دار المنظومة
DAR ALMANDUMAH
الرواد في قواعد المعلومات العربية

العنوان:	العواصف الرعدية
المصدر:	المجلة الثقافية
الناشر:	الجامعة الأردنية
المؤلف الرئيسي:	الدراجي، خلدون فاضل
المجلد/العدد:	ع 62
محكمة:	لا
التاريخ الميلادي:	2004
الشهر:	رمضان - اكتوبر
الصفحات:	302 - 307
رقم MD:	132126
نوع المحتوى:	بحوث ومقالات
قواعد المعلومات:	AraBase
مواضيع:	السحب، العواصف الرعدية، المناخ، الأحوال الجوية، الطقس، الأمطار، الكهرباء، البرق، الرعد، الصواعق، الشحنات الكهربائية، الكوارث، السحب الرعدية، الكرة الأرضية، الطاقة الكهربائية، الغلاف الجوي، الأيونات
رابط:	http://search.mandumah.com/Record/132126

© 2020 دار المنظومة. جميع الحقوق محفوظة.
هذه المادة متاحة بناء على الإتفاق الموقع مع أصحاب حقوق النشر، علما أن جميع حقوق النشر محفوظة. يمكنك تحميل أو طباعة هذه المادة للاستخدام الشخصي فقط، ويمنع النسخ أو التحويل أو النشر عبر أي وسيلة (مثل مواقع الانترنت أو البريد الالكتروني) دون تصريح خطي من أصحاب حقوق النشر أو دار المنظومة.

العواصف الرعدية

خلدون فاضل الدراجي
بغداد ـ جمهورية العراق

مع أنه من المعروف منذ قرنين أن الصاعقة شكل من أشكال الكهرباء فإن العمليات الفيزيائية المجهرية المسؤولة حقاً عن شحن السحب الرعدية لا تزال موضع خلاف.

يحدث يومياً في مختلف أرجاء العالم زهاء ٤٤,٠٠٠ عاصفة رعدية و ٨,٠٠٠,٠٠٠ وميض برقي، وفي الولايات المتحدة وحدها تسبب الصواعق سنوياً نحو ١٥٠ وفاة وأضراراً في الممتلكات بقيمة ٢٠ مليون دولار، وتضرم ١٠,٠٠٠ حريق في الغابات، فندمر أخشاباً صالحة للتسويق قيمتها ٣٠ مليون دولار.

والبرق أكثر الظواهر الطبيعية شيوعاً وأكثرها إثارة للعجب، ولقد كان البرق والعواصف الرعدية موضوع تحريات علمية كثيرة طوال الوقت. وعلى الرغم من كثرة المعدات الجديدة وتقنيات البحث الحديثة فإن منشأ البرق الصحيح وآلية تكهرب السحب المطيرة لا يزالان عصيَّين على الإدراك. وتنسجم صعوبة الإحاطة بهذه المسألة، كون فيزياء البرق والعواصف الرعدية تشمل نطاقاً واسعاً من المداخلات الكبيرة. فهناك من جهة أولى الظواهر الذرية التي تبدأ بكهربة السحابة الرعدية التي تحدث على مدى ١٠ - ١٣ كم. وهناك من جهة أخرى حركة الهواء الجوي في جسم السحابة الرعدية وهي الحركة التي تنجز عملية الشحن، والتي قد تحدث في مدى يمتد إلى عشرات أو مئات الكيلو مترات.

وقد لاحظ فرانكلين سنة ١٧٥٢م أن السحب التي تفجر الصاعقة تكون غالباً في حالة كهربائية سالبة، بيد أنها تكون أحياناً في حالة موجبة. ولم يتضح إلا مؤخراً أن هذا الاشتباه ناتج عن مشاهدات مغلوطة، ومع ذلك فقد كان من المسلَّم به أن الانفراغ الكهربائي البرقي هو انتقال الشحنة الكهربائية الموجبة أو السالبة من منطقة أولى في السحابة إلى منطقة أخرى أو بين السحابة والأرض، ولكي يحدث انتقال الشحنة هذا يجب أن تتكهرب السحابة، أي تنفصل الشحنات الموجبة عن السالبة فكيف يحدث انفصال الشحنات هذا؟

