بسم الله الرحمن الرحيم

والصّلاة والسّلام على سيّد الأوّلين والآخرين....نبيّنا محمد وعلى آله وصحبه وأزواجه الطيّبات الطّاهرات أمّهات المؤمنين وعلى من أتبعه بإحسان إلى يوم الدّين.

بتوفيق العلي القدير تمّ هذا الكتاب، الموسوم بالأنيس الأمين في الفيزياء للسّنة الرابعة متوسّط وفق توجّهات الجيل الثاني .

يشتمل هذا الكتاب على دروس مفصّلة وتمارين مقترحة مع حلولها الوافية حيث يتمكّن دارسه في النّهاية من الإلمام الجيّد بكامل محتوى الوحدات.

الكتاب موجّه بالدّرجة الأولى لتلاميذ هذا الصّف وللزملاء الأساتذة فربما يوفّر عنهم بعض الجهد.

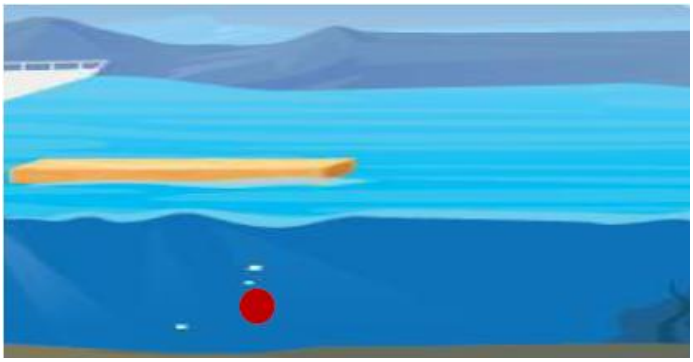
انتقاداتكم المؤسسة تهمّنا لتحسين محتوى الكتاب لذلك نرحّب بها على الإيميل المرفق وجزاكم الله خيرا مسبّقا.

الأستاذ : لوراسي رابح

rlourac@gmail.com

الوحدة التعلمية الثانية: دافعة أرخميدس في السوائل

La Paussée d'archiméd dans les liquides



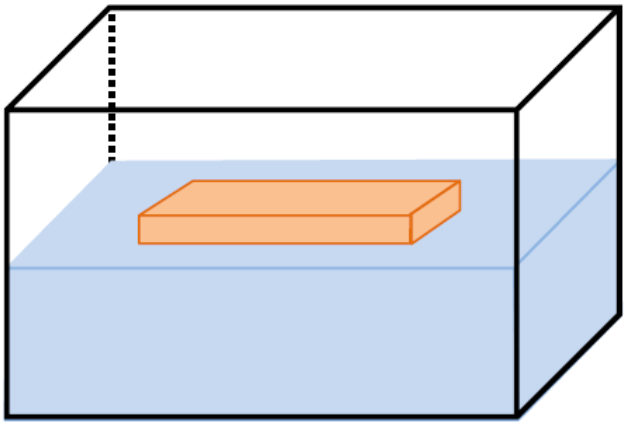
الوضعية الجزئية 3:

في زيارة للبحر شاهد انيس خشبة كبيرة تطفو على سطح الماء بينما حين رمى بكرية حمراء صغيرة غاصت في الماء.

فتساءل انيس مالذي يجعل الخشبة التي لها ثقل كبير تطفو بينما تغوص االكرية وهي اقل وزنا منها؟

هل ساعدته في فهم ذلك ؟

1. الكشف عن دافعة ارخميدس:



نشاط 1:

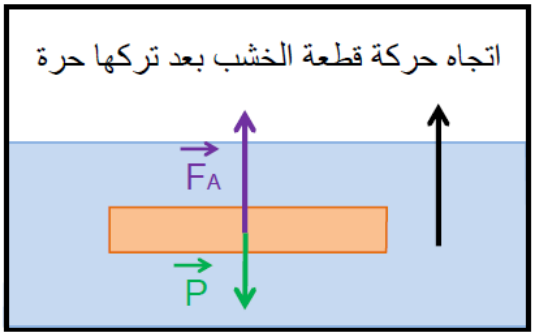
نضغط على قطعة خشبية متجانسة الى ان تغوص في الماء الموجود باناء ثم نتركها لحالها.

الملاحظة 1:

- ارتفاع حجم الماء في الاناء.
- نشعر بدفع الماء لقطعة الخشب نحو الاعلى.
- عند ترك قطعة الخشب تعاود الصعود وتطفو من جديد على سطح الماء.

