

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

کتاب کار

# خواص فیزیکی و مکانیکی چوب

رشته صنایع چوب و کاغذ

زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه ای

شماره درس ۱۹۴۷

عنوان و نام پدیدآور: کتاب کار خواص فیزیکی و مکانیکی چوب [کتابهای درسی] رشته صنایع چوب و کاغذ.../برنامه ریزی محتوا و نظارت بر تألیف دفتر تألیف کتابهای درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش؛ مؤلفان: محمد غفرانی، حبیب نوری.  
مشخصات نشر: تهران: شرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران، ۱۳۹۳  
مشخصات ظاهری: ۱۸۱ ص.؛ مصور (رنگی)، جدول.  
شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۰۵-۲۱۷۷-۹  
وضعیت فهرست‌نویسی: فیا  
یادداشت: شماره درس؛ ۱۹۴۷؛ شاخه آموزش فنی و حرفه‌ای  
موضوع: چوب - خواص مکانیکی  
شناسه افزوده: غفرانی، محمد، ۱۳۳۲-  
شناسه افزوده: نوری، حبیب، ۱۳۵۰-  
شناسه افزوده: سازمان پژوهش و برنامه ریزی درسی آموزشهای فنی و حرفه‌ای و کاردانش  
رده‌بندی کنگره: ۱۳۹۰ ک/ک ۸۲۰ TS  
رده‌بندی دیویی: ۱۹۳۷ ک/ک ۲۷۲  
شماره کتابشناسی ملی: ۲۲۵۷۵۵۱

## همکاران محترم و دانش آموزان عزیز:

پیشنهادها و نظرهای خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی  
تهران - صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و  
حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

پیام‌نگار (ایمیل) [tvoccd@roshd.ir](mailto:tvoccd@roshd.ir)  
وب‌گاه (وب‌سایت) [www.tvoccd.medu.ir](http://www.tvoccd.medu.ir)

## وزارت آموزش و پرورش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

عنوان و کد کتاب: کتاب کار خواص فیزیکی و مکانیکی چوب - کد ۴۶۳/۲

مؤلفان: محمد غفرانی، حبیب نوری

اعضای کمیسیون تخصصی: محمد غفرانی، محمدعلی نیکنام، محمدلطفی نیا، امیر نظری، اردشیر عبدی، حبیب نوری  
ویراستار فنی: علی اکبر چمنی گلزار، عاطفه لبنانی

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع: اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

تهران - ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن: ۹ - ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب‌سایت [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)

مدیر امور فنی و چاپ: سید احمد حسینی

طراح جلد: محمدحسن معماری

صفحه‌آرا: فاطمه درویش، غزاله نجمی

حروفچین: سیده فاطمه محسنی

مصحح: اعظم محمدزاده، نفیسه عسگری

آماده‌سازی خیر: اعظم هاشمی

امور فنی رایانه‌ای: حمید ثابت کلاچاهی، فاطمه رئیس‌یان فیروزآباد

ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ "داروپخش"

تلفن: ۵ - ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹ - ۳۷۵۱۵

چاپخانه: خجستانگان

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ دوم ۱۳۹۳

حق چاپ محفوظ است.



وصیت من به همه آن است که با یاد خدای متعال به سوی خودشناسی و خودکفایی  
و استقلال با همه ابعادش به پیش بروید بی تردید دست خدا با شماست.  
امام خمینی (ره)

# فهرست مطالب

مقدمه

۱

## بخش اول: خواص فیزیکی چوب

فصل ۱ - تشریح و ویژگی های چوب

۳

تعاریف

۵

تشریح اجزای درخت

۵

برون چوب و درون چوب

۸

عناصر ساختمان چوب

۹

پهن برگان و سوزنی برگان

۱۱

دسته بندی عناصر ساختمانی چوب در پهن برگان و سوزنی برگان

۱۱

۱۲	ناهمگنی و هر سو نایکسانی
۱۲	چوب های غیرطبیعی یا واکنشی
۱۳	چوب فشاری و چوب کششی
۱۴	تحقیق کنید
۱۵	خودآزمایی
۱۵	نمونه سؤال امتحان نهایی

## فصل ۲- رنگ، بو و طعم چوب ۱۷

۱۹	عوامل مؤثر در ایجاد نقوش زیبای چوب
۱۹	نقش چوب و ترکیبات آن در رنگ، بو و طعم
۱۹	عوامل ایجاد نقش و نگار در چوب
۲۰	الف) اثر دوایر سالیانه
۲۰	ب) اثر پره چوبی
۲۱	ج) اثر پیچیدگی الیاف
۲۱	د) اثر مواد رنگی معدنی
۲۲	ر) اثر ترکیبات شیمیایی چوب
۲۳	ز) اثر درخشندگی چوب
۲۳	ه) اثر مواد استخراجی
۲۵	مشخصات کاربردی چوب

۲۷	تحقیق کنید
۲۷	خودآزمایی
۲۸	نمونه سؤال امتحان نهایی

### فصل ۳- رطوبت چوب ۳۱

۳۲	رطوبت در درخت سرپا
۳۳	شرایط محیطی و رطوبت در چوب
۳۵	رطوبت چوب
۳۸	پایداری ابعاد چوب
۳۹	ابزار اندازه‌گیری جرم و رطوبت چوب
۴۰	محاسبه درصد رطوبت چوب
۴۰	رطوبت سنج الکتریکی
۴۱	رطوبت چوب هنگام مصرف
۴۲	تحقیق کنید
۴۲	خودآزمایی
۴۳	نمونه سؤال امتحان نهایی

### فصل ۴- جرم مخصوص (دانسیته) چوب ۴۷

۴۸	جرم مخصوص چوب
----	---------------

۴۹	انواع جرم مخصوص چوب
۵۱	روش‌های اندازه‌گیری جرم مخصوص چوب
۵۲	عوامل مؤثر در تغییر جرم مخصوص
۵۴	تحقیق کنید
۵۵	خودآزمایی
۵۵	نمونه سؤال امتحان نهایی

## فصل ۵- خواص الکتریکی، حرارتی و صوتی چوب

۶۱	مقاومت و هدایت الکتریکی
۶۲	عوامل مؤثر بر خاصیت مقاومت الکتریکی چوب
۶۲	تأثیر تیمارهای مختلف بر روی خواص دی الکتریک چوب
۶۲	۱- خواص دی الکتریک چوب فشرده شده
۶۳	۲- خواص دی الکتریک چوب اصلاح شده
۶۳	۳- خواص دی الکتریک چوب اشباع شده با مواد مختلف
۶۳	خواص دی الکتریک چوب پلاستیک
۶۳	ویژگی های حرارتی چوب
۶۴	الف) انبساط حرارتی
۶۵	ب) گرمای ویژه

۶۵	ج) قابلیت هدایت حرارتی چوب
۶۶	د) قابلیت سوخت و گرمزایی چوب
۶۶	خواص صوتی
۶۸	صوت در چوب
۶۹	مقاومت امواج صوتی، کاهش انتشار صوت (اکوستیک) در چوب
۷۲	تحقیق کنید
۷۲	خودآزمایی
۷۳	نمونه سؤال امتحان نهایی

## بخش دوم: خواص مکانیکی چوب

۷۷	فصل ۶- ویژگی های مقاومتی چوب
۷۹	علم مکانیک
۸۰	تغییر شکل مواد جامد در اثر وارد شدن بار به آنها
۸۱	منحنی نیرو و تغییر شکل در آزمایش چوب
۸۲	تغییر شکل الاستیک در چوب
۸۳	تغییر شکل پلاستیک (دائم) در چوب
۸۷	تعریف ویژگی های مقاومتی یا استحکام



۸۸	تنش
۹۱	تنش و کرنش، بارگذاری محوری
۹۴	نمودار تنش - کرنش
۹۵	الاستیسیته

## فصل ۷- مقاومت خمشی چوب ۱۰۱

۱۰۵	آزمایش شماره ۱
۱۰۶	آزمایش شماره ۲
۱۰۷	آزمایش شماره ۳
۱۰۸	آزمایش شماره ۴
۱۱۰	نمونه سؤال امتحان نهایی
۱۱۲	آزمایش شماره ۵
۱۱۳	آزمایش شماره ۶
۱۱۴	مسئله‌ها

## فصل ۸- مقاومت کششی ۱۱۹

۱۲۳	روش اندازه‌گیری مقاومت کششی چوب در جهت موازی الیاف
۱۲۳	روش اندازه‌گیری مقاومت کششی چوب در جهت عمود بر الیاف
۱۲۴	مسئله

## فصل ۹- مقاومت چوب در برابر فشار

۱۳۹

۱۴۴	مسئله ۹-۱
۱۴۵	سؤال ۹-۱
۱۴۸	مسئله ۹-۲
۱۵۰	مسئله ۹-۳
۱۵۳	مسئله ۹-۴
۱۵۵	سؤال ۹-۲
۱۵۶	نمونه سؤال امتحان نهایی

## فصل ۱۰- مقاومت برشی و مقاومت در برابر ضربه

۱۵۹

۱۶۱	روش اندازه‌گیری مقاومت برش موازی الیاف
۱۶۸	مسئله ۱۰-۱
۱۶۴	مسئله ۱۰-۲
۱۶۶	مسئله ۱۰-۳
۱۷۱	آزمایش در کلاس
۱۷۴	سؤال تحقیق

## فصل ۱۱- سختی چوب و مقاومت به سایش

۱۷۵

۱۷۷	آزمایش در کلاس
۱۷۹	تمرین برای هنرجو
۱۸۱	منابع و مراجع

گیاهی کوچک بی درنگ از دانه‌ای در محیط جنگل، که با حمایت درختان غول پیکری که شرایط مناسب را به وجود آورده‌اند (برخوردار است)، از خاک سر می‌کشد و سال‌ها بعد به صورت یک درخت سر بر آسمان می‌ساید. درخت، بیانگر عظمت بی‌همتای الهی و نشانه‌ای از خلقت پروردگار عالم است که از بدو خلقت در دفاع، شکار، گرمایش، پخت و پز، ساخت کلبه، کشتی، ارابه، کاغذ و حتی تابوت (برای سفر به سوی آرامگاه ابدی) همراه و مونس آدمی بوده است. این نیاز انسان به چوب و فراورده‌های آن روز به روز با تنوع بیشتر ادامه دارد.

دانش انسان در طول تاریخ و تا به امروز در مطالعه و بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی چوب پیشرفت‌های فوق‌العاده‌ای داشته است. چوب ماده بسیار ویژه و متفاوت از سایر مواد و مصالح موجود در طبیعت و برخلاف سایر مواد ماده‌ای هر سو نایکسان، ناهمگن، رطوبت‌پذیر و با ترکیبات شیمیایی متفاوت می‌باشد. این وضعیت از چوب ماده‌ای با جرم مخصوص و متفاوت ساخته و در نتیجه خواص فیزیکی و مکانیکی مختلفی در جهات سه‌گانه به وجود آورده است. این تفاوت در بعضی موارد به بروز عیب و ضعف‌های بسیاری در چوب منجر می‌شود و در بعضی موارد دیگر به عنوان حسن این ماده چوبی اعجاز طبیعت است به شمار می‌آید.

در گذشته استادکاران ساخت سازه‌های چوبی با تجربه خود سعی در برطرف کردن معایب چوب برای خلق سازه مقاوم و زیبا برطرف کنند و آن تجربه‌ها دست به دست و سینه به سینه به نسل‌های دیگر و با عبور از مرزها به کشورهای مختلف انتقال می‌یافت. اما امروزه با پیشرفت تکنولوژی و با بهره‌گیری از آزمایشگاه‌های مدرن مطالعات زیادی برای بهینه کردن خواص چوب و افزایش کارایی و کاربرد چوب و جایگزینی فراورده‌های چوبی به جای کاربرد چوب ماسیو در امور زندگی، صنعت و کشاورزی مطالعات فراوانی صورت گرفته است. به‌طوریکه قبل از هرگونه کاربرد چوب، خواص فیزیکی و مکانیکی آن مورد مطالعه دقیق قرار گیرد. امروزه بر کسی پوشیده نیست که علم فیزیک چوب در خط اول ورود به پیشرفت در صنایع آن است. در حال حاضر محققان در گرایش‌های مختلف رشته صنایع چوب به گونه‌ی تحقیق و بررسی و جهت پیشبرد اهداف خود برای مطالعات خواص فیزیکی و مکانیکی چوب، نسبت به گذشته بسیار اهمیت می‌دهند. نظر به اینکه سطح جنگل‌های جهان به لحاظ افزایش بهره‌برداری از جنگل‌ها کاهش یافته است صاحبان صنعت برای کاهش مصرف چوب به مطالعه و تحقیق هر چه بیشتر خواص فیزیکی و مکانیکی چوب و فراورده‌های چوبی نیاز جدی دارند. از کلیه هنرآموزان محترم و هنرجویان عزیز به دلیل پاره‌ای از اشکالات، پوزش می‌طلبیم و پیشاپیش از ارائه انتقادات و پیشنهادهای اصلاحی ایشان که راهگشای ما خواهد بود، تشکر و قدردانی می‌نماییم.

مؤلفان

۱۳۹۰

بخش اول

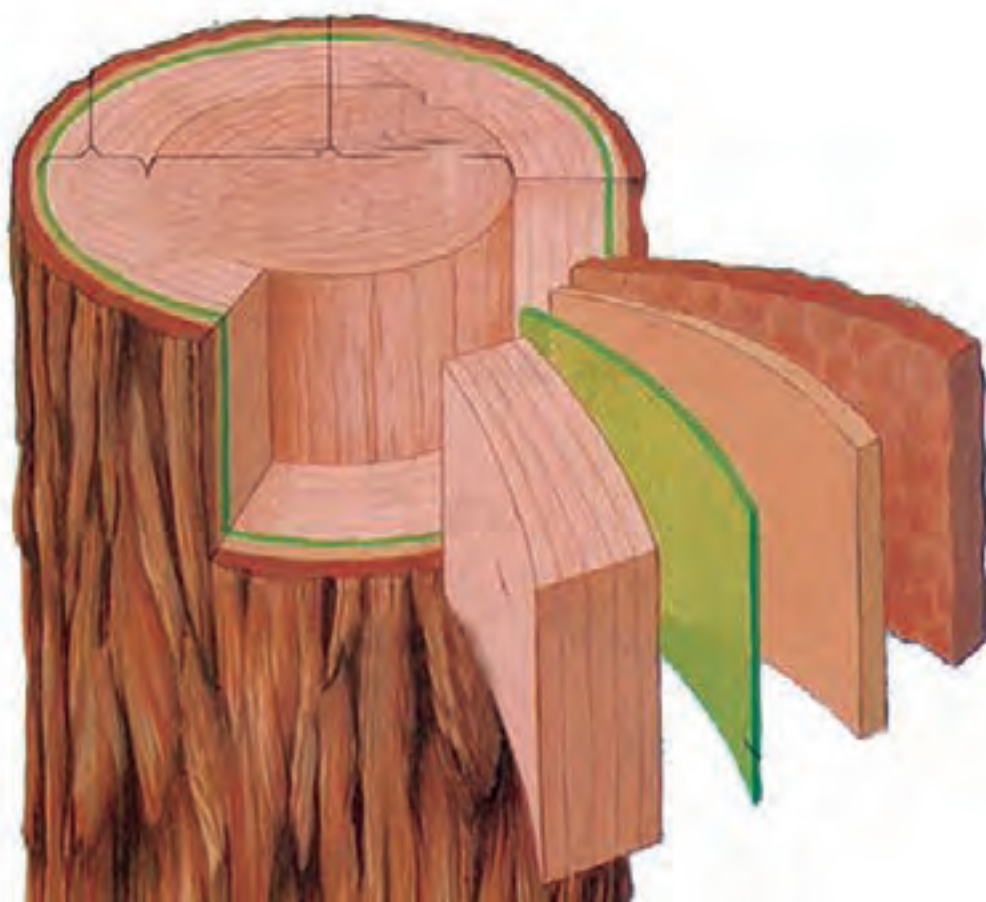
خواص فیزیکی

چوب

# فصل اول

## تشریح و

### ویژگی‌های چوب



## پیش‌آزمون



۱- دلیل به وجود آمدن نقش و نگار چوب چیست؟

.....

.....

۳- چرا رنگ روی سطح چوب همانند فلزات یکنواخت نیست؟

.....

.....

.....

۴- دلیل نفوذپذیری چوب چیست؟

.....

.....

.....

۵- رابطه عناصر ساختمانی با ترکیبات شیمیایی چوب را بیان کنید.

.....

.....

.....

۶- ضرورت مطالعه خواص فیزیکی چوب را بیان کنید.

.....

.....

۹- سن درخت چگونه تعیین می‌گردد؟

.....

.....

۱۰- از برون چوب و درون چوب چه می‌دانید؟

.....

.....

۱۱- تفاوت چوب بخش روزنه ای با پراکنده آوند چیست؟

.....

.....

## تعاریف:

### درخت و چوب

ساختار درونی چوب درختان از عناصر اصلی شامل آوند، تراکئید و فیبر تشکیل یافته است و وظیفه این اندامها انتقال آب از ریشه به برگ ها و استحکام تنه و تاج درخت زنده می باشد، که پس از قطع شدن و تبدیل آن به چوب برای ساخت انواع سازه های چوبی بکار می رود.

( شکل ۱-۱ و ۱-۲)

از مواد لیگنو سلولزی موجود در چوب و بعضی گیاهان غیر چوبی (گیاهان یک ساله) برای ساخت مواد مرکب مثل انواع تخته فیبر، تخته خرده چوب (نئوپان)، کاغذ و... استفاده می شود.

منبع اصلی مواد لیگنر سلولزی در گیاهان چوبی، تنه اصلی و شاخه ها و به مقدار کمی ریشه می باشد. در گیاهان غیر چوبی نظیر گندم و برنج، کاه و کلش اصل دارای مقدار کمی الیاف سلولزی است که در تولید برخی مواد مرکب مثل MDF و کاغذ کاربرد دارد.



شکل ۱-۱ - درخت کاج



شکل ۱-۲ - الیاف مواد لیگنوسلولزی



شکل ۱-۳ - چوب حاصل از استحصال درخت (گیاه چندساله)



شکل ۱-۴ - پوست درخت راش



شکل ۱-۵ - پوست درخت بلوط

## تشریح اجزای درخت

### قسمت های مختلف درخت :

**پوست :** مقدار پوست در درختان متفاوت است. در بعضی از آنها، مانند پوست درخت راش کم (شکل ۱-۴)، و در برخی دیگر زیاد است مانند درخت بلوط (شکل ۱-۵)

پوست معمولاً از ۴ تا ۲۵ درصد حجم درخت را شامل می شود، که با قطر تنه و شاخه، اندازه و فرم تاج، گونه چوبی، طول عمر و شرایط رویشگاهی درخت ارتباط مستقیم دارد. پوست از دو بخش تشکیل می شود:

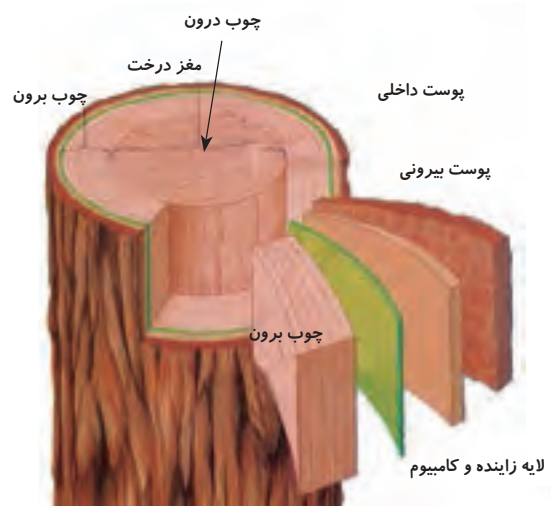
۱- پوست مرده (پوست بیرونی): این پوست دارای ضخامت بیشتری می باشد، و هیچ فعالیت زیستی ندارد و تقریباً خشک است و نقش حفاظت از تنه را به عهده دارد. (شکل ۱-۵)

۲- پوست زنده (پوست داخلی): این پوست دارای فعالیت زیستی است، همزمان با تولید یک لایه سلول های چوبی در هر دوره رویش سالیانه یک لایه نازک پوست تشکیل می شود که محافظ اصلی چوب می باشد. (شکل ۱-۶)

درصد پوست انواع گونه های چوبی در جدول (شماره ۱) نشان داده شده است.

**جدول شماره ۱-۱- در صد پوست انواع گونه های درخت**

در صد پوست	گونه چوبی	ردیف
۱۴-۲۱	بلوط	۱
۴-۱۱	راش	۲
۱۳-۱۵	توس	۳
۱۰-۱۶	کاج	۴
۶-۱۳	نوتل	۵
۲۲-۲۵	لاریکس	۶



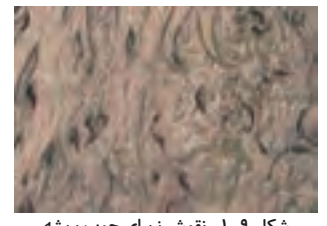
شکل ۱-۶- لایه های مختلف پوست درخت و عناصر ساختمانی چوب



شکل ۱-۷- ریشه های عمیق و بلند



شکل ۱-۸- ریشه های کم عمق و سطحی



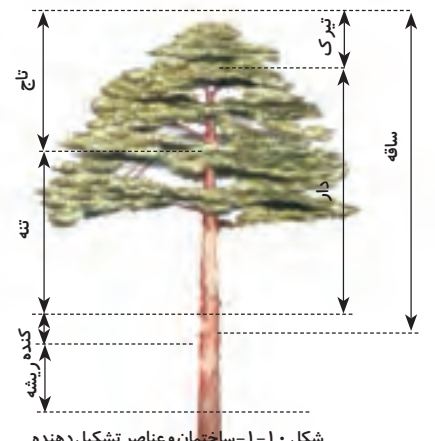
شکل ۱-۹- نقوش زیبای چوب ریشه گونه ی توس

ریشه : معمولاً به طور کامل در زیرزمین قرار دارد، در گونه های مختلف پراکندگی در خاک و حجم آن متفاوت است و به گونه، شرایط آب و هوایی و سایر موارد بستگی دارد. در مناطق خشک برای رسیدن به رطوبت زمین در لایه های پایین و آب های زیرزمینی، عمق بیشتری دارد (شکل ۷-۱) و در درختان با تاج گسترده (مناطق نیمه خشک و مرطوب) پیشروی (انشعابات) افقی آن زیاد است. (شکل ۸-۱) از ریشه ی بعضی از گونه ها روکش های طبیعی با نقش و نگار زیبا تهیه می شود مانند گونه ای از درخت توس (شکل ۹-۱) ولی در خیلی از درختان به لحاظ هزینه بالای استخراج ریشه و ارزش پایین، بهره برداری از آن صرفه اقتصادی ندارد. **طوقه:** قسمتی از درخت است که بین ریشه و تنه قرار دارد و محل اتصال انشعابات ریشه به تنه است (شکل ۱۰-۱).

**دار:** قسمت بالای کنده در محدوده ساقه را می گویند. دار قسمت چوبیده درخت است که از آن الوار و تراورس تهیه می کنند (شکل ۱۰-۱). **تیرک:** از انتهای بالای ساقه (شروع اولین شاخه) تا جوانه انتهایی تاج (شاخه های تاج) را تیرک می گویند (شکل ۱۰-۱).

**کنده:** از ریشه تا حدود نیم متر بیرون از خاک را کنده می گویند (شکل ۱۰-۱). **ساقه:** از محدوده ی طوقه تا جوانه انتهایی شاخه درخت را ساقه می گویند (شکل ۱۰-۱).

**تنه:** از انتهای کنده تا پیدایش اولین شاخه را تنه می گویند (شکل ۱۰-۱). **تاج:** کلیه شاخه و برگ های یک درخت را تاج آن می گویند (شکل ۱۰-۱). **سن درخت:** طول عمر درختان معمولاً ۲۰ الی ۳۰۰ سال است. در بعضی از موارد تا ۶۰۰۰ سال هم یافت می شود. گونه هایی از درختان مناطق استوایی مانند گونه درختی باوباب، و در مناطق سردسیری گونه هایی از درختان کاج و در سایر مناطق مانند استان یزد سرو ابرکوه با قدمت ۴۸۰۰ سال هنوز زنده است.



شکل ۱-۱۰- ساختمان و عناصر تشکیل دهنده

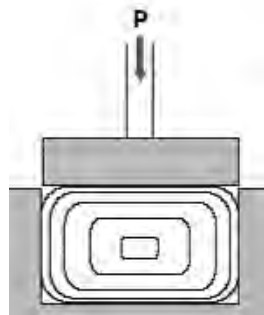
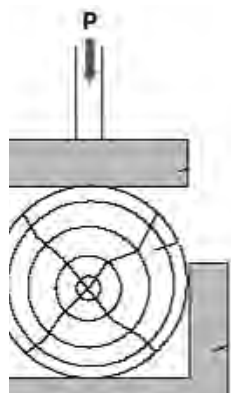


برخی از درختان کاج مناطق سردسیری و گونه‌هایی از درختان مناطق استوایی مانند گونه درخت باوباب دارای طول عمر چند هزار ساله هستند. همچنین گونه‌های سوزنی برگ به نام سرو ابرکوه در استان یزد قدمتی حدود ۴۸۰۰ سال دارد.

**درخت سرپا:** به طور کلی می‌توان درخت را به سه قسمت تقسیم کرد: تنه، ریشه و تاج، سهم هر کدام از آن‌ها برای چند گونه چوبی در جدول (شماره ۲) نشان داده شده است.

چوب از الیاف دارای تَخَلُّل (توخالی) تشکیل شده است. مقدار فضای خالی داخل و بین الیاف یک‌سان نیست، لذا جرم مخصوص در قسمت‌های مختلف درخت متفاوت است. جرم مخصوص واقعی چوب (بدون منافذ) ۱۵۶۰ کیلوگرم بر متر مکعب است ( $1/56 \text{ g/cm}^3$ ) این جرم مخصوص برای چوبی است که هیچ تخلخل (فضای خالی) در داخل آن نباشد. (شکل ۱۱-۱) فضای خالی در داخل عناصر تشکیل دهنده چوب (آوند، فیبر، تراکئید پارانشیم) و در فضاهای بین سلولی چوب وجود دارد. حجم این منافذ در چوب‌های مختلف خصوصاً در چوب بهاره و تابستانه متفاوت است.

چوب‌ها از نظر جرم مخصوص به گروه (سبک، متوسط و سنگین تقسیم می‌شوند) سبک مانند چوب بالزا  $120-200 \text{ kg/m}^3$ ، متوسط مانند چوب راش  $560-700 \text{ kg/m}^3$  و سنگین مانند چوب باکاوت  $1200-1400 \text{ kg/m}^3$  تقسیم می‌شوند. اختلاف جرم مخصوص فقط محدود به تفاوت در بین گونه‌های چوبی نیست، بلکه این اختلاف در یک گونه چوبی و در قسمت‌های مختلف آن نیز وجود دارد. این اختلاف را می‌توان در تعدادی از گونه‌های چوبی در جدول شماره ۳ مشاهده کرد.



شکل ۱۱-۱ - چوب فشرده شده و بدون تخلخل



شکل ۱۲-۱ - تبدیل گرده بینه به الوار



شکل ۱۳-۱ - برش مماسی از تبدیل گرده بینه

جدول شماره ۲-۱ - حجم قسمت اصلی درخت به درصد					
ردیف	نوع درخت	گونه چوبی	تنه	ریشه	تاج
۱	پهن برگ	زبان گنجشک	۵۵-۷۰	۱۵-۲۵	۱۵-۲۰
۲	سوزنی برگ	لاریکس	۷۷-۸۲	۱۲-۱۵	۶-۸
۳	پهن برگ	افرا	۶۵-۷۵	۱۵-۲۰	۱۰-۱۵
۴	پهن برگ	راش	۵۵-۷۰	۲۰-۲۵	۱۰-۲۰

جدول شماره ۳-۱ - جرم مخصوص در قسمت‌های اصلی یک گونه چوبی بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب $\text{Kg/m}^3$					
ردیف	نوع درخت	گونه چوبی	تنه	شاخه	گره
۱	سوزنی برگ	کاج	۴۵۷	۵۳۶	۷۹۴
۲	سوزنی برگ	نونل	۴۸۲	۵۴۵	۸۸۶
۳	پهن برگ	توس	۶۰۷	۶۷۰	۷۴۰

چوب مرغوب مورد استفاده، برای ساخت مبلمان از قسمت قطور تنه درخت تهیه می‌شود. تنه به وسیله ماشین‌های چوب بری به تراورس و الوار تبدیل می‌گردد. (شکل ۱۲-۱) در تبدیل چوب بر اساس نوع کاربرد، فرم تنه، معایب و حداقل میزان ضایعات مسیر برش اهره مشخص می‌شود. مقاطع شعاعی، طولی و عرضی حاصل از برش گرده‌بینه دارای ظاهر متفاوتی می‌باشند. مقطع مماسی اغلب به دلیل شکل خاص قرارگیری دوایر رویش سالیانه از نظر زیبایی بر سایر مقاطع برتری دارد شکل ۱۳-۱ و به همین دلیل در برخی سازه‌های چوبی که از نظر بعدنما دارای اهمیت هستند از این برش استفاده می‌شود شکل ۱۴-۱ البته به منظور کاهش ضایعات برش در کنار مسئله اهمیت زیبایی مقطع مماسی می‌توان از برش‌های ترکیبی یا بینابینی<sup>۱</sup> (مماسی و شعاعی) استفاده نمود. شکل ۱۵-۱ از معایب تخته‌های مماسی احتمال تغییر شکل وجود دارد اما در شعاعی تغییر شکل کمتری بروز می‌کنند.



شکل ۱۴-۱ - برش شعاعی از تبدیل گرده‌بینه به الوار



شکل ۱۵-۱ - انواع برش

## برون چوب و درون چوب

تنه چوبی درخت از دو بخش چوب برون و چوب درون تشکیل می‌شود ولی این ترکیب در برخی از چوب‌ها به دلایل مختلف قابل تفکیک و رؤیت از همدیگر نیستند.

**چوب برون**، بخشی از چوب است که اطراف مغز در تنه‌های جوان و اطراف چوب درون در تنه‌های مسن درخت را در بر گرفته و تا پوست زنده ادامه دارد. سلول‌های این بخش از چوب در تنه درخت سرپا زنده هستند و نقش هدایت آب و املاح را بر عهده دارند. رنگ چوب برون، روشن است. **چوب درون**، بخشی از چوب است که اطراف مغز تنه‌های مسن را در بر گرفته رنگ آن تیره‌تر از چوب بیرون و هیچ سلول زنده‌ای در آن وجود ندارد. شکل‌های (۱۷-۱ و ۱۶-۱)

### دایره سالیانه

دایره رویش سالیانه یا به عبارتی دیگر محدوده رویش یک سال فعالیت زیستی درخت در مناطق مختلف جغرافیایی شکل‌های مختلف و کارآیی فراوان دارد، این تفاوت در شناسایی گونه‌های مناطق مختلف مؤثر است.

۱- در مناطق گرمسیری به صورت دوایر باریک و پهن دیده می‌شود که با شمارش تعداد دوایر سالیانه و تقسیم آن بر دفعات بارندگی در سال می‌توان سن درخت را بدست آورد. (شکل ۱۸-۱)

۲- چوب‌های بخش روزنه‌ای به دو قسمت چوب بهاره و چوب تابستانه به ترتیب با حفره آوندی بزرگ و کوچک مشخص می‌شوند. (شکل ۱۹-۱) در چوب‌های نیمه بخش روزنه‌ای و پراکنده آوند به طور واضح بین چوب بهاره و تابستانه مرز مشخصی وجود ندارد. (شکل ۲۰-۱) برای تعیین سن درختان این مناطق سردسیری و معتدله، دوایر زوج (روشن و تیره) را در بخش روزنه‌ای یا یک دایره را در پراکنده آوند شمارش نموده و عمر درخت را تشخیص می‌دهند. (شکل ۲۱-۱)



شکل ۱۶-۱ - چوب برون و چوب درون در مقطع گرده‌بینه چوب بلوط

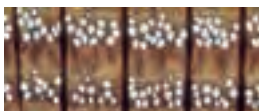


شکل ۱۷-۱ - چوب برون و چوب درون در مقطع گرده‌بینه چوب کاج

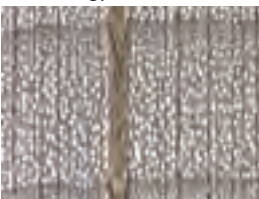


شکل ۱۸-۱ - دوایر سالیانه یک گونه چوبی از مناطق گرمسیری به نام سیکاموره

۱ - بینابینی، روشی از تبدیل گرده‌بینه به الوار است که در این تبدیل هدف فقط کاهش دورریز و افزایش مقدار تولید الوار از گرده‌بینه مد نظر است. به دست آوردن زیبایی و مقاومت بالای الوار یا تخته در اولویت دوم قرار دارد.



شکل ۱۹-۱- مرز مشخص بین چوب بهاره و تابستانه در مقطع عرضی میکروسکوپی



شکل ۲۰-۱- مرز نامشخص بین چوب بهاره و تابستانه در مقطع عرضی میکروسکوپی



شکل ۲۲-۱- مرز مشخص در چوب بهاره و تابستانه چوب

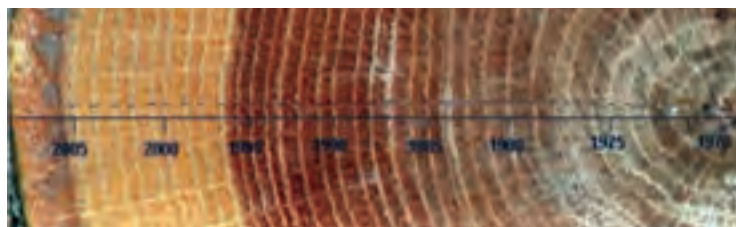


شکل ۲۳-۱- تعیین سن درخت با نمونه برداری به وسیله مته مخصوص

۳- دواير ساليانه روشن و تيره در چوب های پهن برگ و سوزنی برگ با چشم غير مسلح هم قابل رؤيت است (شکل ۲۲-۱)، با توجه به نوع گونه های چوبی کیفیت تفکیک آنها متفاوت است.

۴- در مناطق سردسیری معتدله در محدوده های از سال به دلیل سرما، رکود فعالیت زیستی در درختان وجود دارد. معمولاً دایره سالیانه به راحتی قابل تشخیص است.

۵- برای تعیین عمر درختان زنده و چوب به کار رفته در بناها چوب را به وسیله مته ای مخصوص سوراخ می کنند و با نمونه برداری از آن سن درخت قابل تشخیص و تخمین خواهد بود. (شکل ۲۳-۱)

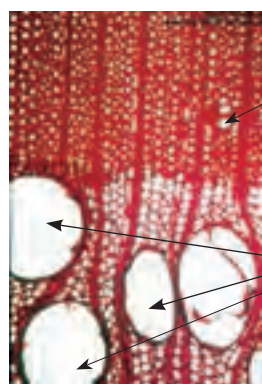


شکل ۲۱-۱- تعیین سن درخت با شمارش لایه های روشن و تیره

## عناصر ساختمان چوب

### آوند و تراکئید

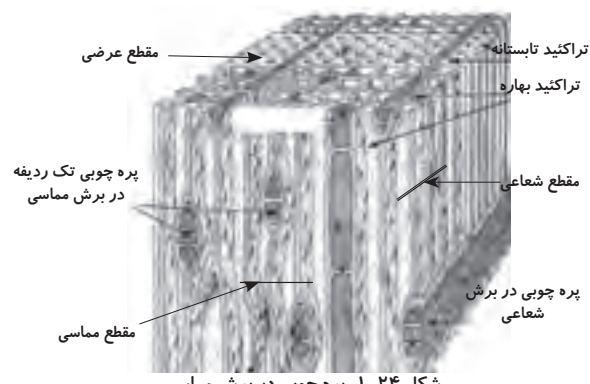
چوب یک ماده هر سو نایکسان است به طوری که در جهات مختلف جهت گیری سلول ها و در نتیجه خصوصیات چوب متفاوت است، (شکل ۲۴-۱). درخت همانند یک گیاه رشد و نمو دارد، عمر آن بیشتر از یک سال است، و حاصل یک سال فعالیت آن چوب است. برای ایجاد شرایط لازم رشد درخت در طول حیات، انتقال آب از ریشه به وسیله آوندها در پهن برگان و از طریق تراکئیدها در سوزنی برگان صورت می گیرد. این عناصر در راستای طول درخت قرار دارند و از اولین سلول هایی هستند که به هنگام تولید چوب بوجود می آیند. آوندها و تراکئیدها در چوب بهاره به لحاظ شرایط آب و هوایی مناسب در فصل بهار و انتقال آب زیاد برای رشد و نمو بیشتر دارای حفره قطور و دیواره نازک هستند (شکل ۲۵-۱). اما در بخش تابستانه<sup>۱</sup> کانال های آوندی و تراکئیدی دارای حفره کم قطر ولی با دیواره ضخیم می باشند و این بدلیل



حفره کوچک مربوط به آوند تابستانه

حفره بزرگ مربوط به آوند بهاره

شکل ۲۵-۱- دیواره نازک و حفره قطور آوند جهت انتقال آب به تاج درخت



مقطع عرضی

تراکئید تابستانه

تراکئید بهاره

پره چوبی تک ردیفه در برش مماسی

مقطع شعاعی

مقطع مماسی

پره چوبی در برش شعاعی

شکل ۲۴-۱- پره چوبی در برش مماسی

۱- بخش تابستانه، در واقع انتهای فعالیت زیستی درخت در سال زراعی است. درخت با سپری کردن زمستان با شروع فعالیت زیستی از اول بهار به تدریج به اوج فعالیت می رسد (بخش بهاره) و سپس کم کم فعالیت آن کاهش می یابد (بخش تابستانه) تا در انتهای تابستان فصل رویش خاتمه می یابد و سپس درخت به خواب زمستانه فرو می رود.

کاهش نزولات آسمانی و بی‌نیازی درخت به آب هم‌چنین کاهش فعالیت زیستی درختان در فصل تابستان است. (محدوده رویش سالیانه پهن برگان و سوزنی برگان) (شکل ۲۷-۱ و ۲۶-۱).

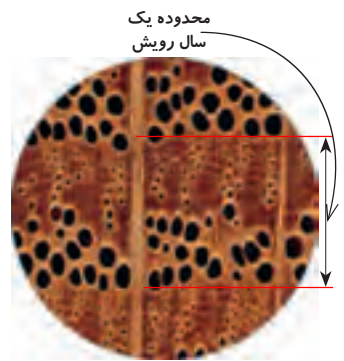
### فیبر و تراکتید

در ساختمان چوب پهن برگان سلول‌های دیگری هم به نام فیبرها وجود دارد، که در سوزنی برگان وجود ندارند.

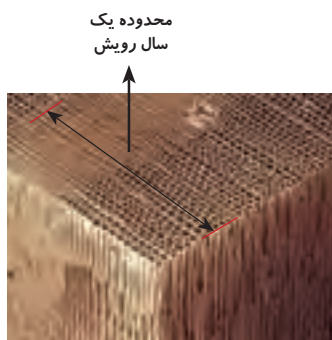
پهن‌برگان از سیستم تکامل یافته‌تری نسبت به سوزنی‌برگان برخوردار هستند، به طوری که تقسیم وظایف بهتری دارند. در پهن‌برگان فیبرها وظیفه استحکام درخت و آوندها انتقال آب را عهده‌دار هستند. اما در سوزنی برگان در دو وظیفه یعنی استحکام تنه و انتقال آب بر عهده تراکتیدها می‌باشد.

جهت فیبرها در راستای طولی درخت به موازات و در بینابین و هم‌راستا با آوندها قرار می‌گیرند. **پره چوبی (پارانیشیم عرضی)**: سلول‌های پره چوبی به صورت شعاعی در تنه درخت قرار می‌گیرند و از مغز به سمت پوست امتداد یافته و ارتباطات عرضی (افقی) را فراهم می‌کنند.

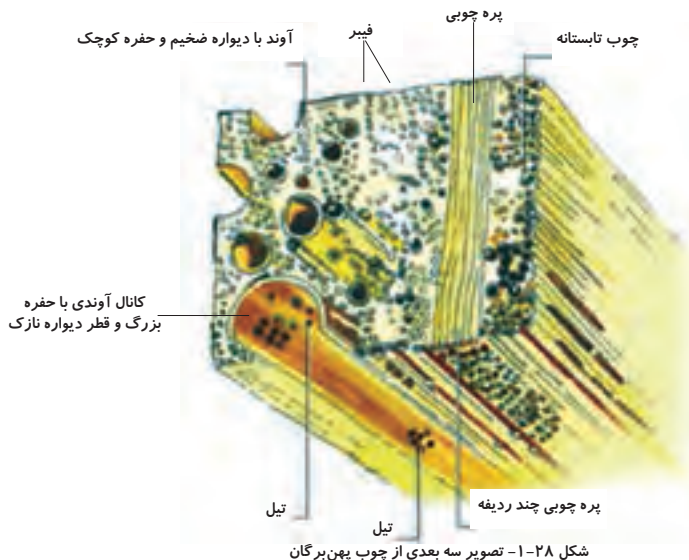
به لحاظ عبور از بین (لا به لای) الیاف طولی (فیبرها، آوندها) باعث در هم رفتگی الیاف شده بطوریکه آوندها و فیبرها نقش تار و پره‌های چوبی نقش پود را بازی می‌کنند و نقش بسزائی در افزایش مقاومت و استحکام چوب دارند. پره‌های چوبی یکی از فاکتورهای مهم در تشخیص ماکروسکوپی و میکروسکوپی چوب می‌باشند. به طوری که چوب‌های پره دار، با چشم غیر مسلح، خیلی سریع و دقیق شناسایی و قابل رؤیت می‌شوند. رنگ، فرم، تعداد و آرایش پره چوبی در ساختمان گونه‌های مختلف متفاوت است، لذا در شناسائی ماکروسکوپی و میکروسکوپی عامل بسیار مهمی هستند و در بررسی‌ها و مطالعات مربوط به شناسایی چوب کمک بسیاری می‌کنند (شکل‌های ۲۴-۱ تا ۲۸-۱).



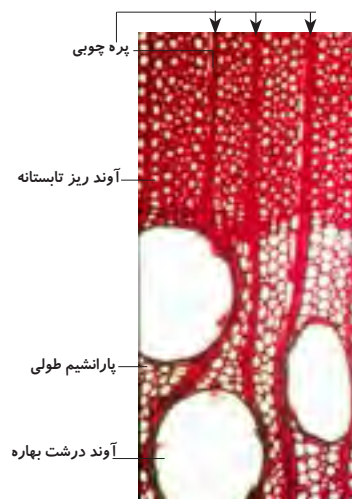
شکل ۲۶-۱- حفره آوندی بخش بهاره و تابستانه در پهن برگ (بلوط)



شکل ۲۷-۱- حفره تراکتیدی در بخش بهاره و تابستانه در سوزنی برگ (کاج)



شکل ۲۸-۱- تصویر سه بعدی از چوب پهن برگان



شکل ۲۹-۱- مقطع عرضی میکروسکوپی در یک گونه بخش روزنه‌ای از گروه پهن برگان (بلوط)



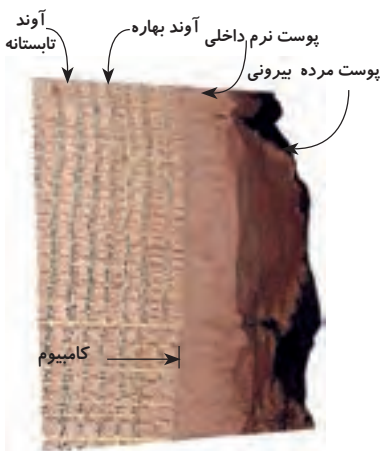
شکل ۳۰-۱- درخت صنوبر خزان کننده



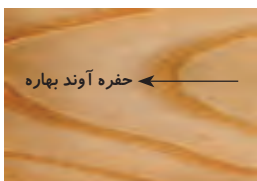
شکل ۳۱-۱- کاج از درختان سوزنی برگ



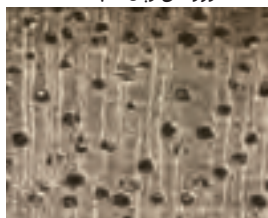
شکل ۳۲-۱- ملز از سوزنی برگان خزان کننده



شکل ۳۳-۱- رؤیت و تفکیک آوند بهاره و تابستانه با چشم غیر مسلح در مقطع عرضی چوب بلوط



شکل ۳۴-۱- حفرات کانال آوندی در چوب بخش روزنه‌ای زبان گنجشک



شکل ۳۵-۱- بخش نیمه روزنه‌ای

## پارانیشیم طولی

چهارمین عنصر در ساختمان چوب پارانشیم طولی نام دارد، این عنصر در بینابین آوندها و فیبرها با آرایش خاصی قرار می‌گیرد. حالت استقرار در شناسایی میکروسکوپی گونه چوبی نقش اساسی دارد. و همچنین ذخیره مواد غذایی را به عهده دارد.

## پهن برگان و سوزنی برگان

دانشمندان در نام‌گذاری و رده‌بندی گیاهان خصوصاً گیاهان چوبی در طول سالیان گذشته تغییرات مختلفی به کار برده‌اند، مانند درختان خزان کننده، همیشه‌سبز، مخروط‌دار، بدون مخروط و ... به این منظور که نام مناسب هر کدام از گروه چوب‌ها تأمین شود. ولی پس از گذشت زمان در آخرین انتخاب نام مناسب‌تری برگزیده می‌شد که اکثر گونه‌های چوبی را به درستی در خود جای دهد، و این نام‌ها پهن‌برگان (شکل ۳۰-۱) و سوزنی‌برگان (شکل ۳۱-۱) هستند. و تا به امروز نسبت به نام‌گذاری‌های قبلی دارای خدشه‌پذیری کمتری بوده و اکثر گونه‌های درختی با این نام‌گذاری به درستی در دو دسته فوق قرار می‌گیرند. البته برخی گونه‌های چوبی هم وجود دارند که از نام‌گذاری فوق استثناء هستند مانند گونه ملز (لاریکس) (شکل ۳۲-۱) در سوزنی‌برگان که یکی از چوب‌های خزان کننده است و گونه‌های مرکبات در پهن‌برگان که همیشه سبز هستند.

## دسته بندی عناصر ساختمانی چوب در پهن برگان و سوزنی برگان

در بعضی از چوب‌ها به ندرت آوند، فیبر و تراکتید با چشم غیر مسلح قابل رؤیت هستند و رؤیت آنها فقط از طریق میکروسکوپ امکان پذیر است. از این نظر چوب‌ها را به سه گروه زیر تقسیم‌بندی می‌کنند (شکل ۳۳-۱ و ۳۴-۱)

### الف) بخش روزنه‌ای

به چوب‌هایی گفته می‌شود که اختلاف قطر آوندهای بهاره آنها با تابستانه زیاد است. به طوری که قطر آوند بهاره در مقطع عرضی و هم‌چنین حفره طولی کانال آوند در مقاطع مماسی و شعاعی بزرگ و با چشم غیر مسلح قابل رؤیت است (شکل ۳۴-۱ و ۳۳-۱)

### ب) بخش نیمه روزنه‌ای

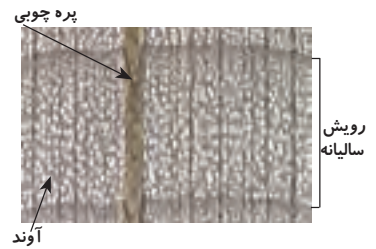
در این نوع چوب‌ها بخش بهاره و تابستانه نسبت به گروه اول اختلاف کمتری دارند. ولی تفاوت بین قطر آوند چوب بهاره و تابستانه قابل توجه است، این اختلاف ممکن است در بعضی گونه‌ها با چشم غیرمسلح مشاهده نشود، ولی معمولاً از طریق میکروسکوپ قابل رؤیت است (شکل ۳۵-۱)

### ج) پراکنده آوند

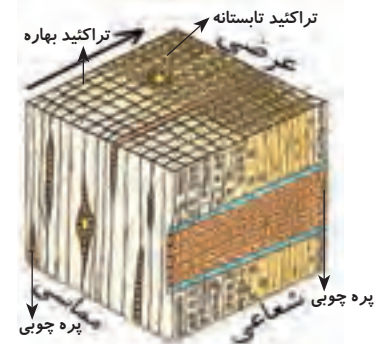
در این دسته از چوب‌ها اختلاف بین چوب بهاره و تابستانه بسیار اندک است و هیچ مرز مشخصی بین چوب بهاره و تابستانه وجود ندارد لذا به این گروه از چوب‌ها پراکنده آوند می‌گویند. و مطالعات عناصر ساختمانی آن‌ها فقط از طریق بررسی میکروسکوپی امکان پذیر است (شکل ۳۶-۱).

### \*انواع چوب سوزنی برگان

عناصر ساختمانی این گروه چوب‌ها همانند پهن برگان به دسته‌بندی خاصی نیاز ندارند، و از ساختمان ساده‌ای برخوردارند. (شکل ۳۷-۱)، تراکتید عنصر اصلی در ساختمان این گونه چوب‌ها هستند. لایه رویش سالیانه به دو لایه بهاره و تابستانه تقسیم می‌شود. که در اکثر گونه‌های این گروه تغییر چوب بهاره به تابستانه به صورت تدریجی و بدون مرز مشخص است. دارای تعداد کمی پره چوبی تک‌ردیفه بوده که معمولاً با چشم غیرمسلح قابل رؤیت نیست. در اکثر چوب‌های سوزنی برگان کانال‌های رزینی وجود دارد.



شکل ۳۶-۱- عناصر ساختمانی در چوب پراکنده آوند صنوبر



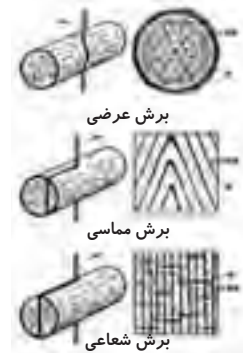
شکل ۳۷-۱- تصویر سه بعدی از یک چوب سوزنی برگ

### ناهمگنی و هر سو نایکسانی

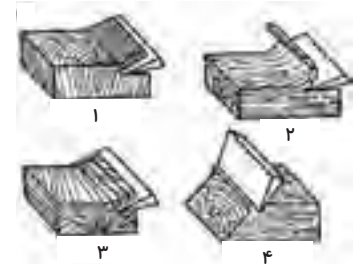
با بررسی ساختمان چوب و عناصر تشکیل دهنده آن به این نتیجه می‌رسیم که: اختلاف جهت الیاف، اندازه و ابعاد عناصر، تفاوت جرم مخصوص، بهاره و تابستانه بودن آن و دلایل دیگر، از چوب ماده‌ای ناهمگن و هر سو نایکسان ساخته است. این وضعیت باعث شده است که خواص فیزیکی چوب متفاوت گردد.

