جامعة المنارة
كلية هندسة العمارة

تجهيزات مباني 1

الدكتور المهندس
علاء الدين أحمد حسام الدين

7

مفردات المقرر

- مقدمة.
- مكونات الشبكة الكهربائية السورية.
- المفاهيم الأساسية في الكهرباء.
- المشاريع الكهربائية والتمديدات.
- التأريض.
- الحماية من الصواعق.

تمديدات التيار القوي وحساباتها

تشمل تمديدات التيار القوي ما يلي:

1. تمديدات الإنارة.
2. تمديدات المآخذ والقوى المحركة.
3. تمديدات شبكة إنارة الطوارئ.
4. تمديدات شبكة التأريض
5. تمديدات شبكة الحماية من الصواعق.

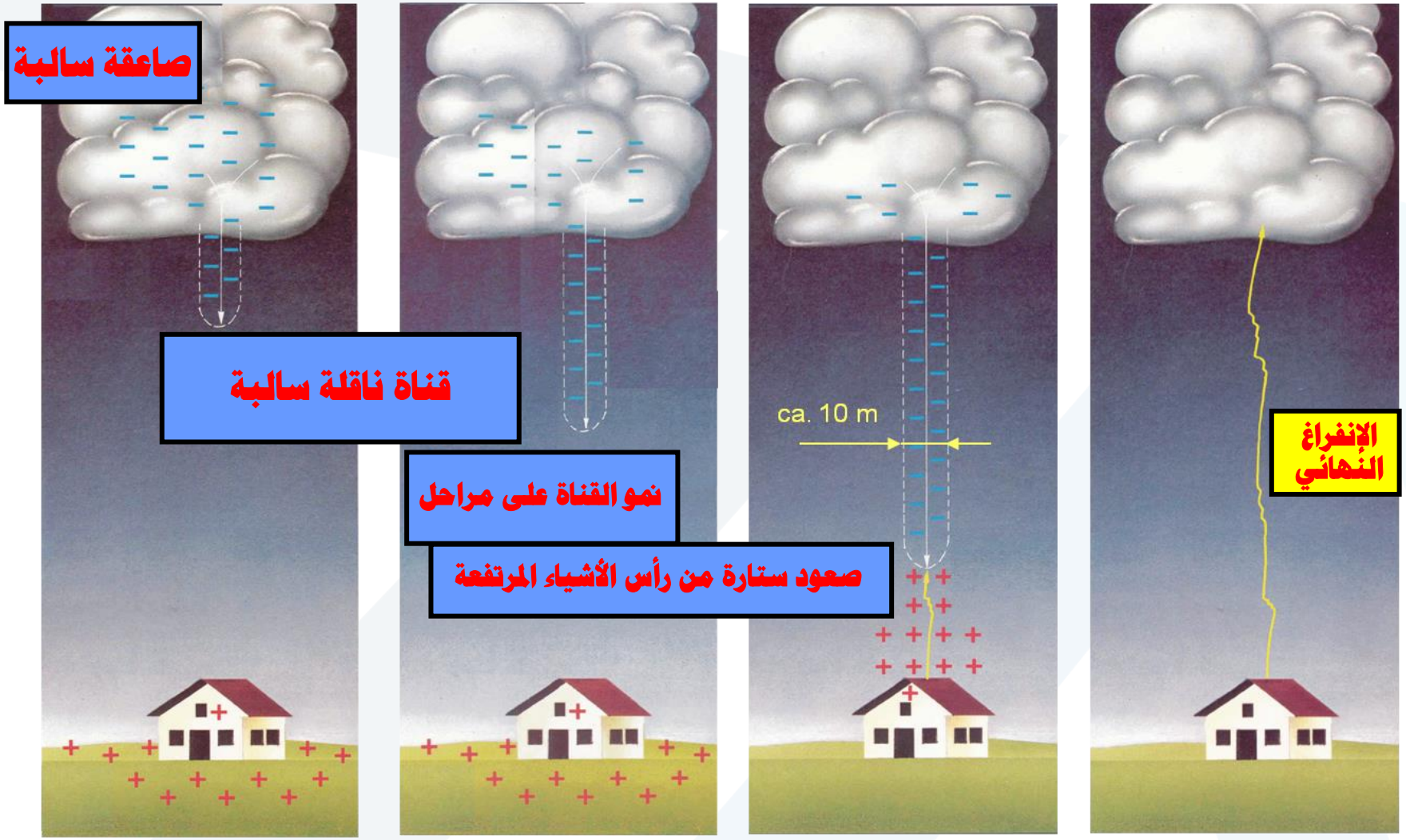
الحماية من الصواعق

تمديدات شبكة الحماية من الصواعق.

الصواعق الكهربائية ظاهرة جوية تنشأ نتيجة العواصف الرعدية وتراكم الشحنات الكهربائية في الغيوم، بحيث تصبح شدة الحقل الكهربائي بين غيمة وأخرى أو بين غيمة والأرض أكبر من المتانة الكهربائية للهواء (مقدرة الهواء على العزل).

في هذه الحالة تنشأ قناة انفراغ بين الغيمة والأرض على شكل اسطوانة عريضة، قطرها بضع أمتار مملوءة بالشحن السالبة، وتحوي في مركزها على قناة من البلازما عالية التأين، ولا يتحدد مكان إصابة الصاعقة إلا عند اقتراب هذه القناة من الأرض (المرحلة قبل الأخيرة) حيث ترتفع شدة الحقل الكهربائي بين رأس القناة والأماكن المرتفعة الموجودة على سطح الأرض (أبراج، أشجار، أعمدة، أبنية،...) إلى قيم كبيرة جداً، فتنشأ شرارة جديدة تنطلق من الأرض باتجاه رأس الصاعقة، ويتم هنا تحديد مكان وقوع الصاعقة، وتصطدم الشرارتان ببعضهما، ويحصل الانفراغ الرئيسي، وترتفع قيمة التيار، خلال فترة زمنية قصيرة جداً، إلى قيم هائلة (آلاف الأمبيرات). كما أن قناة الانفراغ تضيء بشكل قوي يمكن رؤيته بالعين المجردة، وترتفع درجة الحرارة داخل قناة البلازما إلى حوالي 10000 °C.

مراحل نمو قناة البرق بين الغيمة والأرض



تتكون الصاعقة من ضربة واحدة أو عدة ضربات متتالية وتسبب في كل الأحوال أضراراً جسيمة على المنشآت والأشخاص بسبب التيارات الكهربائية العالية الناتجة عنها وما تسببه من آثار حرارية أو ميكانيكية أو كهربائية.

وإذا كان تجنّب الصواعق أمراً غير ممكن فإن إقامة نظام مدروس لحماية منشأة ما من الصواعق يكفل الحد والتقليل قدر الإمكان من الآثار الخطرة للصواعق.

مفهوم درجة الحماية:

لتقدير الخسائر التي تسببها الانفراغات البرقية التي تصيب مبنى ما يجب تحديد درجة الحماية لهذا المبنى، وتعرف درجة الحماية بأنها فعالية نظام الحماية المركب على سطح المبنى، وتقسم درجات الحماية حسب المواصفات القياسية الدولية إلى أربع درجات:

فعالية نظام الحماية	درجة الحماية
0.98	I
0.95	II
0.9	III
0.8	IV

لتصميم نظام الحماية من الصواعق بشكل موثوق يتم اعتماد قيم تيار الصاعقة في التصميم، ونميز قيم هذه التيارات وفق الآتي:

درجة الحماية (I): (صواعق تيارها حتى **200kA**). وتستخدم لحماية المنشآت التي تسبب إصابتها بصاعقة كارثة بشرية أو بيئية (محطات نووية، معامل كيميائية).

