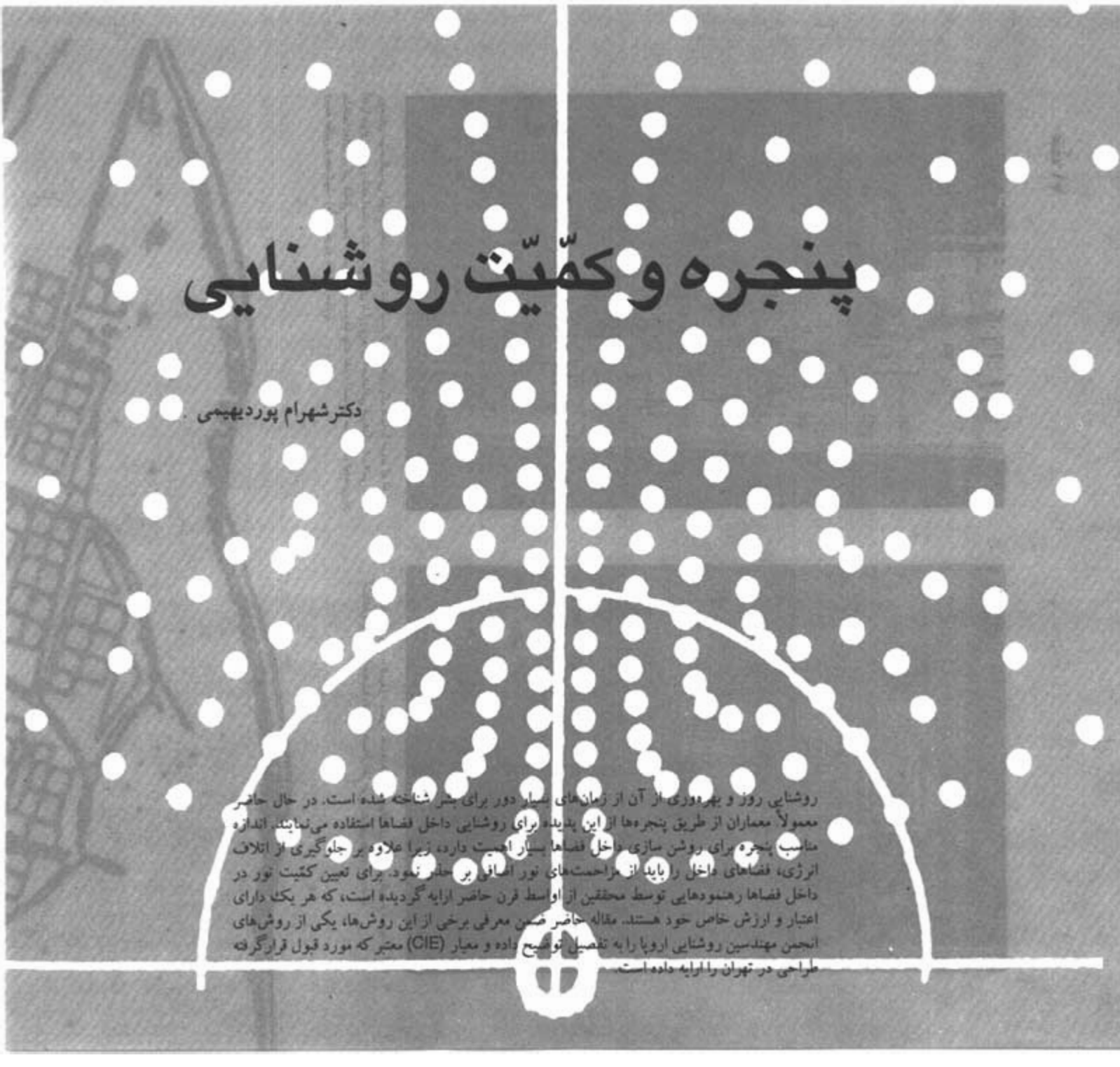
پنجره و کمّیّت روشنایی

دکتر شهرام پوردیهیمی



روشنایی روز و بهره‌وری از آن از زمان‌های بسیار دور برای بشر شناخته شده است. در حال حاضر معمولاً معماران از طریق پنجره‌ها از این پدیده برای روشنایی داخل فضاها استفاده می‌نمایند. اندازه مناسب پنجره برای روشن سازی داخل فضاها بسیار اهمیت دارد، زیرا علاوه بر جلوگیری از اتلاف انرژی، فضاهای داخل را باید از مزاحمت‌های نور اضافی بر حذر نمود. برای تعیین کمّیت نور در داخل فضاها رهنمودهایی توسط محققین از اواسط قرن حاضر ارایه گردیده است، که هر یک دارای اعتبار و ارزش خاص خود هستند. مقاله حاضر ضمن معرفی برخی از این روش‌ها، یکی از روش‌های انجمن مهندسین روشنایی اروپا را به تفصیل توضیح داده و معیار (CIE) معتبر که مورد قبول قرارگرفته طراحی در تهران را ارایه داده است.

پیشگفتار :

با وجود این که از طریق الکتریسته نور مصنوعی پیشرفت شایان توجهی کرده است، ولی کیفیت نور طبیعی و عدم خیرگی ناشی از انعکاس آن از یک سو و صرفه‌جویی در مصرف انرژی از دیگر سو از مزایای نور طبیعی است که بشر ارزش آن را از زمان‌های دور می‌دانسته است.

به دلیل تغییر مستمر روشنایی در بیرون تعیین کمیت نور طبیعی در داخل فضاها بر مبنای واحد روشنایی، آسان نیست. با وجود این در قرن حاضر به یاری تحقیقات وسیعی که توسط دانشمندان صورت گرفته، و به مدد علوم پایه نظیر فیزیک و اندازه‌گیری روشنایی آسمان در طی سال، این مهّم ممکن شده است.

برای شروع به بحث اصلی قبلاً لازم است، تعاریفی که در متن از آن‌ها استفاده شده توضیح داده شوند تا از تکرار جلوگیری گردد.

واحد روشنایی

شدت روشنایی با واحد شمع (CANDELA) اندازه‌گیری می‌شود. جریان یا شار نور بر حسب لومن (LUMENS) اندازه‌گیری می‌گردد، که عبارت از جریان ساطع شده از یک نقطه نورانی به شدت یک شمع است. مقدار نور برروی یک سطح عبارتست از لومن بر واحد سطح که واحد روشنایی نامیده می‌شود. در سیستم بین‌المللی، واحد روشنایی عبارتست از لومن بر هر متر مربع که آن را لوکس (LUX) می‌نامند. در سیستم انگلیسی واحد نور عبارتست از لومن بر هر فوت مربع که آن فوت کندل نامیده می‌شود، که رابطه این دو حدوداً 1FC=10 LUX است.

