التلسكوب الشمسي الموجود بقسم الفيزياء والفلك

كلية العلوم- جامعة الملك سعود

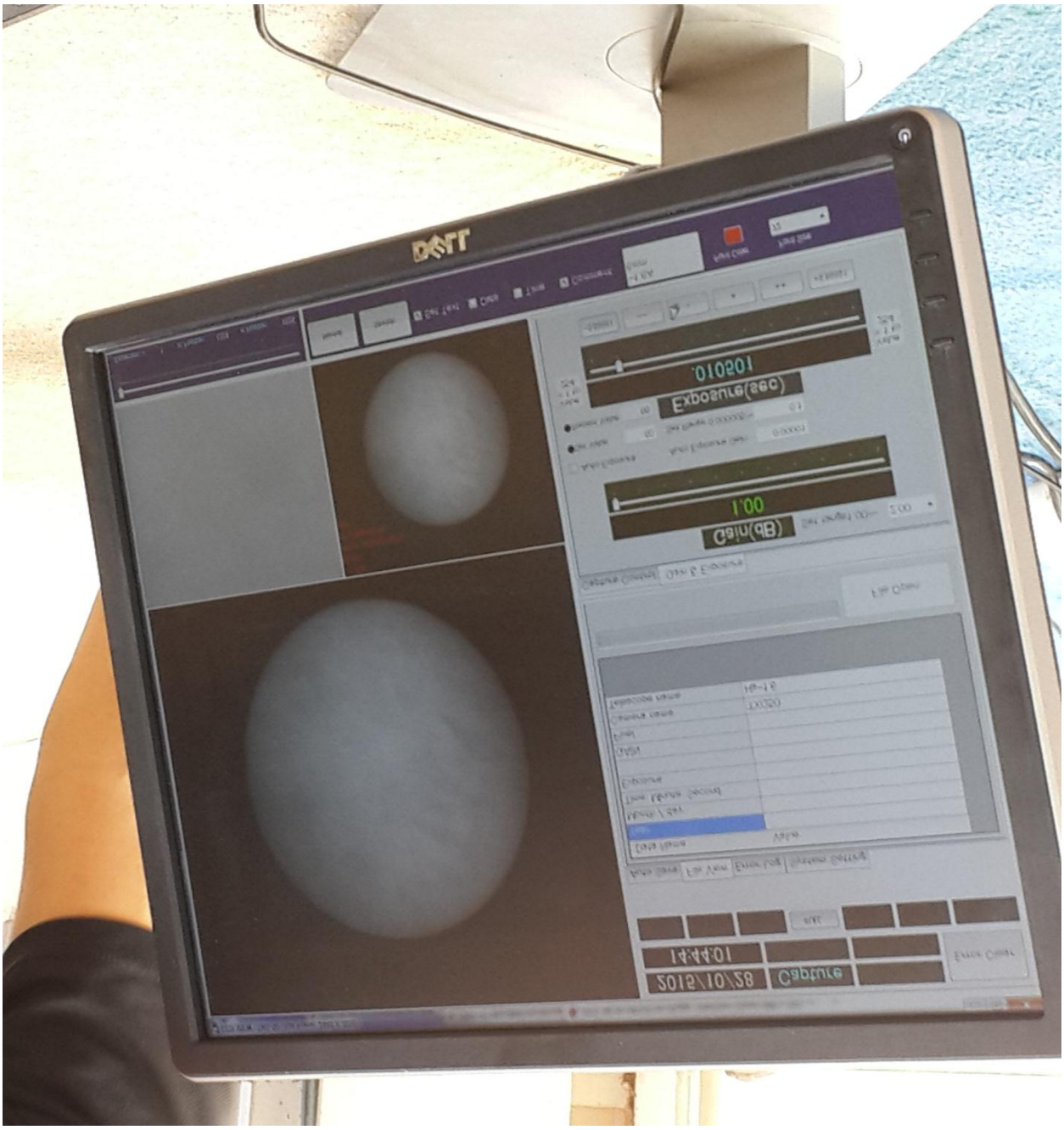
أ.د. محمد صالح النواوي

يوجد بوحدة الفلك بقسم الفيزياء والفلك تلسكوب شمسي حديث (يعمل منذ أول نوفمبر 2015) تم تصنيعه في اليابان ليحاكي نظاما يعمل بالفعل في اليابان بحيث يتتبع هذا النظام الشمس في 3 بلدان: اليابان – السعودية- بيرو ومن خلال هذه الشبكة الدولية للأرصاد يمكن تتبع الأنشطة الشمسية على مدار الأربع وعشرين ساعة وعلى مدار الأعوام. وبالطبع يمكن الاستفاده من هذه الشبكة المتكاملة في توجيه تحذيرات لجهات عديدة فيما لو حدثت أنشطة شمسية عنيفة وتؤثر على كوكبنا ويمكن التنبؤ بها . والميزة الأساسية هي أن هذا المرصد يعتبر مصدر محلي لما يمكن أن نحذر منه وبالتالي تعمل الجهات المختصة على تفادي المشاكل أو على الأقل تقليل أضرارها.

وفيما يلي صور لهذا التلسكوب

وفي الصورة التالية شبكة الحاسبات المرتبطة بالتلسكوبات

وفي الصورة التالية ما يظهر على أحد الشاشات من صورة لقرص الشمس في خط طيفي محدد حيث يتم تسجيل خمس صور لقرص الشمس وما يظهر عليه من أنشطة كل 20 ثانية .


