

Сопротивление среды

Данный листок посвящён задачам, в которых на тело действует сила сопротивления среды (или сила тяги двигателя), пропорциональная скорости или квадрату скорости тела.

Установившаяся скорость

[Овчинкин] → 2.33, 2.34, 2.35.

ЗАДАЧА 1. (Всеросс., 2019, ШЭ, 10) Полая металлическая сфера массой m и радиусом R всплывает со дна озера с постоянной скоростью. Груз какой массы нужно поместить внутрь сферы, чтобы она погружалась с такой же по модулю скоростью? Сила сопротивления, действующая на шар со стороны жидкости, зависит только от скорости шара относительно жидкости и направлена противоположно этой скорости. Плотность жидкости ρ , объём сферы равен $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.

$$\left(m - \rho \frac{4\pi R^3}{3} \right) v = \rho v^2 S$$

ЗАДАЧА 2. (Всеросс., 2014, ШЭ, 10) Сферическая капля воды падает в воздухе с установившейся скоростью v_0 . С какой установившейся скоростью v будет падать капля воды, имеющая в n раз большую массу? Считайте, что сферическая форма капли не меняется при увеличении её скорости, а сила сопротивления воздуха пропорциональна площади поперечного сечения и квадрату скорости движения капли. Для справки: объём шара радиусом R равен $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.

$$\frac{v}{v_0} = n^{1/2}$$

ЗАДАЧА 3. (МОШ, 2014, 10–11) Известно, что сила сопротивления, действующая на движущееся в воздухе тело, пропорциональна плотности воздуха, квадрату размера тела и квадрату скорости тела. Пусть металлический шарик падает у поверхности Земли со скоростью 60 м/с. Плотность воздуха у поверхности Земли 1,3 кг/м³, ускорение свободного падения 10 м/с².

А) С какой установившейся скоростью будет падать у поверхности Земли изготовленный из того же материала металлический шарик втрое большего размера? Ответ представьте в м/с и округлите до целых.

В) Какой должна быть плотность воздуха, чтобы установившаяся скорость падения данного шарика составила 4 км/с? Ответ представьте в мг/м³ и округлите до второй значащей цифры.

С) Какой будет установившаяся скорость падения данного шарика на планете с ускорением свободного падения 3 м/с², температурой -20°C и давлением 1 кПа? Состав атмосферы считайте земным (молярная масса 29 г/моль). Абсолютный нуль температуры -273°C , универсальная газовая постоянная 8,3 Дж/(моль · К). Ответ представьте в м/с и округлите до десятых.

$$(A) 104; (B) 290; (C) 318,9$$

ЗАДАЧА 4. («Росатом», 2019, 11) Два шара с радиусами R и $2R$ имеют плотности 3ρ и ρ соответственно. Шары связаны очень длинной нитью. Шары сбрасывают вниз с воздушного шара, и благодаря сопротивлению воздуха через некоторое время они движутся равномерно. Найти силу натяжения нити. Выталкивающей силой, действующей на шары со стороны воздуха, пренебречь. Считать силу сопротивления воздуха пропорциональной площади поперечного сечения шариков.

$$6 \frac{\rho R^2}{\rho_0} = L$$

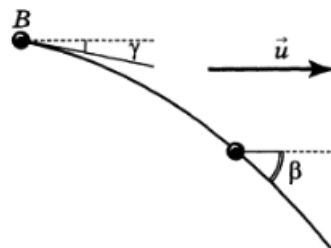
ЗАДАЧА 5. («Покори Воробьёвы горы!», 2014, 10–11) Наполненный гелием воздушный шарик имеет форму, близкую к сферической. Если отпустить его в безветренную погоду, скорость его установившегося (то есть равномерного) подъёма будет равна v_0 . Этот шарик привязали к багажнику велосипеда. Когда велосипедист на этом велосипеде ехал навстречу ветру со скоростью v относительно земли, нить шарика отклонилась от вертикали на постоянный угол. Найдите этот угол, если скорость ветра равна u . Считать, что при движении шарика в воздухе величина действующей на него силы сопротивления пропорциональна квадрату его скорости относительно воздуха.

$$\frac{0a}{z(n+a)} \text{ \textcircled{a} } = v$$

ЗАДАЧА 6. (Всеросс., 2015, РЭ, 9) Однажды у Карлсона заглох моторчик, и он начал падать вертикально вниз с постоянной скоростью $v_1 = 6$ м/с. После ремонта моторчик стал развивать постоянную силу тяги. Из-за этого при вертикальном подъёме Карлсон выходил на скорость $v_2 = 3$ м/с. С какой постоянной скоростью он двигался в горизонтальном полёте? Считать силу сопротивления воздуха пропорциональной квадрату скорости. Карлсон, будучи в меру упитанным, одинаково обтекаем во всех направлениях.

