ديناميكا الموائع

ما هو المائع؟

ماهي الموائع المعروفة في الحياة؟

* أكثر الموائع التي نهتم بها في الميكانيكا الحيوية المؤثرة في المجال الرياضي هي الهواء والماء.

قوة الطفو: القوة الناتجة بفعل الغمر

* هناك نوعان من القوى المبذولة على الجسم بفعل البيئة المائعة هما: قوة الطفو نتيجة لغمر الجسم في المائع وقوة ديناميكية نتيجة لحركتها النسبية في المائع.

وعادةً ما يتم تحليل القوة الديناميكية إلى مركبتين:

قوة المقاومة.

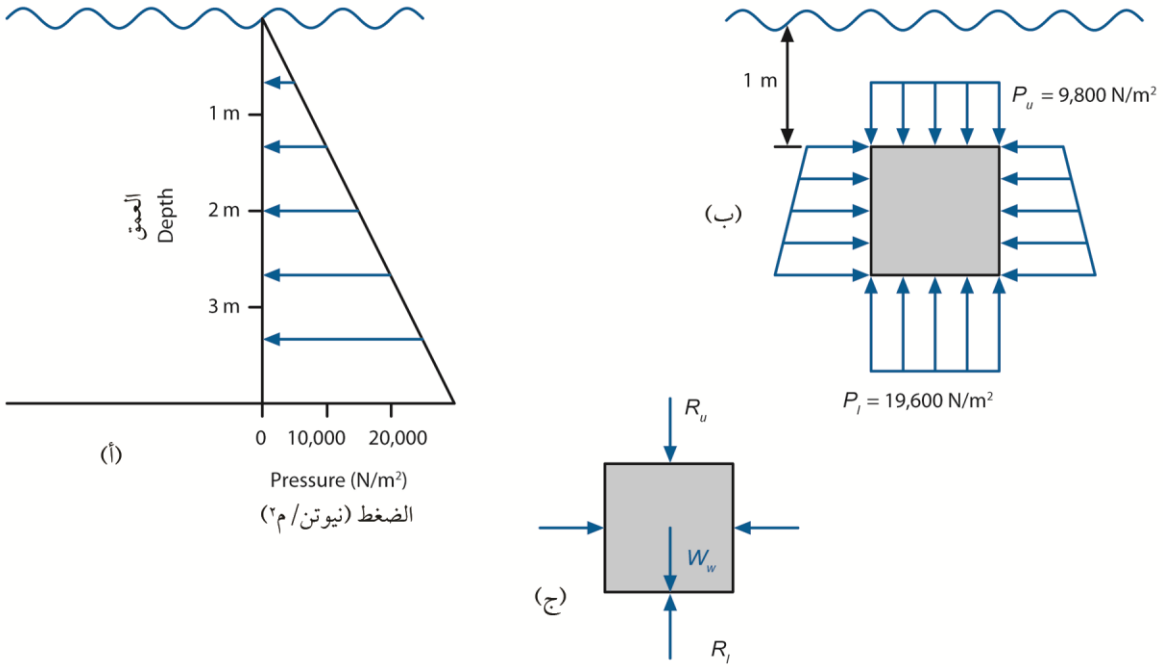
وقوة الرفع.

قوة الطفو على الجانب الآخر تحدث دائمًا في الاتجاه الرأسي، حيث تحدث قوة الطفو لأعلى على الجسم المغمور في المائع.

الضغط

يمكننا أن نشرح سبب قوة الطفو. افترض أنك في حمام سباحة من المياه الراكدة، حيث إنه كلما غطست لمسافة أعمق وأعمق، كلما زاد ضغط الماء المبذول عليك أكثر فأكثر

يزن المتر المكعب الواحد (م٣) من الماء حوالي ٩٨٠٠ نيوتن؛ لذا يساوي ضغط الماء على عمق ١ م٩٨٠٠ نيوتن/م٢.وعلى عمق ٢ م، يزن ٢ م٣ من الماء فوق ١ م مربع ١٩٦٠٠ نيوتن، إذن يساوي الضغط ١٩٦٠٠ نيوتن/ن٢



الضغط

يصبح مقدار قوة الطفو مساوٍ لوزن مقدار السائل المنفصل الذي تم إزاحته بفعل الجسم. اكتشف هذا المبدأ عالم الرياضيات اليوناني أرخميدس منذ أكثر من ٢٠٠٠عام مضت، حيث عاش من ٢٨٧ إلى ٢١٢ قبل الميلاد، ويُطلق عليه قاعدة أرخميدس. للتبسيط يمكنك التفكير في قوة الطفو بأنها تشبه قوة رد الفعل من الماء.

إذا كان مكعب المادة يزن أكثر من مكعب الماء، تكون قوة الطفو المؤثرة لأعلى أقل من الوزن المؤثر لأسفل، وسيتسارع المكعب لأسفل. وإذا كان مكعب المادة يزن أقل من مكعب الماء، تكون قوة الطفو المؤثرة لأعلى أكبر من الوزن المؤثر لأسفل، وسيتسارع المكعب لأعلى.

الوزن النوعي والكثافة

يتحدد طفو الجسم من عدمه تبعًا لحجم الجسم المغمور في الماء ووزنه مقارنة بنفس الوزن من مقدار الماء. الكثافة النوعية هي معدل وزن الجسم إلى الوزن المساوي له من مقدار الماء

الجسم الذي له كثافة نوعية مقدارها ١,٠ أو أقل سيطفو. والمقياس الثاني الذي يمكن استخدامه في معرفة إذا ما كانت المادة ستطفو هو الكثافة

$$\rho = \frac{m}{V}$$

حيث

ρ= الكثافة.

m = الكتلة.

V = الحجم.

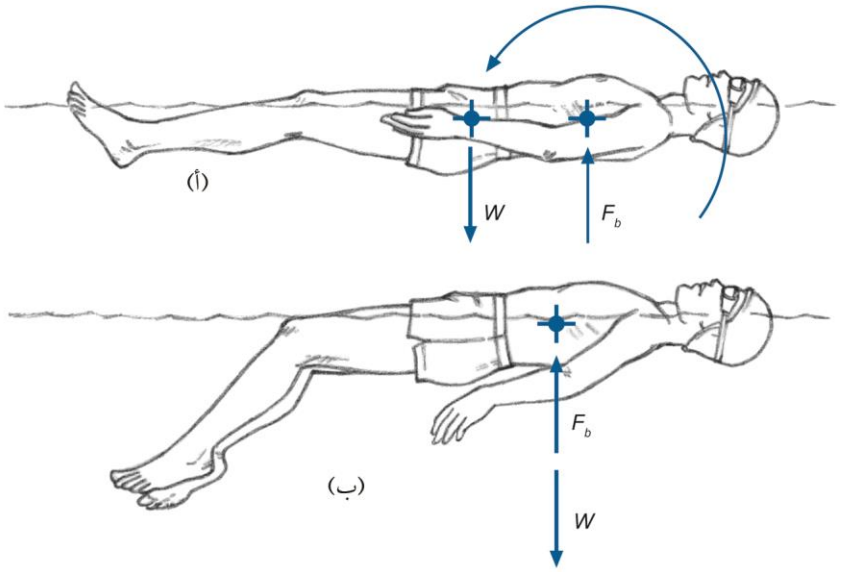
الطفو لجسم الإنسان

يبلغ مقدار كثافة العضلة والعظام أكثر من ١٠٠٠ كجم/م^{٣} (مقدار الكثافة النوعية أكبر من ١,٠)، بينما تبلغ كثافة الدهون أقل من ١٠٠٠كجم/م^{٣} (مقدار الكثافة النوعية أقل من ١,٠). تمثل الفروق في الكثافة أساس أساليب قياس الوزن تحت الماء والمستخدمة في تحديد تركيب الجسم.

لماذا هو من الصعب للغاية الطفو بالساقين في وضع أفقي؟ إذا حاولت الطفو على ظهرك والساقين في وضع أفقي، ستلاحظ سقوط الساقين أو دوران الجسم بأكمله في الاتجاه الرأسي كما في الشكل (٨,٢).

يرجع السبب في دوران الجسم إلى موضع رأسي أكثر أو في سقوط الساقين إلى أن قوة الطفو وقوة الجاذبية لا تعملان على الخط نفسه.

يمر خط عمل قوة الطفو خلال مركز حجم الجسم عوضًا عن مركز الجاذبية.

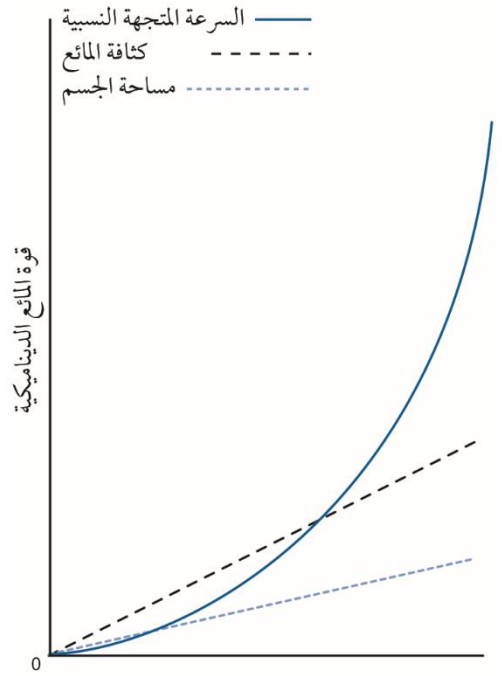


قوة ديناميكا الموائع: القوة الناتجة عن الحركة النسبية

قوة الطفو هي القوة الرأسية المبذولة على الجسم المغمور في المائع، وهي تحدث إذا ما كان الجسم في حالة سكون أو أنه في حركة نسبية إلى المائع.

حيث تتناسب قوى المائع الديناميكية مع كثافة المائع، والمساحة السطحية للجسم المغمور في المائع، ومربع السرعة المتجهة النسبية للجسم إلى المائع. تلخص المعادلة (٨,٤) هذه العلاقة:

- $F \alpha \rho A v^2$



حيث

α = يتناسب مع.

F = قوة ديناميكا المائع.

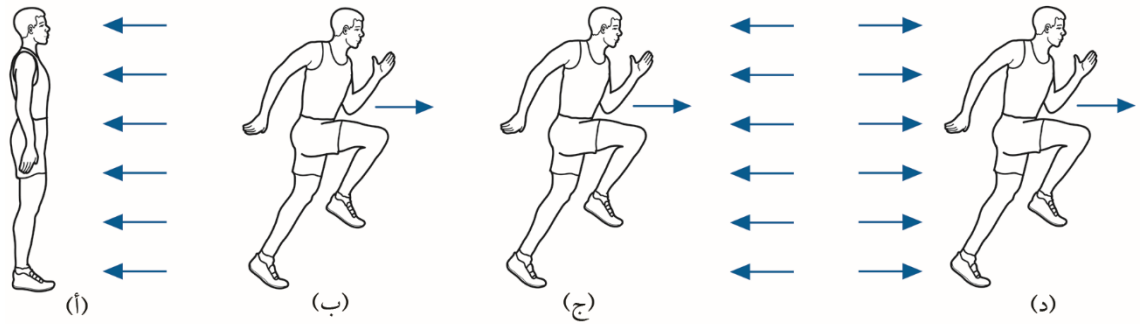
ρ = كثافة المائع.

A = المساحة السطحية من الجسم.

v = السرعة المتجهة النسبية للجسم نسبة إلى سرعة المائع.

السرعة المتجهة النسبية

عند التفكير في قوى ديناميكا الموائع المؤثرة على الجسم، علينا أن نأخذ في الاعتبار السرعة المتجهة للجسم وكذلك السرعة المتجهة للمائع نفسه.
تُستخدم السرعة المتجهة النسبية في تمثيل الفرق بين آثار السرعتين المتجهتين المطلقتين. السرعة المتجهة النسبية هي الفرق بين سرعة الجسم وسرعة المائع.

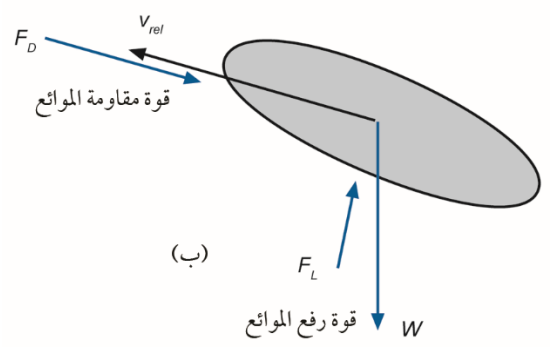


قوة المقاومة

تتكون عادةً قوة ديناميكا الموائع التي تنتج عن الحركة داخل المائع لأسباب عملية إلى مركبتين:

قوة المقاومة.

قوة الرفع.



$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho A v^2$$ ◦

حيث

F_D = قوة المقاومة.

C_D = معامل المقاومة.

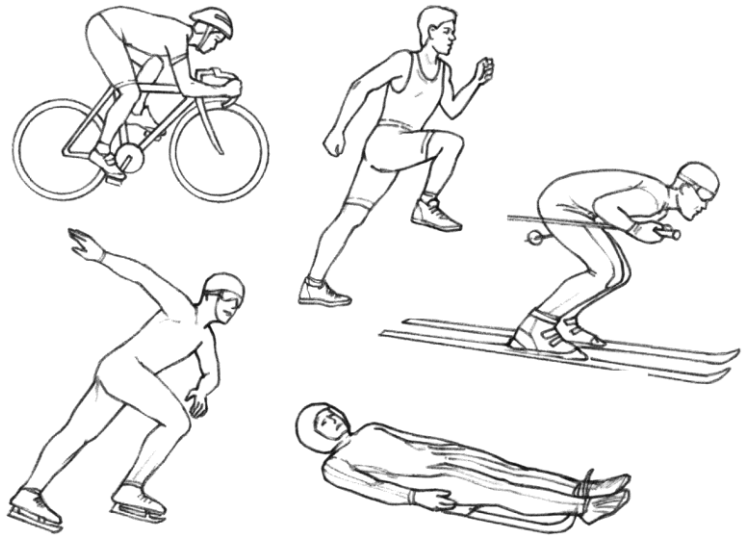
ρ = كثافة المائع.

A = المساحة المرجعية (وهي عادة مساحة المقطع العرضي من الجسم المتعامد مع السرعة المتجهة النسبية).

v = السرعة المتجهة للجسم نسبة لسرعة المائع.

قوة المقاومة

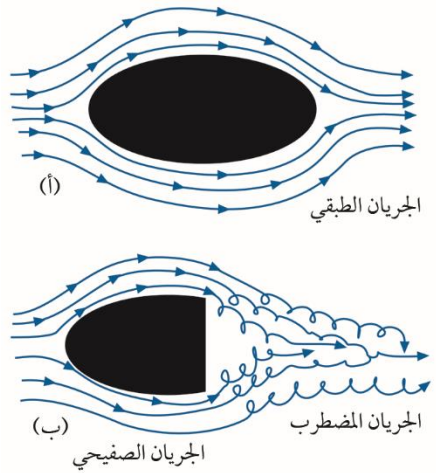
قوة مقاومة السطح



يُطلق على قوة مقاومة السطح أيضًا احتكاك الجلد أو مقاومة اللزوجة

بينما ينزلق جزيء المائع ليعبر سطح الجسم، يُقلل الاحتكاك بين السطح والجزيء من حركة الجزيء، ويقع على الجانب المقابل من هذا الجزيء جزيئات المائع التي تتحرك الآن أسرع من هذا الجزيء؛ لذا فإن تلك الجزيئات تقل سرعتها وهي تمر بالجزيئات الأقرب من الجسم. وتعمل هذه الجزيئات بدورها على إبطاء سرعة الجزيئات المجاورة لها. ولذلك تتناسب قوة مقاومة السطح مع الكتلة الكلية للجزيئات التي أبطأت سرعتها قوة الاحتكاك والمعدل المتوسط لتغير السرعة المتجهة لتلك الجزيئات.

مقاومة الشكل



يُطلق على مقاومة الشكل أيضًا مقاومة الهيئة، أو مقاومة الضغط. بينما يصطدم جزيء المائع لأول مرة بسطح الجسم الذي يتحرك خلاله، فإنه يقفز لأعلى، ثم يصطدم الجزيء بجزيء مائع آخر ويتم دفعه مجددًا نحو سطح الجسم. وبالتالي يميل الجزيء إلى اتباع الانحناء بسطح الجسم ويتحرك في ضوء شكل الجسم.

إستراتيجيات التقليل من قوة المقاومة

تظهر في المعادلة (٨,٥) أربعة متغيرات هي:

معامل المقاومة.

كثافة المائع.

مساحة الجسم.

السرعة المتجهة النسبية.

استراتيجيات زيادة قوة المقاومة

يرغب اللاعبون في بعض الحالات زيادة مقدار قوة المقاومة، حيث يقومون باعادة تشكيل أجسامهم أو استخدام الأدوات الرياضية التي تزيد من قوة مقاومة الشكل أو قوة مقاومة السطح أو من كليهما.

قوة الرفع

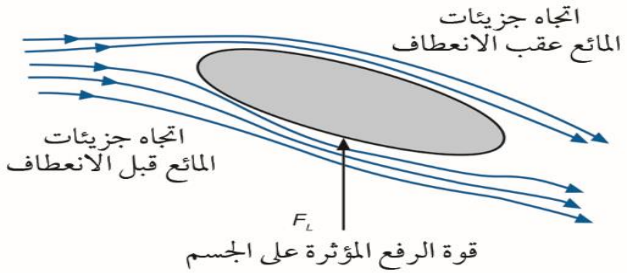
قوة الرفع هي مركبة قوة المائع الديناميكية التي تحدث عمودية على الحركة النسبية بين الجسم والمائع.

ويتمثل تأثير قوة الرفع عوضاً عن مقابلة الحركة النسبية للجسم في تغيير اتجاه الحركة النسبية للجسم خلال المائع.

تشير كلمة "رفع" إلى أن قوة الرفع تتجه لأعلى ولكن هذه ليست بالضرورة الحال، حيث يمكن أن تتجه قوة الرفع لأعلى، لأسفل أو لأي اتجاه. تتحدد الاتجاهات المحتملة لقوة الرفع تبعاً لاتجاه جريان المائع.

(٨,٦)	$F_L = \frac{1}{2} C_L \rho A v^2$	

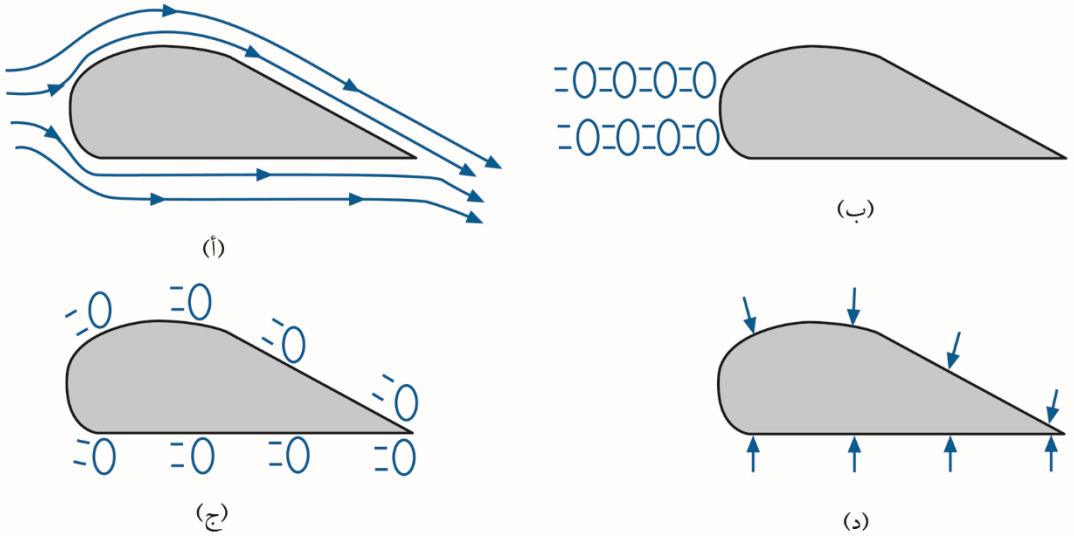
حيث
= قوة الرفع. F_L
= معامل الرفع. C_L
= كثافة المائع. ρ
= مساحة المرجع (عادةً المنطقة المستعرضة للجسم والمتعامدة على الحركة النسبية). A
= السرعة المتجهة النسبية للجسم فيما يتعلق بالمائع. v



