****

تقرير حلقة بحث في الفيزياء بعنوان:

البرق

تقديم الطالب: يزن علي معلّا.

الصف: الأول الثانوي.

تاريخ: 2014-2015

اشراف: المدرس رشيد سيو.

المقدمة

الظواهر الطبيعية متعددة ومتنوعة تظهر في مناطق مختلفة على سطح الكرة الأرضية تؤثر في التضاريس الطبيعية وأسباب تشكلها وظهورها فمنها ما يحدث في باطن الأرض ومنها ما يحدث في عمق السماء ومنها ما يحدث بين الأرض والسماء ومن هذه الظواهر ما نراه في معظم أيام الشتاء خاصة عندما يكون الطقس غائماً: (البرق) وهو الضوء المبهر الذي يلمع في قلب السماء على شكل شرارة نتيجة تصادم سحابتين تحملان شحنتين مختلفتين، وأما بالنسبة (للرعد) فهو صوت الهدير القوي الذي ينتج عن البرق، وفي حلقة البحث هذه سندرس هاتين الظاهرتين الطبيعيتين ونتعرف عليهما.

**إشكالية البحث:**

كيف كانت نظرة الشعوب القديمة للبرق؟ وكيف أصبحت الآن؟

ما هو البرق (مفهومه)؟

ما هي أنواع البرق؟

ما هي الصاعقة؟ وما هي أنواعها؟

ما هو الرعد؟

الباب الأول (البرق):

الفصل الأول البرق في التاريخ

ظلت ظاهرة البرق حدثاً محيِّراً للعلماء على مدى قرون طويلة، ونُسجت الأساطير الكثيرة حول البرق وتأثيراته، فكل حضارة كانت تنظر إلى هذه الظاهرة على أنها حدث مقدس يرتبط بالآلهة، وكل حضارة كانت تحاول إعطاء تفسير لهذا الحدث المرعب.

ففي الأساطير الإغريقية مثلاً كان التفسير المقبول وقتها لدى علماء القرن السابع هو أن البرق كان سلاحاً للإله زيوس الذي استخدمه لتخويف أعدائه والانتقام منهم. وحتى عهد قريب كان الناس يعتقدون في أوربا بوجود هذا الإله الذي يسمونه صانع البرق.

كما كانت بعض الشعوب تعتقد بوجود ثور يركب عربة ويخترق السحب وفي يده مطرقة كلما طرق بها تولد البرق أو أن هنالك طائر كلما رفرف بجناحيه تولد صوت الرعد! أما البرق فهو عبارة عن الريش اللامع لهذا الطائر. وهكذا بقيت الخرافات مسيطرة على عقول البشر آلاف السنين.[[1]](#footnote-1)

الفصل الثاني البرق في العصر الحديث

في عام1746 بدأ العالم بنيامين فرانكلين تجاربه حول الكهرباء ، ثم اقترح أول تجربة علمية منظّمة أثبت من خلالها الطبيعة الكهربائية لل**برق** ، وأن البرق ما هو إلا شرارة كهربائية ناتجة عن التقاء شحنتين كهربائيتين متعاكستين ففي عام 1750 كتب هذا العالم ما معناه: "لكي نحدّد ما إذا كان البرق عبارة عن كهرباء أم لا ، نقوم بالوقوف في غرفة صغيرة على برج عالٍ ، ثم نرسل سلكاً من الحديد عالياً في الجو أثناء وجود غيوم كثيفة وممطرة ، أي أثناء وجود عاصفة رعدية ، إن الكهرباء الموجودة في الغيوم سوف تنتقل عبر القضيب المعدني من نهايته العليا إلى نهايته السفلى ، وسوف تنطلق شرارة كهربائية ، وينبغي عزل هذا القضيب بالشمع لكي لا تنتقل الكهرباء عبر الجسم وتسبب الأذى".

لقد نفّذ هذا العالم تجربته عام 1752 م باستخدام طائرة ورقية هي الأشهر في التاريخ وخرج بنتيجة لأول مرة يقول من خلالها إن البرق هو عبارة عن شرارة كهربائية نتيجة التقاء شحنتين متعاكستين.