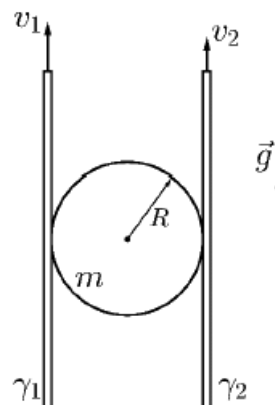
$$\text{c/m } z'z \approx \frac{z}{v}a + \frac{z}{z}a \frac{1a}{z} \frac{1}{v} = a$$

ЗАДАЧА 7. (Всеросс., 2001, ОЭ, 10) Тело B удерживается неподвижно в воздушном потоке, движущемся со скоростью \vec{u} . В некоторый момент тело отпускают без начальной скорости. Траектория его движения изображена на рисунке. В установившемся режиме тело падает с постоянной скоростью под углом β к горизонту. Под каким углом γ к горизонту тело начало двигаться? Сила сопротивления воздуха, действующая на тело, пропорциональна квадрату его скорости относительно воздуха и направлена противоположно ей.



$$(g/z'z) \text{ \textcircled{a} } = \lambda$$

ЗАДАЧА 8. (Всеросс., 2017, РЭ, 10) Однородный цилиндр массы m и радиуса R касается двух параллельных длинных вертикальных пластин, движущихся с постоянными скоростями v_1 и v_2 вверх (рис.). Между пластинами и поверхностью цилиндра существует вязкое трение, сила его пропорциональна относительной скорости соприкасающихся поверхностей ($\vec{F}_{\text{тр}} = -\gamma \vec{v}_{\text{отн}}$). Коэффициенты вязкого трения для первой и второй пластин равны γ_1 и γ_2 соответственно.



1) Найдите установившуюся угловую скорость цилиндра, а также скорость его центра.

2) При каком условии цилиндр будет двигаться вверх?

$$\frac{z \lambda \lambda z}{\delta m (\delta \lambda + \lambda)} < z a + \lambda a \left(z : \frac{z}{z a + \lambda a} - \frac{z \lambda \lambda \lambda}{\delta m (\delta \lambda + \lambda)} = a \cdot \left(z a - \lambda a + \frac{z \lambda \lambda \lambda}{(\delta \lambda - \lambda) \delta m} \right) \frac{\lambda z}{\lambda} = \infty \right)$$

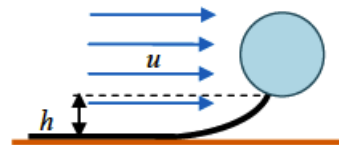
ЗАДАЧА 9. (Всеросс., 2017, финал, 9) В безветренную погоду на озере была проведена серия испытаний радиоуправляемой модели катера с бензиновым двигателем, в ходе которых выяснилось, что при скорости $v_1 = 5,00$ км/ч путевой расход топлива составляет $\lambda_1 = 20,0$ г/км, а при скорости $v_2 = 15,0$ км/ч расход равен $\lambda_2 = 40,0$ г/км. Запас топлива на борту модели $M = 100$ г.

- Выведите зависимость путевого расхода топлива λ от скорости v .
- Какое максимальное время τ_x может работать двигатель у неподвижной модели?
- При какой скорости модели v_0 путевой расход топлива минимален и каково его значение λ_0 ? Полученные результаты должны быть найдены с погрешностью, не превышающей 1%.
- На какое максимальное расстояние L_0 и за какое время τ_0 сможет уплыть модель?
- Какое значение τ_1 может принимать время прохождения моделью расстояния $L_1 = 3$ км?

Примечание. Считайте, что при работе двигателя массовый расход топлива μ (г/с) **линейно** зависит от мощности силы сопротивления, а сила сопротивления **пропорциональна** скорости модели относительно воды. Модель движется равномерно, и при любой скорости её осадка не меняется.