به خاطر همین چوب یک ماده با ویژگی‌های خاصی می‌باشد و از نظر خواص مقاومتی تفاوت زیادی با سایر مواد و مصالح صنعتی و ساختمانی دارد.

اگر توجه کنید چوب را نمی‌توان در جهات مختلف به طور یکسان اره یا رنده کرد. زیرا جهت الیاف در مقاطع مختلف چوب متفاوت است. واکنش چوب به پدیده‌های فیزیکی مانند هم کشیدگی و واکشیدگی، جرم مخصوص و ...، همچنین تحمل به انواع بارها (مقاومت‌های کششی و ...) در یک قطعه چوب در سه جهت یکسان نیست. به طوری که اره کردن و رنده کردن مقطع عرضی (در جهت عمود بر الیاف) نسبت به جهات مماسی و شعاعی (جهت موازی الیاف) به سختی انجام می‌شود. (شکل ۳۸ و ۳۹-۱) خواص فیزیکی و مکانیکی چوب در جهات مماسی و شعاعی تفاوت زیادی ندارند، ولی همان جهات چوب در مقایسه با جهت عرضی (مقطع عرضی) دارای اختلاف زیادی است. (شکل ۳۹ و ۴۰-۱)



شکل ۳۸-۱- بریدن چوب در جهت سه گانه



شکل ۳۹-۱ و ۴۰-۱- رندیدن چوب در مقاطع و زوایای مختلف

۱- برش سر چوب  
۲- برش در جهت الیاف  
۳- برش محوری  
۴- برش تحت زاویه

### چوب‌های غیرطبیعی یا واکنشی

در شرایط رویشگاهی نامناسب مانند شیب‌های تند و یا انشعاب شاخه از تنه و ..... چوبی تولید شود که نامتقارن و تنش‌زا باشد. (شکل ۴۲-۱ و ۴۱-۱)، به این گونه چوب‌ها «چوب

واکنشی» گفته می‌شود، چوب واکنشی بافت واقعی و فعال درخت است که تلاش برای رویش ارگان‌های اصلی را در شرایط طبیعی تغییر داده تا به حالت تعادل برسد. تفاوت در بافت این گروه از چوب‌ها با چوب‌های معمولی در این است که اختلاف پهنای دایره سالیانه در یکسوی تنه و شاخه بیشتر از سمت دیگر است و به خاطر همین مغز این گونه از چوب‌ها از مرکز گرده‌بینه خارج شده و به صورت برون مرکزی ظاهر می‌شود. (شکل ۴۳-۱)



شکل ۴۱-۱- انشعاب شاخه از تنه در پهن برگان و ایجاد چوب کششی در قسمت بالا



شکل ۴۲-۱- تنه خمیده درختان



شکل ۴۳-۱- برون مغزی در مقاطع چوب‌های واکنشی



شکل ۴۴-۱- چوب فشاری



شکل ۴۵-۱- تنه درختان سوزنی برگ

چون ناهمگنی شدید در تنه این گونه چوب‌ها بوجود می‌آید الیاف تخته‌های به دست آمده از آنها دارای اختلاف ساختاری (جهت‌گیری الیاف) بسیار شدیدی در سطح رو و زیر تخته هستند و غالباً دچار خمیدگی می‌شوند لذا اصطلاحاً به این گونه چوب‌ها چوب‌های واکنشی، (ناراحت یا تنش‌زا) می‌گویند.

اثر نیروی ثقل و تغییر تعادل وزنی به دلیل قرار گرفتن در شیب و ... از عوامل اصلی و مؤثر در تولید چوب واکنشی است. چوب واکنشی از نظر آناتومی "شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی" با چوب طبیعی فرق دارد و دارای ارزش فنی و اقتصادی کمتری می‌باشد. به همین دلیل آن‌ها را نمی‌توان در ساخت محصولات با کیفیت بالا استفاده نمود.

این نوع چوب‌ها در پهن برگان در بخش بالایی تنه و شاخه (در محل اتصال به تنه) ایجاد شده و به عنوان چوب کششی و در سوزنی برگان در قسمت زیرین تنه و شاخه متصل به تنه به وجود می‌آید و به آنها چوب فشاری گفته می‌شود.

### چوب فشاری و چوب کششی

چوب واکنشی در سوزنی برگان و پهن برگان به دو شکل متفاوت دیده می‌شود. در سوزنی برگان تنه درخت خمیده، تفاوت فرم قرار گرفتن الیاف (تراکئیدها) نسبت به سمت مقابل آن در نیمه دیگر تنه بسیار زیاد می‌شود و در تبدیل تنه (گرده بینه) به تخته، تخته‌هایی که از سمت خمیده به دست می‌آیند به آنها چوب فشاری (تنش‌زا) می‌گویند. (شکل ۴۴-۱) و این اشکال در مورد چوب شاخه‌های منشعب از ساقه نیز صادق است. (شکل ۴۵-۱). از این نوع چوب‌ها تخته‌های خمیده به دست می‌آید و به هنگام مصرف دورریز زیادی برای خارج کردن قسمت خمیده ضایعات زیادی تولید می‌شود و تخته‌های حاصل دارای سطوح ناصاف و خشن هستند.

در پهن برگان چوبی که در بالای قسمت خمیده درخت تولید می‌شود، به آن چوب کششی می‌گویند. همانند چوب فشاری سوزنی برگان ذکر شد اختلاف فرم قرار گرفتن الیاف (آوندها و فیبرها) و جرم مخصوص متفاوت و نامتقارن بودن دایره سالیانه در گرده بینه باعث به وجود آمدن چوب کششی در پهن برگان می‌شود. (شکل ۴۶-۱) این پدیده را چوب کششی (تنش‌زا) می‌گویند. به طور حتم این گونه چوب‌ها از نظر مصرف مناسب نمی‌باشند.

چوب‌های کَششی هم مانند چوب فشاری از نظر مصرف برای ساخت مبلمان، از کیفیت لازم برخوردار نیستند.

برخی ویژگی‌ها و خواص فیزیکی و مکانیکی چوب‌ها واکنشی (چوب‌های کَششی و فشاری) از نظر آناتومی، شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی با چوب طبیعی متفاوت است، تشخیص چوب بهاره و تابستانه مشکل است هم کشیدگی و واکنش طولی در این گونه چوب‌ها بیشتر است به دلیل افزایش لیگنین در بخش‌های واکنشی، سختی و جرم مخصوص افزایش می‌یابد. اختلاف دوایر سالیانه در مقطع چوب‌های واکنشی کاملاً قابل رؤیت است. استفاده از این چوب برای تهیه قطعات با اندازه و ابعاد مورد نظر مقدار دورریز زیاد دارد و همچنین به لحاظ تغییر جهت الیاف از سطوح زبری برخوردار است که هزینه پرداخت و آماده‌سازی برای رنگ را در سازه‌های چوبی ساخته شده از چوب‌های واکنشی افزایش می‌دهد.



شکل ۴۶-۱- چوب کَششی در تنه‌های خمیده درختان پهن برگ

## تحقیق کنید



۱- برای تهیه روکش با نقش و نگار زیبا چه تدبیری لازم است؟

.....

۲- راهکارهای مطلوب رنگ‌کاری چوب‌های با الیاف پیچیده را بررسی کنید.

.....

۳- نقش لیگنین در چوب را بررسی کنید.

.....

۴- تعدادی از چوب‌های تجارتي و صنعتی را از نظر علمی شناسایی کنید مانند: نام علمی، نام تجاری، مقاطع ماکروسکوپی و میکروسکوپی، دلایل تفاوت رنگ بلوط، راش، ون، توسکا، افرا، نوئل، کاج، نراد

(هنرجویان عزیز، شما در تحقیق و پژوهش می‌توانید از منابع مختلف مانند: کتاب‌های درسی، کتاب‌های تخصصی مربوطه، اینترنت و آزمایشگاه بهره‌گیری البته در بهره‌مندی و راهنمایی مفید از هنرآموزان نیز نهایت استفاده را به عمل آورید.)





## خودآزمایی

- ۱- دو روش برای تعیین سن درخت را شرح دهید.
- ۲- تقسیمات مختلف یک درخت را ترسیم کنید.
- ۳- چند برش در تبدیل گرده‌بینه به الوار را نام ببرید.
- ۴- جرم مخصوص تنه، شاخه و گره در کدام گزینه به طور صحیح مرتب شده است؟  
الف) تنه < شاخه < گره ب) گره < شاخه < تنه ج) گره < تنه < شاخه د) شاخه < گره < تنه
- ۵- حفره آوندی در چوب بهاره و چوب تابستانه چگونه است؟
- ۶- تراکتید و نقش آن در درخت سرپا را شرح دهید.
- ۷- ناهمگنی و هرسونایکسانی چوب یعنی چه؟
- ۸- چرا سر چوب را نمی‌توان خوب رندید؟
- ۹- یک گونه‌ی چوبی خزان‌کننده سوزنی‌برگ را نام ببرید.



## نمونه سؤال امتحان نهایی

- ۱- (دی ماه ۱۳۸۶) چوب را تعریف کنید.  
چوب ماده‌ای است که از ساقه گیاهان چوبی به دست می‌آید و از سلول‌های عمدتاً دوکی شکل و توخالی تشکیل شده است که به موازات یکدیگر و در راستای طول درخت قرار دارند.
- ۲- (خرداد ماه ۱۳۸۷) مطالعات مربوط به خواص چوب در سه برش یا مقطع انجام می‌شود، نام ببرید. این برش‌ها چگونه به دست می‌آیند؟  
عرضی، شعاعی، مماسی. مقطع عرضی با قطعه تنه عمود بر محور طولی درخت مقطع شعاعی و مماسی هر دو طولی و با برش تنه درخت در جهت موازی با محور طولی درخت
- ۳- (شهریور ماه ۱۳۸۷) تفاوت چوب‌های بهاره و تابستانه را بنویسید.  
چوب بهاره: در آغاز فصل رویش تشکیل می‌شود. حاوی سلول‌های درشت، دیواره (غشاء) سلولی نازک، رنگ روشن بوده و به آن چوب آغاز گویند.  
چوب تابستانه: در پایان دوره رویش به وجود می‌آید. حفره‌های سلولی تنگ‌تر و غشاء سلولی ضخیم‌تر و رنگ تیره‌تر دارد.
- ۴- (دی ماه ۱۳۸۷) تفاوت چوب کششی و فشاری را بنویسید.

چوب فشاری در قسمت تحتانی ، شاخه و تنه در ختان سوزنی برگ اما چوب کششی در قسمت فوقانی شاخه و تنه درختان پهن برگ دیده می‌شود.

۵- (خرداد ماه ۱۳۸۸) سه جهت اصلی در چوب را نام ببرید. علامت اختصاری هر یک را ذکر کنید.

الف) جهت طولی یا محوری (L)      ب) جهت مماسی (T)      ج) جهت شعاعی (R)  
۶- (شهریور ماه ۱۳۸۸) لایه زاینده (کامبیوم) را تعریف کنید.

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.

۷- (دی ماه ۱۳۸۸) برون چوب را تعریف کنید.

این قسمت از چوب بلافاصله بعد از لایه زاینده قرار دارد رنگ آن معمولاً روشن‌تر از قسمت مرکزی ساقه (یا شاخه) و حاوی سلول‌های زنده و فعال است و شیرابه را از ریشه به برگ‌ها انتقال می‌دهد.

۸- (خرداد ماه ۱۳۸۹) درون چوب چیست و خصوصیات آن را بنویسید.

بخش میانی تنه درخت به میان چوب معروف است سلول‌های این قسمت غیر فعال بوده با تغییر تدریجی چوب برون تشکیل می‌شود در اکثر گونه‌ها رنگ آن تیره‌تر از برون است و کار آن ذخیره مواد استخراجی و تأمین مقاومت مکانیکی درخت است.

۹- (شهریور ماه ۱۳۸۹) اشعه چوبی چیست؟ وظیفه آن را بنویسید.

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.

۱۰- (دی ماه ۱۳۸۹) چوب‌های غیر طبیعی یا واکنشی را تعریف کنید.

معمولاً در قسمت خمیده تنه و قسمت‌های فوقانی و زیرین شاخه‌های درخت چوبی تشکیل می‌شود که خصوصیات آن با چوب طبیعی یا نرمال کاملاً فرق دارد این گونه چوب‌ها در سوزنی‌برگان به چوب فشاری و در پهن‌برگان به چوب کششی معروف‌اند.

# فصل دوم رنگ ، بو و طعم چوب



## پیش آزمون



۱- نقش بو و طعم در تشخیص چوب را بیان کنید.

.....  
.....  
.....

۲- چرا چوب دارای رنگ است؟

.....  
.....  
.....

۳- آیا مواد رنگی معدنی در رنگ آمیزی چوب نقش دارند؟

.....  
.....  
.....

۴- آیا رنگ چوب می تواند یک عامل مهم و با ثبات به شناسایی دقیق چوب کمک کند؟

.....  
.....  
.....

۵- کدام عنصر ساختمانی چوب نقش اصلی و اساسی در نقش و نگار چوب دارد؟

.....  
.....  
.....

۶- نقش لیگنین از ترکیبات شیمیایی چوب چیست؟

.....  
.....  
.....

۷- مواد استخراجی چه تأثیری بر خواص فیزیکی دارد؟

.....  
.....  
.....

## عوامل مؤثر در ایجاد نقوش زیبای چوب



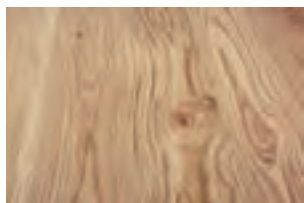
شکل ۱-۲- نقوش زیبای چوب راش



شکل ۲-۲- نقوش گردوی آمریکا



شکل ۲-۳- نقوش چوب ملج



شکل ۲-۴- نقوش چوب بلوط



شکل ۲-۵- نقوش چوب ونگه



شکل ۲-۶- چوب صنوبر



شکل ۲-۷- چوب نمدار

کیفیت و زیبایی نقوش چوب که به وسیله الیاف چوب بهاره و تابستانه به صورت دواير ساليانه روشن و تيره جلوه می کند بستگی به فرم قرار گرفتن الیاف، انحراف الیاف از محور طولی، ضخامت دواير ساليانه، اندازه ابعاد و پراکندگی پره های چوبی دارد. این زیبایی منحصر به فرد یکی از شاهکارهای خلقت است. ( شکل ۱-۲)

## نقش چوب و ترکیبات آن در رنگ، بو و طعم

قبل از پرداختن به موضوع رنگ چوب، لازم است با نقوش چوب و عوامل بوجود آورنده آن آشنا شویم.

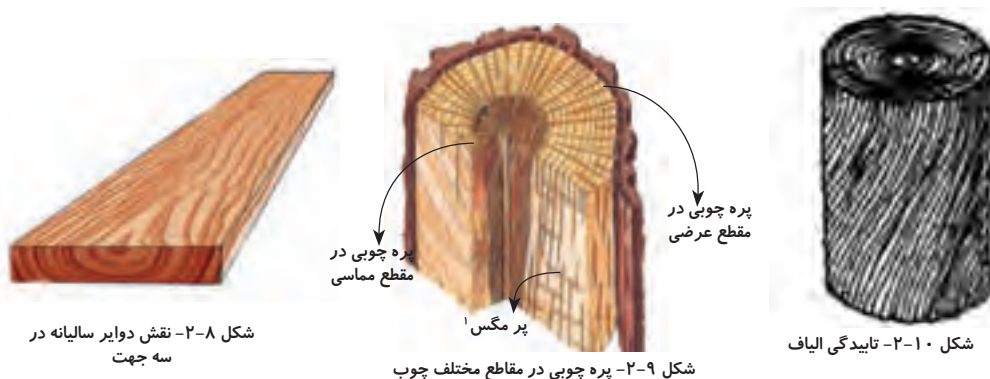
تفاوت رنگ در بافت های مختلف چوب نقش و نگار چوب را بوجود می آورد. در گونه های چوبی (شکل های ۲-۲ تا ۲-۵) نقش و نگار زیبا و ترکیب رنگی متفاوتی که در بافت های چوب ایجاد شده، باعث خلق جلوه ای زیبا گردیده است. این مظهر زیبایی نشانه بسیار کوچکی از عظمت خداوند در خلقت شگفت انگیز طبیعت است، که همانا خداوند زیبایی را دوست دارد. در چوب هایی که فاقد نقش و نگار هستند رنگ بندی خاصی وجود نداشته و جلوه ای ندارند، و رنگ بی روح و با پراکندگی تقریباً یکسان و مات دیده می شود. مانند چوب نمدار و صنوبر در (شکل ۶ و ۷-۲).

## عوامل ایجاد نقش و نگار در چوب

عوامل ایجاد نقش و نگار در چوب عبارتند از :

دواير ساليانه در مقاطع مختلف ( شکل ۸-۲)، پره های چوبی ( شکل ۹-۲) و تابیدگی الیاف (شکل ۱۰-۲).

علت همه این تفاوت ها پراکنش نایکسان مواد رنگی معدنی در عناصر چوبی و فرم قرار گرفتن این عناصر در ساختار چوب می باشد.



شکل ۲-۸- نقش دواير ساليانه در سه جهت

شکل ۲-۹- پره چوبی در مقاطع مختلف چوب

شکل ۲-۱۰- تابیدگی الیاف

۱- پرمگس : پره های چوبی به شکل خاصی در مقطع شعاعی گفته می شود.

## رنگ چوب

مواد استخراجی و معدنی از ترکیبات بی نظیر: رنگ دانه، تانن، اسیدهای چرب، موم و ... تشکیل شده‌اند که یکی از عوامل ایجاد کننده رنگ در چوب هستند، کیفیت و میزان آن بستگی به ارتباط مستقیم با گونه چوبی، سن درخت، ترکیبات خاک جنگل و شرایط آب و هوایی محل رویش درخت و ارتفاع از سطح دریا دارد. رنگ چوب اغلب در اثر تماس با هوای محیط و تابش نور خورشید بر آن تیره‌تر می‌شود.

هر چند رنگ یکی از عوامل شناسایی چوب است، علیرغم تنوع رنگی زیاد حتی در یک گونه چوبی به طور یقین می‌توان از رنگ برای شناسایی چوب بهره بسیار خوبی را برد. برای جلوگیری از تغییر رنگ معمولاً از پوشش‌های مقاوم به نفوذ مخرب‌های چوب استفاده می‌شود. خصوصاً زمانی که چوب به عنوان نمای ساختمان‌ها، پرچین و به عنوان سازه‌های چوبی که در فضای آزاد باز قرار می‌گیرند، استفاده شود. (شکل ۱۱-۲)

در بعضی مواقع صاحبان صنعت مبلمان برای از بین بردن رنگ چوب به منظور هماهنگ کردن رنگ قطعات یک سازه چوبی و یا به منظور دیگر از اسیدهای آلی رنگ بر استفاده می‌کنند.



شکل ۱۱-۲- ساختمان چوبی



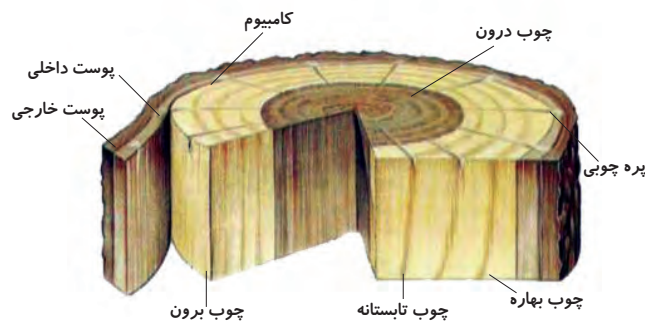
شکل ۱۳-۲- چشمک در مقطع مماسی چوب راش



شکل ۱۴-۲- پر مگس در مقطع شعاعی چوب بلوط

## الف) اثر دواير ساليانه

دواير ساليانه نقش اصلی در ایجاد نقش و نگار در چوب را دارند. اختلاف رنگ چوب بهاره و تابستانه به صورت حلقه‌های سالیانه روشن و تیره می‌باشند، به طوری که رویش سالیانه چوب به صورت حلقه بهاره و تابستانه در اطراف مغز درخت بوجود می‌آورد. (شکل ۱۲-۲)



شکل ۱۲-۲- آثار عناصر درخت و چوب در مقاطع مختلف چوب

## ب) اثر پره چوبی

پره چوبی، در مقطع مماسی چوب به صورت کوچک و باریک تر مانند چشمک در چوب راش (شکل ۱۳-۲) ظاهر می‌شود و در مقطع شعاعی به صورت بزرگ و پهن تر مانند پر مگس<sup>۱</sup> در چوب بلوط (شکل ۱۴-۲) مشاهده می‌شود. در مقطع عرضی به صورت خطوط شعاعی از مغز درخت به سمت پوست (شکل ۱۲-۲) دیده می‌شود پره چوبی علاوه بر ایجاد نقش و نگار و فراهم کردن جلوه‌ای زیبا از چوب یکی از عوامل مهم در شناسایی چوب‌ها می‌باشند.

۱- پر مگس: به شکل خاص پره‌های چوبی در مقطع شعاعی و در بعضی از گونه‌های پهن برگ که با چشم غیر مسلح قابل رؤیت است گفته می‌شود.

نقوش حاصل از پره چوبی باریک ( یک ردیفه ) با چشم غیر مسلح در مقاطع مماسی و شعاعی قابل رؤیت نیست. مانند گونه چوبی زبان گنجشک (ون) در (شکل ۱۵-۲) در چوب‌های دارای پره چوبی (چند ردیفه) در مقاطع مختلف پره‌های چوبی با چشم غیر مسلح قابل رؤیت هستند. مانند چوب چنار و بلوط در مقاطع مختلف شکل (۱۷ و ۱۶-۲) و در زیبایی چوب‌ها نیز مؤثرند، و همچنین در شناسایی چوب نیز نقش کلیدی دارند.



شکل ۱۵-۲- نقوش چوب ون



شکل ۱۶-۲- آثار پره چوبی زیاد در چنار



شکل ۱۷-۲- ظرف ساخته شده از چوب بلوط



شکل ۱۸-۲- نقوش حاصل از پیچیدگی الیاف در چوب



شکل ۱۹-۲- نقوش چشم بلبلی از آثار پیچیدگی الیاف چوب



شکل ۲۰-۲- رگه‌های تیره در چوب زیتون



شکل ۲۱-۲- رگه‌های تیره در چوب زبرانو

### ج) اثر پیچیدگی الیاف

جهت الیاف چوب معمولاً در راستای محور طولی درخت قرار دارد. ولی به لحاظ شرایط جغرافیایی، ژنتیکی و ... و بعضاً الیاف به صورت مورب، پیچیده و یا موج دار قرار می‌گیرند. ( شکل ۱۸-۲)

آثار پیچیدگی باعث بوجود آمدن نقش و نگار زیبایی می‌شود مانند نقوش زیبای چشم بلبلی در گونه افرای چشم بلبلی. (شکل ۱۹-۲)

### د) اثر مواد رنگی معدنی

اگر مواد رنگی معدنی به صورت یکنواخت در چوب پراکنده شوند، فقط به ایجاد رنگ در چوب منجر می‌شوند. هیچ نقشی در تنوع رنگ و خلق زیبایی چوب نخواهند داشت. همان‌طوری که در فصول قبل عنوان گردید چوب یک ماده هرسو نایکسان است. یعنی خواص آن در جهات مختلف متفاوت است. این تفاوت می‌تواند باعث ایجاد نایکنواختی پراکندگی مواد رنگی در بافت‌ها و مقاطع مختلف چوب شود، و در چوب باعث رنگ آمیزی نقوش می‌گردد. رگه‌های تیره رنگ در چوب زیتون و زبرانو نمونه بارز از این گونه نقوش رنگی در چوب‌ها می‌باشد. (شکل ۲۰ و ۲۱-۲)

جذب مواد شیمیایی متفاوت در بافت‌های الیاف چوب بهاره و تابستانه، پره چوبی باعث تفاوت در شکل‌گیری رنگ‌دانه‌ها و رنگ‌آمیزی خاصی در چوب می‌شود.

### ر) اثر ترکیبات شیمیایی چوب:

۱- سلولز ماده‌ای است به شکل تارهای نازک که در دیواره عناصر ساختمانی مانند فیبرها، تراکئیدها، آوندها، پره چوبی یافت می‌شوند و مقدار آن در چوب‌های مختلف بین ۴۰ تا ۵۱ درصد می‌باشد. (شکل ۲۲ و ۲۳-۲)

۲- همی سلولز هم نوعی دیگری از سلولزها است و همانند سلولز در عناصر ساختمانی چوب یافت می‌شوند و مقدار آن بین ۲۴ تا ۴۰ درصد است. (شکل ۲۳ و ۲۲-۲)

۳- لیگنین ماده دیگری از ترکیبات شیمیایی چوب است که به عنوان ماده چسبنده و اتصال دهنده الیاف چوب در تشکیل ساختمان چوب ایفای نقش می‌کند و مقدار آن در چوب‌ها بین ۱۸ تا ۳۰ درصد است.

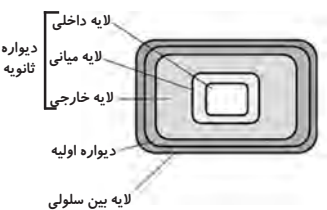
۴- مواد استخراجی به صورت مواد رنگی، تانن، انواع اسیدها، موم، چربی، رزین و ... که مقدار آن بین ۱ تا ۱۰ درصد می‌باشد.

۵- مواد نسوز و معدنی از قبیل فسفر، منیزیم، پتاسیم و سدیم که مقدار آن بین ۰/۲ تا ۱ درصد است. مطابق (جدول ۱-۲)

جمع درصد در ردیف‌های افقی جدول به صددرصد نزدیک می‌شود و این به لحاظ دقت و بکارگیری از روش‌های مختلف آزمایشگاهی می‌باشد.



شکل ۲۲-۲- ساختمان دیواره سلولی پهن برگان



شکل ۲۳-۲- دیواره سلولی (تراکئید) در عناصر ساختمانی سوزنی‌برگان

جدول ۱-۲- ترکیب شیمیایی چند گونه چوبی

ردیف	گونه چوبی	سلولز	همی سلولز	لیگنین	مواد معدنی	مواد استخراجی قابل حل در:	
						آب	استن
۱	کاج	۵۱/۹	۲۰/۵	۲۸/۲	۰/۲	۰/۶	۲/۶
۲	نوئل	۵۸/۳	۱۹/۹	۲۹/۰	۰/۲	۱/۸	۱/۱
۳	بلوط	۳۸/۹	۲۸/۸	۲۳/۸	۰/۳	۱/۸	۴/۳
۴	صنوبر	۵۲/۴	۲۳/۱	۲۰/۳	۰/۲	۲/۲	۲/۱
۵	لاریکس	۴۵/۸	۹/۳	۲۹/۵	۱/۰	۵/۱	۳/۶
۶	نراد	۴۸/۰	۲۳/۱	۲۹/۹	۰/۷	۱/۴	۰/۹
۷	توس	۴۶/۸	۳۲/۹	۲۱/۲	۰/۴	۱/۵	۳/۰
۸	افرا	۴۱/۵	۳۳/۳	۲۳/۱	۰/۳	۰/۵	۰/۳
۹	راش	۴۲/۲	۳۶/۹	۲۰/۸	۰/۵	۰/۶	۰/۵



## ز) اثر درخشندگی چوب

پدیده درخشندگی در چوب بستگی به فرم استقرار الیاف و پره چوبی و تعداد آنها در سطوح چوب و مواد استخراجی موجود دارد. کیفیت درخشندگی چوب ارتباط مستقیم با افزایش درجه صافی سطح و جرم مخصوص چوب دارد. همچنین در مقطع شعاعی پره‌های چوبی درخشنده‌تر از مقطع مماسی هستند و این به لحاظ فرار گرفتن دیواره فشرده و صیقلی پره چوبی (جهت طولی آن) در پهنای مقطع شعاعی می‌باشد (شکل ۲۴-۲).

در صورتی که در مقطع مماسی فقط مقاطع پره‌های چوبی نمایان می‌شوند و آنها اندازه کوچک‌تری از دیواره طولی، پره‌ها می‌باشند، مانند پره‌های چوبی چوب راش. (شکل ۲۵-۲) پره چوبی در مقطع نیمه شعاعی و نیمه مماسی (بینابینی) در گونه‌های مختلف با درخشندگی خاص و ابعاد متفاوت ظاهر می‌شود. معمولاً از ابعاد پره چوبی در مقطع شعاعی کوچک‌تر و در مقطع مماسی بزرگ‌تر می‌باشند. مانند پره چوبی در برش بینابینی چوب راش. (شکل ۲۶-۲)

بعضی گونه‌ها پره‌های چوبی ریز، بعضاً پرتعداد و براق هستند مانند چوب افرا. (شکل ۲۷-۲) و همچنین در گونه‌هایی از چوب‌ها درخشندگی پره چوبی اندک است و ظاهری مات دارند. مانند چوب توسکا.



شکل ۲۴-۲- طول پره چوبی (پره مگس) در پهنای برش شعاعی در چوب بلوط



شکل ۲۵-۲- مقطع پره چوبی (چشمک) در برش مماسی در چوب راش



شکل ۲۶-۲- پره چوبی در برش بینابینی



شکل ۲۷-۲- پره چوبی ریز در جهت برش مماسی افرا

## ه) اثر مواد استخراجی

مواد استخراجی نقش مؤثری در تغییر خواص فیزیکی و دوام طبیعی چوب دارد. ترکیب و نوع رزین موجود در چوب به فاکتورهای اصلی همچون مکان رویشگاه، سن درخت و عوامل ژنتیکی بستگی دارد. بو و طعم چوب به دلیل وجود مواد استخراجی می‌باشد در دما و رطوبت پایین بوی چوب ضعیف و حتی ممکن است محسوس نباشد اما با افزایش رطوبت و دما، بوی چوب انتشار می‌یابد و محسوس‌تر می‌شود. البته بعضی از بوهای منتشره از چوب به خاطر اثر قارچ‌ها و پوسیدگی چوب می‌باشد. این قارچ‌ها غشاء سلول‌های چوب را تجزیه می‌کنند و باعث ایجاد پودر چوب می‌شوند و در این میان مواد استخراجی نیز تجزیه شده و منشأ تولید بو در چوب می‌شود. همچنین ممکن است مواد ذخیره‌ای از قبیل پروتئین‌ها و چربی‌ها در سلول‌های پارانشیمی که در اثر تجزیه عوامل قارچی تولید بوی نامطلوب کنند. نوع بو در چوب‌ها به لحاظ وجود ترکیبات مواد استخراجی و غذایی مختلف متفاوت است. این تفاوت در شناسایی چوب مؤثر می‌باشد. خصوصاً چوب‌های تازه قطع شده بوی بیشتری دارند. لذا به راحتی بدون نیاز به ابزار آزمایشگاهی و تهیه نمونه و مطالعه می‌توان چوب را شناسایی کرد.

بو در بعضی از چوب‌ها به دوام طبیعی آن هم کمک می‌کند به طوری که از بوی بعضی از گونه‌های چوبی حشرات گریزانند. مانند چوب زربین در سوزنی برگان، از چوب زربین برای ساخت کمد لباس و رختخواب استفاده می‌شود، بوی چوب زربین برای حشرات خانگی مزاحمت ایجاد می‌کند.

مواد استخراجی به بعضی چوب‌ها تالو و درخشندگی ویژه‌ای می‌بخشد (شکل ۲۸-۲) مانند درخشندگی پره‌های چوبی در اغلب چوب‌ها و یا درخشندگی الیاف چوب. (شکل ۲۹-۲ و ۳۰-۲)

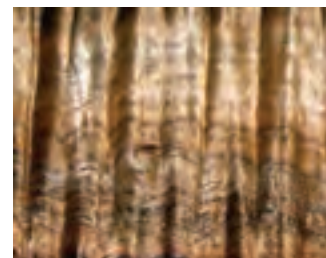
نفوذ چسب به چوب برون بیشتر از چوب درون است، لذا خاصیت چسبندگی بهتری را ایجاد می‌کند از آنجائیکه چوب درون دارای مواد استخراجی بیشتری نسبت به چوب برون می‌باشد و چسب‌خوری کمتری دارد، این امر باعث می‌شود اتصال‌های ایجاد شده با چسب در سازه‌هایی که از چوب درون ساخته شده‌اند مقاومت بهتری داشته باشند. ولی در عوض باعث صرفه‌جویی در مصرف چسب می‌شوند. نفوذ مایعات و رنگ‌پذیری چوب با افزایش مواد استخراجی کاهش می‌یابد. این به لحاظ وجود مواد استخراجی بیشتر در چوب تابستانه و چوب درون است. تجربه نشان داده، به هنگام انتقال آستری و رنگ بر روی چوب کاج، خصوصاً لاریکس به خاطر بافت فشرده و رنگ تیره چوب در بخش‌های تابستانه و چوب درون به لحاظ مواد استخراجی بیشتر، رنگ کمتری نسبت به چوب بهاره و چوب برون جذب شود. همین امر ایجاد پوشش یکنواخت روی سطوح چوب‌های مشابه کاج را با مشکل روبرو می‌کند. (شکل ۳۲-۲ و ۳۱-۲)

افزایش تانن در چوب به عنوان یکی از مواد استخراجی باعث افزایش دوام طبیعی چوب می‌شود تانن به عنوان یکی از مواد گندزدایی (ضد عفونی کننده) و همچنین یک ماده حلال اقتصادی است و آن را از چوب استخراج می‌کنند.

به عنوان مثال، چوب راش علیرغم جرم مخصوص بیشتر نسبت به چوب کاج، دارای دوام طبیعی کمتری می‌باشد. این به لحاظ وجود تانن بیشتر در چوب کاج است. چوب بلوط هم دارای تانن می‌باشد. به همین دلیل یکی از چوب‌های با دوام کشور و مناطق معتدله جهان است تانن در پاک‌سازی (دباغی) پوست حیوانات برای ساخت چرم نیز استفاده می‌شود. (جدول ۱-۲)

### چربی چوب

چربی مانع نفوذ مایعات و خصوصاً رنگ‌های محلول در آب می‌گردد. (شکل ۳۳-۲) چوب ملز) این حالت محاسن و معایبی خواهد داشت. این گونه چوب‌ها جذب رنگ کمتری دارند



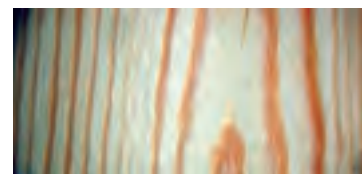
شکل ۲۸-۲ - درخشندگی الیاف چوب



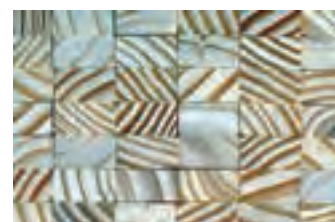
شکل ۲۹-۲ - درخشندگی پره چوبی



شکل ۳۰-۲ - درخشندگی پره چوبی الیاف



شکل ۳۱-۲ - نمای چوب کاج با چوب بهاره و تابستانه متفاوت



شکل ۳۲-۲ - نمای چوب لاریکس با چوب بهاره و تابستانه متفاوت



شکل ۳۳-۲ - تصویر چوب ملز (لاریکس)



شکل ۳۴-۲- چوب تیک



شکل ۳۵-۲- چوب بلوط قرمز

و باعث صرفه جویی در مصرف رنگ می‌شوند. از طرف دیگر سطح چوب یک ماده ناهمگن است و ذخیره ماده چربی در بافت‌های آن متفاوت است لذا جذب آستری و رنگ یکنواخت نخواهد بود.

چربی چوب همچنین مانع نفوذ رطوبت می‌شود. عدم نفوذ رطوبت به چوب و یا کاهش رطوبت پذیری باعث رهایی چوب از پدیده هم‌کشیدگی و واکشیدگی می‌شود و در نتیجه دوام طبیعی چوب بالا می‌رود. شکل تیک از گونه‌های استوایی. (شکل ۳-۲)

رنگ چوب اغلب ارتباط مستقیم با نوع و مقدار مواد استخراجی موجود در چوب دارد. با افزایش مواد استخراجی در چوب‌ها رنگ آنها تیره‌تر می‌شود. چوب‌های تیره رنگ معمولاً دوام طبیعی بیشتری دارند مانند چوب بلوط و لاریکس. (شکل ۳۵-۲)

در بین چوب‌های سفید سوزنی برگ لاریکس و چوب بلوط از پهن‌برگان دارای رنگ تیره و دوام طبیعی بالا می‌باشند.

چوب سرو خمره‌ای به عنوان یک استثناء، با رنگ روشن در بین سوزنی‌برگان دارای دوام طبیعی بیشتری است. مواد استخراجی موجود در چوب با ترکیبات شیمیایی مختلف است.

## مشخصات کاربردی چوب

آشنایی با مشخصات فیزیکی و مکانیکی گونه‌های چوبی می‌تواند در انتخاب کاربرد مناسب آنها بسیار مفید باشد. بکارگیری درست هر کدام از چوب‌ها در ساخت سازه‌های چوبی باعث کاهش هزینه مواد اولیه و افزایش کیفیت و طول عمر محصول می‌گردد. به همین منظور مشخصات فنی و کاربردی تعدادی گونه‌های چوبی در جدول ۲-۲ معرفی می‌شود.

در این جدول رنگ‌های موجود در چوب از روشن به تیره به ترتیب از حرف C با بالاترین ضریب (۴C) شروع و پس از کاهش ضریب به حرف CT و سپس در آخر حرف T که یک چوب تیره است مورد شناسایی و نام‌گذاری می‌شوند.

در مورد تعیین درجه سختی چوب‌ها هم نام‌گذاری مشابه شناسایی رنگ چوب می‌باشد.

جدول ۲-۲- مشخصات فیزیکی و مکانیکی تعدادی از گونه‌های چوب

ردیف	گونه چوب	جرم مخصوص kg/m <sup>۳</sup>	مقایسه رنگ	سختی چوب برای منبت کاری	مقاومت به فشار در جهت طولی الیاف
۱	توس	۶۵۰	۴C	۲T	۵۰۰
۲	آلبالو	۹۰۰-۶۸۰	CT	T-TM	-
۳	برگ	۶۰۰	C	۲T	-
۴	بلوط	۷۰۰	C	۲T	۵۴۰
۵	نوئل	۴۶۰	۳C	۲M	۳۲۰
۶	بید	۵۰۰-۴۵۰	۲C	۳M	-
۷	افرا	۵۷۰-۶۷۰	۳C-۲C	۲T	-
۸	لاریکس	۶۸۰	C	TM	۴۲۰
۹	نمدار	۵۰۰-۴۰۰	۴C	۴M-۲M	۳۱۵
۱۰	ارس	۷۰۰	۲C	۳M	-
۱۱	توسکا	۵۰۰	C-CT	۲M	۳۵۰
۱۲	نراد	۳۷۰-۴۴۰	۲C	۴M-۳M	۲۹۰-۳۴۰
۱۳	گردو	۶۰۰	C-CT	T-TM	۵۰۰
۱۴	کاج	۵۲۰	۲C	M-۲T	۳۴۰-۳۷۰
۱۵	زبان گنجشک	۶۸۰	C	۲T	۳۵۰-۴۰۰
۱۶	صنوبر	۴۲۵	۳C-۲C	۴M-۳M	-

✓ از رنگ خیلی روشن به رنگ خیلی تیره به ترتیب نام گذاری می شود.

۴T ، ... ، C ، CT ، ... ، ۴C

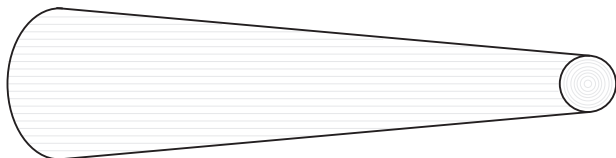
✓ چوب نرم به چوب سخت به ترتیب حروف زیر نام گذاری گردیده است:

۴M، ۳M، ... ، T ، TM ، M، ... ، ۴T



## تحقیق کنید

۱- شکلی ترسیم کنید که در آن اختلاف قطر میان ابتدا و انتهای گرده‌بینه مشخص و با برش و تبدیل به الوار تأثیر آن در نقش و نگار را بررسی کنید.



.....  
 .....  
 .....

۲- تأثیر رنگ در نقش و نگار و ارزش اقتصادی چوب‌ها را بررسی کنید.

.....  
 .....

۳- تعدادی از چوب‌های تجاری و صنعتی داخل کشور را از نظر زیبایی نقوش دسته‌بندی کنید.

.....  
 .....

۴- به صورت گروهی در مورد شناسایی چوب‌های منطقه خود بررسی و تحقیق کنید.

.....  
 .....



## خودآزمایی

۱- نقوش چوب آثار کدام عناصر ساختمانی می‌باشد؟

۲- نقش پره چوبی در مقاطع مماسی و شعاعی چوب‌ها چه طور ظاهر می‌شود؟

۳- بیشترین ترکیبات شیمیایی چوب مربوط به کدام ماده است؟

۴- درخشندگی چوب در کدام عنصر ساختمانی ظاهر می‌شود؟

۵- آیا بو به دوام طبیعی چوب کمک می‌کند؟ مختصر شرح دهید.

۶- مواد استخراجی چه طور بر خواص فیزیکی تأثیر می‌گذارد؟

۷- از مواردی که باعث افزایش دوام طبیعی چوب می‌شوند نام ببرید.



## نمونه سؤال امتحان نهایی

- ۱- (دی ماه ۱۳۸۶) رنگ چوب ناشی از چه موادی است و در کجا وجود دارد؟  
رنگ چوب ناشی از مواد شیمیایی، مانند: تانن، رزین‌ها، روغن‌ها، اسیدهای آلی، مواد رنگی و ... غالباً در چوب درون و به نسبت کمتری در چوب برون ذخیره می‌شوند و به آنها مواد استخراجی می‌گویند.
- ۲- (خرداد ماه ۱۳۸۷) تیره شدن چوب در مجاورت هوا غالباً در برون چوب پدید می‌آید یا درون چوب؟ علت این تغییر رنگ چیست؟  
در برون چوب چنین تغییر رنگی منشأ شیمیایی دارد و در نتیجه اکسید شدن ترکیبات معدنی موجود در چوب به وجود می‌آیند.
- ۳- (خرداد ماه ۱۳۸۷) بوی چوب ناشی از چیست؟  
بوی چوب ناشی از وجود مواد استخراجی فرّار در چوب است. این مواد اکثراً در دیواره سلول‌های چوب درون ذخیره می‌شوند.
- ۴- (شهریور ماه ۱۳۸۷) مواد استخراجی چیست، چه تأثیری بر دوام طبیعی چوب دارد؟  
مواد شیمیایی مانند تانن، رزین‌ها، روغن‌ها، اسیدهای آلی، مواد رنگی. در مقابل حمله قارچ‌های عامل پوسیدگی چوب و حشرات مانند سم عمل می‌کند و از پوسیدگی چوب جلوگیری می‌نماید.
- ۵- (دی ماه ۱۳۸۷) به طور کلی چه عواملی باعث تغییر رنگ در چوب می‌شوند؟ چهار مورد کافی است.  
رطوبت، نور، خورشید، قرار گرفتن در معرض هوای آزاد، ذخیره شدن بیش از حد مواد استخراجی، حمله باکتری‌ها و قارچ‌ها
- ۶- (دی ماه ۱۳۸۷) تأثیر بوی چوب بر دوام طبیعی آن را بنویسید.  
بعضی از چوب‌ها دارای بوی مخصوصی هستند که حشرات چوب‌خوار را از خود دور می‌سازند، به عبارت دیگر «حشره گریز» هستند به همین دلیل، دوام طبیعی آنها زیاده‌تر از چوب‌های بی‌بوست. (مثل چوب زربین)
- ۷- (خرداد ماه ۱۳۸۸) علت تیره شدن چوب در مجاورت هوا را بنویسید.  
این تغییر رنگ غالباً در برون چوب پدید می‌آید. چنین تغییر رنگی منشأ شیمیایی و در نتیجه اکسید شدن ترکیبات معدنی موجود در چوب به وجود می‌آید.
- ۸- (شهریور ماه ۱۳۸۸) نام چهارگونه چوبی با دوام طبیعی بالا را بنویسید.  
گردو، سکویا، سرو، سدر، ارس، بلوط و آفاقیا

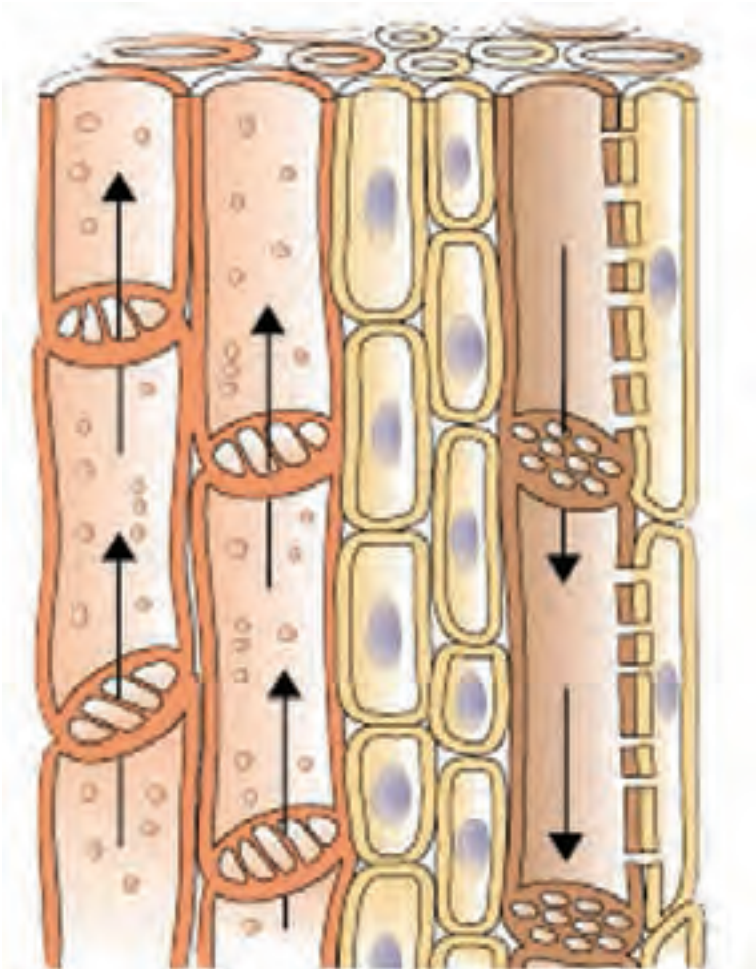
- ۹- (دی ماه ۱۳۸۸) رنگ چوب توسکا پس از بریده شدن درخت به سرعت از ..... به ..... و بعد به قهوه‌ای مایل به زرد تغییر می‌یابد.  
سفیدی و قرمزی
- ۱۰- (دی ماه ۱۳۸۸) سه گونه چوبی کم‌دوام را نام ببرید.  
صنوبر، بید، نمدار
- ۱۱- (خرداد ماه ۱۳۸۹) بوی چوب چه تأثیری بر دوام طبیعی آن دارد؟  
بعضی از چوب‌ها دارای بوی مخصوصی هستند که حشرات چوب‌خوار را از خود دور می‌سازند و به عبارت دیگر حشره‌گریز هستند و به همین دلیل دوام طبیعی آنها زیادتر از چوب‌های بی‌بوست.
- ۱۲- (شهریور ماه ۱۳۸۹) طعم چوب ناشی از چیست؟  
طعم چوب ناشی از وجود مواد استخراجی در چوب است و در تعیین کاربرد آن از جمله در ساخت ظروف غذاخوری، قاشق چوبی، چوب بستنی و ... بسیار با اهمیت است.
- ۱۳- (دی ماه ۱۳۸۹) جاهای خالی در متن زیر را به ترتیب در پاسخ‌نامه ذکر کنید.  
«معمولاً چوبی که در معرض هوای آزاد قرار می‌گیرد، اغلب ..... می‌شود و این تغییر رنگ غالباً در ..... پدید می‌آید. چنین تغییر رنگی منشأ ..... دارد و در نتیجه اکسید شدن ..... موجود در چوب به وجود می‌آید.»  
تیره رنگ - برون چوب - شیمیایی - ترکیبات معدنی





# فصل سوم

## رطوبت چوب



## پیش‌آزمون



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

.....

.....

.....

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

.....

.....

.....

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

.....

.....

.....

۴- به چه دلیل پایداری ابعاد چوب مهم می‌باشد؟

.....

.....

.....

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

.....

.....

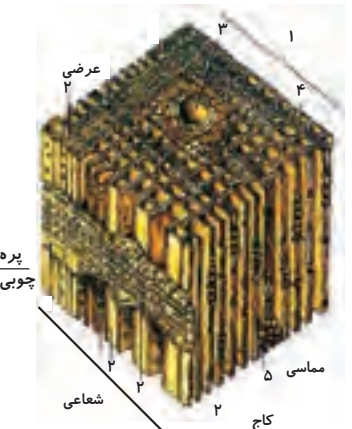
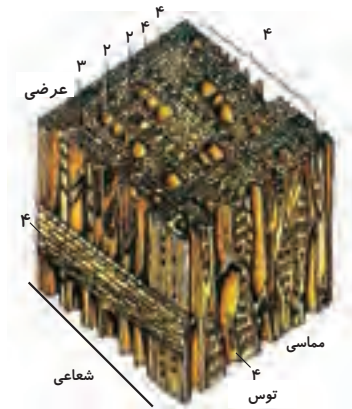
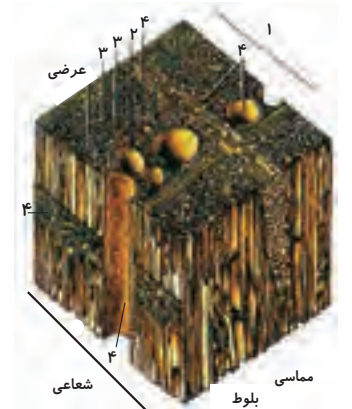
.....

۶- چگونه درصد رطوبت چوب بیان می‌شود؟

.....

.....

.....