التفسير 1:

- تخضع قطعة الخشب الى قوة ثقلها الموجهة نحو الاسفل والى قوة ثانية عكس اتجاه قوة الثقل وهي التي تجعلها تطفو من جديد على سطح الماء ، وبما انها تصعد من جديد هذا يعني ان هذه القوة اكبر من قوة الثقل (هذا اثناء الصعود فقط).
- ارتفاع حجم الماء في الاناء ناتج عن ازاحة حجم الجسم الصلب له اي ان حجم الماء المزاح = حجم الجسم الصلب



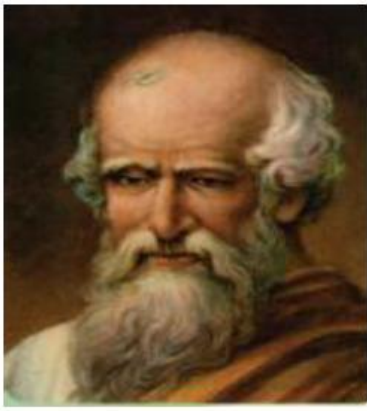
النتيجة 1:

يؤثر الماء على الاجسام الصلبة التي لا تذوب ولا تتفاعل معه والمغمورة جزئيا او كليا فيه الى قوة دفع تلامسية حاملها شاقولي وجهتها الى الاعلى.

اصطلاح:

نسمي هذه القوة بدافعة ارخميدس (Paussée d'archiméde) ونرمز لها بالرمز $\vec{F}_A$.

ولاكتشافها قصة نسردها في ما يلي:



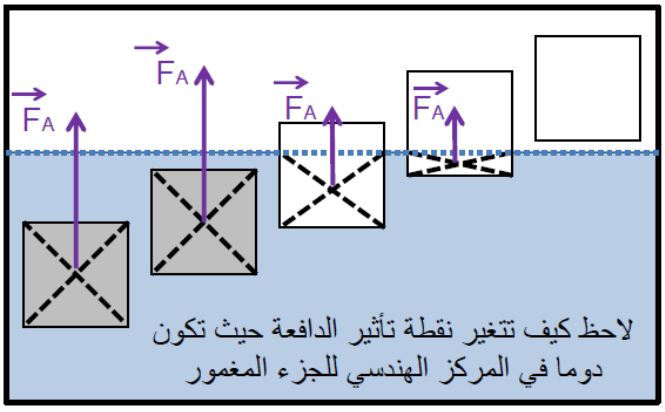
أرخميدس 200 قبل الميلاد

كان ارخميدس فيلسوفا عظيما في مملكة هيرون باليونان ،اراد الملك صنع تاج من الذهب فاوكل المهمة لصانع ماهر بعد ان سلمه كتلة معتبرة من الذهب الخالص وفي الموعد المحدد استلم الملك تاجه وكان روعة في الصنع فاعجب به ايما اعجاب لكنه شك ان ذهبه غير خالص حينها طلب من ارخميدس ان يختبر التاج مع المحافظة على شكله .
فكر ارخميدس في الامر جيدا غير انه لم يجد الحل وبينما كان يستحم شاهد انه كلما دخل الحمام فاض الماء بقدر حجم جسده الغائص حينها فكر في غمس التاج بالماء والذي يفيض من الماء هو نفسه حجم التاج.

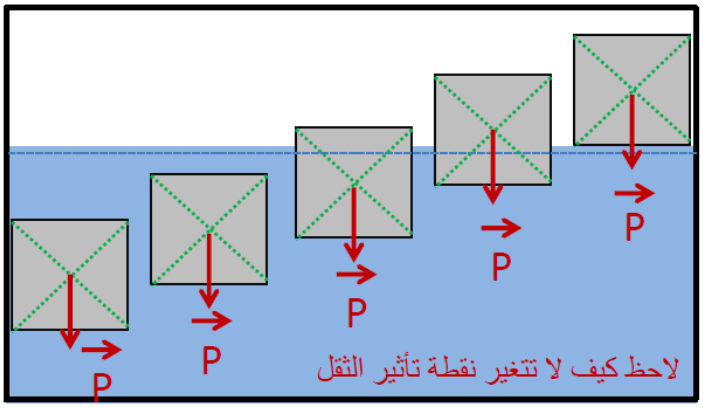
وبالفعل فقد وزن التاج ثم قام بقسمة كتلته على حجمه ليتمكن من تحديد كتلته الحجمية (الكتلة الحجمية مقدار يميز نقاوة الاجسام- انظر درس الكتلة الحجمية سنة 1 متوسط) والتي جعلته يستخلص ان التاج لم يكن من الذهب الخالص.
عندها فرح ارخميدس باكتشافه وخرج من الحمام عاريا يجري في شوارع المدينة متجها الى قصر الملك ليخبره بالامر وهو ينادي اوريكا اوريكا اي وجدتها وجدتها.

2. خصائص دافعة ارخميدس:

1.2 نقطة التاثير :



تكون في المركز الهندسي من حجم الجزء المغمور من الجسم وتسمى علميا ب (Centre de Caréne) .فهي بهذا تتغير بتغير الحجم من الجسم المغمور في الماء لكنها (اي نقطة التاثير تبقى ثابتة مادام الجسم مغمورا كليا في الماء وفي حالة استقرار).
اؤكد نقطة التاثير تكون في المركز الهندسي من حجم الجزء المغمور من الجسم وليس شرطا ان تكون في مركز ثقل الجسم المتجانس مادام ليس مغمورا كليا.
مثال : انظر الشكل المقابل.



