

فناوری‌های نوین مطرح در جدارهای نورگذر با عملکرد مرارتی بهبودیافته

بهروز کاری

عضو هیئت علمی و رئیس بخش انرژی

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

1

انتظارات عملکردی از جدار نورگذر و نمای شیشه‌ای



- ایجاد امکان رویت و ارتباط با محیط خارج
- ایجاد امکان بهره‌گیری از نور طبیعی
- محافظت فضاهای داخل ساختمان از محیط خارج
- هوابندی، آب‌بندی، مقاومت در برابر باد
- تأمین ایمنی و امنیت
- تأمین شرایط آسایش ساکنین (حرارتی، صوتی، ...)
- مقاومت در برابر نیروهای اعمال شده در حین بهره‌برداری
- دوام و حفظ کارایی

انتظارات عملکردی از جدار نورگذر و نمای شیشه‌ای



3

شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

شیشه هوشمند

Electrochromic Glass

شیشه الکتروکرومیک

Photochromic Glass

شیشه فتوکرومیک

Thermochromic Glass

شیشه ترموکرومیک

SPD-SmartGlass

شیشه با فناوری ذرات معلق

Self-tinting Glass (LI & Electrons
Injected into Tungsten Oxide Hydrate)

شیشه خودرنگی شونده

شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

شیشه با عملکرد نوری حرارتی بهبود یافته

Low-E Coated Glass	شیشه کم گسیل
Solar Control Glass	شیشه کنترل خورشید
Anti-reflective coatings Glass	شیشه با پوشش ضدانعکاس
Insulating Glass (aerogel coatings, ...)	شیشه عایق (با پوشش آئروژل)
Transparent Solar PV Coated Glass	شیشه شفاف پوشش دار فتوولتائیک

5

شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

شیشه چندجداره

Vacuum IGU	شیشه دوجداره تحت خلأ
Heat Mirror IGU	شیشه آینه گرمایی (با فیلم‌های میانی پلیمری)
Multiple glazing assemblies	شیشه چندجداره
Warm edge IGU	شیشه چندجداره لبه گرم
Substitute gases	گازهای جایگزین
PCM Glass	شیشه با لایه تغییر فاز دهنده

شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

شیشه بهبود یافته از نظر ایمنی، آکوستیک، زیبایی، ...

Enhanced Security Glass (Aluminosilicate)	شیشه ایمنی بهبود یافته (آلومینوسیلیکات، ...)
Laminated Glass	شیشه چندلایه
Printed, Sand Blust (Sprandel) Glass	شیشه چاپی یا سندپلاست شده (اسپراندل)
Lightweight Glass	شیشه سبک (آلومینوسیلیکات، پلکسی گلاس، ای تی اف ای، ...)
Self-Cleaning Glass	شیشه خود تمیز شونده
Bird-friendly Glass	شیشه دوستدار پرنده

7

شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

فریم های بهبود یافته از نظر عملکرد حرارتی

Aluminium-clad wood/PVC	فریم چوبی \ پی وی سی با روکش آلومینیومی
Insulation Injected Frame	فریم با عایق حرارتی تزریق شده

شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

شیشه هوشمند



شیشه رنگی پویا
(ترموکرومیک،
فتوکرومیک،
الکتروکرومیک، ...)

شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

شیشه با عملکرد نوری حرارتی بهبود یافته



شیشه با پوشش ضدانعکاس

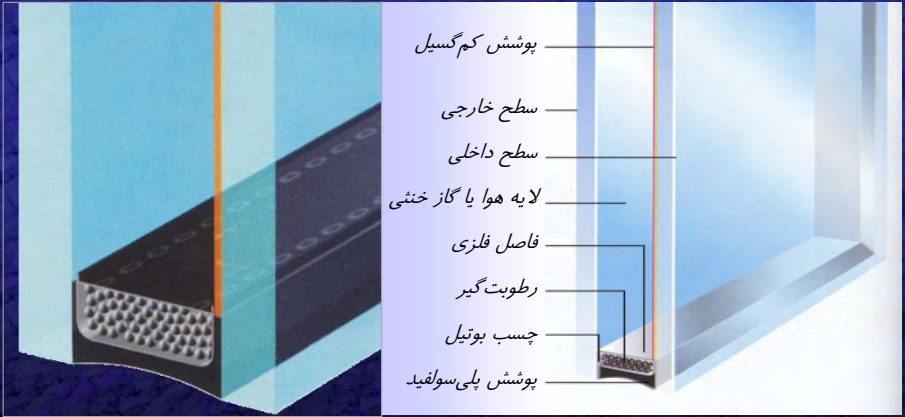
شیشه عایق (با پوشش آتروژل)

شیشه شفاف پوشش دار فتوولتائیک

شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

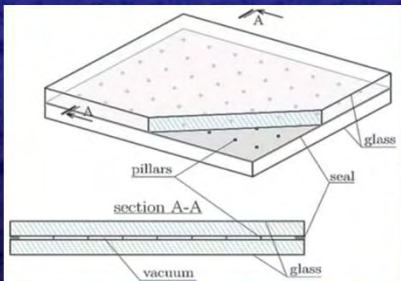
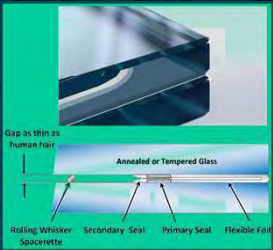
شیشه دو یا چندجداره پر شده با هوا یا گازی خاص

اجزای تشکیل دهنده شیشه دوجداره



شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

شیشه دوجداره تحت خلأ



شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

شیشه آینه گرمایی

- گاز تزریقی: کریبتون،
- فاصل لبه گرم (استیل یا پلیمری)
- فیلم (لایه) پلیمری پوشش‌دار (کم‌گسیل و احتمالاً کنترل‌خورشید) بین لایه‌های شیشه



13

شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

شیشه چندجداره لبه گرم



پل‌های حرارتی ناشی از فاصل‌های آلومینیومی

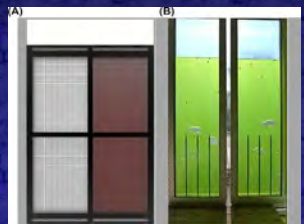
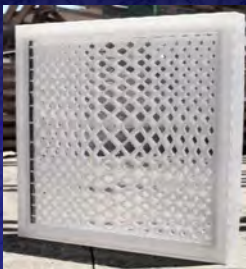
شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

گازهای جایگزین برای بهبود مشخصات حرارتی یا صوتی و یا هر دو

- هوای خشک،
- گازهای خنثی از جمله آرگون،
- SF_6 ، ...

شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

شیشه با لایه تغییر فاز دهنده



شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

شیشه با عملکرد مکانیکی بهبود یافته

روش‌های تولید شیشه (تک‌جداره)

مقاومت مکانیکی شیشه

مکاپاسکال	نوع شیشه
۳۰	شیشه جام
۵۰	شیشه سخت‌کاری شده (HS یا FT)
۱۴	شیشه مسلح یا شبکه فلزی
۱۸	شیشه چندلایه (لمینیت)

- ریختگی، کشیدن، شناورسازی

- لایه‌نشانی

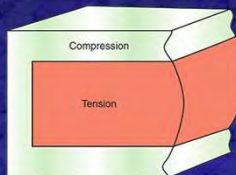
- اجرای عملیات حرارتی

- چندلایه کردن

شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

شیشه آلومینوسیلیکات

شیشه با عملکرد مکانیکی بهبود یافته



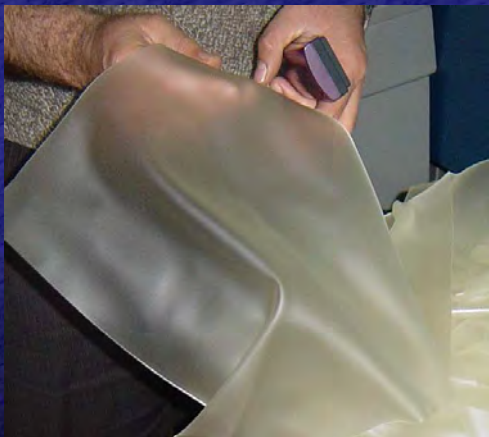
شیشه سخت‌کاری شده (HS یا FT)



شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

شیشه با عملکرد عملکرد ایمنی بهبود یافته

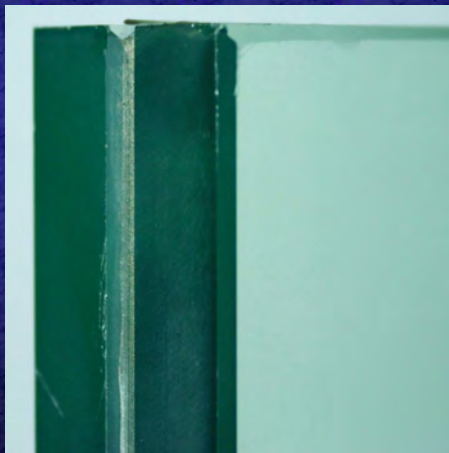
شیشه چندلایه (لمینیت)



شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

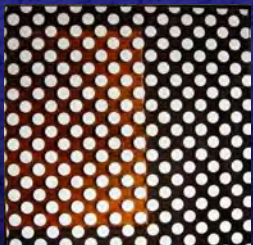
شیشه با عملکرد عملکرد ایمنی بهبود یافته

شیشه چندلایه (لمینیت)



شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

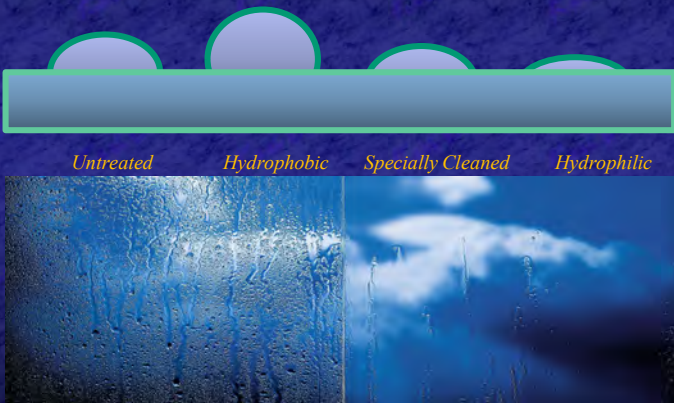
شیشه با ویژگی‌های ظاهری بهبود یافته



شیشه نقش‌دار
چاپی یا سندبلاست شده
(اسپراندل)

شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

شیشه خودتمیز شونده



Untreated

Hydrophobic

Specially Cleaned

Hydrophilic

شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

شیشه مقاوم در برابر خراش، ضربه و حرارت

شیشه آلومینوسیلیکات

شیشه بوروسیلیکات

شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

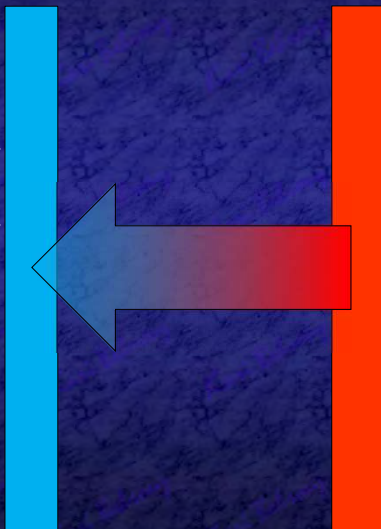
شیشه دوستدار پرنده



انتقال شیشه از نوین با عملکردهای بهبود یافته

عوامل تأثیرگذار:

- مواد تشکیل دهنده
- نوع و فشار گاز
- پر شده (تزریق شده)

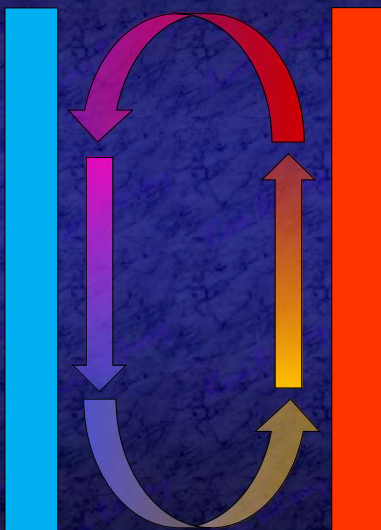


هدایت

شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

عوامل تأثیرگذار:

- نوع و غلظت گاز
- فاصله شیشه‌ها
- اختلاف دما
- شیب جدار



همرفت

شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

عوامل تأثیرگذار:

- ضرایب خورشیدی
(عبور، انعکاس)
- گسیلندگی سطوح
- ضرایب گرمایی
(انعکاس، جذب)
- ضرایب مرئی
(عبور، انعکاس)



تابش

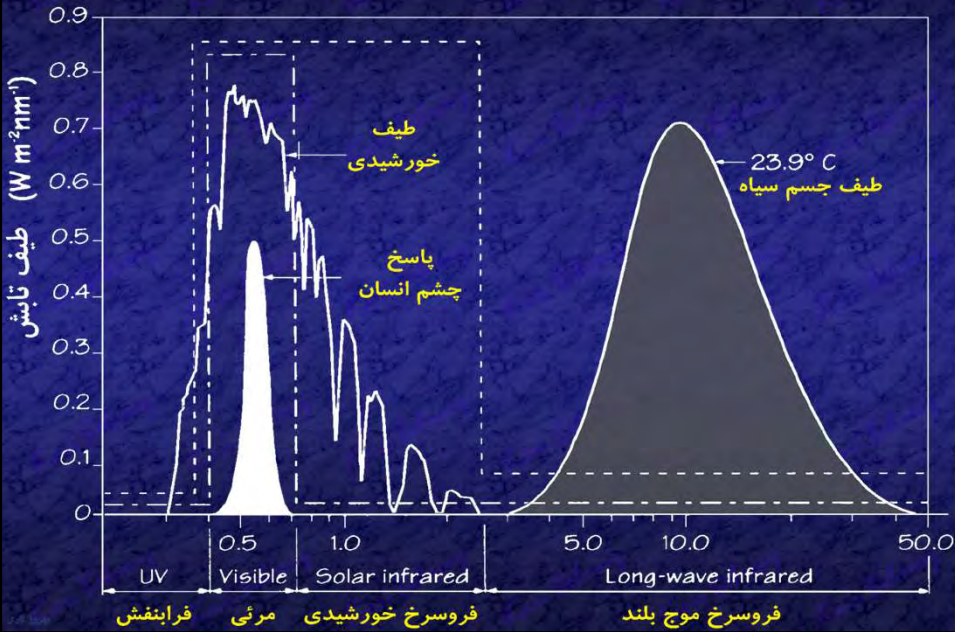
شیشه نوین با عملکرد بهبود یافته

راه‌های کاهش:

- تقلیل هدایت،
- تقلیل همرفت،
- تقلیل تابش،
- افزایش تعداد جدارها

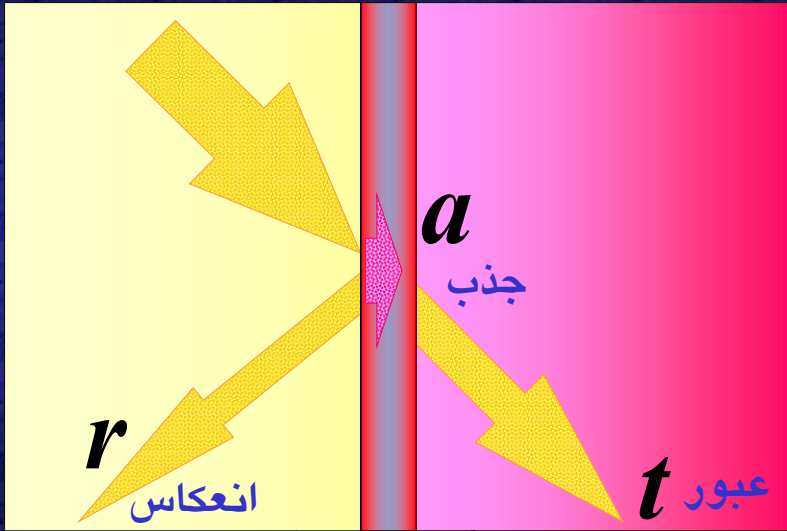


انتقال حرارت در اثر تابش



انتقال حرارت در اثر تابش در جدارهای نورگذر

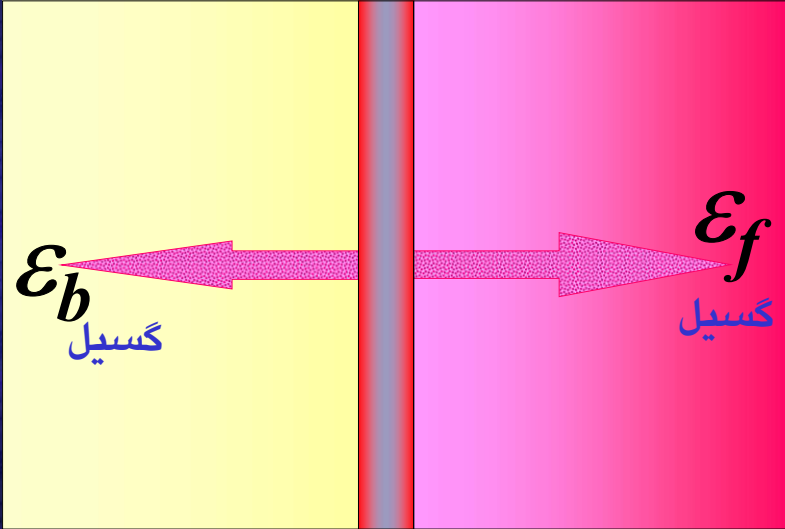
عملکرد جدارهای نورگذر در محدوده تابش خورشیدی



$$r + a + t = 1$$

انتقال حرارت در اثر تابش در جدارهای نورگذر

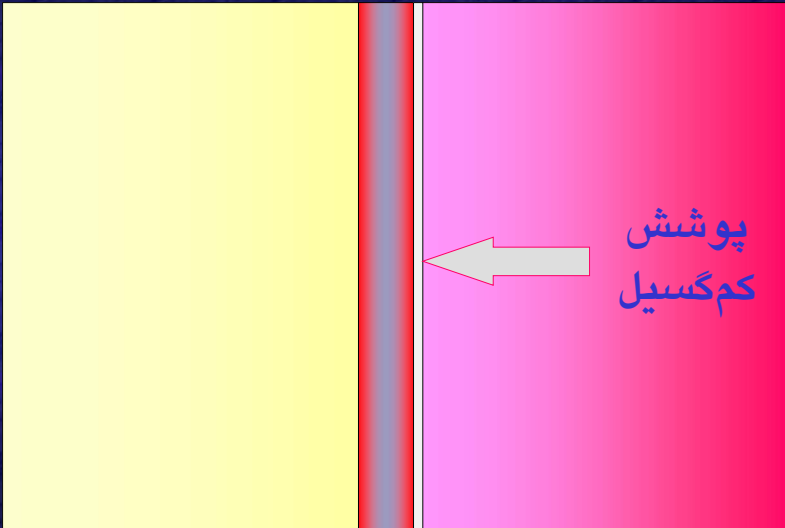
عملکرد جدارهای نورگذر در برابر تابش گرمایی



دوره آموزشی مبحث 19 مقررات ملی
 $\varepsilon = a$

انتقال حرارت در اثر تابش در جدارهای نورگذر

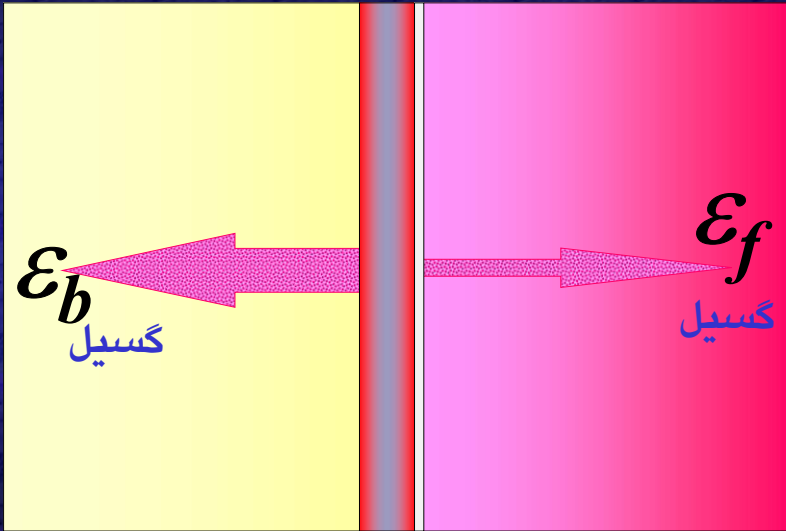
عملکرد جدارهای نورگذر در برابر تابش گرمایی