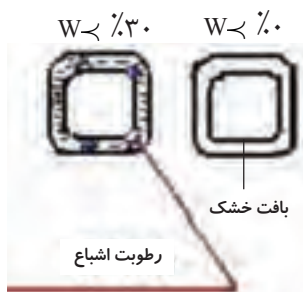
بلوط: ۱- رویش سالیانه، ۲- آوند ۳- فیبر ۴- پرده چوبی  
توس: ۱- رویش سالیانه ۲- آوند ۳- فیبر ۴- پرده چوبی  
کاج: ۱- رویش سالیانه ۲- تراکتید بهاره ۳- حفره  
رزینی ۴- تراکتید تابستانه ۵- پرده چوبی

شکل ۱-۳- مقاطع میکروسکوپی سه گونه چوبی

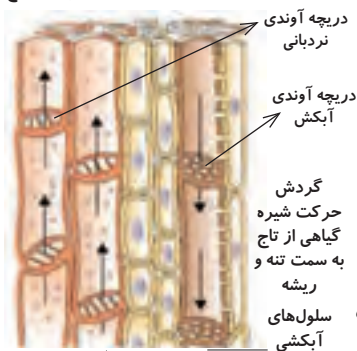
## رطوبت در درخت سرپا

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

۳۰٪ < W < ۱۰۰٪ ۳۰٪-۴۰٪



شکل ۳-۲- آب آزاد و رطوبت اشباع



سلول‌های چوب در حال انتقال آب به تاج درخت

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

## شرایط محیطی و رطوبت در چوب

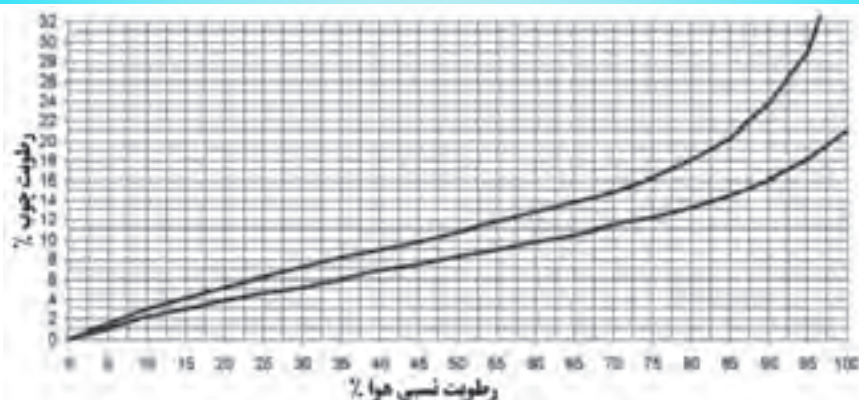
مقدار رطوبت (آب) در چوب بستگی به شرایط زیستی درخت سرپا و یا محیطی که پس از قطع در آن مکان قرار می‌گیرد، دارد. چوب در زمان حیات به آب نیاز دارد و پس از قطع باید عاری از رطوبت باشد. به طوری که آب در حالت دوم، آب باعث تخریب چوب می‌شود. درخت برای رشد و نمو در محیط جنگل به سه فاکتور مهم نیاز دارد آب، نور،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

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

### نکته



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



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

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

## رطوبت چوب

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

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

۱ - مایع ۲ - جامد ۳ - بخار (گاز)

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

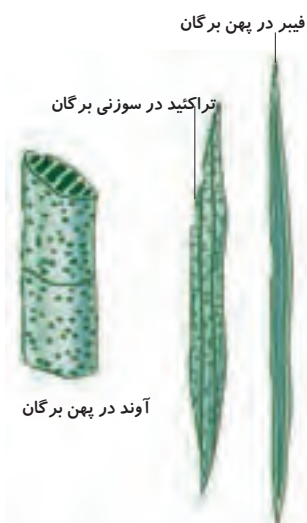
لوله‌های موئین به لحاظ ابعاد (ریزی و درشتی) متفاوت هستند

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

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

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

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



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

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

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

### حالت فیزیکی آب در چوب

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

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

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

آب آزاد در فضای داخلی



شکل ۷-۳- آب آزاد و رطوبت اشباع (جذب شده)



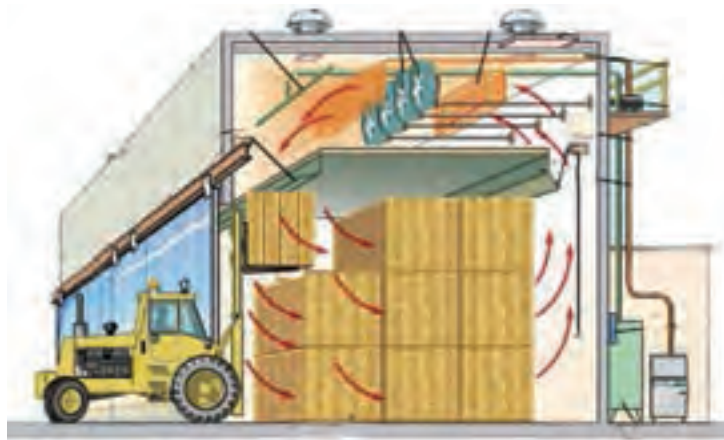
شکل ۸-۳- خشک کردن چوب در هوای آزاد



شکل ۹-۳- تبخیر آب از چوب

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

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



شکل ۱۰-۳- خشک کردن با کوره

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

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

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

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

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

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

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

## پایداری ابعاد چوب

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



شکل ۱۱-۳- جایگاه رطوبت اشباع در دیواره سلولی پره چوبی (اشعه چوبی)



شکل ۱۲-۳- درخت راش



شکل ۱۳-۳- درخت لاریکس از سوزنی‌برگان خزان‌کننده



شکل ۱۴-۳- چوب درون واضح در گرده‌بینه گردو





شکل ۱۵-۳- سازه از چوب تیک

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

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

لذا برای شرایط آب و هوایی مختلف می‌توان با انتخاب چوب مناسب پایداری نسبی و خوبی برای سازه‌های چوبی به وجود آورد و از تخریب زود هنگام آنها جلوگیری کرد. در این صورت با افزایش عمر سازه‌های چوبی می‌توان در مصرف منابع جنگلی صرفه‌جویی نمود. **آثار رطوبت در چوب:** در محدوده آب اشباع تمام خواص فیزیکی و مکانیکی چوب ارتباط مستقیم با درصد رطوبت چوب رابطه مستقیم دارد، مانند هم کشیدگی و واکنش‌دهی عملیات رنده‌کاری، پرداخت، دوام سازه‌های چوبی، مقدار مقاومت خمشی و... لذا لازم است به برخی از آثار رطوبت در چوب توجه کنیم:

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

## ابزار اندازه‌گیری جرم و رطوبت چوب

قبل از استفاده از چوب برای ساخت سازه چوبی باید از رطوبت آن آگاه باشید. همان‌طوری که در درس‌های تخصصی مطالعه نمودید چوب از مقطع عرضی خود بسیار بیشتر از سایر مقاطع، رطوبت خود را از دست می‌دهد، لذا به منظور اندازه‌گیری درصد رطوبت تخته مورد نظر، ابتدا از انتهای تخته به اندازه ۵۰۰-۳۰۰ میلی‌متر برش داده، سپس نمونه‌های مورد آزمایش را براساس استاندارد به ابعاد  $20 \times 20 \times 20$  میلی‌متر و به تعداد ۵ عدد تهیه شود. برای وزن کردن نمونه‌ها می‌توانید از ترازوهای مختلف استفاده کنید. در شکل ۱۶-۳(الف، ب، ج) انواع ترازوی مکانیکی و دیجیتالی نشان داده شده است.



شکل ۱۶-۳(الف) - ترازوی مکانیکی



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



شکل ۱۶-۳(ج) - ترازوی مکانیکی

## مراحل وزن کردن نمونه‌ها:

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

### محاسبه درصد رطوبت چوب:

محاسبه درصد رطوبت به طریق فرمول زیر انجام می‌گیرد:

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

$W_m$  = جرم چوب مرطوب، بر حسب گرم

$W_{OD}$  = جرم چوب خشک، بر حسب گرم

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



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



شکل ۱۸-۳، (الف) - رطوبت سنج سوزنی



شکل ۱۸-۳، (ب) - رطوبت سنج تماسی

### مثال

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

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

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

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

## رطوبت سنج الکتریکی

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

## رطوبت چوب هنگام مصرف

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

جدول ۳-۳- رطوبت چوب در شرایط مختلف

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

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



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



## تحقیق کنید

۱- رطوبت درختان سرپا را در چند گونه تجاری و صنعتی داخلی بررسی کنید.

.....

۲- چرا رطوبت در چوب بهاره و تابستانه ، چوب برون و چوب درون تفاوت دارند؟

.....

۳- رابطه رطوبت نسبی هوا و رطوبت چوب را بررسی کنید.

.....

۴- چند حالت آب در چوب وجود دارد؟

.....

۵- در خصوص مشخصات و شماره استانداردهای آزمایشگاهی زیر تحقیق کنید.

ابعاد نمونه‌های تعیین درصد رطوبت

شرایط توزین جرم چوب

فرمول‌های تعیین درصد رطوبت، درصد هم‌کشیدگی و واکشیدگی چوب



## خودآزمایی

۱- تفاوت رطوبت در درخت سرپا و رطوبت چوب مصرفی را شرح دهید.

۲- چرا برداشت چوب از جنگل در پاییز انجام می‌گیرد؟

۳- چرا رطوبت چوب تحت شرایط رطوبت نسبی هوا می‌باشد.

۴- آب به چه حالت‌هایی در طبیعت وجود دارد؟

۵- چوب را از نظر حالت فیزیکی آن شرح دهید.

۶- لوله‌های موئین به چند دسته تقسیم می‌شوند.

۷- چرا چوب نمی‌تواند پایداری و ثبات ابعاد خود را در هر محیطی حفظ کند.

۸- اتو (آون) چه ابزاری است؟

۹- رطوبت‌سنج‌های الکتریکی کوچک و کاربرد آن‌ها را شرح دهید.

۱۰- مشخصات تعدادی از چوب‌های موجود در آزمایشگاه را بر اساس جدول شماره ۳-۴

با ابزار موجود به هر مقدار ممکن تعیین کنید.



## نمونه سؤال امتحان نهایی

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

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

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

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

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

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

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

$$\text{درصد رطوبت} = \frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}}{\text{وزن خشک}} \times 100$$

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

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

$$MC = \%25$$

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

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

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

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

آب آزاد، آب آغستگی، آب نهادی

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

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

ساختمان مولکولی - آسان - ندارد

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

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

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

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

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

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

دیواره سلولی - جذب سطحی - بیشتر

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

درصد رطوبت آن را بر اساس وزن خشک حساب کنید.

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

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

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

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

حفره - کاپیلاریته - آب نهادی

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

می‌باشد. درصد رطوبت آن را حساب کنید.

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

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

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

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

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

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

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

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

در چوب را به اختصار بنویسید.

۱- عایق کردن چوب در برابر جذب رطوبت

۲- جلوگیری از تغییر ابعاد طریق مهار کردن

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

۴- انتخاب چوب‌ها و برش‌های مناسب

۵- اشباع چوب با مواد شیمیایی

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

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

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

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

راه حل اول

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

راه حل دوم

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

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

عوامل بستگی دارد؟

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

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

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

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

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

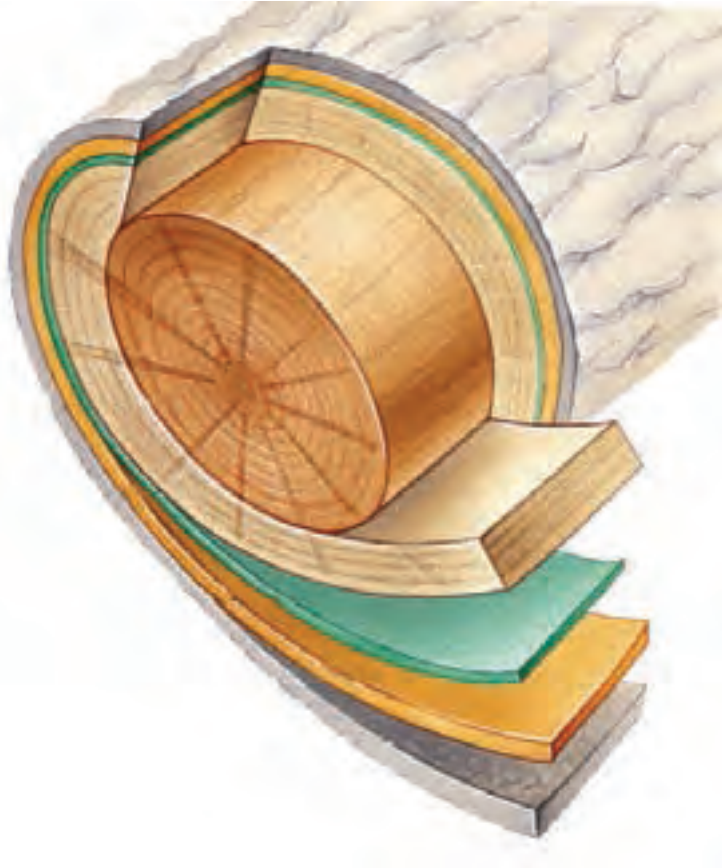
$$\%MC = \frac{W_m - W_{OD}}{W_{OD}} \times 100 \quad \text{درصد رطوبت} = \frac{\text{وزن آب موجود در چوب}}{\text{وزن خشک چوب}} \times 100$$

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

چنانچه چوب به نحوی خشک شود که تمامی آب آزاد از چوب خارج شود و فقط آغشتگی در چوب مانده باشد گفته می‌شود که رطوبت چوب در حد نقطه اشباع الیاف است و مقدار رطوبت چوب در این نقطه حدوداً ۳۰ درصد است.



# فصل چهارم جرم مخصوص (دانسیتته) چوب



## پیش‌آزمون



۱- جرم مخصوص چوب چه نقشی در تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی چوب دارد؟

.....  
.....

۲- عوامل تأثیرگذار در جرم مخصوص کدامند؟

.....  
.....

۳- ابزار اندازه‌گیری جرم و ابعاد چوب کدامند؟

.....  
.....

۴- نقش رطوبت در کاهش و افزایش جرم مخصوص چوب چیست؟

.....  
.....

۵- چرا جرم و حجم چوب اندازه‌گیری می‌شود؟

.....  
.....

۶- نقش فضاهای خالی چوب در تغییرات جرم مخصوص چوب چیست؟

.....  
.....

۷- ترکیبات شیمیایی چوب کدامند؟

.....  
.....

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

### جرم مخصوص (دانسیته) چوب

جرم چوب ( $M$ ) نسبت به حجم ( $V$ ) آن را جرم مخصوص ( $D$ ) چوب می‌نامند. بر اساس معادله ۱، جرم مخصوص پایه‌گذار بحث علم فیزیک چوب می‌باشد. لذا یکی از فاکتورهای اصلی فیزیک چوب جرم مخصوص چوب است. به طوری که امروزه بدون بررسی جرم مخصوص چوب نمی‌توان به خواص فیزیکی و مکانیکی چوب پی برد. درصد تغییر حجم در اثر خواص الکتریکی، و خواص حرارتی و انواع مقاومت‌های مکانیکی بخشی از عواملی هستند، که ارتباط مستقیم با جرم مخصوص دارند.

چوب ماده‌ای متخلخل و دارای خاصیت جذب و دفع رطوبت است، به همین دلیل جرم مخصوص آن در درصد رطوبت‌های مختلف متفاوت است. هنگام تعیین مقدار جرم مخصوص چوب باید گونه چوبی و درصد رطوبت آن نیز مشخص باشد. معمولاً در محاسبات درصد رطوبت چوب ۱۲ درصد بیان می‌شود.

### معادله (۱)

$$D = \frac{M}{V} \quad \left( \frac{\text{گرم gr}}{\text{سانتی متر مکعب cm}^3}, \frac{\text{کیلوگرم kg}}{\text{متر مکعب m}^3} \right)$$

$M =$  جرم چوب = کیلوگرم یا گرم

$V =$  حجم چوب = متر مکعب یا سانتی متر مکعب

### مثال



مجموع جرم تعداد ۵ عدد الوار کاج به ابعاد  $7 \times 20 \times 600$  سانتی متر  $210$  کیلوگرم است. اگر رطوبت الوارها  $12$  درصد باشد جرم مخصوص آنها چقدر است. محاسبه جرم مخصوص چوب را بر اساس معادله (۱) :

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

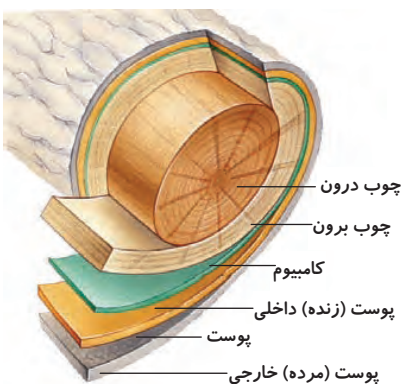
$l = 600 \text{ cm}$	$v = L \times b \times d$	$D = \frac{M}{V}$	
$b = 20 \text{ cm}$	$v = 600 \times 20 \times 7$ حجم یک الوار	$210 \text{ kg}$	
$d = 7 \text{ cm}$	$v = 0.42 \text{ m}^3$ کل حجم ۵ الوار	$D = \frac{210 \text{ kg}}{0.42 \text{ m}^3}$	
جرم ۵ الوار $n = 5$			
$m = 210 \text{ kg}$		$D = 500 \text{ m}^3$	

همان طوری که می‌دانید چوب ماده‌ای است، ۱- هر سونایکسان، ۲- ناهمگن، ۳- آب دوست، ۴- متخلخل می‌باشد. این ویژگی‌ها برای چوب، جرم مخصوص‌های متفاوتی را بوجود آورده است. (شکل ۱-۴)

### انواع جرم مخصوص چوب

#### الف: جرم مخصوص ظاهری

نسبت جرم چوب به تمام حجم چوب (چوب و فضاهای خالی آن) با درصد رطوبت مشخص را جرم مخصوص ظاهری می‌نامند. سبک و سنگین بودن چوب بستگی به مقدار ماده چوبی در واحد حجم آن دارد. هر چقدر



شکل ۱-۴- هر سونایکسانی و ناهمگنی در بافت چوب

ماده چوبی کمتر و میزان خلل و فرج بیشتر، در (فرمول زیر) مشاهده می‌شود. اگر جرم (صورت کسر) کوچک‌تر باشد، در نتیجه جرم مخصوص کمتر و در مورد چوب‌های سنگین و کاهش منافذ جرم مخصوص چوب بیشتر خواهد بود.

$D_U$  - جرم مخصوص ظاهری چوب در رطوبت مشخص بر حسب

$$D_u = \frac{M}{V_u}, (g/cm^3), (kg/m^3)$$

(گرم بر سانتی‌متر مکعب یا کیلوگرم بر متر مکعب  $kg/m^3$ )

$M$  - جرم مخصوص چوب (گرم یا کیلوگرم،  $kg$  یا  $g$ )

$V_U$  - حجم چوب (سانتی‌متر مکعب یا متر مکعب،  $cm^3$  یا  $m^3$ )

ب: جرم مخصوص بحرانی (کمترین مقدار جرم مخصوص یک چوب)

نسبت جرم چوب کاملاً خشک به حجم همان چوب در وضعیت اشباع از رطوبت (حجم کاملاً واکشیده) و با تمام خلل و فرج، را جرم مخصوص بحرانی می‌نامند.

$D_r$  - جرم مخصوص بحرانی چوب؛ گرم بر سانتی‌متر مکعب یا  $kg/m^3$

$$D_r = \frac{M_0}{V_s}, (g/cm^3), (kg/m^3)$$

$M_0$  - جرم کاملاً خشک چوب بر حسب گرم یا کیلوگرم

$V_s$  - حجم چوب کاملاً واکشیده بر حسب سانتی‌متر مکعب،

متر مکعب  $cm^3$  یا  $m^3$

ج: جرم مخصوص واقعی چوب

جرم کاملاً خشک ماده چوبی به حجم چوب کاملاً خشک بدون خلل و فرج آن جرم مخصوص واقعی یا حقیقی می‌نامند. جرم مخصوص واقعی را می‌توان بر اساس معادله زیر به دست آورد. مواد اصلی تشکیل دهنده چوب شامل سلولز، همی سلولز و لیگنین می‌باشد. هر کدام از عوامل فوق به طور جداگانه بر جرم مخصوص چوب تأثیر می‌گذارد.

$$D_w = \frac{M_0}{V'}, (g/cm^3), (kg/m^3)$$

$M_0$  - جرم کاملاً خشک ماده چوبی، گرم یا کیلوگرم

$V'$  - حجم خشک ماده چوبی بدون تخلخل، ( $cm^3$  یا  $m^3$ )

جدول ۱-۴ - جرم مخصوص واقعی ترکیبات شیمیایی چوب بدون در نظر گرفتن خلل و فرج

ردیف	ترکیبات	جرم مخصوص $g/cm^3$
۱	سلولز	۱/۶
۲	همی سلولز	۱/۵
۳	لیگنین	۱/۴



شکل ۲-۴ - ترازوی مکانیکی



شکل ۳-۴-ترازوی دیجیتال

میزان درصد مواد فوق و همچنین مواد استخراجی موجود در چوب و حفرات سلولی در گونه‌های مختلف، جرم مخصوص واقعی را برای هر گونه چوبی تعیین می‌نماید. لذا برای سادگی در محاسبات جرم مخصوص واقعی چوب ثابت و برابر  $1/56 \text{ g/cm}^3$  در نظر گرفته می‌شود.

## روش‌های اندازه‌گیری جرم مخصوص چوب

همان طوری که می‌دانید نسبت بین جرم به حجم یک جسم را جرم مخصوص آن جسم می‌گویند. برای تعیین جرم مخصوص چوب با توجه به میزان دقت اندازه‌گیری مورد نظر، اندازه و ابعاد چوب با استفاده از ابزارهایی با دقت و حساسیت مختلف اندازه‌گیری می‌شود. تعدادی از وسایل اندازه‌گیری جرم چوب که در آزمایشگاه‌های رشته صنایع چوب مورد استفاده قرار می‌گیرد. در (شکل‌های ۲-۳ و ۴-۳) مشاهده می‌شود.



شکل ۴-۴- نحوه اندازه‌گیری ابعاد چوب با کولیس

ابعاد نمونه‌های چوبی برای تعیین جرم مخصوص برابر استاندارد ملی به صورت (شکل ۴-۴) اندازه‌گیری می‌شوند و برای دقت در اندازه‌گیری ۵ نقطه در هر نمونه مورد اندازه‌گیری شده و میانگین آنها ثبت می‌شود.



شکل ۴-۵- کولیس مکانیکی

ابعاد نمونه‌ی چوب به دو روش اندازه‌گیری می‌شود:

۱- در چوب‌هایی که دارای ابعاد منظم و بدون ترک به شکل استوانه یا مکعبی هستند به وسیله انواع کولیس‌های مکانیکی (شکل ۴-۵) و دیجیتالی (شکل ۴-۶) ابعاد مورد نظر اندازه‌گیری می‌شود، سپس حجم قطعه چوب با استفاده از فرمول‌های مربوطه مشخص می‌شود. واحد حجم سانتی‌مترمربع یا مترمربع و یا سایر واحدهای اندازه‌گیری مرسوم می‌باشد که به طور مفصل در این مورد در کتاب خواص فیزیکی و مکانیکی صحبت شده است.

۲- در چوب‌هایی که دارای ابعاد نامنظم هستند و امکان تعیین اندازه‌گیری ابعاد آنها با



شکل ۴-۶- کولیس دیجیتال

ابزارهای اندازه‌گیری وجود ندارد. می‌توان از یکی از روش‌های زیر استفاده کرد.

(الف) غوطه‌وری در آب (شکل ۴-۸)

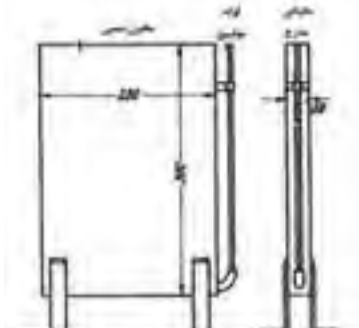
(ب) استفاده از حجم سنج جیوه‌ای (شکل ۴-۹)

(ج) تعیین حجم با اندازه‌گیری کاهش جرم در آب (شکل ۴-۱۰)

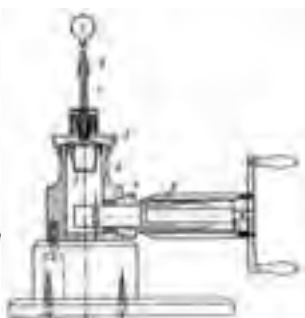
(د) استفاده از تصاویر میکروسکوپی (شکل ۴-۱۱)



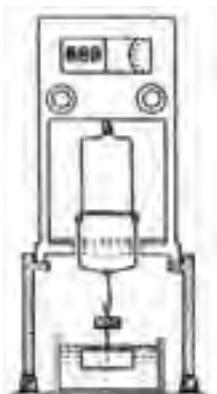
شکل ۴-۷- کولیس مکانیکی عقربه دار



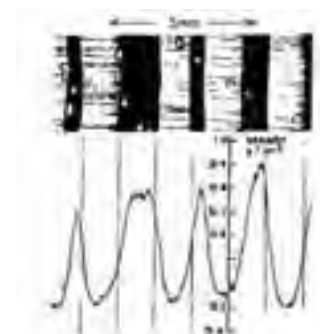
شکل ۴-۸- روش غوطه‌وری اندازه‌گیری جرم مخصوص چوب



شکل ۴-۹- حجم سنج جیوه‌ای



شکل ۴-۱۰- نوع دیگری از حجم سنج غوطه‌وری



شکل ۴-۱۱- روش رادیوگرافی سنج حجم

## عوامل مؤثر در تغییر جرم مخصوص

شرایط رویش و تولید چوب در مناطق سردسیری، معتدله و گرمسیری، هر کدام تأثیرات خاص خود را دارند. این شرایط بر فرم عناصر ساختمانی چوب و چگونگی شکل‌گیری آنها و همچنین ترکیبات شیمیایی چوب تأثیر می‌گذارد. به طوری که نسبت چوب بهاره به تابستانه و پهنای دوایر سالیانه همیشه دچار تغییر می‌شود. لذا در این بخش به بررسی تعدادی از عوامل آناتومی و فیزیکی که بر روی جرم مخصوص تأثیر دارند می‌پردازیم:

### اثر چوب بهاره و تابستانه

در چوب بهاره به دلیل وجود حفره سلولی قطور و دیواره سلولی نازک در مقایسه با چوب تابستانه، با حفره سلولی کم قطر و دیواره سلولی ضخیم، نایکنواختی جرم مخصوص (شکل ۴-۱۳ و ۴-۱۲) این نایکنواختی در تمام گونه‌های چوبی و حتی در یک گونه وجود دارد. (رجوع شود به جدول ۴-۱)

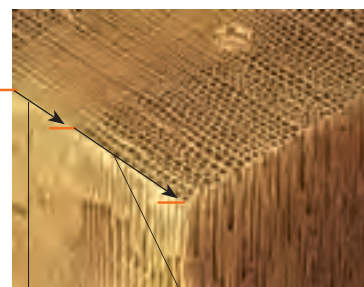
### اثر پهنای دایره سالیانه

پهنای دایره سالیانه و وضعیت متفاوت آن در سه حالت زیر بر تغییرات جرم مخصوص تأثیر می‌گذارد:

الف) در سوزنی‌برگان با افزایش پهنای دایره سالیانه به دلیل افزایش چوب بهاره پرتخلخل نسبت به چوب تابستانه است.

ب) در چوب‌های بخش روزنه‌ای پهن‌برگان با افزایش پهنای دایره سالیانه، جرم مخصوص افزایش می‌یابد. این به دلیل افزایش لایه پر چوب تابستانه می‌باشد. (شکل ۴-۱۵)

ج) در چوب‌های پراکنده‌آوند پهن‌برگان بر خلاف دو رابطه قبلی هیچ رابطه مشخص بین افزایش و یا کاهش پهنای دایره سالیانه و تغییر جرم مخصوص وجود ندارد. (شکل ۴-۱۶)



محدوده چوب بهاره با دیواره نازک و حفره بزرگ  
محدوده چوب تابستانه با دیواره ضخیم و حفره کوچک

شکل ۴-۱۲



شکل ۴-۱۳ - پهنای دایره سالیانه و نسبت چوب بهاره به تابستانه در چوب سرخ‌دار



شکل ۴-۱۴ - پهنای دایره سالیانه و نسبت چوب بهاره به تابستانه در چوب نراد



شکل ۴-۱۵ - افزایش چوب تابستانه با افزایش دایره سالیانه در چوب نیمه بخش روزنه‌ای پهن‌برگان در چوب بلوط

## اثر سن درخت

در چوب‌های سوزنی‌برگان و پهن‌برگان معمولاً پهنای دایره سالیانه از مغز درخت به طرف پوست کاهش می‌یابد. مانند چوب سرخ‌دار (شکل ۱۷-۴). این تغییر تفاوت جرم مخصوص در سطح مقطع درخت از مغز به طرف پوست می‌شود.

## اثر شاخه

با توجه به این که شاخه تقریباً به طور افقی نسبت به تنه از درخت منشعب می‌شود، لذا تفاوت جهت الیاف آنها بین چوب تنه و شاخه قابل مشاهده است. (شکل ۱۸-۴)

دوایر سالیانه در چوب شاخه، باریک‌تر از چوب تنه است. این امر سبب افزایش تراکم سلول‌های چوب تابستانه و بهاره در حجم مشخصی از چوب شده و در نتیجه سبب افزایش جرم مخصوص چوب شاخه می‌شود. همچنین وجود چوب واکنشی در محل اتصال شاخه می‌تواند باعث افزایش جرم مخصوص شود. این میزان افزایش جرم مخصوص در چوب سوزنی‌برگان حدود ۲۵ درصد و در پهن‌برگان حدود ۶ درصد می‌باشد. (مطابق جدول شماره ۱-۲ و ۱-۳ در صفحه ۷)

## اثر رطوبت

مقدار رطوبت در تنه درخت سرپا تا حد زیادی تغییر می‌کند، این تغییرات در تنه درخت افتاده، با چوب مصنوعی در ساختمان، موجب به وجود آمدن تغییرات در جرم مخصوص چوب می‌گردد.

به طور کلی جرم مخصوص چوب (و جرم آن) با افزایش مقدار آب افزایش می‌یابد. در چوب‌هایی که جرم مخصوص آنها کمتر از ۱/۱ گرم بر سانتیمتر مکعب است با افزایش رطوبت، جرم مخصوص افزایش می‌یابد.

اما در چوب‌های سنگین (با جرم مخصوص بیشتر از ۱/۱ گرم بر سانتیمتر مکعب) با افزایش رطوبت تا حد نقطه اشباع فیبر، ابتدا جرم مخصوص کاهش و سپس افزایش پیدا می‌کند. چرا که در این چوب‌ها با افزایش جرمی که در اثر جذب رطوبت پدید می‌آید، نسبت به افزایش حجم حاصل از واکنشیدگی تا نقطه اشباع فیبر، کمتر است، اما بعد از نقطه اشباع فیبر، چون حجم چوب ثابت است، با افزایش رطوبت، تنها جرم چوب افزایش می‌یابد و این امر سبب افزایش جرم مخصوص چوب می‌شود. برای مثال گونه باکائوت<sup>۱</sup> از جمله چوب‌های سنگین است که جرم مخصوص آن در حدود ۱۴۰۰ - ۱۲۰۰ کیلو گرم بر متر مکعب می‌باشد و به لحاظ سنگینی این چوب، از آن برای ساخت چکش چوبی استفاده می‌شود (شکل ۲۰-۴).



شکل ۱۶-۴- چوب بهاره و تابستانه نامحسوس در یک دایره سالیانه چوب پراکنده پهن‌برگان



شکل ۱۷-۴- کاهش پهنای دایره سالیانه با افزایش سن



شکل ۱۸-۴- تفاوت جهت الیاف و فشردگی چوب گره با الیاف چوب اطراف خود



شکل ۱۹-۴- چوب باکائوت



شکل ۲۰-۴- چکش چوبی

۱- از چوب‌های پهن‌برگ با جرم مخصوص بالا و از سنگین‌ترین چوب‌های موجود در کره زمین می‌باشد و در مناطق گرمسیری آفریقا رویش دارد و به نام Bakaut معروف است

## تحقیق کنید



۱- در شکل ۱۳ دلیل کاهش پهنای دایره سالیانه با افزایش سن درخت را بررسی کنید.

۲- چرا هیچ رابطه مشخصی با افزایش و یا کاهش پهنای دایره سالیانه در چوب‌های پراکنده آوند پهن برگان وجود ندارد؟

۳- با بررسی نتایج به دست آمده در تحقیق سؤال ۱ چه راهکارهایی برای افزایش بهره‌وری چوب از سطح جنگل‌ها را ارائه می‌دهید؟

۴- اطلاعات لازم جدول زیر را هر گروه از هنرجویان برای ۵ الی ۱۰ گونه چوبی داخلی و خارجی به صورت آزمایشگاهی و با استفاده از کولیس و ترازو و بهره‌مندی از پایگاه‌های تخصصی مرتبط اینترنتی و نمونه چوب‌ها مطابق با استانداردهای ملی و بین‌المللی را تکمیل کنند.

جرم مخصوص	جرم m	حجم V	ابعاد نمونه چوب (طول، عرض و ضخامت)			گونه چوبی	ردیف
			d mm	b mm	L mm		
D gr/cm <sup>۳</sup>	gr	cm <sup>۳</sup>					۱
							۲
							۳
							۴
							۵

۵- با مشاهده چوب راش آثار ساختمانی را ترسیم کنید.

۶- رابطه جرم مخصوص و مقاومت اتصالات قید به پایه صندلی و سایر اتصالات مشابه را بررسی کنید.



۷- اگر از چوب خیس برای ساخت سازه چوبی استفاده شود، چه اتفاقی می افتد؟

## خودآزمایی



- ۱- در شکل های زیر دایره سالیانه و پره چوبی را در مقاطع مختلف چوب نشان دهید.
- ۲- مواد رنگی معدنی چه تأثیری بر بافت چوب دارند؟
- ۳- جرم مخصوص چوب چه نقشی در خواص چوب دارد؟
- ۴- کدام نوع جرم مخصوص در محاسبات عملی کاربرد دارد؟
- ۵- برای اطمینان و دقت اندازه گیری ابعاد نمونه های چوبی چه باید کرد؟
- ۶- آیا از بوی چوب می توان همیشه به عنوان عاملی برای شناسایی چوب استفاده کرد؟
- ۷- سه مورد از عوامل مؤثر در تغییر جرم مخصوص را نام ببرید.
- ۸- ترکیبات شیمیایی چوب را نام ببرید.
- ۹- تفاوت جرم مخصوص در چوب های سبک و سنگین با افزایش رطوبت چگونه خواهد بود؟

## نمونه سؤال امتحان نهایی



- ۱- (دی ماه ۸۶) فرمول های وزن مخصوص و جرم ویژه نسبی را بنویسید:  
$$SG = \frac{D}{DW}$$
 جرم ویژه نسبی  
$$D = \frac{W}{V}$$
 وزن مخصوص
- ۲- (دی ماه ۸۶) جرم ویژه نسبی ماده چوبی به روش جابه جایی آب و جابه جایی گاز هلیوم چه مقدار می باشد؟  
۱/۴۶ جابه جایی گاز هلیوم      ۱/۵۳ جابه جایی آب
- ۳- (خرداد ماه ۸۷) وزن مخصوص چوب را تعریف کنید. فرمول آن را بنویسید.  
$$D = \frac{W}{V}$$
 وزن چوب در حالت آزمایش =  $\frac{\text{وزن مخصوص}}{\text{حجم چوب در حالت آزمایش}}$
- ۴- (خرداد ماه ۸۷) روش اندازه گیری حجم نمونه چوب را با استفاده از روش جابه جایی آب شرح دهید.  
در صورتی که نمونه آزمونی دارای شکل نامنظمی باشد می توان حجم آن را با فروبردن

در آب و اندازه‌گیری وزن آب جابه‌جا شده به وسیله ترازو و سپس تبدیل وزن به حجم با استفاده از جرم ویژه آب به دست آورد.

۵- (شهریور ماه ۸۷) غالباً در اکثر گونه‌ها وزن مخصوص درون چوب بیشتر است یا برون چوب؟ چوب بهاره بیشتر است یا تابستانه؟ چوب شاخه بیشتر است یا تنه؟

درون چوب، تابستانه، شاخه

۶- (شهریور ماه ۸۷) مقدار جرم ویژه نسبی ماده چوبی اندازه‌گیری شده با روش جابه‌جایی آب کمتر است یا گاز هلیوم؟ چرا؟

گاز هلیوم، به علت قابلیت نفوذ بیشتر، مولکول کوچک‌تر گاز هلیوم و نشان دادن تخلخل بیشتر چوب

۷- (دی ماه ۸۷) عوامل مؤثر در تغییرات وزن مخصوص چوب را نام ببرید:

وضعیت رویش بیولوژیکی، خصوصیات آناتومیکی متفاوت، قطر و ضخامت دیواره سلولی الیاف، درصد سلول‌های مختلف تشکیل دهنده چوب، عوامل جوی مانند میزان بارندگی، درجه حرارت محیط، باد و عوامل دیگری مانند سن درخت، محل قرار گرفتن چوب در درخت.

۸- (دی ماه ۸۷) جرم ویژه نسبی چوب را تعریف کنید. فرمول آن را بنویسید.

عبارت است از نسبت وزن مخصوص چوب به وزن مخصوص آب در ۴ درجه سانتی‌گراد

$$SG = \frac{M}{MW}$$

یا عبارت است از نسبت جرم خشک چوب به جرم آب هم حجم آن  $SG = \frac{D}{DW}$

۹- (خرداد ماه ۸۸) جرم ویژه نسبی دیواره سلولی چوب را تعریف کنید و روش‌های اندازه‌گیری آن را ذکر نمایید.

جرم ویژه نسبی دیواره سلولی عبارت است از میانگین جرم ویژه نسبی ماده چوبی موجود در دیواره سلول‌های چوبی، روش جابه‌جایی آب، جابه‌جایی گاز هلیوم.

۱۰- (خرداد ماه ۸۸) در صورتی که جرم ویژه چوب توسکا ۰/۴۵ گرم بر سانتی‌متر

مکعب باشد آن گاه وزن ۲ متر مکعب از این چوب چقدر خواهد بود؟

$$D = \frac{W}{V} \quad 0.45 \text{ gr/cm}^3 = \frac{W}{2000000 \text{ cm}^3}$$

$$2 \text{ m}^3 = 2 \times 10^6 \text{ cm}^3 = 2000000 \text{ cm}^3 \quad \rightarrow W = 0.45 \times 2000000 = 900000 \text{ gr}$$

$$D = \frac{W}{V} \quad 0.45 \text{ gr/cm}^3 = 450 \text{ kg/m}^3 \rightarrow 450 = \frac{W}{2} \rightarrow W = 900 \text{ kg}$$

۱۱- (شهریور ماه ۸۸) ساده‌ترین و سریع‌ترین روش حجم‌یابی نمونه چوبی را تعریف کنید.

ساده‌ترین و سریع‌ترین روش حجم‌یابی نمونه چوبی استفاده از بشرهای مدرج است. در این حالت حجم نمونه آزمونی عبارت است از اختلاف بین سطح آب داخل بشر قبل و بعد

از فرو بردن نمونه آزمونی در آب

۱۲- (شهریور ماه ۸۸) وزن  $4\text{m}^3$  از چوبی با جرم ویژه  $0.36$  گرم بر سانتی متر مکعب

را حساب کنید.

$$D = \frac{W}{V} \quad 360 \text{ kg/m}^3 = \frac{W}{4} \rightarrow W = 360 \times 4 = 1440 \text{ kg}$$
$$0.36 \text{ gr/cm}^3 \times 1000 = 360 \text{ kg/m}^3$$

۱۳- (دی ماه ۸۸) روش‌های اندازه‌گیری حجم چوب در آزمایشگاه را نام ببرید.

استفاده از کولیس، روش جابه‌جایی آب، استوانه‌ای مدرج، حجم‌سنج جیوه‌ای

۱۴- (خرداد ماه ۸۹) حجم قطعه چوبی با جرم ویژه  $0.5$  گرم بر سانتی متر مکعب که

جرم آن  $2$  کیلوگرم باشد چقدر است؟

$$m = 2 \text{ kg} \times 1000 = 2000 \text{ gr}$$

$$D = \frac{m}{V} \rightarrow 0.5 = \frac{2000}{V} \rightarrow V = \frac{2000}{0.5} = 4000 \text{ cm}^3$$

۱۵- (شهریور ماه ۸۹) به دست آوردن حجم نمونه به وسیله حجم‌سنج جیوه‌ای را به

اختصار توضیح دهید.

در این روش خطر جذب آب وجود ندارد و از دستگاہی به نام بروئیل استفاده می‌شود،

بدین ترتیب که تفاضل دو درجه قبل و بعد از قرار گرفتن نمونه در داخل حجم‌سنج از روی

ورنیه‌ای که متصل به حجم‌سنج است حجم نمونه خواهد بود.

۱۶- (سؤال امتحان نهایی دی ماه ۸۹) علت اختلاف جرم مخصوص در گونه‌های مختلف

چوبی و حتی در بین درختان یک گونه چیست؟

الف) خصوصیات ژنتیکی (ب) وضعیت رویش بیولوژیکی (ج) خصوصیات آناتومی متفاوت

د) طول، قطر و ضخامت دیواره سلولی الیاف (ه) درصد سلول‌های مختلف تشکیل دهنده چوب

و) عوامل جوی متفاوت نظیر بارندگی (ز) درجه حرارت محیط (ح) سن درخت

ط) محل قرار گرفتن چوب در درخت (ی) موقعیت جغرافیایی مانند ارتفاع از سطح دریا



# فصل پنجم

## خواص الکتریکی، حرارتی و صوتی

### چوب



## پیش‌آزمون



۱- مقاومت و هدایت الکتریکی را تعریف کنید.

.....  
.....  
.....

۲- مفهوم خواص دی‌الکتریک چوب را بیان کنید.

.....  
.....  
.....

۳- خواص دی‌الکتریک چوب اصلاح شده را شرح دهید.

.....  
.....  
.....

۴- اصلاح خواص فیزیکی چوب را تعریف کنید.

.....  
.....  
.....

۵- مقاومت امواج صوتی در سالن‌های اجتماعات را شرح دهید.

.....  
.....  
.....

۶- عوامل مؤثر بر انتشار صوت را نام برده و هر کدام را توضیح دهید.

.....  
.....  
.....

## مقاومت و هدایت الکتریکی

هدایت حرارتی یعنی: مقدار گرمایی که در واحد زمان از ضخامت چوبی با سطح مقطع مشخصی عبور کند. چوب خشک عایق الکتریکی خوبی محسوب می‌شود. چوب کاملاً خشک یک عایق بسیار عالی است به طوری که می‌توان آن را با عایق‌هایی نظیر رزین‌های فنل فرم‌آلدئید مقایسه نمود. اما با افزایش رطوبت چوب، مقاومت الکتریکی آن کاهش می‌یابد.

مقاومت الکتریکی از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$r = \text{مقاومت الکتریکی ویژه (اُهم سانتی متر)}$$

$$R = \text{مقاومت الکتریکی (اُهم)}$$

$$A = \text{سطح مقطع نمونه (cm}^2\text{)}$$

$$D = \text{طول نمونه، فاصله بین الکترودها (cm)}$$

در اغلب چوب‌ها رابطه مقاومت الکتریکی خطی می‌باشد، به طوری که:

افزایش رطوبت در چوب سکویا تا حد نقطه اشباع فیبر (۳۰ درصد) با مقاومت الکتریکی ویژه چوب دارای یک رابطه خطی می‌باشد و پس از آن به صورت غیرخطی است.

$$T = \frac{1}{r} \text{ (} 1/\Omega\text{cm)}$$

هدایت الکتریکی چوب با افزایش رطوبت از ۰ تا ۳۰ درصد یک میلیون برابر افزایش می‌یابد، ولی با افزایش رطوبت از ۳۰ درصد به بالا (اشباع کامل تا ظهور آب آزاد) هدایت الکتریکی چوب فقط حدود ۵۰ برابر افزایش می‌یابد.

مقاومت الکتریکی ویژه چوب در مقاطع مختلف متفاوت است، به طوری که در جهت موازی الیاف، نصف مقدار آن در جهت عمود بر الیاف بوده، یعنی هدایت الکتریکی موازی با الیاف تقریباً ۲ برابر هدایت الکتریکی عمود بر الیاف است.  $T_{\parallel} \cong 2T_{\perp}$  و مقاومت الکتریکی عمود بر الیاف تقریباً دو برابر مقاومت الکتریکی موازی با الیاف است  $r_{\perp} \cong 2r_{\parallel}$  و این مقاومت در جهت شعاعی تقریباً مساوی یا حداکثر ۱۵ درصد کمتر از جهت مماسی است. جرم مخصوص و نوع گونه چوبی در تغییرات مقاومت الکتریکی از اهمیت کمتری برخوردارند.

جدول ۱-۵ - مقاومت الکتریکی چند گونه چوبی در جهت‌های مختلف

مقاومت الکتریکی (مگا اهم $M\Omega$ )			درصد رطوبت	گونه چوبی	ردیف
مماس	شعاعی	طولی			
۲۴	۲۲	۹	۱۴	سرو قرمز	۱
۲۰	۱۸	۱۰	۱۵/۷	نونل	۲
۲۷	۲۷	۱۸	۱۵/۶	سدر زرد آلاسکا	۳
۲۳	۲۱	۱۱	۱۵/۳	دوگلاس	۴
عمود بر الیاف $\perp$		موازی با الیاف $\parallel$	زاویه با الیاف چوب		

## عوامل مؤثر بر خاصیت مقاومت الکتریکی چوب

تیمار چوب با مواد حفاظتی نظیر انواع ضد قارچ‌های محلول در آب یا نمک‌های ضد آتش تأثیر زیادی در کاهش هدایت الکتریکی چوب دارند. همچنین تیمار چوب با مواد رطوبت‌گریز که دارای خاصیت هدایتی کم هستند مانند رزین فنل فرمالدئید، هدایت الکتریکی چوب را کاهش می‌دهند و این تأثیر در محیط‌های با رطوبت نسبی بالا بیشتر خودنمایی می‌کنند. (شکل ۱-۵) برای افزایش دوام و عایق کردن ابزارهای دستی الکتریکی که دسته چوبی دارند، معمولاً قسمت چوبی این نوع ابزارها را با رزین فنل فرم آلدئید اشباع می‌نمایند تا از جذب آب جلوگیری شود و خاصیت عایق الکتریسیته را در آنها افزایش دهند.



شکل ۱-۵- پوشش مواد عایق در تخته‌لایی

## تأثیر تیمارهای مختلف بر روی خواص دی‌الکتریک چوب

برای دست‌یابی به خواص ویژه، چوب و فراورده‌های چوبی باید با روش‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی تیمار شوند. این تیمارها به منظور تقویت و افزایش کارایی چوب در مقابل عوامل مخرب بیولوژیکی، جوی، تغییر خواص الکتریکی، بهبود دوام طبیعی چوب و افزایش مقاومت مکانیکی چوب به کار می‌رود. با اعمال هر کدام از این تیمارها خواص دی‌الکتریک چوب نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در ذیل به مواردی از این قبیل تیمارها اشاره می‌شود:

### ۱- خواص دی‌الکتریک چوب فشرده شده

هرگاه چوب تحت فشار خارجی قرار گیرد حجم منافذ آن کم شده و جرم مخصوص آن افزایش می‌یابد. فشردن چوب به ۶۰ درصد ابعاد اولیه آن سبب تغییر ساختار الیاف سلولزی آن نمی‌گردد. فقط سبب تغییر در جهت‌گیری الیاف در دیواره‌های سلول و کاهش فضاهای خالی آنها می‌شود. (شکل ۲ و ۳-۵) چنین تغییراتی بر خواص دی‌الکتریک چوب تأثیر می‌گذارد به طوری که می‌توان گفت افزایش فشردگی (تراکم) چوب خشک (کوره) خواص دی‌الکتریک آن را در تمام دامنه‌های تواتر از ۲۰ تا ۱۰ هرتز افزایش می‌یابد. دلیل اصلی این تغییر افزایش جرم مخصوص چوب می‌باشد.



شکل ۲-۵ و ۳-۵ نشان دهنده پرس چوب طبیعی (ماسیو) برای کاهش حجم و افزایش جرم مخصوص در آزمایشگاه



## ۲- خواص دی الکتریک چوب اصلاح شده



شکل ۴-۵- اتوکلاو اشباع چوب

اغلب به منظور بهینه کردن خواص فیزیکی و مکانیکی چوب آن را در معرض تیمارهای متعدد شیمیایی فرایند اشباع داخل اتوکلاو قرار می دهند. (شکل ۴-۵) تیمار چوب با رزین های شیمیایی واکشیدگی آن را ۲ تا ۴ مرتبه کاهش، مقاومت آن را ۲ تا ۵ مرتبه و سختی آن را ۸ بار افزایش می دهد. همچنین این تیمار به خواص دی الکتریک چوب ثبات می بخشد و دوام آن را افزایش می دهد.

## ۳- خواص دی الکتریک چوب اشباع شده با مواد مختلف



شکل ۵-۵- چوب و فراورده های چوبی اصلاح شده

اصلاح چوب به وسیله اشباع آن با مواد مختلف (منومرها، الیگومرها، رزین ها) و پلی مر شدن آنها، به منظور بهبود خواص کاربردی آن نسبت به چوب تیمار نشده انجام می شود. تغییر خواص چوب به سبب کاهش حجم حفرات سلولولی و پر شدن بخشی از آنها توسط پلی مرها، یا تشکیل پلی مرها در دیواره سلول های چوبی است. و این عمل باعث افزایش مقاومت در مقابل عوامل جوی می شود به طوری که می توان این کمپوزیت های اصلاح شده که به نام تجاری چوب پلاستیک معروفند را در فضای آزاد به عنوان کف پوش مورد استفاده قرار دارد. (شکل ۵-۵)

موقعیت پلی مرها در چوب به خواص پرکننده و روش اشباع آن بستگی دارد. تغییر خواص دی الکتریک چوب در اثر بعضی اصلاحات، به وسیله ساختار و ویژگی های ترکیبات پرکننده، مقدار و اثر متقابل آنها بر روی چوب تعیین می گردد.

## خواص دی الکتریک چوب پلاستیک

اصلاح چوب با آمونیاک به منظور افزایش تحمل و آمادگی چوب برای تغییر شکل دادن، بالا بردن جرم مخصوص در فرایند خشک کردن و افزایش نفوذ رنگ انجام می شود. مدت زمان اصلاح چوب با آمونیاک به میزان زیادی به سرعت گرم شدن چوب بستگی دارد. استفاده از روش های گرم کردن سبب تقویت فرایند می گردد. آمونیاک بر روی خواص دی الکتریک چوب تأثیر می گذارد، افزایش آمونیاک سبب افزایش چشمگیر در خواص دی الکتریک چوب می گردد.

به وسیله تیمار چوب با آمونیاک و متراکم و خشک کردن متوالی آن «چوب پلاستیکی شده» به دست می آید. این فراورده جدید لیگومون نامیده می شود و دارای خواص دی الکتریک بیشتری در جهت طولی و عرضی نسبت به چوب تیمار نشده است.