DSTT
Exposure(sec)
Gain(dB)
Capture

A- وفيما يلي أهم النقاط التي يعود بها المرصد الشمسي على المملكة:

1- تتبع الأنشطة الشمسية العنيفة وعملية التنبؤ بموعد وصولها للأرض

2- بناء على تلك الأرصاد يمكن التنبؤ بالعواصف المغناطيسية والتي تؤثر على الاتصالات وشبكات الكهرباء

3- كما تنتج الأنشطة الشمسية العنيفة اضطرابات في طبقة الأيونوسفير ومن ثم تتأثر الاتصالات بتلك الاضطرابات فيمكن تتبع تلك الاضطرابات ومن ثم معرفة الأسباب وراء حدوث اضطرابات في الاتصالات هل هي بسبب الأنشطة الشمسية أم بأسباب أخرى من تشويش وغيره.

4- تتأثر أنابيب البترول بحدوث العواصف المغناطيسية لذا فشركات البترول أيضا من الجهات التي يفيدها تتبع تلك الأحداث.

5- لاشك أن وجود هذا المرصد في الرياض سيجعلها قبلة للعلماء من شتى أنحاء العالم المتقدم لأهمية هذه النوعية من المراصد.

6- هذا غير الفوائد البحثية التي ستعود علي الباحثين في هذا التخصص.

7- تكوين كوادر وطنية في هذا المجال الحيوي.

B- الجهات المستفيدة:

الجهات التي يمكن أن تستفيد من هذا المشروع داخل المملكة هي:

1- شركة الاتصالات

2- وزارة الكهرباء(شركة الكهرباء)

3- شركات البترول

4- محطات رصد المغناطيسية الأرضية والمتخصصين في الجيوفيزياء.

5- مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتكنولوجيا (الأقمار الصناعية – مركز الرياضيات والفيزياء).

6- بعض المهتمين من تخصص البيولوجي بمجال الحيوانات المهاجرة.

C- الإجراءات التي يمكن أن تأخذها الكلية والجامعة لتفعيل البندين الأول والثاني(A,B) :

1- التواصل مع الجهات المستفيدة

2- عمل ورشة عمل تدعي إليها الجهات المستفيدة لوضع استراتيجيات لتفعيل التعاون في الاستفادة من امكانات التلسكوب وما ينتج عنه من نتائج

3- توفير مجموعة من الفنيين لضمان المراقبة اليومية والتواصل مع الجهات المستفيدة

4- من المتصور أن تتشكل مكاتب اتصال بين الجهات المعنية ووحدة الفلك لتخدم الأهداف المرجوة.

5- انشاء كرسي لأبحاث الشمس ويكون الهدف الرئيسي منه هو ادارة هذا التفعيل للبندين السابقين واثراء العملية البحثية في هذا المجال.

D- فكرة تفصيلية عن التلسكوب الشمسي بجامعة الملك سعود وطريقة عمله :

في الصورة التالية شرح لمكونات النظام (تلسكوب FMT) حيث يتكون من مجموعة من التلسكوبات كل تلسكوب عليه فلتر ليقيس طيفا محددا على الوجه التالي:

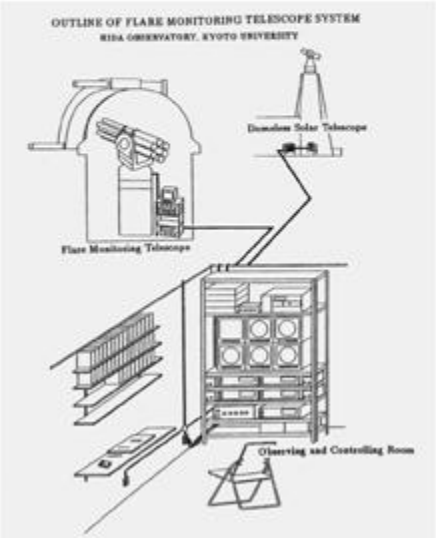
1- تلسكوب مركزي يقيس طيف H ألفا

2- تلسكوبان يقيسان بانحرافين ,0.6 nm+ ,01.2 nm+ عن الطيف المركزي

3- تلسكوبان يقيسان بانحرافين 0.6 nm- ,1.2 nm- عن الطيف المركزي

شكل(1) شكل كروكي لنظام FMT لرصد الشمس

Outline of FMT system



وفيما يلي النظام في مرصد هيدا بجامعة كيوتو اليابانية والذي يعمل منذ عام 1992 وحتى الآن.

شكل(2) نظام FMT لرصد الشمس في مرصد هايدا الياباني بجامعة كيوتو

Main instruments
Flare Monitoring Telescope (FMT)
(Hida Obs., Kyoto Univ.)
1992- 2010
for space weather research

Full Sun Hα, Hα±0.8Å,
continuum image, limb prominence
On video (2sec cadence) and
CD-ROM (1min cadence)
with 4.2 arcsec pixel

Images of flares and prominence
eruptions are open through
http://www.kwasan.kyoto-u.ac.jp/Hida/FMT/

