

УРОК 66

Тема: Судноплавство та повітроплавання

Мета: ознайомити із принципами судноплавства та повітроплавання, спираючись на архімедову силу та умови плавання тіл. Розглянути, як судна залишаються на плаву, і зрозуміти, чому вони не тонуть, навіть якщо виготовлені з важких матеріалів.

Компоненти ключових компетентностей:

- ✓ **уміння** – учні вчаться визначати, чи залишиться тіло на плаву в рідині чи газі. Вони також зможуть застосовувати ці знання до реальних ситуацій, наприклад, розуміти, чому повітряні кульки піднімаються вгору.
- ✓ **ставлення** – вивчення судноплавства та повітроплавання може відкрити перед учнями цікаві питання та нестандартні ситуації. Вони матимуть можливість виявити свою творчість, шукаючи рішення та пояснення.

Навчальні ресурси: підручник з фізики, фізичні прилади, таблиці СІ та префіксів, навчальна презентація.

Тип уроку: вивчення нового матеріалу.

Можливі труднощі: вивчення судноплавства та повітроплавання може вимагати інтеграції з іншими предметами, такими як історія, географія. Важливо знайти спосіб зв'язати ці аспекти для більш глибокого розуміння.

ХІД УРОКУ

I. ПОЧАТКОВИЙ ЕТАП

II. ОСНОВНА ЧАСТИНА

1. Судноплавство



Чому сталевий брусок тоне у воді, а сталеві судна плавають?

Сталевий брусок тоне у воді через те, що його густина більша за густину води. Густина матеріалу, з якого виготовлений брусок, перевищує густину води, тому сила тяжіння, що діє на брусок, є більшою за виштовхувальну силу води, яка діє на нього. В результаті брусок занурюється у воду і тоне.

Сталеві судна, хоч і виготовлені зі сталі, плавають завдяки своїй формі та конструкції. Вони мають велику порожнисту частину, що значно збільшує об'єм судна і зменшує його середню густину. Цей об'єм заповнений повітрям, яке має дуже низьку густину, завдяки чому середня густина всього судна стає меншою за густину води. Як результат,

виштовхувальна сила води, яка діє на судно, є достатньою для того, щоб підтримувати його на поверхні і не дозволяти йому тонути.

Середня густина суден набагато менша за густину води, тому судна плавають на її поверхні, занурюючись на відносно невелику частину свого об'єму.



Характеристики суден:

Осадка – це глибина, на яку занурюється судно у воду.

Осадка змінюється в залежності від навантаження судна і типу води, в якій воно знаходиться (морська або річкова). Важливо не перевантажувати судно, оскільки це може призвести до небезпечного збільшення осадки.

Ватерлінія – це лінія на корпусі судна, що позначає його максимально допустиму осадку, за якої судно може безпечно плавати.

Коли судно повністю навантажене, воно занурене у воду врівень із ватерлінією. Це є критичним індикатором для визначення безпеки судна на воді. Небезпечним є як плавання судна, зануреного як нижче, так і вище ватерлінії.



Повна водотоннажність судна – це вага води, яку витісняє судно, занурене до ватерлінії.

Це еквівалентно архімедовій силі, що діє на повністю завантажене судно. Відповідно до закону Архімеда, ця сила дорівнює силі тяжіння, що діє на судно з вантажем:

$$F_{\text{арх}} = F_{\text{тяж}} = (m_{\text{судна}} + m_{\text{вант}})g$$

Наприклад, танкери для нафти можуть мати повну водотоннажність до 5 млн кН, що відповідає масі з вантажем до 500 000 т.

Вантажність судна – це максимальна вага вантажу, яку судно може взяти на борт, не перевищуючи дозволону осадку.

Вантажність визначається як різниця між повною водотоннажністю судна та його вагою:

$$P_{\text{вант}} = F_{\text{арх}} - P_{\text{судна}}$$

Україна – морська держава. В країні є морський і річковий флот, а також порти, що мають велике економічне значення: Одеський, Чорноморський, Південний, Миколаївський, Бердянський, Маріупольський.

2. Підводний човен

🤖 Як здійснюється рух підводних човнів?

Підводний човен змінює свою густину за допомогою **баластних цистерн**. Коли в цистерни набирається вода, густина човна стає більшою за густину води, і він занурюється. Для спливання воду витісняють з цистерн стисненим повітрям, тоді густина човна стає меншою від густини води. Під водою човен маневрує за допомогою керма глибини і керма поворотів, які діють подібно до крил літака.



3. Повітроплавання

☹️ Чому нейлонова тканина падає в повітрі, а повітряні кулі, виготовлені із цієї тканини, здіймаються вгору і піднімають гондоли з пасажирами?



Нейлонова тканина падає в повітрі, тому що її густина більша за густину повітря. Сила тяжіння, що діє на нейлон, перевищує виштовхувальну силу повітря, і тканина опускається вниз.

Проте, повітряні кулі виготовлені з нейлону, здіймаються вгору завдяки своїй формі та конструкції. Вони мають велику порожнисту оболонку, яку наповнюють газом з дуже низькою густиною, наприклад, гелієм або нагрітим повітрям. Завдяки цьому середня густина повітряної кулі стає меншою за густину навколишнього повітря. Як результат, виштовхувальна сила повітря, що діє на кулю, стає більшою за силу тяжіння, яка діє на кулю разом з її вантажем. Це дозволяє кулі підніматися вгору.

Середня густина повітряної кулі менша від густини повітря, тому виштовхувальна сила більша за силу тяжіння і куля піднімається.

Піднімальна сила повітряної кулі – це різниця між виштовхувальною (архімедовою) силою і силою тяжіння.

$$F_{\text{піднім}} = F_{\text{арх}} - F_{\text{тяж}}$$

Сила тяжіння, що діє на кулю складається із сили тяжіння, що діє на газ, яким заповнена оболонка та саму оболонку.

Повітряні кулі можуть бути двох типів:

Шарльєр – повітряна куля, наповнена легким газом (гелієм, воднем або іншими газами).

Цей тип кулі названий на честь французького вченого Жака Александра Сезара Шарля, який здійснив перший політ на такій кулі 27 серпня 1783 року на Марсовому полі в Парижі.

Монгольф'єр – повітряна куля, наповнена гарячим повітрям.

Ця куля названа на честь братів Монгольф'є – Жозефа-Мішеля і Жака-Етьєнна, які вперше піднялися в небо на такій кулі 5 червня 1783 року в місті Анноне.

Оскільки густина повітря з висотою зменшується, повітряні кулі не можуть піднятися на необмежену висоту. Вони здіймаються тільки до тієї висоти, де густина повітря дорівнює середній густині кулі з вантажем.

Зараз повітряні кулі використовуються в метеорологічних дослідженнях, змаганнях, перевезеннях пасажирів, а також у туристичних і пізнавальних подорожах.

III. РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ

1. Для туристичної подорожі над Каппадокією, повітря в середині кулі нагрівають газовим пальником. Якою має бути середня густина кулі разом з вантажем, щоб вона почала підійматися?

Середня густина кулі разом з вантажем має бути меншою за густину повітря. І підніметься вона до висоти, де густина повітря, що оточує кулю, не тане рівною середній густині кулі з вантажем.

2. Зім'ятий шматок фольги тоне у воді. Як зробити його плаваючим? Поясніть свій своє рішення.

Зім'ятий шматок фольги можна розгладити і згорнути в форму невеликого човника, або зробити мініатюрний пліт. При цьому за рахунок наданої форми, виникне порожнини, це збільшить об'єм тіла і, водночас, зменшить середню густину, яка стане меншою за густину води.

3. Для чого використовували мішечки з піском під час польоту шарльєра, і як вони допомагали управляти висотою кулі?

Мішечки з піском використовувалися в шарльєрах (газових кулях) для регулювання висоти польоту. Шарльєри, на відміну від теплових аеростатів, піднімалися завдяки газу, легшому за повітря, наприклад, водню або гелію. Оскільки ці гази не могли бути легко випущені або нагріті для контролю висоти, використовували інший підхід.

Мішечки з піском служили як баласт. Коли потрібно було підняти кулю на більшу висоту, аеронавти скидали частину піску, що зменшувало загальну масу кулі, дозволяючи їй піднятися вище. Якщо ж потрібно було опуститися, то куля природним чином знижувалася, коли газ у ній поступово витікав або охолоджувався, що знижувало підйомну силу.

Таким чином, мішечки з піском допомагали аеронавтам керувати висотою польоту, надаючи можливість більш точного контролю над кулею.

4. Чому тарілка, покладена на поверхню води дном, плаває, а опущена у воду ребром тоне?

Тарілка, опущена дном витісняє достатньо води, щоб сила виштовхувальна зрівноважила її силу тяжіння. Коли ж тарілку опускають у воду ребром, об'єм витісненої води зменшується і виштовхувальна сила стає меншою, ніж сила тяжіння, тому вона тоне.

5. У повітря запущено кулю, об'ємом 40 м^3 , наповнену гелієм. Визначте підймальну силу кульки.

Дано:

$$V = 40 \text{ м}^3$$

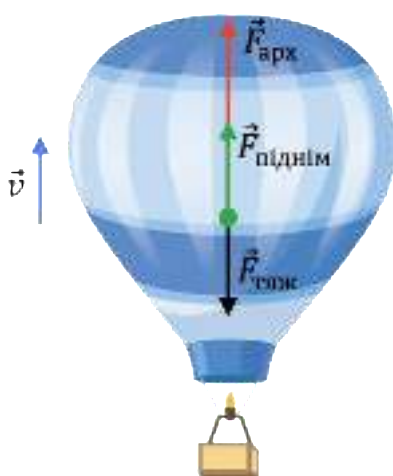
$$\rho_{\text{пов}} = 1,29 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_{\text{гел}} = 0,18 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$F_{\text{піднім}} = ?$$

Розв'язання



Підймальна сила повітряної кулі – це різниця між виштовхувальною (архімедовою) силою і силою тяжіння.

$$F_{\text{піднім}} = F_{\text{арх}} - F_{\text{тяж}}$$

$$F_{\text{арх}} = \rho_{\text{пов}} g V \quad F_{\text{тяж}} = m g$$

$$= \rho_{\text{гел}} V g$$

$$F_{\text{піднім}} = \rho_{\text{пов}} g V - \rho_{\text{гел}} V g = V g (\rho_{\text{пов}} - \rho_{\text{гел}})$$

$$[F_{\text{піднім}}] = \text{м}^3 \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} - \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right) = \text{Н}$$

$$F_{\text{піднім}} = 40 \cdot 10 \cdot (1,29 - 0,18) = 444 \text{ (Н)}$$

Відповідь: $F_{\text{піднім}} = 444 \text{ Н}$.

6. Чотири однакові повітряні кульки наповнені різними газами: воднем, азотом, вуглекислим газом і гелієм. Яка з них має найбільшу підймальну силу?

Так як підймальна сила – це різниця між виштовхувальною силою і силою тяжіння, то відповідь буде визначатися тільки значенням сили тяжіння, бо виштовхувальна сила однакова на усі кульки. Значення сили тяжіння залежить від маси, а маса визначається густиною. Чим менше значення густини – тим менше значення сили тяжіння, тим більше підймальна сила. Порівняємо густини водню, азоту, природного газу та гелію – найменше значення у водню. Отже, найбільшу підймальну силу має кулька, наповнена воднем.

7. Водотоннажність судна, яке перевозить 4000 т вантажу при зануренні до ватерлінії, складає 60 МН. Яка маса самого судна?

Дано:

$$\begin{aligned} P_{\text{води}} &= 60 \text{ МН} \\ &= 60000000 \text{ Н} \\ m_{\text{вант}} &= 4000 \text{ т} \\ &= 4000000 \text{ кг} \\ g &= 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \\ m_{\text{судна}} &= ? \end{aligned}$$

Розв'язання

Повна водотоннажність судна – це вага води, яку витісняє судно, занурене до ватерлінії, тобто архімедова сила, що діє на повністю навантажене судно.

$$P_{\text{води}} = F_{\text{арх}} = F_{\text{тяж}} = (m_{\text{судна}} + m_{\text{вант}})g$$

$$P_{\text{води}} = (m_{\text{судна}} + m_{\text{вант}})g$$

$$\frac{P_{\text{води}}}{g} = m_{\text{судна}} + m_{\text{вант}}$$

$$m_{\text{судна}} = \frac{P_{\text{води}}}{g} - m_{\text{вант}} \quad [m_{\text{судна}}] = \frac{\text{Н}}{\frac{\text{Н}}{\text{кг}}} - \text{кг} = \text{кг} - \text{кг} = \text{кг}$$

$$m_{\text{судна}} = \frac{60000000}{10} - 4000000 = 2000000 \text{ (кг)}$$

Відповідь: $m_{\text{судна}} = 2000 \text{ т}$.

8. Суховантажна баржа-майданчик зайшла в порт і була розвантажена на загальну масу 250 т. Як змінилася осадка баржі при цьому? Вважати площу перерізу баржі на рівні ватерлінії рівною 500 м².

Дано:

$$\begin{aligned} m_{\text{вант}} &= 250 \text{ т} \\ &= 250000 \text{ кг} \\ S &= 500 \text{ м}^2 \\ \rho_{\text{води}} &= 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \\ h &= ? \end{aligned}$$

Розв'язання

За законом Архімеда:

$$P_{\text{вант}} = P_{\text{вит.води}}$$

$$P_{\text{вант}} = m_{\text{вант}}g \quad P_{\text{вит.води}} = m_{\text{вит.води}}g$$

$$m_{\text{вант}}g = m_{\text{вит.води}}g$$

$$m_{\text{вант}} = m_{\text{вит.води}}$$

$$m_{\text{вант}} = m_{\text{вит.води}} = V_{\text{вит.води}} \rho_{\text{води}} = Sh \rho_{\text{води}}$$

$$h = \frac{m_{\text{вант}}}{S \rho_{\text{води}}} \quad [h] = \frac{\text{КГ}}{\text{М}^2 \cdot \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}} = \text{М}$$

$$h = \frac{250000}{500 \cdot 1000} = 0,5 \text{ (м)}$$

Відповідь: $h = 0,5 \text{ м.}$

9. У Мюнхені досить популярними є екскурсії на плотах. Якщо пліт складається з 17 колод, а об'єм кожної з яких дорівнює $0,25 \text{ м}^3$, то яку максимальну масу вантажу можна перевезти на плоту? Густина дерева прийняти рівною 400 кг/м^3 .

Дано:

$$N = 17$$

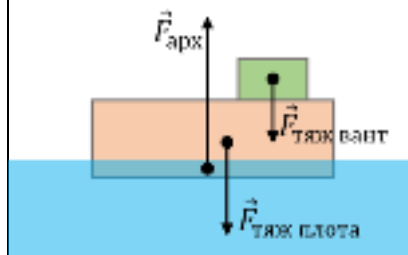
$$V_0 = 0,25 \text{ м}^3$$

$$\rho_{\text{дерева}} = 400 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$$

$$\rho_{\text{води}} = 1000 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$$

$$m_{\text{вант}} - ?$$

Розв'язання



$$F_{\text{арх}} = F_{\text{тяж плота}} + F_{\text{тяж вантаж}}$$

$$F_{\text{арх}} = \rho_{\text{води}} g V_{\text{плота}} = \rho_{\text{води}} g N V_0$$

$$F_{\text{тяж плота}} = m_{\text{плота}} g = \rho_{\text{дерева}} V g$$

$$= \rho_{\text{дерева}} g N V_0$$

$$F_{\text{тяж вантаж}} = m_{\text{вант}} g$$

$$\rho_{\text{води}} g N V_0 = \rho_{\text{дерева}} g N V_0 + m_{\text{вант}} g$$

$$\rho_{\text{води}} N V_0 = \rho_{\text{дерева}} N V_0 + m_{\text{вант}}$$

$$m_{\text{вант}} = \rho_{\text{води}} N V_0 - \rho_{\text{дерева}} N V_0 = N V_0 (\rho_{\text{води}} - \rho_{\text{дерева}})$$

$$[m_{\text{вант}}] = \text{М}^3 \cdot \left(\frac{\text{КГ}}{\text{М}^3} - \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3} \right) = \text{М}^3 \cdot \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3} = \text{КГ}$$

$$m_{\text{вант}} = 17 \cdot 0,25 \cdot (1000 - 400) = 2550 \text{ (кг)}$$

Відповідь: $m_{\text{вант}} = 2550 \text{ кг.}$

IV. УЗАГАЛЬНЕННЯ ТА ПІДСУМКИ

Обговорення вивченого матеріалу

1. З яких матеріалів виготовляють сучасні судна, катери, човни, кораблі?
2. Пригадайте умови плавання тіл і поясніть, за рахунок чого судна плавають.
3. Як по-іншому називають вагу води, яку витісняє судно, занурене до ватерлінії?
4. Що таке вантажність судна?
5. Які види повітряних куль вам відомі?
6. Як розрахувати підймальну силу повітряної кулі?

7. Чим наповнюють повітряні кулі?

V. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Опрацювати § 36, Вправа № 36 (1, 2, 4)

Пройти тестування за посиланням до 16.05
<https://naurok.com.ua/test/join?gamecode=4304185>