

## **ПРИЗ: ПРОЦЕДУРА РЕШЕНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКОЙ/ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЗАДАЧИ**

Предлагаем вашему вниманию ПРИЗ – алгоритм решения исследовательских задач, в основе которого лежит теория решения изобретательских задач (ТРИЗ). Простой и действенный метод, который педагоги могут использовать в работе с детьми. Материал предоставлен руководителем лаборатории образовательных технологий Анатолием Гином. Процедура использования ПРИЗа показана на примере решения одной из загадок.

### **НЕОБЫЧНЫЕ КАМНИ В ДОЛИНЕ СМЕРТИ**

В Калифорнии в Долине Смерти есть высохшее озеро, окружённое скалистыми горами. Глиняное дно бывшего озера представляет собой почти идеальную гладкую поверхность. Здесь часто проводят тренировки и соревнования автогонщики. Дожди в Долине Смерти большая редкость, поэтому поверхность дна почти всегда твёрдая и специальных трасс для гонок не требуется. Казалось бы, гони в любую сторону и ни о чём ни думай. Но вот беда: на гладкой поверхности дна озера, даже вдали от его берегов, встречаются одиночные камни массой до 300кг. Эти камни смертельно опасны для гонщиков, несущихся на огромных скоростях.

Долгие годы исследователи не могли понять, откуда берутся эти камни. Любители мистики объясняли это явление вмешательством сверхъестественных сил. И только недавно было найдено решение загадки. Постарайтесь найти его и вы.



#### Справка

Самым неподходящим местом обитания на планете считают знаменитую Долину Смерти на границе американских штатов Калифорния и Невада в пустыне Мохаве. Географические названия этой местности говорят сами за себя: Гиблый распадок, ущелье Мертвецов, ущелье Ста чертей, Гробовой каньон, каньон Отчаяния, Дантова площадка, колодец Отрава, убежище Последний шанс, горловина Самоубийц, пик Похоронный. Этот

участок покинутой богом территории длиной около 25км, окружённый горами с заснеженными вершинами, является наиболее безводной впадиной на Земле – в среднем 85м ниже уровня моря. Долина Смерти – самый засушливый район в Западном полушарии. Лишь несколько раз в году там бывают непродолжительные дожди, которые сопровождаются сильным штормовым ветром, скорость которого может достигать 30м/с. По количеству жарких дней в году эта долина держит мировое лидерство. Максимальная температура здесь доходит до +56,7°С.

Шаг алгоритма	Исполнение
<p><b>1. Подготовка к работе</b> Прочитайте условие задачи. Сформулируйте условие задачи своими словами и запишите его.</p> <p>Если вы считаете, что можете дать ответ «сходу», то запишите его и продолжайте решение задачи по ПРИЗу – скорее всего вы найдёте и другие ответы.</p>	<p><b>Дано:</b> высохшее озеро с ровным глинистым дном; камни массой до 300кг, расположенные на поверхности озера вдали от его краёв.</p> <p><b>Найти (объяснить):</b> каким образом камни оказались вдали от краёв озера?</p> <p><b>Гипотеза 1:</b> камни там были всегда, т.е. дно озера состоит не только из глины, ни и из камней.</p>
<p><b>2. Системность</b> Проведите системный анализ условия задачи:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какой объект в данной задаче основной? Из каких частей или элементов он состоит?</li> <li>2. Какие объекты находятся вокруг основного объекта? С какими объектами и как он взаимодействует?</li> <li>3. Как рассматриваемые вами элементы, тела, вещества или поля могут способствовать получению необходимого результата?</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Камни массой до 300кг.</li> <li>2. Высокие скалистые горы по краям озера, ровная поверхность дна из глины, солнце, высокая температура, ветер, дождь.</li> <li>3. Камни могут нагреваться, дно озера может размокать.</li> </ol> <p><b>Гипотеза 2:</b> камни могут скатываться со скалистых гор и катиться по дну озера на значительные расстояния.</p>
<p><b>3. Перечисление процессов</b> Какие процессы (явления, взаимодействия), происходящие в системе, могут способствовать интересующему нас явлению? <b>Не забудьте, что явления бывают:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• механические,</li> <li>• акустические,</li> <li>• тепловые,</li> <li>• химические,</li> <li>• электрические,</li> <li>• магнитные,</li> <li>• оптические,</li> <li>• ядерные,</li> <li>• биологические.</li> </ul>	<p>Скорее всего, в данном случае важно рассмотреть механические и тепловые процессы</p> <p><b>Гипотезы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Камни могли прилететь из космоса (метеориты).</li> <li>4. Камни были выброшены вулканом при извержении.</li> <li>5. Камни прикатил ветер.</li> <li>6. Камни принесли потоки воды, стекающие со скал во время сильных ливней.</li> </ol>
<p><b>4. Обработка гипотез</b> Выберите наиболее правдоподобные гипотезы и расставьте их в порядке убывания правдоподобности.</p>	<p>Гипотеза 5 правдоподобна, но нуждается в проверке. Гипотеза 6 мало правдоподобна, т.к. потоки воды, сбегаящие со скал, не могут унести камни далеко от краёв озера.</p>