لا يمكن أن يُعطى ـ كما سوف يتضح ـ إلا جواب جزئي عن هذا السؤال، ففي الأجسام التي يصادفها المرء عادة كفناجين القهوة أو أجهزة الهاتف توجد أعداد متساوية من الشحنات الموجبة والسالبة. علاوة على ذلك تكون هذه الشحنات موزعة بانتظام في الجسم، ويقال عنه عندئذٍ إنه متعادل كهربائياً أو غير مشحون إلا أنه يمكن لكثير من العمليات الفيزيائية المجهريّة أن تسبب انفصال الشحنات. وتكون النتيجة أن الجسم يبقى في جملته متعادلاً مع أنه يتجمع في

إحدى منطقتي الجسم، شحنات موجبة أو سالبة أكثر مما في المنطقة الأخرى. ويقال عن الجسم، آنذاك أنه مشحون أو مكهرب. ويقاس انفصال الشحنات بالفولت. وكلما زاد الانفصال زادت الفولتية، وعندما تمشي في الغرفة تبقى الغرفة بمجموعها متعادلة، غير أن تأثير حذائك في السجادة قد يشحنها بقطبية (بشحنة) أولى، ويشحن حذاءك وجسمك بالقطبية المعاكسة، ويمكن لهذا أن يؤدي إلى فرق في الجهد قدره ١٠٠,٠٠٠ فولت على مسافة سنتميرات، وتتجلى الشحنة عندما تمسك بمقبض الباب.

وتمثل ضربة الصاعقة النموذجية فرقاً في الجهد (Poential) يساوي عدة مئات من ملايين الفولتات. وقد تنتقل إلى الأرض شحنة تقدر بـ ١٠ كولومات أو أكثر وهي الشحنة التي يحملها قرابة ٢٠ إلكترون. وان نقل شحنة تساوي كولوما واحداً في ثانية واحدة هو تيار كهربائي شدته أمبير واحد، وعلى هذا فإن ضربة الصاعقة تمثل تياراً أشد من ١٠ امبيرات بكثير، لأن مدتها أقصر جداً من ثانية واحدة. وتحدث السحب الرعدية المعتدلة بضع ومضات في الدقيقة وتنتج قدرة طاقية تساوي بضع مئات من الميغاواطات، وهي قدرة محطة نووية صغيرة لتوليد الطاقة الكهربائية. وإن المهمة الرئيسية لفيزياء العواصف الرعدية هي إيجاد توزع الشحنة الصحيح والآلية الفيزيائية اللذين يعللان مثل هذه الفولتيات وهذه القدرات. وقد تركزت التحريات تاريخياً على البنية الكهربائية للسحب.

لقد كان من الطبيعي وبعد مشاهدات فرانكلين افتراض توزع الشحنة في سحابة مطيرة هو أبسط توزع يمكن تصوره، أي شحنات موجبة في منطقة أولى من السحابة وشحنات سالبة في منطقة أخرى، تسمى بنية كهذه (ثنائية القطب) (Dipole) وقد استعان الباحثون في محاولاتهم تعليل البنية الثنائية القطب للسحب الرعدية بنموذجين مختلفين جداً هما :

- فرضية الهطل.
- فرضية الحمل.

الهطل مقابل الحمل :