## ویژگی های حرارتی چوب

در بین خواص فیزیکی چوب، خواص حرارتی (گرمایی) آن یعنی واکنش چوب در برابر

حرارت از اهمیت قابل توجهی برخوردار است .  
سه خاصیت حرارتی چوب را در زیر مورد مطالعه قرار می دهیم:

(الف) انبساط حرارتی

(ب) گرمای ویژه

(ج) هدایت حرارتی

(الف) انبساط حرارتی

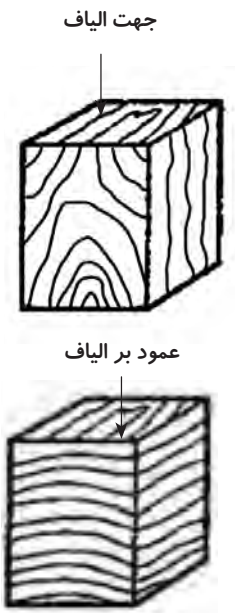
مطالعه فیزیک حرارت ما را با این مفهوم آشنا می کند:

- با افزایش دمای قطعه چوب، حرکت مولکول های آن افزایش می یابد. لذا در دمای زیاد فاصله بین مولکول های آن بیشتر می شود. در نتیجه با افزایش ۱ درجه سلسیوس انبساط خطی به مقدار مشخصی که در جدول ۲-۵ آمده است افزایش می یابد.

با محاسبه انبساط خطی در سه جهت چوب، انبساط حجمی به دست می آید.

$\alpha$ - ضریب انبساط حرارتی موازی الیاف است بر اساس منابع علمی مختلف این مقدار برای چوب های کاملاً خشک بین  $(۲/۵ \times ۱۰^{-۶}$  تا  $۵/۴ \times ۱۰^{-۶})$  برای یک درجه سلسیوس می باشد. ضریب انبساط حرارتی عمود بر الیاف ۱۰ الی ۱۵ برابر بیشتر از ضریب انبساطی در جهت الیاف است. (شکل ۶-۵) و همچنین مقدار این ضریب در جهت مماسی ۱/۵ الی ۱/۸ برابر بیشتر از جهت شعاعی چوب است (جدول ۲-۵)

ضریب انبساط حرارتی چوب در جهت طولی (موازی) الیاف ۳ الی ۱۰ برابر کمتر از ضریب انبساط فلزات، بتن و شیشه است. با افزایش جرم ویژه چوب (d) در جهت های شعاعی و مماسی ضریب انبساط افزایش می یابد. ولی در جهت طولی هیچ تفاوتی در ضریب انبساط حرارتی چوب ها وجود ندارد یعنی تغییرات جرم ویژه چوب تأثیری بر آن ندارد. البته تغییر ابعاد چوب که در اثر تغییر دما ایجاد می شود و در مقایسه تغییر ابعاد ناشی از هم کشیدگی کوچک است. بنابراین در بیشتر موارد از انبساط حرارتی چوب صرف نظر می شود.



شکل ۶-۵- اعمال حرارت در جهت های مختلف چوب

جدول ۲-۵- ضریب انبساط حرارتی چند گونه چوبی کاملاً خشک برای یک درجه سلسیوس

ضریب انبساط $\alpha \times ۱۰^{-۶}$			گونه چوبی	ردیف
عمود بر الیاف جهت شعاع $a_{r\perp}$	عمود بر الیاف جهت مماس $a_{t\perp}$	موازی الیاف $\alpha_{\parallel}$ یا $\alpha_L$		
۱۵/۰	۲۹/۰	۴/۲	کاج	۱
۲۹/۳	۵۰/۲	۲/۶	نوئل	۲
۲۹/۳	۴۱/۰	۳/۶	بلوط	۳
۲۷/۲	۳۰/۰	۲/۵	توس	۴
۲۲/۰	۳۴/۸	۵/۴	راش	۵

## ب) گرمای ویژه

یک قطعه چوب خشک از دو فاز، ماده چوبی و هوا تشکیل یافته است. حجم هوا کمتر از چوب بوده و ضریب گرمایی آن به مراتب کمتر از ضریب گرمای ویژه چوب خشک است. لذا ضریب گرمای ویژه چوب خشک تقریباً مساوی ضریب گرمای ویژه چوب است. ضریب گرمایی ویژه چوب مستقل از گونه چوبی و جرم ویژه می‌باشد و در دمای صفر درجه سلسیوس برای چوب کاملاً خشک برابر  $1/55 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$  کیلو ژول بر کیلو گرم درجه سلسیوس است. با افزایش دما ضریب گرمای ویژه به تدریج افزایش می‌یابد. و در  $100$  درجه سلسیوس تا  $25\%$  افزایش می‌یابد. ضریب گرمایی ویژه آب  $2/5$  برابر چوب است. به خاطر همین با افزایش رطوبت چوب ضریب گرمای ویژه آن نیز افزایش می‌یابد. این افزایش از رطوبت  $0$  تا  $130$  درصد  $2$  برابر است. ضریب گرمای ویژه آن بیشتر از چوب کاملاً خشک است. گرمای ویژه چوب کمی زیاد است، این خاصیت در بسیاری فرایندهای صنعتی مثل خشک کردن طبیعی چوب و اشباع چوب و غیره حائز اهمیت است.

$$C = \frac{Q}{m(\theta_2 - \theta_1)}$$

انرژی جذب شده  
جرم  
اختلاف دما

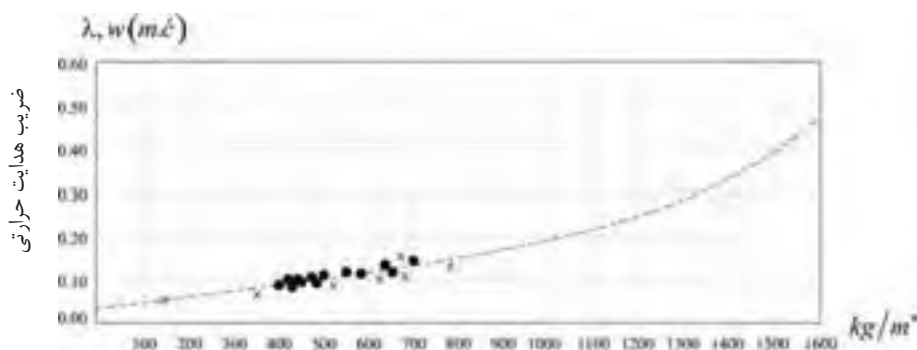
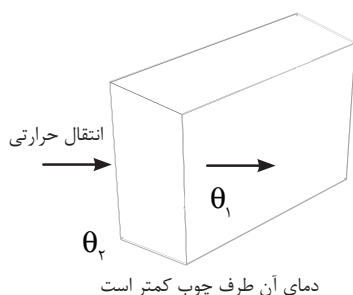
گرمای ویژه یک ماده، گرمای موردنیاز برای افزایش دمای ماده موردنظر از دمای  $\theta_1$  به زبان  $\theta_2$  بر حسب کالری و  $m$  جرم ماده مورد نظر بر حسب کیلوگرم و  $\theta_1$  و  $\theta_2$  دمای اولیه و ثانویه بر حسب درجه سانتیگراد است.

## ج) قابلیت هدایت حرارتی چوب

فاکتورهای زیادی بر هدایت حرارتی  $\lambda$  چوب مؤثر هستند:

یکی از مؤثرترین فاکتورها جرم مخصوص چوب است (نمودار ۱-۵). با افزایش جرم مخصوص چوب خشک هدایت حرارتی افزایش می‌یابد و این به خاطر بالا بودن هدایت حرارتی چوب نسبت به هوا است به طوری که  $20$  برابر بیشتر از هوا است. هدایت حرارتی هوا در حدود  $0.253$  است و چوب بدون منافذ با جرم مخصوص  $1560 \text{ kg/m}^3$  در حدود  $5\% \cong 20 \times 253\%$  ضریب هدایت حرارتی دارد.

$$\lambda = \frac{\text{kcal}}{\text{mh}^\circ\text{C}}$$



جرم مخصوص چوب کاملاً خشک  
نمودار ۱-۵- هدایت حرارتی چوب

### د) قابلیت سوخت و گرمزایی چوب

از دیگر خواص فیزیکی چوب قابلیت سوخت و گرمزایی آن است. به طوری که چوب پس از قرار گرفتن در دمای  $2 \pm 103$  درجه سلسیوس آب آغستگی خود را به مرور از دست می‌دهد. نمونه‌ای از چوب مورد نظر را می‌توان با دستگاه خشک‌کن آزمایشگاهی (اتوو) با تنظیم دمای فوق به صفر درصد رطوبت رساند. (شکل ۷-۵)



شکل ۷-۵- اتوو

تجزیه گرمایی چوب از  $160$  سلسیوس به بالا شروع می‌گردد و تغییر رنگ چوب نیز از این مرحله حرارتی به بالا صورت می‌گیرد و مواد فرار از قبیل الکل، گازهای  $CO$  و  $CO_2$  از چوب خارج می‌شوند. در این مرحله اگر اکسیژن به مقدار لازم به چوب برسد، با یک جرقه امکان آتش‌سوزی وجود دارد. در دمای بیش از  $220^\circ C$  گازهای خروجی از چوب شعله‌ور می‌شوند و لذا دمای  $230^\circ C$  را نقطه شعله‌وری می‌نامند. در دمای  $260^\circ C$  چوب بدون شعله خارجی به خودی خود به سوختن ادامه می‌دهد که آن را نقطه سوختن یا آستانه آتشگیری می‌گویند. با افزایش دما تا  $400^\circ C$  چوب بدون شعله تأثیرگذار خارجی به سوختن ادامه می‌دهد، (شکل ۸-۵) به این مرحله نقطه اشتعال می‌گویند. با ادامه آتش و نفوذ آن به عمق چوب در چوب‌های خشک حرارت  $1800^\circ C$  خواهد بود در چوب‌های مرطوب این مقدار حرارت کمتر بوده و مقدار آن در حدود  $1300^\circ C$  است.



شکل ۸-۵- اشتعال چوب

قدرت گرمزایی چوب و سایر مواد در (جدول ۳-۵) قابل رؤیت می‌باشد.

جدول ۳-۵- قدرت تولید گرمای چوب و مواد دیگر		
ردیف	ماده	قدرت گرما زایی به Kcal/kg
۱	چوب سوزنی برگان	۴۶۰۰
۲	چوب پهن برگان	۴۳۰۰
۳	زغال سنگ	۷۵۰۰
۴	گاز بوتان	۱۲۰۰۰

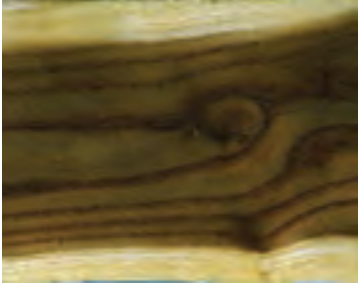
### خواص صوتی

**تعریف صدا:** هر پدیده ارتعاشی موجی شکل که در رسانه‌های الاستیک یا اجسام الاستیک با تواتر بین ۱۶ تا ۲۰۰۰ هرتز ایجاد شده و به صورت حسی دریافت شود را صدا می‌نامند.

اگر به قطعه چوبی با چکش، ضربه‌ای وارد شود چوب با تواتر طبیعی یا طنین خود، شروع به ارتعاش می‌کند. این ارتعاش، امواج صوتی را به سمت هوای اطراف منتشر می‌کند. چوب یک ماده الاستیک مناسب است و صوت را به خوبی منتشر می‌سازد. در جهت ییاف ۱۶ برابر و در جهت عمود برالیاف ۳ الی ۴ برابر بیشتر از انتشار صوت در هوا می‌باشد.

$$V = \lambda f \text{ یا } \lambda = \frac{v}{f}$$

صدا به عنوان یک پدیده موجی، به وسیله خواص فیزیکی زیر مشخص می شود: طول موج، دامنه، تواتر و سرعت صوت. از آنجا که یک موج صوتی در یک محیط یکنواخت (همگن) با سرعت معین حرکت می کند، از این رو رابطه مشخصی بین تواتر  $f$  و طول موج  $\lambda$  وجود دارد که به صورت زیر است:



شکل ۹-۵- چوب توت

سرعت صوت ( $V$ ) تأثیر پذیر از گونه چوبی، جرم مخصوص، جهت الیاف، رطوبت چوب، دمای آن و تواتر امواج متفاوت است. با افزایش رطوبت انتشار صوت کاهش می یابد، یکی از ارزیابی های کیفی چوب آزمایش میزان انتشار صوت می باشد. به طوری که به هنگام خرید چوب ابتدایی ترین روش ارزیابی، وارد کردن ضربه به چوب و گوش دادن به انعکاس صدا می باشد. اگر صدا خوب انتشار یابد حکایت از سالم بودن چوب دارد در غیر این صورت چوب دارای پوسیدگی می باشد.

البته این روش پایه علمی ندارد و یک روش تجربی عملی می باشد. که امروز با وجود ابزارهای دستی و آزمایشگاهی دقیق توصیه نمی شود. بعضی از چوب ها ذاتاً مستعد انتشار صدا می باشند مانند چوب های توت (شکل ۹-۵)، گردو (شکل ۱۰-۵)، که در ساخت ادوات موسیقی از آنها استفاده می شود.

در درصد رطوبت  $M = 5-7$  سرعت انتشار صوت در جهت موازی الیاف بین  $3200-5200 \text{ m/s}$  و در جهت عمود بر الیاف بین  $900-1500 \text{ m/s}$  است. هر چه مقدار رطوبت افزایش یابد، سرعت انتشار صوت کاهش می یابد. هر چه تارها یا الیاف چوب موازی یکدیگر (راست تار) بوده و چوب، فاقد گره باشد، محیط مناسب تری برای انتشار صوت است. سرعت انتشار امواج

پیچش اکوستیک به مدول پیچشی  $G$  بستگی دارد، بر اساس رابطه زیر:

از این رو موادی که ساختمان آنها همگن و هرسو یکسان است، امواج صوتی را به طور منظم و یکنواخت در همه جهت منتشر می کنند، ولی در چوب این امواج به دلیل پدیده هرسو نایکسانی به طریق دیگری انتشار می یابند.

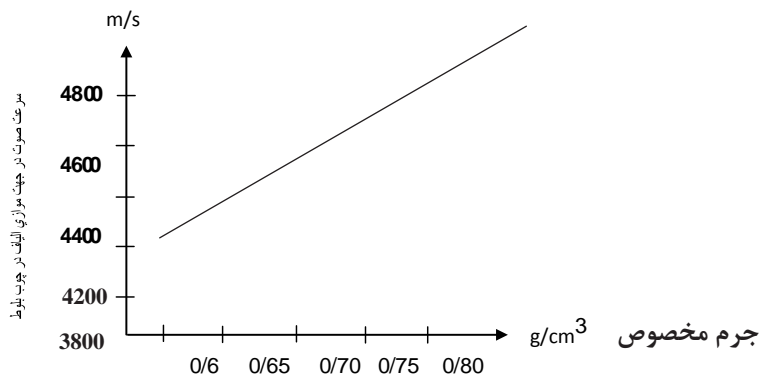
با توجه به این که جرم مخصوص ( $D$ ) در یک قطعه چوب مشخص، ثابت است. بنابراین نسبت سرعت صوت در جهت موازی طول الیاف ( $V_{\parallel}$ ) به سرعت صوت در جهت عمود بر الیاف ( $V_{\perp}$ ) به صورت زیر به دست می آید.

(پارامتر  $E$  یا مدول الاستیسیته (مدول یانگ) در بخش مکانیک آمده است.)

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

$$\frac{V_{\parallel}}{V_{\perp}} = \sqrt{\frac{E_{\parallel}}{E_{\perp}}}$$

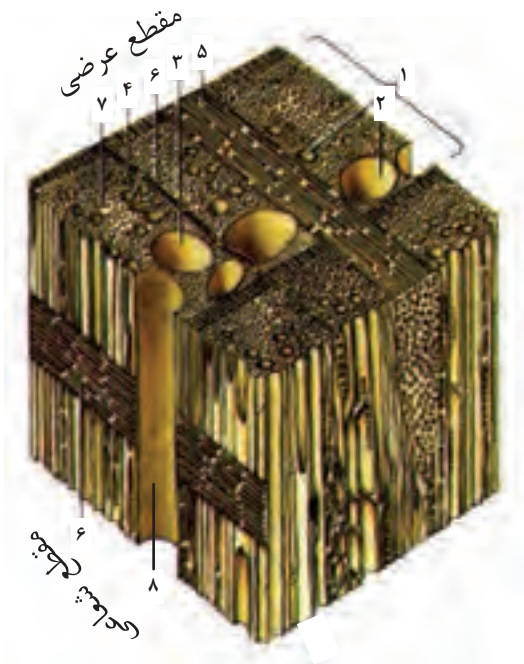
نمودار ۱: همبستگی سرعت صوت در جهت موازی الیاف و جرم مخصوص در چوب بلوط به دو صورت اتفاق می افتد.



## صوت در چوب

صوت در چوب به دو صورت اتفاق می‌افتد.

الف) صوت جذب چوب شده و در مدت زمان کوتاهی از شدت آن کم شده و محو می‌شود. این خاصیت را اکوستیک می‌گویند. دلیل این پدیده ساختار متخلخل چوب است. (شکل ۱۱-۵)



پرسپکتیو سه بعدی میکروسکوپ‌ها از چوب توس خاصیت تخلخل با مشخصات زیر آورده شده است.

- ۱- دوره رویش سالیانه
- ۲- حفره آوندی تابستانه
- ۳- حفره آوندی بهاره
- ۴- پره چوبی در مقطع مماسی
- ۵- پره چوبی در مقطع عرضی
- ۶- پره چوبی در مقطع شعاعی
- ۷- فیبر
- ۸- کانال آوندی

شکل ۱۱-۵ - تخلخل در مواد مرکب

ب) چوب می‌تواند صوت را منتشر کند و باعث تقویت صوت شود و حتی صوت را تولید کند این خاصیت را طنین می‌گویند. مانند انواع ادوات موسیقی چوبی و این می‌تواند به دلیل جهت‌دار بودن الیاف چوب باشد. (شکل ۱۲-۵)



شکل ۱۲-۵ انواع ادوات موسیقی

## مقاومت امواج صوتی، کاهش انتشار صوت (اکوستیک) در چوب

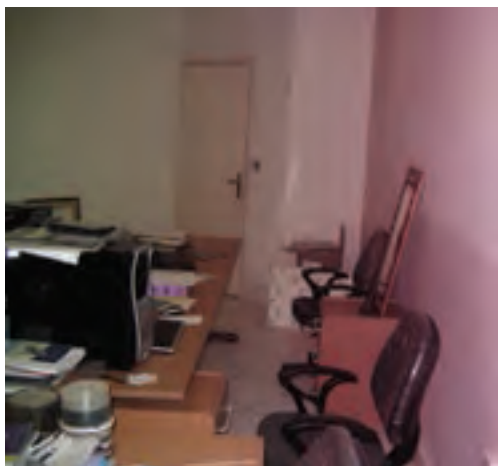
سرعت انتشار صدا در جهت الیاف چوب تقریباً به اندازه سرعت انتشار فلزات است در جدول ۴-۵ این انتشار برای تعدادی از مواد ذکر شده است. در خصوص انتخاب چوب برای ساخت آلات موسیقی توجه به جرم مخصوص چوب ضروری می‌باشد.

چوب و مواد چندسازه چوبی ماده‌ای متخلخل هستند، و لذا می‌تواند صدا را جذب کند و یا شدت آن را کاهش دهد.

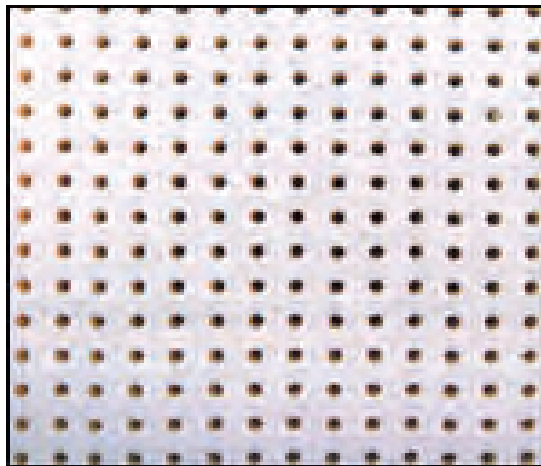
صدا به هنگام برخورد با سطوح زبر و قابل نفوذ جذب می‌شود شکل (۱۳-۵) ولی اگر با جسم صیقلی و صاف و غیر قابل نفوذ برخورد کند برگشت می‌کند و انعکاس صوت به وجود می‌آید شکل (۱۴-۵). لذا در سالن‌های استودیو و سالن‌های سینما و مشابه آن بخشی از فضای دیوار و سقف به شکل و فرم خاص و دکوراسیون زیبا از مواد عایق صدا پوشانده می‌شود. تا هم صوت را جذب نموده، و از انعکاس صدا نیز جلوگیری نماید، و هم به زیبایی و تغییر و ایجاد تنوع در پوشش‌های دیوار و سقف کمک می‌کند. حال برای دو سؤال زیر چه پاسخی دارید؟

۱- چرا باید صدا جذب شود؟

۲- خاصیت اکوستیک چه فوایدی دارد؟



شکل ۱۴-۵- دیوارهای صیقلی و تشدید صوت



شکل ۱۳-۵

صداهاى قابل شنيدن در هوا، نوعى انرژى جنبشى هستند. آستانه شنوايى آن به انرژى محدود  $10^{-16} w/cm^2$  (معادل صفر دسى بل db) محدود مى گردد، دامنه بالاتر كه آستانه دردناكى ناميده مى شود  $10^{-4} w/cm^2$  (معادل 120 db) است. دامنه صوتى كه بايد توسط گوش انسان تحمل شود، بسيار وسيع است كه در (جدول 5-5) نشان داده شده است.

پديده جذب صوت از موضوع عايق صوتى كاملاً متمايز است جذب صوت در مورد اجسام سبك و متخلخل مطرح مى گردد در صورتى كه عايق صوتى در مورد اجسام سنگين و غير قابل نفوذ نسبت به هوا قابل طرح است. لذا در اجسامى مانند تخته چوب و سيمان (شكل 5-15) داراى تخلخل بيشتري و زمينه ورود صدا فراهم است، در مواد و مصالحى مانند تخته mdf با ايجاد كانال هاى ورودى صدا به داخل آن مى توان مواد جاذب صوت توليد كرد كه به عنوان مواد اكوستيك در ساختمان هاى مسكونى، استوديوها مورد استفاده قرار مى گيرند. (شكل 17 و 16-5)



شكل 15-5- تخته چوب و سيمان با خاصيت جذب صوت



شكل 16-5- تخته MDF با خاصيت جذب صوت



شكل 17-5- سالن مجهز به مواد جاذب صوت



جدول ۴-۵ - مقاومت موج صدا در مواد مختلف		
ردیف	ماده	مقاومت موج صدا (dyn. S/CM)
۱	فولاد	۳۹۵×۱۰
۲	آهن مفتولی	۲۵۸×۱۰
۳	برنج	۲۳۴×۱۰
۴	برنز	۱۶۸×۱۰
۵	چرم	۸۲/۵×۱۰
۶	چوب تیک	۳۷×۱۰
۷	چوب نراد	۲۲×۱۰
۸	چوب راش	۲۰×۱۰
۹	آب	۱۴×۱۰
۱۰	لاستیک	۱×۱۰
۱۱	هوا	۰/۰۰۴×۱۰

جدول ۵-۵ - شدت صوت قابل شنیدن برای انسان			
ردیف	منبع صوت	واحد قراردادی	دسی بل
۱	حد دردناکی	۱,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۲۰
۲	موتور هوا در فاصله ۱/۵ متری	۱,۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۱۰
۳	کابین هواپیما پرواز عادی	۱,۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۰۰
۴	موسیقی زنده رادیو در اتاق	۱,۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۹۰
۵	عبور و مرور سنگین جریان هوا	۱,۰۰۰,۰۰۰	۸۰,۰۰۰
۶	دفتر کار	۱,۰۰,۰۰۰	۵۰
۷	مکالمه عادی	۱,۰,۰۰۰	۳۰
۸	پیچ کردن در فاصله ۱/۲ متری	۱۰۰	۲۰
۹	خش خش برگ ها	۱۰	۱۰
۱۰	حد شنوایی	۱	۰



## تحقیق کنید

۱- عوامل مؤثر بر هدایت الکتریکی چوب را بررسی کنید.

.....

۲- تیمارهای مؤثر بر خواص دی الکتریک چوب را بررسی کنید.

.....

۳- ضریب انبساط حرارتی چوب و سایر مصالح و مواد را مقایسه کنید.

.....

.....

۴- در خصوص انتشار صوت در چوب تحقیق کنید.

.....

۵- در خصوص خاصیت اکوستیک چوب مطالعه کنید.

.....

.....



## خودآزمایی

۱- درصد رطوبت لازم برای عایق بودن چوب را توضیح دهید.

۲- خواص دی الکتریک چوب اصلاح شده را شرح دهید.

۳- کدام خاصیت چوب را آمونیاک اصلاح می کند؟

۴- گرمای ویژه چوب را شرح دهید.

۵- سرعت صوت در چوب به کدام عوامل بستگی دارد؟

۶- حداقل و حداکثر شنوایی انسان چقدر است؟

۷- در چه وضعیتی صدا جذب سطوح می شود؟

۸- چرا صدا انعکاس پیدا می کند؟



## نمونه سؤال امتحان نهایی

۱- (دی ماه ۸۶) ضریب جذب صوت در چوب چیست؟  
نسبت مقدار انرژی جذب شده به کل انرژی برخورد کرده با چوب را اصطلاحاً ضریب جذب صوت گویند.

۲- (خرداد ماه ۸۷) حرارت چه تأثیری بر مقاومت الکتریکی چوب خشک دارد؟  
بالا رفتن درجه حرارت باعث کاهش مقاومت ویژه الکتریکی چوب خشک می‌شود.

۳- (شهریور ماه ۸۷) رطوبت چه تأثیری در سرعت انتشار صوت در چوب دارد؟  
وجود رطوبت در چوب سبب کاهش سرعت انتشار صوت می‌شود.

۴- (دی ماه ۸۷) ضریب دی‌الکتریک چوب را تعریف کنید.  
عبارت است از نسبت ظرفیت نگهداری الکتریکی چوب ( $C_1$ ) به ظرفیت نگهداری الکتریکی هوا یا خلأ ( $C_2$ )

$$\varepsilon = \frac{C_1 \text{ چوب}}{C_2 \text{ خلأ}}$$

۵- (خرداد ماه ۸۸) عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی چوب را نام ببرید.

درصد رطوبت، حرارت، دانسیته، جهت الیاف

۶- (شهریور ماه ۸۸) خاصیت آکوستیک چوب را تعریف کنید. دو مورد از موارد اهمیت آن را ذکر کنید.

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 آکوستیک چوب» می‌گویند. استودیوهای رادیو و

تلویزیون، سالن‌های سینما، سالن‌های سخنرانی

۷- (دی ماه ۸۸) سرعت انتشار صوت در چوب به چه عواملی بستگی دارد؟

جرم مخصوص و خاصیت ارتجاعی چوب

«قدرت گرمادهی یا گرمایی مطلق چوب» را تعریف کنید. واحد آن را بنویسید.

مقدار حرارت تولیدی توسط یک وزن معین چوب در طی روند احتراق (سوختن) که بر حسب کالری اندازه‌گیری می‌شود.

۸- (خرداد ماه ۸۹) ضریب هدایت حرارتی چوب را تعریف کنید.

عبارت است از مقدار حرارتی که در مدت یک ساعت و یا یک ثانیه از قطعه چوبی

به مساحت یک متر مربع به ضخامت یک متر و یا یک سانتی‌متر مربع به ضخامت یک

سانتی‌متر می‌گذرد در صورتی که اختلاف حرارت بین دو سطح یک درجه سانتی‌گراد باشد.

۹- (شهریور ماه ۸۹) مقاومت ویژه الکتریکی چوب را با ذکر فرمول تعریف نمایید.  
مقاومت الکتریکی یک سانتی متر مکعب چوب را اصطلاحاً مقاومت ویژه الکتریکی چوب  
می گویند.

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

۱۰- (دی ماه ۸۹) خاصیت طنین چوب را تعریف نمایید.  
چوب می تواند صدا را تشدید و تقویت نموده، به صورت امواج صوتی در هوا  
منتشر کند. این خاصیت چوب را خاصیت طنین چوب گویند.

بخش دوم

# خواص مکانیکی

## چوب



# فصل ششم

## ویژگی های

### مقاومتی چوب



## پیش‌آزمون



- ۱- به نظر شما ابعاد مقطع پایه یک صندلی براساس کدام یک از موارد زیر تعیین می‌گردد؟  
(الف) زیبایی و مقاومت  
(ب) قیمت مواد اولیه و مسائل اقتصادی  
(پ) سلیقه شخصی طراح و مصرف کننده  
(ت) تمام موارد
- ۲- کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح می‌باشد؟  
(الف) مقاومت چوب در حالت فشار موازی الیاف بیشتر از عمود بر الیاف است.  
(ب) مقاومت چوب در حالت فشار عمود بر الیاف بیشتر از موازی بر الیاف است.  
(پ) مقاومت چوب در حالت‌های موازی و عمود بر الیاف برابر می‌باشد.  
۳- هنگامی که یک گلدان را بر روی صفحه میزی قرار می‌دهیم ...  
(الف) طول پایه میز کاهش می‌یابد. (ب) طول پایه میز تغییری نمی‌کند.  
(پ) طول پایه میز در حدی که با چشم غیر مسلح قابل تشخیص نیست کاهش یافته و در صورت برداشتن گلدان به طول (شکل) اولیه بر می‌گردد.  
۴- به نظر شما آیا جمله زیر صحیح است؟ توضیح دهید.  
«هنگامی که بر روی قطعه چوبی باری قرار داده می‌شود با توجه به ابعاد چوب، گونه چوبی، مقدار بار، رطوبت چوب و مدت زمانی که قرار است بار بر روی آن باشد، در چوب تغییر شکل دائم و یا برگشت‌پذیر ایجاد می‌شود.»
- .....
- .....
- .....
- ۵- به نظر شما حد مجاز بارگذاری بر یک قطعه چوب استفاده شده در یک سازه چه میزان می‌باشد؟  
(الف) بارگذاری تا آستانه شکست.  
(ب) بارگذاری برابر نیمی از باری که منجر به شکست می‌گردد.  
(پ) بارگذاری تا حد تناسب (اندازه‌گیری شده در شرایط آزمایشگاه).  
(ت) با توجه به حد تناسب، مدت زمان بارگذاری، مسائل ایمنی، رطوبت و دمای محیط تعیین می‌شود.  
۶- تنش را تعریف کنید.
- .....
- .....
- .....



۷- کرنش را تعریف کنید.

۸- دو پایه ساخته شده از یک گونه چوبی به ابعاد  $40 \times 40 \times 4$  سانتی متر و  $80 \times 40 \times 4$  سانتی متر را در نظر بگیرید که به هر یک ۱۰۰ نیوتن بار در جهت طول (موازی الیاف) وارد شده است، به نظر شما .....

الف) کاهش طول هر دو پایه با یکدیگر برابر است.

ب) در طول پایه‌ها تغییری ایجاد نمی‌شود.

پ) کاهش طول پایه کوتاه‌تر دو برابر پایه بلندتر است.

ت) کاهش طول پایه بلندتر دو برابر پایه کوتاه‌تر است.

۹- نمودار تنش - کرنش نشان دهنده ...

الف) تغییر شکل ایجاد شده در یک ماده مشخص با توجه به مقدار تنش اعمال شده به آن و منحصر به همان ماده می‌باشد.

ب) رابطه میان تنش و کرنش بوده و به نوع ماده بستگی ندارد.

پ) رابطه میان تغییر شکل در اثر بارگذاری و ابعاد بوده و به نوع ماده بستگی ندارد.

## علم مکانیک

مکانیک علمی است که شرایط سکون یا حرکت اجسام تحت تأثیر نیروها<sup>۱</sup> را پیش‌بینی و توصیف می‌کند. بخشی از این علم در مورد اجسام صلب<sup>۲</sup> است؛ مکانیک چوب نیز بخشی از مکانیک اجسام صلب می‌باشد (مکانیک اجسام صلب به دو بخش استاتیک و دینامیک تقسیم می‌شود که بخش استاتیک با اجسام ساکن سر و کار دارد و بخش دینامیک با اجسام در حال حرکت). مکانیک یک علم فیزیکی است زیرا با مطالعه پدیده‌های فیزیکی سروکار دارد. اما بعضی‌ها مکانیک را مربوط به ریاضیات می‌دانند، در حالی که خیلی‌ها از آن به عنوان موضوع هندسی یاد می‌کنند. مکانیک پایه اغلب علوم هندسی است و پیش‌نیاز گریز ناپذیر مطالعه آنهاست؛ فقط متکی به تجربه یا مشاهده نیست، به ریاضیات شبیه است ولی یک علم محض نیست بلکه یک علم کاربردی است.

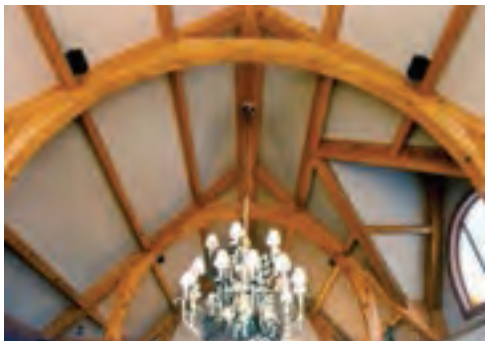


۱- نیرو اثر یک جسم بر جسم دیگر است.

۲- اجسامی که فرض می‌کنیم در اثر وارد شدن نیرو تغییر شکلی در آنها ایجاد نمی‌شود. در طبیعت هیچ ماده صلب در صلبی وجود ندارد.

مفاهیم بنیادی که در مکانیک به کار برده می‌شوند عبارتند از: فضا، زمان، جرم و نیرو. این مفاهیم را باید بر مبنای شهود و تجربه پذیرفت و به عنوان یک چارچوب مرجع برای مطالعه مکانیک به کار برد.

نیرو نمایاگر تأثیری است که یک جسم بر جسم دیگر می‌گذارد. نیروها ممکن است عملاً از راه تماس یا مثل نیروهای گرانشی و نیروهای مغناطیسی از راه دور اعمال شود. یک نیرو با نقطه اثر، بزرگی و جهت آن مشخص می‌شود و آن را با یک بردار نشان می‌دهند.



شکل ۲-۶- برای ساختن این سازه به صورت ایمن محاسبه کلیه نیروهای وارد شده به آن کاملاً ضروری است. این کار با استفاده از علم استاتیک که یکی از شاخه‌های علم مکانیک است انجام می‌پذیرد.



شکل ۱-۶ (ب) مانعی در مقابل این اسباب‌بازی وجود ندارد که سبب توقف آن شود. بنابراین در جهت نیروی دست حرکت کرده و شتاب می‌گیرد. شتاب جسم متحرک متناسب با مقدار نیرو و جرم آن می‌باشد.



شکل ۱-۶ (الف) نیرویی برابر وزن این مدل از طرف زمین به آن وارد می‌شود. بنابراین جسم ساکن می‌باشد.

## تغییر شکل مواد جامد در اثر وارد شدن بار به آنها

در عمل هیچ ماده‌ای به طور کامل صلب نیست و بر اثر بارهایی که به آن وارد می‌شود تغییر شکل پیدا می‌کند. سازندگان و طراحان مصنوعات چوبی ابعاد اجزای سازه‌های خود را در اندازه ساخته و یا طراحی می‌کنند که تغییر شکل در اثر اعمال بار بسیار کوچک بوده و اثری بر تعادل سازه نداشته باشد.



شکل ۳-۶ (الف)



شکل ۳-۶ (ب)



شکل ۴-۶



شکل ۵-۶ - طبقه قفسه کتاب پس از چیدن یک ردیف کتاب از حالت خط صاف به قوس تغییر شکل پیدا کرده است.

هنگامی که یک فرد بالغ بر روی صندلی می‌نشیند (شکل ۳-۶) ارتفاع نشیمنگاه صندلی تا زمین حدود  $0.3/0$  میلی‌متر کاهش یافته و با برخاستن فرد به ارتفاع اولیه باز می‌گردد. (شکل ۳-۶ الف) این کاهش طول تغییر شکلی الاستیک است.

شکل ۴-۶ پایه صندلی ساخته شده از چوب نوئل با ابعاد مقطع  $4 \times 4$  سانتی‌متر را نشان می‌دهد. از عمر این صندلی مدت ۴ سال گذشته و در این مدت از آن به‌طور مداوم استفاده شده، پس از گذشت این زمان در ارتفاع صندلی تغییری ایجاد نگردیده است. این عدم تغییر بدین معنی است که هر بار فردی بر روی صندلی می‌نشیند کاهش ارتفاع ایجاد شده در محدوده تغییر شکل الاستیک (برگشت‌پذیر) است.

جزئی بودن تغییر شکل اجزای سازه در بعضی حالات بارگذاری در حدی است که شاید هیچ‌کس در طول عمر خود کاهش ارتفاع پایه‌های یک صندلی چوبی را هنگامی که شخصی بر روی آن می‌نشیند، ندیده باشد (بارگذاری در جهت موازی الیاف). افزایش تغییر شکل در هر حالتی از بارگذاری به شکست منجر می‌گردد.

تغییر شکل ایجاد شده در اثر بارگذاری‌ها مبنای تعیین حداکثر باری است که هر عضو سازه قادر است در حالت‌های مختلف (کشش، خمش، فشار و ...) تحمل کند و همچنین مبنای تعیین ابعاد اعضای سازه می‌باشد.

### منحنی نیرو و تغییر شکل در آزمایش چوب

فرض کنید که یک نمونه چوبی را تحت بارگذاری فشاری، خمشی و یا برشی قرار می‌دهیم؛ بارگذاری از نقطه صفر شروع شده و به تدریج تا شکست نمونه افزایش می‌یابد، هم‌زمان با افزایش نیرو قطعه چوب بارگذاری شده تغییر شکل می‌دهد، خم می‌شود، فشرده یا بریده می‌گردد. مرحله اول بارگذاری و تغییر شکل از نقطه صفر تا حد معینی (حد تناسب) شامل محدوده الاستیک است. اگر در محدوده الاستیک بار از روی نمونه برداشته شود تغییر شکل ایجاد شده از بین رفته و قطعه چوب به شکل اول خود بر می‌گردد.<sup>۱</sup> ولی اگر بارگذاری ادامه پیدا کرده و مقدار آن از محدوده الاستیک تجاوز کند، دیگر پس از حذف بار نمونه به شکل اولیه بر نخواهد گشت. زیرا نیرو و تغییر شکل وارد محدوده پلاستیک شده‌اند. تعیین محدوده الاستیک و پلاستیک و همچنین حد تناسب با استفاده از منحنی «بار- تغییر شکل» و یا «تنش- کرنش» امکان‌پذیر است.<sup>۲</sup>



۱ - برای درک بهتر مفهوم الاستیک دو انتهای قطعه چوبی از گونه‌ای سبک مانند نوئل یا صنوبر به طول حدود ۶۰ سانتی‌متر و مقطع  $1 \times 1$  سانتی‌متر را با دو دست تکه داشته و دست‌ها را به هم نزدیک کنید تا چوب به مقدار کمی کمانی شود، سپس دست‌ها را آزاد کنید تا چوب به شکل اول خود بازگردد، کمانی که ایجاد کرده اید تغییر شکل الاستیک بوده که پس از حذف نیرو به شکل اول برگشته است. اگر دست‌هایتان را به مقدار بیشتری به هم نزدیک کنید چوب دیگر به شکل اول خود بر نمی‌گردد که نشان‌دهنده تغییر شکل پلاستیک است؛ در صورت اعمال نیروی بیشتر، چوب می‌شکند (البته ممکن است در این آزمایش قادر به ایجاد تغییر شکل پلاستیک نباشید).

۲ - نمودار تنش-کرنش در صفحات بعدی توضیح داده شده است.

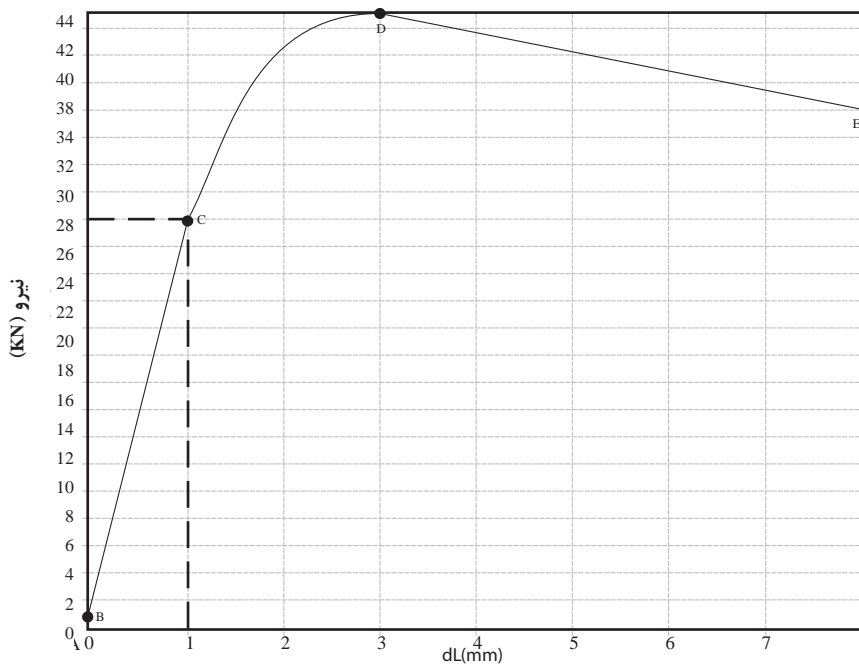
ناحیه اول نمودار شکل ۶-۷ (AB) به علت ردیف نبودن در دستگاه آزمایش و ناصافی سطح به وجود می‌آید. این ناحیه یک رویداد ناپایدار است و پس از مختصر افزایش بار و حذف ناصافی سطح (در اثر فشردگی) پایان می‌پذیرد و بعد از آن ناحیه نیرو و تغییر شکل خطی (BC) شروع می‌شود. در تحلیل مشاهدات از ناحیه اول صرف نظر می‌گردد. در منحنی‌های نیرو و تغییر شکل می‌توان خط مماسی بر ناحیه دوم (BC) رسم کرد. نقطه‌ای که در آن منحنی از خط مستقیم منحرف می‌شود به حد تناسب مرسوم است. نقطه حداکثر نیرویی است که چوب قبل از شکست قادر به تحمل آن بوده است. از این نقطه به بعد با توجه به افزایش شکست ایجاد شده مقاومت نمونه نیز کاهش یافته و نمودار نزولی می‌شود. شکل نمودار پس از نقطه شکست با توجه به نوع آزمایش (فشار، کشش، خمش و برش) متفاوت است.



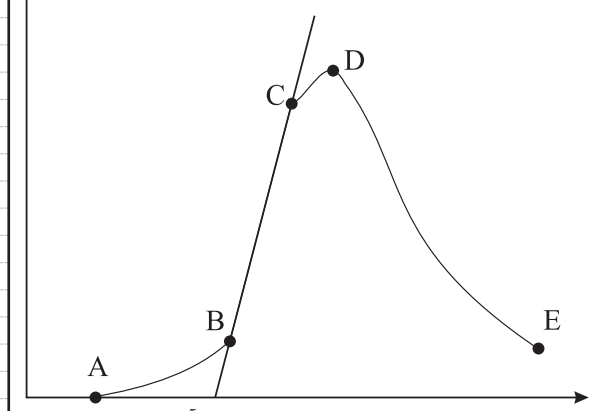
شکل ۶-۶- نمونه چوبی شکسته شده در اثر بار کششی

### تغییر شکل الاستیک در چوب

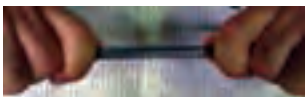
به تغییر شکلی گفته می‌شود که پس از برداشته شدن بار از بین رفته و چوب به حالت اولیه باز گردد. این ناحیه بین نقاط B و C در نمودار شکل ۶-۸ نشان داده شده است. این حالت در مواقعی که بار اعمال شده کمتر از حد تناسب (نقطه C نمودار شکل ۶-۸) باشد اتفاق می‌افتد، عواملی چون جهت اعمال بار بر چوب (طولی، شعالی و مماسی)، مدت زمان اعمال بار، رطوبت و دمای محیط بر حد تناسب مؤثر و مقدار آن را افزایش یا کاهش می‌دهد.



شکل ۶-۸ نمودار حاصل از آزمایش فشار موازی الیاف چوب راش  
A: شروع منحنی  
C: حد تناسب (BC محدوده تناسب)  
D: حداکثر مقاومت  
dl: تغییر شکل طولی (deformation lexth)



شکل ۶-۷ نمودار ترسیم شده بار تغییر شکل حاصل از آزمایش خمش چوب صنوبر  
نقطه C: حد تناسب (PL)  
نقطه AB: ردیف شدن اولیه  
نقطه BC: الاستیک خطی  
نقطه CD: ناحیه پلاستیک  
نقطه DE: بعد از شکست  
نقطه D: حداکثر مقاومت (u)



شکل ۹-۶ (الف)

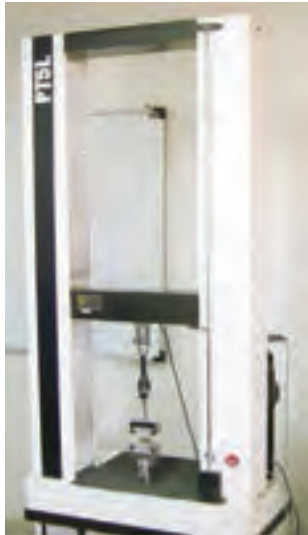
شکل ۹-۶ الف- فنر، الگوی رفتار یک جسم کاملاً الاستیک است که پس از حذف نیرو (در این شکل کشش) به وضعیت اول باز می‌گردد.



شکل ۹-۶ ب- در این قطعه چوبی که مورد آزمایش مقاومت فشار موازی الیاف قرار گرفته تغییر شکل پلاستیک دائمی همراه با گسیختگی بین الیاف ایجاد شده است، اگر به این قطعه بیش از محدوده الاستیک بار وارد نمی‌شد پس از حذف بار به وضعیت اولیه خود بر می‌گشت.



شکل ۱۰-۶، تغییر شکل دائمی ایجاد شده در چوب راش پس از آزمایش فشار موازی الیاف



شکل ۱۱-۶، یک نمونه دستگاه مکانیکی کشش و فشار (تستینگ)، ظرفیت این دستگاه در حدود یک تن و انتقال نیرو از موتور به بخش متحرک به وسیله میله مارپیچ می‌باشد.



شکل ۱۲-۶- تعدادی از گیره‌های مورد استفاده برای آزمایش چوب و چند سازه‌های چوبی

## تغییر شکل پلاستیک (دائم) در چوب

این نوع تغییر شکل هنگامی اتفاق می‌افتد که مقدار بار اعمال شده بیش از حد الاستیک باشد، ناحیه بین نقاط C و E در نمودار شکل ۹-۶ حد پلاستیک را نشان می‌دهد، در این حالت پس از حذف بار از قطعه چوبی چون تغییر شکل فراتر از حد الاستیک است به شکل اولیه برنگشته و به عبارت دیگر تغییر شکل دائم در چوب به وجود می‌آید؛ در نمودار شکل ۹-۶ کاهش طول نشان داده شده در محور طول تا حدود ۰/۹ میلی‌متر جزء محدوده الاستیک و پس از آن پلاستیک می‌باشد، در محدوده پایین‌تر از حد تناسب (نقطه C ۹-۶) در صورت حذف بار نمونه به حالت اول بر می‌گردد ولی در صورت بارگذاری بیش از این حد، تغییر شکل پلاستیک ایجاد می‌گردد.



### بیشتر بدانیم

#### دستگاه‌های تعیین مقاومت چوب تحت کشش و فشار (دستگاه تستینگ)

برای اندازه‌گیری مقاومت چوب، فلز و یا پلاستیک در برابر کشیده شدن، فشردگی، برش، خمش و غیره از دستگاه‌های کشش و فشار (تستینگ) استفاده می‌گردد. بخش‌های اصلی این دستگاه‌ها عبارتند از: اسکلت، الکتروموتور، نیروسنج و جک هیدرولیک یا انواعی از میله‌های مارپیچ. عملکرد این دستگاه‌ها بدین ترتیب است که گیره مورد نظر با توجه به نوع آزمایش، توسط نیروی ایجاد شده به وسیله الکتروموتور، نمونه را در معرض کشش، فشار، خمش و برش قرار می‌دهد و همزمان با اعمال نیرو، نیروسنج دستگاه نیز که رابط میان گیره و بخش متحرک ماشین است مقاومت نمونه را اندازه‌گیری می‌نماید.

(سیستم اندازه‌گیری وزن در ترازوهای دیجیتال نمونه کوچکی از این نیروسنج است). در انواع جدید ماشین‌های کشش و فشار همزمان با آزمایش، نمودار نیز توسط کامپیوتر جهت استخراج اطلاعات مورد نظر ترسیم می‌گردد.

الکتروموتور دستگاه‌های مکانیکی با استفاده از کامپیوتر کنترل شده و توانایی حرکت با هر توانی را دارا می‌باشد (شکل ۱۳-۶).



شکل ۱۳-۶

در شکل ۱۶-۶ یک نوع ساده از جعبه کنترل دستگاه کشش و فشار (تستینگ) نشان داده شده است. فرمان‌های کاربر از طریق کامپیوتر به این جعبه ارسال شده و این جعبه براساس این فرمان‌ها دستگاه را کنترل می‌کند.

شکل ۱۷-۶ پمپ و جعبه روغن یک نوع دستگاه هیدرولیکی کشش و فشار با سیستم ساده را نشان می‌دهد.



شکل ۱۶-۶



شکل ۱۷-۶



شکل ۱۴-۶- دستگاه کشش و فشار هیدرولیکی، ظرفیت این دستگاه حدود ۱۵ تن بوده و حرکت آن به وسیله جک هیدرولیک ایجاد می‌شود بخش فوقانی جک هیدرولیک که با فلش نشان داده شده است نیرو سنج می‌باشد.



شکل ۱۵-۶- دستگاه کشش و فشار با سیستم مکانیکی (انواع قدیمی‌تر) را نشان می‌دهد. ترسیم گراف و تنظیم دستگاه به وسیله ادوات مکانیکی و بدون استفاده از کامپیوتر است.

## سؤال و تحقیق

۱- تغییر شکل الاستیک را با ذکر چند مثال تعریف کنید.

.....

.....

.....

۲- تغییر شکل پلاستیک را با ذکر چند مثال تعریف کنید.

.....

.....

.....

۳- در شیشه و سنگ نیز قبل از شکسته شدن تغییر شکل ایجاد می‌گردد؟ (بار اهنمایی معلم خود در خصوص پاسخ این سؤال تحقیق کنید و نتیجه را در صورت امکان همراه با عکس توضیح دهید)

.....

.....

.....

