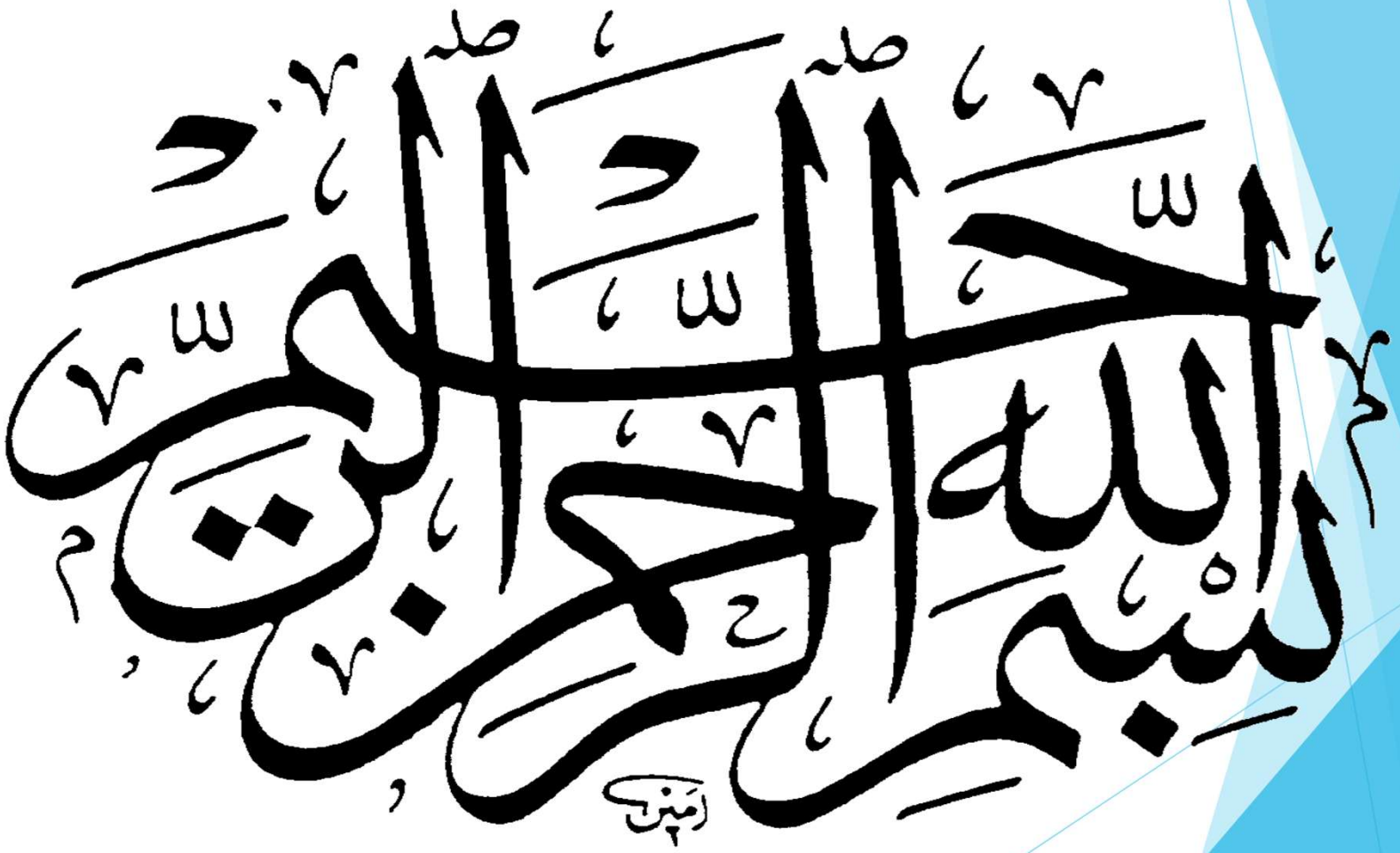

بسم الله الرحمن الرحيم

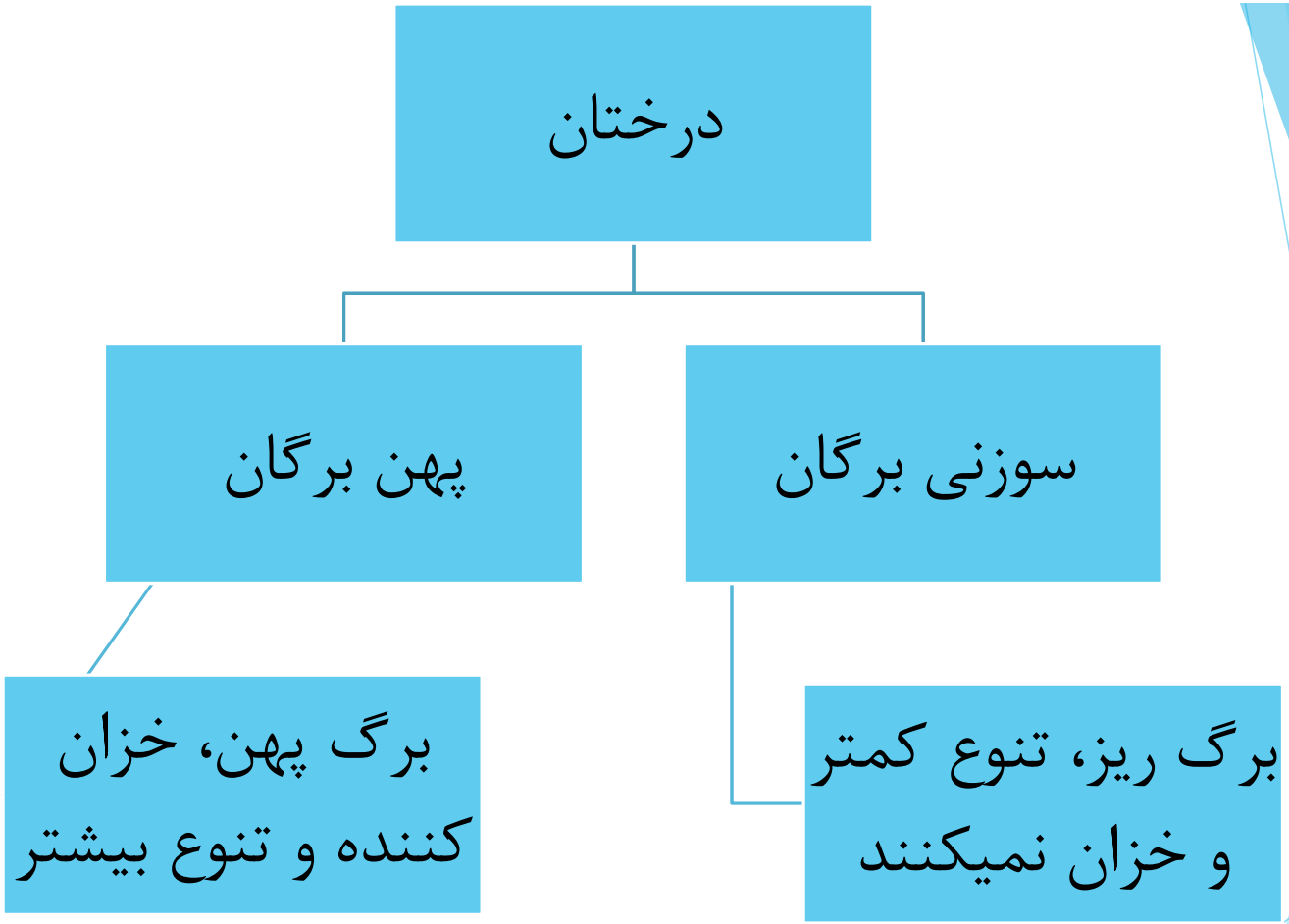
فیزیک و مکانیک چوب

احمد ثمریها

a.samariha@gmail.com

ویژگی، ساختار و خواص فیزیکی چوب

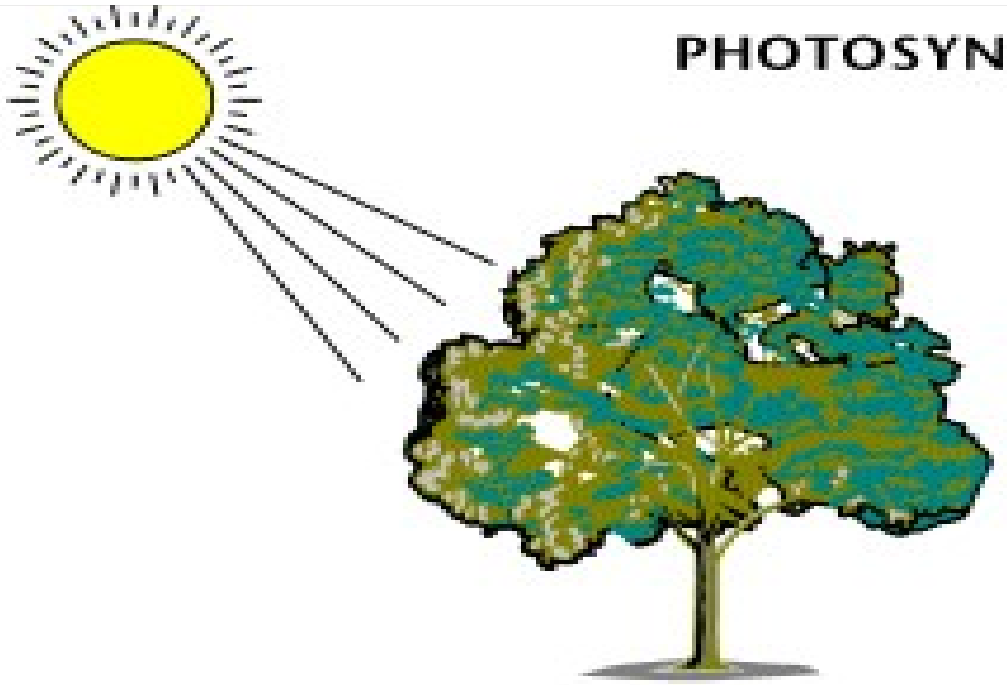
- برخی چوب را یک ماده مهندسی میدانند و تبدیل آن به انرژی کمی نیاز دارد، قابل احیا و محکم است.
- از قرون گذشته بشر از چوب برای ساخت مسکن، پل، شناور و.... استفاده میکرد.
- برخی آنرا ماده مهندسی نمیدانند، زیرا دارای خواص یکنواخت، قابل پیش بینی، پیوسته، ثابت و قابل بازیابی نیست که البته در مورد چوب ماسیو کاملا صحیح است ولی برای فرآورده های مرکب صحت ندارد.
- فناوریهای پیشرفته فرآورده های جدیدی از چوب ایجاد کرده نظیر تخته فیبرها، تخته چندلا، تخته خرده چوب و اوراق دیگر
- این فرآورده های جدید محدودیت اندازه و شکل نداشته و برای اتصالات آن اتصال دهنده های با ظرفیت تحمل بار بیشتر ایجاد شده است.


درختان
سوزنی برگان
پهن برگان
برگ ریز، تنوع کمتر و خزان نمیکنند
برگ پهن، خزان کننده و تنوع بیشتر

تعریف چوب

چوب ماده ایست آلی (سلولز، همی سلولز و لیگنین)،
جامد و
متخلخل فیبری شکل،
دارای ساختمان سلولی سازمان یافته،
ناهمگن و
هرسونایکسان باخاصیت جذب و دفع رطوبت
که حاصل فعالیت گیاهان چوبده است
و از سایر مواد اولیه که همگن و هرسویکسانند
بسیار متفاوت است.

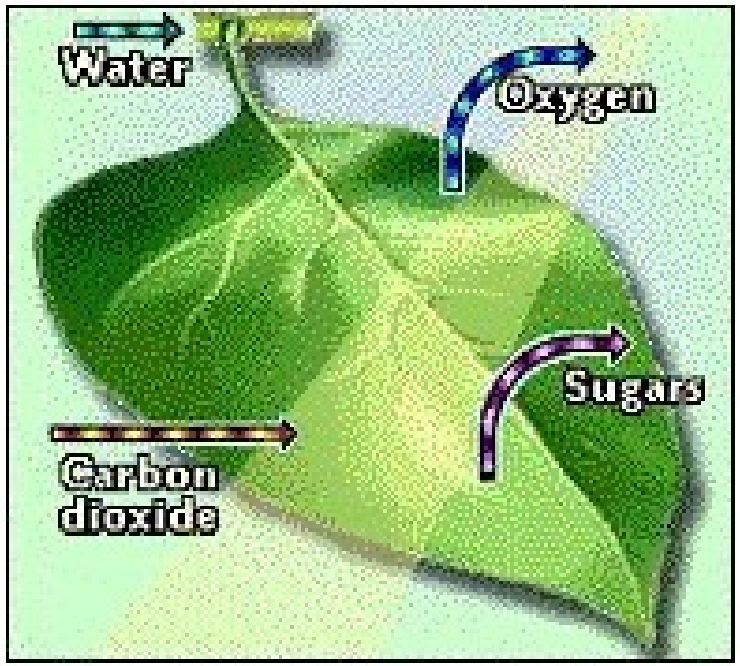
PHOTOSYNTHESIS



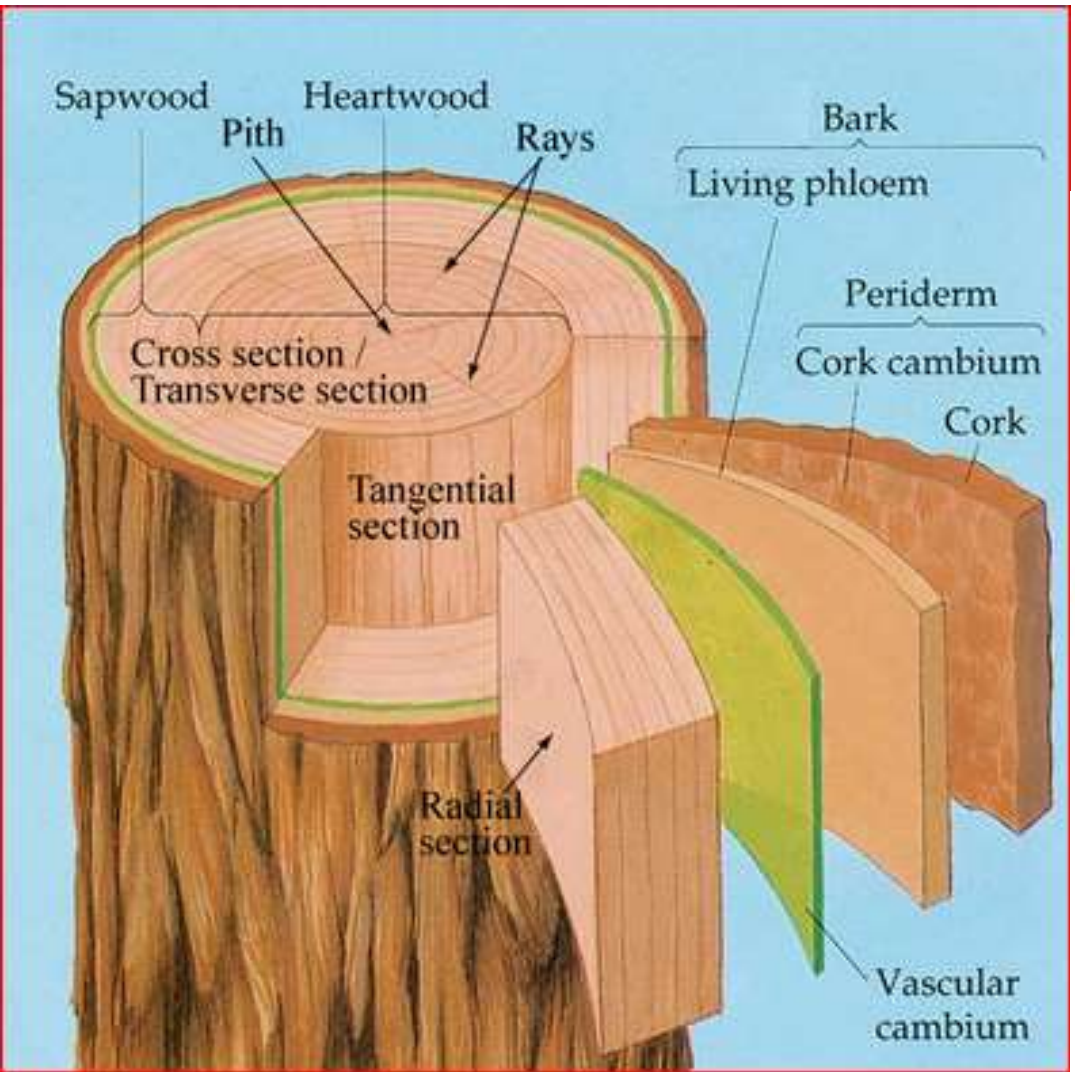
In the process of photosynthesis, plants convert radiant energy from the sun into chemical energy in the form of glucose - or sugar.

