الفصل الثالث عشر

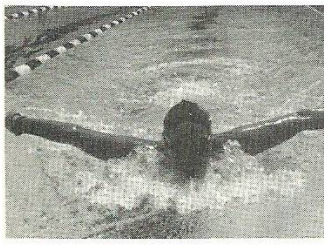
حركه الانسان في وسط سائل

HUMAN MOVEMENT IN A FLUID MEDIUM

بعد اكمال هذا الفصل سيتمكن القارى من :

- ✓ تفسير الطرق التي يؤثر فيها تركيب وخصائص السائل على القوى السائله.
- ✓ معرفه الطفو وتفسير المتغيرات التي تحدد طفو جسم الانسان.
- ✓ تعريف قوة السحب وتشخيص عناصر قوة السحب ومعرفه العوامل التي تؤثر على مقدار كل عنصر؟
- ✓ تعريف قوة الرفع وتفسير الطرق التي يمكن تولدها؟
- ✓ منافشه النظريات التي تتعلق بدفع جسم الانسان عند السباحه؟
- ✓ لماذا يكون هنالك ندبات في كره الكولف ؟
- ✓ لماذا يكون البعض قادرا على الطفو بينما لايتمكن البعض الاخر؟
- ✓ لماذا يركز متسابقي الدراجات، السباحون، متزلجي المنحدرات، متسلقي السرعه اهتماما كبيرا بخط سير اجسامهم خلال المسابقات كل من الهواء والماء.

ان الاوساط سائله تسلط فوق على الاجسام التي تتحرك خلالها بعض هذه القوى يعمل على ابطاء تقدم حركه الجسم والبعض الاخر يعمل على منح الاسناد والدعم او زيادة قوة الدفع بحيث يصبح المفهوم العام لتاثيرات القوى السائله على نشاطات حركه الانسان عنصرا هاما في دراسه حركات الانسان بايوميكانيكيا وختاما فان هذا الفصل يستعرض تاثيرات القوى السائلة على كل من الانسان وحركة المقذوفات.



THE NATURE OF FLUIDS طبيعة السوائل

على الرغم من ان مصطلح سائل Fluidغالبا ما يستخدم في امكانية التغير الداخلي لمصطلح سائل liquid من منظور ميكانيكي فالسائل fluid هو عباره عن أي ماده تميل الى الانسكاب او تغير شكلها باستمرار عندما تتاثر بقوة سطحيه فكل من الغازات والسوائل هي عباره عن سوائل ذات سلوكيات متشابهة.

Relative Motion الحركة النسبية

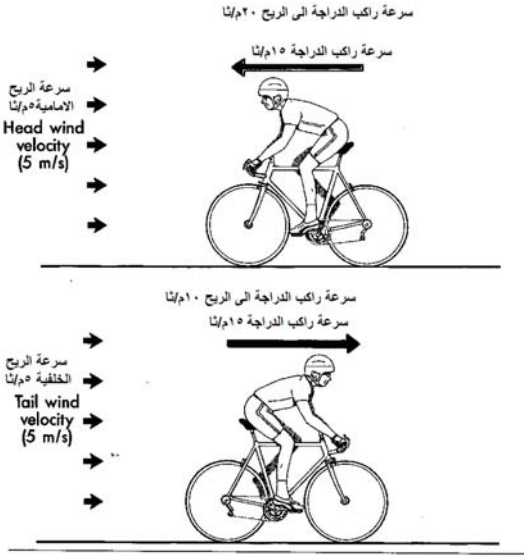
على اعتبار ان الماده السائلة هي عبارة عن وسط قادر على السيولة فان تاثير السائل على جسم يتحرك داخله لايعتمد فقط على سرعة الجسم ولكن يعتمد كذلك على سرعة السائل، اما فيما يتعلق بالغواصين في المياه الضحلة في نهر معتدل الجريان فان كانوا واقفين دون حركه فسيشعرون بقوة الجريان باتجاه سيقانهم، اما اذا كان يمشون ضد اتجاه الجريان، فان قوة الجريان باتجاه سيقانهم ستكون اكثر قوه ،اما اذا كانوا يسيرون في مجري واطئ فان قوة الجريان ستكون قليله وربما لايمكن الشعور بها.

عندما يتحرك الجسم داخل السائل فأن السرعة النسبية للجسم تتأثر بمجموعة من القوى فعندما تكون حركة الماده عكس اتجاه جريان السائل فسيكون مقدار السرعة النسبية للماده جبريا هو مجموع مقدار سرعتها وسرعة السائل(شكل1-13).اما عندما يكون اتجاه حركة الماده في نفس اتجاه السائل الذي تسير فيه فسيكون مقدار السرعة النسبية هو الفرق في مقادير سرعتي المادة والسائل، بعبارة اخرى تكون السرعة النسبية للجسم والسائل هي طرح سرعة السائل من سرعة الجسم (شكل2-13).

Laminar versus turbulent Flow طبقات الجريان المضطرب

عندما تتحرك مادة مثل "يد الانسان او مجداف قارب" (الكانوي) في الماء فسيكون هناك اضطراب بسيط ظاهري في الماء المحيط باليد او الزورق وعندما تكون السرعة النسبية المرتبطة بالسائل المحيط قليلة اما عندما تكون السرعة النسبية للحركة داخل الماء عالية فستحدث الموجات وستظهر الدوائر فوق الماء.

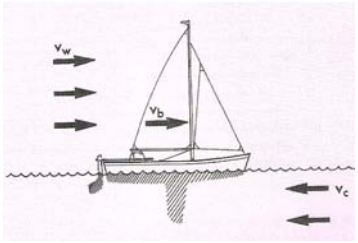
- ✓ الهواء والماء عباره عن سوائل تسلط قوى على جسم الانسان.
- ✓ ان لسرعة الجسم المرتبطة بالسائل تاثير على مقدار القوى المسلطة من السائل على ذلك الجسم.
- ✓ السرعة النسبية Relative Velocity :هي عبارة عن سرعه الجسم بالتناسب مع سرعة أي جسم اخر كسرعة السائل المحيط بذلك الجسم.



شكل (1-13) تكون السرعة النسبية للجسم المتحرك نسبة الى السائل متساوية لحاصل طرح سرعة الريح من سرعة الجسم.

عندما يتحرك شيئ او ماده بسرعة بطيئة في أي وسط سائل سيطلق على هذا السائل القريب بالجريان التموجي او الجريان الطبقي ويتميز الجريان التموجي بظهور طبقات هادئة من جزيئات السائل احدها موازيه الى الاخر.

شكل 2-13 يبحر زورق بسرعة مطلقة مقدارها 3م/ث مقابل مجرى ماء بسرعه 0,5م/ث وريح خفيفة 6م/ث فما هي سرعه الجريان المتعلقة بالزورق وماهي سرعة الريح المتعلقة بالزورق؟



المعلوم

س= 3م/ث

س2 = 0,5 م /ث

س ج = 6 م/ث

الحل ان سرعة الجريان المرتبطة بالزورق تكون مساوية لطرح السرعة الكلية للزورق من السرعة الكلية

س= (0,5 م/ث) – (3م/ث)

س = 2,5 م/ث

سرعة الجريان للزورق هي 2,5 م/ث بالاتجاه المعاكس لاتجاه سرعة جريان الماء

ان سرعة الريح بالنسبة للزورق مساوية لحاصل طرح سرعة الزورق من سرعة الريح

س = (6 م/ث)- (3 م/ث

س = 3 م/ث

ان سرعة الريح بالنسبه للزورق هي 3م/ث بالاتجاه المعاكس الذي يبحر به الزورق.

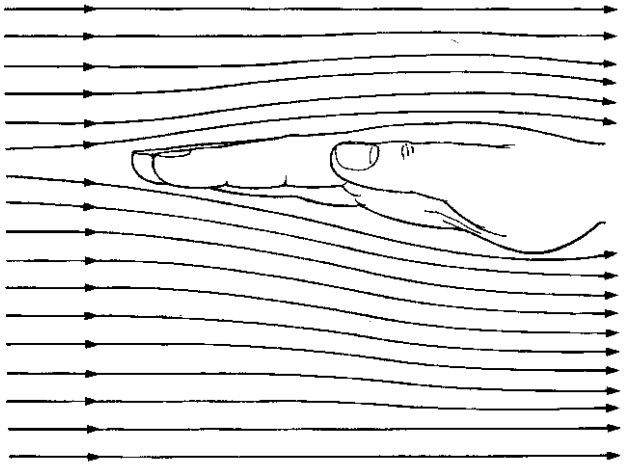
عندما تتحرك ماده بسرعة نسبية الى الماء المحيط فستختلط طبقات السائل القريبة من سطح المادة ويطلق على هذا الجريان (المضطرب).

ان السطح الاكثر خشونه هو السطح الاقل الذي يتسبب في حدوث اقل سرعة نسبية والاضطراب والجريان الطبقي والجريان المضطرب هما عبارة عن

انواع بارزة ففي حاله حدوث أي اضطراب فلن يكون هنالك جريان طبقي اما طبيعة جريان السائل المحيط بايه ماده فيمكن ان تتاثر بشكل كبير بالقوى المسلطة على المادة.

خصائص السائل Fluid Properties

هنالك عدة عوامل تؤثر في مقدار القوى التي يعمل على توليدها السائل وهي كثافة السائل ،الوزن المحدد، اللزوجة مثلما نوقش في الفصل الثالث تعرف الكثافه (أ) على انها كتلة / الحجم ،اما نسبة الوزن الى الحجم فتعرف بالوزن المحدد (r)



(شكل 3-13)Laminar flow :يتميز الجريان الطبقي بطبقات هادئه ومتوازيه من السائل

ان وسط السائل الاكثر والاثقل المحيط بالجسم هو الوسط الذي يسلط اكبر مقدار من القوى السائل عليه اما بالنسبة لخاصية اللزوجة لسائل فتستلزم مقاومة داخلية للسائل الجريان.

حيث ان اكبر مقدار لمقاومة تيار سائل بقوة معينة تعني اكبر لزوجة لذلك السائل فعلى سبيل المثال العسل الاسود هو اكثر لزوجة من سائل العسل،

فلزوجة السائل الزائدة تتسبب في زيادة القوى المسلطة على الاجسام المعرضة الى السائل.

يؤثر الضغط الجوي على كثافة السائل والوزن المحدد واللزوجة بكتلة عالية مركزه في وحدة معينه من حجم سائل في اعلى ضغط جوي واوطا درجة حرارة ونتيجة لزيادة الحركة الجزئية في الغازات ترتفع مع درجة الحرارة فان لزوجة الغازات بدورها ستزداد كذلك فان لزوجة السوائل ستنخفض مع ارتفاع درجة الحرارة نتيجة انخفاض لزوجة القوى بين الجزيئات،الكثافات،اواللزوجة للسوائل الشائعة موضحة في القائمه(1-13).

قائمه 1-13 الخصائص الفيزيائية التقريبة للسوائل الشائعة

السوائل	الكثافة(كغم/م3)	الوزن المحدد(ن/م3)	اللزوجة(ن ث/م3)
الهواء	1.2	11.8	0.000018
الماء	998	9.790	0.0010
ماء البحر	1.026	10.070	0.0014
اثيل الكحول	799	7.850	0.0012
الزئبق	13.550	133.000	0.0015

BUOYANCY الطفو

Characteristics of the Buoyant Force مميزات قوة الطفو

الطفو: عباره عن قوة السائل التي تاثر دائما الى الاعلى عموديا وقد حددت العوامل التي تحدد مقدار قوة الجسم الطافي عن طريق اليوناني (ارخميدس) حيث اشار مبدا ارخميدس الى مقدار قوة الطفو المؤثرة على جسم معين مساوية الى مقدار السائل المزاح من قبل الجسم اما العامل الاخر فيحسب عن طريق ضرب الوزن المحدد للسائل بحجم قسم من الجسم المحاط بالسائل وتحسب قوة الطفو (fb) على انها حاصل الحجم المزاح من السائل (vd) والوزن المحدد للسائل (R) .