См. конспект

ЗАДАЧА 10. («Покори Воробьёвы горы!», 2016, 10–11) Наполненный гелием воздушный шарик почти идеальной сферической формы, если его отпустить в безветренную погоду, будет подниматься вверх со скоростью, постепенно достигающей величины $v = 3$ м/с. Если привязать к нему кусок тонкой гибкой нерастяжимой однородной верёвки, то шарик сможет подниматься вверх, если длина куска не превышает $l = 50$ см. К шарiku привязали кусок такой же верёвки длиной $L = 1,5$ м и расстелили нижний конец верёвки на горизонтальной поверхности. Коэффициент трения между верёвкой и поверхностью $\mu = 0,5$. С какой скоростью будет в установившемся режиме двигаться шарик с прикрепленной верёвкой при ветре, дующем вдоль поверхности со скоростью $u = 2,5$ м/с? На какой высоте h над поверхностью будет двигаться верхний конец верёвки? Воздействию ветра на верёвку пренебречь. Сила сопротивления воздуха, действующая на шар, пропорциональна квадрату его скорости относительно воздуха.



Спутниковая скорость: $h = \frac{L}{2} \sqrt{1 + \frac{u^2}{v^2}}$ м

ЗАДАЧА 11. (МОШ, 2008, 11) На горизонтальном столике лежит маленькая шайба массой $m = 100$ г. Столик покрыт такой смазкой, что при движении шайбы со скоростью v возникает сила вязкого трения, равная $\vec{F}_{\text{тр}} = -\gamma\vec{v}$, где $\gamma = 0,4$ кг/с. Сухого трения нет. На шайбу начинают действовать силой, вектор которой вращается в горизонтальной плоскости с угловой скоростью $\omega = 3$ рад/с, а модуль не меняется со временем и равен $F = 0,3$ Н. В установившемся режиме шайба движется с постоянной скоростью по окружности. Найдите её радиус R .

$R = \frac{F}{\gamma} \sqrt{1 + \frac{\omega^2}{v^2}} = 20$ см

ЗАДАЧА 12. (МОШ, 2019, 11) Человек раскручивает в вертикальной плоскости полиуретановый шарик, закреплённый на одном конце тонкой, но прочной, нерастяжимой нитки, держа её за петельку на другом её конце. Когда скорость шарика становится достаточно большой и почти перестаёт изменяться, точка, в которой человек держит петлю, движется по окружности радиусом r . Определите минимально возможное значение r , если длина нитки между петлёй и шариком равна $L = 1$ м, а радиус шарика равен 1 см. Плотность полиуретана равна $\rho = 1200$ кг/м³. Сила сопротивления воздуха даётся соотношением $F_D = \frac{\rho_0 v^2 S}{4}$, где ρ_0 — плотность воздуха, S — площадь поперечного сечения шара, v — его скорость. Молярная масса воздуха равна $\mu = 29$ г/моль. Воздух находится при нормальных условиях. Можно считать, что $v \gg \sqrt{gL}$. Ускорение свободного падения равно $g = 10$ м/с².

$$\boxed{\text{mm } 02 \approx \frac{LH}{\pi a} \frac{0Y^d g I}{T \xi} T \approx s}$$

Горизонтальное движение

ЗАДАЧА 13. («Физтех», 2019, 11) Самолёт совершает перелёт дальностью $L = 2000$ км на высоте $h \approx 10$ км. Его скорость изменяется так, что отношение подъёмной силы к силе сопротивления воздуха (аэродинамическое качество самолёта) остаётся постоянным и равным $K = 20$ почти всё время перелёта. КПД двигателя $\eta = 40\%$, удельная теплота сгорания топлива $q = 50$ МДж/кг. Масса израсходованного топлива значительно меньше общей массы самолёта. Влиянием ветра пренебречь.

1. Найти отношение x силы тяги (развиваемой двигателем) к силе тяжести, действующей на самолет.
2. Определите долю α массы израсходованного топлива от массы самолёта.

$$\boxed{\xi 0' 0 = \frac{ubY}{Tb} = v \left(z : \frac{0z}{1} = \frac{Y}{1} = x \right)}$$

[Овчинкин] → 2.23, 2.29, 2.30, 2.31, 2.32, 2.67, 2.71, 2.72, 2.85, 2.86, 4.13, 4.76, 4.79, 4.116, 4.117.

