب کاملاً خشک (درصفردرصد رطوبت)، عایق جریان الکتریسیته است، اما با افزایش رطوبت قابلیت هدایت جریان الکتریسیته به‌شدت بالا می‌رود. مقاومت ویژه الکتریکی چوب‌خشک رقم زیادی است (۳×۱۰^{۱۷} تا ۳×۱۰^{۱۸} اهم‌سانتی‌متر به‌ازای هر سانتی‌متر مکعب) و در ۱۶ درصد رطوبت، به حدود $۱۰^{۸}$اهم سانتی‌متر می‌رسد.

۱ــ Electrical resistivity

۲ــ عکس مقدار r برابر $\frac{۱}{r}$ است که به آن توان انتقال الکتریکی چوب (رسانایی) و یا هدایت الکتریکی چوب گویند.

۳ــ Conductivity

به‌طور کلی، در رطوبت کمتر از نقطه اشباع الیاف، یک رابطه خطی بین لگاریتم مقاومت ویژه الکتریکی (r) و درصد رطوبت (MC) در چوب وجود دارد. این رابطه به این صورت است :

$$m = ۵۷/۵ - ۵ \log r$$

یا

$$r = ۱۰^{۱۱/۵ - ۰/۲MC}$$

حداکثر مقدار r (مقاومت ویژه الکتریکی) زمانی به دست می‌آید که رطوبت (MC) صفر درصد باشد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که چوب کاملاً خشک یک عایق عالی است ؛ درحالی‌که در رطوبت زیادتر از نقطه‌ی اشباع الیاف، این رابطه خطی نبوده و با افزایش رطوبت تغییرات زیادی در مقاومت ویژه الکتریکی به‌وجود نمی‌آید. مجموع این مطالب در ساخت رطوبت‌سنج‌های الکتریکی استفاده می‌شود.

ب) حرارت: بالارفتن حرارت باعث کاهش مقاومت ویژه الکتریکی چوب‌خشک می‌شود. این تأثیر بر اساس این رابطه می‌باشد :

$$r = ۱۰(۰/۸ + \frac{۵۰۰۰}{T})$$

که درآن، T عبارتست از درجه حرارت مطلق (برابر با ۲۷۳ درجه سانتی‌گراد)، یعنی اگر درجه حرارت محیط ۲۰ درجه سانتیگراد باشد، مقدارT برابر ۲۹۳ است.

ج) دانسیته: تاکنون هیچ‌گونه تأثیر عمده‌ای ناشی از دانسیته روی مقاومت الکتریکی چوب گزارش نشده است و اثرات جزیی موجود بیشتر به‌درصد خاکسترچوب و یا حجم چوب نسبت داده‌شده است ؛ با این‌همه، برخی محققان معتقدند که چوب‌های سنگین (دانسیته زیاد) در مقایسه با چوب‌های سبک (دانسیته‌کم) دارای قابلیت هدایت الکتریکی کمتری هستند.

د) جهت الیاف: مقاومت الکتریکی چوب در جهت موازی با الیاف کمتر از جهت شعاعی و مماسی است. به‌عقیده برخی محققان مقاومت الکتریکی در جهت موازی الیاف تقریباً نصف مقاومت الکتریکی جهت شعاعی و مماسی است.

۳ــ۵ــ ضریب نگهداری‌الکتریکی چوب[۱]

ثابت دی‌الکتریک یا ضریب نگهداری الکتریکی چوب عبارت است از نسبت ظرفیت نگهداری

۱ــ Dielectric Constant

الکتریکی چوب (C_1) به‌ظرفیت نگهداری الکتریکی هوا یا خلأ (C_2) که به این‌صورت بیان می‌گردد :

$$\varepsilon = \frac{C_1 \text{ (چوب)}}{C_2 \text{ (خلأ)}} \quad \text{(ثابت ضریب نگهداری الکتریکی)}$$

مانند سایر خصوصیات چوب، ضریب نگهداری الکتریکی چوب نیز تحت تأثیر عواملی مانند : دانسیته، درصد رطوبت، جهت الیاف و فرکانس جریان الکتریسیته است ؛ بدین‌معنی که هرقدر دانسیته چوب و درصدرطوبت کمتر باشد، ثابت دی‌الکتریک یا ضریب نگهداری الکتریکی چوب پایین‌تر است. با این همه، درمورد فرکانس، جریان الکتریکی هرچه کمتر باشد، ثابت دی‌الکتریک زیادتر خواهد بود. براساس این عوامل که بر ثابت دی‌الکتریک تأثیر می‌گذارند، رطوبت‌سنج‌هایی طراحی و ساخته شده‌اند که درصد رطوبت چوب را در زیر نقطه اشباع الیاف و در محدوده‌های فرکانس مختلف تعیین می‌کنند ؛ برای مثال، ثابت دی‌الکتریک چوب‌خشک‌شده در کوره با دانسیته $0/5 g/cm^3$، حدود ۲ است. برای چوب‌های با دانسیته‌های دیگر، در شرایط نرمال درجه حرارت و رطوبت نسبی، این مقدار بین ۳ تا ۸ در جهت طولی برای ۱۰ کیلوسیکل تا ۱۰۰ مگاسیکل در تغییر می‌باشد.

۴ــ۵ــ ویژگی‌های حرارتی چوب

در این مبحث خاصیت انبساط حرارتی چوب، ظرفیت حرارتی و گرمای ویژه چوب، قابلیت هدایت حرارتی چوب و قابلیت سوخت و قدرت گرمازایی چوب تشریح خواهد شد.

۱ــ۴ــ۵ــ انبساط حرارتی چوب: هنگامی که درجه حرارت قطعه‌چوبی افزایش می‌یابد، انرژی‌درونی در یک حجم معین نیز بالا می‌رود ؛ این‌عمل با افزایش نوسانات مولکول‌ها و طبیعتاً افزایش متوسط فاصله بین آن‌ها همراه است که درنتیجه، ابعاد و حجم آن چوب افزایش پیدا می‌کند. این پدیده، انبساط حرارتی چوب است.

الف)همکشیدگی چوب: در مورد چوب‌های مرطوب، ازدست‌دادن رطوبت در اثر حرارت، باعث همکشیده‌شدن چوب می‌شود. بنابراین، در مواقعی که اندازه‌گیری‌های مربوط به انبساط حرارتی چوب انجام می‌شود، درصد رطوبت چوب معمولاً دریک محدوده حرارتی معین ثابت نگهداشته می‌شود.