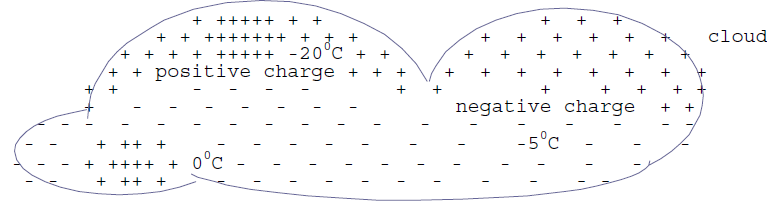
في العام ذاته أي 1752م، قام العالم الفرنسي توماس فرانسوا بتطبيق هذه التجربة، فصنع طائرة ورقية وربطها بسلك معدني ثم أرسلها عالياً في يوم ممطر، وعندما قرَّب نهاية القضيب من الأرض انطلقت شرارة قوية تشبه شرارة البرق، فأثبت بذلك أن الغيوم تحتوي على شحنات كهربائية. ولكن النتائج التي حصل عليها كانت متواضعة جداً ولم يستطع إدراك العمليات الفيزيائية التي تسبب هذه الشرارة القوية.

في عام 1753 قام الفيزيائي السويدي رتشمان بتجربة حول البرق أثبت فيها أن الغيوم الرعدية تحوي شحنات كهربائية، وقد قُتِل بسبب صدمة البرق التي تعرض لها عندما قام بتطبيق تجربة «فرانكلين» فأرسل طائرة ورقية عالياً لتلامس الغيوم ولكنه نسي أن يعزل السلك المعدني فتسببت الشرارة الكهربائية القوية بقتله على الفور. واستمرت التجارب، ولكن المعرفة بال**برق** بقيت متواضعة حتى نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين، عندما أصبح التصوير الفوتوغرافي ممكناً، وعندها أصبح بإمكان العلماء التقاط صور لومضات البرق ومن ثم تحليلها ومعرفة بعض تفاصيلها التي لا تدركها عين الإنسان.

لقد بدأ التصوير الفوتوغرافي للبرق عام 1935في الولايات المتحدة الأمريكية، ولكن أجهزة التصوير كانت بطيئة وبقيت العمليات الدقيقة التي ترافق ظاهرة البرق مجهولة حتى الستينات من القرن العشرين، حيث تطورت التجارب وازداد الاهتمام بها لتجنب صدمات البرق التي تتعرض لها المراكب الفضائية والطائرات والمنشآت الصناعية. وقد أمكن استخدام التصوير السريع والمراكب الفضائية والرادارات والحاسوب لمعالجة ودراسة البيانات التي قدمتها مختبرات مراقبة البرق. وهكذا استطاع العلماء أخيراً بفضل التصوير فائق السرعة والمعالجة الرقمية للبيانات أن يثبتوا أن ومضة البرق الواحدة قد تتألف من عدة ضربات، وكل ضربة تتألف من عدة مراحل أو أطوار. وقد تم قياس الأزمنة لكل مرحلة بدقة كبيرة، ورؤية هذه المراحل، ولم يتحقق هذا إلا في نهاية القرن العشرين، وبداية القرن الحادي والعشرين.[[2]](#footnote-2)

الفصل الثالث مفهوم البرق

**إن قطرات الماء تكتسب شحنات كهربية موجبة عند تجمدها علي هيئة حبات البرد أو بلورات الثلج‏,‏ وكذلك عند انصهارها من كل من البرد والثلج إلي حالة الماء السائل‏,‏ وعند تفتتها إلي قطيرات أدق أو تجمعها علي هيئة قطرات أكبر‏,‏ وعند تبخيرها‏,‏ وعند تكثفها أي عند كل تغير من حالة إلي حالة أخري من الصلابة والسيولة‏,‏ والحالة الغازية‏,‏ ويبقي الهواء المحيط بهذا الماء في أشكاله المختلفة مكتسبا شحنات كهربية سالبة‏,‏ ولذلك فإن السحب تشحن بالكهرباء باحتكاكها بالهواء المشحون بها‏,‏ وتتجمع الشحنات الموجبة علي أعلي السحابة وأسفلها حيث تتدني درجة الحرارة الي ما بين عشر درجات وأربعين درجة مئوية تحت الصفر‏,‏ بينما تتركز الشحنات السالبة في وسط السحابة حيث تصل درجة الحرارة إلي الصفر المئوي‏ وعندما يحدث التفريغ الكهربي بين منطقتين مختلفتي الشحنة في داخل السحابة الواحدة‏,‏ أو بين سحابتين متجاورتين يصل الفرق في الجهد الكهربي بينهما حدا معينا يحدث البرق علي هيئة شرارات كهربائية تنتشر في مساحة كبيرة من السماء الدنيا‏,‏ وقد يحدث هذا التفريغ الكهربي بين السحابة والهواء المحيط بها‏,‏ وقد يحدث بين السحب والأرض وما عليها من مبان عالية أو أشجار‏,‏ وتسمي هذه الظاهرة‏,‏ بالصاعقة لما تحدثه من دمار كبير‏. وعندما تحدث ظاهرة البرق,‏ويتم التفريغ الكهربي في الجو‏,‏ فإن ومضات البرق المتقاربة يصل طول الواحدة منها الي الميل وتتفاوت فترات ومضها بين‏0002,‏ ــ ثانية وثانية واحدة‏.[[3]](#footnote-3)**



توزع الشحنات الموجبة والسالبة في الغيوم(1)

الفصل الرابع بعض نظريات تشكل البرق

فرضية الحث الكهروسكوني:

حسب فرضية الحث الكهروسكوني يتم الشحن بواسطة عملية غير معروفة إلى الآن. عملية فصل الشحن يبدو أنها تتطلب سَحب عامودي قوي والتي تحمل قطرات الماء للأعلى، ثم يكون هناك تبريد شديد للقطرات لما بين -10 و-20 °م. تتعارض هذه مع بلورات الثلج لتكوّن خليط مائي-ثلجي ناعم يسمى بالبَرَد الناعم. تـُنتج التصادمات شحنات موجبة قليلة العدد سرعان ما تنقل إلى البلورات الثلجية، وشحنات سالبة قليلة يتم شحنها إلى البَرَد. ومن ثم تقوم عملية السحب بأخذ البلورات الأخف وزناً للأعلى، مما يجعل الغيمة التي في الأعلى تكدّس شحنات موجبة بشكل متزايد. تتسبب الجاذبية بإبقاء البَرَد الأثقل المشحون بالسالب في وسط ومنتصف الغيمة، مما يزيد من الشحن السالب للبرد. عملية الفصل الكهربائي والتراكم تتابع إلى أن تكون مرحلة الكُمون الكهربائي كافية لبدأ إفراغ البرق من الشحنات، والتي تظهر عندما تكون توزيعات الشحنات الموجبة والسالبة قوية بما فيه الكفاية لتكوّن حقلاً كهربائياً.[[4]](#footnote-4)

فرضية الاستقطاب الميكانيكي:

بأية طريقة فصل شحنات، لا تزال فرضية الميكانيكية موضع أبحاث. فرضية أخرى، هي الاستقطاب الميكانيكي والتي لها مكونين اثنين:

1 تساقط القطرات للمطر والثلج تصبح مستقطبة خلال سقوطها لحقل الأرض الطبيعي.

2جسيمات الثلج المتعارضة تصبح مشحونة بواسطة الحث الكهروسكوني.[[5]](#footnote-5)

**نظرية گورڤيتش لهروب الإنكسار:**

نظرية حول بدايات نشؤ البرق تم تقديمها بواسطة العالم الروسي ألكسندر گورڤيتش من معهد ليبيدوف الفيزيائي في سنة 1992، أقترح أن صعقات البرق تطلق بواسطة أشعة كونية والتي تقوم بتأيين الذرات، مما يصدر عنه إلكترونات تتسارع بواسطة الحقول الكهربائية، والتي تأيين بدورها جزيئات الهواء مما يجعل الهواء موصل بواسطة إنكسار الهروب، عندها تقوم ببدأ إنشاء لصاعقة البرق.[[6]](#footnote-6)

الفصل الخامس أنواع البرق

أولاً: برق السحابة \_ السحابة:

هو ما يحدث بين سحابة وسحابة أخرى، وبما أن الوسط الذي تتجمع فيه السحب يمتلئ بالحقول الكهربائية فإن احتمال تلامس الشحنات المتعاكسة والتقائها كبير جداً. ولذلك فإن البرق الذي يحدث بين السحب يمثل ثلاثة أرباع ومضات البرق، والتي تقدر كما قلنا بمئة ومضة في كل ثانية وذلك في مختلف أنحاء العالم.[[7]](#footnote-7)



برق السحابة سحابة (2)

ثانياً: برق السحابة\_هواء:

حيث تكون السحابة محمّلة بشحنة كهربائية، والهواء المحيط بها من أحد جوانبها يحمل شحنة معاكسة. ويحدث هذا النوع من البرق عندما تكون كمية الشحنات الكهربائية في السحابة وفي الهواء كافية لينطلق شعاع البرق. ويعتبر من الأنواع قليلة الملاحظة.[[8]](#footnote-8)

ثالثاً: برق السحابة\_ طبقات الجو العليا:

وهو البرق بين السحاب وطبقات الجو العليا، ويحدث هذا البرق بين الطبقات العليا في السحب الركامية وبين طبقة الأيونوسفير والتي تحوي حقلاً كهربائياً بشكل دائم. وقد أمكن رؤية **برق** كهذا بواسطة أجهزة التصوير المثبتة على الأقمار الصناعية.[[9]](#footnote-9)

رابعاً: برق السحابة\_ أرض:

وهو من أكثر الأنواع شيوعاً وأهمية وهو البرق الناتج من التقاء شحنتين متعاكستين بين السحابة والأرض. فغالباً ما تكون الغيمة ذات شحنة سالبة عند الجهة القريبة من الأرض، أما سطح الأرض فيكون ذا شحنة موجبة.[[10]](#footnote-10)

  *3)) برق السحابة أرض (4)*

الباب الثاني(الصواعق):

الفصل الأول تعريف الصاعقة

الصاعقة هي نوع من أنواع البرق سحابة أرض حيث تكون السحب مشحونة بشحنة سالبة وسطح الأرض معتدل الشحنة (أي يمتلك شحنتين سالبة وموجبة) مما يؤدي إلى تنافر الشحنتين السالبتين فتندفع الشحنة السالبة (الموجودة على سطح الارض) إلى باطن الأرض وتبقى الشحنة الموجبة على السطح مما يؤدي إلى تجاذب واصطدام الشحنتين ببعضهما مشكلين الصاعقة.[[11]](#footnote-11)



*(5) الصاعقة (6)*

الفصل الثاني بعض انواع الصواعق

الصاعقة الخطية:

وهي ذات أشكال متشعبة من أقنية التأين الناقلة، يراوح عرض قناة الانفراغ الأساسية بين 15و20سنتمتراً، وتصل شدة التيار الكهربائي في القناة إلى مئات الكيلو أمبير. وتبلغ مدة استمرار عملية الانفراغ هذه وسطياً 0.2ثانية وقد تصل إلى 1.5ثانية. وتراوح درجة الحرارة في القناة الناقلة بين 10و20ألف درجة مئوية. ونظراً لارتفاع درجة الحرارة بسرعة كبيرة إلى هذا الحد في قناة التأين، فإن جزيئات الماء تنشطر ويرتفع الضغط ارتفاعاً هائلاً في خلال مدة قصيرة جدا، مما يحدث الموجة الضاربة التي تكوّن ظاهرة الرعد صوتاً مدوٍّياً في بدايته، ثم لا يلبث أن يتردد صداه على الغيوم والجبال والجبهات الهوائية حتى يتلاشى كأنه يبتعد. يتصدر بداية القناة رأس شديد الإضاءة ذو درجة حرارة تصل إلى نحو 20000درجة مئوية، تنطلق منه كمية كبيرة من الفوتونات تشق الطريق أمام الشحنة السالبة التي تندفع بسرعة تقارب 150كم/ثا، على دفعات متلاحقة، بدور يقارب 100ميكرو ثانية، إلى أن يصل هذا الرأس المتصدر إلى سطح الأرض.

الصاعقة المسطحة:

تبدو هذه الصاعقة على شكل إضاءة ممتدة عبر طبقة الغيوم ذات السماكة الكبيرة، وبلون أحمر إلى برتقالي، دون إصدار هدير الرعد المميز. وتحدث هذه الصاعقة إثر تفاعل طبقتين من الغيوم ذات شحنتين مختلفتين على مساحة كبيرة.

الصاعقة الكروية:

تعتبر هذه الصاعقة من أخطر أنواع الصواعق، لما يرافقها من دمار وتخريب، وهي من أكثرها غموضاً، وتظهر على شكل كرة مضيئة يراوح قطرها بين عدة سنتيمترات و 15سنتمتراً. ويراوح زمن حياتها بين عدة ثوان وعدة دقائق، وتنطلق في الجو ببطء وبحدود عدة أمتـار في الثانية، وتعطي في أثناء حركتها أزيزاً وصوتاً مميزاً، وما أن تختفي حتى يصدر عنها انفجار ودوي هائل. وتحدث عادة بعد الصاعقة الخطية العادية مباشرة. وقد سجلت حالات تظهر فيها هذه الكرة وتختفي من دون إحداث الانفجار والدويّ. ثمة نظريات مختلفة بخصوص منشئها، وما زالت بعض النقاط غامضة حولها، إذ لم يُعطَ تفسـير علمي لجميع مظاهـرها.

