

الغازات الذائبة في مياه البحار

يذوب ، في مياه البحر، التي تحركها الرياح، وتقلبها الأمواج، بعض غازات الغلاف الغازي، من الطبقة السفلى، الملامسة لتلك المياه. ويقال للماء، إنه مشبع بغاز معين، إذا كانت كمية الغاز الداخلة إليه مساوية لتلك الخارجة منه، عند درجة حرارة، ونسبة ملوحة ثابتتين. وطبقة المياه السطحية، في العادة، مشبعة بغازات الغلاف الغازي، مثل: الأكسجين والنيتروجين.

تحدد درجة حرارة الماء، ونسبة الملوحة فيه، كمية الغاز، التي يمكن أن تذوب فيه، قبل أن يصل إلى درجة التشبع. فكلما ازدادت درجة الحرارة، أو نسبة الملوحة؛ انخفضت قدرة الماء على إذابة الغازات. ومن هذين المتغيرين، درجة الحرارة والملوحة، فإن الأولى هي العامل الأهم.

إن أكثر الغازات الذائبة في مياه البحار والمحيطات، هي النيتروجين N_2 ، والأكسجين O_2 ، وثاني أكسيد الكربون CO_2 ؛ إضافة إلى غازات أخرى، توجد ذائبة في الماء، بنسب أقل، مثل الهيدروجين. وأهم مصادر الغازات، في مياه البحار والمحيطات، هو الغلاف الغازي. ومن مصادر الغازات الأخرى التفاعلات الكيماوية، التي تحدث في المواد العضوية، في البحر؛ ومياه الأنهار، التي تصب في البحار والمحيطات؛ وبراكين أعماق المحيطات وما يصحبها من غازات.

وبما أن المصدر الرئيسي للغازات، في مياه البحار والمحيطات، هو الغلاف الغازي، فإن المياه، حين تغوص تحت السطح، يتوقف تبادلها للغازات مع الغلاف الغازي. وفي هذه الحالة، هناك احتمالان، بالنسبة إلى محتواها من الغازات الذائبة:

الأول: كمية الغازات الذائبة في الكتلة المائية، التي يغمرها الماء، لن تتغير. والتغير الوحيد، الذي يمكن أن يحصل، في هذه الحالة، هو في انتشار الغازات الذائبة، وانتقال جزيئاتها، وتحركها في حدود الكتلة المائية نفسها (وهذه العملية بطيئة).

الثاني: أن تتغير كمية الغازات الذائبة في الكتلة المائية، بإحدى الطريقتين التاليتين:

- الاختلاط بكتل مائية أخرى، محتواها من الغازات الذائبة مختلف. وعملية التخالط، تحدث بين الكتل المتقاربة في خصائصها الفيزيائية، وأهمها الكثافة. ويكثر تخالط مياه الكتل المائية، عند هوامش الكتل.
- بعض الغازات، تدخل في الكثير من العمليات، الكيماوية والحيوية (البيولوجية) **Chemical and Biological Processes**؛ ما يغير نسب تركُّزها تحت سطح الماء، وفي الأعماق.

وربما كان من الأسهل، النظر إلى تغير نسب الغازات الذائبة في الكتل المائية، تحت السطح، من منطلق التفريق بين الغازات الذائبة التي تتغير نسبها، نتيجة لتفاعلات كيماوية أو حيوية وتلك التي تتغير نسبها نتيجة لعمليات فيزيائية، مرتبطة بانتشار الغازات في الكتلة المائية الواحدة، أو تبادلها بين الكتل المائية، عن طريق تخالط مياه تلك الكتل.

والغازات الذائبة بعمليات فيزيائية، يطلق على نسبتها في الكتل المائية "خواص محافظة" Conservative Properties. وتشمل غازات النيتروجين (Nitrogen (N) والغازات النادرة، التي توجد بنسب قليلة Rare Gases، وهي: الأرجون (Argon (Ar، والهيليوم Helium (He)، والنيون (Neon (Ne، والكريبتون (Krypton (Kr. وتعد الملوحة، كذلك، إحدى الخواص المحافظة؛ إذ إن ماء البحر مشبع، تقريباً، بالنيتروجين والغازات النادرة، في كل طبقاته.