۴- از عمر صندلی چوبی شکل صفحه بعد چندین سال می‌گذرد، هر بار فرد بالغی بر روی این صندلی می‌نشیند کرنش سنج یا ساعت اندازه‌گیر (ابزاری دقیق که قادر است تغییر



شکل اجسام را به دقت  $0/01$  میلی متر اندازه گیری نماید) کوتاه شدن ارتفاع نشیمنگاه صندلی را به اندازه  $0/03$  میلی متر نشان می دهد و پس از برخاستن فرد، عقربه کرنش سنج یا ساعت اندازه گیر به جای اول خود برمی گردد، کوتاه شدن نشیمنگاه صندلی چه نوع تغییر شکلی است؟ توضیح دهید.

.....

.....

.....



۵- تغییر شکل ایجاد شده در این طبقه کتابخانه چه نوع تغییر شکلی است؟ توضیح دهید. (با فرض اینکه پس از برداشتن کتاب ها نیز طبقه به طور کامل به شکل اولیه برنگردد).

.....

.....

.....

۶- در سر آستین و کمر برخی از لباس هایی که می پوشیم از کش استفاده شده است که باعث چسبیدن لباس به بدن می گردد، دلیل چسبیدن مجدد کش به بدن انسان پس از هر بار پوشیدن لباس را با توجه به اینکه کش مدل یک جسم کاملاً الاستیک است را توضیح دهید.

.....

.....

.....

۷- فرض کنید در وسط طبقه کتابخانه گفته شده در سؤال ۵ در اثر چیدن کتاب  $6\text{mm}$  خیز ایجاد شده باشد و پس از برداشتن کتاب ها این خیز به  $3\text{mm}$  کاهش یابد، تغییر شکل حذف شده و باقیمانده را چگونه تحلیل می کنید.

.....

.....

.....

.....

۸- جنس تخته شیرجه از نوعی مواد پلی مری و در مدل های قدیمی چوب می باشد، دلیل نشکستن تخته شیرجه را با توجه به تغییر شکل های الاستیک و پلاستیک توضیح دهید.

.....

.....

.....

.....

۹- چند تغییر شکل پلاستیک را که تا به حال با آنها برخورد داشته‌اید با ذکر جنس ماده نامبرده در مورد آنها توضیح دهید. در صورت امکان شکل آنها را رسم نمایید.

.....

.....

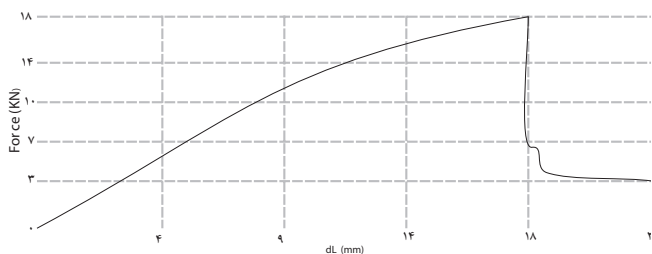
.....

۱۰- الف) محدوده ردیف شدن اولیه، الاستیک، پلاستیک و پس از شکست را در نمودارهای داده شده مشخص نمایید.

ب) کاهش طول ایجاد شده در هر یک از نمونه‌ها در صورتی که بار در نقطه وسط ناحیه الاستیک از روی نمونه برداشته می‌شد از نمودار مربوط به آن استخراج نمایید.

ج) کاهش طول ایجاد شده در هر یک از نمونه‌ها را در صورتی که بار در نقطه وسط ناحیه پلاستیک از روی نمونه برداشته می‌شد با توجه به نمودار مربوطه تعیین نمایید.

الف) نمودار حاصل از آزمایش خمش چوب صنوبر



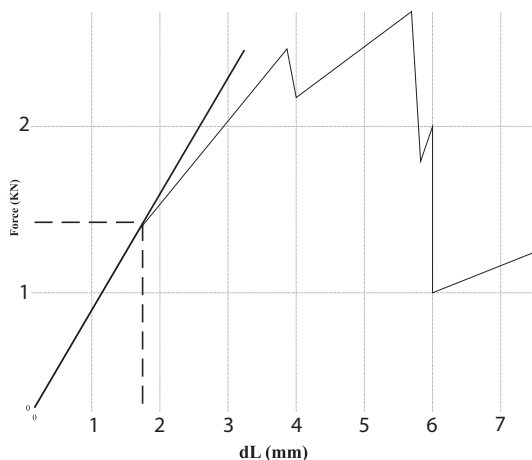
.....

.....

.....

.....

ب) نمودار حاصل از آزمایش کشش چوب نوئل



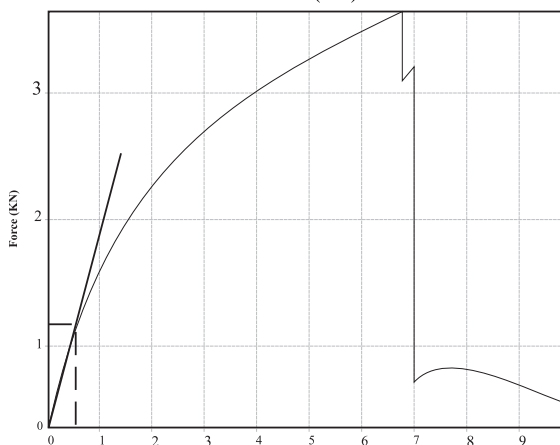
.....

.....

.....

.....

پ) نمودار حاصل از آزمایش فشار موازی الیاف چوب راش



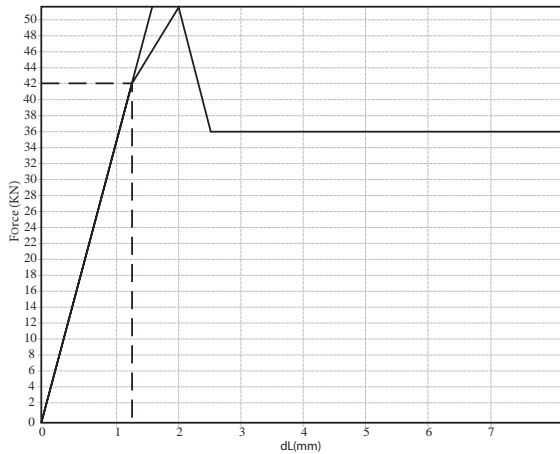
.....

.....

.....

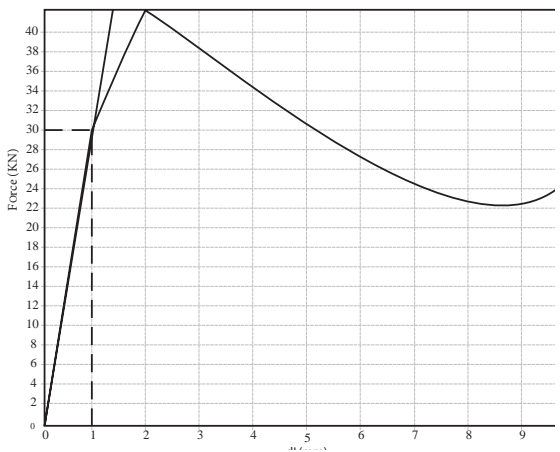
.....





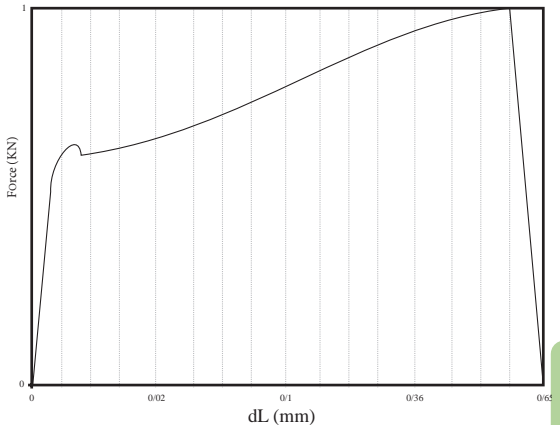
ت) نمودار حاصل از آزمایش فشار موازی الیاف چوب نوئل

.....  
 .....  
 .....  
 .....



ث) نمودار حاصل از آزمایش فشار عمود بر الیاف چوب نراد

.....  
 .....  
 .....  
 .....



ج) نمودار حاصل از آزمایش فشار موازی الیاف چوب نراد

.....  
 .....  
 .....  
 .....

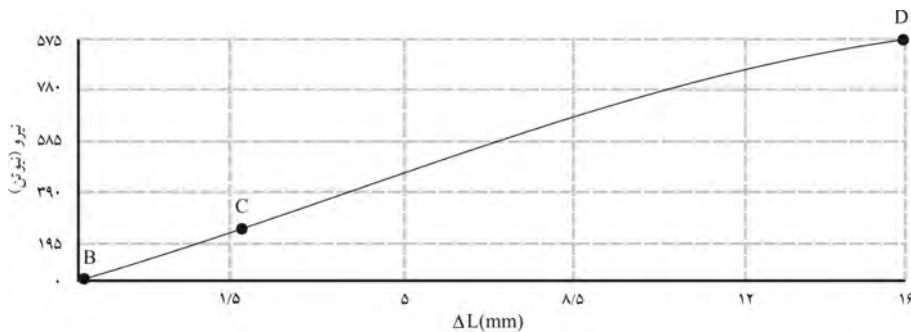
### تعریف ویژگی‌های مقاومتی یا استحکام

چوب نیز همانند هر ماده جامد دیگری در برابر بارهای وارد شده تغییر شکل می‌دهد. همان‌طور که در بخش اول کتاب خوانده‌اید چوب عمدتاً از عناصری دوکی شکل و توخالی به نام آوند و فیبر (پهن‌برگان) یا تراکنید (سوزنی‌برگان) تشکیل شده است؛ رفتار چوب در مقابل بارهای وارد شده نتیجه رفتار این عناصر در مقابل کشش، فشار، برش و ... متفاوت است. هنگامی که چوب تحت بارگذاری فشاری، کششی، خمشی و یا ... قرار می‌گیرد با توجه به دما و رطوبت، سرعتی که بار (نیرو) وارد می‌شود و این که نیرو در جهت موازی با الیاف، یا عمود بر الیاف اعمال شده است، افزایش یا کاهش طول پیدا کرده، خمیده و یا در معرض برش قرار می‌گیرد؛ با افزایش بار، تغییر شکل ایجاد شده افزایش یافته و سرانجام شکست

واقع می‌گردد.

شکل ۱۸-۶- نمودار بار- تغییر شکل حاصل از آزمایش خمش چوب صنوبر می‌باشد، ناحیه قبل از شکست این نمودار از دو بخش خطی (BC) و غیرخطی (CD) تشکیل شده که ناحیه خطی به عنوان محدوده الاستیک در نظر گرفته می‌شود (در محدوده الاستیک نیز در صورت طولانی شدن مدت بارگذاری تغییر شکل دائم به وجود می‌آید).

تعریف ویژگی‌های مقاومتی یا استحکام چوب براساس نمودار بار - تغییر شکل ۱۸-۶ امکان‌پذیر است، در عمل با توجه به مواردی همچون تعداد دفعات بارگذاری، ایمنی، رطوبت، دما، مدت زمان بارگذاری و ... استحکامی که برای چوب در نظر می‌گیرند درصدی از مقدار باری که چوب در محدوده الاستیک تحمل کرده می‌باشد (قبل از حد تناسب).



نمودار ۱۸-۶

## تنش

مقاومت‌های چوب در گونه‌های یکسان با توجه به ابعاد متفاوت است؛ به عنوان مثال اگر فرض کنید میزان فشاری که در جهت موازی الیاف بر نمونه چوبی از گونه راش به ابعاد  $5 \times 2 \times 2$  سانتی‌متر ۱۰۰ نیوتن باشد نمی‌توان آن را برای تمام قطعات چوب راش در نظر گرفت، زیرا چنانچه ابعاد همین چوب به  $15 \times 3 \times 3$  سانتی‌متر تغییر یابد مقاومت آن نیز متفاوت خواهد بود.

بنابراین مقاومت‌های برشی، کششی، فشاری و ... برای انواع مصالح ساختمانی از طریق واحد تنش بیان می‌گردد. تنش عبارت است از مقدار نیرو بر سطح مقطع که با محاسبه آن مقاومت واحد سطح (مانند متر مربع، اینچ مربع، ...) نسبت به بار وارد شده به دست می‌آید و می‌توان مقاومت هر سطح دیگر از همان گونه را نیز محاسبه نمود. مثلاً وقتی در منابع مقاومت فشار موازی الیاف یک گونه چوبی سوزنی برگ ۵۰ مگاپاسکال ذکر می‌شود به این معنی است که می‌توان بر قطعه‌ای از این چوب به ابعاد سطح مقطع یک متر مربع،

۵۰ میلیون نیوتن بار وارد کرد، حال با محاسبه‌ای ساده می‌توان این مقاومت را برای سایر قطعات این چوب، با ابعاد مختلف، به دست آورد.

### ۷-۶-۱ تنش فشاری (عمودی):

چهار پایه‌ای را در نظر بگیرید که گلدانی روی آن قرار داده شده است (شکل ۱۹-۶). اگر جرم گلدان ۴ کیلوگرم باشد، نیرویی معادل ۴ کیلوگرم نیرو یا ۴۰ نیوتن از طرف گلدان بر پایه‌های چهار پایه وارد می‌گردد.<sup>۱</sup>

با فرض اینکه بر هر یک از پایه‌ها یک چهارم نیروی مذکور وارد می‌گردد پس بر هر پایه ۱۰ نیوتن نیرو وارد می‌شود. در این حالت می‌گوییم که پایه تحت اثر بارگذاری محوری است. برای محاسبه تنش (مقاومت)، نیروی وارد شده را بر سطح مقطع پایه تقسیم می‌کنیم، به دلیل عمود بودن سطح مقطع پایه بر جهت نیرو، تنش محاسبه شده را «تنش عمودی» می‌نامند. تنش عمودی با علامت  $\sigma$  (سیگما) نشان داده شده و با استفاده از فرمول ذیل محاسبه می‌گردد:

(سطح مقطع) ÷ (نیرو) = (سیگما، تنش یا فشار)

$F$ : نیروی وارد بر جسم بر حسب نیوتن

$A$ : سطح مقطع بر حسب متر مربع (یا سایر واحدهای سطح مثل اینچ مربع، میلی متر مربع و...)

این فرمول نشان دهنده میانگین تنش در سطح مقطع است نه تنش در نقطه خاصی از آن. واحد تنش نیوتن بر متر مربع (پاسکال) می‌باشد، بنابراین هر یک پاسکال برابر یک نیوتن بر متر مربع است.



شکل ۱۹-۶- پایه‌های این گلدان بر زمین عمود می‌باشد.

$$\bar{\sigma} = \frac{F}{A}$$

### مثال

در شکل مقابل یک قطعه چوب راش به طول ۲۰ سانتی‌متر و سطح مقطع ۲۵ سانتی‌متر مربع تحت تأثیر نیرویی برابر ۴۰ نیوتن قرار گرفته است. تنش عمودی در این قطعه چوب برابر است با:

$$\bar{\sigma} = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{40\text{N}}{0.0025\text{m}^2} = 16000\text{KPa} \quad (16 \times 10^6 \text{N/m}^2 = 16\text{MPa})$$



۱- فرمول وزن  $w=mg$  است که  $w$  وزن،  $m$  جرم و  $g$  ثابت عمودی یا ثابت گرانش می‌باشد. مقدار  $g$  با دو رقم اعشار  $9/81$  است که معمولاً آن را  $10$  در نظر می‌گیرند؛ بنابراین نیروی وارد شده از طرف گلدان که ناشی از وزن آن می‌باشد برابر است با  $40\text{N} = 4 \times 10 = 40$ ، مقدار  $g$  به ارتفاع جرم مورد نظر و همچنین عرض جغرافیایی بستگی دارد. اما وقتی که جسم عملاً بر روی سطح زمین باقی بماند اغلب محاسبات مهندسی را می‌شود با فرض  $g$  برابر  $9/81$  و یا  $10$  با دقت کافی انجام داد.

۲-  $F$ : مخفف کلمه force است.

۳-  $A$ : مخفف Area به معنای مساحت است.

## مسئله



۱- به یک قطعه چوب راش به ابعاد مقطع  $5 \times 5$  سانتی متر  $86 \text{ KN}$  باری در جهت موازی الیاف وارد می شود، تنش عمودی در این چوب برابر است با:

$$F = 86000 \text{ N}$$

$$A = 0.05 \text{ m} \times 0.05 \text{ m} = 0.0025 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{86000 \text{ N}}{0.0025 \text{ m}^2}$$

$$\sigma = 34400 \times 10^6 \text{ Pa (N/m}^2\text{)} = 34.4 \text{ MPa}$$

۲- به چوب چناری  $50 \text{ KN}$  بار وارد شده است، تنش عمودی در این چوب را محاسبه نمایید. ابعاد نمونه  $3 \times 3 \times 15$  سانتی متر.

.....

.....

.....

۳- تنش عمودی در یک قطعه چوب ممرز به ابعاد  $2/5 \times 2/5 \times 10$  سانتی متر  $5000 \text{ KPa}$  است، مقدار نیروی ایجاد کننده این تنش را محاسبه نمایید.

$$A = 0.025 \text{ m} \times 0.025 \text{ m} = 0.000625 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$F = ?$$

$$\sigma = 5000000 \text{ Pa}$$

$$5000000 = \frac{F}{0.000625}$$

$$F = 3125 \text{ N} = 3.1 \text{ KN}$$



۴- ستون شکل مقابل حداکثر قادر به تحمل تنش معادل  $400 \text{ KPa}$  است، محاسبه کنید که وارد شدن  $20 \text{ KN}$  بار به این ستون موجب شکست آن می گردد یا خیر؟ (ابعاد مقطع ستون  $10 \times 10 \text{ cm}$ ).

$$\sigma = 400 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$A = 0.1 \times 0.1 = 0.01 \text{ m}^2$$

$$F = ? \text{ نیرویی که تیر قادر به تحمل آن است.}$$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$400 \times 10^6 = \frac{F}{0.01}$$

$$F = 4 \times 10^6 \text{ N} > 300000 \text{ N}$$

چون تحمل تیر از نیروی وارد شده به آن بیشتر است شکستی اتفاق نمی افتد.



۵- قصد داریم چهار پایه‌ای مطابق شکل مقابل را از چوب صنوبر بسازیم، اگر این چوب قادر به تحمل حداکثر  $30 \text{ Kpa}$  تنش عمودی باشد مساحت هر پایه آن را بر حسب متر مربع محاسبه کنید. قرار است به این چهار پایه  $200 \text{ N}$  بار وارد شود.

$$F = \frac{400}{4} = 100 \text{ N} \quad (\frac{1}{4} \text{ نیرو به هر پایه وارد می شود.})$$

$$\sigma = 30000 \text{ Pa}$$

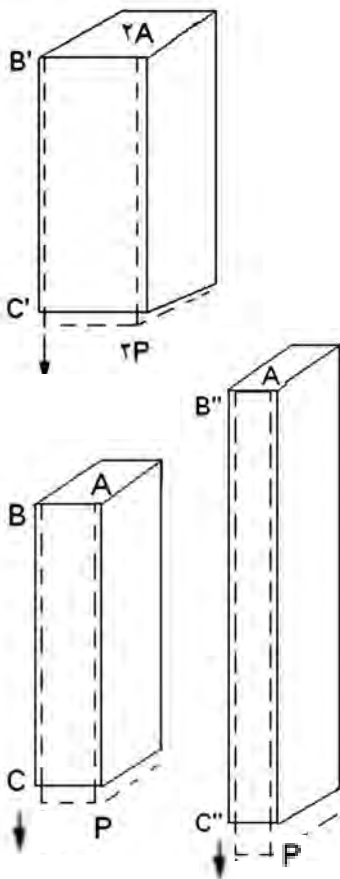
$$30000 = \frac{100}{A}$$

$$A = 0.0016 \text{ m}^2$$

۶- مسئله قبل را برای حالتی که از چوب راش با تحمل حداکثر تنش  $70 \text{ Kpa}$  استفاده کنیم را محاسبه نمایید.

.....  
 .....  
 .....

### تنش و کرنش، بارگذاری محوری



کلیه سازه‌های چوبی بایستی طوری طراحی شوند که در اثر بارهای وارده تغییر شکل محسوسی در آنها ایجاد نگردد، بنابراین از تحلیل تغییر شکل‌ها در تعیین حداکثر تنشی که می‌توان بر هر عضو سازه وارد ساخت استفاده می‌شود.

#### ۸-۶-۱ کرنش عمودی تحت بار محوری

قطعه چوب BC به طول L و سطح مقطع یکنواخت A را در نظر می‌گیریم که در نقطه B ثابت شده است. اگر باری مانند F را به انتهای C وارد کنیم طول نمونه زیاد می‌شود (شکل ۲۰-۶) با رسم منحنی مقدار F نسبت به تغییر شکل  $\Delta L$  (حرف یونانی دلتا) نمودار مشخصی برای بار - تغییر شکل به دست می‌آوریم (شکل ۲۱-۶).

با اینکه این نمودار شامل اطلاعاتی مفید برای تحلیل میله مورد بررسی است، از آن نمی‌توان مستقیماً برای پیش‌بینی تغییر شکل میله دیگری با همان جنس ولی با ابعاد دیگر، استفاده کرد. در حقیقت مشاهده می‌کنیم که هرگاه تغییر شکل  $(\Delta L)$  ایجاد شده در میله BC بر اثر بار F باشد، در میله  $B'C'$  به طول L و سطح مقطع دو برابر  $2F$  بار

شکل ۲۰-۶- خط پیوسته وضعیت اولیه میله و خط چین پس از کشیده شدن را نشان می‌دهد. طول میله قرار گرفته در معرض بار کشش افزایش یافته و عرض آن کاهش می‌یابد.

لازم است تا همان ازدیاد طول ایجاد شود. یادآور می‌شویم که در هر دو حالت، مقدار تنش برابر با  $\sigma = \frac{F}{A}$  است. از طرف دیگر، بار  $F$  وارد شده بر میله  $B''C''$  با همان مساحت سطح مقطع میله  $BC$  ولی با طول دو برابر، باعث تغییر شکل  $\Delta L$  می‌شود.

یعنی اگر طول میله دو برابر شود، افزایش طول ایجاد شده در اثر همان مقدار بار قبلی دو برابر خواهد شد، ولی در هر دو حالت نسبت تغییر شکل بر طول میله برابر است با  $\frac{\Delta L}{L}$ . اکنون می‌توانیم مفهوم کرنش را معرفی کنیم:

کرنش عمودی در یک میله تحت بارگذاری محوری را با تغییر شکل در طول واحد آن میله تعریف می‌کنیم. با نشان دادن کرنش عمودی با  $\epsilon$  (حرف یونانی اپسیلون) می‌نویسیم:

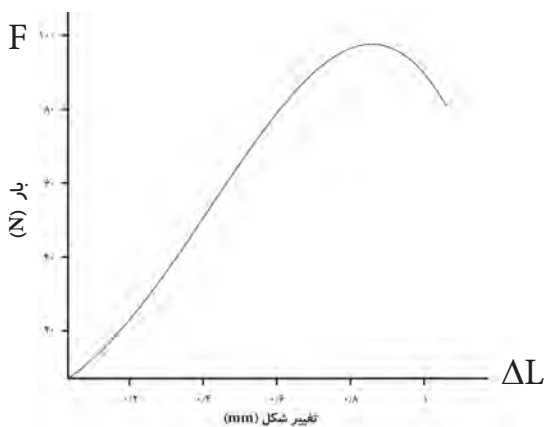
$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

افزایش یا کاهش به وجود آمده در اثر اعمال نیرو  
طول اولیه نمونه

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

$\epsilon$ : فاقد واحد و علامت (قدر مطلق آن در نظر گرفته می‌شود) است ولی واحد  $L$  و  $\Delta L$  را می‌بایست یکسان در نظر گرفت.

نمودار تنش  $\sigma = \frac{F}{A}$  نسبت به کرنش  $\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$  برای هر ماده مشخصه‌ای انحصاری خواص ماده بوده و به ابعاد نمونه به کار برده شده بستگی ندارد.



شکل ۲۱-۶

همان‌طور که گفته شد چون تغییر شکل و طول بر حسب یکای همانندی بیان می‌شوند، کرنش عمودی  $\epsilon$  که از تقسیم  $\Delta L$  بر  $L$  به دست می‌آید کمیتی بدون واحد است.

### مثال

طول پایه یک صندلی به طول ۴۰ سانتی‌متر پس از نشستن یک فرد بالغ بر روی آن ۰/۰۲ میلی‌متر کاهش می‌یابد، کرنش پایه عبارت است از:

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

$$\epsilon = \frac{0.02}{400} = 0.00005 = 5 \times 10^{-5}$$

## مسئله



۱- طول یک ستون چوبی به ابعاد  $۲۸۰ \times ۱۰ \times ۱۰$  سانتی متر پس از نصب سقف ساختمان ۵ میلی‌متر کاهش یافته است، کرنش به وجود آمده در این ستون را محاسبه نمایید.

$$\Delta L = 5 \text{ mm}$$

$$L = 2800 \text{ mm}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

$$\varepsilon = \frac{5}{2800} = 0.0018 = 18 \times 10^{-4}$$

۲- کرنش نمونه‌های ب، پ و ت سؤال ۱۰ صفحه ۸۶ را در نقطه وارد شدن حداکثر نیرو محاسبه نمایید.

طول اولیه نمونه نمودار ب: ۶۵ سانتی‌متر  
 طول اولیه نمونه نمودار پ:  $۲۲/۵$  سانتی‌متر  
 طول اولیه نمونه نمودار ت:  $۲۲/۵$  سانتی‌متر

نمودار ب:

در نقطه حداکثر نیرو

$$\Delta L = 5/8 \text{ mm}$$

$$L = 65 \text{ cm} = 650 \text{ mm}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

$$\varepsilon = \frac{5/8}{650} = 0.0009 = 9 \times 10^{-3}$$

نمودار پ:

در نقطه حداکثر نیرو

$$\Delta L = 6/9 \text{ mm}$$

$$L = 22/5 \text{ cm} = 225 \text{ mm}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

$$\varepsilon = \frac{6/9}{225} = 0.003$$

## نمودار ت:

$$\Delta L = 2 \text{ mm} \quad \text{در نقطه حداکثر نیرو}$$

$$L = 22/5 \text{ cm} = 225 \text{ mm}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

$$\varepsilon = \frac{2}{225} = 0.0089 = 89 \times 10^{-4}$$



شکل ۲۲-۶ میله گرد فولادی گسیخته شده پس از انجام آزمایش کشش

## نمودار تنش - کرنش

منحنی نشان دهنده رابطه بین تنش و کرنش در یک ماده معین مشخصه مهمی برای آن ماده است (شکل ۲۳-۶). برای به دست آوردن این منحنی معمولاً روی ماده مورد نظر آزمون کشش انجام می‌دهند (شکل ۲۲-۶ و ۲۴-۶).

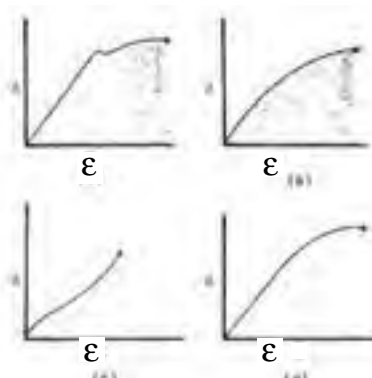
ملاحظه می‌شود که هر نوع ماده دارای منحنی تنش - تغییر طول نسبی خاصی است. برای ترسیم نمودار تنش - کرنش (تغییر طول نسبی)، نمونه ماده مورد نظر را در داخل گیره‌های دستگاه کشش و فشار محکم می‌کنند.

با اعمال و افزایش بار کششی، فاصله علامت گذاری شده بین دو علامت معیار (فلش‌ها در شکل ۲۴-۶) برای اندازه‌گیری تغییر طول افزایش می‌یابد. این فاصله به وسیله اندازه‌گیر عقربه‌ای (ساعت اندازه‌گیر) اندازه‌گیری و افزایش طول  $\Delta L = L_1 - L_2$  به ازای هر مقدار  $F$  ثبت می‌شود.

تنش  $\sigma$  از تقسیم بار بر مساحت سطح مقطع اولیه  $L$  نمونه، و کرنش از تقسیم افزایش طول  $\Delta L$  بر طول معیار اولیه  $L$  محاسبه می‌شود. سپس می‌توان منحنی نمودار تنش - کرنش را با ترسیم  $\varepsilon$  ها (کرنش‌ها) روی محور طول (افقی) بر  $\sigma$  ها (تنش‌ها) روی محور عرضی دستگاه مختصات به دست آورد.

در میان نمودارهای تنش - کرنش مواد مختلف می‌توان مشخصه‌هایی را تشخیص داد و براساس این مشخصه‌ها مواد را به دو گروه اصلی شکل‌پذیر و شکننده تقسیم‌بندی کرد. در مواد شکل‌پذیر مانند فولاد ساختمانی وقتی بار وارد شده به نمونه به مقدار حداکثر می‌رسد قطر قسمتی از نمونه شروع به کاهش می‌کند، این پدیده را باریک شدن می‌نامند. پس از باریک شدن کافی است بارهای کوچکی به نمونه وارد شود تا افزایش طول بیشتری ایجاد شده و در نهایت نمونه گسیخته می‌شود (شکل ۲۲-۶).

در مواد شکننده که چدن، شیشه و سنگ را شامل می‌شوند باریک شدن وجود نداشته و گسیختگی در سطحی عمود بر بار اتفاق می‌افتد. رفتار چوب و چند سازه‌های چوبی نیز در مقابل کشیده شدن شبیه به مواد شکننده است.



شکل ۲۳-۶، نمونه منحنی‌های تنش و تغییر طول نسبی چهار نوع مصالح  
a: فولاد ساختمانی b: چدن c: لاستیک d: چوب



شکل ۲۴-۶، کرنش سنج نصب شده به نمونه چوبی در حال کشیده شدن



رابطه بین نیرو و تغییر شکل چوب در تمام موارد متأثر از تغییرات طول مدت بارگذاری، دما و رطوبت است به طوری که تقریباً تمام خواص مکانیکی با افزایش طول مدت بارگذاری، دما و رطوبت کاهش می‌یابند، همچنین متأثر از جهت اعمال بار (موازی با الیاف یا عمود بر الیاف)، سرعت بارگذاری و مقدار تغییر شکل نیز می‌باشد.

در عمل ( هنگام انجام آزمایش) تنش و تغییر طول نسبی اندازه‌گیری نمی‌شود بلکه نیرو و تغییر شکل اندازه‌گیری می‌گردند. در برخی دستگاه‌های مجهز به کامپیوتر، نرم‌افزار مربوطه قادر به تبدیل نیرو و تغییر شکل به تنش و تغییر طول نسبی ( کرنش) است. بنابراین منحنی پیوسته تنش و تغییر طول نسبی توسط دستگاه رسم می‌شود و در غیر این صورت مقدار نیرو و تغییر شکل به طور همزمان یادداشت می‌شود. از منحنی نیرو و تغییر شکل می‌توان با استفاده از فرمول زیر برای محاسبه مدول الاستیسیته استفاده کرد و نیازی به تبدیل و رسم منحنی تنش و تغییر طول نسبی نخواهد بود.

$$E = \frac{F_{pl} L}{A \Delta L_{pl}}$$

**E: مدول الاستیسیته**

**$F_{pl}$ : نیرو در حد تناسب**

**L: طول اولیه**

**$\Delta L_{pl}$ : تغییر طول ایجاد شده در اثر وارد شدن نیرو (در حد تناسب)**

**A: سطح مقطع اولیه نمونه**

### الاستیسیته

الاستیسیته به این معنی است که تغییر طول نسبی (کرنش) یا تغییر شکل حاصل از وارد شدن تنش به یک جسم جامد پس از حذف آن به طور کامل ترمیم می‌شود (جسم به حالت اول بر می‌گردد). خواص الاستیک از ویژگی‌های خاص هر جسم جامد است، بدین معنی که فنر به عنوان مدلی از یک جسم کاملاً الاستیک بوده که پس از حذف نیروی وارد شده بر آن به وضعیت اول خود بر می‌گردد.

هر نوع ماده جامدی در یک حدمعین از تنش، دارای خاصیت الاستیک بوده و افزایش تنش بیش از این حد، موجب تغییر شکل پلاستیک (دائمی) و در نهایت منجر به شکست جسم می‌گردد. حد الاستیک مانند سایر ویژگی‌های چوب در گونه‌های مختلف متفاوت است. در یک گونه مشخص نیز این فاکتور مانند سایر ویژگیها با توجه به این که نمونه از شاخه، تنه و یا ریشه درخت استحصال شده باشد و همچنین با توجه به شرایط رویش، تغییر می‌کند.

حد الاستیک با افزایش رطوبت تا نقطه اشباع الیاف کاهش می‌یابد. همچنین تغییر شکل الاستیک حتی به مقدار کم ممکن است در اثر گذشت زمان (طولانی شدن مدت زمان بارگذاری) به تغییر شکل پلاستیک تبدیل گردد.



## سؤال

به نظر شما تبدیل تغییر شکل الاستیک در اثر گذشت زمان به تغییر شکل پلاستیک به چه معناست؟ توضیح دهید.

.....  
.....  
.....  
.....

Robert Hooke (۱۶۳۵-۱۷۰۳) ایده الاستیک مدرن را پی‌ریزی کرد. او در سال ۱۶۷۸ قانون معروف تناسب نیرو و تغییر مکان را بیان داشت: «قدرت هر فنر با کشش مربوط متناسب است.»

بسیاری از مواد جامد از خود رفتار الاستیک نشان می‌دهند، باید دانست که شرط اساسی رفتار الاستیک لحظه‌ای و قابل برگشت بودن تغییر شکل به طور کامل در اثر برداشتن بار است.

با وجودی که هیچ ماده‌ای حتی به ازای تغییر شکل کوچک الاستیک کامل نیست از مدل فنری که از لحاظ فیزیکی دارای رفتار الاستیک کامل می‌باشد، جهت تقریب خواص بسیاری از مواد استفاده می‌گردد.

از رسم مشاهدات تجربی تنش و تغییر طول نسبی - چنانچه تغییر طول نسبی کوچک باشد - خط مستقیمی به دست می‌آید که شیب آن ثابتی از تناسب بین تنش و تغییر طول (شکل) نسبی است. این ثابت مدول الاستیسیته یا مدول یانگ نام دارد و با E نشان داده می‌شود:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

$\sigma$  سیگما تنش است اما  $\epsilon$  اپسیلون واحد ندارد لذا واحد E با واحد تنش یکی است. در سیستم متریک (SI)، واحد تنش پاسکال می‌باشد.

$$\left( 1 \text{ pa} = \frac{1 \text{ N}}{\text{m}^2} \right)$$

## مسئله



۱- تنش، کرنش و مدل الاستیسیته نمونه‌های ب، پ و ت سؤال ۱۰ صفحه ۸۶ را براساس بار وارد شده و تغییر شکل متناظر نقطه حدتناسب (نقطه‌ای که منحنی از خط مستقیم منحرف می‌گردد) محاسبه نمایید.

الف) ابعاد اولیه نمونه مربوط به نمودار ب:  $60 \times 2 \times 2$  cm

ب) ابعاد اولیه نمونه مربوط به نمودار پ:  $20 \times 2 \times 2$  cm

پ) ابعاد اولیه نمونه مربوط به نمودار ت:  $20 \times 2 \times 2$  cm

پاسخ الف) تنش بر اساس نمودار ب (نقطه حد تناسب):

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (\text{حد تناسب})$$

$$F = 1/6 \text{ KN} = 1600 \text{ N} \quad (\text{حد تناسب})$$

$$A = 0.02 \text{ m} \times 0.02 \text{ m} = 0.0004 \text{ m}^2 = 4 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{1600 \text{ N}}{0.0004 \text{ m}} \quad (\text{حد تناسب})$$

$$\sigma = 4000000 \text{ Pa} = 4 \text{ MPa} \quad (\text{حد تناسب})$$

کرنش بر اساس نمودار ب (نقطه حد تناسب):

$$L = 60 \text{ cm} = 600 \text{ mm} \quad \epsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

$$\Delta L = 1/6 \text{ mm}$$

$$\epsilon = \frac{1/6}{600}$$

$$\epsilon = 0.00266667 = 27 \times 10^{-4}$$

مدول الاستیسیته بر اساس نمودار ب (نقطه حد تناسب):

روش اول

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad E = \frac{4 \times 10^6 \text{ Pa}}{0.00266667} = 1499998125 = 1/5 \times 10^9 \text{ Pa} \approx 1/5 \text{ GPa}$$

روش دوم

$$\Delta L = \frac{F}{EA}$$

$$E = 64 \times 10^8 = 6400$$

$$0.0016 \text{ m} = \frac{1600 \text{ N} \times 0.02 \text{ m}}{E \times 0.0004 \text{ m}^2} \quad E = \frac{960}{64 \times 10^8} = 1500 \times 10^6 \text{ Pa} = 1500 \text{ MPa} = 1/5 \text{ GPa}$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

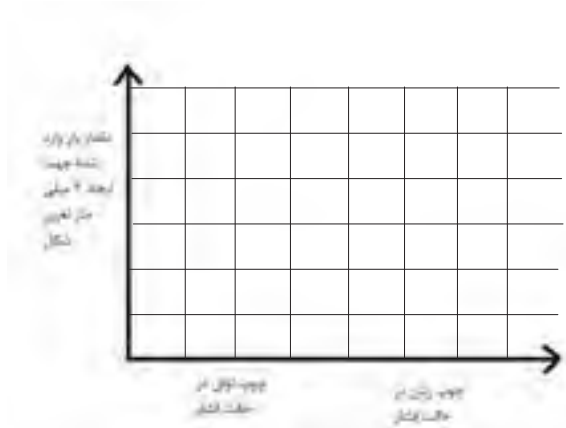
۲- الف: مقدار بار وارد شده به نمونه‌های ب، پ و ت سؤال ۱۰ صفحه ۸۶ برای ایجاد ۲ میلی‌متر تغییر شکل در هر یک از این نمونه‌ها، براساس منحنی موجود، چند نیوتن است؟

.....

.....

.....

ب- با استفاده از پاسخ بخش الف نمودار ستونی زیر را برای نمودارهای پ و ت ترسیم نمایید.



پ- براساس نمودار فوق دلیل اختلاف بار اعمال شده به نمونه‌های چوبی برای ایجاد تغییر شکل مساوی را توضیح دهید.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

۳- در شکل‌های صفحه بعد الف: لایه‌های چوب بهاره و تابستانه را مشخص کنید.  
ب: با توجه به شکل دلیل تفاوت کیفیت سنباده خوری سطوح شعاعی و مماسی را

توضیح دهید.

.....

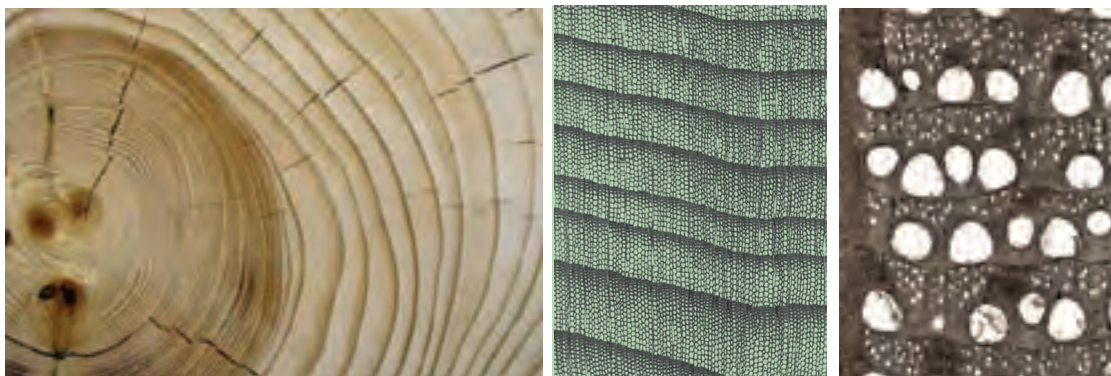
.....

.....

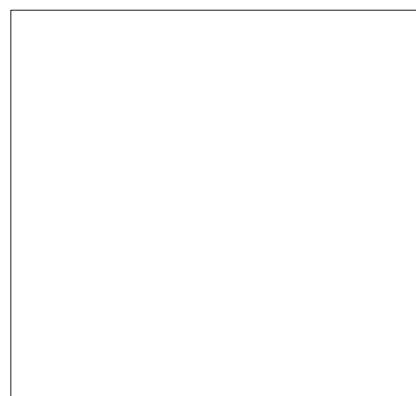
.....

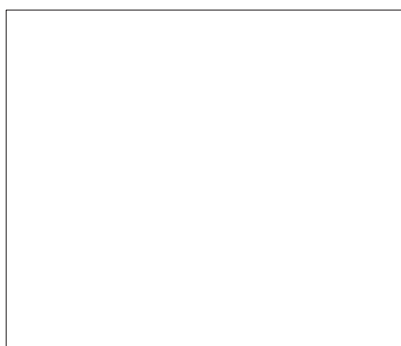
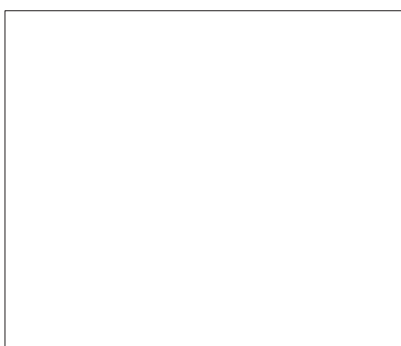
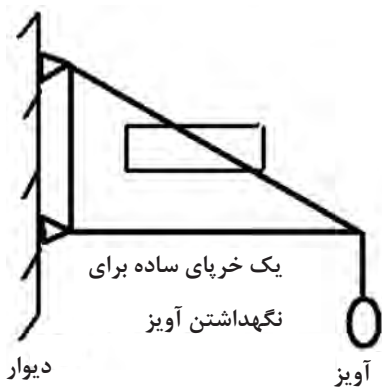
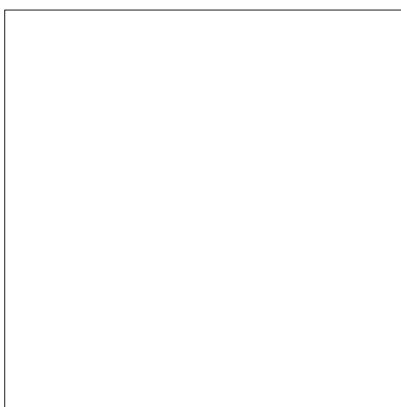
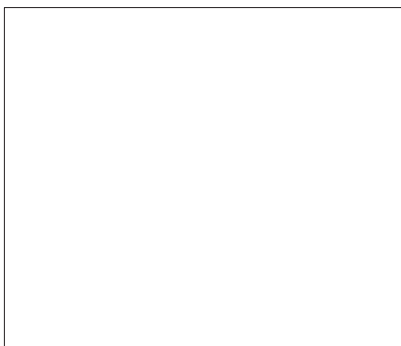
.....

.....



۴- ویژگی مقاومتی نشان داده شده در داخل کادر هر یک از اشکال را در زیر آن نوشته و یک شکل دیگر که نشان دهنده همان خاصیت مقاومتی باشد با راهنمایی معلم خود در کادر مربوطه ترسیم نمایید.





# فصل هفتم

## مقاومت

### خمشی چوب





## فصل هفتم: مقاومت خمشی چوب

### مقدمه:

مقاومت خمشی مقدار باری که می‌توان بر یک تیر چوبی<sup>۱</sup> سقف (شکل ۷-۱)، یک قید صندلی و یا یک قید میز ناهارخوری (شکل ۷-۲) وارد کرد را مشخص می‌سازد.

در طول تیر چوبی سقف ساختمان که در دو انتها بر روی دیوارها و یا ستون‌ها استقرار یافته است وزن مصالح سقف و برقید یک میز ناهارخوری وزن صفحه میز و اجسامی که روی آن قرار دارد، وارد می‌شود (شکل ۷-۳) این نیروهای گسترده موجب خمیده شدن تیر، قید یا ... می‌گردند. بنابراین قطعه چوب مورد نظر تحت تأثیر نیروی خمشی قرار دارد. خمیده شدن تخته چوبی در اثر ایستادن فردی بر وسط آن نمونه‌ای از ایجاد خمش در اثر نیروی متمرکز است.

مقاومت خمشی یکی از خواص بنیادی در استفاده از چوب در انواع سازه‌های چوبی (مبل، طبقات کتابخانه، خانه‌های چوبی و ...) است.

تنش و تغییر طول نسبی در حالت خمش مانند کشش و فشار ساده و از طریق تقسیم نیرو بر سطح مقطع و تغییر طول بر طول اولیه، امکان‌پذیر نمی‌باشد. مقاومت خمشی (MOR) و مدول الاستیسیته در حالت خمش (MOE) از طریق فرمول‌هایی که گفته خواهد شد محاسبه می‌گردد. قطعه چوب قرار گرفته تحت بار خمشی در بالای سطح خنثی فشرده و در پایین سطح خنثی کشیده می‌شود. انجام آزمایش شماره ۱ به درک بهتر شما از این پدیده، کمک می‌کند.

در آزمایش شماره ۲ سعی شده اثر افزایش نیرو بر مقدار خمش، تفاوت گونه‌های چوبی مختلف از نظر خمش ایجاد شده در آنها در اثر اعمال نیرویی برابر و همچنین تغییر شکل الاستیک و پلاستیک نشان داده شود.

در آزمایش شماره ۳ اثر طول نمونه بر خمش ایجاد شده (تغییر طول دهانه) و اثر تغییر محل بار متمرکز از وسط دهانه به کناره، بر خمش ایجاد شده، نشان داده شده است.

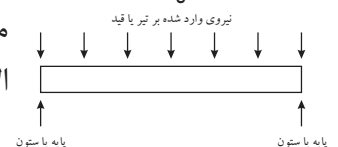
هدف از انجام آزمایش‌های شماره ۵ و ۶ بررسی اثر زاویه الیاف و محل گره بر مقاومت خمشی است.



شکل ۷-۱



شکل ۷-۲



شکل ۷-۳

۱- تیر عضوی است که طول آن نسبت به سایر ابعادش بسیار بزرگ است و بارگذاری به صورت عرضی بر روی آن انجام می‌شود.





## پیش آزمون

۱- کدام یک از قطعات چوبی زیر در معرض بار خمشی قرار ندارند؟

الف) قید نشیمنگاه صندلی      ب) پایه صندلی

ج) قید تکیه‌گاه صندلی      د) طبقه کتابخانه

۲- سطح خنثی را در چوبی که تحت بار خمشی قرار گرفته است تعریف کنید و آن را با استفاده از شکل نشان دهید.

.....  
.....  
.....

۳- نواحی قرار گرفته در بالا و پایین سطح خنثی تحت نیروی کششی هستند یا فشاری؟ با استفاده از شکل توضیح دهید.

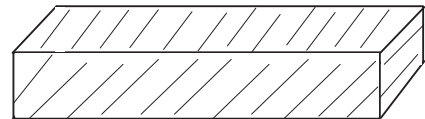
.....  
.....  
.....

۴- با توجه به شکل زیر اثر زاویه الیاف (زاویه بین الیاف و جهت طولی چوب قرار گرفته تحت بار خمشی) بر مقاومت خمشی چگونه می‌باشد؟ (جهت الیاف نسبت به جهت طولی نمونه در اشکال ۷-۵۱ و ۷-۶۱ نیز نشان داده شده‌اند) .....

.....  
.....  
.....



جهت الیاف موازی جهت طولی نمونه



نمونه دارای الیاف مورب (زاویه دار نسبت به جهت طولی نمونه)

۵- اثر گره را با توجه به اینکه در بالای سطح خنثی قرار داشته باشد یا پایین، بر مقاومت خمشی چوب توضیح دهید.

.....  
.....  
.....



## پرسش

در تصاویر ۷-۵ تا ۷-۹ قطعاتی تحت تأثیر نیروی گسترده یا متمرکز خمشی می‌باشند. این قطعات را همراه با ذکر نوع بار (گسترده یا متمرکز) ، در هر شکل مشخص سازید.



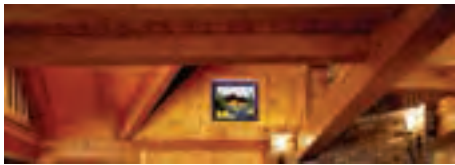
شکل ۷-۶

.....  
.....  
.....



شکل ۷-۵

.....  
.....  
.....



شکل ۷-۸

.....  
.....  
.....



شکل ۷-۷

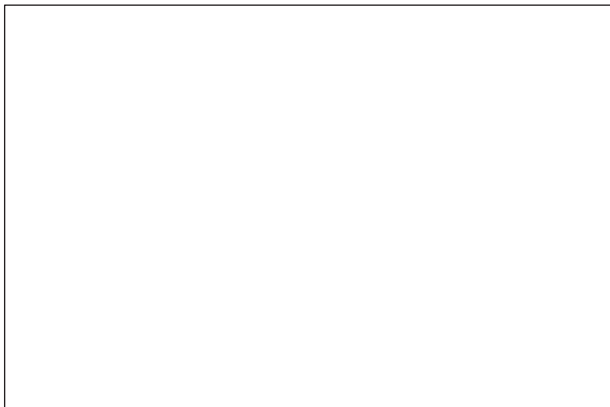
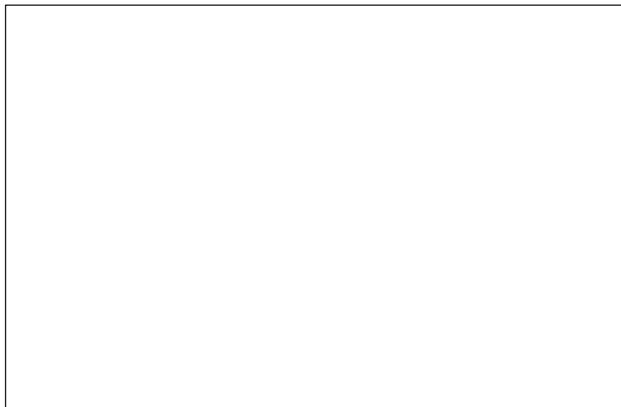
.....  
.....  
.....



شکل ۷-۹

.....  
.....  
.....

شما نیز از بخش‌هایی از مصنوعات چوبی یا غیر چوبی قرار گرفته در وضعیتی مشابه عکس گرفته و یا در اینترنت با استفاده از زبان فارسی و یا انگلیسی (با کلید واژه **wood bending**، خمش چوب) جست‌وجو کرده و پرینت عکس‌هایی را که با دوربین و یا از اینترنت گرفته‌اید در جای مربوطه بچسبانید؛ اگر عکس گرفتن با جست‌وجوی اینترنتی برای شما مقدور نیست تصاویر مورد نظر را ترسیم نمایید.