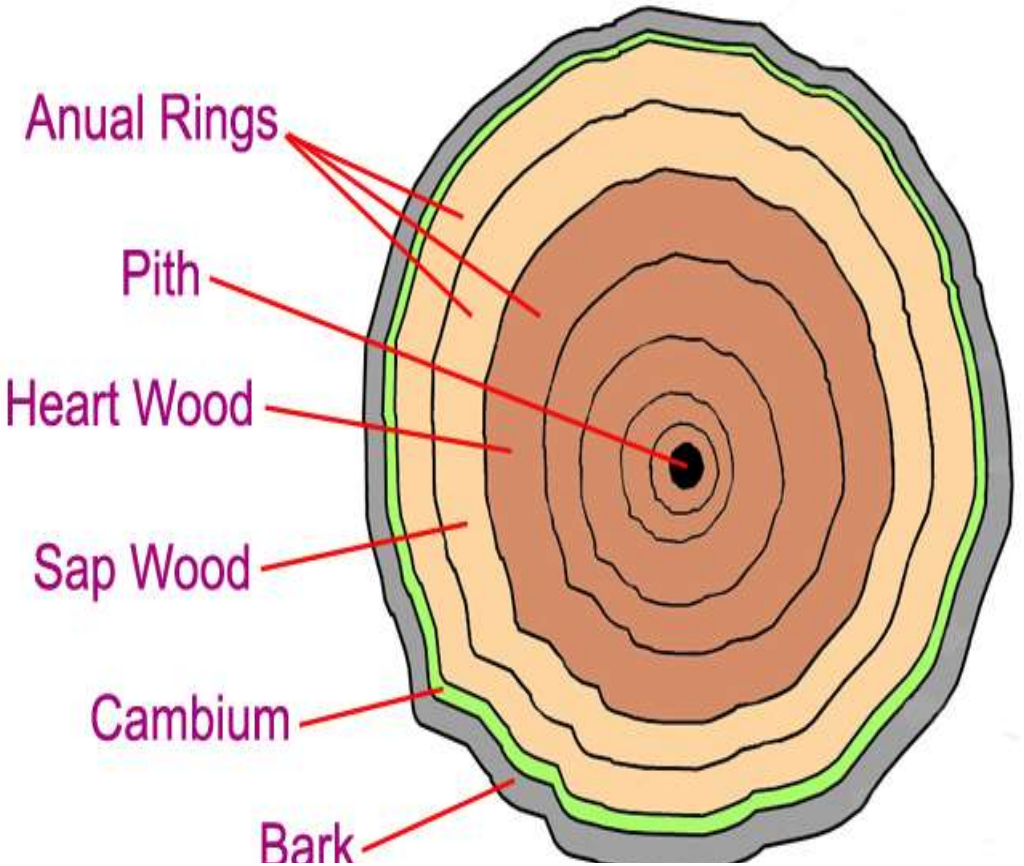
water + carbon dioxide + sunlight → glucose + oxyge

$6\ H_2O + 6\ CO_2 + \text{radiant energy} \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$

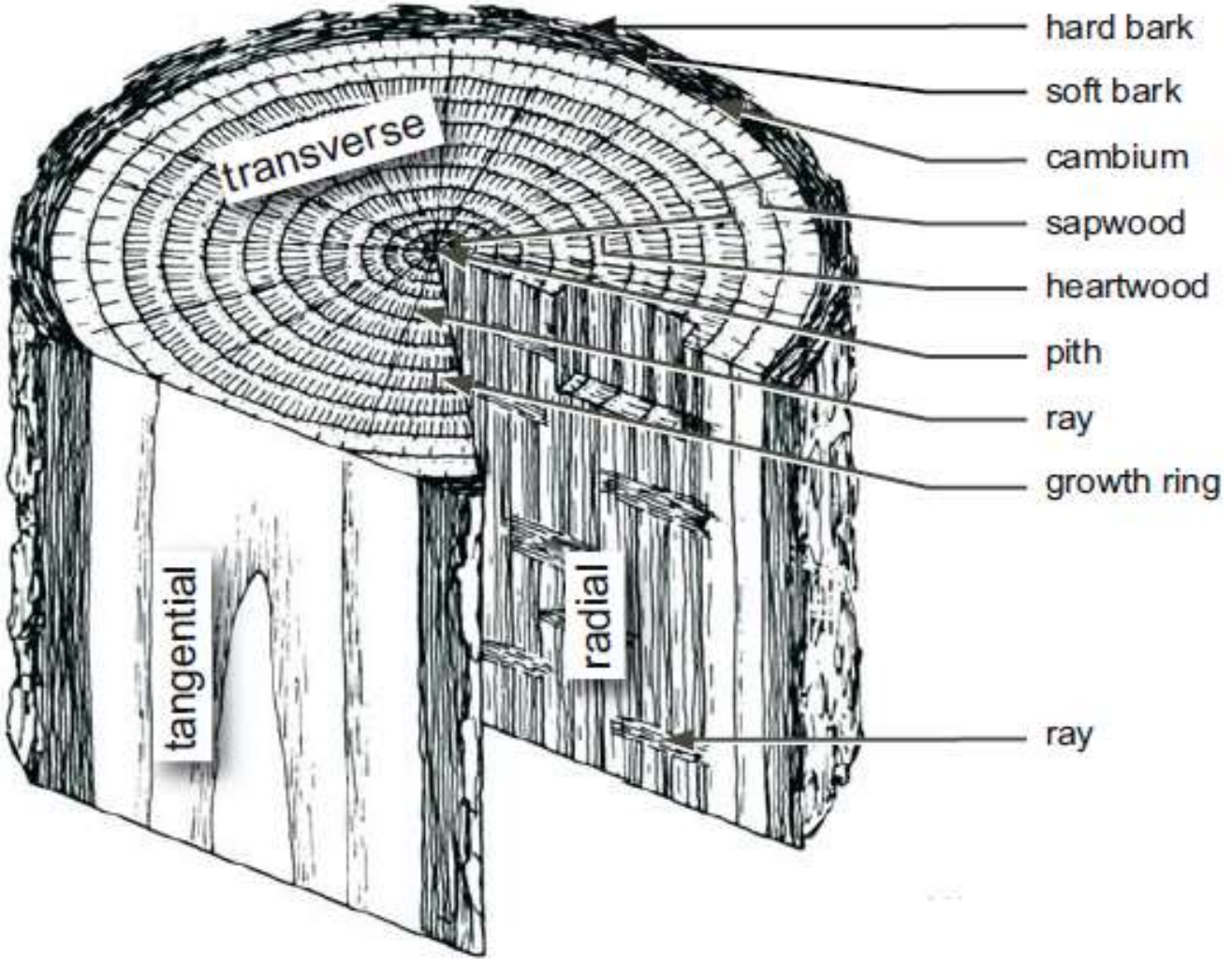


سلولهای تشکیل دهنده ساختمان چوب



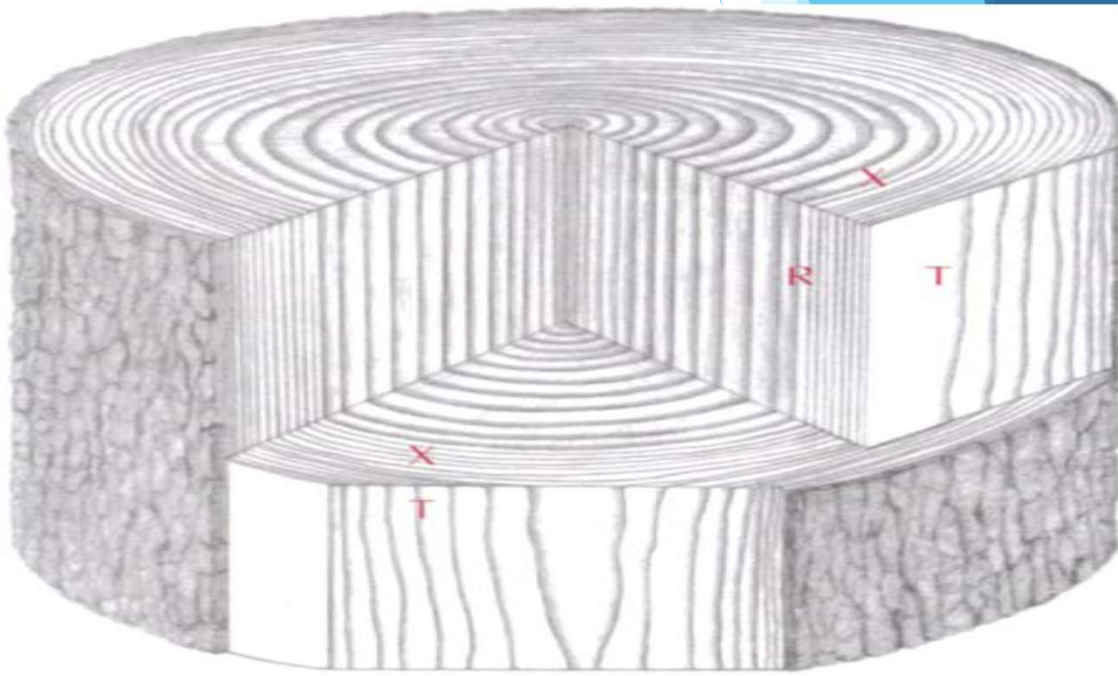


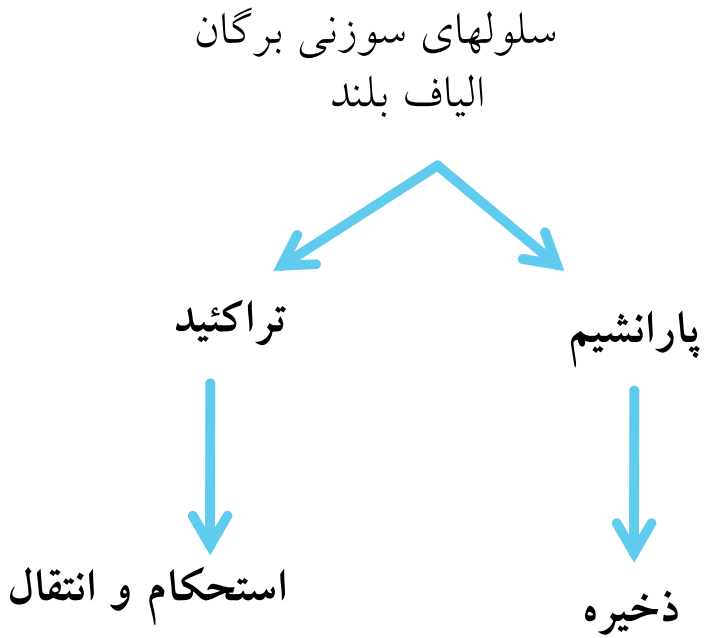
سلولهای تشکیل دهنده ساختمان چوب

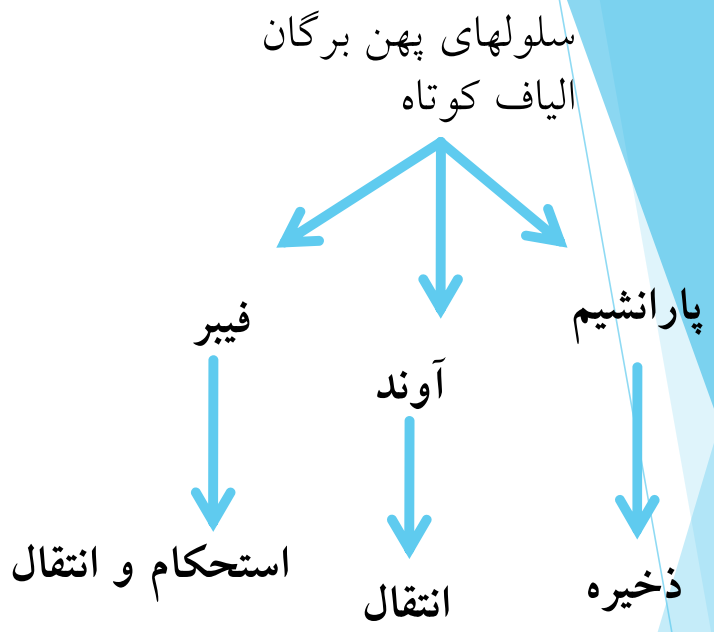


مقاطع چوب در جهت های مختلف

- برش عرضی
- برش مماسی
- برش شعاعی
- عمدتا برشها بینابینی هستند




سلولهای سوزنی برگان
الیاف بلند
تراکئید
پارانشیم
استحکام و انتقال
ذخیره


سلولهای پهن برگان
الیاف کوتاه
فیبر
آوند
پارانشیم
استحکام و انتقال
انتقال
ذخیره

دایره رویش

با مساعد شدن شرایط رشد (رطوبت و حرارت)، کامبیوم فعالیت خود را آغاز می‌کند و با نامساعد شدن این شرایط به فعالیت خود پایان می‌دهد. از آغاز تا پایان فعالیت کامبیوم را یک دوره رویش گیاهی گویند.که این دوره برای گیاهان چوبی مناطق معتدله همان دوره رویش سالیانه است که درطی یکسال تنها یک بار انجام می‌گردد و زمان آن حدوداً از ابتدای بهار تا انتهای تابستان و یا اوایل پاییز می‌باشد. طی این مدت یک نوار گرد سالیانه به نوارهای قبلی یک ساقه چوبی افزوده می‌شود که پهنای این نوار درمقطع عرضی بصورت روشن- تیره دیده می‌شود.

دایره رویش بر حسب گونه و شرایط رویش درخت متغیر است و بر کیفیت چوب اثر دارد

چوب یک درخت معتدله

چوب‌برون و چوب‌درون (Sapwood & heartwood)

بتدریج که از سن درخت می‌گذرد و تعداد لایه‌های چوبی افزایش می‌یابد ابتدا بخش عمده‌ای از عناصر طولی می‌میرند ولی پارانشیم‌ها هنوز زنده هستند و در واقع انتقال شیره گیاهی صورت می‌گیرد و رابطه کامبیوم با پره‌های چوبی این قسمت برقرار است، لذا چوب هنوز زنده محسوب می‌شود ولی همراه با افزایش لایه های جدیدتر و در واقع بیشتر شدن سن درخت آخرین عناصر فعال چوبی (پارانشیم‌ها) دوایر داخلی (از مرکز به سمت پوست) می‌میرند. این قسمت از چوب که بتدریج (هرساله) برقطر آن افزوده می‌گردد فعالیت حیاتی خود را از دست داده و تنها نقش استقامت را در ساقه ایفا می‌کند به چوب‌درون معروف است. دوایر سالیانه‌ای که چوب‌درون را احاطه کرده‌اند و فعالیت فیزیولوژیکی دارند به چوب‌برون معروفند.