ЗАДАЧА 14. Лодке массой m сообщают скорость v_0 . Какой путь пройдёт лодка до полной остановки? Сила сопротивления воды пропорциональна скорости лодки: $\vec{f} = -k\vec{v}$, где k — известный коэффициент.

$$\boxed{\frac{y}{0am} = s}$$

ЗАДАЧА 15. (МФТИ, 1979) Человек массы m прыгает с берега в лодку, стоящую в неподвижной воде. Его скорость горизонтальна и равна v_0 . На какое расстояние переместится лодка? Сила трения о воду пропорциональна скорости, и коэффициент пропорциональности равен k .

$$\boxed{\frac{y}{0am} = s}$$

ЗАДАЧА 16. (МФТИ, 2006) Лодку оттолкнули от берега озера, сообщив ей скорость $v_0 = 1$ м/с. Лодка, двигаясь прямолинейно, имела на расстоянии $s_1 = 14$ м от берега скорость $v_1 = 0,3$ м/с. На каком расстоянии от берега скорость лодки была $v = 0,5$ м/с? Считать, что сила сопротивления движению лодки пропорциональна её скорости.

$$\boxed{\text{m } 01 = \frac{0a - 1a}{0a - a} 1s = s}$$

ЗАДАЧА 17. (Всеросс., 2006, ОЭ, 9) Лодку массой $m = 100$ кг тянули за верёвку по озеру с постоянной скоростью $v_0 = 1$ м/с. В некоторый момент верёвка оторвалась. Какой путь L пройдёт лодка после этого? Считайте, что сила сопротивления зависит только от скорости \vec{v} и ускорения \vec{a} лодки и определяется выражением $\vec{f} = -\alpha\vec{v} - \beta\vec{a}$, где $\alpha = 10$ Н·с/м, $\beta = 50$ Н·с²/м.

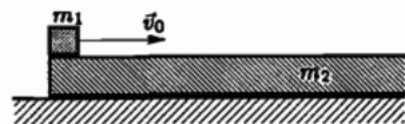
Примечание. В гидродинамике величина β называется присоединённой массой.

$$m \text{ в } \Gamma = \frac{v}{0_a(g+u)} = T$$

ЗАДАЧА 18. (Всеросс., 2005, ОЭ, 11) Круглую резиновую лодку оттолкнули от берега озера со скоростью v_0 , и она проплыла расстояние S_0 до остановки. Такую же лодку оттолкнули от берега речки так, что её скорость в начале свободного плавания оказалась равной v_0 и была направлена перпендикулярно течению. К моменту остановки относительно воды лодка проплыла путь $S_1 = \alpha S_0$ в системе отсчёта, связанной с водой. С какой скоростью V относительно берега плыла лодка в тот момент, когда она достигла середины речки, ширина которой $H = \alpha S_0$? Считайте, что $\alpha = 5/4$, сила сопротивления движению лодки в воде прямо пропорциональна скорости, а скорость течения реки всюду одинакова.

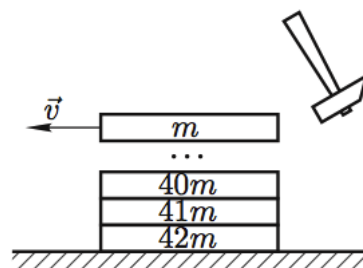
$$0_a \frac{\partial \varepsilon}{\partial \Gamma \wedge \varepsilon} = \frac{v}{v \cdot v} + v - \Gamma \wedge 0_a = \Lambda$$

ЗАДАЧА 19. (Всеросс., 2003, ОЭ, 10) Маленькая шайба массы m_1 лежит на краю длинной доски массой m_2 , покрытой смазкой (рис.). Трение между шайбой и доской вязкое (сила трения, действующая на шайбу, $\vec{F} = -\alpha\vec{v}_{\text{отн}}$, где $\vec{v}_{\text{отн}}$ — скорость шайбы относительно доски). Система находится на гладкой горизонтальной поверхности. Шайбе сообщают скорость v_0 , направленную вдоль доски. С какими скоростями будут двигаться шайба и доска через достаточно большой промежуток времени? На каком расстоянии L от края доски окажется шайба?