درجة الحماية (II): (صواعق تيارها حتى **150kA**). وتستخدم لحماية المنشآت التي تحوي مواداً قابلة للاشتعال أو الانفجار (مستودعات الأخشاب، مستودعات المتفجرات).

درجة الحماية (III , IV): (صواعق تيارها حتى **100kA**). تستخدم لحماية المنشآت والمباني السكنية والزراعية والمعامل التي لا تحوي مواداً خطرة قابلة للاشتعال أو الانفجار.

عناصر نظام الحماية من الصواعق:

يعتمد مبدأ الحماية من الصواعق على وجود جسم معدني أعلى المبنى المراد حمايته لالتقاط الصواعق المتشكّلة فوق المبنى وتفريغها عبر ناقل معدني إلى الأرض.

أي أن نظام الحماية من الصواعق يتألف من الأقسام التالية:

ويتكون هذا النظام من:

1- اللو اقط

2- النوازل

3- أوتاد التأريض

4- وحدات فصل وقياس

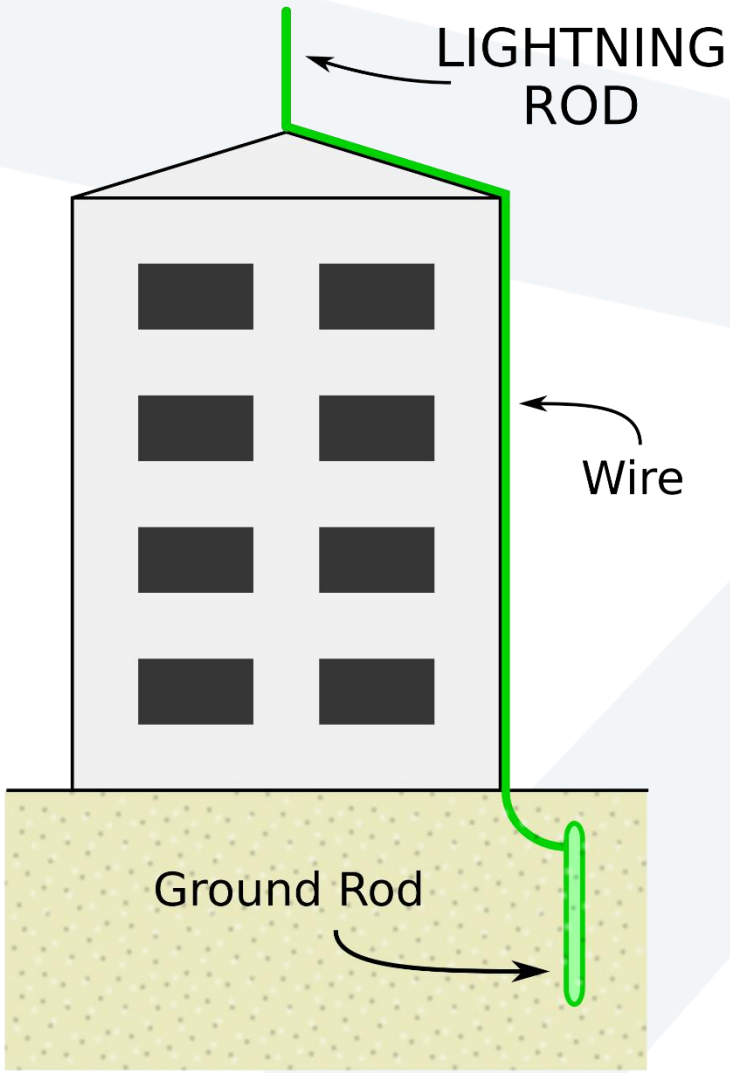
5- قطع الوصل والتثبيت ووصلات الاختبار

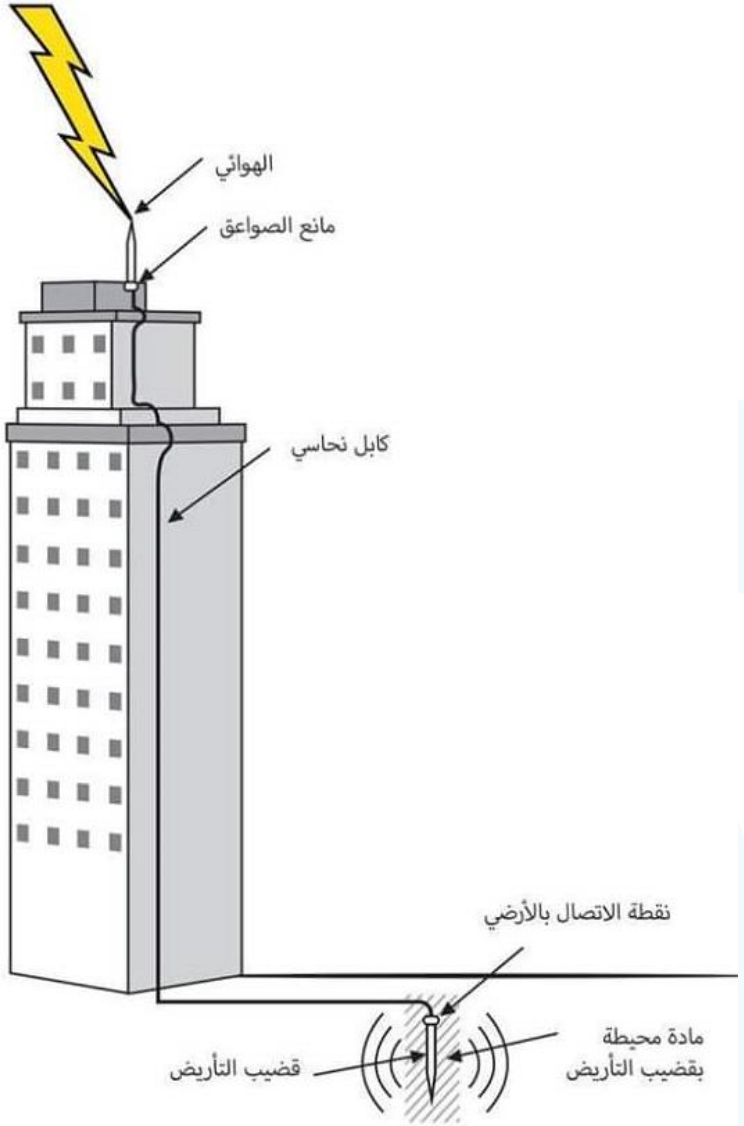
1. اللواقط :

وهي الأجزاء المعدنية التي تتلقى الشحنة الكهربائية الناتجة عن ضربة الصاعقة. ويمكن أن تكون اللواقط على شكل إبرة مدببة أو شبكة أفقية أو مزيجاً منهما.