سطح کار و نقطه مورد نظر (PLANE & REFRENCE POINT)

به منظور روشن سازی داخل فضاها، در طراحی پنجره باید اطلاعاتی نظیر نوع عملکرد فضا، سطح و نقطه مورد نظر انجام کار در دسترس باشند. معمولاً عملکرد فضا میزان نیاز به روشنایی را تعیین می‌کند، سطح کار عبارت از ارتفاع سطح کار از کف اتاق و ارتباط آن با ابعاد پنجره است. برای مثال سطح کار در یک اداره با سطح کار در یک اتاق نشیمن و استراحت متفاوت است.

«نقطه مورد نظر» نقطه (یا نقاطی) معین در فضا است که در آنجا کار انجام می‌گیرد». مقدار کمّیت نور در این نقطه سایر شرایط به کنار بستگی به فاصله‌اش از پنجره دارد .به طریقی که هر قدر فاصله نقطه مورد نظر از پنجره دورتر باشد، میزان کمّیت نورکمتر می‌گردد.

فاکتور نور روز (DAYLIGHT FACTOR) و آسمان استاندارد (STANDARD SKY)

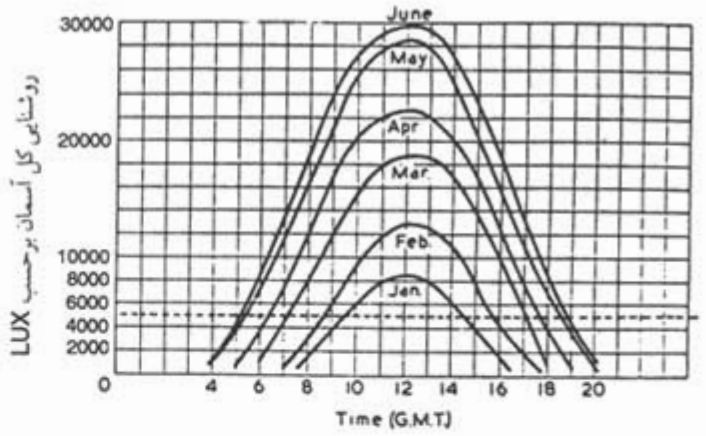
تعیین کمیت نور طبیعی روز در داخل ساختمان بر مبنای واحد روشنایی به دلیل تغییر مستمر روشنایی آسمان مشکلاتی را به وجود می‌آورد. برای مثال در مناطق مرطوب که اغلب مواقع روز مقدار ابر و روشنایی آسمان متفاوت است، پیش‌بینی مقدار نور معمولاً می‌تواند بر مبنای تجربه باشد. حال آن که در اقلیم‌های آفتابی با آسمانی آبی، میزان روشنایی آسمان قابل پیش‌بینی است.

برای رفع این مشکل، کمّیت نور بر مبنای «فاکتور نور روز» (DAYLIGHT FACTOR) پایه‌گذاری شده است. فاکتور نور روز عبارتست از نسبت روشنایی آسمان که از طریق پنجره به داخل می‌رسد، به مقدار کل روشنایی آسمان محل و به در صد به دست می‌آید. برای اینکه معیار فوق به مقدار نور در داخل فضا برگردانیده شود، و یا به طور ساده ارتباطی بین کمّیت مقدار نور لازم در داخل ساختمان با واحد روشنایی به دست آید، انجمن مهندسین روشنایی اروپا (CEI) مبادرت به اندازه‌گیری روشنایی آسمان نموده (شکل شماره یک) (در این اندازه‌گیری تابش مستقیم خورشید حذف گردیده است)، و آن را پایه محاسبه آسمان استاندارد قرارداده‌اند. آسمان استاندارد یک محل، آسمانی است فرضی که روشنایی یکنواخت آن در طول سال، ۸۵ تا ۹۰ درصد از اوقات کمتر از روشنایی آسمان معمولی آن محل است. با استفاده از مفهوم آسمان استاندارد این اطمینان وجود دارد که مقدار روشنایی مورد احتیاج در داخل ساختمان ۹۰ درصد از زمان کافی و یا بیشتر از میزان مورد نیاز خواهد بود. ده درصد باقیمانده از اوقات را می‌توان از روشنایی مصنوعی استفاده نمود. در ممالک اروپای شمالی مبنای طراحی روشنایی روز براساس آسمانی استاندارد با روشنایی معادل ۵۰۰۰ لوکس پایه‌گذاری شده است (شکل یک). برای مناطق مختلف استرالیا با عرض جغرافیایی متفاوت از ۱۰ درجه تا ۴۳ درجه جنوبی روشنایی آسمان استاندارد معادل ۵۵۰۰ الی ۱۵۰۰۰ لوکس تعیین شده است.

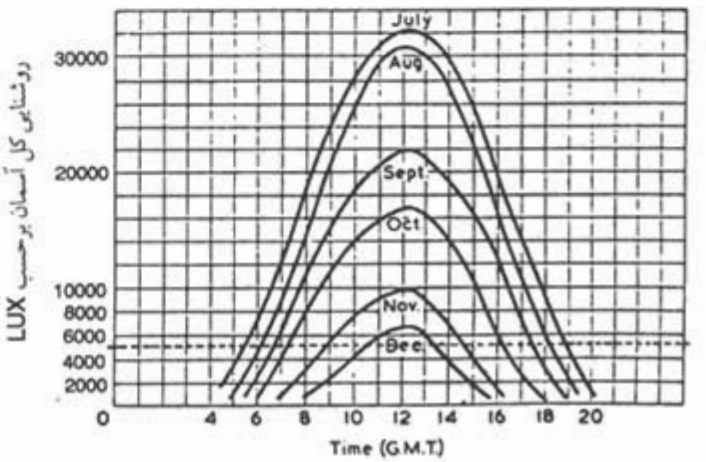
در ایران تاکنون این اندازه‌گیری صورت نگرفته ، ولی با توجه به این که معیار تعیین شده در نقاط مختلف از حد متوسط روشنایی آسمان معمولی بسیار پایین‌تر است (تصویر یک). لذا می‌توان تا اندازه‌گیری دقیق روشنایی آسمان تهران، از میزان ارایه شده برای شهر سیدنی استرالیا (۸۰۰۰ لوکس) واقع در عرض جغرافیایی ۳۳ درجه جنوبی استفاده نمود. پرواضح است که عوامل خاص محیطی مثل میزان گردو غبار، رطوبت موجود در هوا، ارتفاع از سطح دریا، میزان ابر و نظایر آن در این روش مسامحه را بیش از ۹۰ درصد که تعیین شد خواهد نمود.

