عن الطائرات! وكيف تطير؟
وما هو المبدأ الفيزيائي الذي تستند إليه؟

راود حلم الطيران الإنسان منذ زمن بعيد، وحاول الإنسان عبر مراحل تاريخية مختلفة أن يحاكي الطيور في طيرانها، ولعل أكثرنا يذكر قصة المغامر عباس بن فرناس، واحد من أوائل رواد الطيران، ونذكر محاولته الجريئة في ارتياد الأجواء وكيف صنع لنفسه كساءً كهيئة الطير ورمى بنفسه من علٍ أمام جمع من أهالي قرطبة. ولكن القليل من يعرف أن هذا المغامر إنما هو أيضاً العالم الكيميائي والفلكي والفيلسوف حكيم الأندلس أبو القاسم عباس بن فرناس بن فرداس. تبع أبو القاسم في عمله العالم اللغوي صاحب معجم «تاج اللغة وصحاح العربية/الصحاح» أبو العباس الجوهري النيسابوري، الذي صنع لنفسه جناحين من خشب وصعد بهما إلى سطح مسجد بلده نيسابور ورمى بنفسه مجرِّباً الطيران إلا أنه سقط و توفي في محاولته هذه التي حدثت عام 393 للهجرة.

وفي العصر الحديث استطاع الأخوان ولبور وأورفيل رايت Wilbur & Orville Wright أن يبنيا في عام 1903 آلة للطيران يمكن اعتبارها أول طائرة

obeikandl.com

الأخوان رايت

وارتفعا بها إلى علو 15 متراً لمسافة قصيرة جداً في رحلة استغرقت بضع ثوان فقط. وسرعان ما تبنت الصناعات العسكرية هذا الفتح الجديد، وعندما وقعت الحرب العالمية الأولى WWI كانت الدول الكبرى آنئذ قد جهزت نفسها بهذه التقنية الجديدة واكتشفت أهمية إنشاء القوى الجوية وخطورتها لرمي القنابل في ساحات العدو، وكانت طائرات تلك الفترة ثنائية أو ثلاثية الأجنحة. وخلال الفترة الممتدة من الحرب العالمية الأولى إلى الحرب العالمية الثانية WWII تطورت صناعة الطيران وانتقلت إلى طائرات أحادية الجناح وَالذي أصبح التصميم المعتمد للجناح إلى يومنا هذا، وبعدها تطورت علوم الطيران وصناعته بشكل كبير وشقت طريقها في قطاع النقل المدني الذي أحدث ثورة على صعيد طي المسافات والسير بالعالم مع قطاع الاتصالات إلى مفهوم القرية الكونية.

طائرة الأخوين رايت

اعتمدت الطائرات في بداياتها على محركات دافعة من النوع المكبسي piston-engined propellers حتى الحرب العالمية الثانية عندما تحولت هندسة الطيران Aeronautic engineering إلى اعتماد المحركات النفاثة jet engines وكان هذا الانتقال المعلم الثاني في تاريخ الطائرات بعد التحول إلى الطائرات أحادية الجناح، وأصبحت

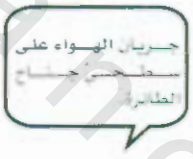
الطائرات بفضل المحرك النفاث أسرع وتطير على ارتفاعات أعلى، وبفضله أيضاً وصلت الطائرة X-1 التي صنعتها شركة بل Bell إلى سرعة الصوت 1ماك (1 ماك = 340 متر/ثانية = 1224كم/ساعة) وذلك في عام 1947، وللمقارنة نذكر أنه يمكن لطائرات اليوم التقليدية أن تصل إلى سرعة 3.5 ماك (أي أسرع من الصوت بثلاثة أمثال ونصف المثل). إلا أن التطور الأهم في صناعة الطيران كان الأمان. فطائرات الأمس لم تكن على درجة كبيرة من الأمان، وكان ركوب الطائرة محفوفاً ببعض المخاطر. أما اليوم فيمكن القول بكل ثقة أن الطائرة أكثر وسائل النقل أماناً لدرجة دفعت البعض إلى القول: إن احتمال أن يتعرض السائر على الرصيف لحادث ما أكبر من احتمال تعرض راكب الطائرة لحادث. فواحدة من ملايين الرحلات الجوية تتعرض لحادث وتتحطم الطائرة فيها. ولعل حرب الخليج عام 1990 أظهرت مدى التقدم الذي أحرزته صناعة الطيران من حيث السرعة والأداء والتقدم التقني العالي للأنظمة الرادارية والملاحية إضافة لاستخدام تقنيات التخفي عن رادارات العدو - راجع مقال الطائرات الخفية في ثنايا هذا الكتاب - وإذا ما بقي التقدم التقني يسير على الوتيرة نفسها فيتوقع العلماء أن يتم تشغيل الطائرات الحربية وطائرات نقل البضائع آلياً بالتحكم البعدي remote control بدون طيار، وربما يدخل هذا الأمر حيز التطبيق العملي عام 2050.