الإبر

الشبكة الأفقية


LIGHTNING
ROD
Wire
Ground Rod

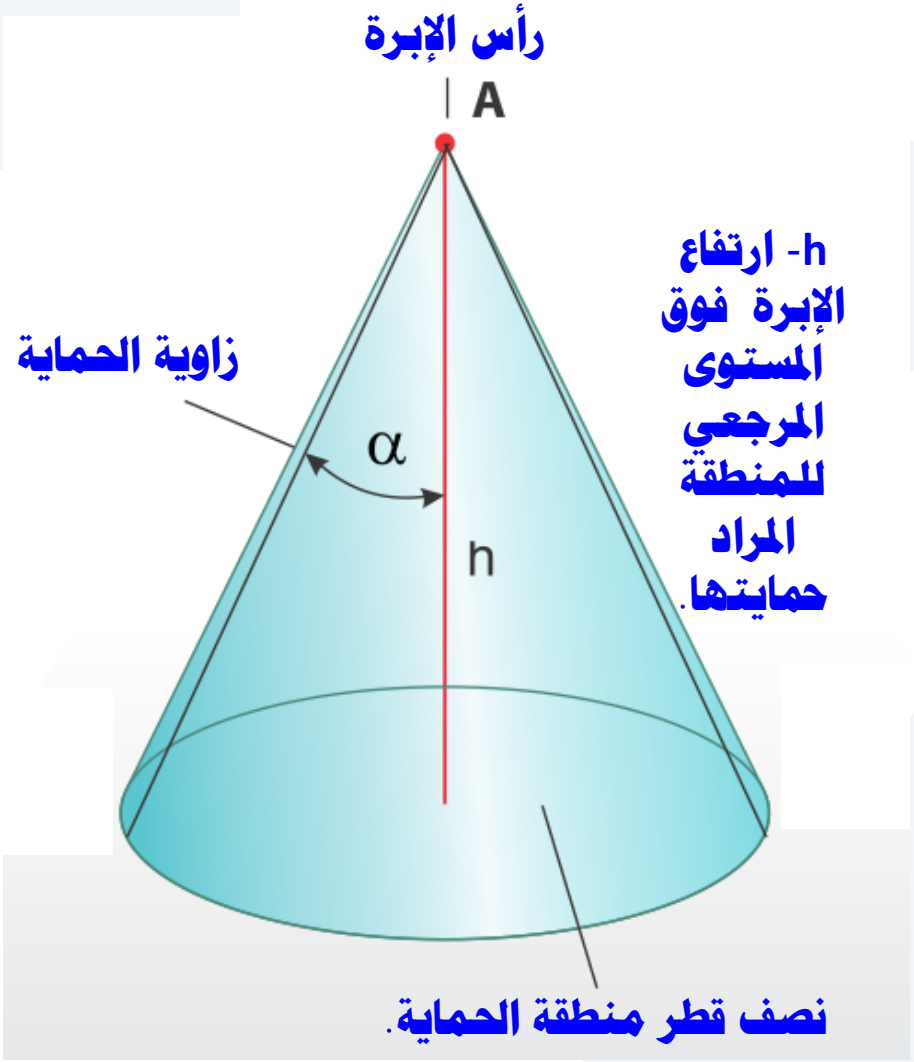

الهوائي
مانع الصواعق
كابل نحاسي
نقطة الاتصال بالأرضي
مادة محيطة
بقضيب التأريض
قضيب التأريض

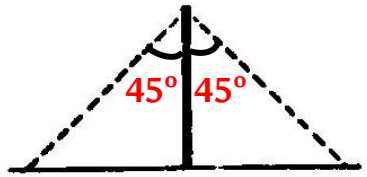
أ. الإبر:

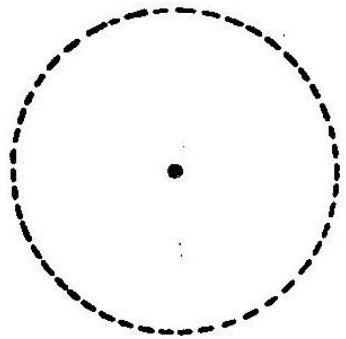
وتسمى قضبان فرانكلين، وهي عبارة عن قضبان معدنية مصمته ذات رأس مدبب من معدن غير قابل للصدأ مثل الفولاذ أو النحاس أو الألمنيوم بطول يتراوح بين **50-100 cm** وقطر **2-2.5 cm** يتم تثبيتها على ارتفاع مناسب.

مفهوم زاوية الحماية؟

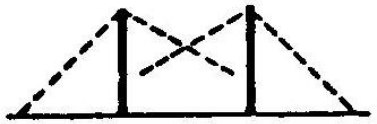
هي مفهوم ثلاثي الأبعاد، فالمنطقة المحمية هي المنطقة التي يحصرها المخروط الذي يبدأ من رأس إبرة الحماية، وتكون كامل المنشأت أو التجهيزات الموجودة ضمن هذا المخروط محمية من الصواعق.

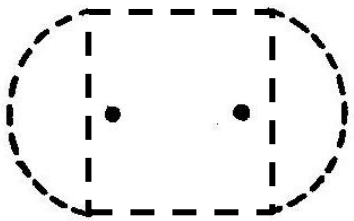






مجال الحماية لإبرة واحدة هو مخروط زاويته 45°.