ب) ضریب‌انبساط حرارتی: عبارت است از افزایش واحد ابعاد چوب به ازای زیادشدن

یک درجه حرارت، که ضریب انبساطی چوب در سه جهت مختلف آن کاملاً متفاوت می‌باشد، در جهت شعاعی و مماسی، ضریب‌انبساط چوب ۸ تا ۱۲ برابر جهت طولی است. با این وجود میزان انبساط حرارتی خیلی کمتر از همکشیدگی و واکشیدگی در اثر تغییر مقدار رطوبت است و معمولاً در طراحی سازه‌های چوبی در نظر گرفته نمی‌شود. ضریب انبساط حرارتی چوب کاملاً خشک با جرم مخصوص چوب همبستگی ندارد و این ضریب برای گونه‌های مختلف بین ۲×۱۰^{-۶} تا ۴×۱۰^{-۶} به‌ازای افزایش هر درجه حرارت در محدوده‌ی ۵۰− تا ۵۰+ سانتی‌گراد متغیر می‌باشد. در جهت طولی، ضریب انبساط معمولاً به‌اندازه $\frac{۱}{۱۰}$ تا $\frac{۱}{۵}$ ضریب انبساط جهت شعاعی و مماسی می‌باشد.

۲ــ۴ــ۵ــ ضریب گرمای ویژه چوب: ضریب‌گرمای ویژه چوب عبارت از مقدار حرارت لازم برای گرم کردن یک گرم چوب به‌مقدار یک درجه سانتیگراد است که با حرف C نشان داده می‌شود.

گرمای ویژه چوب، عبارت است از مقدار حرارت لازم برای افزایش یک درجه حرارت یک واحد جرم آن که در عمل با استفاده از ضریب‌گرمای ویژه به‌این‌صورت به‌دست می‌آید :

$$C = \frac{Q}{m(t_۲ - t_۱)} \quad \text{و یا} \quad Q = mc(t_۲ - t_۱)$$

که دراین‌صورت :

Q = مقدار گرمای لازم برحسب کیلوکالری جهت افزایش حرارت یک‌کیلوگرم (m) چوب از t درجه‌سانتی‌گراد به $t^{\circ}+۱$ درجه سانتی‌گراد.

آزمایشات مختلف نشان داده‌است که گرمای ویژه چوب‌کاملاً‌خشک با افزایش دما مانند سایر مواد بالا می‌رود، ولی وابسته به‌جرم مخصوص نیست و مقدار آن ۰/۲۲۶ در صفردرجه سانتی‌گراد است که عملاً مشابه سلولز می‌باشد. حرارت ویژه سیمان و آلومینیوم حدود $\frac{۲}{۳}$ حرارت ویژه چوب است و برای فلزات معمولی از $\frac{۱}{۴}$ تا $\frac{۱}{۲}$ گرمای ویژه چوب متغیر است.

۵ــ۵ــ قابلیت هدایت حرارتی چوب

به‌طورکلی، هدایت حرارتی‌چوب بسیارضعیف است و به‌همین‌دلیل از چوب برای ساخت دستگیره‌های وسایل خانگی، اجاق‌گازی و لوازم برقی و غیره استفاده می‌کنند. ضریب‌هدایت‌حرارتی‌چوب (K) عبارت است از مقدار حرارتی که در مدت یک ساعت یا یک ثانیه از قطعه چوبی به مساحت یک

متر مربع به ضخامت یک متر یا یک سانتی‌متر مربع و به ضخامت یک سانتی‌متر می‌گذرد، در صورتی که اختلاف حرارت بین دو سطح یک درجه سانتی‌گراد باشد. هدایت حرارتی چوب با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود[1].

$$Q = \frac{KAT(t_2 - t_1)}{d}$$

که درآن :

Q = مقدار حرارت انتقال یافته برحسب کالری

K = ضریب‌هدایت حرارتی برحسب کیلوکالری بر متر در درجه‌سانتی‌گراد در ساعت یا کالری بر سانتی‌متر در درجه سانتی‌گراد در ثانیه

جدول ۱ــ۵ــ ضریب هدایت حرارتی چوب‌های مختلف، فلزات و سایر مصالح

انواع چوب‌ها	گونه‌ها	ضریب هدایت حرارتی	فلزات و سایر مصالح	ضریب هدایت حرارتی
پهن‌برگان نیمه‌سنگین سوزنی‌برگان خیلی سنگین	بلوط، زبان‌گنجشک راش سنگین کاج آمریکایی	۰/۲	مس آلومینیم	۳۲۰ ۲۰۰
پهن‌برگان سبک و سوزنی برگان نیمه‌سنگین	نمدار، غان، افرا، کاج دریایی، کاج جنگلی	۰/۱۳	آهن چدن	۶۲ ۴۸
پهن‌برگان خیلی سبک سوزنی‌برگان سبک	انواع صنوبر نوئل، نراد	۰/۱۰	سرب شیشه بتون	۳۰ ۱ ۱/۵ــ۰/۳
سبک‌ترین گونه‌ها	بالزا	۰/۰۴۵	سیمان آجر	۰/۵۵ ۰/۷۵ــ۰/۵
فیبر وتخته خرده چوب	فیبر سبک (عایق) و تخته خرده چوب	۰/۰۵۵ ۰/۱۳	گچ معمولی	۰/۴۰

۱ــ استاندارد ملی ایران، شماره ۱۱۲۳

A = سطح عمود بر جهت جریان حرارت برحسب سانتی‌متر مربع یا متر مربع

t_2 و t_1 = به‌ترتیب حرارت‌های سطح سرد و سطح گرم برحسب درجه سانتی‌گراد

T = زمانی‌که طی‌آن حرارت جریان می‌یابد برحسب ثانیه یا ساعت

d = فاصله بین سطوح برحسب سانتی‌متر یا متر

مانند سایر موارد، قابلیت هدایت حرارتی نیز با جرم مخصوص، درصد رطوبت و جهت قرارگرفتن الیاف بستگی دارد و نسبت به‌این عوامل متغیر می‌باشد ؛ هم‌چنین درصد مواد استخراجی، مقدار درون‌چوب و برون چوب و عوامل دیگری نظیرگره، ترک‌خوردگی و غیره ممکن است بر قابلیت هدایت حرارتی چوب تأثیر بگذارند.

۶ــ۵ــ قابلیت سوخت و قدرت گرمازایی چوب

چوب ماده‌ای سوختنی است و به‌همین‌دلیل برای سوخت خانگی و صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. منظور از «ماده‌ای سوختنی»، سهولت آتش‌گیری و تداوم احتراق آن تاحد خاکستر شدن است که عامل‌زمان نیز در آن مطرح است.

قدرت گرمادهی یا گرمازایی مطلق **چوب عبارت است از مقدار حرارت تولیدی توسط یک وزن معین چوب درطی روند احتراق که برحسب کالری اندازه‌گیری می‌شود.**[1] عوامل متعددی مانند، هوا (اکسیژن)، درصد رطوبت‌چوب، جرم مخصوص، گونه چوبی و غیره بر احتراق‌پذیری و قدرت گرمازایی تأثیر می‌گذارند ؛ در حالی‌که عوامل مؤثر براحتراق، لزوماً برقدرت حرارت‌دهی به‌یک نسبت تأثیر ندارند ؛بنابراین، «ارزش سوختی»کلی‌چوب بستگی به تلفیق احتراق‌پذیری و قدرت گرمادهی و نیز عواملی نظیر متصاعد شدن دود، جرقه و گازهای سمی دارد.