مبدأ بيرنولي

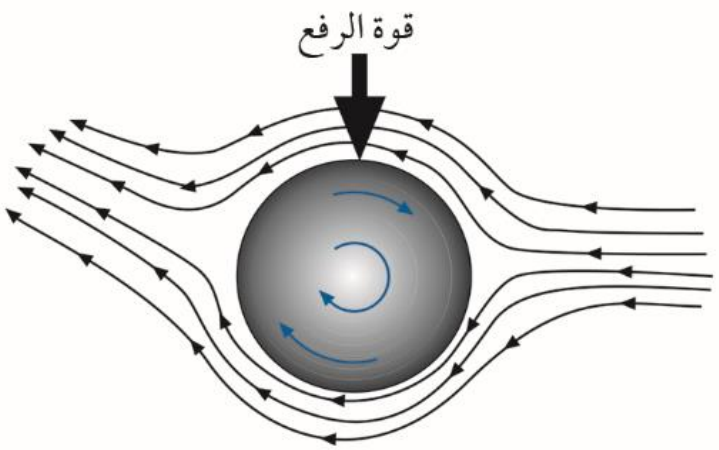
اكتشف عالم الرياضيات السويسري (١٧٠٠-١٧٨٢) دانيال بيرنولي عام ١٧٣٨ أن الموائع سريعة الحركة تبذل ضغط أقل من الجوانب مقارنة بالموائع الأبطأ حركة.

يعتبر شكل الجناح مثال لجسم يتضح أن البعد الأطول له يتوازى مع جريان المائع حتى أثناء خلق قوة الرفع. يوضح الشكل (٨,١٣أ) شكل الجناح في مقطع مستعرض، حيث تظهر أحد أسطح شكل الجناح (السطح العلوي لجناح الطائرة) أكثر انحناءً من الآخر.

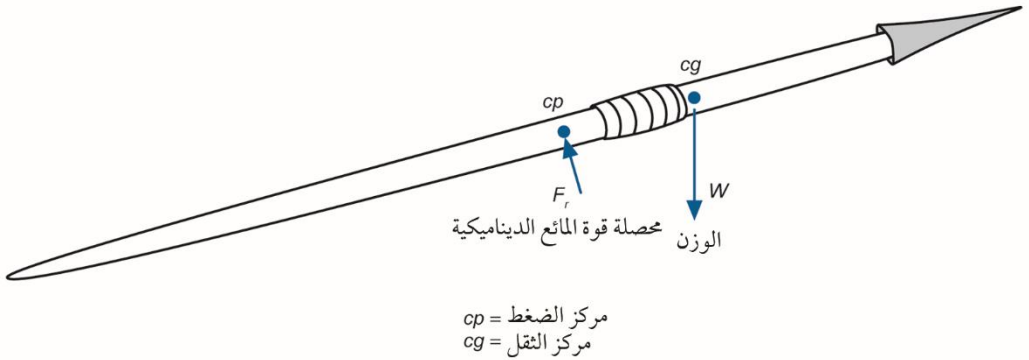


الدوران وتأثير ماجنوس

لاحظ العالم الألماني جوستاف ماجنوس عام ١٨٥٢ أن قوى الرفع أيضاً تتولد من دوران الكرات، ويُطلق على هذا التأثير تأثير ماجنوس، ويُطلق على قوة الرفع الناتجة من الدوران قوة ماجنوس



تأثيرات قوى المائع الديناميكية



التسارع هي آثار لقوى المائع الديناميكية ويتصل التسارع بجميع العوامل التي تتصل بها قوى المائع الديناميكية، رغم أن التسارع يتناسب عكسياً مع كتلة الجسم. وهو ما يعني أن الجسمين اللذين لهما حجم وشكل مماثل سيخضعان لنفس قوة المائع الديناميكية، بينما سيتعرض الجسم الأكثر ثقلاً لتسارع أقل. سيكون للرياح التي تهب بوجه عداء مسافات طويلة كتلته ٥٠ كجم تأثير أكبر لنفس الرياح التي تهب بوجه عداء مسافات طويلة كتلته ٧٠ كجم.