ملاحظة :
عندما يكون الجسم متجانسا ومغمور كليا في الماء فان مركز ثقله ينطبق مع مركز دافعة ارخميدس.

كما ان مركز ثقل الجسم (نقطة تاثيره) لا يتغير ابدا الا بتغيير المكان (انظر درس الثقل اعلاه) وكمثال عن ذلك ناخذ الشكل السابق المتواجد في مختلف المواضع من سطح الماء ونرسم عليه شعاع الثقل .

الحامل : الشاقول المار من نقطة تاثير الدافعة.

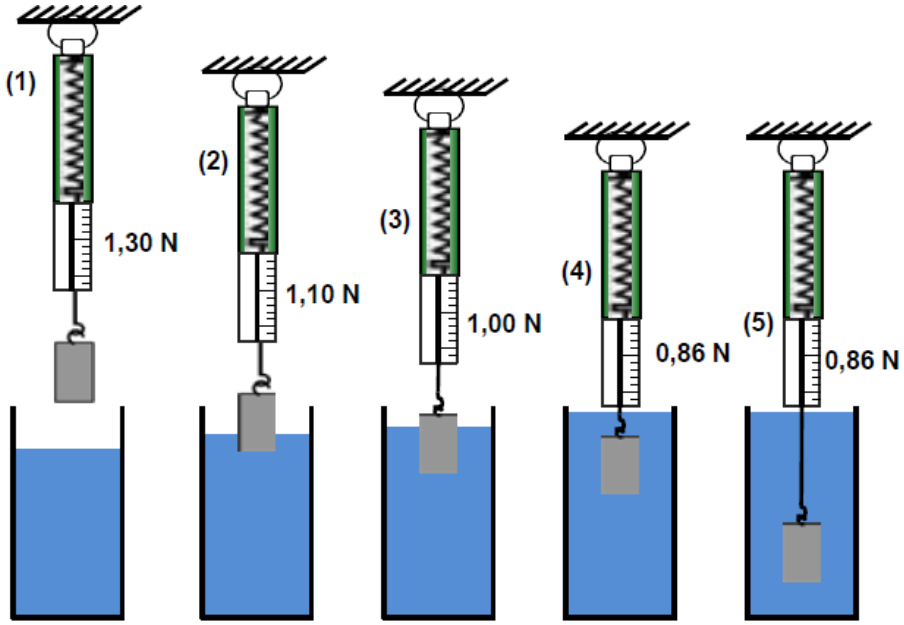
3.2 الجهة : نحو الاعلى.

4.2 الشدة : لقياس شدة دافعة ارخميدس نعتمد طريقتين

- **الطريقة الاولى : حساب الثقل الظاهري (Poids apparent)**

- **نشاط 2:**

بواسطة ربيعة نقيس في كل مرحلة من المراحل المبينة على التركيب التجريبي المقابل قيمة ثقل الجسم الصلب .



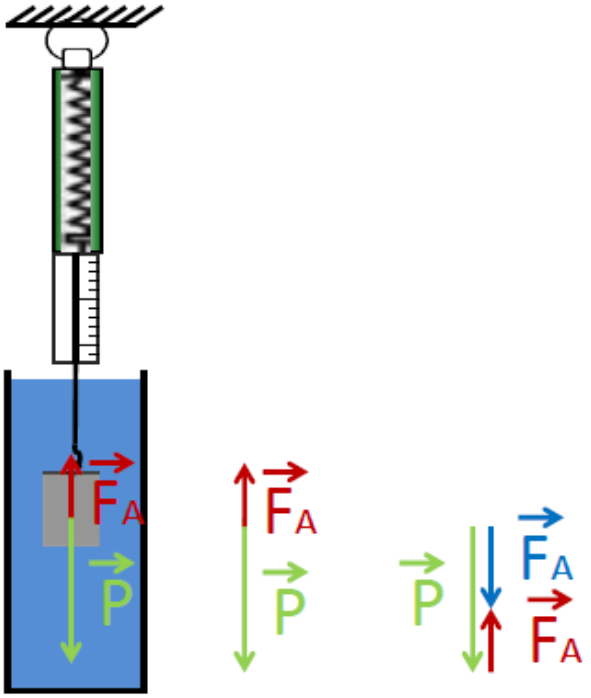
- **الملاحظة 2:**

ياخذ ثقل الجسم اكبر قيمة له قبل ان يغمر ولا جزء منه في الماء ثم يبدو انه في تناقص كلما كبر حجم الجزء المغمور منه في الماء وعندما يغمر كليا يبقى محافظا على قيمته مهما كان العمق المتواجد عليه.