Consisting of
Six 6.4cm telescopes

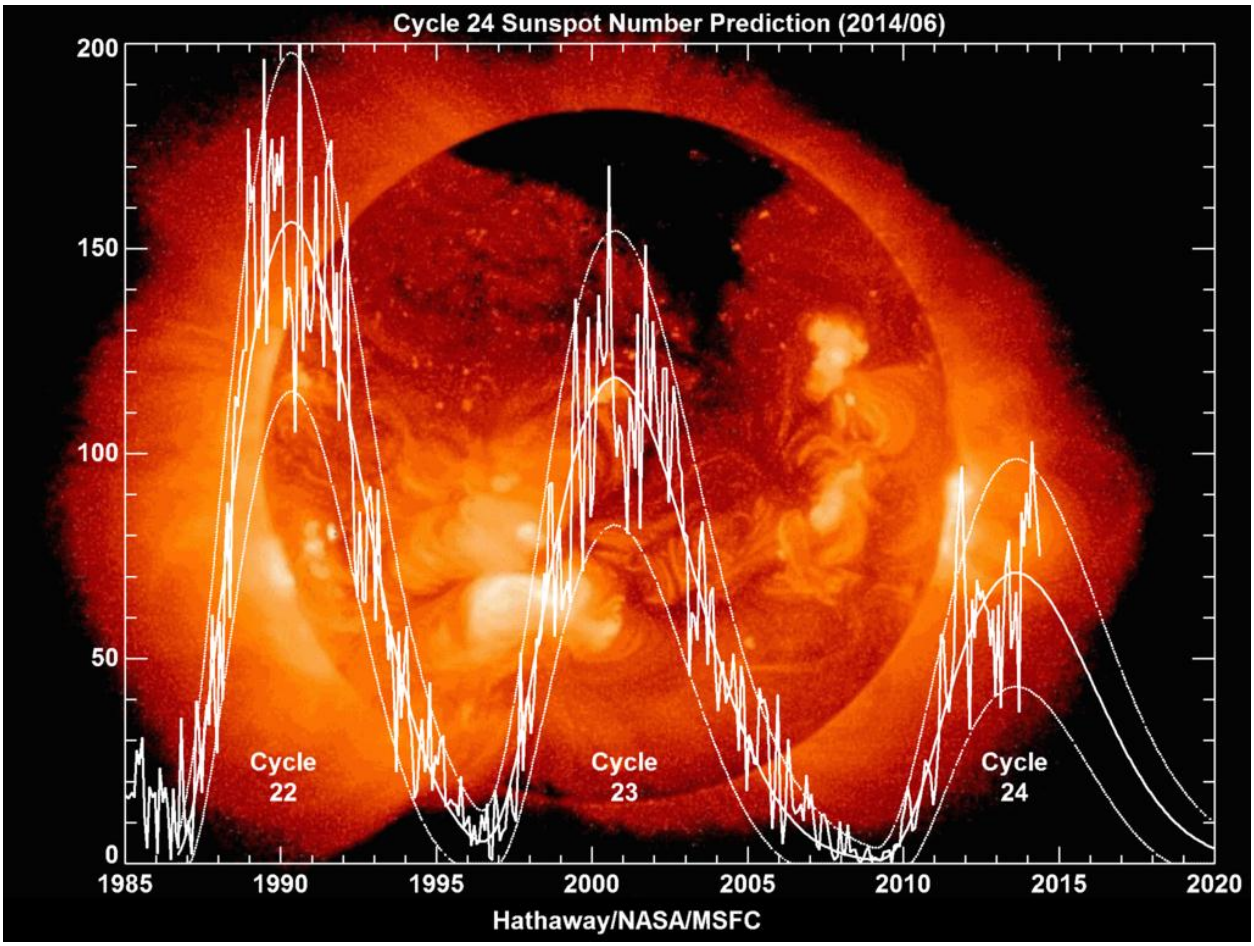
E- كيف تؤثر الشمس على الأرض ؟

للشمس تاثيرات عديدة على كوكبنا ويمكن ان نلخص اهمها فيما يلي:

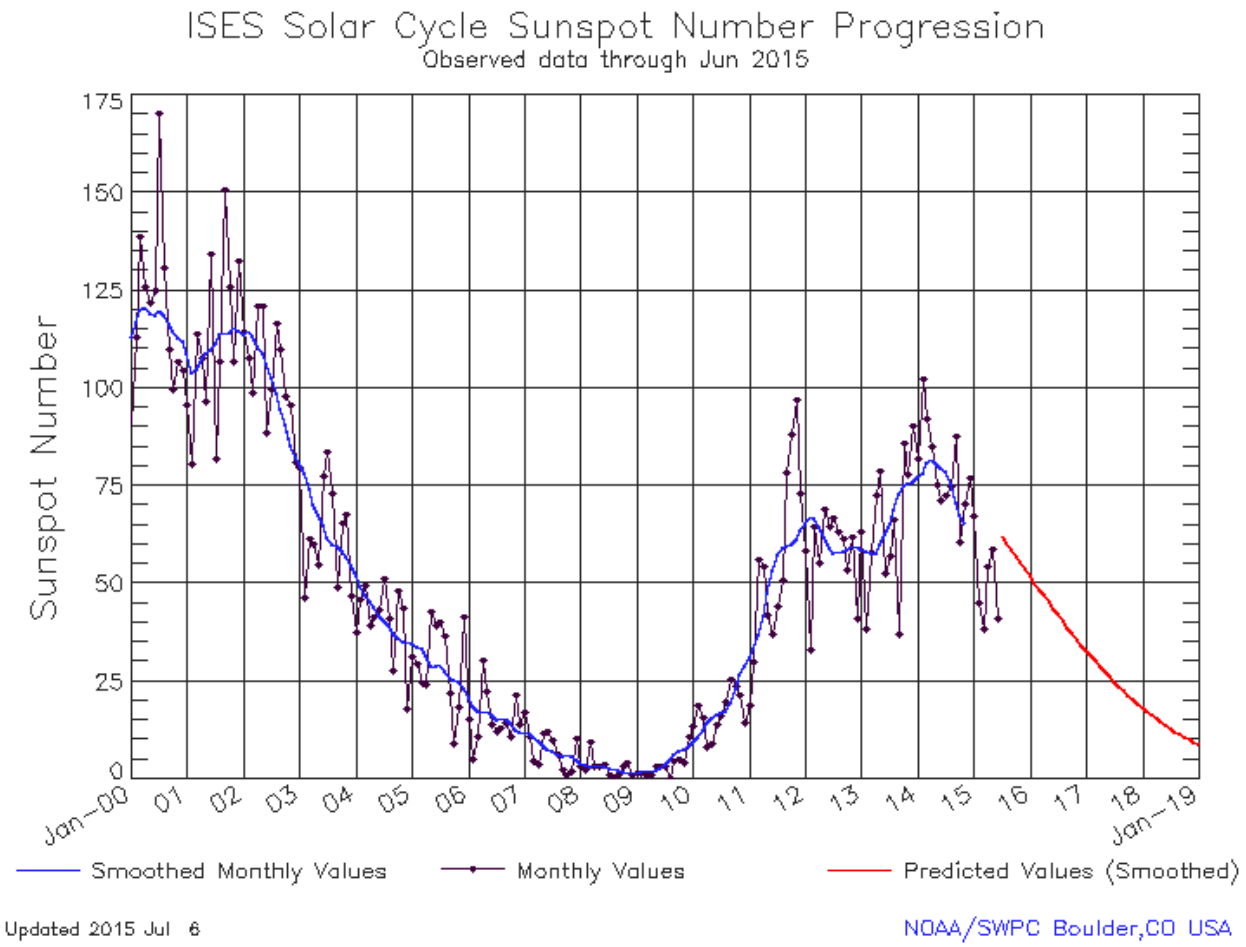
1- أشعة الشمس بتفاعلها مع جزيئات الهواء هي مصدر الضياء الذي ننعم به نهارا وطريقة ميل الأشعة الشمسية على سطح الأرض في أي بقعة على الأرض هي التي تتسبب فيما نشعر به من حدوث الفصول الأربعة
2- ظاهرة الشفق القطبي Aurora والتي ترصد بالقرب من المنطقتين القطبيتين هي نتاج وصول جزء من الرياح الشمسيه بالقرب من طبقات الجو العليا وتفاعلها مع جزيئات الهواء مما ينتج عنه هذه الظاهرة والتي لا ترى إلا عند خطوط العرض القريبة من القطبين الشمالي والجنوبي.
3- تصدر من الشمس ثلاثة أنشطة ذات أهمية كبيرة لما يعرف بالعواصف المغناطيسية الأرضية وهذه الأنشطة هي:
   أ- الانفجارات الشمسية flares وما يصحبها من مقذوفات الكرونا CME(Coronal Mass Ejections) حيث يمثل خروج مقذوفات الكرونا واذا توجهت نحو الأرض مصدرا أكيدا لحدوث العواصف المغناطيسية على الأرض Geomagnetic storms.
   ب- الرياح الشمسية وبصفة خاصة الرياح الشمسية القوية أذا توجهت نحو الأرض فتتسبب أيضا في حدوث العواصف المغناطيسية الأرضية.

