العلاقة بين المجال المغناطيسي للارض وتكوّن الشفق القطبي

The relationship between the Earth's magnetic field and the formation of the aurora borealis

أ.م.د. تغريد احمد عمران عيسى القاضي
قسم الجغرافية ونظم المعلومات الجغرافية
كلـــية الاداب/ جا معة بغـــداد

Taghreed Ahmed Umran Alqadi
Department Of Geography
Colleg Of Arts /Baghdad University
taghreedalqadi1@gmail.com

المستخلص:

بسبب احتواء القشرة الخارجية للب الارض على المعادن بصورة مائعة منها معدن الحديد المشكل للنسبة الاعلى منها اضافة الى النيكل. سيكون اللب الخارجي هو المسؤول عن تكوين المجال المغناطيسي الذي يقوم بحماية كوكب الارض من الرياح الشمسية التي لو استطاعت النفاذ الى الارض لكانت النتيجة الاضرار بكل ما هو حي . وعندما تصطدم الرياح الشمسية بطبقة الايونوسفير ألأرضي و تكون مؤينة بفعل الإشعاع الشمسي والكوني يقوم المجال المغناطيسي بأعادة توجيه هذه المواد حول الارض وابقاء تياراتها بعيدة عنها . في نفس الوقت سيؤدي ذلك الى ظهور ظواهر ضوئية تُعرف بالشفق القطبي أو الأورورا أو الاضواء الشمالية والاضواء الجنوبية التي تكون متموجة وذات الوان مختلفة لا سيما عند الاقطاب ، حيث المجال المغناطيسي للأرض يكون اضعف مما يسمح لبعض الجسيمات بأختراق الغلاف الغازي والاصطدام مع جزيئات الغاز لينتج عنها تكون الوان للشفق القطبي الاخضر المصفر، و الاحمر، والاحمر المائل الى البنفسجي، والازرق. وكل لون يكون نتيجة لنوع الجسيمات المصطدمة.

Abstract:

The outer crust of the Earth is responsible for the formation of the magnetic field, because it contains metals in fluid form, especially iron, which is the highest percentage of it, in addition to nickel. The magnetic field protects the Earth from the solar wind, which ,if it could penetrate the Earth, would harm all living things. When the solar wind collides with the ionosphere and is ionized by solar and cosmic radiation, the magnetic field redirects these materials around the Earth and keeps its currents away from it. At the same time, this will lead to the emergence of light phenomena known as the aurora borealis or the northern lights and southern lights that are wavy and of different colors, especially at the poles, where the Earth's magnetic field is weaker . This allows some particles to penetrate the atmosphere and collide with gas molecules and to produce the colors of the aurora borealis, which are yellowish green, red and blue . Each color is the result of same kind of colliding particles.

كلمات مفتاحية: ألمجال ألمغناطيسي للأرض، ألرياح ألشمسية، ألبقع ألشمسية، الشفق القطبي.

المقدمـــــة:

هناك علاقة بين المجال المغناطيسي للأرض وحدوث الشفق القطبي. حيث أن القوة المغناطيسية بين قطبين مغناطيسيين ستحدد التأثير المتبادل بين القطبين سواء بالتنافر إذا تشابه القطبان أو بالتجاذب في حال اختلافهما. وتُقدّر هذه القوة غير المرئية بوحدة يطلق عليها النيوتن ،هذه القوة يُعبر عنها بالمجال المغناطيسي الذي يمتاز بعدم انتظام حركة المواد السائلة في القشرة الخارجية للب الارض مما يولد اختلافاً في اتجاه المجال المغناطيسي خلال الزمن الذي ينعكس أحياناً بحيث يحل قطبه الشمالي بدل محل قطبه الجنوبي وبالعكس. وليس هناك حتى الآن تفسير واضح لسبب تغير المواد المائعة في منطقة اللب الخارجي لاتجاه حركتها والتي تؤدي بالتالي لتغير القطبية المغناطيسية. وتستغرق عملية تغير القطبية حوالي (٢٠٠٠) سنة . وهو الذي يحمي الأرض من الرياح الشمسية الواردة واضطراباتها ، سامحاً لجزء صغير فقط من الجسيمات من أن يصل إلى سطحها ، فهو يعتبر أحد أنواع حقول القوة التي تحمي الأرض من الإشعاع الشمسي، في نفس الوقت تكون عاملا مهما في حدوث احدى اهم الظواهر الضوئية في الكرة الارضية . وقد جاء هذا البحث ليوضح اوجه العلاقة بين المجال المغناطيسي للأرض وبين حدوث ظاهرة الشفق القطبي، وليجيب عن الاسئلة الأتية:

١- ما هي علاقة المجال المغناطيسي بتكون الشفق القطبي عند الاقطاب؟

ولتحقيق هذا الهدف يمكن افتراض الاتي:

١- للمجال المغناطيسي الارضي دور فعال في حدوث الشفق القطبي .

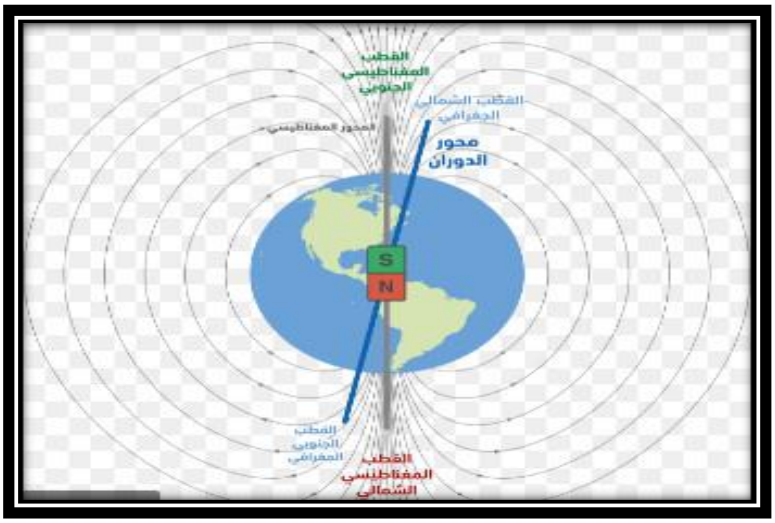
منهجية البحث:

يعتمد البحث على بيان اهمية موضوع المجال المغناطيسي للارض ودوره في انتاج احدى اهم الظواهر الضوئية على وجه الكرة الارضية ، وهو الشفق القطبي الذي يتكون عند القطبين . ورغم ان هذه الظاهرة تبرز وتُرى من قبل سكان المناطق القطبية الا ان احد اسباب تكونها يكون خارج نطاق الغلاف الجوي للأرض وهي العواصف الشمسية . ورغم الكثير من البحوث الجغرافية الاجنبية في هذا المجال تقابله ندرة في البحوث الجغرافية المحلية . لذا جاء هذا البحث ليسلط الضوء هذه الظاهرة.

المجال المغناطيسي للأرض:

تمثل الارض مغناطيساً كروياً كبيراً ، ومحاطة بمجال مغناطيسي يتغير مع الوقت والذي بدوره يتكون من عدة مجالات مغناطيسية ذات مصادر مختلفة ، تتفاعل مع بعضها البعض ، الا ان الحقل او المجال الرئيس والذي يكوّن ٩٠% من المجال المغناطيسي يكون مصدره الارض من خلال أحتواء القشرة المحيطة بلب الكرة الارضية على عدد من المعادن المائعة المتكونة من الحديد والنيكل مع كميات قليلة من العناصر الخفيفة كالكبريت والسيليكون وبعض العناصر المشعة، وكنتيجة لدوران الارض حول محورها ستتكون وتتصاعد تيارات كهربائية كبيرة مكونة مجالاً مغناطيسياً يُحيط بالكرة الارضية(Vishnu Varma et al 2017). وتمتاز خطوط هذا المجال بأنها تكون عمودية في القطبين الشمالي والجنوبي، وافقية عند خط الاستواء،. هذه المغناطيسية الارضية تسيطر على مساحة واسعة تحيط بالارض الشكل(١) ، وتكون فوق طبقة الايونوسفير.