كما ان حجم الماء المزاح يزداد بازدياد حجم الجزء المغمور من الجسم في الماء ثم يحافظ على نفس الحجم بعد ان يغمر كلية مهما كان العمق المتواجد عليه الجسم.

- **التفسير 2:**

عند غمر الجسم في الماء سوف يخضع حتما لقوة اخرى معاكسة لقوة ثقله الحقيقي وهي دافعة ارخميدس وبذلك يبدو (يظهر) ان شدة الثقل نقصت وفي الحقيقة انها لم تتغير وما لقيمة التي تشير لها الربيعة الا شدة القوة المحصلة لكل من الثقل الحقيقي (نقصد به وزن الجسم في الهواء) $\vec{P}$ وقوة الدافعة $\vec{F_A}$ نسمي هذه المحصلة بالثقل الظاهري للجسم (Poids apparent) - رمزها $\vec{P_{ap}}$.



$\vec{P_{ap}} = \vec{P} + \vec{F_A}$ اذن : $P_{ap} = P - F_A$

(انظر تركيب قوتين اعلاه)

وكما ترى فالثقل الظاهري هو فعلا ميكانيكيا بحد ذاته كونه ناتج عن فعل (الارض+الماء) كجملة واحدة في الجسم كجملة ثانية كما انه يملك كل الخصائص المميزة له كقوة منمذجة رغم انه يبدو كمفهوم رياضياتي مجرد . وعليه يكون : $F_A = P - P_{ap}$

- **النتيجة 2:**

شدة دافعة ارخميدس تساوي الفرق بين شدة الثقل الحقيقي للجسم وشدة ثقله الظاهري.

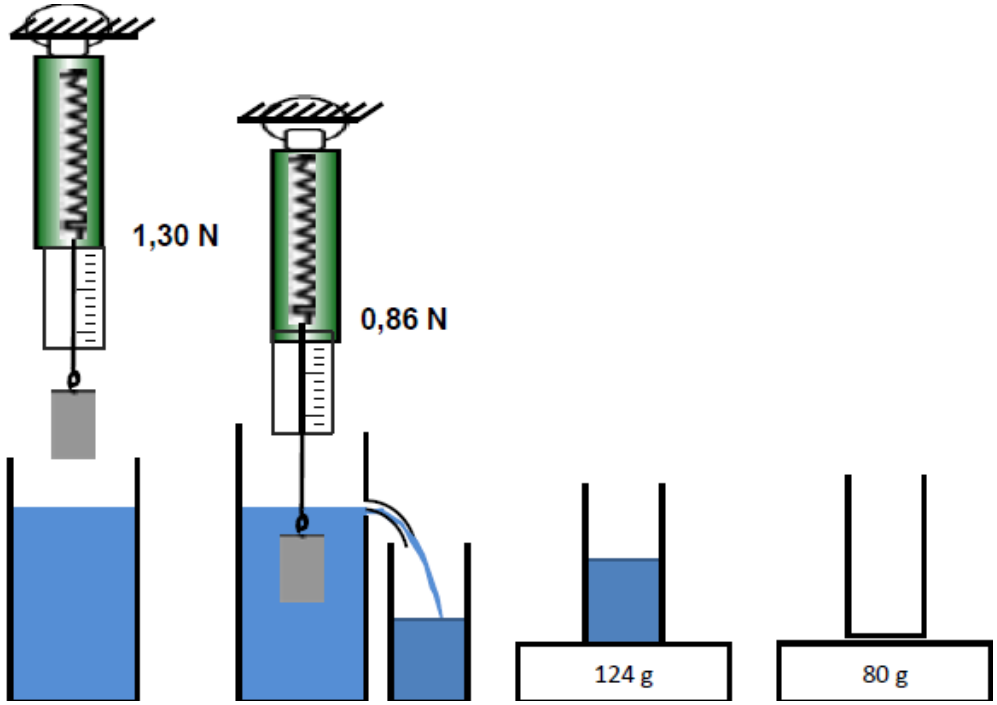
وهي لا تتعلق بعمق الغمر ولا بتوجه الجسم داخل السائل .
فاذا اردنا معرفة مقدار الدافعة في التركيب التجريبي اعلاه والجسم مغمور كليا فان :

$F_A = P - P_{ap} = 1,30\ N - 0,86\ N = 0,44\ N$

- **الطريقة الثانية : قياس ثقل السائل المزاح (Poids du liquide déplacé)**

- **نشاط 3:**

بواسطة ربيعة نقيس ثقل الجسم وهو غير مغمور في الماء فنجده 1,30 N.
نغمر كليا الجسم السابق في اناء به ماء مزود بفتحة ،نجمع الماء المنسكب في كاس ثم نزنه فنجده 124 g
بعدها نزن الكاس وهي فارغة فنجد 80 g ما يعني ان وزن الماء المنسكب هو 44 g .