## آزمایش شماره ۱



شکل ۱۰-۷ (الف) - میخ‌های قرار داده شده در داخل شکافهای تخته



شکل ۱۰-۷ (ب) - تخته آماده شده برای آزمایش



شکل ۱۰-۷ (ج) - مرحله اول آزمایش



شکل ۱۰-۷ (د) - مرحله دوم آزمایش

۱- در قطعه چوبی از گونه‌های سبک مانند صنوبر و یا نوئل به ابعاد  $40 \times 2 \times 2$  سانتی‌متر از هر انتها به ترتیب به فاصله ۷ سانتی‌متر ۲ علامت و سپس به فاصله ۱۲ سانتی‌متر ۲ علامت دیگر با مداد کشیده و مشابه (شکل ۱۰-۷ الف)) چهار شیار به ضخامت  $1/5$  میلی‌متر و عمق ۱ سانتی‌متر ایجاد کنید.

۲- ۴ عدد میخ با قطر حدود ۲ میلی‌متر را به صورت ایستاده در داخل شیارها مستقر کرده و چوب را به صورتی که میخ‌ها در سطح فوقانی باشند روی پایه‌ها قرار دهید (شکل ۱۰-۷ ب)).  
۳- وزنه‌ای به جرم حدود ۷ کیلوگرم بر روی چوب گذاشته و میخ‌های فوقانی را با دست از شیارها خارج کنید (شکل ۱۰-۷ ج)).

۴- چوب را بچرخانید به صورتی که میخ‌ها در سطح زیرین باشند (شکل ۱۰-۷ د))، مجدداً وزنه را روی چوب قرار داده و میخ‌ها را با دست از شیار بیرون بکشید.

این آزمایش را با معلم درس انجام داده و گزارش آن را با ذکر **اختلاف** نیروی لازم برای بیرون آوردن میخ‌های قرار گرفته در سطح فوقانی با نیروی لازم برای بیرون آوردن میخ‌های قرار گرفته در سطح تحتانی قطعه چوب، همچنین توضیح در خصوص علت این **اختلاف**، در زیر بنویسید.

### گزارش آزمایش:

.....  
.....  
.....  
.....



## آزمایش شماره ۲

سه قطعه چوب به ابعاد  $۷۰ \times ۸ \times ۰/۸$  سانتی‌متر از گونه‌های مختلف چوبی مانند راش، صنوبر، ممرز و... را با نظارت معلم خود در کارگاه آماده کنید.

سپس وزنه‌هایی به جرم ۷، ۱۲، ۱۷ کیلوگرم بر روی آنها قرار داده پس از ثبت خمش (خیز یا کاهش ارتفاع نمونه در وسط دهانه) در قالب جدول ۷-۱، از روی نمونه بر دارید (شکل ۱۱-۷).

جدول ۷-۱		
گونه چوبی	جرم وزنه قرار داده شده (بار گذاری متمرکز)	خمش (خیز) نمونه
راش	۷	
	۱۲	
	۱۷	
صنوبر	۷	
	۱۲	
	۱۷	
ممرز	۷	
	۱۲	
	۱۷	

گزارش این آزمایش را به همراه توضیح در خصوص رابطه میان «مقدار بار» اعمال شده و «گونه چوبی» نمونه با «خمش حاصل»، همچنین مقایسه گونه‌های مختلف از نظر خمش (خیز) ایجاد شده در آنها در اثر بار گذاری مساوی و تفسیر تغییر شکل‌های الاستیک و پلاستیک به وجود آمده، با کمک معلم خود، در زیر بنویسید.



شکل ۱۱-۷

### گزارش آزمایش:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



### آزمایش شماره ۳

نمونه‌ای از چوب صنوبر و یا نوئل با ابعاد  $۸۰ \times ۶ \times ۰/۸$  سانتی متر را با راهنمایی معلم درس در کارگاه آماده کنید. سپس وزنه‌ای به جرم ۱۰ کیلو گرم را وسط دهانه (بارگذاری متمرکز) قرار داده فاصله دو تکیه‌گاه را به ترتیب ۷۰، ۶۰ و ۵۰ سانتی متر تنظیم و خمش هر حالت را ثبت نمایید.

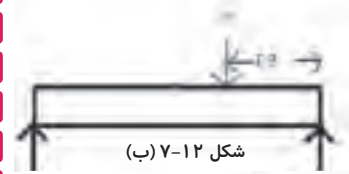
گزارش این آزمایش را به همراه تفسیر رابطه میان طول دهانه و خمش ایجاد شده در زیر بنویسید. این آزمایش را می‌توانید با راهنمایی معلم خود با استفاده از روش بارگذاری گسترده نیز انجام دهید.

برای ثبت خمش (خیز) می‌بایست کاهش ارتفاع نمونه در وسط دهانه را پس از بارگذاری با استفاده از وسایل ساده‌ای مانند خط‌کش (شکل ۱۱-۷) و یا کرنش‌سنج (ساعت اندازه‌گیر) اندازه‌گیری کرد.

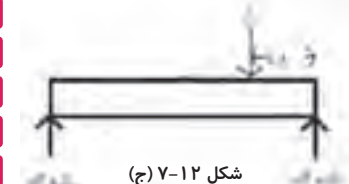
آزمایش دیگری که با همین وسایل قابل انجام است اثر تغییر محل بارگذاری متمرکز از وسط دهانه به کناره‌ها است (شکل ۱۲-۷ الف، ب و ج). محل وزنه را مطابق شکل تغییر دهید و خمش‌های ایجاد شده را با یکدیگر مقایسه و گزارش نمایید.



شکل ۱۲-۷ (الف)



شکل ۱۲-۷ (ب)



شکل ۱۲-۷ (ج)

### گزارش آزمایش:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



به نظر شما افزایش و کاهش سطح مقطع چه اثری بر مقاومت خمشی دارد؟  
این سؤال را می‌توانید با انجام آزمایش زیر پاسخ دهید:  
چند قطعه چوب از یک گونه با مقطع مربع و طول یکسان ولی ابعاد متفاوت را با راهنمایی معلم خود آماده کنید (شکل ۱۳-۷). چوب‌ها را بر روی تکیه‌گاه قرار داده و خمش حاصل از بار مساوی را برای هر یک از نمونه‌ها یادداشت نمایید؛ حال سؤال فوق را در قالب گزارش این آزمایش پاسخ دهید.



شکل ۱۴-۷

### شکل ۱۴-۷ آزمایش مقاومت خمشی قطعات چوبی در

اندازه سرویس را نشان می‌دهد. حسن این روش به دست آوردن شکل ۱۳-۷، مقدار خمش (خیز) ایجاد شده را می‌توان با استفاده از کرنش سنج مقاومت‌هایی صحیح‌تر نسبت به اندازه‌گیری‌های حاصل از (ساعت اندازه‌گیر) اندازه‌گیری کرد. امروزه این وسیله در انواع عقربه‌ای و دیجیتالی موجود می‌باشد.

آزمایش نمونه‌های کوچک است و معایب آن نیاز به چوب بیشتر برای ساخت نمونه‌های آزمایش و همچنین دستگاه‌های کشش و فشار با توان بالا می‌باشد. آزمایش نمونه در اندازه سرویس عبارت است از آزمایش نمونه‌هایی که ابعاد آنها برابر ابعاد اجزاء سازه واقعی می‌باشد، به عنوان مثال مقاومت خمشی قطعه چوبی به ابعاد یک تیر چوبی سقف به وسیله یک دستگاه کشش و فشار ویژه به جای مقاومت خمشی قطعه چوبی به ابعاد  $40 \times 2 \times 2$  سانتی‌متر اندازه‌گیری می‌شود، در این حالت دیگر به تعمیم نتایج به دست آمده از نمونه‌های کوچک بی‌نقصی، به شرایط واقعی، نیاز نیست.

### گزارش آزمایش:

.....

.....

.....

.....

## مسئله



نمودارهای ذیل حاصل آزمایش سه نمونه چوب صنوبر با ابعاد مقطع  $2 \times 2$  سانتی متر و طول دهانه ۳۰ سانتی متر می باشند، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته هر یک از چوب های آزمایش شده را با توجه به نمودار به دست آمده محاسبه کنید.

.....

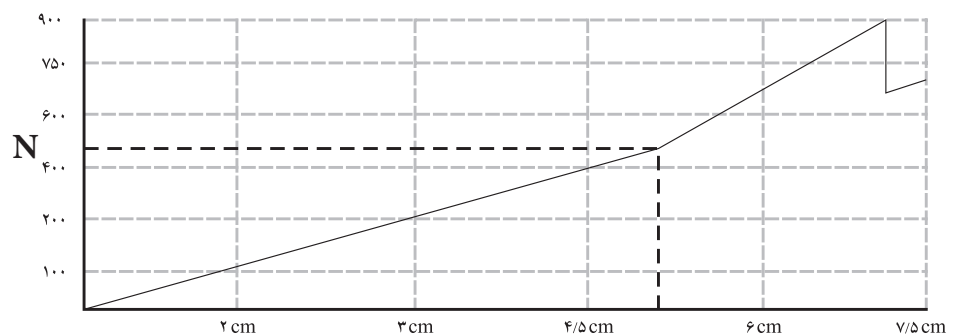
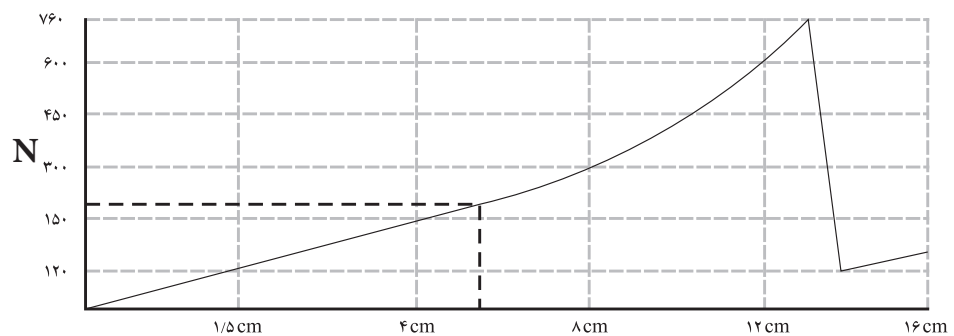
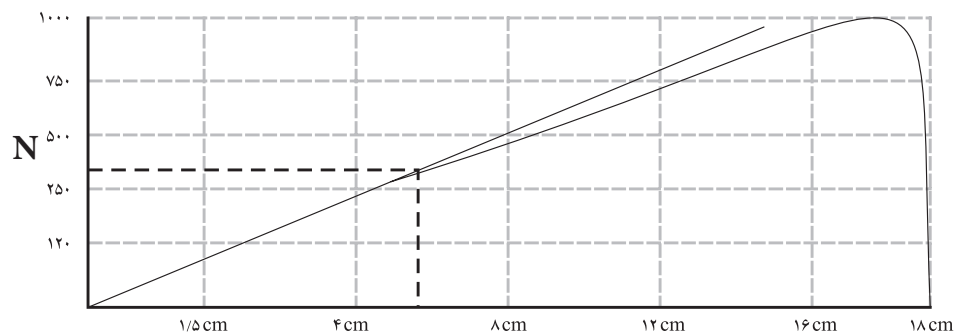
.....

.....

.....

.....

.....





### نمونه سؤال امتحان نهایی

۱- (۱۳۸۹/۰۳/۰۶) اگر در آزمایش مقاومت خمشی مقطع چوب ۴×۴ سانتی متر باشد و تحت تأثیر نیروی به میزان ۱۵۰۰ نیوتن قرار گیرد و فاصله تکیه گاه ۶۰ سانتی متر باشد، محاسبه کنید میزان خمش ایجاد شده در نمونه آزمایش را در صورتی که مدول الاستیسیته آن ۱۶۲۰۰ نیوتن بر میلی متر مربع باشد.

$$b = 40 \text{ mm}$$

$$d = 40 \text{ mm}$$

$$F = 1500 \text{ N} \text{ (نیرو در حد تناسب)}$$

$$L = 600 \text{ mm}$$

$$MOE = 16200 \text{ N/mm}^2$$

$$MOE = \frac{F_{PL} L^3}{4db^3 D}$$

$$16200 = \frac{324 \times 10^9}{(1024 \times 10^4) D}$$

$$16200 = \frac{1500(600)^3}{4 \times 40 \times (40)^3 D}$$

$$165888 \times 10^6 D = 324 \times 10^9$$

$$165888 \times 10^6 D = 324 \times 10^9$$

$$D = 1/95 \text{ mm}$$

۲- (۱۳۸۵/۰۳/۰۸) یک قطعه چوب افرا به ابعاد سطح مقطع ۵×۵ سانتی متر مورد آزمایش خمش قرار گرفته است. اگر مقدار نیرو حداکثر ۵۳۰ نیوتن و فاصله دو تکیه گاه ۷۰ سانتی متر باشد مقاومت خمشی این قطعه چوب چند مگاپاسکال است؟

$$b = 0.05 \text{ m}$$

$$d = 0.05 \text{ m}$$

$$F = 530 \text{ N}$$

$$L = 0.7 \text{ m}$$

$$MOR = ?$$

$$MOR = \frac{1/5 FL}{bd^3}$$

$$MOR = \frac{556/5}{125 \times 10^{-6}}$$

$$MOR = \frac{1/5 \times 530 \times 0.7 \text{ m}}{0.05 \text{ m} \times (0.05 \text{ m})^3}$$

$$MOR = 4452000 \text{ pa} = 4/452 \text{ Mpa}$$

۳- (۱۳۸۸/۰۳/۰۴) مقاومت خمشی چوب راشی برابر ۴/۵ N/mm<sup>۲</sup> است، تحمل نیروی متمرکز F در وسط یک الوار از این چوب به پهنای ۶ و ضخامت ۴ سانتی متر (نیرو در جهت پهنای وارد می شود) را حساب کنید، فاصله بین دو تکیه گاه ۲ متر است.

$$F = ?$$

$$b = 0.06 \text{ m}$$

$$d = 0.04 \text{ m}$$

$$L = 2 \text{ m}$$

$$MOR = 4/5 \text{ N/mm}^2 = 4/5 \text{ Mpa} = 4500000 \text{ pa}$$

$$MOR = \frac{1/5 FL}{bd^3}$$

$$4/5 \times 10^6 = \frac{1/5 \times 2 \times F}{0.06 \times (0.04)^3}$$

$$432 = 3F$$

$$F = 144 \text{ N}$$



۴- (۱۳۸۶/۰۳/۰۵) مدول الاستیسیته چوب راشی ۱۲۵ Gpa (۱۲۵×۱۰<sup>۹</sup> pa) است، اگر عرض این چوب ۴ و ضخامت ۸ سانتی متر و فاصله دو تکیه گاه آن ۲۰۰ سانتی متر باشد خمش به وجود آمده در اثر وارد شدن نیرویی معادل ۶۰۰۰ N را محاسبه کنید.

$$MOE = 125 \text{ Gpa} = 125 \times 10^9 \text{ pa}$$

$$b = 0.04 \text{ m}$$

$$d = 0.08 \text{ m}$$

$$L = 2 \text{ m}$$

$$F = 6000 \text{ N} \quad (\text{نیرو در حد تناسب})$$

$$D = ?$$

$$MOE = \frac{F_{PL} L^3}{4bd^3 D}$$

$$125 \times 10^9 = \frac{6000 \times (2)^3}{4 \times 0.04 \times (0.08)^3 D}$$

$$10240000 D = 48000$$

$$D = 0.0047 \text{ m} = 4.7 \text{ mm}$$

۵- (۱۳۸۷/۰۳/۱۱) به وسط قطعه چوبی به ابعاد سطح مقطع ۵×۵ سانتی متر نیرویی معادل ۵۰۰ N وارد می شود، در صورتی که فاصله بین دو تکیه گاه ۰/۷۵ m باشد مقاومت خمش را بر حسب مگا پاسکال محاسبه نمایید.

$$b = 5 \text{ mm}$$

$$d = 5 \text{ mm}$$

$$F = 500 \text{ N}$$

$$L = 750 \text{ mm}$$

$$MOR = ?$$

$$MOR = \frac{1/5 FL}{bd^3}$$

$$MOR = \frac{1/5 \times 500 \text{ N} \times 750}{5 \text{ m} \times (5)^3 \text{ m}}$$

$$MOR = 4/5 \text{ Mpa}$$

روش اول

$$b = 0.05 \text{ m}$$

$$d = 0.05 \text{ m}$$

$$F = 500 \text{ N}$$

$$L = 0.75 \text{ m}$$

$$MOR = ?$$

$$MOR = \frac{1/5 FL}{bd^3}$$

$$MOR = \frac{1/5 \times 500 \text{ N} \times 750}{5 \text{ m} \times (5)^3 \text{ m}}$$

$$MOR = 4/5 \text{ Mpa}$$

روش دوم





## آزمایش شماره ۶

دو قطعه چوب گره دار مطابق با شکل ۷-۱۷ به ابعاد تقریبی  $70 \times 2 \times 2$  سانتی متر را در کارگاه آماده و بر روی پایه به گونه‌ای مستقر نمایید که در یکی گره در بخش فوقانی نمونه و در دیگری در زیر باشد.

سپس وزنه‌ای به جرم ۱۵ کیلوگرم بر مرکز هر یک از نمونه‌ها قرار داده و عکس العمل آنها را ثبت نمایید. گزارش این آزمایش را حتی المقدور همراه با عکس و توضیح کامل در خصوص ارتباط میان محل گره در چوب و مقاومت خمشی در ذیل بنویسید.



شکل ۷-۱۷

گزارش آزمایش:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## مسئله ها



۱- در وسط دو نمونه چوبی راش و نوئل به ابعاد سطح مقطع  $2 \times 2$  سانتی متر به ترتیب حداکثر ۲۲۵۰ و ۱۲۰۰ نیوتن نیرو قبل از شکست وارد شده است، در صورتی که فاصله بین دو تکیه گاه ۳۰ سانتی متر باشد، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته را بر حسب مگاپاسکال محاسبه نمایید.

نیروی حد تناسب در چوب راش ۷۰ نیوتن، مقدار خمش حد تناسب  $1/7$  mm، نیروی حد تناسب در چوب نوئل ۵۰ نیوتن و خمش حد تناسب  $1/8$  mm است.

### چوب راش:

$$b = 0.02m$$

$$d = 0.02m$$

$$F_{Max} = 2250 \cdot N$$

$$L = 0.3m$$

$$MOR = ?$$

$$F_{PL} = 70 \cdot N \quad \text{در حد تناسب}$$

$$D = 0.0017m$$

$$MOR = \frac{1/5 FL}{bd^2}$$

$$MOR = \frac{1/5 \times 2250 \cdot N \times 0.3m}{0.02m \times (0.02m)^2}$$

$$MOR = \frac{1012.5}{8 \times 10^{-6}}$$

$$MOR = 126.5 MPa$$

$$MOE = \frac{F_{PL} L^3}{4bd^3 D}$$

$$MOE = \frac{70 \times (0.3)^3}{4 \times 0.02m \times (0.02m)^3 \times 0.0017}$$

$$MOE = \frac{1/89}{1 \times 10^{-9}} = 189 \cdot Mpa = 1/89 Gpa$$

### چوب نوئل:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

۲- همان طور که می دانید کارگران ساختمانی هنگام کار بر روی داربست از تخته های چوبی استفاده می کنند، فرض کنید قرار است یک فرد بالغ با جرم ۸۰ کیلوگرم در نقطه وسط یک تخته چوبی به طول ۶ متر، مقاومت خمشی ۵۰ MPa و ضخامت ۴ سانتی متر به شکل ایستاده کار کند، عرض تخته را به گونه ای محاسبه کنید که تحمل وزن ۵ برابر نیروی وزن فرد مورد نظر را داشته باشد؟

$$MOE = 9 \cdot Gpa, g \approx 1 \frac{N}{Kg}$$

$$F = mg = 80 \times 10 \times 9.8 = 7840 N$$

$$L = 6m$$

$$MOR = 50 \times 10^6 pa$$

$$d = 0.04m$$

$$b = ?$$

$$MOR = \frac{1/5 FL}{bd^3}$$

$$50 \times 10^6 = \frac{1/5 \times 7840 \times 6}{b \times (0.04)^3} m$$

$$b = 0.045m = 45cm$$

۳- در مرکز طول دهانه یک تیر چوبی ساخته شده از چوب توسکا با طول ۳ متر، عرض ۵ و ارتفاع ۱۰ سانتی متر چند نیوتن بار می توان وارد کرد؟ مقاومت خمشی این چوب ۱۰۰ MPa است.

$$L = 3m$$

$$b = 0.05m$$

$$d = 0.1m$$

$$F = ?$$

$$MOE = 100 \times 10^6 pa$$

$$MOR = \frac{1/5 FL}{bd^3}$$

$$100 \times 10^6 = \frac{1/5 \times 3 \times F}{0.05 \times (0.1)^3}$$

$$4/5 F = 5000$$

$$F = 11111N$$

۴- مسئله قبل را برای چوب صنوبر با مقاومت خمشی ۸۰ MPa محاسبه کنید.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

۵- اگر قرار باشد چوب به کار رفته در هر پله یک نردبان با در نظر گرفتن مسائل ایمنی ۴۰۰۰ نیوتن وزن را در نقطه مرکزی خود تحمل کند، ضخامت چوب هر پله را برای دو نردبان ساخته شده از چوب‌های بلوط و ممرز به‌طور جداگانه محاسبه کنید عرض و طول هر پله به ترتیب ۷ و ۳۰ سانتی‌متر، مقاومت خمشی چوب بلوط را ۷۰ MPa و چوب ممرز را ۱۰۰ MPa در نظر می‌گیریم.

### چوب بلوط:

$$F = 4000N$$

$$b = 0.07m$$

$$L = 0.3m$$

$$d = ?$$

$$MOR = 70 \times 10^6 \text{ pa}$$

$$MOR = \frac{1/5 FL}{bd^2}$$

$$70 \times 10^6 = \frac{1/5 \times 4000 \times 0.3}{0.07d^2}$$

$$4/9 \times 10^6 \times d^2 = 1800$$

$$d^2 = 37 \times 10^{-5}$$

$$d = 0.02m = 20mm$$

### چوب ممرز:

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

۶- دو قطعه چوب توسکا و صنوبر با ابعاد  $30 \times 2 \times 2$  سانتی‌متر مورد آزمایش خمش قرار گرفته‌اند، اگر خیز در نقطه حد تناسب هر دو نمونه  $0.8$  میلی‌متر، نیروی حد تناسب در چوب توسکا  $135$  و در چوب صنوبر  $125$  باشد، مدول الاستیسیته این دو چوب را با هم مقایسه کنید.

### چوب توسکا:

$$L = 0.3m$$

$$b = 0.02m$$

$$d = 0.02m$$

$$D = 0.0008m$$

$$F_{PL} = 135 N$$

$$MOE = ?$$

$$MOE = \frac{F_{PL} L^3}{4db^2D}$$

$$MOE = \frac{135 \times (0.3)^3}{4 \times 0.02 \times (0.02)^2 \times 0.0008}$$

$$MOE = 7/12 \times 10^9 \text{ pa} = 7/12 Gpa$$

چوب صنوبر :

.....

.....

.....

.....

.....

۷- قرار است در مرکز قطعه چوبی به ضخامت (ارتفاع) ۴ سانتی متر و طول ۲ متر وزنه‌ای به جرم ۱۰ کیلوگرم قرار داده شود، عرض این چوب را باید به چه اندازه گرفت تا خمش آن از ۵ میلی متر تجاوز نکند؟ ( $g \approx 10 \text{ N}$ ,  $MOE = 80 \times 10^9 \text{ N/m}^2 = 80 \text{ Gpa}$ )

$$d = 0.04 \text{ m}$$

$$L = 2 \text{ m}$$

$$F = W = mg$$

$$F_{PL} = 10 \times 10 = 100 \text{ N}$$

$$b = ?$$

$$D = 0.005 \text{ m}$$

$$MOE = 80 \times 10^9 \text{ pa}$$

$$MOE = \frac{F_{PL} L^3}{4db^3 D}$$

$$80 \times 10^9 = \frac{100 \times 8}{4 \times b \times (0.04)^3 \times 0.005}$$

$$10240 \cdot b = 800$$

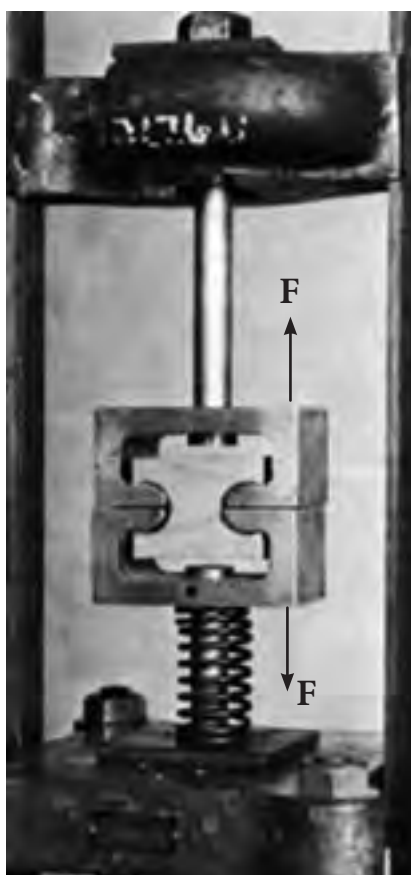
$$b = 0.078 \text{ m} = 78 \text{ mm}$$





# فصل هشتم

## مقاومت کششی



## فصل هشتم : مقاومت کششی

برعکس خرپاها و سازه‌های ساختمانی که بعضاً اعضای آنها تحت تأثیر کشش موازی الیاف هستند. اغلب اجزا در سازه‌های مبلمان در معرض فشار موازی الیاف، برش و خمش بوده و امکان مشاهده عضوی که تنها در معرض کشش موازی الیاف باشد، بسیار کم است.

اهمیت مقاومت کشش موازی الیاف چوب فوق‌العاده زیاد بودن آن نسبت به سایر مقاومت‌ها است که به همین دلیل نیز همواره از مقدار مورد نیاز بیشتر است. با توجه به کم بودن مقاومت برشی در حالت موازی الیاف (به سادگی جدا شدن الیاف چوب از کنار یکدیگر) معمولاً هنگامی که چوبی در معرض کشش موازی الیاف قرار می‌گیرد در همین جهت شکاف برداشته و می‌شکند، بنابراین اندازه‌گیری این مقاومت نیز مشکل و به ساخت نمونه‌ای با شکل و ابعاد دقیق نیاز می‌باشد.

بر عکس کشش موازی الیاف، مقاومت کشش عمود بر الیاف بسیار کم است؛ زنجیرهای سلولز هنگام کشیده شدن مقاومت زیادی از خود نشان می‌دهند (کشش موازی الیاف) ولی به راحتی از کنار یکدیگر جدا شده و در این حالت مقاومت کمی از خود نشان می‌دهند (کشش عمود بر الیاف). شکافته شدن چوب در حین کشش موازی الیاف که توضیح داده شد نیز خود شاهده‌ی بر ضعیف بودن چوب در برابر کشش عمود بر الیاف است. این ضعف را می‌توان در اتصالات فاق و زبانه و سایر اتصالات مشابه که در آنها کام یا فاق ترک خورده است مشاهده کرد، ترک‌های موازی الیاف چوب در حین خشک شدن نیز در اثر کم بودن این مقاومت بوده و این ترک‌ها خود عامل کاهش مقاومت کشش عمود بر الیاف چوب در هنگام مصرف نهایی هستند.

هر چند ممکن است شکاف ایجاد شده در فاق یا کام اتصالاتی که در آنها دهانه فاق و کام کمتر و یا ضخامت زبانه بیشتر از مقدار لازم است، در قالب مقاومت به شکاف خوری، قیچی شدن و برش موازی الیاف طرح شود، ولی در هر صورت این نوع شکست نشان دهنده مقاومت کم چوب نسبت به کشش عمود بر الیاف، در مقایسه با مقاومت زیاد آن در برابر کشش موازی الیاف است.

در این فصل به توضیح علل بالا بودن مقاومت کشش موازی الیاف، مقایسه این مقاومت بین چوب، فلزات و ... و چگونگی اندازه‌گیری آن پرداخته شده است. همچنین مباحث مربوط به چگونگی اندازه‌گیری مقاومت چوب در برابر کشش عمود بر الیاف، کمیت این مقاومت و عوامل مؤثر بر مقاومت‌های کشش موازی و عمود بر الیاف نیز در قالب تحقیق کلاسی و اینترنتی، سؤال همراه با جواب و ... مطرح گردیده است.



۱- مقاومت کششی چوب بیشتر است یا مقاومت فشاری آن؟

.....  
 .....

۲- آیا می‌توانید عضوی از سازه‌های چوبی اطرافتان که تحت کشش موازی یا عمود بر الیاف قرار دارد را نام ببرید.

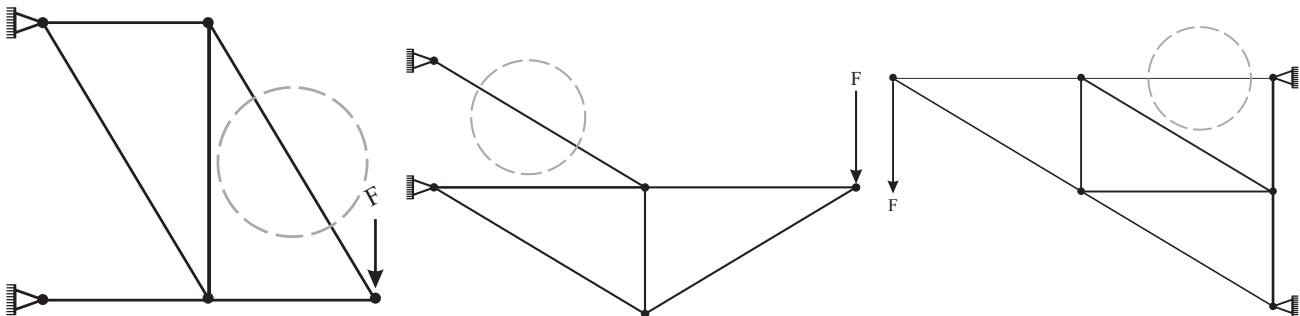
.....  
 .....

۳- مقاومت کشش موازی الیاف چوب از مقاومت کشش عمود بر الیاف آن ..... است.

۴- آیا وجود گره بر مقاومت‌های کششی چوب مؤثر است؟ چگونه؟

.....  
 .....

۵- یکی از مواردی که چوب در معرض کشش موازی یا عمود بر جهت الیاف قرار می‌گیرد مربوط به بعضی اجزا به کار رفته در انواع خرپاها (اسکلت یا کلاف چوبی تعبیه شده در زیر برخی سقف‌ها و پل‌ها) می‌باشد، در اشکال زیر نمونه‌هایی از این نوع اجزا نشان داده شده‌اند، شما نیز سازه‌های اطراف خود را به دقت مورد بررسی قرار دهید، اگر عضوی از یک سازه در معرفی کشش موازی الیاف بود شکل سازه را در کادرهای خالی (صفحه بعد) ترسیم و جزء مورد نظر را در آن مشخص نمایید.



شکل ۱-۸، جزء مشخص شده در هر خرپا تحت کشش موازی الیاف قرار دارد.

## سؤال همراه با جواب



۱- مقاومت کشش موازی با الیاف چوب نسبت به سایر مقاومت‌ها بیشتر است؟ کمتر است؟ و یا مساوی می‌باشد؟ به چه دلیل؟

**جواب:** بیشتر است، زیرا در اغلب گونه‌های چوبی حدود ۴۰ تا ۴۵ درصد چوب خشک از مولکول سلولز است، این مولکول ساختاری شبیه به زنجیر داشته و در جهت الیاف (جهت طولی درخت) استقرار یافته است. زنجیرهای سلولز هنگام کشیده شدن مقاومت زیادی از خود نشان داده ولی در کشش عمود بر الیاف یا برش موازی الیاف با نیروی بسیار کمتری از کنار یکدیگر جدا می‌شوند.

۲- چرا هنگام بحث در خصوص مقاومت کششی چوب گفته می‌شود: «مقاومت کششی موازی و یا عمود بر الیاف» اما در مورد فولاد تنها به ذکر «مقاومت کشش» اکتفا می‌گردد. **جواب:** زیرا چوب دارای خواص وابسته به جهت (هرسونایکسانی) بوده و مقاومت‌های آن در جهات موازی و عمود بر الیاف متفاوت می‌باشد، ولی اغلب فلزها از جمله فولاد خاصیت هرسو یکسانی دارند.

## تحقیق در منزل



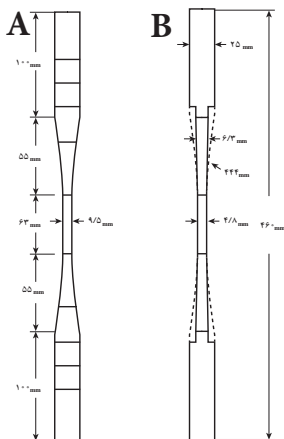
جدول ۱-۸ نشان دهنده مقاومت کشش موازی الیاف چند گونه چوبی و مقاومت کششی چند ماده جامد دیگر می‌باشد. با استفاده از این جدول نسبت میان مقاومت چوب و سایر مواد را در ۵ خط توضیح دهید، برای اطلاعات بیشتر می‌توانید با استفاده از کلید واژه‌های پیشنهادی در خصوص مقاومت کششی مواد مختلف تحقیق نمایید:

(wood strength tension)	مقاومت کششی چوب
(iron strength tension)	مقاومت کششی آهن
(cement strength tension)	مقاومت کششی سیمان (بتن)
(plastic strength tension)	مقاومت کششی پلاستیک
(copper strength tension)	مقاومت کششی مس
(wood plastic strength tension)	مقاومت کششی چوب پلاستیک
(Fiber board strength tension)	مقاومت کششی تخته فیبر

.....  
.....  
.....



شکل ۲-۸ الف، نمونه آزمایش کشش موازی الیاف به شکل ساعت شنی (کاهش عرض و ضخامت از دو انتها به سمت مرکز) ساخته می شود.



شکل ۲-۸ ب، نمای عرضی (A) و جانبی (B) نمونه آزمایش کشش موازی الیاف



شکل ۲-۸ ج، نمونه کشش موازی الیاف در حال آزمایش، کرنش سنج نصب شده افزایش طول نمونه (کشیده شدن) قبل از شکست را اندازه گیری می کند.

جدول ۱-۸ - مقاومت کشش موازی الیاف چند گونه چوبی و مقاومت کششی سایر مواد

ردیف	ماده	مقاومت در برابر کشش (MPA)
۱	تیتانیوم	۹۰۰
۲	نایلون	۷۵
۳	PVC سخت	۴۰
۴	لاستیک	۱۵
۵	گرانیت	۲۰
۶	مرمر	۱۵
۷	فولاد ساختمان	۴۰۰
۸	چدن	۱۷۰ تا ۳۴۰
۹	آلومینیوم خالص	۱۱۰
۱۰	مس	۲۲۰ تا ۳۹۰
۱۱	چوب دوگلاس (موازی الیاف)	۱۰۰
۱۲	صنوبر (موازی الیاف)	۶۰
۱۳	کاج زرد (موازی الیاف)	۵۵
۱۴	کاج کانادایی (موازی الیاف)	۹۰
۱۵	سرخدار (موازی الیاف)	۶۵
۱۶	تخته فیبر با دانسیته متوسط	۲ تا ۲۵
۱۷	تخته خرده چوب	۱۳ تا ۱۷

### روش اندازه گیری مقاومت کششی چوب در جهت موازی الیاف

برای اندازه گیری مقاومت چوب در برابر کشش موازی الیاف به ساخت نمونه هایی مطابق با شکل ۲-۸ نیاز می باشد، ساخت نمونه باید به گونه ای باشد که جهت طولی آن بر جهت الیاف چوب دقیقاً مطابقت داشته و جهت دوایر سالبانه عمود بر بعد بزرگ مقطع عرضی باشد، سرعت بارگذاری در این آزمایش ۱ میلی متر بر دقیقه است.

### روش اندازه گیری مقاومت کششی چوب در جهت عمود بر الیاف

برای اندازه گیری این مقاومت به ساخت نمونه هایی به شکل ۳-۸ نیاز می باشد نمونه ساخته شده پس از جای گذاری در گیره مخصوص آزمایش با سرعت ۲/۵

میلی متر بر دقیقه کشیده شده و حداکثر مقاومت آن ثبت می گردد؛ واحد مقاومت (تنش)  $N/mm^2, N/m^2$  و یا  $kg/cm^2$  می باشد.

در هر دو آزمایش کشش موازی و عمود بر الیاف با تقسیم مقدار حداکثر نیروی وارد شده به نمونه، به سطح مقطع شکست، مقاومت (تنش) حداکثر محاسبه می گردد.



شکل ۳-۸ الف)، نمونه آزمایش کشش عمود بر الیاف

### مسئله

جدول ۲-۸ نشان دهنده ی نتایج حاصل از آزمایش تعیین مقاومت کشش موازی الیاف تعدادی نمونه چوبی است، مقاومت (تنش) کششی هر یک از نمونه ها را محاسبه، جدول را کامل و نتیجه را با اعداد موجود در کتاب درسی خود و در صورت امکان اطلاعات موجود در اینترنت مقایسه نمایید. دلیل تفاوت و تشابه نتایجی که بدست آورده اید با اطلاعات موجود در اینترنت را با کمک معلم خود توضیح دهید.



شکل ۳-۸ ب) نمونه آزمایش کشش عمود بر الیاف در حال آزمایش

جدول ۲ - ۸			
مقاومت (تنش) کششی موازی الیاف ( $N/mm^2$ )	مقطع نمونه در محل گسیختگی ( $mm^2$ )	حداکثر نیروی وارد شده به نمونه (N)	گونه چوبی
۵۵/۵	۱۰×۴	۲۲۲۰	نوئل
	۶×۴	۳۴۰۰	بلوط
	۹×۴	۳۳۰۰	صنوبر
	۸×۸	۳۷۰۰	کاج
	۸×۷	۷۰۰۰	راش



شکل ۳-۸ ج) نمونه آزمایش کشش عمود بر الیاف پس از شکسته شدن.

### مثال

$$F = 2220 \cdot N$$

$$A = 10 \times 4 = 40 \cdot mm^2$$

$$P_{\parallel}(\sigma) = \frac{F}{A}$$

$$P_{\parallel}(\sigma) = \frac{2220 \cdot N}{40 \cdot mm^2}$$

$$P_{\parallel}(\sigma) = 55 / 5 \cdot MPa = 55 / 5 \times 10^6 \text{ pa}$$

مقاومت چوب نوئل

## مسئله



در جدول ۳-۸ نتایج آزمایش مقاومت برشی موازی الیاف ۳ گونه چوبی نشان داده شده است (در فصل بعدی در مورد این مقاومت توضیحات بیشتری ارائه خواهد شد) مقاومت (تنش) برشی این گونه‌ها را محاسبه و با توجه به پاسخ مسئله قبل توضیح دهید: مقاومت کشش موازی الیاف هر گونه چند برابر مقاومت برشی آن است؟ چرا؟

جدول ۳-۸ - نتایج حاصل از آزمایش مقاومت برش موازی یا الیاف نمونه های چوبی

مقاومت (تنش) برشی موازی الیاف ( $N/mm^2$ )	مقطع نمونه در محل گسیختگی ( $mm^2$ )	حداکثر نیروی وارد شده به نمونه (N)	گونه چوبی
۱۹/۱۷	۱۲۰۰	۲۳۰۰۰	صنوبر
	۲۰۰۰	۱۸۰۰۰	نوئل
	۱۶۰۰	۲۶۰۰۰	راش

## مثال



### مقاومت برشی چوب صنوبر

$$F = 23000N \quad P_{(\tau)} = \frac{F}{A}$$

$$A = 1200mm^2 \quad P_{(\tau)} = \frac{23000N}{1200mm^2} \quad P_{(\tau)} = 19/17MPa = 19/17 \times 10^6 Pa$$

.....

.....

.....

.....

۱- مقاومت برشی با حرف یونانی  $\tau$  (تآو) نشان داده می شود.

## سؤال‌ها



۱- الف) آیا اختلاف میان مقاومت «برش موازی الیاف چوب» با مقاومت «کشش موازی الیاف»، در چگونه شکسته شدن اجزای سازه‌های چوبی اثر دارد؟ توضیح دهید.

.....  
.....  
.....

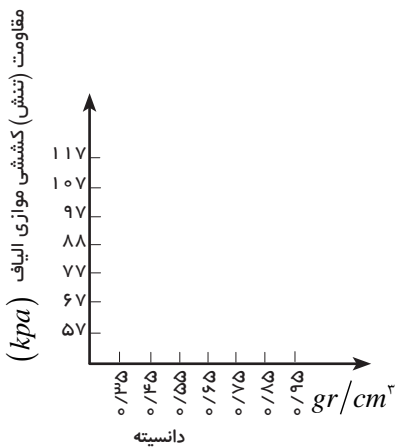
ب) به نظر شما چرا مقاومت برشی در جهت موازی الیاف بسیار کمتر از مقاومت کششی در این جهت است؟

.....  
.....  
.....

۲- چند مورد شکست در وسایل چوبی پیرامون خود که در اثر ضعیف بودن مقاومت کشش عمود بر الیاف ایجاد شده اند را نام ببرید.

.....  
.....  
.....

۳- با توجه به جدول ۴-۸ رابطه میان جرم مخصوص و مقاومت (تنش) کششی موازی الیاف را همراه با تکمیل نمودار زیر توضیح دهید.



.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....



۴- آیا برای ساخت نمونه‌های آزمایش مقاومت کشش موازی الیاف به فرد متخصصی در زمینه درودگری نیاز است؟ به چه دلیل؟

.....

.....

.....

.....

.....

۵- الف) با استفاده از اطلاعات موجود در جدول ۴-۸ تفاوت مقاومت کششی چوب در جهت‌های موازی و عمود بر الیاف را توضیح دهید. ب) با توجه به پاسخ بخش الف اثر زاویه الیاف (شکل ۴-۸) بر مقاومت کششی چوب چگونه است؟

.....

.....

.....

.....

.....



شکل ۴-۸-الف) - نمونه چوبی با الیافی موازی با جهت طولی



شکل ۴-۸-ب) - نمونه چوبی با الیافی مورب



شکل ۴-۸-ج) - نمونه چوبی با الیافی عمود بر جهت طولی (عمود بر الیاف)

۶- با استفاده از اطلاعات موجود در جدول ۴-۸ اثر جرم مخصوص بر مقاومت کششی عمود بر الیاف را به همراه ترسیم منحنی مشابه سؤال ۴ توضیح دهید.

.....

.....

.....

.....

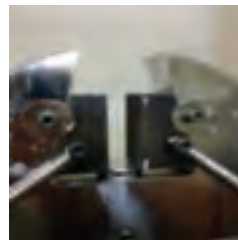
.....

## سؤال همراه با جواب



دلیل احتمال توسعه "تنش عمود بر الیاف" به نمونه آزمایش "مقاومت کشش موازی الیاف" را در محل گیره‌های دستگاه کشش و فشار توضیح دهید.

**جواب:** همان طور که در شکل ۵-۸ نشان داده شده گیره آزمایش مقاومت کشش موازی الیاف تشکیل شده از یک نگهدارنده فولادی یا آلومینیومی که یک طرف آن به دستگاه کشش و فشار متصل است و در طرف دیگر آن دو فک (لقمه) قرار داده می‌شود؛ فک‌ها که آج‌دار و معمولاً چدنی می‌باشند (شکل ۶-۸) دارای حرکت رفت و برگشت در جایگاه خود بوده (شکل ۷-۸) و هنگام سفت شدن گیره به سمت بالا حرکت می‌کنند که با توجه به گوه‌ای شکل بودن جایگاه به یکدیگر نزدیک و در نتیجه نمونه در داخل آنها محکم می‌گردد، سفت شدن نمونه در فک‌ها موجب اعمال تنش فشاری عمود بر الیاف به نمونه می‌گردد.



جدول ۴-۸ - برخی خواص مکانیکی مهم چند گونه چوبی (KPa)

مدول الاستیسیته Modulus of elasticity Mpa	مقاومت کشش عمود بر الیاف Tension perpendicular to grain MPa	مقاومت کشش موازی الیاف Tension parallel to grain MPa	مقاومت سختی الیاف Side hardness (کیلونیتون) KN	مقاومت برش موازی الیاف Shear parallel to grain MPa	مقاومت فشار عمود بر الیاف Compression perpendicular to grain MPa	مقاومت فشار موازی الیاف Compression parallel to grain MPa	مقاومت خمشی Modulus of rupture MPa	دانسیته Specific gravity gr/cm <sup>3</sup>	درصد رطوبت Moisture content	گونه چوبی Common species names
۱۱۳۰۰	۵/۲	۹۳/۸	۳/۸	۱۱	۴/۳	۴۳	۸۶	۰/۵۲	%۱۲	عنبر سائل
۸۳۰۰	۳/۷	-	۲/۷	۶/۸	۲/۶	۲۱	۴۹	-	سبزی	
۷۰۰۰	-	۷۳/۱	-	۸/۶	۳	۲۸/۳	۵۴	۰/۳۹	%۱۲	بید سیاه
۵۴۰۰	-	-	-	۴/۷	۱/۲	۱۴/۱	۳۳	-	سبزی	
۱۱۷۰۰	۲/۸	۷۸/۶	۲/۸	۹/۴	۵	۴۳/۱	۸۸	۰/۸۸	%۱۲	سدار
۹۰۰۰	-	-	۱/۷	۵/۸	۲/۱	۲۱/۶	۴۵	-	سبزی	
۱۲۳۰۰	۲/۷	۱۰۷/۶	۲/۷	۹/۷	۵/۳	۴۷/۶	۹۰	۰/۴۸	%۱۲	داگلاس فر
۹۷۰۰	۲/۳	-	۱/۹	۶/۶	۲/۵	۲۳/۹	۵۱	-	سبزی	
۱۰۳۰۰	۲/۷	۷۷/۹	۲/۲	۷/۲	۴/۲	۳۷	۷۲	۰/۳۸	%۱۲	نراد
۸۱۰۰	۲/۶	-	۱/۶	۵/۳	۲/۳	۱۹	۴۰	-	سبزی	
۱۱۳۰۰	۲/۳	۸۹/۶	۴/۲	۸/۶	۳/۸	۴۹	۷۸	۰/۴۵	%۱۲	هملاک
۹۰۰۰	۲	-	۱/۸	۵/۹	۱/۹	۲۳	۴۶	-	سبزی	
۱۲۹۰۰	۳	۱۱۱/۷	۳/۷	۹/۴	۶/۴	۵۲/۵	۹۰	۰/۵۲	%۱۲	لاریکس
۱۰۱۰۰	۲/۳	-	۲/۳	۶	۲/۸	۲۵/۹	۵۳	-	سبزی	
-	۲/۱	۷۳/۱	۱/۷	۶/۲	۳	۳۳/۱	۵۹	۰/۳۵	%۱۲	کاج سفید
-	۱/۷	-	۱/۳	۴/۷	۱/۵	۱۶/۸	۳۴	-	سبزی	
۸۹۰۰	۲/۹	۵۷/۹	۲	۷/۸	۴	۳۶/۷	۶۵	۰/۴	%۱۲	کاج پوندرسا (ponderosa)
۶۹۰۰	۲/۱	-	۱/۴	۴/۸	۱/۹	۱۶/۹	۳۵	-	سبزی	
۱۰۰۰۰	۲/۸	۹۴/۵	۳/۳	۹/۳	۶/۳	۲۳/۶	۹۰	۰/۴۸	%۱۲	کاج ویرجینیا
۸۴۰۰	۲/۶	-	۲/۴	۶/۱	۲/۷	۴۶/۳	۵۰	-	سبزی	
۷۶۰۰	۱/۷	۶۲/۷	۱/۹	۷/۶	۳/۶	۳۶	۵۴	۰/۳۵	%۱۲	سرخ چوب
۶۶۰۰	۱/۲	-	۱/۶	۶/۱	۱/۹	۲۱/۶	۴۱	-	سبزی	
۹۸۰۰	۲/۴	۸۴/۷	۱/۷۵	۸/۳	۲/۸	۳۰/۹	۶۴	۰/۳۵	%۱۲	نوتل
۷۱۰۰	۱/۷	-	۱/۱۵	۴/۴	۱/۴	۱۵	۳۲	-	سبزی	

## سؤال



با استفاده از اطلاعات جدول ۴-۸ اثر رطوبت را بر مقاومت کشش عمود بر الیاف همراه با ذکر مثال توضیح دهید؟

.....

.....

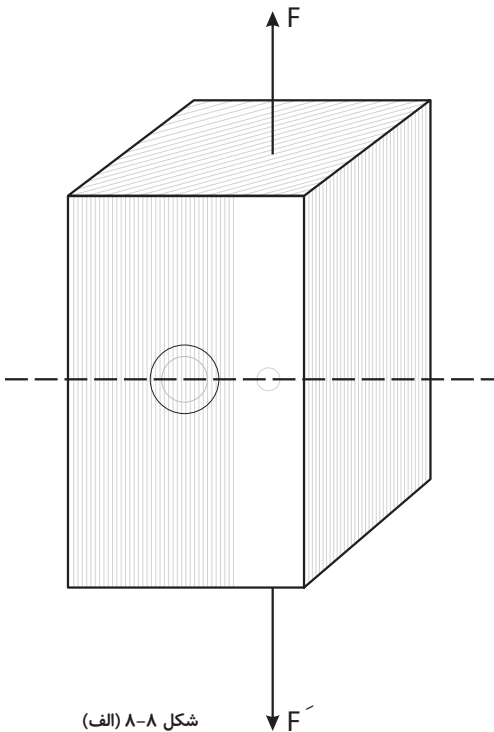
.....