أما الغازات الذائبة في مياه البحار والمحيطات، فيطلق على نسبتها في الكتل المائية "خواص غير محافظة" Non conservative Properties. وهي تلك التي تدخل في العمليات، الحيوية والكيميائية، فتغير نسب تركُّزها في المياه؛ ومنها: الأوكسجين (Oxygen (O، وثاني أكسيد الكربون Carbon Dioxide. وهذه الغازات تضاف إلى مياه البحر، في الطبقات المختلفة؛ حيث تستهلك بمعدلات متفاوتة، ومتغيرة. ويستخدم دارسو البحار والمحيطات تركُّز غاز الأوكسجين، الذائب في ماء البحر، في تتبع تحرك المياه السطحية.

يصل الأوكسجين إلى مياه البحار والمحيطات، من الغلاف الغازي، أو من عمليات التمثيل الضوئي، التي تقوم بها النباتات البحرية. ويخرج الأوكسجين من مياه البحار والمحيطات، عند السطح، للتوازن مع غازات الغلاف الغازي. كما تستهلك الأحياء البحرية جزءاً منه في عمليات التنفس؛ إضافة إلى عملية الأوكسدة. ونتيجة لتعدد عمليات مدخلاته ومخرجاته، في مياه البحار والمحيطات، وتباين عوامل هذه المدخلات والمخرجات أفقياً، على السطح، أو عمودياً مع العمق، فإن تركُّز الأوكسجين في مياه المحيطات، يتفاوت أفقياً وعمودياً. ومثل غيرها من الغازات الذائبة في مياه البحار والمحيطات، تتأثر نسبة الأوكسجين الذائب في المياه، بدرجة حرارة الماء ونسبة ملوحته. لذلك، ينظر إلى الكتل المائية، في البحار والمحيطات، على أنها ممولن للغلاف الغازي بالأوكسجين، في فصلي الربيع والصيف، ومستهلك للأوكسجين، من الغلاف الغازي، في فصلي الخريف والشتاء. وبطبيعة الحال، فإن عملية تبادل الغازات، بين البحار والغلاف الغازي، تتم في الطبقة السطحية من المياه البحرية. ومن منطلق آخر، فإن عملية التمثيل الضوئي، تنشط، كذلك، في الطبقات السطحية من الماء، التي يصل إليها ضوء الشمس. يزداد تركُّز الأوكسجين في الطبقة السطحية، من مياه البحار والمحيطات، بالاتجاه من خط الاستواء نحو العروض العليا. ففي حين يبلغ معدل نسبة الأوكسجين الذائب في مياه البحر، عند خط الاستواء، 5 سنتيمترات مكعبة، في اللتر الواحد، تراوح هذه النسبة بين 7 و8 سنتيمترات مكعبة، في اللتر الواحد، عند الدائرتين القطبيتين. ويشغل الأوكسجين بعامته، ما نسبته 36% من إجمالي الغازات الذائبة في المياه البحرية، البالغة 153 مليلتر في اللتر الواحد، عند درجة حرارة 20° مئوية، وملوحة 36 في الألف.

يذوب ثاني أكسيد الكربون في مياه البحار والمحيطات، بنسب عالية، نسبياً، مقارنة بغازات الغلاف الغازي الأخرى. وذلك ناتج من التفاعلات الكيميائية، التي تحدث في مياه البحار، ويدخل فيها. هذه التفاعلات يمكن تبسيطها كالتالي:



يشير السهم ذو الاتجاهين، إلى أن هذه التفاعلات، يمكن أن تحدث في الاتجاهين. وعلى الرغم من أن معظم ثاني أكسيد الكربون CO_2 ، في البحار والمحيطات، يصل إليها غازاً ذائباً في الماء، فإن لا يبقى منه إلا القليل؛ إذ يتفاعل معظمه مع الماء، وينتج من ذلك التفاعل أحماض كربونية H_2CO_3 . وتتفاعل الأحماض الكربونية، عادة، في مياه البحار والمحيطات، مكونة أيونات بيكربونات HCO_3^- ، ومقداراً أقل من الأيونات الكربونية CO_3^{2-} .