دوره آموزشی مبحث 19 مقررات ملی
 $\varepsilon = a$

انتقال حرارت در اثر تابش در جدارهای نورگذر

عملکرد جدارهای نورگذر در برابر تابش گرمایی

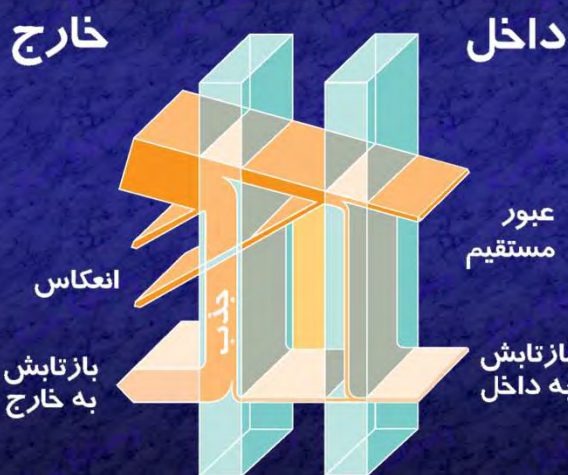


دوره آموزشی محیط 10 حرارت تابشی
 $\epsilon = a$

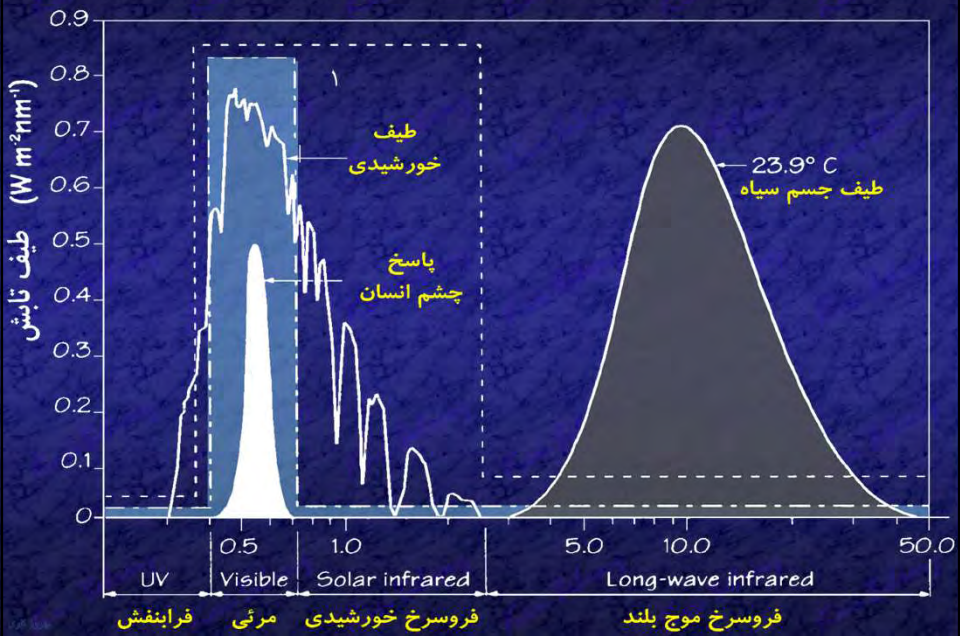
33

انتقال حرارت در اثر تابش در جدارهای نورگذر

عملکرد تابشی شیشه دوجداره

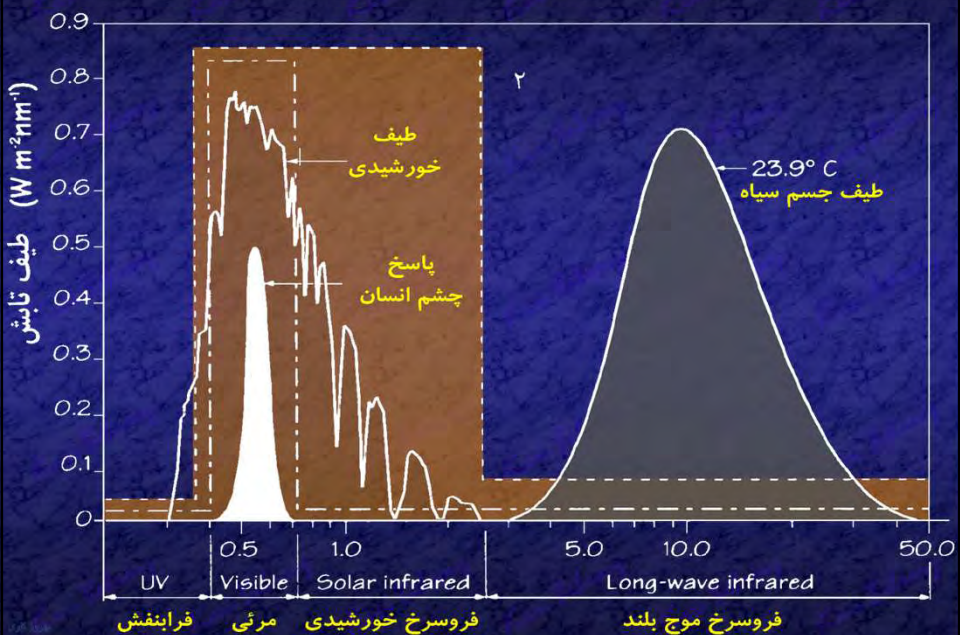


طیف تابش مناسب برای مناطق گرم



35

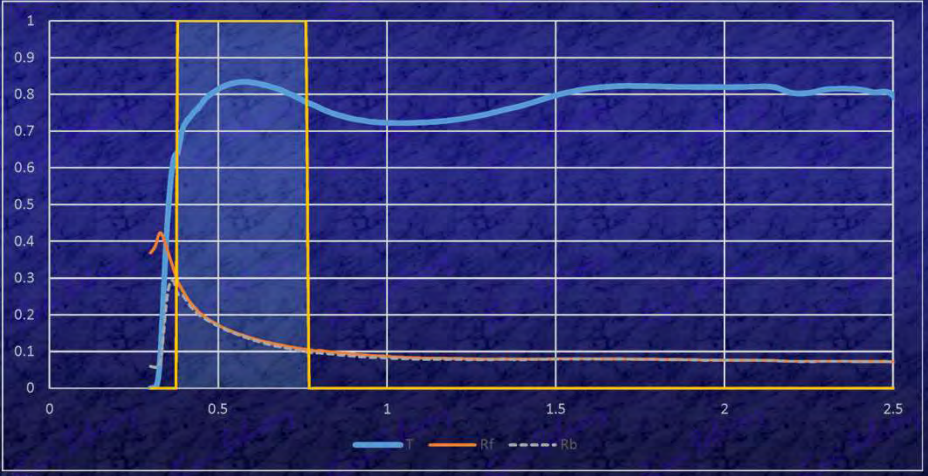
طیف تابش مناسب برای مناطق سرد



مشخصات نوری - خورشیدی - گرمایی
نمونه شیشه معمولی

Solar	T	0.775
	R f	0.123
	R b	0.117
Photopic	T	0.827
	R f	0.151
	R b	0.148
Emittance	f	0.832
	b	0.840

$$\frac{T_{vis}}{T_{sol}} = 1.07$$

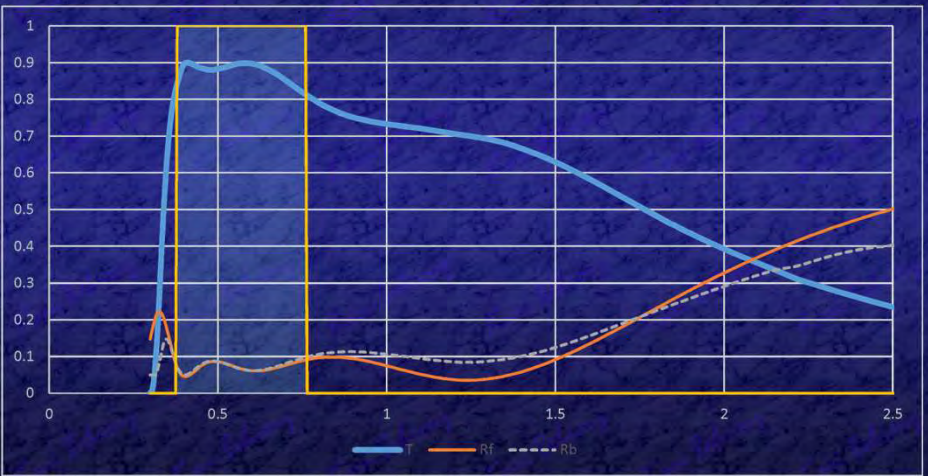


مشخصات نوری - خورشیدی - گرمایی
نمونه شیشه کم گسیل

Solar	T	0.774
	R f	0.094
	R b	0.104
Photopic	T	0.893
	R f	0.072
	R b	0.072
Emittance	f	0.192
	b	0.840

$$\frac{T_{vis}}{T_{sol}} = 1.15$$

$$\epsilon = 0.19$$

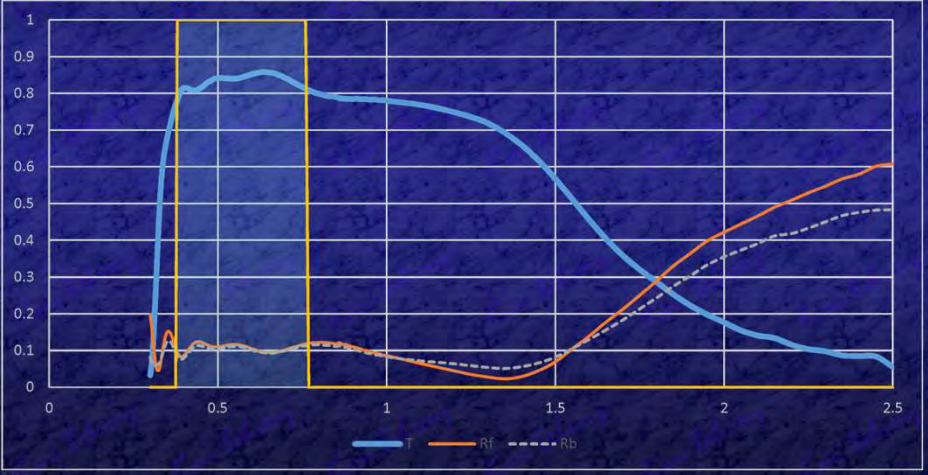


مشخصات نوری - خورشیدی - گرمایی
 نمونه شیشه کم گسیل

Solar	T	0.747
	R f	0.120
	R b	0.114
Photopic	T	0.844
	R f	0.111
	R b	0.107
Emittance	f	0.164
	b	0.840