FB =VDR

فعلى سبيل المثال اذا كانت كره الماء بولو بحجم 0.2 م3 تنغمر في الماء بدرجة 20 فان قوة الطفو المؤثرة على الكره ستكون مساويه لحجم الكره مضروب بالوزن المحدد للماء للماء بدرجة 20

Fb =var

fb= (3م0,2) (7,979)

fb = نيو 1958

ان الكثافة الاكبر المحيطة بالسائل هي عباره عن اكبر مقدار لقوة الجسم الطائف وبما ان ماء البحر تعتبر اكثر كثافه من الماء الصافي فان طفو ايه ماده سيكون اكبر في ماء البحر عنه في الماء الصافي ولان مقدار قوة الجسم العائم مرتبطة بشكل مباشر لحجم الجسم العائم فستكون النقطة التي ترتكز فيها قوة الجسم العائم هي مركز حجم الجسم العائم والتي تعرف ايضا بمركز الطفو اما مركز الحجم فهو النقطة التي يكون حولها حجم الجسم موزع بالتساوي في جميع الاتجاهات.

الطوف (العوم) Flotation

تعتمد عملية طوف الجسم في أي وسط سائل على العلاقة بين طوف الجسم ووزنه فعندما تكون قوى الجسم العائم ووزنه هما القوتان الوحيدتان اللتان تاثران على الجسم ومقداريهما متساوي:فان الجسم سيطوف بحالة ساكنة دون حركة استنادا الى مبادئ التوازن الثابت او الساكن اما عندما يكون الوزن اكبر من قوة الجسم العائم فان الجسم سيغطس متحركا الى الاسفل باتجاه محصله القوة.

ان معظم الاشياء تعوم بشكل ثابت وتكون غاطسة في الماء جزئيا اما حجم الشيئ المطلوب لتوليد قوة طوف مساوية لوزن الشيئ هو حجم الجسم الغاطس.

طوفان جسم الانسان Flotation of the Human Body

من الناحية البيوميكانيكية فان العوم او الطوف هو الاكثر اهمية بما يرتبط ببناء الجسم الانسان فوق الماء فبعض الاشخاص لا يستطيعون العوم بوضع غير متحرك وغيرهم يمكن ان يطوفوا بجهد بسيط والاختلاف في امكانية العوم يكمن في وظيفة وعمل كثافه الجسم وبما ان كثافة العظم والعضلة تكون اكبر من كثافة الدهن او الشحم فان الاشخاص اصحاب العضلات والذين لديهم شحم قليل في الجسم يمتلكون معدل عالي من كثافات اجسامهم اكبر من الافراد الذين لديهم قلة في العضلات اي اقل كثافة في العظام او ذوي الاجسام الشحمية فاذا كان هنالك شخصان لهما نفس الحجم فالشخص الذي يمتلك كثافه جسم اكبر سيكون وزنه اكبر اما اذا كان هنالك شخصان لهما نفس الوزن فالشخص الذي له كثافة جسم اعلى سيكون له حجم جسم اصغر ولحدوث العوم يجب ان يكون حجم الجسم كاف بشكل كبير لتوليد قوة عوم اكبر او مساوية لوزن الجسم(شكل

4-13).الكثير من الاشخاص يمكنهم العوم يستنشقون كميه كبيره من الهواء في الرئتين وهذا التكنيك يساعد في زيادة حجم الجسم دون حدوث تغير في وزن الجسم بشكل جزئي.

يحدد معدل انحراف الجسم العائم عن طريق الموقع التقريبي لمركز جاذبية الجسم الكلية بالتناسب مع حجم مركز الجسم الكلي،اما المواقع الدقيقة لمركز الجاذبية ومركز الحجم فتختلف باختلاف الابعاد الانثروبومترية وتركيب الجسم وبشكل دقيق فان مركز الثقل يكون اسفل مركز الحجم نتيجة الحجم الكبير نسبيا والوزن الصغير للرئتين ولان الوزن يتاثر في نقطة مركز الثقل والعوم على نقطة مركز الحجم فان عزم الدوران المتولد على تدوير الجسم ياخذ مكانه لكي تكون هاتين القوتين المترتبتين بشكل عمودي ويتوقف حدوث عزم التدوير (شكل 5-13).

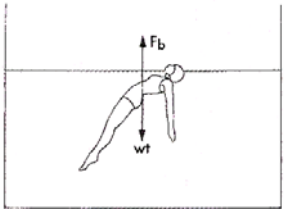
عندما يبدا السباحون بمحاولة العوم على ظهورهم فانهم يستخدمون وضع جسم افقيا عندما يرتخي السباحون فان النهاية السفلية للجسم ستغطس بسبب تأثر عزم الدوران، فالمعلم صاحب الخبرة يحاول حث السباحين اتخاذ وضع اكثر ميلان في الماء قبل الاسترخاء في العوم على الظهر حيث ان هذا الوضع يعمل على تقليل عزم الدوران ونزول الطرف السفلي في الماء.

يمكن للسباح استخدام ستراتجية اخرى لتقليل عزم دوران الجسم عند دخول وضع سباحه الظهر برفع الذراعين فوق الراس وتعمل هذه على رفع موقع مركز الثقل عن طريق تقريبه من مركز الجسم.

شكل 4-13 عندما تستنشق فتاة الهواء في رئتيها 22كغم وبحجم جسم 0,025 م3 ،فهل يمكن لهذا الفتاة ان تطفو في ماء صافي عندما تكون r تساوي 9810 نيوتن/م3؟ مامقدار وزنها وان تبقى قادره على الطوف في الماء.

المعلوم

M =22



V == 0,025

R = 9810

الحل

يظهر مخطط لجسم حر وجود قوتين تؤثران على الفتاة وزنها وقوه الطفو واستنادا الى شروط التوازن الساكن فان مجموع القوى العمودية يجب ان يساوي صفرا للفتاة كي تطفو بوضع ساكن عندما تكون قوة الطفو اقل من وزنها فانها ستغرق اما عندما تكون قوة الطفو مساوية لوزنها فانها ستطفو بالكامل اما عندما تكون قوة الطفو اكبر من وزنها فانها ستطفو جزئيا.

ان مقدار قوة الطفو الماثر على الجسم الكلي هي حاصل حجم السائل المزاح (حجم جسمها والوزن المحدد للسائل).

Fb = vr

Fb = (0,025) (9810)

نيوتن fb = 245

وزن جسمها سيكون مساويا لكتلة جسمها مضروبا بتعجيل الجاذبية

Wt = (22kg) (9,8 m\s2)

= 215,82N

وبما ان الطوف اكبر من وزن جسمها فان الفتاة ستطفو جزئيا في الماء (نعم انها ستطفو).

لحساب الوزن الاقصى الذي يمكن يدعمه حجم الفتاة في الماء الصافي . نضرب حجم الجسم بالوزن المحدد للماء

Wt max = (0,025 m2) (9810 N\m3)

Wt max = 242.25N

قوة السحب DRAG

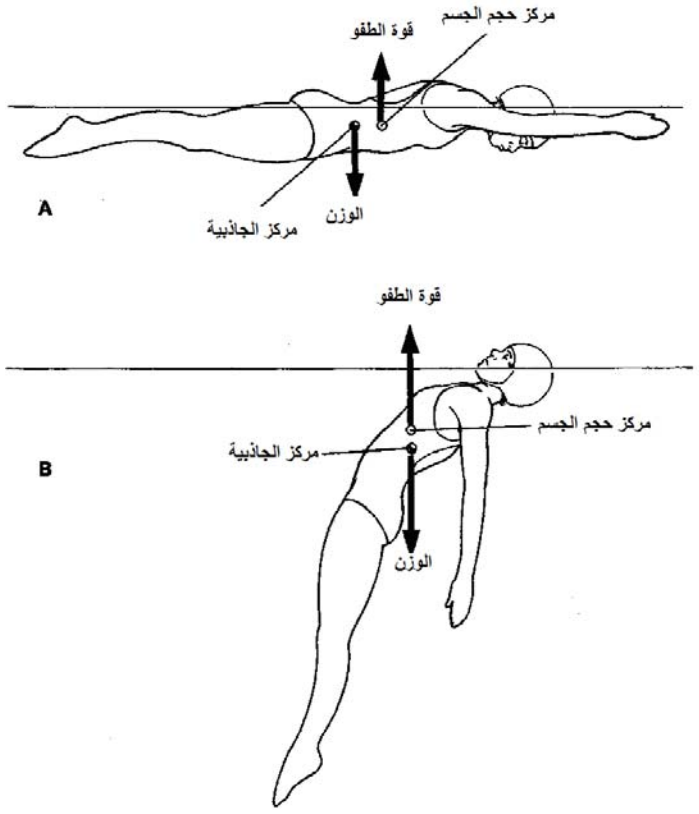
السحب عباره عن قوه تتسبب عن طريق تاثير حركي للسائل والذي ياثر على اتجاه نزول الماء في مجرى حر، على العموم فقوة السحب هي عباره عن قوه مقاومة التي تعمل على ابطاء حركة الجسم المتحرك في الماء.

ان قوة السحب (drag) التي تاثر على الجسم يتحرك في الماء يمكن ان تعرف بالصيغة التالية:

$$FD = 1\backslash 2\ CDPAPv2$$

في هذه الصيغة (fD)هي قوه السحب و (CD) معامل السحب و (P) كثافة السائل و (AP) هومنطقة سطح الجسم العمودية على مجرى الماء و V هي السرعة النسبية للجسم نسبة الى السائل بالنسبة الى معامل السحب فهو عباره عن عدد دون وحده ويستخدم كمؤشر لمقدار قوة السحب لمادة معينة يمكن ان تتولد حجم المعامل يعتمد على شكل وانحراف الجسم بالنسبه الى مجرى الماء وعموما فان معامل قوة السحب في الاجسام ذات الاشكال الانسيابية هو اوطا منه بالنسبة للأجسام ذات (النظامية) الاشكال غير النظامية.

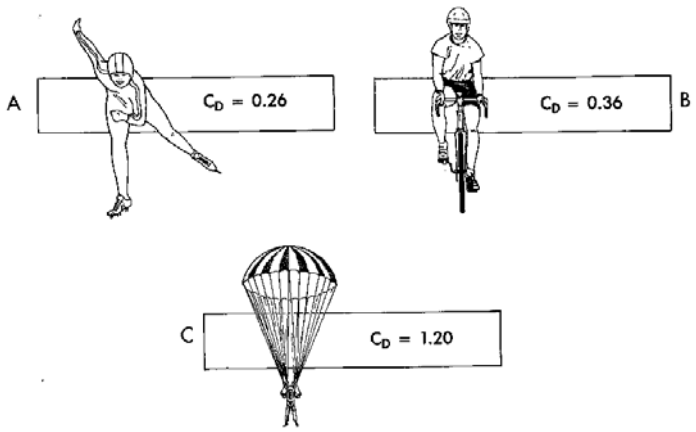
هنالك معاملات قوة سحب تقريبية لجسم الانسان في وضعيات مفترضة في انواع معينة من الرياضة موضحة في (الشكل 15-6)



(شكل 5-13) أ.عزم الدوران يتولد على السباح بواسطة وزن الجسم (مؤثرا على مركز الثقل) وقوه الطفو الى تاثر على مركز الحجم)

ب.عندما يكون مركز الثقل ومركز الحجم بشكل عمودي فيتخلص الجسم من عزم الدوران.

✓ معامل السحب (Coefficient of drag) هو عباره عن عدد بدون وحده وهو عباره عن مؤشر قابليه الجسم على توليد مقاومة الماء.



(شكل 6-13) المعامل التقريبية لقوة سحب جسم الانسان

أ. سحب امامي على زلاج سرعة.

ب. سحب شاقولي على دراجة في وضع مريح. ج. سحب شاقولي على منطاد ساقط مفتوح بالكامل.