شكل(١) المجال المغناطيسي للارض.



https://www.alarabiya.net/

تكوّن المجال المغناطيسي للارض وموقع الاقطاب :

يتكون المجال المغناطيسي وفقاً للنظرية الديناميكية أن الارض تدور حول نفسها باتجاه عكس دوران عقرب الساعة مع وجود تيارات حمل حراري (Thermal Convection currents) في غلاف اللب الخارجي السائل ووجود لب داخلي صلب مما يؤدي الى توليد تيارات كهربائية خفيفة. ويؤدي التداخل بين التيارات الكهربائية وحركة تيارات الحمل الحراري في غلاف اللب الخارجي إلى توليد مجال مغناطيسي. وتتأثر حركة السوائل في منطقة غلاف اللب بحركة دوران الأرض وبالتالي تؤثر الأخيرة على المجال المغناطيسي للأرض وتكسبه خاصية ثنائية الاستقطاب، حيث يلاحظ أن الأقطاب المغناطيسة متقاربة مع بعضها اغلب الأوقات.

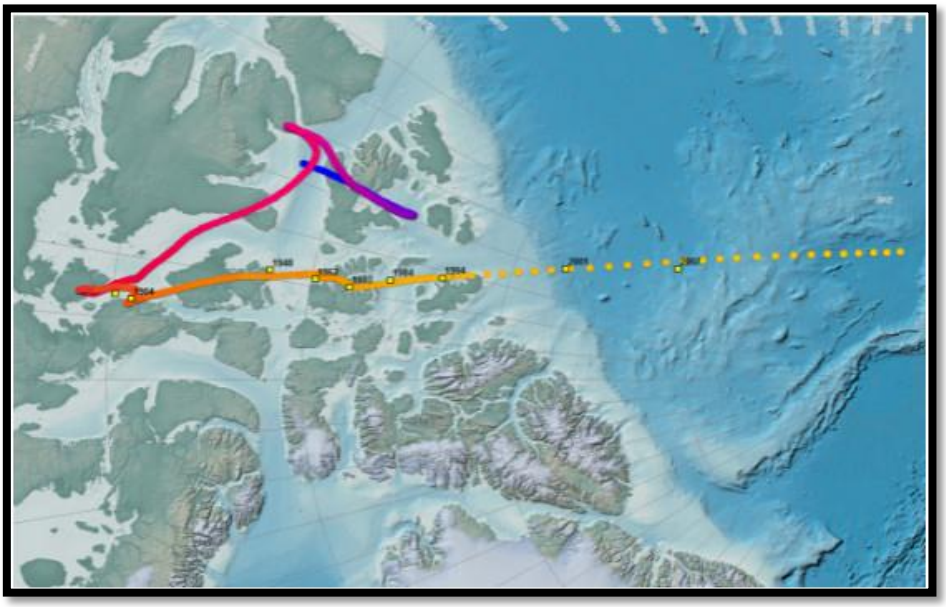
وبذلك يتكون المجال المغناطيسي للأرض تقريبًا مثل المغناطيس الشريطي ومجاله الممغنط ، ويكون له قطبان مغناطيسيان ، أحدهما في القطب الشمالي الكندي وهو القطب المغناطيسي الشمالي واحداثياته الجغرافية (حيث يكون الحقل المغناطيسي الكلي شاقوليا) ، هي ٧٣ درجة شمالاً، ١٠٠ درجة غرباً ، والقطب المغناطيسي الجنوبي يكون قبالة ساحل القارة القطبية الجنوبية ، جنوب أستراليا ، واحداثياته الجغرافية هي ٦٨ درجة جنوباً، ١٤٣ درجة شرقا. ويظهر شكل الحقل المغناطيسي ثنائي القطب dipole field،الذي يمتد داخل الارض من القطب المغناطيسي الشمالي الى القطب المغناطيسي الجنوبي، ويبعد ٤٠٠ كم عن مركز الارض ، ويميل بزاوية ١١,٥ درجة عن محور دوران الارض (ngdc.noaa.gov).

