



الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الهندسة المعلوماتية

السنة الثالثة

## مشروع الحسابات العلمية

### محاكاة حركة المنطاد الموجه Blimp

عبد الرحمن خرزوم

عبد الله موسى

محمود الخياط

بهاء الدين النقطة

عبد الله رحمون

علاء الشيباني

بإشراف: م. مصطفى يبرودي

# الفهرس

1	الفهرس
1	الفكرة
1	المكونات الرئيسية للمنطاد الموجه:
3	الدراسة الفيزيائية
3	ما هي القوى التي تؤثر في المنطاد وتتحكم بآلية طيرانه؟
9	الحالات الحركية للمنطاد:
11	الدراسة الخوارزمية
11	UML Class Diagram
17	شرح مخطط التدفق:
18	التحقق البرمجي:
22	الصعوبات التي واجهتنا:
22	النتائج
23	المراجع

## الفكرة

اخترنا أن تكون فكرة مشروع الحسابات العلمية محاكاةً لحركة المنطاد الموجه (airship) لما تحمله من أفكار فيزيائية متنوعة وهامة وامتلاكها العديد من المتغيرات التي تلعب دوراً مهماً في إنجاز المحاكاة وإثراء نتائج الخرج الصادر عن المحاكاة.

**السفينة الهوائية أو المنطاد الموجه Airship:** هي مركبة هوائية أخف من الهواء (lighter-than-air aircraft). يكون جسم السفينة الهوائية كبير الحجم ويحتوي على غاز أخف من الهواء يكون غالباً غاز الهيليوم أو الهيدروجين، وهذا الغاز هو المسؤول عن تأمين قوة الرفع للسفينة الهوائية وبقائها محلقة في الهواء بسبب الكثافة المنخفضة لهذا الغاز مقارنة بكثافة الهواء المحيط.

وتختلف السفينة الهوائية عن المنطاد العادي بأن لها محركاً يدفعها في الجو. ويوجد في معظم السفن الهوائية معدات لتوجيه حركتها، بينما تعتمد حركة المناطيد على الرياح ولا يمكن توجيهها، حيث تتحرك في الاتجاه الذي تهب فيه الرياح. تستخدم السفن الهوائية عادةً في النقل الجوي للبضائع الثقيلة وحتى الأشخاص، بالإضافة إلى الأغراض العلمية والاستكشافية والترويجية والإعلانية، وتتميز عن الطائرات العادية بأنها تستطيع الطيران لفترات طويلة بصرفٍ أقل للوقود دون الحاجة لتعبئته مراراً وتكراراً وحمل حمولات كبيرة بكل سهولة.



## المكونات الرئيسية للمنطاد الموجه:

### الغلاف (Envelope):

الغطاء الخارجي للمنطاد وهو العنصر الأكثر أهمية فيه فهو يجمع جوانب الديناميكا الهوائية والأتزان والحمولة ويحتوي بداخله على الغاز الرافع الذي يسبب الطفو، مثل الهيليوم. عادةً ما يكون مصنوعاً من مادة خفيفة الوزن ومحكمة الإغلاق مثل الأقمشة المقواة ويحدد شكله وحجمه بشكل عام الديناميكا العامة وقوة الرفع.

## العربة (Gondola)

المقصورة أو قمرة القيادة المعلقة أسفل الغلاف، يتواجد فيها الطاقم والركاب وأجهزة التحكم. ترتبط العربة بالغلاف بواسطة نظام من الكابلات والدعامات. تحتوي المقصورة عادةً على الأجهزة والأدوات والمحركات والوقود والمعدات الأخرى اللازمة لتشغيل المنطاد، ويجب توزيع الأجزاء المرتبطة بها بالشكل المناسب حتى لا يختل توازنها.

## الدفات والرافعات (Rudders and elevators)

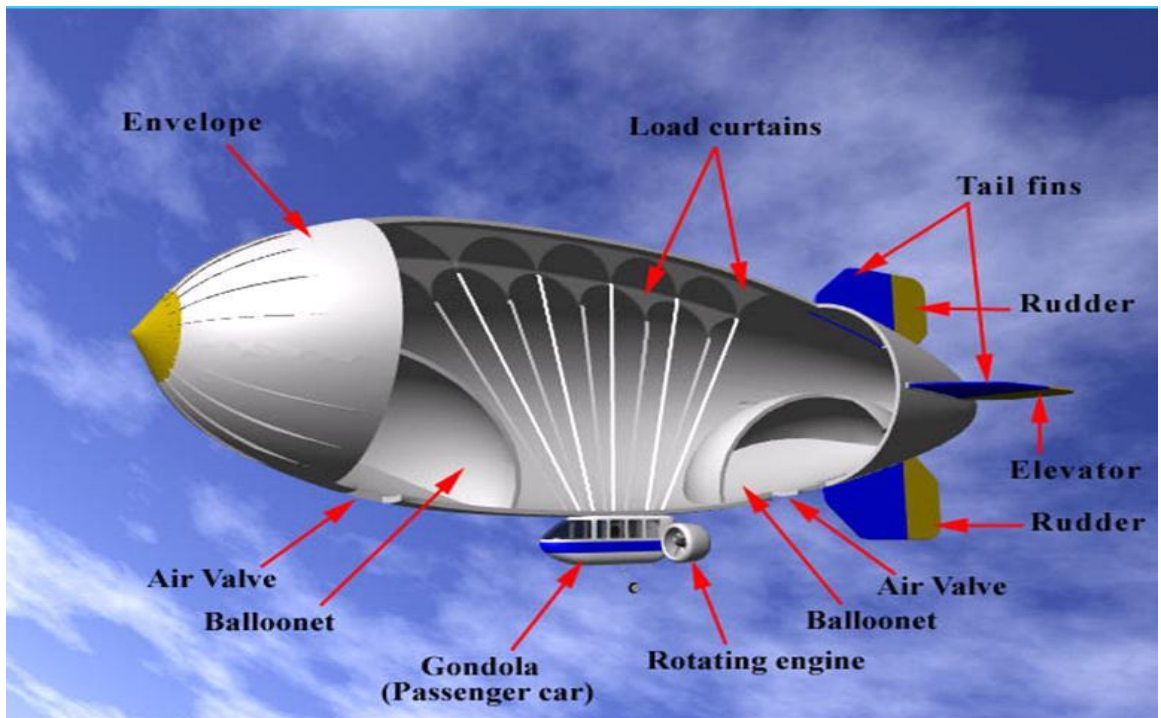
وهي أسطح تحكم تقع في مؤخرة المنطاد وتستخدم للتوجيه والحفاظ على التوازن أثناء الطيران، حيث تتحكم الدفات بتوجيه المنطاد يميناً أو يساراً، بينما تتحكم الرافعات بالزاوية العمودية للمنطاد (الميلان للأمام أو الخلف) لمساعدته في الصعود و الهبوط.