تظهر صيغة قوة السحب الكلية الطريقة الدقيقة التي تاثر عندها كل من العوامل المحددة على قوة السحب فاذا بقي معامل السحب وكثافة السائل والمنطقة الظاهرة من الجسم ثابتة فان قوة السحب ستزداد مع مربع السرعة النسبية للحركة ويشار الى هذه العلاقة بقانون المربع النظري واستنادا الى هذا القانون فان ضاعف لاعبوا الدراجات سرعتهم وبقيت العوامل الاخرى ثابتة فان قوة السحب التي تواجهم ستتضاعف اربعة مرات أما تاثير قوة السحب فيصبح اكثر اهمية عندما يتحرك الجسم بسرعة عالية والتي تظهر في انواع من الرياضة كالدراجات، تزلج السرعة ،التزلج على المنحدرات.

كذلك تسبب الزياده والانخفاض في كثافة السائل في تغير قوه السحب ولان كثافةالهواء تنخفض مع زيادة الارتفاع فان العديد من الارقام العالمية سجلت في الالعاب الاولمبيه عام 1968 في (مكسيكو سيتي) وهي مكان يرتفع 2250 م وربما ساهم جزئيا في تقليل مقاومة الهواء المؤثر على المتنافسين.

التوقعات المستندة الى حسابات رياضية تشير الى ان قوة السحب وانخفاضها يعزى الى انخفاض كثافه الهواء في مكسيكو وتسجل 0,08 ثانيه من وقت بالانجاز في عدو 100 م و 0,16 ثانية من زمن السباق في سباق 200م اضافة الى الانجاز الرائع (لبوب بيمون)في الطفر العريض 8,9 م في تلك الالعاب بزيادة 2,4سم في حالة نفذت تلك الوثبة في مكان بمستوى سطح البحر.

في السباحة يشير البحث بان قوة السحب تتباين مع تباين الخصائص الأنثروبومترية للسباح اضافة الى سلسلة الحركات التي يوديها ومنها صفقة الذراع فالسباحون الكبار يميلون الى توليد قوة سحب اكبر منها عند السباحون الصغار اما العداءون فيميلون للتعرض الى قوه سحب اكبر مما يتعرض لها سباحو المسافات الطويلة اضافة الى ذلك يظهر السباحون المهرة قدرتهم على زيادة سرعة السباحة بالتزامن مع محاولاتهم تقليل قوة السحب او اظهار زيادة بسيطة.

واخيرا فان هنالك ثلاثه اشكال من المقاومة تساهم في قوة السحب الكلية اما مركبة المقاومة المهيمنة فتعتمد على طبيعة جريان السائل المتاخم للسائل.

احتكاك الجلد Skin Friction

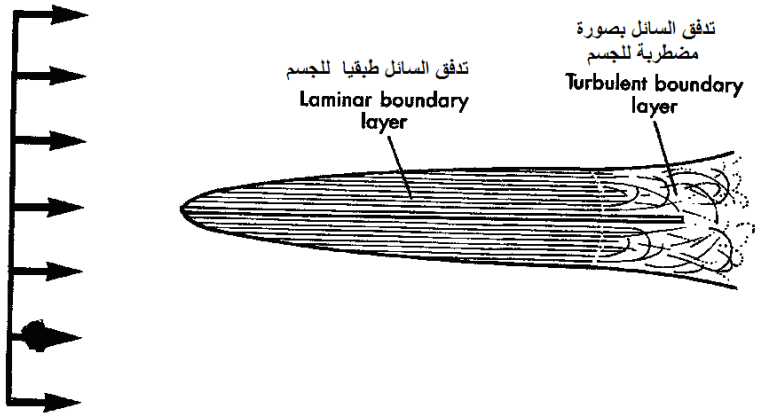
احد مركبات قوة السحب الكلية ويعرف ب (احتكاك الجلد) قوه (سحب السطح) او (قوه سحب اللزوجة) وتكون هذه القوه مشابهه لقوة الاحتكاك الموصوفة في الفصل (12) . وتصدر من الاحتكاكات الانزلاقية بين طبقات السائل القريبة لسطح الجسم (شكل7-13) تكون طبقه جزيئات السائل

القريبة من الجسم المتحرك بطيئه نتيجة الضغط السطحي للجسم المسلط على السائل اما بالنسبة لجزيئات السائل تباعا للطبقة المجاورة اللاحقة فتتحرك بسرعة اقل قليلا نتيجة الاحتكاك بين الجزيئات المجاوره اضافة الى تاثر هذه الطبقة من ناحية اخرى فان عدد طبقات السائل المتاثر تصبح اكبر بشكل متزايد وعندما يتحرك السائل باتجاه الاسفل على طول الجسم ونتيجة لذلك فان المنطقة الكلية التي تكون عندها سرعة السائل كبيرة نتيجة المقاومة السطحية الناتجة عن طريق حد الجسم المتحرك والتي تعرف بالطبقة المتاخمةboundary layer اما القوه المتجهة امام الجسم المسلطة على السائل والتي تعمل على توليد الطبقه المتاخمة فتسبب في توليد قوه رد الفعل والتي تسلط عن طريق السائل على الجسم وتعرف قوة رد الفعل هذه والتي تتجه الى الخلف ب(قوة احتكاك الجلد).

قوة رد فعل المتجهة الى الخلف تعرف بـ" احتكاك الجلد ".

هنالك عدة عوامل تاثر على مقدار قوه سحب احتكاك الجلد فهي تزداد تناسبا مع الزياده في السرعه النسبيه لتدفق السائل وفيها مساحه سطح الجسم الذي يحدث فوقه الجريان وخشونة سطح الجسم ولزوجة السائل اضافة الى احتكاك الجلد وهو على الدوام واحد من العناصر قوة السحب الكليه التي تاثر على الجسم المتحرك بالتناسب مع السائل وهذا هو الشكل الاساسي لقوه السحب الموجوده عندما يكون تدفق السائل طبقا (Laminar)

- ✓ احتكاك الجلد Skin frication :قوه سحب السطح وقوة سحب اللزوجة
- ✓ تشتق المقاومة من الاحتكاك بين الطبقات المجاوره للسائل القريب من الجسم المتحرك داخل الماء.
- ✓ الطبقة المتاخمة (Boundary layer) طبقة السائل المحاذية بالحال الى الجسم.



شكل 7-13 طبقة حد السائل لصفيحة مسطحة موضحة من مشهد جانبي تصبح طبقه الحد (laminar) تدريجيا اكثر سمكا عندما يتدفق على طول الصفيحة.

هنالك عامل اخر اضافة الى ما ذكر وهو قابلية الرياضي على تغير الخشونة النسبية لسطح الجسم فيمكن الرياضيين ارتداء الملابس الضيقة المصنوعة من النسيج رقيق على عكس ارتداء للملابس الفضفاضة المصنوعة من نسج خشن،فتنخفض قوة السحب بنسبه 10% عندما يرتدي زلاج السرعة قميص املس كنقيض للملابس القطنية وارتداء الدراج النوع المناسب من الملابس يمكن ان يعمل على تقليل مقاومة الهواء بمقدار 6% بضمنها الاكمام والاربطة اضافة الى الاغطية الرقيقة فوق الاحذية، وغالبا ما يقوم السباحون الذكور ومسابق الدراجات حلاقة شعر اجسادهم لتقليل من احتكاك الجلد وهنالك عامل اخر يؤثر على احتكاك الجلد والذي يمكن ان يتغير في بعض الظروف وهو مقدار منطقة السطح والتي تكون في حالة احتكاك مع السائل اما كمية حمل متسابق اضافي في سباق التجديف فيمكن ان تسبب زيادة في المنطقة السطحية المبللة وذلك لان الوزن المضاف كنتيجة لزيادة قوة سحب احتكاك الجلد سيكون كبيرا.

قوة الضغط From Drag

يطلق على المركبة الثانية لقوة السحب الكلية المؤثرة على الجسم المتحرك داخل سائل بقوة الضغط والتي تعرف كذلك بقوة سحب الجاذبية وهي عبارة عن مركبة واحدة من قوة السحب على الجسم المتحرك في السائل فعندما تكون الطبقة المتاخمة لجزيئات السائل بعد سطح الجسم المتحرك مضطربة فستكون قوة الضغط هي السائده وهي القوه المساهمة الرئيسية لقوة السحب الكلية في حركات الانسان وحركات المقذوفات.

عندما يتحرك جسم في وسط سائل بسرعة كافية لتوليد جيب هوائي مضطرب خلف الجسم فسيحدث فقدان للتوازن في الضغط المحيط بالجسم (ضغط تباييني) pressure differential (شكل 8-13)

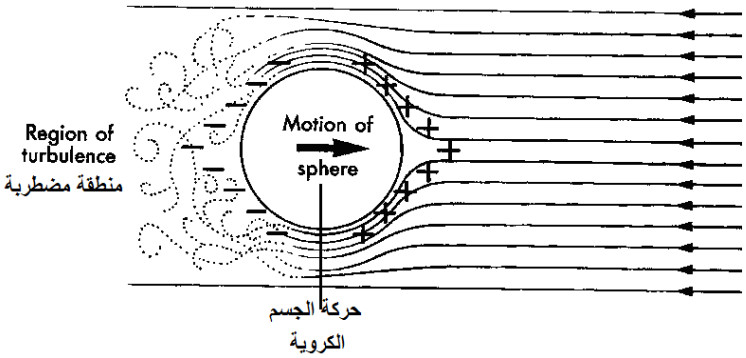
في نهايه التيار العلوي من الجسم عندما تلتقي جزيئات السائل براس الجسم فستتشكل منطقه من الضغط العالي نسبيا اما في نهايه المجرى السفلي من الجسم في المكان الذي يكون فيه الاضطراب موجودا فستتولد منطقة من الضغط الواطئ نسبيا ومتى ما حدث (الضغط التبايني) فستكون هنالك قوة متجهة من منطقه الضغط العالي الى منطقة الضغط الواطئ.

فعلى سبيل المثال المكنسة الكهربائية تعمل على توليد قوة امتصاص لان منطقة الضغط الواطئ نسبيا (الفراغ النسبي) سيظهر داخل تجويف المكنسة وهذه القوة تكون متجه من امام الى خلف الجسم في حركة نسبية داخل السائل مكونة شكل قوة السحب from drag.

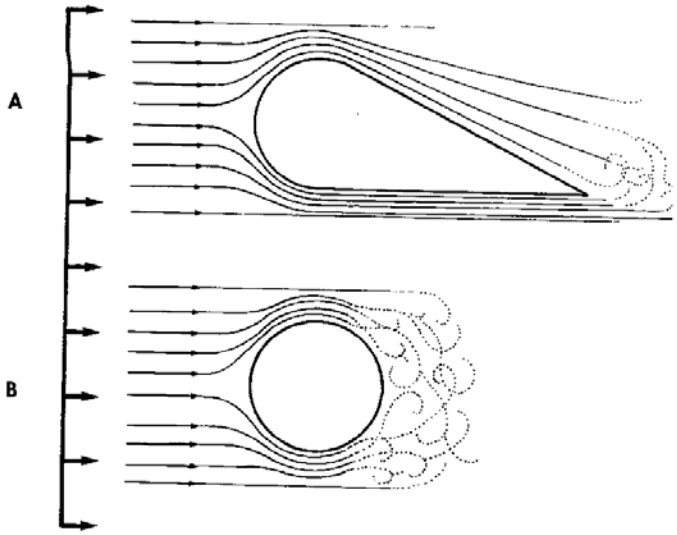
هنالك عدة عوامل تأثر على قوة السحب ومنها السرعة النسبية للجسم وبالنسبة للسائل ومقدار انحدار الضغط الموجود بين النهاية الامامية والخلفية للجسم وحجم المساحة السطحية والتي تتمد بشكل عمودي على مجرى السائل . ان كلا من الضغط التدرجي ومقدار المساحة السطحية العمودية على مجرى يمكن ان يكونا منخفظين لتقليل اثر قوة الضغط المشكلة على جسم الانسان فعلى

سبيل المثال يمكن ان يعمل المجرى الخطي فوق شكل الجسم على تقليل مقدار انحدار الضغط اضافة الى ذلك فان المجرى الخطي يمكن ان يقلل من كمية الاضطراب المتولد ومن ثم يعمل على تقليل الضغط السلبي الذي يتولد خلف الشئ او الماده) اما عند اتخاذ وضع اكثر انحناء في الجسم فيمكن ان يودي الى تقليل مساحه سطح الجسم البارز عموديا على مجرى السائل.

