Торсионный релаксатор
и другие
самодельные игрушки из «ресурсов вещества»

Жужа М.М.

После ремонта в квартире остались следующие **ресурсы вещества**, которые было жалко выбросить:

- обрезки одножильных медных проводов от электропроводки;
- обрезки пластиковых канализационных и водопроводных труб;
- куски ламината;
- пустые бутылки из-под питьевой воды.

Было решено из всего этого создать что-то полезное, например, детские игрушки (чтобы хоть как-то развлечь детей новыми предметами во время карантина и самоизоляции по всей стране весной 2020 г.), а заодно сделать гимнастику для ума, применив творческие инструменты ТРИЗ. Ниже предложены несколько вариантов таких игрушек.

Одной из самых первых игрушек для ребёнка является погремушка. Её можно сделать из небольшой пластиковой бутылки, насыпав внутрь мелких предметов. При этом пробку нужно надёжно прикрепить к бутылке, чтобы малыш не смог её открутить и съесть наполнитель. Однако, учитывая **принцип заранее подложенной подушки**, в качестве мелких предметов для погремушки лучше взять не пуговицы или бусины, а нечто съедобное, например, фасоль, горох или перловую крупу (рисунок 1).

Рисунок 1 – Погремушка из фасоли в бутылке объемом 250 мл

Техническая система (ТС) «погремушка», изображённая на рисунке 1, всё же имеет **недостаток** в случае разгерметизации бутылки: вдруг активный и сильный ребенок (или его старший брат/сестра) открутит пробку и наестся сырой фасоли или засунет её в нос, в ухо? Поэтому, необходимо усовершенствовать такую ТС. Поскольку малыш все предметы тянет в рот, воспользуемся **законом согласования-рассогласования частей системы**: размеры «гремящих предметов» должны быть согласованы с размерами бутылки и рассогласованы с размерами рта (и прочих отверстий). Другими словами, предмет должен помещаться внутрь бутылки и не помещаться в рот ребенка. Таким идеальным

предметом может стать шарик диаметром 40 мм для настольного тенниса. Этот шарик хорошо гремит внутри пластиковой бутылки (рисунок 2), его с трудом можно поместить в рот и невозможно проглотить. (Чтобы поместить шарик внутрь бутылки, в ней вырезается отверстие, которое затем при помощи скотча закрывается пластиковой «заплаткой» с чуть большими размерами.)

Рисунок 2 – Погремушка (вариант 2) с шариком для настольного тенниса

Шарик для настольного тенниса – это дополнительный, но «копеечный» ресурс, который можно всегда купить за 10-20 рублей в магазинах игрушек или спортивных товаров.

Погремушки, изображённые на рисунках 1 и 2, имеют **сверхэффект**: благодаря прозрачным стенкам (**принцип изменения окраски**) ребенок видит предмет, который гремит внутри бутылки (а корпус покупных погремушек чаще всего выполнены из непрозрачной пластмассы). Наблюдение за перекатывающимся ярким шариком дополнительно задействует зрение, тогда как простая погремушка – только осязание и слух.

Рассмотрим движение шарика в погремушке (рисунок 2): шарик движется либо хаотически, когда погремушку трясут, либо движется прямолинейно внутри бутылки, когда её переворачивают верх-вниз. При словах «прямолинейное движение» сразу вспоминается **принцип сфероидальности**, который советует для дальнейшего совершенствования технический системы «перейти от прямолинейного движения к вращательному». И здесь приходит **идея новой игрушки**: пусть шарик падает внутри бутылки не прямолинейно, а вращательно, по спирали. Таким образом, спираль, изготовленную, например, из проволоки, надо поместить внутрь бутылки. Техническая реализация этой идеи показана на рисунке 3. Была выбрана пластиковая бутылка объёмом 1,5 л. Такая бутылка достаточно длинная для того, чтобы шарик сделал несколько оборотов, и достаточно короткая, чтобы жёсткость проволочной спирали не позволяла ей прогибаться под собственным весом или изгибаться при движении шарика.

Принцип работы такой игрушки можно понять из рисунка 4. Бутылка должна иметь боковую поверхность максимально приближенную к цилиндрической (иметь минимальное количество и глубину «ребер жёсткости»). Чтобы игрушка функционировала нормально, должны быть согласованы между собой диаметры шарика, спирали и бутылки:

1. Центр тяжести шарика должен находиться между стенкой бутылки и внешним диаметром спирали, тогда шарик будет катиться вниз, опираясь на две точки опоры – боковую стенку бутылки и виток спирали.

2. Внутренний диаметр спирали должен быть меньше диаметра шарика, чтобы шарик не упал внутрь спирали. Однако, диаметр спирали не должен быть очень малым, чтобы шарик не застрял между спиралью и боковой стенкой, так как шарик при своем движении стремится сдвинуть спираль к центру бутылки.