$$\frac{T_{vis}}{T_{sol}} = 1.13$$

$$\epsilon = 0.16$$

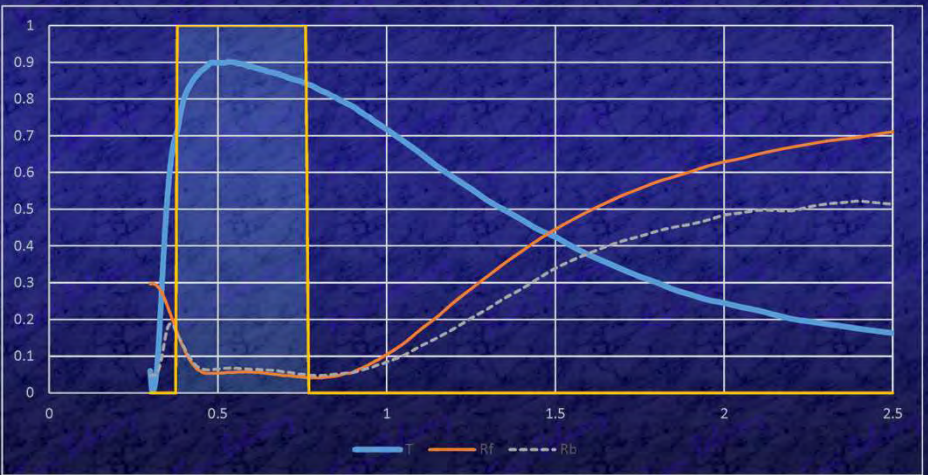


مشخصات نوری - خورشیدی - گرمایی
 نمونه شیشه کم گسیل

Solar	T	0.737
	R f	0.149
	R b	0.126
Photopic	T	0.895
	R f	0.059
	R b	0.066
Emittance	f	0.082
	b	0.837

$$\frac{T_{vis}}{T_{sol}} = 1.21$$

$$\epsilon = 0.08$$

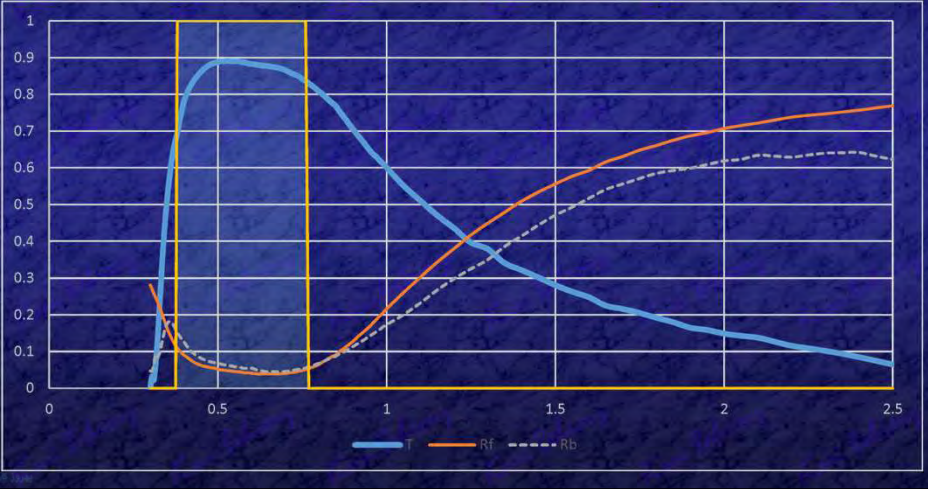


مشخصات نوری - خورشیدی - گرمایی
نمونه شیشه کم گسیل

Solar	T	0.684
	R f	0.189
	R b	0.169
Photopic	T	0.887
	R f	0.046
	R b	0.059
Emittance	f	0.059
	b	0.837

$$\frac{T_{vis}}{T_{sol}} = 1.30$$

$$\varepsilon = 0.06$$



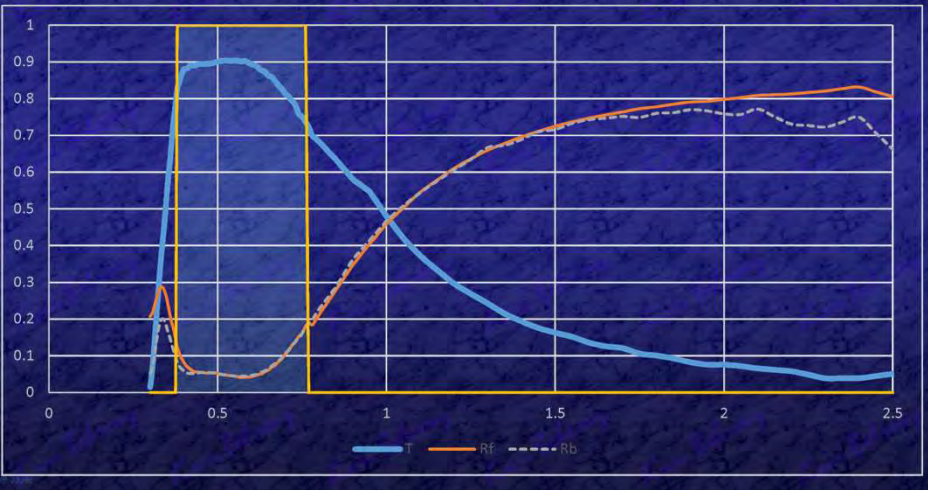
41

مشخصات نوری - خورشیدی - گرمایی
نمونه شیشه کم گسیل

Solar	T	0.625
	R f	0.295
	R b	0.292
Photopic	T	0.899
	R f	0.046
	R b	0.048
Emittance	f	0.037
	b	0.837

$$\frac{T_{vis}}{T_{sol}} = 1.44$$

$$\varepsilon = 0.04$$

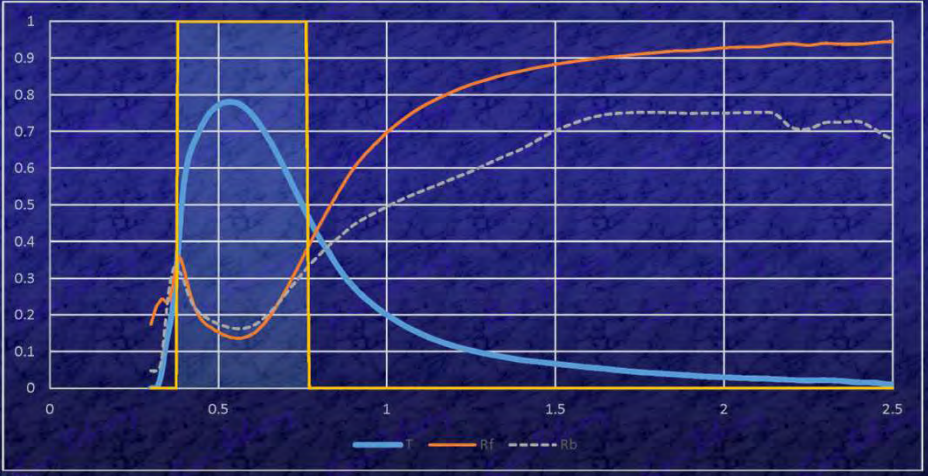


مشخصات نوری - خورشیدی - گرمایی
نمونه شیشه کم گسیل

Solar	T	0.428
	R f	0.463
	R b	0.378
Photopic	T	0.763
	R f	0.146
	R b	0.170
Emittance	f	0.013
	b	0.840