obeikandl.com

حسناً، كيف تطير الطائرات؟

القوة الأولى اللازمة لطيران الطائرة يكمن سرها في استغلال **ضغط الهواء** الذي يقدم **قوة الرفع** Lift.

وقد درس العالم دانيل برنوللي Daniel Bernoulli في القرن السابع عشر حركة جريان الموائع (السوائل والغازات) واستنتج قانونه الشهير المسمى «مبدأ برنوللي» Bernoulli principle الذي ينص على أنه **عندما يجري مائع بسرعة كبيرة فإنه يفقد الضغط.**



يتم استناداً إلى هذا المبدأ تصميم شكل جناح الطائرة، فعندما يعترض الهواء جناح الطائرة ينشطر تيار الهواء إلى شطرين: شطرٍ ينساب على السطح العلوي للجناح، وشطرٍ ينساب على السطح السفلي، ويتم تصميم الجناح بحيث

يتميز بانتفاخ بسيط عند مقدمة السطح العلوي، هذا الانتفاخ يجعل مسار جريان الهواء على السطح العلوي للجناح أكبر من مسار جريان الهواء على السطح السفلي، ثم يلتقي هذان التياران ثانيةً عند مؤخرة الجناح، ونظراً لطول مسار السطح العلوي تكون سرعة جريان تياره أكبر من سرعة جريان تيار السطح السفلي، وعليه يكون الضغط على السطح العلوي أقل من الضغط

obeikandl.com

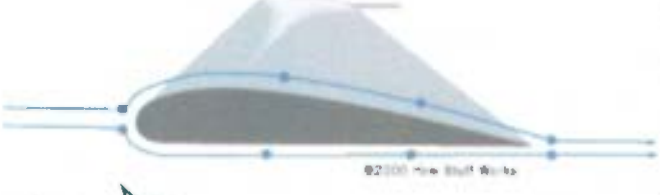
على السطح السفلي حسب برنوللي، مما يؤدي إلى دفع الجناح من منطقة الضغط العالي إلى منطقة الضغط المنخفض. وبتعبير مبسط أكثر، لنفرض وجود جزيئي هواء (أ) و (ب) في لحظة ما متلاصقين، ولنراقب سلوكهما خطوة فخطوة عند اصطدام جناح الطائرة بهما:

1- يبتعد الجزيئان عن بعضهما لحظة الاصطدام ويتفرَّعان، الجزيء (أ) سيجري على السطح العلوي للجناح، والجزيء (ب) سيجري على السطح السفلي.

2- يقطع الجزيء (أ) مسافةً أكبر من المسافة التي يقطعها الجزيء (ب) بسبب الانتفاخ المتعمد لمقدمة السطح العلوي لجناح الطائرة.

3- يلتقي الجزيئان ثانيةً عند مؤخرة الجناح ويستأنفانِ طريقهما.

لنلاحظ الآن أنه لكي يلتقيا ثانيةً لا بد للجزيء (أ) أن يجري بسرعة أكبر من جري الجزيء (ب) لأن مسافته أكبر، وهنا يأتي دور العم برنوللي ليحلل الظاهرة بشكل أكاديمي، **سرعة أكبر لجزيء الهواء (أ) من جزيء الهواء (ب) تعني ضغطاً أقل على سطح الجناح العلوي منه على السطح السفلي،**



مبدأ الرفع وفق برنويللي.