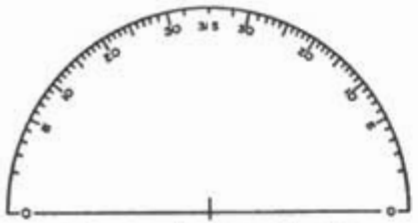
بدین ترتیب، روشنایی در نقطه مورد نظر با ضرب فاکتور نور در روشنایی کل آسمان استاندارد حاصل می‌آید. ($I = DF \times ۸۰۰۰$) که در این رابطه I روشنایی در نقطه مورد نظر به LUX و DF فاکتور نور به درصد)

شکل یک - الف : روشنایی آسمان در ماه ژانویه تا ژوئن



شکل یک -ب: روشنایی آسمان در ماه جولای تا دسامبر





شکل ۲. نقاله شماره یک : نقاله نوریاب در مقطع

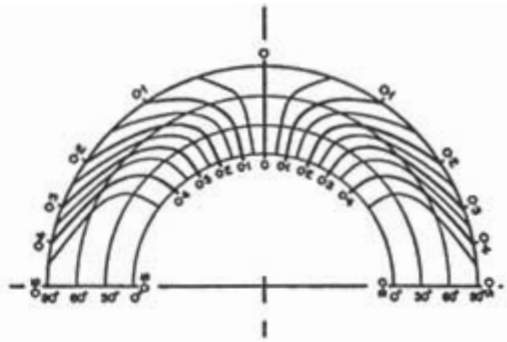
تعیین کمّیت نور روز :

تعیین کمّیت نور روز از طریق پنجره به عوامل مختلفی نظیر سطح کار، موقعیت نقطه مورد نظر، شکل پنجره و بالاخره عملکرد فضا بستگی دارد. با آگاهی از عوامل فوق می‌توان فاکتور نور روز در نقطه مورد نظر را به دست آورد. روش‌های گوناگون برای تعیین فاکتور نور روز ارایه گردیده است، که تعدادی از آن در زیر توضیح داده می‌شود :

۱ـ نقاله نوریاب
(DAYLIGHT PROTROCTOR)

نقاله نوریاب که توسط مرکز تحقیقات ساختمان (BUILDING RESEARCH STATION) در انگلستان معرفی شده است مشتمل بر دو نقاله است (تصاویر دو و سه). نقاله یک برای اندازه‌گیری در مقطع و نقاله دو برای اندازه‌گیری در پلان اختصاص دارد.

نحوه کار با نقاله نوریاب به این شرح است که ابتدا مقطع اتاق و پنجره ترسیم گردیده، و سطح کار و نقطه مورد نظر (P) مشخص شده و از نقطه مورد نظر خطوطی به بالا و پایین پنجره وصل می‌شود. با استقرار مرکز نقاله شماره یک بر روی نقطه مورد نظر (P) و انطباق خط زیرین نقاله بر روی خط سطح کار همانند آنچه که در شکل شماره چهار الف نشان داده شده است. زوایای بین دو نقطه بالا و پایین پنجره خوانده شود، که عبارت خواهند بود از ٪۶ و ٪۰/۲ و لذا فاکتور نور در مقطع ٪۵/۸است(۵/۸ = ۰/۲ - ۶). این رقم برای پنجره‌ای با طول نامحدود است و برای



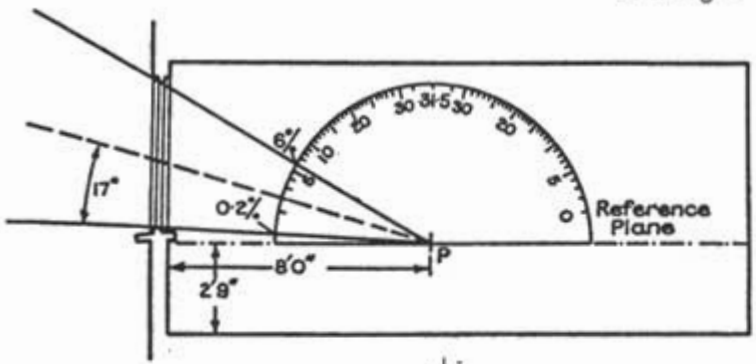
پنجره با طول مشخص باید با استفاده از نقاله شماره دو در پلان ضریب اصلاح تعیین و با ضرب ضریب اصلاح در فاکتور نور در مقطع فاکتور نور برای پنجره به دست می‌آید.

برای تعیین ضریب اصلاح ابتدا در مقطع متوسط زاویه بین لبه پایین و بالای پنجره باید اندازه‌گیری شود. (۱۷ درجه در تصویر شماره چهار الف)، سپس در پلان از نقطه مورد نظر (P) خطوطی به طرفین پنجره وصل کرده و با انطباق مرکز نقاله شماره دو بر روی نقطه (P) به طریقی که خط زیرین نقاله به موازات پنجره واقع شود زاویه بین دو نقطه در طرفین پنجره باید بر روی محور ۱۷ درجه خوانده شود (شکل ۴ ب). بدین ترتیب ضریب اصلاح به دست می‌آید (۰/۳۶ = ۰/۱۸ + ۰/۱۸) از ضرب این عدد با فاکتور در مقطع فاکتور نور برای پنجره حاصل می‌شود. (۲/۰۹ = ۵/۸ × ۰/۳۶) و این یعنی روشنایی رسیده از پنجره در سطح کار در نقطه‌ای معین معادل ۲/۰۹ درصد آسمان استاندارد محل و مقدار آن برابر است (روشنایی استاندارد آسمان × ۲/۰۹ = روشنایی در داخل)

۲ـ دیاگرام والدرام
(WALDROM DIAGRAM)

دیاگرام والدرام که توسط دو برادر به همین نام معرفی شده، یکی از روش‌های معتبر برای تعیین فاکتور نور بوده و نزدیک به چهل سال است که مورد استفاده محققین در سراسر دنیا قراردارد. دیاگرام والدرام مستطیلی است مدرج که محور افقی آن نشان دهنده