ت- إن توفر كميات كبيرة من الجسيمات الشمسية المشحونة وتخزينها في مناطق أحزمة الأشعة في الغلاف المغناطيسي الأرضي يمكن أن تتسبب في حدوث بعض العواصف المغناطيسية الأرضية. وبالطبع هذه الجسيمات المشحونة مصدرها الأنشطة الشمسية.

تزداد الأنشطة الشمسية وبالتالي يزداد معدل حدوث العواصف المغناطيسية في فترة ذروة النشاط الشمسي وتقل في فترات قيعان(ضعف) النشاط الشمسى. وهي دورة تستغرق في المتوسط 11 سنة. ما بين قمة وقاع. وفي عام 2015 النشاط الشمسي في منتصف الدورة 24 للنشاط الشمسي حيث كانت الفترة 2013-2015 هي قمة الدورة فيما نعتقد حتى الآن(كما هو واضح من شكلي(4,5)) وبالتالي في السنوات القادمة ستكون فترة الهبوط في النشاط الشمسي. ومن استقراء الدورات السابقة فإن فترة الهبوط على الأقل في أولها يمكن أن تحدث أنشطة قوية وبالتالي من المتوقع ان تحدث فيها عواصف مغناطيسية على الأرض.



شكل(4) دورات البقع الشمسية 22و23و24. الدورة 24 هي الدورة الحالية.



شكل(5) دورة البقع الشمسية الحالية والتي بدأت في عام 2009 . الخط الأحمر يشير للجزء المتوقع من الدورة حتى نهايتها والتي من المتوقع أن تنتهي قبل عام 2020.

من شكل(5) يظهر قمتان للبقع الشمسية الأولى وصلت قمتها في سنة 2012 والثانية وصلت قمتها فيما بين عامي 2014-2015.

4- ومن الأنشطة الشمسية المهمة والتي يمكن أن تؤثر على الغلاف المغناطيسي للأرض فيوضات من البروتونات proton event تتبعها المراصد الفلكية وهي أيضا من الظواهر التي يصعب التنبؤ بها.

5- كما تؤثر الأنشطة الشمسية على طبقة الأيونوسفير وتحدث فيها ما يشبه العواصف المغناطيسية في طبقة الأيونوسفير تعرف باسم Ionospheric storms أي عواصف الأوينوسفير وهي ناتجه عن وصول كميات كبيرة من الألكترونات من الانفجارات الشمسية ومقذوفات الكرونا إلى الأيونوسفير . عواصف الأيونوسفير تتسبب في اضطرابات في مستوى انتشار الأيونات والمحتوى العمودي

للألكترونات Total electron content وهذا بدوره يؤثر على الاتصالات وعلى النظم الكهربية بالأقمار الصناعية وكذلك نظم توجيه الطائرات.

6- كما تحدث اضطرابات في الطبقة D من الأيونوسفير كنتيجه بعد حدوث عواصف الأيونوسفير بعدها بأيام وهي تعرف Ionospheric sudden Disturbances (ISD) وهي تسبب بعض المشاكل في الاتصالات.