شكل ونوعية الملابس تساعد
على تقليل الاحتكاك مع الجلد



(شكل 8-13) تتولد قوة الضغط من الامتصاص مثل القوة المتولدة بين منطقه الضغط الموجب (الايجابي) على حافه الجسم الاماميه ومنطقة الضغط السالب (السلبيه) على حافه الجسم الخلفيه عندما تكون المنطقة مضطربة.

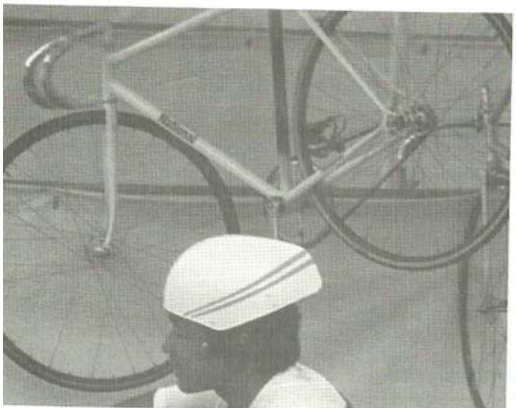


(شكل 9–13) يكون تاثير المسار المستقيم هو في تقليل الاضطراب المتولد في حافة النهاية الخلفية للجسم في السائل

أ. شكل مجرى مستقيم.

ب. كروي

✓ المسار المستقيم للجسم يساعد في تقليل قوة السحب.



مسار خطي (مستقيم) لقبعه سائق دراجه

يتخذ متسابقي الدراجات ومتزلجي الجليد وضع المسار المستقيم بالنسبة لاجسامهم مع اصغر مساحة ممكنة للجسم منحرفة عموديا على مسار الهواء، وبنفس الطريقة سباق السيارات ،هيكل اليخوت وبعض خوذ متسابقي الدراجات تصمم باشكال مستقيمة خطية فالعديد من متسابقي الدراجات يستخدمون عجلات غير مجوفة صلبة تساعد على تقليل قوة واضطراب الهواء افضل من استخدام العجلات المجوفة كذلك فان استخدام قميص التريثلون المبلل يمكن ان يقلل قوه السحب على السباح في سباق (التريثلون) سرعه 1,25 م /ث بقدر 14 %لان تاثير الجسم العائم بقميص مبتل تؤدي بالنتيجة الى انخفاض قوه الضغط على السباح from drag.

طبيعة الطبقة المتاخمة سطحية يمكن ان تأثر بانحدار على سطح الجسم المتحرك في الماء على قوه الضغط عن طريق تأثيرها المتدرج بين النهايتين الامامية والخلفية للجسم عندما تكون طبقة الحد هادئة فان السائل سينفصل عن الحد القريب من النهاية الامامية للجسم مولدا بذلك جيب مضطرب كبير مع ضغط سلبي كبير وبالنتيجة سيتولد قوه سحب كبيره (شكل 10-13).

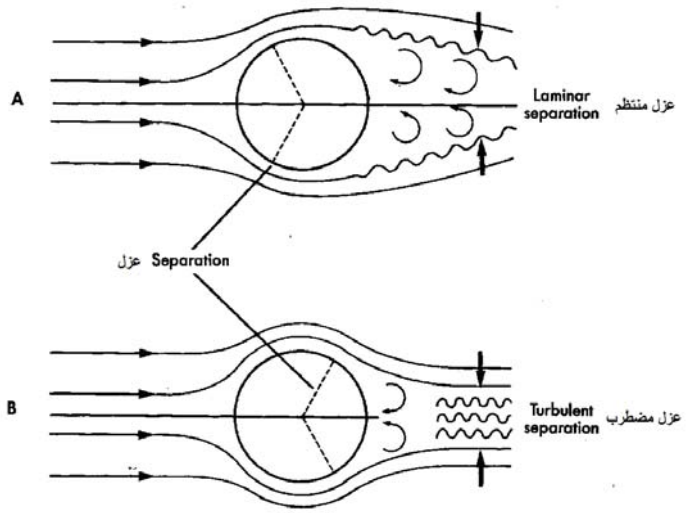
وعلى العكس من ذلك فعندما تكون طبقة الحد المتاخمة(الارتدادية) مضطربة وهائجة فستكون نقطة عزل المجرى قريبة من النهاية الخلفية من الجسم وسيكون الجيب المضطرب اصغر وستكون قوة الضغط الناتجة اصغر ايضا.

تعتمد طبيعة الطبقة المتاخمة (الارتداديه) على خشونة سطح الجسم وسرعه الجسم المتناسبة مع التيار فبينما تزداد سرعة الحركة النسبية لأي ماده ككرة الكولف فستظهر التغيرات في قوة السحب المؤثرة (شكل 11-13) وبينما تزداد السرعة النسبية الى درجة واضحة فسيكون قانون المربع النظري فعالا مع زياده قوة السحب مع مربع السرعه وبعد الوصول الى هذه السرعة الكبيرة تصبح الطبقة المتاخمة (الارتدادية) اكثر اضطرابا وستكبر قوة الضغط لان منطقة

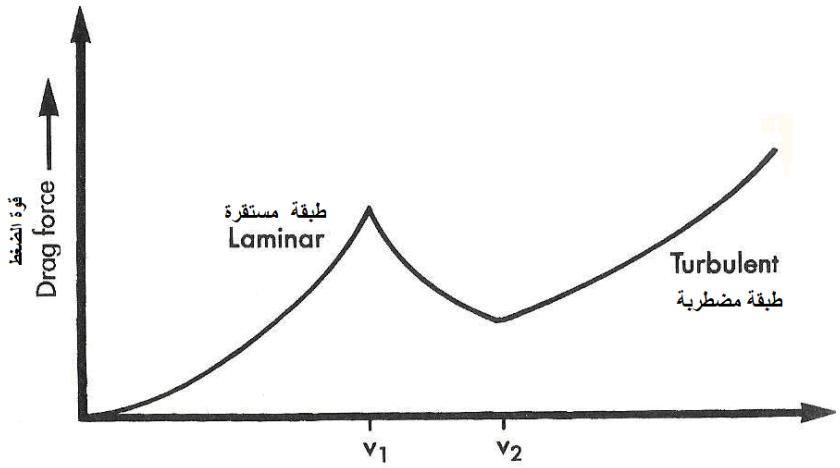
الضغط المنخفض على حافه الكره فيصبح صغيرا وبينما تزداد السرعة فان تاثيرات احتكاك الجلد وقوة الضغط ستكبر مؤدية الى زيادة قوة السحب الكلية.

ان النتوءات في كرة الكولف مصممة بشكل دقيق لتوليد طبقة ارتداديةعلى سطح الكره والتي تعمل بدورها على تقليل قوة السحب على الكره فوق السرعة التي يمكن لكره الكولف ان تتحرك.

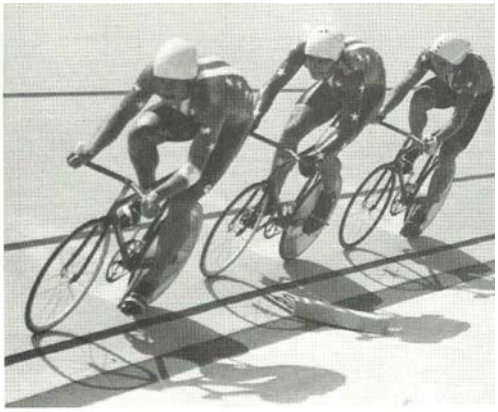
هنالك طريقة اخرى يمكن من خلالها ان تعالج قوة الضغط من خلال عملية السحب ان يكون المتسابق خلف المتسابق بشكل قريب جدا مثلما يحدث في سباق الدراجات او سباق السيارات اذ تعطي هذه العملية فائده في تقليل قوة الضغط على المتسابق الخلف لان المتسابق الاول يستر الحافة الامامية للمتسابق الخلفي من الضغط الزائد باتجاه التيار بالاعتماد على حجم الجيب للضغط المنخفض خلف المتسابق الاول فان عمليه امتصاص القوه يمكن كذلك ان تساعد في دفع المتسابق الخلفي اماما.



(شكل10–13) أ.يؤدي التيار الهادي الى عزل سريع وقوه سحب اكبر مخلفة اثر بالمقارنه مع ب. التيار المضطرب



(شكل11-13) بزياده السحب مع مربع السرعة حتى يكون هنالك سرعة نسبة كافيه (v1) بتوليد طبقه ارتدادية مضطربة وبينما تزداد السرعةv2 مع هذه النقطة ستزداد قوة السحب ثانية

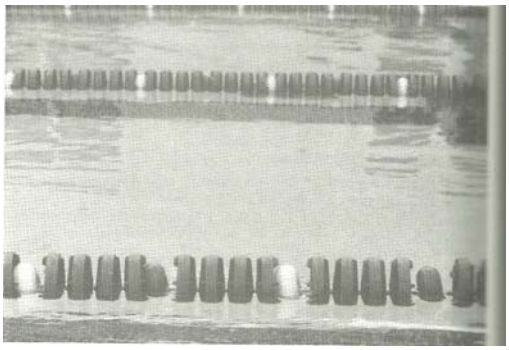


سحب متسابقي الدراجات لتقليل قوه الضغط

قوه سحب الموجة Wave Drag

يؤثر النوع الثابت لقوة السحب في عملية التداخل لسائلين مختلفين .فعلى سبيل المثال في الداخل بين الماء والهواء فعلى الرغم من ان الاجسام التي تغمر في سائل لا تتاثر بقوة سحب الموجه فهذا الشكل من قوة السحب يمكن ان يكون المساهم الرئيسي لقوة السحب الكلية التي تأثر على السباح وبشكل خاص عندما تكون السباحه في مياه مفتوحة فعندما يتحرك جزء الجسم الى الامام قرب او عبر تداخل الهواء والماء فستتولد موجه في السائل ذو الكثافه الاعلى (الماء) حيث تسلط قوة رد فعل الماء تسلط على السباح مكونة قوة سحب الوجه.

الموجة المنحنية المتولدة عن طريق السباح



تصمم خطوط الحارات في احواض السباحه لتقليل تاثير الموجة ،للمساعده في الحصول على اوقات اسرع

يزداد مقدار قوة سحب الموجه مع اكبر حركة علوية وسفلية للجسم ومع سرعة السباحة المتزايدة حيث ان ارتفاع قوس الموجة المتولدة سيزداد امام السباح بالتناسب مع سرعة السباح من ناحية اخرى وفي حدود سرعة معينة يصدر السباحون المهره موجات اصغر من السباحون الاقل مهاره نتيجة استخدام تكنيك افضل في الحركات العليا والسفلى في سباقات السباحة السريعة وتكون قوة سحب الموجة هي المركبة الاكبر لقوة السحب الكلية التي تؤثر على السباح واخيرا فان معظم احواض السباحة تكون خطوط الحارات (المجالات) مصممة لتقليل تاثير الموجة عن طريق تشتيت حركة ماء السطح.

قوه الرفع LIFT FORCE

عندما تؤثر قوى السحب باتجاه مجرى التيار فان هنالك قوه اخرى تعرف بالرفع (lift) وتتولد عموديا على مجرى التيار وعلى الرغم من اسمها يعني رفع (lift)أي انها تتجه عموديا الى الاعلى فانها يمكن ان تتخذ أي اتجاه ويحدد عن طريق اتجاه مجرى التيار وانحراف الجسم اما العوامل التي تاثر على مقدار قوة الرفع اساسا هي نفس العوامل التي تاثر على مقدار قوة السحب.

$$Fl = 1\backslash 2\ c2\ p\ ap\ v2$$

قوة الرفع = ½ معامل الرفع × كثافة السائل × مساحة السطح × مربع السرعة

في هذه المعادلة تمثل fl قوة الرفع وتمثل c2 معامل الرفع pهي كثافة السائل ap مساحة السطح التي يتولد مقابلها الرفع و v هي سرعة الجسم النسبية .