	<p>Гипотеза 2 мало правдоподобна, т.к. камни не могут далеко укатиться от краёв озера.</p> <p>Гипотеза 4 не правдоподобна, т.к. действующих вулканов вблизи долины нет.</p> <p>Гипотеза 3 не правдоподобна, т.к. при падении метеоритов образовались бы воронки.</p> <p>Гипотеза 1 не правдоподобна, т.к. камни были бы разбросаны по всей поверхности озера.</p>
--	---

Если вам не удалось сформулировать правдоподобные гипотезы, вернитесь к первому пункту ПРИЗа и пройдите его шаги ещё раз. Постарайтесь сделать это более внимательно!

<p><b>5. Проверка гипотез</b> Предложите эксперименты по проверке каждой правдоподобной гипотезы или выполните соответствующие расчёты.</p>	<p>Оценочный расчёт для гипотезы 5 приведён ниже.</p>
---	---

#### Оценочный расчёт для проверки гипотезы 5

Оценим, какую скорость должен иметь ветер, чтобы сдвинуть камень, находящийся на глиняной поверхности, скользкой после дождя.

Вначале оценим размер камней, которые встречаются на поверхности высохшего озера в Долине Смерти. Предположим для простоты, что камень имеет форму куба, величина ребра которого равна  $a$ . Тогда объём камня равен:

$$V = a^3 \quad (1)$$

С другой стороны объём камня связан с его массой  $m$  и плотностью  $\rho_k$  формулой:

$$V = m / \rho_k \quad (2)$$

Из формул (1) и (2) получим:

$$a = \sqrt[3]{\frac{m}{\rho_k}} \quad (3)$$

Прикинем размер камня. В условии задачи было сказано, что масса камней достигает  $m \approx 300$  кг. На основании справочных данных выберем среднюю плотность камня  $\rho_k = 2500$  кг/м<sup>3</sup>.

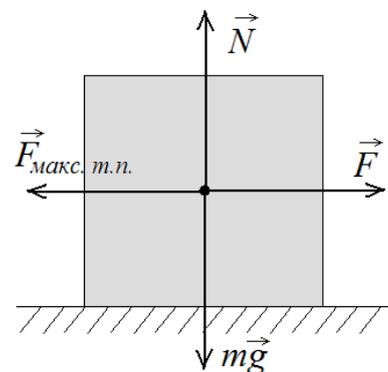
Проделав вычисления, получим  $a \approx 0,5$  м, то есть камни могут иметь размер  $0,5 \times 0,5 \times 0,5$  м<sup>3</sup>. Достаточно внушительные размеры. Не зря автогонщики опасаются этих камней.

Теперь оценим величину силы  $F$ , направленной параллельно поверхности дна озера, которая необходима, чтобы сдвинуть камень, лежащий на этой поверхности. Камень сдвинется, если сила  $F$  превысит величину максимальной силы трения покоя  $F_{\text{макс.т.п.}}$ , которую можно рассчитать по формуле:

$$F_{\text{макс.т.п.}} = \mu N = \mu mg \quad (4)$$

Где  $\mu$  – максимальный коэффициент трения покоя, который при нашей оценке можно считать равным коэффициенту трения скольжения;  $N$  – реакция опоры, т.к. камень лежит на горизонтальной поверхности, то  $N = mg$ .