$$\frac{T_{vis}}{T_{sol}} = 1.78$$

$$\epsilon = 0.01$$

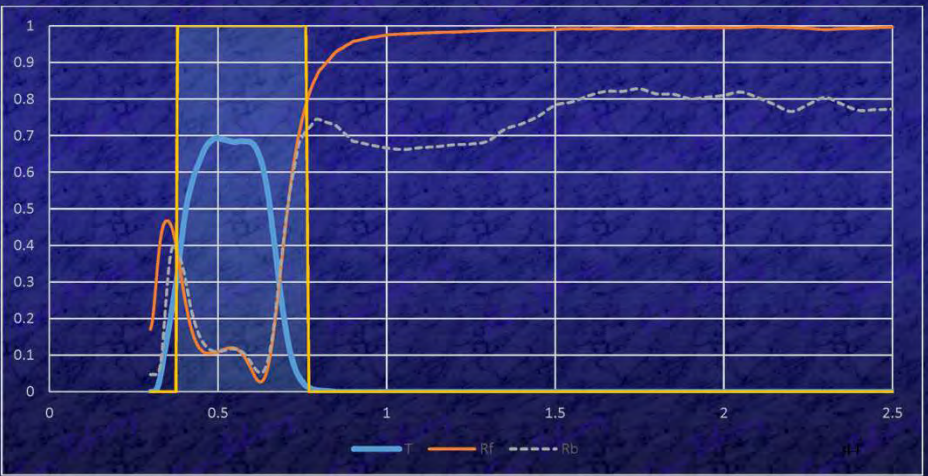


مشخصات نوری - خورشیدی - گرمایی
نمونه شیشه کم گسیل

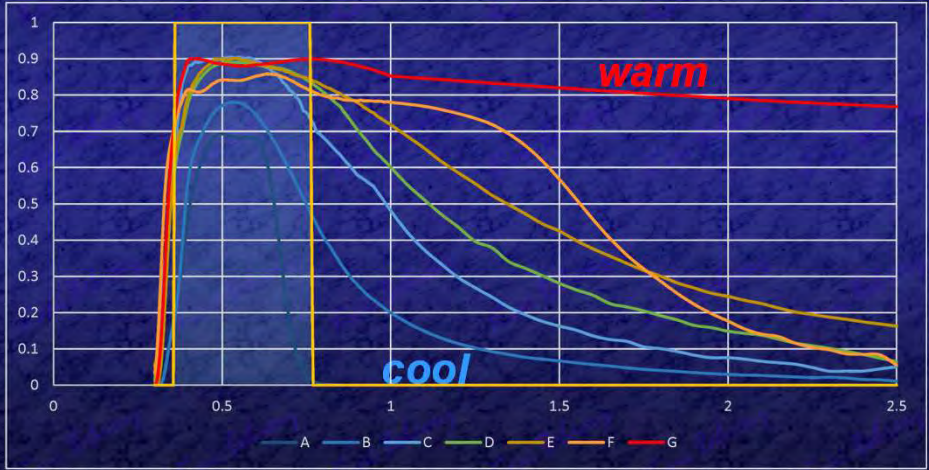
Solar	T	0.250
	R f	0.593
	R b	0.474
Photopic	T	0.676
	R f	0.099
	R b	0.105
Emittance	f	0.013
	b	0.837

$$\frac{T_{vis}}{T_{sol}} = 2.70$$

$$\epsilon = 0.01$$



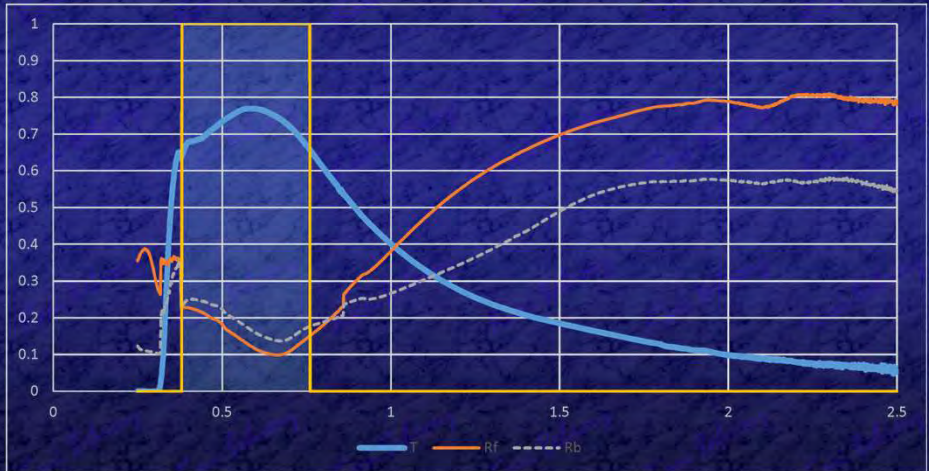
مشخصات نوری - خورشیدی - گرمایی
انواع مختلف شیشه کم گسیل



مشخصات نوری - خورشیدی - گرمایی
نمونه شیشه کم گسیل تولید داخل

Solar	T	0.386
	R f	0.412
	R b	0.307
Photopic	T	0.722
	R f	0.161
	R b	0.197
Emittance	f	0.05
	b	0.840

$$\frac{T_{vis}}{T_{sol}} = 1.87 \quad Kaveh \quad \epsilon = 0.05$$

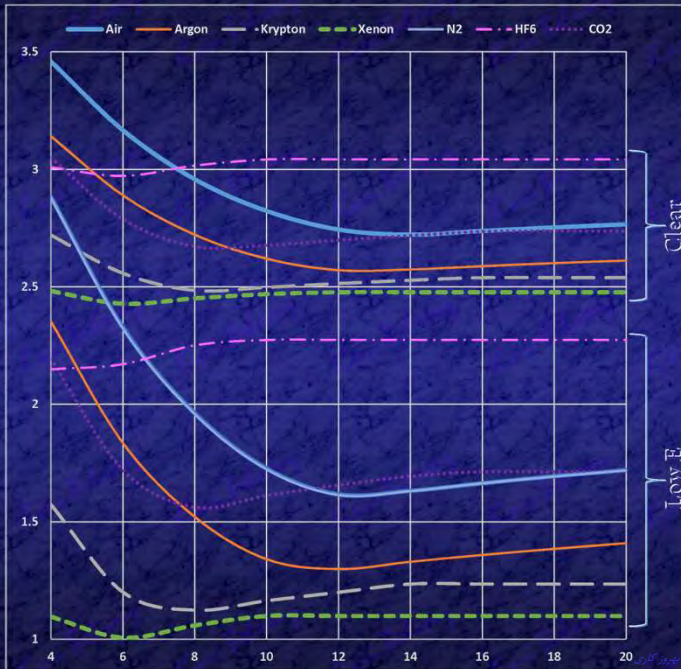
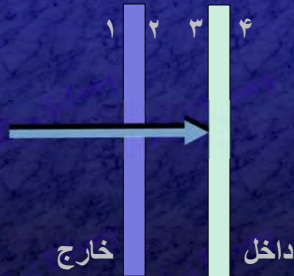


موقعیت قرارگیری پوشش کم گسیل



روی سطح ۲
برای
مناطق گرمسیر

روی سطح ۳
برای
مناطق سردسیر



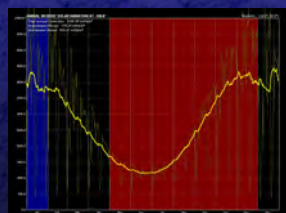
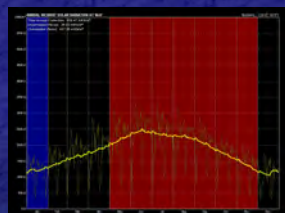
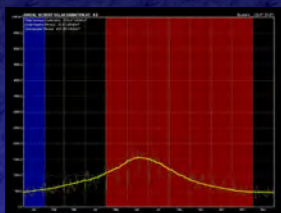
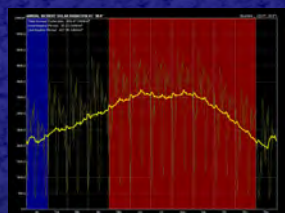
تغییرات U