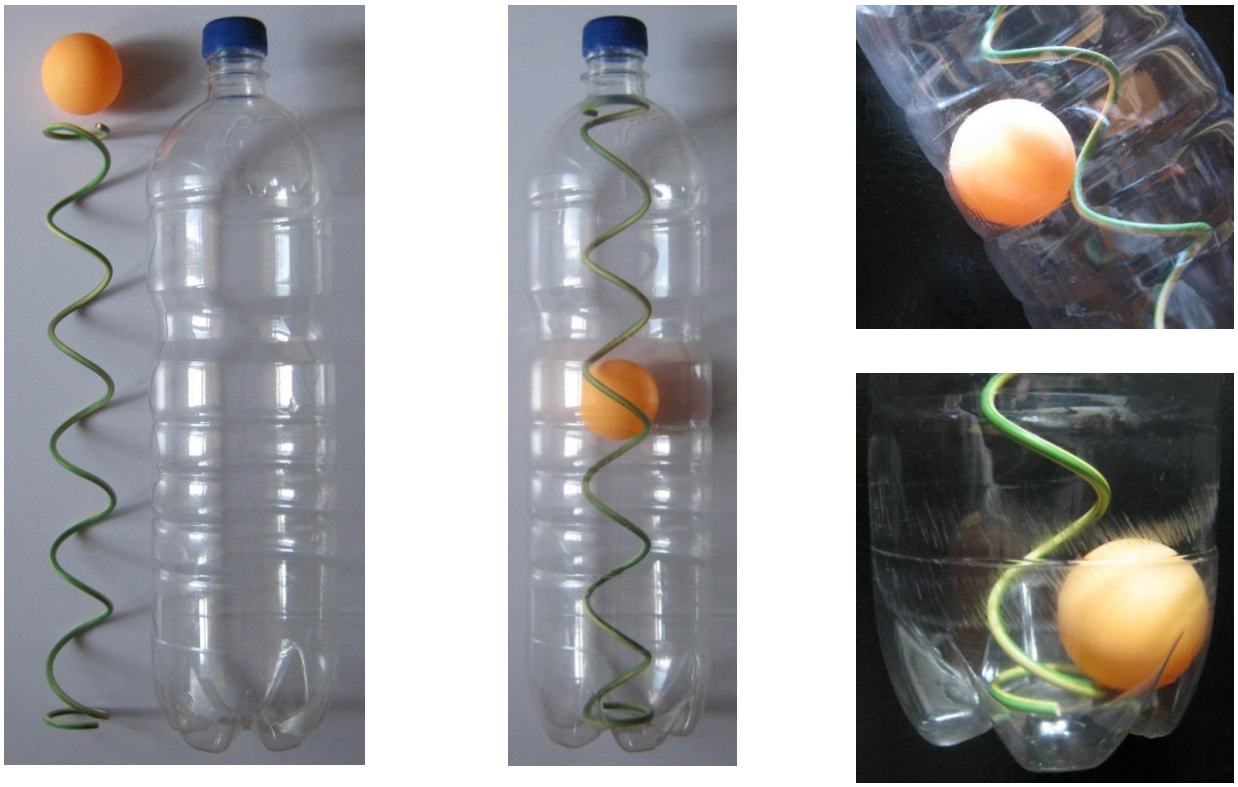


Рисунок 3 – Игрушка с вращением шарика по спирали в бутылке объёмом 1,5 л

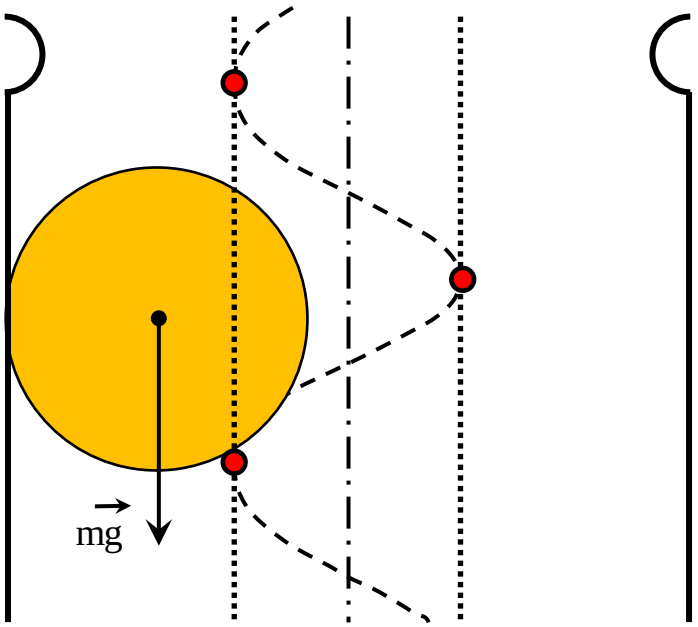


Рисунок 4 – Фрагмент сечения бутылки плоскостью, проходящей через ось бутылки и центр шарика

Рассмотрим конкретные технические характеристики такой игрушки и технологию её изготовления.