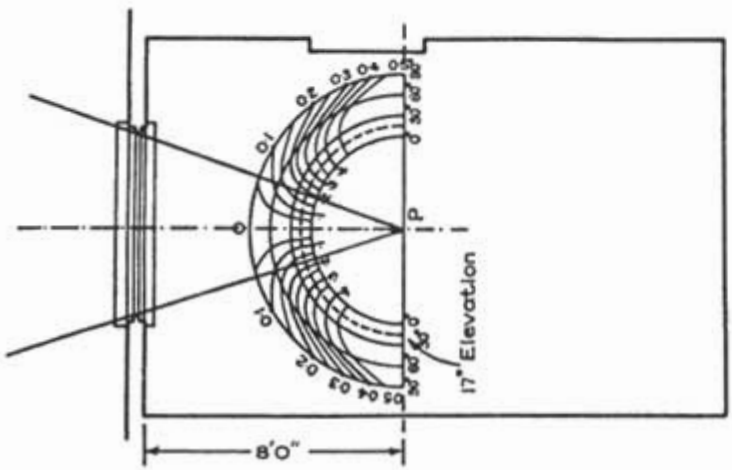
شکل ۴ـ الف :



مقطع

۶٪ - ۰/۲٪ = ۵/۸٪

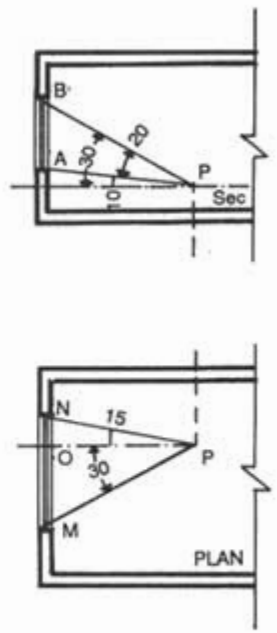
شکل ۴ـ ب :



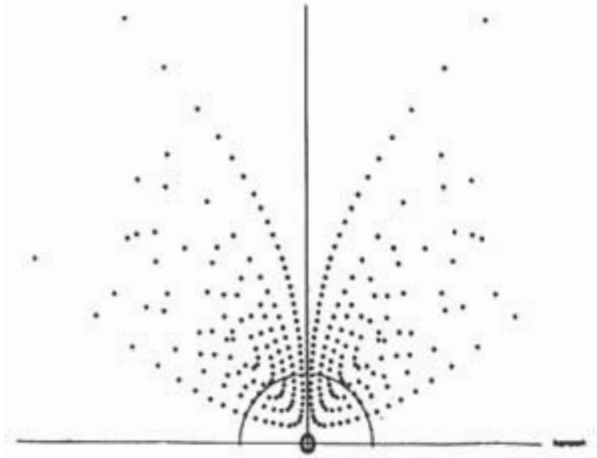
تصویر افقی

۰/۱۸+۰/۱۸=۰/۳۶

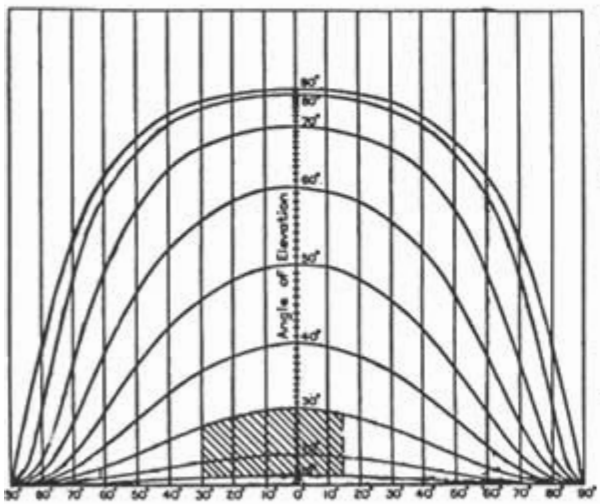
p=۸/۵ ×۰/۳۶ =۲/۰۹٪



شکل ۶: نحوه کاربادیاگرام والدرام



شکل ۷: صفحه شفاف نوریاب



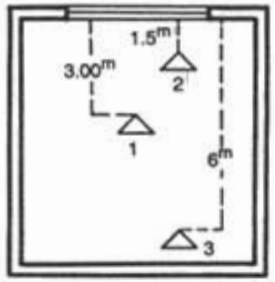
شکل ۵: دیاگرام والدرام و تصویر پنجره برروی آن

زاویه افقی پنجره، محور قائم آن نشان دهنده زاویه قائم پنجره و سطح کل دیاگرام نمایانگر روشنایی سطح کل آسمان استاندارد است. پیشنهاد می‌گردد که سطح مستطیل کل دیاگرام یک عدد روند مثل ۱۰۰ انتخاب گردد تا محاسبات بعدی با سرعت انجام پذیرد) (شکل پنج).

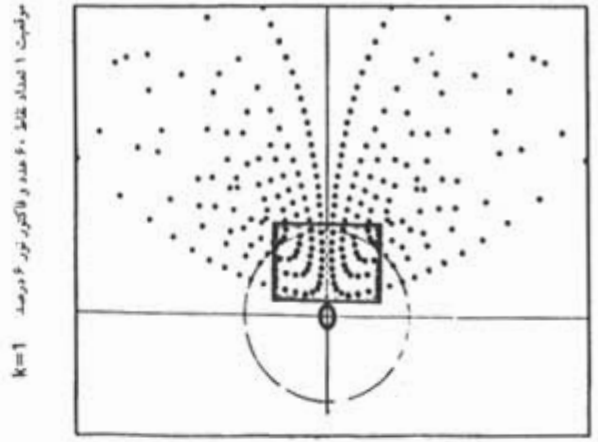
نحوه کار با دیاگرام والدرام به شرح زیر است. ابتدا پلان و مقطع اتاق و پنجره ترسیم گردیده و مانند پنجره از نقطه مورد نظر در مقطع، و زاویه افقی بین دو لبه طرفین پنجره و نقطه مورد نظر در پلان باید مشخص شوند (شکل شش). سپس با کمک زوایای فوق شکل پنجره بر روی دیاگرام والدرام ترسیم می‌گردد (شکل شماره پنج). در تصویر کردن پنجره بر روی دیاگرام والدرام ابتدا از نقطه وسط دیاگرام زاویه افقی را در طرفین آن جدا نموده، لبه‌های کناره تصویر پنجره در دیاگرام والدرام موازی یکدیگر خواهند بود. برای تصویر نمودن لبه‌های افقی پنجره باید از خطوط راهنمایی که بر روی دیاگرام بین زوایای ۱۰ تا ۹۰ درجه ترسیم شد استفاده نمود (شکل پنج). با محاسبه سطح پنجره بر روی دیاگرام و تقسیم آن به سطح کل دیاگرام فاکتور نور بدست می‌آید.

