دراسة أصل تكوين أقمار المشتري وخواصها الفيزياوية

فريد مصعب مهدي

قسم الفيزياء، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة الأنبار.

استلام البحث 10، ايار، 2014
قبول النشر 5، شباط، 2015

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Licens

الخلاصة:

تم وضع أنموذج مطور لفرضية أسر الأقمار في تفسير أصل أقمار المشتري ، ودراسة تغير الخواص المدارية لهذه الأقمار مع البعد عن الكوكب . وتم تقسيم أقمار المشتري إلى نوعين بحسب خواصها المدارية و الفيزياوية هي الأقمار التي تكونت من مادة الكوكب نفسها وتمت تسميتها الأقمار الأصيلة ، والأقمار التي تم أسرها من الفضاء المحيط به وتم تسميتها بالأقمار الدخيلة . وان الأقمار الدخيلة أصلها حزام الكويكبات وحزام كويبر في المنطقة الماوراء نبتونية ، وان أصل كل زمرة من الأقمار هو كويكب تشظى بعد أن أصطدم مسبقا بجسم أخر ثم تجمع مجددا بفعل الجاذبية البسيطة لاجزائه فيما بينها وقد تفكك مرة أخرى بفعل تأثير جاذبية الكوكب عليه ، وان عملية الأسر تتم بفعل التفاعل ألجذبي بين الكويكب أو المذنب وبين الكوكب عندما يدخل احدهما ضمن كرة هيل لكوكب المشتري .

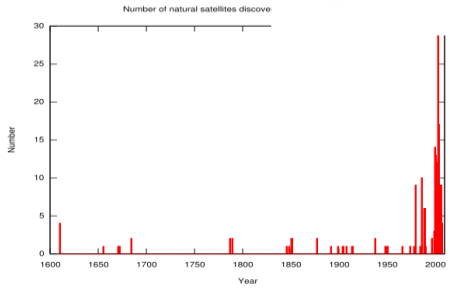
الكلمات مفتاحيه : نموذج، أسر الأقمار، المشتري، أقمار أصيلة ودخيلة.

المقدمة:

يعد كوكب المشتري خامس كواكب المجموعة الشمسية بعدا عن الشمس وأكبرها حجما وكتلة إذ يبلغ قطره بنحو (11) مرة بقدر قطر الأرض و(0.1) من قطر الشمس وكتلته تعادل (318) مرة بقدر كتلة الأرض وبنحو (2.5) من كتلة باقي كواكب المجموعة ، يبعد المشتري نحو (5.2) وحدة فلكية عن الشمس ، ويكاد إن يكون نجما لو كان ذا كتلة أكبر فهو يشبه النجوم بسبب تكونه من الهيدروجين والهليوم لكنها سائلة تحت الضغط العالي جدا في باطنه أي إن الكوكب ينكمش ويصغر ، وتنطلق حرارة من داخل الكوكب تعادل ضعفي الحرارة التي يتلقاها من الشمس . وهو ثاني المع جرم في السماء بعد كوكب الزهرة عندما يرى من الأرض ليلا ، وهو أسرع الكواكب في دورانه حول نفسه حيث يكمل دورته المحورية كل عشر ساعات تقريبا ويملك الكوكب أكبر مجال مغناطيسي من كل الكواكب حيث تبلغ قوته بنحو (12) مرة بقدر قوة المجال المغناطيسي الأرضي ، وتبلغ كثافة الكوكب بنحو ($1.4\ gm/cm^3$) أي قريب من كثافة الماء ، وهو الجرم الوحيد الذي شوهدت أجسام تصطدم به حيث أصطدم به المذنب شيوماكر- ليفي – دي (Shoemaker-Levy /D) عام (1994) ثم كويكبان آخران أكتشفهما هاوي فلك بالصدفة عامي (2009 ,2010) ، والكوكب يمتلك أكبر عدد من الأقمار بين كواكب المجموعة الشمسية . يبلغ عددها (67) قمرا مكتشفا لحد ألان تتراوح أقطارها بين (1 – 3100 km) ، وتتراوح مدة دوران هذه الأقمار حول الكوكب من عدة ساعات إلى ثلاث سنوات أرضية بحسب بعدها من الكوكب. [1 ,2,3]

الخواص الفيزياوية لأقمار المشتري :

بدأت عملية الاكتشاف لأول أقمار الكوكب في القرن السابع عشر الميلادي عندما اكتشفت أقمار غاليليو الأربعة وبعدها توالت الاكتشافات على مر القرون الأربعة الأخيرة ولكن بنسب قليلة حتى عامي (1980,1986) عند وصول مركبتي فويجر (2,1) إلى مدار المشتري حيث صورت العديد من الأقمار غير المرئية من الأرض . وبعد تطور أجهزة الرصد الأرضية والجوية في نهاية القرن العشرين وبداية القرن الحالي تم اكتشاف الكثير من الأقمار التي تدور حول الكواكب الغازية ومنها كوكب المشتري و المخطط رقم (1) يمثل عدد الأقمار المكتشفة بحسب سنوات الاكتشاف. [3,4]

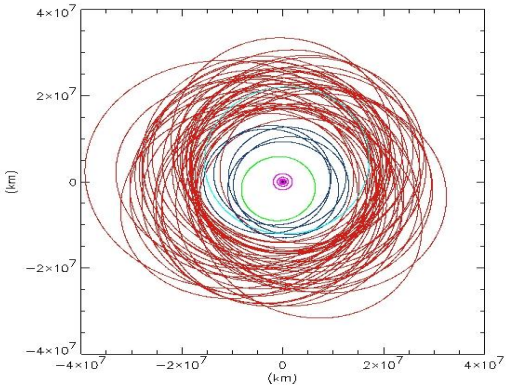


مخطط رقم (1) يبين عدد الأقمار الطبيعية المكتشفة مع سنوات الاكتشاف [3]

لقد أعتاد الفلكيون على الاعتقاد إن معظم أقمار الكواكب تشكلت من الأقراص التي تحيط بكواكبها تماما مثل تشكل المنظومة الشمسية من قرص من الغبار والغاز ، وتحول الجزء الخارجي من هذا القرص إلى كواكب ، ولكن بالنسبة للأقمار تكون الأبعاد أصغر ، تتحرك هذه الأقمار في مدارات واقعة بمستوي استواء الكوكب نفسه الذي يدور حوله أو قريبا منه و باتجاه دوران الكواكب حول نفسها ، أما الأجسام الأخرى التي تدور حول الكواكب ولا تطابق هذه المواصفات فقد تم عدها أقمارا غير منتظمة . وقد تبين مؤخرا وبعد تطور أجهزة وعمليات الرصد إن عدد الأقمار اللامنتظمة أكبر من عدد الأقمار النظامية ، ويظن العلماء إن السلوك المخالف للأقمار اللانظامية هو إشارة إلى إنها من أصل مختلف . [5,4]

إن أول قمر لانظامي تم اكتشافه كان تريتون (Triton) وهو احد أقمار نبتون عام (1846) م ولم يتيسر اكتشاف غيره من هذه الأقمار إلا حديثا بسبب صغر حجومها ونورها الخافت المختلف عن الأقمار النظامية ، يضاف إلى ذلك توزعها على رقعة شاسعة جدا من الفضاء حيث إن القمر كالتسو (Callisto) أبعد أقمار المشتري النظامية يبعد بنحو ($1.9 *10^6$ km) من الكوكب في حين يبلغ بعد أبعد أقماره اللانظامية المعروفة قرابة ($30 *10^6$ km) ، هذه المسافة قريبة من نصف قطر المجال ألجذبي لكوكب المشتري أو ما يسمى بكرة هيل (Hill sphere) والتي خارجها تختطف الشمس أي قمر طليق . وإذا كان من الممكن للعين رؤية كرة هيل لكانت الزاوية التي ترى ضمنها هذه الكرة تعادل (10°) في القبة السماوية وهي أكبر (20) مرة من القطر الزاوي لقمر الأرض عندما يكون بدرا ، وهذه المساحة تكون هائلة مقارنة بحقول الرؤيا لبعض المقاريب الخاصة للبحث والمسح عن الأقمار لذلك يحتاج الراصدون وقتا وجهدا لتغطيتها بأكملها . [5,4,3]