Для спирали использовался медный одножильный провод диаметром 2,14 мм (сечение 3,6 мм^2 ≈ 4 мм^2) и длиной 73 см. Внешний диаметр провода вместе с пластиковой изоляцией составлял 3,4 мм. (Провод сечением 2,5 мм^2 «слабоват», так как обладает малой «жёсткостью» для такой спирали.) Спираль формировалась на легко удаляемом предмете-посреднике – отрезке пластиковой водопроводной трубы внешним диаметром 25 мм (рисунок 5(а)). (Можно взять любую трубу или ручку от швабры диаметром 22-26 мм.) Внешний диаметр спирали получился 33 мм. Длина спирали – 29,0 см (равна высоте внутри бутылки). Шаг витков спирали – 55 мм. При этом кратчайшее расстояние между витками спирали составляет 45 мм. Поэтому шарик диаметром 40 мм не застревал между двумя соседними витками спирали.

Бутылка имела диаметр 8,6 см (длина окружности 27 см). Вверху бутылки при помощи ножа или выжигателя по дереву изготавливалась дверца-люк размерами 41-43 мм (рисунок 5(б)). Перед установкой внутрь бутылки спираль растягивалась на 3-5 мм для того, чтобы устойчиво находиться в бутылке в немного сжатом состоянии. Спираль автоматически располагается по центру вдоль оси бутылки благодаря конусообразным стенкам у горлышка и шарообразным «рёбрам» на дне бутылки.

Через дверцу-люк в бутылку попадает и шарик. Для того, чтобы ребёнок не продавливал дверцу-люк внутрь бутылки, из второй бутылки вырезается «заплатка» на 2-3 мм большего размера со всех сторон. Эта «заплатка» устанавливается между дверцей-люком и отверстием в бутылке (рисунок 5(в)), а затем всё снаружи аккуратно заклеивается полосками скотча.

а) б) в)

а) изготовление спирали из провода на трубе диаметром 25 мм;
б) размещение спирали и шарика внутрь бутылки через дверцу-люк;
в) установка «заплатки» на отверстие.

Рисунок 5 – Технология изготовления

Опыт эксплуатации этой игрушки выявил у неё небольшой **недостаток**: дети случайно или намеренно бросают игрушки на пол; при ударе нижний конец спирали (у дна) может сместиться от центральной оси бутылки (рисунок 6).

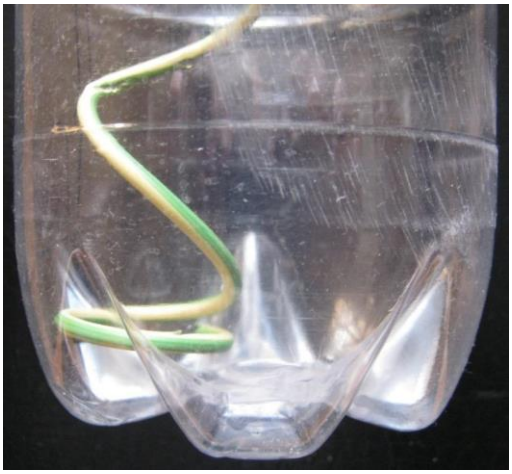


Рисунок 6 – Спираль застряла между «рёбрами жесткости» на дне бутылки после падения бутылки на пол

Вернуть спираль в центральное положение можно разными способами.

Способ 1 (бытовой). Легкие постукивания дном бутылки о ладонь.

Способ 2 (изобретательский). Сформулируем **идеальный конечный результат (ИКР)**: пусть спираль САМА возвращается (соскальзывает) в центральное положение (за счёт силы упругости, преодолев силу трения). Для этого необходимо уменьшить коэффициент трения между спиралью и «рёбрами жёсткости» на дне бутылки. Как видно из рисунка 6, последний виток спирали за счёт силы трения «висит» на наклонных «рёбрах жёсткости», несмотря на упругие свойства спирали. Изобретательские алгоритмы для достижения ИКР в первую очередь рекомендуют использовать **внутрисистемные ресурсы.** В данном случае удобнее использовать **ресурсы вещества** электрического провода, который состоит из твёрдой медной жилы и мягкой пластиковой изоляции. Появляется гипотеза о том, что, возможно, твёрдый металл будет значительно лучше скользить по твёрдым стенкам бутылки, чем та же медная жила в пластичной изоляции. Для подтверждения этого были проведены экспериментальные измерения коэффициента трения скольжения при помощи простого (школьного) опыта – по углу на наклонной плоскости, при котором тело начинает скользить. Для этого внутрь гладкой бутылки помещался отрезок провода в изоляции и без неё, и один из концов бутылки медленно поднимался вверх. Расчёты показали, что коэффициент трения скольжения между стенкой бутылки и проводом в изоляции равен 0,48, а проводом без изоляции равен 0,34. Таким образом, медная жила в 1,4 раза лучше скользит и, значит, надо убрать с провода изоляцию. Поскольку **оперативной зоной** являются точки касания «рёбер жесткости» у дна бутылки с нижним витком электрического провода, то очевидно техническое решение: необходимо снять пластиковую изоляцию только с одного нижнего витка спирали (**принцип местного качества**) (рисунок 7).