Какую же величину  $\mu$  выбрать в данном случае? Коэффициент трения скольжения камня по мокрой глине в доступных справочниках нам найти не удалось. Лучше всего,



конечно, определить эту величину экспериментально. Но если такой возможности нет, то можно вспомнить хождение по глинистой почве после дождя. Тем, кто испытал подобное удовольствие, понятно, что «скользкость» глины близка к «скользкости» льда. Поэтому мы взяли из справочника коэффициент трения стали по льду и, на всякий случай, увеличили эту величину в два раза. Ведь камень мало похож на коньки. В результате мы приняли  $\mu \approx 0,03$ . Тогда по формуле (4) получаем:

$$F_{\text{макс.т.п.}} \approx 100\text{Н.}$$

Значит, сила  $F$ , необходимая, чтобы сдвинуть камень, должна превышать 100Н. Не такая уж и большая сила нужна, чтобы сдвинуть камень массой 300кг, лежащий на глиняной поверхности, скользкой после дождя.

Но может ли ветер обеспечить такую силу? Величину силы, с которой действует поток воздуха на препятствие, можно рассчитать по формуле:

$$F = \rho S v^2 \quad (5)$$

Где  $\rho$  – плотность воздуха,  $\rho = 1,2\text{кг/м}^3$ ;  $S$  – площадь лобового сечения камня,  $S = a^2$ ;  $v$  – скорость потока воздуха, то есть в нашем случае скорость ветра.

Вывод формулы (5) приведён в приложении.

Из формулы (5) получим формулу для скорости ветра:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho S}} \quad (6)$$

Подставив данные. Получим скорость ветра около  $v \approx 20\text{м/с}$ . Вспомним, что в Долине Смерти бывают ветры до 30м/с. Таким образом, из нашей оценки следует, что штормовой ветер вполне мог передвигать камни по скользкому после дождя дну бывшего озера.

Ответ:

Проблема, которая казалась неразрешимой без применения сверхъестественных сил, имела достаточно простое решение. Оказалось, что камни, скатившиеся со скал, по скользкому после дождя дну бывшего озера передвигал порывистый штормовой ветер. Его скорость в Долине Смерти достигает 30м/с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Вывод формулы для расчёта силы, с которой поток воздуха действует на препятствие

Оценим величину силы  $F$ , действующей со стороны потока воздуха на препятствие. Для этого воспользуемся вторым законом Ньютона в импульсной форме:

$$F\Delta t = mv \quad (1)$$

где  $v$  – скорость потока воздуха,  $m$  – масса столба воздуха, который наталкивается на препятствие за время  $\Delta t$ .

Массу  $m$  можно рассчитать по формуле:

$$m = \rho SL \quad (2)$$

где  $\rho$  – плотность воздуха;  $S$  – площадь поперечного столба воздуха;  $L$  – длина столба воздуха, который наталкивается на препятствие за время  $\Delta t$ .

Длина столба воздуха  $L$  равна:

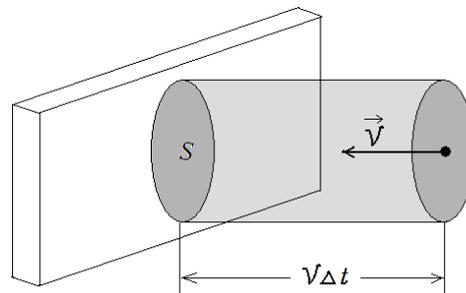
$$L = v\Delta t \quad (3)$$

Значит, масса воздуха  $m$  равна:

$$m = \rho S v\Delta t \quad (4)$$

Подставив (4) в формулу (1) и сократив её на  $\Delta t$ , получим:

$$F = \rho S v^2 \quad (5)$$



Обратите внимание: сила действия воздушного потока на препятствие пропорциональна квадрату скорости потока.

### Несколько задач для решения

#### **1. Изобретательные лягушки**

В Китае лягушки одного вида (*Odorrana tormota*) живут рядом с горными реками. Шум от этих рек столь силён, что заглушает все звуки. Чтобы поговорить на берегу такой реки, приходится кричать в ухо собеседнику, причём изо всех сил. Но лягушки научились общаться даже в таком шуме. Они подают сигналы и легко находят друг друга. Лягушкам, живущим по берегам горных рек и ручьёв, заинтересовались китайские учёные. Им удалось выяснить, как лягушки общаются.

Какие же сигналы используют лягушки? Учтите, что видят они плохо, да и нюх имеют неважный.