ارزش حرارتی‌چوب از لحاظ مقداری به‌عنوان تعداد واحدهای حرارتی که در اثر سوختن کامل یک‌واحد از توده چوب تحت شرایط خاص خارجی به‌وجود می‌آید برحسب کالری بیان می‌گردد. معمولاً ارزش حرارتی مواد سوختنی به‌روش‌های مختلفی تعیین می‌گردد، اما اصل مهم در تمام روش‌ها، اندازه‌گیری مقدار حرارت‌تولید شده به‌وسیله یک واحد از توده ماده‌سوختنی تحت شرایط‌خاص است. چون یک کالری قادر است دمای یک گرم آب را یک درجه سانتی‌گراد افزایش

۱ــ قدرت گرمازایی مخصوص چوب عبارت است از میزان گرمایی که واحد حجم چوب برحسب کالری تولید می‌کند. استاندارد ملی ایران ۱۱۲۳

دهد. پس اگر ارزش حرارتی یک‌گونه‌خاص از چوب ۵۰۰۰ کالری باشد، دراین‌صورت یک گرم از آن چوب، تحت احتراق کامل، حرارت ۵۰۰۰گرم آب‌را یک‌درجه سانتی‌گراد بالا خواهد برد ؛ هم‌چنین اگر ارزش حرارتی زغال چوب۷۰۰۰ کالری باشد، یک گرم زغال چوب، حرارت ۷۰۰۰ گرم آب را یک‌درجه سانتی‌گراد بالا خواهد برد.

باتوجه به‌این که، گونه‌های مختلف چوب با مقدار رطوبت برابر، معمولاً، از نظر ترکیبات شیمیایی شبیه هستند. بنابراین، ارزش حرارتی چوب آن‌ها (درحالت خشک شده در هوای آزاد) تقریباً یکسان است و تفاوت فقط بین (۴۳۰۰ و ۵۲۰۰ کالری) است. چوب‌های حاوی مواد استخراجی مانند رزین‌ها،روغن‌ها، صمغ‌ها و غیره معمولاً ارزش حرارتی بالاتری از خود نشان می‌دهند. ارزش حرارتی چوب بعضی‌گونه‌ها همراه با ارزش‌حرارتی بعضی از مواد سوختنی دیگر در جدول ۲ــ۵ نشان داده شده است :

جدول ۲ــ۵ــ ارزش حرارتی بعضی از مواد

نوع ماده سوختنی	ارزش حرارتی کالری بر گرم
زغال سنگ	۷۸۷۵
زغال کک	۶۹۰۰
لیگنیت	۴۰۰۰
کاه و کُلش	۳۳۳۶
باگاس نیشکر (با ۴۵ درصد رطوبت)	۴۷۲۶
چوب سدر بودار	۵۲۹۴
چوب آکاسیای عربی	۴۸۷۰
چوب کازوارینا	۴۹۵۰
چوب بلوط (در ۱۳ درصد رطوبت)	۳۹۹۰

۷ــ۵ــ مقاومت و هدایت صوت در چوب

به‌طورکلی، عکس‌العمل چوب در مقابل صوت را به دوطریق می‌توان بیان نمود :

الف) خاصیت طنین چوب[1]: چوب می‌تواند صدا را تشدید و تقویت نموده، به‌صورت امواج

۱ــ استاندارد ملی ایران ۱۱۲۳

صوتی در هوا منتشر سازد. این خاصیت چوب را اصطلاحاً «خاصیت طنین صوت» می‌گویند. به‌همین‌دلیل چوب بعضی از گونه‌ها درساخت آلات و ابزار موسیقی مانند پیانو، ویلن، گیتار، ویلن سل، کمانچه، تار و سه تار، عود، سنتور و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرد، در این‌گونه دستگاه‌ها، معمولاً برای خَرَک یا وسیله اتصال مکانیکی سیم‌ها و صفحه صوتی از چوب استفاده می‌شود.

با توجه به این که، چوب دارای خاصیت ارتجاعی است، از این‌رو، هنگام تحریک مکانیکی سیم‌ها، چوب ارتعاشات آن‌را بسرعت به‌صوت تبدیل کرده، در هوا منتشر می‌سازد.

در بعضی از آلات موسیقی مانند، فلوت، قره‌نی و غیره، صدای ایجاد شده بیشتر بستگی به طول ستون هوا دارد و چوب همان نقش صفحات چوبی صوتی را ایفا می‌کند.

ب) خاصیت اکوستیک چوب: وقتی انرژی صوتی با چوب برخورد می‌کند، چوب قسمتی از انرژی صوتی را در خود جذب نموده و بقیه را در هوا منعکس می‌سازد. این خاصیت ویژه جذب انرژی صوتی و انعکاس صوت را اصطلاحاً «خاصیت اکوستیک چوب» می‌گویند که از لحاظ انتخاب چوب‌های مناسب برای مصارفی مانند استودیوهای رادیو، تلویزیون، سالن‌های سینما، سالن‌های سخنرانی و غیره بسیار با اهمیت است[1]. معمولاً، مقدار انرژی جذب‌شده و یا منعکس شده بستگی به عواملی نظیر، چگونگی پرداخت سطح چوب، جهت الیاف و خصوصیات ذاتی چوب دارد؛ هم‌چنین عواملی دیگر مانند، رطوبت، جرم مخصوص و غیره می‌توانند برمقدار جذب و انعکاس صوت تأثیر بگذارند.

نسبت مقدار انرژی صوتی جذب شده به کل انرژی برخورد کرده با چوب را اصطلاحاً «ضریب جذب صوت» می‌گویند و برای سهولت مقایسه، واحد آن را از روی یک پنجره کاملاً باز با ابعاد مشخص انتخاب می‌کنند؛ پنجره‌ای کاملاً باز با مساحت یک‌مترمربع که قادر به انعکاس انرژی صوتی نیست و همه اصوات از آن عبور می‌کند؛ از این‌رو ضریب‌جذب‌صوت آن‌را «۱» فرض می‌کنند و بعد ضریب جذب سایر مواد را در مقایسه با ضریب‌جذب واحد برای پنجره باز در نظر می‌گیرند. مقادیر تقریبی ضریب جذب صوت برای مواد مختلف در جدول ۳ــ۵ نشان داده شده است:

۱ــ امروزه از صفحات اکوستیک که از انواع تخته فیبر می‌باشند استفاده می‌شود.

