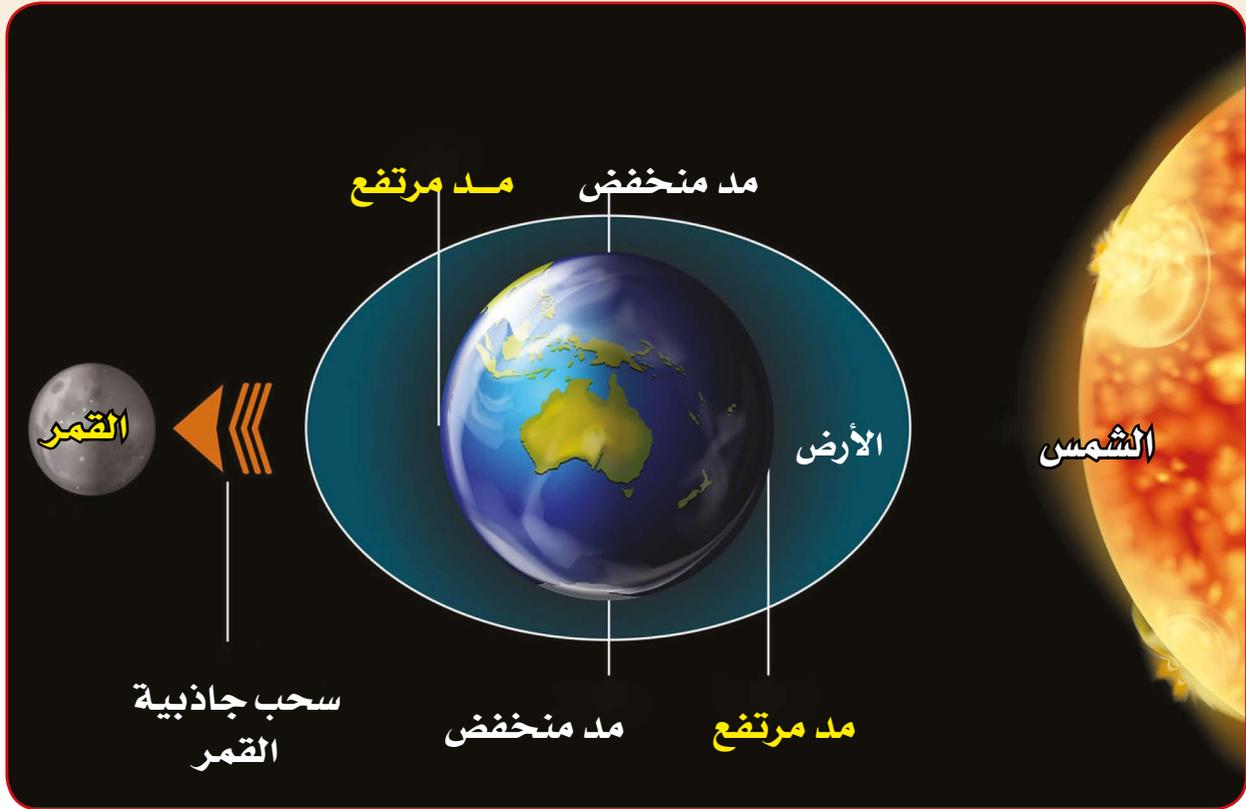


# المد والجزر



عبد الله بن محمد العمري

قسم الجيولوجيا والجيوفيزياء - كلية العلوم - جامعة الملك سعود

١٤٤٤ هـ - ٢٠٢٣ م



www.alamrigeo.com





ح عبد الله بن محمد العمري، ١٤٤٣هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

العمري ، عبدالله بن محمد سعيد

كتاب المد والجزر. / عبدالله بن محمد سعيد العمري - ط١..-

الرياض، ١٤٤٣هـ

١١٢ ص ، ٢١،٥ X ٢٨

ردمك: ٩٧٨-٦٠٣-٠٣-٩٩٠٩-٣

١- المد والجزر أ.العنوان ب. الموسوعة

١٤٤٣ / ٧٦٣٢

ديوي ٥١١،٤٦

رقم الإيداع ٧٦٣٢ / ١٤٤٣

ردمك: ٩٧٨-٦٠٣-٠٣-٩٩٠٩-٣

### حقوق طبع الموسوعة محفوظة للمؤلف

مع عدم السماح ببيعها .. ويمكن إعادة طباعتها وتوزيعها مجاناً بدون أي تعديل في الاسم أو المحتوى

تطلب النسخة الورقية المجانية من المؤلف على العنوان التالي:

قسم الجيولوجيا والجيوفيزياء - جامعة الملك سعود ص.ب. 2455 الرياض 11451

الإصدار الإلكتروني من خلال الموقع

[www.alamrigeo.com](http://www.alamrigeo.com)

للاستفسارات والملاحظات الاتصال على:

جوال +966505481215 هاتف +966 11 4676198

البريد الإلكتروني E.mail : [alamri.geo@gmail.com](mailto:alamri.geo@gmail.com)



الطبعة الأولى

١٤٤٤هـ / ٢٠٢٣م



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿ وَفِي الْأَرْضِ آيَاتٌ لِلْمُوقِنِينَ ﴾

[سورة الذاريات : آية 20]

﴿ And on the Earth are Signs for  
Those Whose Faith is Certain ﴾



# الماء والجزر





## مَهَيِّدُكَ

الحمد والشكر لله الذي ساعدني في إنجاز هذا الجهد المتواضع المرتبط بتأليف الموسوعة العلمية العربية. تهدف الموسوعة العلمية الشاملة في علوم الأرض والبيئة والطاقة إلى تزويد وخدمة الباحثين وطلاب المدارس والجامعات وفئات المجتمع نظراً لمعاناة المهتمين من مشاكل ندرة المراجع العربية في هذا المجال. تشتمل الموسوعة المجانية والتي تعتبر الأضخم عالمياً على 30 كتاب علمي ثقافي موثق ومدعم بالصور والأشكال التوضيحية المبسطة في 6000 صفحة تقريباً تغطي خمسة أجزاء رئيسية:

**الجزء الأول** مكون من ستة كتب يناقش عمر الأرض وشكلها وحركاتها وتركيبها الداخلي وثرواتها المعدنية والتعدينية والجاذبية الأرضية وعلاقتها بالمد والجزر:

- |                             |                       |
|-----------------------------|-----------------------|
| تقدير عمر الأرض             | التركيب الداخلي للأرض |
| شكل الأرض وحركاتها          | المعادن والتعدين      |
| الجاذبية الأرضية وتطبيقاتها | المد والجزر           |

**الجزء الثاني** من الموسوعة يشتمل على ستة كتب تربط علاقة الأرض بالنظام الشمسي وبالأخص القمر والأغلفة الجوية والمائية والحيوية المحيطة بالأرض. وكذلك دور الزلازل والتفجيرات والبراكين والتسونامي في التأثير على بنية الأرض وكيفية تقليل مخاطرها:

- |                     |                        |
|---------------------|------------------------|
| موجات التسونامي     | البراكين وسبل مجابتهها |
| الزلازل والتفجيرات  | جيولوجية القمر         |
| تقييم مخاطر الزلازل | الأغلفة المحيطة بالأرض |





**الجزء الثالث** يتألف من ستة كتب يربط كل ما يتعلق بالمشاكل والكوارث البيئية والطبيعية وحلولها والتغيرات المناخية وأهمية التشجير ومعالجة الاحتباس الحراري:

- المشاكل البيئية وحلولها
- الانزلاقات والإنهيارات والفيضانات
- التغيرات المناخية والاحتباس الحراري
- الأمطار والسيول والسدود
- التشجير: التحديات والحلول
- التصحّر والجفاف

**الجزء الرابع** يتكون من ستة كتب يناقش ارتباط علوم الأرض بالعلوم الأخرى نووياً وطبيياً، وكذلك دور الطاقة المستدامة النظيفة اقتصادياً وبيئياً:

- مستقبل الطاقة في عالمنا
- الجيوفيزياء النووية
- الطاقة الحرارية الأرضية
- الجيولوجيا الطبية
- هل إنتهى عصر النفط؟
- دليل كتابة الرسائل الجامعية والنشر العلمي

أما **الجزء الخامس** يتألف من ستة كتب متخصصة في العلوم الجيولوجية مكونة من 2020 سؤال وجواب لمساعدة طلاب الجامعات والباحثين وتهيئتهم للاختبارات الشاملة والتأهيلية للدراسات العليا ومزاولة المهنة:

321 سؤال وجواب في تطور الأرض	
358 سؤال وجواب في علم الصخور والجيوكيمياء والاستشعار عن بُعد وال GIS	
358 سؤال وجواب في الثروات الطبيعية	
380 سؤال وجواب في المخاطر الجيولوجية	
303 سؤال وجواب في علم الزلازل والزلازلية الهندسية	
300 سؤال وجواب في الجيوفيزياء التطبيقية	

## المؤلف





## مقدمة

**المد والجزر** ظاهرتان طبيعيتان متناوبتان مختلفتان عن بعضهما البعض. تندرج ظاهرتا المد والجزر Tides في البحار تحت راية علم المحيطات الفيزيائي Physical Oceanography. وتعبّر هاتان الظاهرتان الطبيعيتان عن التفاعل بين جاذبية الأرض والقمر والشمس. وهما من الظواهر التي رصدها الإنسان وسجّل تغيراتها منذ أن سكن بجوار شواطئ البحار، وقد اهتم بتفسير هذه الظاهرة الكثير من الحضارات القديمة، كما كانت محط أنظار وأفكار العلماء العرب والمسلمين؛ إلا أن ما يميّز دراسة العلماء العرب والمسلمين للظاهرة بأنهم أول من توصلوا إليه حيث كانت تمتد في إطار الحقل الهيدروغرافي، شاملة الأنهار والبحار. وكذلك استغل العرب ظاهرة المد والجزر قبل أوروبا بثلاثة قرون أو أكثر في إدارة السواقي وطواحين الغلال.

إنّ **العاملان** الرئيسيان المتحكّمان في طبيعة المدّ والجزر هما قوّة جاذبية القمر وقوّة دوران الأرض، بينما تلعب جاذبيّة الشمس دوراً بسيطاً في تأثيرها على هذه الظاهرة، وكذلك صفات الساحل الماديّة حيث تعتمد شدّة تأثيرها على ظاهرة المدّ والجزر على طبيعة الساحل بشكل رئيسي. على وجه العموم فإنّ معظم السواحل حول العالم تتكرّر فيها ظاهرة المدّ والجزر مرتين خلال 24 ساعة، ولكن في بعض المناطق قد يحدث المدّ والجزر مرّة واحدة في اليوم الواحد، حيث تولّد جاذبيّة القمر قوّة تُسمى قوّة المدّ والجزر. تسبب قوّة المدّ والجزر انتفاخات على سطح الأرض والأسطح المائيّة. تتحرّك المياه بفعل هذه





القوة وما أحدثته من **انتفاخات** صعوداً باتجاه الشاطئ (مدّ) وانحساراً عن الشاطئ (جزر). أنّ القمر ليس العامل الوحيد وراء الظاهرة، بل هناك قوة الطرد المركزي نتيجة دوران الأرض حول نفسها وتعاقب الليل والنهار، وهذا يعني أن ظاهرة المد والجزر تحدث مرتين كل 12 ساعة، فعندما تمر الأرض أمام القمر يحدث المد في الأماكن القريبة وعندما تبتعد عنه يحدث الجزر.

يتمثل أحد **أسرار الفيزياء** في أنّ أيّ كتلة تدور حول نفسها مثل القمر أو الأرض أو الشمس تولّد جاذبيتها الخاصة بها، وكلما كانت الكتلة أكبر كانت الجاذبية أقوى، وما اكتشفه **إسحق نيوتن** أنه في حين تجذب قوة الجاذبية الكتل الأخرى، فإن هذه القوة تضمحل بسرعة مع اتساع المسافة؛ وهكذا كلما كانت الكتل أقرب من بعضها كان تأثيرها أقوى، وبناء عليه، يوجد تأثير ثلاثي متبادل بين القمر والأرض والشمس.

إذ منذ **أقدم الحضارات** حاول الكثير من الناس معرفة سبب هذه الظاهرة، فمنهم من ربطها بالقمر وحده، ومن من ربطها بالرياح، ومنهم من ربطها بالشمس، ومنهم من ربطها بأفعال الآلهة المصطنعة، ومنهم من كان يعتقد بوجود مخلوقات هائلة الحجم والضخامة كالحيثان تتسبب بهذه الظاهرة. ونظراً لكون قوة الجاذبية تضعف بالبعد، فإنّ حركة المد والجزر تكون أقوى في المحيط الهادئ عندما يكون القمر فوق هاواي مباشرة عنها عندما ينعطف القمر بعيداً ليصبح فوق المحيط الأطلسي (**كلوز، 1994م**). كما أنّ احتكاك المد والجزر يؤدي إلى زيادة طول اليوم **بنسبة 0.001 ثانية في كل قرن** من الزمن (دبس، 1993م). لحركات المد والجزر أهمية بالغة فهي تعمل على تطهير البحار والمحيطات من كل الشوائب وكذلك تطهير مصبات الأنهار والموانئ من الرواسب كما انها تساعد السفن على دخول الموانئ التي تقع في المناطق الضحلة. ولكن المد الشديد قد يشكل خطر على الملاحة وخاصة في المضائق.





## المد والجزر والقمر

المد والجزر هي **الارتفاع الدوري والانخفاض** في مستوى سطح البحر الناتج عن تفاعل الجاذبية وحركات الشمس والقمر والأرض. ترتبط تيارات المد والجزر بحركات مائية أفقية. على الرغم من أن تأثير المد والجزر على مستويات المياه المحلية والتيارات يمكن التنبؤ به، إلا أن مجموعة العوامل التي تؤثر على المد والجزر المحلية معقدة. بمجرد تشكيلها بواسطة عوامل فلكية، يتم تعديل المد والجزر من خلال العديد من العوامل الأخرى بما في ذلك قاع المحيط والسواحل والطقس. من العوامل الفلكية تأثير القمر أكبر من تأثير الشمس لأنه أقرب إلى الأرض. تساهم جاذبية القمر وقصور الماء في تكوين انتفاخين يميلان إلى جعل سطح المحيط على شكل بيضة. أحد الانتفاخين باتجاه القمر، والآخر بعيداً عن القمر. يتعرض مكان على الأرض يدور يومياً عبر هذين الانتفاخين إلى مد وجزر مرتفعين ومدين منخفضين.

نظراً لأن القمر يدور حول **كوكبنا شهرياً** في مدار بيضاوي يميل إلى المستوى الاستوائي للأرض، هناك مجموعة واسعة من متغيرات المد والجزر الفلكية الممكنة. يستغرق الأمر حوالي **18.6 عاماً** لتجربة معظم تأثيرات التكوينات المختلفة لنظام الأرض والقمر الذي يولد المد والجزر. وأبرز هذه التأثيرات هو أن **النهار** الذي يرتكز على القمر ويوم المد والجزر كلاهما أطول بمقدار **50 دقيقة** من النهار القائم على الشمس. مع تأثير حوالي **45%** من القمر، يميل **انتفاخان** أصغر مرتبطان بالشمس إلى تعديل انتفاحات المد والجزر القمرية السائدة. نظراً لأن الأرض تدور حول الشمس سنوياً في مدار بيضاوي يميل إلى مستوى دوران الأرض، فهناك مجموعة واسعة من المتغيرات الفلكية الممكنة.





يستغرق الأمر أكثر من **ألف عام** لتجربة معظم تأثيرات تكوينات نظام الأرض والقمر والشمس التي تولد المد والجزر. وأبرز هذه التأثيرات هو المد والجزر **الشديد** الذي يحدث **مرتين شهرياً** عندما تتم محاذاة الأرض والقمر والشمس وانتفاخات المد والجزر المرتبطة بها خلال مرحلتي القمر الجديد والقمر الكامل. بمجرد تشكيلها بواسطة عوامل فلكية، يمكن اعتبار المد والجزر على أنه يتحرك عبر المحيط مثل أمواج المحيط على نطاق عالمي.

يمكن حل هذه الموجات إلى مكونات دورية مختلفة، تسمى المد والجزر **الجزئي** والتي يتم توقعها لتاريخ مستقبلي ثم يتم جمعها معاً للتنبؤ بالمد المحلي الناتج. من أجل التنبؤ بالمد والجزر بدقة، يجب على كل محطة من محطات المد والجزر أولاً جمع البيانات **لمدة لا تقل عن 18.6 سنة** تغطي معظم التكوينات الرئيسية **لتوليد** المد والجزر لنظام الأرض والقمر.

في الماضي، تم التحقيق في المد والجزر بسبب تأثيرها المحلي على **الملاحة والهندسة والحدود القانونية والتجارة والترفيه** بالإضافة إلى إمكاناتها كمصدر للطاقة المتجددة. البحث الحالي أكثر ارتباطاً بالطبيعة العالمية للمد والجزر، بما في ذلك تأثيرها على العمليات الفيزيائية الأخرى مثل الدوران، والاختلاط، وتوليد الأمواج.

عموماً يتبع المد والجزر القمر في **حركته الظاهرية** حول الأرض. ترتفع مياه المسطحات المائية وتخفض مرتين خلال الفترة الزمنية الواقعة بين طلوعين متتاليين للقمر، وهي تعادل **24 ساعة و 50 دقيقة** تقريباً. وتتحدد الفترة بين طلوعين للقمر بواسطة حركتين هما:





- حركة الأرض حول محورها.
- دوران القمر حول الأرض.

نتيجة لدوران الأرض حول محورها، يقطع القمر السماء مرة كل يوم. أما بالنسبة للشمس، فإن القمر يدور حول الأرض مرة واحدة كل 29,5 يوم، لذلك فإن القمر يتحرك  $12^\circ$  حول الأرض كل يوم. وفي الوقت الواقع ما بين طلوعين للقمر، تكون الأرض قد أكملت دورتها حول نفسها، وهنا ترجع الاثنتا عشرة درجة التي أضيفت، وتستغرق هذه الاثنتا عشرة درجة نحو 50 دقيقة.

تساوي كتلة الشمس 27 مليون مرة كتلة القمر. فإذا كانت المسافة بين الأرض والقمر تساوي المسافة بين الشمس والأرض، فإن المد الذي يحدث بفعل جاذبية الشمس، سوف يعادل 27 مليون ضعف ارتفاع المد الناتج بفعل جاذبية القمر. لكن المسافة بين الشمس والأرض أبعد 390 مرة من مسافة القمر عن الأرض. لهذا فإن المد الناتج عن جاذبية الشمس يعادل فقط 46% من المد الناتج عن جاذبية القمر. ويتحد المدان الناتجان عن الشمس والقمر في مد وجزر واحد يبدو واضحاً على شواطئ البحار.

يبعد القمر عن كوكب الأرض مسافة أقل من بُعد الشمس عن كوكب الأرض، وتكون قوّة تأثير جاذبيته على المسطحات المائية بأنواعها أكبر مع أنه صغير الحجم، ولهذا فإنه السبب الرئيس لظاهرة المد والجزر، وعند حدوث الكسوف مثلاً فهذا يسبب ظاهرة الجزر بالوصول إلى أقصى حدّ فيها، وأثناء الليل يُلاحظ انخفاض منسوب المياه بشكل واضح، ولكن القمر لا يكون وحده السبب في حدوث هذه الظاهرة، ولكن قوّة الطرد المركزي التي تكون السبب في دوران كوكب الأرض حول نفسه وتتابع الليل والنهار.





تحدث ظاهرة المدّ والجزر بدايةً بانتفاخات **Bulges** في مياه البحر أو المحيط الذي يكون مواجهاً لجانبي القمر، ويقوم القمر بسحب المياه باتجاهه، ويكون **دوران القمر** حول كوكب الأرض، بالإضافة إلى **دوران كوكب الأرض** حول نفسه سبباً في حدوث المدّ في الجهة المقابلة لكوكب القمر، ويحتاج كوكب الأرض **للدوران** حول نفسه بمقدار **مائة وثمانين درجة** ولمدّة تصل إلى **اثنتا عشرة ساعة**، ويحتاج القمر أيضاً **اثنتا عشرة ساعة** حتى يستطيع الدوران حول كوكب الأرض بمقدار **ست درجات**، ويعني هذا أنّ المواقع الساحليّة تتعرّض لظاهرة المدّ والجزر فيما يُقارب **12 ساعة و25 دقيقة**.





قوة المد والجزر هي الفرق بين قوة الجاذبية في المركز وقوة المد والجزر في مكان آخر. تظهر قوى المد والجزر على سطح المحيط. ستقل هذه القوى إلى الصفر عندما تقترب من مركز الأرض





## خصائص المد والجزر

- المد والجزر هو الارتفاع والانخفاض المنتظمان لسطح المحيط الذي يحدث على مدى عدة ساعات أو أكثر كل يوم.
- يتم قياس المد والجزر في المواقع الساحلية كتغيرات محلية في مستوى سطح البحر. يُطلق على الفرق في الارتفاع بين مستويات المياه عند المد المرتفع والمنخفض نطاق المد والجزر ويسمى الوقت بين المد والجزر المتتالي بفترة المد والجزر.
- على الرغم من أن تأثيرات المد والجزر تُلاحظ على طول الشاطئ كتغيرات محلية في مستوى سطح البحر والتيارات المياه، فإن المد والجزر تتطور من تفاعل الجاذبية وحركات الشمس والقمر والأرض التي تعمل على مياه المحيط.
- بمجرد تشكيلها بواسطة عوامل فلكية، يتم تعديل المد والجزر من خلال العديد من التأثيرات غير الفلكية بما في ذلك عمق المياه، وتضاريس القاع، وتكوين السواحل والطقس، لإنتاج المد المحلي المرصود.
- يمكن التنبؤ بالمد والجزر المحلي، على الرغم من أنه ناتج عن تفاعل معقد بين العوامل الفلكية وغير الفلكية، بدرجة عالية من الدقة من التحليل التفصيلي لسجل المد المحلي طويل الأجل.





## العوامل الفلكية

- **من العوامل الأساسية** لتكوين المد والجزر قوى التجاذب بين الأرض والقمر والشمس، حيث يتم تحديد هذا التجاذب من خلال كل من كتل هذه الأجسام والمسافة بينها. فكلما زادت الكتلة، زادت قوة الجذب، بينما كلما زادت المسافة، كان التجاذب أصغر.
- **لن يكون حجم جاذبية الشمس أو القمر** هو نفسه في جميع الأماكن على سطح الأرض لأن ليست كل هذه الأماكن بعيدة عن الجسم الجاذب. ستشهد الأماكن الأقرب إلى الجسم على الأرض جاذبية أكبر تجاه الشمس أو القمر مقارنة بالأماكن الموجودة على الجانب الآخر من الأرض.
- **بسبب جاذبية الأرض**، فإن محيط الأرض المواجه (والأقرب) للقمر يتم سحبه بقوة أكبر من القمر مقارنة بالمحيط الموجود على الجانب المقابل الأبعد من الأرض. تنتج الشمس تأثيراً مشابهاً على مياه المحيط.
- **تدور الأرض والقمر** حول مركز كتلة مشترك مرة كل شهر قمري. تؤدي حركة الدوران هذه، جنباً إلى جنب مع جاذبية القمر، إلى انتفاخ سطح المحيط على شكل بيضة. أحد الانتفاخات المحيطية باتجاه القمر والآخر على الجانب الآخر من الأرض. ينتج عن تفاعل مماثل بين الأرض والشمس انتفاخات محيطية على الأرض تصطف باتجاه الشمس وبعيداً عنها.
- **على الأرض النظرية بدون احتكاك**، ستبقى انتفاخات المحيط متماشية مع الجسم السماوي مما يساهم في تكوينها. إن أي مكان على الساحل يتحرك





فيه دوران الأرض عبر الانتفاخات قد يتعرض لارتفاع وانخفاض مستوى سطح البحر. هذه التغيرات في مستوى سطح البحر هي المد والجزر التي تنتج في ظل الظروف النظرية عن طريق العوامل الفلكية التي تعمل بمفردها.

- **يهيمن على المجموعة الكبيرة من المتغيرات الفلكية** التي ينطوي عليها إنتاج المد والجزر النظرية المواءمة المتغيرة للقمر والشمس والأرض، بما في ذلك المواضع المتغيرة للقمر والشمس بالنسبة إلى خط استواء الأرض والمسافات المتغيرة للقمر. قمر من الأرض والأرض من الشمس بسبب مداراتها الإهليجية.





## أسباب ظاهرة المد والجزر

إن سبب ظاهرة المد والجزر هو قوة جذب القمر والشمس للأرض، وقوة الطرد المركزي الناتجة عن دوران الأرض حول محورها:

### قوة جاذبية القمر والشمس

تنشأ حركة المد والجزر بفعل جاذبية الشمس والقمر لمياه البحار والمحيطات ولأن القمر أقرب إلى الأرض فتأثير جاذبيته تكون أكبر رغم صغر حجمه؛ فنستنتج أن جاذبية القمر هي أهم عامل في حدوث المد والجزر. يحدث المد والجزر مرتين كل يوم (مرة كل 12 ساعة)، لأن أجزاء سطح الأرض تمر أثناء دورتها أمام القمر فيحدث المد في الأماكن المواجهة للقمر، ثم لا يلبث أن يحدث الجزر عندما تبتعد هذه الأماكن عنه. ويختلف ارتفاع المد باختلاف موقع القمر في مداره بالنسبة لكل من الأرض والشمس، في المحاق والبدر يعلو المد إلى أقصى دورته نظرا لوقوع الشمس والقمر في جهة واحدة، وتبلغ قوة جاذبية القمر أقصاها عند ظاهرة الكسوف عندما يكون القمر بين الشمس والأرض فيكون تأثيرهما المشترك على الأرض شديدا، وفي الأسبوعين الأول والثالث من الأشهر القمرية يحدث ما يسمى بالمد الخائر، حيث يكون المد أضعف من المعتاد بسبب وقوع كل من الشمس والقمر على ضلعي زاوية قائمة رأسها مركز الأرض وبذلك تقلل جاذبية الشمس من تأثير جاذبية القمر.





## قوة الطرد المركزية

تعتبر **قوة الطرد المركزية** من الأمور التي تؤثر على محيطات الأرض، فعندما يدور القمر حول الأرض تتحرك الأرض حركة دائرية صغيرة جداً، وينتج عن هذه الحركة حدوث قوة طرد مركزية في المحيطات، وتؤدي قوة الطرد المركزية إلى تمدد المحيطات في الجهة المقابلة للقمر، ويعتبر سحب الجاذبية للقمر أحد الأمور الكفيلة لجذب المحيطات إلى التمدد على جانب الأرض التي تواجه القمر، ولكنه ليس قوياً لدرجة التغلب على كافة الجمود الموجود على الأرض، ونتيجة لذلك يحدث المد والجزر في محيطات العالم مرتين، حيث تحدث المرة الأولى عندما يكون جانب الأرض هو الأقرب إلى القمر، والمرة الأخرى يكون حدوثها عندما تكون الأرض على الجانب الأبعد من القمر.