ان العوامل التي تاثر على مقادير قوى السائل التي نوقشت انفا ملخصة في القائمة(2-13)

قائمه 2-13 العوامل التي تاثر على مقادير قوى السوائل

القوة	العوامل
قوة العوم (الطوف)	الوزن المحدد من السائل،حجم السائل المزاح
قوة احتكاك الجلد	السرعة النسبية للسائل،مقدار مساحة سطح الجسم المعرضة للتيار ،خشونة سطح الجسم،لزوجة السائل
قوة السحب	السرعة النسبية للسائل،تباين الضغط بين الحافتين الامامية والخلفيةللجسم،كمية المساحة السطحية العمودية على التيار.
قوة سحب الموجة	السرعة النسبية للموجة،مقدار المساحة السطحية العمودية على الموجة،لزوجة السائل
قوة الرفع	السرعة النسبية للسائل،كثافة السائل،حجم،شكل ،انحراف الجسم .

الشكل الرمحي(المدبب) (foil shape)

يمكن ان تتولد قوة الرفع للجسم المتحرك بواحدة من الطرق التي تمثل باستخدام الشكل foil shape لتكون شبه المدبب (شكل12-13) وعندما يصطدم مجرى الماء بشكل المتجه المدبب ينفصل السائل مع بعض التيار فوق السطح المنحني وبعض التيار المستقيم الى الخلف على طول السطح المسطح في الجانب الآخر، من ناحية اخرى فالسائل الذي ينصب على السطح المنحني سيزداد ايجابيا بالتناسب مع مجرى التيار مولدا منطقة من تيار بسرعة عالية نسبيا.

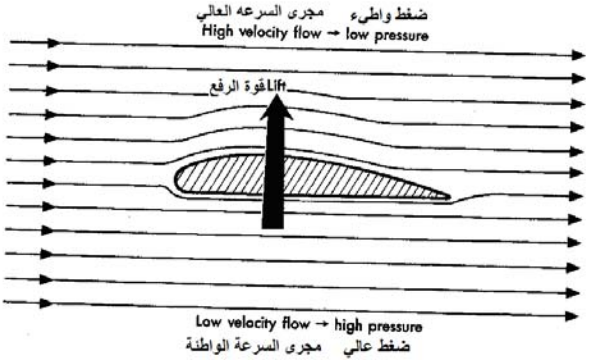
ان الاختلاف في سرعه التيار على الجانب المنحني من الجسم شبه المدبب مقابل الجانب المسطح للجسم يولد اختلافا في الضغط في السائل استنادا الى علاقة المشتقة عن طريق العالم الايطالي (برنولي) واستنادا الى "مبدا برنولي "Bernoulli principle الذي ينص على أن الضغط يقل عندما تزيد السرعة أي تكون مناطق مسار السائل ذو السرعة العالية نسبيا مرتبط بمناطق الضغط الواطئ نسبيا وتكون مناطق التيار ذو السرعة الواطئة نسبيا مرتبطة بمناطق الضغط العالي، وعندها تتولد هذه المناطق بضغطها العالي وضغطها الواطئ على الجوانب المتقابلة للجسم فسينتج قوه رفع تتجه عموديا على الصفيحة المعدنية من منطقة الضغط العالي باتجاه منطقة الضغط الواطئ.

هنالك عدة عوامل تؤثر على مقدار قوة الرفع المؤثرة على الجسم ومنها اكبر سرعه للجسم شبه المدبب بالنسبة الى السائل واكبر ضغط تباييني وقوة الرفع المتولدة اضافة الى ذالك فهنالك عوامل اخرى تساهم في ذلك ومنها كثافة السائل ومساحة السطح في الجانب المسطح للجسم شبه المدبب فعندما يزداد هذين المتغيرين فستزداد قوة الرفع وهنالك عامل اضافي اخر مؤثر ايضا وهو معامل الرفع والذي يشير الى قدرة الجسم على توليد الرفع بالاعتماد على شكل الجسم.

تمثل يد الانسان بشكل الجسم شبه المدبب عندما ترى من منظار جانبي فعندما يدخل السباح يده في الماء فسيتولد قوه رفع تتجه عموديا على راحة اليد حيث يستخدم السباحون في سباحه الايقاعيه حركه تجديف من خلال تحريك اياديهم في الماء بسرعه الى الخلف والامام للمناوره باجسامهم في مواقع مختلفة في الماء.

اما قوة الرفع المتولدة عن طريق حركات التجديف السريعه فيمكن ان تساعد السباحون النخبه في السباحه الايقاعيه في اسناد اجسامهم في وضع مقلوب بساقين ممدودتين تماما خارج الماء.

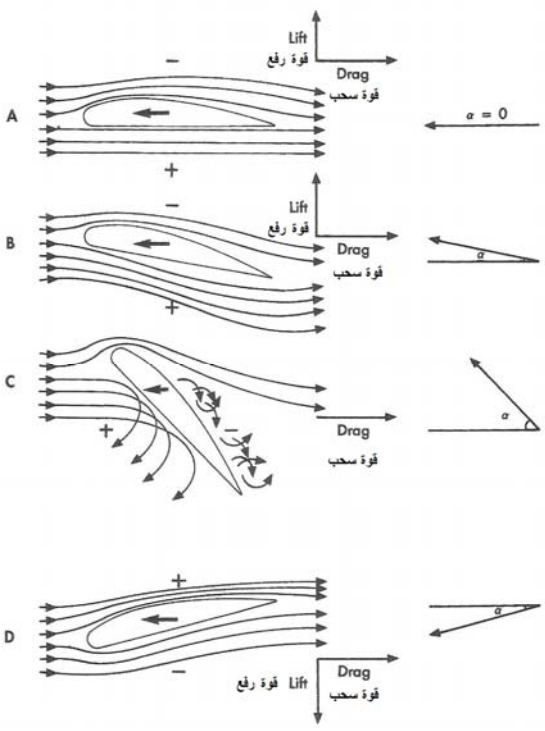
- ✓ مبدا برنولي(Bernoulli principle):عباره عن تعبير عن العلاقة العكسية بين السرعة النسبية والضغط النسبي في مجرى السائل.



شكل 12-13 قوة الرفع المتولده بواسطة الصفيحة تكون تتجه من منطقه الضغط العالي نسبيا على الجانب المسطح للصفيحة باتجاه منطقة الضغط واطئ نسبيا على الجانب المنحني للصفيحة.

ان الشكل الشبيه بالمدبب للمقذوفات كالقرص ،الرمح ،كرة القدم ،عصا الصيد يعمل على توليد بعض من قوة الرفع عندما ينحرف في زوايا دقيقة بالنسبة لاتجاه مجرى التيار، فالمقذوفات الهوائية كالكره او الجلة لاتشبه تماما الشكل المدبب ولا يمكنها توليد الرفع عن طريق ميزه الشكل.

تعتبر زواية انحراف المقذوفات بالنسبه لمجرى السائل (زاوية الشروع) عامل مهم في بدء توليد قوة رفع المقذوفات لاقصى معدلاتها لزيادة معدل الازاحة الافقية ومن ناحية اخرى فان تكون زاوية الشروع الموجبة ضرورية لتوليد قوه الرفع (شكل 17-13)



شكل 13-13 قوة السحب وقوة الرفع صغيرتان بسبب زاويه الشروع

أ) لاتعمل على توليد ضغط تباييني عالي وبشكل كافي عبر السطح العلوي والسفلي للجسم المدبب.

ب) زاويه الشروع التي تعمل على تعزيز الرفع.

ج) عندما تكون زاويه الشروع كبيره جدا لايمكن للسائل ان ينزل فوق السطح المنحني للجسم المدبب ولن تتولد قوة الرفع .

ء) عندما تكون زاوية الشروع دون الشروع الافقية فستتولد قوة الرفع بالاتجاه السفلي .

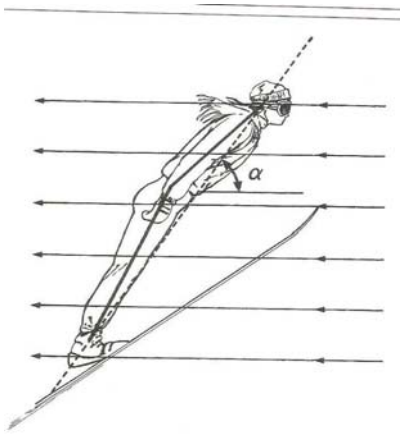
وبينما تزداد زاوية الشروع فان مقدار مساحة السطح المعروضة عموديا على مجرى السائل ستزداد كذلك وبالنتيجة يزداد مقدار قوة الضغط المؤثرة وباستخدام الارتفاع العالي لزاوية الشروع فان السائل لايمكنه المسير على طول الجانب المنحني وان يولد قوة رفع . فالطائرات التي تتخذ ارتفاعات شاهقه يمكنها ان توقف او تفقد ارتفاعها حتى يقلل الطيارون معدل انحراف الاجنحة للمساعدة في قوة الرفع .

لزيادة مسافة الطيران للجسم المرمي كالقرص او الرمح فمن الضروري زيادة قوة الرفع وتقليل قوة السحب اما قوة الضغط فتكون في ادنى مستوى

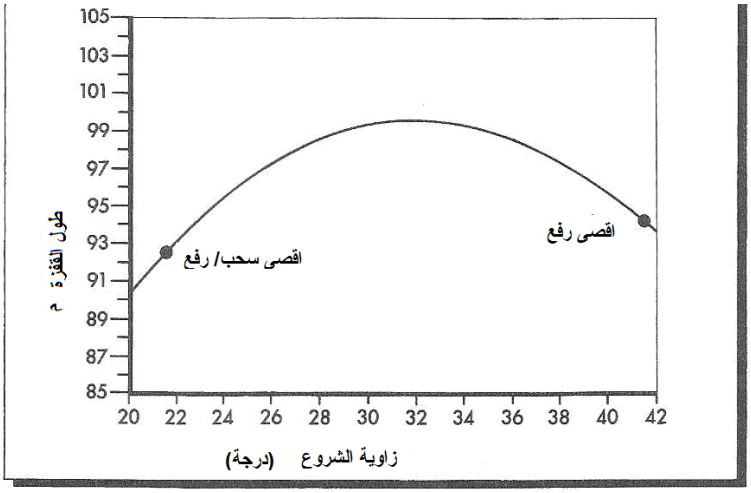
لها.وعندما تكون زاوية الشروع ومقدارها (صفر) وهي زاويه ضعيفه في توليد قوة الرفع فان زاويه الشروع المتوقعة لزيادة المعدل التي تكون عندها نسبه قوة الرفع /السحب في اقصاها فنسبه قوة الرفع /السحب لحركة بسرعة نسبيه 24 م /ث ستتولد بزاوية شروع 10 درجات.

عندما يكون المقذوف هو جسم الانسان فعند اداء القفز ستزداد تاثيرات قوة الرفع بينما تنخفض تاثير قوة السحب فعلى سبيل المثال في فعالية القفز على الجليد يصبح الاداء معقدا جدا ونتيجة للفترة الطويلة نسبيا التي يطير خلالها الجسم فان نسبة قوة السحب الرفع لجسم الانسان تكون مهمة بشكل كبير وتشير البحوث حول فعالية القفز على الجليد بضرورة قيام المتسابق بحني جسمه الى الامام بشكل مسطح بمساحة امامية كبيرة للمساعده في زيادة التعجيل من ناحية اخرى عند الارتقاء في الجزء الاول من الطيران يتوجب على القافزين ان يتخذوا زاوية شروع صغيره لتقليل قوة السحب(14-13) اما في الجزء الثاني للطيران يتوجب عليهم زيادة زاوية الشروع لاقصى قوه رفع.

- ✓ نسبه قوه الرفع / السحب lift drag ratio :وهي كميه قوة السحب مقوسة علي كميه قوة السحب الكلية الماثرة على الحجم في وقت معين.