## المحركات ومراوح الدفع (Engines and Propellers)

يتم تحريك المناطيد بواسطة محرك واحدٍ أو أكثر عادةً ما تكون مرتبطة بالعربة أو الغلاف. تقوم هذه المحركات بتشغيل المراوح التي تولد قوة الدفع thrust وتدفع المنطاد الى الأمام أو الخلف. يمكن أن تكون هذه محركات احتراق داخلي أو محركات كهربائية أو مزيج من الاثنين معاً.

## Ballonets

هي عبارة عن أكياس هوائية مرنة داخلية موجودة في الغلاف، يمكن ملؤها بالهواء أو تفريغها منها لضبط الوزن الكلي والقوة الرافعة للمنطاد عن طريق التحكم بحجم غاز الرفع الموجود في الغلاف وبالتالي تغيير ارتفاع المنطاد حسب الحاجة. يتم تفريغها وملؤها بالهواء عن طريق صمامات تسمح للهواء الخارجي بالدخول أو الخروج.

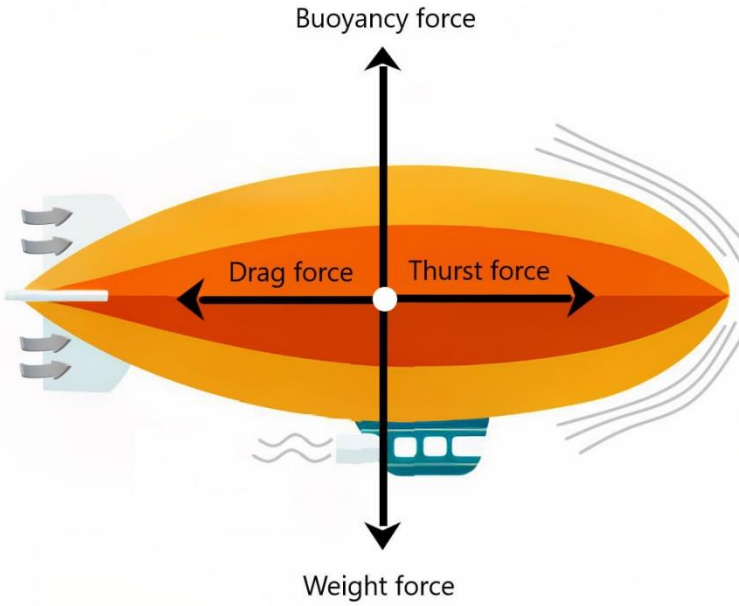


## الدراسة الفيزيائية

لتحقيق محاكاة واقعية صحيحة لحركة المنطاد الموجه يجب علينا تحديد القوى المؤثرة في حركة هذا المنطاد مع بيان القوانين والعلاقات التي تؤثر في هذه القوى.

### ما هي القوى التي تؤثر في المنطاد وتتحكم بآلية طيرانه؟

تتكون قوى الطيران الأربعة من:



• قوة الثقل.

• قوة الرفع.

• قوة الدفع.

• قوة السحب.

تجعل هذه القوى الجسم يتحرك للأعلى والأسفل والأمام.

يحدد مقدار كل قوة مقارنةً بقوتها المضادة كيفية حركة الجسم في الهواء وسرعته.

### قوة الثقل (Weight)

تعتبر قوة الثقل من أهم القوى الطبيعية التي تؤثر على حركة الأجسام في كوكب الأرض. فالثقل هو القوة التي تجذب جميع الأجسام نحو مركز الأرض، وهذه القوة تتناسب مع كتلة الجسم، حيث كلما زادت كتلة الجسم زادت قوة جاذبيته. يعطى قانون الثقل بالعلاقة:

$$W = m * g$$

حيث:

$W$ : قوة الثقل لجسم ما (N).

$m$ : كتلة الجسم (kg).

$g$ : تسارع الجاذبية الأرضية ( $m/s^2$ ).

مع ملاحظة أن الثقل يضاف إليه ثقل غاز الرفع بالإضافة إلى ثقل الهواء الموجود في البالونات والذي يعطى ثقلهم بالعلاقة التالية:  $\rho * v * g$

## قوة الطفو (Lift)

تعتبر قوة الطفو من الظواهر الفيزيائية المهمة التي تؤثر على حركة الأجسام في الهواء. فالطفو هو قدرة جسم ما على الطيران في الهواء بدون أن يسقط، وتعتمد قوة الطفو على عدة عوامل، من أهمها حجم وشكل الجسم وكثافته، حيث أن قوة الطفو تنتج عن فرق الكثافة بين الجسم والهواء، وذلك يفسر طيران المناطيد (blimps). حيث أنها تحتوي على كمية كبيرة نسبياً من الهيليوم والذي يعد من الغازات الخفيفة مقارنة بالهواء، وهذا الهيليوم يولد قوة طفو تؤثر على المنطاد وعندما تتغلب هذه القوة على قوة ثقله يبدأ المنطاد بالطيران. وعموماً من خلال زيادة أو نقصان قوة الطفو يتم التحكم بارتفاع المنطاد (صعود، هبوط).

يعطى قانون قوة الطفو بالعلاقة:

$$B = \rho * v * g$$

حيث:

$B$ : وهي قوة ال Lift التي يولدها الهيليوم (N).

$\rho$ : هي كثافة الهواء المحيط بالمنطاد ( $\text{kg/m}^3$ ).

$v$ : هو حجم غاز الهيليوم داخل المنطاد ( $\text{m}^3$ ).

$g$ : تسارع الجاذبية الأرضية ( $\text{m/s}^2$ ).

لكننا نعرف أن كثافة الهواء ليست ثابتة، وإنما متغيرة حسب الارتفاع، بحيث تتناقص كثافة الهواء كلما ارتفعنا أكثر:

يمكن معرفة كثافة الهواء عن طريق قانون الغازات العام:

$$\rho = (P * M) / (R * T)$$

$\rho$ : كثافة الهواء ( $\text{kg/m}^3$ )

$P$ : الضغط (pa)

$M$ : كتلة مولية للهواء ( $28.97 \text{ g/mol}$ )

$R$ : ثابت الغاز ( $8.314 \text{ J/mol.K}$ )

$T$ : درجة الحرارة (K)

بالتالي لمعرفة كثافة الهواء في ارتفاع معين يجب علينا معرفة درجة الحرارة والضغط في ذلك الارتفاع. لحساب الحرارة في ارتفاع معين فنحن لا نملك قانوناً نعطي الارتفاع فيعطينا الحرارة بهذه البساطة، ولهذا سنستعمل النماذج الرياضية التي هي عبارة عن نموذج مجرد يستعمل اللغة الرياضية والمعادلات لوصف سلوك نظام ما.