تقوم فرضية الهطل على ظاهرة تلاحظ في أثناء عمل رشاش الماء في الحديقة، فقطيرات الماء الكبيرة تسقط بسرعة من التيار في حين يبقى ضباب من القطيرات الدقيق معلقاً في الهواء لتسوقه الريح بعيداً. وبطريقة مماثلة تعتبر فرضية الهطل أن قطيرات المطر وحبات البرد وحبات البرد الرخو (Gral Uple) (برد ذو حبوب صغيرة على هيئة كريات جليدية أقطارها بين المليمتر والسنتيمتر) في السحابة الرعدية تشدها جاذبية الأرض نحو الأسفل من خلال الهواء، فتمر بما هو أصغر منها من قطيرات الماء وبلورات الجليد التي تبقى معلقة، ويخمّن الباحثون أن التصادمات بين الجسيمات المترسبة الكبيرة والضباب الرقيق من قطيرات الماء وبلورات الجليد، تنقل شحنة سالبة إلى الجسيمات الهاطلة (مثلما تنتقل الشحنات إلى الحذاء من السجادة) كما تنتقل بموجب مبدأ انخفاض الشحنة شحنة موجبة إلى الضباب، وعلى هذا فإذا صارت الجسيمات المرسّبة سالبة الشحنة فإن الجزء السفلي من السحابة سوف يجمع شحنة سالبة، ويجمع الجزء العلوي شحنة موجبة. ونقول عن ثنائي القطب أو

(المزدوج الكهربائي) الذي يتشكل بهذه الصورة أنه موجب إذا كانت المنطقة الموجبة من السحابة تقع فوق المنطقة السالبة.

أما فرضية الحمل فهي أعقد قليلا، والشيء المثيل لها هنا هو مولّد فان دي كراف (Van De Graff) المعروف. ففي جهاز كهذا ترش الشحنات الموجبة أو السالبة على سير (Belt) مطاطي متحرك فينقل الأيونات إلى طرف (Terminal) عالي الفولتية. ويفترض نموذج الحمل وجود مصدرين خارجيين يزوّدان السحابة بالشحنات الكهربائية. المصدر الأول هو الأشعة الكونية التي تصدم جزيئات الهواء فوق السحابة يؤينها (أي تفصل الشحنات الموجبة عن الشحنات السالبة). أما المصدر الثاني فهو الحقل الكهربائي الشديد قرب الأجسام ذات الحواف الحادة على سطح الأرض الذي يحدث فراغاً هالياً (Corona discharge) من الأيونات الموجبة، وتنتقل هذه الأيونات إلى الأعلى بالهواء الدافئ الذي يعمل في أثناء صعوده بالحمل مثل سير مولد دي كراف. وتجذب هذه الأيونات بعد بلوغها طبقات السحابة العليا. الأيونات السالبة التي ولدتها الأشعة الكونية فوق السحابة. فتدخل الأيونات السالبة السحابة وتلتصق بسرعة بقطيرات الماء وبلورات الجليد مكونة بذلك (طبقة هائلة) سالبة الشحنة. ووفقاً لهذه الفرضية تنتقل بعدئذ التيارات الهوائية الهابطة عند حد البنية الموجبة لثنائي القطب.

ومع أن الهطل والحمل يشاهدان في كل السحب التي تحدث البرق (وفي الواقع هاتان الظاهرتان غير قابلتين للفصل في السحب الكبيرة) يرى المرء أن فرضية الهطل الأولية (البسيطة) لا تلجأ إلى الحمل، وأن فرضية الحمل لا تستعين بالهطل، وقد قام الفارق بين هذين النموذجين بدور مهم في توجيه الباحثين نحو إدراك الدورين الخاصين بالهطل والحمل في كهربة السحب، إلا أن الأرصاد التي تمّت على مدى الخمسين عاماً الماضية قدمت الدليل على أن البنية الأساسية للسحب الرعدية ليست ثنائية القطب وإنما ثلاثية القطب، فهناك منطقة رئيسية سلبية الشحنة في المركز ومنطقة فوقها موجبة الشحنة، ومنطقة تحتها موجبة الشحنة أيضاً، ولكنها أصغر من التي فوقها. وأبرز سمة للطبقة الرئيسية السالبة الشحنة هي أن لها شكل الفطيرة، أي أن سمكها العمودي أو الرأسي يقل عن الكيلو متر. غير أنه يمكن أن تمتد أفقياً عدة كيلو مترات أو أكثر. وتكون على ارتفاع ٦ كلم حيث درجة الحرارة قريبة من (-٢٥٠م°) ويمكن لأطوار الماء الثلاثة (الجليد، السائل، البخار) أن توجد جنباً إلى جنب في الظروف السائدة هناك. وتصادف أشد الحقول الكهربائية في السحابة الرعدية عند الحدود العليا والدنيا للطبقة الرئيسية السالبة الشحنة.