يقدر العلماء إن لكوكب المشتري وباقي الكواكب العملاقة قرابة (100) قمر لانظامي قطر كل منها أكبر من (1km) ، وبالنسبة لكوكب المشتري فأن أكبر أقماره اللامنتظمة هيماليا (Himalia) وقطره يساوي (180 km) تقريبا وقطر أصغرها يقارب (1-2 km) . إن مدارات هذه الأقمار من أكثر المدارات تعقيدا في المنظومة الشمسية بسبب دورانها على مسافات بعيدة جدا عن كواكبها فهي تسحب من كلتا الجاذبيتين الكوكبية والشمسية وهذا يجعل المحاور الكبرى لمداراتها الناقصة تدور بسرعة عالية مما يجعل تمثيل مسارات هذه الأقمار بمنحنيات مغلقة غير دقيق وبدلا من ذلك فأن هذه الأقمار ترسم مسارات غريبة شبيهة بالإشكال التي تصنعها لعبة الأطفال سبايروكراف (Spiro graph) كما في المخطط رقم (2) وذات ميل عالي عن استواء الكوكب وقسم منها يدور بالاتجاه المعاكس لدوران الكوكب حول محوره . [7,6]



مخطط رقم (2) يمثل مدارات جميع الأقمار حول كوكب المشتري [9, 8]

لقد وضعت عدة نماذج و فرضيات لتفسير أصل تكون الأقمار اللامنتظمة ووجودها في مداراتها الحالية حول الكواكب العملاقة ومنها كوكب المشتري والمشاكل التي لم تعالجها هذه النماذج وأهمها:

1 - أنموذج التجاوب التفاوتي : (Correction resonance) وينص على انه عند وجود التأثيرات المختلفة في الأقمار بالتزامن يصبح الوضع معقدا جدا في مداراتها . فإذا كان معدل المبادرة (السبق) (percussion) لقمر قريبا من معدل دوران كوكبه المضيف حول الشمس يقال إن القمر في حالة تجاوب تفاوتي ، وان الآثار المتواضعة للجاذبية الشمسية تتراكم مع الزمن مما يجعل المدار غير مستقر ، فيتطاول القطع الناقص إلى مدى يؤدي إلى اصطدام القمر بالكوكب أو بأحد أقماره الكبيرة أو خروجه من كرة هيل ووقوعه تحت تأثير جاذبية الشمس ، إن المدارات المتقدمة (Prograde)

أكثر عرضة للتأذي من المدارات المتراجعة ، فإذا كانت الأقمار اللامنتظمة معرضة بالأصل لان تكون متقدمة أو متراجعة باحتمالين متساويين فأن التجاوب التفاوتي قد يفسر السبب في كون معظم الأقمار هي حاليا متراجعة. [11,8]

2 - **أنموذج تجاوب كوزاي : (Kozai resonance)** هذا الأنموذج من التجاوب يزاوج بين ميل المدار وشكله ، فالأقمار التي تكون مداراتها مائلة ، تتحول هذه المدارات إلى مدارات قطع ناقص ذات انحراف مركزي عالي جدا ويحتمل أن يؤدي ذلك إلى قذفها خارجا أو تدميرها . وقد يكون هذا سببا في عدم العثور على أقمار ميل مداراتها تقع بين (50°-130°) لذلك يمكن القول إن الأقمار اللامنتظمة الموجودة حاليا هي الناجية من التفاعلات الجذبية التي قضت على الكثير من أقمارها الشقيقة . [12,11]

3 - **أنموذج الأقمار الممزقة : (Moons torn)** يرى نسكوري ومعاونيه إن أغلب الأقمار تنتمي إلى عائلات أو زمر مختلفة وكل زمرة أو عائلة مكونة من عناصر لها مدارات متشابهة في الخواص المدارية وهذا يشير إلى إن عناصر كل زمرة ماهي إلا قطع من أقمار كبيرة تحطمت نتيجة صدمة ما مع جسم أخر ومازالت تواصل حركتها في مدار تلك الأقمار الكبيرة ، وإذا صح هذا التفسير فأن كثيرا من الأقمار اللامنتظمة التي نراها اليوم هي جيل ثاني لأقمار سابقة . ويعتقد العلماء إن هذه التصادمات قد حدثت منذ زمن بعيد لان ذلك نادرا ما يحدث ذلك خلال هذه الأيام ، وقد وجد كراف وريتيك إن الأقمار التي تنتمي إلى زمرة ما غالبا ما تكون متشابهة في التركيب وهذا يؤكد الفكرة القائلة بأن أقمار زمرة ما هي شظايا جسم أكبر تم القضاء عليه بحادث ما ، وقد حصلت المركبات الفضائية المطلقة حديثا إلى الفضاء منها مركبة كاسيني في (2004) على صور لبعض الأقمار اللامنتظمة تبين أثار ضربات وصدمات لبعض الأجسام على سطح هذه الأقمار. ,12] 9,8]

4 - **أنموذج الأسر :(capture)** بسبب الخاصيات المدارية القريبة للأقمار اللامنتظمة يعتقد بعض العلماء بأنها نشأت في مدارات حول الشمس ثم أسرتها الكواكب المضيفة الحالية في وقت لاحق ، ومن خلال معرفة تركيبها ومكوناتها تبين بأنها مشابهة لتكوين بعض المذنبات التي تكونت بعيدا عن الشمس ثم أسرتها الكواكب العملاقة ، وقد اقترحت ثلاث آليات للأسر في سبعينيات القرن الماضي ، والمرحلة الأولية في هذه الآليات الثلاث جميعها هي تشكل أجسام بحجم الكويكبات تسمى نوى كوكبية ويتجمع الكثير من هذه النوى لتكوين القلوب الصخرية للكواكب العملاقة وتبقى مخلفاتها معرضة للأسر . ولكي يتعرض جسم يسبح في مدار حول الشمس لأسر دائم في مدار مستقر حول كوكب ما ،لابد أن يفقد بعض طاقته الابتدائية وإبطاء سرعته لمنعه من الإفلات من الكوكب ولا وجود لأي عملية لتبديد الطاقة في المنظومة الشمسية حاليا ، والآليات الثلاث هي: [14,13,12,8]

أ – **أنموذج السحب الغازي : (drag – gas)** أقترحه كل من بولاك وبيرنز وتوبرمن وكالة ناسا للفضاء وينص على إن الأقمار فقدت طاقتها بفعل الاحتكاك الذي حدث لها خلال عبورها الأجواء الشاسعة للكواكب البدائية العملاقة الغازية . ويعتقد إن الكواكب العملاقة وخاصة المشتري وزحل تكونت عندما سحب جسم مركزي مكون من الصخور والجليد كتلته التي تعادل عشرة أمثال كتلة الأرض كميات هائلة من الغاز من القرص البدائي المحيط بالشمس الفتية ، وقبل أن يتخذ الكوكبان شكليهما الحديثين المتراصين نسبيا ، وربما مرا بمرحلة انتفاخ عابرة كانت الأجواء خلالها تمتد مسافات أكبر بمئات المرات من امتداداتها الحالية . وفي هذا النموذج فأن الكويكب أو المذنب العابر يلقى واحدا من ثلاثة مصائر مختلفة اعتمادا على حجمه وكتلته ، فأن كان صغيرا جدا فأنه يحترق في الجو المنتفخ مثلما يحدث للشهب ، وإن كان كبيرا جدا شق طريقه من دون أن يعيقه شيء وتابع سيره في مدار حول الشمس ، أما إذا كان معتدل الحجم والكتلة فأنه يتباطأ ويؤسر ، وهذه العملية مماثلة تماما لإجراءات الكبح الهوائي التي استعملت في الكثير من المسابير الكوكبية لدخولها في مدارات حول الكوكب.