## دور القمر

- على الرغم من أن كتلته أصغر بكثير من كتلة الشمس، إلا أن القمر له تأثير أكبر على المد والجزر لأنه أقرب بكثير إلى الأرض من الشمس.
- لأن الثورة الشهرية للقمر حول الأرض في نفس اتجاه دوران الأرض اليومي، يجب أن تقوم نقطة على الأرض بدوران كامل وأكثر (مع انقضاء حوالي 24 ساعة و 50 دقيقة) للحاق بالقمر المتقدم. هذا اليوم الذي يركز على القمر يسمى أيضاً يوم المد والجزر.
- تظل انتفاخات المد والجزر التي ينتجها القمر في نفس المحاذاة بالنسبة للقمر، ولكنها تغير مواقع خطوط العرض على الأرض من يوم لآخر أثناء تتبعها للقمر خلال ثورته الشهرية حول الأرض. يحدث هذا بسبب ميل مدار القمر إلى المستوى الاستوائي للأرض.
- خلال شهر قمري واحد، يتحرك موقع خط العرض للقمر من كونه فوق خط الاستواء مباشرة إلى مسافة خمس درجات من مدار السرطان (23.5 درجة شمالاً)، والعودة إلى خط الاستواء، ثم في حدود خمس درجات من مدار الجدي (23.5 درجة جنوب)، ثم العودة إلى خط الاستواء حيث تبدأ دورة أخرى.
- عندما يكون القمر فوق خط الاستواء مباشرة، فإن انتفاخات المد والجزر المصاحبة له تتركز على خط الاستواء. من الناحية النظرية، ستدور جميع المواقع الساحلية تقريباً من خلال انتفاخات المد والجزر وستواجه مدين مرتفعين متساويين ومدين منخفضين متساويين في يوم المد والجزر. يُعرف هذا بالمد





### والجزر شبه النهاري.

- توجد أنماط مختلفة للمد والجزر عندما يكون القمر ونقاط المنتصف لانتفاخات المد والجزر المصاحبة له إما **شمال** أو **جنوب** خط الاستواء. في حين يتم ملاحظة المد والجزر **شبه النهارية** عند خط الاستواء في جميع الأوقات، فإن معظم المواقع بين **خط الاستواء** وخطوط العرض **المرتفعة** تعاني من مد وجزر **مرتفعين غير متكافئين** ومدين **منخفضين غير متساويين** لكل **يوم مد**. يُعرف هذا بالمد والجزر **المختلط** وهذا الاختلاف في الارتفاعات بين المد والجزر المتتالية (**أو المنخفضة**) يسمى **عدم المساواة النهارية**.
- عندما يكون القمر فوق مدار **السرطان** أو **الجدي** أو فوقه تقريباً، يكون **التفاوت النهاري** هو **الحد الأقصى**، ويطلق على المد والجزر اسم **المد المداري**. عندما يكون القمر فوق **خط الاستواء** أو فوقه تقريباً، يكون **التفاوت النهاري** عند الحد الأدنى ويُعرف المد والجزر باسم **المد الاستوائي**.
- عندما يكون القمر **وانتفاخات المد والجزر المصاحبة له إما شمال أو جنوب خط الاستواء**، فإن معظم النقاط عند **خطوط العرض المرتفعة** ستشهد نظرياً **مداً مرتفعاً ومداً واحداً منخفضاً** في يوم المد والجزر. يُعرف هذا بالمد والجزر **النهاري**.





## دور الشمس

- تنتج الشمس تأثيرات المد والجزر في المحيطات والتي تبلغ حوالي 45% من تلك المتعلقة بالقمر، وذلك بسبب المسافة الأكبر بكثير بين الشمس والأرض.
- تنتج **انتفاخات** المد والجزر المرتبطة بالشمس بنفس الطريقة التي تنتج عن التفاعلات بين الأرض والقمر. ينتج عن الجاذبية بين الأرض والشمس **الثورة السنوية للأرض** حول المركز المشترك لكتلة الشمس والأرض مجموعة ثانية من **انتفاخات** المد والجزر المتشابهة ولكنها **أصغر** حجماً والتي **تتماشى** مع الشمس.
- النقاط الوسطى ل**انتفاخات** المد والجزر المرتبطة بالشمس تتبع الشمس تماماً كما تتبع **الانتفاخات** المرتبطة بالقمر القمر. تمر مواقعهم في **خطوط العرض** بدورة سنوية.
- تعمل المجموعات **المنفصلة** من **انتفاخات** المحيط المتعلقة بالقمر والشمس في بعض الأحيان معاً وفي أوقات **متعارضة** لأنها تنتج المكون الفلكي للمد والجزر. تهيمن **الانتفاخات** المرتبطة بالقمر على هذه المد والجزر بينما تلعب **الانتفاخات** المرتبطة بالشمس دوراً في **التعديل**.
- تكون **مواضع** الشمس والقمر والأرض **مرتين شهرياً** على طول خط مستقيم. في هذه الأوقات من المراحل الجديدة و**مراحل اكتمال القمر**، كما تُرى من الأرض، تصطف **الانتفاخات** المحيطية المرتبطة بالقمر والشمس أيضاً لإنتاج المد والجزر التي لها أكبر نطاق شهري. وتسمى هذه المد والجزر **الريبيعي**.
- **مرتين شهرياً**، في **مرحلتَي الربيع الأول والثالث من القمر**، تسحب الشمس الأرض على طول خط يقع **بزوايا قائمة** على سحب القمر. في هذا الوقت، يكون للمد والجزر أقل نطاق شهري. وتسمى هذه المد والجزر **المحاقبي**.





## ميكانيكية المد والجزر

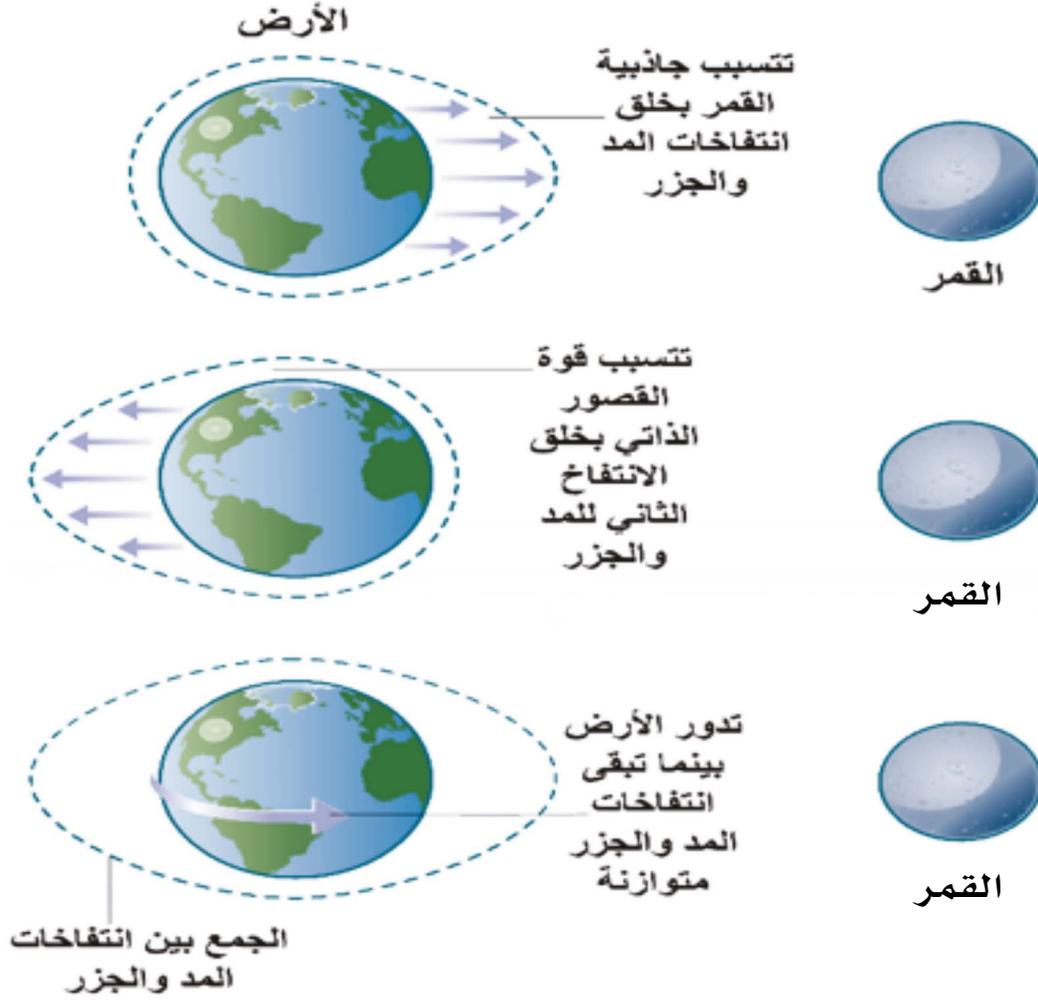
بدايةً، وفي حين تدور الأرض في أثناء اليوم، تجعلها جاذبية القمر، مع ضعفها نوعاً ما، تنتفخ منجذبةً نحوه بنحو **2-3 سنتيمترات**. وليس لهذا أي تأثير ملحوظ على اليابسة، وإنما له تأثير كبير على المحيطات، وهو ما ينشأ عنه ظاهرة المد والجزر. وعندما تمر الأرض بحيث تكون تحت تأثير قوة شد القمر الجاذبة، يسحب القمر باتجاهه أي كتلة كبيرة من الماء؛ يظهر هذا **الانتفاخ** على الجانب المواجه للقمر والجانب البعيد المقابل له على الأرض. وبينما تدور الأرض يستمر هذا الانتفاخ تحت القمر، **ويولد** مدّاً عالياً، في المقابل فإن كتلة الماء المتعامدة مع الجذب القمري المباشر **تنخفض** وبالتالي بعد الانتفاخ، تعود مستويات البحر إلى الانخفاض فيحدث الجزر؛ وهكذا يتغير مستوى البحر كل اثنتي عشرة ساعة أو نحو ذلك، ومع انتقال **الانتفاخين** حول الكرة الأرضية يحدث مدٌّ تامٌّ كل **12 ساعة و25 دقيقة**، ويقدم المدار المتغير للقمر توقيت حدوث كل مدٍّ عال بنحو **50 دقيقة** كل يوم. ولحقل **جاذبية الشمس** أيضاً دور، ولكن نظراً **لبعدها الكبير** عنّا فإن تأثيرها أضعف من تأثير القمر. مع ذلك، عندما يكون القمر والشمس **مصطفين** على **خط مستقيم**، وهو ما يحدث **مرتين** شهرياً (**في طوري الهلال والبدر**) تولّد قوة جذبهما المشتركة **مدّاً عالياً جداً** يطلق عليه اسم **المد الربيعي** Spring tide، وعندما يحدث العكس أي عندما يكون القمر والشمس على طول ضلعي **زاوية قائمة** نحصل على جزر منخفض جداً، أو **جزر محاق** Neap tide، خلال **تربيع القمر**. وقد **تمحورت** العديد من الأحداث التاريخية بالغة الأهمية حول مواقيت المد والجزر، خصوصاً في **فترات ازدهار السفن** الشراعية. كما أنّ **المد الربيعي** يكون في أعلى مستوى له في **الحضيض** القمري،





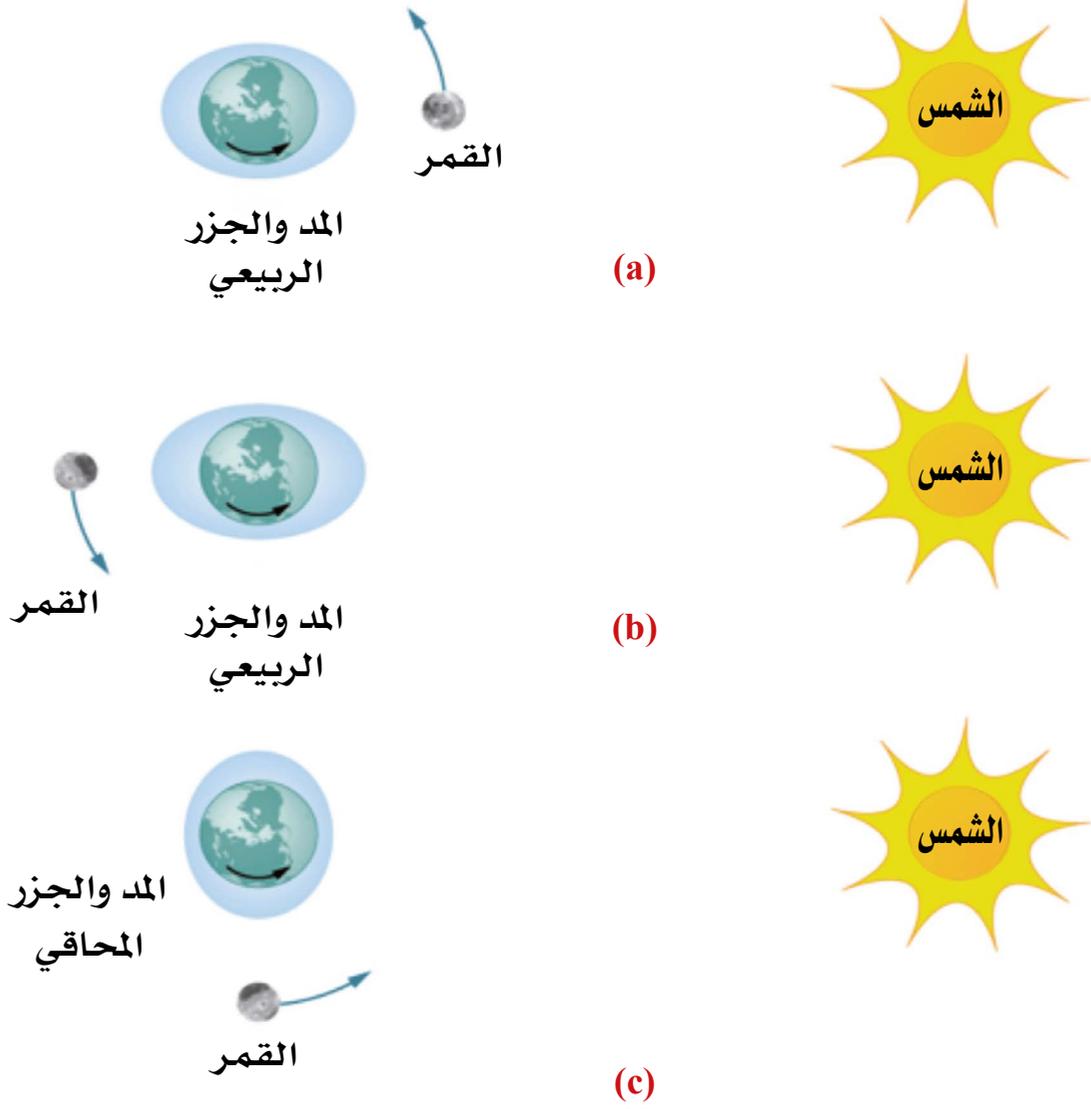
ويقال إنه ساهم في غرق سفينة تايستيك الشهيرة في سنة 1912م. فقبل بضعة شهور من اصطدام تايستيك بجبل جليدي، أدى مد ربيعي عال بصورة استثنائية إلى انفصال جبال جليدية هائلة عن جزيرة غرينلاند، وفي الأحوال العادية، لا يشكل مثل هذا الجبل الجليدي الهائل خطراً على السفن العابرة لأنه يكون قد ذاب قبل أن يطفو منجرفاً نحو الجنوب ويصل إلى خط العرض الذي حصل فيه الاصطدام الشهير (Williams, 2014).





بينما يدور القمر حول الأرض، تشدّ جاذبيته مياه المحيط فينشأ «انتفاخ» Bulge. لكن حركة القمر تجعل الأرض تتحرك في الفضاء أيضاً، فتتطلق المياه بعيداً عن القمر لتنتج انتفاخاً آخر من المد والجزر. وعندما تدور الأرض، تتحرك سواحلها من وإلى خارج المد والجزر، مما يتسبب في ارتفاع المد والجزر (Woodward, 2008).





يحدث المدّ والجزر التام (الربيعي) (a and b) Spring tide عندما يتم محاذاة الشمس والقمر، بينما يحدث المدّ والجزر الناقص (المحاق) (c) Neap Tides عندما تشكل الشمس والقمر مثلثًا قائمًا مع الأرض



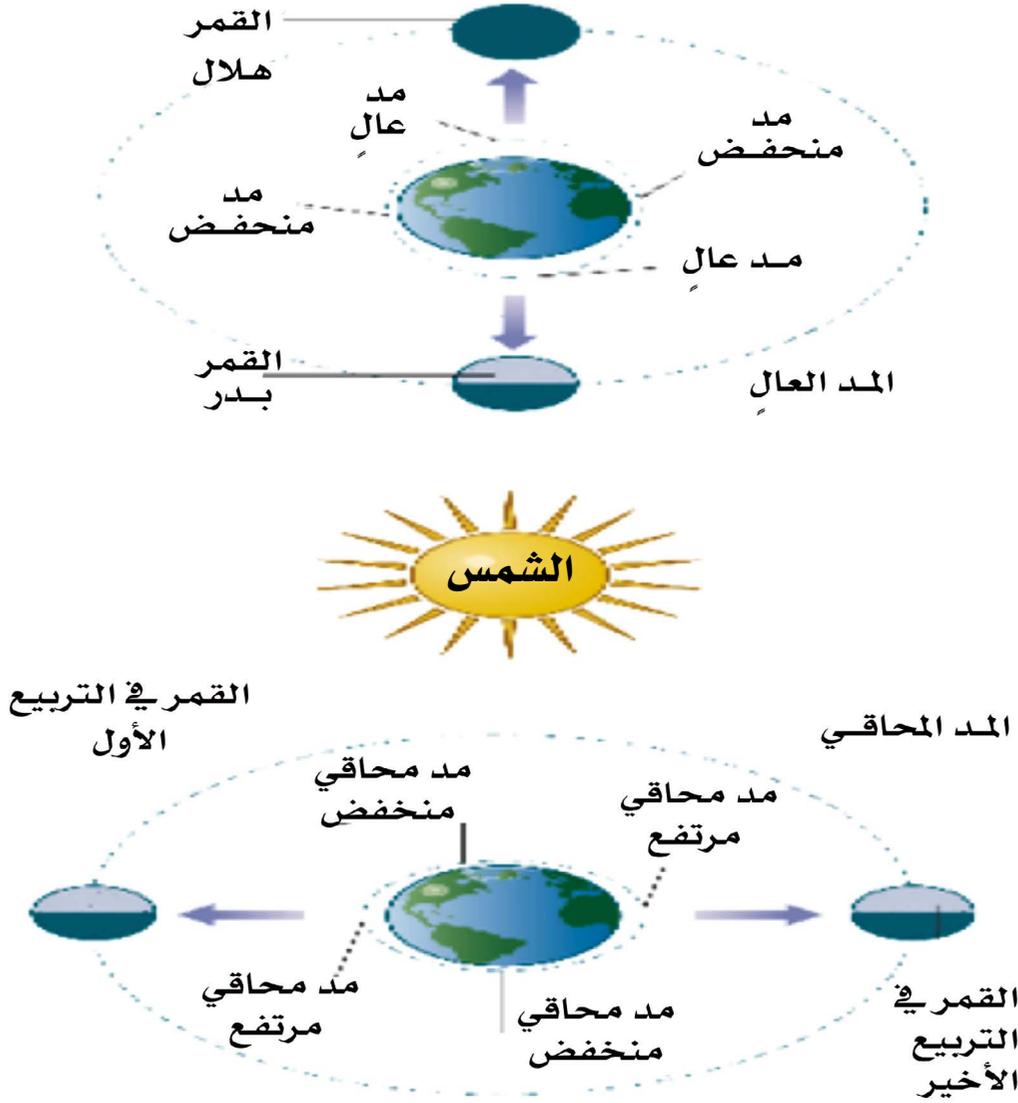


## أنواع المد والجزر

### هناك 12 نوع من المد والجزر أهمها

- **المد والجزر التام (Spring Tides)** ويُعرف بالمد الربيعي، ولكن لا علاقة لاسم هذا النوع بفصل الربيع وإنما هو مصطلح تاريخي شائع يصف المد والجزر التام والذي يحدث مرتين في كل شهر قمري على مدار العام وليس خلال فصل الربيع حصراً ويُطلق عليه أيضاً «**المد الملك**»، وأكثر الأماكن شهرةً بهذا النوع هي أنكوراج وألاسكا، ويحدث عندما يكون القمر والأرض والشمس على خط واحد؛ بحيث يتزامن حدوث المد والجزر بسبب الشمس والقمر معاً، الأمر الذي يجعل المد والجزر أعلى من المتوسط أو أدنى منه، وهو يحدث في **أثناء الهلال أو البدر** (هويت، 2014م).
- **المد والجزر الناقص (Neap Tides)** وهو المد **المحاقبي** أو يُسمى **المعتدل**، وسبب تسميته بذلك تعود لطبيعته **الأقل شدة** من المتوسط المعتاد، وعادةً من يحدث المد والجزر الناقص بعد أسبوع من المد والجزر التام عندما يظهر القمر نصف مكتمل، وعادةً ما يحدث مناطق أمريكا الجنوبية وجنوب أستراليا وأفريقيا، ويحدث هذا النوع من المد والجزر عند حدوث انتظام الشمس والقمر بزاوية قائمة على بعضهما البعض. تولد قوة جاذبية من الشمس والقمر بمسارين مختلفين. الانتفاخ الناجم من قوة جذب الشمس يُلغي جزئياً الانتفاخ الناجم من قوة جذب القمر. حدوث المد بمستوى أقل بقليل من المتوسط وحدث الجزر بمستوى أعلى قليلاً من المتوسط. يحدث المد والجزر الناقص عندما تكون الشمس بزاوية قائمة مع القمر، وبهذا النوع تؤثر القوة الناتجة من جاذبية الشمس سلباً على القوة الناتجة من القمر بعكس ما يحدث في المد والجزر التام عند اتحاد قوة الجذب الناجمة عن الشمس والقمر معاً. أي انه يحدث عندما يكون القمر في منتصف الطريق بين الهلال والبدر في كلا الاتجاهين، ويكون جذب القمر والشمس متعامدين، لذلك لا يتداخل المد والجزر الشمسي والقمري.





عندما يدور القمر حول الأرض، يتحرك تماشياً مع الشمس مرتين في الشهر عندما يكون بدرًا وهلالاً، وعندما يتم محاذاة الشمس والقمر على هذا النحو، فإن جاذبيتهما مجتمعة تسبب المد والجزر العالي كل أسبوعين. في الأسابيع الممتدة بين البدر والهلال، تعوض جاذبية الشمس بجاذبية القمر، وتقلل من تأثير انتفاخ المد والجزر وتسبب في حدوث مدٍ وجزرٍ أقل (Woodward, 2008).





وهذا لا يجعل المد مرتفعاً ولا الجزر منخفضاً (هويت، 2014م).

تتأثر أنماط المد والجزر باختلاف المكان، هناك ثلاثة أنماط للمد والجزر على طول الشواطئ الرئيسية على سطح الأرض والمبنية على التكرارية. إن الارتفاع والانخفاض ومقدار كل منهما في ظاهرة المد والجزر يعتمد على عوامل مختلفة؛ إذ إن شكل وهندسة **الخط الساحلي** إضافة لمواقع الشمس والقمر كلها عوامل تؤثر على ظاهرة المد والجزر، كما أن أنظمة العواصف في البحر وعلى اليابسة تلعب دورها **بتحويل** كميات كبيرة من المياه حولها لتؤثر على ارتفاع وانخفاض المد والجزر.

### • Semi-Diurnal Tides المد والجزر شبه النهاري

دورة المد والجزر شبه اليومية هي تلك التي تحتوي على مد وجزر **مرتفعين متساويين** تقريباً ومديين منخفضين كل يوم. الفترة الفاصلة بين المد والجزر هي حوالي **12 ساعة و 25 دقيقة**. ينتشر المد والجزر شبه النهاري في المحيط الهندي والسواحل الأخرى السائدة كما في ساحل **شرق إفريقيا** و **خليج البنغال**.

### • Diurnal Tides المد والجزر النهاري

إنه يعني أربعة مد وجزر في اليوم. اثنين من المد والجزر من الشمس واثنان بالقمر. **مد الربيع** هو مد مرتفع بشكل استثنائي ناتج عن العامل التكميلي الذي تلعبه الشمس فيما يتعلق بالقمر. تجدر الإشارة إلى أنه عندما تكون الشمس والقمر والأرض في نفس الخط، يُعرف الموضع باسم **Syzygy**. يمكن أن يكون هذا التناغم من نوعين:





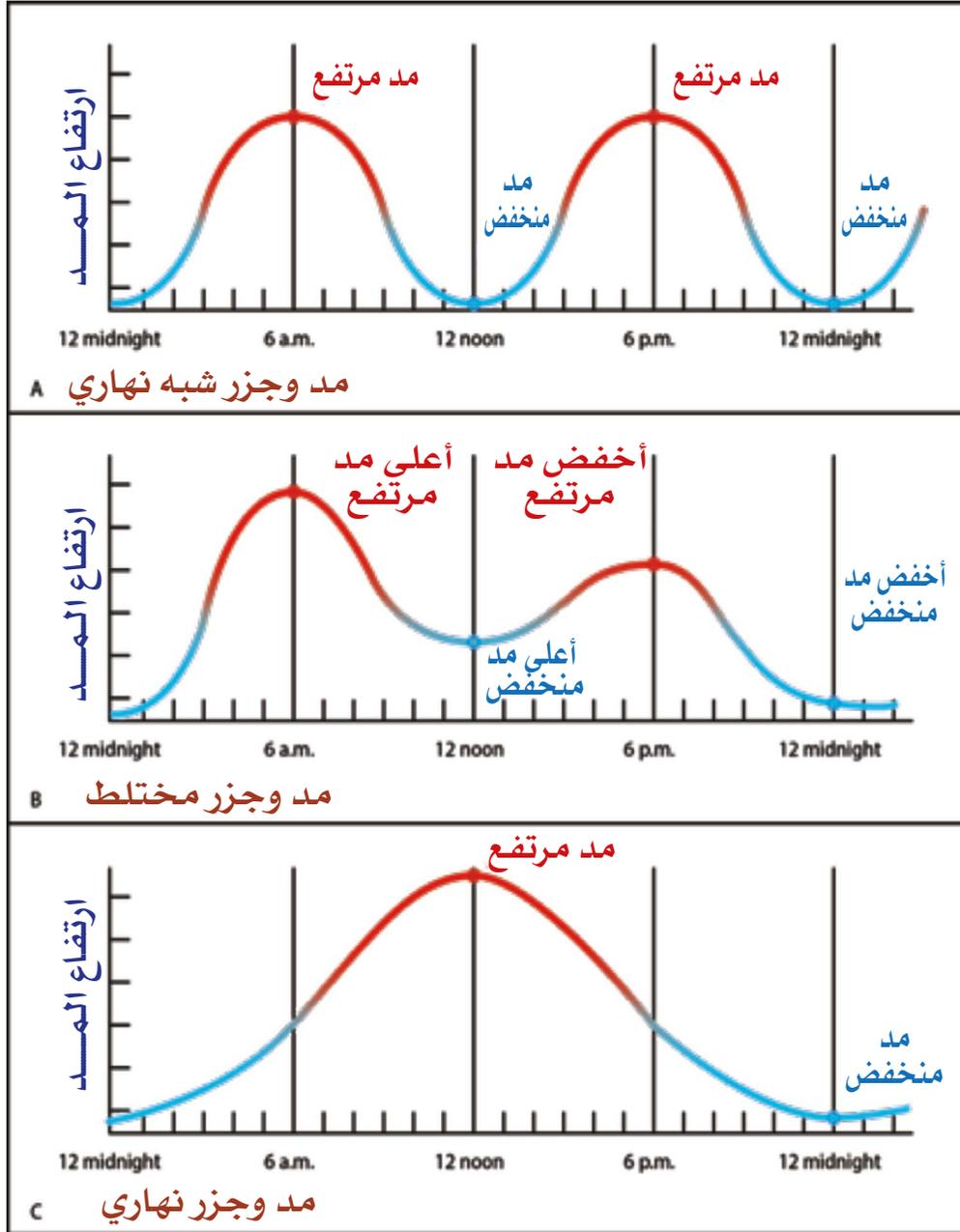
- **الاقتران:** عندما يكون القمر والشمس في نفس الجانب.
- **المقاومة:** عندما يكون القمر والشمس على الجانب الآخر.
- في كلتا الحالتين، سيكون مقدار المد والجزر مرتفعاً بشكل متساوٍ.