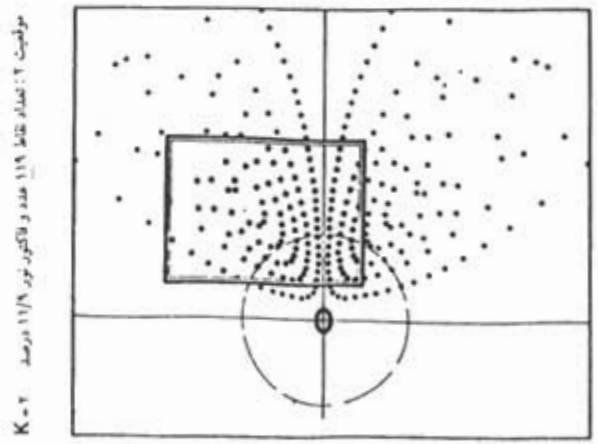
۳ـ صفحه شفاف نوریاب (TRANS PASONT OVERLAG) :

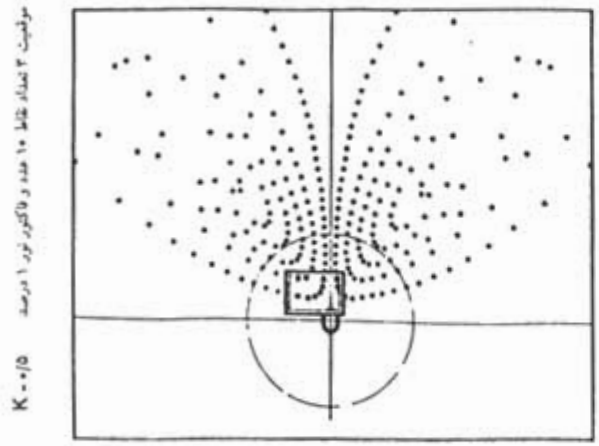
صفحه شفاف نوریاب که توسط گروهی از محققین در کتاب خود بنام پنجره و محیط زیست معرفی شده



شکل ۸ : محاسبه فاکتور نور برای سه نقطه دریک فضا







یکی از روش‌های بسیار ساده برای تعیین فاکتور نور است. این وسیله یک صفحه شفاف است که دارای دو محور و تعدادی نقطه است که هر نقطه نمایانگر ۰/۱ درصد از فاکتور نوراست (شکل هفت). این مقیاس برای نقاط به فاصله سه متر از پنجره تهیه شده است.

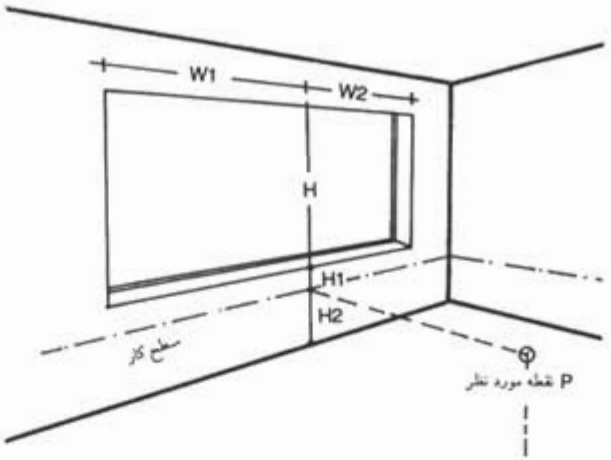
نحوه کار با صفحه شفاف نورياب به این ترتیب است که، ابتدا طول و عرض پنجره را باید در ضریب k ضرب کرده ($k = \frac{۳}{D}$ که D عبارتست از فاصله نقطه مورد نظر از پنجره)، سپس نمای پنجره را با مقیاس ۱/۱۰۰ ترسیم نموده و نقطه مورد نظر بر روی نما مشخص گردد. با انطباق نقطه O صفحه شفاف بر روی نقطه مورد نظر در نما تعداد نقاط واقع در سطح نمای پنجره شمارش گردیده و بدین ترتیب فاکتور نور برای پنجره و نقطه مورد نظر به دست می‌آید. در شکل هشت، سه نقطه در داخل یک اتاق مشخص شده و برای هر کدام مقدار فاکتور نور محاسبه گردیده است.

۴ـ جدول محاسبات نور :

جدول محاسبات نور که توسط مرکز تحقیقات ساختمان انگلستان (BRITISH RESEARCH Station tablE) معرفی شده یکی از روش‌های قابل استفاده و معتبر است که به تفضیل مورد بحث قرار می‌گیرد. برای کار با جدول فوق باید اطلاعات زیر در دسترس باشند :

ارتفاع پنجره (H)، عرض پنجره از نقطه مورد نظر [چنانچه نقطه مورد نظر در مقابل پنجره به نحوی

شکل ۹:



قرارگیرد که عرض آن را به دو نیم تقسیم کند (W۱ و W۲)عرض هر قسمت به طور جداگانه باید تعیین گردد (شکل نه)]، فاصله عمودی نقطه مورد نظر از پنجره در سطح افق (D)، ارتفاع سطح کار (H۲)، چنانچه ارتفاع سطح کار متفاوت از ارتفاع پنجره از کف باشد، ارتفاع زیر پنجره تا سطح کار نیز باید تعیین گردد (H۱) شکل نه موارد فوق را نشان می‌دهد. چنانچه ارتفاع سطح کار بالاتر از ارتفاع زیر پنجره از کف اتاق باشد، قسمتی از پنجره که در زیر سطح کار قرارگرفته از نظر روشن سازی محیط عمل نمی‌کند و در محاسبات نیز منظور نمی‌گردد.

جدول محاسبات نور بر مبنای نسبت‌های H/D و W/D پایه‌گذاری شده و لذا محاسبه نسبت‌های فوق برای استخراج فاکتور نور از جدول ضروری است. برای روشن شدن مطلب، نحوه کار با جدول و تعیین فاکتور نور برای پنجره‌های مختلف از طریق ارایه مصادیق توضیح داده شده است.