شیشه دوجداره

بر حسب :

- ضخامت لایه
- نوع گاز
- پوشش شیشه

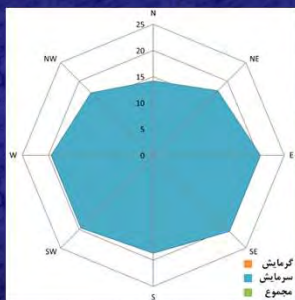
تأثیر تابش خورشیدی بر روی نماهای مختلف ساختمان



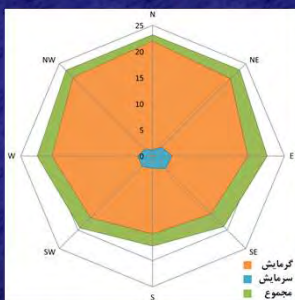
49

49

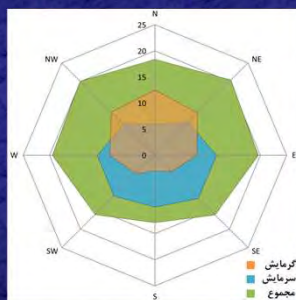
تأثیر جهت گیری جدار خارجی



بندر عباس

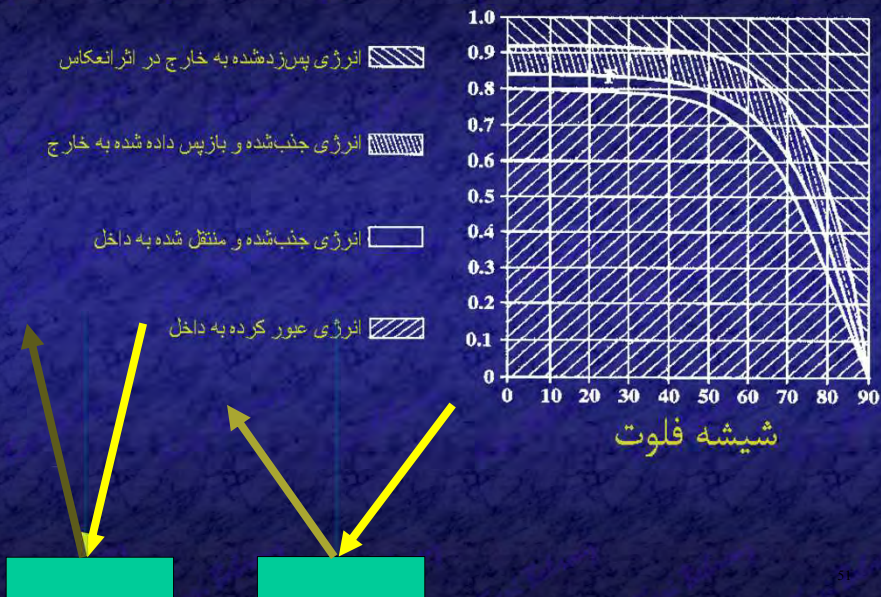


تهران

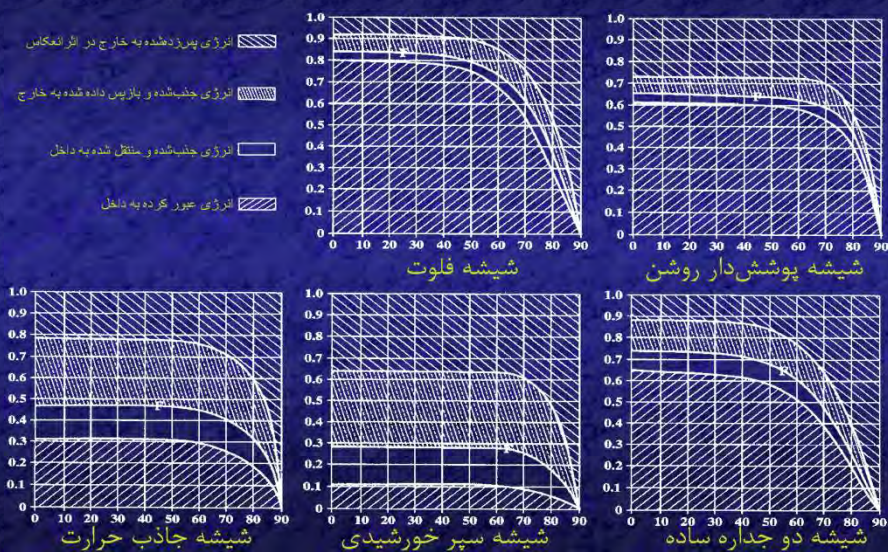


تهران

تأثیر زاویه برخورد تابش با شیشه



تأثیر نوع شیشه و زاویه برخورد تابش با شیشه



فرایند تولید شیشه چندجداره

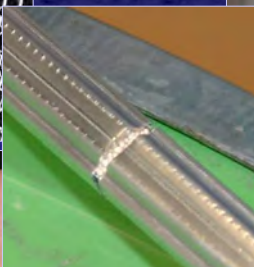
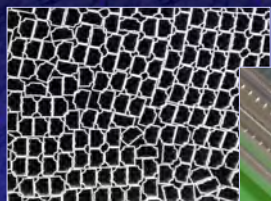


شستشو



برش

فرایند تولید شیشه چندجداره



تزریق رطوبت گیر در داخل فاصله گذار (اسپیسر)



نشانه گذاری (اجباری) روی فاصله گذار (اسپیسر)

فرایند تولید شیشه چندجداره

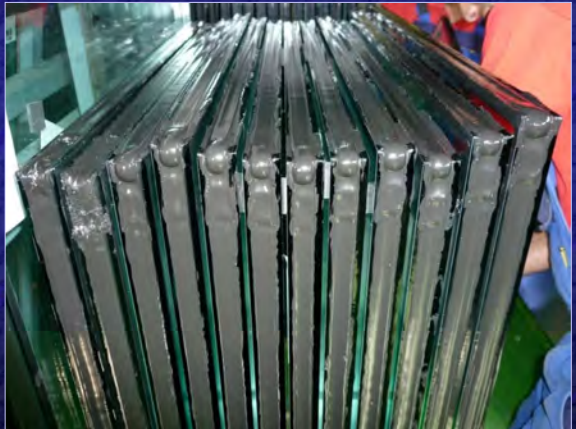
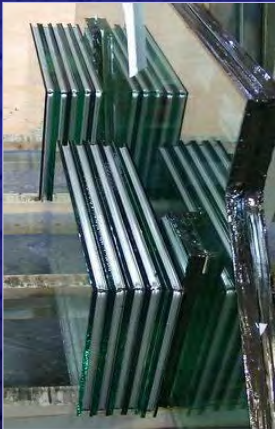
درزبندی اولیه (چسب بوتیل)



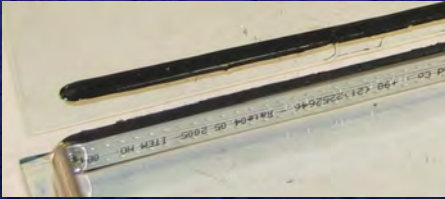
55

فرایند تولید شیشه چندجداره

درزبندی ثانویه (پلی سولفید یا مشابه)

