

Урок 30. Плавание судов и воздухоплавание

Физика, 7 класс · Архимедова сила, плавание · ~45 минут

Что ты узнаешь

- Как из тяжеленного железа делают корабли, которые не тонут.
- Что такое осадка, водоизмещение и ватерлиния.
- Почему воздушный шар поднимается в небо и от чего зависит его подъёмная сила.
- Чем аэростат похож на корабль (хотя один в воде, а другой — в воздухе).


Разбираемся в теме

В прошлом уроке мы выяснили: тонет тело или нет — решает плотность. Сталь (7800 кг/м^3) гораздо плотнее воды (1000) — значит, должна тонуть. Но самые большие корабли в мире сделаны из стали и спокойно плавают, перевозя тысячи тонн груза! Как такое возможно?

Плавание судов

Секрет — в **форме**. Корабль делают не сплошным куском металла, а **полым** — как огромную чашу с бортами. Внутри — воздух, каюты, трюмы. Из-за этого *средняя* плотность всего корабля (металл + весь воздух внутри) становится **меньше** плотности воды.

А ещё корпус устроен так, чтобы вытеснять очень много воды. Корабль погружается ровно настолько, чтобы вытесненная вода весила столько же, сколько весит сам корабль с грузом. Тогда $F_A = F_{\text{тяж}}$ — и судно плавает.

 **Запомни:** Судно плавает, потому что его корпус полый и вытесняет

столько воды, что выталкивающая сила равна весу судна: $F_A = F_{\text{тяж}}$.

Введём три важных «корабельных» слова:

- **Осадка** — глубина, на которую судно погружается в воду. Чем больше груз, тем глубже сидит судно — тем больше осадка.
- **Ватерлиния** — линия на борту, до которой судно погружается при допустимой загрузке. Грузить ниже ватерлинии опасно — зальёт.
- **Водоизмещение** — вес (или масса) воды, вытесняемой судном при полной загрузке. Оно равно весу судна с грузом.

⚡ **Главное равенство судна:** $F_A = P_{\text{судна}}$, то есть вес вытесненной воды = вес судна с грузом.

Плавание судна

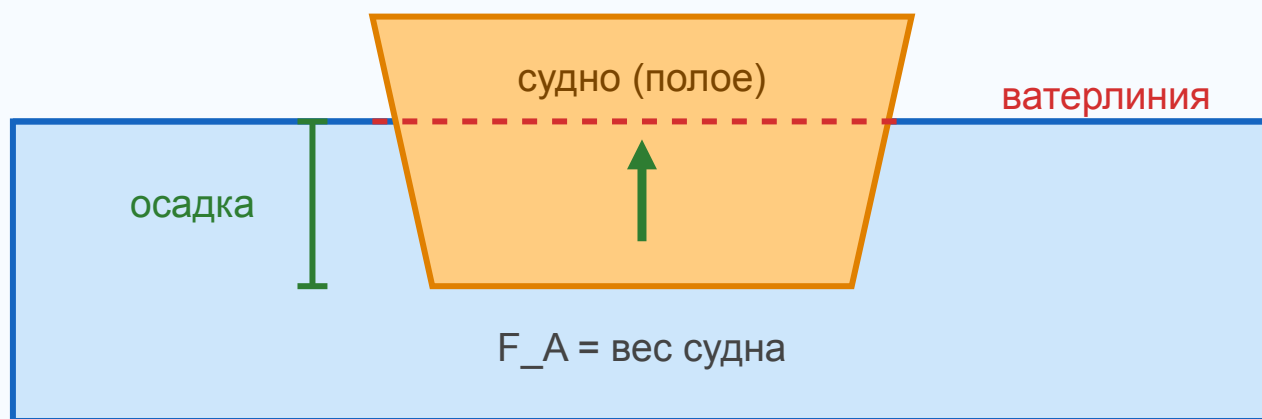


Рис. 1. Осадка, ватерлиния и выталкивающая сила судна

🤔 **А знаешь ли ты?** В пресной воде судно сидит чуть глубже, чем в солёной морской: морская вода плотнее, выталкивает сильнее. Поэтому на бортах

рисуют специальную «грузовую марку» с отметками для разных вод.

🕒 **Прикинь сам:** если на корабль загрузить больше груза, осадка увеличится или уменьшится?