جدول ۳ــ۵ــ ضریب جذب صوت مواد مختلف

نوع مواد	ضریب جذب صوت
پنجره کاملاً باز	۱
فرش‌های سنگین	۰/۲۵
دیوارهای چوبی	۰/۲۰
تخته‌های اکوستیک	۰/۹۰ــ۰/۲۰
آجر	۰/۰۳
چوب پرداخت نشده	۰/۰۶
چوب پرداخت شده	۰/۰۳

با داشتن ضریب‌جذب صوت واحد که اصطلاحاً به‌آن «سابین[1]» نیز گفته می‌شود و با استفاده از رابطه زیر می‌توان کل انرژی صوتی‌جذب شده را برای هر مساحتی از مواد محاسبه نمود :

$$Q = KA$$

که درآن :

Q = مقدارکل انرژی جذب شده

K = ضریب جذب

A = سطح ماده مورد نظر

ج) عوامل مؤثر درسرعت انتشار صوت درچوب: سرعت انتشارصوت عمدتاً به جرم مخصوص و خاصیت ارتجاعی چوب بستگی دارد. رابطه زیر این بستگی را به‌خوبی نشان می‌دهد :

$$V = \sqrt{\frac{E}{D}}$$

که درآن :

V = سرعت انتشار صوت درجهت تقارن محوری چوب

E = مدول الاستیسیته درجهت مورد نظر

D = جرم مخصوص نمونه آزمونی

با توجه به‌این که نسبت E و D در چوب بسیاری از گونه‌ها تقریباً برابرند، بنابراین، اگر سبکی یا سنگینی چوب درنظر گرفته نشود، در رابطه فوق سرعت انتشار صوت باید تقریباً در تمام گونه‌ها

۱ــ Sabine

ثابت باشد. از سوی دیگر، وجود رطوبت در چوب سبب کاهش سرعت انتشار صوت می‌شود، زیرا آب جذب شده توسط چوب، مقدار E را کاهش داده، مقدار D را افزایش می‌دهد.

علاوه بر عوامل ذکرشده، انتشارصوت در چوب در جهات مختلف آن ممکن است متفاوت باشد؛ معمولاً، در جهت موازی الیاف مقدار آن به ۳ تا ۵ برابر جهت عمود بر الیاف می‌رسد.

مقدار تقریبی سرعت انتشارصوت در چوب و برخی مواد دیگر در جدول ۴ــ۵ نشان داده شده است.

جدول ۴ــ۵ــ سرعت انتشار صوت در مواد مختلف

نوع ماده و جهت		سرعت انتشار صوت (برحسب متر بر ثانیه)
چوب	۱ــ درجهت طولی	۴۱۲۰
	۲ــ درجهت شعاعی	۱۶۵۱
	۳ــ درجهت مماسی	۱۲۳۰
آجر		۳۶۰۴
آلومینیم		۵۱۰۲
چوب پنبه		۵۰۰
گرافیت		۱۲۲۷
استیل		۴۹۸۷
آب در ۹/۸ درجه سانتی‌گراد		۱۴۳۵
هوا در صفر درصد (درجه سانتی‌گراد)		۳۳۲

به‌این پرسش‌ها پاسخ دهید

۱ــ چرا تیرهای انتقال نیرو و دسته ابزارهای برقی را معمولاً از چوب می‌سازند ؟

۲ــ مقاومت الکتریکی چوب را تعریف کنید.

۳ــ مقاومت ویژه الکتریکی چوب چیست ؟

۴ــ عواملی که روی مقاومت الکتریکی چوب تأثیر می‌گذارند شرح دهید. تأثیر کدام عامل بیشتر است ؟

۵ــ ضریب‌هدایت حرارتی چوب را تعریف کنید.

۶ــ ضریب‌هدایت حرارتی چوب چگونه محاسبه می‌شود ؟

۷ــ حرارت ویژه چوب را تعریف کنید.

۸ــ خاصیت طنین صوت را در چوب تعریف کنید.

۹ــ از خاصیت طنین صوت چوب در چه مواردی استفاده می‌شود ؟

۱۰ــ خاصیت اکوستیک چوب چیست و در چه مواردی اهمیت دارد ؟

۱۱ــ ضریب‌جذب صوت در چوب چیست ؟

۱۲ــ ضریب جذب صوت در چوب‌های پرداخت شده بیشتر است یا در چوب‌های پرداخت‌نشده؟

۱۳ــ سرعت‌انتشار صوت در چوب به چه عواملی بستگی دارد ؟

۱۴ــ انتشار صوت در جهات مختلف چوب چگونه است ؟

۱۵ــ سرعت انتشار صوت را چگونه محاسبه می‌کنند ؟

۱۶ــ سرعت انتشار صوت در چوب بیشتر است یا در استیل ؟

بخش دوم

خواص مکانیکی چوب

اسکلت یک گنبد چوبی که سقف یک استادیوم ورزشی را می‌پوشاند.

مقدمه

اگر انسان چوب را به صورت یک ماده صنعتی ــ ساختمانی به کار ببرد، در استفاده از آن به دو پدیده کلی پی می‌برد. بدون شک چوب جزء اولین موادی است که انسان‌های قبل از تاریخ استفاده‌های متعددی از آن می‌کردند، در حالی که به مرور زمان در انواع روش‌های استفاده از چوب تغییراتی به وجود آمده است، ولی در حال حاضر نیز چوب ماده‌ای است که با استفاده‌های گسترده تزیینی، ساختمانی و صنعتی مطرح است.

با توجه به این که چوب یک ماده طبیعی از منابع تجدید شونده است، استفاده از آن در ساخت لوازم روزمره اطراف ما ادامه می‌یابد، اما در مجموعه مواد ساختمانی صنعتی از اهمیت آن کاسته نخواهد شد، بلکه به مرور زمان بر اهمیت آن افزوده می‌شود.

چوب در کلیه موارد مصرف باید تحمل نیروهای اعمال شده را داشته باشد. هنگامی که از چوب برای احداث ساختمان‌های مسکونی، تجاری، خدماتی، ورزشی و یا در ساخت قایق‌های چوبی و یا در ساخت پل‌ها و اسکله‌ها و امثال آن استفاده می‌شود چوب به صورت یک ماده ساختمانی مورد بحث بوده که باید قادر به تحمل مستقیم نیروی وارد بر آن باشد.

در شکل صفحه قبل اسکلت سقف یک استادیوم ورزشی دیده می‌شود. در این ساختمان عظیم اسکلت اصلی و پوشش روی آن از قطعات چوبی ساخته شده بر طبق اصول مهندسی استفاده شده است.

به شکل (الف) توجه کنید. یک طبقه ساختمان چوبی دیده می‌شود که در آن از خرپا و قطعات چوبی به جای خرپای فلزی استفاده شده است.

شکل (الف) نمای داخل یک ساختمان از سازه‌های چوبی

البته ضرورت دانستن قدرت تحمل نیرو به وسیله چوب و محصولات چوبی محدود به موارد ساختمانی فوق نیست، بلکه در ساخت مبلمان منزل، مبلمان دفتری، کابینت و... نیز مقاومت‌های مکانیکی، چوب نقش مهم و تعیین‌کننده‌ای دارد(شکل ب). اگر از چوب برای کارهای تزیینی نظیر دکوراسیون، مبلمان و غیره استفاده شود، استفاده از چوب با نقوش برتر ترجیح دارد. چنین چوب‌هایی گران هستند و منابع تأمین آن‌ها نیز محدود و در حال از بین رفتن است. در حالی که قیمت چوب در حال زیاد شدن است، وظیفه سازندگان محصولات و مصنوعات چوبی استفاده حداقل از آن در تولید محصول مشخصی است ؛ بدین ترتیب، استفاده از قطعات کوچکتر چوب اجتناب ناپذیر است. بدین طریق در ماده اولیه صرفه جویی شده، به سازه چوبی ظرافت و جذابیت خاصی خواهد داد.