فيرتفع الجناح نحو الأعلى ويشد معه الطائرة.

obeikandl.com

يمكن الاستدلال هنا إلى أنه يمكن زيادة ارتفاع الطائرة بزيادة سرعتها إنَّ زيادة سرعة الطائرة تكافئ زيادة سرعة الهواء بالنسبة للطائرة، وتؤدي بالتالي إلى زيادة فرق الضغط بين سطحي الجناح ومن ثم زيادة قوة الرفع.

وبشكل رياضي تتناسب سرعة الطائرة طرداً مع مربع قوة الرفع، فإذا ازدادت سرعة الطائرة مثلين ازدادت قوة الرفع أربعة أمثال.

مبدأ الرفع وفق نيوتن.

لم يكن لبرنوللي أي اهتمام بالطيران، ولكن قانونه كان الأساس في صناعة الطيران. ويمكن لأي منا اختبار هذه الظاهرة وذلك عند ركوب سيارة مسرعة بجانب نافذة مشرعة، فجريان الهواء السريع أمام النافذة خارج السيارة يشكل منطقة ضغط منخفض حيث إننا لو قربنا شيئاً ما قرب مستوى النافذة لانجذب بشدة إلى خارج السيارة، أو إذا مد الجالس في السيارة يده من النافذة المشرعة خارج السيارة وبسطها أفقية لشقت الهواء دون أن يشعر بأي قوة تذكر عليها، ولكن لو فتل يده المبسوطة بحيث يقابل بطنها الهواء لشعر بقوة كبيرة ترفع يده نحو الأعلى.

هذا هو تماماً ما يحدث لجناح الطائرة، إنه ينجذب نحو الأعلى ويرتفع بقوة فرق الضغط. لاحظ كم يلعب تصميم شكل الأجنحة دوراً هاماً ورئيساً في تصميم الطائرة.

obeikandl.com

إن المثال الأخير (فتل اليد الممدودة من نافذة سيارة مسرعة) يشرح بشكل أوضح التفسير الآخر لارتفاع الطائرة والأبسط من مبدأ برنوللي، ويعتمد هذا التفسير على قانون نيوتن الثالث الذي ينص على أن **لكل فعل رد فعل مساوياً ومعاكساً بالاتجاه**، فعندما تصطدم جزيئات الهواء بالسطح السفلي للجناح ترتدُّ نحو الأسفل وتدفع الجناح نحو الأعلى مانحةً إياه جزءاً من طاقتها الحركية.

القوة الثانية اللازمة لطيران الطائرة هي **قوة الدفع** Thrust التي تنتجها محركات الطائرة النفاثة jet engines والتي تعمل على دفع الطائرة أماماً وبالمناسبة فإن قوة الدفع التي تنتجها المحركات النفاثة و أي شفرة دوارة تعتمد أيضاً في دفع الهواء على مبدأ برنوللي إياه الذي ذكرناه والذي ينطبق أيضاً على طريقة دفع الماء في المضخات.

إذن، طيران الطائرة يتطلب وجود قوتين رئيستين هما:

قوة الرفع التي تقدمها الأجنحة wings.

قوة الدفع التي تقدمها محركات الطائرة.

(A) = قوة الرفع

(B) = قوة الدفع

(C) = وزن الطائرة

(D) = مقاومة الهواء

obeikandl.com

لكن هناك قوتان أخريان تعاكسان هاتين القوتين وتعملان على منع رفع الطائرة ومنع اندفاعها، هما:

- ☒ **وزن الطائرة** weight الذي يسببه قوة الجاذبية الأرضية .
- ☒ **مقاومة الهواء** Drag.