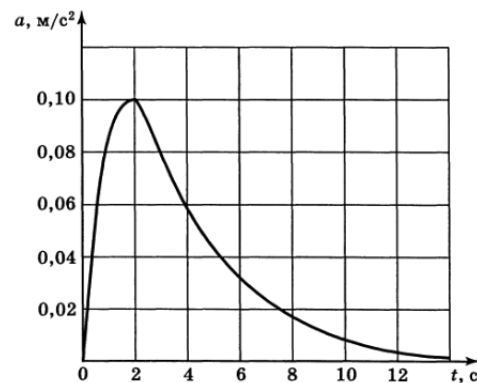
$$\frac{(\partial u + \Gamma u)v}{0_a \partial u \Gamma u} = T : \frac{\partial u + \Gamma u}{0_a \Gamma u} = a$$

ЗАДАЧА 20. (Всеросс., 2006, финал, 10) На горизонтальном столе один на другом лежат $N = 42$ длинных бруска массами $m, 2m, 3m, \dots, 42m$ (рис.). Они смазаны вязким маслом, так что сила трения между брусками и между нижним бруском и столом пропорциональна относительной скорости u соприкасающихся брусков: $\vec{F}_{\text{тр}} = -\alpha\vec{u}$, где α — некоторая константа. Сначала все бруски неподвижны, затем верхнему бруску сообщают горизонтальную скорость \vec{v} . Определите смещение n -го бруска относительно $(n + 1)$ -го бруска после остановки брусков. Какой вид примет стопка брусков после остановки?



$$\frac{v}{\alpha u} = u_s$$

ЗАДАЧА 21. (Всеросс., 1993, финал, 11) К парому, масса которого равна $m = 5 \cdot 10^4$ кг, привязан нерастяжимый трос. В момент $t = 0$ мотор начинает натягивать трос. При этом сила натяжения троса начинает расти, достигает своего максимального значения и затем остаётся постоянной. Найдите максимальную силу натяжения троса в момент $t_1 = 2$ с, если сопротивление воды движению парома пропорционально квадрату его скорости. График изменения ускорения парома со временем приведён на рисунке.

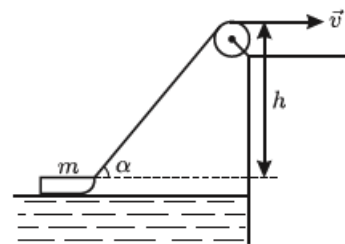


Н*С*С

ЗАДАЧА 22. («Физтех», 2015, 10–11) Деревянный диск в форме круга толкнули от одного берега реки к другому, сообщив ему скорость $0,4$ м/с против течения под углом α ($\sin \alpha = 0,8$) к линии берега. Через 60 секунд диск достиг другого берега, сместившись вдоль берега вниз по течению на расстояние 2 м (считая от точки на другом берегу, расположенной напротив точки старта). Ширина реки 7 м. Найдите скорость течения реки, считая её одинаковой по всей ширине реки. (Ответ дать в см/с, округлив до целых.)

61

ЗАДАЧА 23. (МОШ, 2009, 10) Лодку массой m подтягивают к берегу за верёвку так, как показано на рисунке. Берег выше уровня воды на величину h . При этом горизонтальный участок верёвки движется равномерно со скоростью v , а на лодку действует со стороны воды сила сопротивления, пропорциональная скорости лодки: $\vec{F} = -\gamma \vec{v}$. В некоторый момент верёвка образует угол α с горизонтом. Найдите силу натяжения верёвки в этот момент. Массой верёвки и трением в блоке пренебечь.



$$\frac{v \cos \alpha}{\sin \alpha} > \frac{v \cos \alpha}{\sin \alpha} + \frac{v \cos \alpha}{\sin \alpha} \text{ или иначе: } \frac{v \cos \alpha}{\sin \alpha} + \frac{v \cos \alpha}{\sin \alpha} = J$$

ЗАДАЧА 24. (МОШ, 2014, 11) Лодку массой m отправили на другой берег речки, сообщив ей начальную скорость v_0 в направлении, перпендикулярном течению. Ширина речки H , скорость её течения u , а время движения лодки от берега до берега t .