Рисунок 7 – Спираль со «скользким» витком внизу

Другие типовые способы уменьшения трения в направлении **психологической инерции** значительно хуже: если смазать маслом дно бутылки, то всё внутри будет перепачкано; если обмотать провод чем-то более «скользким» (например, скотчем), то это более хлопотно, чем просто срезать часть изоляции с провода. Кроме того, масло и скотч – это дополнительные **внешнесистемные ресурсы вещества**, а коэффициент трения провода, обмотанного скотчем, равен 0,39, что больше, чем у медной жилы.

Те, кто хочет усилить «антивандальные» свойства этой игрушки, могут жёстко закрепить нижний конец спирали, например, следующим образом (рисунок 8):

- срезать горлышко у другой бутылки и просверлить 2 отверстия в пробке;
- изготовить отверстие в дне бутылки на 1 мм меньше, чем кольцевой выступ у срезанного горлышка;
- вставить срезанное горлышко в дно бутылки и с усилием защёлкнуть его в отверстии (этого уже достаточно для фиксирования нижнего конца спирали, однако через открытое нижнее горлышко дети могут набросать внутрь бутылки мелкие предметы (карандаши, трубочки для сока и др.);
- поместить внутрь бутылки пробку; вставить пинцет в два отверстия на пробке и плотно прикрутить внутреннюю пробку;
- надеть нижний виток спирали на внутреннюю пробку в дне бутылки.

Рисунок 8 – Пример закрепления (при необходимости) нижнего конца спирали

Такая игрушка интересна и взрослым. Наблюдение за вращением шарика завораживает, если бутылку переворачивать вверх-вниз как песочные часы. В магазинах подарков имеются различные игрушки с аналогичным функциональным назначением – развлечение с релаксацией, например, перемещающиеся блёстки в воде, движение капель несмешивающихся жидкостей, шары Ньютона и другие конструкции настольных маятников. Поэтому можно сказать, что создана новая игрушка-антистресс, и ей можно дать какое-нибудь псевдонаучное и громкое название, например, «**игрушка-антистресс торсионный релаксатор**».

Если для изготовления спирали не нашлось куска толстого провода нужной длины, то по **методу Робинзона Крузо** следует поискать другие предметы с подходящими геометрическими параметрами. Например, можно взять отрезок пластиковой канализационный трубы внешним диаметром 32 мм. На трубе была нарисована спираль: длина 290 мм, шаг спирали 65 мм, ширина витка 10 мм. Однако, когда спираль была выпилена из трубы (рисунок 9), она уменьшилась в размерах: внешний диаметр стал равен 30 мм, а длина 280 мм. Чтобы спираль не болталась внутри бутылки, пришлось увеличивать её длину на 10 мм при помощи скотча и дополнительного кольца из трубы. Игрушка функционирует нормально, однако упругие свойства спирали из тонкой пластмассы оказались очень слабыми (т.е. пластическая деформация была сравнима с упругой). Например, бутылку с такой спиралью лучше хранить в вертикальном положении, так как спираль провисает и сгибается при хранении в горизонтальном положении.