لهذه التفاعلات أهمية كبيرة، في مياه البحار؛ فهي تحافظ على التوازن بين الأحماض $Acids$ ، الممثلة، في المعادلة أعلاه، في أيونات الهيدروجين؛ وبين القواعد $Bases$ ، ممثلة في الكربونات والبيكربونات.

الكثافة النوعية للمياه والضغط

تتأثر كثافة الماء بدرجة حرارته، وبالضغط. ولكن، نظراً إلى وجود الأملاح في مياه البحار والمحيطات، فإن كثافتها، تتأثر بثلاثة عوامل، هي: درجة الحرارة، والضغط، والملوحة؛ فتزداد مع انخفاض درجات الحرارة، وازدياد الضغط أو الملوحة.

وتقاس الكثافة بالغرام في كل سنتيمتر مكعب (الكتلة على الحجم). وتراوح قياساتها، في المحيطات المفتوحة، بين 1.024 و1.023 غرام في السنتيمتر المكعب. وكثافة مياه البحار والمحيطات، أكثر تأثراً بدرجات الحرارة، منها بالملوحة أو الضغط، وخاصة في العروض الدنيا، حيث ترتفع معدلات درجة الحرارة. ويقل أثر درجة الحرارة في كثافة المياه في العروض الباردة؛ ففي مياه، ملوحتها، مثلاً، 35 في الألف وعند درجة حرارة 25° مئوية، تبلغ كثافتها 1.0235 غرام في السنتيمتر المكعب؛ وعند درجة حرارة 20° مئوية، 1.0247 غرام في السنتيمتر المكعب؛ وفي ذلك زيادة، مقدارها 0.0012 غرام في السنتيمتر المكعب.

ولكن انخفاض درجات الحرارة، من 5° مئوية إلى الصفر المئوي، سيؤدي تغير الكثافة من 1.0277 إلى 1.0281 فقط؛ وفي ذلك زيادة، مقدارها 0.0004 غرام في السنتيمتر المكعب.

تعد الكثافة، والملوحة، ودرجة الحرارة، من الخواص المحفوظة، في الكتل المائية. وتستخدم في تمييز تلك الكتل بعضها من بعض، وخاصة في الأعماق؛ لأن هذه الخواص، لا تتغير إلا عند الانتشار أو الاختلاط بعضها ببعض.

ولأن القدر الأكبر من التغير في حرارة المياه، وتبادل الطاقة، يحدث في طبقة المياه السطحية، فإن التغيرات الرأسية في الكثافة، مع العمق، أكبر من التغيرات الأفقية، في الطبقة السطحية. وتتأثر كثافة المياه، أفقياً، بالتغير في درجات الحرارة، وخاصة في المحيط المفتوح، بعيداً عن تأثير التدفق النهري في الملوحة. ولكن، في محيطات العروض العليا، حيث درجات الحرارة منخفضة، معظم السنة، تتأثر كثافة المياه بتغيرات الملوحة تأثراً أكبر.

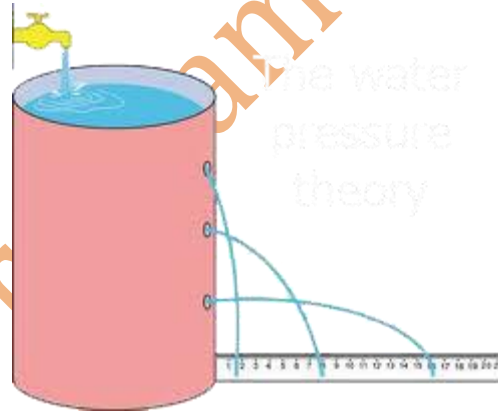
تمتد تحت الطبقة السطحية، التي لا تشغل سوى 2% من مياه البحار، طبقة متوسطة، في أعماق، تراوح بين 100 و1500 متر. هذه الطبقة تزداد فيها كثافة الماء، مع ازدياد العمق ازدياداً كبيراً. ويطلق

على هذه الطبقة طبقة البيكنوكلاين Pycnocline ؛ وتحتوي قرابة 18% من المياه المحيطية. ولأن كثافة الكتل المائية، تحدد الأعماق، التي تتحرك فيها تلك الكتل، فإن التغير السريع في الكثافة، مع العمق، في هذه الطبقة، يجعلها طبقة مستقرة. فلا يوجد فيها، في الغالب، تقلب للمياه، ولا تحرك رأسي للكتل المائية. وتفصل هذه الطبقة المياه السطحية، المنخفضة الكثافة، عن مياه الأعماق، العالية الكثافة، وتحول دون اختلاط إحداهما بالأخرى. ونظراً إلى تأثير الكثافة بالتغير في درجة الحرارة والملوحة، فإن وجود طبقة البيكنوكلاين مرتبط بوجود تغير، مع العمق، في كل من الملوحة هالوكلاين halocline، ودرجة حرارة الماء ثيرموكلاين Thermocline .