ومن المشكلات التي يواجهها هذا النموذج إنه لا يفسر وجود أقمار لا منتظمة حول أورانوس ونبتون لان هذين الكوكبين هما عملاقان جليديان ومحاطان بطبقة رقيقة من الهيدروجين والهليوم ، وبسبب بعدهما الكبير عن الشمس وانخفاض الكثافة في المناطق الخارجية من القرص المحيط بالشمس ، فقد أستغرق قلبهما زمنا أطول لبلوغ الكتلة الحرجة اللازمة لتعجيل حدوث انهيار غازي ، وقبل أن يحدث ذلك كانت الغيمة السديمية الشمسية قد تبددت كثيرا لذا لم يتيسر قط لأورانوس ونبتون جوّان يحيطان بهما شبيهان

بجو المشتري وزحل . لذلك لاتضح هذه الآلية لهذين الكوكبين.

ب – **أنموذج الأسر المقوض : (Down capture – pull)** طرحه كل من هيبنهايمر وبوركو ويشير إلى إن وقت الأسر للأقمار حدث خلال مرحلة نمو الكواكب . ولابد أن يكون تنامي الغاز على قلوب العمالقة الغازية منها جعل كتلها تتعاظم في عملية دعم ذاتي وهذا يؤدي إلى زيادة مفاجئة في حجم كرة هيل حول كل كوكب . وإن الكويكبات وغيرها من الأجسام الأخرى القريبة من الكواكب في لحظة نموه وجدت نفسها واقعة تحت تأثير المد الواسع لجاذبية الكوكب . لكن لهذه الآلية مشكلة كسابقتها في تعليل وجود الأقمار حول أورانوس ونبتون اللذين لم يتعرض أي منهما لنمو سريع جدا في كتلته حيث تشير النماذج الموضوعة إلى إنهما تناميا ببطء شديد عن طريق تجمع لأجسام بحجم الكويكبات والمذنبات لمئات الملايين من السنين ، وكذلك الحال بالنسبة لكوكبي المشتري وزحل . وثمة نموذج أخر حول تكون أورانوس ونبتون وضعه (بوس) هو إنهما ابتدئا بضخامة المشتري وزحل ثم تضائلا تدريجيا بوساطة إشعاع مؤين صادر من نجوم ضخمة قريبة . لكن هذا النموذج فشل في تفسير هذا العدد الكبير من الأقمار اللانظامية فيهما لأن الكوكب الذي يتقلص غالبا ما يفقد أقماره بدلا من أسره لها.

ج – **أنموذج أسر الأجسام الثلاثة: (Three-Body capture)** طرحه كل من كولمبر و فرانكلين في سبعينيات القرن الماضي ، ويشير إلى إن الاصطدامات بين جسمين في كرة هيل لكوكب ما يمكن أن تبدد قدرا من الطاقة وهذا يؤدي إلى أسر أحدهما ، لكنها لم تلق قبولا واسعا في حينها . ولكن الأبحاث الجديدة بينت إن لا ضرورة لحدوث الاصطدامات ، فلا تحتاج الأجسام الثلاثة إلا إلى إن تتفاعل جذبيا ، فإذا تبادلت الطاقة فيما بينها أمكن لأحدهما كسب طاقة على حساب الجسمين الآخرين وهذه العملية هي أنموذج لمفعول المقلاع ألتثاقلي الذي يستعمله مخططو البعثات الفضائية لتقوية دفع المسابير إلى أعماق الكون ، وقد طرحت صيغة أخرى لأسر الأجسام الثلاثة من قبل أكنور وهاملتون تشير إلى إن جسما ثنائيا ينقسم إلى قسمين بفعل جاذبية الكوكب . وهذا يؤدي إلى قذف أحدهما بعيدا وسحب الأخر ليسير في مدار حول الكوكب . إن آلية أسر الأجسام الثلاثة تنجح في كل من العمالقة الغازية والعمالقة الجليدية وهي لا تتطلب غلافا ضخما أو تناميا سريعا جدا للكواكب ، وكل ما تحتاجه هو عدد كافي من التصادمات التي تحدث قريبا من الكواكب . بعد أن تكون كرات هيل قد نمت لتصل إلى حجومها الحالية وقبل أن يزول الحطام المتخلف من تكون الكواكب ولكن لا وجود للتصادمات في الوقت الحالي .

وقد فسر العلماء أصل هذه الأقمار اللامنتظمة بأنها كويكبات ومذنبات تكاثفت في المنطقة نفسها من النظام الشمسي الذي يقع به الكوكب الذي أختطفها نهاية المطاف ، والتي أما دمجت مع جسم الكوكب أو تم أسرها لتدور في فلكه . وقد طرح نموذج أخر عام (2005) من قبل نسيكانس وزملائه أعتقد بموجبه إن المنظومة الشمسية مليئة بالحطام طوال قرابة (700) مليون سنة بعد تشكل الكواكب ، وبعدها أحدثت التفاعلات الجذبية القوية (Gravitational interaction) بين المشتري وزحل اهتزازات زلزلت المنظومة كلها وقد تبعثرت بلايين من الكويكبات والمذنبات عندما اندفعت الكواكب الكبيرة إلى مداراتها الحالية الأكثر استقرارا. [14]

النموذج المقترح:

على وفق النظريات والنماذج المطروحة أنفا ، تم تطوير أنموذج الأسر لتفسير نشوء وتكون الأقمار اللانظامية وتكون الأقمار النظامية ودورانها حول الكواكب العملاقة ومنها كوكب المشتري ودراسة الخواص الفيزياوية لهذه المدارات وكما يلي:

1 - تتكون الأقمار النظامية من الأقراص الكوكبية المكونة من الغبار والغاز والتي تنفصل من الكواكب بسبب تجاوزها الكتلة والحجم الحرج الذي عنده تنفصل المادة الخارجية من السديم الكوكبي على شكل حلقات لتتجمع وتكون أقمارا نظامية إذا وصلت الكتلة والحجم الحرج الذي يتيح لها التجمع وتكوين القمر . وقد تتجمع بعض الحلقات من المادة على شكل قطع صغيرة لايمكنها تكوين قمر لأنها أقل من الحجم الحرج الأدنى لذلك . ويعتمد تكون كتلة وحجم هذه الأقمار على موقع الحلقة المكونة لها حول الكوكب وكثافة المادة في هذه الحلقة إذ تكون أبعادها قريبة نسبيا من الكوكب وكثافة مادتها قريبة من كثافة القشرة الخارجية له. وذات مدارات شبه دائرية و موازية لخط استواء الكوكب أو قريبة منه .وهذه الأقمار تدور باتجاه دوران الكوكب حول نفسه ، وذات أشكال كروية نظامية تقريبا بتأثير الدوران المحوري والمداري لها ومدة تكوينها المقاربة لمدة تكوين الكوكب الأم ، لذلك يمكن تسميتها أقمارا أصيلة ولدت من كواكبها . والأقمار

التي لا تنطبق عليها هذه الصفات لا تعد من الأقمار النظامية الأصيلة للكوكب وإنما يمكن تسميتها أقمارا دخيلة .

2 - الأقمار الدخيلة هي التوابع التي تكون أحجامها وكتلها صغيرة نسبيا وذات مدارات عالية الميل (Inclination) عن خط استواء الكوكب ، وذات انحراف مركزي (Eccentricity) كبير ، وقد تدور بعكس اتجاه دوران الكوكب حول نفسه ، وكثافتها تختلف عن كثافة الكوكب ، وأشكالها غير نظامية وعددها كبير مقارنة بالأقمار الأصيلة . إذ يصل عددها إلى أكثر من (100) قمر حول كوكب المشتري لوحده لم يكتشف قسم منها لحد ألان لصغر حجمها وضعف الضوء المنعكس عنها.