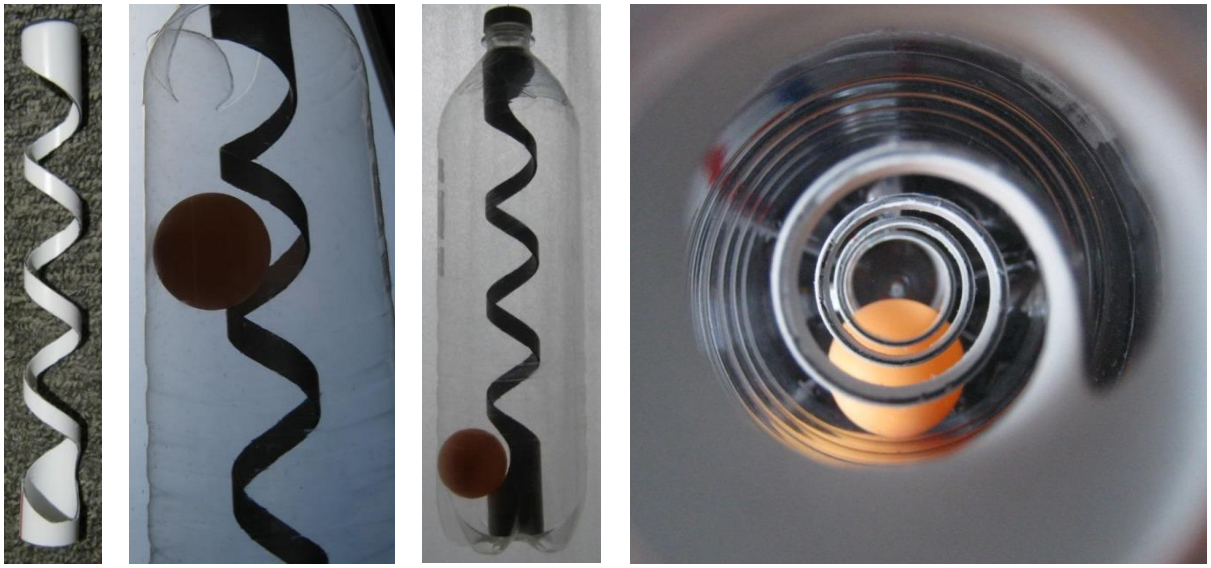


Рисунок 9 – Игрушка со спиралью из пластиковой трубы

Другой вариант изготовления спирали – это использовать **би-систему**: «толстый» провод получается, если свить вместе два более тонких провода.

Если же использовать **би-систему** для корпуса игрушки, то он изготавливается проще (без «люков» и «заплаток»). Для этого берутся две бутылки, у которых отрезаются нижние цилиндрические части (рисунок 10). Внутрь помещаются спираль и шарик. Цилиндрические части сдвигаются навстречу друг

другу до упора в спираль и её небольшого сжатия. Готовая конструкция фиксируется по окружности в месте соединения одним витком скотча.

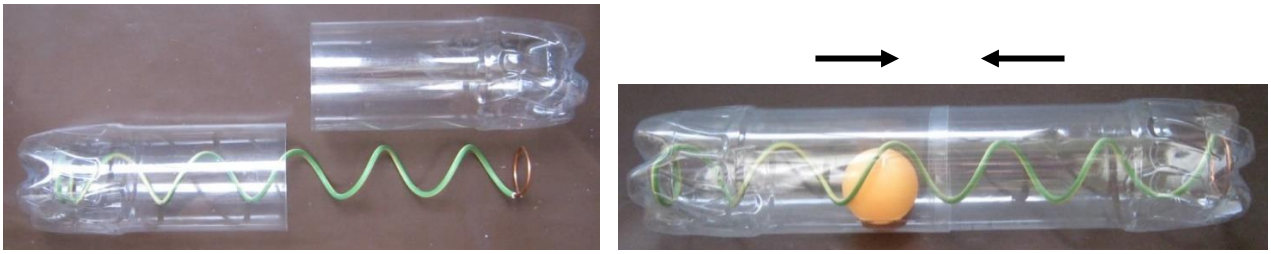


Рисунок 10 – Би-система корпуса игрушки

Такая технология размещения шарика и спирали внутрь игрушки (рисунок 10) применима и к одиночной бутылке (рисунок 11). Если разрезать бутылку по линии А-А, то можно вставить друг в друга две цилиндрические части, зафиксировав их скотчем. А если разрезать бутылку по линии В-В, то можно обойтись и без скотча, защелкнув обе части на кольцевые канавки корпуса бутылки. (Таким же образом можно поместить шарик внутрь погремушки, изображённой на рисунке 2.) Все разрезанные места лучше обработать мелкой наждачной бумагой, чтобы ребёнок не поранился об острые края.