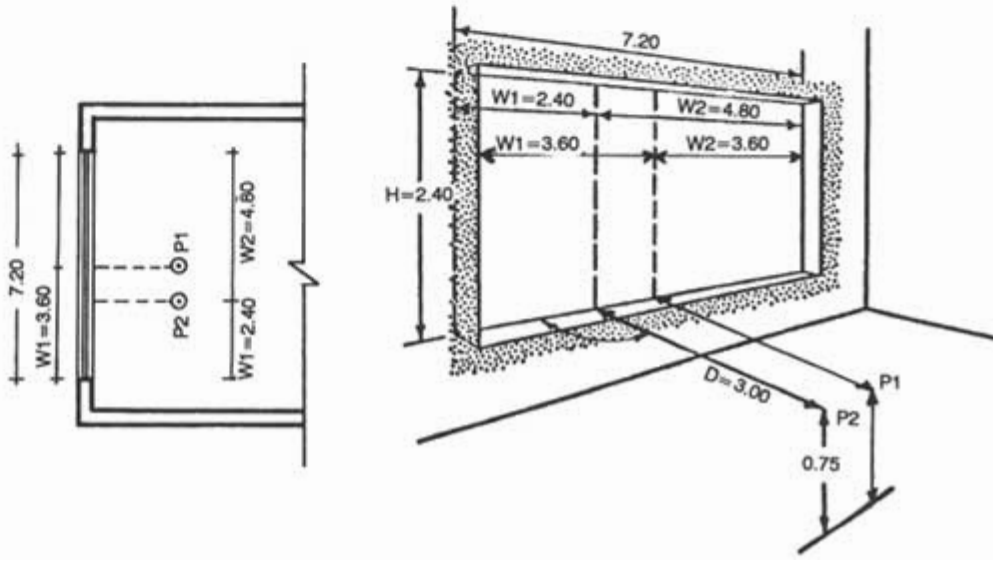
شکل ده موقعیت نقاط مورد نظر P۱ و P۲ را در درون اتاق نشان می‌دهد. عرض پنجره ۷/۲۰ متر و ارتفاع آن ۲/۴۰ متر است. فاصله نقاط P۱ و P۲ از پنجره سه متر و سطح کار با کف پنجره در یک ارتفاع هستند.

در حالت اول نقطه مورد نظر P۱ در وسط پنجره واقع شده است (W۱=W۲=۳/۶۰). برای محاسبه فاکتور نور از سطح کل پنجره، ابتدا همانطور که در شکل شماره ده دیده می‌شود، فاکتور نور باید برای هر قسمت پنجره به عرض‌های ۳/۶۰ متر و به ارتفاع ۲/۴۰ متر به طور جداگانه تعیین شده و سپس با یکدیگر جمع می‌گردند. یعنی

$$\frac{H}{D}=\frac{۲/۴}{۳}=۰/۸ \quad \text{و} \quad \frac{W۲}{D}=\frac{W۱}{D}=\frac{۳/۶۰}{۳}=۱/۲$$

سپس با مراجعه به جدول محاسبات، نور فاکتور نور برای هر بخش ۳/۱ درصد خواهد بود و لذا فاکتور نور از کل پنجره در نقطه P۱ برابر با ۶/۲ درصد است. (۶/۲=۳/۱+۳/۱). در حالت دوّم نقطه مورد نظر یعنی P۲ به گونه‌ای واقع شده که عرض هر قسمت از

شکل ۱۰:



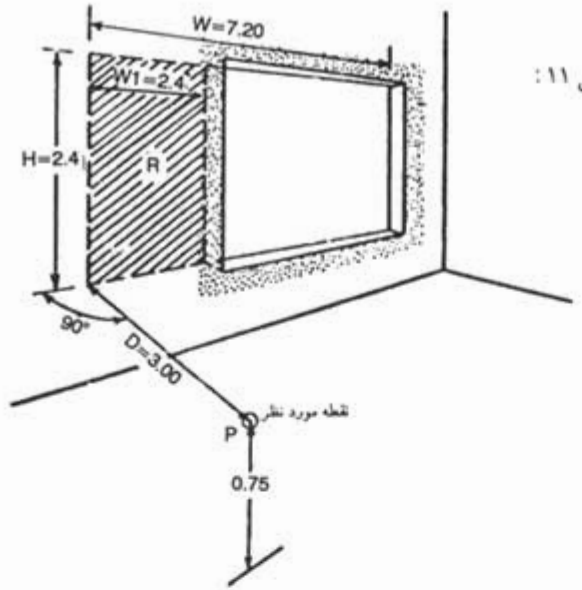
پنجره با یکدیگر متفاوت است (W۱=۲/۴۰ و W۲=۴/۸۰). فاکتور نور برای هر قسمت به ترتیب زیر محاسبه می‌شود. $\frac{W۱}{D}=\frac{۲/۴}{۳}=۰/۸$ و

$$\frac{H}{D}=\frac{۲/۴}{۳}=۰/۸ \quad \frac{W۲}{D}=\frac{۴/۸}{۳}=۱/۶$$

با استفاده از جدول برای آن قسمت از پنجره به عرض W۱=۲/۴ فاکتور نور ۲/۶ درصد و برای قسمت دیگر به عرض W۲=۴/۸۰ فاکتور نور برابر ۳/۳ درصد می‌گردد، که فاکتور نور برای نقطه P۲ از سطح کل پنجره معادل ۵/۹ درصد خواهد بود (۲/۶+۳/۳=۵/۹).

در حالتی که محل نقطه مورد نظر در درون اتاق نسبت به پنجره به ترتیبی باشد که خط عمود بر دیوار پنجره در هیچ یک از لبه‌های پنجره نباشد (شکل یازده)، باید ابتدا فاکتور نور برای سطح RQ که پنجره در آن واقع است محاسبه گردد، از جدول برابر ۳/۳ ($\frac{H}{D}=\frac{۲/۴}{۳}=۰/۸$ و $\frac{W}{D}=\frac{۷۲۰}{۳}=۲/۴$) درصد شود.