- 1) На какое расстояние l (вдоль берега) снесло лодку течением при переправе?
- 2) Чему был равен модуль скорости лодки относительно воды в конце переправы, если сила f сопротивления движению, действующая на лодку со стороны воды, пропорциональна скорости лодки $v_{\text{отн}}$ относительно воды ($\vec{f} = -k \vec{v}_{\text{отн}}$, где k — известный постоянный коэффициент)?

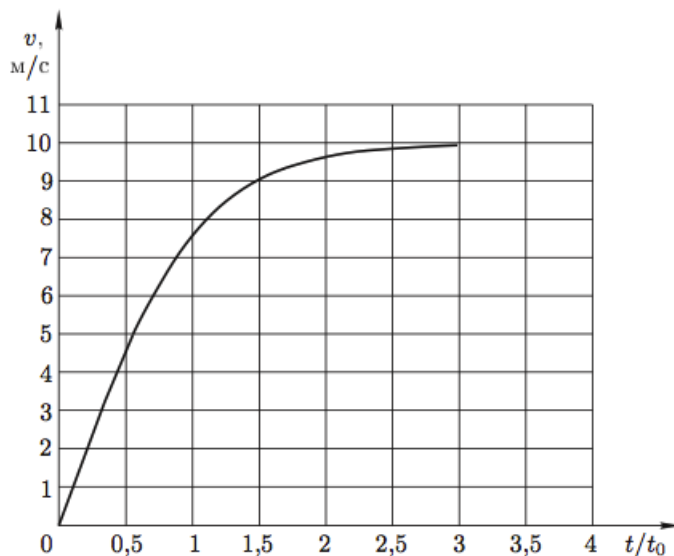
Считайте, что скорость течения одинакова во всех точках речки.

$$\frac{u}{H} < 0 \text{ или } \left(\frac{0 \alpha u}{H} - 1 \right) \frac{u}{c} + \frac{0 \alpha}{c} \Lambda = a : \left(\frac{0 \alpha}{H} - 1 \right) n = l$$

Вертикальное движение

[Овчинкин] \rightarrow 2.36, 2.37, 2.38, 2.39, 2.40, 2.42, 2.69, 2.73, 2.74, 2.82.

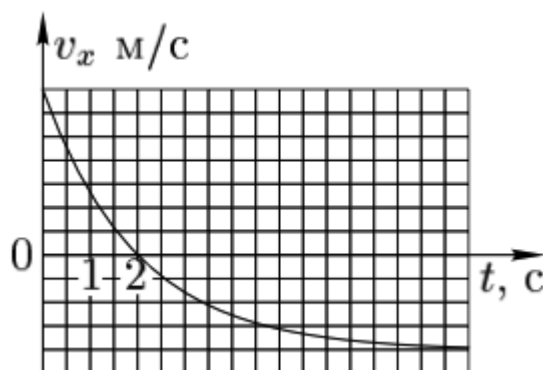
ЗАДАЧА 25. (Всеросс., 2007, ОЭ, 9) Приведён график зависимости скорости падающего на Землю тела массой $m = 1$ кг от времени в единицах t_0 (рис.).



- 1) Определите промежуток времени t_0 .
- 2) Чему равна сила сопротивления воздуха $f(v)$, действующая на тело, движущееся со скоростью а) $v = 10$ м/с; б) $v = 8$ м/с?

$$H \text{ v } 9 = f (v) ; H 0 I = f (v) ; I = 0 \text{ } (I)$$

ЗАДАЧА 26. (Всеросс., 2009, РЭ, 9) В архивах экспериментатора Глюка нашли график (рис.) изменения со временем проекции на вертикальную ось скорости шарика, который был выпущен из пневматического пистолета вертикально вверх с балкона 17-го этажа. Масштаб на оси скорости от времени выцвел, а на оси времени частично сохранился. Определите начальную скорость шарика и скорость, с которой шарик упал на землю. Ветра в день эксперимента не было.



$$v_0 = 20 \text{ м/с} ; v_{\text{max}} = 35 \text{ м/с} ; v_{\text{end}} = 0 \text{ м/с}$$

ЗАДАЧА 27. (Всеросс., 2014, финал, 9) Экспериментатор Глюк бросает шарик от пинг-понга массой m с балкона 17 этажа вертикально вверх со скоростью v_0 . При полёте на шарик действует сила сопротивления, прямо пропорциональная скорости. Перед падением на землю шарик двигался с постоянной скоростью u . Найдите скорость шарика v_{max} , при которой его кинетическая энергия меняется быстрее всего в процессе движения.