3 - مصدر الأقمار الدخيلة هو حزام الكويكبات القريب من كوكب المشتري الذي يتأثر بجاذبيته العالية التي تقوم بإخراج بعض هذه الكويكبات من مداراتها حول الشمس تدريجيا الى مدارات أخرى ثم تأسرها لمدة معينة ، و قد تفلت من جاذبية الكوكب لتدور حول الشمس مرة أخرى أو تقذف خارج المنظومة الشمسية أو تلتهم من قبل الكوكب ، أو تكون هذه الأقمار هي عبارة عن مذنبات أو كويكبات قادمة من حزام كويبر أو غيمة اورات خارج مدار نبتون وتمر ضمن كرة هيل لكوكب المشتري فيتم أسرها وتلاقي المصير نفسه ، ولم تتكون هذه الكويكبات في المناطق التي تكونت فيها هذه الكواكب وإلا لكانت قد اندمجت فيها عندما كانت في طور التكوين بسبب حجم الكواكب الكبيرة وجاذبيتها العالية أو تندمج مع بعضها لتكوين كواكب صغيرة وهذا لايمكن أن يحدث في هذه المناطق للسبب السابق وكذلك عدم تطابقه مع الفرضية السديمية التي تفترض انفصال حلقات عملاقة لتكوين الكواكب الغازية بسبب ضعف قوة الجذب المركزي للأجزاء الخارجية للسديم الشمسي وتأثير جاذبية الكواكب العملاقة التي لا تسمح بذلك .

4 - تكون الأقمار الدخيلة على شكل زمر أو مجاميع . كل مجموعة تكون متقاربة في مداراتها ومتشابهة في تركيبها ، ونعتقد أنها عبارة عن كويكب قد تمت تجزئته لأنه أصلا مكون من مجموعة شظايا متلاصقة تفككت تحت تأثير جاذبية المشتري ، وهذا الكويكب قد تعرض لاصطدامات سابقة في أثناء وجوده في حزام الكويكبات وتحول إلى شظايا متعددة والتي تجمعت من جديد لكن بصورة غير متماسكة .أو مذنب كثافته قليلة تفكك بعد إذابة الجليد منه عند اقترابه من المشتري . لذلك فهي ليست أقمار كبيرة سابقة تدور حول المشتري وتشظت بفعل الاصطدامات فيما بينها بحسب النماذج الموضوعة سابقا ، لان احتمالية اصطدام هذه الأقمار مع أجسام أخرى قليلة جدا لصغر أحجامها نسبة للمسافة التي تفصلها.

5 - تم أسر الأقمار الدخيلة عندما دخلت ضمن تأثير كرة هيل لكوكب المشتري والتي يصل قطرها إلى أكثر من ($6*10^7$km) ويتم تحديد موقع مدارات هذه الأقمار بحسب طاقتها واتجاه حركتها عند الأسر والمعتمدة على سرعتها وكتلتها وموقع مدارها حول الشمس قبل الأسر ، وبسبب التأثير المشترك لجاذبية المشتري والشمس والطاقة المدارية لهذه الأقمار تكون مداراتها ناقصة ذات انحراف مركزي عالي ، ويكون اتجاه نقطة الحضيض (perigee) ونقطة الأوج (Apogee) غير ثابتة الموقع بالنسبة للكوكب لذلك يكون تأثير محصلة قوة الجذب عليه متعاكسة أو متعامدة أو باتجاه واحد حسب موقع القمر في مداره نسبة إلى الكوكب أو نقطتي الأوج والحضيض وبفعل تأثير و تراكم هذه القوى يتطاول المدار حتى يفلت القمر من الأسر أو يسقط داخل الكوكب أو يتحول مداره إلى دائري . وقد حدثت عدة حوادث مشابهة لهذه الآلية مثل سقوط بعض المذنبات والكويكبات داخل المشتري في السنوات الخمس عشرة الأخيرة . ولا حاجة لان يتحقق أنموذج الأسر الثلاثي أو انقسام جسم ثنائي ، أو تفاعلات بين كوكبي زحل والمشتري زلزلت المجموعة الشمسية . ولو كان هذا الافتراض صحيحا لوجدنا ألاف الكويكبات حول كل من الكواكب العملاقة والكواكب الداخلية ويكون قد صدم الأرض وباقي الكواكب الكثير منها أو تحولت إلى أقمار حولها ولم يتبق من حزام الكويكبات شيء لصغر حجم كتلة أجزائه . وضعف جاذبية الشمس عليه ، وكذلك بالنسبة لنموذج السحب الغازي فأن الغازات سوف تكون قوة كبحها ضعيفة عندما تكون بعيدة عن الكوكب بسبب قلة كثافتها لذا يكون تأثيرها أقل من تأثير قوى الجاذبية للكوكب ، ولن يكون لهذه الغازات تأثيرا أيضا عندما تكون قريبة من سطح الكوكب مع إن كثافتها عالية لكن حجمها مع الكوكب سيكون أصغر تأثيرا لبعده عن مدارات هذه الأقمار . أن عملية الأسر والإفلات أو الانتحار للأقمار الدخيلة هي عملية متواترة ومستمرة مادام هنالك تأثير جذبي قوي لكوكب المشتري، يشغل مساحة واسعة من فضاء المجموعة الشمسية ووجود الآلاف من الكويكبات والمذنبات التي تدور

حول الشمس . ونعتقد إن كوكب المشتري هو حائط الصد الأكبر لحماية الأرض من الإجرام السماوية التائهة في الفضاء بسبب تأثيره الواسع في هذه الأجسام ومحاولة أسرها أو حرف مسارها.

6 - من الجدول رقم (1) الذي تم الحصول عليه من عدة مصادر والذي تم ترتيب الأقمار فيه بحسب بعدها عن الكوكب وكذلك بحسب الزمر التي تنتمي إليها ، وتم رسم تغير كل من ميل مداراتها (Inclination) عن استواء الكوكب والانحراف المركزي (Eccentricity)والكتلة (Mass) مع نصف المحور الكبير (semi- major axis) لمداراتها لكل زمرة على حده ، ورسم هذا التغير أيضا لجميع الأقمار الأصيلة والدخيلة لغرض مقارنتها معا وكما يلي:

أولا- الأقمار الأصيلة : وهي تتكون من ثمانية أقمار وهي الأقمار الداخلية وأقمار غاليليو :

1 - الشكل رقم (1) يبين تغير ميل المدار مع نصف المحور الكبير للأقمار الأصيلة وتبين إن ميلها موازي لاستواء كوكب المشتري أو مقارب له أي أقل من (0.5˚) ، ما عدا القمر ثيبي (Thebe) وهو من الأقمار الداخلية والذي ميل مداره يقارب (1˚) تقريبا عن استواء الكوكب.

2 - الشكل رقم (2) يبين مقدار الانحراف المركزي مع نصف المحور الكبير لمدارات الأقمار الأصيلة ، وتبين إن هذه المدارات قريبة من الدائرية أو لها انحراف صغير جدا أقل من (0.1) ما عدا القمر ثيبي (Thebe) من زمرة الأقمار الداخلية إذ يبلغ الانحراف المركزي لمداره بنحو (0.175) .

3 - الشكل رقم (3) يبين تغير مقدار الكتلة للأقمار الأصيلة نصف المحور الكبير لمداراتها ، وتبين إن مقدار التغير في الكتلة صغير بالنسبة لزمرة الأقمار الداخلية فيما بينها وكذلك الحال لزمرة أقمار غاليليو ، لكن الفرق كبير بين الزمرتين . من هنا نجد إن الأقمار الخارجية للأقمار الأصيلة أكبر كتلة من الأقمار الداخلية . وهذا ناتج من قوة جذب الكوكب على الحلقات المنفصلة منه إذ تقل كلما ابتعدت الحلقات عنه لذلك نجد الحلقات الخارجية أكبر وأكثر كثافة من الداخلية لهذا تشكل هذا التوزيع للأقمار الأصيلة ، وهو يشبه من حيث الكتلة والحجم توزيع الكواكب السيارة حول الشمس.