- **الملاحظة 3:**
- نلاحظ انسكاب الماء بحجم مساو لحجم الجسم المغمور.
- الربيعة تشير الى ثقل ظاهري اقل من الثقل الحقيقي للجسم.

- **التفسير 3:**
- حجم الجسم المغمور (V) هو المسؤول عن ازاحة حجم الماء ($V\ell$) السائل المزاح (Liquide déplacé) : اذن $V\ell = V$
- شدة دافعة ارخميدس هي : $F_A = P - P_{ap} = 1,30\ N - 0,86\ N = 0,44\ N$

لنحسب الان ثقل الماء المزاح : $P\ell = m\ell \times g = 0,044\ kg \times 10\ N/kg = 0,44\ N$
وبالتالي فان : $F_A = P\ell$

- **النتيجة 3:**

شدة دافعة ارخميدس لجسم ما او جزء منه تساوي ثقل الماء السائل المزاح نتيجة للغمر الكلي او الجزئي لهذا الجسم بشرط ان يكون الجسم او الجزء منه في حالة توازن داخل الماء ونكتب $F_A = P\ell$.

نعلم ان الكتلة الحجمية لسائل ما تتعلق بكتلته و حجمه وفق العلاقة : $\rho\ell = \frac{m\ell}{V\ell}$

حيث $\rho\ell$: الكتلة الحجمية للسائل ، $m\ell$: كتلة السائل و $V\ell$ حجم هذا السائل.

أي ان : $m\ell = \rho\ell \times V\ell$ وبما ان الحجم المغمور للجسم مساو لحجم الماء المزاح اي $V = V\ell$ فان : $m\ell = \rho\ell \times V$ وعليه تكون دافعة ارخميدس هي :

$$F_A = P\ell = m\ell\, g = \rho\ell \times V \times g$$

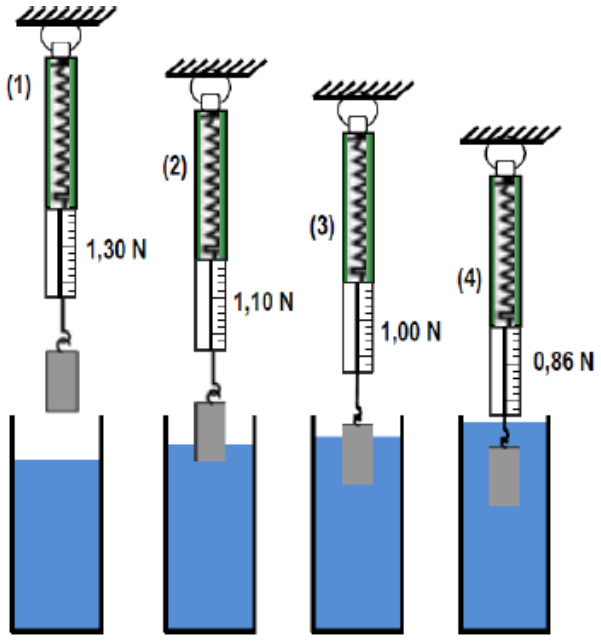
$$F_A = \rho\ell \times V \times g$$

ومنه فان دافعة ارخميدس باعتبار g ثابت فهي تتعلق بحجم الجسم المغمور (V) و بخصائص السائل (اي بالكتلة الحجمية للسائل $\rho\ell$) المستعمل لغمر الجسم الصلب فيه ومن خلفها كثافة الجسم الصلب بالنسبة للماء وكثافة السائل ذاته لان للكثافة علاقة مباشرة مع الكتلة الحجمية $d = \frac{\rho \text{ الجسم}}{\rho\ell}$. سنرى للتو تاثير هذه المقادير على الدافعة.

3. العوامل المؤثرة في شدة دافعة ارخميدس:

1.3 تاثير حجم الجسم المغمور :

نقوم بغمر جسم ذو ثقل حقيقي معلوم رويدا رويدا في اناء به ماء .



الملاحظة:

يتناقص الثقل الظاهري كلما كبر حجم الجسم المغمور.

التفسير :

$F_A = P - P_{ap}$ كلما نقصت شدة الثقل الظاهري المطروحة من الثقل الحقيقي الثابت زادت قيمة شدة دافعة ارخميدس.

- في المرحلة 2:

$F_A = P - P_{ap} = 1{,}30\ N - 1{,}10\ N = 0{,}20\ N$

- في المرحلة 3:

$F_A = P - P_{ap} = 1{,}30\ N - 1{,}00\ N = 0{,}30\ N$

- في المرحلة 4:

$F_A = P - P_{ap} = 1{,}30\ N - 0{,}86\ N = 0{,}44\ N$

النتيجة :

كلما كبر حجم الجسم المغمور في السائل كبرت شدة دافعة ارخميدس.