F- ما هي العواصف المغناطيسية الأرضية؟

العواصف المغناطيسية الأرضية عبارة عن اضطراب مفاجئ يحدث في الغلاف المغناطيسي الأرضى بسبب وصول رياح شمسية شديدة أو سحب مغناطيسية من الشمس مما يؤدي إلى زيادة في البلازما التي تتحرك في الغلاف المغناطيسي الأرضي ويحدث زيادة في التيار الكهربي داخل الغلاف المغناطيسي للأرض وتتبعه زيادة في التيار الكهربي في الأيونوسفير. الاضطراب الذي يحدث في الغلاف المغناطيسي مصدره وصول مقزوفات الكرونا CME او بلازما بسرعات عالية(corotating interaction region, CIR)

CME التي تتسبب في العواصف المغناطيسية يزداد معدل حدوثها في فترة قمة النشاط الشمسي اما CIR فيزداد معدلها في فترة ضعف النشاط الشمسي. وبشكل عام فإن معدل حدوث العواصف المغناطيسية يزداد مع زيادة البقع الشمسية ويقل مع قلة عدد البقع الشمسية

ويوجد العديد من المظاهر المرتبطة بالمناخ الفضائي تكون مصاحبة او حتى ناتجة عن العواصف المغناطيسية مثل:

1- حوادث وصول البرتونات الشمسي ذات الطاقة العالية SEP events
2- التيارات المكثفه في الغلاف المغناطيسي Geomagnetically induced currents (GIC)
3- اضطرابات الأيونوسفير والتي تسبب مشاكل في الاتصالات الراديوية والرادارية مما يتسبب في مشاكل في عمليات تحديد المواقع navigation بواسطة البوصلة المغناطيسية وكذلك تتسبب في حدوث ظاهرة الشفق حتى خطوط عرض منخفضة. فمثلا في عام 1989 حدثت عاصفة مغناطيسية قوية ادت لتكون تيارات كهربية مكثفة أدت لمشاكل في شبكات الكهرباء في مقاطعة Quebec وظهر الشفق القطبي حتى جنوب تكساس.

ومن الناحية العلمية يقاس حدوث العواصف المغناطيسية من خلال تغير فيما يعرف بمقياس اضطراب زمن العاصفة (Disturbance- storm time , Dst) حيث يقيس Dst index القيمة المتوسطة للمركبة الأفقية للمجال المغناطيسي الأرضي . ويقاس Dst مرة كل ساعة وقيمه تتراوح ما بين 20+ nT إلى20- nT

وللعاصفة ثلاث أطوار: أولي – رئيسي – رجوع

في الطور الأولي يحدث زيادة من 20-50 nT في عشرا الدقائق مع ملاحظة ان هذا الطور قد لا يظهر في كل حالات العواصف المغناطيسية.

أما الطور الرئيسي: فهو معروف بنقص في Dst إلى أقل من 50- nT والتناقص يتراوح ما بين

(-50 nT to - 600 nT) ويستمر هذا الطور 2-8 ساعات.

أما طور العودة recovery: حيث تعود قيمة Dst إلى وضعها الطبيعي وهذا الطور يستغرق من 8 ساعات إلى أسبوع.

وتقسم العواصف إلى الأقسام التالية:

1- متوسطة (-50 nT≥ Dst ≤ -100 nT)
2- شديدة (-100 nT≥ Dst ≥ -250 nT
3- عاصفة ضخمة super storm (Dst ≥ -250 nT)

بعض العواصف التاريخية:

1- في سنة 1859 سجلت عاصفة مغناطيسية عالية من 28 أغسطس حتى 2 سبتمبر من نفس السنة وقد سجل معامل Dst تناقص حتى 1760 nT- وعانت اسلاك التليغراف في الولايات المتحدة واوروبا من فرق جهد عالي بحيث حدث صدمات لبعض العاملين في التليغراف وحدث حرائق وشوهد الشفق القطبي في هاواى والمكسيك وكوبا وحتى ايطاليا وهي احداث من المتوقع الا تتكرر إلا كل 500 عام
2- في 17 نوفمبر 1982 وفي مايو من عام 1921 عواصف مغناطيسية ادت لاضطرابات في خدمات التلغراف وحدوث حرائق وفي عام 1960 حدثت اضطرابات واسعة في الأشعة الراديوية.
3- في سنة 1989 العاصفة المغناطيسية أحدثت اتلاف في شبكة الطاقة في كوبيك في ثواني وظل حوالي 6 مليون ساكن بدون كهرباء لتسع ساعات وظهر الشفق في جنوب تكساس وهذه العاصفة نتجت عن CME قذفت من الشمس في 9 مارس 1989 ووصل معامل Dst إلى 589 nT-
4- في 14 يوليو سنة 2000 حيث حدث انفجار شمسي X5 flare ونتج معه CME مما أدي لحدوث عاصفة مغناطيسية في 15-17 يوليو وكان Dst = -301 nT ولكن لم تسجل مشاكل على الأرض وقتها
5- 17 انفجار شمسي قذفت فيما بين 19 اكتوبر وحتى 5 نوفمبر 2003 وأحد هذه الانفجارات وصل لقيمة X28 تسببت في حدوث غياب للاتصالات الراديوية في 4 نوفمبر. بالطبع صاحب هذه الانفجارات سلسلة من CME مما تسبب في حوث عدة عواصف مغناطيسية كما يلي:
(Dst: -151, -353 , -383 , -69 nT) وتعرف تلك السلسلة باسم Halloween solar storm وحدث في تلك الآونة انقطاع كهربي لمدة 30 ساعة في مساحة كبيرة WAAS بسبب العواصف المغناطيسية. كما أن القمر الياباني ADEOS-2 حدثت به تلفيات خطيرة واضطربت العديد من الأقمار الصناعية.