### • المد والجزر المختلط Mixed

تؤدي دورة المد والجزر ذات المد والجزر غير المتكافئين إلى تكوين دورة المد والجزر المختلطة، أو ببساطة تسمى المد المختلط. دورة المد والجزر هذه لها تذبذبات شبه نهائية ونهارية. لوحظ على نطاق واسع في خليج المكسيك والبحر الكاريبي. يشهد الساحل الجنوبي الشرقي للبرازيل أيضاً مدًا مختلطًا.

عموماً تتحصر أنماط المد والجزر بشكل رئيسي كالتالي؛ المد شبه النهاري العالي والمد شبه النهاري المنخفض والمد المختلط.. يُعتبر أعلى مد وجزر في العالم هو مد وجزر خليج فوندي (Fundy) في كندا ويصل إلى 16 متراً، ويشترك كذلك مد وجزر خليج يونجافا (Ungava) في كندا بنفس الارتفاع، يليهما المد والجزر في قناة بريستول (Bristol Channel) في المملكة المتحدة ويصل ارتفاعه إلى 15 متراً، ويسجل المد والجزر في الولايات المتحدة الأمريكية بالقرب من أنكوراج (Anchorage) ألاسكا ارتفاعاً يصل إلى 12 متراً.





أنماط المد والجزر: (A) شبه النهاري، (B) مختلط، (C) النهاري



مد التجويف **Bore Tide** في ذراع تجويف المد والجزر (أو التجويف ببساطة aegir، أو eagre، أو eygre) هو ظاهرة المد والجزر التي تشكل فيها الحافة الأمامية للمد والجزر القادم موجة (أو موجات) من الماء **تنتقل** عبر النهر أو خليج ضيق عكس اتجاه النهر أو تيار الخليج.



إن مد تجويف **Bore Tide** ذراع Turnagain هو في الأساس موجة تتشكل عندما يصطدم المد شديد الانخفاض والمد والجزر ببعضهما البعض في ذراع Turnagain الضيق والضحل





إن تيار التمزق **Rip Tide**، الذي يشار إليه عادةً ببساطة باسم التمزق، أو عن طريق التسمية الخاطئة للمد والجزر، هو **قناة قوية** للمياه تتدفق باتجاه البحر من بالقرب من الشاطئ، عادةً عبر خط الأمواج. يبلغ التدفق النموذجي **0.5 متر** في **الثانية**، ويمكن أن يكون بسرعة **2.5 متر في الثانية**، وهو أسرع من أي سباح بشري. يمكن أن تحدث على أي شاطئ به أمواج **متكسرة**، بما في ذلك المحيطات والبحار وحتى **البحيرات الكبيرة**.



يُعرف المد المتمزق **Rip Tide** باسم تيار التمزق، وأفضل تفسير له هو توجيه المياه من الشاطئ مثل النهر





المد البني **Brown Tide**، هو ازدهار (نمو مفرط) من الطحالب البحرية الصغيرة). على الرغم من وجود العديد من أنواع الطحالب في جميع النظم البيئية الطبيعية للمياه العذبة والبحرية، إلا أن أزهار كائن المد والجزر البني تحول المياه إلى اللون البني الغامق، مما يجعلها غير جذابة للسباحين والصيادين على حدٍ سواء. على الرغم من أن المد البني لا يضر بالبشر، إلا أن وجود المد البني يمثل مشكلة للأسقلوب في الخليج والأنقليس، وبدرجة أقل الأسماك الزعنفية والمحار الأخرى. يختلف المد البني عن معظم تكاثر الطحالب الأخرى بسبب تركيزاته العالية بشكل غير عادي، ومدى المساحة التي يغطيها وطول الفترة الزمنية التي يستمر فيها.



المد البني هو نوع من تكاثر الطحالب





تكاثر الطحالب الضارة **Red Tide** ، (HAB) يحدث عندما تنمو مستعمرات الطحالب خارج نطاق السيطرة وتنتج آثاراً سامة أو ضارة على الناس والأسماك والمحار والثدييات البحرية والطيور. الأمراض البشرية التي يسببها تكاثر الطحالب الضارة، على الرغم من ندرتها، يمكن أن تكون منهكة أو حتى قاتلة. كثير من الناس يسمون تكاثر الطحالب «المد الأحمر»، ويفضل العلماء مصطلح تكاثر الطحالب الضارة. أحد أشهر أنواع تكاثر الطحالب الضارة يحدث تقريباً كل صيف على طول ساحل خليج فلوريدا .



يحدث المد الأحمر بسبب الطحالب المجهرية (الكائنات الحية الدقيقة الشبيهة بالنبات)





## العوامل التي تتحكم في تعديل حركة المياه في حالات المد الحقيقي

- **الشمس / القمر:** يكون تأثير جاذبية القمر أكبر من تأثير الشمس نظراً لقربه من الأرض، ولكن في بعض الأحيان بالتزامن مع الشمس وأحياناً في معاكسة تأثيره يختلف اتساع وتوقيت المد والجزر.
- **الجغرافيا:** من الواضح أن كتل اليابسة تعرقل وتحرف حركة الماء على سطح الأرض.
- **الاحتكاك:** الاحتكاك يؤخر حركة جسيمات الماء عبر سطح الأرض - (حركة المد والجزر عبره تؤدي تدريجياً إلى إبطاء سرعة دوران الأرض).
- **تذبذب الحوض:** جميع المسطحات المائية لها فترات اهتزاز طبيعية تحدد حسب حجمها وشكلها. تتكون جميع المحيطات من عدد من الأحواض المتذبذبة. تؤثر التذبذبات الناتجة في أي مكان على حركة المد والجزر أو شكل الموجة اعتماداً على درجة الرنين مع منحنى المد الفلكي.
- **المدارات القمرية والأرضية:** شكل ومستوى كل من مدار الأرض حول الشمس ومدار القمر حول الأرض بحيث تختلف المسافة بين هذه الأجسام، وتأثيرها الجاذبي، بشكل مستمر في دورات من الأشهر والسنوات وحتى أطول فترات.
- **مدار الأرض:** على شكل قطع ناقص غريب الأطوار (على سبيل المثال أو على شكل كمشري). عند الحضيض الشمسي، تبعد الأرض 91.3 مليون ميل، وفي الأوج هي 94.5 مليون ميل من الشمس على التوالي.
- **انحدار / ميل الأرض:**  $23^\circ 27'$  عن العمودي، ومن هنا جاء ميل الموقع النسبي للشمس والقمر عندما يبدو أنهما يدوران حول الأرض.
- **مدار القمر:** أيضاً شكل بيضاوي غريب الأطوار ذو أوج ونقطة متفاوتة.





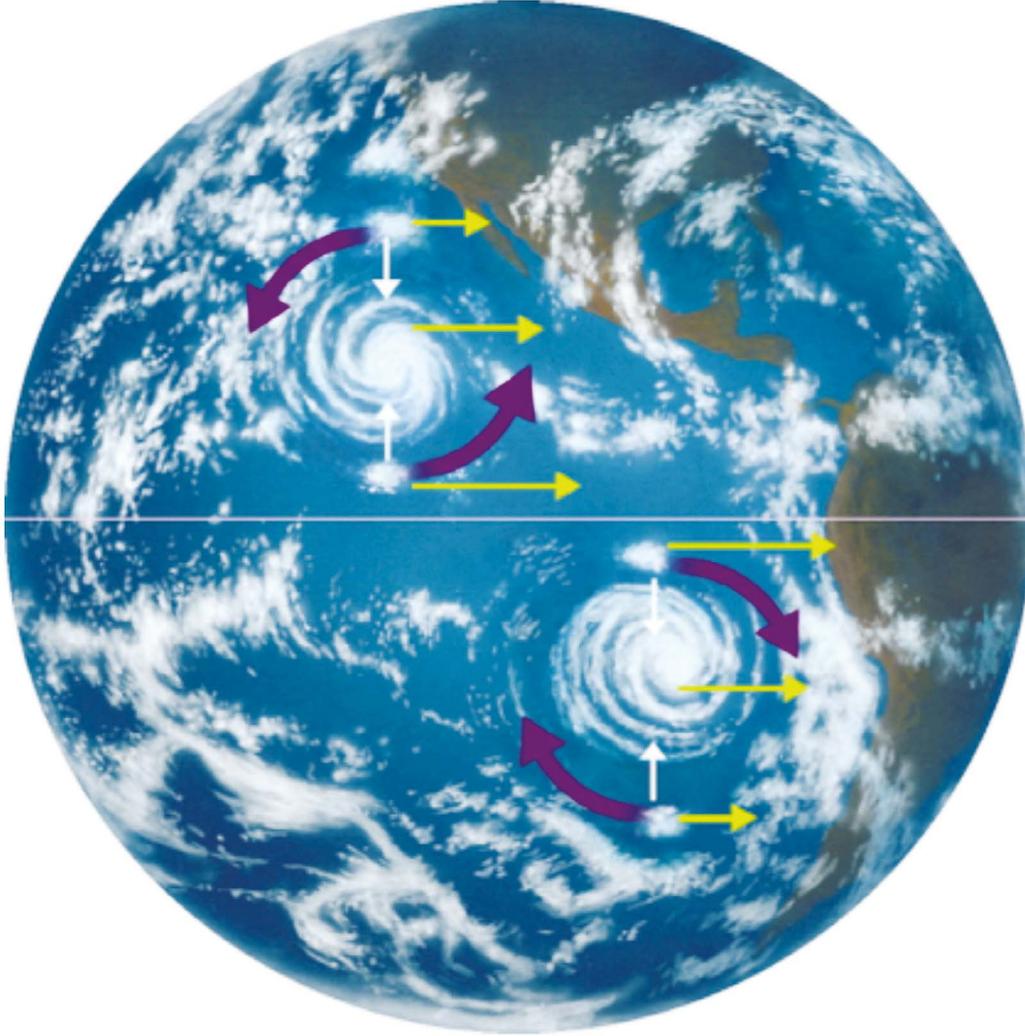
تصف نظرية التوازن الموضحة أعلاه انتفاخين تتحرك حول الأرض من الشرق إلى الغرب بمعدل ثابت. سيكون مداها **0.5 متر** عند خط الاستواء. هذا ليس بالضبط ما يحدث مع المد والجزر **المرصودة**. التفسير النظري للمد والجزر **النهارى** لا يتفق مع الملاحظات أيضاً. إذا لما لا؟ .

السبب الرئيسي لهذه الاستجابة المعقدة لتأثيرات المد والجزر هو حقيقة أن الأرض تقسم مياه العالم إلى محيطات وبحار وخلجان وما إلى ذلك من أحجام وأشكال وأعماق مختلفة. خطوط العرض الوحيدة **للحركة القطبية غير المعوقة** هي حول القارة **القطبية الجنوبية** وفي **القطب الشمالي**. بالإضافة إلى ذلك، تتأثر حركات المياه بدوران الأرض. يتسبب **تأثير كوريوليس** Coriolis Effect في أن يأخذ الماء مساراً منحنياً بدلاً من مسار **مستقيم**، وتنتج **موجات كلفن** Kelvin Waves نطاقات مد مختلفة عبر القنوات.

**قوة كوريوليس**. هي قوة تؤثر في حركة التيارات البحرية حيث تؤدي إلى انحراف **حركة الرياح** إلى اليمين في نصف الكرة الأرضية الشمالي وإلى اليسار في نصفها الجنوبي بسبب **دوران الأرض** حول نفسها . وأثر **كوريوليس** نسبة إلى العالم الفرنسي **كاسپار- كوستاف كوريوليس** الذى أثبت رياضياً سنة 1835م تأثير **دوران** الكرة الأرضية على الأجسام المتحركة فوق سطحها، مع أن **الرياضيات** التي ظهرت في **المعادلات المدية** Tidal Equations من قبل **بيير-سيمون لاپلاس** منذ عام 1778. يحدث تأثير **كوريوليس** نتيجة ما يدعى بقوة **كوريوليس**، التي تظهر في **معادلة** الحركة لجسم ما ضمن إطار **مرجعي دوراني**.

وتسهم هذه القوة في حركة التيارات البحرية السطحية الناتجة بفعل الرياح في تسهيل **حركة السفن**، واختصار المدة الزمنية التي **تستغرقها** في رحلاتها البحرية عندما يكون اتجاه حركة السفن في اتجاه **حرجة التيارات** البحرية نفسه.





نظراً لأن الأرض تدور بشكل أسرع بالقرب من خط الاستواء عنها بالقرب من القطبين (يشار إليها بالأطوال المتغيرة للأسهم الفوسفورية)، فإن الهواء المتحرك المرسوم إلى مناطق الضغط المنخفض عند خطوط العرض الوسطى ينتقل شرقاً إما أسرع أو أبطأ من المنخفض نفسه. نظراً لأن الانخفاض يسحب الهواء للداخل (الأسهم البيضاء)، فإن الاختلاف في السرعات يتسبب في انحناء الهواء - عكس اتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي وفي اتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الجنوبي (الأسهم الأرجواني).





## القوى المؤثرة على المد والجزر

لمعرفة هذه القوى نحتاج إلى إلقاء نظرة على قوانين نيوتن للحركة والجاذبية، لكن تسارع الجاذبية يلعب دوراً رئيسياً في هذا القسم أيضاً. ينص قانون نيوتن للحركة على أن «عجلة الجسم تساوي القوة المؤثرة عليه لكل وحدة كتلة».

$$(a) = \frac{\text{القوة (F)}}{\text{الكتلة (m)}}$$

كما ينص قانون نيوتن للجاذبية على أن «جسم كتلته M يمارس الجاذبية على وحدة كتلة على مسافة r من

$$F_g = \frac{GM}{r^2}$$

حيث G هو ثابت الجاذبية العالمي.

تسارع الجاذبية المركزية ( $A_c$ ) هو تسارع الجسم باتجاه مركز انحناء المسار الذي يتحرك على طول له ولجسم بسرعة على طول مسار بنصف قطر انحناء (r).

$$(A_c) = \frac{v^2}{r}$$

سنقارن الآن جاذبية الشمس على الأرض بجاذبية القمر على الأرض.

كتلة الشمس = 27 مليون مرة كتلة القمر.





مسافة الشمس إلى الأرض = 390 ضعف مسافة القمر عن الأرض هكذا

$$\frac{Fg_{\text{الشمس}}}{Fg_{\text{القمر}}} = \frac{27 \times 10^8}{(390)^2}$$

$$= 178 \text{ مرة من جاذبية القمر}$$

لذا فإن جاذبية الشمس أكبر بـ 178 مرة من جاذبية القمر. ولكن كيف يمكن أن يكون هذا؟ نعلم جميعاً أن القمر أكثر فاعلية في إنتاج المد والجزر من الشمس. هناك تفسير بسيط لهذا، وهو:

إن نسبة قوة الجاذبية غير المتوازنة مع تسارع الجاذبية (Ac) في الحركة المدارية للأرض هي فقط التي تنتج المد والجزر. يتناسب هذا الجزء غير المتوازن مع المكعب العكسي للمسافات بدلاً من المربع العكسي للمسافات من الأرض. ومع ذلك فهي لا تزال متناسبة مع الكتلة كما في المعادلة التالية:

$$Fg = \frac{GM}{r^2}$$

ومن هنا يمكننا أن نرى أن قوى المد والجزر للشمس تقارب  $0.46 = 390/178$  ضعف قوة القمر. أو أن قوى المد والجزر للشمس تساوي نصف قوى المد والجزر للقمر.

بشكل عام، نتحدث عن الأرض التي تدور حول الشمس، ولكن في الواقع تدور الأرض والشمس حول مركز مشترك للكتلة على بعد أقل من 500 كيلومتر





من مركز الشمس. وبالمثل، يدور القمر والأرض حول مركز مشترك للكتلة داخل الأرض، على عمق 1700 كيلومتر تقريباً تحت سطح الأرض. إن ثورة الأرض في هذا المدار الصغير هي الجزء المقابل للثورة حول الشمس. لقد رأينا بالفعل أن قوة المد والجزر للشمس تبلغ حوالي نصف قوة القمر. لكننا نحتاج أيضاً إلى النظر إلى قوى المد والجزر للقمر فيما يتعلق بقوى جاذبية سطح الأرض. لهذا يمكننا إهمال جميع قوى الطرد المركزي بسبب الدوران المحوري. عند المقارنة، نرى أن قوى المد والجزر للقمر تبلغ على الأكثر واحداً من عشرة ملايين من جاذبية سطح الأرض. قد يُنظر إلى هذا على أنه إهمال وبالتالي غير مهم، إلا أن هذه القوى الصغيرة تعمل على كل جزيء من الماء في جميع أنحاء عمق المحيط، مما يسرعها نحو نقطة تحت القمر (أو تحت القطب) على الجانب القريب من الأرض ونحو المضاد. على الجانب البعيد.





## المفهوم الرياضي للمد والجزر

لقد حددت النظريات الفلكية للقمر والشمس ترددات وقوة المكونات المختلفة للقوة المولدة للمد والجزر. لكن التنبؤ الفعال في أي مكان معين يتطلب قياس عينة كافية من ملاحظات المد والجزر المحلية، لإظهار استجابة المد والجزر المحلية عند تلك الترددات المختلفة، في السعة والمرحلة. ثم كان لا بد من تحليل تلك الملاحظات، لاشتقاق المعاملات وزوايا الطور. بعد ذلك، لأغراض التنبؤ، كان لا بد من إعادة توحيد ثوابت المد والجزر المحلية، ولكل منها مكون مختلف من القوى المولدة للمد والجزر التي تطبق عليها، وفي كل تسلسل من التواريخ والأوقات المستقبلية، ثم العناصر المختلفة أخيراً جمعت معاً للحصول على آثارها الإجمالية. في العصر الذي كانت تتم فيه العمليات الحسابية باليد والعقل يتم حساب توقعات المد والجزر من سلسلة من البيانات الزمنية التي تم الحصول عليها من الخرائط في السنوات السابقة. تم تعديل هذه السلسلة من البيانات بطريقة المربعات الصغرى باستخدام **خوارزمية فورمان** (فورمان، 1977 MGG). دليل لتحليل وتوقع مرتفعات المد والجزر).





## معادلة المد والجزر

$$\eta(\tau) = a_0 + \sum_{\eta=1}^k a_{\eta} \cos(\omega_{\eta}t + \alpha_{\eta})$$

$a_0$  : متوسط المستوى المرجعي

$a_{\eta}$  : السعة

$\alpha_{\eta}$  : المرحلة

$k$  : مكونات متناسقة

$\omega_{\eta}$  : التردد الزاوي

كلما زادت سلسلة البيانات التي تم الحصول عليها زادت دقة التنبؤ، حيث سيكون لدينا عدد أكبر من الثوابت التوافقية. ومع ذلك، فإن تنفيذ وجمع البيانات باستخدام Mareographs هي عمليات معقدة، وبالنظر إلى أنه عادة ما يكون هناك اختلاف بسيط في المد والجزر للمواقع القريبة نسبياً، فمن الممكن التنبؤ بالمد والجزر في المنافذ الثانوية (تلك التي لا تتوفر لها الثوابت التوافقية).





### أوجه الشبه والاختلاف بين موجة المد والجزر وموجة التسونامي

الخاصية	موجة المد والجزر	موجة التسونامي
<b>التعريف</b>	موجات تنشأ عن قوى الجاذبية للشمس أو القمر، وتسبب تغيرات في مستوى المسطحات المائية.	تسونامي عبارة عن سلسلة من موجات المياه الناتجة عن إزاحة المسطحات المائية الكبيرة. لديهم عمومًا سعة منخفضة ولكن طول موجي مرتفع (يبلغ طوله بضع مئات من الكيلومترات). تمر تسونامي عمومًا دون أن يلاحظها أحد في البحر ولكنها تظهر في المياه الضحلة أو الأرض.
<b>السبب</b>	تحدث موجات المد والجزر بسبب قوة الجاذبية التي تمارسها الشمس والقمر.	تتولد موجات تسونامي عن الزلازل أو اندلاع البراكين الغواصة أو بسبب أي فقاعة غاز تندلع في البحر أو المحيط.
<b>الشدة</b>	يمكن ملاحظة شدة المد المتغير فقط في أجزاء معينة حيث يكون مرتفعًا بدرجة كافية (يصل ارتفاعه إلى 55 قدمًا في خليج فندي، كندا).	يمكن أن تصل أطوال موجات تسونامي إلى 200 كيلومتر ويمكن أن تسافر أكثر من 800 كيلومتر في الساعة. عندما يقترب تسونامي من المياه الضحلة بالقرب من الكتل الأرضية، تنخفض السرعة ويزداد الاتساع بسرعة كبيرة.
<b>الموقع</b>	تعتبر موجات المد والجزر من الظواهر الأكثر مشاهدة في المناطق الساحلية.	تحدث غالبية موجات تسونامي (80%) في المحيط الهادئ ولكن يمكن أن تحدث في أي مسطح مائي كبير إذا كانت الأسباب الكامنة موجودة.
<b>التردد</b>	تحدث موجات المد والجزر يوميًا في منطقة ساحلية.	تحدث تسونامي فقط عندما يكون هناك اضطراب زلزالي في المسطحات المائية الكبيرة.





## الاختلافات الرئيسية بين المد والجزر والأمواج

- المد والجزر هو صعود وهبوط المياه على سطح البحر المتأثرين بقوى الجاذبية للشمس والقمر والأرض. تتكون الموجات من حركة الرياح على سطح الموجة وانتقال الطاقة عن طريق الاحتكاك بين جزيئات الهواء والماء.
- يتأثر المد والجزر بالشمس والقمر والأرض بينما تتأثر الأمواج بفعل الرياح على سطح البحر.
- تعتمد شدة المد والجزر على قوة جاذبية الشمس والقمر عندما تدور الأرض حول محورها ولكن شدة الموجات تعتمد على سرعة الرياح ومدة الرياح والمنطقة التي تمر عبرها تهب الرياح.
- الطاقة المولدة في المد والجزر هي طاقة حركية وطاقة كامنة بينما الطاقة المولدة في الأمواج هي طاقة حركية.
- يمكن أن يتراوح ارتفاع المد والجزر من 0 إلى 52 قدمًا بينما يمكن أن يتراوح ارتفاع الأمواج من 1 إلى 30 قدمًا.
- تحدث الأمواج على مدار اليوم تقريبًا بسبب حركة الرياح بينما يحدث المد والجزر مرتين يوميًا لمدة 12 ساعة و 35 دقيقة.





## طاقة المد والجزر

تعتبر **طاقة المد والجزر** أحد مصادر الطاقة التي تصنف ضمن أفضل المصادر المتجددة والمستدامة. ويتم الحصول عليها بسبب تناوب مستويات سطح البحر، حيث يتم تسخير الطاقة الحركية من الارتفاع الطبيعي وانخفاض المد والجزر وتحويلها إلى كهرباء، يحدث المد والجزر بسبب قوى الجاذبية المشتركة للقمر والشمس والأرض. يتم تحويل طاقة المد والجزر إلى كهرباء باستخدام **ثلاث تقنيات:**

### • توربينات المد والجزر

تستخدم **توربينات المد والجزر** نفس **التكنولوجيا لتوربينات الرياح**، والفرق الوحيد هو أن ريش توربينات المد والجزر أقوى وأقصر بكثير، لذا فإن أفضل طريقة لمقارنة توربينات المد والجزر هي طواحين الهواء تحت الماء. من الناحية المثالية تدير التيارات المائية التوربين، حيث أن التوربين متصل بمولد من خلال عمود، لذلك عندما تدور التوربين يدور العمود أيضاً، يقوم عمود الدوران بتشغيل المولد الذي يولد الكهرباء، التكلفة الأولية لإنشاء نظام تيار المد والجزر هذا على الجانب الأعلى، إلى جانب صعوبة الصيانة، ومع ذلك فإنه يبقى بديلاً أرخص ولا يتسبب في تدهور البيئة مقارنة بتقنيات المد والجزر الأخرى.





## • قناطر المد والجزر

**قناطر المد والجزر** هي **أكثر تقنيات** طاقة المد والجزر كفاءة، حيث أنها **تشبه السدود** المستخدمة في محطات الطاقة الكهرومائية والفرق هو أنها أكبر بكثير؛ لأنها شيدت عبر خليج أو مصب. قناطر المد والجزر عبارة عن هياكل خرسانية طويلة يتم بناؤها عادة عبر مصبات الأنهار، حيث تحتوي القناطر على أنفاق تحتوي على توربينات والتي يتم تشغيلها عندما يتدفق الماء من جانب واحد عبر النفق إلى الجانب الآخر.