إن النموذج الرياضي المعبر عن درجة الحرارة بالنسبة للارتفاع هو:

$$T = T_0 + Lt * H$$

حيث  $T$  هي الحرارة عند الارتفاع  $H$ .

$H$  هو الارتفاع و  $T_0$  هي الحرارة عند سطح البحر

$Lt$  هو معدل التغير في درجة الحرارة

نحصل على معدل التغير عن طريق معرفة الحرارة عند ارتفاعين مختلفين بحيث فرضنا في النموذج الرياضي ان التغير بدرجات الحرارة بين الارتفاعات تغير ثابت

$$Lt = \frac{T_1 - T_0}{H_1 - H_0}$$

وبنفس الطريقة نحصل على الضغط عبر الارتفاعات:

$$P = P_0 + Lp \times H$$

حيث P هو الضغط عند الارتفاع H.

و H هو الارتفاع و  $P_0$  هو الضغط عند سطح البحر.

و Lp هو معدل التغير في الضغط.

$$Lp = \frac{P_1 - P_0}{H_1 - H_0}$$

حسب U.S. Standard Atmosphere Air Properties يكون الضغط ودرجة الحرارة في كل من الارتفاعين:

- الارتفاع الأول ( $H_0 = 0m$ )

$$T_0 = 288.15K, P_0 = 101300pa$$

- الارتفاع الثاني ( $H_1 = 5000m$ )

$$T_1 = 255.68K, P_1 = 54050pa$$

نحسب معدل التغير في الحرارة والضغط:

$$Lt = \frac{(255.68 - 288.15)}{(5000 - 0)} = -6.5 \times 10^{-3}$$

و

$$Lp = \frac{(54050 - 101300)}{(5000 - 0)} = -9.45$$

ومما سبق خرجنا بنموذجين رياضيين لحساب درجة الحرارة والضغط حسب الارتفاع:

الحرارة:

$$T = 288.15 - 6.5 \times 10^{-3} \times H$$

الضغط:

$$P = 101300 + -9.45 \times H$$

### قوة السحب أو مقاومة الهواء (Drag)

تعتبر قوة السحب من القوى الهامة في الهندسة الميكانيكية والطيران، حيث تؤثر على حركة الأجسام في الهواء. وتحدث هذه القوة عندما يتحرك جسم في وسط غازي مثل الهواء، وتعمل على إبطاء حركته. يمكن أن تحدث قوة السحب بسبب اختلافات في سرعات التدفق للغاز حول جسم ما، والتي تؤدي إلى زيادة الضغط على جانب معين من الجسم وانخفاضه على الجانب المقابل، مما يؤدي إلى تشكيل قوة مقاومة للحركة. ولتخفيض هذه القوة، يلجأ العلماء إلى تصميم مناطيد ذات أشكال انسيابية تسمح بمرور المنطاد في الهواء بشكل سلس.

يعطى قانون قوة السحب بالعلاقة:

$$\text{Drag Force } (F_{drag}) = 0.5 \times C_d \times A \times \rho \times v$$

حيث:

$F_{drag}$ : هي قوة السحب (N).

$C_d$ : معامل السحب، يتم تحديده حسب شكل الجسم

$A$ : يمثل ال (Reference area) وهي المساحة التي يؤثر عليها الهواء ويتم تحديدها بشكل تقريبي بالمعادلة:

$$A = \text{blimp Width} * \text{blimp Height } (m^2)$$

$\rho$ : وهو كثافة الهواء ( $kg/m^3$ ).

$v$ : وهو سرعة المنطاد بالنسبة للهواء المحيط به ( $m/s$ ).

### قوة الدفع (Thrust)

تُعد قوة الدفع في الهواء من أهم المفاهيم التي يجب على المهندسين والمصممين الاهتمام بها عند تصميم المناطيد. وتستخدم المراوح (propellers) كأحد الأساليب لإنتاج هذه القوة، حيث تقوم بتحريك كمية كبيرة من الهواء بسرعة عالية، ما يؤدي إلى إنشاء قوة دفع تساعد في تحريك المنطاد إلى الأمام. وتختلف قوة الدفع التي تولدها المروحة باختلاف حجمها وشكلها، فكلما زاد حجم المروحة وزاد عدد شفراتها، ازدادت قوة دفعها وبالتالي تزداد سرعة المنطاد. ومن خلال تقليل أو زيادة سرعة المراوح يتم التحكم بسرعة المنطاد.



يعطى قانون قوة الدفع بالعلاقة:

$$Thrust = 4.392 \times 10^{-8} \times RPM \times \frac{d^{3.5}}{\sqrt{pitch}} \times (4.233 \times 10^{-4} \times RPM \times pitch - V_0)$$

حيث:

$Thrust$ : هي قوة الدفع ( $N$ ).

$RPM$ : عدد لفات المروحة في الدقيقة الواحدة.

$d$ : قطر المروحة ( $inch$ ).

$pitch$ : زاوية المروحة ( $inch$ ).

$V_0$ : سرعة المنطاد في اتجاه الحركة ( $m/s$ ).

الآن وبعد أن تعرفنا على القوى المؤثرة على المنطاد والتي تجعل تحليقه وحركته في الجو ممكنة.

تبقى أن نتعلم كيف يتم التحكم باتجاه المنطاد.

### كيف يتم التحكم باتجاه المنطاد؟

يملك المنطاد في ذيله (Rudders) أو دفة. عند تحريك هذه الدفة في اتجاه معين تتغير زاوية الهجوم (Angle of Attack) وعند حدوث ذلك ينخفض الضغط في جهة دوران الدفة مما يؤدي الى حدوث اختلال بالضغط على جانبي ذيل السفينة وبالتالي يتولد عزم مزدوجة (Yaw) بالجهة المعاكسة لدوران الدفة.

وهذه القوة تعطى بالعلاقة:

$$M = F_{drag} \times d \times \sin(\alpha)$$

حيث:

$F_{drag}$ : قوة الانسحاب المؤثرة على المنطاد ( $N$ )

$d$ : هوة المسافة بين مركز ثقل السفينة (منتصف السفينة في الحالات المثالية) ومكان تطبيق القوة (ذيل السفينة أي مكان وجود ال rudders). أي يمكن اعتبار أن:

$$d = \frac{blimp\ length}{2}$$

$\alpha$ : وهي زاوية دوران الدفة ويتم التحكم بها من قبل كابتن السفينة.

الآن وبعدما أوجدنا القوة وكيف نحسبها. نستطيع حساب زاوية الدوران التي ستطبق على السفينة وذلك من خلال العلاقة التالية:

$$\theta = \frac{(M - M')}{l}$$

حيث:

$M$ : عزم المزدوجة.

$M'$ : عزم العكس، ويمتلك نفس قانون عزم المزدوجة ولكن الزاوية المستخدمة تكون  $\alpha'$  بدلا من  $\alpha$  وهي زاوية العكس.

$l$ : عزم عطالة المنطاد وهو مقدار ثابت يختلف حسب نوع السفينة والعديد من العوامل الأخرى، في مثالنا النموذج المستخدم يمتلك  $l = 10000 (kg.m^2)$ .

وبتعويض ما سبق ينتج لدينا مقدار الدوران في الثانية.

## تأثير قوّة الرياح Wind load

تؤثر الرياح في حركة المنطاد وتضيف قوّة جديدة إلى محصلة القوى التي يخضع لها المنطاد، تسمّى هذه القوّة wind load او قوّة الرياح

يمكننا حساب القوة الناتجة عن رياح ذات سرعة محددة عن طريق القانون التالي:

$$\vec{Wind} = \frac{1}{2} \times Cd \times \rho \times \vec{V}^2 \times A$$

نلاحظ أنه مشابه لقانون مقاومة الهواء

حيث  $\rho$  هي كثافة الهواء، و  $A$  هي المساحة التي يؤثر عليها الهواء و  $Cd$  هو معامل السحب

أما  $V$  فهي سرعة الرياح نسبةً إلى سرعة المنطاد، فكلما اقتربت سرعة المنطاد من سرعة الرياح وشابهتها بالجهة تنقص القوّة الناشئة عن الرياح، وبالتالي يمكننا ان نقول:

$$\vec{V} = \vec{V}_{wind} - \vec{V}_{airship}$$

تكون سرعة الرياح الملائمة للطيران ضمن المجال:  $1.79m/s - 2.68m/s$

## الحالات الحركية للمنطاد:

### أولاً-حالة السكون وحالة السرعة الثابتة

تكون فيه محصلة القوى المؤثرة في المنطاد مساوية للصفر وسرعته إما معدومة أو ثابتة بحيث يتحقق قانون نيوتن الأول:

$$\Sigma \vec{F} = 0$$

الذي ينص على أن الجسم إذا كان في حالة سكون أو حالة حركة بسرعة ثابتة في خط مستقيم، فإنه سيبقى في حالة سكون أو يستمر في التحرك في خط مستقيم بسرعة ثابتة ما لم تؤثر به قوة خارجية تجبره على تغيير ذلك، وتكون محصلة القوى المؤثرة به معدومة. وهي الحالة الابتدائية للمنطاد قبل الإقلاع.

الحالات التي تحقق قانون نيوتن الأول:

### حالة السكون التام في الهواء أو على الأرض

تتحقق عندما تصبح قوة الرفع مساوية تماماً لقوة ثقل المنطاد وتكون سرعته معدومة، وهو ما يسمى بال *neutral buoyancy*. يخضع حينها المنطاد لقوتين فقط، الثقل و الرفع (باعتبار عدم وجود رياح)

$$\vec{F} = \vec{W} + \vec{Lift} = \vec{0}$$

وفي حالة السكون على الأرض يثبت المنطاد بتأثير ثقله وقوة رد فعل الأرض المساوية لقوة الثقل المعاكسة لها بالاتجاه

$$\vec{F} = \vec{W} + \vec{R} = \vec{0}$$

### حالة الطيران بسرعة ثابتة

سواء كان الطيران باتجاه الأعلى أو الأسفل أو الامام أو أي اتجاه محدد بينها

يكون المنطاد في هذه الحالة خاضعاً لجميع القوى المؤثرة في حركته أو بعضها وتكون محصلة هذه القوى معدوماً وسرعة المنطاد ثابتة:

$$\vec{F} = \vec{W} + \vec{Lift} + \vec{Drag} + \vec{Thrust} + \vec{Wind} = \vec{0}$$

## ثانياً-حالة وجود قوة تؤثر في المنطاد:

بوجود قوة خارجية تؤثر على المنطاد، يكتسب المنطاد تسارعاً محدداً وتصبح محصلة القوى التي تؤثر فيه غير معدومة ويتحقق قانون نيوتن الثاني:

$$\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

الذي ينص على أن الجسم إذا أثرت عليه قوة ما فإنها تكسبه تسارعاً، يتناسب طردياً مع قوته وعكسياً مع كتلته ويكون باتجاه تلك القوة. وهو القانون الذي سنحدد من خلاله سرعة المنطاد وبالتالي تغيرات أحداثياته في الفضاء ومكانه.

نقوم بإيجاد محصلة القوى المؤثرة في المنطاد

$$\Sigma \vec{F} = \vec{W} + \vec{Lift} + \vec{Thrust} + \vec{Drag} + \vec{Wind}$$

ثم نقوم بإيجاد التسارع عن طريق قسمة شعاع القوة على كتلة المنطاد:

$$\vec{a} = \frac{\Sigma \vec{F}}{m}$$

ثم يمكننا حساب السرعة اللحظية للمنطاد عن طريق القانون:

$$\vec{v} = \vec{a}t + \vec{v}_0$$

وعن طريق السرعة نستطيع حساب الموقع الجديد

$$\vec{x} = \vec{v}t + \vec{x}_0$$

ويمكن حسابها مباشرة من القانون:

$$\vec{x} = \frac{1}{2}\vec{a}t^2 + \vec{v}t + \vec{x}_0$$

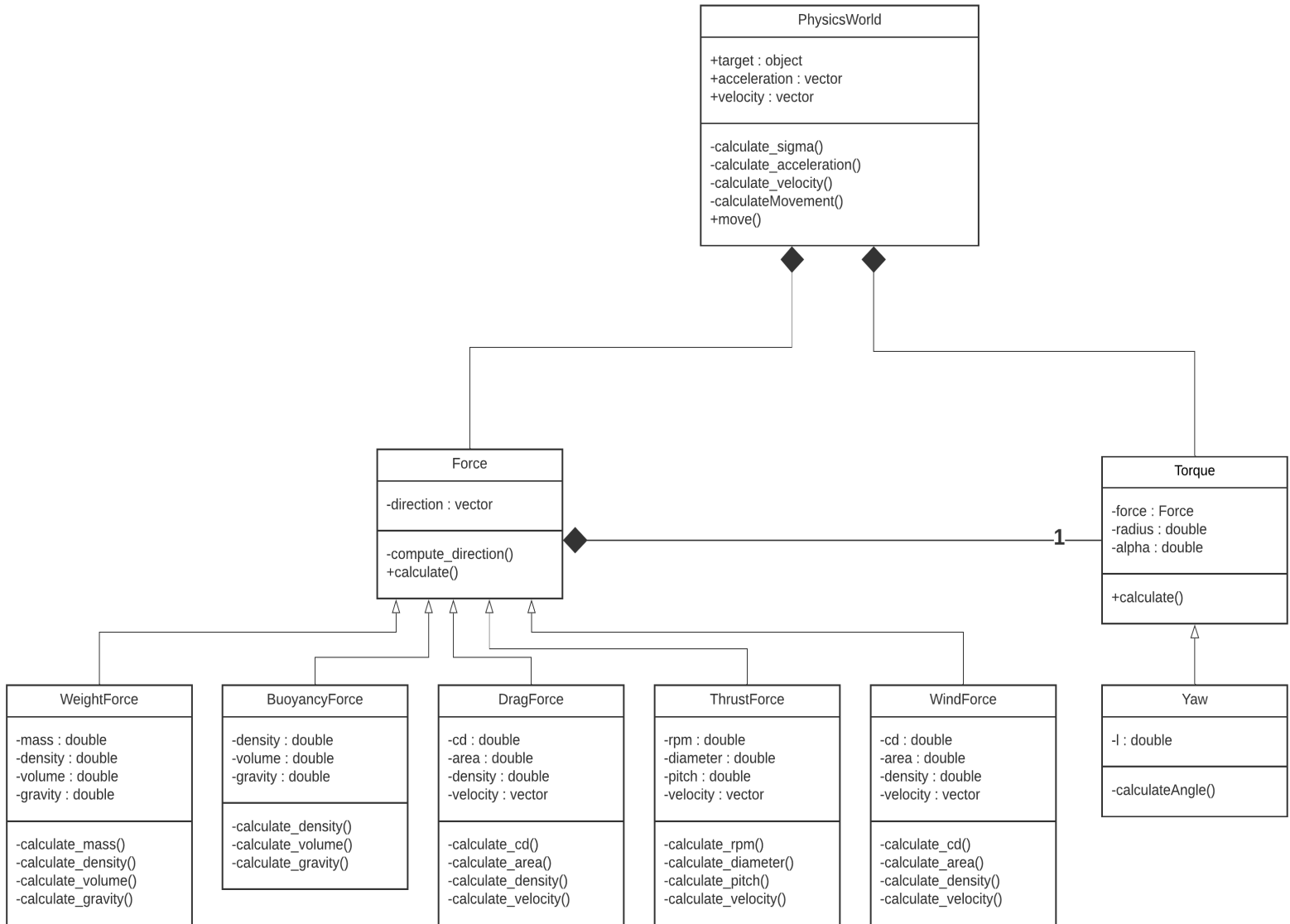
ولكن محصلة القوى ستستمر بالتناقص تدريجياً بسبب قوة مقاومة الهواء التي تتناسب مع طرداً مع سرعة المنطاد وتعاكس اتجاهه حتى تصبح معدومة وبالتالي ينعدم التسارع وتثبت السرعة ويتحقق قانون نيوتن الأول فتصبح الحركة حركةً مستقيمة ذات سرعة ثابتة وتسارع معدوم.

وباستعمال قانوني نيوتن السابقين نستطيع استنتاج سرعة وتسارع المنطاد في كل لحظة ومنها سنستنتج حركة المنطاد الصحيحة وتحقق المحاكاة بشكل يكون مطابقاً للواقع.

وهنا تنتهي فقرة الدراسة الفيزيائية للمنطاد الموجه.

## UML Class Diagram

### Algorithmical Workflow



## كلاس PhysicsWorld

قمنا بوضع علاقتين من نوع composition بينه وبين كل من كلاس Force وكلاس Torque من جهة كلاس PhysicsWorld لأنه لا وجود لهذه الكلاسات دون وجود الكلاس الأب. والذي يحوي الـ attributes:

Public (+) / Private (-)	المعنى المراد	type	attributes
Public (+)	الكائن المستهدف	object	target
Public (+)	التسارع	vector	acceleration
Public (+)	السرعة	vector	velocity

ويحوي أيضاً Methods:

Public / Private	المعنى المراد	Methods
Private (-)	حساب محصلة القوى $\sum F$	calculate_sigma()
Private (-)	حساب التسارع $a$	calculate_acceleration()
Private (-)	حساب السرعة $v$	calculate_velocity()
Private (-)	حساب شعاع التغير في الحركة	calculateMovement()
Public (+)	تحريك الـ target و الكاميرا	move()

ولدينا الكلاسين العزم (Torque) والقوة (Force)

وهنا قمنا بوضع علاقة composition بينهما من جهة كلاس القوة (Force) لأنه لا وجود للعزم بدون وجود القوة

## كلاس العزم Torque

والذي يحوي الـ attributes:

Public (+) / Private (-)	المعنى المراد	type	attributes
Private (-)	القوة	Force	force
Private (-)	نصف القطر	double	radius
Private (-)	الزاوية بين شعاع القوة وشعاع ذراع الرفع	double	alpha

ويحوي أيضاً Methods:

Public (+) / Private (-)	المعنى المراد	Methods
Public (+)	حساب العزم $\tau$	calculate()

## كلاس القوة Force

والذي يحوي الـ attributes:

Public (+) / Private (-)	المعنى المراد	type	attributes
Private (-)	الاتجاه	vector	direction

ويحوي أيضاً Methods:

Public (+) / Private (-)	المعنى المراد	Methods
Private (-)	تحديد الاتجاه	Compute_direction()
Public (+)	$F$ حساب القوة (سيتم عمل override له عند كل ابن)	calculate()

## كلاس Yaw

ولدى كلاس Yaw وهو دوران الانعراج هو حركة حول محور الانعراج لجسم صلب يغير الاتجاه الذي يشير إليه إلى يسار أو يمين اتجاه حركته، وهو يرث من كلاس العزم (Torque) بعلاقة inheritance.

يحوي الـ attributes:

Public (+) / Private (-)	المعنى المراد	type	attributes
Private (-)	الزاوية	double	I

:Methods

Public (+) / Private (-)	المعنى المراد	Methods
Private (-)	حساب الزاوية I	calculateAngle()

ولدينا كل من الكلاسات الآتية التي ترث من كلاس القوة ( $Force$ ) بعلاقة inheritance وهي:

WeightForce   WindForce   BuoyancyForce   ThrustForce   DragForce

## كلاس WeightForce

يحوي الـ attributes:

Public (+) / Private (-)	المعنى المراد	type	attributes
Private (-)	الكتلة	double	mass
Private (-)	الكثافة	double	density
Private (-)	الحجم	double	volume
Private (-)	الجاذبية	double	gravity

:Methods

Public / Private	المعنى المراد	Methods
Private (-)	حساب الكتلة $m$	<code>calculate_mass()</code>
Private (-)	حساب الكثافة $\rho$	<code>calculate_density()</code>
Private (-)	حساب الحجم $V$	<code>calculate_volume()</code>
Private (-)	حساب الجاذبية $g$	<code>calculate_gravity()</code>

## كلاس BuoyancyForce

يحتوي الـ attributes:

Public (+) / Private (-)	المعنى المراد	type	attributes
Private (-)	الكثافة	double	<b>density</b>
Private (-)	الحجم	double	<b>volume</b>
Private (-)	الجاذبية	double	<b>gravity</b>

:Methods

Public / Private	المعنى المراد	Methods
Private (-)	حساب الكثافة $\rho$	<code>calculate_density()</code>
Private (-)	حساب الحجم $V$	<code>calculate_volume()</code>
Private (-)	حساب الجاذبية $g$	<code>calculate_gravity()</code>

## كلاس DragForce

يحتوي الـ attributes:

Public (+) / Private (-)	المعنى المراد	type	attributes
Private (-)	معامل السحب	double	<b>cd</b>
Private (-)	مساحة	double	<b>area</b>
Private (-)	الكثافة	double	<b>density</b>
Private (-)	السرعة	vector	<b>velocity</b>



:Methods

Public / Private	المعنى المراد	Methods
Private (-)	حساب معامل السحب	calculate_cd()
Private (-)	حساب مساحة السطح $A$	calculate_area()
Private (-)	حساب الكثافة $\rho$	calculate_density()
Private (-)	حساب السرعة $v$	calculate_velocity()

### كلاس ThurstForce

يحتوي الـ attributes:

Public (+) / Private (-)	المعنى المراد	type	attributes
Private (-)	عدد الدورات في الدقيقة	double	rpm
Private (-)	قطر المروحة	double	diameter
Private (-)	زاوية المروحة	double	pitch
Private (-)	السرعة	vector	velocity

:Methods

Public / Private	المعنى المراد	Methods
Private (-)	حساب عدد الدورات في الدقيقة	calculate_rpm()
Private (-)	حساب قطر المروحة	calculate_diameter()
Private (-)	حساب زاوية المروحة	calculate_pitch()
Private (-)	حساب السرعة $v$	calculate_velocity()

### كلاس WindForce

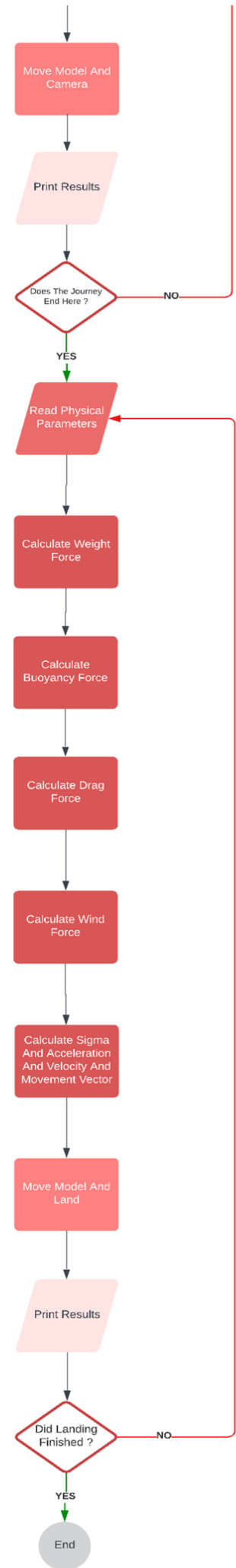
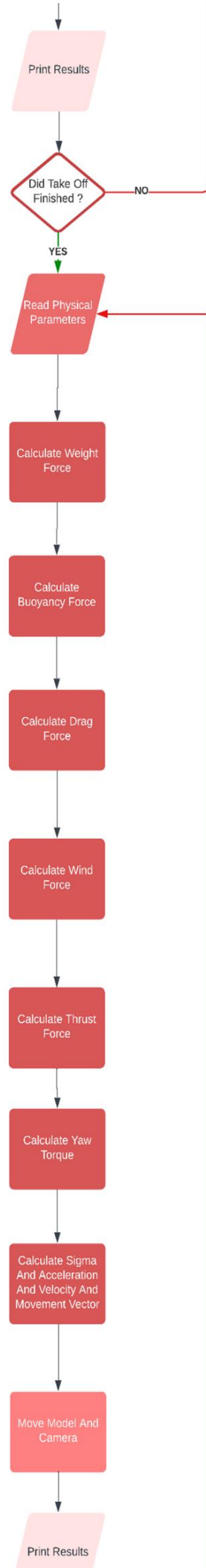
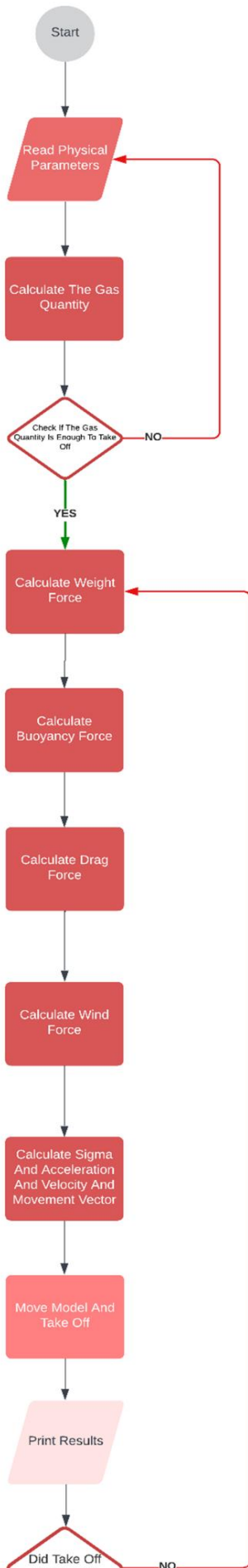
يحتوي الـ attributes:

Public (+) / Private (-)	المعنى المراد	type	Attributes
Private (-)	معامل السحب	double	Cd
Private (-)	مساحة المسقط	double	Area
Private (-)	كثافة الهواء المحيط	double	Density
Private (-)	السرعة الجسم	vector	Velocity

:Methods

Public / Private	المعنى المراد	Methods
Private (-)	حساب معامل السحب	calculate_cd()
Private (-)	حساب مساحة السطح $A$	calculate_area()
Private (-)	حساب الكثافة $\rho$	calculate_density()
Private (-)	حساب السرعة $v$	calculate_velocity()

## Algorithm flowchart example



## شرح مخطط التدفق:

يوجد لدينا ثلاث مراحل للرحلة: الإقلاع والطيران والهبوط.

### الإقلاع:

يوجد شرط للإقلاع وهو أن يكون حجم غاز الهيليوم يمكنه توليد قوة رفع مناسبة.

أثناء عملية الإقلاع تؤثر القوى التالية فقط:

- ✓ الجاذبية.
- ✓ الطفو.
- ✓ مقاومة الهواء.
- ✓ الرياح إن وجدت.

### الطيران:

عملية الطيران تعتمد بشكل أساسي على المحرك، وبالتالي القوى المؤثرة هي:

- ✓ الجاذبية.
- ✓ الطفو.
- ✓ مقاومة الهواء.
- ✓ الرياح إن وجدت.
- ✓ دفع المحرك.
- ✓ عزم الدوران (من الدفة).

### الهبوط:

أثناء عملية الهبوط تؤثر القوى التالية فقط:

- ✓ الجاذبية.
- ✓ الطفو.
- ✓ مقاومة الهواء.
- ✓ الرياح إن وجدت.

Output

Controls



## التحقيق البرمجي:

تم استخدام لغة JavaScript واعتماد مكتبة ThreeJS للنمذجة ثلاثية الأبعاد وتم مراعاة منهج عمل الـ OOP وتطبيقه بما يلزم متطلبات المشروع.

بدأنا بتعلم لغة JS قبل وقت كافٍ أثناء العطلة الفصلية تمهيداً للمشروع، وبعدها درسنا مكتبة ThreeJS والتي كانت دراستها تحدياً كبيراً نظراً لشموليبتها ولما تحتويه من أشياء تساعد على إظهار رسومات الـ 3D.

لقد حاولنا أثناء تطبيق المشروع الاستفادة بأقصى قدر ممكن من هذه المكتبة وتسخيرها لإنجاز المشروع بأبهي حلة فقد استخدمنا الإضاءة والظلال والـ textures والـ models والـ shaders من أجل تمثيل البيئة المحيطة بالمنطاد وأيضاً استخدمنا الـ model لإظهار المنطاد.

وبما أن مشروع بهذا الحجم لا يمكن برمجته بالطرق العادية، استخدمنا مبادئ الـ OOP التي سهلت علينا تحقيق التواصل المتقنين عناصر المشروع لتكون لنا النتيجة المطلوبة دون أخطاء، وأيضاً استخدمنا برامج الـ version control مثل الـ git لتسهيل عملية نقل الأكواد والتعديل عليها دون تضارب.

وتم تنظيم عملية تحميل الملفات باستخدام الـ Model Manager و الـ Texture Manager لكيلا يتم تحميل الملف مرتين وذلك لتنظيم الذاكرة وتحسين أداء البرنامج.

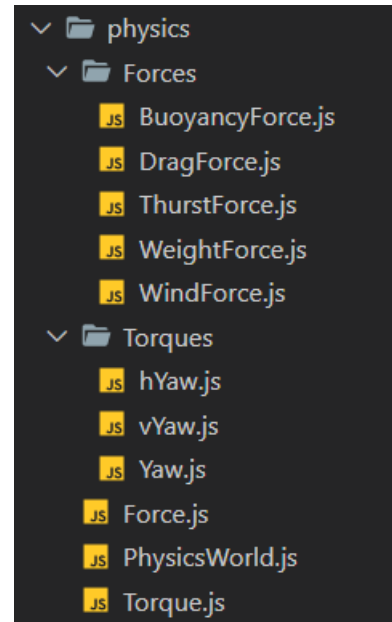
وبالنسبة للفيزياء تم عمل مجلد منفصل لها فيه صف خاص سميناه physics world يقوم باستدعاء صفوف جميع القوى والعزوم الموجودة في الدراسة واستخدامها للحسابات والخروج بالنتيجة المطلوبة.

```
import { Vector3 } from "three";

You, last month | 1 author (You)
class Force {
  constructor() {
    this.direction = this.compute_direction();
  }

  direction = new Vector3();

  compute_direction() { };
  calculate() { };
}
export default Force;
```



حيث أن الكلاسات الأساسية هي:

**PhysicsWorld**: نقوم فيه باستدعاء جميع صفوف القوى الأخرى التي تلعب دوراً في المحاكاة فيقوم بجمع جميع القوى لإيجاد المحصلة النهائية لها، ثم يقوم بعد ذلك بحساب التسارع والسرعة اللحظية للمنطاد باستعمال قوانين نيوتن السابق ذكرها بالدراسة الفيزيائية، كما نقوم فيه بحساب الحرارة والضغط وفقاً للارتفاع والكتلة الكلية وكثافة الهواء والكثير من المتغيرات المؤثرة بالمحاكاة.

**Force**: الكلاس الأب للقوى الأساسي، حيث يحوي "اتجاه" وهو عبارة عن متجه، وفيه تابعان يقوم احدهما بحساب الاتجاه والثاني بحساب القوة

**Torque**: الكلاس الأب لصفوف الدوران.

وأما بالنسبة لصفوف القوى التي يتم فيها حساب شدة كل قوة تؤثر في المنطاد:

جميع تلك الصفوف ترث من الصف **Force** وتقوم بعمل **override** لتوابعه

```
import Force from "../Force";

You, last month | 1 author (You)
class Torque {
  constructor(force) {
    this.force = force;
  }

  force = new Force();

  calculate() { };
}
export default Torque;
```

**buoyancyForce**: لحساب قوة الرفع الناتجة عن الهيليوم

**weightForce**: لحساب قوة الثقل

**dragForce**: لحساب قوة السحب الناتجة عن حركة المنطاد

**thrustForce**: لحساب قوة الدفع الناتجة عن المحرك والعنفات

**windForce**: القوة الناتجة عن الرياح

```

class BuoyancyForce extends Force {
    //  $B = \rho * V * g$ 
    constructor() {
        super();
    };

    compute_direction() {
        return new Vector3(0, +1, 0);
    };

    calculate(density, volume, gravity) {
        const  $\rho$  = density;
        const V = volume;
        const g = gravity;

        const strength =  $\rho * V * g$ ;

        const B = this.direction.clone()
            .multiplyScalar(strength);

        return B;
    };
};

```

```

class WeightForce extends Force {
    //  $W = m * g$ 
    constructor() {
        super();
    }

    compute_direction() {
        return new Vector3(0, -1, 0);
    };

    calculate(mass, gravity) {
        const m = mass;
        const g = gravity;

        const strength =  $m * g$ ;

        const W = this.direction.clone()
            .multiplyScalar(strength);

        return W;
    };
}

```

```

class DragForce extends Force {
    //  $D = 0.5 * C_d * A * \rho * v^2$ 
    constructor() {
        super();
    };

    compute_direction(movement) {
        if (movement)
            return movement.clone().normalize().negate();
        return new Vector3();
    };

    calculate(Cd, frontArea, density, velocityLength, movement) {
        const cd = Cd;
        const A = frontArea;
        const  $\rho$  = density;
        const v = velocityLength;

        this.direction = this.compute_direction(movement);
        const strength =  $0.5 * cd * A * \rho * (v ** 2)$ ;
        const D = this.direction.clone().multiplyScalar(strength);

        return D;
    };
};