تختلف طبقة البيكنوكلاين، مثل طبقتي الهالوكلاين والثيرموكلاين، في العروض العليا، حيث تتصل المياه العميقة بالمياه السطحية، وتقلّ الفوارق بين كثافتيهما. وفي تلك العروض، تتشكل الكتل المائية، وتكتسب خصائصها، وتغوص إلى أعماق المحيطات، حيث تبقى سابعة في قيعانها، عشرات السنين.

الضغط المائي والغوص:

نسمع كثيراً عن الضغط حيث يعرف الضغط بأنه القوة الواقعة على مساحة معينة لذا يتم تمثيله بأبعاد القوة والمساحة حيث يقاس الضغط بوحدة الباسكال (Pa) والتي تكافئ 1 نيوتن لكل متر مربع (N/m^2) حيث النيوتن وحدة قياس القوة والمتر المربع وحدة قياس المساحة ويمكن تمثيل هذه العلاقة بالمعادلة الآتية:

$$Pressure(Pa)=force(N)/Area(m^2)$$


وكما تري في الرسم الذي امامك تلاحظ ان الضغط في قاع الاناء اكبر من منتصف و سطح الاناء ويدل على ذلك اندفاع الماء بقوة للامام في فتحة نهاية الاناء ،نفس الامر يحدث في غلافنا الجوي فكتلة العدة كيلو مترات من الهواء الموجودة فوق سطح الارض تكون الضغط الجوي الذي يعادل 101 كيلو باسكال اما الضغط اسفل المياه فيسمي بالضغط المائي (hydrostatic pressure) حيث يزيد الضغط مع الزيادة في العمق بصورة منتظمة حيث يزيد بمقدار 1 ضغط جوي (101 كيلو باسكال) كل 10 م عمقا أي ان الغواص على عمق 60 م يكون واقعا تحت تأثير ضغط مائي مقداره 6 ضغط جوي بالاضافة الي ضغط الهواء الجوي فيكون مجموع الضغوط الواقعة عليه 7 ضغط جوي وقد يسبب الضغط بعض المشاكل للغواصين تحت الماء وتعرف المشاكل المتعلقة بالضغط بامراض ضغط الماء (Barotraumas) وهناك

ثلاثة انواع من هذه الاضرار الضرر الحادث عند الهبوط والضرر الحادث عند الصعود والتخدير النيتروجيني.

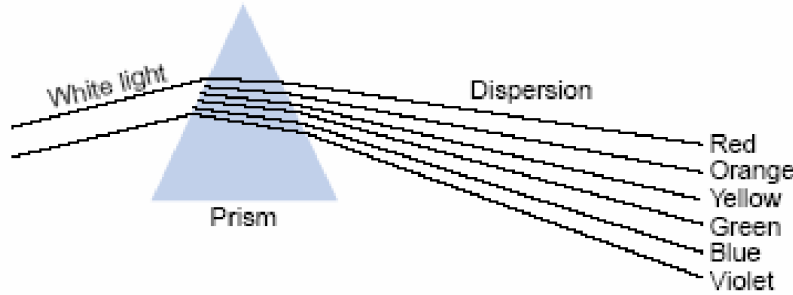
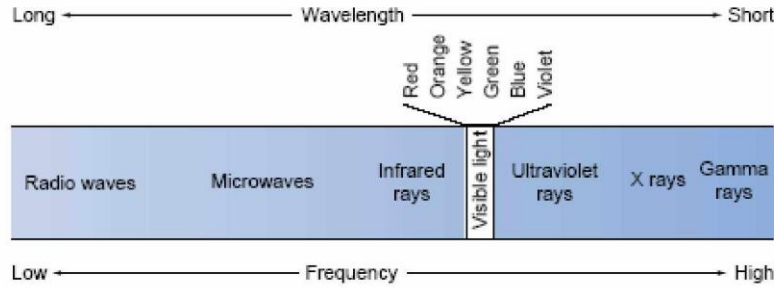
1- **اضرار الهبوط**: بمجرد الهبوط تحت الماء فان الغواص يتعرض للضغط علي كامل جسده واول الاجزاء احساسا بهذا الضغط تكون الاغشية الرقيقة في الجسم كطبلة الاذن والعيون والتي تدفع قليلا للداخل وكذلك تجاوب او جيوب الوجه حيث يبدا الغواص بالشعور بالالم وعدم الراحة فالام الاذن تسمى ضغط الاذن (ear squeeze) والالم في الجبهة يسمى بضغط الجيوب (sinus squeeze) قد يزول الالم عن طريق تخفيف الضغط بسد الانف والنفخ من خلالها وهي مغلقة فاذا زال الالم يمكن للغواص ان يستمر في الهبوط فاذا عاد الالم فان الغواص يبدا بالصعود لاعلي ببطيء وينظف الجيوب عن طريق النفخ في الانف