شكل 14-13 تكون زاوية الشروع هي الزاويه المشكله بين المحور الرئيسي للجسم واتجاه مجرى السائل



شكل 15-13 العلاقه بين طول قفز الجليد وزاوية شروع المتسابق

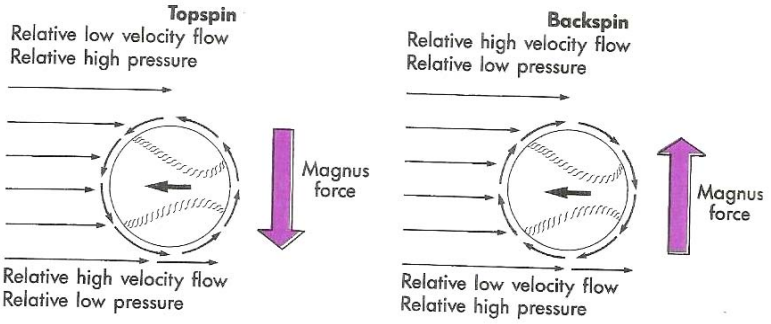
عندما تكون سرعات الارتقاء قليلة مثلما يحدث في سباقات القفز على المرتفعات الصغيرة يتخذ المتسابقون زاويه الشروع بقوة رفع مبكرة جدا عند الطيران وذلك لان تاثير قوة السحب غير كبير.

لاحظ الباحثون الذين درسوا رياضة القفز على الجليد بان اقصى طول للفترة لايظهر قي زاوية انطلاق الجسم لاقصى قوة رفع ولا في زاوية الانطلاق التي تكون عندها زاوية الرفع /السحب في اقصاها ولكنها تظهر فيما بين الاثنين (شكل 15-13) يتكون القفز على الجليد من الارتقاء ،الطيران والهبوط مع وضع الجسم في كل مرحلة وتاثيرها على وضع الجسم خلال المرحلة او المراحل اللاحقة لان تاثيرات وضع الجسم يجب ان تاخذ بعين الاعتبار بهدف الارتقاء بالانجاز ولان التحليل البيو مكانيكي في سباقات القفز على الجليد يكون معقدا جدا.

تاثير ماكنوس Magnus Effect

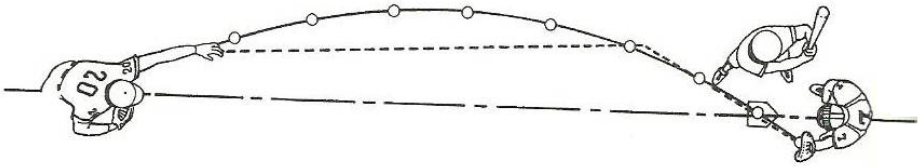
يمكن للمواد التي تدور مغزليا ان تعمل على توليد قوة للرفع فعندما تدور مادة وسط سائل، الطبقه المتاخمة لجزئي السائل المجاور لمادة سوف تدور معه وعندما يحدث هذا ،فان جزيئات السائل على جانب واحد من الجسم الدائر سيصطدم مباشرة بجزء التيار غير المتعرض للتاثير (شكل16-13) وهذا يعمل على توليد منطقة واطئة السرعة نسبيا وضغط عالي ما على الجانب الاخر من الماده التي تدور فان الطبقة المتاخمة ستستمر بنفس اتجاه مجرى التيار وبالنتيجه تعمل على توليد منطقة عالية السرعة نسبيا مع ضغط واطئ. ان عملية التباين في الضغط تولد مايسمى بالقوة العظمى Magnus force وهي عبارة عن قوة رفع متجهة من منطقة الضغط العالي الى منطقة الضغط الواطئ وتاثر هذه القوة على مسار طيران المقذوف مسببة انحرافا متزايدا في اتجاه المقذوف الذي يتحرك بشكل لولبي ويعرف الانحراف تاثر الجذب فعندما ترتطم كره التنس او كره الطاولة بنهاية مدوره فان الكرة ستنزل بصورة سريعة اكبر مما لو كانت بها حافة مدببة فتميل الى الحركة المتذبذبة بين السرعة والبطء فغالبا مايصعب على الخصم ان يعيد الكرة ومن ناحية اخرى فان الزغب الذي يحيط بكرة التنس يمكن ان يولد طبقة متاخمة كبيرة نسبيا من الهواء وحركتها الدورانية وبالنتيجة ظهور تاثير قوة Magnus effect كذلك فان تاثير بقوة يحصل ويحدث من الجانب المدور او المعزلي مثلما يحدث عند رمي الكرة بشكل قوسي (شكل17-13) والترجمه الحديثه للكره التي تسير بشكل قوسي هي الكره التي ترمى بشكل دوراني مسببا طيرانها بمسار قوسي باتجاه الدوران على طول مسار طيرانها ان الكرات التي ترمى بواسطه لاعبي الرمي ذوي المستويات العاليه تتحرك دورانيا ب 27 دوره لكل ثانيه وتنحرف افقيا بمقدار 40 سم فوق اللاعب للحصول على ابعد مسافة رمي .

في عام 1982 تصاعد الاختلاف بين لاعبي البيسبول المحترفين وبين العلماء حول المسار الذي تتخذه الكره المقذوفة بشكل قوسي،اذا ادعى اللاعبون بان مسار الكرة الذي تسلكه الكرة المقذوفة بشكل قوسي كان على امتداد خط مستقيم حتى تصل الى النقطة الحاسمة التي تكسر عندها وتنحني بشكل مفاجئ .



13-16 قوة ماكنوس (Magnus force) تنتج من الضغط التباييني المتولد بواسه الجسم الدوراني.

- ✓ قوة ماكنوس Magnus force : وهي عبارة عن قوة الرفع المتولد عن طريق الدوران.
- ✓ تاثير ماكنوس Magnus effect :هو عبارة عن انحراف في مسار المادة الدائرة باتجاه الدوران ناتجة من قوة المغنطة (Magnus force)
- ✓ ان الكره المقذوفة بشكل دوراني تاخذ مسار باتجاه منحني الدوران.



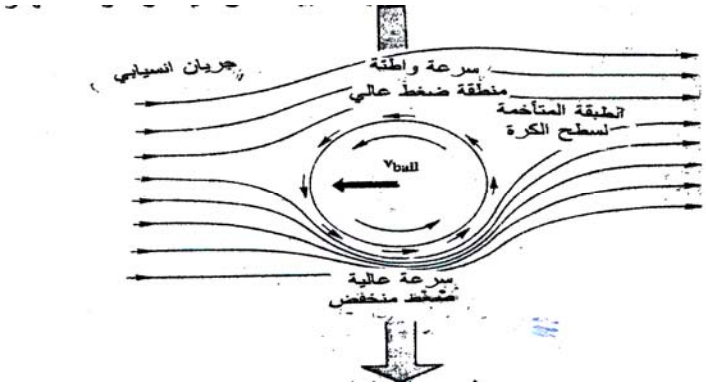
شكل 17-13 تاخذ الكرة ذات الجانب المدبب مسارا قوسيا منتظما نتيجة لتاثير قوة ما كنوس ويظهر الخط المتقطع الوهمي الذي يراه اللاعبون في الساحة.

فقد يتعزز هذا البحث عندما تضاف النهاية الدورانية الى الكرة وذلك لان تاثير القوى العظمى magnus effect للنهاية المدورة سيعمل على زيادة تاثير الجاذبية ومع ذلك فان المسار الحقيقي للكرة المنحنية عبارة عن قوس وثق بفليم شريط ذو سرعة عالية

يستخدم لاعبو كره القدم القوة العظمى للاستفادة في تنفيذ الركلات الحرة لتسجيل اهدافهم (ضربة الموزه banana shot) يمكن تنفيذها عندما يتخذ الضربة دورانها جانبيا على الكرة فيجعلها تتجه بشكل منحني حول الجدار المشكل من قبل الفريق الخصم امام الهدف (شكل 18-13) يكون تاثير قوة ماكنوس في اقصاه عند مايكون محور الدوران عموديا على اتجاه سرعة السائل المعتدلة حيث تصمم مضارب لعبة الكولف لتعطي دورانا خلفيا للكره المقذوفة وبالنتيجة توليد قوه ماكنوس تتجه الى الاعلى وذلك مايعمل على زيادة زمن الطيران ومسافة الطيران (شكل 19-13) فعندما تضرب كره الكولف جانبيا سيتولد الدوران حول المحور العمودي كنتيجة لحصول قوة عظمى منحرفه جانبيا تؤدي الى انحراف الكره عن مسارها المستقيم عندما تدور الكره دورانا خلفيا ودورانها جانبيا في التاثير الناتج "لقوة ماكنوس "على مسار الكره سيعتمد على انحراف محور الدوران الكره الناتج بالنسبة لمجرى الهواء وعلى السرعة التي تطلق بها الكره فعلى سبيل المثال عندما تطلق كره الكولف جانبيا تعرف شعبيا (باكلاب) (الى اليسار) او الشريحة الى اليمين فستتخذ الكره في هذه الحاله مسارا منحنيا الى جانب واحد.

العديد مِنْ عشاق كرة القدم سَيَتذكّرونَ الركلة الحرّةَ التي ركلت مِن قِبل البرازيلي (روبيرتو كارلوس) في نهائيات كاس العالم في فرنسا صيف 1998 حيث وُضعت الكرة على بعد 30 مترا مِنْ الهدفِ الذي يقف أمامه جدار مؤلف من خمسة لاعبين، ركل كارلوس الكرة في بدايتها إلى اليمين حتى اجتازت حائطَ المدافعين وعلى بعد متران على الأقل مما جَعلَ جامع الكرات الذي يقف على

بعد أمتار مِنْ الهدفِ مستعدا لاستعادة الكرة على أساس إنها خارج الهدف تقريباً و بطريقة سحرية استدارت الكرة على شكل قوّس إلى اليسارِ ودخلت الزاويةَ اليمنى العلياَ للهدفِ وسط دهشةِ اللاعبين و حامي الهدف وأجهزة الإعلام على حدّ سواء وعلى ما يبدو فان (كارلوس) قد تدرب كثيرا على مثل هذه الركلات في ساحةِ التدريب. وأصبحت الحركة عنده آلية في كَيفيةَ عمل قوس الكرةَ بضَرْبها في سرعة معيّنة ومَع دوران معين هو من المحتمل لَمْ، يَعْرفُ الأسس الفيزياوية التي تتحكم بالكرة .



تاثير ماكنوس في ركلة الزاوية

التفسير الأول : للقوس الجانبي قد درس مِن قِبل الفيزياوي الألمانيِ .(ماكنوس) " Magnus" في (1852) " كَانَ في الحقيقة يُحاولُ أَنْ يُقرّرَ لِماذا يُسرّعُ المقذوف بالانحراف (الكرة) إلى جانبِ واحد، لكن تفسيرَه يَنطبقُ على حد سواء في الكراتِ المركولة بشكل مقوّس في كرةِ القدم تقريباً وكذلك في الألعاب الرياضيةِ الأخرى مثل البيسبولِ والغولفِ والكريكتِ والتنسِ على اعتبار ان الكرة التي تُسرّعُ حول محورِها العمودي تؤدي إلى تدفقِ الهواءِ حولها تنحرف الى اليسار اما بالنسبة للضغط الجوي الخارجي يكون أسرع نسبة إلى مركزِ الكرةِ حيث أنَّ محيط الكرةِ يَتحرّكُ في نفس اتجاه التيار الهوائي. هنا الضغط الجوي ينخفض طبقاً لمبدأِ (برنولي) (Bernoulli). يَحْدثُ التأثيرُ المعاكسُ على الجانبِ

الآخرِ للكرةِ بحيث يصبح الضغط الجوي أبطأ نسبة إلى مركزِ الكرةِ، لذا يودي ذالك في احداث فقدان التوازن وبالنتيجة حدوث انحراف في الكرة الى جانب خلال مرحلة الطيرانِ الجسم المقذوف الذي يعرف "تأثير Magnus

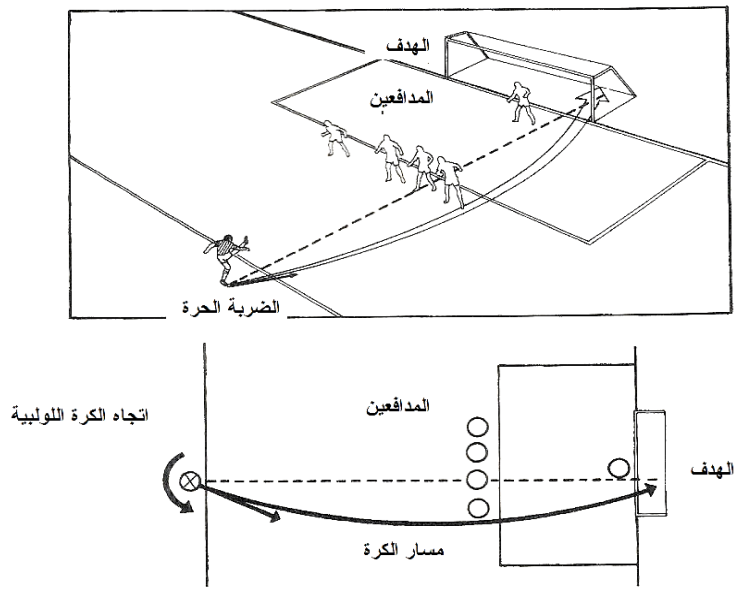
تقسم القوى التي تعمل على تَسْريع الكرةِ التي تَطِير في الهواء عموماً إلى نوعين:

الأول : قوة ميسرة وقوة عائقهِ .إنّ قوةَ الدوران للجانب (sideward) التي هي المسئولة عن تأثيرِ(Magnus) اما القوة المعيقة فتكون بالاتجاه المعاكسِ لاتجاه الكرة .