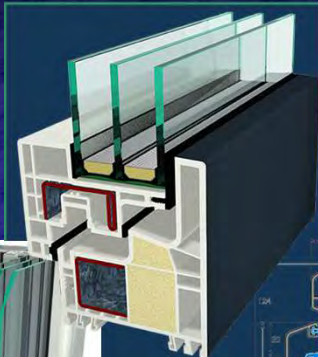


فرایند کنترل کیفیت شیشه چندجداره

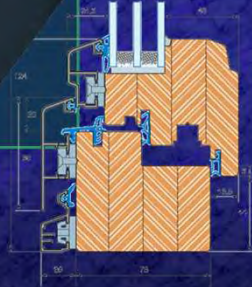


کنترل‌های بزرگ

فریم (قاب) باز شو با عملکرد حرارت بهبود یافته



- فریم چوبی
- فریم یووی سی
- فریم آلومینیوم گرم‌شکن (ترمال بریک)
- فریم چوبی | پی وی سی | با روکش آلومینیومی



برچسب انرژی پنجره

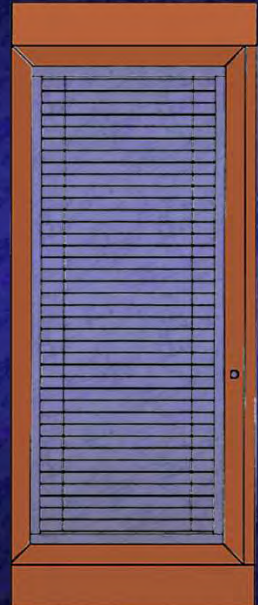
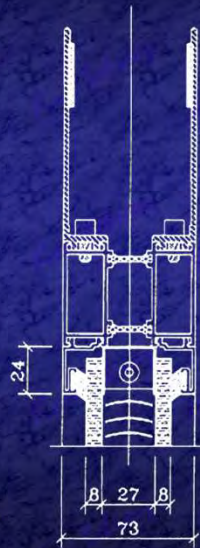
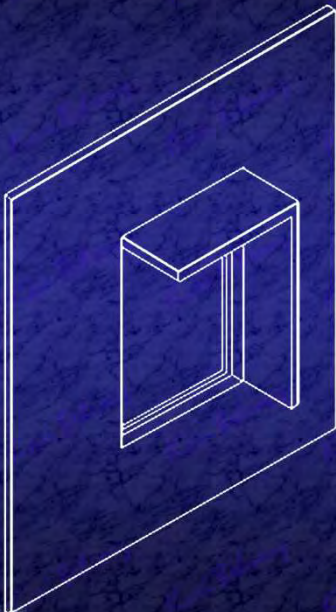
شماره نامچه	شهر	U-Value	SHGC	شماره نامچه	شهر	U-Value	SHGC
1 نامچه	شیراز	≤ 3.1	≤ 0.6	7 نامچه	مشهد	≤ 2.8	$0.5 \geq$
2 نامچه	کرمان	≤ 3.1	≤ 0.6	8 نامچه	پنج‌شنبه	≤ 3.1	≤ 0.6
3 نامچه	زاهدان	≤ 3.1	≤ 0.6	9 نامچه	سمنان	≤ 2.9	$0.4 \geq$
	شهرکرد	≤ 1.9	$0.4 \geq$	10 نامچه	قم	≤ 2.75	$0.52 \geq$
	ارومیه	≤ 1.9	≤ 0.58	11 نامچه	اصفهان	≤ 3.1	≤ 0.6
	تبریز	≤ 1.9	≤ 0.58	12 نامچه	یزد	≤ 2.8	$0.5 \geq$
4 نامچه	بوشهر	≤ 1.9	≤ 0.58	13 نامچه	تهران	≤ 2.9	$0.4 \geq$
5 نامچه	ایلام	≤ 2.9	$0.45 \geq$	14 نامچه	کرج	≤ 2.9	$0.4 \geq$
	خرم‌آباد	≤ 2.9	$0.45 \geq$	15 نامچه	کرج	≤ 2.9	$0.4 \geq$
6 نامچه	کرمان	≤ 2.8	$0.5 \geq$	16 نامچه	پاسوج	≤ 3.1	≤ 0.6
	رشت	≤ 2.8	$0.5 \geq$	17 نامچه	اهواز	≤ 2.81	≤ 0.56
6 نامچه	سداری	≤ 2.8	$0.5 \geq$	18 نامچه	-	-	-

Window Type	U-value	g-value	QC _{nd,W} [kWh]
Triple Low e	1.33	0.17	18.64
Triple	1.92	0.58	27.30
Double Low e	1.71	0.22	27.01
Double	2.52	0.63	29.63
Single Low e	2.74	0.47	28.00
Single	5.70	0.75	30.21

Window Type	U-value	g-value	Q _{Loss,W} [kWh]	QC _{nd,W} [kWh]
Triple Low e	1.33	0.174	1407.19	9373.18
Triple	1.92	0.58	2042.17	13828.3
Double Low e	1.713	0.222	3601.94	27727.2
Double	2.52	0.63	5189.84	39113.4
Single Low e	2.736	0.465	2042.17	27727.2
Single	5.701	0.75	10855.5	45802.1



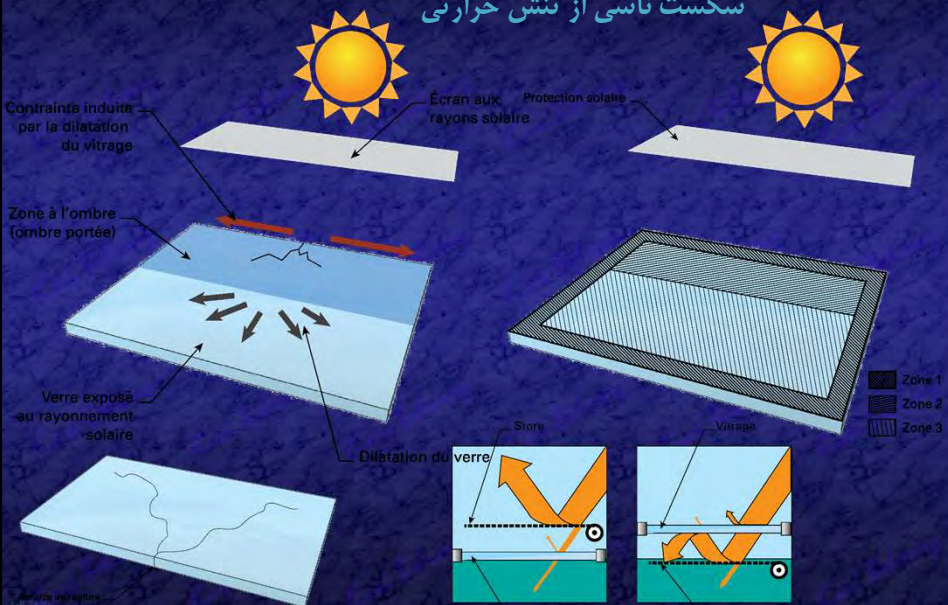
استفاده از سایبان‌ها





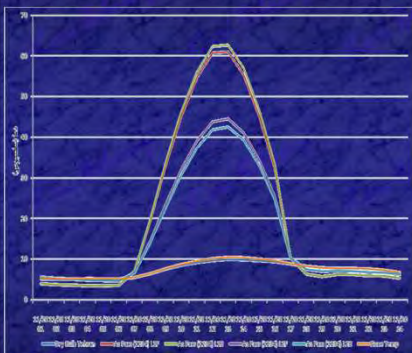
مشکلات مطرح در جدارها و نماهای شیشه‌ای

شکست ناشی از تنش حرارتی



مشکلات مطرح در جدارها و نماهای شیشه‌ای

شکست ناشی از تنش حرارتی



مشکلات مطرح در جدارها و نماهای شیشه‌ای

ایجاد میعان و
لک شدن شیشه
در اثر
درزبندی نامناسب



با تشکر