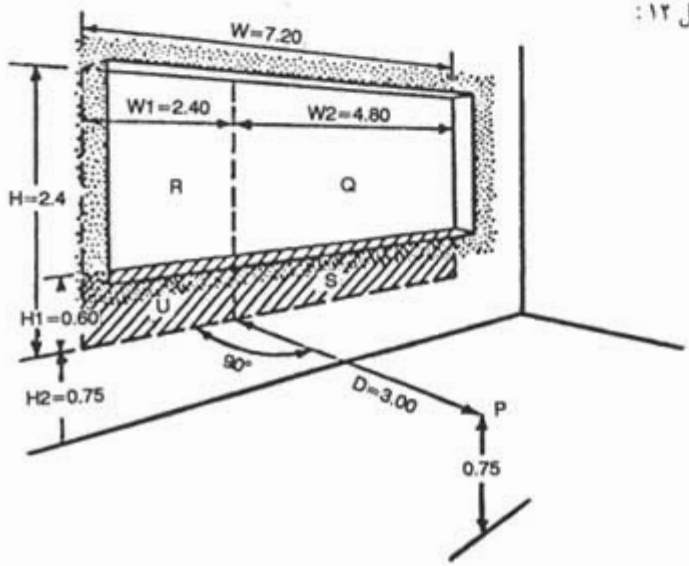
شکل ۱۱ :



سپس فاکتور نور برای سطح R محاسبه شده ($\frac{H}{D}=\frac{۲/۶}{۳}=۰/۸$ و $\frac{W1}{D}=\frac{۲/۴}{۳}=۰/۸$) که برابر ۲/۶ درصد خواهد بود. تفاضل فاکتور نور سطح RQ و R (۳/۳-۲/۶=۰/۷) یعنی ۰/۷ درصد عبارت از فاکتور نور پنجره Q در نقطه مورد نظر P است.

در صورتی که موقعیت نقطه مورد نظر یعنی P نسبت به پنجره به گونه‌ای باشد که در زیر سطح لبه زیرین پنجره به شکلی واقع شود که پنجره را به دو نیم تقسیم کند (شکل شماره دوازده)، نحوه محاسبه فاکتور نور برای نقطه مورد نظر بشرح زیر است. فاکتور نور برای سطوح UR و QS به ترتیب برابر ۲/۶ و ۳/۳۰ درصد است. (برای سطح UR فاکتور $\frac{W۱}{D}=\frac{۲/۴}{۳}=۰/۸$ و $\frac{H}{D}=\frac{۲/۴}{۳}=۰/۸$

شکل ۱۲ :



نور از جدول برابر ۲/۶ درصد و برای سطح QS

$\frac{W_2}{D}=\frac{4/8}{3}=1/6$ و $\frac{H}{D}=\frac{2/4}{3}=0/8$ فاکتور نور از

جدول برابر ۳/۳ درصد است) هم چنین فاکتور نور برای سطح U و S به ترتیب برابر ۰/۲ و ۰/۲۲

خواهد بود (سطح U $\frac{W_1}{D}=\frac{2/4}{3}=0/8$ و

$\frac{H_1}{D}=\frac{0/60}{3}=0/2$ (فاکتور نور از جدول برابر ۰/۲۰

درصد،وبرای سطح S $\frac{W_2}{D}=\frac{4/8}{3}=1/6$ و $\frac{H_1}{D}=0/2$

فاکتور نور از جدول برابر ۰/۲۲ درصد است).

چنانچه جمع فاکتور نور برای سطوح U و S از مجموع فاکتور نور برای سطوح UR و QS کسر گردند، فاکتور نور در نقطه مورد نظر یعنی P به دست می‌آید $(QS+UR-(U+S)$

(در صد $5/48=(0/20+0/22)-2/6+3/3$.

نتیجه گیری :

نحوه استفاده از نور روز از طریق پنجره، در ابتدا با اشکالات متعددی مواجه بوده است.

زیرا در محاسبات نور برای فضاهای داخل، تغییرات مستمر روشنایی بیرون مشکلات محاسباتی را به وجود می‌آورد. زیرا اولاً چنانچه با حد متوسط طراحی می‌گردد، خیلی از اوقات مقدار روشنایی کمتر از آن میزان خواهد بود، و چنانچه با حداقل طراحی شود در خیلی از اوقات در زمستان‌ها مقدار نور روز بسیار پایین است. لذا مقدار حداقل چه میزان باید باشد. فکر استفاده از فاکتور نور روز که عبارتست از نسبت مقدار روشنایی در نقطه مورد نظر از آسمانی (آسمان استاندارد) که روشنایی آن معین است (یا فرض شده است) به روشنایی کل همان آسمان (تابش مستقیم خورشید از هردو مقدار حذف شده است) مقدار ثابتی را تعیین می‌نماید. روشنایی آسمان در این فرضیه نه متوسط است نه حداقل، بلکه ۹۰ درصد از اوقات آسمان معمولی این میزان را تأمین می‌نماید. علاوه بر این روشنایی نور روز به عنوان نور کمکی در محاسبات نور مصنوعی برای داخل فضاها در نظر گرفته می‌شود، هنگامی که روشنایی آسمان در بیرون کم و یا زیاد می‌شود این مقدار ثابت باقی خواهد ماند. لذا ثابت بودن این رقم یکی از مزایای انتخاب فاکتور نور است. مزیت دیگر آن به خاصیت تطابق چشم انسان مربوط می‌شود. احساس روشن بودن فضا از یکسو به مقدار روشنایی منبع نور بستگی داشته، و از دیگر سو به روشنی کل فضا ارتباط خواهد داشت. لذا وقتی آسمان روشنتر می‌گردد و روشنایی داخل تغییر می‌نماید چشم به آهستگی شروع به تطابق با وضع جدید نموده، به همین دلیل احساس تغییرات بسیار شدید در داخل به وجود نمی‌آید. فاکتور نور که عدد ثابتی است محاسبات روشنایی را نیز تسهیل می‌نماید.

1- R.G. HOPKINSON et al. "Daylight" (Heinemamm. London. 1966).

2- British Standard Code of Practice CP3. Code of Basic Data for the Design of Buildings (Daylight). (British Standard Institution, Part 1, Chapter 1. 1964).

3- W.Burrt. et al, "Window and Environment" (Mc Corquodale & Co Ltd., U.K. 1969).

4- S.Pour Deihimi. "Control of Sunshine in Buildings in Continental Climates". (Ph.D) (University of Leeds England. Leeds. 1984)

5- The I.E.S. Code. "Interior lighting". (The Illuminating Engineering Society, London. 1973).

6- Koeings Bergers. O.H. & et al, "Manllal of Tropical Building", Part one Climatic design, (Longman 1980. London)

7- Building Standards (Scotland) Consolidation Regulations, "Daylighting and space around Houses, Explantory Memorandum (part L) (Scottish Development Department H.M.S.O, 1971).

8- Department of the Environmont welsh offiec "Sunlight and Daylight", Planning Criteria and design of Buildings (Her Majesty's Stationery office, London 1971).