G- ما هي تأثيرات العواصف المغناطيسية الأرضية على كوكبنا ؟

قدم الفلكيون تقسيما حديثا للعواصف المغناطيسية الأرضية حسب درجة تأثيرها وفيما يلي ملخص لهذا التقسيم:

G class	قوتها	المخاطر	Kp	عدد أيام العاصفة
G5	Extreme	1- Power system: widespread voltage control problems and protective system problems can occur- some grid system may experience complete collapse or breakouts – transformers may experience damage 2- Spacecraft operation: extensive surface charging- problems with orientation- uplink/downlink and tracking satellites. 3- Other systems:pipeline currents can reach hundereds of amp- HF radio propagation may be impossible in many areas for one to two days – satellite navigation may de degraded for days- low frequency radio navigation can be out for hours – aurora has been observed as low as Florida and southern Texas (40 deg. Latitude).	9	4 days/cycle
G4	severe	1- Power system: possible widespread voltage control problems and some protective system will mistakenly trip out key assests from the grid. 2- Spacecraft operation: may experience surface charging- and tracking problems. Corrections may be needed for orientation problems. 3- Other systems: pipeline currents affect preventive measure - HF radio propagation sporadic– satellite navigation may de degraded for hourss- low frequency radio navigation disrupted and aurora has been observed as low as 45 degree of latitude.	8	60 days/cycle
G3	strong	1- Power system: voltage corrections may be required- false alarms triggered on some protection devices. 2- Spacecraft operation: surface chargingmay occur on satellite components- drag may increase on LEO satellites and correction may be needed for orientation problems. 3- Other systems: internet satellite navigation and low-frequency radio navigation problems may occur- - HF radio propagation may be intermittent–and aurora has been observed as low as 50 degree of latitude.	7	200 days/cycle
G2	moderate	1- Power system: high-latitude power systems may experience voltage alarms- long duration storms cause transformers damage. 2- Spacecraft operation: corrective actions to	6	600 days/cycle

		orientation may be required by ground control- possible changes in drag affect orbit predictions. 3- Other systems: HF radio propagation can fade at higher latitudes –and aurora has been observed as low as 55 degree of latitude.		
G1	Minor	1- Power system: weak power grid fluctuations can occur. 2- Spacecraft operation: minor impact on satellite operation is possible. 3- Other systems: migratory animals are affected at this and higher levels –and aurora has been observed high latitudes (Michigan and Maine).	5	1700 days/cycle

جدول(1) تقسيمات العواصف المغناطيسية حسب درجات خطورتها وأهم تأثيراتها.

أكثر هذه الحالات خطورة هي العواصف من الفصيلين G4-G5 . حيث لها تأثيرات عديدة على الأقمار الصناعية وكذلك على الكوكب نفسه.

كيف تحدث العواصف المغناطيسية ؟

عندما تصل الرياح الشمسية او مقذوفات الكرونا CME إلى الغلاف المغناطيسي الأرضي كما هو مبين في الشكل التالي.هذه الرياح او مقذوفات الكرونا تكون محملة على سحابة من المجال المغناطيسي وتكون شمالية او جنوبية الاتجاه فإذا كانت جنوبية الاتجاه فعندها يمكن توقع حدوث عاصفة مغناطيسية حيث في تلك الحالة فإن المجال المغناطيسي الجنوبي يمكن ان يحدث اعادة تواصل reconnection في منطقة النهار من الغلاف المغناطيسي. حيث يحدث دخول سريع للمجال المغناطيسي القادم من الشمس (Interplanetary magnetic field, IM)ومعها الشحنات ذات الطاقات العالية إلى المجال المغناطيسي الأرضي. ومع حدوث العاصفة المغناطيسية فإن الأيونوسفير وبصفة خاصة الطبقة F2 تصبح غير مستقرة وقد تنقسم او حتى تختفي وعند القطبين تشاهد ظاهرة الشفق القطبي.

G- ما هي تأثيرات العواصف المغناطيسية الأرضية على كوكبنا ؟

لقد سجلت دراسات البيئة الفضائية المحيطة بالأرض الكثير من التأثيرات الناتجة عن دخول تلك الأنشطة الشمسية إلى داخل الغلاف المغناطيسي الأرضي وفيما يلي أهم هذه التلأثيرات:

1- مشاكل الأشعة على الجسم البشري

الانفجارات الشمسية القوية ترسل كميات هائلة من الجسيمات ذات الطاقات العالية والتي يمكن ان تسبب تأثيرات سيئة للإنسان وكل الكائنات على الأرض مثل تلك الناتجة عن الانفجارات النووية. ولكن من فضل الله فإن الغلافين الجوي والمغناطيسي يوفران حماية للحياة على الأرض من

تلك الجسيمات أما رواد الفضاء فإنهم سيكونون عرضة لتلك الجسيات حال وصولها تجاه الأرض. ودخول جسيمات ذات طاقات عالية إلى الخلية الحية يمكن أن يتسبب في تدمير الكروموزومات وممكن أن يحدث تأثيرات سرطانية ومشاكل صحية أخرى. والحقيقة أن جرعات كبيرة من تلك الجسيمات يمكن أن تكون سريعة التأثيرات الخطيرة.
وصول بروتونات شمسية بطاقات أكثر من 30 MeV (SEP) تمثل خطورة كبيرة ولو تصورنا مثلا أن رود فضاء كانوا يقفون فوق سطح القمر في أكتوبر 1989 حيث انتجت الشمس كميات كبيرة من الجسيمات المشحونة والمتجهة نحو الأرض فإن هؤلاء الرواد سيموتون لأنهم سيتعرضون لكميات تصل إلأى حوالي 7000 rem . وكذلك SEP يمكن ان تنتج كميات من الأشعة التي تضر المركبة الفضائية التي تكون موجودة عند الارتفاعات العالية. ولكن هذه المخاطر تقل نسبيا عندما نتكلم عن الأقمار في مداراتها حيث تعلمت البشرية كيفية تعديل بعض تأثيرات تلك الأحداث على أجهزة الأقمار الصناعية.