وبما انه يتم توجيه المجال المغناطيسي للأرض عموديًا نحو الأسفل بالنسبة أي الى النصف الجنوبي من الكرة الارضية . والى الاعلى في نصف الكرة الجنوبي ، فأن ذلك سيعني ان القطب المغناطيسي الشمالي (الكندي) هو القطب المغناطيس الجنوبي الفعلي. والعكس صحيح فأن القطب المغناطيسي الجنوبي الواقع (قبالة ساحل القارة القطبية الجنوبية ، جنوب أستراليا) هو القطب المغناطيسي الشمالي الفعلي.

وبسبب حركة الحديد المنصهر في اللب الخارجي للأرض، فأن القطبين المغناطيسيين يغيران مواقعهما باستمرار خلال الزمن (Wollin G, Ericson,1971)، اذ تم اكتشاف(١٧١) حالة انقلاب في القطبية المغناطيسية خلال (٧٦) مليون سنة الماضية ، منها (٩) انقلابات حدثت خلال الأربعة ملايين سنة الماضية (C.L. Johnson,2003) . وكانت أطول فترة متواصلة للقطبية الاعتيادية قد تجاوزت (٣) مليون سنة، في حين سجلت اقصر فترة (٥٠) ألف سنة. أما بالنسبة للفترة الحالية التي تمثل القطبية الاعتيادية فهي مستمرة منذ ما يزيد عن (٧٠٠) ألف سنة (Christophe Gissinger,2012)، كما انه

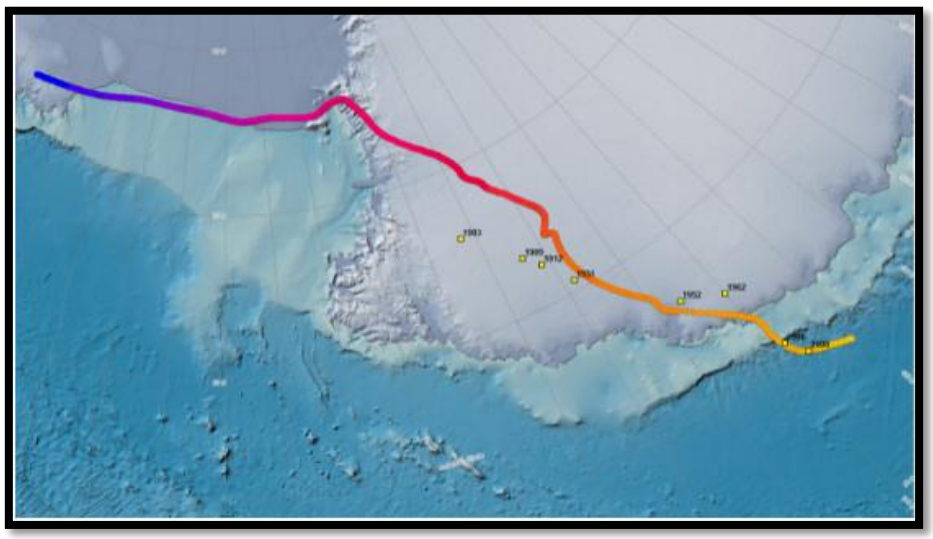
خلال الـ ١٥٠ سنة الماضية تحرك القطبان المغناطيسيان غرباً وبمعدل ٠,٠٥ الى ٠,١ درجة سنوياً مع حركة صافية تجاه الشمال او الجنوب ، الشكلين(٢) و(٣).

الشكل (٢) تغير مواقع الاقطاب المغناطيسية الشمالية للأرض للمدة ١٨٣١- ٢٠٠٧.



المصدر : https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/GeomagneticPoles.shtml

الشكل (٢) تغير مواقع الاقطاب المغناطيسية الجنوبية للأرض للمدة ١٩٠٣- ٢٠٠٠.