```

```

class WindForce extends Force {
    //  $W_i = C_d * \rho * v^2 * A$ 
    constructor() {
        super();
    }

    compute_direction(direction) {
        if (direction)
            return direction.clone();
        return new Vector3();
    };

    calculate(Cd, area, density, windVelocityLength, windVelocityDirection) {
        const cd = Cd;
        const A = area;
        const  $\rho$  = density;
        const v = windVelocityLength;

        this.direction = this.compute_direction(windVelocityDirection);

        const strength =  $0.5 * cd * A * \rho * (v ** 2)$ ;
        const Wind = this.direction.clone().multiplyScalar(strength);
        return Wind;
    };
}

```

```

class ThurstForce extends Force {
  //  $T = 4.392 * 10^{-8} * RPM * d^{3.5} / pitch^{0.5} * (4.233 * 10^{-4} * RPM * pitch - V0)$ 
  constructor() {
    super();
  };
  compute_direction(angleY, angleZ) {
    return new Vector3(
      Math.cos(angleZ) * Math.cos(angleY),
      Math.sin(angleZ),
      -Math.cos(angleZ) * Math.sin(angleY)
    );
  };
  calculate(RPM, diameter, Pitch, velocityLength, angleY, angleZ) {
    const rpm = RPM;
    const d = diameter;
    const pitch = Pitch;
    const v = velocityLength;
    this.direction = this.compute_direction(angleY, angleZ);
    const strength = 4.392 * (10 ** -8) * rpm * ((d ** 3.5) / (pitch ** 0.5)) * (4.233 * (10 ** -4) * rpm * pitch - v);
    const T = this.direction.clone().multiplyScalar(strength);
    return T;
  };
};

```

وتم هنالك التوابع المسؤولة عن الدوران الافقي والعمودي:

Yaw: يرث من الصف torque ويقوم بحساب عزم المزدوجة والعزم العكسي

hYaw و vYaw: يرثان صف Yaw: ونستفيد منهما في تطبيق الدوران الافقي والعمودي

```

import Yaw from './Yaw.js';
...
class vYaw extends Yaw {
  //  $\Theta = (M - M') / l$ 
  constructor() {
    super();
  };
};
export default vYaw;

```

```

import Torque from './Torque.js';
...
class Yaw extends Torque {
  //  $M = F_{drag} * d * \sin(a)$ 
  constructor() {...}
};
calculateM(Alpha, F) {...}
calculateMInverse(AlphaInverse, F) {
  /**
   * Length: 75 meters (246 feet)
   * Height: 18.9 meters (62 feet)
   * Width: 18.2 meters (60 feet)
   */
  const f = F;
  const d = 75 / 2;
  const alphaInverse = AlphaInverse;
  const MInverse = f * d * Math.sin(alphaInverse);
  return MInverse;
};
calculateL() {...}
calculate(alpha, alphaInverse, forceValue) {...}
export default Yaw;

```

وأخيراً لحساب محصلة القوى و ثم إيجاد التسارع والسرعة:

```
const Sigma = new Vector3().addVectors(  
  W,  
  new Vector3().addVectors(  
    B,  
    new Vector3().addVectors(  
      D,  
      new Vector3().addVectors(  
        T,  
        Wi  
      )  
    )  
  )  
);  
return Sigma;
```

```
calculate_acceleration() {  
  //a = sigma / m  
  
  const sigma = this.calculate_sigma();  
  const m = this.calculate_mass();  
  
  const a = sigma.divideScalar(m);  
  return a;  
}
```

```
calculate_velocity(deltaTime) {  
  //v = a * t + v0  
  
  const v0 = this.velocity;  
  const t = deltaTime;  
  const a = this.calculate_acceleration();  
  
  const v = new Vector3().addVectors(v0, a.clone().multiplyScalar(t));  
  return v;  
}
```

## الصعوبات التي واجهتنا:

واجهنا العديد من الصعوبات منها:

إنّ Model المنطاد لم يكن كاملاً بل كان ينقصه الـ animation، لذلك عدلناه باستخدام برنامج Blender للنمذجة ثلاثية الأبعاد و أضفنا الـ animations اللازمة لجعل المنطاد واقعي بتفاصيله.

بعض القوانين الفيزيائية كان فهمها معقد بالنظر للدراسة الفيزيائية لوحدها، وتم حل المشكلة بالاجتماع مع فريق الفيزياء وتوضيح بعض النقاط والمتغيرات اللازمة لهذه القوانين.

بالبداية واجهنا مشاكل بالأداء ولكن تم حل المشكلة لاحقاً باستخدام بعض تقنيات الـ caching .

إعداد إضاءة الشمس والظلال وانعكاس البيئة على البحر وأيضاً في رسم الجبال والغيوم.

قلة المصادر التي تتحدث عن المنطاد الموجه وآلية عمله نظراً لقدمه وتناقص استخدامه في العصر الحديث وعدم وجود مصادر عربية وإنما اقتصرها على المصادر الأجنبية.

صعوبة إيجاد مصادر واضحة وصريحة لبعض القوانين التي أردنا استخدامها مثل قوة الدفع والدوران.

## النتائج

تمكنا في النهاية من تحقيق قسم كبير من الأمور التي تطلعنا إليها سواء من حيث فيزيائية المحاكاة أو البيئة الخارجية، وخرجنا بنتيجة مرضية جداً على كلا الصعيدين، على الرغم من ذلك كانت هناك بعض الأفكار التي أردنا تنفيذها ولكن الوقت لم يسعفنا في ذلك، مثل إنشاء وضع فيه حرية مطلقة للمستخدم بوضع أي قيمة يريد لها للدخل ليرى كيف ستكون نتائج المحاكاة، بالإضافة إلى جعل عملية التصادم أقرب للواقع مما هي عليه حالياً.

ولكن على الرغم مما سبق فنحن سعيون جداً بهذه النتائج والتجربة التي خضناها والتي كان فيها فائدة وإثراء كبير لنا من الناحية العلمية والتقنية.



## المراجع

كتاب الفيزياء للصف العاشر الثانوي

[https://www.engineeringtoolbox.com/standard-atmosphere-d\\_604.html](https://www.engineeringtoolbox.com/standard-atmosphere-d_604.html)

<https://lynceans.org/all-posts/modern-airships-part-1/>

<https://www.tytorobotics.com/blogs/articles/how-to-calculate-propeller-thrust>

<https://howthingsfly.si.edu/forces-flight/four-forces>

<http://www.madehow.com/Volume-3/Airship.html>

[https://lynceans.org/wp-content/uploads/2021/08/Goodyear\\_civilian-blimps-converted-compressed.pdf](https://lynceans.org/wp-content/uploads/2021/08/Goodyear_civilian-blimps-converted-compressed.pdf)