الصاعقة النقطية:

صنف بين الأنواع غير العادية، مثل الصاعقة الكروية والغامضة الفهم أيضاَ. ويظهر هذا النوع من الصواعق على شكل وميض شديد الإضاءة، ويدوم غالباً مدة غير مألوفة. وتخلّف وراءها سلسلة من النقاط المضيئة موزعة بشكل شبه منتظم في الجو، قبل اختفاء الضوء وانتهاء الظاهرة.

الباب الثالث لمحة عن الرعد:

**نتيجة لحدوث البرق يتمدد الهواء بصورة فجائية‏ فيندفع الهواء المجاور ليحل محله محدثا اصواتا شديدة هي الرعد الذي قد تستمر الموجة الواحدة منه إلى عدة ثوان**.[[12]](#footnote-12)

نظريات حدوث ظاهرة الرعد:

هناك أربع نظريات تهتم بأسباب حدوث ظاهرة الرعد وتفسيرها كالاتي:

النظرية الأولى:

يحدث البرق فراغاً فينتج عن ذلك الرعد الذي يحاول ملئ هذا الفراغ بالهواء المحيط.

النظرية الثانية:

تتبخر كميات الماء التي تعترض البرق في مسلكه فينتج عن ذلك دوي قوي نتيجة التمدد السريع لبخار الماء المحدث.

النظرية الثالثة:

يقع تسخين مفاجئ للهواء يليه مرور البرق فيحدث الرعد وقد اعتمد العلماء على النظرية الثالثة التي كانت أقرب للواقع حيث تعتبر الارتجاجات المصدر الحقيقي للرعد بعد أن ينشأ هواء ساخن بطريق مرور البرق. وتصل درجة الحرارة التي أحدثها البرق إلى (10000) درجة وبضغط يتراوح ما بين (10و100) اتموسفار(atm)فتتمدد المنطقة التي أُحيطت بالبرق وتنتشر نتيجة الضغط والحرارة المحدثة لتوفر جهداً يكون في شكل طاقة صوتية (الصوت المسموع) وطاقة حرارية (الحرارة الملتقطة) وتدوم الإشارة الصوتية الصادرة عن الرعد أقل من ثانية إلا أن دوامه ناتج عن سببين:

1 طول مسلك البرق والذي يقارب (5000م).

2 صدور الصوت من كل أجزاء البرق سواء من القريب أو البعيد.

الخاتمة

وفي النهاية أحب أن أقول لكم أن البرق ظاهرة طبيعية مخيفة فهي عبارة عن ضوء مبهر ناتج عن تجاذب الشحنات السالبة والموجبة، أي أنها كمية هائلة من الكهرباء وهذه الكهرباء تحتاج أن تتفرغ فإما بين السحب ببعضها البعض أو بين السحب والهواء أوبين السحب والأرض وهذا ما نسميه بالصاعقة وهذه الصواعق تضرب الأرض فتحدث كوارث هائلة قد ينتج عنها مئات الضحايا لذلك علينا الحذر منها فعلى الرغم من كل الضوء المبهر والجميل الذي تصدره فهي في النهاية ظاهرة مدمرة ومرعبة.

المراجع

1. <http://www.marefa.org/index.php/%D8%A8%D8%B1%D9%82#.D8.A7.D9.84.D8.A8.D8.B1.D9.82_.D9.81.D9.8A_.D8.A7.D9.84.D8.AA.D8.A7.D8.B1.D9.8A.D8.AE>
2. <http://www.edu4hazards.org/lightning.html>
3. [**http://web.archive.org/web/20020624044704/**](http://web.archive.org/web/20020624044704/)
4. [**http://www.sandia.gov/LabNews/LN04-25-97/lightning\_story.html**](http://www.sandia.gov/LabNews/LN04-25-97/lightning_story.html)
5. [**http://www.dmoz.org/Science/Earth\_Sciences/Atmospheric\_Sciences/Meteorology/Weather\_Phenomena/Thunderstorms\_and\_Lightning**](http://www.dmoz.org/Science/Earth_Sciences/Atmospheric_Sciences/Meteorology/Weather_Phenomena/Thunderstorms_and_Lightning)
6. [**http://www.marefa.org/index.php/%D8%B5%D8%A7%D8%B9%D9%82%D8%A9**](http://www.marefa.org/index.php/%D8%B5%D8%A7%D8%B9%D9%82%D8%A9)
7. [**http://uqu.edu.sa/page/ar/110494**](http://uqu.edu.sa/page/ar/110494)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| الدلالة | رقم الصفحة | رقم الصورة |
| توزع الشحنات الموجبة والسالبة في الغيوم | **6** | **1** |
| برق السحابة سحابة | **9** | **2** |
| برق السحابة أرض | **10** | **3** |
| برق السحابة أرض | **10** | **4** |
| الصاعقة | **11** | **5** |
| الصاعقة | **11** | **6** |

فهرس الصور

الفهرس

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| رقم الصفحة |  | العنوان |  |
| 2 | المقدمة | | |
| 2 | إشكالية البحث | | |
| 3 | البرق في التاريخ | | البرق |
| 3 | البرق في العصر الحديث | |
| 5 | مفهوم البرق | |
| 7 | فرضية الحث الكهرسكوني | بعض نظريات تشكل البرق |
| 7 | فرضية الاستقطاب الميكانيكي |
| 8 | نظرية كورفيتش لهروب الإنكسار |
| 8 | برق السحابة سحابة | أنواع البرق |
| 9 | برق السحابة هواء |
| 9 | برق السحابة طبقات الجو العليا |
| 10 | برق السحابة أرض |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 10 | تعريف الصاعقة | | الصواعق |
| 11 | الصاعقة الخطية | بعض أنواع الصواعق |
| 12 | الصاعقة المسطحة |
| 12 | الصاعقة الكروية |
| 12 | الصاعقة النقطية |
| 13 | النظرية الأولى | نظريات حدوث ظاهرة الرعد | لمحة عن الرعد |
| 13 | النظرية الثانية |
| 13 | النظرية الثالثة |
| 14 | الخاتمة | | |
| 15 | المراجع | | |
| 16 | فهرس الصور | | |

1. <http://www.marefa.org/index.php/%D8%A8%D8%B1%D9%82#.D8.A7.D9.84.D8.A8.D8.B1.D9.82_.D9.81.D9.8A_.D8.A7.D9.84.D8.AA.D8.A7.D8.B1.D9.8A.D8.AE> [↑](#footnote-ref-1)
2. <http://www.marefa.org/index.php/%D8%A8%D8%B1%D9%82#.D8.A7.D9.84.D8.A8.D8.B1.D9.82_.D9.81.D9.8A_.D8.A7.D9.84.D8.AA.D8.A7.D8.B1.D9.8A.D8.AE> [↑](#footnote-ref-2)
3. <http://uqu.edu.sa/page/ar/110494> [↑](#footnote-ref-3)
4. <http://www.sandia.gov/LabNews/LN04-25-97/lightning_story.html> [↑](#footnote-ref-4)
5. <http://web.archive.org/web/20020624044704/> [↑](#footnote-ref-5)
6. <http://www.edu4hazards.org/lightning.html> [↑](#footnote-ref-6)
7. <http://www.marefa.org/index.php/%D8%A8%D8%B1%D9%82#.D8.A7.D9.84.D8.A8.D8.B1.D9.82_.D9.81.D9.8A_.D8.A7.D9.84.D8.AA.D8.A7.D8.B1.D9.8A.D8.AE> [↑](#footnote-ref-7)
8. <http://www.marefa.org/index.php/%D8%A8%D8%B1%D9%82#.D8.A7.D9.84.D8.A8.D8.B1.D9.82_.D9.81.D9.8A_.D8.A7.D9.84.D8.AA.D8.A7.D8.B1.D9.8A.D8.AE> [↑](#footnote-ref-8)
9. <http://www.marefa.org/index.php/%D8%A8%D8%B1%D9%82#.D8.A7.D9.84.D8.A8.D8.B1.D9.82_.D9.81.D9.8A_.D8.A7.D9.84.D8.AA.D8.A7.D8.B1.D9.8A.D8.AE> [↑](#footnote-ref-9)
10. <http://www.marefa.org/index.php/%D8%A8%D8%B1%D9%82#.D8.A7.D9.84.D8.A8.D8.B1.D9.82_.D9.81.D9.8A_.D8.A7.D9.84.D8.AA.D8.A7.D8.B1.D9.8A.D8.AE> [↑](#footnote-ref-10)
11. <http://www.marefa.org/index.php/%D8%B5%D8%A7%D8%B9%D9%82%D8%A9> [↑](#footnote-ref-11)
12. <http://www.dmoz.org/Science/Earth_Sciences/Atmospheric_Sciences/Meteorology/Weather_Phenomena/Thunderstorms_and_Lightning> [↑](#footnote-ref-12)