2- **اضرار الصعود**: الصعود بسرعة من القاع الي السطح يمكن ان تنتج عنه اضرار كثيرة للغواصين وهذا الضرر يسمى بالالتواء فعندما يتنفس الغواص تحت الماء فان غازات الهواء تذوب في دمه تحت الضغط العالي فلو صعد الغواص بسرعة فانه بذلك يزيل الضغط عن هذا الغاز مما يجعل هذا الغاز يخرج من سائل الدم مكونا فقاعات صغيرة في الدم فهذه الفقاعات الهوائية يمكن ان تتحرك نحو الانسجة والمفاصل جاعلة الغواص ينحني من الالم (سبب تسميتها بامراض الالتواء) واذا كان تصاعد الفقاعات قويا فانه قد يسبب الموت او العجز والتاثير الاخر السيء لمرض عدم ازالة الضغط هو ان تسد هذه الفقاعات احد الاوعية الدموية وخاصة لعضو حيوي مثل المخ او القلب . يحدث انه عند صعود الغواص بسرعة كبيرة جدا وهو يكتم انفاسه نتيجة لكون الهواء داخل رئته كان واقعا تحت ضغط الماء لذا فقد كان مضغوطا فاذا زال هذا الضغط علي السطح فان الهواء يتمدد داخل الرئة مسببا تمزيق الحويصلات الهوائية ومنذفا الي الدم في الاوعية الدموية ومسببا الاغماء او الشلل او الموت، فلكي تتغلب علي هذا الامر فان الغواص يجب ان يصعد ببطيء بمعدل 10 م /د ويجب ان يتنفس بكفاءة اثناء صعوده الي السطح وتتم معالجة امراض ازالة الضغط بوضع الغواص المصاب في غرف مصنوعة من الصلب عند نفس الضغط الذي كان عليه في الماء لاذابة الفقاعات الهوائية الموجودة في الدم ثم نبدا بتخفيف الضغط شيئا فشيئا علي فترات قد تستغرق عدة ساعات حتي يتم التأكد ان الغازات داخل الدم قد ذابت بصورة كاملة وطردت بامان.

3- **التخدير النيتروجيني**: الغواصين الذين يقومون بغطسات عل عمق اكثر من 30 م تكون عرضة للاصابة بما يسمى بنشوة الاعماق او التخدير النيتروجيني وهو نوع من السلوك يشبه التسمم الكحولي حيث يبدو الغواص وكأنه سكران حيث يصعب عليه التركيز ولا يستطيع تادية المهام البسيطة فهذه الحالة قد تسبب الخطر عل حياة الغواص وامنه حيث تنتج هذه الحالة نتيجة استنشاق غاز النيتروجين (N_2) تحت ضغط، فغاز اليتروجين الذي يشكل 78 % من الهواء الجوي الذي نتنفسه خامل عند الضغط الجوي العادي اما اذا تم استنشاقه تحت ضغط علي اعماق كبيرة فانه يكون له تاثير المخدر مشابه لتاثير اكسيد النيتروجين (غاز الضحك) الذي يستخدمه بعض اطباء الاسنان لتسكين الالم، وللتغلب علي هذه المشكلة يتم استبدال غاز النيتروجين الموجود داخل انابيب الغوص بغاز الهيليوم للغواصين الذين يهبطون الي اعماق كبيرة.