Воздухоплавание

А теперь поднимаемся в небо. Архимедова сила действует не только в жидкостях, но и в **газах!** Воздух тоже выталкивает тела — просто он лёгкий (плотность $\approx 1,29 \text{ кг/м}^3$), и для крошечных предметов эта сила незаметна. Но для огромного шара — очень даже заметна.

Воздушный шар (аэростат) наполняют газом, который **легче воздуха:** горячим воздухом, водородом или гелием. Тогда средняя плотность шара становится меньше плотности окружающего воздуха — и шар всплывает вверх, как пузырёк в воде.

⚡ **Подъёмная сила шара:** $F_{\text{под}} = F_A - F_{\text{тяж}}$, где $F_A = \rho_{\text{возд}} \cdot g \cdot V_{\text{шара}}$ — выталкивающая сила воздуха (Н), $F_{\text{тяж}}$ — вес шара с газом и оболочкой (Н), $\rho_{\text{возд}}$ — плотность воздуха ($\approx 1,29 \text{ кг/м}^3$), $V_{\text{шара}}$ — объём шара (м^3), $g \approx 9,8 \text{ Н/кг}$.

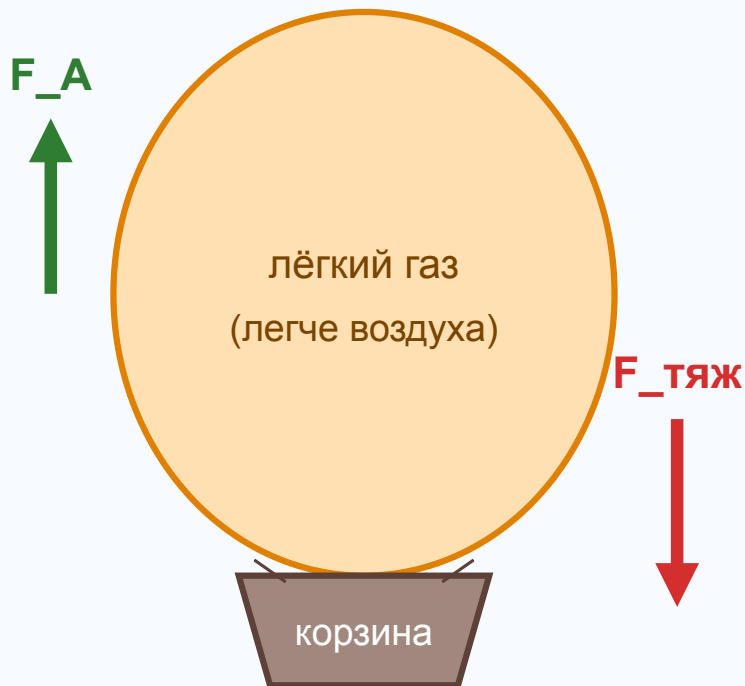
Если F_A больше веса шара — шар поднимается. Чем больше объём шара и чем легче газ внутри, тем больше подъёмная сила.

💡 **Интересно:** Гелий безопасен (не горит), но дороже. Водород очень лёгкий, но горюч — из-за этого случались катастрофы дирижаблей. А воздушные шары с горелкой просто нагревают воздух: горячий воздух менее плотный, и шар всплывает. Хочешь снизиться — выключаешь горелку, воздух остывает.

⚠️ **Частая ошибка:** «Шар поднимается, потому что в нём газ». Не любой газ! Только тот, что **легче окружающего воздуха**. Шар, надутый обычным

холодным воздухом, никуда не полетит — его средняя плотность не меньше воздуха снаружи.

Воздушный шар (аэростат)



Если $F_A > F_{тяж}$ — шар поднимается

Рис. 2. Воздух выталкивает шар вверх силой F_A ; вес тянет вниз

Разбор задач

Пример 1. Судно вытесняет 5000 м^3 воды. Каково его водоизмещение (масса вытесненной воды) и вес? (ρ воды = 1000 кг/м^3 , $g = 9,8 \text{ Н/кг}$)

Дано: $V = 5000 \text{ м}^3$ $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ $g = 9,8 \text{ Н/кг}$

Найти: m (кг), P (Н)

Решение: Масса вытесненной воды: $m = \rho \cdot V = 1000 \cdot 5000 = 5\,000\,000 \text{ кг} = 5000 \text{ т}$. Её вес (он же выталкивающая сила): $P = m \cdot g = 5\,000\,000 \cdot 9,8 = 49\,000\,000 \text{ Н}$.

Ответ: водоизмещение $5\,000\,000 \text{ кг}$ (5000 т); вес $\approx 49\,000\,000 \text{ Н}$.