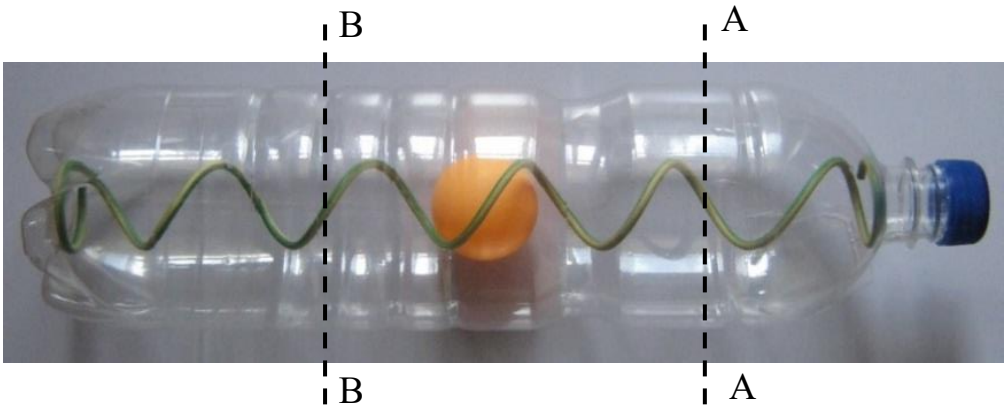


Рисунок 11 – Места возможных разрезов на бутылке

Рассмотренные выше игрушки имеют 3 детали: бутылку, шарик и спираль. Можно уменьшить количество деталей до 2 (**закон увеличения степени идеальности**), если применить **закон развёртывания-свёртывания** технической системы: свернём спираль и бутылку в одну деталь. То же самое получается, если для идеи новой игрушки дважды применить **принцип наоборот**:

- установим спираль не в центре бутылки, а с краю (у стенок);
- используем не **внешний ресурс вещества** (провод), а **внутренний** – изготовим спираль из корпуса самой бутылки.

Сначала была попытка изготовить непрерывную спираль при помощи радиотехнического фена (рисунок 12), но спираль получилась очень неглубокая и кособокая.

Рисунок 12 – Внешняя спираль на корпусе бутылки, изготовленная при помощи радиотехнического фена и паяльной станции

Если далее применить **принцип дробления** и разделить непрерывную спираль на отдельные ступеньки – «лепестки», то получается вполне работоспособная конструкция, изображённая на рисунке 13. Бутылку для такой игрушки следует брать с относительно толстым пластиком, чтобы:

а) сохранить некоторую жёсткость корпуса;

б) «лепестки» не прогибались под тяжестью шарика;

в) ребёнок не пораниться о тонкие края отверстий (любые края следует обработать наждачной бумагой).

В верхней части бутылки 1,5 л имеется отверстие диаметром 43-45 мм, в которое ребёнок вкладывает шарик (рисунок 13). Внутри бутылки расположена система из 12 «лепестков», которые вырезаны из боковых стенок, загнуты внутрь (и в бок) и расположены по спирали в виде наклонных ступенек винтовой лестницы. (Шаг спирали 8 см, ширина лепестка 2 см.) Шарик, прыгая вниз по ступенькам из «лепестков», делает 3 оборота внутри бутылки и выкатывается к ногам малыша из нижнего бокового отверстия бутылки (верхнее и нижние отверстия расположены с одной стороны бутылки). Здесь **вредное** свойство первой конструкции (погремушки) **обращено в пользу**: теперь наполнитель (шарик) не только можно, но и нужно вынимать. Ребенок берёт шарик и кладёт его в верхнее отверстие бутылки – шарик выкатывается снизу, и в таком «цикле» может пройти несколько минут. Сверхэффекта можно достичь, если бросать не простой теннисный шарик, а шарик такого же размера от сломанной «обычной» погремушки, (отламывается ручка или рвётся резинка, соединявшая шарики в гирлянду) – отходы другой альтернативной системы, шумовой эффект от которого приносит дополнительную радость.

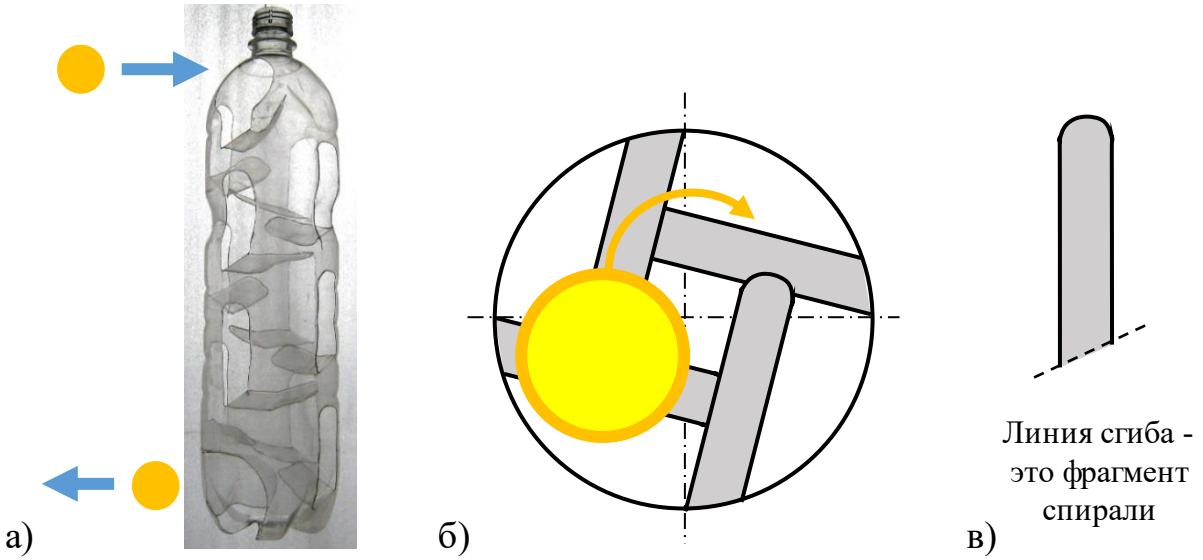


Рисунок 13 – Схемы: а) движения шарика; б) расположение «лепестков» и шарика внутри бутылки (вид сверху); в) одного лепестка