2.3 تاثير كثافة الجسم الصلب بالنسبة للماء :

مما سبق لدينا $F_A = \rho\ell \times V \times g$ لكن $d = \frac{\rho s}{\rho\ell}$ ومنه $\rho\ell = \frac{\rho s}{d}$ اذن

$F_A = \frac{P}{d}$ اي $F_A = \frac{mg}{d}$ فان $m = \rho s\, V$ اي $\rho s = \frac{m}{V}$ وباعتبار $F_A = \frac{\rho s}{d} \times V \times g$

حيث P ثقل الجسم الصلب وهو مقدار ثابت لايتغير في نفس مكان التجربة بالنسبة لنفس الجسم.

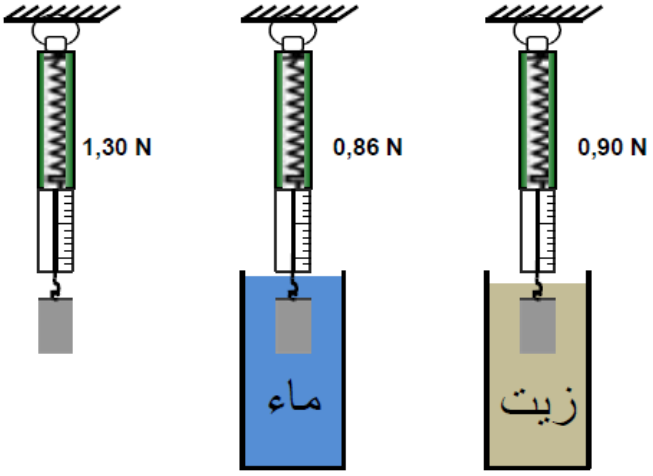
الملاحظة:

كثافة الجسم الصلب متساوية في مقام شدة الدافعة

النتيجة :
شدة دافعة ارخميدس تتناسب عكسا مع كثافة الجسم الصلب المغمور في الماء اي اذا زادت الكثافة قلت الدافعة والعكس صحيح.

3.3 تاثير كثافة السائل :

نغمر نفس الجسم الصلب بعد قياس ثقله في الهواء مرة في الماء ($\rho_{ماء} = 1000\ kg/m^3$) واخرى في الزيت ($\rho_{زيت} = 880\ kg/m^3$)



الملاحظة:
يكون الثقل الظاهري للجسم المغمور في الزيت اكبر منه في الماء وعليه تكون دافعة ارخميدس لجسم مغمور في الماء اكبر من تلك لنفس الجسم المغمور في الزيت.

التفسير :
بالنسبة للزيت:

$$F_{A}زيت = \rho زيت \times V \times g$$

$$F_{A}زيت = d زيت \times \rho ماء \times V \times g \ \dots\dots\dots (1)$$

بالنسبة للماء

$$F_{A}ماء = \rho ماء \times V \times g$$

$$F_{A}ماء = d\ ماء \times \rho ماء \times V \times g \ \dots\dots\dots (2)$$

بقسمة المعادلة (2) على (1) نجد :

$$\frac{d\ ماء}{d زيت} = \frac{d\ ماء \times \rho ماء \times V \times g}{d زيت \times \rho ماء \times V \times g} = \frac{FA ماء}{FA زيت}$$ وبما ان : $d زيت < d ماء$ فان $\frac{FA ماء}{FA زيت} > 1$

$\Leftarrow \frac{FA ماء}{FA زيت} > 1 \Leftarrow FA زيت < FA ماء$ (انظر درس مقارنة كسرين في الرياضيات).

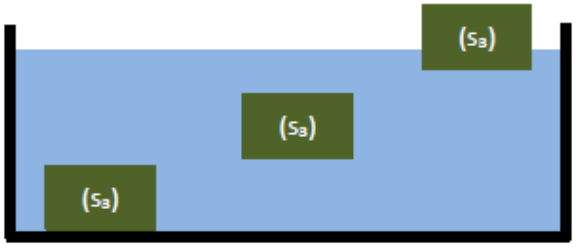
كما يمكن اثبات ذلك بالطريقة الموالية:
من التركيب التجريبي اعلاه نلاحظ ان :

$P_{ap زيت} < P_{ap ماء}$ (انظر درس مقارنة عددين نسبيين في الرياضيات والمتراجحات)

$- P_{ap زيت} > - P_{ap ماء}$ (انظر درس عمليات على الاعداد النسبية)

$P - P_{ap زيت} > P - P_{ap ماء}$ اي $FA زيت < FA ماء$

النتيجة :
كلما كانت كثافة السائل (او الكتلة الحجمية للسائل) اكبر كانت دافعة ارخميدس للجسم المغمور في ذلك السائل اكبر والعكس صحيح اي كلما صغرت كثافة للسائل (او كتلته الحجمية) كانت دافعة ارخميدس للجسم المغمور في ذلك السائل اصغر.