ثانيا- الأقمار الدخيلة : وهي تتكون من (59) قمرا موزعة على ست زمر وهي زمرة هيماليا (Himalia) المكونة من خمسة أقمار وزمرة أنانك (Ananke) المكونة من (18) قمر وزمرة كارم (Carme) المكونة من (17) قمر وزمرة باسيفاي(Pasiphae) المكونة من (16) قمر والقمر (Themisto) المنفرد في صفاته وزمرة كاربو (Carpo) المكونة من قمرين فقط .وتم رسم العلاقة بين الميل والانحراف المركزي والكتلة وتغيرها مع نصف المحور الكبير لمدارات هذه الزمر وكما يلي:

1 - شكل رقم (4) يبين تغير ميل مدارات زمرتي هيماليا وانانك مع نصف المحور الكبير لمداراتها وتبين إن لكل مجموعة ميل متقارب فيما بين أقمارها ولكنها مختلفة بين المجموعتين إذ إن ميل مدارات زمرة هيماليا محصور بين (˚30.5 -˚27) بينما يكون الميل في مجموعة أنانك (˚151.6 -˚141.8) عن دائرة استواء الكوكب ما عدا القمر (s/2011J1) والذي يبلغ ميله (˚162.8) .

2 - شكل رقم (5) يبين تغير الانحراف المركزي مع نصف المحور الكبير لزمرتي هيماليا وانانك وتبين إن ليس هنالك علاقة بين تغير كل منهما بالنسبة للأخر .

3 - الشكل رقم (6) يبين تغير الكتلة مع نصف المحور الكبير لزمرتي هيماليا وانانك وتبين من الشكل بأن هنالك علاقة نبضية إذ توجد كتلة كبيرة بعد كل مجموعة من الكتل الصغيرة للأقمار .

4 – شكل رقم (7) يبين تغير الميل مع نصف المحور الكبير لمدارات أقمار زمرة كارم وتبين إن الميل متغير بين (˚162-˚167) وبشكل غير منتظم .

5 – شكل رقم (8) يبين تغير الانحراف المركزي مع نصف المحور الكبير لمدارات أقمار زمرة كارم وتبين إن الانحراف المركزي يتغير تغيرا بسيطا بين (˚ 15 .0 - ˚4 .0) بأن العلاقة شبه ثابتة .

6 – شكل رقم (9) يبين تغير الكتلة مع نصف المحور الكبير لمدارات زمرة كارم وتبين إن هنالك علاقة نبضية ، كما في الشكل رقم (6) السابق.

7- شكل رقم (10) يبين تغير الميل مع نصف المحور الكبير لمدارات أقمار زمرة باسيفاي وتبين بأن الميل يتغير بشكل غير منتظم بين (˚137 -˚163) .

8- شكل رقم (11) يبين تغير الانحراف المركزي مع نصف المحور الكبير لأقمار زمرة باسيفاي وتبين إن العلاقة شبه ثابتة إذ تتغير قيمة الانحراف بين (˚188 .0 -˚0.45) ما عدا القمر أويد Aoede () الذي يبلغ انحراف مداره (0.6011) .

ثالثا – رسم العلاقة بين الميل والانحراف المركزي والكتلة مع نصف المحور الكبير لجميع الأقمار الدخيلة وكما يلي :

1 – شكل رقم (13) يبين تغير الانحراف المركزي مع نصف المحور الكبير للأقمار الدخيلة وتبين ان هذا التغير متقارب إذ ينحصر بين (°140 -°165) ، ما عدا أقمار زمرة هيماليا والتي ينحصر ميل مداراتها بين (°27-°30) من استواء الكوكب.

2 – شكل (14) يبين تغير الانحراف المركزي مع نصف المحور الكبير لمدارات الأقمار الدخيلة وتبين إن التغير ينحصر بين (°0.4- °0.15) ماعدا بعض الأقمار القليلة الشاذة والتي ميلها أكبر أو أصغر بقليل من ذلك وبشكل غير منتظم .

3 – شكل رقم (15) يبين تغير الكتلة مع نصف المحور الكبير لمدارات الأقمار الدخيلة وتبين إن التغير نبضي ، حيث توجد كتل كبيرة على مسافات متباعدة بين الكتل الصغيرة . وهي خمس كتل كبير نسبيا تفصلها مسافات متقاربة القيمة نسبيا.

الاستنتاجات :

1 – تقسم أقمار كوكب المشتري إلى قسمين حسب خواصها الفيزياوية والمدارية ، الأولى أقمار تكونت من مادة الكوكب نفسها أسميناها الأقمار الأصيلة ، والثانية هي عبارة عن أجسام تم أسرها من الفضاء المحيط بالكوكب أسميناها الأقمار الدخيلة .

2 – الأقمار الأصيلة (النظامية) لكوكب المشتري هي الأقمار التي تكونت من نفس مادة الكوكب عندما أنفصل جزء من المادة الخارجية منه على شكل حلقات بسبب قوة الطرد المركزي الناتجة من الحركة الدورانية السريعة للكوكب وتجاوز كتلته وحجمه الكتلة والحجم الحرج ،لذلك يكون ميل مدارها قريبا من استواء الكوكب وقريبا من الدائرية وتدور باتجاه دوران الكوكب حول نفسه ، وتكون أشكالها كرويه منتظمة تقريبا بسبب قدم تكوينها وتأثيرات الجاذبية الداخلية لها وجاذبية الكوكب عليها . تتكون الأقمار الأصيلة من مجموعتين من الأقمار بحسب بعدها عن الكوكب الأقمار الداخلية وعددها أربعة وهي (ميتيس وادراستيا وامالثيا وتيبي) وهي ذات كتل صغيرة نسبيا ، والمجموعة الثانية هي أقمار غاليلو وهي أربعة أقمار (أيو و ايوروبا و جينايد وهو اكبر أقمار الكوكب وكاليستو) وهذا التوزيع مشابه تقريبا لتوزيع الكواكب السيارة حول الشمس .

3 – الأقمار الداخلية (اللامنتظمة) هي أجرام سماوية عبارة عن كويكبات ومذنبات تم أسرها من قبل الكوكب عند مرورها (في مرحلة سابقة) ضمن منطقة التأثير ألجذبي للكوكب وهي كرة هيل ، إذ أدت قوة الجذب إلى حرف هذه الأجسام وجعلها تدور في فلكه . وبسبب اتجاه حركتها السريعة عند المرور وعدم انتظام أشكالها والتأثيرات الجذبية الأخرى من الشمس والكواكب المجاورة أخذت مداراتها شكل قطع ناقص ذي انحراف مركزي كبير نسبيا وميل عن استواء الكوكب كبير أيضا . وكذلك دوران قسم منها بعكس دوران الكوكب حول نفسه وهذا يؤدي مستقبلا إلى الإفلات من جاذبية الكوكب والدوران حول الشمس أو السقوط والانتحار في الكوكب.

4 – مصدر هذه الكويكبات هو حزام الكويكبات القريب بين المريخ والمشتري والذي كانت تدور حول الشمس ثم غيرت مداراتها بفعل الجاذبية التراكمية للكوكب عليها ، وكذلك من حزام كويبر في المنطقة ما وراء نبتون والتي تعد مصدرا أخر للكويكبات والمذنبات والتي تتداخل مداراتها مع مدارات بعض الكواكب والتي تسقط في الأسر عند مرورها ضمن نطاق كرة هيل للمشتري.

5 – قسم من هذه الإجرام تكون قد تشظت سابقا بفعل اصطدام الكويكب مع كويكب أخر ضمن الحزام بسبب تقارب مواقعها ومداراتها ثم تلاصقت أجزائه مرة أخرى بفعل الجاذبية البسيطة بين أجزائها ، وبعد خروجها من مداراتها الأصلية بفعل الجاذبية عليها تم أسرها من قبل الكوكب عادت إلى حالة التشظي من جديد بسبب انحسار قوة الجاذبية المشتركة تحت تأثير الجاذبية الكبيرة للمشتري مما أدى إلى تكوين زمر قمرية متشابهة في الخواص الفيزياوية والكيماوية والمدارية .

6 – مدارات الأقمار الدخيلة غير ثابتة مع الزمن حيث يتغير موقع الأوج والحضيض لهذه المدارات وكذلك زاوية الميل واتجاه الحركة بسبب عدم انتظام أشكالها والتأثير الجذبي للأقمار المجاورة لذلك تظهر هذه المدارات متداخلة مع بعضها بعض الشيء . وهذه الحركة للمدارات قد تؤدي إلى زيادة أو نقصان التأثير ألجذبي عليه بالمقدار والاتجاه وذلك يؤدي الى الإفلات من جاذبية الكوكب إلى الفضاء الخارجي أو الدخول فيه.