Играющие дети выявили **недостаток** конструкции, изображённой на рисунке 13: лёгкая бутылка часто падала, если ребёнок неточно вкладывал в неё шарик сбоку. Поэтому, либо родители должны были придерживать бутылку, либо, чтобы ребёнок играл САМ (**ИКР**), бутылка должна быть прикреплена к устойчивому предмету, например, к столу (рисунок 14). (Табуреты и стулья – не являются устойчивыми, ребёнок может их уронить.)

Рисунок 14 – Примеры крепления бутылки: скотчем к ножке стола; металлическим уголком к любой вертикальной плоскости; пробкой, закреплённой под крышкой стола, в которую вкручена бутылка

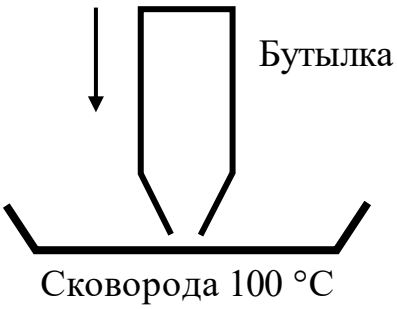
Кроме неустойчивости, были выявлены ещё дополнительные **недостатки** игрушки, изображённой на рисунках 13 – 14:

а) трудоёмкость изготовления;

б) потеряна жёсткость корпуса бутылки из-за 14 вырезанных отверстий;

в) ребёнок засовывал пальцы в отверстия, отгибал лепестки в разные стороны, наполнял бутылку посторонними предметами, и шарик уже не мог скатиться вниз (хотя это легко восстановить).

В **улучшенной конструкции** было решено вернуться к внутренней спирали и отказаться от внешней, которую трудно изготовить в домашних условиях. Также необходимо разместить входное отверстие для шарика сверху (а не сбоку) и увеличить площадь опоры игрушки. Однако, если сверху или в дне бутылки вырезать отверстие для шарика диаметром 42 – 45 мм, то у проволочной спирали не будет опоры на одном конце. Как быть? **Принципы местного качества** и **асимметрии** подсказывают сделать первый виток спирали большего диаметра, чем отверстие для шарика. Первый большой виток будет выполнять функцию опоры спирали, а другие витки обычного диаметра будут закручивать шарик. Для надёжной фиксации спирали внутри бутылки первый виток должен опираться на плоскость, перпендикулярную оси спирали, а не на наклонные стенки корпуса. Для этого можно локально изменить форму корпуса бутылки при помощи местного нагрева. Бутылка срезается возле пробки так, чтобы получилось отверстие диаметром 52 мм. В вертикальном положении бутылка аккуратно ставится срезанным концом на нагретую до 100 °С сковороду и слегка придавливается к ней. Размягченный (но не расплавленный!) пластик корпуса сжимается к центру отверстия, а затем его края начинают загибаться внутрь бутылки. В этот момент надо убрать бутылку со сковороды – тепловая трансформация завершена: получается небольшая воронка с отверстием 42 мм для шарика и кольцевой канавкой внутри для размещения в ней большого опорного витка спирали (рисунок 15). (В интернете для тепловой обработки бутылки предлагают поместить её в кипящую воду или прислонить срез бутылки к горячему утюгу через фольгу или лист бумаги.)



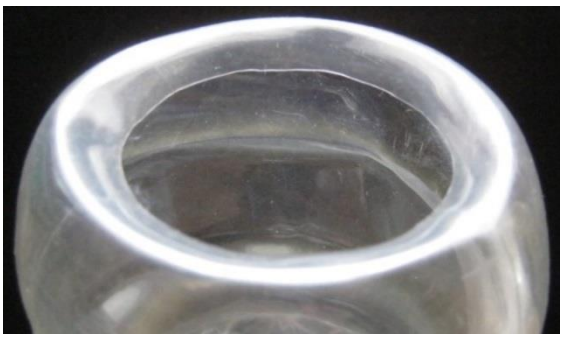


Рисунок 15 – Тепловая трансформация пластикового корпуса на сковороде

Дальнейший процесс изготовления игрушки понятен из рисунка 16:

- у основной бутылки отрезается дно (до цилиндрической поверхности);
- у второй бутылки срезается верхняя часть так, что оставляется лишь небольшой цилиндрический фрагмент корпуса и удаляется резьба;
- внутрь бутылки-основы вставляется спираль и конусная часть второй бутылки;
- в верхнее отверстие бросается шарик и внизу отмечается место для выходного отверстия (нижний отогнутый конец проволочной спирали направляет траекторию шарика в выходное круглое отверстие; если толщина стенки (или жёсткость корпуса) позволяют, то можно увеличить выходное отверстие снизу, тогда шарик будет выкатываться сам, отталкиваясь от внутреннего конуса);

- две части корпуса игрушки фиксируются (скотчем или неразъёмным соединением: стенки проплавляются горячим гвоздём насквозь в нескольких соприкасающихся местах, тогда клей-сварка получается из ресурсов самой системы).