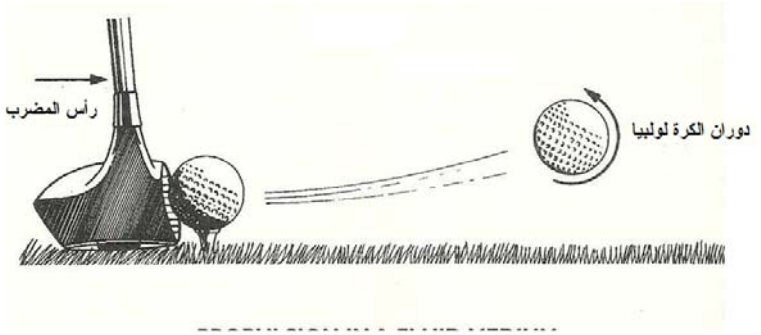
إذا أردنا أن نَحْسبُ القوى المؤثرة او المعيقة في ركل الكرة . على افتراض أنَّ سرعة الكرةِ 25–30 متر بالثانية (حوالي 70 ميل بالساعةَ) والتي تدور من 8–10 دورات بالثّانية. في كرة القدم التي يَجِبُ أَنْ يكونَ كتلتها 410–450 غرام او(4018 – 4410) نيوتن للوزن ، فالكرة المركولة بتعجيل حوالي (8) مترا في الثانية ومنذ لحظة طيران الكره في الهواء لتقطع 30 مترا فان القوة المؤثرة يُمْكِنُ أَنْ تَجْعلَ الكرةَ تَنحرفُ بمقدار 4 أمتار عن الخط الطبيعي لمسار الكرة الطبيعيِ (المستقيمِ.) وهذا كاف للتغلب على مهارة أيّ حامي هدف ومن ثم الدخول للمرمى معلنة تسجيل الهدف .

ان القوة المعيقة على الكرة تزِيدُ بمربعِ السرعةِ على افتراض أنَّ مساحة المقطع العرضي للكرة لا تتغير ويظهر بانها تعتمد أيضاً على سرعةِ الكرةِ.

ونتيجة لذلك فعندما تكون حركة الكرة بطيئة فستواجه مستوى عالي نسبياً من القوة المعيقة. لكن إذا تمكنت أَنْ تَركل الكرةَ سريعا بما فيه الكفايةَ ليكون التيار الهوائي فوقها عاصفُا، فان الكرة تُواجهُ قوة إعاقة صغيرةِ. أي كرة قدم سريعة تشكل مشكلةُ مضاعفةُ لذا فان حامي الهدف لا يفكر فقط في الكرةُ التي تَتحرّكُ في السرعةِ العاليةِ، هو أيضاً لا يَتباطأُ بقدر التوقع. ربما أفضل حماةِ الهدف يَفْهمونَ الفيزياءَ أكثرَ بشكل حدسي اكثر من ادراك ذلك.



شكل 18-13 تؤدي ضربه الموزه (banana shot) في الكره القدم الى كسب الكره دورانا جانبيا

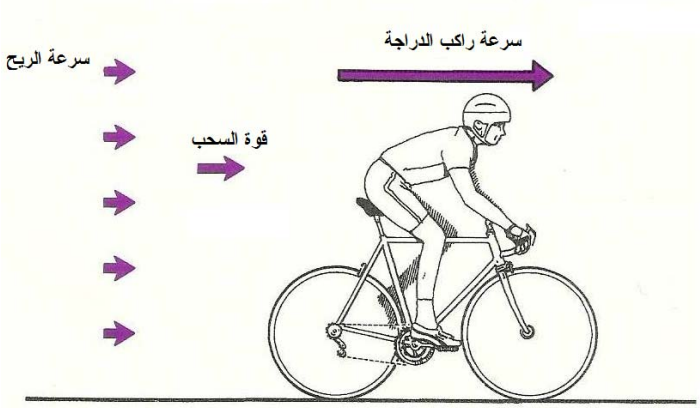


(شكل 19-13) تصمم العلبة في مضرب الكولف لتوليد الدوران الخلفي على الكرة فترتفع الكرة بصوره صحيحه بسبب تاثير ماكنوس

بينما تنزل الريح على راس العداء او متسابق الدراجات عن طريق زيادة قوة السحب المؤثره فيمكن للريح الخلفيه ان تساهم في عمليه الدفع للامام حيث تشير الحسابات النظرية العلمية تشير الى ان الريح الخلفية 2م/ث تعمل على تحسين زمن الركض في سباق – العدو100م) بم يقارب 0,18 ثانية ولذلك تاثر الريح الخلفية على سرعة النسبية للجسم بالتناسب مع الهواء وبالنتيجة تقل قوة سحب المقاومة الماثره على الجسم وبهذا فان سرعة الريح الخلفية الكبيرة من سرعة الجسم المتحرك ستعمل على توليد قوة سحب باتجاه الحركة (شكل18-13) تسمى هذه القوة قوة السحب الدافعة (propulsive drag)

يكون تحليل قوى السائل على السباح اكثر تعقيدا فتاثير قوة سحب المقاومة على السباح اضافة الى القوى الدافعة المسلطة بوسطة الماء في رد فعل حركات اجزاء الجسم عند السباحة تظهر شكلا معقدا من قوة السحب وقوى الرفع في كل دوره ضربة فقد لوحظ بانه حتما بين السباحين ذوي المستويات العاليه هنالك معدل كبير من الاشكال الحركية لضرب الماء وكنتيجة لذلك فقد افتراض الباحثون عده نظريات ترتبط بالطرق التي يستخدمها السباحون داخل الماء لدفع اجسامهم.

- ✓ قوة السحب الدافعة propulsive drag: هي القوة الماثرة باتجاه حركة الجسم



شكل (20-13) قوة السحب الماثره بنفس الاتجاه لحركه الجسم ربما تكون فكره من قوة السحب الدافعه لانها تساهم في سرعه الجسم الى الامام

نظريه قوة السحب الدافعة Propulsive Drag Theory

ان النظرية الاقدم لقوة الدفع في السباحة هي نظرية قوة السحب الدافعة والتي عرفت عن طريق كونسليمان counsilman وسيلفا silvia واستندت على قانون نيوتن الثالث في الحركة واستنادا الى هذه النظرية فعنما تتحرك ذراعي السباح الى الخلف في داخل الماء فان رد الفعل المتجهة الى الامام والناتج عن طريق الماء سيعمل على توليد القوة الدافعة اضف الى ذلك فان النظرية افترضت ايضا بان المركبات الافقية للحركة الخلفية الى الخلف والسفلية للقدم والحركة العلوية والخلفية للقدم المقابلة للقدم ستولد قوة رد فعل متجهة الى الامام من الماء.

اظهرت الافلام عن السباحين المهره في السرعة العالية بان ايدي واقدام هولاء السباحين) تتخذ مسار متعرج (zigzag) على عكس المسار الخلفي المستقيم straight داخل الماء وقد حورت النظرية فافترضت بان هذا النوع من شكل الحركة سيعمل على مساعدة اجزاء الجسم لدفع مقابل السكون او حركة الماء البطيئة بدلا عن الماء المتجه الى الخلف وبالنتيجة تولد قوة سحب دافعه

اكبر ومع ذلك فان قوة السحب الدافعة ربما لا تكون المساهم الرئيسي للدفع في السباحة.

نظريه قوة الرفع الدافعة Propulsive Lift theory

في 1971 افترضت هذه النظريه عن طريق (كونسليمان) واستنادا الى هذه النظرية يتخذ السباحون شكل شبه المدبب لليد باستخدام حركات جانبية سريعة داخل الماء لتوليد عملية الرفع ويقاوم الرفع باستخدام الحركة السفلية لليد وثبات مفصل الكتف والذي يعمل على نقل القوه المتجهة اماما للجسم دافعة اياه خلف اليد.

في عام 1075 عدلت هذه النظرية عن طريق فيبري firby باقتراح اشار الى ان استخدام السباحين لاياديهم واقدامهم كقوى رفع وتغير منتظم في ميلان وانحدار اجزاء الجسم بهدف استخدام الزاوية الاكثر فعالية عند الانطلاق (شكل 13-21)

هنالك عدد من الباحثين انصب عملهم على دراسة القوى المتولده عن طريق اجزاء الجسم عند السباحة فقد تبين بان قوه الرفع تساهم في عملية قوة ونبين ايضا مساهمة وتاثير قوتي الرفع والسحب على امتداد دوره ضرب الماء باليد ان الاسهامات النسبية لقوة الرفع وقوة السحب تتباين مع ضربة اليد للماء ومع شكل الضربة اضافة الى السباح نفسه فعلى سبيل المثال فقوة الرفع هي القوة الرئيسية الماثره في سباحة الصدر بينما تساهم قوة الرفع وقوة السحب بشكل مختلف في اشكال مختلفة من السباحة الامامية (Crawl).

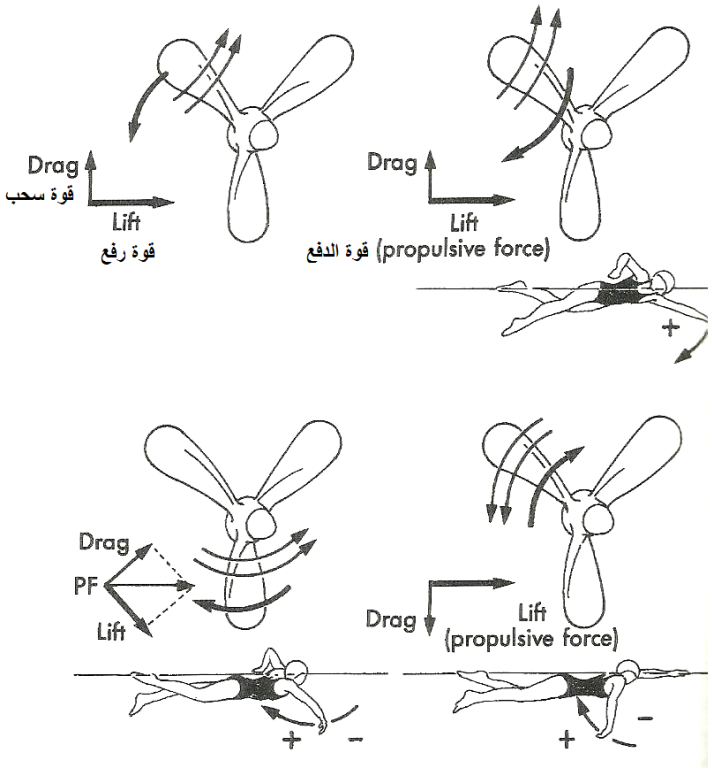
مثلما تكون سرعة الركض ناتج لطول الخطوة ومعدل الخطوة تصبح في السباحة حاصل طول ضرب الذراع للماء (stroke) ومعدل الضربة اما طول الضربة يرتبط مباشر بسرعة السباحة بين السباحين المتنافسين في السباحة.