7 – بسبب الحجم الكبير لكرة هيل لكوكب المشتري نعتقد إن هنالك أقمارا دخيلة أخرى لم تكتشف لحد ألان لبعدها عن الكوكب وصغر حجمها وقلة إضاءتها.

8 – عملية أسر الأقمار أكبر من عملية فقدانها أو التهامها لذلك نجد إن عددها في تزايد مع الزمن ، لذلك يمكن أن نقول إن كوكب المشتري هو الحارس الخارجي الأكبر للكواكب الداخلية ومنها الأرض ، حيث يحميها من الإجرام السماوية

التائهة في فضاء ما بين الكواكب لان المشتري يمتلك مجالا جذبيا كبيرا جدا.

9 – يتغير كل من الميل (Inclination) والانحراف المركزي (Eccentricity) والكتلة (Mass) للأقمار الأصيلة بشكل شبه نبضي مع البعد وهي متقاربة في هذه الخواص كما في الإشكال (1-2-3) .

10 – الأقمار الدخيلة القريبة من الكوكب أكبر كتلة من الأقمار البعيدة بفعل الجاذبية المتبادلة بين هذه الأقمار والكوكب التي تعتمد على مقدار الكتلتين بحسب قانون نيوتن الأول في الجاذبية .

11 – ليس هنالك علاقة منتظمة بين الانحراف المركزي لمدارات الأقمار الدخيلة والبعد عن الكوكب وكما مبين في الإشكال (5-8-11-14) حيث يعتمد هذا الأمر على طاقة القمر الدخيل.

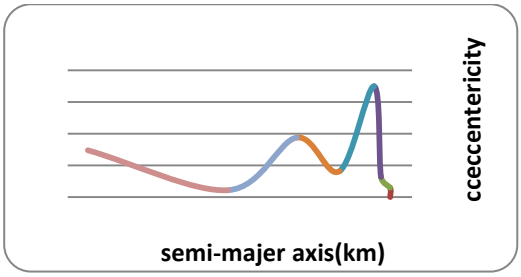
12 - مقدار الميل للأقمار الدخيلة لا يتغير مع البعد فقيمته متقاربة لكل زمرة وهي عالية جدا تصل في بعض الأقمار إلى (°165) ما عدا أقمار زمرة هيماليا والتي تكون قيمتها أقل من (°30) كما في الأشكال (-10-13 4 -7).

13 - تتغير الكتلة للأقمار الدخيلة بشكل نبضي مع البعد حيث توجد كتل كبيرة على مسافات مختلفة من الكوكب ويمكن عد هذه الأقمار كبيرة نسبيا بمنزلة الأم لكل زمرة والذي يعمل على حمايتها من الانفلات ، وهي مصدر لهذه الزمر كما في الشكل (15) .

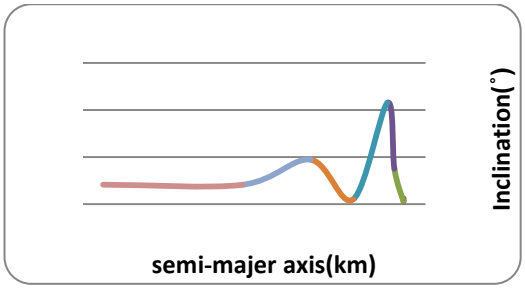
جدول رقم (1) يمثل الخواص الفيزياوية والمدارية لأقمار كوكب المشتري [8,7]

Inner Group							
Order	**Name**	**Diameter (km)**	**Mass ($\times 10^{16}$ kg)**	**Semi-maj. (km)**	**Orb.peri (d)**	**Inclination (°)**	**Eccentr.**
1	Metis	60×40×34	3.6	127,690	+7h 4m 29s	0.06°	0.000 02
2	Adrastea	20×16×14	0.2	128,690	+7h 9m 30s	0.03°	0.0015
3	Amalthea	167 ± 4.0 km 250×146×128	208	181,366	+11h 57m 23s	0.374°	0.0032
4	Thebe	116×98×84	43	221,889	+16h 11m 17s	1.076°	0.0175
Galilean Group							
Order	**Name**	**Diameter (km)**	**Mass ($\times 10^{16}$ kg)**	**Semi-maj. (km)**	**Orb.peri (d)**	**Inclination (°)**	**Eccentr.**
5	Io	3,660.0 ×3,637.4 ×3,630.6	8,931,900	421,700	+1.769 1	0.050°	0.0041
6	Europa	3,121.6	4,800,000	671,034	+3.551 2	0.471°	0.0094
7	Ganymede	5,262.4	14,819,000	1,070,412	+7.154 6	0.204°	0.0011
8	Callisto	4,820.6	10,759,000	1,882,709	+16.689	0.205°	0.0074
Himalia Group							
Order	**Name**	**Diameter (km)**	**Mass ($\times 10^{16}$ kg)**	**Semi-maj. (km)**	**Orb.peri (d)**	**Inclination (°)**	**Eccentr.**
10	Leda	16	0.6	11,187,781	+240.82	27.562°	0.1673
11	Himalia	170	670	11,451,971	+250.23	30.486°	0.1513
12	Lysithea	36	6.3	11,740,560	+259.89	27.006°	0.1322
13	Elara	86	87	11,778,034	+257.62	29.691°	0.1948
14	S/2000 J 11	4	0.009 0	12,570,424	+287.93	27.584°	0.2058
Ananke Group							
Order	**Name**	**Diameter (km)**	**Mass ($\times 10^{16}$ kg)**	**Semi-maj. (km)**	**Orb.peri (d)**	**Inclination (°)**	**Eccentr.**
17	Euporie	2	0.001 5	19,088,434	−538.78	144.694	0.0960
18	S/2003 J 3	2	0.001 5	19,621,780	−561.52	146.363	0.2507
19	S/2003 J 18	2	0.001 5	19,812,577	−569.73	147.401	0.1569
20	S/2011 J 1	1	0.001 5	20,155,290	−582.22	162.8°	0.2963
21	S/2010 J 2	1	0.001 5	20,307,150	−588.36	150.4°	0.307
22	Thelxinoe	2	0.001 5	20,453,753	−597.61	151.292	0.2684
23	Euanthe	3	0.004 5	20,464,854	−598.09	143.409	0.2000
24	Helike	4	0.009 0	20,540,266	−601.40	154.586	0.1374
25	Orthosie	2	0.001 5	20,567,971	−602.62	142.366	0.2433
26	Iocaste	5	0.019	20,722,566	−609.43	147.248	0.2874
27	S/2003 J 16	2	0.001 5	20,743,779	−610.36	150.769	0.3184
28	Praxidike	7	0.043	20,823,948	−613.90	144.205	0.1840
29	Harpalyke	4	0.012	21,063,814	−624.54	147.223	0.2440
30	Mneme	2	0.001 5	21,129,786	−627.48	149.732	0.3169
31	Hermippe	4	0.009 0	21,182,086	−629.81	151.242	0.2290
32	Thyone	4	0.009 0	21,405,570	−639.80	147.276	0.2525
33	Ananke	28	3.0	21,454,952	−640.38	151.564	0.3445
40	S/2003 J 15	2	0.001 5	22,720,999	−699.68	141.812	0.0932