وتكون كثافة الشحنات الموجبة في الطبقة العليا أقل من كثافة الشحنات السالبة في الطبقة السفلى. فقد تمتد عمودياً بضعة كيلومترات، أي بمقدار ارتفاع السحابة نفسها، وفي مقابل ذلك تكون المنطقة السفلية الموجبة الشحنة من الصغر بحيث تهيمن الشحنة الرئيسية السالبة على الحقل الكهربائي عند سطح الأرض في أحوال كثيرة.

ولقد كونت التيارات الهوائية الهابطة في العواصف الرعدية قلقاً متنامياً طوال العقد

المنصرم للمهتمين بشؤون السلامة في الملاحة الجوية، ويعتقد أن التيارات الهوائية الهابطة الشديدة على نحو استثنائي التي سميت بالانفجارات الميكروية (Micro bursts) قد سببت كوارث عدة لطائرات الخطوط الجوية التجارية. وبينت دراسات حديثة للعواصف الرعدية المستقرة أن هذه التيارات الهوائية الهابطة تعقب ذروة التيار الهوائي الصاعد، والنهاية العظمى لفاعلية البرق ضمن السحابة تقدر بـ ٥ ـ ١٠ دقائق، كما أن التيارات الهوائية الهابطة مرتبطة بالهطل الكثيف الذي ينتج عندما يفقد التيار الهوائي قوته فجأة.

وبينت القياسات أيضاً أن الحقل الكهربائي عند سطح الأرض يقاس اتجاهه في الوقت المذكور فيصبح متجهاً إلى الأسفل بعد أن كان متجهاً إلى الأعلى، كما بينت أن شحنات الهطل موجبة مما يوحي بأن الطبقة السفلية الموجبة الشحنة من السحابة قد نقلت إلى الأرض أثناء الطور الانفجاري المايكروي للتيار الهوائي الهابط، ويمكن لسرعة حدوث البرق ضمن السحابة وانعكاس جهة الحقل الكهربائي على السواء أن ينفعا في تحذير مراقبي حركة المرور الجوية من الأحوال السطحية المنطوية على مخاطرة.

البروق :

ما أن تصير السحابة الرعدية مشحونة إلى الحد الذي يجعل الحقل الكهربائي يتعدى متانة العازل (Dielectrie strength) الموضعية في الجو، وهي مقدرة الجو على تحمل انفصال الشحنات الكهربائية. حتى يومض البرق. ويكون الحقل الكهربائي في تلك اللحظة قريباً من مرتبة مليون فولت لكل متر، وينتقل الانفراغ الكهربائي البرقي (أي المصاحب للبرق) في أقل من ثانية ما يساوي شحنة ٢٠١٠ الكترون، وينتج قدرة كهربائية مقدارها ما يعادل ١٠٠ مليون مصباح كهربائي عادي، وتتحول خلال ذلك الجزء من الثانية الطاقة الالكتروستاتيكية للشحنة المتراكمة إلى طاقة كهرومغناطيسية (الوميض المرئي والأمواج الراديوية على حد سواء) وإلى طاقة صوتية (الرعد) وحرارة في النهاية.

إن كل الانفراغات البرقية الطبيعية تقريباً تنطلق من أحشاء السحابة وتتطور إلى شجرة ذات فرعين: فرع يجتاح مناطق الشحنات السالبة وآخر يجتاح مناطق الشحنات الموجبة، وفي حالة الانفراغ بين السحابة والأرض يصبح فرع الشجرة السالب (دليلاً رئيسياً مدرجاً) (Stepped leader) ينقل إلى الأسفل تياراً سالباً شدته بضع مئات من الامبيرات، وعندما يشير هذا الدليل إلى حدود ١٠٠ متر تقريباً من الأرض تحدث ضربة راجعة (عائدة) تنقل إلى الأعلى تياراً شدته ١٠ كيلو امبيرات (١٠,٠٠٠ كولوم) من الشحنة الموجبة في الثانية . وما يراه المرء بعينه حقاً هو الضربة الراجعة المضيئة. ومن ثم على المرء حينما يتحدث عن الانفراغ بين السحابة والأرض أن لا ينسى أن الانفراغ يتحرك في الاتجاهين بضع عشرات المرات أحياناً.