في انواع السباحة البطيئة يكون السباحون المهره في السباحة الحرة قادرين على المحافظة عل مستويات عالية وثابته لطول الضربة (sl) مع انخفاض متزايد في طول الضربة عندما تزداد شدة التمرين بسبب تعب العضلة من ناحية اخرى فقد لوحظ نفس الظاهره في فعاليات المسافات بانخفاض عام في طول الضربة stroke length وسرعة السباحة على مدار السباق.

يفترض عدد من الباحثين بان سباحي الحره الذين يطمحون الى تحسين الانجاز في السباحة يتوجب عليهم التركيز على استعمال قوه اكبر في الماء عند كل صفقة وذلك لزيادة طول الصفقة كمقابل للسباحة الاسرع بين سباحي الظهر على الرغم من ان القابيلة على انجاز سرعة سباحة عالية تكون مرتبطة بطول الصفقه بمستويات دون القصوية فالسرعة المتزايدة تنفذ عند زيادة معدل الصفقه (sR) وانخفاض طول الصفقه (sL) هنالك ناحيه فنية متباينة من حيث الاهمية في السباحة الحره وهي تكور الجسم ففي احدى الدراسات وجد بان السباحين ذوي المستويات العالية تتكور اجسامها بمعدل يقارب 60 درجة للجانب عديم النفس فقد اتضح بان عملية تكور الجسم مهمة جدا لانها تعمل عل مساعدة السباح باستخدام العضلات القوية الكبيره للجذع اكثر من اعتماد السباح على عضلات الكتف والذراع يتضح من عملية تكور الجسم لتاثيره على مسار اليد داخل الماء بمقدار تاثير في الحركات الجانبية الوسطية للذراعبالنسبة للجذع.

- ✓ نظريه قوة السحب الدافعة وهي النظرية التي تعزو قوة الدفع في السباحة الى قوة السحب على السباح.

- ✓ نظريه قوة الرفع الدافعة وهي النظرية التي تعزو قوة الدفع في السباحة على الاقل جزئيا الى قوة الرفع الماثره على السباح.



شكل 20–13 استنادا الى احدى النظريات فان التغيرات في زاويه انطلاق اليد عند السباحه تساعد اليد في وظيفتها كقوة دافعه

الملخص SUMMRY

ان السرعة النسبية للجسم بالنسبة للسائل والكثافة الوزن المحدد ولزوجة السائل لها تاثير على مقادير القوى في السائل ان قوة السائل التي تساعد الجسم على العوم هي قدرة السائل على ابقاء الاجسام عائمة وحيث تؤثر القدرة على العوم بشكل عمودي الى الاعلى تكون نقطه استخدامها هي حجم مركز ثقل الجسم ومقدارها مساو لحاصل حجم السائل المزاح والجاذبية المحدده للسائل ويطفو الجسم يوضع ساكن فقط عندما يكون مقدار قوة العوم ووزن الجسم متساويان وعندما يكون مركز الحجم ومركز الجاذبية بشكل عمودي.

ان قوه السحب هي قوة السائل التي تاثر في اتجاه مجرى التيار الحر اما احتكاك الجلد فهو عبارة عن مركبة من قوة السحب مشتقة الاحتكاك الانزلاقي بين طبقات السائل القريبة من سطح الجسم المتحرك .

هنالك قوة اخرى وهي قوة الضغط وهي احدى مركبات قوة السحب الكلية تنتج عن طريق التباين في الضغط بين الحافة الامامية والحافة الخلفية للجسم المتحرك بالنسبة للسائل اما قوه سحب الموجة فيمكن ان تحدث عن طريق تشكيل موجات بين سائلين مختلفين مثل الماء والهواء.

الرفع: هو عباره عن قوة يمكن ان تتولد بشكل عمودي على مجرى تيار السائل الحر عن طريق المواد ذات الاشكال شبه المدببة فيمكن ان تتولد قوة الرفع عن طريق الضغط التباييني في السائل على الجوانب المتقابلة للجسم والذي ينتج من الاختلافات في سرعة مجرى السائل اما قوة الرفع عن طريق الشكل المدور فتعرف بقوة ماكنوس اما القوة الدافعة في السباحة فتحدث كنتيجة للحركات المركبة لقوة الرفع وقوة السحب الدافعة.

أختبر معلوماتك

في كل المسائل نفترض بان الوزن المحدد للماء يساوي 9810 نيوتن /م3 والوزن المحدد لماء البحر يساوي 10.070 نيوتن /م3.

1.أحمد يسبح بسرعة مطلقه 1,5 م /ث في نهر يجري بسرعه 0,5 م /ث ماهي سرعه السباح في مجرى النهر عندما يسبح أحمد مباشره لاعلى المجرى ؟مباشره لاسفل ؟ (الجواب /2 م/ث باتجاه اعلى المجرى 1م/ث باتجاه اسفل المجرى)

2. متسابق دراجات سير بسرعه 14 كيلو متر /ساعه بمواجهه ريح معاكسه16 كيلو متر /ساعه ماهي سرعه الريح بالنسبه للدراج ؟ماهي سرعه الدراج بالنسبه للريح ؟ الجواب 30 كيلو/ساعه باتجاه الريح 30 كيلو /ساعه باتجاه الدراج

3. يتحرك متزلج ب 5 م /ث وبسرعة ريح 5,7 م/ث فماسرعه الريح ؟ الجواب 0,7 م/ث

4. رجل يزن 700نيوتن وحجم جسمه 0,08 م3 اذا غطس في مياه نقيه فهل سيعوم الرجل ؟ نذكر حجم جسم الرجل فكم سيزن وهل يبقى الرجل عائما ؟الجواب نعم :78848 نيوتن

5. قارب سباق حجمه 0,38 عندما يطفو في مياه نقيه ماهو عددالاشخاص الذين يزنون 700 نيوتن يمكن للقارب ان يحملهم ؟ الجواب 5

6. مامقدار حجم الجسم اللازم لعوم شخص بوزن 60 كغم في مياه نقيه؟ الجواب (0.066م3)

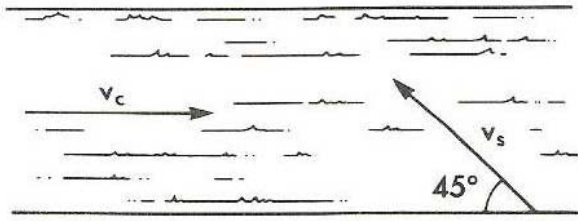
7. وضح متطلبات العوم نتيجه التباين في الوزن المحدد للماء الصافي التي والوزن المحدد لمياه البحر.

8. ماهي الستراتيجية التي يمكن ان يستخدمها الناس في تطوير فرص العوم في الماء ؟وضح جوابك

9. ماهي انواع الافراد الذين يواجهون عوما صعبا في الماء ؟وضح اجابتك

10.متسابق دراجات يواجه ريح معاكسه 12 كيلو / ساعه يسير بسرعه 28 كيلو / ساعه بالنسبه للريح .ماهي سرعه المتسابق المطلقه ؟الجواب/ 16 كيلو/ ساعه

11. سباح يجتاز نهر بسرعه تامه 2,5 م/ث على طريق ينحرف بزاويه 45 درجه لتيار يسير بسرعه 1م/ث باعطاء سرعه كاملة للسباح مساوية لمجموع محصلة سرعة السباح وسرعة التيار ماهو مقدار واتجاه سرعة السباح بالنسبه للتيار ؟ (الجواب 3,3 م/ث بزاوية 32,6 درجة بالنسبة للتيار.



12.ماهو معدل كثافة يمكن ان يستحوذها الجسم للعوم في مياه نقية ؟مياه البحر ؟

غطاس يحمل كامره في حاوية اسطوانية بطول 45 سم (نق 20 سم)بوزن 22نيوتن لتحريك الحاوية تحت الماء ما المقدار الذي يتوجب ان يكون عليه وزن المحتويات ؟ الجواب (120,36) نيوتن.

13.شخص يزن 50 كغم بحجم جسم 0,005 يعوم في وضع عديم الحركة ماهو مقدار حجم الجسم فوق السطح اذا كان الماء صافيا؟ اذا كانت المياه مالحه ؟ الجواب 0,005 م3 _ 0.0063 م3

14.سباح يزن 670 نيوتن ينحرف افقيا في مياه نقية حجم جسمه 0,07م3 ومركز جسم يقع اعلى مركز الثقل ب 3سم .

- ✓ مامقدار عزم الدوران التي يولده وزن السباح
- ✓ مامقدار عزم الدوران الذي تاثر فيه قوة العوم على السباح
- ✓ مالذي يمكن للسباح ان يفعله لمواجهه عزم الدوران والمحافضه على الوضع الافقي ؟ الجواب صفر ،20.6 نيوتن /م

15.بالاعتماد على معرفتك عن تاثير قوى السوائل تامل في سبب عوده عصا الصيد . المقذوفة بصوره صحيحه الى الرامي؟

16.وضح المنافع الهوائية الحركية لقوة السحب على الدراجة او العربة.

17.ماهو التاثير العملي لمجرى التيار الانسيابي ؟ كيف يعمل المجرى الانسيابي على تغير قوى السوائل المؤثرة على الجسم المتحرك ؟

18. وضح لماذا تتخذ الكره مسارا منحنيا ضمن نقاشك عن تاثير الحركة الهوائية للدوران الموجود فوق محيط الكرة على حركتها .

19.قطع كره مجوفة مثل كره التنس او كرة المضرب بالنصف وعوم احد نصفي الكره بحيث يصبح الجانب المقعر الى الاعلى في حاوية ماء اضف تدريجيا ثقل لنصف الكرة حتى تغطس الى الحافة المقطوعة على سطح الماء انقل نصف من الماء ثم احبس نصف قطرها واحسب حجمها ووزن الكرة مع الثقل المثبت في الكرة، باستخدام قياساتك احسب الوزن المحدد في الحاوية ،اعد التجربة باستخدام الماء في درجات حراره مختلفة او باستخدام سوائل مختلفة.

20.ضع حاويه ماء في ميزان واحسب وزنها ،ادخل يدك ،الاصابع اولا داخل الماء حتى يصل خط الماء الى مستوى مفصل الرسغ ،دون الوزن المسجل قي المقياس اطرح الوزن الاصلي للحاوية من الوزن الجديد لقسم الاختلاف بالنصف واضف النتيجه الى الوزن الاصلي للحاوية للوصول الى الوزن المطلوب ارفع يدك ببطء من الماء حتى نصل الى الوزن المطلوب اشر على مستوى الماء على يدك مالذي يمثله هذا الخط ؟

21.حدد كيف تفعل هذه الطريقه في التمرين المختبري رقم (20) لوضع مستوى يمر داخل مركز حجم الذراع الاماميه افحص طريقتك للتاكد من صحتها.

22.باستخدام ساعه ايقاف احسب وقت صعودك السلم الدوراني المتحرك اما ان تحسب او تخمن طول السلم وتحسب سرعه السلم مره ثانيه وباستخدام ساعه

الايقاف احسب زمن صعودك السلم راكضا ثم احسب سرعتك بالمقارنه مع سرعه السلم؟

23. استخدم مروحه مختلفه السرعة وقياس ارتدادي(نابض) لتشكيل نفق هوائي صوري ثم ثبت المروحة كي تضرب هوانها بشكل عمودي الى الاعلى ثم علق مقياس النابض من الذراع الصلبة فوق المروحة.
يمكننا استخدام هذه الالة لفحص قوه السحب النسبية على مواد مختلفة معلقة من هذا المقياس الميزان لاحظ بان قوة السحب النسبية بين المواد المختلفة يمكن ان تتغير مع التغير في سرعة المروحة .