المصدر : https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/GeomagneticPoles.shtm

أهمية المجال المغناطيسي للأرض:

يشكل المجال المغناطيسي درع حماية للأرض من الرياح الشمسية، والاخيرة هي عبارة عن ظاهرة فلكية تنتج عن تغير في النشاط الشمسي خلال دورة ١١ سنة او اقل وتسمى بالبقع الشمسية تتميز بأنطلاق غاز يتكون من سلسلة من الجسيمات المشحونة كهربائيًا من الطبقة الخارجية للشمس والمسماة بالاكليل (the corona) الذي تصل درجة حرارته الى ١,١ مليون درجة مئوية، ويتراوح معدل سرعة الرياح الشمسية بين٣٠٠-٨٠٠ كم/ثا، اما درجة حرارتها فتتراوح بين ٨٠٠٠٠٠- ١,٦ ملون درجة مئوية(nasainarabic).

عندما تنطلق الرياح الشمسية بعيدا عن الشمس وفي كل الاتجاهات تكون حاملة معها جسيمات مشحونة وسحباً مغناطيسية . و كميات كبيرة من البلازما(وهي الحالة الرابعة للمواد بعد الحالات الغازية والسائلة والصلبة وتكوّن نسبة٩٩% من المادة الكونية بين النجوم والمجرات ، وتكون عبارة عن غاز متأين والالكترونات فيه حرة وغير مرتبطة بالذرة او الجزيء ، والبلازما ليس لها شكل او حجم محدد فهي تأخذ شكل غاز محايد معتدل شبيه بالغيوم وتتأثر بالمجال المغناطيسي). وعندما تصطدم بطبقة الايونوسفير ألأرضي الواقعة على ارتفاع ٧٥- ١٠٠٠ كم، و تكون مؤينة بفعل الإشعاع الشمسي والكوني . وبسبب الطاقة العالية من الشمس ومن الأشعة الكونية، يُنزع من الذرات في هذه المنطقة إلكترونٌ أو أكثر من إلكتروناتها أي تصبح "مؤيَّنة(ionized) "، وبالتالي مشحونة إيجابًا فأذا وصلت هذه المواد التي تحملها الرياح الشمسية الى سطح الارض فأنه سيؤدي الى الاضرار بكل الكائنات الحية الموجودة .هنا يكون دور المجال المغناطيسي للارض الذي يعمل كدرع حماية اذ يقوم بأعادة توجيه هذه المواد حول الارض وابقاء تياراتها بعيدة عنها. فبعد ان تصطدم هذه المواد بالمجال المغناطيسي لاقطاب الارض سيؤدي الى ظهور ظواهر ضوئية تُعرف بالشفق القطبي أو الأورورا أو الاضواء الشمالية والاضواء الجنوبية التي تكون متموجة وذات الوان مختلفة لا سيما عند الاقطاب ، لان المجال المغناطيسي للأرض يكون اضعف عند القطبين مما يسمح لبعض هذه الجسيمات من اختراق والدخول الى الغلاف الجوي لتصطدم مع جزيئات الغاز هناك مكونة تلك الاضواء (nasainarabic.net) التي تكون مرئية لكل الذين يعيشون شمال دائرة عرض ٦٠ درجة، وبمدى لا يبعد عن القطبين المغناطيسيين اكثر من ٢٥ درجة(موسى ٢٠٠٦).

أشكال والوان الشفق القطبي:

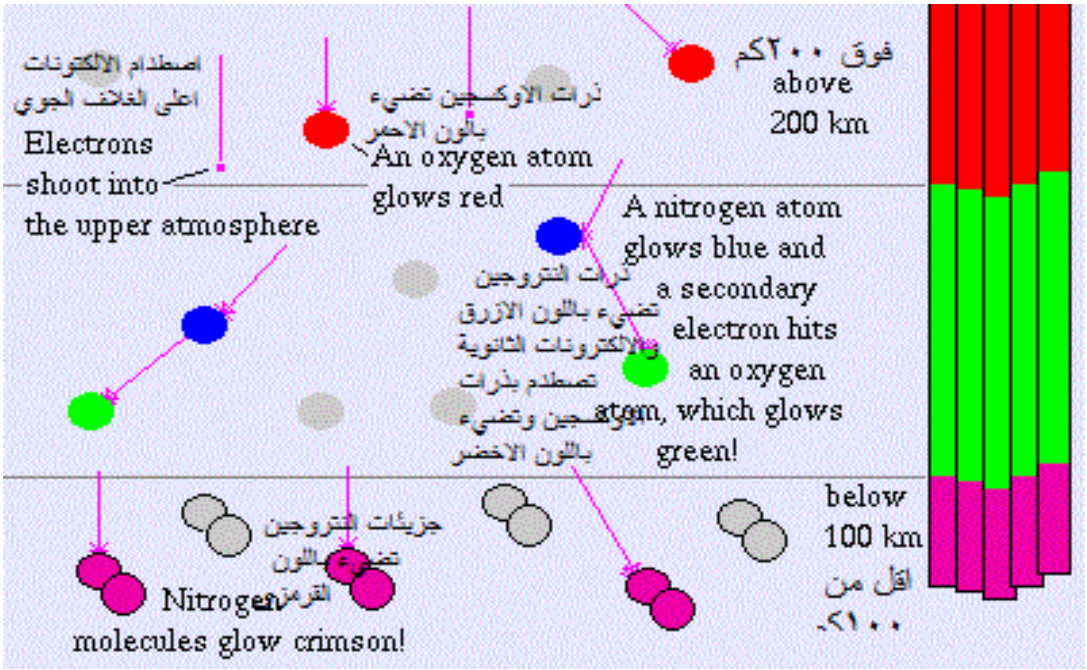
الشفق القطبي عبارة عن اضواء مشعة وبراقة تظهر في القطبين بعد غروب الشمس واحيانا قبل شروق الشمس وتستمر من بضع دقائق الى عدة ساعات. ويتخذ الشفق القطبي شكلين محددين هما:

١- شفق على شكل اشرطة متدلية:وتكون الاضواء فيه على شكل شرائط قوس قزح طويلة ملونة متدلية من السماء، و تبدأ كل من الثنايا الضوئية في الظهور و تتطابق ثم تتجمع مع بعضها البعض، و تكون على شكل حزم ضوئية تمتد لعشرات الكيلومترات.

٢- شفق على شكل غيوم : ويكون على شكل مجموعة من الأضواء الملونة التي تغطي مساحة كبيرة جدا من السماء و تتكون على شكل غيوم ملونة و سحب شفافة وغالبا ما يظهر هذا النوع بعد انتهاء نشاط الشفق الشريطي، بالضبط عندما تتشتت الإشعاعات الوردية الناتجة عن الحزم الشعاعية.

هناك عدة الوان للشفق القطبي منها الاخضر المصفر، و الاحمر، والاحمر المائل الى البنفسجي، والازرق. وكل لون يكون نتيجة لنوع الجسيمات المصطدمة. اذ ان اللون الاخضر والاصفر ينتج عن جزيئات الاوكسجين الموجودة على ارتفاع ١٠٠ كم . اما اللون الاحمر فينتج عن جزيئات الاوكسجين الموجودة على ارتفاع ٢٠٠ كم، اما اللونين الاحمر المائل الى البنفسجي والازرق فيكون نتيجة التفاعلات الحاصلة بين النيتروجين والجسيمات المشحونة وعلى ارتفاع اقل من ١٠٠ كم ، الشكل (٤).

شكل(٤) اسباب تكون الوان الشفق القطبي وارتفاعاته.



http://ffden-2.phys.uaf.edu/211.fall2000.web.projects/Christina%20Shaw/AuroraColors.html

ويمكن رؤية الشفق القطبي بوضوح في المنطقة المعروفة باسم منطقة الشفق القطبي المحدّدة بدائرتي العرض ٣°، و ٦° وخطي الطول ١٠°، و٢٠° من الأقطاب المغناطيسية الأرضية(ar.sweden.se) في كل من السويد وكرينلاند وايسلند والاسكا وأسكتلندا وكند والنرويج وفنلندا. وبسبب العاصفة المغناطيسية التي تعمل على توسيع نطاق امتداد الشفق القطبي الى ما يقارب ٢٠٠٠ كم مما يتيح للمناطق غير القطبية رؤية هذه الظاهرة .