## • بحيرات المد والجزر

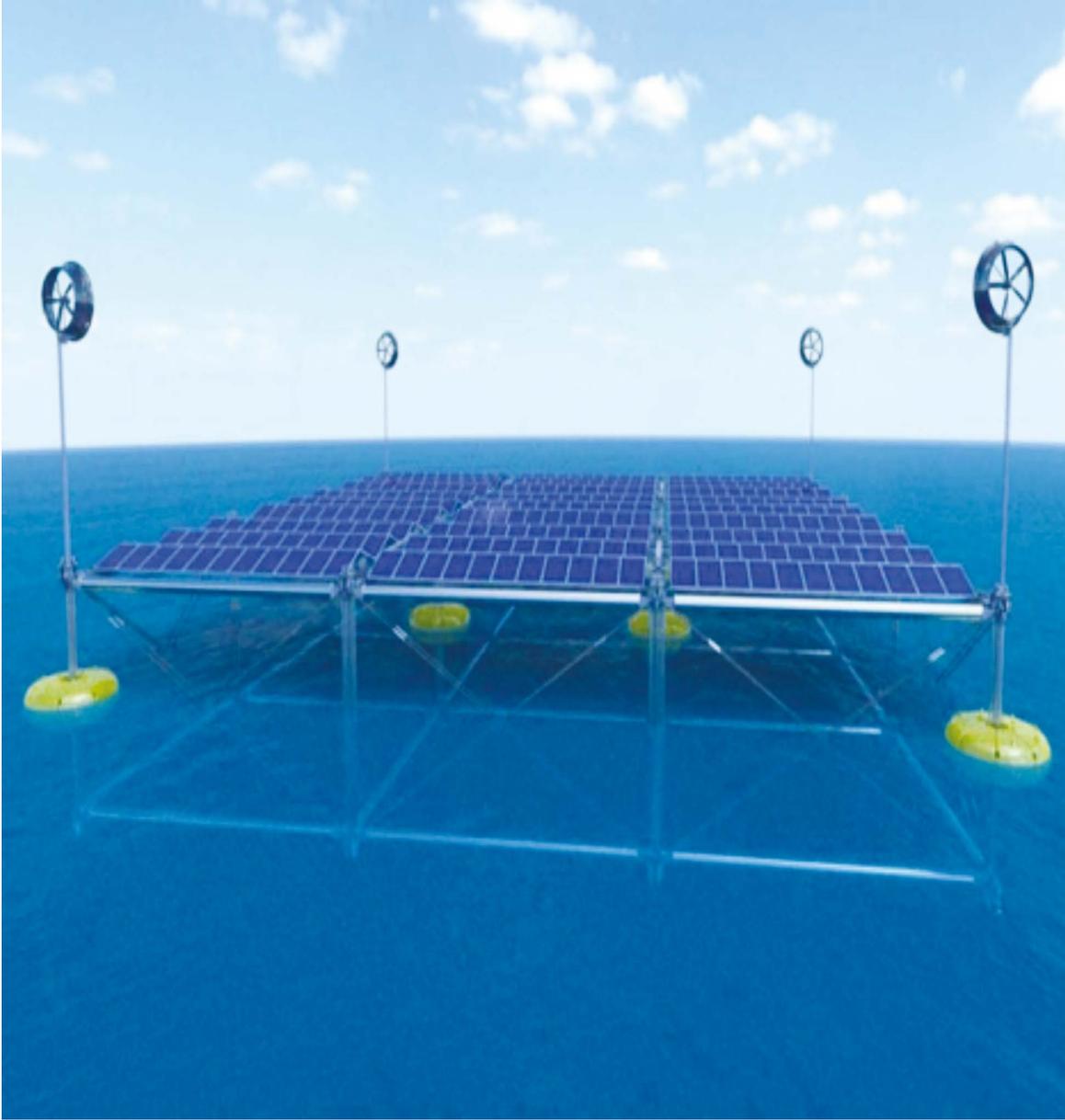
هذه **التكنولوجيا** لديها الكثير من القواسم المشتركة مع قناطر المد والجزر، حيث أنها فقط لا تنطوي على الكثير من النفقات الرأسمالية الأولية وهي صديقة للبيئة. تعتبر محطة (Tidal lagoon) محطة طاقة منفصلة عن بقية المحيط أو البحر وعندما يرتفع المد تمتلئ البحيرة بالكامل، وعندما ينحسر المد يُسمح للمياه بالخروج من خلال فتحة تتكون من توربينات، مما يؤدي التدفق الخارجي للمياه إلى تشغيل التوربين الذي يولد الطاقة.





طاقة المد والجزر إحدى الطرق البديلة والأمنة التي يسعى العالم إلى الاستفادة منها في توليد الكهرباء وغيرها من الأنواع الأخرى المختلفة من الطاقة المتجددة صديقة البيئة والإنسان، تخلو من العيوب التي تنتجها الطاقة غير المتجددة. <https://www.ts3a.com/?p=64099>





أول منصة محيطات هجينة في العالم تقوم بتحويل موجات المد والجزر إلى طاقة. يمكن استخدام الطاقة الملتقطة من حركة المد والجزر، الأمواج، والتيارات لتوليد الكهرباء





## مزايا طاقة المد والجزر

### • تعتبر صديقة للبيئة

حقيقة أن **تقنيات** طاقة المد والجزر مثبتة على السواحل والبحر تجعلها جيدة للبيئة، حيث أن لم يتم التدخل في الأرض، أيضاً تعد طاقة المد والجزر مصدراً نظيفاً للطاقة، مما يعني أنها لا تطلق أي غازات دفيئة في الغلاف الجوي.

### • تعد مصدر طاقة متجددة

يتم **تسخير** المد والجزر **لإنتاج** طاقة المد والجزر من قوة الجاذبية المشتركة للشمس والقمر والأرض بالتزامن مع دوران الكوكب حول محوره، هذه عملية طبيعية تحدث كل يوم وهذا يعني أن المد والجزر سيستمر في الحدوث وسيستمر إنتاج طاقة المد والجزر حتى نهاية الوقت.

### • تكلفة تنافسية

**تتمتع تقنيات** طاقة المد والجزر التي تم إنشاؤها مرة واحدة بإمكانية توليد الكهرباء لسنوات عديدة مما يعني أنها تدوم طويلاً، على الرغم من أن التكاليف الأولية لإنشاء محطة لتوليد الطاقة من المد والجزر مرتفعة نسبياً إلا أن العائد على الاستثمار سيتحقق على المدى الطويل .





## • يقلل الاعتماد المفرط على الوقود الأحفوري

مصادر الطاقة القائمة على الأحافير مثل النفط والفحم والغاز الطبيعي تبعث منها غازات الدفيئة التي تؤدي إلى تغير المناخ والاحتباس الحراري، توفر طاقة المد والجزر بديلاً صديقاً للبيئة ومتجدداً لخفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري.

## • تُعد فعالة جداً حتى عند السرعات المنخفضة

تيارات المحيطات لديها القدرة على إنتاج طاقة أكثر من التيارات الهوائية؛ لأن مياه المحيطات أكثر كثافة 832 مرة من الهواء، وهذا يعني أن التيارات البحرية تطبق قوة أكبر على التوربينات لتوليد المزيد من الطاقة.

## • طول عمر المعدات

يمكن أن تدوم محطات توليد الطاقة من المد والجزر لفترة أطول بكثير من مزارع الرياح أو الطاقة الشمسية أي حوالي أربعة أضعاف طول العمر.





## عيوب طاقة المد والجزر

### • ارتفاع تكاليف رأس المال مقدما

**تقنيات** طاقة المد والجزر جديدة إلى حد كبير، بمعنى أن **تكاليف البنية التحتية** مرتفعة **نسبياً** في الوقت الحالي.

### • ليست صديقة للبيئة تماماً

يُعتقد أن **أنظمة** توليد طاقة المد والجزر لها بعض التأثيرات البيئية لكن لم يتم تحديدها كمياً، بالإضافة إلى ذلك تنتج محطات المد والجزر الكهرباء باستخدام قناطر المد والجزر التي تعتمد على التلاعب بمستويات سطح البحر، هذا يعني أن لها نفس التأثيرات البيئية مثل السدود الكهرومائية.

### • مشاكل الكفاءة

**يعتمد توليد** كهرباء المد والجزر كلياً على موجات المد والجزر والتي تحدث مرتين في اليوم، هذا يعني أنه عندما لا يحدث المد والجزر لا يوجد إنتاج للطاقة ولهذا السبب يجب تكبد تكاليف إضافية لإنشاء أنظمة تخزين الطاقة.





## • طاقة المد والجزر تحتاج فترة حمل طويلة

تحتاج محطات توليد الطاقة من المد والجزر إلى الكثير من الوقت لتكون قادرة على إنتاج الكهرباء بكفاءة، يمكن أن يكون هذا الجانب جنباً إلى جنب مع تكلفة التثبيت غير مستدام، مثال نموذجي لمحطة طاقة المد والجزر التي تم إغلاقها بسبب تجاوز الوقت والتكلفة هو جسر Severn في المملكة المتحدة.

## • التأثير على الحياة البحرية

الخوف الأكبر بين مطوري أنظمة طاقة المد والجزر هو تأثير النباتات والتوربينات على النظام البيئي البحري المحيط، حيث يمكن أن يؤدي دوران التوربينات والاهتزازات إلى تعطيل النظام البيئي البحري بشكل كبير ومنع الحركة الطبيعية للحياة البحرية.





## الفرق بين طاقة الرياح وقوة المد والجزر

- لا تتطلب طاقة الرياح وطاقة المد والجزر حرق الوقود لتسخير طاقتهما.
- كلاهما لا يسبب أي انبعاث لغازات الاحتباس الحراري. الفرق الرئيسي بين مصدري الطاقة المتجددة هو قوة الشمس وقوة القمر.
- يعمل كلاهما على نفس المبادئ، ولكن في حين أن الرياح هي التي تحرك التوربينات في حالة طاقة الرياح، فإن المد الهائل يتسبب في دوران المراوح في حالة قوة المد والجزر.
- في حين أن الرياح لا يمكن التنبؤ بها وتتفاوت في قوتها طوال الوقت، فإن قوة المد والجزر يمكن التنبؤ بها بشكل أكبر وبالتالي يمكن تسخيرها بطريقة أفضل ومخطط لها.
- ومع ذلك، فإن الرياح تهب دائماً، بينما ينتج المد والجزر بعد فترات منتظمة فقط.
- أحد الأشياء التي تميل بقوة لصالح كل من طاقة الرياح والمد والجزر هو حقيقة أنها لا تسبب ضرراً للبيئة وبالتالي فهي بدائل جذابة للطاقة المشتقة من الوقود الأحفوري.





## توقع المد والجزر

عادة ما توجد **أكثر تنبؤات المد والجزر دقة للأماكن** الواقعة على الساحل لأنها **أقل تأثراً** بالرياح وأحداث الأرصاد الجوية الأخرى. تتأثر المناطق ذات المياه الضحلة أو الموجودة في الخليج بشكل أكبر بالعوامل البديلة. نظراً لأن المد الفلكي يستجيب للتأثير الدوري من خلال حركات الجاذبية للأرض والقمر والشمس (بما في ذلك دوران الأرض)، فإن المد والجزر هي ظاهرة دورية في أي مكان على الأرض ويمكن التنبؤ بها من خلال تحليل الملاحظات من الماضي. لذلك يجب تحديد سعة ومرحلة جميع مكونات المد والجزر ذات الصلة.

**الطريقة الأكثر شيوعاً** اليوم تعتمد على تقنية المربعات الصغرى. يتم تمثيل ارتفاع المد والجزر من خلال مجموع مكونات المد والجزر (الجيبية) التي من المتوقع أن تسفر عن مساهمة كبيرة. اتساع ومراحل مكونات المد والجزر هي معلمات حرة يتم تحديدها من خلال ملاءمة المربع الصغرى للتمثيل في سجل ارتفاع المد والجزر المرصود. يجب أن يكون سجل المد والجزر طويلاً بما يكفي للقضاء على تأثيرات الأرصاد الجوية. يجب أن يكون سجل الملاحظة أطول (عدة مرات على الأقل) من أكبر فترة تظهر في التمثيل. لحل مكونين بفترات قريبة  $T$  و  $T+\Delta T$ ، يجب أن يتجاوز طول سجل المراقبة بضع مرات  $T/\Delta T$ . بالنسبة للعديد من المحطات حول العالم، تتوفر تنبؤات المد والجزر.





- يتم التعامل مع المد المحلي كموجة، ويتم تقسيمه إلى مكونات مختلفة تسمى المد الجزئي. يتم توقعها بشكل فردي وإضافتها معاً للتنبؤ بالمد المحلي المستقبلي.
- على الرغم من أن أربعة مكونات من المد والجزر يمكن أن تمثل 70 % من إجمالي نطاق المد والجزر، إلا أن حوالي 60 مكوناً تستخدم بشكل شائع.
- يجب التفكير في أكثر من 100 للتنبؤ بالمد والجزر على طول السواحل المعقدة غير النظامية مثل سواحل ألاسكا.
- للتنبؤ بالمد والجزر المحلي، يجب أن تجمع محطات المد والجزر البيانات لمدة لا تقل عن 18.6 سنة لتجربة معظم التكوينات الفلكية لنظام الأرض والقمر والشمس التي تولد المد والجزر.





## محاكاة المد والجزر

من الصعب التنبؤ بالمد والجزر الداخلي الذي يحدث حول فترات راحة الجرف القاري مقارنة بموجات المحيط التي يمكنك رؤيتها. ومع ذلك، حقق الباحثون في معهد MIT اختراقاً كبيراً: لقد قاموا بمحاكاة تلك الموجات المخفية لأول مرة بدقة. لقد قاموا بدمج نموذج هيدروديناميكي مع بيانات مأخوذة من دراسة موجات صوتية ساحلية لتكرار بيئة المحيط (في هذه الحالة، كسر الرف بالقرب من الساحل الشرقي للولايات المتحدة) بمستوى غير مرئي من التعقيد، مكتمل بعناصر الخلفية مثل التيارات والدورات.

بادئ ذي بدء، معرفة كيفية عمل هذه المد والجزر الداخلية يمكن أن تساعد في تطوير أنظمة السونار الأكثر تقدماً التي هي أفضل في استيعاب الظروف تحت الماء. كما يمكن أن تؤدي عمليات المحاكاة إلى توفير حماية أفضل للهياكل البحرية مثل منصات النفط ومزارع الرياح، حيث يمكن للبنائين بشكل أفضل تفسير التهديدات التي لا يمكن التنبؤ بها. سيتعين على معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا إجراء المزيد من الاختبارات للتأكد من أن نموذجه لا يزال قائماً، ولكن هناك احتمالية أن يكون لديك فهم أكثر وضوحاً لما يحدث بشكل جيد تحت خط المياه.





Ethereum Tides إيثريوم المد والجزر. حلقة محاكاة المحيط





## تفسير ظاهرة المد والجزر عند العلماء العرب والمسلمين

قدم لنا **الحسن ابن البهلول** (القرن 4هـ / 10م) تعريفاً مبسطاً للبحار، منوهاً إلى **الدورة الهيدرولوجية** التي تنشأ بين البحار والأمطار والأنهار. قال **ابن البهلول**: «إنّ البحار، إنما هي مواضع عميقة في الأرض. ومن شأن الماء طلب العمق، فتتصبّ المياه من الأنهار والأودية والسيول، فتستتقع فيه؛ فما كان من ذلك عذباً، فإنّه يصير فوق لخبّة العذب. وما كان مُراً أو مالحاً، صار إلى أسفل لثقله. فإذا مرّت عليه الشمس، رفعت العذب لخبّته. فما كان من ذلك لطيفاً جداً، صار هواءً. وما كان دون ذلك في اللطافة، صار ندى ومطراً. وإنّما لا تستبين الزيادة في البحر، مع كثرة ما يجري فيه من الأنهار والأودية، لسعته؛ وإنّها لا تبقى، بل ترفع الشمس منها لطيفها، فيصير منه الندى والأمطار. ولا تنقص أيضاً، لأنّ الذي يرتفع منها، يعود إليها في الأودية والأنهار. وربما نقصت البحار في طول الزمان، وربما زاد بعضها. ولا يستبين ذلك في قدر عمر الإنسان، ولا إنسانين» (ابن البهلول، 2014م).

أما **التعريف الحديث** للبحار والمحيطات، فهو يقرر بأنّ **البحار مسطحات مائية صغيرة** إذا ما قورنت **بالمحيطات** التي تعدّ **مسطحات مائية كبرى** (عبده، 1997م).

**سترد** معنا كثيراً في **النصوص العربية** أسماء بعض البحار التي عرفوها، **وسنورد** فيما يأتي قائمة بها كما وردت عند **العلماء العرب** مع مقابلاتها الحالية (محمددين، 1999م):





1. البحر الأخضر: أطلق على ثلاثة مسطحات مائية وهي: البحر الأبيض المتوسط، والمحيط الأطلسي والبحر الهندي.
2. بحر الخزر أو بحر الأعاجم أو بحر جرجان أو البحر الخرساني: هو بحر قزوين.
3. بحر الزنج أو بحر الحبش: المحيط الهندي المجاور لساحل أفريقيا الشرقي.
4. مجمع البحرين أو بحر الزقاق أو معبرة هرقليس: مضيق جبل طارق.
5. بحر مايطس أو ماوطس: بحر آزوف (متفرع من البحر الأسود).
6. بحر هرقند: خليج البنغال (جزء من المحيط الهندي).
7. بحر بنطس أو بحر البرغر: البحر الأسود.
8. بحر الروم: البحر الأبيض المتوسط.
9. البحر المحيط: المحيط الأطلسي.
10. بحر البنادقة: البحر الأدرياتي.
11. بحر الهند: المحيط الهندي.
12. بحر لاوري: البحر العربي.
13. بحر فارس: الخليج العربي.
14. بحر القلزم: البحر الأحمر.
15. بحر أرميه: البحر الميت.
16. بحر أخلاط: بحيرة وان.
17. بحر خوارزم: بحر آرال.
18. بحر ورتك: البلطيق.





وفي حديث **الإصطخري** عن **بحر فارس** قال: «ولهذا البحر في اليوم واللييلة مرتان مدّ وجزر، من حد القلزم إلى **حد الصين** حيث انتهى، وليس **لبحر المغرب** ولا **لبحر الروم** ولا **لسائر البحار** مدّ وجزر غير **بحر فارس**، وهو أن يرتفع الماء قريباً من **عشرة أذرع** ثم ينصبّ حتى يرجع إلى **مقداره**» (الإصطخري، كتاب الأقاليم، 1893م). [وقد كرر هذه الفقرة مؤلف كتاب **(هيئة أشكال الأرض ومقدارها في الطول والعرض)**، **مخطوطة** المكتبة الوطنية بباريس باريس، رقم (Arabe 2214)، ص8. وكذلك **ابن حوقل** لكن مع تفصيل أكثر في كتابه (صورة الأرض). كما كرر هذه الرواية كل من: **محمد بن محمد بن عبد الله بن إدريس الإدريسي** (توفي 560هـ / 1165م) (الشريف الإدريسي، 1989م)، و**أبو الفداء الحموي** (أبو الفداء، 2007م).

لكن **ابن حوقل** تحدث عن **بحر فارس** برواية أخرى أدق في تحديد الأماكن التي لا يحدث فيها مد وجزر، **حيث قال**: «ولهذا البحر مد وجزر في اليوم واللييلة مرتان من **حد القلزم** إلى **حد الصين** حيث انتهى، وليس **لبحر المغرب** من جانب **المغرب** ولا **لبحر الروم** من الجانب **الشرقي** مد ولا جزر إلا ما بالبحر المحيط في **شمال** **الاندلس** فإنه من ناحية **جبل العيون** إلى لب إلى **اكشنبه** إلى **نواحي شلب** و**قصر** **بنى ورديسن** إلى **المعدن** و**نواحي لشبوننه** و**شنترين** و**شنتره** فإن فيه مداً وجزراً وزيادة تظهر ويرتفع الماء هناك **فوق العشر الأذرع** كارتفاعه **بالبصرة** ثم ينضب حتى يرجع إلى **قدره الأول**» (ابن حوقل، 1983م).

وفي حديث **الإصطخري** عن النيل قال: «وبأرض **مصر** بحيرة يفيض فيها ماء النيل ويتصل ببحر الروم تعرف ببحيرة **تتيس**، إذا امتد النيل في الصيف عذب ماؤها فإذا جزر في الشمال أوان **الحرّ** غلب ماء البحر عليها فملح ماؤها» (الإصطخري، كتاب الأقاليم، 1893م).





وفي حديثه عن **بحر الخزر** قال: «وهو **بحر مالح مظلم** لا مدّ له ولا جزر». (الإصطخري، كتاب الأقاليم، 1893م). وقد كرر ذلك أيضاً مؤلف مجهول، **هيئة أشكال الأرض** ومقدارها في الطول والعرض، (مخطوطة المكتبة الوطنية بباريس، رقم (Arabe 2214)، ص70).

قال **محمد بن أحمد بن أبي بكر البناء المقدسي البشاري** (توفي نحو 380هـ / نحو 990م) عن **نهر الأبلّة**: «والماء بالبصرة ضيق لأنه يحمل في السفن من الأبلّة (مدينة في العراق تبعد عن البصرة مقدار (4 كيلومتر)) وأما الماء الملاصق لها فغير حلو ولا طيب ويقال فيه ثلثه ماء البحر وثلثه ماء الجزر وثلثه ماء الحجر، لأن الماء إذا جزر شمّرت شطوط الأنهار فبلذ الناس عليها ثم يقبل المد فيحمل تلك البلاذات» (المقدسي البشاري، 1991م).

تكلم **الشريف الإدريسي** عن **أنهار البصرة** بشكل مفصل حيث قال: «وجميع **أنهار البصرة** المحيطة بشرقيها يصب بعضها في بعض ويتشعب بعضها من بعض وأكثرها يدخله المدّ والجزر من البحر (اقتبس ابن الوردي في كتابه (خريدة العجائب وفريدة الغرائب) هذا النص أيضاً، ص 119)؛ فإذا كان المدّ دخل الماء من البحر وتراجعت مياه الأنهار فصبّت في البساتين والمزارع وسقتها وإذا كان الجزر انحجرت وعادت الأنهار جارياً على حسب عاداتها، ومنها أنهار كثيرة محتفرة لا يجري بها ماء وإنما يدخلها ردة المياه الواصلة إليها مع المدّ والغالب على مياه هذه الأنهار الملوحة» (الشريف الإدريسي، 1989م). وفي حديثه عن **لشبونة** قال: «ومن القصر المتقدم ذكره إلى مدينة **لشبونة** مرحلتان ومدينة **لشبونة** على شمال النهر المسمى **تاجه** وهو نهر **طليطلة** وسعته أمامها ستة أميال ويدخله المد والجزر كثيراً» (الشريف الإدريسي، 1989م).





ذكر **شمس الدين أبو عبد الله محمد الدمشقي** أن نهر قرطبة في الأندلس «يمد ويجزر كل ليلة ويوم» (شيخ الربوة، 1865م). أما البحر الأبيض المتوسط فيذكر أنه يمد ويجزر مثل المحيط الأطلسي: «ولهذا البحر الرومي مدّ وجزر مع امتلاء القمر ونقصانه منه، وله مدّ وجزر في كل يوم وليلة كما البحر المحيط منه» (شيخ الربوة، 1865م). طبعاً لا يقصد أن البحر الأبيض المتوسط مثل المحيط الأطلسي من ناحية قوة المد والجزر، وإنما من ناحية حدوث الظاهرة. فهي بلا شك أقوى في المحيط الأطلسي.

ذكر **عماد الدين إسماعيل بن محمد بن عمر أبو الفداء الحموي** أن بحر أوقيانوس «يقع في هذا البحر أيضا المدّ والجزر في اليوم والليلة مرتين» (أبو الفداء، 2007م)، وقد كرر هذه الرواية **سباهي زاده** (سباهي زادة، 2006م).

أما عن المد والجزر قبالة شاطئ مدينة القطيف، وهي إحدى مدن المنطقة الشرقية ومركز محافظة القطيف في المملكة العربية السعودية حالياً فيقول **الحموي**: «وللقطيف سورٌ وخذقٌ، ولها أربعة أبواب، والبحر إذا مدّ يصل إلى سور القطيف، وإذا جزر ينكشف بعض الأرض، وللقطيف خور من البحر يدخل فيه المراكب الكبار الموسقة في حالة المد والجزر» (أبو الفداء، 2007م) كما كرر هذه الرواية **سباهي زاده** (سباهي زادة، 2006م). وفي حديث لمؤلف مجهول (بعد القرن 9هـ / 15م) عن تاروت ذكر أنها «بليدة في الشرق عن القطيف، وإذا مدّ البحر أحاط بها وبأرضها فتصير جزيرةً، وإذا جزر البحر انكشفت بعض الأرض التي بينها وبين القطيف، فيصل إليها الناس بالبرّ».

تحدث **عبد المؤمن بن عبد الحق بن شمائل القطيعي البغدادي** عن دير نهيا بالجيزة من أرض مصر فقال: «والماء يحيط به من جميع جهاته في المد، فإذا انصرف الماء وزرع ظهر في أراضيه أنواع الزهر» (البغدادي، 1992م).





تحدث **محمد بن عبد الله بن محمد بن إبراهيم اللواتي الطنجي الشهير بابن بطوطة (779هـ / 1377م)** عن كل المدن والبلدات التي زارها، وما يحدث فيها من مدّ وجزر، ففي حديثه عن **البصرة** قال: «**والبصرة على ساحل الفرات والدجلة وبها المدّ والجزر كمثل ما هو بوادي سلا من بلاد المغرب وسواه، والخليج المالح الخارج من بحر فارس على عشرة أميال منها، فإذا كان المدّ غلب الماء المالح على العذب وإذا كان الجزر غلب الماء الحلو على المالح فيستسقي أهل البصرة الماء لدورهم، ولذلك يقال: إن ماءهم زعاق**» (ابن بطوطة، 1997م). ولدى ذكره مدينة **القسطنطينية** قال: «وهي متناهية في الكبر منقسمة بقسمين بينهما نهر عظيم فيه المدّ والجزر على شكل وادي سلا من بلاد المغرب» (ابن بطوطة، 1997م). ولعله يقصد بالنهر العظيم مضيق البوسفور حالياً الذي يصل بين البحر الأسود وبحر مرمرة.

انقسم العلماء العرب الذين فسّروا ظاهرة المد والجزر في البحار من الناحية الفيزيائية والفلكية إلى ثلاثة فرق:

1. فريق اعتمد نظرية جاذبية القمر والشمس.
2. فريق اعتمد نظرية تمدد الهواء بتأثير الحرارة.
3. فريق اعتمد نظرية الرياح.

والواقع أنهم كلهم كانوا على حق؛ إذ أنها عوامل وجدها العلماء العرب في أثناء دراستهم للظاهرة، لكن بعضهم اعتقد بتأثير أحد هذه العوامل أكثر من غيره.



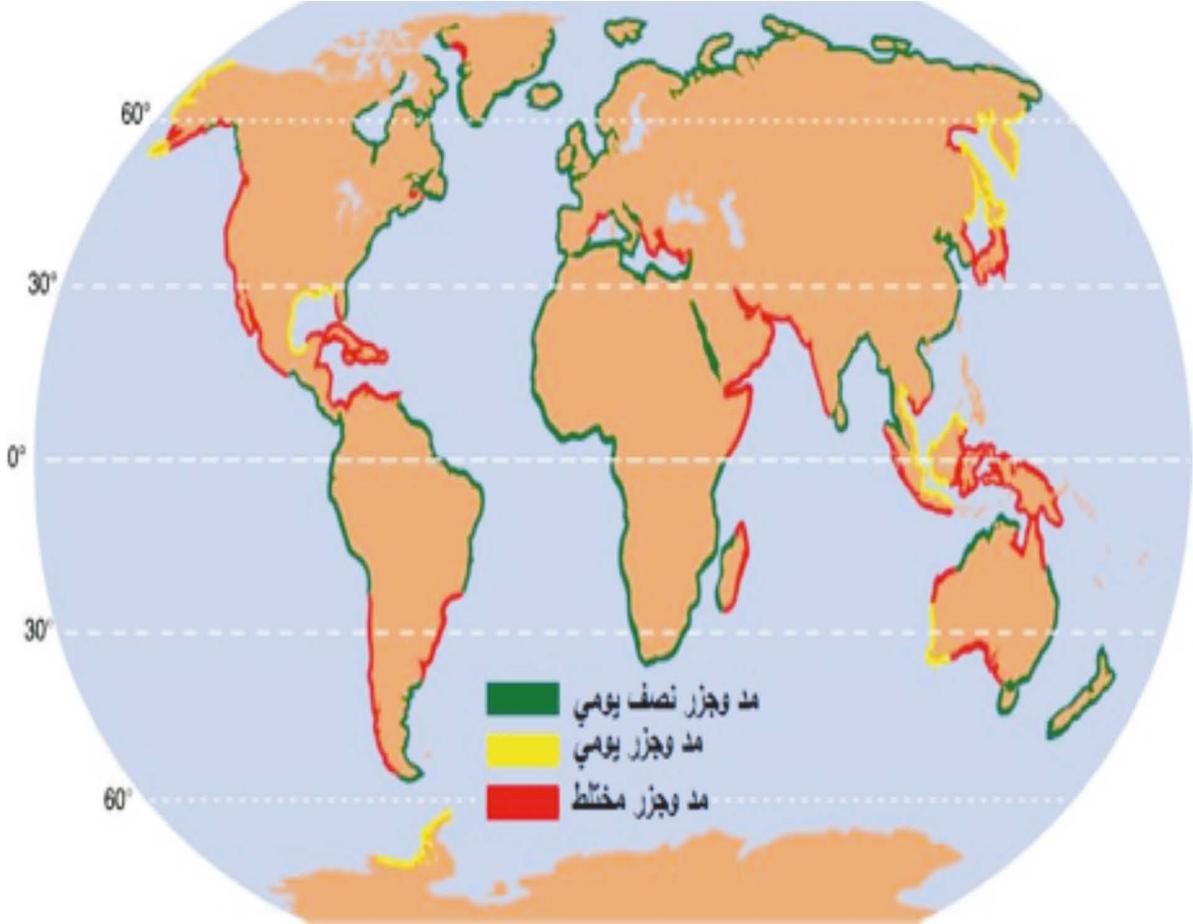


وقد وصف لنا العلماء العرب المد والجزر نصف النهاري والمدّ الفيضي أو العالي أو المرتفع الذي يحدث في أوائل الشهر العربي ومنتصفه، وقاسوا الاهتزاز المدي وربطوا بين المد والجزر وأطوار القمر (عبد العليم، 1983م). من الناحية الاصطلاحية: أطلق العرب في العصور الوسطى لفظي المد والجزر على مفهومين مختلفين (عبد العليم، 1979م):

1. على الحركة الرأسية للمياه، المقصود بها ارتفاع مستوى سطح البحر وانخفاضه في اليوم والليلة مرتين.
2. وعلى الحركة الأفقية للمياه بمعناها الواسع ويقصد بها التيارات البحرية بشكل عام.