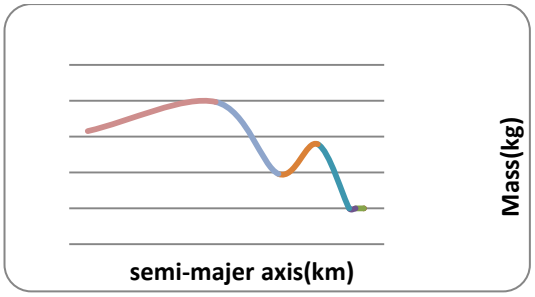
Carme Group							
Order	Name	Diameter (km)	Mass ($\times 10^{16}$ kg)	Semi-maj. (km)	Orb.peri (d)	Inclination (°)	Eccentr.
34	Herse	2	0.001 5	22,134,306	−672.75	162.490	0.2379
35	Aitne	3	0.004 5	22,285,161	−679.64	165.562	0.3927
36	Kale	2	0.001 5	22,409,207	−685.32	165.378	0.2011
37	Taygete	5	0.016	22,438,648	−686.67	164.890	0.3678
38	S/2003 J 19	2	0.001 5	22,709,061	−699.12	164.727	0.1961
39	Chaldene	4	0.007 5	22,713,444	−699.33	167.070	0.2916
41	S/2003 J 10	2	0.001 5	22,730,813	−700.13	163.813	0.3438
43	Erinome	3	0.004 5	22,986,266	−711.96	163.737	0.2552
45	Kallichore	2	0.001 5	23,111,823	−717.81	164.605	0.2041
46	Kalyke	5	0.019	23,180,773	−721.02	165.505	0.2139
47	Carme	46	13	23,197,992	−763.95	165.047	0.2342
51	Pasithee	2	0.001 5	23,307,318	−726.93	165.759	0.3288
55	Eukelade	4	0.009 0	23,483,694	−735.20	163.996	0.2828
59	Arche	3	0.004 5	23,717,051	−746.19	164.587	0.1492
60	Isonoe	4	0.007 5	23,800,647	−750.13	165.127	0.1775
61	S/2003 J 9	1	0.000 15	23,857,808	−752.84	164.980	0.2761
62	S/2003 J 5	4	0.009 0	23,973,926	−758.34	165.549	0.3070
Pasiphae Group							
Order	Name	Diameter (km)	Mass ($\times 10^{16}$ kg)	Semi-maj. (km)	Orb.peri (d)	Inclination (°)	Eccentr.
42	S/2003 J 23	2	0.001 5	22,739,654	−700.54	148.849	0.3930
44	Aoede	4	0.009 0	23,044,175	−714.66	160.482	0.6011
48	Callirrhoe	9	0.087	23,214,986	−727.11	139.849	0.2582
49	Eurydome	3	0.004 5	23,230,858	−723.36	149.324	0.3769
50	S/2011 J 2	1	0.004 5	23,329,710	−725.06	151.8°	0.3867
52	S/2010 J 1	2	0.001 5	23,314,335	−722.83	163.2°	0.320
53	Kore	2	0.001 5	23,345,093	−776.02	137.371	0.1951
54	Cyllene	2	0.001 5	23,396,269	−731.10	140.148	0.4115
56	S/2003 J 4	2	0.001 5	23,570,790	−739.29	147.175	0.3003
57	Pasiphaë	60	30	23,609,042	−739.80	141.803	0.3743
58	Hegemone	3	0.004 5	23,702,511	−745.50	152.506	0.4077
63	Sinope	38	7.5	24,057,865	−739.33	153.778	0.2750
64	Sponde	2	0.001 5	24,252,627	−771.60	154.372	0.4431
65	Autonoe	4	0.009 0	24,264,445	−772.17	151.058	0.3690
66	Megaclite	5	0.021	24,687,239	−792.44	150.398	0.3077
67	S/2003 J 2	2	0.001 5	30,290,846	−1077.02	153.521	0.1882
***Themisto* Group**							
Order	Name	Diameter (km)	Mass ($\times 10^{16}$ kg)	Semi-maj. (km)	Orb.peri (d)	Inclination (°)	Eccentr.
9	Themisto	8	0.069	7,393,216	+129.87	45.762°	0.2115
***Carpo* Group**							
Order	Name	Diameter (km)	Mass ($\times 10^{16}$ kg)	Semi-maj. (km)	Orb.peri (d)	Inclination (°)	Eccentr.
15	Carpo	3	0.004 5	17,144,873	+458.62	56.001°	0.2735
16	S/2003 J 12	1	0.000 15	17,739,539	−482.69	142.680°	0.4449



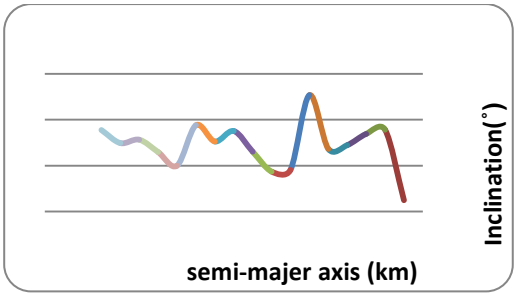
شكل (2) يبين تغير الانحراف المركزي مع نصف المحور الكبير للأقمار الأصيلة



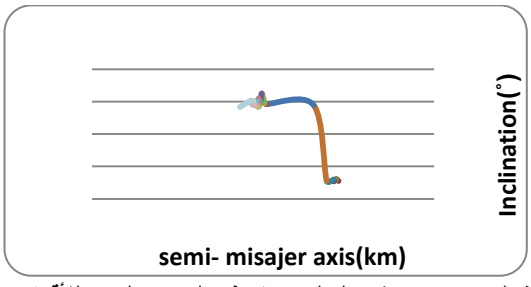
شكل (1) يبين تغير ميل المدار مع نصف المحور الكبير للأقمار الأصيلة



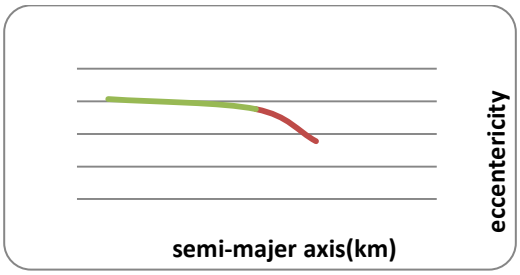
شكل (3) يبين تغير الكتلة مع نصف المحور الكبير للأقمار الأصيلة



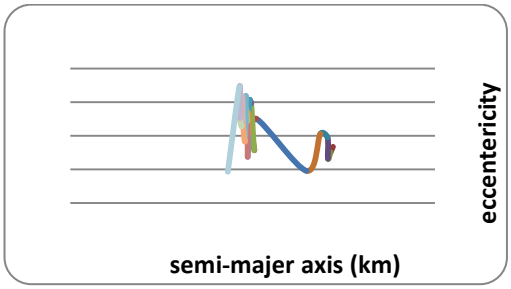
شكل (7) يبين تغير الميل مع نصف المحور الكبير للأقمار الدخيلة (كارم)



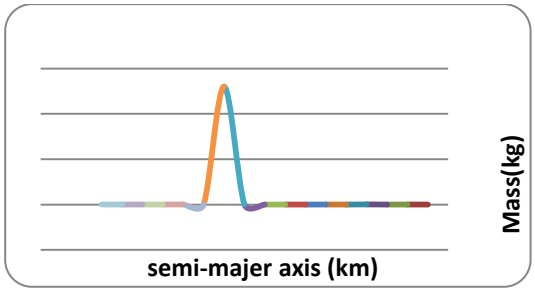
شكل (4) يبين تغير الميل مع نصف المحور الكبير للأقمار الدخيلة (هيماليا ، اننك)



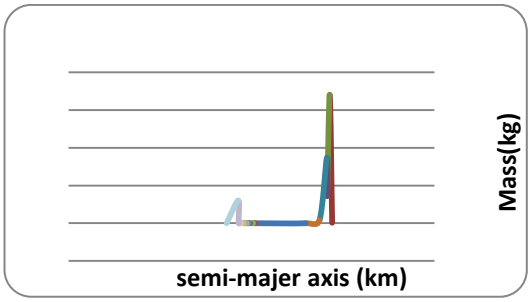
شكل (8) يبين تغير الانحراف المركزي مع نصف المحور الكبير للأقمار الدخيلة (كارم)



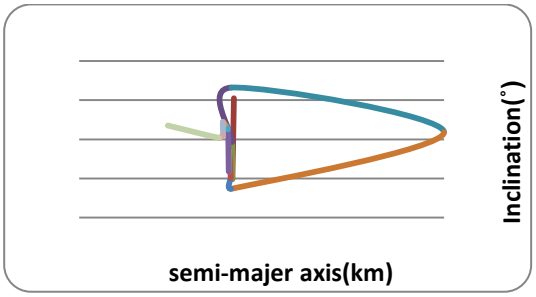
شكل (5) يبين تغير الانحراف المركزي مع نصف المحور الكبير للاقمار الدخيلة (هيماليا،اننك)