شکل (ب) یک نمونه کار چوبی که باید طبقات آن قادر به تحمل وزن وسایل داخل آن باشد.

اما باید متذکر شد که یک سازه ظریف و جذاب باید بتواند نیروهای احتمالی نظیر : نشستن فرد بر صندلی استیل یا معمولی، قرار دادن تلویزیون سنگین بر روی میز مخصوص آن و نگهداری ظروف سنگین در یک بوفه زیبا را تحمل کند ؛ بر این اساس، با دانستن نیروهای اعمال شده در هر یک از موارد و ویژگی‌های مقاومتی چوب می‌توانیم به طراحی و ساخت یک سازه چوبی با دوام بپردازیم.

در شکل (ب) یک بوفه زیبا و ظریف دیده می‌شود. این بوفه باید قادر به تحمل وزن خود و وزن وسایل داخل آن و روی آن باشد. یا در شکل (ج) یک چهارپایه دیده می‌شود. آیا این چهارپایه قادر به تحمل وزن یک فرد است؟

شکل (ج) یک چهارپایه متداول که مورد استفاده‌ی روزمره است.

حتی در یک چهارپایه ارزان قیمت نیز باید به مقاومت چوب‌های مورد استفاده در آن دقت شود. از این نوع چهارپایه که در شکل (ج) مشاهده می‌گردد اغلب در منازل برای تمیز کردن و برداشتن اشیا از قسمت‌های مرتفع و یا در مغازه‌ها استفاده می‌شود. اگر چهارپایه نتواند فردی که بر روی آن ایستاده است را تحمل کند، در نتیجه بر اثر شکستن چهارپایه فرد سقوط کرده، احتمال خسارت جانی بسیار است. شاید در این مورد چهارپایه ارزش زیادی نداشته باشد، ولی وارد شدن صدمه به افراد و زیان آن بسیار و جبران ناپذیر باشد. در این حالت نیز دانستن مقاومت‌های چوب برای طراحی و ساخت ضروری است.

به سؤال‌هایی که در این قسمت مطرح شد و سؤال‌های متعدد و مشابه که سازندگان و مصرف‌کنندگان هر روزه با آن مواجه هستند در بخش خواص مکانیکی چوب جواب داده خواهد شد.

فصل ششم

ویژگی‌های مقاومتی چوب

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود :

۱ ــ در چوب حالت الاستیکی و پلاستیکی را شرح دهد.

۲ ــ تنش ــ تغییر طول نسبی را تعریف کند.

۳ ــ «قانون هوک» را بداند.

۴ ــ ویژگی‌های انحصاری چوب را از جنبه‌های مختلف شرح دهد.

۵ ــ اهمیت هر یک از مقاومت‌های چوب را در یک سازه چوبی بداند.

زمان تدریس: ۴ ساعت

۶ ــ ویژگی‌های مقاومتی چوب

به استحکام و مقاومت چوب در مقابل تغییر شکل «ویژگی‌های مقاومتی» گویند. استحکام همان توانایی چوب برای تحمل بار یا نیروی وارده است و مقاومت در برابر تغییر شکل تعیین کننده قابلیت فشرده شدن، تغییر یافتن و یا خمیده شدن یک قطعه چوب است.

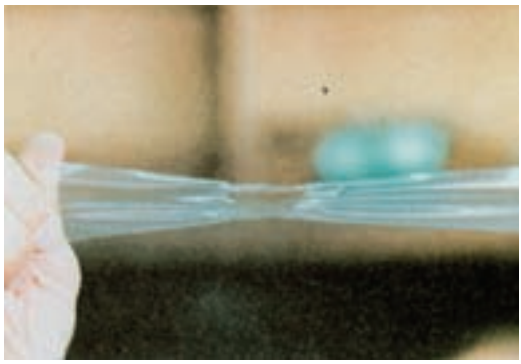
اگر نیرویی، حتی خیلی کم بر یک قطعه چوب وارد گردد تغییر شکل فوری در آن به‌وجود می‌آید. با زیاد شدن مقدار نیروی وارد شده بر چوب میزان تغییر شکل نیز زیادتر می‌شود. به طور کلی در تغییر شکل مواد ــ که چوب نیز جزء آن‌ها می‌باشد ــ دو حالت کلی را می‌توان مشاهده کرد.

۱ ــ ۶ ــ تعاریف

۱ ــ ۱ ــ ۶ ــ حالت الاستیکی[1] (الاستیسیته): اگر بر یک قطعه چوب نیروی معینی وارد شود و در اثر آن نیرو تغییر شکل به وجود آید، اما پس از برداشتن نیرو تغییر شکل از بین رفته و چوب به حالت اول برگردد این تغییر شکل را «تغییر شکل الاستیک» یا «لاستیکی» نامند. این نوع تغییر شکل مشابه کشیده شدن یک قطعه کش نواری یا یک نوار لاستیکی است. به شکل ۱ ــ ۶ دقت کنید. اگر نوار لاستیکی را از حالت کشیده آزاد کنیم به حالت اول برمی‌گردد.

شکل ۱ــ۶ــ یک نوار لاستیکی کشیده شده که نشان دهنده حالت لاستیکی است.

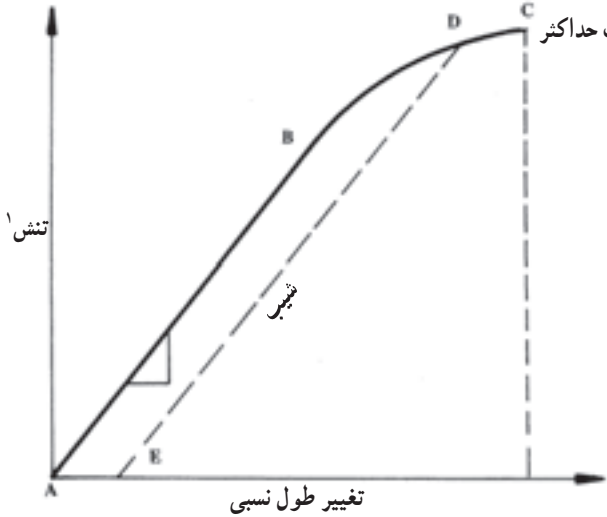
۲ ــ ۱ ــ ۶ ــ حالت پلاستیکی (پلاستیسیته): ولی اگر مقدار نیروی وارد شده بر یک قطعه چوب به مقداری باشد که تغییر شکل به وجود آمده دائمی باشد و پس از برداشتن نیرو جسم به حالت اول خود بازنگردد آن را «تغییر شکل پلاستیکی» گویند. این نوع تغییرشکل مشابه کشیدن یک نوار پلاستیکی است (برای این آزمایش می‌توانید از یک کیسه پلاستیکی معمولی استفاده کنید) که پس از کشیده شدن به همان حالت تغییر شکل یافته باقی خواهد ماند. این حالت در شکل ۲ ــ ۶ نشان داده شده است.