$$v_0 = 20 \text{ м/с} ; v_{\text{max}} = 35 \text{ м/с} ; v_{\text{end}} = 0 \text{ м/с}$$

ЗАДАЧА 28. («Ломоносов», 2014, 9) Мальчик выстрелил из пневматического пистолета маленьким шариком, направив ствол пистолета вертикально вверх. Спустя время $\tau = 8,7$ с шарик вернулся в точку, откуда был произведён выстрел, имея в момент падения скорость $u_2 = 37$ м/с. Какова скорость u_1 , с которой шарик вылетел из ствола пистолета, если сила сопротивления воздуха пропорциональна скорости шарика? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

$$v_1 = 0, g = 10, \tau = 8,7, u_2 = 37$$

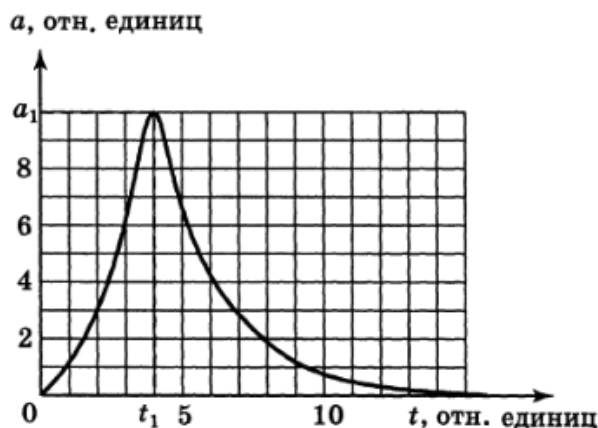
ЗАДАЧА 29. (Всеросс., 2002, ОЭ, 11) Тело, брошенное с поверхности Земли со скоростью v_0 вертикально вверх, к моменту падения потеряло за счет сопротивления воздуха 1% своей кинетической энергии. Сколько процентов кинетической энергии потеряет к моменту падения это же тело, если его бросить вертикально вверх со скоростью $v_0/2$? Сила сопротивления пропорциональна k -й степени скорости тела, где $k > 0$.

$$v_0 = 1, \text{ потеря } = 1\%$$

ЗАДАЧА 30. (Всеросс., 1998, финал, 10) Тело массой m бросают вертикально вверх с поверхности Земли, вдоль которой с постоянной скоростью u дует ветер. Сила сопротивления воздуха пропорциональна скорости тела и равна $\vec{F} = -k\vec{v}$. Через время τ тело возвращается на землю на расстоянии s от точки бросания с вертикальной составляющей скорости, которая на Δv меньше стартовой скорости. Найдите работу сил трения о воздух за всё время полёта.

$$m, u, k, \tau, s, \Delta v$$

ЗАДАЧА 31. (Всеросс., 1993, финал, 10) Заряженная капля уравновешена в вертикально направленном электрическом поле. С момента времени $t = 0$ электрическое поле начинает уменьшаться и к некоторому моменту t_1 обращается в нуль. При этом капля падает. Найдите наибольшее ускорение капли. График изменения ускорения капли со временем приведён на рисунке. Считайте, что сила сопротивления воздуха пропорциональна скорости капли.



$$a_{\max} \approx 0,58g$$

Баллистика

[Овчинкин] → 2.41, 2.68, 2.70, 2.80, 2.81.

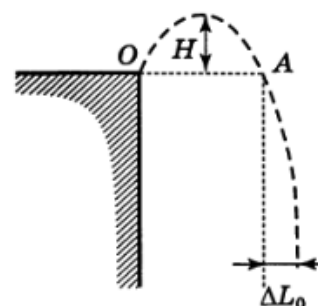
ЗАДАЧА 32. («Росатом», 2011 и 2012, 11) Тело массой m , брошенное под углом к горизонту, имеет в верхней точке траектории ускорение $a = 4g/3$ (g — ускорение свободного падения). Определить силу сопротивления воздуха в этой точке.

$$\frac{\varepsilon}{L^{\wedge} b u} = f$$

ЗАДАЧА 33. (МФТИ, 1989) Мяч, брошенный с горизонтальной поверхности земли под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту со скоростью $v = 10$ м/с, упал на землю, имея вертикальную составляющую скорости по абсолютной величине на 30% меньшую, чем при бросании. Найти время полёта мяча. Считать, что сила сопротивления движению мяча пропорциональна его скорости.

$$\circ \varphi' \Gamma \approx \frac{b_0 \Gamma}{\circ \text{u} \text{is} a \Delta \Gamma} = ?$$

ЗАДАЧА 34. (Всеросс., 1996, финал, 10) Тело брошено под углом к горизонту с высокого обрыва (рис.). Из-за сопротивления воздуха время подъёма тела до наибольшей высоты и время падения до точки A , находящейся на линии горизонта, которая проходит через точку O старта, отличаются на τ . В той же точке A горизонтальная составляющая скорости тела равна v_{TA} , а вертикальная составляющая на Δv меньше вертикальной составляющей скорости в точке O старта. На какую высоту H от линии горизонта поднялось тело, если наибольшее удаление его по горизонтали от точки A за время полета составило ΔL_0 ? Сила сопротивления движению тела в воздухе прямо пропорциональна его скорости.

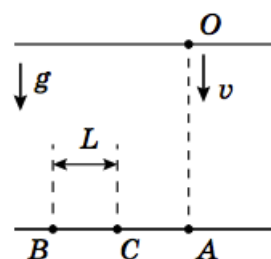


$$(a \nabla + \varepsilon b) \frac{v \wedge a z}{\circ \text{u} \text{is} \nabla} = H$$

ЗАДАЧА 35. (Всеросс., 2004, финал, 11) Футболист бьёт по мячу массой m , сообщая ему начальную скорость v_1 , направленную под углом α к горизонту навстречу ветру, дующему вдоль поверхности земли. Описав некоторую траекторию, мяч вернулся в исходную точку со скоростью v_2 . Под каким углом β мяч упал на землю? Чему равна скорость u ветра? Какое время τ мяч находился в полёте? Силу сопротивления воздуха принять пропорциональной скорости мяча относительно воздуха: $\vec{F}_{\text{сопр}} = -k\vec{v}_{\text{отн}}$, где коэффициент пропорциональности k — известная величина.

$$\frac{\circ \text{u} \text{is} \varepsilon a \varphi + b u}{\circ \text{u} \text{is} \varepsilon a \varphi + b u} \text{u} \frac{\varphi}{u} = \frac{b}{\circ \text{u} \text{is} (\varepsilon a + \varepsilon a)} = \varepsilon \text{ : } \circ \text{u} \text{is} \frac{\varphi}{b u} = n \text{ : } \circ \text{u} = g$$

ЗАДАЧА 36. (Всеросс., 2018, финал, 11) Из точки O на поверхности воды в реку бросают одинаковые маленькие металлические шарики (см. рис.). Отпущенный без начальной скорости шарик упал на дно в точке B , а шарик, запущенный вертикально вниз с известной скоростью v — в точку C . Расстояние $BC = L$. Найдите горизонтальную составляющую u_x скорости второго шарика при ударе о дно. Считайте, что при движении на шарик со стороны воды действует сила, прямо пропорциональная скорости движения шарика относительно воды и направленная против этой скорости. Скорость течения не зависит от глубины, а дно горизонтально. Силу Архимеда не учитывать.



$$\frac{a}{T^b} = x \eta$$

Ответ к задаче 9

- $\lambda = \alpha v + \frac{\mu_0}{v}$, где $\alpha = \frac{\lambda_1 v_1 - \lambda_2 v_2}{v_1^2 - v_2^2} = 2,5 \frac{\text{Г}\cdot\text{ч}}{\text{км}^2}$, $\mu_0 = \frac{v_1 v_2 (v_1 \lambda_2 - v_2 \lambda_1)}{v_1^2 - v_2^2} = 37,5 \frac{\text{Г}}{\text{ч}}$;
- $\tau_x = \frac{M}{\mu_0} = 160$ мин;
- $v_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\alpha}} = 3,87$ км/ч, $\lambda_0 = 2\sqrt{\alpha\mu_0} = 19,4$ Г/км;
- $L_0 = \frac{M}{\lambda_0} = 5,2$ км, $\tau_0 = \frac{L_0}{v_0} = 80$ мин;
- $15 \text{ мин} \leq \tau_1 \leq 145 \text{ мин}$.