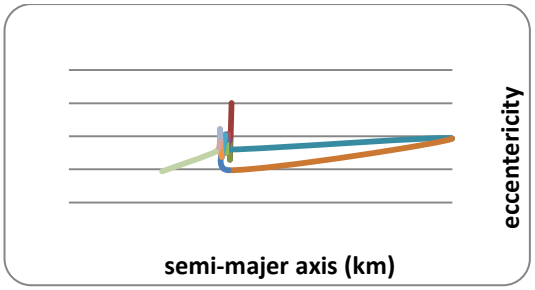
شكل (9) يبين تغير الكتلة مع نصف المحور الكبير للأقمار الدخيلة (كارم)



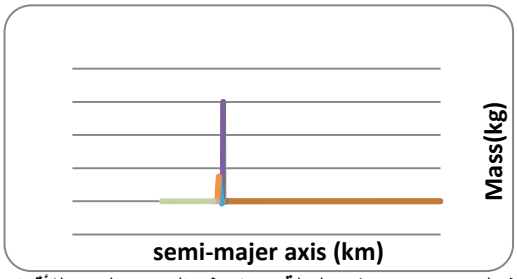
شكل(6) يبين تغير الكتلة مع نصف المحور الكبير للأقمار الدخيلة (هيماليا ، اننك)



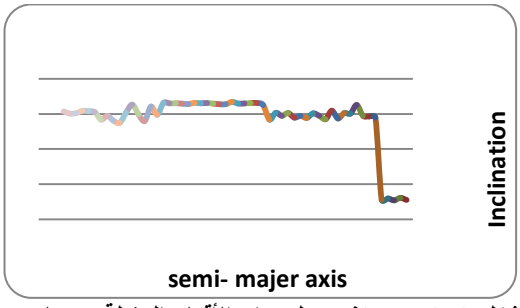
شكل (10) يبين تغير الميل مع نصف المحور الكبير للأقمار الدخيلة (باسيفاي)



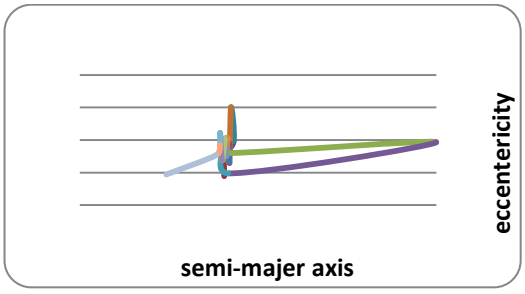
شكل (11) يبين تغير الانحراف المركزي مع نصف المحور الكبير للأقمار الدخيلة (باسيفاي)



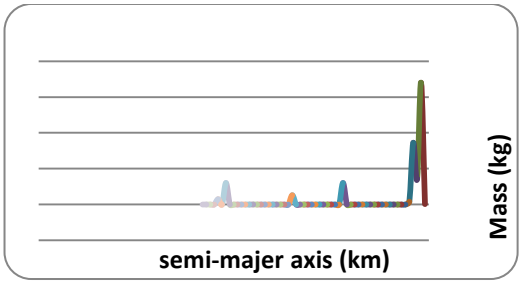
شكل (12) يبين تغير الكتلة مع نصف المحور الكبير للأقمار الدخيلة (باسيفاي)



شكل (13) يبين تغير ميل مدار الأقمار الدخيلة جميعا مع نصف المحور الكبير



شكل (14) يبين تغير الانحراف المركزي لمدارات الأقمار الدخيلة جميعا مع نصف المحور الكبير



شكل (15) يبين تغير الكتلة للأقمار الدخيلة جميعا مع نصف المحور الكبير للمدار

المصادر:

[1] Stuart Ross Taylor, 2001. Solar system evolution: a new perspective : an inquiry into the chemical composition, origin, and evolution of the solar system, 2nd, illus., revised. Cambridge University Press.

[2] Jewitt, D. C. and Sheppard, S. C. Porco. 2004. *Jupiter: The Planet, Satellites and Magnetosphere*. Cambrisbnge: Cambrisbnge University Press.

[3] أغرب ألأقمار في المنظومة الشمسية ، فبراير – مارس 2007 ، دي .جويت وجماعته ، بحث منشور في مجلة العلوم (الترجمة العربية لمجلة سينتفك أمريكان)، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي ،العدد 23 .

[4] Siedelmann, P. K.; Abalakin, V. K.; Bursa, M.; Davies, M. E.; de Bergh, C.; Lieske, J. H.; Obrest, J.; Simon, J. L.; Standish, E. M.; Stooke, P. ; Thomas, P. C. 2000. The Planets and Satellites 2000. (Report). IAU/IAG Working Group on Cartographic Coordinates and Rotational Elements of the Planets and Satellites.

[5] Kelly, J. Beatty; Carolyn, Collins Peterson; Andrew Chaiki, 1999. The New Solar System. Massachusetts: Sky Publishing Corporation.

[6] Hansen, C. J.; Bolton, S. J.; Matson, D. L.; Spilker, L. J.; Lebreton, J. ,2004,"The Cassini-Huygens flyby of Jupiter". *Icarus* **172** (1): 1–8. Bibcode:2004Icar..172....1H. doi: 10.1016 /j.icarus .2004 . 06.018

[7] Musotto, S.; Varadi, F.; Moore, W. B.; Schubert, G. 2002. Numerical simulations of the orbits of the Galilean satellites. *Icarus* **159** (2): 500–504. Bibcode:2002Icar..159..500M. doi : 10 . 1006 / icar.2002.6939.

[8] McFadden, Lucy-Ann; Weissman, Paul; Johnson, Torrence, 2006.

Encyclopedia of the Solar System , 2nd. Academic Press.

[9] Alibert, Y.; Mousis, O. and Benz, W. 2005. Modeling the Jovian subnebula I. Thermodynamic conditions and migration of proto-satellites. Astr. and Astrophysics J. **439** (3): 1205–13.

[10] Grav, Tommy; Holman, Matthew J.; Gladman, Brett J.; Aksnes, Kaare.2003. Photometric survey of the irregular satellites. Icarus **166** (1): 33–45.

[11] Sheppard, Scott S.; Jewitt, David C.; Porco, Carolyn. 2004. Jupiter's outer satellites and Trojans. Cambridge planetary science **1** (Cambridge, UK: Cambridge University Press). pp. 263–280.

[12] Nesvorný, David; Beaugé, Cristian; Dones, 2004. Collisional Origin of Families of Irregular Satellites" (PDF). The Astr. J. **127** (3): 1768–1783. Bibcode :2004 AJ ....127. 1768N. doi: 10.1086/ 382099.

[13] Murdin, Paul. 2000. Encyclopedia of Astronomy and Astrophysics, Bristol: Institute of Physics Publishing.

[14] Jacobson, R. A. 2001. The Gravity Field of the Jovian System and the Orbits of the Regular Jovian Satellites. 33rd Annual Meeting of the Division for Planetary Sciences, New Orleans, Louisiana

Study the genesis of the Moons of Jupiter and their Physical Properties

Farid M. Mahdi

Department of Physics, College of Education for Pure Science, University of Anbar.

Received 10, May, 2014
Accepted 5, February, 2014

Abstract:

A developed model has been put for the hypothesis of capturing moons in explaining the origin of Jupiter moons, and study the change of the orbital properties of these satellites as well as the distance from the planet. Jupiter moons were divided into two types according to their physical and orbital properties, they are the moons , which are formed from the same material as the planet, so it was named the original moons ,while the moons that have been captured from the surrounding space was renamed exotic moons . And the moons of exotic origin asteroid belt and the Kuiper belt in the region which is behind Neptune, the origin of each clique of moons is an asteroid fragmented after colliding previously with another body and then gathered again by simple gravity of its parts among them, and then it has been disintegrated once again due to the influence of the gravity of the planet against it, and the process of captivity are due to the gravitational interaction between the asteroid or comet and the planet when one of them enters within Hill ball to Jupiter.

Key words: Model, Capture of moons, Jupiter, Original moons, Exotic moons.