شکل۲ــ۶ــ یک نوار پلاستیکی که پس از کشیده شدن در حالت اول برگشت نداشته است.

۱ــ استاندارد ملی ایران ۱۱۲۳

برای نشان دادن دو حالت فوق در یک قطعه چوب از منحنی تنش ــ تغییر طول نسبی استفاده می‌شود که چنین منحنیی که در اثربارگذاری بر یک قطعه چوب تا نقطه شکستن آن ترسیم شده است در شکل ۳ ــ ۶ نشان داده شده است.



شکل ۳ــ۶ــ منحنی تنش ــ تغییر طول نسبی در آزمایش چوب

با زیاد شدن نیرو یا بار اعمال شده یا به عبارت دیگر، مقدار فشار میزان تغییر شکل زیادتر می‌شود. از نقطه A که بارگذاری شروع می‌شود، ابتدا، منحنی به صورت یک خط مستقیم امتداد می‌یابد که زیاد شدن میزان تغییر طول نسبی متناسب با زیاد شدن میزان نیروی اعمال شده است. منحنی تنش ــ تغییر طول نسبی به صورت خط مستقیم تا نقطه B ادامه خواهد یافت. نقطه‌ای که در آن خط مستقیم به منحنی تبدیل می‌شود به حد تناسب[۲] موسوم است. محدوده بین دو نقطه A و B در حقیقت محدوده الاستیک است ؛ یعنی هر گاه در بین دو نقطه A و B بارگذاری بر یک قطعه چوب متوقف شده، بار از روی چوب برداشته شود، چوب به حالت اول برمی‌گردد.

از نقطه B حالت پلاستیکی چوب شروع شده تا نقطه C که چوب شکسته می‌شود ادامه خواهد یافت. در این محدوده (B ــ C) اگر بارگذاری متوقف شده، بار از روی قطعه چوب برداشته شود، چوب به حالت اول برگشت نمی‌کند، بلکه یک تغییر شکل دایمی در آن به وجود خواهد آمد ؛ این تغییر شکل به صورت خمیدگی، فشردگی دایمی یا مچاله شدن چوب ظاهر می‌شود. چنانچه منحنی برحسب

۱ــ تنش عبارت است از نیرو تقسیم بر واحد سطح که با پاسکال نشان داده می‌شود. $N/m^2 = 1Pa$

۲ــ Proportional Limit

نیرو و تغییرشکل رسم گردد، میزان تغییر شکل دایمی که پس از برداشتن باراز روی قطعه چوب وجود خواهد داشت ــ از طریق ترسیم یک خط به موازات خط AB از نقطه توقف بارگذاری و برداشتن بار و محل تقاطع این خط با محور x یا محور تغییر شکل ــ تعیین می‌گردد ؛ برای مثال فرض کنید در آزمایش شکل ۳ ــ ۶ بارگذاری در نقطه D که قبل از نقطه شکست C و بعد از حد تناسب B است متوقف شود. اگر بار در این نقطه برداشته شود تغییر شکل دایمی برابر A_E (بر روی محور x نشان داده شده است) می‌باشد.

۳ ــ ۱ ــ ۶ ــ تنش، تغییر طول نسبی: در مبحث مکانیک چوب به دفعات با دو اصطلاح تنش (σ) و تغییر طول نسبی (ε اپسیلون) مواجه می‌شویم ؛ از این رو به شرح این دو اصطلاح می‌پردازیم :

الف) تنش: تنش مقدار بار وارد شده بر واحد سطح مقطع چوب است.

مثال: در شکل ۴ــ۶ یک قطعه چوب به طول ۱۵ سانتی‌متر و سطح مقطع ۲۵ سانتی‌متر مربع (سطح مقطع مربع به ابعاد ۵×۵ سانتی‌متر) تحت تأثیر نیرویی برابر ۴۰۰۰ نیوتن قرار گرفته است. در این حالت تنش فشاری اعمال شده بر این قطعه چوب برابر :

$$\sigma = \frac{F \quad (\text{نیوتن})}{A \quad (\text{مترمربع})}$$

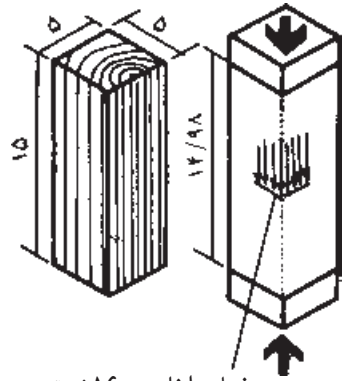
σ : تنش فشاری

F : مقدار نیرو (نیوتن)

A : سطح مقطع (متر یا میلی‌متر مربع)

$$\sigma = \frac{۴۰۰۰(N)}{۰/۰۰۲۵(m^۲)} = ۱۶۰۰۰۰۰(N/m^۲)$$

پاسکال (Pa) یا نیوتن بر متر مربع



شکل ۴ــ۶ــ چگونگی محاسبه تنش و تغییر طول نسبی

ب) تغییر طول نسبی: تغییر طول نسبی یعنی میزان تغییر طول به ازای واحد طول اولیه یک قطعه چوب. به همان شکل (۴ ــ ۶) دقت کنید.

مثال: در اثر وارد آوردن نیرویی برابر ۴۰۰۰ نیوتن بر قطعه چوب، طول اولیه آن که ۱۵ سانتی‌متر بوده است در اثر اعمال نیرو به ۱۴/۹۸ سانتی‌متر خواهد رسید. در این حالت تغییر طول نسبی (ε) برابر با :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L \text{ (سانتی‌متر)}}{L_1 \text{ (سانتی‌متر)}}$$

ε : تغییر طول نسبی (بدون واحد)