2- مجموعة الحيوانات والنباتات:

من أكثر التأثيرات البيولوجية التي درست وتنتج عن الأنشطة الشمسية هي في الحيوانات المهاجرة حيث وجد أنها تفقد بوصلتها أثناء حدوث العواصف المغناطيسية. الحيوانات المهاجرة مثل الدولفين والحيتان و Pigeons لديها حساسية للمغناطيسية الأرضية وكان مصدر هذه الحساسية مجهولا حتى أثبت فريق بحثي صيني في سنة 2015 وجدوا أن بروتين معقد يمكن ان يكون الأساس كمستقبل لتأثيرات المغناطيسية في هذه الحيوانات.

3- اضطرابات النظم الكهربية

ان حدوث عواصف مغناطيسية كتلك التي حدثت في سنة 1859 يمكن ان تتسبب في خسائر ببلايين الدولارات للأقمار الصناعية وشبكات الكهرباء والاتصالات الراديوية وممكن أن تتسبب في انقطاع الكهرباء على مساحات شاسعة والتي قد تستمر لأسابيع.

4- الاتصالات

الكثير من نظم الاتصال تستخدم طبقة الأيونوسفير لعكس الإشارات الراديوية للأرض ولذلك فإن عواصف الأيونوسفير تؤثر على الاتصالات في جميع خطوط العرض. بحيث تحدث اضطرابات في الاتصالات وأقلها تأثرا تلك الخاصة بالتلفاز والراديو ولكن الاتصالات ما بين الأرض والهواء زما بين السفن والشواطئ واتصالات الموجات القصيرة وكذلك اتصالات الهواة الراديوية (أقل من 30 MHz) تحدث لها اضطرابات مباشرة وكذلك النظم التي تستخدم HF تعتمد بشكل كبير على مدي هدوء الشمس وبالتالي تتأثر بالأنشطة الشمسية والعواصف المغناطيسية.
وبعض النظم العسكرية يمكن أن تتأثر كذلك بالأنشطة الشمسية. الرادارات الأفقية العالية تستقبل اشارات من الأيونوسفير وفي اثناء العواصف المغناطيسية يمكن أن يعاني النظام الراداري بشدة وبعض نظم السفن الكبيرة تستخدم في اتصالاتها الاشارات المغناطيسية وبالتالي تتأثر بشدة. لذا أنشأت الولايات المتحدة نظاما يتتبع العواصف المغناطيسية وبالتالي يتحاشي تأثيراتها علي نظم

الاتصالات. وعندما تكون مركبة طائرة ومحطتها الأرضية على نفس خط الشمس فقد تحدث مشاكل في الاتصالات الراديوية وكذلك تحدث مشاكل مع محطات الاتصال بالأقمار الصناعية عندما تكون مع الشمس في نفس الاتجاه. وقد تم وضع جهاز AirSatOne ليتتبع العواصف من خلال معلومات من مركز .NOAA space weather prediction centerوبالتالي يستفيد منها طاقم الطائرة بحيث يتعامل بشكل شخصي مع الأحداث التي يرها من جهاز AirSatOne على أساس أن تلك العواصف يمكن أن تؤثر على اتصالات الأقمار و GPS و اتصالات HF.
كما تؤثر العواصف على اتصالات التليفون البعيدة والكابلات تحت الماء إلا إذا كانت من fiber optics. وتلف الأقمار الصناعية يمكن أن الاتصالات غير الأرضية والتلفاز والاتصالات الراديوية والإنترنت.

5- نظم التوجيه

نظم التوجيه مثل GPS, LORAN, OMEGA تتأثر بشكل متعاكس عندما تؤثر عليها الاضطرابات الشمسية. أوميجا تتكون من ثمانية محولات موزعه على العالم وتستفيد الطائرات والسفن من الترددات المنخفضة من هذه المحولات لتعيين مواقعهم. وعند حدوث العواصف او وصول حزم البرتونات من الشمس SPE فإن نظام أوميجا يعطي نتائج غير دقيقة عن البعد لعدة أميال. أما نظام GPS فيتأثر بالأنشطة الشمسية عند حدوث تغير مفاجئ في كثافة الأيونوسفير مما يتسبب في اضطراب النظام بحيث يعطي قراءات متنوعه كنجم مهتز. ولمعالجة هذه المسألة تم استخدام Receiver Autonomous Montoring(RAIM) ولكن هذا الجهاز يعمل بشكل صحيح إذا كانت معظم مكونات GPS تعمل ولكن يكون قليل الفائدة إذا كان النظام كله مضطربا بعاصفة مغناطيسية. وفي الغالب تكون النتائج عديمة الفائدة في أثناء حدوث العاصفة.

6- تلف نظم الذكاء للقمر الصناعي Satellite hardware damage

أ- مع حدوث العاصفة المغناطيسية ووصول كميات كبيرة من الأشعة فوق البنفسجية UV إلى الغلاف الجوي فإنه يسخن ويتمدد. الهواء الساخن يرتفع والكثافة عند مدار القمر الصناعي (LEO) تزداد بشكل كبير مما يزيد من مشكلة مقاومة الهواء لحركة القمر drag مما يتسبب في تغيير المدار مما قد ينتج عنه سقوط القمر ومن ثم احتراقه. تحطم سكايلاب سنة 1979 يعد مثالا على مركبة دخلت الغلاف الجوي في وقت كان النشاط الشمسي أكثر من المتوقع . وفي أثناء العاصفة الكبيرة في مارس سنة 1989 أوقف 4 من أقمار التوجيه عن العمل لمدة أسبوع وصدرت أوامر من وكالة الفضاء الأمريكية لتصحيح أوضاع 1000 قمر صناعي والقمر الصناعي Solar Maximum Mission سقط من مداره في ديسمبر من نفس العام. منطقة South Atlantic Anomaly هي منطقة خطرة لمرور الأقمار الصناعية بها.