## سؤال همراه با جواب



به نظر شما چرا گره مقاومت کشش موازی الیاف را بیشتر از فشار موازی الیاف کاهش می دهد؟ به دو شکل زیر دقت کنید :

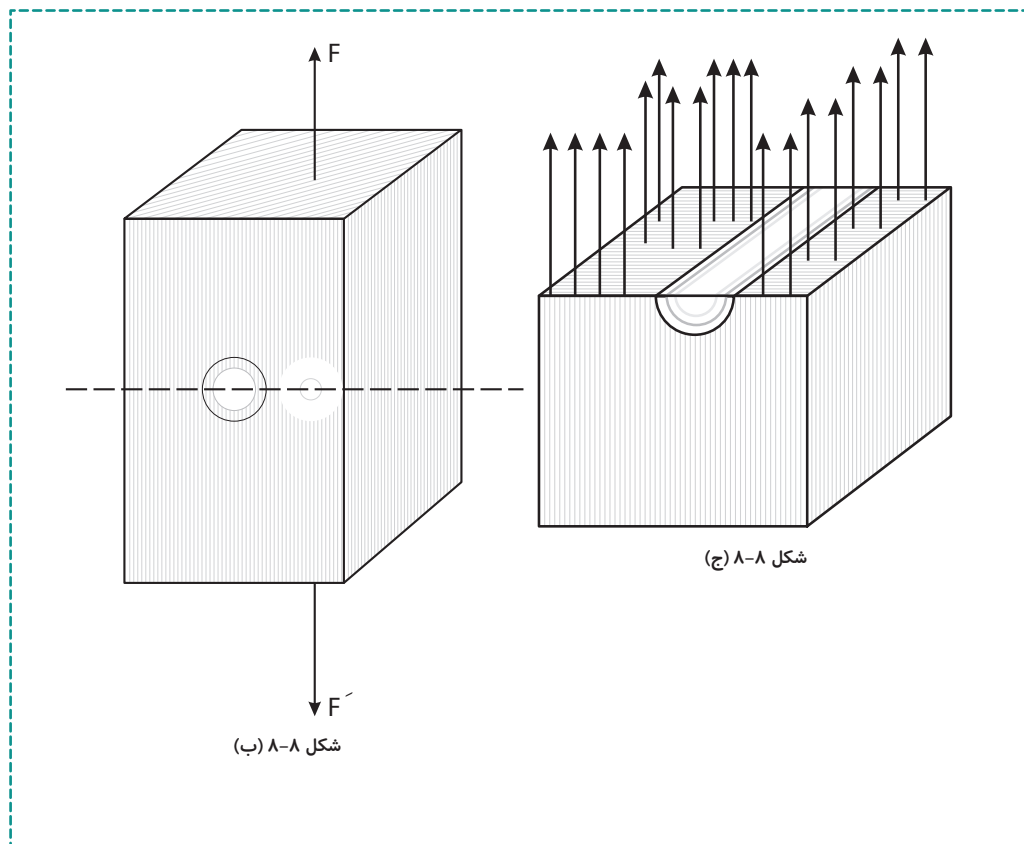
در شکل ۸-۸ (الف) (کشش) اگر در محل گره نمونه را برش بزنیم در صورتی که گره مرده باشد (عدم اتصال بین چوب گره با نمونه) فاقد نقش مثبت در مقاومت کششی است و در صورت زنده بودن نیز با توجه به مقاومت بسیار پایین کشش عمود بر الیاف چوب گره، (به دلیل عمود بودن جهت الیاف چوب گره به جهت طولی چوب ، به چوب گره کشش عمود بر الیاف وارد می شود).



شکل ۸-۸ (الف)

می توان از نقش مثبت آن در این مقاومت صرف نظر کرد. در محل گره مرده سطح مفید نمونه که در برابر کشش از خود مقاومت نشان می دهد برابر است با مقطع چوب منهای مقطع گره (شکل ۸-۸ (ج)). بنابراین مقاومت نمونه در این محل کاهش یافته و شکست در آن اتفاق می افتد.

ولی در فشار شکل ۸-۸ (ب) گره چه در حالت مرده و چه زنده از خود مقاومت فشار عمود بر الیاف نشان می دهد.



### سؤال و تحقیق



چرا در پاسخ سؤال همراه با جواب قبل، اثر گره در قالب مقاومت «کشش و فشار عمود بر الیاف» ذکر می شود؟

.....

.....

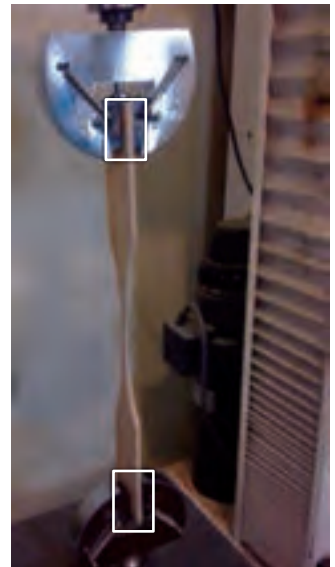
.....

.....

## سؤال همراه با جواب



چرا نمونه‌های آزمایش کشش موازی الیاف را به شکل دمبل یا ساعت شنی می‌سازند؟ (شکل ۲-۸ (ب))  
 به دلیل این که در محل اتصال نمونه با گیره‌های آزمایش کشش، (شکل ۹-۸، دو بخش نشان داده شده در داخل کادر) به نمونه تنش عمود بر الیاف و برشی وارد می‌گردد، در صورتی که گسیختگی در این محدوده اتفاق بیافتد نیروی اندازه‌گیری یا مقاومت (تنش) محاسبه شده تنها نشان دهنده مقاومت کششی نخواهد بود، بنابراین نمونه را به شکلی می‌سازند که سطح مقطعش در محل اتصال به گیره‌ها چندین برابر نقطه وسط آن باشد. این شکل ساخت موجب گسیختگی نمونه در نقطه وسط که ضعیف تر و تنها تحت اثر نیروی کششی است می‌گردد.



شکل ۸-۹

## مسئله‌ها



۱- الف) سطح مقطع جزئی از یک خرپا ساخته شده از چوب نوئل که در معرض ۴۶۲۰ نیوتن نیروی کشش قرار دارد را باید چند میلی‌متر مربع در نظر گرفت؟ مقاومت (تنش) کشش این چوب ۸۴ نیوتن بر میلی‌متر مربع است.

گونه A:

$$A = ? \quad P_{\parallel}(\delta) = \frac{F}{A} \quad A = \frac{4620}{84}$$

$$F = 4620 \text{ N} \quad 84 \text{ N/mm}^2 = \frac{4620 \text{ N}}{A} \quad A = 55 \text{ mm}^2$$

$$P_{\parallel}(\delta) = 84 \text{ N/mm}^2$$

ب) اگر این خرپا از چوب راش با مقاومت (تنش) کششی ۱۵۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع ساخته شود چه سطح مقطعی برای این عضو در نظر می‌گیریم؟

.....

.....

.....

۲- در یکی از منابع مکانیک چوب مقاومت (تنش) کشش موازی الیاف دو گونه چوبی،  
 گونه A = ۴۶ MPa و گونه B = ۴۲ MPa ذکر شده است، حداکثر نیروی کششی که  
 می توان بر دو قطعه چوبی از این دو گونه با سطح مقطع مساوی  $۳۲ \text{ mm}^2$  وارد ساخت  
 چند نیوتن است؟

گونه A:

$$P_{\parallel}(\sigma) = 46 \times 10^6 \text{ pa}$$

$$A = 32 \text{ mm}^2 = 32 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$F = ?$$

$$P_{\parallel}(\delta) = \frac{F}{A}$$

$$46 \times 10^6 = \frac{F}{32 \times 10^{-6} \text{ m}^2} \quad F = 1472 \text{ N}$$

گونه B:

.....  
 .....  
 .....

۳- جدول زیر نشان دهنده نتایج حاصل از آزمایش مقاومت کششی موازی الیاف سه  
 نمونه از گونه های چوبی مختلف است، جدول را کامل و نتیجه را با جدول ۲-۸ مقایسه  
 کنید. آیا نتایج یکسان می باشند؟ چرا؟

جدول ۵-۸			
مقاومت (تنش) بر حسب مگاپاسکال (نیوتن بر میلی متر مربع)	سطح مقطع نمونه (متر مربع)	بار کششی وارد شده (موازی با الیاف)	نوع گونه
۶۶/۰۷	$۵۶ \times ۱۰^{-۶}$	۳۷۰۰	صنوبر
	$۵۶ \times ۱۰^{-۶}$	۷۹۰۰	راش
	$۶۴ \times ۱۰^{-۶}$	۳۷۰۰	نوئل

مقاومت چوب صنوبر:

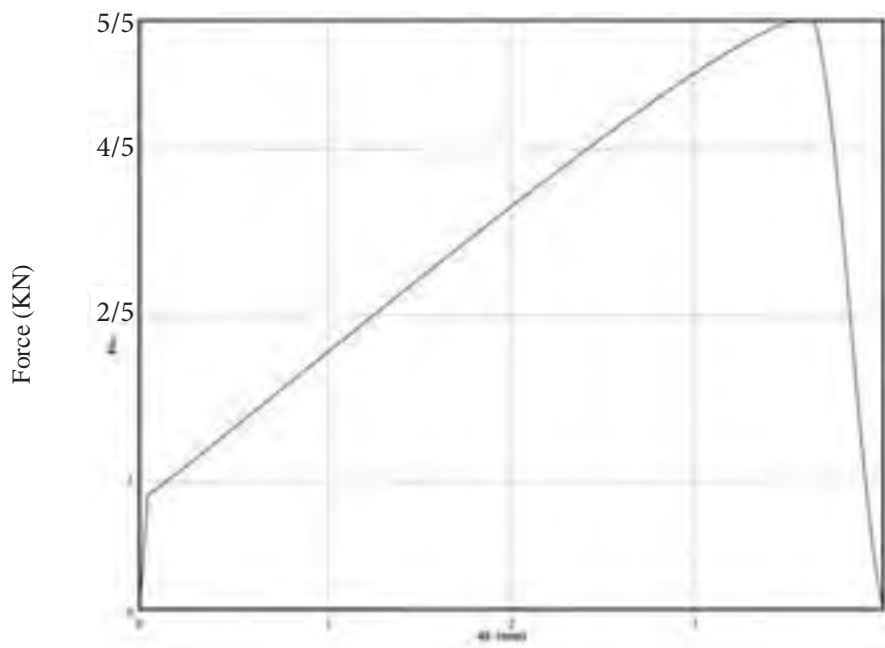
$$F = 3700 \text{ N}$$

$$A = 56 \times 10^{-6} \text{ m}^2 = 56 \text{ mm}^2$$

$$P_{\parallel}(\delta) = \frac{F}{A}$$

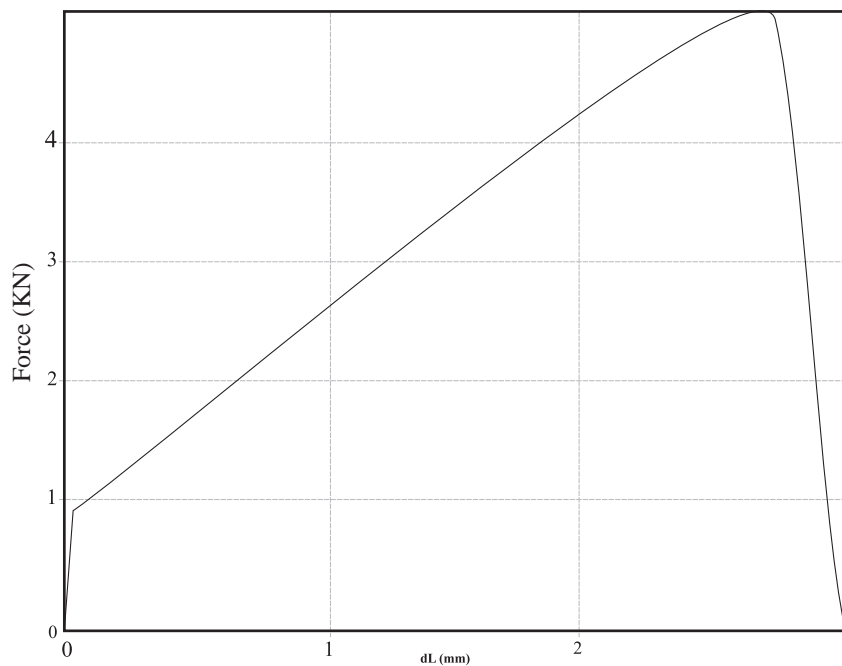
$$P_{\parallel}(\delta) = \frac{3700 \text{ N}}{56 \text{ mm}^2} = 66 / 07 \text{ Mpa}$$

۴- الف) نمودار اشکال ۸-۱۰ تا ۸-۱۴ حاصل آزمایش کشش موازی الیاف نمونه های چوب صنوبر هستند، با توجه به حداکثر نیروی وارد شده (محور عمودی هر نمودار) مقاومت (تنش) هر نمونه را محاسبه نمایید. مقطع شکست هر نمونه  $50 \text{ mm}^2$  در نظر گرفته شود.



.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

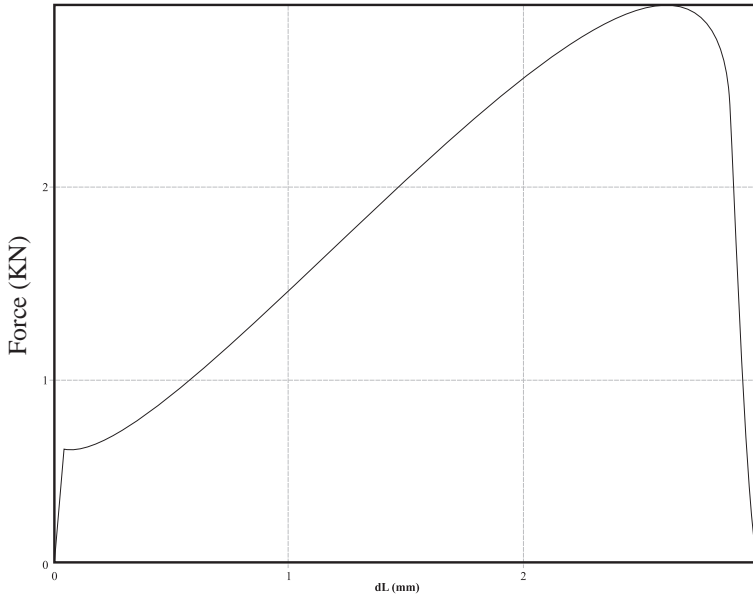
نمودار ۸-۱۰



.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

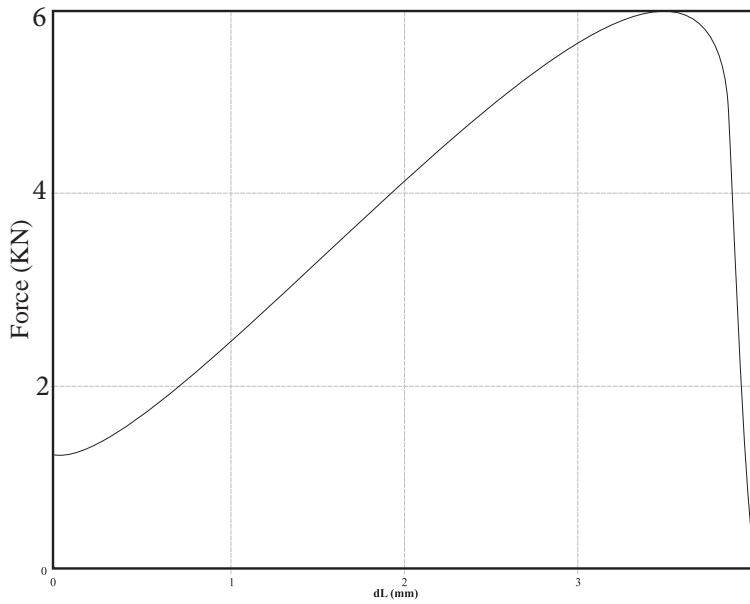
نمودار ۸-۱۱





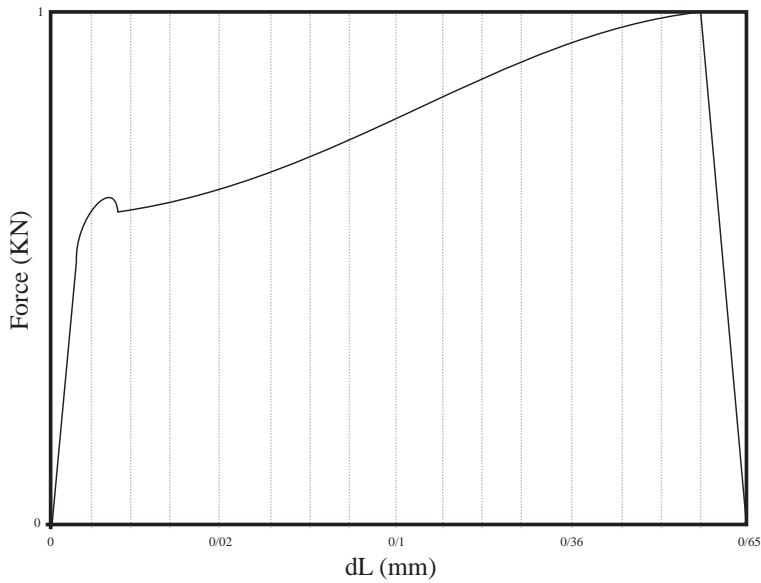
.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

نمودار ۸-۱۲



.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

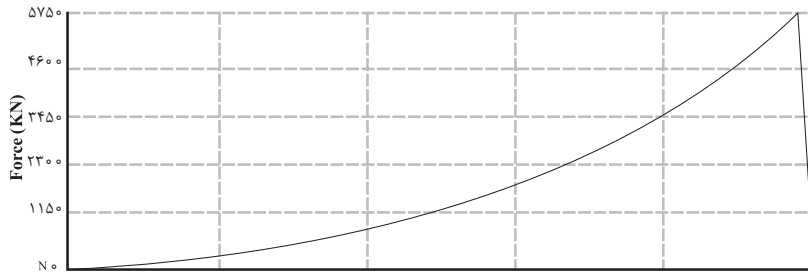
نمودار ۸-۱۳



.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

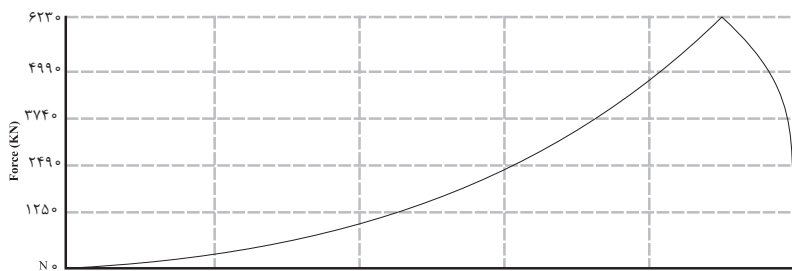
نمودار ۸-۱۴

ب) نمودار اشکال ۸-۱۵ تا ۸-۲۰ حاصل آزمایش کشش عمود بر الیاف نمونه های چوب صنوبر هستند، با توجه به حداکثر نیروی وارد شده (محور عمودی هر نمودار) و مقطع شکست، مقاومت (تنش) هر نمونه را محاسبه نمایید. مقطع شکست هر نمونه  $200\text{mm}^2$  در نظر گرفته شود.



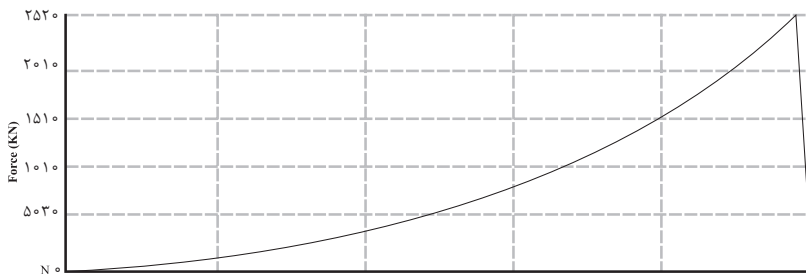
نمودار ۸-۱۵

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....



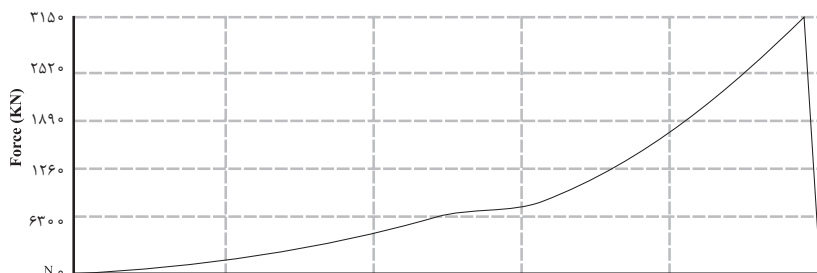
نمودار ۸-۱۵

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....



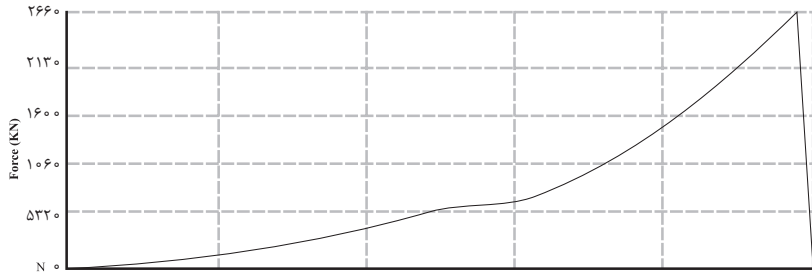
نمودار ۸-۱۵

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....



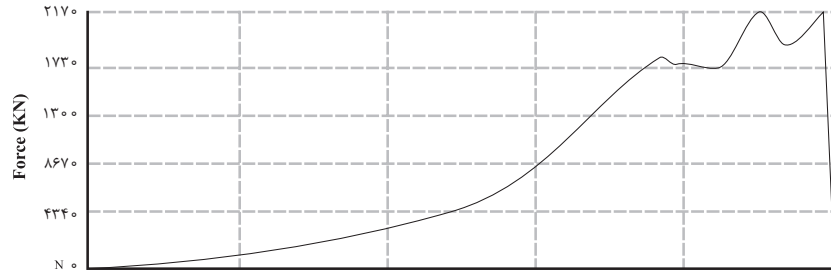
نمودار ۸-۱۵

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....



نمودار ۸-۱۵

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....



نمودار ۸-۱۵

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....



# فصل نهم

## مقاومت چوب در برابر فشار



بار اعمال شده به پایه‌های میز و صندلی، ستون‌های خانه‌های چوبی و سایر موارد مشابه موازی جهت الیاف و در زیرسری‌ها، بعضی قیدهای مبلمان، تراورس‌های راه آهن و ... عمود بر الیاف است؛ به همین دلیل نیز مطالعه و اندازه‌گیری مقاومت در برابر فشار موازی الیاف و عمود بر الیاف چوب یکی از مباحث مهم مکانیک چوب است.

مقاومت فشار موازی الیاف حدود ۵۰٪ مقاومت کششی چوب در همین جهت است که البته این رابطه متغیر و به رطوبت چوب بستگی دارد. شکسته شدن چوب قرار گرفته تحت فشار موازی الیاف معمولاً در اثر خمیده شدن، کمانش و جدا شدن الیاف از کنار یکدیگر است، در این فصل این شکل شکست با استفاده از اشکال متعددی نشان داده شده است.

## پیش‌آزمون



۱- کدام یک از قطعات چوبی زیر در معرض فشار موازی الیاف قرار دارند؟

الف) زبانه اتصال دهنده قید صندلی به پایه (ب) پایه میز ناهار خوری

پ) صفحه میز تلویزیون (ت) پشت‌بند کابینت آشپزخانه

۲- به نظر شما مقاومت فشار موازی الیاف با افزایش طول چوب چه تغییری می‌کند؟ توضیح دهید.

.....  
.....  
.....

۳- خاصیت الاستیک (فتری) چوب در حالت فشار نسبت به کشش ..... می‌باشد.

۴- مقاومت چوب در حالت فشار موازی الیاف نسبت به فشار عمود بر الیاف ..... است

الف) بیشتر است. (ب) کمتر است. (پ) مساوی می‌باشد.

۵- سازه‌های چوبی پیرامون خود را بررسی و سه مورد از مواردی که چوب در معرض فشار عمود بر الیاف قرار دارد را بنویسید.

.....  
.....  
.....

شکل ۱-۹ تصاویری از سازه‌های چوبی که اجزایی از آنها در معرض فشار موازی یا عمود بر الیاف هستند می‌باشد؛ در هر شکل این اجزا را همراه با ذکر نوع فشار (عمود یا موازی بر الیاف) مشخص نمایید.



شكل ٩-١ (ب)

.....  
.....



شكل ٩-١ (الف)

.....  
.....



شكل ٩-١ (ت)

.....  
.....



شكل ٩-١ (پ)



شکل ۹-۱ (ج)



شکل ۹-۱ (ث)

.....  
.....



شکل ۹-۱ (چ)

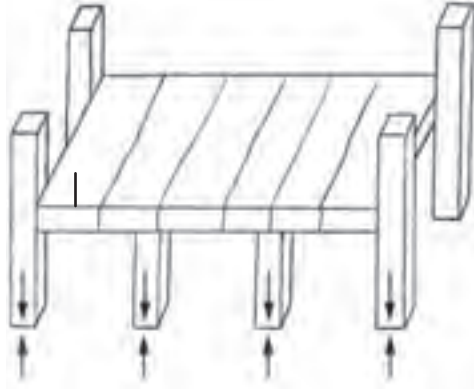
.....  
.....

شما نیز سازه‌های چوبی موجود در محیط خانه یا مدرسه را بررسی و اجزا تحت فشار موازی و یا عمود بر الیاف را مانند نمونه نام برده و ترسیم نمایید.

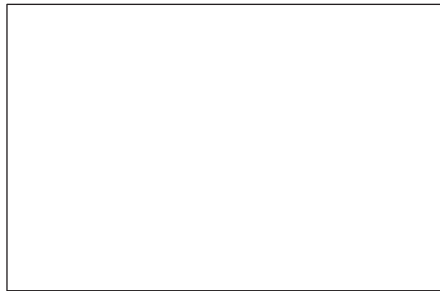




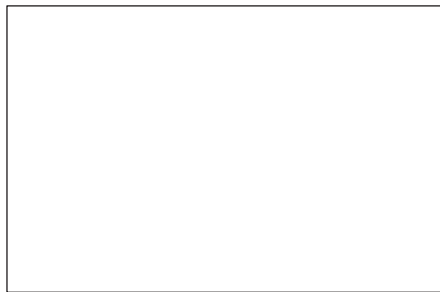
### مثال



قید بلند نیمکت ۳ نفره، این قید در محل های مشخص شده تحت فشار عمود بر الیاف بوده و پایه های آن تحت فشار موازی الیاف قرار دارند.



.....  
.....  
.....



.....  
.....  
.....



.....  
.....  
.....



.....  
.....  
.....

## مسئله ۹-۱



جدول ۹-۱ حاوی اطلاعات حاصل از آزمایش مقاومت فشار موازی الیاف تعدادی از گونه‌های چوبی داخلی (ایرانی) می‌باشد، مقاومت (تنش) مربوط به هر گونه را محاسبه و جدول را کامل نمایید.

جدول ۹-۱			
مقاومت (تنش) بر حسب Mpa	حداکثر نیروی وارد شده (N)	سطح مقطع (mm <sup>۲</sup> )	گونه چوبی
	۴۲۴۲۰	۶۱۲	نمونه شماره ۱ ممرز
	۴۳۳۰۰	۶۲۵	نمونه شماره ۱ راش
	۲۶۳۵۰	۶۵۰	نمونه شماره ۱ نوئل
	۳۰۸۲۰	۶۴۷	نمونه شماره ۱ چنار
	۲۰۴۷۰	۶۷۶	نمونه شماره ۱ صنوبر
	۳۹۴۱۰	۶۱۲	نمونه شماره ۲ ممرز
	۴۳۶۱۰	۶۲۵	نمونه شماره ۲ راش
	۳۲۲۵۰	۶۲۵	نمونه شماره ۲ نوئل
	۳۰۸۲۰	۶۴۸	نمونه شماره ۲ چنار
	۲۳۱۹۰	۶۷۶	نمونه شماره ۲ صنوبر

مثال: مقاومت (تنش) موازی الیاف نمونه شماره ۱ ممرز:

$$F = 42420 \cdot N$$

$$A = 612 \text{ mm}^2$$

$$P_{\parallel}(\sigma) = ?$$

$$P_{\parallel}(\sigma) = \frac{F}{A}$$

$$P_{\parallel}(\sigma) = \frac{42420 \cdot N}{612 \text{ mm}^2} = 69 / 21 \times 10^6 \text{ pa} = 69 / 31 \text{ Mpa}$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....



### سؤال ۱-۹

در شکل ۹-۲ الف تاچ نمونه‌های شکسته شده با ضریب  $\frac{L}{A} = 8$  <sup>۱</sup> و شکل ۹-۲ ح تاژ نمونه‌های شکسته شده با ضریب  $\frac{L}{A} = 4$  (اندازه استاندارد)، پس از آزمایش فشار موازی الیاف نشان داده شده‌اند، چگونگی شکسته شدن هر نمونه را در مقابل شکل مربوط به آن به طور خلاصه توضیح دهید.

➤ شکل ۹-۲ (الف)

.....  
 .....  
 .....



➤ شکل ۹-۲ (ب)

.....  
 .....  
 .....



➤ شکل ۹-۲ (پ)

.....  
 .....  
 .....



➤ شکل ۹-۲ (ت)

.....  
 .....  
 .....



➤ شکل ۹-۲ (ث)

.....  
 .....  
 .....



➤ شکل ۹-۲ (ج)

.....  
 .....  
 .....



➤ شکل ۹-۲ (چ)

.....  
 .....  
 .....



۱- این ضریب در کتاب درسی خواص فیزیکی و مکانیکی چوب توضیح داده شده است.

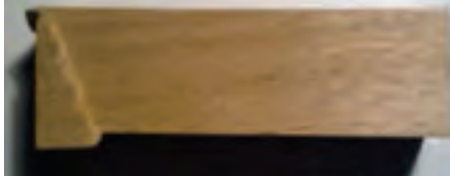
➤ شکل ۲-۹ (ح)

.....  
.....  
.....



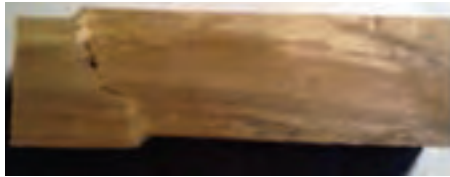
➤ شکل ۲-۹ (خ)

.....  
.....  
.....



➤ شکل ۲-۹ (د)

.....  
.....  
.....



➤ شکل ۲-۹ (ذ)

.....  
.....  
.....



➤ شکل ۲-۹ (ر)

.....  
.....  
.....



➤ شکل ۲-۹ (ز)

.....  
.....  
.....



➤ شکل ۲-۹ (ژ)

.....  
.....  
.....





مقاومت فشار موازی الیاف تعدادی از گونه‌های چوبی پهن‌برگ و سوزنی‌برگ را با مقاومت کشش موازی الیاف آنها مانند ۲ نمونه نوشته شده مقایسه و جدول ۲-۹ را کامل کنید. برای انجام این مقایسه می‌توانید از پاسخ مسائل این فصل، فصل قبل، جدول مقاومت‌های چوب در فصل آخر کتاب درسی خود و یا اطلاعات موجود در اینترنت استفاده کنید.

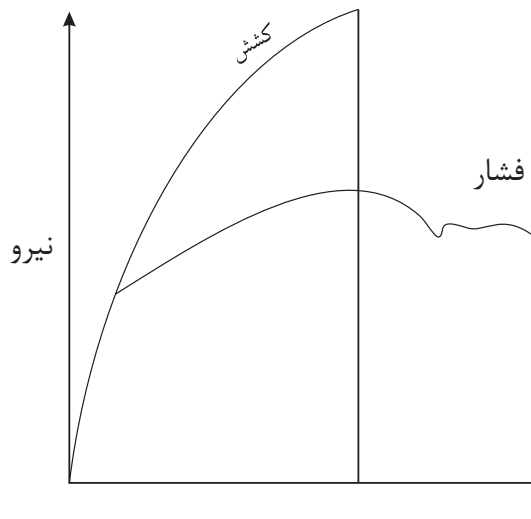
**\*تذکر:** با توجه به اینکه چوب ساخته دست طبیعت است، عوامل ژنتیکی و اقلیمی و این که نمونه مورد آزمایش از کدام بخش تنه و یا ساقه بریده شده باشد موجب اختلاف بین مقاومت‌های چوب‌های یک گونه می‌گردد، (مثلاً آزمایش خواص مکانیکی چوب دو درخت گردومعمولاً یکسان نمی‌باشد). بنابراین صحیح‌ترین شکل مقایسه بین دو مقاومت، تهیه نمونه‌های آزمایشی از یک قطعه چوب است. در مواردی مشابه این سؤال که امکان برش و آزمایش نمونه‌های مورد نیاز از یک قطعه تنه، الوار و .. وجود ندارد، می‌توان به استفاده از سایر اطلاعات اکتفا کرد.

جدول ۲-۹				
منبع اخذ شده	نسبت میان مقاومت کششی و فشاری	مقاومت فشاری (Pa)	مقاومت کششی (Pa)	گونه چوبی
جدول ۴-۸	۱/۷۴	۳۶	۶۲/۷	سرخ چوب
جدول ۴-۸	۲/۷	۳۰/۹	۸۴/۸	نوئل





## سؤال همراه با جواب



با توجه به منحنی زیر به نظر شما چرا در آزمایش فشارموازی الیاف بعد از نقطه حد تناسب تغییر مکان غیرخطی مشاهده می‌گردد (ادامه مقاومت نمونه در برابر بار وارد شده) اما در حالت کشش نه؟ زیرا در شکست حاصل از کشش، نمونه گسیخته شده و دیگر هیچ ماده‌ای در بین گیره‌های دستگاه آزمایش وجود ندارد که از خود مقاومت نشان دهد ولی در فشار حتی پس از شکست (خمیده شدن الیاف و گسیختگی آنها از کنار یکدیگر) نمونه شکسته شده از خود مقاومت نشان می‌دهد.



## بیشتر بدانیم

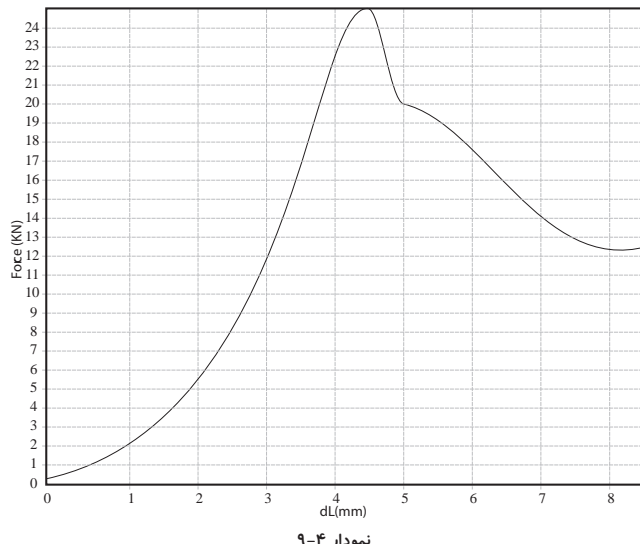
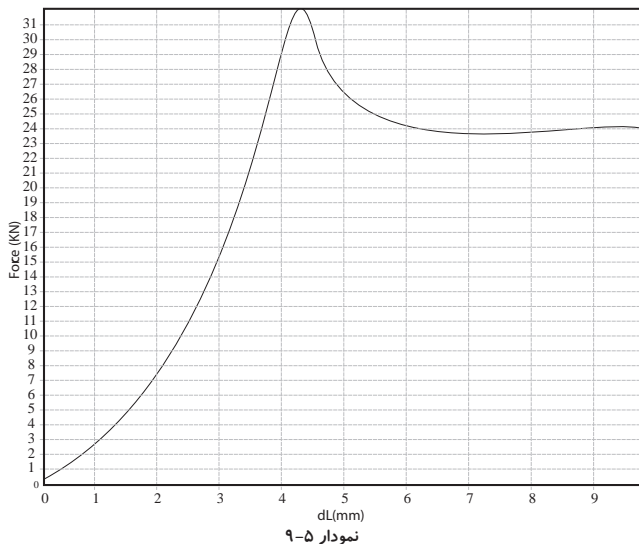
چرا قسمت خطی منحنی تنش-تغییر طول نسبی در کشش طولانی‌تر از همین بخش در فشار است (منحنی سؤال قبل)؟  
طولانی‌تر بودن ناحیه خطی در کشش نسبت به فشار به این معنی است که خواص الاستیک (فتری) چوب در کشش بیشتر است. به بیان دیگر مقدار بار بیشتری و به تبع آن تغییر طول به نمونه تحت کشش، در محدوده الاستیک، نسبت به نمونه تحت فشار، می‌توان وارد کرد.  
دلایل این امر را می‌توان مقاومت بالای چوب در کشش و بالا بودن نقطه حد تناسب نسبت به تبع آن، دانست.

### مسئله ۹-۳



برای تعیین مقاومت چوب در برابر فشار موازی الیاف با توجه به استاندارد مورد استفاده می توان نمونه هایی به ابعاد  $۲۰ \times ۵ \times ۵$  سانتی متر،  $۱۰ \times ۲/۵ \times ۲/۵$  سانتی متر و یا  $۵ \times ۲ \times ۲$  سانتی متر را به کار برد.

نمودارهای اشکال زیر حاصل آزمایش نمونه هایی از گونه های چوبی نوئل (نمودار شکل ۹-۴) توسکا (نمودار شکل ۹-۵) چنار (نمودار ۹-۶) راش (نمودارهای ۹-۷ و ۹-۸) افرا (نمودار ۹-۹) و بلوط (نمودار ۹-۱۰) با ابعاد  $۱۰ \times ۲/۵ \times ۲/۵$  سانتی متر ( $L/A=4$ ) می باشند. الف- مقاومت (تنش) فشار موازی الیاف هر یک از گونه های چوبی را بر اساس نمودار مربوطه محاسبه کنید.



.....  
 .....  
 .....  
 .....

$$F = 25 \text{ kN} = 25000 \text{ N}$$

$$A = 0.025 \text{ m} \times 0.025 \text{ m} = 0.000625 \text{ m}^2$$

$$P_{||(\sigma)} = ?$$

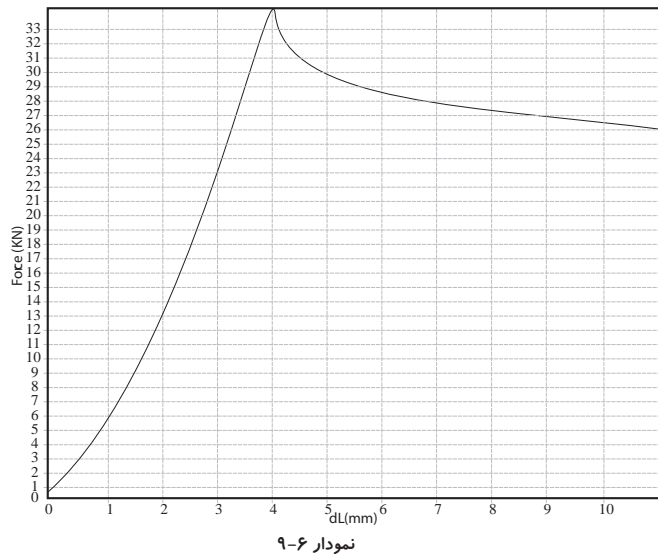
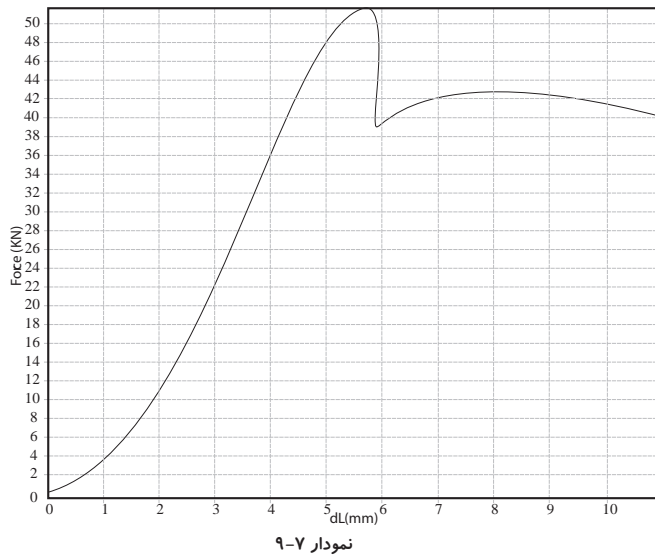
$$P_{||(\sigma)} = \frac{25000 \text{ N}}{0.000625 \text{ m}^2}$$

$$P_{||(\sigma)} = 40 \times 10^6 \text{ pa} = 40 \text{ Mpa}$$



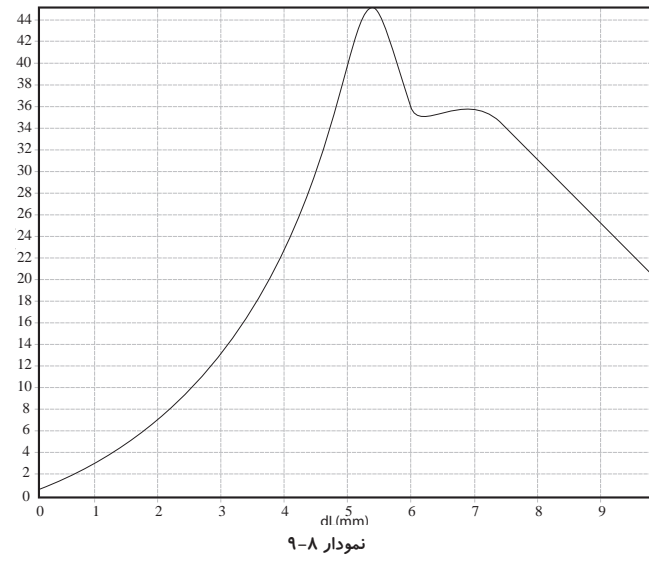
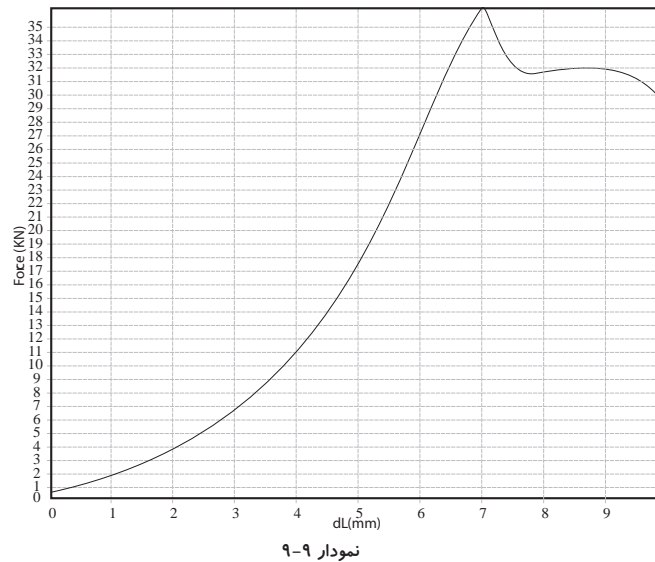
۱ - نسبت طول نمونه به کوچکترین بعد سطح مقطع (طول: L)





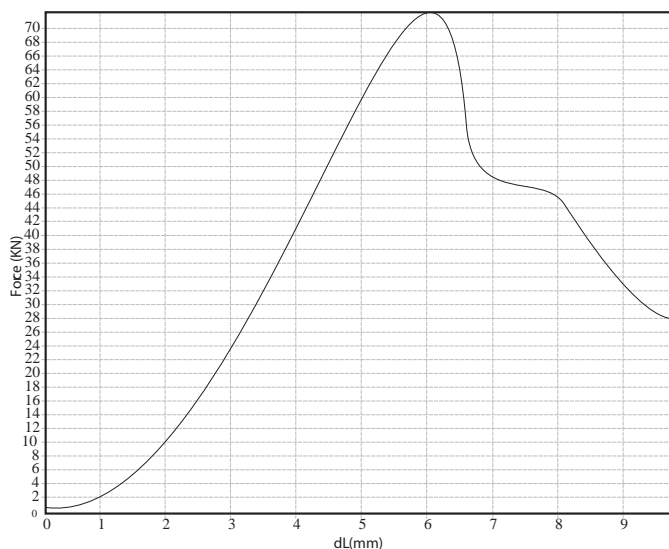
.....  
 .....  
 .....

.....  
 .....  
 .....



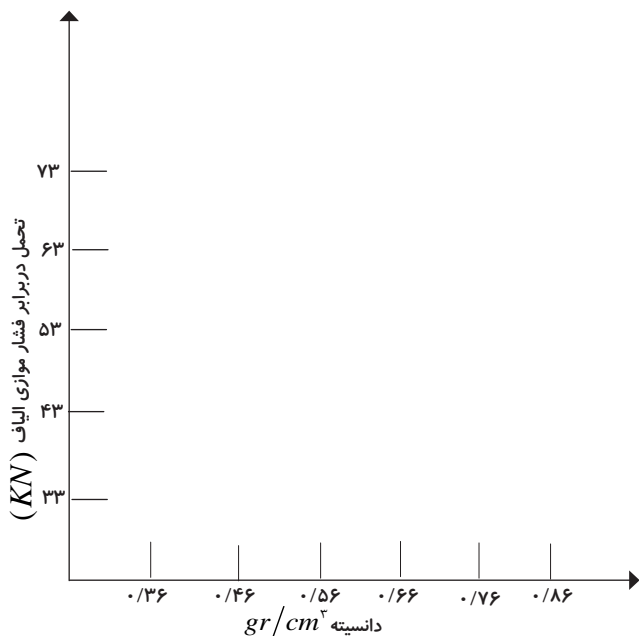
.....  
 .....  
 .....

.....  
 .....  
 .....



نمودار ۹-۱۰

ب) جدول ۴-۹ نشان دهنده بخشی از نتایج یک تحقیق می باشد، با توجه به این جدول نمودار داده شده را تکمیل نمایید، به نظر شما رابطه بین فشار موازی الیاف با دانسیته چگونه می باشد؟



جدول ۴-۱۹		
حداکثر بار وارد شده به نمونه (N)	دانسیته: (gr/cm <sup>3</sup> )	گونه چوبی
۴۰۳۲۰	۰/۴۶	توسکا
۴۵۴۰۰	۰/۵۸	چنار
۳۳۴۶۰	۰/۳۶	نوئل
۵۱۰۷۰	۰/۶۳	راش
۴۳۷۹۰	۰/۵۴	افرا
۷۱۶۳۰	۰/۸۶	بلوط

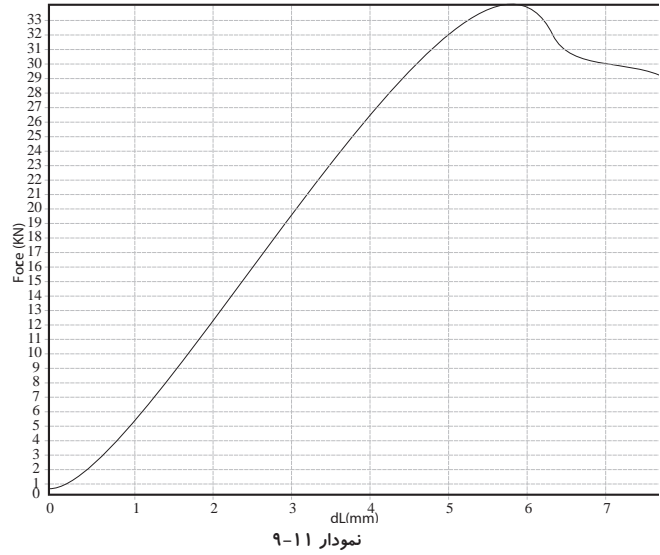
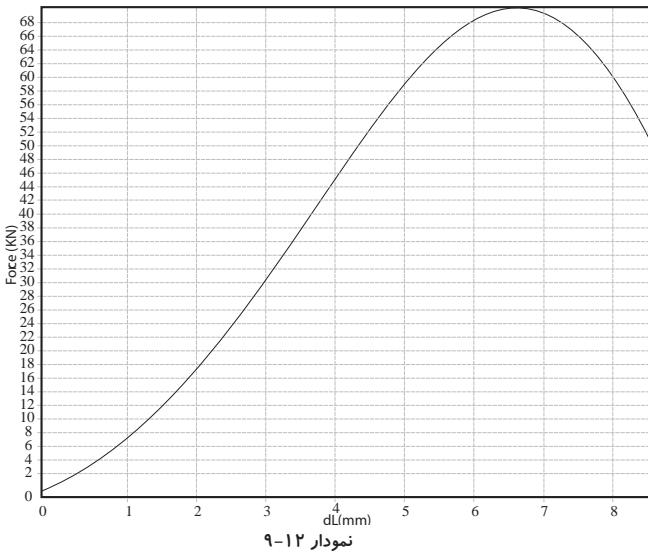


۱- اعداد نشان داده شده در جدول و نمودارهای بخش مکانیکی این کتاب تاحدودی فرضی و بامقدار واقعی دارای کمی اختلاف می باشند.

## مسئله ۹-۴

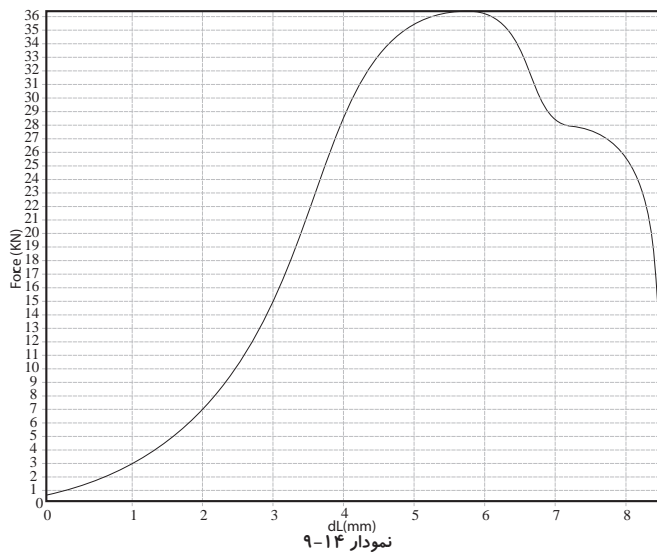
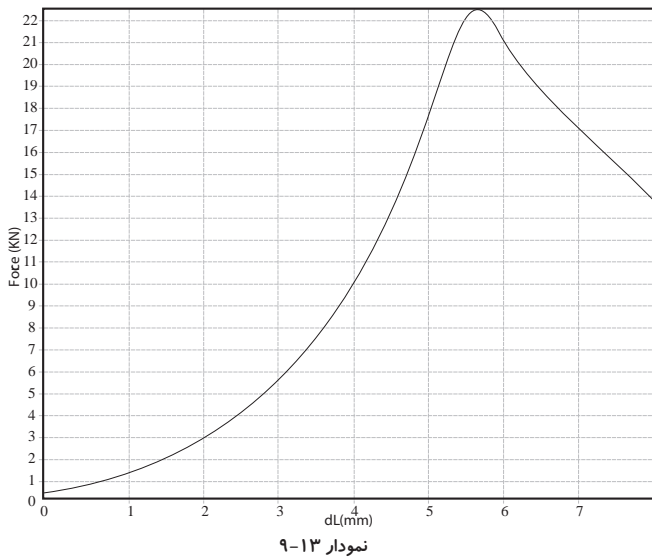


نمودارهای اشکال زیر حاصل آزمایش فشار موازی الیاف نمونه‌هایی از گونه‌های چوبی مختلف می‌باشد. افرا (نمودار ۹-۱۱)، بلوط (نمودار ۹-۱۲)، توسکا (نمودار ۹-۱۳)، راش (نمودارهای ۹-۱۴ و ۹-۱۵) و نوئل (نمودار ۹-۱۶) با ابعاد  $20 \times 2/5 \times 2/5$  سانتی‌متر ( $L/A=8$ ) می‌باشند. مقاومت (تنش) فشار موازی الیاف هر یک از گونه‌های چوبی را بر اساس شکل مربوطه محاسبه نمایید. با توجه به نتایج مسئله ۹-۳ رابطه بین مقاومت فشار موازی الیاف با نسبت  $L/A$  را چگونه ارزیابی می‌کنید؟



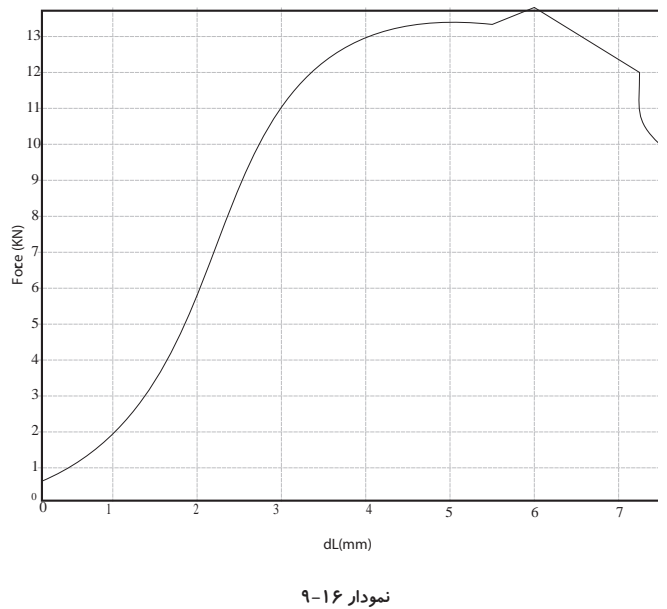
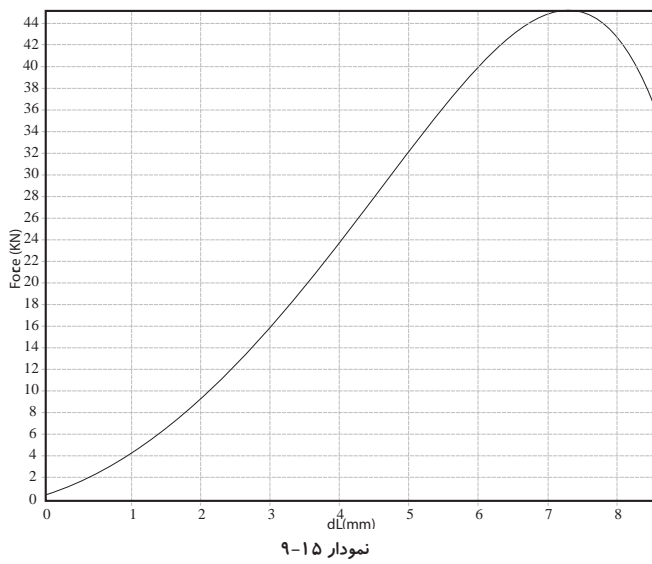
.....  
 .....  
 .....