ومن الناحية العملية: كانوا يجدون أنه يتوجب على الملاح أن يعرف حركات المد والجزر الخاصة بكل منطقة سيبحر إليها؛ إذ بدون معرفتهما تتعرض سفينتهم لأخطار الارتطام بالصخور كما لا يستطيع تعيين وقت دخوله المرافئ.





خارطة توزع المد والجزر في العالم. ونلاحظ من خلالها أن العلماء العرب قد وصفوا لنا الأنواع الأساسية للمد والجزر التي تظهر في المناطق الواقعة بين خطي عرض (30 درجة جنوباً -60 درجة شمالاً). وهي المناطق التي وصلوا إليها (مصدر [https://en.wikipedia.org/wiki/Tide#cite\\_ref-25](https://en.wikipedia.org/wiki/Tide#cite_ref-25))





تناول **علي بن ربن الطبري** (توفي نحو 250هـ / 864م) في كتابه (فردوس الحكمة) موضوع المد والجزر واعتبر أن سببها **المباشر هو القمر**، حيث قال: «ويكون الجزر والمد أيضاً في البحر بالقمر» (ابن ربن الطبري، 1928م).

قد يكون **الجاحظ** (توفي 255هـ / 869م) من أوائل العلماء الذين تناولوا موضوع نقد ما يتناقله عامة الناس من تفسير لظاهرة المد والجزر في البحار، وذلك في رسالته (التربيع والتدوير). فهو يريد أن يصل لسبب **عقلي مقنع** بعيداً عن **المقترحات الغيبية**، ويصل في النهاية إلى أن للقمر دوراً **فاعل ورئيس** في الظاهرة.

قال **الجاحظ**: «وما تقول في المد والجزر، أمن ملك يضع رجلاً ويرفع رجلاً؟ فإن كان كذلك فعمل مدبر الفلك ملك ولعل صوت الرعد صوت زجر ملك، فندع الفلسفة ونأخذ بقول الجماعة، أم نزع من المد والجزر من نفس الجواذب إذا جذب وإذا رفع! وما تقول في قول من زعم أن القمر مائي وأشبه الكواكب بطبيعة الأرض، فإنما يكون الجزر والمد على مقادير جذبه للماء وإرساله له، ذلك معروف في منازلهم ومجاريه يعرف ذلك أهل الجزر والمد» (الجاحظ، 2002م).

أفرد **أبو يوسف يعقوب بن إسحاق الكندي** (توفي 256هـ / 869م) رسالة خاصة بعنوان (رسالة في العلة الفاعلة للمد والجزر)، وهي من أولى الرسائل المتخصصة في معالجة هذا الموضوع والقائمة على **نظرية التمدد الحجمي للمواد**. وبحسب تقييم **سزكين** لهذه الرسالة، فإنه يرى أنها «بعرضها المسهب في إطار المصادر حول الموضوع نفسه، فإنها قائمة بذاتها دون نموذج سابق مباشر، فعبارته تعدّ العبارة الوحيدة التي أقيم فيها الظاهرة الكونية بلا ثغرة، والفرق بين عبارة **الكندي** والوصف الحديث يكمن -بشكل رئيس- في أنه استبدل في





الوقت الحاضر **بالتفسير الحركي** جذب القمر والشمس» (سزكين، أحكام التجيم والآثار العلوية، 1999م). وهو الرأي الذي يخالفه فيه **المستشرق الألماني إيلهارد فيدمان** E. Wiedemann عندما درس هذه المقالة، وقرر **فيدمان** أن **الكندي** وضع هذه الرسالة وهو متأثر **بأرسطو**، ويذكر أنه توجد في المخطوطة نفسها التي كتب فيها **الكندي** فصل حول «لون السماء»، والتي ترجم منها فيدمان سابقاً فصلاً آخر يتحدث فيه **الكندي** عن المد والجزر. ويعرض لطريقة **الكندي** في البحث فيقول إنه يأتي أولاً بالملاحظات التجريبية **للقائع** وما يتعلق بها، ثم يعرض معلوماته **بطريقة منظمة** ثم يشرح جوهرها ثم يبحث عن أسبابها. ولا شك بأن هذه **المنهجية علمية** بامتياز (Wiedemann, 1921).

**قال الكندي** «فإن القمر إذا صار في **مشرق موضع** كان أول وقوع ضوئه عليه، فابتدأ في الحمى وقبول الزيادة في الأجزاء. إلا أن ذلك» أظهر ما يكون في الماء؛ فكلما علا، كان **حمى** ذلك الموضع له أشد، حتى يصير في **وتد سمائه**. فهو **نهاية** قبول ذلك «الموضع» للحرارة، لحركة القمر، **ونهاية مدّه**؛ لأن الأجرام كلما حميت احتاجت إلى مكان أوسع، كما قلنا **متقدماً**. فإذا انحدر عن ذلك الموضع الذي هو **وسط السماء**، نقص حرّ الموضع من الأرض المنفعل به» (الكندي، مخطوطة أياصوفيا (AYASOFYA4832)).

رأي **الكندي** هذا سيتبعه **روبرت غروستيس** (توفي 1253م) R. Grosseteste بشكلٍ أو بآخر في رسالته عن المد والجزر، ولكن لم يستطع غروستيس أن يصل إلى مستواه (سزكين، علم الفلك، 2008م)، مع أن بينهما أكثر من 400 سنة؛ حيث إن **المطلع** على رسالة **غروستيس** يجد أن العبارات **الفيزيائية** عنده لم تصل إلى غايتها كما هي عند **الكندي**، فهو يعتقد أن **أشعة القمر تسبب**،





عن طريق توليد الأبخرة والرياح في مياه البحر، الزيادة في الحجم (سزكين، أحكام التجسيم والآثار العلوية، 1999م).

لقد ذكر الكندي في رسالته (في العلة الفاعلة للمد والجزر) أسباب المد والجزر وأنواعه، فعرف نوعين من المد:

**الأول المد الطبيعي:** وعرفه بأنه: «استحالة الماء من صغر الجسم إلى عظمه» (الكندي، مخطوطة أياصوفيا (AYASOFYA4832)).

**والثاني المد العرَضِي:** وعرفه بأنه: «زيادة الماء بانصباب مواد فيه» (الكندي، مخطوطة أياصوفيا (AYASOFYA4832))، كما في حالة الأنهار والأودية والفيوض التي أصلها من الأنهار، وأشار إلى أن مثل هذا المد لا تظهر فيه زيادة، وذلك لصغر كمية المياه المضافة إليه من الأنهار وغيرها، بالمقارنة مع مياه البحار، وكذلك بسبب البخر الواقع لها.

وقد قسم الكندي المد الطبيعي إلى ثلاثة أنواع:

1. **الأول المد السنوي:** وهو الزيادة في مياه البحار في وقت محدد من السنة في موضع دون موضع، حسب حركة الأجرام السماوية.

2. **الثاني المد الشهري:** وهو يحدث حسب تغير أوضاع القمر في دورانه حول الأرض.

**الثالث المد اليومي:** وهو واقع لتأثير ضوء القمر عليه، فيبتدئ مده مع طلوع القمر عليه، ويبتدئ جزره حين يبتدئ زوال القمر عن سمت رؤوس أهله. (الكندي، مخطوطة أياصوفيا (AYASOFYA4832)).





درس العالم الفلكي **أبو معشر جعفر بن محمد بن عمر البلخي** (توفي 272هـ / 886م) ظاهرة المد والجزر في البحار بشكل مفصل، وذكر الأنواع والأسباب المختلفة لها، وقد أودع ذلك في **خمس فصول** محاولاً تقديم نظرية متكاملة وشاملة تفسر كل ما يتعلق بظاهرة المد والجزر من **وجهة نظره كعالم فلك**. ما يميز بحث أبو معشر في الفصول التي ناقش فيها المد والجزر أنه لم يتطرق إلى **الأسباب الغيبية الخارقة** للعادة التي طرحها بعض المؤلفين الذين ناقشوا هذه الظاهرة؛ وإنما حاول **تفسيرها** وفق الأسباب والمعطيات **الفيزيائية** التي كانت في عصره، **خصوصاً** أثر القمر وحركته ومدى اكتماله ونقصانه **خلال الشهر**.

ونستشف من البداية إدراك كلام **أبي معشر** للعلاقة بين أثر القمر وحركة المد والجزر، **سواء اليومي أو الشهري** (أبو معشر البلخي، مخطوطة المكتبة الوطنية بباريس، (Arabe 5902)).

كما تحدث **أبو معشر** عن **التيارات البحرية** التي تتأثر بالرياح وتتزامن مع حركة المد، وكذلك تحدث عن التيارات البحرية **الصاعدة** من **الأعماق** للسطح (أبو معشر البلخي، مخطوطة المكتبة الوطنية بباريس، (Arabe 5902)).

وذكر أن **أبي معشر** المد والجزر لا يحدث **بالأصل** إلا بتوفر ثلاثة عوامل أساسية معاً:

1. **حالة موضع الماء:** إذ يجب أن يكون الموضع عميقاً وعريضاً وطويلاً، وفيه جبال تمكن الرياح من الاجتماع والقيام بدور في المد.

2. **حالة الماء نفسه:** إذ يجب أن تكون كمية المياه كثيرة وساكنة، لا تدخل أو تخرج منها المياه.





### 3. تحريك القمر للماء: بمعنى انتقال القمر في أطواره خلال اليوم أو الشهر.

وهكذا وباجتماع العوامل الثلاثة يحدث لدينا المد والجزر.

وهو يعتبر أنّ سبب كون ماء المد **فاتراً** وماء الجزر **بارداً**، لأن ماء المد يخرج من **أعماق المياه** التي تكون **فاترة**، ويزيد من **فتورها** حركة الماء نفسه وتحريك القمر له. وعندما يصل إلى الشاطئ فإنه **يبرد** ويعود مع الجزر **بارداً** (أبو معشر البلخي، مخطوطة المكتبة الوطنية بباريس، (Arabe 5902)).

**للتنبؤ** بساعة المد والجزر الطبيعي (H) اقترح **أبو معشر** طريقة حسابية عامة. وهي تتطلب معرفة درجة **شروق القمر** (A) ودرجة **غروب القمر** (B) وضرب الفرق بينهما **بمعامل تصحيح** ( $\alpha$ ) يتعلق بتأخر أو تقدم **شروق القمر وغروبه**، مع إضافة درجة خط عرض ذلك البلد (C) **وتطبيق المعادلة الآتية:**  $H = \alpha (A-B) + C$

وفي حال أردنا معرفة ساعة المد لوحدته أو الجزر لوحدته فيمكننا تقسيم الناتج على الرقم 2.

وهذا يعني أن **أبا معشر** قد تنبه إلى تأثير المد **بمعامل** خط الطول والعرض وزاوية شروق وغروب القمر. وقد تكون هذه أول **معالجة حسابية مقننة** لظاهرة المد والجزر. إذ أننا لم **نعثر** على أي معالجة أو طرح من هذا النوع لدى أي عالم سبق **أبو معشر**.





بعدها ينتقل لتعداد أسباب قوة المد وضعفه وهي برأيه ثمانية:

1. بُعد القمر من الشمس وزيادته في الضوء ونقصانه منه.
2. زيادة تعديل القمر عن وسطه أو نقصانه منه.
3. موضع القمر من فلك الأوج أو قربه من الأرض.
4. صعوده أو هبوطه الفلك المائل وجهة عرضه.
5. كون القمر في البروج الشمالية والجنوبية.
6. الأيام التي يسمونها البحريون الذين هم في ناحية المغرب ومصر أيام زيادة الماء ونقصانه.
7. معرفة قوة المد وضعفه من طول النهار والليل وقصرهما من خاصة دلالة الشمس.
8. معرفة الرياح المقوية للمد والجزر.

كما انتبه أبو معشر إلى أن المد والجزر يزيد وينقص في الحالة التي يكون فيها اجتماع واستقبال بين الشمس والقمر. وقرر بوجود تناسب عكسي بينهما «فإذا طال زمان المد فإنه يقصر زمان الجزر الذي يكون بعده، وإذا قصر زمان المد طال زمان الجزر الذي بعده، والرياح التي يوافق هبوبها جرية المد والجزر أيهما وافق ذلك فإن تلك الرياح تزيد في قوته وفي طول زمانه، والرياح التي تستقبل جرية أيهما كان فإنها تضعفه» (أبو معشر البلخي، مخطوطة المكتبة الوطنية بباريس، (Arabe 5902)).





وقد قدم لنا **أبو معشر** تصنيفه للمياه على **أساس** ما يحدث فيها من مدّ وجزر إلى ثلاثة أنواع:

1. الأول: لا يكون فيه مد ولا جزر.

2. الثاني: لا يتبين فيه المد والجزر.

3. الثالث: ما يتبين فيه المد والجزر.

وقد ركز **أبو معشر** على النوع الأول الذي لا يظهر فيه مدّ ولا جزر، مثل المياه الجارية والبحار التي لا **تسامت** القمر مباشرة، والمياه التي لا تكون على أرض صلبة فيتسرب الماء في جوفها.

بالمقارنة بين **طروحات أبي معشر وبالكندي** نجد أن **أبي معشر** قد فصل في حالات المد والجزر وما يتعلق بها من عوامل، كما كانت **صياغته منطقية** أكثر بكثير من **صياغة الكندي**.

للأسف ضاعت معظم أعمال **أحمد بن محمد بن الطيب السرخسي** (توفي 286هـ / 899م)، ومن بينها رسالة بعنوان (**البحار والمياه والجبال**) (عبد العليم، 1979م)؛ إلا أن **أبو الحسن المسعودي** استطاع اقتناص رأيه **مستنتاجاً** أنه كان يتفق مع رأي **الكندي** أيضاً الذي يقول بأن **سبب المد والجزر هو الحرارة الناجمة عن دوران القمر** حول الأرض (أبو الحسن المسعودي، مروج الذهب، 2005م).

ما طرحه **الكندي وأبو معشر البلخي** من **تفسير** لظاهرة المد والجزر تبناها **أبو الحسن المسعودي** (توفي 346هـ / 957م)، قال **المسعودي** في (**مروج الذهب ومعادن الجوهر**): «المدّ: مضيّ الماء في **فَيْحْتِه** و**سَيْحْتِه** و**سنن جريته**، والجزر:





رجوع الماء على ضد **سنن مُضِيَّه** وانكشاف ما مضى عليه في **هَيَّجِه**، وذلك كـ **بحر الحبش** الذي هو **الصيني والهندي** و**بحر البصرة** و**فارس** المقدم ذكره؛ وذلك أن البحار على **ثلاثة أنواع**: منها ما يتأتى فيه الجزر والمد ويظهر ظهوراً **بيناً**، ومنها ما لا **يتبين** فيه الجزر والمد ويكون **خفيفاً مستتراً**، ومنها ما لا يجزر ولا يمد» (أبو الحسن المسعودي، مروج الذهب، 2005م).

بعدها **انتقل للتفصيل** في أسباب عدم ظهور المد والجزر في بعض البحار وظهوره في **البعض الآخر**. قال **المسعودي**: «فالبهار التي لا يكون فيها الجزر والمد امتنع منها الجزر والمد **لعل ثلاث**، وهي على **ثلاثة أصناف**: فأولها ما يقف الماء فيه زماناً **فيغلظ وتَقْوَى مُلوحته**، وتتكيف فيه الأرياح، لأنه ربما صار الماء إلى بعض المواضع ببعض الأسباب **فيصير كالبحيرة** وينقص في **الصيف** ويزيد في **الشتاء**، ويتبين فيه **زيادة** ما ينصبُّ فيه من الأنهار والعيون، و**الصنف الثاني** البحار التي تبعد عن **مدار القمر** ومسافته بعداً كثيراً، فيمتنع منه المد والجزر، و**الصنف الثالث** المياه التي يكون الغالب على أرضها **التخلخل**، لأنه إذا كانت أرضها **مخلخلة** نفذ الماء منها إلى غيرها من البحار **وتخلخل**؛ وأنشبت الرياح **الكائنة** في أرضها **أولاً فأولاً**، وغلبت الرياح عليها، وأكثر ما يكون هذا في **ساحل البحار والجزائر**» (أبو الحسن المسعودي، مروج الذهب، 2005م).

بعدها يتناول **المسعودي** مختلف **الآراء** التي طرحت في عصره، وناقشت سبب حدوث هذه **الظاهرة**، وكيف **انقسم** الناس إلى فرقٍ حول ذلك، فمنهم من قال إنَّ **سبب** المد والجزر هي الحرارة التي **يسخن بها القمر المياه**، وهي نظرية **الكندي**.





قال **المسعودي**: «وقد **تنازع** الناس في علة المد والجزر؛ فمنهم من ذهب إلى أن ذلك من القمر؛ لأنه **مجانس** للماء، وهو يسخنه، فينبسط، وشبهوا ذلك بالنار إذا أسخنت ما في القدر وأغلتته، وإن الماء يكون فيها على قمر النصف أو الثلثين، فإذا غلا الماء انبسط في القدر وارتفع وتدافع حتى يفر فتضاعف كميته في الحس، وينقص في الوزن. لأن من شرط الحرارة أن تبسط الأجسام، ومن شرط البرودة أن تضمها، وذلك أن قعور البحار تحمي فتتولد في أرضها عقبة وتستحيل وتحمي كما يعرض ذلك في البلايع والآبار، فإذا حمي ذلك الماء انبسط، وإذا أنبسط زاد، وإذا زاد ارتفع، فدفع كل جزء منه صاحبه، فطفاً على سطحه وبان عن قعره، فاحتاج إلى أكثر من هدمته، وإن القمر إذا امتلأ حمي الجو حمياً شديداً فظهرت زيادة الماء، فسمي ذلك المد الشهري، وإن هذا البحر تحت معدل النهار آخذاً من جهة المشرق إلى المغرب ودور الكواكب المتحيرة عليه مع ما يساميه من الكواكب الثابتة إذا كانت المتحيرة في القدر مثل الميل على تجاوزه، وإذا زالت عنه كانت منه قريبة فاعلة فيه من أوله إلى آخره في كل يوم وليلة، وهي مع ذلك في الموضع المقابل للحمي، فقليل ما يعرض فيه من الزيادة ويكون في النهر الذي يعرض فيه المد بينا من أطرافه وما يصب إليه من سائر المياه» (أبو الحسن المسعودي، مروج الذهب، 2005م).

تناول **أبو الريحان البيروني** (توفي 440هـ / 1047م) ظاهرة المد والجزر، وقال إن **أهل الاختصاص** يعرفون هذه الظاهرة، في اليوم بطلوع القمر وغروبه، وفي الشهر بزيادة نوره ونقصانه (الموسوعة العربية العالمية، 2004م). وقد فسّر البيروني سبب حدوث هذه الظاهرة إلى التغيّر الدوري لوجه القمر (السعدي، 2013م). كما أنه أشار إلى طريقة الكشف عن التيارات البحرية العميقة، التي





سبق وأن تحدّث عنها أبو معشر البلخي، لكن دون أن يربط بينها وبين المد والجزر، حيث قال في كتابه (الآثار الباقية عن القرون الخالية): «ويستدل عليها بارتفاع الشباك من ذاتها من قعر البحر»، ويذكر الباحث أنور عبد المنعم، أنّه في عام 1957م وخلال دراسة المحيطات إبّان (السنة الدولية الجيو-فيزيائية) لاحظ العلماء أن شباك الصيد التي أدليت إلى المياه العميقة في المحيط الأطلسي قد انحرفت في الاتجاه المضاد لسير التيار السطحي، فثبت لهم بالدليل وجود التيارات العميقة، وقد تمكنوا من قياس سرعتها ومسارها (عبد العليم، 1979م).

قال **الشريف الإدريسي**: «وحكى **ربانيو** البحر الهندي والبحر الصيني أن المد والجزر يكونان مرتين في السنة فمرة يمد في شهور الصيف شرقاً ويجزر ضده البحر الغربي ثم يرجع المد غرباً ستة أشهر. وقد ذكر في المد والجزر أقوال كثيرة وجب لنا أن نذكر بعضها بالوجيز من القول مع استيفاء المعنى. فأما **أرسطوطاليس** و**أرشميدس** فإنهما قالاً في ذلك إنّ المدّ والجزر يحدثان عن الشمس إذا حركت الريح البحار وموجتها فإذا انتهى ذلك إلى البحر المسمى **أطلنطيقس** وهو البحر المحيط كان عنه المد، وإذا صارت هذه الريح في النقصان والسكون كان عنها الجزر. وأما **ساطوطس** (؟) فإنه يرى أنّ **علة** المد والجزر تكون بامتلاء القمر وزيادته وأن الجزر يكون بنقصانه وهذا كلام يحتاج إلى الزيادة فيه» (الشريف الإدريسي، 1989م). بعدها حاول **الإدريسي** أن يؤكّد **صحّة** الأفكار أو بعضها من خلال ما شاهده لدى زيارته لبعض الدول الساحلية في أوروبا، مثل البرتغال وبريطانية اللتان تطلان على المحيط الأطلسي، حيث يكون المد والجزر **واضحاً** تماماً هناك لدى رصده. **قال الإدريسي**: «والبيان عما أتى به **الفلاسفة** مجملاً فنقول إنّ المد والجزر الذي رأيناه **عياناً** في بحر الظلمات





وهو البحر المحيط بغربي الأندلس وبلاد برطانية (هكذا يكتبها)؛ فإن المد يبدأ فيه في الساعة الثالثة من النهار إلى أول الساعة التاسعة، ثم تأخذ في الجزر ست ساعات مع آخر النهار، ثم يمد ست ساعات ثم يجزر ست ساعات هكذا يمد في اليوم مرة وفي الليل مرة ويجزر في اليوم مرة وفي الليل مرة أخرى. وعلة ذلك أن الريح تهيج هذا البحر في أول الساعة الثالثة من النهار وكلما طلعت الشمس في أفقها كان المدّ مع زيادة الريح ثم تنقص الريح عند آخر النهار لميل الشمس إلى الغروب فيكون الجزر أيضاً وكذلك الليل أيضاً تهيج الريح في صدره وتركد مع آخره، وزيادة الماء في المدّ يكون في ليلة ثلاث عشرة وليلة أربع عشرة وليلة خمس عشرة وليلة ست عشرة، ففي هذه الليالي المذكورة يفيض المدّ فيضاً كثيراً ويصل إلى أمكنة لا يصل إليها إلا إلى مثل تلك الليالي من الشهر الآتي وهذا من آيات الله المبصرة في هذا البحر يراه أهل المغرب مشاهدة لا امتراء فيه ويسمى هذا المد فيضاً (الشريف الإدريسي، 1989م). وكما نلاحظ من وصف **الإدريسي** فقد تحدث عن المد الفيضي أو الربيعي Spring Tide الذي يحدث وسط الشهر القمري، حيث تكون فيه المياه زائدة عن حالات المدّ بقية الأيام.

تبني **ابن رشد** (توفي 595هـ / 1198م) نظرية **الكندي** بأن حرارة أشعة القمر هي المسؤولة عن المدّ والجزر وليس جاذبيته، حيث قال: «أما ما كان من البحار أعلى منه فإنه يتحرك الماء الذي فيه إليه من قبل أن البحر المحيط أسفل منه، ويتحرك هو إليه من قبل تدافع أجزائه بما يحدث فيه من الحركة الموجودة بذاتها علواً التي هي في الماء شبيهة بحركة الريح، وهي التي تسمى عندنا حركة المد. وأما ما كان من البحار أسفل فإن الأمر فيه بالعكس، أعني أن الماء يتحرك من البحر الأسفل





إليه علوًّا من قبل الرياح المتولدة فيه عن حرارة القمر، ويتحرّك هو إلى ذلك البحر بالطبع إذا خلا الماء السفلي عن هذه الحركة» (ابن رشد، 1994م).

ساهم **أبو إسحق نور الدين البطروجي الإشبيلي** (توفي حوالي 600هـ / 1204م) في فكرة أنّ المد والجزر سببها **الدورة العامة للسموات** (Glick, 2014). وقد بنى نظريته على الحركة الموجودة في المحيط الأطلسي، ملاحظاً التواتر بين **حركة السماء** نفسها وحركة المد والجزر وليس **تزامن** حركة القمر مع حركة المد والجزر، كما قال بذلك كل من سبقه.

رفض **ياقوت الحموي** (توفي 626هـ / 1229م) ما طرحه أصحاب القصص الخرافية والعجائبية من العرب والمسلمين حول ظاهرة المد والجزر، كما نبّه إلى أنّه ليس مؤمناً بصدقها. قال **ياقوت الحموي**: «وفي أخبار قصّاص المسلمين أشياء عجيبة تضيق بها صدور العقلاء، أنا أحكي بعضها غير معتقد لصحّتها: روى أنّ الله تعالى خلق الأرض تكفاً كما تكفأ السفينة، فبعث الله ملكاً حتى دخل تحت الأرض، فوضع الصخرة على عاتقه، ثم أخرج يديه: إحداهما بالمشرق، والأخرى بالمغرب، ثم قبض على الأرضين السبع فضبطها، فاستقرّت، ولم يكن لقدمه قرار، فأهبط الله ثوراً من الجنة له أربعون ألف قرن وأربعون ألف قائمة، فجعل قرار قدمي الملك على سنامه، فلم تصل قدماه إليه، فبعث الله **ياقوتة خضراء** من الجنة، مسيرها كذا ألف عام، فوضعها على سنام الثور، فاستقرّت عليها قدماه، وقرن الثور خارجة من أقطار الأرض، مشبّكة تحت العرش، ومنخر الثور في ثقبين من تلك الصخرة تحت البحر، فهو يتنفس كل يوم نفسين، فإذا تنفّس مدّ البحر وإذا ردهّ جزر» (الحموي، 1995م).