ب- ومع تطور مكونات الأقمار الصناعية لتكون صغيرة الحجم فإن ذلك أدى لتعرضها لأضرار أشد من الأنشطة الشمسية. الجسيمات ذات الطاقات العالية يمكن أن تتلف Microchips كما يمكن أن تغير تعليمات السوفت وير في حاسبات القمر.
ج- مشكلة أخرى وهي اختلاف شحنات سطح القمر. ففي فترة العاصفة المغناطيسية يزداد عدد الشحنات وطاقاتها كذلك تزداد وعندما يتحرك القمر في هذه البيئة فإن الجسيمات المشحونة تصطدم بسطحه وبالتالي يمكن أن يحدث تفريغ شحنات مما يتسبب في تلف السطح وظهور حروق به. ووووصول شحنات لعمق داخل القمر عندما تدخل ألكترونات ذات طاقات عالية لجسم القمر وتؤثر على الشحنات داخله بحيث لو تراكمت كميات من الشحنات داخل أحد مكونات القمر من الممكن أن تؤثر على الأجهزة الألكترونية داخل القمر.

7- **شبكات الكهرباء الرئيسية**

وعند معرفة حدوث عواصف مغناطيسية أو توقعها فإن شركات الطاقة يمكن أن تقلل احتمالات التلف بعدم توصيل المحولات أو تعطيل التوصيل. وكذلك توصيلات أرضية لمنع التحميل من GIC على الشبكات.

8- عمليات البحث الجيولوجي

يستخدم الجيولوجيين المجال المغناطيسي للأرض لدراسة التركيب الصخري لبعض الطبقات وهي الابحاث الخاصة بالبحث عن البترول والغاز او الترسبات المعدنية. وبعض هؤلاء الجيوفيزيائيين يفضل عمل ابحاثة في فترة وجود العواصف المغناطيسية حيث توجد تغيرات كبيرة تساعده في اكتشافاته وهو تكنيك يعرف باسم magetotellurics ولهذا فإن بعض الجولوجيين يبحث عن التوقعات بحدوث العواصف المغناطيسية من أجل وضع خرائط نشاطهم.

9- خطوط البترول

مع تغيرات المجال المغناطيسي الكبيرة في فترة العاصفة المغناطيسية يمكن ان يتولد تيارات زائدة في أنابيب البترول والتي قد تتسبب في مشاكل لهندسة الأنابيب حيث تحدث معلومات عالية بشكل غير عادي عن تيارات التدفق ومعدلات الصدأ وإذا لم ينجح المهندسون في عمل التوازات المطلوبة في التيار أثناء العاصفةفإن معدل الصدأ سيزداد بشكل أكبر. لذا يهتم العاملين على خطوط البترول بتتبع أخبار العواصف المغناطيسية حتى يتمكنوا من تحاشي مخاطر وتأثيرات العواصف على أنابيب البترول.

بعض الاعدادات المفيدة عند حدوث العاصفة المغناطيسية :

1- بالنسبة للمنازل حتى يتم تفادي تلف الأجهزة الكهربية يفضل أن يستخدم double-pole كاسر الدائرة على الخط الذي يدخل البيت.
2- وحيث ان الخطوط الطويلة يمكن أن تجمع وتنقل كميات كبيرة من الطاقة من العاصفة الشمسية ففي تلك الحالة يقطع الاتصال لأية أجهزة محلية متصلة بهذا الخط أثناء حدوث العواصف المغناطيسية.
3- بالنسبة للأقمار الصناعية يتم مراقبتها جيدا وتعطيل تشغيل مكوناتها ما أمكن في فترة العاصفة.
4- تحاشي خروج رواد الفضاء للفضاء الخارجي أثناء العاصفة.

يبين جدول(2) أهم العواصف المغناطيسية التي حدثت فيما بين 2011-2013.

جدول(2) العواصف المغناطيسية الأرضية في فترة قمة النشاط الشمسي ما بين عامي2011 – 2013.

Year	Date	Flare class	Radio Burst	GM Storm
2011	Feb 15	X2.2	R3	G1
	Mar 8	M5.3	R2	G1
	Aug 3	M6.0	R2	G4
	4	M9.3	R2	G4
	Sep 3	X1.5	R3	G2
	6	X2.1	R3	G3
	6	M5.3	R2	G3
	7	X1.8	R3	G1
	8	M6.7	R2	G1
	24	X1.9	R3	G4
	24	M7.1	R2	G4
	25	M7.4	R2	G1
2012	Jan 23	M8.7	R2	G1
	Mar 5	X1.1	R3	G2
	Mar 7	X5.4	R3	G3
	Mar 9	M6.3	R2	G2
	Mar 13	M7.9	R2	G2
	Jul 6	X1.1	R3	G1
	Jul 12	X1.4	R3	G2
2013	May 15	X1.2	R3	G1

أما جدول(3) فيبين أهم العواصف المغناطيسية الأرضية التي حدثت في سنة 2015 وأكثرهم خطورة G4 والتي حدثت في 23 يونية وهي ناتجة عن وصول CME من الشمس ومعها رياح شمسية عالية.

جدول(3) العواصف المغناطيسية في سنة 2015 وحتى منتصف نوفمبر.

date	Kp	GM storm class	source
Nov. 11, 2015	6	G2	V_{sw} = 702 km/s
Nov. 4	5	G1	M3 flare+ CME
Oct 7-8	7	G3	V_{sw} = 746 km/s
Sep 11	6	G2	Minor CME+ sw
Aug 16	6	G2	CME + V_{sw} = 570 km/s
July 4	6	G2	V_{sw} = 503 km/s, G2 flare
June 23	8	G4	CME, V_{sw} = 605 km/s
May 16	6	G3	CME, V_{sw} = 570 km/s
April 16-17	6	G2	V_{sw} = 600 km/s
April 10	6	G2	
Mar 21	5	G1	CME + solar wind
Mar 17	6	G1 + SPE	CME + V_{sw} = 607 km/s

المراجع:

ملحق1