لا بد لقوة الرفع التي تنتجها الأجنحة واللازمة لرفع الطائرة في الهواء أن تتغلب على وزنها الذي يشدها من طرف آخر إلى الأسفل وأن يتحقق الشرط التالي عند الإقلاع:

قوة الرفع = وزن الطائرة + قوة لازمة للارتفاع إلى علو مناسب

وعندما تستوي الطائرة في كبد السماء تتساوى قوة الرفع و وزن الطائرة تماماً:

قوة الرفع = وزن الطائرة

ولا بد أيضاً لقوة الدفع التي تنتجها محركات الطائرة واللازمة لدفع الطائرة أن تتغلب على قوة مقاومة الهواء وأن تحقق الشرط التالي:

obeikandi.com

قوة الدفع = قوة مقاومة الهواء + القوة اللازمة للاندفاع بسرعة معينة وعندما تستقر الطائرة بسرعة ثابتة في كبد السماء تتساوى قوة الدفع مع قوة مقاومة الهواء تماماً:

قوة الدفع = قوة مقاومة الهواء

فكما أن تصميم شكل الجناح يلعب دوراً كبيراً في تحديد قوة الرفع، كذلك يلعب تصميم شكل الطائرة دوراً كبيراً في تحديد قوة الدفع اللازمة، إذ يتم تخفيض قوة مقاومة الهواء المؤثرة على جسم الطائرة بتقليل البروزات فيها و جعله انسيابياً aerodynamic ما أمكن، فتقل القوة الدافعة اللازمة للتغلب على هذه المقاومة وتقل بالتالي استطاعة المحركات اللازمة لإنتاج هذا الدفع ويقل استهلاكها للوقود، ولهذا السبب يقوم الطيار بعد الإقلاع مباشرة بطيّ عجلات الطائرة وإدخالها في حجرة خاصة في بطن الطائرة حتى تقل مقاومة الهواء، ولا يفردها إلا عند الهبوط.

تطوى عجلات الطائرة بعيد الإقلاع مباشرة

وهنا من المفيد أن نذكر أن الأجنحة الثنائية والثلاثية التي استخدمت في الطائرات المصنعة قبل الحرب العالمية الثانية كانت تقدم قوى رفع جيدة، لكن المقاومة العالية للهواء التي كانت تبديها أدت إلى استبعادها من الاستخدام لاحتياجها إلى محركات كبيرة للتغلب على هذه المقاومة وبالتالي كميات كبيرة من الوقود.

كيف يتمكن الطيار من تغيير ارتفاع الطائرة؟

يوجد في مقدمة كل جناح جنيحات صغيرة متمفصلة ومتحركة، يتم إمالتها نحو الأسفل مما يؤدي إلى تغيير شكل الجناح وزيادة انحناء مقدمته

obeikandl.com

فيزداد فرق الضغط بين السطحين العلوي والسفلي للجناح مما يؤدي لازدياد قوة الرفع فترتفع الطائرة.

وهناك أيضاً جنيحات متحركة في مؤخرة الجناح يقوم الطيار بفردها عند الهبوط لتعمل على زيادة مقاومة الهواء وبالتالي المساعدة على إنقاص سرعة الطائرة استعداداً للهبوط.

وكيف يتم تغيير اتجاه الطائرة؟

يتم التحكم باتجاه الطائرة عن طريق أجنحة الذيل العمودية والأفقية Tail wings، فيتم تغيير زاوية مسار الطائرة هبوطاً أم صعوداً بوساطة الأجنحة الأفقية، ويتم تغيير اتجاه الطائرة يميناً أو يساراً بوساطة الأجنحة العمودية.

ما هو علم الطيران؟

علم الطيران Aeronautics هو العلم الذي يهتم بدراسة تصميم الطائرات، ويتناول أربعة مواضيع رئيسة ينبغي على مهندسي الطيران الإلمام بها تماماً هي:

1- علم **حركة الهواء** Aerodynamics الذي يعنى بدراسة تأثير حركة جريان الهواء على الأجسام وسلوكه، وهو ذو أهمية كبيرة لدراسة شكل الطائرة وشكل أجنحتها وذيلها بما يمكنها من رفع نفسها عَنِ الأرض والإقلاع في الهواء.

obeikandl.com

2 – دراسة **الاستقرار والتحكم** Stability & Control بما يمكن الطيار من قيادة الطائرة والدوران بها والمناورة دون أن تفقد توازنها.

3 – دراسة **الدفع** Propulsion الذي يهتم بتصميم وسيلة إنتاج قوة الدفع سواء كانت مروحية pro-peller أم نفاثة Jet.

4 - دراسة بنية الطائرة structure وتأمين متانتها بما يكفيها من مواجهة هبوب الرياح أو مطبات الهواء على مسارها.

obeikandl.com