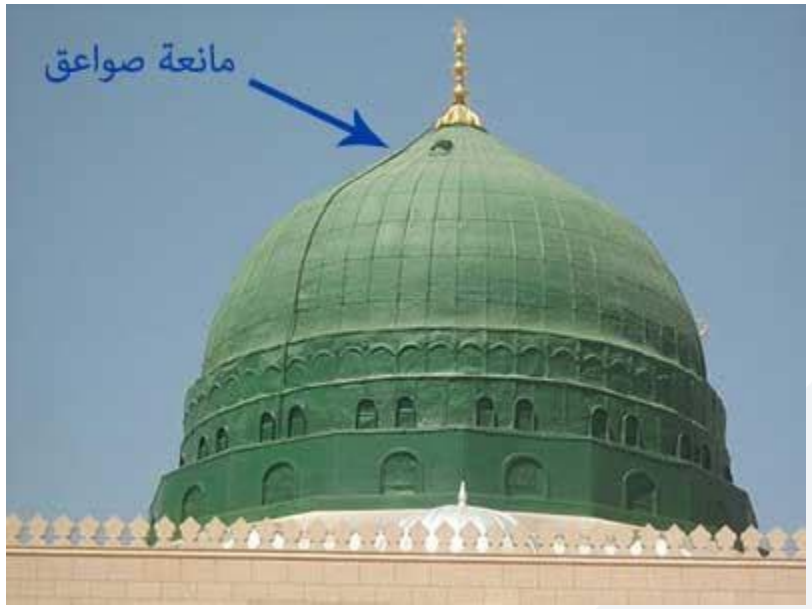


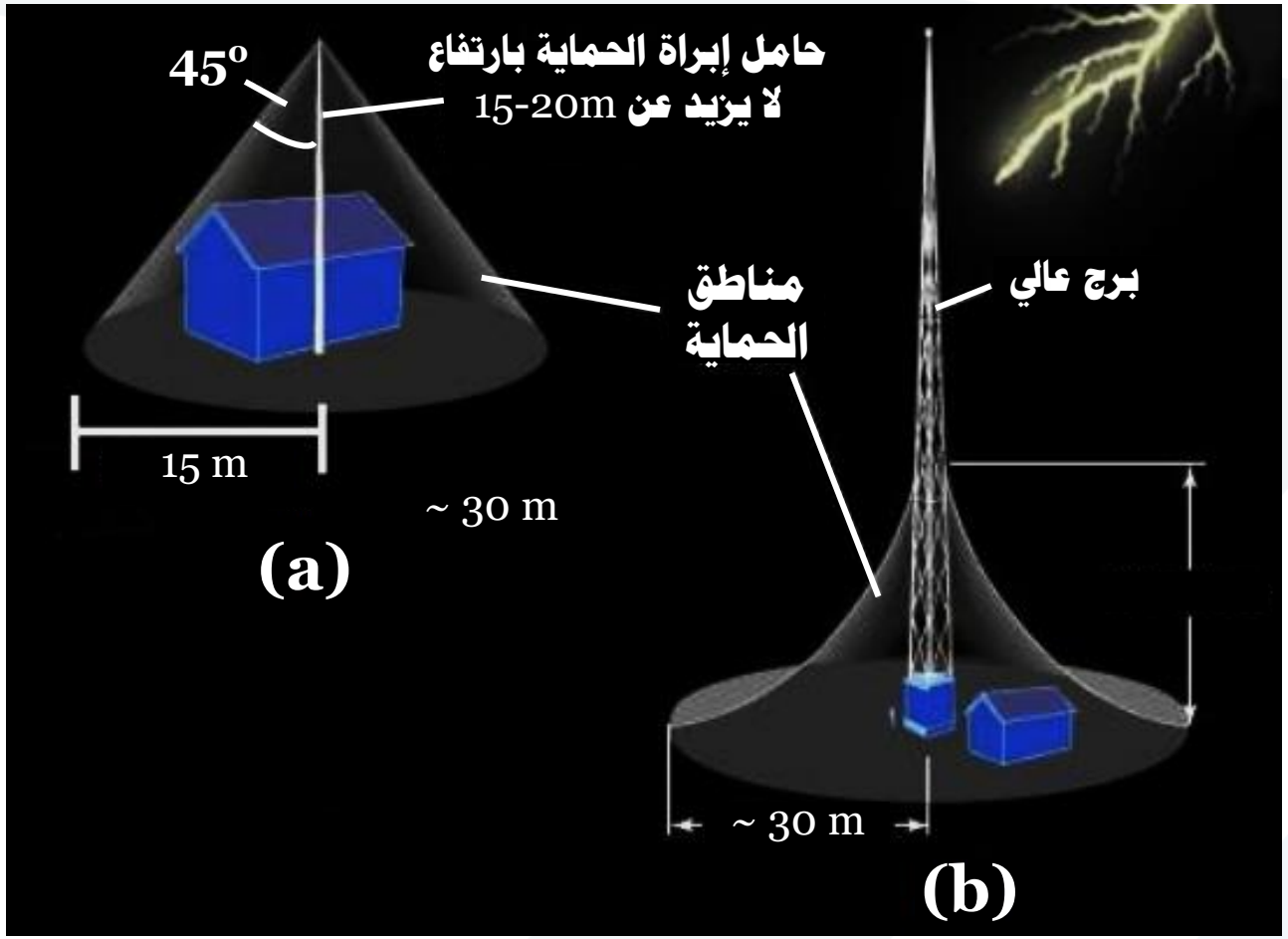


عند وجود إبرتين متساويتين ومتجاورتين لا تزيد المسافة بينهما عن 30 m فإن مجال الحماية لهما هو (مخروط) زاويته من طرف كل إبرة هي 45° وقاعدته العليا هي المستقيم الوهمي الواصل بين رأسي الإبرتين، وقاعدته السفلى على الأرض هي مستطيل عرضه يساوي ضعف ارتفاع الإبرة، مع نصفي دائرتي قاعدة المخروط الخارجيتان.

أما إذا كانت المسافة بين الإبرتين أكبر من 30 m ، فيكون مجال الحماية لهما هو مجال الحماية لكلٍ منهما على حده.

يمكن الاكتفاء بإبرة واحدة في الأبنية ذات الامتداد الأفقي المحدود والارتفاعات العالي حتى 20m (مآذن – أبراج – خزانات مياه – مداخن)، أما عند زيادة الارتفاع عن ذلك فيجب دعم الإبر بحلقات حماية أفقية توزع على الارتفاع، وعلى مسافات لا تزيد عن 20 m .



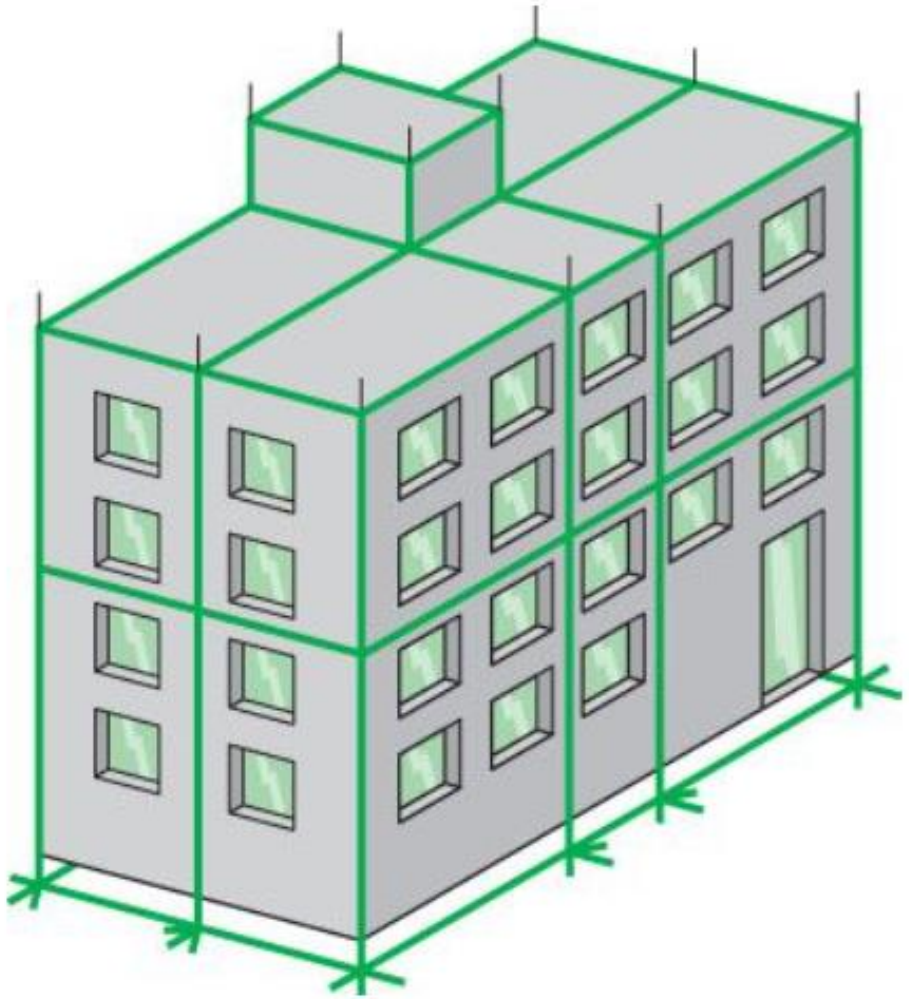


في منظومة فرانكلين تكون المساحة المطلوب حمايتها كالتالي:

إذا كان ارتفاع الإبرة لا يزيد عن 15-20m: تكون المنطقة المحمية Protected Zone مساوية لدائرة نصف قطرها يساوي ارتفاع الإبرة، حيث تشكل مخروط زاويته 45° (شكل a).