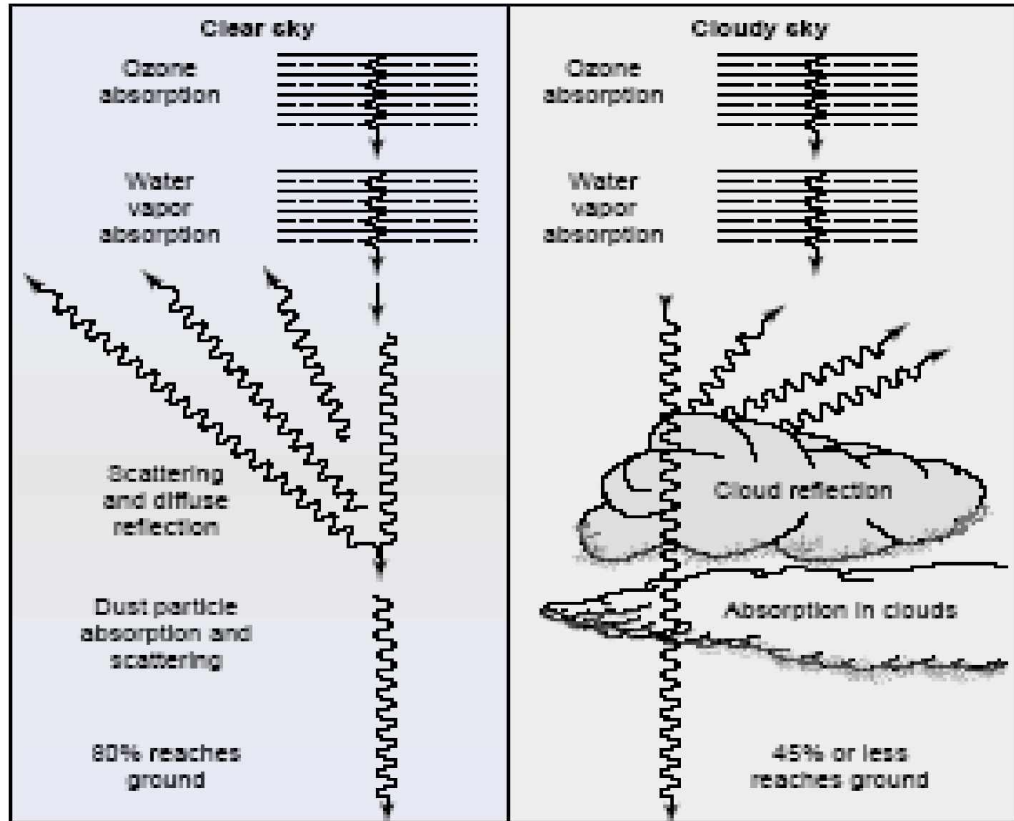
اشعة الشمس ولون ماء البحر:

ضوء الشمس هو صورة الطاقة الاشعاعية القادمة من الشمس حيث يتكون الطيف المرئي للشمس من عدة انواع من الاشعة ذات اطوال موجية وترددات محددة ومن المعلوم ان الطول الموجي هو المسافة بين قمتين او قعرين متتاليين من الموجة ويتناسب الطول الموجي عكسيا مع التردد الذي يعرف بانه عدد الامواج في الثانية فكلما زاد التردد قل الطول الموجي وبالعكس وكذلك كلما قل الطول الموجي ازدادت طاقة الموجة.



شكل يبين اطياف الضوء المنظور ويقسم الموجات حسب ترددها وطولها الموجي

تبعاً للظروف الجوية فان حوالي 20-50% من اشعة الشمس القادمة الى الارض تنعكس من الغلاف الجوي عائدة الى الفضاء او تمتص في الغلاف الجوي اما بقية الضوء الذي يصل الى الارض والذي ينتقل خلال الغلاف الجوي فان جزء منه ينعكس بعد سقوطه على الارض وجزء اخر يمتص عن طريق اليابسة والمياه.



Prof. Dr. Usama