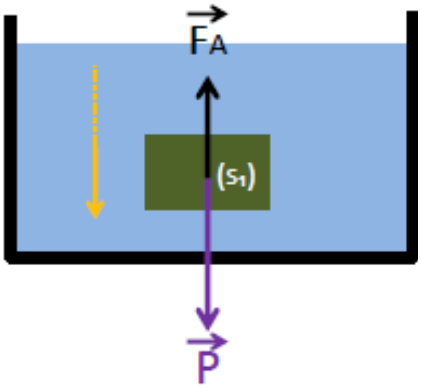


4. توازن جسم صلب مغمور في سائل:

نرمي ثلاثة اجسام في حوض به ماء ولنفرض ان

- الاول يغوص حتى يستقر في قعر الحوض
- الثاني يغوص ثم يعلق في وسط الحوض
- الثالث يعيد الصعود ليطفو على السطح.

1.4 الاول يغوص حتى يستقر في قعر الحوض:

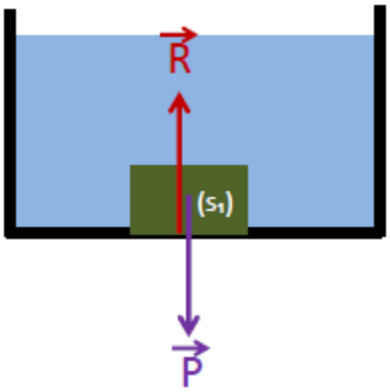


يخضع الجسم وهو في الماء الى قوتين :ثقله المتجه نحو الاسفل وقوة دافعة ارخميدس المتجهة الى الاعلى ،مادام الجسم يتحرك نازلا في الماء فهو في لا توازن والسبب واضح فشدة الثقل اكبر من شدة قوة دافعة ارخميدس اي

$\rho V g > \rho_\ell V g \Leftarrow m_1 g > \rho_\ell V g \Leftarrow P > F_A$ اي

$$\rho > \rho_\ell$$

فعند رمي جسم صلب في الماء ويستمر في حركته نازلا الى القعر فهذا (يغوص) يعني ان الكتلة الحجمية للجسم الصلب اكبر من الكتلة الحجمية للماء اي للسائل في الحالة العامة ما يعني ان كثافته اكبر من كثافة السائل.

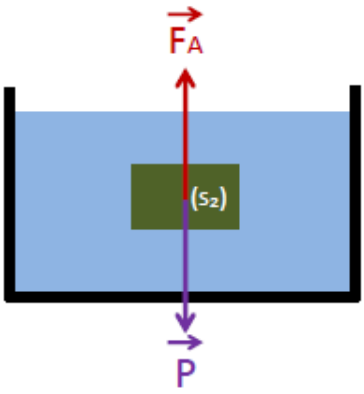


عندما يلامس الجسم قعر الاناء ويستقر هناك نقول انه في توازن.
فلو حدث وان قسنا بالربيعة ثقله وهو في استقراره سنجده معدوم .
ذلك ان الجسم في هذه الحالة يخضع لقوتين متساويتين في الشدة ومتعاكستان في الاتجاه هما ثقله $\vec{P}$ و فعل قعر الاناء عليه $\vec{R}$
الجسم في توازن معناه : $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$ اي $R - P = 0$ اي $R = P$
وتبقى العلاقة $\rho > \rho_\ell$ محققة .

يتسائل البعض واين فعل الماء على الجسم المنمذج بقوة دافعة ارخميدس والجسم كما نرى مغمور في الماء فاقول ان دافعة ارخميدس في اصلها هي نتاج الضغوط من كل الجهات على الجسم المغمور في الماء اي هي محصلة لقوى الضغط على الجسم ، في حالتنا هذه قوى الضغوط وساسميها باسمها الجزئية الافقية عن يمين ويسار الجسم ستعدم بعضها بعضا لانها متساوية في الشدة ومتعاكسة في الاتجاه ، قوى الضغوط الجزئية تحت الجسم معدومة كون الجسم في تماس مع قعر الاناء وتبقى فقط قوى الضغوط الجزئية العمودية على السطح العلوي للجسم وهي ليست موضوعل للدراسة في مستوانا هذا لذلك لم نلجا الى تمثيلها (في الحقيقة هي قوة الضغط العمودي $\rho g h$ ستدرسها مستقبلا باذن العليم الحكيم فنظريا كل 10,33 م ارتفاع سيتولد عنها ضغطا قدره 1 بار وهي مهمة جدا في تحديد هندسة السدود).
والخلاصة ان قوة ارخميدس هي محصلة قوى الضغوط الشاقولية اي من اسفل الى اعلى ومن اعلى الى اسفل وانهيار التواصل للماء من احد السطحين سيؤدي حتما لانهيار الدافعة وتلاشيها.

2.4 الثاني يغوص ثم يعلق في وسط الحوض:

الجسم في هذه الحالة عالق في وسط الماء وفي حالة توازن معناه المجموع الشعاعي للقوى المطبقة عليه يساوي الشعاع المعدوم .