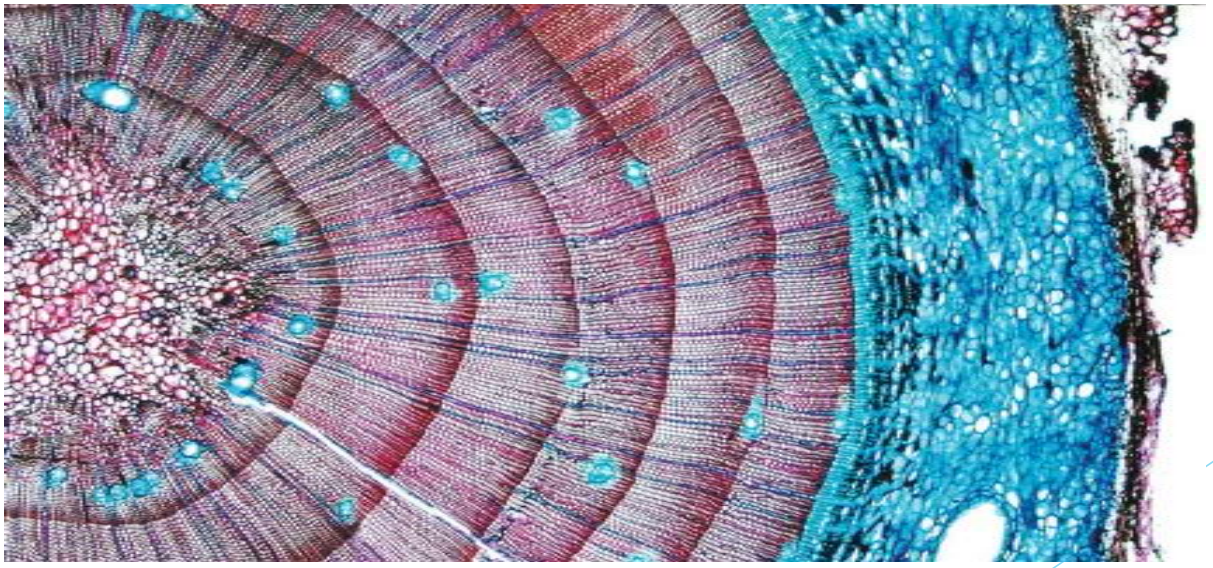
چوب‌درون شدن اغلب با تیره رنگ شدن آن همراه می‌باشد.

اختلاف برون چوب و درون چوب

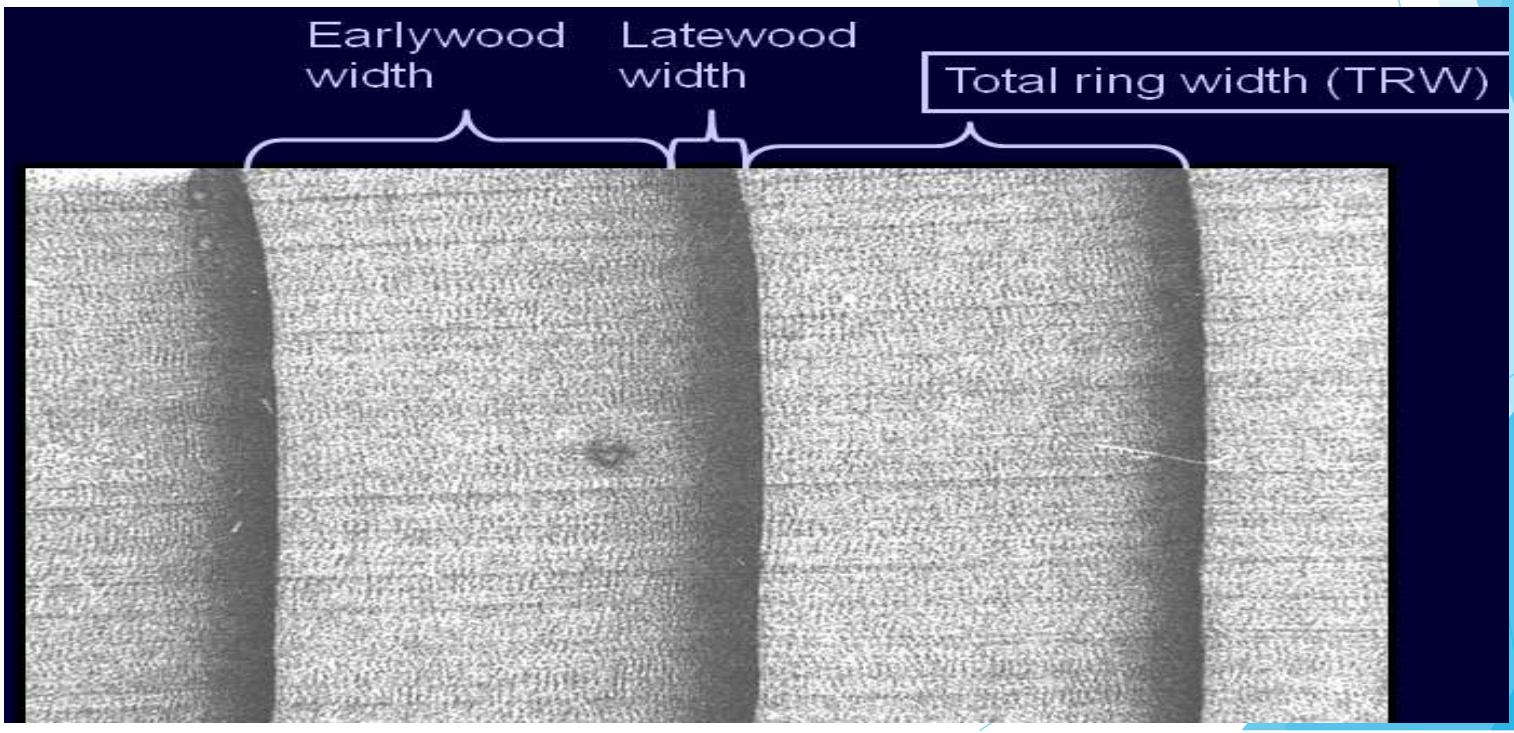
رنگ روشن تر	رنگ تیره تر
چوب نرم تر	چوب سخت تر
رطوبت بیشتر	رطوبت کمتر
وزن مخصوص کمتر	وزن مخصوص بیشتر
مواد استخراجی کمتر	مواد استخراجی بیشتر
نفوذپذیری بیشتر	نفوذ پذیری کمتر
مقاومت کمتر در مقابل حشرات و قارچها	مقاومت بیشتر در مقابل حشرات و قارچها

چوب بهاره و چوب تابستانه (Springwood & Summerwood)

در گیاهان چوبی مناطق معتدله که در طول سال تنها یک دوره رویش دارند یک نوار روشن - تیره به حلقه ها یا نوارهای چوبی سالهای قبل افزوده می‌شود. دراین گیاهان چوب بهاره همان چوب آغاز می‌باشد و چوب تابستانه همان چوب پایان است. تعداد آوندها در چوب بهاره بیشتر است.



مجموع چوب بهاره و تابستانه، یک دوره رویش یا یک لایه رویش را تشکیل میدهند و یک حد رویش جدید به حدود رویشی قبلی اضافه میگردد. در آغاز دوره رویش گیاهی بدلیل تشکیل برگ و شکوفه و ضرورتا انتقال بیشتر آب و مواد، تراکئیدهای چوب بهاره سوزنی برگان و آوندهای چوب بهاره پهن برگان (خصوصا در چوبهای بخش روزنه ای) از قطر (کلی و حفره سلولی) بیشتر برخوردارند.

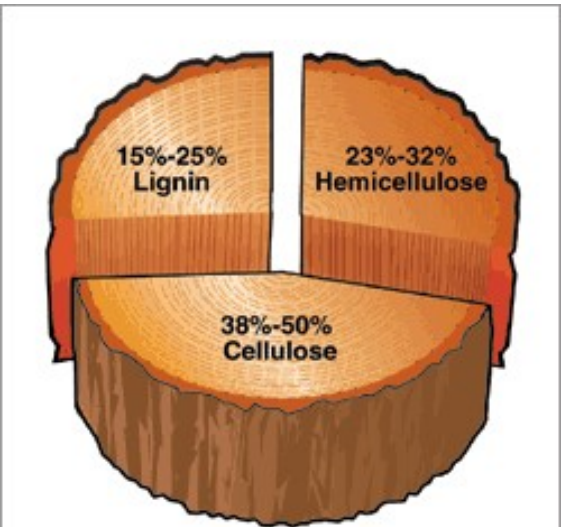


تعریف چوب از لحاظ شیمیایی

چوب جسمی است آلی، شامل ترکیبات پلی ساکاریدی و فنلی که مهمترین ترکیب پلی ساکاریدی آن سلولز بوده و مهمترین ترکیب فنلی آن لیگنین می‌باشد.

- بخش عمده سلولهای چوبی را سلولز (۵۰ درصد) و همی سلولز (۲۵ درصد) و مابقی را لیگنین (۲۵ درصد) تشکیل می دهد
۱- سلولز فراوانترین ماده آلی موجود در طبیعت است و پلی مری خطی از واحدهای گلوکز می باشد.
۲- همی سلولز برخلاف سلولز پلی مری از قندهای مختلف نظیر گلوکز، گزیلوز، آرابینوز و غیره بوده و دارای شاخه های فرعی است.

۳- لیگنین پلی مری سه بعدی از واحدهای فنل پروپان است که درسه جهت به یکدیگر متصل شده اند.



برون مرکزی (Eccentricity)

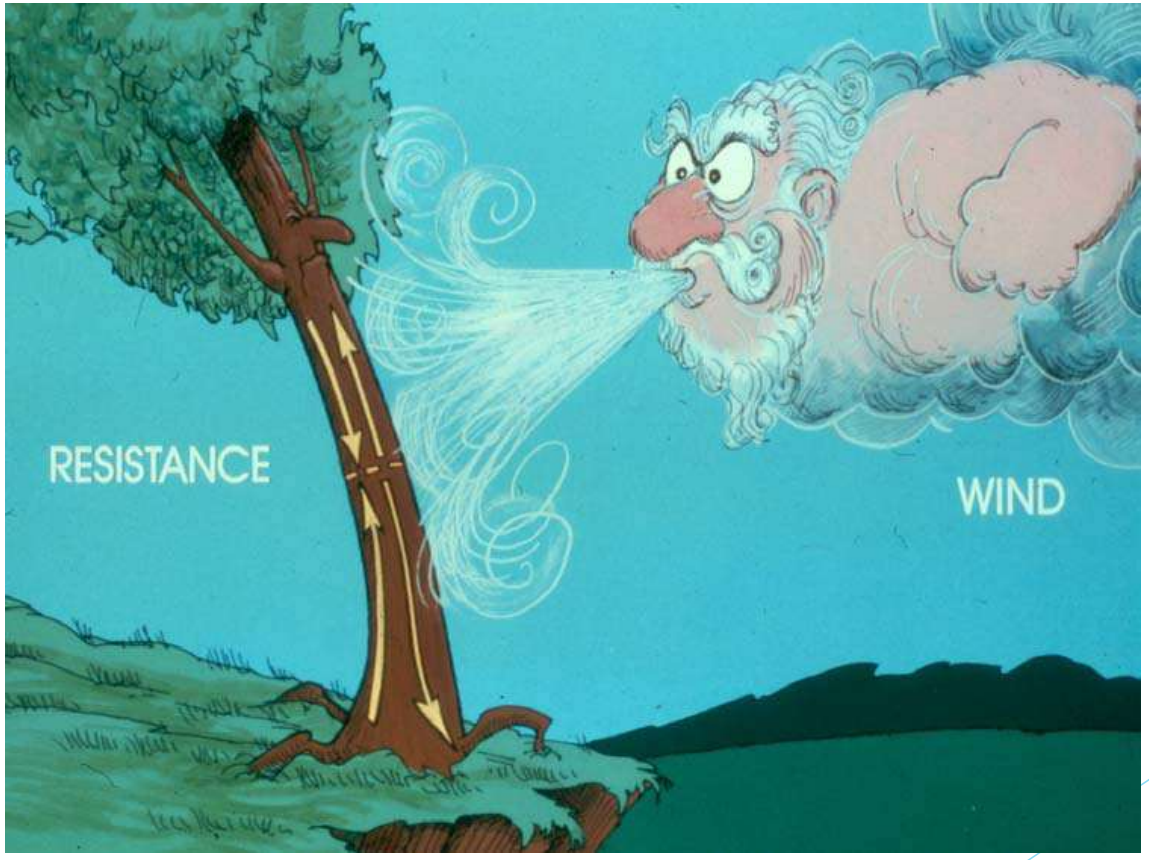
در مقاطع عرضی چوب بعضی از درختان حلقه‌های رویشی سالیانه نامنظم هستند. بدین معنی که پهنای آنها دریک طرف بیشتر از طرف دیگر است و در واقع چوب در یک طرف رشد بیشتری داشته و مغز چوب در مرکز ساقه قرار ندارد. بلکه به یک سمت متمایل شده که این حالت را برون‌مرکزی گویند. جهت وزش باد غالب و شیب رویشگاه از عوامل مهم درایجاد این عیب می‌باشد. برون مرکزی از معایب چوب است و گرده بینه های آن به علت بافت نامتجانس نامرغوب نامیده میشوند.

$$\text{درصد برون مرکزی} = \frac{l}{D}100$$

Reaction wood چوب واکنشی

چوب کششی در پهن برگان: Tension wood

چوب فشاری در سوزنی برگان: Compression wood



خصوصیات چوب فشاری

چوب فشاری در قسمت زیرین تنه درختان خمیده و شاخه های درختان سوزنی برگ تشکیل میشود.

دوایر سالیانه در چوب فشاری عریضتر از دوایر سالیانه چوب نرمال است.

تعیین سن چوبهای فشاری بسیار مشکل است.

رنگ چوب فشاری کمی زرد یا قهوه ای و گاهی قرمز رنگ است و گاهی قرمز کمرنگ

رگه های چوب فشاری معمولا مخلوط با چوب نرمال دیده میشود.

همکشیدگی طولی در چوب فشاری زیاد است به همین دلیل در جریان خشک شدن چوب سبب ترک خوردن میگردد.

در مقطع عرضی چوب فشاری تراکئیدها بصورت دایره دیده میشود. در صورتی که در چوب نرمال کم و بیش به شکل چندضلعی هستند.

حد فاصل بین چوب بهاره و تابستانه بر خلاف چوبهای نرمال که اغلب ناگهانی است کاملا تدریجی است.

در برش عرضی در محل تلاقی ۳ یا ٤ تراکئید یک فضای خالی دیده میشود در حالیکه در چوبهای نرمال فضای خالی وجود ندارد

در لایه میانی غشای ثانویه زاویه بین لاملها زیادتر از چوبهای نرمال است.

تراکئیدهای چوب فشاری از تراکئیدهای چوب نرمال کوتاهتر است.

درصد سلولز چوب فشاری کمتر از چوب نرمال است.

ضخامت چوب بهاره در چوب فشاری بیشتر از چوب نرمال است.

خصوصیات چوب کششی

چوب فشاری در قسمت فوقانی تنه درختان خمیده و شاخه های درختان پهن برگ تشکیل میشود.

در چوب آلات اره شده شکاف ایجاد میکند

همکشیدگی چوب کششی غیر معمولی است و هنگام خشک شدن باعث معوج شدن چوب میشود.

همکشیدگی طولی زیادتر و همکشیدگی عمود بر جهت الیاف کمی کمتر از چوب نرمال است.

مقدار ماده چوبی در چوب کششی بیشتر از چوب نرمال است.

مقدار لیگنین کمتر و درصد سلولز زیادتر از چوب نرمال است.

مقدار گالاکتان در چوب کششی بیشتر از چوب نرمال است.

چوب کششی در هنگام اره شدن در مقطع طولی چوب به شکل کرکدار در می آید و عمل اره کردن بسیار دشوار است.

مقاومت به فشار، مدول الاستیسیته در چوب کششی کمتر از چوب نرمال است

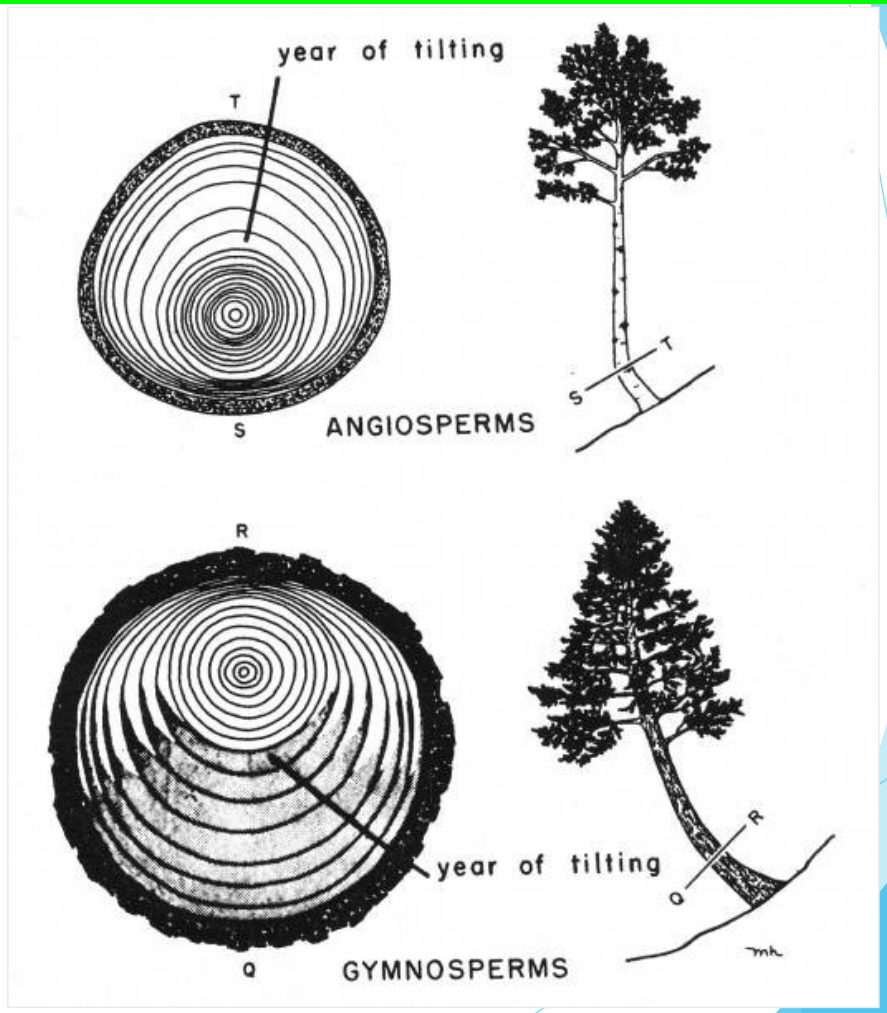
در بعضی گونه ها چوب کششی دارای فیبرهای ژلاتینی است

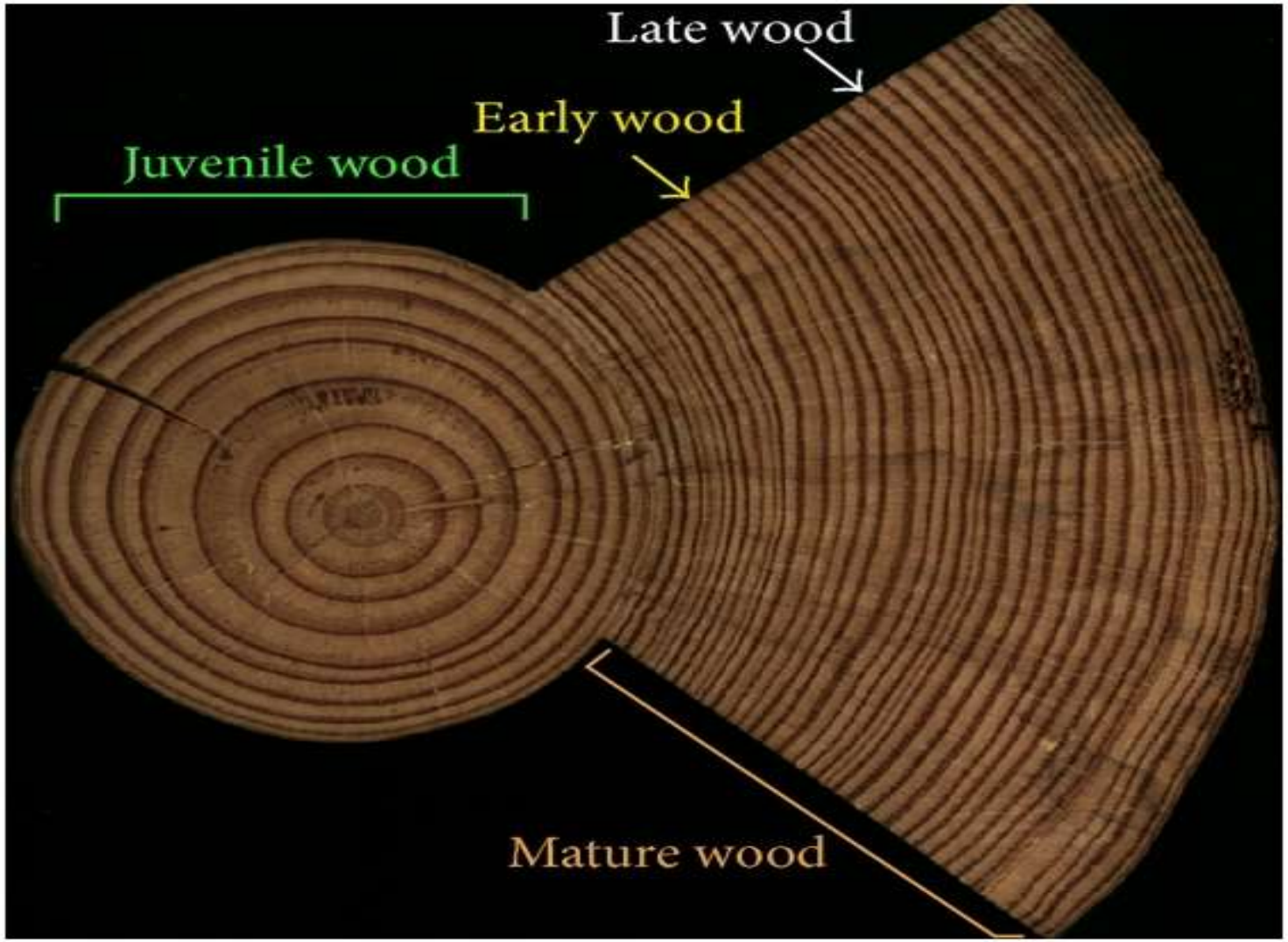
آوندها از نظر تعداد و اندازه کاهش پیدا میکند

در چوب کششی پره های چوبی و پارانشیمها بعضی مواقع قابل تشخیص نیستند

لایه s1 ممکن است در چوب کششی نازکتر از چوب نرمال است

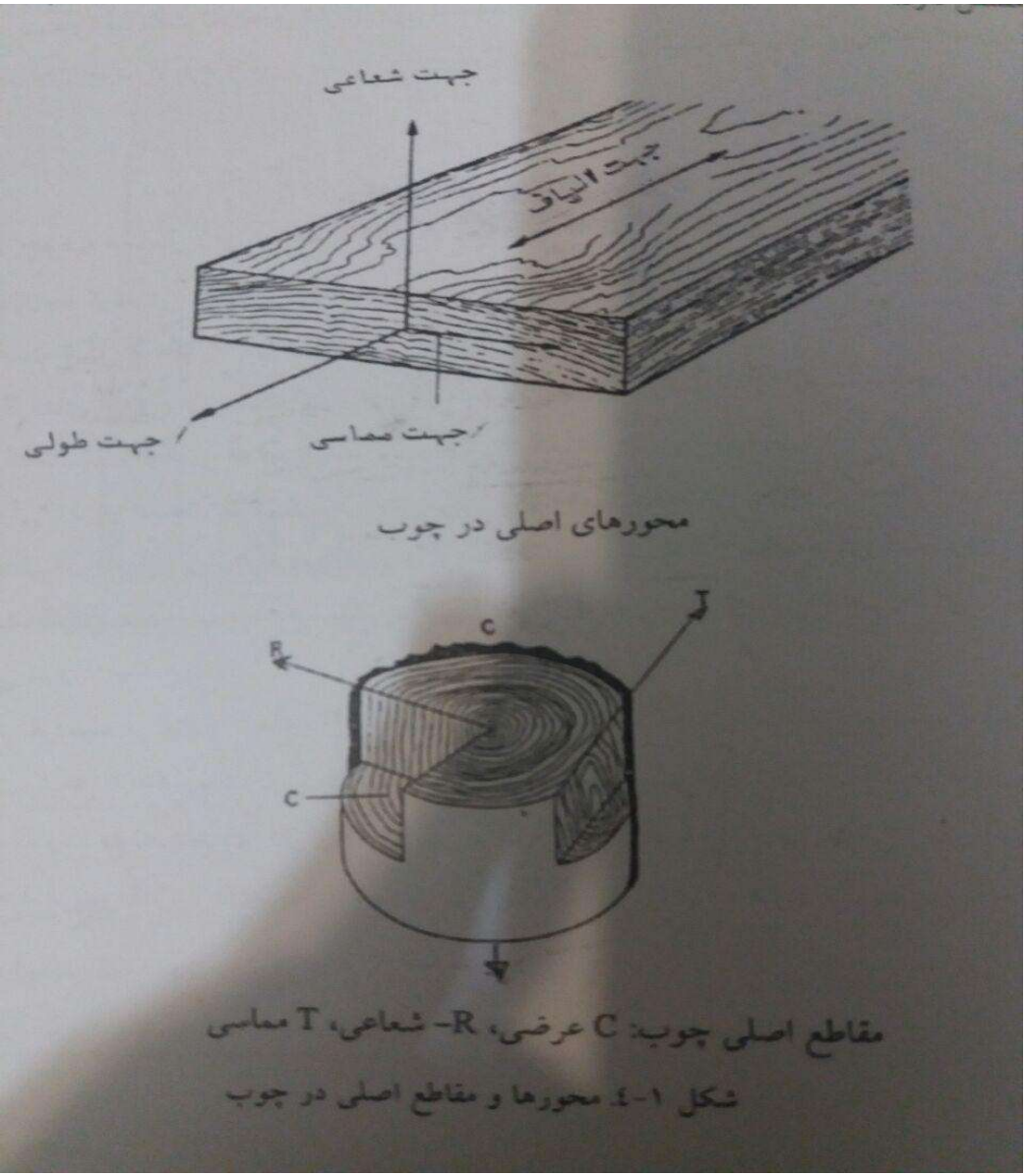
خصوصیات چوب خشاری




Late wood
Early wood
Juvenile wood
Mature wood

خواص راستایی

- در علم مکانیک چنین اجسامی که سه جهت مستقل دارند را ارتوتروپیک گویند

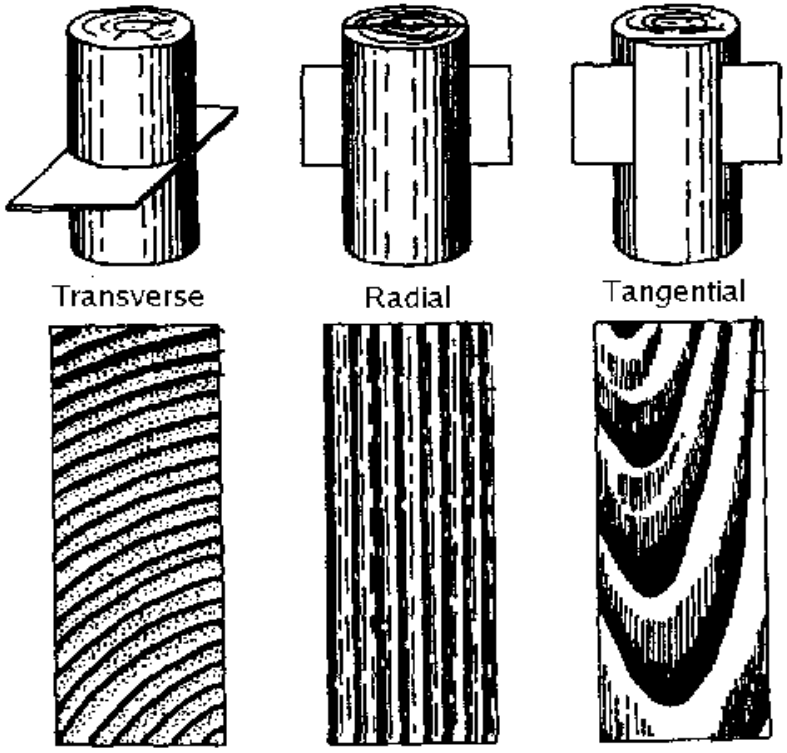


جهت الیاف در چوب از نگاه علم مکانیک

- راست تار
- مارپیچ تاری
- الیاف مجعد
- الیاف پیچیده
- الیاف گره خورده

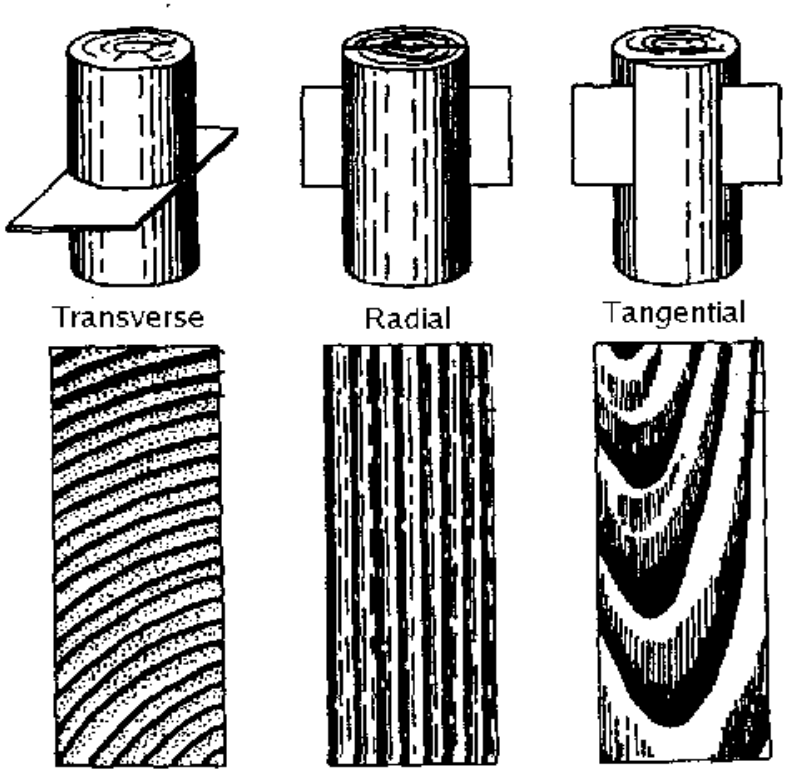
چوب مماسی

- اگر گرده بینه مماس بر دوایر سالیانه برش بخورد تخته حاصل تخته مماسی نام دارد.
- تخته مماسی در هنگام خشک شدن کمتر مساعد چین خوردگی هستند
- واکشیدگی و همکشیدگی در ضخامت آن کم است.
- برش مماسی راحتتر و ارزانتر است
- اگر در یک گرده بینه گردگسیختگی و حفرات رزینی وجود داشته باشد در تخته های کمتری تکرار میشود.
- نقوش سطوح مماسی بازارپسندتر است



چوب شعاعی

- اگر گرده بینه در امتداد شعاع دوایر سالیانه برش بخورد تخته حاصل تخته شعاعی نام دارد.
- عیوب خشک شدن و برخاستن الیاف زیاد نیست
- نفوذپذیری سطح شعاعی کم است
- واکشیدگی و همکشیدگی در پهنا کم است.
- پرداخت سطح شعاعی بهتر است
- نقوش سطوح شعاعی معین است



آب و چوب

- **آب، یکی از اجزای طبیعی کلیه بخشهای زنده درخت محسوب میشود.**
- **وزن آب موجود در چوب تر برابر و یا بیشتر از وزن خشک ماده چوبی است.**
- **چوب ماده ای هیگروسکوپیک است؟**
- **یعنی اگر خشک باشد رطوبت جذب میکند و اگر تر باشد رطوبت دفع میکند.**
- **کلیه خواص فیزیکی، مکانیکی، مقاومت در برابر عوامل مخرب بیولوژیکی و پایداری ابعاد فرآورده های چوبی تحت تاثیر مقدار رطوبت است.**

مکانهای آب در چوب

- **آب در داخل دیواره و حفره سلولی چوب تر یا تازه قطع شده وجود دارد.**
- **مقدار آب موجود در ساختار دیواره سلولی درخت زنده، به ضرورت از فصلی به فصل دیگر ثابت است.**
- **ممکن است آب موجود در حفره سلولی تغییر کند.**
- **آب موجود در حفره سلولی حاوی مواد غذایی محلول میباشد که توسط فرایند فتوسنتز تولید شده که حاوی ترکیبات آلی و معدنی است.**
- **این محلول شیره پرورده یا شیره گیاهی (Sap) نام دارد.**

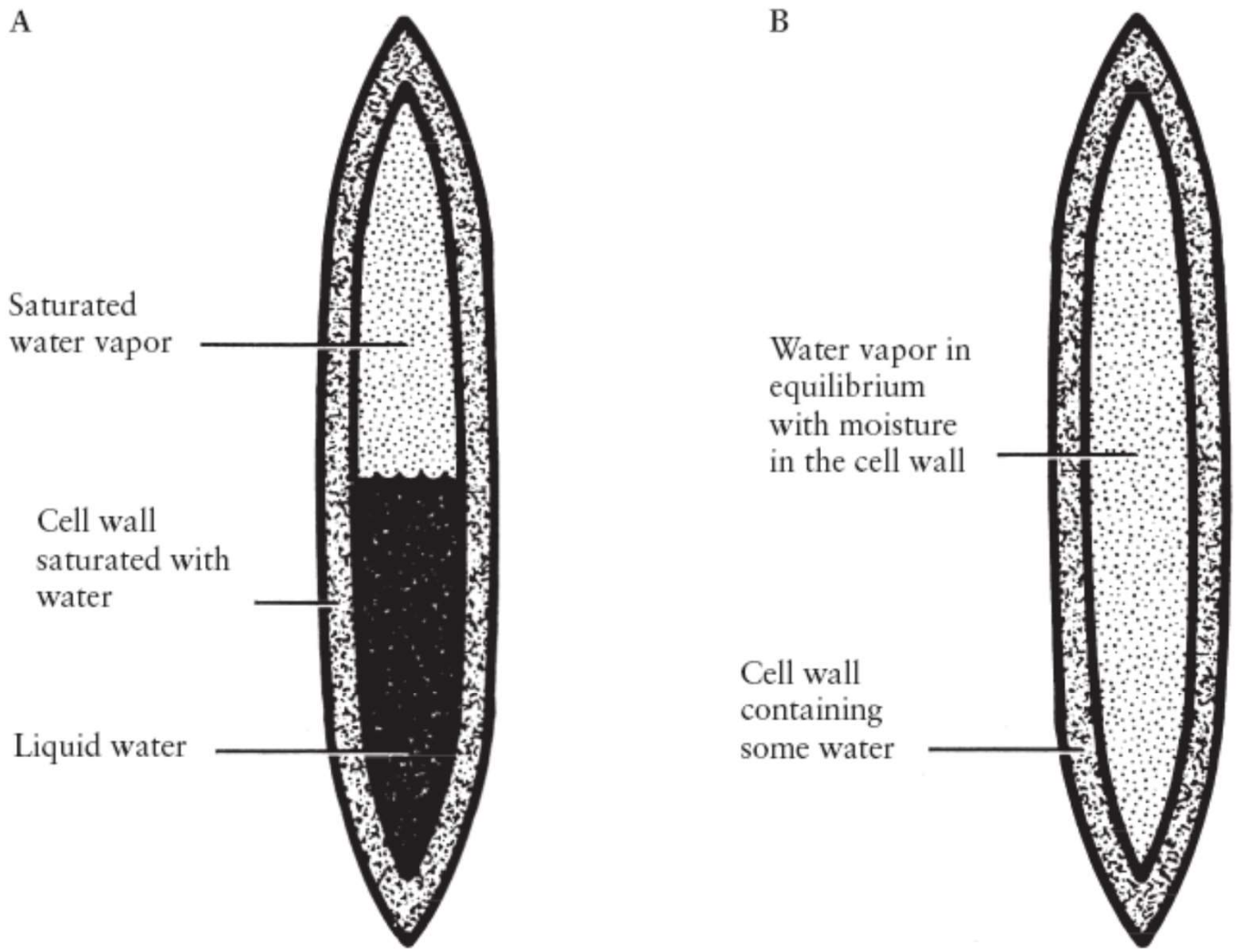
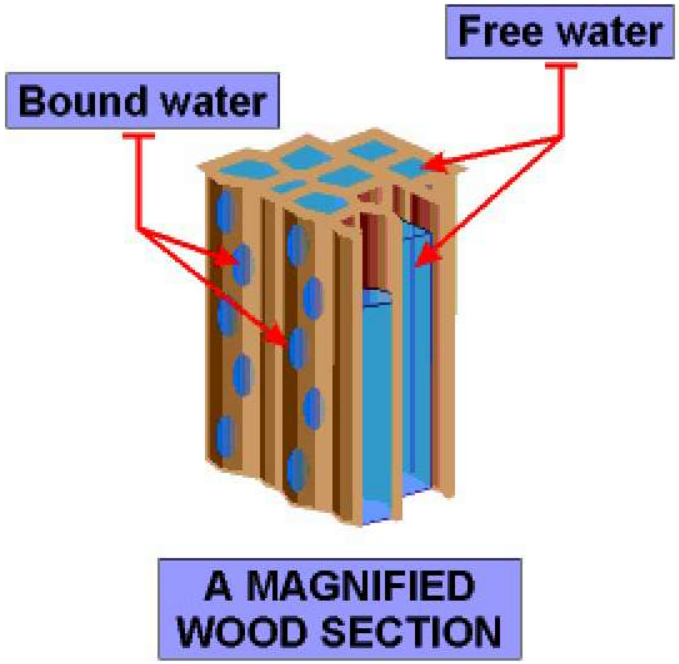


FIGURE 7.1. (A) Water in a cell of green wood; (B) water in a cell of dry wood.

- تا زمانیکه در حفره سلولی آب وجود دارد، دیواره سلولی اشباع از آب است.
- تغییر مقدار آب موجود در حفره سلولی بر کلیه خواص چوب به استثنای وزن بی اثر است.
- بعنوان مثال اگر یک چهارم حفره سلولی مملو از آب باشد، مقاومت سلولی و چوب مشابه حالتی است که نصف حفره سلولی مملو از آب است.
- نقطه ای از رطوبت که کل آب موجود از حفره سلولی خارج شده ولی دیواره های سلولی اشباع از آب است را نقطه اشباع الیاف (FSP) گویند.
- Fiber Saturation Point
- این نقطه یک حد بحرانی است.
- زیرا پایین تر از این نقطه خواص چوب با تغییرات درصد رطوبت تغییر میکند.

ماهیت آب در چوب

- آب مایع موجود در حفره سلولی، آب آزاد (free water) میگویند.
- آب موجود در دیواره سلول چوبی آب آغشتگی (Bound Water) گویند.
- خروج آب آزاد نسبتا راحت است.
- آب آغشتگی به سبب جذب سطحی با ساختار چوب، پیوند قویتری با دیواره های سلولی برقرار میکند.
- در رطوبتهای پایین تر پیوند محکمتر است.



جذب آب توسط ترکیب گالاکتوگلوکومانان

- **در این شکل چهار مولکول آب به شکل تک مولکولی با پیوند هیدروژنی جذب چوب شده است.**

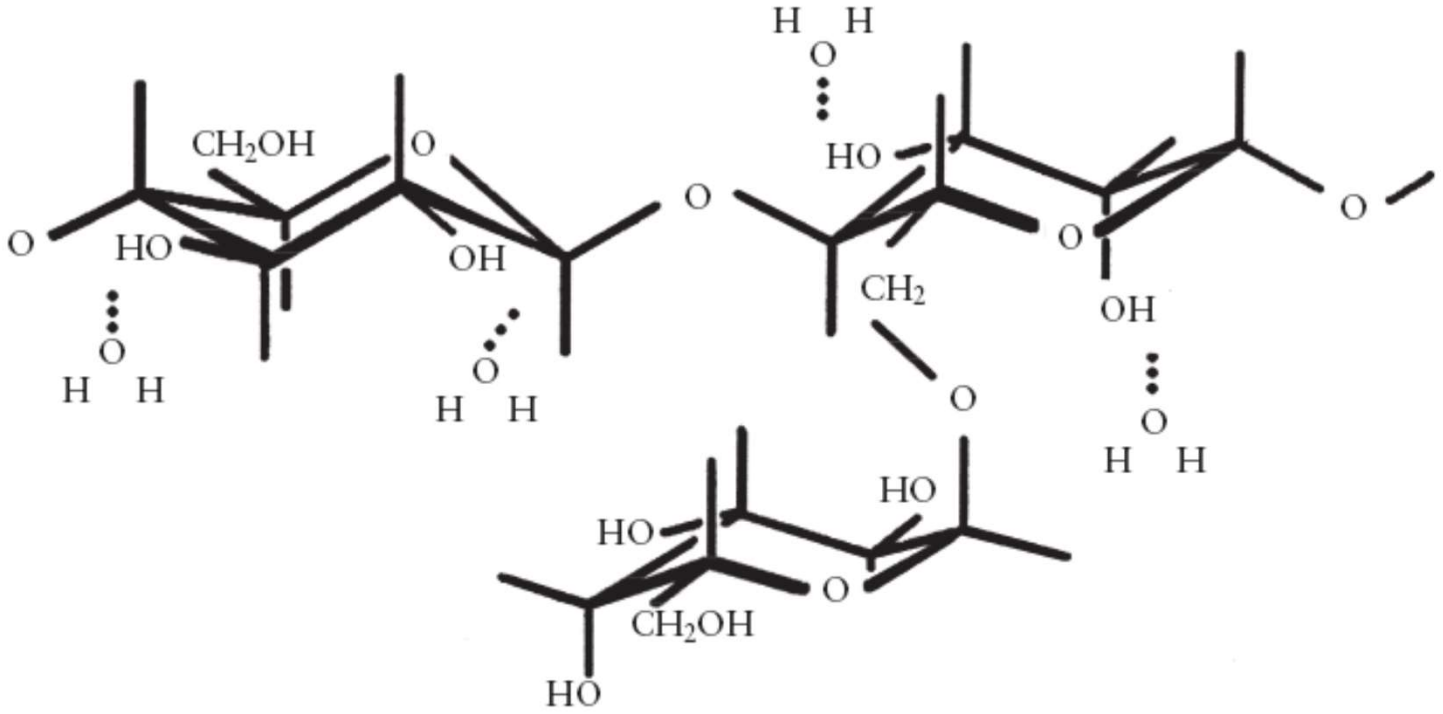


FIGURE 7.2. Attraction of water to a fragment of galactoglucomannan hemicellulose.

رابطه بین آب و مولکولهای سلولز

- **در این شکل چهار مولکول آب به شکل تک مولکولی با پیوند هیدروژنی جذب چوب شده است.**

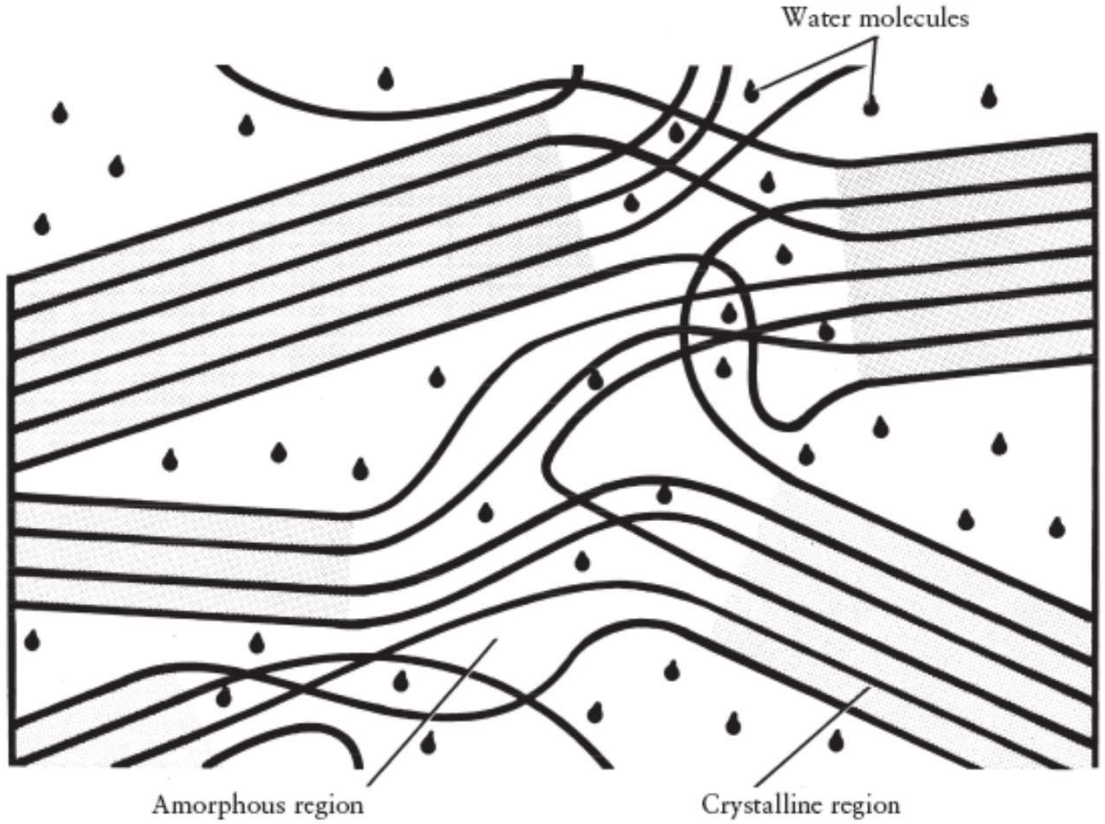


FIGURE 7.3. Relationship of water to cellulose molecules.

رطوبت

- **میزان رطوبت چوب بر حسب وزن آب موجود در چوب که بصورت وزن خشک آن تعریف میشود.**
- **میزان آب و بخار آبی که بصورت آزاد در حفره سلول و یا جذب شده توسط غشای سلولها و اجزای تشکیل دهنده چوب وجود دارد.**
- **به مقدار آب موجود در چوب یا فراورده های چوبی، رطوبت چوب گفته میشود.**
- **در درختان سرپا میزان رطوبت از ۳۰ تا بیش از ۲۰۰ درصد وزن ماده خشک است.**

رطوبت

- **وزن، همکشیدگی، مقاومت و سایر خواص چوب با میزان رطوبت آن مرتبط است.**
- **آب موجود در بافتهای چوب در بالاتر از نقطه اشباع الیاف تاثیری بر مقاومتها و خواص الاستیک آن ندارد.**
- **در سوزنی برگان میزان رطوبت برون چوب معمولا بیشتر از میزان رطوبت درون چوب است.**
- **در پهن برگان میزان رطوبت برون چوب و درون چوب به نوع گونه چوبی بستگی دارد.**

محاسبه رطوبت چوب

- **معتبرترین روش دستورالعمل ASTM, D 2016**

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

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

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

M.C. = مقدار رطوبت چوب (برحسب درصد)

W_m = وزن تر چوب

W_{OD} = وزن چوب کاملاً خشک

- **باتوجه به اینکه در مخرج کسر، وزن خشک چوب قرار گرفته نه وزن کل چوب، بنابراین درصد رطوبت محاسبه شده با این روش، میتواند بیش از ۱۰۰ درصد باشد.**
- **برای الوار، تخته لایه، تخته خرده چوب و فرآورده های تخته فیبر محاسبه بر اساس وزن خشک است.**

محاسبه رطوبت چوب

- **در صنایع خمیر و کاغذ و کاغذ محاسبه بر اساس وزن کل چوب (وزن تر) است.**

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

مثال

- یک نمونه چوب تر سکویا که دارای وزن کل ۹۷۰ گرم میباشد، بعد از خشک شدن در کوره وزن آن به ۳۹۰ گرم میرسد، رطوبت نمونه چوبی در حالتی که ۹۷۰ گرم باشد را محاسبه کنید.
- MC=((970-390)/390)*100=149%

- اگر یک نمونه چوبی مشابه با نمونه قبلی را به طور جزیی خشک کنیم تا اینکه وزن آن به ۵۴۰ گرم برسد، درصد رطوبت آن بعد از خشک شدن جزیی چه مقدار است.
- MC=((540-390)/390)*100=38%

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

مثال

- **وزن یک قطعه چوب تازه قطع شده از گونه راش ۴۰۰ گرم بوده است. این قطعه چوب در کوره چوب خشک کنی خشک شد و وزن آن به ۲۵۰ گرم تنزل پیدا کرده است. درصد رطوبت این قطعه چوب قبل از خشک شدن چه قدر بوده است؟**

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

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

محاسبه رطوبت چوب

- **فرض کنید وزن تر یک قطعه چوب ۳۰۰ گرم و وزن خشک آن ۱۰۰ گرم است. درصد رطوبت نسبت به وزن خشک و تر را محاسبه نمایید.**

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

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

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

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

تعیین وزن خشک

- **OD Weight=Green Weight/(1+(Percent MC/100)**

مثال

- **یک بار چوب خمیرکاغذسازی ۱۵ تن وزن دارد. پس از نمونه برداری از مقطع عرضی چند گرده بینه، مقدار رطوبت آن از طریق روش خشک شدن در کوره ۹۰ درصد تعیین شد. وزن خشک محموله چوب را محاسبه کنید.**

$$\text{OD weight} = 15 \text{ tons}/(1 + 0.90) = 7.89 \text{ tons}$$

مثال

- **۱۲ متر مکعب الوار با رطوبت ۱۹ درصد صادر شده است. وزن خشک یک متر مکعب از این گونه ها ۶۸۰ کیلوگرم بر متر مکعب تعیین شده است. وزن کل محموله را محاسبه کنید.**

$$\text{Green weight} = \text{OD weight} \times [1 + (\text{percent MC}/100)]$$

$$\text{Green weight} = (680\ \text{kg m}^{-3} \times 12\ \text{m}^3)(1 + 0.19) = 9710\ \text{kg}$$

رطوبت

- **حالتی را بررسی کنید که یک واگن حاوی ۱۶۵ متر مکعب الوار دارای وزن تر ۷۳۰ کیلوگرم بر متر مکعب بار کشتی شده است. هزینه حمل و نقل بار کشتی به ازای هر کیلوگرم ۱۰۰۰ تومان است. متوسط رطوبت الوار در حالت تر، ۶۰ درصد برآورد شده است. اگر درصد رطوبت الوار خشک شده قبل از بارگیری، ۱۵ درصد باشد، چه مقدار در هزینه مربوط به حمل و نقل کشتی صرفه جویی خواهد شد؟**
- **OD weight per m^3=730 kg m^{-3}/1.6=456 kg**
- **Weight at 15% MC per m^3=456 kg *1.15=524 kg**
- **Weight saving per m^3=730 kg - 524 kg=206 kg**
- **Total weight savings= 165 m^3 * 206 kg m^{-3} = 33990 kg**
- **Saving in shipping cost = 33990 kg * 1000 T= 33990000 T**

روشهای اندازه گیری رطوبت چوب در آزمایشگاه

- **الف: روش خشک کردن در اتو**
- **ب: روش تقطیر**
- **ج: روش الکتریکی**

روش خشک کردن در اتو

- نمونه ای با ابعاد ۲۰*۲۰*۲۵ میلیمتر با فاصله حداقل ۳۰ سانتیمتری از انتهای نمونه اصلی تهیه میشود.
- بلافاصله وزن تر با ترازوی دیجیتال اندازه گیری میشود.
- نمونه در اتو با دمای ۱۰۳ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت (رسیدن به وزن ثابت) قرار داده میشود.
- پس از خشک شدن نمونه (رسیدن به وزن ثابت) وزن خشک محاسبه میگردد.
- با در دست داشتن وزن تر و وزن خشک با استفاده از فرمول اندازه گیری رطوبت رطوبت چوب محاسبه میگردد.

معایب روش خشک کردن در اتو

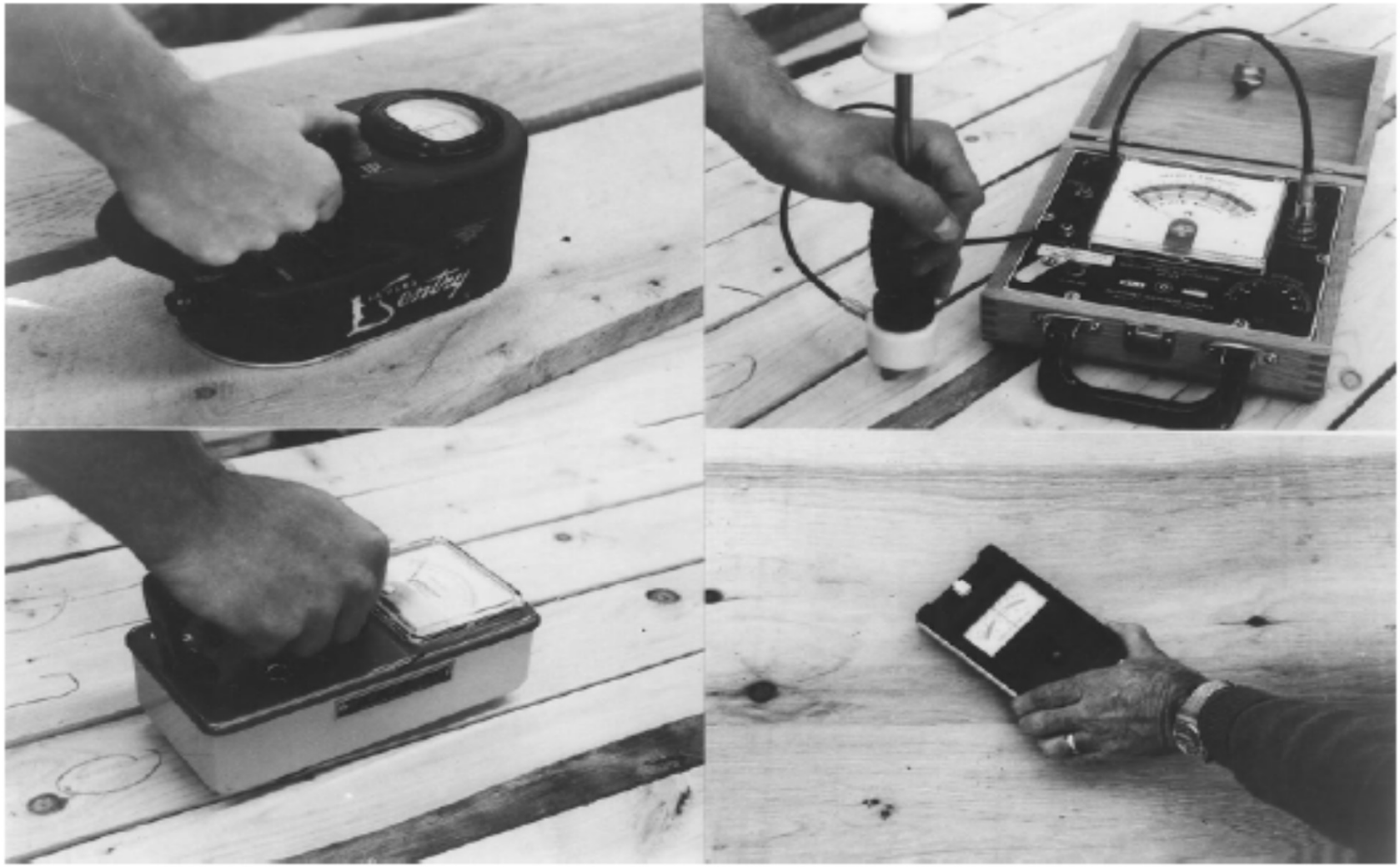
- این آزمون تخریبی است.
- زمان بر است
- گونه هایی که دارای ترکیبات فرار هستند درصد خطا بالاست.

روش تقطیر

- برخی گونه ها حاوی مقداری رزین هستند.
- در دمای بسیار پایین تبخیر میشوند.
- ابتدا نمونه ها مطابق روش قبلی آماده میشود.
- سپس در محلول تولوئن جوشانده و بخار آب به دست آمده را در دستگاه تقطیر جمع آوری و آنرا وزن میکنند.
- وزن خشک چوب را نیز تعیین میکنند.
- با در دست داشتن وزن آب و وزن چوب خشک و با استفاده از فرمول تعیین رطوبت رطوبت نمونه آزمونی را محاسبه میکنند.

روش الکتریکی

- در این روش از خاصیت مقاومت چوب در مقابل جریان الکتریسیته استفاده میشود.
- نیاز به تهیه نمونه نیست و مستقیما رطوبت چوب اندازه گیری میشود.
- این نوع اندازه گیری بسیار سریع است و تا حدود ۷ تا ۲۵ درصد دقت دارد.
- اندازه گیری در چند نقطه انجام میشود و بعد میانگین گیری میشود.
- در این روش باید گونه مورد نظر، دمای چوب، جهت برش نمونه و ضخامت نمونه مورد توجه قرار گیرد.



رطوبت

- **رطوبت چوبهایی که در قسمت بیرون ساختمان کار گذاشته میشود بین ۱۰ تا ۱۲ درصد متغییر است.**
- **رطوبت چوب در مبلمان و قسمتهای درونی ساختمان حدود ۶ تا ۷ درصد است.**
- **رطوبت چوبهای اسکله و بدنه کشتی ممکن است تا ۱۰۰ درصد هم برسد.**

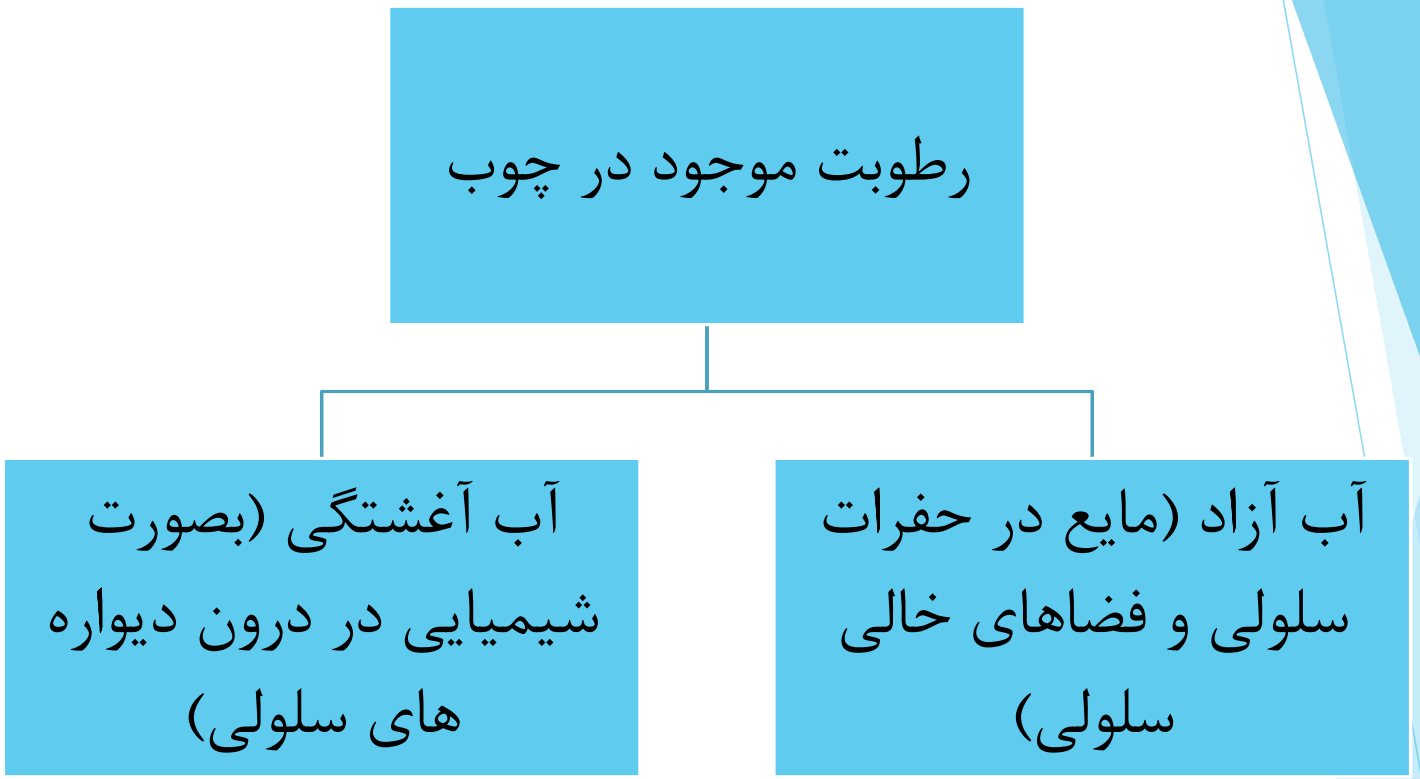
جدول ۳-۲ – تأثیر شرایط محیطی مانند دما و رطوبت نسبی هوا بر میزان درصد رطوبت چوب

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

Table 3–3. Average moisture content of green wood, by species

Species	Moisture content[a] (%)	
	Heartwood	Sapwood
Hardwoods		
Alder, red	—	97
Apple	81	74
Ash, black	95	—
Ash, green	—	58
Ash, white	46	44
Aspen	95	113
Basswood, American	81	133
Beech, American	55	72
Birch, paper	89	72
Birch, sweet	75	70

Species	Moisture content[a] (%)	
	Heartwood	Sapwood
Softwoods		
Baldcypress	121	171
Cedar, eastern red	33	—
Cedar, incense	40	213
Cedar, Port-Orford	50	98
Cedar, western red	58	249
Cedar, yellow	32	166
Douglas-fir, coast type	37	115
Fir, balsam	88	173
Fir, grand	91	136
Fir, noble	34	115


رطوبت موجود در چوب
آب آزاد (مایع در حفرات سلولی و فضاهای خالی سلولی)
آب آغشتگی (بصورت شیمیایی در درون دیواره های سلولی)

رطوبت

- **زمانیکه حفره های سلولی چوب خالی از آب باشد و فقط آب در دیواره سلولها وجود داشته باشد به مقدار رطوبت چوب در این حد رطوبت نقطه اشباع الیاف گویند که بر حسب گونه چوبی از ۲۵ تا ۳۲ درصد متغیر است.**
- **چوب سبز: چوبی که رطوبت آن در حدود نقطه اشباع الیاف باشد را اصلاحات چوب تر یا سبز گویند.**
- **خشک شدن چوب به منزله کاهش رطوبت چوب است که به صورت تدریجی از سطح به طرف داخل چوب میباشد، در واقع در جهت ضخامت چوب تغییرات رطوبت (گرادیان رطوبتی) وجود دارد.**
- **طی زمان خشک کردن چوب، بخشهای بیرونی یک تخته میتواند رطوبت کمتری از اشباع الیاف داشته باشد، در حالیکه بخشهای درونی آن کماکان رطوبتی بیشتر از نقطه اشباع الیاف دارند.**

رطوبت

- **در برخی از سلولهای چوبی این امکان وجود دارد که حفراتشان خالی و دیواره هایشان تاحدودی خشک شود، در حالیکه در بخش دیگری از همان قطعه چوب ممکن است که دیوارهای سلولی اشباع از آب و حفرات سلولی نیز کاملا مملو از آب باشد.**
- **حتی ممکن است قبل از اینکه آب حفرات سلولی بطور کامل شروع به خشک شدن کند دیواره خشک شود.**
- **نقطه اشباع الیاف به عنوان میزان رطوبتی است که در کمتر از آن میزان ویژگیهای فیزیکی و مکانیکی چوب بر اثر میزان رطوبت شروع به تغییر میکند.**

- جرم ویژه شاخصی در تعیین حداکثر رطوبت است.
- باکاهش حجم حفره سلولی، جرم ویژه افزایش می یابد. بنابراین رطوبت حداکثر چوب با افزایش جرم ویژه کاهش می یابد.
- زیرا فضای خالی کمتری برای حضور آب آزاد در دسترس خواهد بود.
- رابطه بین رطوبت حداکثر و جرم ویژه بصورت زیر است

$$M_{max}=100(1.54-G_b)/1.54G_b$$

- که در آن
- G_b جرم ویژه (بر اساس جرم خشک و حجم در حالت تر)
- ۱.۵۴ جرم ویژه مواد تشکیل دهنده جدار سلول است.
- بر اساس فرمول فوق حداکثر میزان رطوبت در گونه ای به جرم ویژه ۰/۳، ۲۶۸ درصد و در گونه ای با جرم ویژه ۰/۹، ۴۶ درصد است.
- این مقدار حداکثر رطوبت به ندرت در درخت اتفاق می افتد.

- آب موجود در بافتهای چوب در بالاتر از نقطه اشباع الیاف تاثیری بر مقاومتها و خواص الاستیک آن ندارد.
- در رطوبتهای پایین تر از نقطه اشباع الیاف واکشیدگی یا همکشیدگی اتفاق می افتد که روی خواص فیزیکی و مکانیکی چوب موثر است.

رطوبت تعادل (EMC)

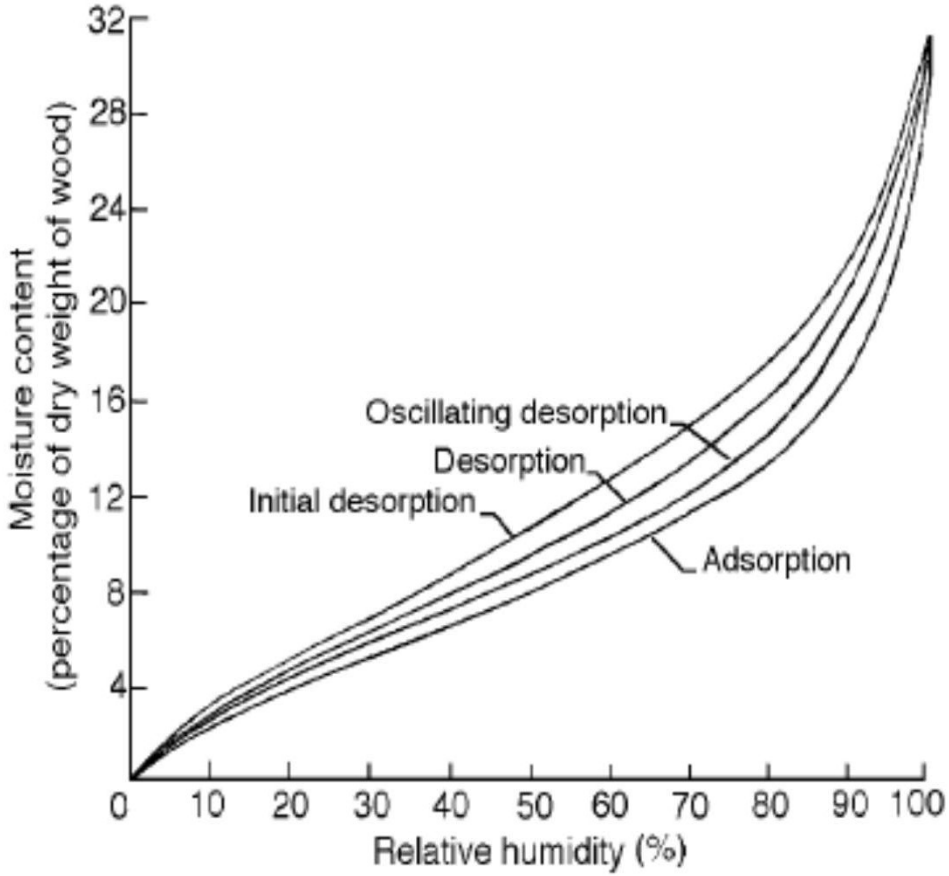
- چوب خاصیت جذب و دفع رطوبت دارد.
- در محیط خشک چوب تر رطوبت از دست میدهد و در محیط مرطوب چوب خشک رطوبت جذب میکند.
- میزان رطوبتی که در آن چوب نه رطوبت جذب میکند و نه از دست میدهد در واقع چوب به شرایط تعادل رسیده است را رطوبت تعادل گویند
- در کمتر از نقطه اشباع الیاف، رطوبت تابع رطوبت نسبی و دمای هوای محیط است.
- هدف از خشک کردن چوب این است که میزان رطوبت آن را به حدی از رطوبت برسانیم که محصول نهایی چوبی، هنگام مصرف به آن رطوبت خواهد رسید

ارتباط بین رطوبت تعادل، رطوبت نسبی و دما

Temperature (F)	Relative Humidity (%)																			
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	98
30	1.4	2.6	3.7	4.6	5.5	6.3	7.1	7.9	8.7	9.5	10.4	11.3	12.4	13.5	14.9	16.5	18.5	21.0	24.3	26.9
40	1.4	2.6	3.7	4.6	5.5	6.3	7.1	7.9	8.7	9.5	10.4	11.3	12.3	13.5	14.9	16.5	18.5	21.0	24.3	26.9
50	1.4	2.6	3.6	4.6	5.5	6.3	7.1	7.9	8.7	9.5	10.3	11.2	12.3	13.4	14.8	16.4	18.4	20.9	24.3	26.9
60	1.3	2.5	3.6	4.6	5.4	6.2	7.0	7.8	8.6	9.4	10.2	11.1	12.1	13.3	14.6	16.2	18.2	20.7	24.1	26.8
70	1.3	2.5	3.5	4.5	5.4	6.2	6.9	7.7	8.5	9.2	10.1	11.0	12.0	13.1	14.4	16.0	17.9	20.5	23.9	26.6
80	1.3	2.4	3.5	4.4	5.3	6.1	6.8	7.6	8.3	9.1	9.9	10.8	11.7	12.9	14.2	15.7	17.7	20.2	23.5	26.3
90	1.2	2.3	3.4	4.3	5.1	5.9	6.7	7.4	8.1	8.9	9.7	10.5	11.7	12.6	13.9	15.4	17.3	19.8	23.3	26.0
100	1.2	2.3	3.3	4.2	5.0	5.8	6.5	7.2	7.9	8.7	9.5	10.3	11.2	12.3	13.6	15.1	17.0	19.5	22.9	25.6
110	1.1	2.2	3.2	4.0	4.9	5.6	6.3	7.0	7.7	8.4	9.2	10.0	11.0	12.0	13.2	14.7	16.6	19.1	22.4	25.2
120	1.1	2.1	3.0	3.9	4.7	5.4	6.1	6.8	7.5	8.2	8.9	9.7	10.6	11.7	12.9	14.4	16.2	18.6	22.0	24.7
130	1.0	2.0	2.9	3.7	4.5	5.2	5.9	6.6	7.2	7.9	8.7	9.4	10.3	11.3	12.5	14.0	15.8	18.2	21.5	24.2
140	0.9	1.9	2.8	3.6	4.3	5.0	5.7	6.3	7.0	7.7	8.4	9.1	10.0	11.0	12.1	13.6	15.3	17.7	21.0	23.7
150	0.9	1.8	2.6	3.4	4.1	4.8	5.5	6.1	6.7	7.4	8.1	8.8	9.7	10.6	11.8	13.1	14.9	17.2	20.4	23.1
160	0.8	1.6	2.4	3.2	3.9	4.6	5.2	5.8	6.4	7.1	7.8	8.5	9.3	10.3	11.4	12.7	14.4	16.7	19.9	22.5
170	0.7	1.6	2.3	3.0	3.7	4.3	4.9	5.6	6.2	6.8	7.4	8.2	9.0	9.9	11.0	12.3	14.0	16.2	19.3	21.9
180	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	4.1	4.7	5.3	5.9	6.5	7.1	7.8	8.6	9.5	10.5	11.8	13.5	15.7	18.7	21.3
190	0.6	1.3	1.9	2.6	3.2	3.8	4.4	5.0	5.5	6.1	6.8	7.5	8.2	9.1	10.1	11.4	13.0	15.1	18.1	20.7
200	0.5	1.1	1.7	2.4	3.0	3.5	4.1	4.6	5.2	5.8	6.4	7.1	7.8	8.7	9.7	10.9	12.5	14.6	17.5	20.0
210	0.5	1.0	1.6	2.1	2.7	3.2	3.8	4.3	4.9	5.4	6.0	6.7	7.4	8.3	9.2	10.4	12.0	14.0	16.9	19.3
220	0.4	0.9	1.4	1.9	2.4	2.9	3.4	3.9	4.5	5.0	5.6	6.3	7.0	7.8	8.8	9.9				
230	0.3	0.8	1.2	1.6	2.1	2.6	3.1	3.6	4.2	4.7	5.3	6.0	6.7							
240	0.3	0.6	0.9	1.3	1.7	2.1	2.6	3.1	3.5	4.1	4.6									
250	0.2	0.4	0.7	1.0	1.3	1.7	2.1	2.5	2.9											
260	0.2	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4													
270	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4														

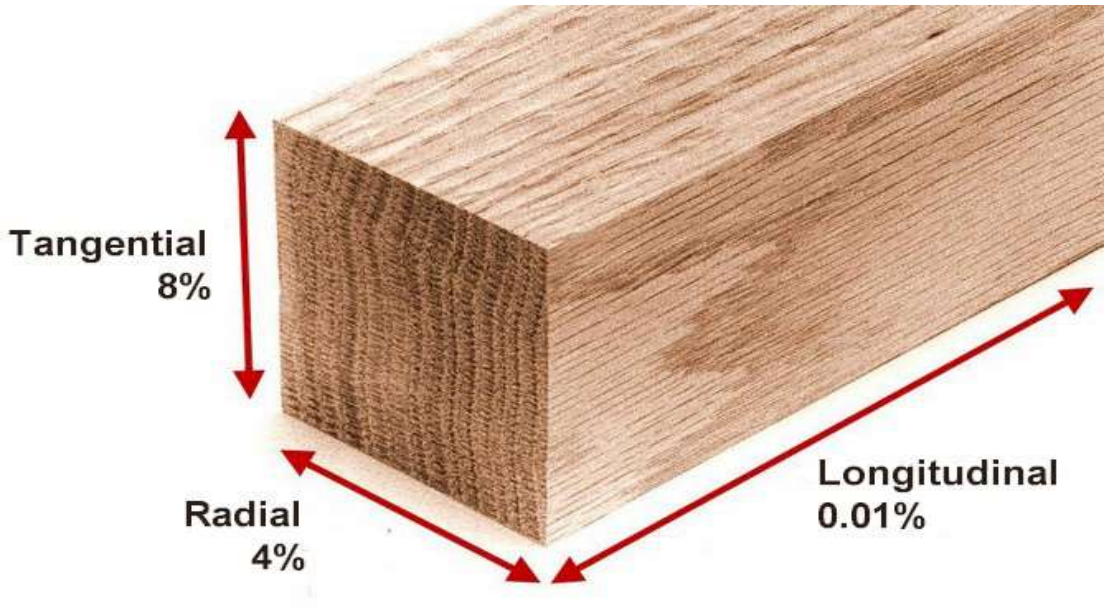
پسماند جذب (پدیده هیسترزیس)

- همواره میزان آبی که چوب در هر رطوبت نسبی جذب میکند تا از حالت خشک به شرایط تعادل رطوبتی برسد، کمتر از میزان آبی است که در همان رطوبت نسبی، چوبی که مرطوب تر است با خشک شدن از دست میدهد تا به تعادل رطوبتی برسد.
- نسبت جذب به دفع مقداری ثابت برابر ۸۵ درصد است.
- عمل جذب و دفع چندین بار تکرار میشود ولی دفع اولیه همواره بیشتر از دفعهای رطوبتی بعدی است.



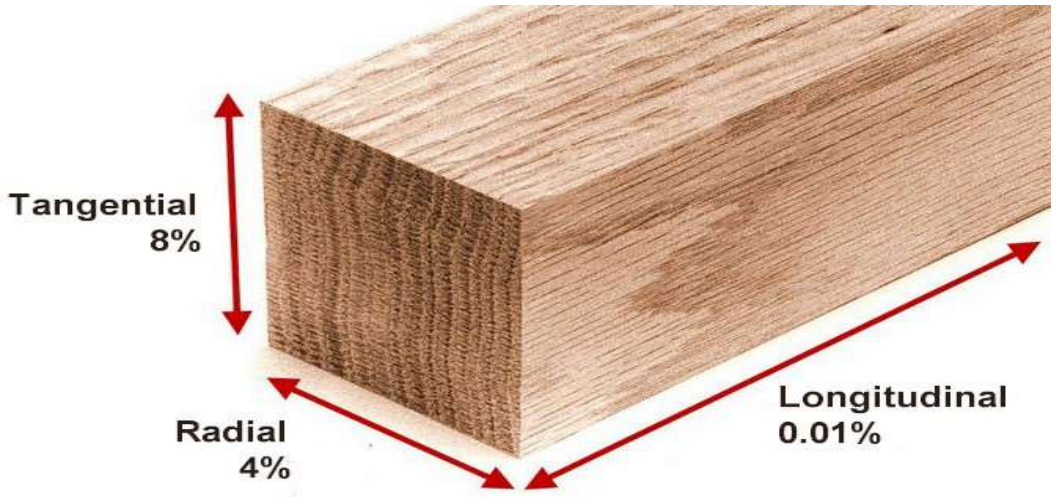
همکشیدگی و واکشیدگی

- زمانیکه رطوبت چوب بالای نقطه اشباع الیاف است دچار تغییر ابعادی نمیشود و پایدار و ثابت است
- ولی زمانیکه زیر نقطه اشباع الیاف است مبادرت به جذب و دفع رطوبت میکند و تغییر ابعاد میدهد که این تغییر ابعاد در جهات مختلف متفاوت است
- زمانیکه دیواره های سلولی رطوبت از دست میدهند همکشیده میشود
- زمانیکه دیوارها رطوبت جذب میکنند (تا نقطه اشباع الیاف) واکشیده و متورم میشود



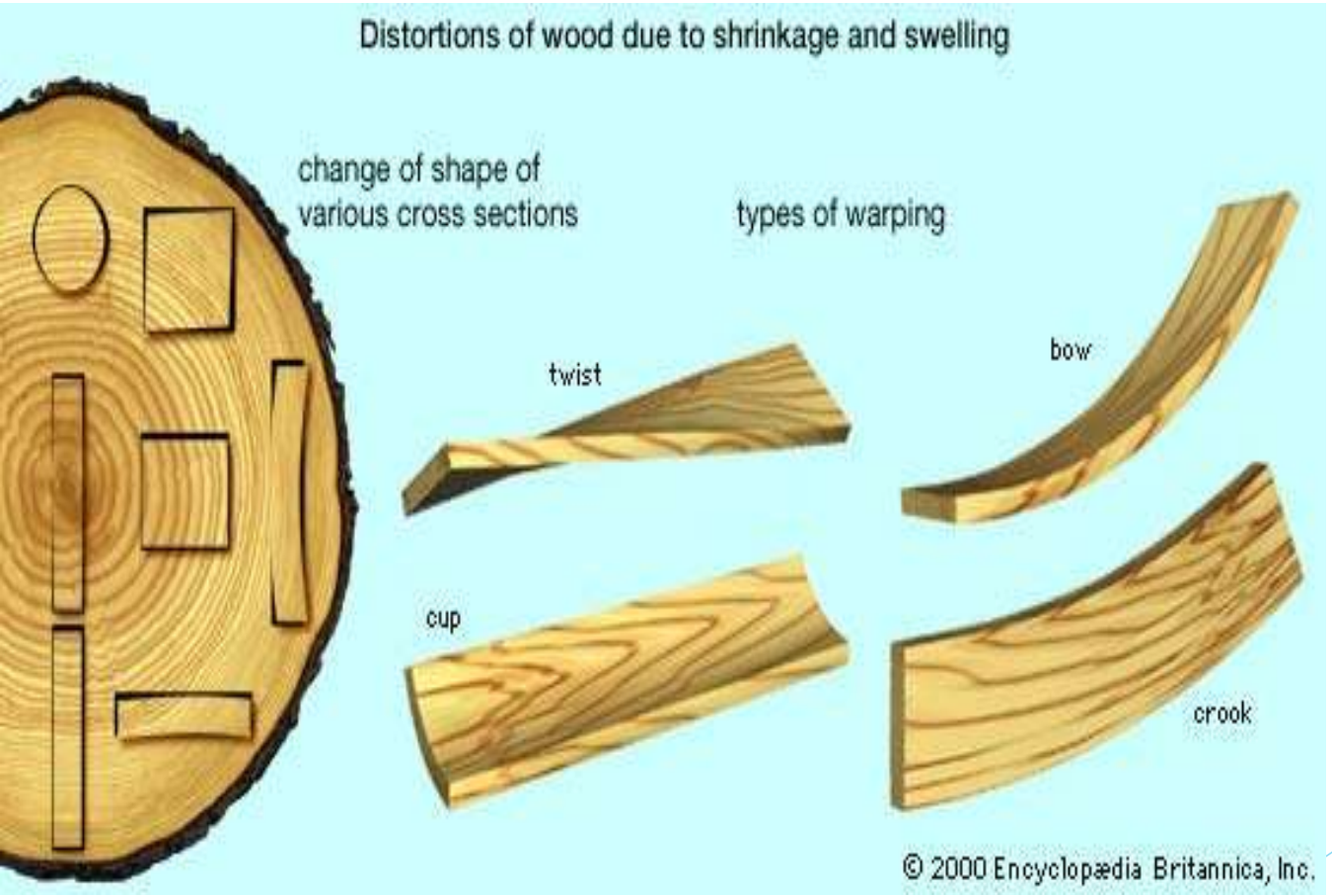
همکشیدگی و واکشیدگی

- تغییر ابعاد در قطعات کوچک چوبهای عاری از تنش بطور کامل برگشت پذیر است.
- در فراورده های صفحه ای برگشت پذیر نیستند. (به علت فشرده شدن ذرات یا الیاف چوبی طی فرایند ساخت)
- تغییر ابعاد نمونه های بزرگ چوب ماسیو، ممکن است کاملا برگشت پذیر نباشد که دلیل آن را میتوان ناشی از تنشهای داخلی حاصل از خشک شدن چوب دانست.
- هرچه دانسیته بیشتر باشد تمایل به همکشیدگی بیشتر است.



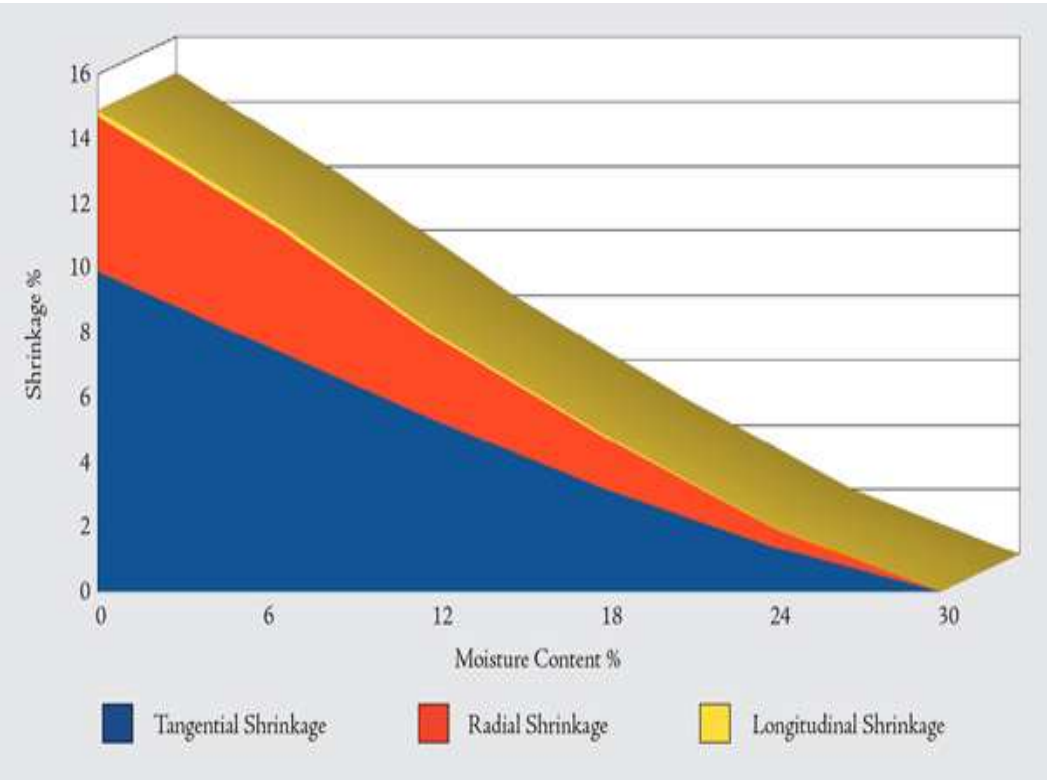
عیوب ناشی از همکشیدگی و واکشیدگی

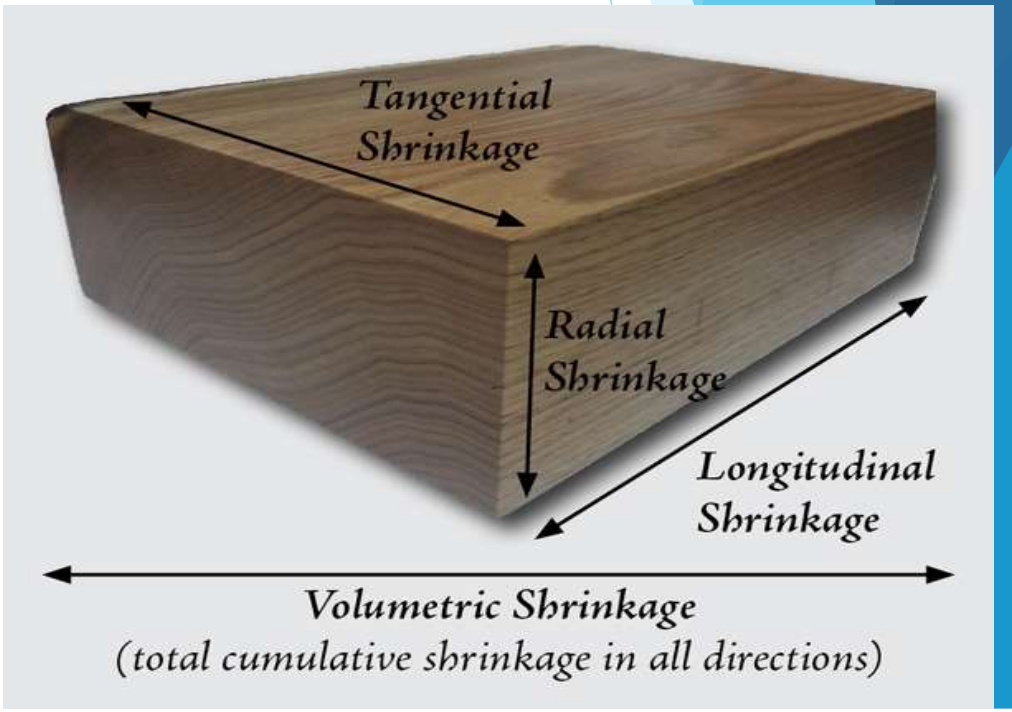
- اعوجاج
- پیچش و تابیدگی
- کمانی شدن
- ناودانی شدن
- خمیدگی، انحنا
- ترک خوردگی
- شکاف خوری
- ایجاد فاصله در کفپوشها



مقدار همکشیدگی و واکشیدگی

- همکشیدگی عمدتا در راستای مماسی (حلقه های رویش)، نیمی در راستای عمود بر حلقه های رویش (شعاعی) و میزان ناچیزی در امتداد الیاف (طولی) بروز میکند
- اثرات ترکیبی همکشیگی شعاعی و مماسی میتواند به از شکل افتادن و تغییر شکل چوب منجر شود



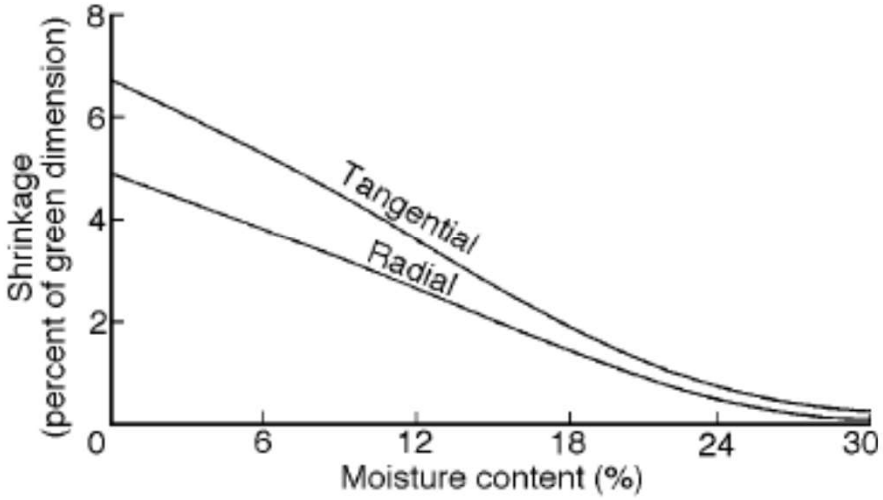


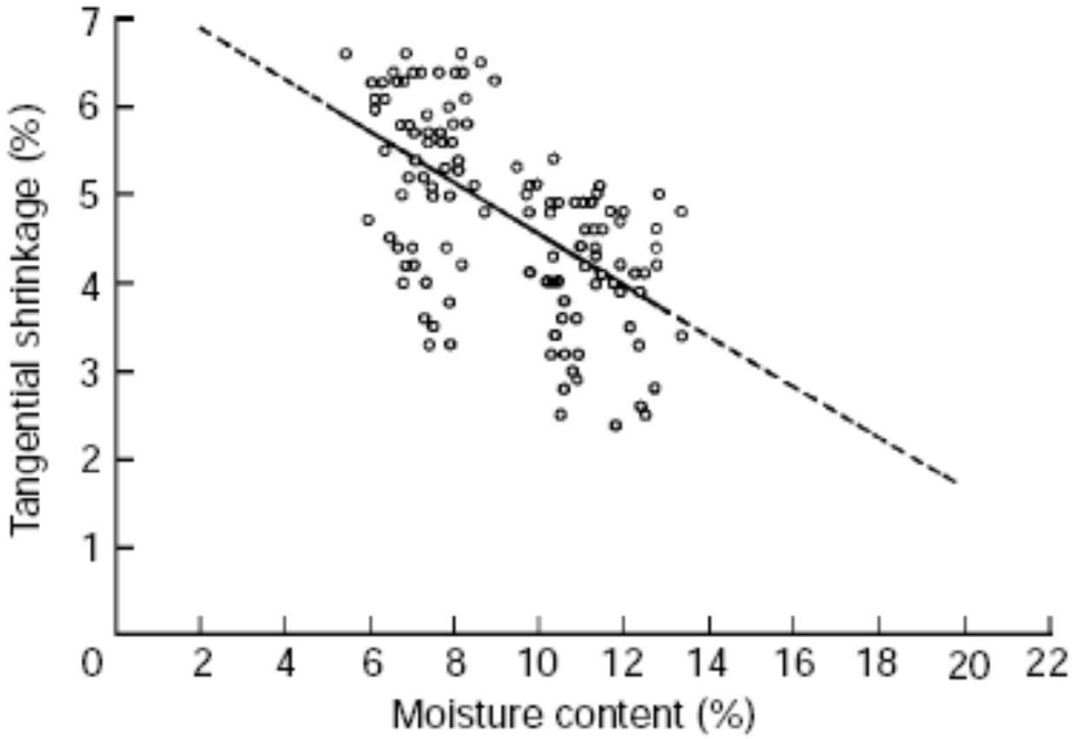
علل نامساوی بودن همکشیدگی در جهات مختلف

- اختلاف عمدتا مربوط به خصوصیات آناتومیکی نظیر:
- وجود پره های چوبی
- فراوانی روزنه در سطح شعاعی دیواره سلولی
- زیاد بودن چوب پاییزه در جهت شعاعی
- اختلاف بین مقدار ماده چوبی موجود در دیواره یا غشای سلولی در جهت شعاعی و مماسی

همکشیدگی طولی

- همکشیدگی موازی الیاف بسیار اندک است و در اغلب گونه ها بین ۰/۱ تا ۰/۲ درصد است ولی در بعضی از گونه ها دارای همکشیدگی طولی بیش از حد است.
- بنابراین از بکار بردن چنین چوبهایی که در مصارفی که ثبات طولی چوبی مهم است باید اجتناب کرد
- چوبهای واکنشی و جوان مستعد همکشیدگی طولی زیادی هستند.


Shrinkage
(percent of green dimension)
8
6
4
2
0
Tangential
Radial
6
12
18
24
30
Moisture content (%)


Tangential shrinkage (%)
7
6
5
4
3
2
1
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
Moisture content (%)

رابطه تغییر ابعاد و رطوبت چوب

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

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

$$\text{Percent shrinkage} = \left(\frac{\text{Decrease in dimension or volume}}{\text{Original dimension or volume}} \right) \times 100$$

$$\text{Percent swelling} = \left(\frac{\text{Increase in dimension or volume}}{\text{Original dimension or volume}} \right) \times 100$$

روشهای پیشگیری از همکشیدگی و واکشیدگی

- عایق کردن چوب در برابر جذب رطوبت از طریق استفاده از رنگها، مواد پولیش، رزینهای مصنوعی و رنگهای متالیک
- جلوگیری از تغییر ابعاد از طریق مهارکردن، به نحوی که حرکت بخار آب مشکل یا غیر ممکن شود.
- اشباع چوب با مواد شیمیایی که قادر باشد جایگزین تمامی یا دست کم بخشی از آب آغشتگی موجود در غشای سلولهای چوبی بشود. مانند آغشته کردن با فنل فرم آلدئید و یا پلی اتیلن گلیکول
- انجام عملیاتی که ضمن آن تغییرات فیزیکی و شیمایی در گروه های هیدروکسیل موجود در چوب که در خاصیت جذب رطوبت نقش دارد ایجاد نموده و این خاصیت را کاهش دهد.
- اشباع چوب با مونومرهایی مانند استایرن و پلی مریزاسیون آنها در اثر حرارت یا تابش اشعه رادیواکتیو