#### **2. Бутылку за борт!**

Известный русский адмирал Михаил Петрович Лазарев (1788-1851) во время плаваний неоднократно показывал матросам любопытный опыт с бутылкой. Пустую бутылку плотно закупоривали пробкой и привязывали к её горлышку тонкий стальной трос. Затем с помощью свинцового груза бутылку опускали под воду на глубину более 400м. После подъёма бутылки матросы с удивлением обнаруживали, что бутылка заполнена водой, хотя по-прежнему плотно закрыта пробкой.

Каким образом вода попадала в бутылку?

#### **3. Стреляем далеко и мимо цели**

В первую мировую войну (1914-1918гг.) фронт проходил в ста с лишним километрах севернее Парижа. Горожане спали спокойно, они были уверены, что вражеская артиллерия их не достанет. В то время максимальная дальность артиллерийской стрельбы составляла 30км.

Но в один из дней совершенно неожиданно на окраинах Парижа загрохотали разрывы. Невероятно, но немцы обстреливали город из пушки. Это была сверхдальнобойная суперпушка «Колоссаль». В атмосфере строжайшей секретности немцы создали это оружие и установили его в 110 километрах севернее Парижа. Суперпушка была оснащена сверхточным прицелом. Однако снаряды попадали не в центральную часть города, а упорно ложились на полтора километра западнее. Немецкие артиллеристы не могли понять, в чём дело – все поправки (на ветер, на сопротивление воздуха и т.д.) были сделаны, а снаряды ложились мимо.

Почему снаряды, выпущенные из сверхпушки, не попадали в цель?

### Справка

Калибр пушки «Коллосаль» (внутренний диаметр ствола) составлял 210мм, длина ствола – 34м, масса снаряда – 120кг, начальная скорость снаряда – 1580м/с, наибольшая дальность стрельбы – 120км, общая масса пушки – 750т.

Стреляла пушка под углом 52° к горизонту. Через 20с после выстрела снаряд достигал высоты 20км, где воздух уже достаточно разрежен. Ещё через 70с снаряд выходил на вершину траектории – 40км. Затем снаряд снижался и обрушивался на цель со скоростью 900м/с. Полёт снаряда на расстояние 110км длился 3мин.

Всего по Парижу было выпущено 303 снаряда. Из них 120 разорвались на окраинах французской столицы, а 183 – в центре. Множество зданий было разрушено, пострадало более 1000 человек.

#### 4. Кто сварил кита?

Однажды на берегу моря рыбаки нашли мёртвого кита. На его коже никаких повреждений не было. При разделки туши рыбаки обнаружили, что вся мускулатура кита ... сварена!

Как бы вы это объяснили? С другими видами животных такие случаи никогда не наблюдались.

Чистый бланк ПРИЗ (раздаётся школьникам для работы)

#### **ПРИЗ: процедура решения изобретательской/исследовательской задачи**

<b>Шаг алгоритма</b>	<b>Выполнение</b>
1. <u>Подготовка к работе</u> Прочитайте условие задачи. Сформулируйте условие задачи своими словами и запишите его.	<b>Дано:</b>  <b>Найти (Объяснить):</b>
2. <u>Системный подход</u> Проведите системный анализ условия задачи 1) Какой объект в данной задаче основной? Из каких частей или элементов он состоит? 2) Какие объекты находятся вокруг основного объекта? С какими объектами и как он взаимодействует? 3) Какие процессы протекают в самом объекте, с его участием и вокруг него?	1) ...  2) ...  3) ...
3. <u>Выдвижение гипотез</u> Подумайте, как перечисленные ниже явления могли бы способствовать получению необходимого результата. Сформулируйте гипотезы. <b>Явления бывают:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• механические,</li><li>• акустические,</li><li>• тепловые,</li><li>• химические,</li><li>• электрические,</li><li>• магнитные,</li><li>• оптические,</li><li>• биологические.</li></ul>	<b>Гипотезы:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• )</li><li>• )</li><li>• )</li><li>• )</li><li>• )</li><li>• )</li></ul>
4. <u>Отбор гипотез</u> Выберите наиболее правдоподобные гипотезы и расставьте их в порядке убывания правдоподобности	

Если вам не удалось сформулировать правдоподобные гипотезы, постарайтесь более глубоко изучить условие задачи и найти дополнительные справочные материалы. Затем вернитесь к первому пункту ПРИЗа и пройдите его шаги ещё раз. Постарайтесь сделать это более внимательно!

5. Проверка гипотез

Предложите эксперименты (в том числе мысленные) по проверке каждой правдоподобной гипотезы или выполните соответствующие расчёты.