اي $\vec{P} + \vec{F_A} = \vec{o}$ ما يعني ان $P - F_A = 0$ اي $P = F_A$

$\rho V g = \rho_\ell V g \Leftarrow m_1 g = \rho_\ell V g \Leftarrow F_A = P$

$\rho = \rho_\ell$ اي كثافة الجسم الصلب تساوي كثافة الماء.

والامر هنا في غاية الوضوح.

للاشارة فقط فان شدة قوة الثقل تبقى دوما ثابتة بالنسبة للجسم الواحد في نفس المكان سواء غمر الجسم في الماء ام لم يغمر.

3.4 الثالث يعيد الصعود ليطفو على السطح:

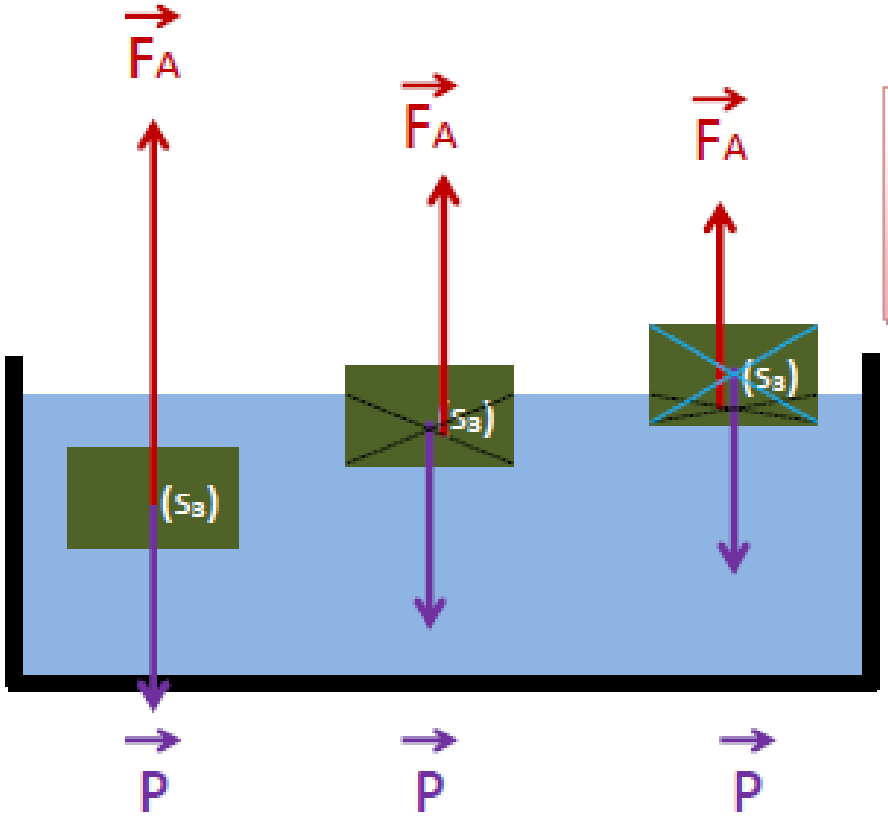
بعد رمي الجسم الثالث في الماء يعاود الصعود الى ان يطفو على سطح الماء.

دعنا نتحدث اولا عن حاله وهو مغمور كليا في الماء ويتحرك الى الاعلى ، انه خاضع هو الاخر لقوتين : ثقله وقوة الدافعة لكن الاخيرة اكبر شدة من قوة الثقل اي

$F_A > P \Leftarrow \rho_\ell V g > m_1 g \Leftarrow \rho_\ell V g > \rho V g$ اي $\rho_\ell > \rho$.ما يعني ان كثافة الماء او السائل بصفة عامة اكبر من كثافة الجسم الصلب المغمور فيه.

الان عند اول ظهور للجسم الصلب على السطح الحر للماء تبدا شدة دافعة ارخميدس في التناقص لان نقطة تاثيرها تنتقل حسب الجزء المغمور من الجسم الى ان يستقر الجسم على السطح اي يتوازن حينها يكون جزءا صغيرا من حجمه مغمورا في الماء والجزء الاكبر من حجمه فوق سطح الماء وبما انه في حالة توازن فشدتي قوة الثقل ودافعة ارخميدس تكونا متساويتان اي :

$P + F_A = o$ ما يعني ان $P - F_A = 0$ اي $P = F_A$ لكن العلاقة $\rho_\ell > \rho$ تبقى محققة فلو اختفت هذه المتراجحة وصارت مساواة او اقل لعاود الجسم النزول الى ان يعلق او يستقر في قعر الاناء.



لا تنسى ان شعاع قوة الثقل يبقى ثابتا شدة واتجاها في نفس المكان ولنفس الجسم.

حل الوضعية الجزئية 3: