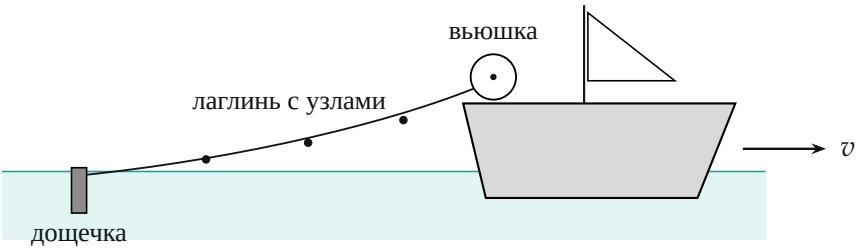
Узел и лаглинь

Задача 1. [ИОШ 2025/26, отборочный этап, 11 класс, задача 1] Узлом в мореплавании называется скорость, равная 1 морской миле (1852 м) в час. Название этой единицы скорости — узел — связано со способом измерения скорости кораблей. С борта корабля в воду сбрасывалась дощечка, привязанная к длинной верёвке (лаглиню), намотанной на катушку (вьюшку). Дощечка привязана к верёвке так, что в воде она располагалась перпендикулярно ходу судна и практически сразу останавливалась относительно воды. Корабль уходил вперёд, а катушка разматывалась, стравливая верёвку. На верёвке на равных расстояниях друг от друга завязывались узлы. Матрос, проводящий измерение скорости корабля, пропускал стравливаемую верёвку через руку и считал узлы, прошедшие через руку за 1 минуту. Расстояние между узлами подбиралось так, чтобы один прошедший через руку за 1 минуту узел соответствовал скорости корабля 1 морская миля в час. Каким должно быть расстояние между узлами? Какой будет скорость 12 узлов в километрах в час? А какой будет скорость 40 км/час в узлах?



Поясняющий рисунок. Дощечка стоит в воде, корабль уходит со скоростью v, с вьюшки сходит верёвка с узлами.

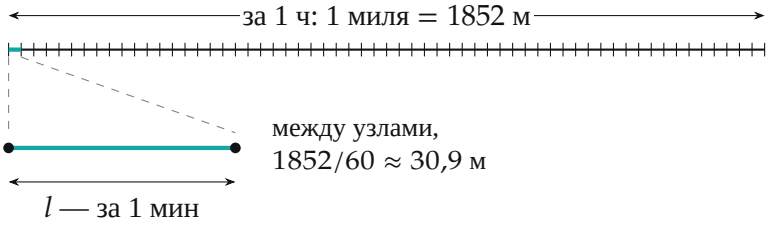
▲ **Решение.** **Что происходит.** Дощечка сразу останавливается относительно воды, поэтому между ней и кораблём верёвки становится больше ровно на столько, сколько проплыл корабль. Значит, длина верёвки, прошедшей через руку матроса за минуту, равна пути корабля за минуту. Задача на равномерное движение $s = vt$ и перевод единиц.

Обозначения. l — расстояние между соседними узлами, $\tau = 1$ мин — время счёта, N — число узлов, прошедших через руку за время τ; 1 миля $= 1852$ м. Течение воды и провисание верёвки не учитываем: скорость корабля относительно воды равна скорости, с которой сходит верёвка.

1. Расстояние между узлами. При скорости v корабль за время τ проходит путь $s = v\tau$, и столько же верёвки сходит с вьюшки. Через руку проходит $N = s/l = v\tau/l$ узлов. Требование задачи: при $v = 1$ узел$=$ 1852 м/ч получается $N = 1$. Отсюда

$$l = v\tau = 1852\ \frac{\text{м}}{\text{ч}} \cdot \frac{1}{60}\ \text{ч} = \frac{1852}{60}\ \text{м} \approx 30{,}9\ \text{м}.$$

То есть l — путь, который проходит корабль со скоростью 1 узел за одну минуту: шестидесятая часть мили.



При скорости 1 узел за час сходит 1852 м верёвки — 60 одинаковых отрезков. За минуту сходит один отрезок, он и есть расстояние между узлами.

Проверка способа. При скорости v узлов за минуту сходит $v\tau = v \cdot l/(1\ \text{узел})$ верёвки, то есть ровно v промежутков между узлами: число узлов, прошедших через руку, численно равно скорости в узлах. Так устройство и задумано.

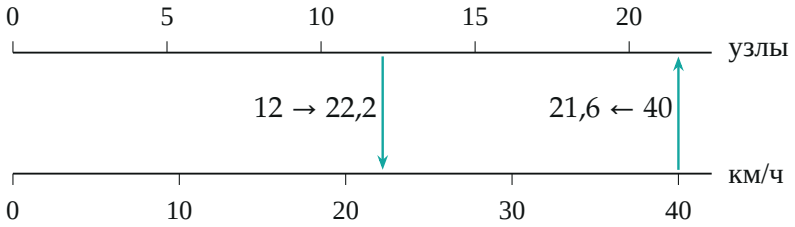
2. Перевод 12 узлов в км/ч. Один узел $=$ 1852 м/ч $=$ 1,852 км/ч. Скорость пропорциональна числу узлов, поэтому

$$v = 12 \cdot 1{,}852\ \text{км/ч} \approx 22{,}2\ \text{км/ч}.$$

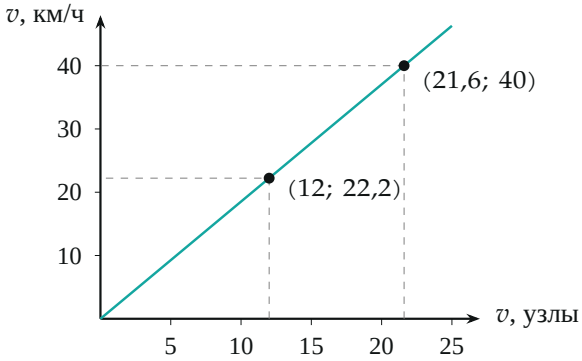
3. Перевод 40 км/ч в узлы. Обратный пересчёт: в одном километре

в час $1/1{,}852$ узла, поэтому

$$v = \frac{40}{1{,}852}\ \text{узла} \approx 21{,}6\ \text{узла}.$$



Две шкалы скорости в одном масштабе: деление «узел» в 1,852 раза длиннее деления «км/ч». Бирюзовые стрелки — пересчёты пунктов 2 и 3.



Связь скоростей в узлах и в км/ч — прямая через начало координат с наклоном 1,852; точки — ответы пунктов 2 и 3.

Обратите внимание: морская миля (1852 м) длиннее сухопутного километра, поэтому в узлах число всегда меньше, чем в км/ч, почти вдвое.

Проверка. Размерность: $[l] = \text{м/ч} \cdot \text{ч} = \text{м}$. Пересчёты взаимно обратны: $21{,}6 \cdot 1{,}852 \approx 40$ км/ч. Оценка: 12 узлов чуть меньше $2 \cdot 12 = 24$ км/ч, 40 км/ч чуть больше $40/2 = 20$ узлов — оба ответа согласуются с множителем $1{,}852 \approx 2$.

Смысл: узел на верёвке — это «миля в час, уменьшенная в 60 раз по пути и по времени»: и путь, и время делятся на 60, отношение (скорость) сохраняется.

Ответ. 1) $l = \dfrac{1852}{60}$ м $\approx$ 30,9 м; 2) 12 узлов $\approx$ 22,2 км/ч; 3) 40 км/ч $\approx$ 21,6 узла.