وقد ركزت دراسات البرق الأولى على الومضات بين السحابة والأرض لأنها متاحة جداً للرصد البصري والتصويري (الفوتوغرافي) ولكن تبين أن البرق أكثر تكراراً وأوسع امتداداً بكثير ضمن السحابة نفسها، حيث يكون محجوباً عن النظر بسبب لا انفاذية السحابة. وحاولت

دراسات أكثر حداثة تحرّى الانفراغ البرقي بمساعدة الرادار وأجهزة تعيين اتجاه الأمواج الراديوية ولواقط الأصوات (المايكروفونات) ويتركز الاهتمام على المسارات التي تأخذها ومضات البرق وعلاقاتها ببنية السحابة. يصادف الانفراغ البرقي في مناطق الهطل وفي مناطق خالية منه ضمن نطاق السحب وخارج حدودها، وغالباً ما تبدو مسارات هذا الانفراغ مشوشة جداً، وهناك ادعاءات كثيرة بأن هذه المسارات هي في الواقع عشوائية، وكثيراً ما ركزت النماذج النظرية لمسارات الانفراغ البرقي على دور الحقل الكهربائي، وبعبارة أخرى كان يعتقد أن شدة الحقل الكهربائي الموضعي واتجاهه يعيّنان مسار الانفراغ البرقي. وحتى وقت قريب أولي دور الشحنة الكهربائية نفسها قليلاً من العناية، مع أن الشحنة هي التي تولد الحقل بحيث يمكن الاعتقاد أن معرفة أحدهما هي في حكم معرفة الآخر فإن على المرء أن يتذكر أيضاً إمكان التوليد الموضعي لحقل كهربائي معين بعدد غير محدد من توزعات مختلفة للشحنات. فموقع الشحنة الكهربائية هو إذن معلومة مختلفة عن معرفة صورة الحقل الموضعي، وهناك تعقيد إضافي هو أن توزع الشحنة والحقل ليسا ثابتين على حالهما بل متغيران باستمرار، وعندما ينشأ الانفراغ البرقي ويقوى فإنه يغير الحقل على نحو مثير جاعلاً عملية النمذجة أصعب بكثير.

الطاقة والدائرة الكهربائية للكرة الأرضية:

يعتقد أن معظم الطاقة الكهربائية لعاصفة رعدية تتحرر على شكل بروق. وقد ذكرت آنفاً أن عاصفة رعدية متوسطة الشدة تولّد بضع ومضات في الدقيقة، ولها قدرة طاقة تساوي تقريباً قدرة محطة نووية. إن قدرة الطاقة الحاصلة تتزايد مثل القوة الخامسة تقريباً لحجم السحابة. فزيادة أبعاد السحابة إلى ضعفيها تزيد القدرة الحاصلة بزهاء ٣٠ مرة. وقد تولد العواصف الرعدية الضخمة انفراغات برقية بتواترات تزيد على ١٠٠ ومضة في الدقيقة.

هناك قاعدة معروفة جيداً في الفيزياء تقول بأن لا شيء يأتي من العدم، فالطاقة الكهربائية التي يحررها الانفراغ البرقي يجب أن تأتي من مكان ما وهي تستمد في البداية من الحرارة التي تسبب تمدد بخار الماء فيصير أقل كثافة من الهواء المحيط به، ولذلك يصعد، وأثناء صعوده يتكاثف أو يتجمد فتنطلق الحرارة الكامنة (Latent Heat) ويبدأ حينئذ الماء السائل أو الجليد بالسقوط. ووفقاً لنموذج الهطل فإن الطاقة التثاقلية التي يحررها الهطل هي الطاقة المتاحة لتكهرب السحابة. وهي تساوي قوة الجاذبية الفاعلة في الكتلة الساقطة بمسافة الهبوط التي تقطعها الكتلة.

تبين القياسات الرادارية للمطر الهاطل ولجسيمات الثلج الرخو أن الطاقة التثاقلية في العواصف المتوسطة الشدة تكون في الواقع أكبر جداً من الطاقة الكهربائية التي يحررها الانفراغ البرقي. وفي حالة العواصف شديدة الفعالية حين يمكن للطاقة الكهربائية أن تكون أكبر بعدة مراتب عشرية، تقدر الطاقتان التثاقليتان والكهربائية بأنهما متساويتان تقريباً. ويتوقع المرء عندئذ، بمُوجب انخفاض الطاقة، أنه في لحظة الانفراغ البرقي، عندما تنقص القوى الكهربائية فجأة، يجب أن تزداد سرعة هبوط الهطل على نحو ملحوظ. وقد

جرت محاولات لقياس هذه الظاهرة بواسطة رادار دوبلر (Doppler radar) الذي يقيس سرعة الأجسام المتحركة، بيد أن المحاولات لم تنجح حتى الآن.

وهناك بعد موازنة طاقة أخرى يجب أخذها بعين الاعتبار وهي موازنة الدارة الكهربائية للأرض بمجملها. أن جو الكرة الأرضية عازل جداً حيث أنه محصور بين ناقلين (موصلين) جيدين هما: سطح الأرض والجو الأعلى والايونوسفير (الغلاف الجوي المتأين). وهاتان الطاقتان هما العنصران غير الفاعلين في الدائرة الكهربائية للكرة الأرضية.

ويوجد بين سطح الأرض السالب الشحنة والجو الموجب الشحنة فرق كمون (جهد) قريب من ٣٠٠,٠٠٠ فولت هو نتيجة الشحن الذي تقوم به العواصف الرعدية التي هي بطاريات الدائرة الكهربائية، فتجري إلى الأعلى تيارات كهربائية شدتها نحو أمبير واحد لكل عاصفة تنطلق من القمم الموجبة للسحب الرعدية وتعود إلى الأرض عبر مناطق الجو الصحوة، ولكي لا تتراكم الشحنة في السحب من غير حد يجب أن يجري تيار شدته أمبير واحد من سطح الأرض إلى أسفل السحابة، وتسهم التيارات المطرية والانفراغ الهالي والانفراغ البرقي في نقل الشحنة هذه، ولكنه في العروض الجغرافية الوسطى غير كافٍ لموازنة التيار العائد في الجو الصحو، فأين يعوض هذا العجز؟

توجد البطاريات المفقودة في المنطقة الاستوائية حيث يكون للعواصف الرعدية وهي أضخم بعدة مراتب عشرية من عواصف العروض الوسطى سرعات ومضية كبيرة بما يكفي لشحن الدائرة الأرضية.

وبإمكان المرء أن يتساءل بحق أولاً عن السبب في أن شحنة الأرض سالبة، إن أفضل تخمين في هذه الأيام هو أن شحنة الأرض السالبة هي نتيجة قرب الأرض من الطرف السالب لبطارية العواصف الرعدية. وهكذا يؤول السؤال إلى سؤال آخر هو لماذا يكون الجزء السفلي من السحابة الرعدية سالباً في الغالب؟، ومرة ثانية يبدو أن الجواب عن هذا السؤال يعتمد على فيزياء الجليد المايكروية المفهومة قليلاً.

وعلى الرغم من الأسئلة العديدة التي لم يعثر على أجوبة لها فإن صورة موحدة لتكهرب السحب بدأت الآن تظهر للعيان. وهي صورة تربط انفصال الشحنات الجاري على مستوى الذرات بومضات الانفراغ البرقي التي تنتقل عبر مسافات تقدر بالكيلومترات إلى دائرة كهربائية تمتد فوق الكرة الأرضية بأسرها.

1 - The role of electric space charge in nuclear lightening:By/ Earle. R. Williams & associate. Journal of Geophysical research, Vol: 93. No. D2, 1998.
2 - The lightening discharge. By/Martine. A. Uman. Academic Press, 1987.
3 - Electrification of thunder storms.
By/ Darle. R. Williams,
Scientific American. Vol.: 6. No. 5, 1989.