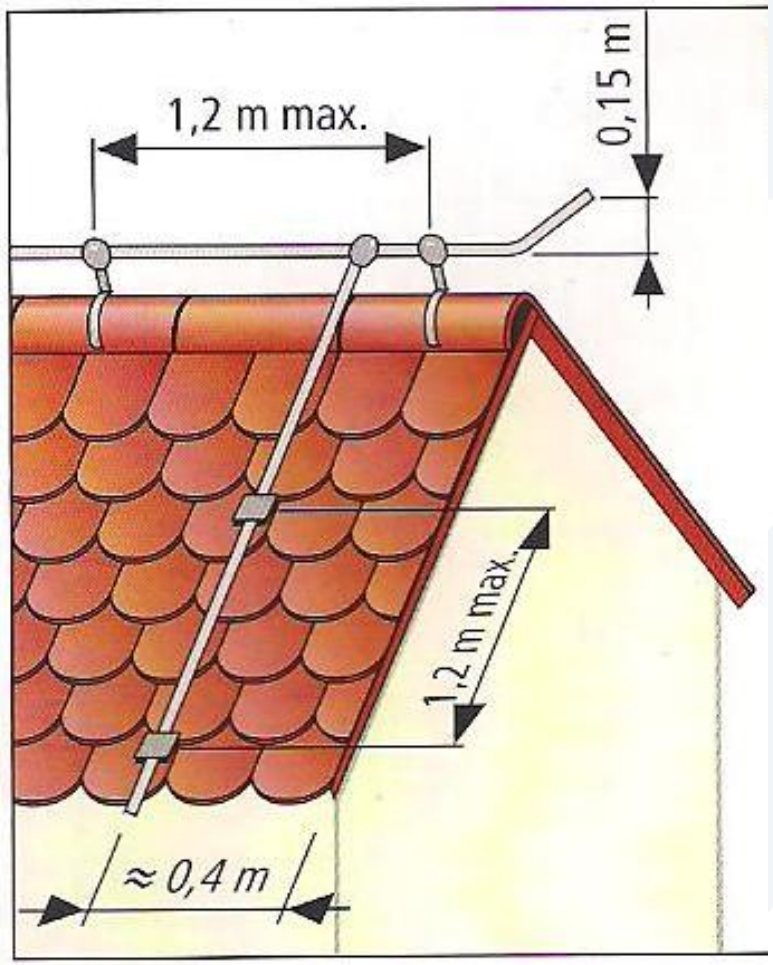
إذا كان ارتفاع الإبرة يزيد عن 15-20m: تكون المنطقة المحمية Protected Zone مساوية للمساحة التي يقطعها القوس النازل من أعلى الإبرة مع نقطة تماسه مع سطح الأرض، ويكون نصف قطر هذا القوس عادة مساوياً 30m (شكل b).

مساوئ منظومة فرانكلين (Franklin System): كلما زادت المساحة المراد حمايتها كلما ازداد ارتفاع الإبرة، وفي بعض الحالات يكون ارتفاعها عالي جداً بحيث يصعب تثبيتها على سطح المبنى، ويكون الأمر مكلفاً جداً، لذلك يفضل استخدام هذه المنظومة في حالة المباني ذات المساحات الصغيرة.

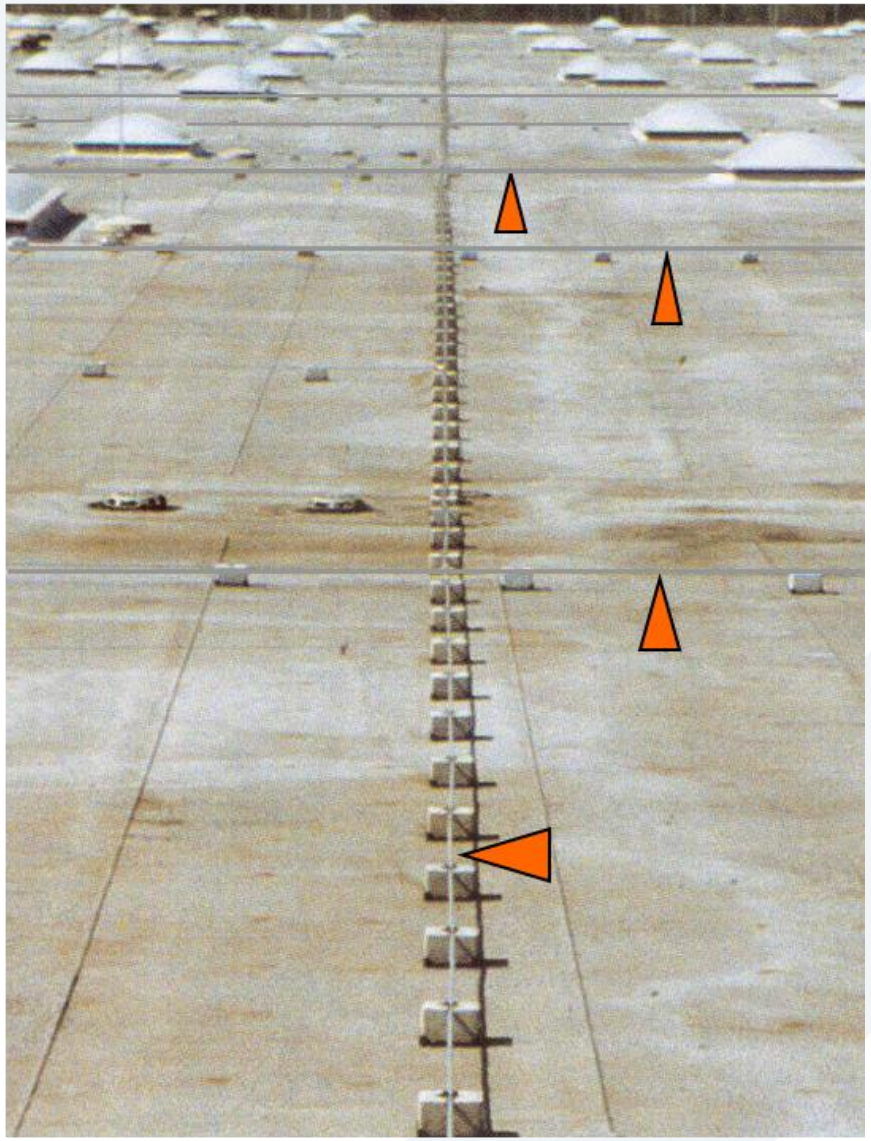


ب. الشبكة الأفقية:

تسمى منظومة قفص فاراداي (Faraday Cage System)، وهي شبكة معدنية تركب فوق المبنى، وتتألف من نواقل معدنية غير قابلة للصدأ مثل الفولاذ أو النحاس أو الألمنيوم، بالإضافة للواقط (الإبر).



يتم تثبيت الشبكة الأفقية بواسطة حوامل مركبة على أبعاد متساوية لا تزيد عند 120 cm، وتكون مصنوعة من البلاستيك أو المعدن.