**يبدوان أبو المظفر سبط ابن الجوزي** (توفي 654هـ / 1265م) كان يناصر الرأي الديني في تفسير ظاهرة المد والجزر، فبعد أن استعرض ما سبق وطرحه **أبو معشر البلخي** من أنواع المياه التي يحدث فيها المد والجزر، انتقل للبحث في الأسباب المختلفة للظاهرة، حيث قال: فأما المد فمضي الماء بجريته، والجزر رجوعه عن ذلك، وقال علماء الهيئة: البحار ثلاثة أصناف:

**منها:** ما يكون فيه المد والجزر ويظهر فيه ظهوراً بيناً، **كالبحر الحبشي عند البصرة**، وهذا **مشاهد محسوس**. **والثاني:** يظهر فيه في وقت دون وقت كما في **البحر الأعظم**، فإنه يمد ستة أشهر، فيقل الماء في موضع ويكثر في موضع. **والصنف الثالث:** لا يظهر فيه المد أصلاً، **كغير الحبشي** (ابن الجوزي، 2013م). «واختلفوا في علّة المد والجزر: أما علماء الهيئة فقد اختلفوا فيه: قال بعضهم: علته القمر، لأنه مجانس لعلّة الماء وهو يسخنه فينبسط، ومثلوه بقدر فيها ماء مقدار نصفها، فإذا غلى على النار ارتفع الغليان حتى ينفور ويصعد، فإذا برد الماء نقص، لأن من شرط الحرارة أن تبسط الأجسام ومن شرط البرودة أن تضغطها، فإذا امتلأ القمر حميت أرض البحر فانبسط الماء وارتفع، وإذا نقص الماء. وقال بعضهم: علته الأبخرة المتولدة في باطن الأرض، فإنها لا تزال تتولد حتى تكثر وتكثف فيرد ماء البحر بكثافتها، فإذا انقطعت المواد بقلّة الكثافة عاد ماء البحر إلى قعره» (ابن الجوزي، 2013م).

بعد ذلك قدّم **ابن الجوزي** رأيه موكلاً أمر الظاهرة إلى قدرة الله قائلاً: **«والمختار عندي:** أنّ المد والجزر من آيات الله تعالى، وأنه من آثار قدرته في العالم، لأن كل ما لا يوجد له قياس في الوجود فهو فعل إلهي يستدل به على عظمة الباري سبحانه وقدرته، وليس للمد والجزر قياس في العالم. وقال





أحمد بن حنبل بإسناده قال: سئل ابن عباس عن المد والجزر فقال: قد وكّل الله بقاموس البحر ملكاً، فإذا وضع رجله فيه فاض البحر، وإذا رفعها غاض. وقد ذكره الجوهري فقال: وقاموس البحر وسطه ومعظمه. وروي عن مجاهد عن ابن عباس قال: الملك الموكل بالبحار يضع عقبه في بحر الصين فيكون منه المدّ، ثم يرفع عقبه فيكون منه الجزر. وقال مجاهد: وهذا ظاهر محسوس، فإنّ الإنسان لو وضع قدمه في إناء فيه ماء فإن الماء يرتفع إلى رأس الإناء، فإذا رفعها رجع الماء إلى حدّه» (ابن الجوزي، 2013م).

تناول المؤرخ والجغرافيّ زكريا بن محمد القزويني (توفي 682هـ / 1283م) في كتابه (عجائب المخلوقات وغرائب الموجودات) ظاهرة المد والجزر وعزاها إلى القمر. قال القزويني: «زعموا أنّ تأثيراته بواسطة الرطوبة كما أنّ تأثيرات الشمس بواسطة الحرارة ويدل عليها اعتبار أهل التجارب ومنها أمر البحار، فإن القمر إذا صار في أفق من آفاق البحر أخذ ماؤه في المد مقبلاً مع القمر، ولا يزال كذلك إلى أن يصير القمر في وسط سماء ذلك الموضع إذا صار هناك انتهى المد منتهاه، فإذا انحطّ القمر من وسط سمائه جزر الماء، ولا يزال كذلك راجعاً إلى أن يبلغ القمر مغربه فعند ذلك ينتهي الجزر منتهاه. فإذا زال القمر من مغرب ذلك الموضع، ابتداء المدّ مرة ثانية إلا أنه أضعف من الأولى، ثم لا يزال كذلك إلى أن يصير القمر في وتد الأرض فحينئذ ينتهي المدّ منتهاه في المرة الثانية في ذلك الموضع، ثم يبتدئ بالجزر والرجوع ولا يزال كذلك حتى يبلغ القمر أفق المشرق ذلك الموضع فيعود المدّ إلى ما كان عليه أولاً، فيكون في كل يوم وليلة بمقدار مسير القمر في ذلك البحر مدّان وجزران» (القزويني، عجائب المخلوقات ...، د.ت.).





ويرى المؤرخ **ديفيد كارتويت** D. Cartwright أن **تشارلز داروين** Ch. Darwin (توفي 1882م) صاحب نظرية التطور نفسه قد اقتبس بشكل كامل فكرة تقديم القمر للحرارة إلى البحر عن **القزويني** (Darwin, 1898)، كما أنه اقتبس أيضاً عن وثيقة أيسلندية قديمة تشير إلى تسخين الشمس أيضاً مثل القمر، في محاولة مضطربة منه لتفسير المد الربيعي الذي يحدث في حالي اكتمال القمر (البدر) والقمر الجديد (الهلال) (Cartwright, 1999). ويبدو أن سبب هذا الاقتباس الكبير هو أن داروين يعتبر ما قدمه **القزويني** ممثلاً للنظرية العربية في تفسير ظاهرة المد والجزر، لكنه بكل تأكيد لم يكن على صواب.

يحدثنا **شمس الدين أبو عبد الله محمد الدمشقي** (توفي 727هـ / 1327م) عن المد والجزر الذي يحدث عند الأنهار التي تتفرع عن شط العرب، ملتقى الفرات ودجلة، وهو من النوع نصف النهاري. حيث قال: «وكل هذه الأنهار تمدّ وتجزر في كل يوم وليلة مرتين، فإذا مد البحر جرى الماء في شط العرب شمالاً، وازداد وارتفع فامتلات جميع الأنهار والسواقي، ومن أراد أن يسقي أرضه وبستانه فتح وأسقى ثم سدّ، ولا يزال كذلك إلى مضيّ ست ساعات ثم يقف الماء قليلاً ويجزر، فيعود جريانه جنوباً كما كان أولاً، وينقص وتغيض الأنهار وتخلو السواقي ولا يزال كذلك إلى أكثر من ست ساعات، فإن زمان الجزر أكثر من زمان المدّ، ثم يقف ويعود إلى المد هكذا أبداً. ويدور المدّ والجزر في الأيام والليالي مثلاً ما يكون أول يوم أول ساعة، وثاني يوم في ثاني ساعة أو دونها، وكذلك تجزر» (شيخ الربوة، 1865م). وما وصفه لنا **شيخ الربوة** هو ما يسمى بالدورة المدية، وفترة السكون التي تكون بعد المد، وكيف أن وقت المد يتأخر في كل يوم عن سابقه بالمدة نفسها التي يتأخر فيها ظهور القمر في المكان نفسه كل يوم.





تكلم **عماد الدين إسماعيل بن محمد بن عمر أبو الفداء الحموي** (توفي 732هـ / 1331م) عن المدّ في نهر إشبيلية، وكيف أن المدّ يرتبط بحركة القمر، حيث قال: «وبين مصبّ نهر إشبيلية في البحر وبين إشبيلية خمسون ميلاً؛ فالمدّ يتجاوز إشبيلية عشرين ميلاً، ولا يبرح المدّ والجزر فيه يتعاقبان كل يوم وليلة؛ وكلما زاد القمر نوراً زاد المدّ والمراكب لا تزال فيه منحدرّة مع الجزر صاعدة مع المد، ويدخل فيه السفن العظيمة الإفريقية بوسطها من البحر المحيط حتى يحطّ عند سور إشبيلية (أبو الفداء، 2007م).

يخبرنا **أبو الفداء ابن كثير** (توفي 774هـ / 1373م) عن ارتباط المد والجزر بالقمر حيث قال: «ومن ذلك البحر الذي يخرج منه المد والجزر عند البصرة، وفي بلاد المغرب نظيره أيضاً يتزايد الماء من أول الشهر، ولا يزال في زيادة إلى تمام الليلة الرابعة عشر منه وهو المد ثم يشرع في النقص وهو الجزر إلى آخر الشهر» (أبو الفداء، 2007م)، وقد أورد هذا النص مرة أخرى في كتابه (بداية خلق الكون).

تناول **أحمد بن علي بن عبد القادر المقرئ** (توفي 845هـ / 1441م) الحديث عن المد والجزر كما هو معروف بأنواع الثلاثة: اليومي والشهري والسنوي حيث قال: «ذهب بعضهم إلى أن زيادة ماء النيل إنما تكون بسبب المد الذي يكون في البحر، فإذا فاض ماؤه تراجع النيل، وفاض على الأراضي ووضع في ذلك كتاباً حاصله: إنّ حركة البحر التي يقال لها المد والجزر، توجد في كل يوم وليلة مرتين، وفي كل شهر قمري مرتين، وفي كل سنة مرتين. فالمد والجزر اليومي تابع لقرص القمر، ويخرج الشعاع عنه من جنبتى جرم الماء، فإذا كان القمر وسط السماء كان البحر في غاية المد، وكذا إذا كان القمر في وتد الأرض فإذا بزغ





القمر طالعاً من الشرق أو غرب كان الجزر. والمد الشهري يكون عند استقبال القمر للشمس في نصف الشهر، ويقال له: الامتلاء أيضاً عند الاجتماع، ويقال له: السرار، والجزر يكون أيضاً في وقتين عند تربع القمر للشمس في سابع الشهر، وفي ثاني عشره» (المقريزي، 1998م).

كم أنه أشار إلى حالة ازدياد المد والجزر عند اجتماع الشمس والقمر في جهة واحدة، حيث قال: «والمدّ السنوي يكون أيضاً في وقتين: أحدهما عند حلول الشمس آخر برج السنبله، والآخر عند حلول الشمس بآخر برج الحوت، فإنّ اتفق أن يكون ذلك في وقت الامتلاء أو الاجتماع، فإنه حينئذ يجتمع الامتلاء الشهري والسنوي، ويكون عند ذلك البحر في غاية الفيض لا سيما إن وقع الاجتماع أو الامتلاء في وسط السماء، ووقع مع النيرين أو مع أحدهما أحد الكواكب السيارة فإنه يعظم الفيض. فإن وقع كوكب فصاعداً مع أحد النيرين، تزايد عظم الفيض، وكانت زيادة النيل تلك السنة عظيمة جداً، وزاد أيضاً نهر مهران. فإن كان الاجتماع أو الامتلاء زائلاً عن وسط السماء، وليس مع أحد النيرين كوكب فإن النيل ونهر مهران لا يبلغان غاية زيادتهما لعدم الأنوار التي تثير المياه» (المقريزي، 1998م).

ثم يقدم لنا **المقريزي** قياس رقمي تقديري لمساحة المد التي يغطي بها اليابسة؛ فهو يرى أن كل درجة فلكية واحدة تقابل ستين ميلاً، تتراوح قيمة الميل الواحد بين (1946.4912 متر و 1981.25 متر)، أو للتقريب 2 كيلومتر.

«فأمّا المد اليومي الدافع من البحر المحيط فإنه لا ينتهي في البحر الخارج من المحيط أكثر من درجة واحدة فلكية، ومساحتها من الأرض نحو من ستين ميلاً ثم ينصرف، وانصرافه هو الجزر وكذلك الأودية إذا كانت الأرض وهدة،





والمد الشهري ينتهي إلى أقاصي البحار، وهو يمسكها حتى لا تتصبّ في البحر المحيط، وحيث **ينتهي** المد الشهري فهناك **منتهى** ذلك البحر وطرفه. وأما المدّ السنوي فإنه **يزيد** في البحار الخارجة عن البحر المحيط **زيادةً بينةً**، ومن هذه الزيادة تكون **زيادة النيل** وامتلاؤه، وامتلاء **نهر مهران**، و**الديتلو** الذي يبيلاد **السند** (المقريزي، 1998م).

ثم يعود **المقريزي** لنظرية **الكندي** في **تسخين** أشعة القمر للبحار والتسبب في ظاهرة المد والجزر، حيث قال: «والمد كله واحد وهو أن القمر يقابل الماء كما **تقابل** الشمس الأرض، **فنور** القمر إذا قابل كرة الأرض سخنها كما تسخن الشمس الهواء المحيط **فيعتري** الهواء المحيط بالماء بعض **تسخين** يذيب الماء، فيفيض وينمى بخاصته كالمرآة **المحرقة الملهبة** للجو حتى تحرق **القطننة** الموضوعة بين المرآة والشمس. فهذا مثاله في المقابلة ومثاله في **السرار** كون الزجاجاة المملوءة ما يلقي **الشعاع** إلى حلقها، فتحترق **القطننة** أيضاً. فالقمر جسم نوري باكتسابه ذلك من الشمس؛ فإذا حال بين الشمس والأرض **خرج** عن جانبي الماء شعاع نافذ يمر مع **جنبي** الماء فيسخن ما قابله **فينمو**» (المقريزي، 1998م).

قال **المقريزي**: «والسبب في عظم المد والجزر **كثرة** الأشعة؛ فإذا زاحمت الشمس والقمر، **الكواكب السيارة** عظم **فيض** البحر، وإذا عظم فيض البحر فاضت الأنهار، وكذلك إذا **نهض** القمر لمقابلة أحد السيارة ارتفع **البخار**، وصعد إلى كورة **الزمهرير**، ونزل المطر فإذا **فارق** القمر الكواكب ارتفع المطر لكثرة التحليل. كما يكون في **نصف النهار** عند توسط الشمس **لرؤوس** الخلق، وكما يكون عند **حلول** الكواكب الكبيرة على وسط **خط أرين**، والله تعالى أعلم





بالصواب. قال مؤلفه رحمه الله تعالى: الذي تحصل من هذا القول إن النيل مخرجه من جبل القمر. وأن زيادته إنما هي من فيض البحر عند المد فأما كون مخرجه من جبل القمر فمسلّم، إذ لا نزاع في ذلك. وأما كون زيادته لا تكون إلا من ردة البحر له بما حصل فيه من المد فليس كذلك» (المقريزي، 1998م).

حاول الفيلسوف العراقي جميل صدقي الزهاوي (توفي 1354هـ / 1936م) أن يقدم لنا نظرية علمية جديدة مختلفة تماماً عما قد طرحه العلماء العرب السابقين. قال الزهاوي: «إنّ المدّ الذي يشاهد على وجه البحر يصح أن يسمى ظاهرة طبيعية وفلكية في وقت معاً، فإنّ ظهوره في الأرض وسببه في السماء. قد علم منذ القديم أن للمد علاقة بالقمر، ولكن القدماء لم يعنوا بتعليله والمحدثين أخطأوا في وجه تعليله. أرادوا تعليل ما يحدث على وجهي الأرض من المدّين المتقابلين في وقت واحد فقالوا إن القمر مثلاً يجذب ماء الأرض خمسة أقدام، لأنه قريب منه ويجذب الأرض تحته قدمين ونصف قدم لأنه بعيد عنه، ولا يجذب ماء الأرض على وجهها الثاني لأنه أبعد عنه من الأرض فينتج من هذين الجاذبين المتفاوتتين أن الماء يعلو على الأرض في كل وجه قدمين ونصف قدم؛ وعللوا كون مدّ القمر أكبر من مدّ الشمس بقولهم: إنّ المدّ ناتج من الفرق بين الجذب لماء البحر والجذب للأرض التي تحته، فإن القمر يبعد عن سطح الماء نحو 24000 ميل (كل 1 ميل يساوي 1600 متر)، وعن مركز الأرض أكثر من ذلك بنحو أربعة آلاف ميل (هو نصف قطر الأرض)، فالفرق 60/1 من بعد القمر، ولكن هذه المسافة أي 4000 ميل لا تبلغ إلا نحو 24000/1 من بُعد الشمس عن الأرض، فالفرق في البعد بالنسبة إلى القمر أكبر من الفرق في البعد بالنسبة إلى الشمس 400 ضعف، ولكن جاذبية الشمس للأرض لا تفوق جاذبية القمر لها إلا 180 ضعفاً، فينبغي أن يكون فعله أشد من فعلها على نسبة 400 إلى 180، وهذا هو سبب كون فعل القمر بالمد أشد من فعل الشمس به» (الزهاوي، 1910م).





## تفسير ظاهرة المد والجزر عند الأوربيين

اشتقت **المصطلحات** الإنجليزية لظاهرة المد والجزر من اللغة الألمانية لأهل شمال أوروبا، حيث تشير كلمة (Tide) **الإنكليزية** إلى فترة من الزمن، وقد كان لاندفاع وانحسار البحر أثرٌ عميقٌ على حياة سكان السواحل **الأوربيين** الأوائل، فأملى عليهم **مواقيت** الإبحار وصيد السمك. أما كلمة الربيع (Spring) فمشتقة من الفعل (Springen) ومعناه تدفق، وليس من اسم **الفصل**، أما كلمة محاق (Neap) مشتقة من **الألمانية القديمة** وتعني (الخفيض) (Williams, 2014). كما اشتق مصطلح (**المد الربيعي**) من أعظم مد وجزر في السنة، والذي يحدث في الاعتدال **الربيعي والخريفي**. في هذه الأوقات، يتزامن **الحضيض** القمر (القمر الأقرب إلى الأرض) والاعتدال (**الشمس مباشرة في خط الاستواء**) لتشكيل المد **الربيعي** (Adams, 2006).

لم يكن الكتاب **والمؤلفون الأوربيون** يملكون نظريةً علميةً في فترة عصورهم المظلمة، ولذلك فقد استند فهمهم لظاهرة المد والجزر في **المقام الأول** على أعمال **الفلكيين المسلمين** (Glick, 2014)، وخصوصاً **الكندي وأبو معشر البلخي والبطروجي**، والتي أصبحت متاحة لهم من خلال **الترجمات اللاتينية** ابتداءً من القرن **الثاني عشر للميلاد**.

اهتم **بيدا المكرّم** Bede the Venerable (توفي 735م) بالمد والجزر **الكبير** حول بريطانيا، حيث تعلم **الرهبنة الإنكليزية**، وفي بداية **القرن الثامن** اكتشف بيدا الطور الأخير **لمدي المحيط**، مدركاً بأن كل **ميناء** كان لديه **طور** مدي خاص به. أما بالنسبة **لسبب المد والجزر** فقد كان الرأي بأن الجزر يحدث من خلال **نفخ القمر على الماء**، وأم المد فمن خلال **تدفق** عندما يتحرك القمر قليلاً





(Ekman, 1993). تأثر **جيرالد الويلزي** Gerald of Wales (توفي حوالي 1223م) بكتابات **غروستيس** عن المد والجزر وجمع بعض البيانات المهمة عن ظاهرة المد والجزر التي تحدث **قبالة** شواطئ **إنكلترا وإيرلندا**، ومع أنه لاحظ علاقتهما بحركة القمر، إلا أنه لجأ إلى **نظرية الدوامة المائية** Maelstrom (أو **الدردور** كما تسمى في كتب **الجغرافيا العربية**)، ليفسرهما (Dales, 1973). بمعنى أنه لم يربطها بجاذبية القمر.





خريطة [رسمها أولوس ماغنوس O. Magnus (توفي 1557م) عام 1539م] تصوّر دوامة مائية على مقربة من النرويج، والتي قد تتسبب بغرق السفن وكل من يقترب منها، وهي برأي جيرالد الويلزي السبب في حدوث المد والجزر وليس القمر (<https://en.wikipedia.org/wiki/Whirlpool>)





تبنى **روبرت غروستيس** R. Grosseteste (توفي 1253م) الآراء والتفسير التي قدمها كل من **الكندي والبطروجي أبو معشر البلخي** عن المد والجزر، وذلك في رسالته (التحقيق في أسباب المد والجزر De accessu et recessu maris) (فريلي، 2010م). حيث إنه **فسر** ظاهرة المد والجزر **المحوظة** بشكل واضح، وبعيداً عن نظرية **الجاذبية**، وقد افترض أن كمية الضوء **القادمة** من القمر والزوايا التي أشعتها تسقط على البحر هي التي فسرت **التفاوتات** في ارتفاع المد و**انحسار** الجزر، وأن **الانتفاخ** المدي الذي كان يسببه ضوء القمر كان يطلق مادة **غازية** كانت تتحصر تحت الماء (Dales, 1973). ولدى **مقارنتنا** بين تفسيره وتفسير **البطروجي** وجدنا أنه اعتمد عليه كلياً، كما أننا قارنا بين الأسباب **الثمانية** المؤثرة في قوة المد وضعفه والتي عددها في رسالته، وبين الأسباب التي أوردها **أبو معشر البلخي** وجدنا أيضاً أنه قد اعتمدها نفسها، بناءً على ذلك فإن رسالة **غروستيس** لا تعد في مجملها أكثر من تجميع بين آراء **العلماء العرب** وتفسيراتهم لظاهرة المد والجزر، ومن ثم نقلها إلى **اللغة اللاتينية**.

بعد إعادة اكتشاف **أمريكا**، اقترح العالم الإيطالي **يوليوس قيصر سكاليجير** J. C. Scaliger (توفي 1558م)، في عام 1557م بأن المد والجزر لم يكن **سببهما** القمر فقط، بل أيضاً ماء البحر الذي **يتأرجح** بين شواطئ أمريكا وأوروبا. لعله اقترح هذا من خلفية الظواهر المتكررة التي كانت معروفة آنذاك بأنها تحدث في بعض **البحيرات الكبيرة** في **سويسرا** (Ekman, 1993).

ونلاحظ أنه كانت لدى **سكاليجير** أفكار حول تفسير المد والجزر اعتماداً على الجاذبية، مثل **العلماء العرب**، حيث إنه استخدم **تشبيه المغناطيس والحديد**. كما أنه **شبه** حركة المد والجزر المتكررة **بانقباض** وتوسع القلب،





وتحدث **سكاليغير** عن المد والجزر في المحيط المتجمد الشمالي، وحول بريطانية **العظمى**، في البحر الجنوبي، والبحر **الأدرياتيكي**، والبحر الأحمر، ونهر **إندوس**، ونهر **غارون**، و**يوريبوس**، وأماكن أخرى؛ وحاول تحديد أسباب خصائصها. وهو يعتقد أن امتداد **القارة الغربية** الطويل هو السبب في **تناوب التدفق** والانحسار. وكما هو الحال مع معظم **الكتاب الأوائل**، كان **سكاليغير** يجد صعوبة في حساب مقدار **الانحسار**؛ أي لماذا **ينحسر** البحر؟ ليس فقط بسبب كراهية الشواطئ ورد الجميل، ولكن أيضاً لأنها تتبع القمر. إن الأمر يختلف عن **حركة المحيط** (Harris, 1898).

النظرية **الشعبية** الأولى التي نالت قبولاً حسناً في المجتمع العلمي الأوروبي والمعقول لتفسير ظاهرة المد والجزر كانت تلك التي اقترحها **الفيزيائي** البريطاني **وليم غيلبرت** W. Gilbert (توفي 1603م)، رائد البحث **التجريبي** في **المغناطيسية** والكهرباء الساكنة. إذ أن اكتشاف **غيلبرت** الأكبر هو أن الأرض تعمل مثل **مغناطيس** كبير، والذي نشره في أثناء حياته. أما في عمله المنشور بعد وفاته في 1651م، وهو بعنوان (**الفلسفة الجديدة لعالمنا تحت القمر**)، فقد مضى فيه بعيداً ليقتراح بأن الكواكب موجودة في مداراتها حول الشمس وذلك بواسطة الجذب **المغناطيسي** المتبادل، وما حالتها المد والجزر إلا عبارة عن ظاهرة للجذب **المغناطيسي** بين الأرض والقمر. وعلى خلاف النظريات المدية اللاحقة ل**غاليليو غاليليه** Galileo Galilei (توفي 1642م) و**رينيه ديكارت** R. Descartes (توفي 1650م)، فإن اقتراح الجذب **المغناطيسي** أقرب بشكل جدير بالملاحظة من قانون **إسحق نيوتن** عن الجاذبية، إلا أن **غيلبرت** لم يكن لديه خبرة عن حركة الأجسام لذا فإنه كان عاجزاً عن اقتراح ما يمنع الكواكب من





السقوط في الشمس، أو سقوط القمر في الأرض، **ناهيك** عن دورية المد والجزر مرتين يومياً (Cartwright, 1999). كما أكد **غيلبرت**، في فلسفته الجديدة، أن المد والجزر ينتج عن قوة القمر المغناطيسية وليس بواسطة أشعته أو نوره (Harris, 1898).

وسبق وأن وجدنا أن **ابن ميمي المصري** قد قدم اقتراحاً مماثلاً، ربما يكون هناك نوع التزامن بين **الطرحين**، أو أن أحدهما عرف عن اقتراح الآخر عبر الترجمة، لكننا لا نرجح الاحتمال الثاني لعدم الإشارة لذلك في أعمال الاثنين. فسّر **فرانسيس بيكون** F. Bacon (توفي 1626م) حدوث الفعل المتبادل بين المد والجزر مرة واحدة كل **ست ساعات** وفق الطريقة الآتية: لنفترض بشكلٍ خاطئ أن **الأجرام السماوية** لا تقتصر على كونها مجرد **أجرام سماوية** فحسب، وإنما تتحرك حول الأرض من **الشرق إلى الغرب** خلال **أربع وعشرين ساعة**، ونظراً لكون البحر مائع، فإنه سيتحرك أيضاً في الاتجاه نفسه وأنه سوف يتحرك مع **الأجرام السماوية** بالكامل في جميع أنحاء الأرض، ولكن حقيقة حركة الأرض قد تم فحصها في نصفي الكرة الأرضية، في العالم القديم والعالم الجديد، والتي امتدت عبر ما يقرب من ثلاث مناطق من العالم، وقد كانت تتصرف مثل **المتراس**. ويولد هذا، كما يقول **بيكون**، رد فعل مزدوج على كتلة المياه بأكملها، مما يجعل انحسارها وتدفعها **مرتين يومياً** واضحاً (Daly, 1890).

لقد عُرف عن **بيكون** أنه بحار، وكان مستشار إنكلترا تحت إشراف كل من **إليزابيث الأولى** و**جيمس الأول**. بالإضافة إلى براعته الفائقة كرجل دولة، فقد كان بيكون أيضاً متعدد المواهب والثقافات وهاوٍ للتحقيق العلمي، حيث إنه كتب مقالةً (حول مد وجزر البحر De Fluxu et Refluxu Maris)، فيها **إطناب**





بعض الشيء، لكنها مثيرة **برفضها** للنظريات القديمة التي بدت غير معقولة في ضوء **القياسات** المعروفة في عصره. ونظراً لكون الإجراءات غير كافية، فقد حدد بيكون بشكل جلي أين ينبغي لها الإكمال أو الإضافة (Cartwright, 1999). لقد كان **بيكون** يعتقد أن الأرض **ستظل ثابتة** في حين أن كل الكون الخارجي، بما في ذلك الهواء ومياه البحر، **يميل غرباً**، والأجرام السماوية تتحرك بسرعة أكبر بكثير من الهواء أو مياه البحر. وكان يعتقد أن القارتين **تعرفلان** مياه المد والجزر، بحيث يتقدم بها بشكل موحد ولكن ببطء من الشرق إلى الغرب حول الأرض، وأن حركتها **التقدمية** تتحول إلى حركة تدوم **نصف يوم القمر** فيها؛ أيضاً، بسبب هذه الحركة باتجاه الغرب، يجب أن يكون لتلك **الخلجان** المفتوحة شرقاً مدّاً أكبر من الأجسام **المماثلة** التي **تفتح غرباً** (Harris, 1898).