فاکتور نور از آسمان استاندارد برای پنجره‌های قائم مربع مستطیل

SKY COMPONENTS (C.I.E. STANDARD OVERCAST SKY) FOR VERTICAL GLAZED RECTANGULAR WINDOWS

Ratio H/D = Height of Window Head above Working Plane : Distance from Window	Ratio W/D = Width of Window to one Side of Normal : Distance from Window																				
∞	1·3	2·5	3·7	4·9	5·9	6·9	7·7	8·4	9·0	9·6	10·7	11·6	12·2	12·6	13·0	13·7	14·2	14·6	14·9	15·0	
5·0	1·2	2·4	3·7	4·8	5·9	6·8	7·6	8·3	8·8	9·4	10·5	11·1	11·7	12·3	12·7	13·3	13·7	14·0	14·1	14·2	
4·0	1·2	2·4	3·6	4·7	5·8	6·7	7·4	8·2	8·7	9·2	10·3	10·9	11·4	12·0	12·4	12·9	13·3	13·5	13·6	13·7	
3·5	1·2	2·4	3·6	4·6	5·7	6·6	7·3	8·0	8·5	9·0	10·1	10·6	11·1	11·8	12·2	12·6	12·9	13·2	13·2	13·3	
3·0	1·2	2·3	3·5	4·5	5·5	6·4	7·1	7·8	8·2	8·7	9·8	10·2	10·7	11·3	11·7	12·0	12·4	12·5	12·6	12·7	
2·8	1·1	2·3	3·4	4·5	5·4	6·3	7·0	7·6	8·1	8·6	9·6	10·0	10·5	11·1	11·4	11·7	12·0	12·2	12·3	12·3	
2·6	1·1	2·2	3·4	4·4	5·3	6·2	6·8	7·5	7·9	8·4	9·3	9·8	10·2	10·8	11·1	11·4	11·7	11·8	11·9	11·9	
2·4	1·1	2·2	3·3	4·3	5·2	6·0	6·6	7·3	7·7	8·1	9·1	9·5	10·0	10·4	10·7	11·0	11·2	11·3	11·4	11·5	
2·2	1·1	2·1	3·2	4·1	5·0	5·8	6·4	7·0	7·4	7·9	8·7	9·1	9·6	10·0	10·2	10·5	10·7	10·8	10·9	10·9	
2·0	1·0	2·0	3·1	4·0	4·8	5·6	6·2	6·7	7·1	7·5	8·3	8·7	9·1	9·5	9·7	9·9	10·0	10·1	10·2	10·3	
1·9	1·0	2·0	3·0	3·9	4·7	5·4	6·0	6·5	6·9	7·3	8·1	8·5	8·8	9·2	9·4	9·6	9·7	9·8	9·9	9·9	
1·8	0·97	1·9	2·9	3·8	4·6	5·3	5·8	6·3	6·7	7·1	7·8	8·2	8·5	8·8	9·0	9·2	9·3	9·4	9·5	9·5	
1·7	0·94	1·9	2·8	3·6	4·4	5·1	5·6	6·1	6·5	6·8	7·5	7·8	8·2	8·5	8·6	8·8	8·9	9·0	9·1	9·1	
1·6	0·90	1·8	2·7	3·5	4·2	4·9	5·4	5·8	6·2	6·5	7·2	7·5	7·8	8·1	8·2	8·4	8·5	8·6	8·6	8·6	
1·5	0·86	1·7	2·6	3·3	4·0	4·6	5·1	5·6	5·9	6·2	6·8	7·1	7·4	7·6	7·8	7·9	8·0	8·0	8·1	8·1	
1·4	0·82	1·6	2·4	3·2	3·8	4·4	4·8	5·2	5·6	5·9	6·4	6·7	7·0	7·2	7·3	7·4	7·5	7·5	7·6	7·6	
1·3	0·77	1·5	2·3	2·9	3·6	4·1	4·5	4·9	5·2	5·5	5·9	6·2	6·4	6·6	6·7	6·8	6·9	6·9	6·9	7·0	
1·2	0·71	1·4	2·1	2·7	3·3	3·8	4·2	4·5	4·8	5·0	5·4	5·7	5·9	6·0	6·1	6·2	6·2	6·3	6·3	6·3	
1·1	0·65	1·3	1·9	2·5	3·0	3·4	3·8	4·1	4·3	4·6	4·9	5·1	5·3	5·4	5·4	5·5	5·6	5·6	5·7	5·7	
1·0	0·57	1·1	1·7	2·2	2·6	3·0	3·3	3·6	3·8	4·0	4·3	4·5	4·6	4·7	4·7	4·8	4·8	4·9	5·0	5·0	
0·9	0·50	0·99	1·5	1·9	2·2	2·6	2·8	3·1	3·3	3·4	3·7	3·8	3·9	4·0	4·0	4·0	4·1	4·1	4·2	4·2	
0·8	0·42	0·83	1·2	1·6	1·9	2·2	2·4	2·6	2·7	2·9	3·1	3·2	3·3	3·3	3·3	3·3	3·4	3·4	3·4	3·4	
0·7	0·33	0·68	0·97	1·3	1·5	1·7	1·9	2·1	2·2	2·3	2·5	2·5	2·6	2·6	2·6	2·6	2·7	2·7	2·8	2·8	
0·6	0·24	0·53	0·74	0·98	1·2	1·3	1·5	1·6	1·7	1·8	1·9	1·9	2·0	2·0	2·0	2·1	2·1	2·1	2·1	2·1	
0·5	0·16	0·39	0·52	0·70	0·82	0·97	1·0	1·10	1·2	1·3	1·4	1·4	1·4	1·4	1·5	1·5	1·5	1·5	1·5	1·5	
0·4	0·10	0·25	0·34	0·45	0·54	0·62	0·70	0·75	0·82	0·89	0·92	0·95	0·95	0·96	0·96	0·97	0·97	0·97	0·98	0·98	
0·3	0·06	0·14	0·18	0·26	0·30	0·34	0·38	0·42	0·44	0·47	0·49	0·50	0·50	0·51	0·51	0·52	0·52	0·52	0·53	0·53	
0·2	0·03	0·06	0·09	0·11	0·12	0·14	0·16	0·20	0·21	0·21	0·22	0·22	0·22	0·22	0·23	0·23	0·23	0·23	0·24	0·24	
0·1	0·01	0·02	0·02	0·03	0·03	0·04	0·04	0·05	0·05	0·05	0·06	0·06	0·06	0·06	0·07	0·07	0·07	0·07	0·08	0·08	
0	0·1	0·2	0·3	0·4	0·5	0·6	0·7	0·8	0·9	1·0	1·2	1·4	1·6	1·8	2·0	2·5	3·0	4·0	6·0	∞	