الاستنتاجـــات:

١- أن الارض عبارة عن مغناطيس كبير يتكون نتيجة حركة الحديد والمعادن المذابة في القشرة الخارجية للب الارض وبسبب دوران الارض حول نفسها سيؤدي الى تكوين تيارات كهربائية وان التداخل بين التيارات الكهربائية وتيارات الحمل الحراري في القشرة الخارجية للب الارض الى تكوين المجال المغناطيسي للارض.

٢- ان تأثر حركة المواد المذابة في منطقة غلاف اللب بحركة دوران الأرض وبالتالي تؤثر الأخيرة على المجال المغناطيسي للأرض وتكسبه خاصية ثنائية الاستقطاب كما في المغناطيس العادي.

٣- اهم وضيفة للمجال المغناطيسي للارض هو حمايتها من الرياح الشمسية الضارة .

٤- ان اصطدام الرياح الشمسية بالمجال المغناطيسي للارض سيكون ظاهرة ضوئية فريدة من نوعها في العالم وهي الشفق القطبي او الاضواء الشمالية والجنوبية التي تظهر بعدة الوان منها الاخضر المصفر، و الاحمر، والاحمر المائل الى البنفسجي، والازرق. وكل لون يكون نتيجة لنوع الجسيمات المصطدمة في منطقة الايونوسفير .

٥- يمكن مشاهدة الشفق القطبي بوضوح شمال دائرة عرض ٦٠ درجة شمال وجنوب الكرة الارضية.

المصـــــادر :

١- كريم، ليث محمود. زكي، وفاء حسن علي. حسن، نجلاء أوزار. ٢٠١١، " تأثير دورة البقع الشمسية (٢٣) على المجال المغناطيسي الارضي فوق العراق" ،مجلة كلية التربية للعلوم ، جامعة بغداد، العدد ١، صفحة٤٦.

٢- موسى، علي حسن، ٢٠٠٦، " موسوعة الطقس والمناخ" ، الطبعة الاولى ، نور للطباعة والنشر والتوزيع، دمشق، ص ٤٦٠ .

3- Christophe Gissinger, Martin Schrinner, Emmanuel Dormy, , 2012 ," Bistability between Equatorial and Axial Dipoles during Magnetic Field Reversals", Physical Review Letters.

4-C.L. Johnson, Catherine Constable, Lisa Tauxe,2003," Geophysics. Mapping long-term changes in Earth's magnetic field" , Article in Science,p.2044.

5-Kilifarska,Natalya,Andreeva.,Bakhmutov,Vladimir., G.V.Melnyk., 2020 , " The hidden link between Earth's magnetic field and climate", Elsevier Inc, p.17.

6- K Scherer, H Fichtner, B Heber, , 2005, "Space Weather: The Physics Behind a Slogan", Sipringer, Berlin ,p.138.

7- Q-Z. Luo, N. D'Angelo, and R. L." Merlino,1998, Shock formation in a negative ion plasma",PHYSICS OF PLASMAS, VOLUME 5, NUMBER 8,p.2868.

8- Vishnu Varma R Vejayan . 2017." What creates Earth's magnetic field".,The Science of Everything Magazine.

9- Wollin G, Ericson DB, Ryan WBF. Magnetism of the Earth and climatic changes. Earth Planet. Sci. Lett. 1971; 12: 175-183.

10-https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/faqeom.shtml.

11-https://nasainarabic.net/main/articles/view/solar-wind.

12- https://nasainarabic.net/education/articles/view/see-the-northern-light.

13- https://ar.sweden.se/climate/nature/northen lights.

14-http://ffden2.phys.uaf.edu/211.fall2000.web.projects/Christina%20Shaw/AuroraColors.html .