كان عالم **الرياضيات** والفلكي الألماني **يوهانس كبلر** J. Kepler (توفي 1630م) مهتماً بالقمر طوال حياته، وقد قضى معظم حياته **الأكاديمية** يدرس حركة الكواكب التي قادته للافتراض أن المدارات **الإهليلجية** تفسر أرصاد الكواكب بشكل أفضل، كما زواج بين علم الكون الأرسطي **والكوبرنيكي**. وقد ضمن له هذا الاكتشاف العلمي المهم مكانة في تاريخ العلم بوصفه عالماً عظيماً (Williams, 2014). وقد تناول **كبلر** - **قبل نيوتن** - فكرة **التجاذب** ومجال الجاذبية والقانون الناظم لقوة **التجاذب**، وإن كان غير صحيح، إلا أنه شعر بضرورة وجود قانون يمكننا من خلاله وصف هذه القوة. ولو قارنا كلامه بكلام العلماء العرب في مجال **الجاذبية** فلن يختلف كثيراً، اللهم في فكرة **النسبة العكسية**.

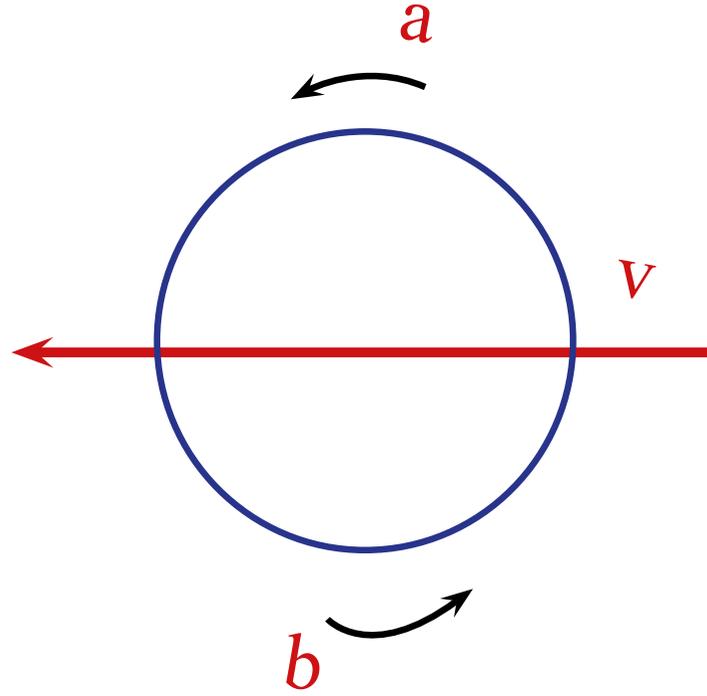
كتب **كبلر** يقول: «ثبتت الملاحظة أن كل شيء يحوي **رطوبة** ينتفخ عندما يكبر القمر **وينكمش** حين ينحسر أو يتضاءل القمر». وبعد ذلك صحح هذا الرأي





قبل الأطروحة النيوتونية المتوقعة، حيث قال: «لا يتصرف القمر كنجم رطب، بل ككتلة مشابهة لكتلة الأرض، إنه يجذب مياه البحر ليس لأنها سوائل، بل لأنها ذات خاصية لديها مادة أرضية لها جاذبيتها الخاصة بها». هذا التجاذب تبادلي، «فإذا كان من المستحيل أن يتأثر كل من الأرض والقمر بقوة مادية أو بقوة متساوية ما، فكل منهما وفي مداره، عندها سترتفع الأرض نحو القمر والقمر سيهبط نحو الأرض إلى أن يندمج هذين الجرمين. وإذا امتنعت الأرض عن جذب المياه التي تغطي بها نفسها، فسترتفع كل أمواج البحر وتجري باتجاه جسم القمر». وبالعودة إلى الأطروحة التي طرحها قبل ذلك كل من كالكاغيني وغاليليو عن مد وجزر البحر والتي تم توضيحها بالحركة النسبية الآتية: تدور الأرض من الشرق إلى الغرب وفي الوقت نفسه تحركها السرعة  $v$  الانتقالية. عند  $a$  تضاف الحركتان سوية عند  $b$  وهما تميلان للتوازن (كما هو موضح في الشكل الآتي). وبسبب قصورهما الذاتي، فإن مياه البحر تتبع هذه الحركة تماماً، وبسبب هذا التأخر، فإن الجزر يحدث مرتين مع هذا، إذا تم تركيب الحركتين بشكل تام، فسيكون لدهما فترة دوران الأرض؛ لهذا يؤول غاليليو ظاهرة المد كدليل عن حركة الأرض، في حين يتمسك مناوئو النظام الكوبرنيكي بالانجذاب القمري (Dugas, 1957).





يوضح حركة الأرض حول نفسها 1957، Dugas

من الواضح أن **كبلر** كان متأثراً باكتشاف **وليم غيلبرت** الأخير عن الحقل المغناطيسي للأرض، حول تفسيره للمد والجزر (Ekman, 1993). لكن **كبلر** في البداية كان يشبه المد - كما ورد في القسم الرابع من كتابه - (Harmonics, 1619) **بتنفس الحيوانات الأرضية وخاصة تنفس الأسماك**؛ لكنه لم يلبث أن تخلى عن وجهة نظره هذه لاحقاً مرة أخرى (Harris, 1898).





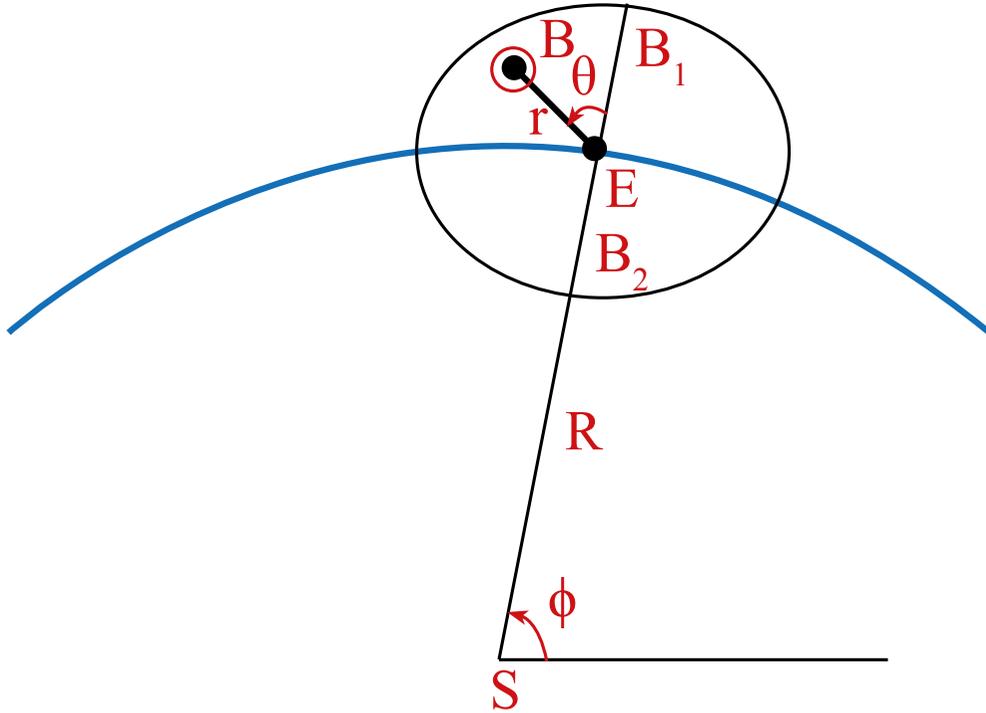
فسّر **غاليليو غاليليه** ظاهرة المد والجزر **اعتماداً** على حركة الأرض، وليس على وجود تأثير للقمر. بمعنى أنه يوجد **عطالة** في حركة الماء تجعله يتحرك **بسرعة** أقل من **سرعة** حركة الأرض حول نفسها، «ولذلك يتكوم الماء عالياً ثم يعود فيهبط **مرة ثانية**، كما يظهر في زهرية من الماء **حُرِّكَت بسرعة**»، وقد رد عليه **فرانسيس بيكون** بقوله: «بنى هذا على افتراض لا يصح أن يفترض (وهو أن الأرض **تتحرك**)، ودون أن يحيط علماً بحقيقة حدوث المد كل عدة ساعات» (بيكون، 2013م).

والواقع أن **غاليليو** حاول أن يفسّر المد والجزر على أنه نتيجة دوران الأرض حول نفسها مع **دورانها** حول الشمس، وهو ما يشرح لنا حدوث مد مرتفع واحد في **اليوم**، لكن هناك مناطق كثيرة في أوربا يحدث فيها مدان في **اليوم** الواحد (هوث، 2016م)، وبالتالي فإن **فرضيته** كانت قاصرة عن الإجابة.

وقد كان **غاليليو** مستغرباً كيف لشخص مثل **كبلر** العظيم «أن يهتم بتأثير القمر على الماء، وفي ظواهر خفية أخرى، **وبطريقة صبيانية**». كان يعتقد **غاليليو** بنفسه، ويعتبر نفسه المدافع عن **النظرية الكوبرنيكية** لدوران الأرض (Ekman, 1993).

نشر **غاليليو** أفكاره عن المد والجزر أولاً في عام 1616م في (دراسة عن مد وجزر البحر Discorso Sopra il Husso e Reflusso del mare)، لكن هذه الدراسة نشرت فيما بعد (مع بعض التغييرات **الطفيفة** الكلامية) في حوار الطويل (حوار حول **النظامين العالميين، البطلميوسي والكوبرنيكي**) حيث كانت حالات المد والجزر موضوع «**اليوم الرابع**» (Cartwright, 1999).





يوضح نظرية غاليليو عن حالي المد الجزر،  $B$  هي حوض البحر الصغير الذي يدور مع الأرض، والمركز  $E$ ، والذي يدور بنفسه حول الشمس عند  $S$  (حسب النظام الكوبرنيكي). سرعة  $B$  نسبة إلى  $S$  هي أكبر عندما موقع مما هي عليه عند الموقع . لهذا (حسب غاليليو)، يواجه البحر دورة يومية من التسارع حيث يسبب موجات (المد والجزر) مثل أمواج الماء التي يولدها الزورق المتسارع (Cartwright, 1999).



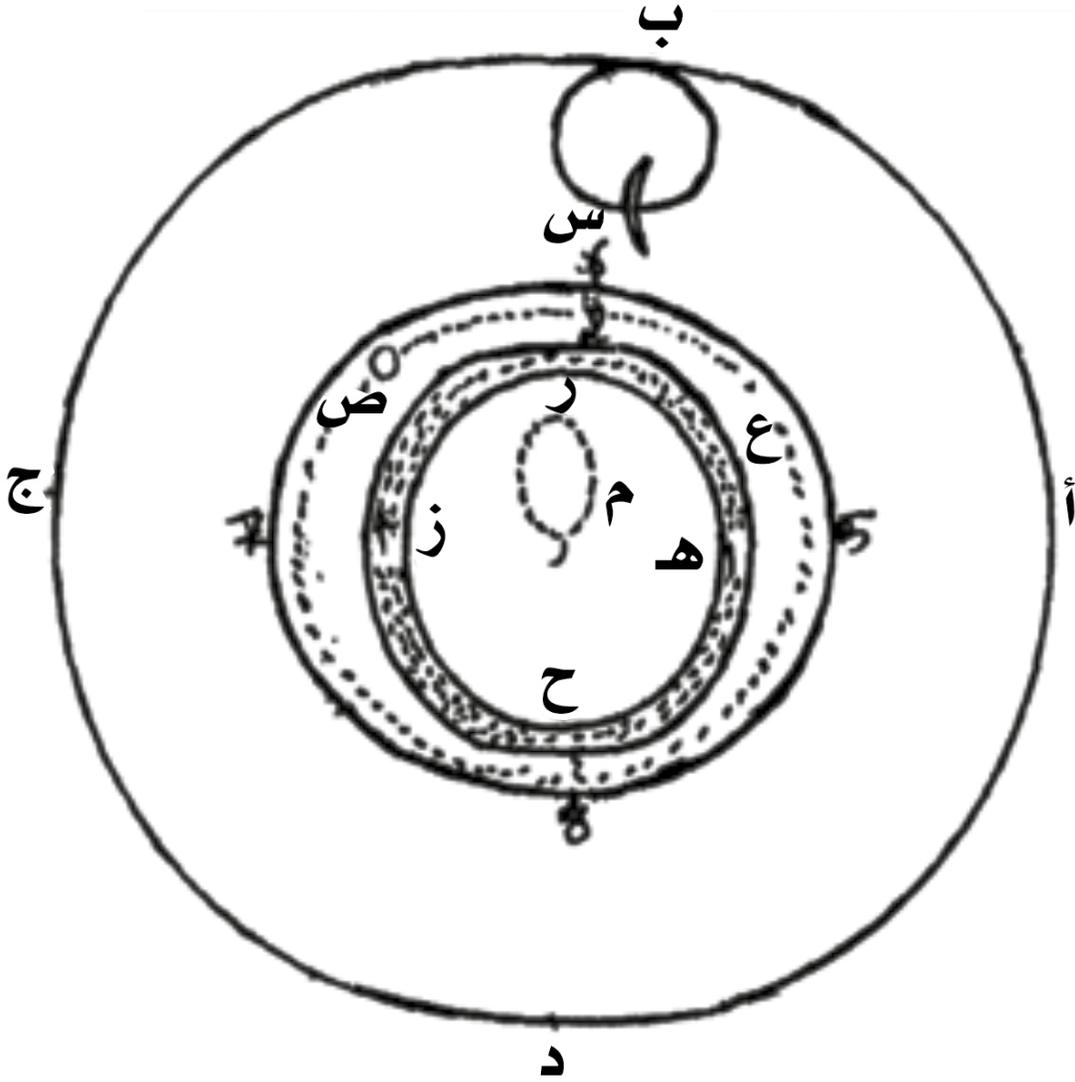


وقد حظيت نظرية **غاليليو** بالاعتراف من قبل عدد من العلماء لاحقاً، فقد تبني فكرته عالم **الرياضيات** والفيزياء **بيير غاسندي** P. Gassendi (توفي 1655م) في كتابه (De AEstu Maris) كما أن عالم الفلك **جيوفاني باتيستا ريتشيولي الإيطالي** G. B. Riccioli (توفي 1671م) شرح نظام **غاليليو** باستفاضة كبيرة.

كما نعلم أن المرتكز الرئيس في فلسفة **رينيه ديكارت** هو أنه لا يوجد خلاء في الطبيعة، وقد فسّر الجاذبية كما يأتي: لما كانت **أجزاء السماء** المحيطة بالأرض تدور **بسرعة أشد** مما تفعله أجزاء الأرض، فإن **أجزاء السماء** تميل للخروج عن مجراها **بقوة أشد** من أجزاء الأرض أيضاً، لكن ما يمنعها من ذلك هو عدم وجود خلاء في **الطبيعة**، أي خلف مادة السماء نفسها، وبالتالي لن يخرج أي جزء من هذه المادة عن مجراه دون أن يحل محله جزء آخر. وبالتالي فإنه من المحال أن تخرج أجزاء الأرض عن **مسار حركتها**، وهذا هو السبب في تماسك أجزاء الأرض مع بعضها بعضاً، أو ما يعرف **بالجاذبية**.

ونظراً لكون الهواء والماء **المحيطان** بالأرض سائلان، فمن **البديهي** أن القوة نفسها التي **تشد الأرض**، أي دوران **مادة السماء**، هي التي تخفّض هذين **الجسمين** نحو النقطة (ر) على الشكل، ليس من جهة (6، 2) فحسب، وإنما من الجهة المقابلة (8، 4)، وترفعهما بالمقابل في المواضع (1، 5) و (7، 3)، بحيث إنه مع بقاء سطح الأرض **مستديراً**، بسبب **صلابته**، يجب أن يتشكل سطح الماء والهواء **السائلين** بشكل **اهليلجي**. وللقمر دور في تشكيل أقصى مد وأقصى جزر خصوصاً عندما يكون في **طور البدر** وفي **طور الهلال** (ديكارت، 1999م).





تشكل المد والجزر في البحر حسب ديكارت. حيث إن الهواء يمثل (5، 6، 7، 8)، والماء (1، 2، 3، 4)، وهما يحيطان بالأرض، ويقع القمر في النقطة (ب)، وتحيط السماء الصغيرة (أ، ب، ج، د) بالجميع (ديكارت، 1999م).





لقد افترض **ديكارت**، في عام 1644م، أنّ كلاً من القمر والأرض **محاطتان بدوامة** كبيرة. الضغط الذي **تمارسه دوامة** القمر على ذلك لدى الأرض كان منتقلاً إلى سطح الأرض، حيث يسبب المد والجزر. على أي حال، نظرية **الدوامات** توقعت الجزر بشكل خاطئ عندما كان يوجد فعلاً مد عالي، مع أنه لا بد من الاعتراف أن الصورة كانت معقدة جداً بسبب **الطور الأخير** لمد وجزر المحيط (Ekman, 1993).

عرض **توماس براون** T. Browne (توفي 1682م) في عمله (Pseudodoxia) **تفسيره** للمد والجزر بأن القمر يؤثر على المياه، «ليس بعملية بسيطة على مناطق سطحية أو أعلاها، وإنما من خلال إثارة **أرواح نترات الكبريت** والأجزاء التي تعود بشكل مرتب و**منتفخ** إلى القاع». وكذلك **ترتفع** المياه وتسقط وفق حركة القمر من **الذروة للقاع**. وعبر عن رأيه بالقول: «لهذا فإن بعض البحار **تتدفق** أعلى من **بحار** أخرى وفق ما يكفي من هذه الأرواح، في قوامها تحت مائي. لذلك فإن مد وجزر البحر يحدده فوراً **المركب الكيميائي** للماء وبشكل غير مباشر التأثير **الفيزيائي** للقمر» (Merton, 1952). ونلاحظ أن **نظريته** لا تختلف كثيراً عن نظرية **الكندي** وبعض العلماء العرب الذين اقترحوا أن القمر يرسل **أشعة** نوره **فتسخن** قاع البحر ويحدث المد والجزر.

اقترح عالم الرياضيات الإنكليزي **جون واليس** في عام 1666م نسخة مطولةً لنظرية **غاليليو**. حيث إنّ **التذبذبات** المدية التي تنشأ من دوران الأرض، لا **تتجم** فقط عن حركة الأرض حول الشمس، بل أيضاً عن حركتها حول مركز جاذبية نظام الأرض - القمر، وبذلك حاول واليس أن يُضمّن تأثير القمر في نظرية **أهملت** تأثيره، لقد كان الوضع برمته **مربكاً** جداً؛ فإذا لم يتحكم القمر





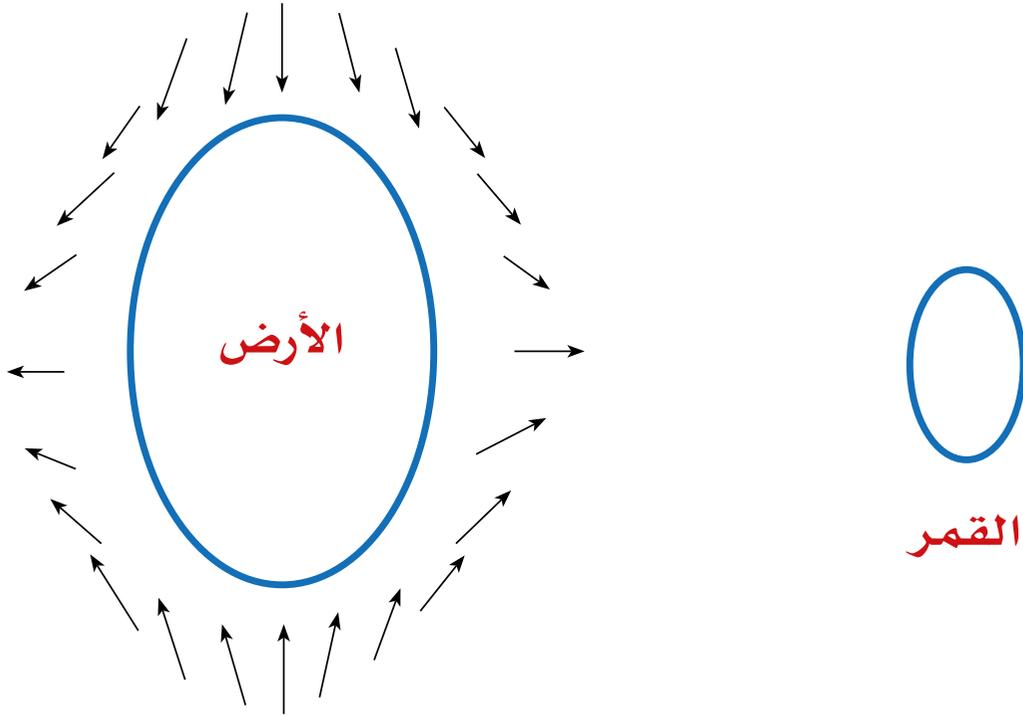
والشمس بالمد والجزر، كيف يفسر المرء الأرصاد؟ وإذا كانت الأرصاد صحيحة، كيف يفسر المرء أن القمر والشمس استطاعا أن يتحكما بالمد والجزر على الأرض؟ (Ekman, 1993).

وضع **واليس** مناقشته عن حالات المد والجزر في مقالة نشرتها (الجمعية لندن الملكية لتتقدم المعرفة العلمية) عام 1663م، وهي حديثة العهد، وقد كان **واليس** مستعداً لمجاراة **غاليليو** في إدراك أهمية التغيرات في السرعة المطلقة سوية مع المدار ذو الدوران المحوري، لكنه كان مهتماً بشكل جدي، مع أن **غاليليو** لم يكن كذلك، **بعلاقة حالات المد والجزر بالقمر** (Cartwright, 1999).

نشر **جون فلامستيد** J. Flamsteed (توفي 1719) (في الإجراءات الفلسفية) جدولاً عن المد والجزر يعطي أوقات ارتفاع المياه في جسر لندن لعام 1683م، واستمر بنشر هذه الجداول لعدة سنوات متتالية. كما صحح جداول **هنري فيليبس** H. Philips من **الأرصاد** التي قام بها بعد **نحو عام** نشر **فلامستيد** جدولاً للاختلافات في المد والجزر ليتم **تطبيقه** على المد والجزر في **لندن** (Harris, 1898).

حلّ **إسحق نيوتن** مسألة المد والجزر في **القضية 24** من كتابه (المبادئ) وأثبت أنّ المد والجزر **ينشآن** من تأثير الشمس والقمر (فريلي، 2010م). وهو يرى أن خطوط قوة الجاذبية (**حقل الجاذبية**) تنتشر في الفضاء من مصدرها في الأجسام الكبيرة، وعندما تنتشر هذه الخطوط **عبر كرة الأرض**، فإنها تخلق قوى مدّ إضافية إلى قوة الجاذبية. وقد أطلق على هذه النظرية اسم (**النظرية الساكنة**) للمد والجزر (هوث، 2016م).





حسب نظرية نيوتن فإن قوى المد التي تظهر على الأرض ناجمة عن القمر. ويظهر هذا النموذج عندما نطرح متوسط قوة الجاذبية على سطح الأرض من الاختلافات الناجمة عن خطوط الحقل المنتشرة. وهي عبارة عن قوى مد تدفع بعيداً عن مركز الأرض إلى مسار يصل القمر بالأرض. وهناك قوى مد تدفع باتجاه مركز الأرض بشكل عمودي على محور القمر-الأرض (هوث، 2016م).





لاحظ **إدموند هالي** E. Halley (توفي 1742م) علاقة انحراف القمر والمد والجزر في **تونكوين** Tonquin، والتي أظهرت ملاحظات **المؤرخة** الأمريكية **فرانسيس دافنبورت** F. Davenport أنها كانت نهائية؛ لكن القانون الذي اقترحه للتأكد من ارتفاع المياه العالية أو المنخفضة في خطوط **الطول** المختلفة للقمر، غير صحيح بشكل واضح. وفي المناقشة نفسها، اقترح وجود عدم مساواة في «**نطاق المد الربيعي**» (أي نطاق مدار كبير) الذي يعتمد على **ميل** مدار القمر على مستوى خط استواء الأرض، وفي عام 1697م، استرعى **هالي** الانتباه إلى تميز مبدأ **نيوتن** في شرح سبب ظواهر المد والجزر. حيث إنه لاحظ أن قوة القمر المزعجة ستؤدي إلى أن يصبح سطح الكرة **المحيطي كروياً**، وأن الشمس والقمر لهما آثار مماثلة، وأن المد والجزر الربيعية تتوافق مع القمر وهو في **طوري الهلال والبدر**. وأن المد والجزر الربيعي متساوي الطول هي الارتفاع، لكن **قرب الشمس** في فصل الشتاء يحلُّ بها إلى حد ما، مما يجعلها في فبراير/ شباط وأكتوبر/ تشرين الأول؛ في حالة **عدم مساواة نهائية**؛ لكن عدم المساواة في المد والجزر يجب أن يكون له زمن؛ وأن المد والجزر حتى اليوم، مثل تلك الموجودة في **تونكوين**، قد حُسب (Harris, 1898).

كانت مقالة **كولين ماكلورين** (الأسباب الفيزيائية للمد والجزر البحر De Causa Physica fluxus et Refluxus Maris)، عبارة عن **تمرين هندسي** بحث في نظرية «التدفق»، لكنها كانت مرجعية ورائدة في مجالها. فقد تمكن من خلال الحسابات أن يثبت ما قد افترضه **نيوتن**، وبطريقة أخرى حساب شكل **المحيط الكروي** في حالة التوازن الساكن مع القوة المدية للجسم المضطرب الشبيه بالكرة القطبية التي محورها يشير نحو ذلك الجسم، وقد ظهر **ماكلورين** أنه أول عالم تمكن من تقدير انحراف





الأثر بسبب دوران الأرض، الذي يعرف الآن **بأثر كوريوليس** Coriolis Effect وهو عبارة عن تأثير كتلة متحركة في نظام دوار يواجه قوة **متعامدة** مع اتجاه الحركة ومع محور الدوران. الدور المهم لهذا الأثر في القوى **الحركية** المدية كان قد حلله فيما بعد **لابلاس**؛ ولم يمضِ **ماكلورين** أبعد في نظرية القوة الحركية (Cartwright, 1999).

لقد ركز عصر اكتشافات **نيوتن** على الأسس **الرياضياتية** التي تعالج ظاهرة المد والجزر. وقد كتب عالم **الرياضيات** والفيزيائي السويسري **دانييل بيرنولي** في 1740م مقالة عن المد والجزر بعنوان (أطروحة حول مد وجزر البحر (Traité sur le reflux de la mer) مستنداً على نظرية **نيوتن**، لكنه لم يحرز فيها تقدماً كبيراً. مع ذلك، كان **بيرنولي** أحد الذين اكتشفوا أن **نيوتن** قد بالغ في تقدير النسبة بين المد والجزر الشمسي باستعمال الأرصاد المدية الفرنسية، ووجد أن النسبة **2,5** قريبة إلى القيمة الحديثة (Ekman, 1993).

المساهمة الأكثر أهمية **لليونارد أويلر** كانت في مقالته (التحقيق الفيزيائي في سبب مدّ وجزر البحر (Inquisitio Physica Causam Fluxus et Refluxus Maris) حيث بيّن بأن المركبة «**الأفقية**» وليس **العمودية** لمجال القوة هو الذي يحدد الحركة المدية. فالمركبة **الشاقولية** هي التي توازن بواسطة الضغط على قاع البحر، لكن نسبة القوة الأفقية لكل وحدة كتلة إلى الجاذبية **الشاقولية**  $g$  يجب أن يوازنها ميل مقابل لسطح البحر، بالإضافة إلى فعل التغيرات الممكنة في قوة زخم التيار. في الواقع لم يحل **أويلر** **ديناميكية** الحركة **الأفقية**، بل حاول وعلى نحو غير مناسب وفاشل أن يطور نظرية ديناميكية تركز على حركة الماء «**الشاقولية**». النظرية الصحيحة، كما وضحها **لابلاس**، تطور الحركة «**الأفقية**» ويستحضر السرعة الشاقولية خلال استمرارية كتلة الماء (Cartwright, 1999).





توصل العالم **والفيلسوف الألماني إيمانويل كانط** I. Kant (توفي 1804م). لاكتشاف سمة جديدة تماماً للمد والجزر هي سمة **(الاحتكاك المدي)**، كان قد نشر عنها مقالة عام 1754م في مجلة كونينغسبيرغ Königsberg الأسبوعية الألمانية. فقد أدرك **كانط** أنه بسبب احتكاك **الحركة المدية** للمحيط مع الأرض فإن هذا قد يسبب تأخراً ملحوظاً لدوران الأرض، وقد وجد بأن هذا الحال سيستمر حتى تصل الأرض لمرحلة تدور فيها دائماً بالجانب نفسه نحو القمر، أي حتى يصبح **طول اليوم** مساوياً لطول الشهر. وقد كتب كانط قائلاً: «لا يمكن أن يساور أحد **الشك** بأن **الحركة الأزلية** للمحيط من المساء حتى الصباح (من الشرق نحو الغرب)، قوة كبيرة وحقيقية، ستساهم دائماً بشيء يُنقص من دوران الأرض حول **محورها**؛ هذا التأثير يجب أن يصبح بشكل حتمي ملحوظ بعد فترة طويلة من الزمن، وبينما تقترب الأرض **تدرجياً** من التوقف التام عن دورانها، فإن فترة هذا التغير سيصل إلى النهاية عندما يصل سطح الأرض إلى استقراره مع القمر، أي عندما تدور الأرض حول محورها في الوقت نفسه الذي يدور فيه القمر حول الأرض». وأقر **كانط** بأنه ليس بوسعنا أن يقدم أي دليل لدعم **فرضيته** هذه وإنما يترك القيام بذلك للآخرين (Ekman, 1993).

الإجاز **الجديد** بالنسبة إلى النظرية الرياضية للمد والجزر قام به عالم الرياضيات والفلك الفرنسي **بيير دي لابلاس** P. de Laplace (توفي 1827م). حيث إنه قدم نظرية **الجهد المدي** The tidal potential theory إلى الأكاديمية الفرنسية للعلوم في باريس عام 1775م. فيما بعد توسع **بنظريته** بشكل كبير ووضعها في (أطروحة في الميكانيك السماوي Traité de mécanique celeste) عام 1799م. وقد وضع **(صيغة لابلاس المدية)** التي تعبر عن الجهد المدي على أنه تابع لخط العرض، والميل الزاوي والساعة الزاوية.





وقد كتب **لابلاس** قائلاً: «تسبب العناصر الثلاثة السابقة ثلاثة أنواع مختلفة من التذبذبات. فترات التذبذبات طويلة جداً؛ وهي مستقلة عن الحركة الدورانية للأرض، وتعتمد فقط على حركة الجرم السماوي L في مداره، فترات التذبذبات للنوع الثاني تعتمد بشكل رئيس على الحركة الدورانية للأرض t؛ هي يوم واحد تقريباً، أخيراً، فترات التذبذبات للنوع الثالث تعتمد بشكل أساسي على الزاوية 21؛ وهي حوالي نصف يوم». وهكذا بين **لابلاس** أن المد قابل للانفصال بشكل رياضي إلى ثلاثة أنواع مختلفة من المدود: دوري طويل ويومي ونصف يومي، ومنذ قيامه بهذا الفصل أصبح الركن الأساسي في النظرية المدية. علاوة على ذلك، كان **لابلاس** في العمل نفسه أول من عالج مد وجزر المحيط على أنهما مسألة ماء في حالة الحركة وليس ماء في حالة استقرار. معادلاته الحركية المائية، تصف تولد الموجات المدية خلال المحيط، والتي لم تصل لحل عملي حتى اختراع الحاسوب. في غضون ذلك، فإن المخططات المدية المشتركة كانت قائمة على استخدام تقريب غير موثوق (Ekman, 1993).

لقد كانت العلاقة بين القمر والمد والجزر واضحة جداً قبل فترة طويلة من صياغة نظرية مرضية يمكنها وضع تنبؤات دقيقة إلى حد ما للظاهرة. وقد قدم **وليم ويويل** W. Whewell (توفي 1866م) مساهمة في ذلك، حيث قال: «كان المسار الذي سيوصي به لتهديب معرفتنا بالمد والجزر وهو التأكد من تحليل سلسلة طويلة من الأرصاد وتأثيرات التغيرات وقت العبور، واختلاف المنظر، وميل القمر، وبالتالي الحصول على قوانين للظواهر؛ ثم المضي قدماً في التحقيق في قوانين السببية. ومع أن هذا لم يكن المسار الذي اتبعه علماء النظريات الرياضية، إلا أنه كان يتبع فعلياً من أولئك الذين قاموا بحساب جداول المد





والجزر عملياً؛ وتطبيق المعرفة على الأغراض المفيدة للحياة، وبالتالي فصلها عن **الترويج** للنظرية، كان يعامل بشكل طبيعي على أنه خاصية مربحة، ويتم الحفاظ عليها بسرية. لقد وضعت جداول **لليفربول**، و**لندن**، وأماكن أخرى، وقد صنعت بطرائق غير **مكشوفة**، والتي في بعض الحالات على الأقل، تم نقلها من الأب إلى الابن لعدة أجيال **كممتلكات عائلية**، واستتكر نشر جداول جديدة مصحوبة ببيان عن طريقة الحساب باعتبارها **انتهاكاً** لحقوق الملكية» (Darwin, 1898).

في 1865م توصل الفلكي الفرنسي **شارل دولوني** Ch. Delaunay (توفي 1872م)، إلى استنتاج مشابه لاستنتاج **وليم فيريل** W. Ferrel (توفي 1891م)، على ما يبدو دون معرفة بعمله؛ حيث إنه أعاد تطوير **نظرية الاضطراب القمري**، وصارت **مسألة الاحتكاك المدي** معروفة من خلال **دولوني** على نطاق واسع في الأوساط العلمية (Ekman, 1993).

وقد كتب **دولوني**: «إذا كانت الأرض بهيئة **صلبة** تماماً، فإنها ستكون بمجملها تحت تأثير **الجاذبية** التي يمارسها القمر على أجزائها المختلفة، دون أن تمر بأقل تغيير في الشكل. لكن الأرض ليست **صلبة** تماماً. إذ يتم تغطية جزء من سطحها بمياه المحيط، والتي، بسبب **سيولتها**، يتم تحريكها بسهولة بواسطة القوى التي تؤثر عليها **مباشرة**. حالياً، الأجزاء المختلفة من هذه المياه، المنتشرة في جميع أنحاء العالم الأرضي، وبالتالي، تقع على **مسافات غير متساوية** من القمر، لا تتجذب بالقدر نفسه؛ ففي **منطقة** من سطح الكرة الأرضية التي أصبحت **مواجهة للقمر**، فإنها تجذب مياه البحر بقوة أكبر من الجزء الصلب





من الأرض، حيث تأخذها ككل؛ وفي المنطقة المقابلة، من ناحية أخرى، فإن مياه البحر تكون أقل انجذاباً من **الجزء الصلب**؛ وينتج عن ذلك أن المياه الموجودة على الجانب المواجه للقمر **تميل** باتجاهها بسبب هذا **الفائض** من الجاذبية، وأنه على الجانب الآخر من الأرض، تميل المياه إلى الانحسار نسبياً إلى كتلة الكرة الأرضية التي هي **تتجذب** بقوة أكثر مما هي عليه» (Rambosson, 1875).

أشار عالم جغرافيا **المحيطات** والأرصاد الجوية الأمريكي **وليم فيريل** إلى أن الاحتكاك المدي الذي يسبب طول اليوم قد يؤدي إلى تسارع ظاهر في حركة **الأجرام السماوية**. حاول أن يحسب هذا التأثير بالنسبة إلى حركة القمر، إذ يفترض مد المحيط **شبه** يومي حيث لديه طور أخير متوسط من **30 درجة**. وقد تمت ملاحظة **التسارع** الصغير للقمر من خلال دراسة السجلات القديمة للكسوفات **الشمسية** التي كشف عنها **هالي** سابقاً في عام 1693م. على كل، من المعروف أن ذلك سببه توزيع **قوى الشمس** الجاذبة والكواكب. ثم، كيف فسر **فيريل** لماذا تأثيره لم يكن ملحوظاً؟ هنا اعتمد على وجهة نظر شعبية كانت مفيدة في حينها. كان يُعتقد بأن الأرض **تتبرد** وبالتالي فإن هذا قد يجعل الأرض تدور أسرع. افترض **فيريل** بأن تأثير الاحتكاك المدي وتبرد الأرض حدث **ليوازن** أحدهما الآخر، وبذلك لا يمكن ملاحظة شيء. وفي الوقت نفسه نشر **فيريل** تقريره عن خطأ تم اكتشافه في حسابات معقدة لاضطرابات جاذبية حركة القمر، وعند تصحيح هذا الخطأ وُجد بأن نصف التسارع الملحوظ للقمر لم يعد من الممكن تفسيره، الأمر الذي جعل **فيريل** يدعي -في عام 1864م- بأن التسارع المتبقي يمكن تفسيره بالاحتكاك المدي الذي يسبب **إطالة اليوم** الذي يصل إلى **ثانية واحدة كل 300000 سنة** (Ekman, 1993).





في 1866م علق عالم المثلثات والفلك **جورج بيدل آيري** G. B. Airy (توفي في 1892م) على تقرير الفلكي الفرنسي **شارل دولوني**. وقد وجد **آيري** أن الاحتكاك المدي، بالإضافة إلى **إطالة اليوم**، ينبغي أن يسببا زيادة بُعد القمر عن الأرض. لكن الصعوبات في تناول هذه المشكلات كانت غامرة؛ وهذا ما صوره **آيري** بأناقة في المثال البسيط: «على سبيل المثال: تصور أن هناك طاحونة (لكن بشكل كبير) **لطحن الذرة**. فإن الماء، الذي سُمح له بأن يرتفع مع ارتفاع المد، ليس مسموحاً له أن **يهبط** مع **المد الهابط**، لكن بعد فترة سُمح له بالهبوط، وبذلك يقوم بالعمل، وينتج **حرارة في الجرش** وطحن الذرة. لا أشك بأن هذه الحرارة هي تمثيل للطاقة الحية (vis viva)، المفقودة في مكان ما، لكنني **عاجز** تماماً عن القول أين هي **مفقودة** في دورة الأرض أم في دورة القمر» (Ekman, 1993).

بدأ **الفيزيائي المشهور وليام طومسون** والمعروف باسم **اللورد كلفن** Lord Kelvin (توفي في 1907م) النظر بطريقة جديدة وقوية في **تذبذبات المد والجزر**. إذ امتلك أسلوباً مشابهاً لذلك المستخدم بالفعل في مناقشة **الشدوذات في حركات القمر والكواكب** (Darwin, 1898).

فقد طرح **كلفن** العديد من الأفكار من أجل فهم حالات المد والجزر بالنسبة للخواص **الفيزيائية للأرض** التي من الممكن **اشتقاقها** منها، وتوسع في تمثيل **لابلاس المنسجم** مع البيانات المدية.

هنا سنهتم بمقدمة **تومسون** عن الحل البسيط لمعادلات **لابلاس** المدية LTE والتي أثارت حتى ذلك الوقت الانتباه، باستخدام بعدين **أفقيين** عوضاً من بُعد **آيري** الواحد. وقد توصل إلى شكل الموجة المدية على **الشريط الساحلي**،





وقد لوحظت هذه السمات للموجات المدية ذات التقدم **التصاعدي** في القناتين الإنكليزية والإيرلندية وعلى طول الساحل الغربي لبحر الشمال. وصار من المعروف حالياً معظم شكل الموجة المتميزة لحركات المد والجزر في المحيط العميق، مع بعض **الاستثناءات** القليلة، وقد دُعي شكل الموجة المدية هذا فيما بعد باسم **(موجة كلفن)**. وفي علم **جغرافية المحيطات**، تسمى «موجة كلفن» (أو من الأفضل موجة **كلفن المضاعفة** Double Kelvin Wave) المستخدمة أيضاً لوصف نوع الموجة (**الداخلية**) غير المنظمة للحركة المدية، والتي تنتقل نحو الغرب على طول **خط الاستواء** بسرعة تنتقل نحو **الشمال والجنوب** (Cartwright, 1999).





## المراجع العربية

- الإصطخري،** أبو إسحاق، كتاب الأقاليم، تحقيق: مولر غوتا، 1893م.
- الإصطخري،** أبو إسحاق، المسالك والممالك، دار صادر، بيروت، 2004م.
- ابن بطوطة،** أبو عبد الله، رحلة ابن بطوطة (تحفة النظار في غرائب الأمصار وعجائب الأسفار)، ج2، تحقيق وتقديم عبد الهادي التازي، أكاديمية المملكة المغربية، الرباط، 1997م.
- البغدادي،** عبد المؤمن، مرصد الاطلاع على أسماء الأمكنة والبقاع، تحقيق: السيد علي محمد البجاوي، ط1، ج2، دار الجيل، بيروت، 1992م.
- ابن البهلول،** الحسن، المختار من كتاب الدلائل، اختيار وتقديم: إياد خالد الطباع، وزارة الثقافة، الهيئة العامة السورية للكتاب، دمشق، 2014م.
- بيكسون،** فرنسيس، الأورغانون الجديد، ترجمة: عادل مصطفى، رؤية للنشر والتوزيع، القاهرة، 2013م.
- الجاحظ،** أبو عثمان عمرو بن بحر، الرسائل الأدبية، دار ومكتبة الهلال، ط2، بيروت، 2002م.
- ابن الجوزي،** سبط، مرآة الزمان في تواريخ الأعيان، ط1، ج19، تحقيق وتعليق: محمد بركات، كامل محمد الخراط، عمار ربحاوي، محمد رضوان عرقسوسي، أنور طالب، فادي المغربي، رضوان مامو، محمد معتز كريم الدين، زاهر إسحاق، محمد أنس الخن، إبراهيم الزبيق، دار الرسالة العالمية، دمشق، 2013م.
- ابن الجوزي،** عبد الرحمن بن علي بن محمد، المنتظم في تاريخ الملوك والأمم، ط1، دار الكتب العلمية، بيروت، 1992م.





- المغربي،** رضوان مامو، محمد معتز كريم الدين، زاهر إسحاق، محمد أنس الخن، إبراهيم الزيبيق، دار الرسالة العالمية، دمشق، 2013م.
- ابن الجوزي،** عبد الرحمن بن علي بن محمد، المنتظم في تاريخ الملوك والأمم، ط1، دار الكتب العلمية، بيروت، 1992م.
- الحموي،** ياقوت، معجم البلدان، ج2، دار صادر، بيروت، 1995م.
- ابن حوقل،** محمد، صورة الأرض، ج2، دار صادر، أفسس ليدن، بيروت، 1983م.
- ابن خردادبة،** عبيد الله بن أحمد، المسالك والممالك، أوفست عن طبعة ليدن، دار صادر، بيروت، 1889م.
- ديكارت،** رينيه، العالم أو كتاب النور، ترجمة: إميل خوري، ط1، درا المنتخب العربي، بيروت، 1999م.
- ابن رين الطبري،** فردوس الحكمة في الطب، تحقيق: محمد زبير الصديقي، مطبعة آقتاب، برلين، 1928م.
- ابن رشد،** تلخيص الآثار العلوية، تحقيق: جمال الدين العلوي، ط1، دار الغرب الإسلامي، بيروت، 1994م.
- الزهاوي،** جميل صدقي، المد وتعليقه، مجلة العلم، ج8، المجلد 1، العدد 1، النجف، 1910م.
- سباهي زادة،** محمد بن علي البرسوي، أوضح المسالك إلى معرفة البلدان والممالك، تحقيق: المهدي عبد الرواضية، ط1، دار الغرب الإسلامي، بيروت، 2006م.
- سزكين،** فؤاد، تاريخ التراث العربي (أحكام التنجيم والآثار العلوية)، ط1، المجلد 7، ترجمة: عبد الله حجازي، جامعة الملك سعود، الرياض، 1999م.
- الشريف الادريسي،** محمد بن محمد، نزهة المشتاق في اختراق الآفاق، ط1، ج1، عالم الكتب، بيروت، 1989م.
- شيخ الربوة،** شمس الدين محمد دمشقي، نخبة الدهر في عجائب البر والبحر، نشره م. فرين، ثم أغسطس مهن، إعادة طبعة بطرسبورغ. منشورات معهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية، جامعة فرانكفورت، 1865م.





- عبد العليم**، أنور، البحار في كتب البلدان، مجلة قافلة الزيت، العدد 7، المجلد 31، رجب 1403هـ، إبريل/ مايو، تصدر عن شركة أرامكو، الظهران، 1983م.
- عبد العليم**، أنور، الملاحة وعلوم البحار عند العرب، سلسلة عالم المعرفة، العدد 13-، تصدر عن المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، 1979م.
- عبد هـ**، طلعت أحمد محمد، وحرورية محمد حسين جاد الله، جغرافية البحار والمحيطات، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، 1997م.
- أبو الفداء**، عماد الدين إسماعيل، تقويم البلدان، المكتبة الثقافية الدينية، القاهرة، 2007م.
- الكندي**، أبو يعقوب، رسالة في العلة الفاعلة للمد والجزر، نسخة موجودة ضمن مجموع أياصوفيا رقم (AYASOFYA4832).
- محمددين**، محمد محمود، التراث الجغرافي العربي، ط3، دار العلوم للطباعة والنشر، الرياض، 1999م.
- المسعودي**، أبو الحسن، مروج الذهب ومعادن الجوهر، ج1، ط1، اعتنى به وراجعه: كما حسن مرعي، المكتبة العصرية، صيدا-بيروت، 2005م.
- المقدسي البشاري**، أبو عبد الله محمد بن أحمد، أحسن التقاسيم في معرفة الأقاليم، ط3، مكتبة مدبولي القاهرة، 1991م.
- المقريزي**، تقي الدين، المواعظ والاعتبار بذكر الخطط والآثار، ج1، ط1، دار الكتب العلمية، بيروت، 1998م.
- هـوث**، جون إدوارد، الفن الضائع ثقافات الملاحة ومهارات اهتداء السبيل، ترجمة: سعد الدين خرفان، سلسلة عالم المعرفة، العدد 441-، تصدر عن المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، 2016م.





## المراجع الأجنبية

- Adams, Simon & David Lambert, (2006), Earth Science: An Illustrated Guide to Science, Chelsea House, New York.
- Cartwright, David Edgar, (1999), Tides A Scientific History, Cambridge University Press, Cambridge.
- Dales, Richard C., (1973), the Scientific Achievement of the Middle Ages, University of Pennsylvania Press.
- Daly, Chas. P., (1890), On The History of Physical Geography, American Geographical Society, Vol. XXII, No. I, Annual Address.
- Darwin, George Howard, (1898), the Tides and Kindred Phenomena in the Solar System, Boston, Houghton.
- Dugas, Rene, 1957) A History Of Mechanics, Routledge &Kegan Paul ltd. London.
- Ekman, Martin, (1993), A concise history of the theories of tides, Surveys in Geophysics, Kluwer Academic Publishers, Printed in the Netherlands.
- Glick, Thomas F. (ed.). (2014), Marina Tolmacheva, Geography, Chorography. Medieval Science, Technology, and Medicine: An Encyclopedia. Routledge.
- Harris, Rollin Arthur, (1898), Manual of tides, Part 1, Govt. Print. Off., Washington.
- Rambosson, Jean Pierre, (1875), Astronomy, Chapman & Hall, London.
- Wiedemann, E. (1921), Uber al-Kindi's Schrift uber Ebbe und Flut, Annalen der Physik, No. 67.
- Williams, Edgar, (2014), Moon, Reaktion Books Ltd, London.
- Woodward, John, (2008), Oceans, DK Eyewitness Books, New York.





# مد البحر وجزره في عصرنا الحديث







# أ.د. عبد الله بن محمد العمري

www.alamrigeo.com E.mail : alamri.geo@gmail.com Cell : +966505481215

## المناصب الإدارية والفنية

- ❖ دكتوراه في الجيوفيزياء عام 1990 م من جامعة مينيسوتا - أمريكا.
- ❖ المشرف على مركز الدراسات الزلزالية- جامعة الملك سعود.
- ❖ المشرف على كرسي استكشاف الموارد المائية في الربع الخالي.
- ❖ المشرف على مركز الطاقة الحرارية الأرضية بجامعة الملك سعود.
- ❖ رئيس الجمعية السعودية لعلوم الأرض.
- ❖ رئيس قسم الجيولوجيا والجيوفيزياء - جامعة الملك سعود.
- ❖ مؤسس ورئيس تحرير المجلة العربية للعلوم الجيولوجية AJGS.
- ❖ رئيس فريق برنامج زمالة عالم مع جامعة أوريغون الحكومية ومعهد ماكس بلانك الألماني.

## الاستشارات والعضويات

- مستشار مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية.
- مستشار هيئة المساحة الجيولوجية وهيئة المساحة العسكرية والدفاع المدني.
- مستشار مدينة الملك عبدالله للطاقة الذرية والمتجددة.
- مستشار هيئة الرقابة النووية والإشعاعية.
- باحث رئيس في عدة مشاريع بحثية مدعومة من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية وشركة أرامكو.
- باحث رئيس في مشاريع مدعومة من وزارة الطاقة الأمريكية وجامعة كاليفورنيا ومعهد ليفرمور الأمريكي LLNL.
- عضو الجمعية الأمريكية للزلازل.
- عضو الاتحاد الأمريكي للجيوفيزياء.
- عضو الاتحاد الأوروبي للجيولوجيين.
- عضو لجنة كود البناء السعودي وعضو المنتدى الخليجي للزلازل GSF.
- عضو لجنة تخفيف مخاطر الزلازل في دول شرق البحر الأبيض المتوسط RELEMR.
- باحث رئيسي ومشارك في مشاريع بحثية مع جامعات الاباما وبنسلفانيا وأوريغون الأمريكية.
- ضمن قائمة (المنجزون البارزون العرب) من قبل منظمة ريفاسيمنتو الدولية.
- ضمن قائمة Who's Who في قارة آسيا للتميز العلمي.
- ضمن قائمة Who's Who في العالم للإسهامات العلمية.

## النشر العلمي والتأليف

- ❖ نشر أكثر من 200 بحثاً علمياً في مجلات محكمة.
- ❖ ألف 35 كتاباً علمياً.
- ❖ أصدر موسوعة رقمية في علوم الأرض من 14 مجلداً و 107 ملفات علمية.

## المشاريع البحثية

- ❖ أنجز 40 مشروعاً بحثياً محلياً و 16 مشروعاً بحثياً دولياً و 74 تقريراً فنياً.

## المؤتمرات والندوات

- ❖ شارك في أكثر من 125 مؤتمراً محلياً ودولياً و 75 ندوة وورشة عمل متخصصة.

## التعاون الدولي

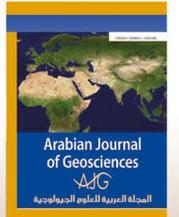
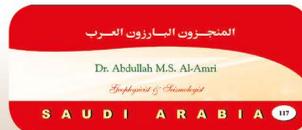
- ❖ باحث رئيسي في 13 مجموعة عمل أمريكية وألمانية.

## الجوائز

- ❖ حصل على جائزة المراعي للإبداع العلمي عام 2005 م.
- ❖ حصل على جائزة التميز الذهبي من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية عام 2006 م.
- ❖ حصل على جائزة أبها التقديرية للإسهامات العلمية عام 2007 م.
- ❖ حصل على جائزة جامعة الملك سعود للتميز العلمي عام 2013 م.
- ❖ حصل على جائزة الاتحاد الأمريكي للجيوفيزياء للتعاون الدولي والنشاط البحثي عام 2013 م.
- ❖ حصل على جائزة جامعة السلطان قابوس للإسهامات العلمية عام 2013 م.
- ❖ حصل على جائزة الملك سعود لإدراج المجلة العربية للعلوم الجيولوجية في قائمة ISI.
- ❖ حصل على جائزة أفضل رئيس تحرير مجلة علمية عام 2017 من الناشر الألماني SPRINGER.
- ❖ حصل على جائزة ألبرت نيلسون ماركيز للإنجاز مدى الحياة عام 2018 من منظمة Who's Who العالمية.

## درع التكريم

- ❖ حصل على 85 درعاً تكريمياً وشهادات تقدير من المملكة وعمان والكويت والإمارات والأردن ومصر وتونس والجزائر وألمانيا وأمريكا.





# موسوعة العمري في علوم الأرض



## Al-Amri's Encyclopedia of Earth Sciences



المد  
والجزر



المعادن  
والتعدين



التركيب  
الداخلي للأرض



الجاذبية  
الأرضية وتطبيقاتها



شكل  
الأرض وحركاتها



تقدير  
عمر الأرض



الأغلفة  
المحيطة بالأرض



جيولوجية  
القمر



البراكين  
وسبل مجابقتها



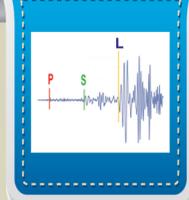
تقييم  
مخاطر الزلازل



الزلازل  
والتفجيرات



موجات  
التسونامي



التصحّر  
والجفاف



الأمطار  
السيول والسدود



الانزلاقات  
والانهيارات والفيضانات



التشجير  
التحديات والحلول



التغيرات المناخية  
والاحتباس الحراري



المشاكل  
البيئية وحلولها



دليل كتابة  
الرسائل والنشر العلمي



الجيولوجيا  
الطبية



الجيوفيزياء  
النووية



هل انتهى  
عصر النفط؟



الطاقة  
الحرارية الأرضية



مستقبل  
الطاقة في عالمنا



300 سؤال وجواب  
في الجيوفيزياء  
التطبيقية



303 سؤال وجواب  
في علم الزلازل  
والزلزالية الهندسية



380 سؤال وجواب  
في المخاطر  
الجيولوجية



358 سؤال وجواب  
في الثروات  
الطبيعية



325 سؤال وجواب  
في علم الصخور  
والجيوكيمياء



321 سؤال وجواب  
في تطور  
الأرض



www.alamrigeo.com