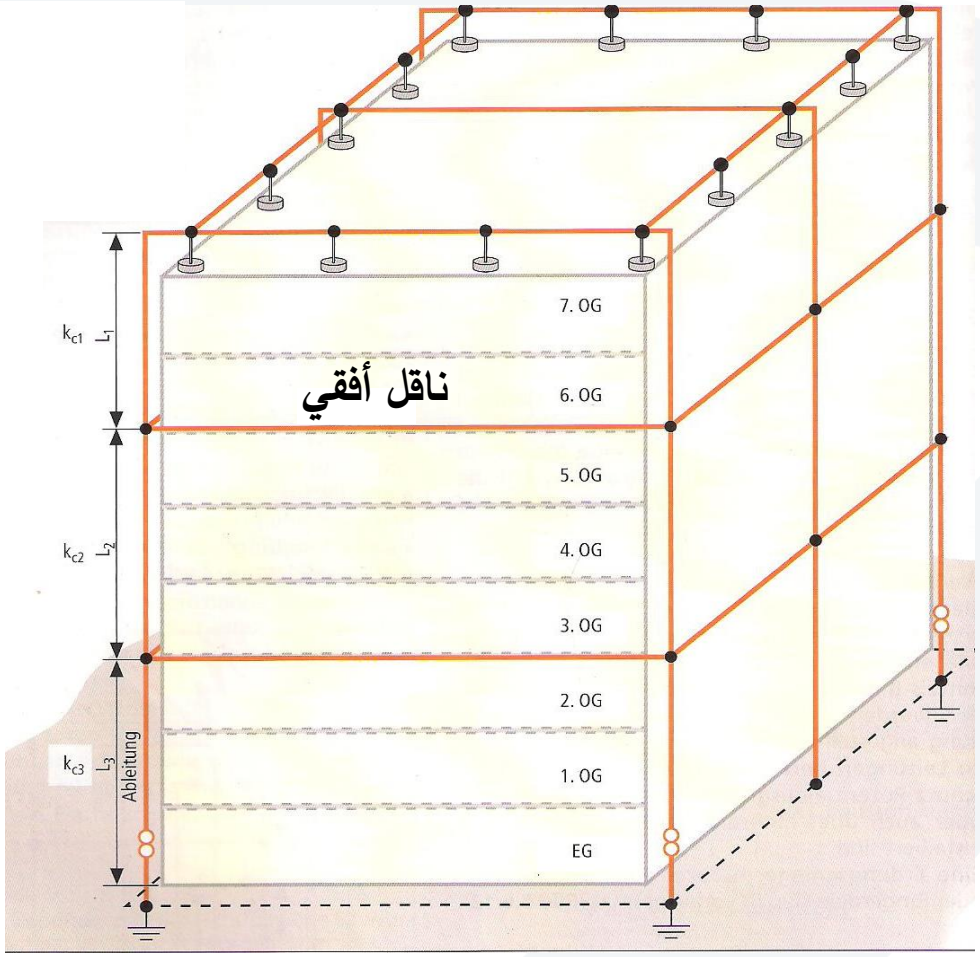
عند عدم السماح باستخدام المثبتات البلاستيكية نستخدم مثبتات بشكل مكعبات بيتونية.

❖ يجب تجنّب الانحناءات الحادة في الشبكة أثناء تمديدها. ويجب أن يكون الانحناء على شكل قوس دائري وليس بشكل زاوية حادة أو قائمة.

❖ تمدد النواقل بحيث لا تغمرها مياه الأمطار، وبحيث لا يمكن للشبكة الكهربائية أن تلامسها.

❖ يتم توصيل النواقل مع بعضها البعض بواسطة وصلات مصممة لذلك. ويجب ألا تقل طول الوصلة عن 10 cm.

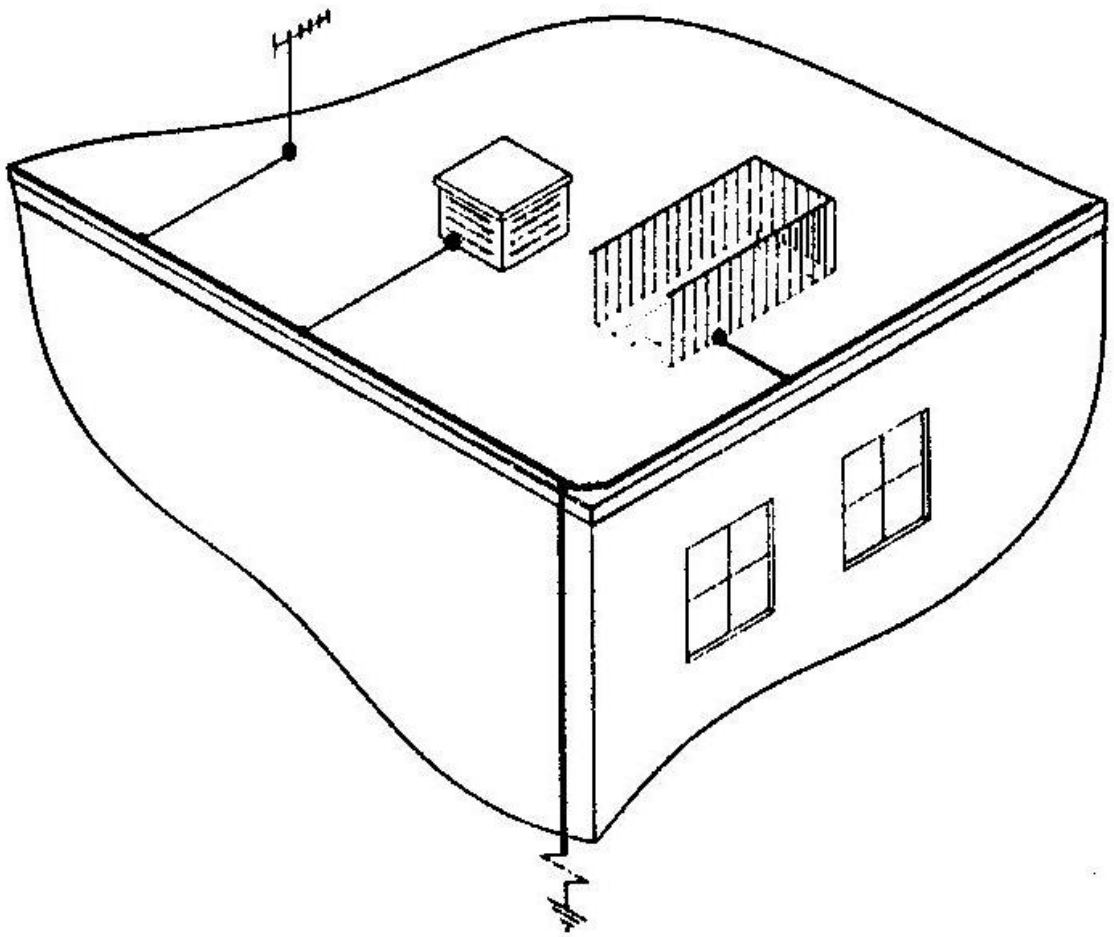
❖ يجب ربط جميع الكتل الموجودة على السطح مع شبكة النواقل.



❖ تمدد نواقل تحيط بالبناء كل 20 m من ارتفاعه في المباني التي يزيد ارتفاعها عن 30 m ولا تحوي نوازل على الجدران الخارجية.

لا يجوز أن تبعد كل نقطة من سطح البناء أكثر من 9 m عن أقرب ناقل من شبكة الحماية، وهذا يعني أن المسافة الأعظمية المسموح بها بين خطين من الشبكة الأفقية يجب ألا تتجاوز 18 m.

يجب ربط جميع التجهيزات والهياكل المعدنية الموجودة على سطح البناء والتي يزيد ارتفاعها عن 30 cm أو مساحتها عن $1\ m^2$ مع الشبكة الأفقية بصورة كاملة. وباستخدام نفس المواد المستعملة في الشبكة الأفقية.