L_1 : طول اولیه قطعه چوب

ΔL : تغییر طول برابر با طول اولیه منهای طول نهایی $(L_1 - L_2)$ که به صورت دلتا ال تلفظ می‌گردد، تغییر طول نسبی برابر است با :

$$\varepsilon = \frac{۱۵ - ۱۴/۹۸\text{cm}}{۱۵\text{cm}} = ۰/۰۰۱۳$$

۴ ــ ۱ ــ ۶ ــ قانون هوک (تعریف الاستیسیته): قانون هوک یک قانون بنیادی در مقاومت مواد است. این قانون تعیین‌کننده رابطه بین تنش و تغییر طول نسبی است. طبق قانون هوک در چوب این رابطه بین تنش و تغییر طول نسبی وجود دارد :

$$\varepsilon = \alpha$$

که در آن α ثابت ماده می‌باشد و $E = \frac{۱}{\alpha}$ است و E مدول الاستیسیته یا ضریب ارتجاعی خواهد بود. اختلاف در ضریب ارتجاعی چوب‌های مختلف بدین معنی است که تحت تأثیر نیروی معینی در چوب‌های مختلف به مقدار متفاوت تغییر شکل به وجود می‌آید ؛ بنابراین در چوب :

$$\sigma = E\varepsilon$$

تغییر طول نسبی × مدول الاستیسیته = تنش

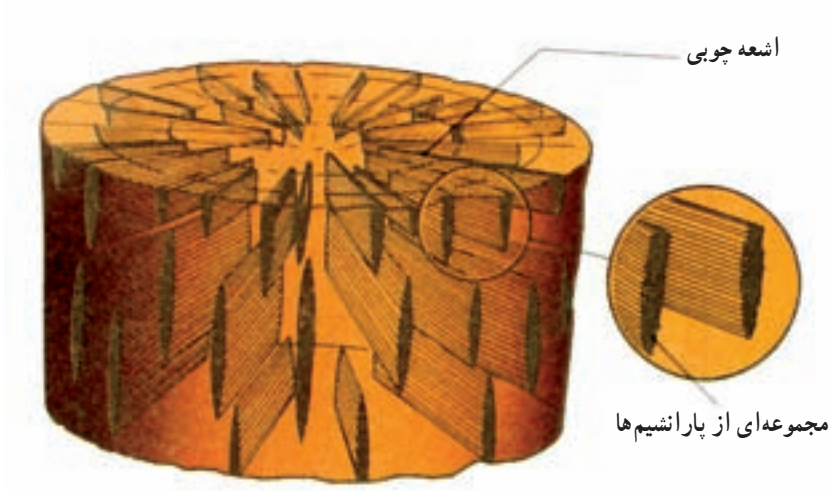
همان گونه که در شکل ۳ ــ ۶ مشخص است منحنی تنش ــ تغییر طول نسبی چوب در ابتدا، به صورت خط مستقیم است(A ــ E)و در این قسمت که حالت لاستیکی چوب نشان داده می‌شود تغییر طول نسبی متناسب با تنش است و نسبت تنش به تغییر طول نسبی مدول الاستیسیته یا ضریب ارتجاعی است.

در مورد مدول الاستیسیته باید یک نکته مهم را متذکر شد : هر چه تنش مورد نیاز برای به‌وجود آوردن تغییر طول نسبی معینی در یک قطعه چوب زیادتر باشد، (چوب در مقابل تغییر شکل پایداری بیشتری نشان دهد) مدول الاستیسیته آن چوب نیز بالاتر است.

۲ــ۶ــ ویژگی‌های مقاومتی چوب

اگر یک قطعه چوب کوچک را از یک گرده بینه بزرگ جدا کرده (نظیر یک تخته یا الوار) و آن را مورد بررسی قرار دهیم مشخص می‌گردد که این قطعه چوب از لایه‌های کنار یکدیگر قرار گرفته چوب بهاره و چوب تابستانه تشکیل شده است. به دلیل مقاومت متفاوت چوب بهاره و چوب تابستانه تغییراتی در مقاومت‌های چوب در جهت‌های مختلف به وجود می‌آید و خاصیت کارکردن با آن نیز متفاوت خواهد بود ؛برای مثال اگر عمل سمباده‌زنی در سطح مماسی انجام گیرد عملیات سمباده زنی ساده و پرداخت سطح آن آسان است، زیرا چوب در این سطح یکنواخت است، اما سمباده‌زنی در سطح شعاعی به علت وجود ورقه یا لایه‌های نرم چوب بهاره و نوارهای سخت چوب تابستانه خیلی مشکل بوده،رسیدن به پرداخت چوب آسان نخواهد بود.

در چوب (مخصوصاً پهن برگان) بعضی از سلول‌ها در جهت شعاعی سطح مقطع درخت شکل گرفته، تشکیل اشعه چوبی می‌دهند که این اشعه‌های چوبی در شکل ۵ــ۶ نشان داده شده است. این اشعه‌های چوبی از پوست به طرف مغز امتداد داشته و قادر به زیاد کردن مقاومت چوب در جهت شعاعی هستند.



شکل ۵ ــ۶ــ یک قطعه چوب که در آن موقعیت اشعه چوبی نشان داده شده است.

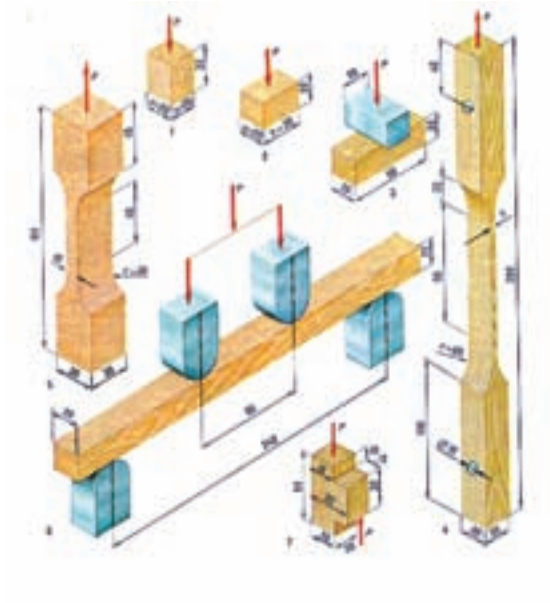
استفاده از اصطلاح مقاومت برای کلیه ویژگی‌ها یا خواص مقاومتی چوب گمراه کننده است، زیرا انواع متفاوتی از مقاومت را می‌توان در یک چوب تشخیص داد ؛ بنابراین لازم است به طور دقیق خاصیت مقاومتی مورد نظر را عنوان کرد، زیرا اگر یک قطعه چوب از خاصیت مقاومتی نسبتاً بالا برخوردار باشد لزوماً دیگر خواص مقاومتی آن نیز زیاد نبوده، بلکه احتمال دارد حتی دیگر خواص مقاومتی آن کم باشد. خواص مختلف مقاومتی چوب و اهمیت کاربردی آن در جدول ۱ــ۶ خلاصه شده است. در شکل ۶ــ۶ به گونه‌ای ساده نقش هر یک از این خواص در یک سازه ساده چوبی (چهارپایه) نشان داده شده است. در یک سازه پیچیده‌تر چوبی نیز این خواص نقش تعیین‌کننده‌ای دارد که می‌توان مشخص کرد.