Пример 2. Пустое судно весит 2 000 000 Н и вытесняет при этом объём воды, дающий F_A . На него загрузили груз весом 1 000 000 Н. Чему теперь равна выталкивающая сила, если судно плавает?

Дано: $P_{\text{судна}} = 2\,000\,000\text{ Н}$ $P_{\text{груза}} = 1\,000\,000\text{ Н}$

Найти: F_A (Н)

Решение: Плавающее судно: $F_A = \text{вес всего, что плавает} = P_{\text{судна}} + P_{\text{груза}} = 2\,000\,000 + 1\,000\,000 = 3\,000\,000\text{ Н}$.

Ответ: $F_A = 3\,000\,000\text{ Н}$ (судно сядет глубже, осадка вырастет).

Пример 3. Воздушный шар объёмом 800 м^3 наполнен гелием. Найди выталкивающую (архимедову) силу воздуха. ($\rho_{\text{возд}} = 1,29\text{ кг/м}^3$, $g = 9,8\text{ Н/кг}$)

Дано: $V = 800\text{ м}^3$ $\rho_{\text{возд}} = 1,29\text{ кг/м}^3$ $g = 9,8\text{ Н/кг}$

Найти: F_A (Н)

Решение: $F_A = \rho_{\text{возд}} \cdot g \cdot V = 1,29 \cdot 9,8 \cdot 800 \approx 10\,114\text{ Н} \approx 10\,100\text{ Н}$.

Ответ: $F_A \approx 10\,100\text{ Н}$.

Пример 4. Тот же шар ($F_A \approx 10\,100\text{ Н}$) вместе с газом и оболочкой весит 7000 Н. Какова его подъёмная сила?

Дано: $F_A = 10\,100\text{ Н}$ $F_{\text{тяж}} = 7000\text{ Н}$

Найти: $F_{\text{под}}$ (Н)

Решение: $F_{\text{под}} = F_A - F_{\text{тяж}} = 10\,100 - 7000 = 3100\text{ Н}$.

Ответ: $F_{\text{под}} \approx 3100\text{ Н}$ — шар поднимется и сможет нести груз весом до 3100 Н.

Пример 5 (с рассуждением). Почему один и тот же корабль в реке сидит глубже, чем в море?

Решение: Морская вода плотнее пресной, поэтому в море выталкивающая сила при той же осадке больше. Чтобы F_A сравнялась с весом судна, в море достаточно меньшей осадки — судно сидит чуть выше. В реке вода менее плотная, и судну приходится погрузиться глубже.



Запомни главное

⚡ **Условие плавания судна:** $F_A = P_{\text{судна}}$ (вес вытесненной воды = вес судна с грузом). ⚡ **Подъёмная сила шара:** $F_{\text{под}} = F_A - F_{\text{тяж}}$, где $F_A = \rho_{\text{возд}} \cdot g \cdot V$.

- **Осадка** — глубина погружения судна; растёт с грузом.
- **Ватерлиния** — предельная линия загрузки на борту.
- **Водоизмещение** — масса (вес) вытесненной судном воды = вес судна с грузом.
- Шар (аэростат) поднимается, если наполнен газом **легче воздуха** и $F_A > F_{\text{тяж}}$.



Домашнее задание

1. Почему стальной корабль не тонет, хотя сталь плотнее воды?
2. Что такое осадка, ватерлиния и водоизмещение?
3. Судно вытесняет 3000 м^3 воды. Найди массу вытесненной воды и её вес. ($\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, $g = 9,8$)
4. Пустое судно весит $1\,500\,000 \text{ Н}$, груз — $800\,000 \text{ Н}$. Чему равна выталкивающая сила при плавании?
5. Каким газом наполняют воздушные шары и почему именно таким?
6. Шар объёмом 500 м^3 в воздухе. Найди архимедову силу. ($\rho_{\text{возд}} = 1,29 \text{ кг/м}^3$, $g = 9,8$)
7. У шара $F_A = 8000 \text{ Н}$, а весит он 5500 Н . Найди подъёмную силу.

8. Почему судно в реке сидит глубже, чем в море?
9. ★ Шар объёмом 1000 м^3 с газом и оболочкой весит 9000 Н . Найди его подъёмную силу и наибольший вес груза, который он поднимет. ($\rho_{\text{возд}} = 1,29 \text{ кг/м}^3$, $g = 9,8$)