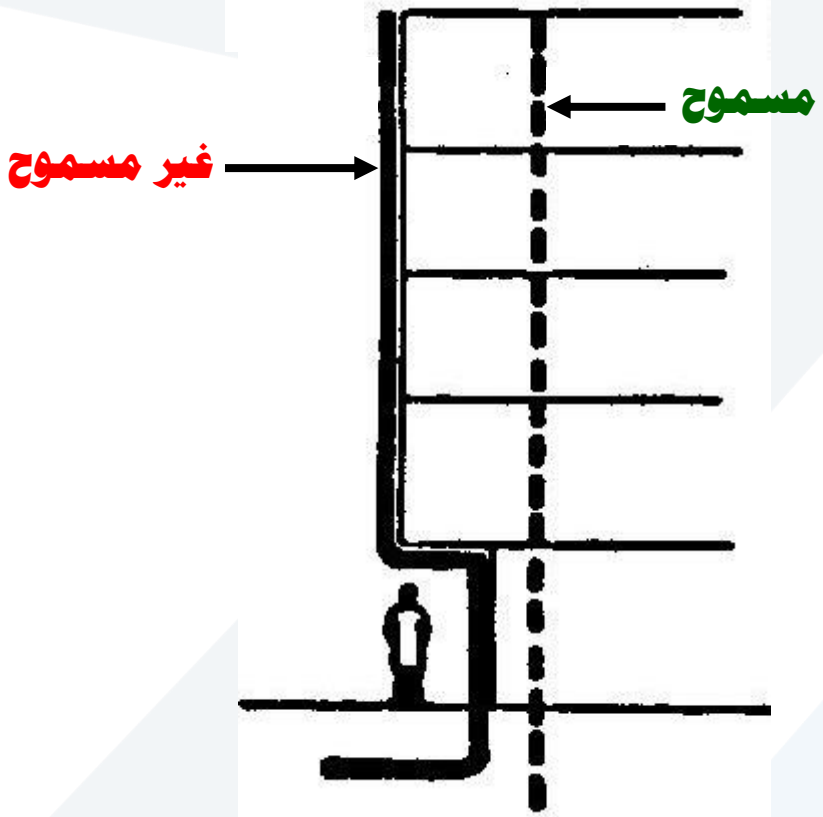
مثال عن ربط التجهيزات والهياكل المعدنية مع الشبكة الأفقية للحماية من الصواعق

2. النوازل:

النوازل: وهي الأجزاء المعدنية التي تصل اللو اقط بالأوتاد الأرضية.

تتألف النوازل من نو اقل معدنية غير قابلة للصدأ مثل الفولاذ أو النحاس أو الألمنيوم بمقطع دائري أو مبسط.

يجب السعي لتمديد النوازل بأقصر طريق شاقولي ممكن بين اللو اقط والأرض دون انحناءات حادة في مسارها كي لا يشكل تمديدها خطورة على الأشخاص المتواجدين حوله.



مسار مسموح وآخر غير مسموح للنوازل

- يجب ألا تقل المسافة بين النوازل وفتحات الأبواب والنو افذ عن 50 cm.
- يجب ألا تقل المسافة بين النوازل والتمديدات الكهربائية عن 100 cm.
- يجب التأكد من عدم وجود مواد قابلة للاشتعال على مسار النوازل وعلى بعد لا يقل عن 3 m.
- لا يجوز تمديد النوازل داخل آبار المصاعد، كما لا يجوز استخدام سكك المصاعد كنوازل أرضية.
- يتم تحديد عدد النوازل للمبنى حسب الجدول التالي، وبحيث لا تزيد المسافة بين نازل وآخر عن 20 m من محيط المبنى.

مساحة سطح المبنى	عدد النوازل
حتى $100m^2$	1
من $100m^2$ حتى $400m^2$	2
من $400m^2$ حتى $700m^2$	3
من $700m^2$ حتى $1000m^2$	4
من $1000m^2$ حتى $1300m^2$	5
من $1300m^2$ حتى $1600m^2$	6
من $1600m^2$ حتى $1900m^2$	7
تضاف إبرة واحدة لكل $300m^2$ زيادة في المساحة	

تحديد عدد النوازل اللازمة حسب مساحة سطح المبنى.

3. أوتاد التأريض:

وهي الأجزاء المعدنية المطمورة في الأرض لتفريغ تيار الصاعقة في الأرض. وهي عبارة عن قضبان حديد الكروم بطول **2 m** وقطر **25 mm** تغرس في المواقع المحددة ويتم توصيلها إلى النوازل والشبكة الأفقية.

يمكن استخدام كل أنواع المآخذ التي تحدثنا عنها في شبكة التأريض. ويجب ألا تزيد المقاومة الأرضية لكل مأخذ مستقل عن **10 Ω**.

ناقل أرضي
وصلة بين الناقل الأرضي والوتد
وتد أرضي

4. وحدات فصل وقياس :

تركب على جدران المبنى في موقع النوازل مجهزة بمرابط لتوصيل الناقل النازل من الحديد المغلفن **10 m** من جهة والتفريعة الواصلة إلى شبكة التأريض من مرس نحاسي من جهة أخرى تركب الوحدة على ارتفاع **2 m** من الرصيف المحيط بالمبنى ويتم وقاية التفريعة الواصلة إليه.

5. قطع الوصل والتثبيت ووصلات الاختبار:

يجب أن تكون جميع قطع الوصل والتثبيت من نفس مواد عناصر الشبكة، ويمكن التثبيت باستخدام البراغي أو اللحام أو باستخدام إكسسوارات خاصة.

هل يمكن اعتبار الصفائح على السطح (السقف المعدني) لو اقط هوائية؟

يمكن اعتبار هذه الصفائح المعدنية لو اقط هوائي إذا حققت الشروط التالية:

- ✓ تأمين استمرارية كهربائية جيدة بين أجزائها المختلفة.
- ✓ عند عدم السماح بخرق هذه الصفائح نتيجة شحنة الصاعقة (يتعلق ذلك بالمواد الموجودة داخل المبنى) يجب ألا تقل سماكة الصفائح عن القيم التالية:

نوع المعدن	Fe	Cu	Al
السماكة بـ mm	4	5	7

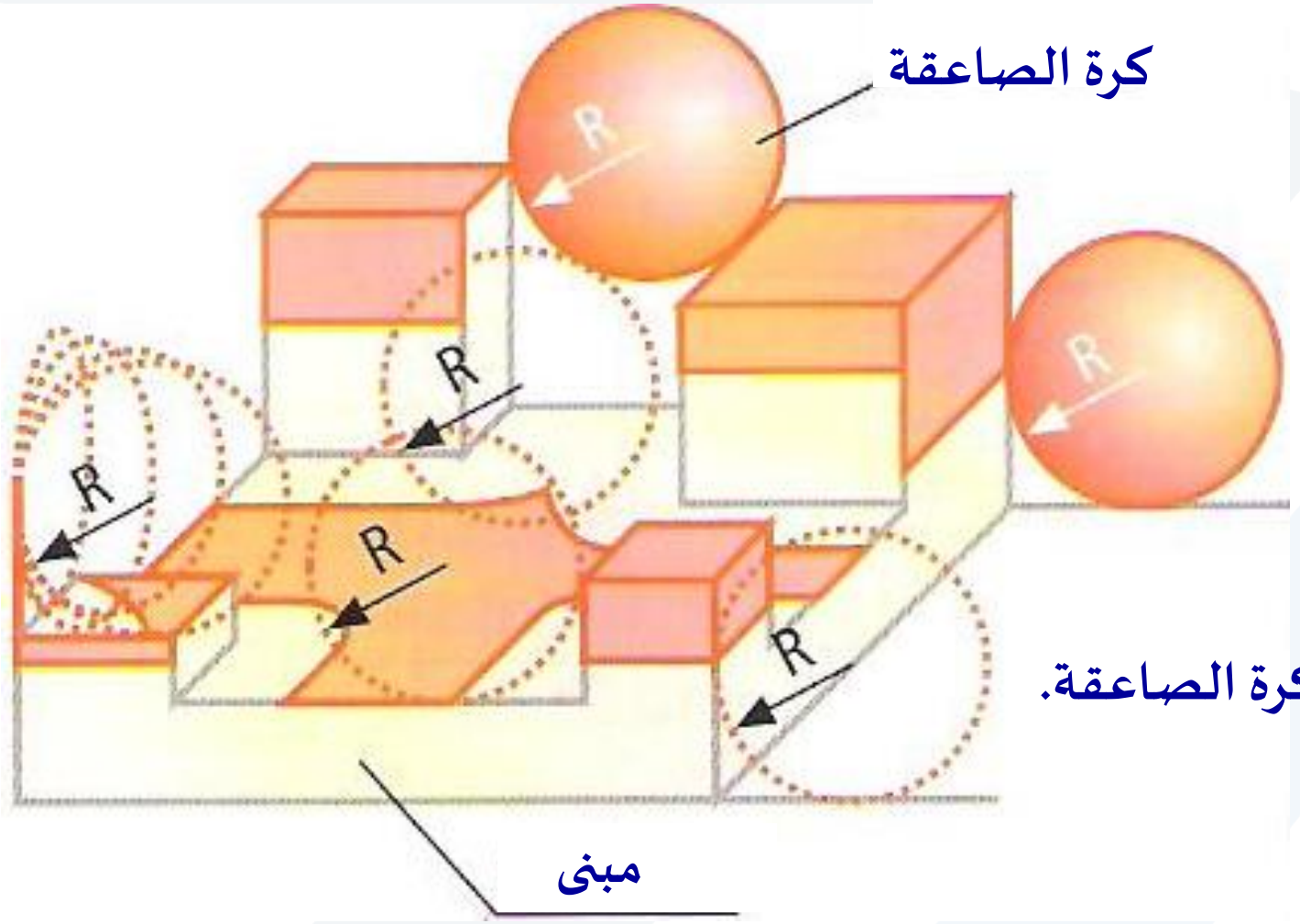
يعد نظام الحماية من الصواعق فعالاً وموثوقاً إذا غطّت اللواقط كامل المبنى، وكان عدد النوازل كافياً لتوزيع ونقل تيار الصاعقة إلى المآخذ الأرضية التي يجب أن تكون ذات مقاومة منخفضة لتفريغ التيار في الأرض.

استخدام نظرية الكرة المتدحرجة للتأكد من فعالية نظام الحماية

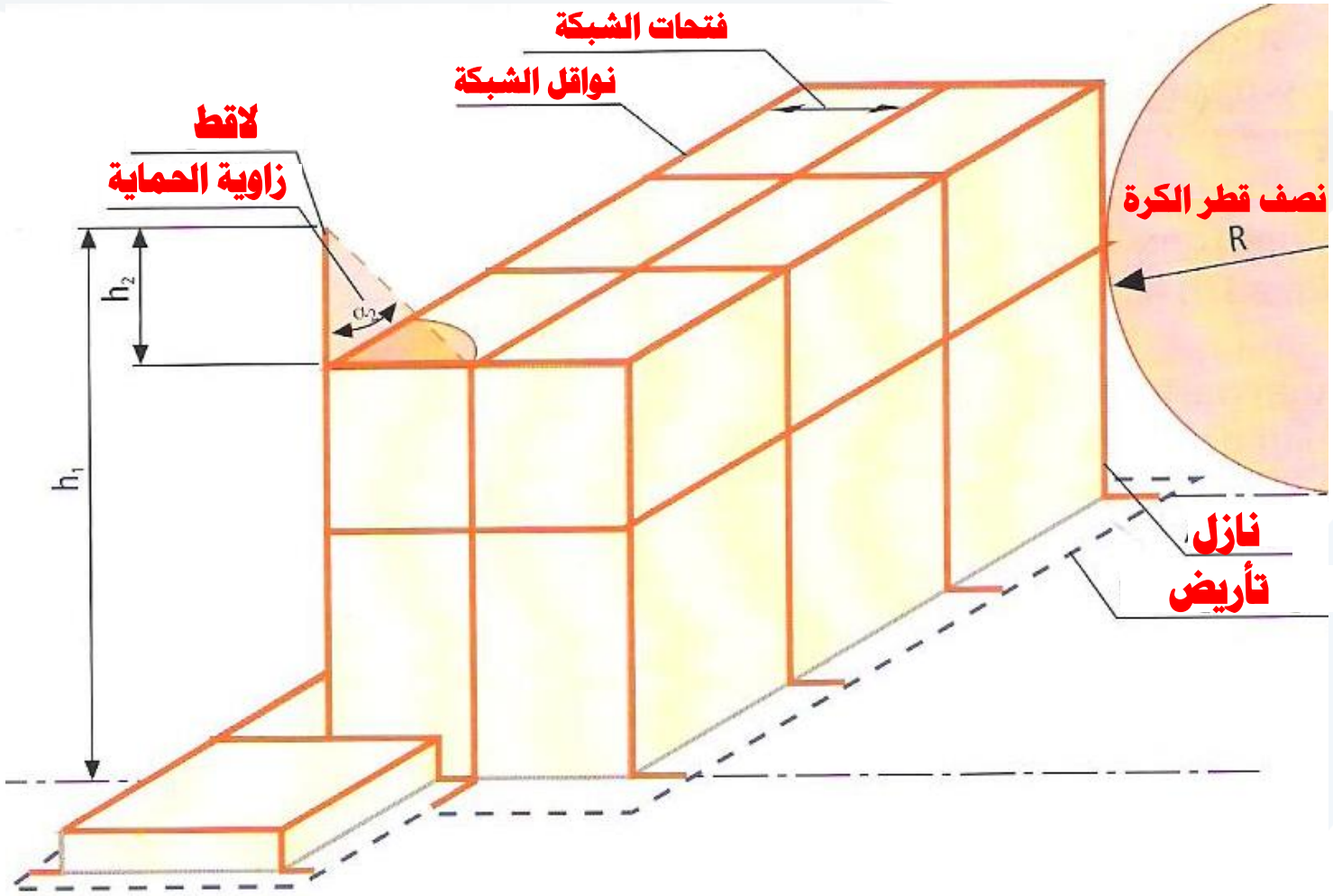
تعتمد هذه النظرية على الأسس النظرية لنمو قناة الصاعقة على شكل قناة اسطوانية الشكل بين الغيمة والأرض. وتستخدم للتأكد من دقة الحماية للمبنى عندما تكون زاوية الحماية لقضبان فرانكلين أو أبعاد فتحات قفص فاراداي غير مؤكدة بدقة.

- ✓ يتم رسم المبنى المراد حمايته بمقياس رسم محدد وبنفس المقياس يتم رسم كرة الصاعقة حسب درجة الحماية المطلوبة وتدحرج الكرة على المبنى.
- ✓ يمكن تحديد أجزاء المبنى الذي تصيبه الكرة المتدحرجة، وبالتالي يجب تمديد شبكة من النواقل.

تصميم نظام حماية من الصواعق لمبنى له ارتفاعات مختلفة، حسب طريقة الكرة المتدحرجة.



R نصف قطركرة الصاعقة.



أبعاد فتحات الشبكة	نصف قطر كرة الصاعقة	درجة الحماية
5 x 5 m	20 m	I
10 x 10 m	30 m	II
15 x 15 m	45 m	III
20 x 20 m	60 m	IV

رجل داخل قفص فاراداي