.....  
 .....  
 .....



.....  
 .....  
 .....  
 .....

.....  
 .....  
 .....  
 .....



.....  
 .....  
 .....  
 .....

.....  
 .....  
 .....  
 .....

## سؤال ۲-۹



دو نمونه چوب چنار به ابعاد  $10 \times 2/5 \times 2/5$  سانتی متر بریده شده از یک قطعه چوب یکی سالم و یکی دارای گره‌ای به قطر ۱۲ میلی‌متر را مورد آزمایش فشار موازی الیاف قرار می‌دهیم. بر اساس نتیجه حاصل حداکثر باری که نمونه سالم قبل از شکست تحمل کرده ۳۶۰۰ نیوتن و در نمونه گره‌دار ۲۷۰۰ نیوتن است. پس از محاسبه مقاومت (تنش) هر یک از این نمونه‌ها میزان اختلاف بین این دو نتیجه و دلیل این امر را توضیح دهید.

.....  
.....  
.....

## سؤال همراه با جواب



چرا با افزایش ابعاد نمونه آزمایش از مقدار گفته شده در استاندارد دیگر نمی‌توان نتایج بدست آمده را به عنوان نتایج به دست آمده از نمونه‌های کوچک بی‌نقصی پذیرفت؟ زیرا یکی از روش‌های آزمایش خواص مکانیکی، آزمایش نمونه‌های کوچک چوبی (آزمایش‌های گفته شده در این کتاب) بدون عیب است. در نمونه‌های بزرگ‌تر چوبی احتمال وجود ناهنجاری بیشتر از نمونه‌های کوچک است، بنابراین نتیجه آزمایش قابل قبول نبوده و استفاده از این نمونه‌ها در این روش مناسب نمی‌باشد. اثر معایب (گره، کج تار و ...) بر هر مقاومتی را با ضرب کردن نتایج به دست آمده در ضریب‌های گفته شده در استاندارد و یا آزمایش نمونه‌ها در ابعاد سرویس (به طور مثال آزمایش مقاومت فشار موازی الیاف یک ستون چوبی) با استفاده از دستگاه‌های ویژه، می‌توان محاسبه نمود.

## بیشتر بدانیم



جدول ۵-۹، مقایسه مقاومت در برابر فشار موازی الیاف چوب با مواد دیگر

جدول ۵-۹ - مقایسه مقاومت در برابر فشار موازی الیاف چوب با مواد دیگر		
مقاومت در برابر فشار (N/mm <sup>2</sup> )	ماده	ردیف
۵۰	چوب دوگلاس	۱
۳۹	چوب صنوبر	۲
۳۶	چوب کاج زرد	۳
۴۷ تا ۵۱	چوب بلوط	۴
۶۳	چوب گردو	۵
۴۲	چوب سرخدار	۶
۱۷	تخته فیبر با دانسیته متوسط	۷
۱۹	تخته خرده چوب	۸
۹۵	نایلن	۹
۹۰	پلی استیرن	۱۰
۲۴۰	گرانیت	۱۱
۱۲۵	مرمر	۱۲
۵۰	شیشه	۱۳

## نمونه سؤال امتحان نهایی



۱- (مورخ ۱۳۸۶/۰۳/۰۵) یک قطعه چوب به ابعاد  $۱۲ \times ۴ \times ۳$  سانتی متر تحت اثر نیروی  $۳۴۰۰۰$  نیوتن شکسته شده است. مقاومت این چوب در برابر فشار موازی الیاف را به دست

آورید.

$$F = 34000 \text{ N}$$

$$A = 0.03 \times 0.04 = 0.0012 \text{ m}^2$$

$$P_{\parallel}(\sigma) = ?$$

$$P_{\parallel}(\sigma) = \frac{F}{A}$$

$$P_{\parallel}(\sigma) = \frac{34000}{0.0012 \text{ m}^2} \quad P_{\parallel}(\sigma) = 28.33 \times 10^6 \text{ pa}$$

۲- (مورخ ۱۳۸۶/۰۳/۰۵) قطعه چوبی با رطوبت ۱۶ درصد و وزن مخصوص  $0.75 \text{ gr/cm}^3$  موجود می باشد. اگر در این حالت  $I=850$  باشد، حداکثر مقاومت این چوب در برابر فشار موازی الیاف را محاسبه کنید.

۳- (مورخ ۱۳۸۵/۰۳/۰۸) در صورتی که مقاومت به فشار موازی الیاف نمونه چوبی از جنس راش با سطح مقطع  $5 \times 5$  سانتی متر و طول ۲۰ سانتی متر  $37 \text{ N/mm}^2$  باشد حداکثر چند نیوتن نیرو را می تواند تحمل کند؟

$$A = 0.05 \times 0.05 = 0.0025 \text{ m}^2$$

$$P_{\parallel}(\sigma) = 37 \text{ N/mm}^2 = 37 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$F = ?$$

$$P_{\parallel}(\delta) = \frac{F}{A}$$

$$37 \times 10^6 = \frac{F}{0.0025 \text{ m}^2} \quad F = 92.5 \times 10^3 \text{ N}$$

۴- (مورخ ۱۳۸۹/۰۳/۰۶) یک قطعه چوب راش با سطح مقطع  $5 \times 5$  سانتی متر پس از اعمال نیروی موازی الیاف به میزان ۶۵۰۰ نیوتن گسیخته می شود، حداکثر مقاومت این نمونه در جهت مذکور چه قدر است؟

$$A = 0.05 \text{ cm} \times 0.05 \text{ cm} = 0.0025 \text{ m}^2$$

$$P_{\parallel}(\delta) = ?$$

$$F = 6500 \text{ N}$$

$$P_{\parallel}(\delta) = \frac{F}{A}$$

$$P_{\parallel}(\delta) = \frac{6500 \text{ N}}{0.0025 \text{ m}^2}$$

$$P_{\parallel}(\delta) = 2.6 \times 10^6 \text{ pa} = 2.6 \text{ Mpa}$$

۵- (مورخ ۱۳۸۹/۰۳/۰۶) نمونه چوبی از گونه راش با ابعاد سطح مقطع  $50 \times 50$  میلی متر تحت تأثیر نیروی فشار عمود بر الیاف قرار گرفته است، در صورتی که حداکثر نیروی وارده ۵۰۰۰۰ نیوتن باشد، مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف این قطعه چوب را حساب کنید.

$$A = 50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} = 2500 \text{ mm}^2$$

$$F = 50000 \text{ N}$$

$$P_{\perp}(\delta) = ?$$

$$P_{\perp}(\delta) = \frac{F}{A}$$

$$P_{\perp}(\delta) = \frac{50000 \text{ N}}{2500 \text{ mm}^2}$$

$$P_{\perp}(\delta) = 20 \text{ Mpa}$$

۶- نمونه‌ای از چوب راش با سطح مقطع  $5 \times 5$  و طول ۱۵ سانتی‌متر تحت تأثیر نیروی فشار عمود بر الیاف قرار گرفته است، چنان‌چه حداکثر مقاومت در برابر فشار عمود بر الیاف این چوب  $14 \text{ N/mm}^2$  باشد نیروی حداکثر را بر حسب نیوتن حساب کنید.

$$A = 0.05 \text{ m} \times 0.05 \text{ m} = 0.0025 \text{ m}^2$$

$$P_{c\perp}(\delta) = \frac{F}{A} \quad F = 35 \times 10^3 \text{ N} = 35 \text{ KN}$$

$$F = ?$$

$$P_{c\perp}(\delta) = 14 \text{ N/mm}^2 = 14 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \quad 14 \times 10^6 = \frac{F}{0.0025 \text{ m}^2}$$



# فصل دهم

## مقاومت برشی و

### مقاومت در برابر ضربه



## پیش آزمون



۱- به نظر شما مقدار مقاومت برشی در حالت موازی الیاف بیشتر است یا در حالت عمود بر الیاف؟

.....  
.....  
.....

۲- بر زبانه و یا دوبل اتصال در قیده‌های یک صندلی و میز ناهارخوری، در محل اتصال با پایه‌ها، چه نیرویی وارد می‌شود؟

الف- برشی      ب- کششی      ج- کشش موازی الیاف      د- کشش عمود بر الیاف  
۳- کدام یک از اجزاء زیر در معرض ضربه قرار دارند؟  
الف- پایه صندلی      ب- چوب گلف      ج- صفحه میز      د- قید صندلی

هنگام آزمایش، نمونه در گیره مخصوصی (شکل ۲-۱۰ پ) قرار داده می‌شود، فرایند آزمایش بدین ترتیب است که بخش سفید رنگ نمونه (شکل ۲-۱۰ پ) در گیره ثابت نگه داشته شده و بخش رنگی آن به طرف پایین رانده می‌شود. این فشار باعث گسیختگی نمونه در ناحیه بین دو بخش رنگی و سفید، در شکل اخیر، می‌گردد.



### سؤال همراه با جواب

با توجه به شکل ۱-۱۰ که نشان دهنده نمونه‌های شکسته شده پس از آزمایش برش موازی الیاف می‌باشد توضیح دهید هنگام برش چوب در جهت مذکور، چه اتفاقی می‌افتد؟

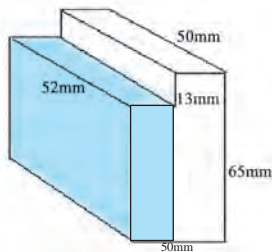


شکل ۱-۱۰

در این نوع برش الیاف از کنار یکدیگر جدا شده و شکست ایجاد می‌شود. به بیان دیگر یک قسمت از نمونه از مقابل قسمت دیگر می‌لغزد و جدا می‌شود.



شکل ۱-۱۰ (الف)



شکل ۱-۲ (ب)



شکل ۱-۲ (پ)، نمونه در حال انجام آزمایش برش موازی الیاف

### روش اندازه گیری مقاومت برش موازی الیاف

برای اندازه‌گیری این مقاومت از نمونه نشان داده شده در (شکل ۱-۲ الف، ب و پ) استفاده می‌شود. برای ساخت این نمونه به قطعه چوبی به ابعاد  $65 \times 50 \times 50$  میلی‌متر که جهت الیاف آن کاملاً موازی جهت طولی باشد نیاز است، جهت تکمیل شکل نهایی نمونه لازم است از یک طرف نمونه، پله‌ای به ارتفاع ۱۳ میلی‌متر جدا (بریده) شود.



### مسئله ۱-۱۰

اطلاعات جدول ۱-۱۰ حاصل آزمایش‌های مقاومت برش موازی الیاف گونه‌های مختلف چوبی است، مقاومت (تنش) هر نمونه را برحسب  $(N/m^2)$  یا  $(N/mm^2)$  محاسبه نمایید.

#### مثال حل شده

گونه چوبی: چنار

حداکثر نیروی وارد شده به نمونه (N): ۲۳۰۶۰

سطح مقطع برش خورده ( $mm^2$ ): ۱۵۲۰

$$F = 23060 \text{ N} \quad \text{مقاومت (تنش) برشی} = \frac{F}{A}$$

$$A = 1520 \text{ mm}^2 \quad \text{مقاومت (تنش) برشی} = \frac{23060 \text{ N}}{1520 \text{ mm}^2}$$

$$\text{مقاومت (تنش) برشی} = 15/17 \text{ Mpa} = 15/17 \times 10^6 \text{ pa}$$





## سؤال



شکل ۳-۱۰ (الف)



شکل ۳-۱۰ (ب)



شکل ۳-۱۰ (پ)

(شکل ۳-۱۰ الف، ب و پ) نشان دهنده نمونه‌هایی که در معرض برش عمود بر الیاف قرار گرفته‌اند می‌باشد، شما این شکل شکست را چگونه تشریح می‌کنید؟

.....  
.....  
.....



## بیشتر بدانیم ۱

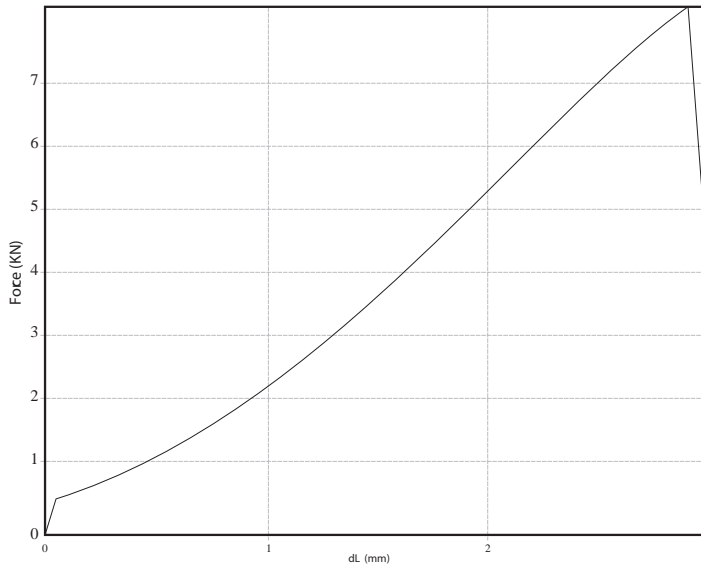
جدول ۲-۱۰، مقایسه مقاومت برشی موازی الیاف چوب با مواد دیگر

جدول ۲-۱۰ - مقایسه مقاومت برشی موازی الیاف چوب با مواد دیگر		
ردیف	ماده	مقاومت برشی (N/mm <sup>2</sup> یا M/Pa)
۱	چوب دوگلاس	۷/۶
۲	چوب صنوبر	۷/۶
۳	چوب کاج زرد	۷/۶
۴	چوب بلوط سفید	۱۳/۸
۵	چوب گردو	۱۶/۵
۶	چوب سرخدار	۶/۲
۷	نوعی پلاستیک	۴۰
۸	تخته فیبر یا دانسیته متوسط	۲
۹	تخته خرده چوب	۴
۱۰	گرانیت	۳۵
۱۱	مرمر	۲۸

## مسئله ۲-۱۰



(نمودارهای ۱۰-۴ تا ۱۰-۸) نتیجه آزمایش مقاومت برش موازی الیاف نمونه‌های چوب نوئل می‌باشند، میانگین مقاومت برشی این چوب با توجه به این نمودارها چند  $N/mm^2$  است؟



نمودار ۱۰-۴ (مقطع برش خورده ۳۰۰ میلی متر مربع)

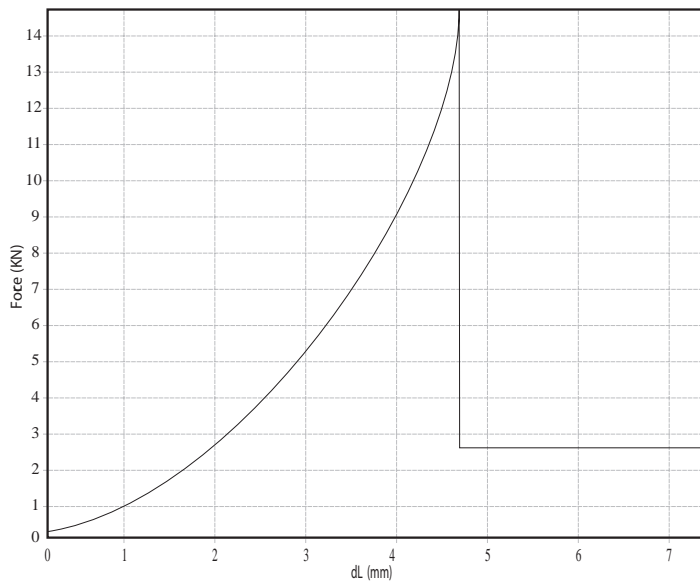
$$F = 8000 \text{ N}$$

$$A = 300 \text{ mm}^2$$

$$\text{مقاومت برشی} = \frac{F}{A}$$

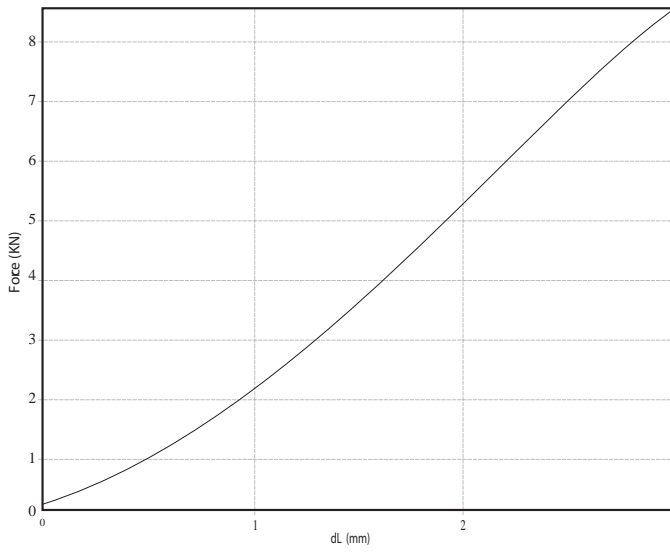
$$\text{مقاومت برشی} = \frac{8000 \text{ N}}{300 \text{ mm}^2}$$

$$\text{مقاومت برشی} = 26.67 \text{ MPa}$$



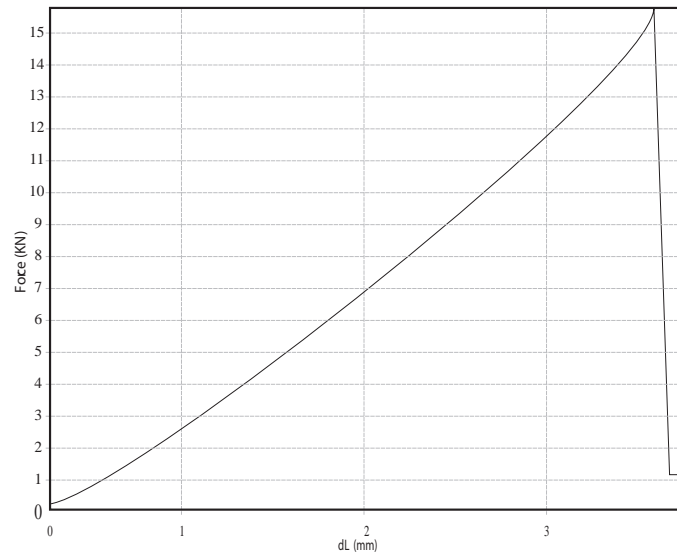
نمودار ۱۰-۵ (مقطع برش خورده ۶۰۰ میلی متر مربع)

.....  
 .....  
 .....



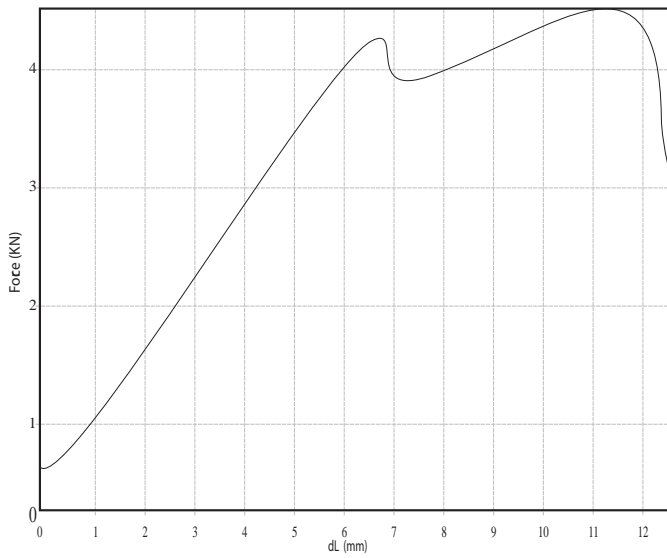
نمودار ۱۰-۷ (مقطع برش خورده ۳۰۰ میلی متر مربع)

.....  
 .....  
 .....



نمودار ۱۰-۶ (مقطع برش خورده ۶۰۰ میلی متر مربع)

.....  
 .....  
 .....



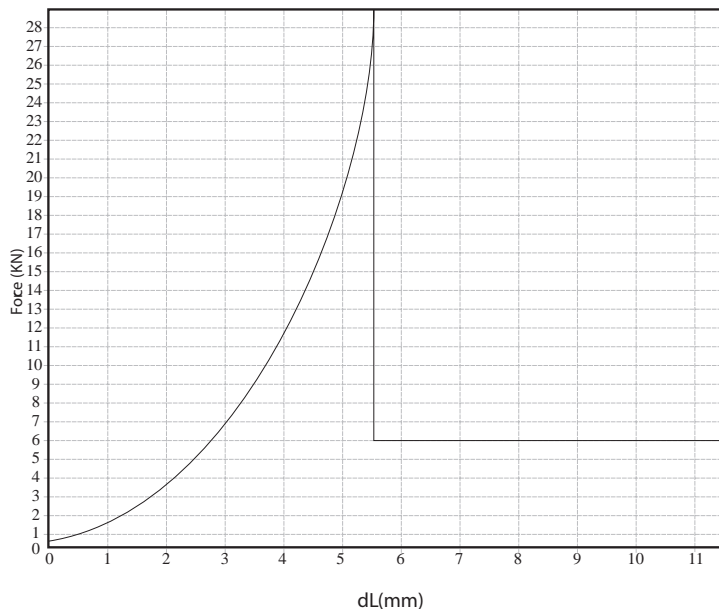
نمودار ۱۰-۸ (مقطع برش خورده ۳۰۰ میلی متر مربع)

.....  
 .....  
 .....

### مسئله ۱۰-۳



(نمودارهای ۱۰-۹ و ۱۰-۱۰) حاصل اندازه‌گیری مقاومت برش، موازی الیاف نمونه‌های چوب توسکا و (نمودارهای ۱۰-۱۱ و ۱۰-۱۲) حاصل اندازه‌گیری مقاومت برش موازی الیاف نمونه‌های چوب صنوبر می‌باشند، سطح مقطع هر نمونه را با توجه به مقاومت آن محاسبه کنید. مقاومت برشی چوب صنوبر را  $۶۰ \text{ N/mm}^2$  و چوب توسکا را  $۱۶۰ \text{ N/mm}^2$  در نظر بگیرید.



شکل ۱۰-۹

$$\text{مقاومت برشی} = ۱۶۰ \text{ N/mm}^2$$

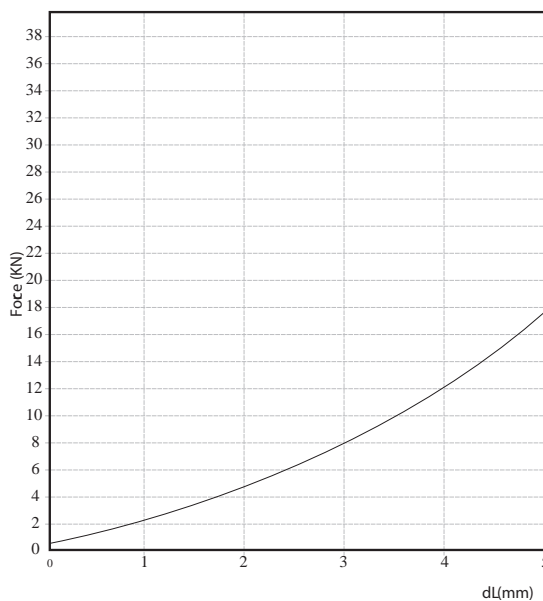
$$F = ۲۹۰۰۰ \text{ N}$$

$$A = ?$$

$$\text{مقاومت برشی} = \frac{F}{A}$$

$$۱۶۰ = \frac{۲۹۰۰۰}{A}$$

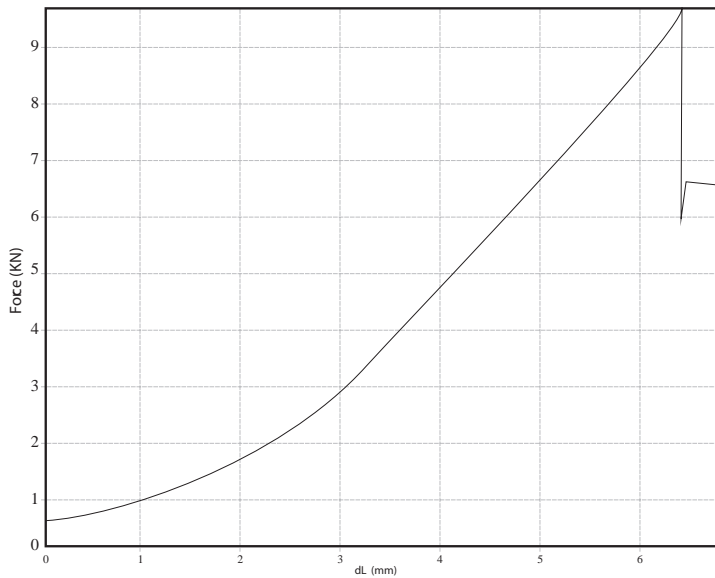
$$A = ۱۸۱/۲۵ \text{ mm}^2$$



شکل ۱۰-۱۰

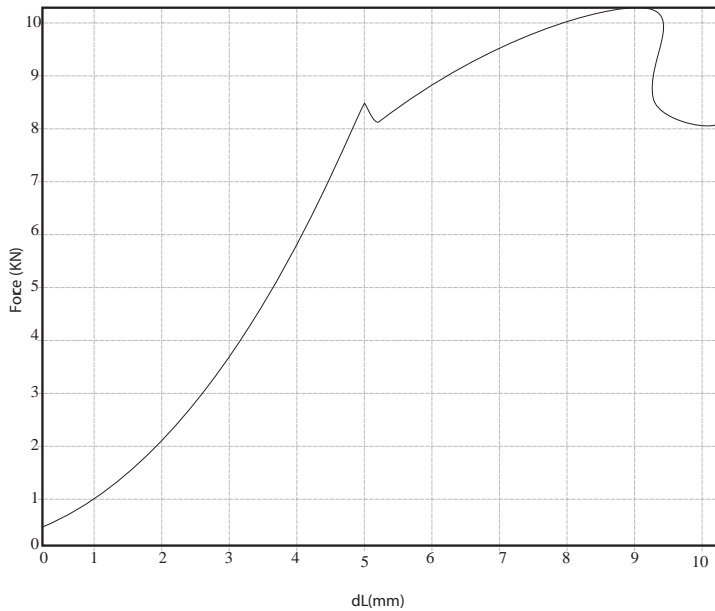
.....  
 .....  
 .....  
 .....





شکل ۱۱-۱۰

.....  
 .....  
 .....  
 .....



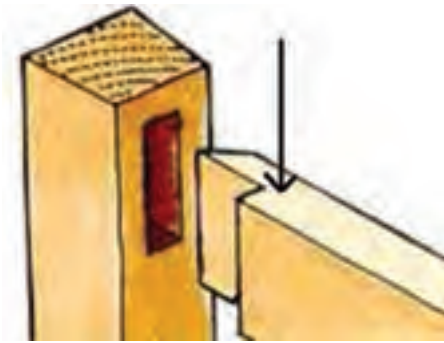
شکل ۱۲-۱۰

.....  
 .....  
 .....  
 .....

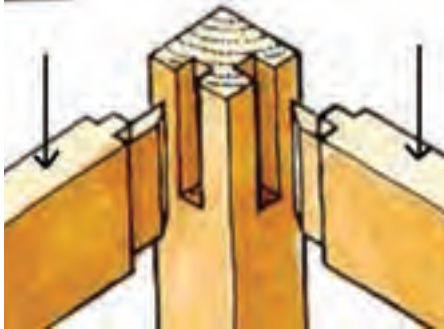
### سؤال



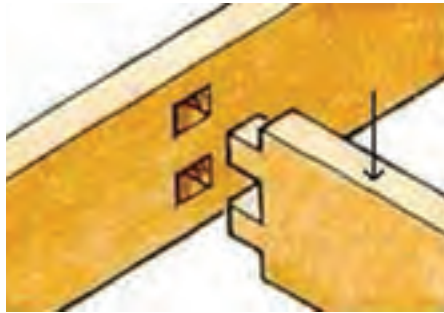
(اشکال ۱۳، ۱۴، و ۱۵-۱۰) مربوط به بخش‌هایی از سازه‌های چوبی قرار گرفته در معرض برش عمود بر الیاف (جهت فلش) است. شما نیز تصاویر مشابهی در محل کادرهای خالی چسبانده و یا رسم نمایید.  
 به نظر شما چرا طراحی و ساخت سازه‌های چوبی به گونه‌ای است که اتصالات در معرض این نوع برش قرار گیرند؟



۱۳-۱۰. اتصال تکیه گاه صندلی با پایه



۱۴-۱۰. اتصال دو قید کف صندلی با پایه



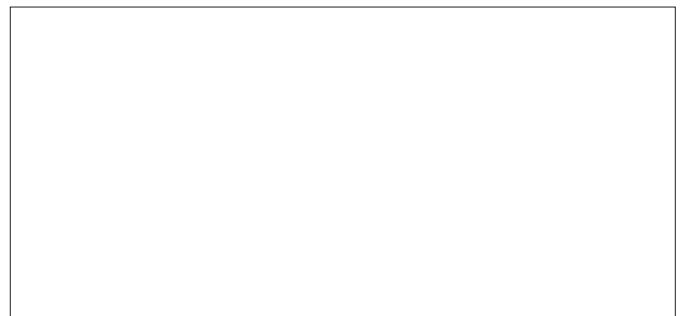
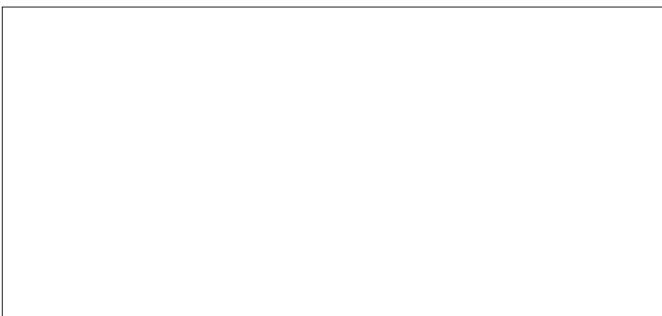
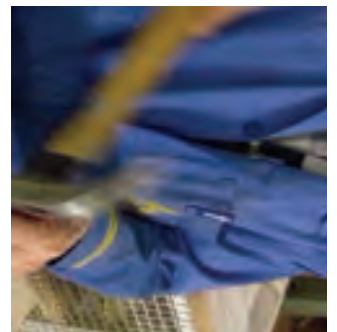
۱۵-۱۰. اتصال قید کف نیمکت با پایه



### تکلیف دانش آموز



تصویر ۱۶-۱۰ نشان دهنده یکی از حالات وارد شدن ضربه (خمش ناگهانی) به چوب است (دسته چکش)، شما نیز تصاویری از سایر حالات وارد شدن ضربه (خمش ناگهانی) به چوب در کادرهای خالی چسبانده و یا رسم نمایید.





## گزارش آزمایش:

مقایسه انرژی مصرف شده جهت شکستن نمونه‌های چوب صنوبر در آزمایش ضربه (خمش ناگهانی) با انرژی مصرف شده جهت شکستن نمونه‌های مشابه در آزمایش خمش. شرح آزمایش: ۶ نمونه چوب صنوبر به ابعاد  $26 \times 2 \times 2$  سانتی‌متر از یک تخته (نمونه‌هایی کاملاً مشابه) بریده شده بر روی ۳ نمونه آزمایش مقاومت به ضربه و بر روی ۳ نمونه دیگر آزمایش خمش انجام گرفت؛ میانگین انرژی صرف شده برای شکستن نمونه‌ها در آزمایش ضربه  $14/25$  ژول و در آزمایش خمش  $7/9$  ژول اندازه‌گیری شد.



## سؤال

با توجه به این که در گزارش آزمایش قبل نمونه‌ها کاملاً هم اندازه و از یک الوار بریده شده بودند چه عاملی باعث تفاوت نتیجه آزمایش ضربه با خمش است؟

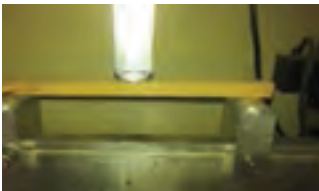
.....

.....

.....



شکل ۱۷-۱۰



شکل ۱۸-۱۰



## بیشتر بدانیم ۲

در هر دو آزمایش خمش (شکل ۱۸-۱۰) و ضربه (شکل ۱۷-۱۰) نمونه بر روی دو تکیه‌گاه استقرار یافته و بار بر وسط آن وارد می‌شود، با این تفاوت که در ضربه<sup>۱</sup> چکش رها شده از ارتفاع حدود ۱ متر بر وسط نمونه فرود می‌آید. ولی در خمش<sup>۲</sup> فک متحرک دستگاه کشش و فشار با سرعتی ثابت (مثلاً در یکی از روش‌ها با سرعت  $2/5 \text{ mm/min}$ ) بر نمونه فشار آورده و سبب شکسته شدن آن می‌گردد.

۱-ضربه: خمش ناگهانی یا دینامیک

۲- خمش: خمش استاتیک

### بیشتر بدانیم ۳



#### ماشین آزمایش مقاومت به ضربه با روش پاندولی (آونگی)

ماشین پاندولی آزمایش مقاومت به ضربه از ۵ قسمت اصلی بدنه، پاندول (وزنه و دسته نگهدارنده)، شافت و عقربه، ترمز و حفاظ تشکیل شده است (شکل ۱۹-۱۰).

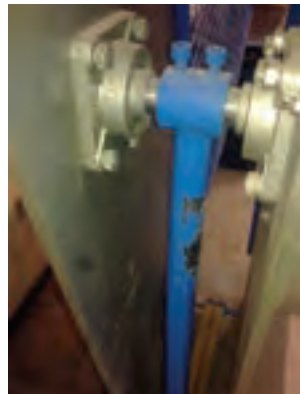
بدنه ماشین از ورق فولادی با ضخامت ۵ تا ۱۰ میلی متر در قسمت‌های مختلف آن ساخته و سایر قسمت‌های ماشین بر روی آن نصب می‌شود. پاندول (شکل ۲۰-۱۰) عبارت است از یک وزنه دایره‌ای شکل فولادی به قطر ۳۰ سانتی متر و وزن ۱۰۰ نیوتن که توسط میله‌ای از همین جنس به طول ۷۰ سانتی متر به شافت (شکل ۲۱-۱۰) متصل می‌شود؛ شافت دستگاه دارای قابلیت چرخش به دور خود بوده و از دو انتها در بدنه استقرار دارد.

وظیفه شافت نگه داشتن پاندول است به گونه‌ای که بتواند آزادانه و بدون لرزش به دور خود بچرخد، میزان ارتفاعی که پاندول پس از شکست نمونه طی می‌کند، توسط عقربه متصل به یک انتهای شافت (شکل ۲۲-۱۰) اندازه‌گیری می‌شود.

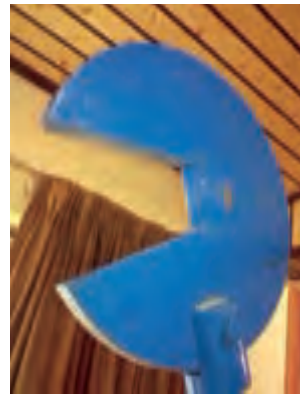
ترمز دستگاه جهت نگهداشتن پاندول پس از شکست نمونه و حفاظ جهت جلوگیری از برخورد چکش با فرد آزمایشگر، تعبیه شده است.



شکل ۲۲-۱۰



شکل ۲۱-۱۰



شکل ۲۰-۱۰



شکل ۱۹-۱۰



## آزمایش در کلاس:

۵ قطعه چوبی به ابعاد  $30 \times 1/5 \times 1/5$  سانتی متر از گونه‌های چوبی موجود در کارگاه با نظارت معلم خود آماده کنید، چوب‌ها را بر روی ۴ قطعه آجر با فاصله دهانه



شکل ۱۰-۲۳

۲۱ سانتی متر مطابق (شکل ۲۳-۱۰) قرار داده و وزنه‌ای به جرم ۲ کیلوگرم را ابتدا از فاصله  $2/5$  سانتی متری به صورت کاملاً عمودی بر روی نمونه مورد نظر رها کنید.

سپس وزنه را از فاصله ۵ سانتی متری بر روی نمونه بیندازید و هر بار ارتفاع سقوط را  $2/5$  سانتی متر افزایش دهید تا به ۲۵ سانتی متر برسد (شکل ۲۴-۱۰). در صورت شکسته نشدن نمونه، از این مرحله به بعد باید هر بار ۵ سانتی متر به ارتفاع سقوط وزنه افزوده شود. هنگامی که چوب شکسته شد یا خم شد (خیز وسط دهانه) به ۱۵ سانتی متر رسید آزمایش متوقف و آخرین ارتفاع سقوط ثبت می‌شود. (شکل ۲۵-۱۰).



شکل ۱۰-۲۴

این آزمایش را که شبیه‌سازی روش «تعیین مقاومت به ضربه سقوط آزاد» است با نظارت مستقیم معلم خود انجام دهید. دقت کنید که حتماً شخص آزمایش‌گر بر روی قطعه الواری به ارتفاع ۲۰ سانتی متری و به فاصله ۵۰ سانتی متر از نمونه ایستاده و سپس وزنه را بیندازد، سایر دانش‌آموزان نیز حداقل  $1/5$  متر از نمونه و شخص آزمایش‌گر فاصله بگیرند. پس از اتمام آزمایش شکل شکست هر یک از نمونه‌ها را ترسیم و مقاومت نمونه را با توجه به آن توضیح دهید.



شکل ۱۰-۲۵

.....  
.....



## گزارش یک آزمایش:

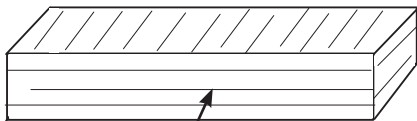
جدول ۱۰-۲ نشان دهنده انرژی جذب شده به وسیله نمونه‌های چوب نوئل (سوزنی برگ) در حالت‌های شعاعی و مماسی در آزمایش ضربه (خمش ناگهانی) است.

جدول ۱۰-۲		
ردیف	انرژی جذب شده	جهتی از نمونه چوب نوئل که چکش دستگاه آزمایش به آن وارد شده است.
۱	۱۵/۵	نمونه شماره ۱ ، شعاعی
۲	۱۱/۵	نمونه شماره ۱ ، مماسی
۳	۱۸	نمونه شماره ۱ ، شعاعی
۴	۱۴/۵	نمونه شماره ۱ ، مماسی
۵	۲۳	نمونه شماره ۱ ، شعاعی
۶	۱۶/۵	نمونه شماره ۱ ، مماسی

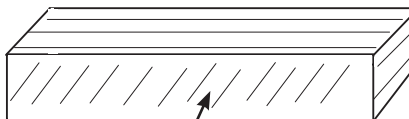


## سؤال

میانگین مقاومت به ضربه چوب نوئل را (سوزنی برگ) در حالت‌هایی که ضربه (چکش دستگاه پاندولی) به جهت شعاعی و مماسی آنها وارد شده است با یکدیگر مقایسه کنید. آیا نتیجه به دست آمده با مطلب بیان شده در کتاب درسی خواص فیزیکی و مکانیکی چوب مطابقت دارد؟



وارد شدن ضربه به جهت شعاعی



وارد شدن ضربه به جهت مماسی

.....

.....

.....

.....



جدول ۱۰-۳ نتیجه آزمایش مقاومت به ضربه ۳ نمونه چوبی که از یک قطعه چوب صنوبر بریده شده‌اند را نشان می‌دهد.

جدول ۱۰-۳			
ردیف	انرژی جذب شده به وسیله نمونه (ژول)	مشخصات نمونه	شماره نمونه
۱	۸	الیاف نمونه با جهت طولی موازی می‌باشد.	۱
۲	۷	زاویه الیاف نمونه با جهت طولی آن ۲۰ درجه است.	۲
۳	۲	الیاف نمونه عمود بر جهت طولی است.	۳

الف) نتیجه به دست آمده را با فرمول  $W_r = \frac{W_{\parallel} - W_{\perp}}{W \sin^x + W_{\perp} \cos^x} \times 100$  مطابقت دهید، آیا نتیجه به دست آمده از فرمول با نتیجه آزمایش مساوی است؟ چرا؟

.....

.....

.....

.....

ب) با توجه به نتیجه این آزمایش اثر زاویه الیاف (کج تاری) را بر مقاومت به ضربه چگونه ارزیابی می‌کنید؟

.....

.....

.....

.....

## سؤال و تحقیق



جدول ۴-۱۰ نتیجه آزمایش مقاومت به ضربه ۵ نمونه چوبی مختلف را نشان می‌دهد، با راهنمایی معلم خود دانسیته هر یک از گونه‌های چوبی را تحقیق کرده و ضمن تکمیل این جدول ارتباط میان دانسیته و مقاومت به ضربه را توضیح دهید.

جدول ۴-۱۰			
ردیف	انرژی جذب شده در آزمایش مقاومت به ضربه	دانسیته $\text{Gr/cm}^3$	گونه چوبی
۱	۸ ژول		چنار
۲	۹ ژول		افرا
۳	۷ ژول		توسکا
۴	۱۵ ژول		راش
۵	۱۳ ژول		ممرز

.....

.....

.....

.....



# فصل یازدهم

## سختی چوب و مقاومت به سایش





۱- چند مورد از موارد کاربرد چوب که چوب در آنها در معرض سایش قرار دارد را نام ببرید.

.....

.....

.....

۲- بالا بودن کدام یک از مقاومت‌های زیر در انتخاب چوب جهت کف‌پوش، نقش بیشتری دارد؟

الف) فشاری      ب) خمشی      ج) برشی      د) سختی

۳- به نظر شما آیا چوب‌هایی که در هنگام برش و یا رنده شدن مقاومت زیادی از خود نشان می‌دهند، در صورت کاربرد به عنوان کف‌پوش از کیفیت بالایی برخوردار خواهند بود؟ توضیح دهید.

.....

.....

.....

۴- به نظر شما سختی و مقاومت به ساییده شدن، با جرم مخصوص چوب رابطه مستقیم دارند یا عکس؟ چرا؟

.....

.....

.....

۵- کاربرد برخی بخش‌های سازه‌های چوبی نشان داده شده در (اشکال ۱-۱ تا ۱۱-۵) با سختی و مقاومت به سایش مرتبط می‌باشد، بخش‌های مورد نظر را در هر شکل مشخص کرده و چگونگی ارتباط را در زیر هر شکل توضیح دهید.



شکل ۱۱-۲



شکل ۱۱-۱

.....

.....

.....



شکل ۴-۱۱



شکل ۳-۱۱

.....

.....

.....

.....

.....



شکل ۵-۱۱

## آزمایش در کلاس:



### مقاومت چوب در برابر ساییده شدن

#### مراحل کار:

- ۱- یک ورق سنباده شماره ۴۰ یا ۶۰ را با ابعاد تقریبی  $۳۰ \times ۱۵$  سانتی‌متر بر روی یک قطعه تخته خرده چوب بچسبانید (شکل ۶-۱۱).
- ۲- سه قطعه چوبی با ابعاد مساوی حدودی  $۱۰ \times ۶ \times ۳$  سانتی‌متر از گونه‌های صنوبر، توسکا، راش و یا سایر چوب‌های موجود در کارگاه را با نظارت معلم خود آماده کنید. دقت نمایید چوب‌ها از قطعات گندگی شده بریده شوند که ضخامت در تمام نقاط کاملاً یکسان و یک روی آنها صاف باشد.
- ۳- ضخامت نمونه چوبی را در چهار گوشه با استفاده از کولیس و یا ریزسنج (شکل ۷-۱۱) دقیقاً اندازه‌گیری و ثبت نمایید.

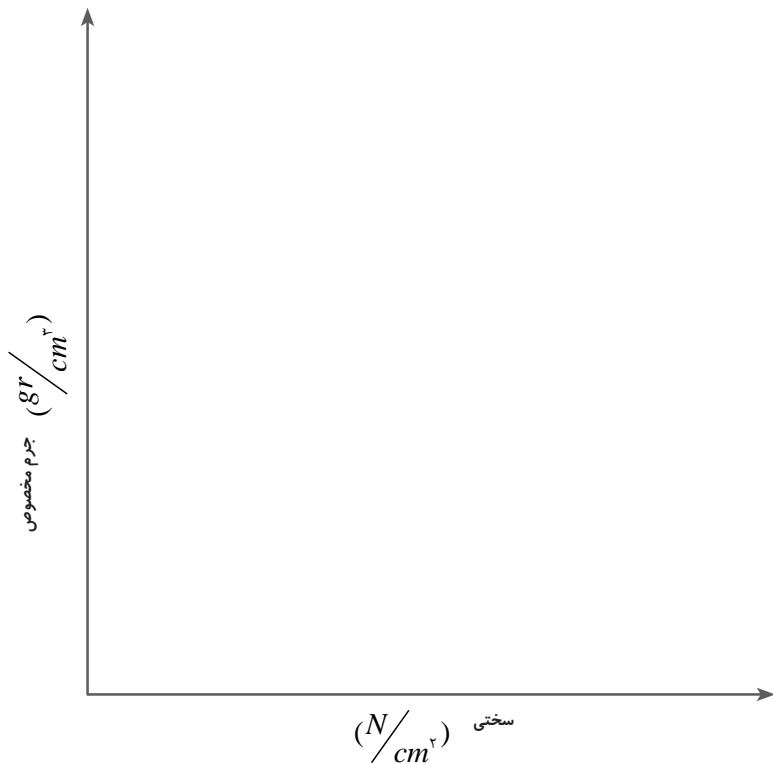


## تمرین برای هنرجو



با استفاده از اطلاعات جدول داده شده که برگرفته شده از جدول ۱-۱۱ کتاب درسی است، نمودار زیر را ترسیم نمایید. در یک خط توضیح دهید که این نمودار نشان دهنده رابطه بین چه عواملی می‌باشد؟

.....  
 .....



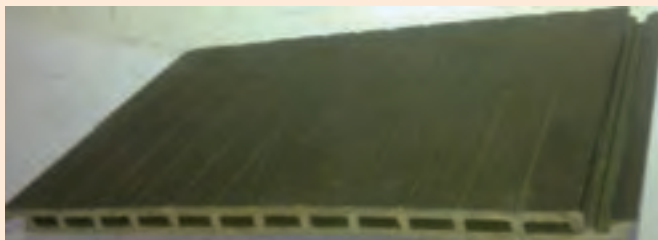
جدول ۱-۱۱		
ردیف	سختی $N/cm^2$	جرم مخصوص $gr/cm^3$
۱	۳۰۰۰	۰/۳۸
۲	۴۳۰۰	۰/۵
۳	۵۵۰۰	۰/۶
۴	۶۰۰۰	۰/۷
۵	۸۲۰۰	۰/۸
۶	۱۳۵۰۰	۰/۹۵



فرآورده‌های چوب پلاستیک (wpe) حاصل از ترکیب ذرات چوب با انواع مواد پلیمری هستند. این فرآورده مقاومت زیادی نسبت به رطوبت و سایش داشته و جهت کاربردهایی مانند کف پوش، پالت و ... مناسب می‌باشند.



شکل ۱۱-۱۰- پروفیل ساخته شده از چوب پلاستیک



شکل ۱۱-۱۱- دیوارکوب ساخته شده از چوب پلاستیک



شکل ۱۱-۱۲- استفاده از چوب پلاستیک در کف پوش پل

## منابع و مراجع

- ۱- حسین زاده، عبدالرحمن. جهان لתיباری، احمد (۱۳۸۹)، خواص فیزیکی و مکانیکی چوب، ۱۳۸۹، وزارت آموزش و پرورش
- ۲- عنایتی، علی اکبر (۱۳۸۹)، فیزیک چوب، دانشگاه تهران
- ۳- ابراهیمی، قنبر (۱۳۸۶)، مکانیک چوب، دانشگاه تهران
- ۴- باریس، اولوگوف، (۱۹۹۰)، چوب شناسی، صنایع چوب مسکو
- ۵- ابراهیمی، قنبر، طراحی مهندسی سازه‌های چوبی
- ۶- باروکوف، هندبوک چوب شناسی (خواص فیزیکی و مکانیکی چوب).

7- WWW.Sundnadare.com

8- <http://WWW.parque.IT/ru/article>

9- [http://1dulan.ru/Fizi checkie - Svoystua - drevesiny](http://1dulan.ru/Fizi%20checkie%20-%20Svoystua%20-%20drevesiny)

10- <http://guitclub.chat.ru/wood/material.html>

11- <http://WWW.wood.ru/ru/ddtechn.html>