جدول ۱ــ۶ــ خواص مقاومتی مهم چوب و اهمیت کاربردی آنها

ویژگی مقاومتی	تعیین کننده توانایی
خمشی	تحمل بار تیر چوبی یا قید چوبی
فشاری موازی الیاف	تحمل بار یک ستون یا تیر چوبی
فشاری عمود بر الیاف	چوب در محل اتصال بین قطعات چوبی
کششی موازی الیاف	قطعه چوب در قسمت‌های پایین سازه چوبی
کششی عمود بر الیاف	توانایی تحمل بار تیر چوبی یا قید کوتاه
ضربه‌پذیری	یک قطعه چوب در مقابل ضربه است.
سختی	چوب در مقابل ورود اجسام سخت و سائیده شده
برشی موازی الیاف	چوب در قسمت اتصال
مدول الاستیسیته	مقاومت چوب در برابر نیروهای خمشی و درجه سفتی آن می‌باشد.

شکل ۶ــ۶ــ یک نردبان ساده که در آن نقش مقاومت‌های مختلف مشخص می‌گردد.

ماده‌ای که دارای خواص مکانیکی یکسان در جهت های مختلف باشد، «هرسویکسان» یا ایزوتروپیک[1] نامیده می‌شود. اغلب فلزها، پلاستیک‌ها و محصولات سیمانی خاصیت هرسو یکسانی دارند. با در نظر گرفتن موارد مذکور، چوب از خواص کاملاً متفاوت در جهت الیاف، در مقایسه با جهت عمود بر الیاف برخوردار است که به این دلیل چوب یک ماده «هرسونایکسان» نامیده می‌شود. بطور مشخص چوب را می‌توان اورتوتراپیک[2] در نظر گرفت یعنی چوب در سه جهت عمود بر یکدیگر دارای خواص متفاوتی است. لذا بر خلاف سایر اجسام صلب در چوب نیاز به سنجش خواص فیزیکی و مقاومت‌های مکانیکی در جهات مختلف می‌باشد (شکل ۷ـ۶).



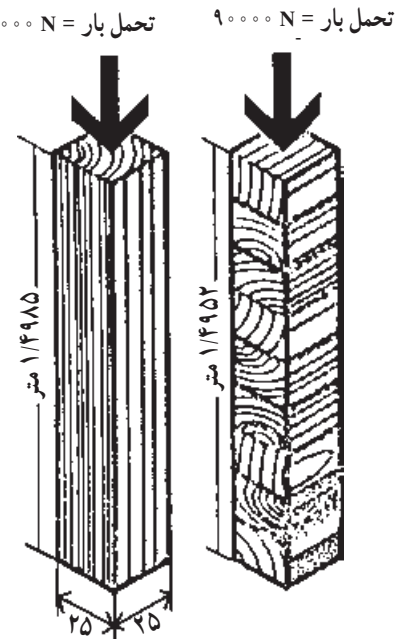
شکل ۷ـ۶ـ چگونگی اندازه‌گیری مقاومت‌های مختلف چوب

مقاومت و خواص الاستیک چوب در جهت‌های محوری، مماسی و شعاعی مختلف بوده ولی اختلاف خیلی زیادی بین جهت مماسی و شعاعی وجود ندارد. بنابراین مقاومت چوب در این دو جهت را یکسان فرض کرده و آن را مقاومت عمود بر الیاف می‌نامند.

۱ـ Isotropic

۲ـ Orthotropic

شکل ۸ ــ ۶را در نظر بگیرید در این شکل دو ستون از چوب سوزنی برگ نشان داده شده است. ابعاد سطح مقطع هر دو ستون ۲۵ سانتی‌متر در ۲۵ سانتی‌متر و طول آن ۱/۵ متر است. ستون سمت چپ که در آن جهت وارد شدن نیرو موازی جهت الیاف است قادر به تحمل نیرویی در حدود ۷۰۰ کیلو نیوتن است. در این مقدار نیرو طول آن (تغییر شکل طولی) فقط به اندازه ۱/۵ میلی‌متر کوتاه می‌شود. ستون سمت راست از روی هم قرار گرفتن قطعات چوب ساخته شده و جهت وارد شدن نیرو عمود بر جهت الیاف است.در این حالت ستون فقط قادر به تحمل نیرویی در حدود ۹۰هزار نیوتن بوده، در این مقدار نیرو کاهش طول آن (تغییر شکل طولی) بالغ بر ۴/۸ میلی‌متر است.



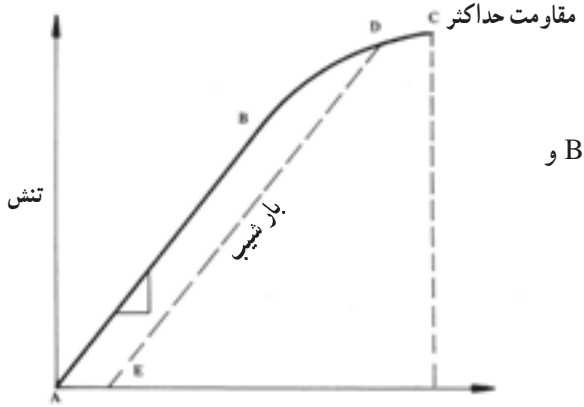
شکل ۸ ــ۶ــ مقایسه مقاومت چوب در جهت موازی و عمود بر الیاف

تمرین

۱ ــ حالت الاستیکی را شرح دهید.

۲ ــ حالت پلاستیکی را شرح دهید.

۳ ــ در شکل ۹ــ۶ مفهوم نقطه‌های B و C را بنویسید.



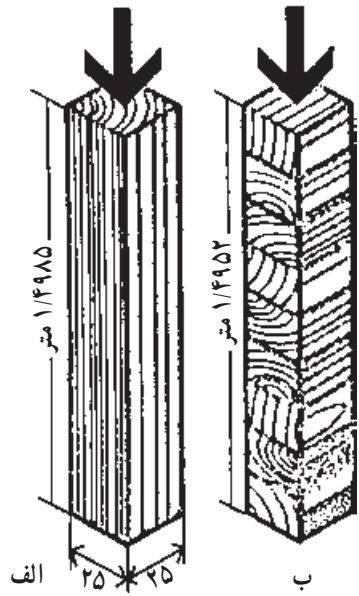
شکل ۹ ــ۶ــ منحنی تنش ــ تغییر طول چوب

۴ ــ بر یک قطعه چوب با ابعاد سطح مقطع $5cm \times 5cm$ نیرویی برابر ۵۰۰۰۰ نیوتن وارد شده است، تنش ایجاد شده در این قطعه چوب چه مقدار است؟

۵ ــ جهت محوری، جهت مماسی و جهت شعاعی را در چوب تعریف کنید.

۶ ــ در شکل ۱۰ــ۶، تحمل نیروی کدام قطعه چوب زیادتر است (الف یا ب)؟ چرا ؟

۷ــ دو قطعه چوب با ابعاد مشخص تهیه نموده و مقاومت خمشی آن‌ها را به صورت مشاهده‌ای در کلاس درس تعیین نمایید.



شکل ۱۰ــ۶ ــ بارگذاری بر روی دو قطعه چوب الف) در جهت الیاف و ب) در جهت عمود بر الیاف