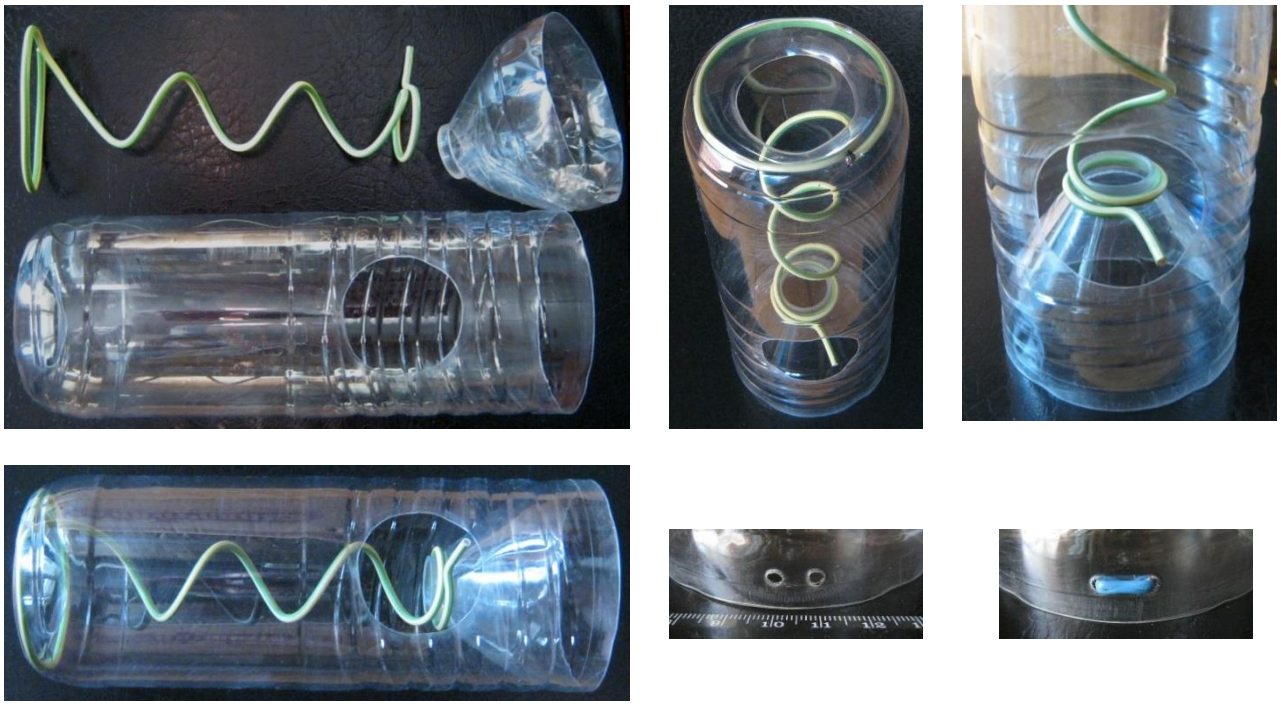


Рисунок 16 – Устойчивая игрушка из бутылки 1,5 л (с креплением двух частей корпуса скотчем или скобками из провода)

Однако, как показало тестирование игрушки на активных детях, место сварки горячим гвоздем не выдерживает нагрузки, если бутылка сдавливается руками или роняется на пол. Поэтому рядом с первоначальными отверстиями были сделаны дополнительные, и две части корпуса были соединены скобками из провода сечением 1 мм^2 (можно нитками).

Подобная игрушка также получается и из одной бутылки, если разрезать её по линии А-А (рисунок 11), а входное отверстие для шарика сделать в дне бутылки (сковорода или утюг при этом не потребуются).

Ещё одну игрушку можно изготовить, применив **закон перехода в надсистему**, который рекомендует после **би-системы** продолжать развитие конструкции до **полисистемы**. Несколько пластиковых бутылок, закреплённых на куске ламината, и имеющих по 2 отверстия для шарика, заставляют его двигаться зигзагообразно (рисунок 17). Сверху имеется «воронка» для **само**согласования положения шарика и отверстия в бутылке, а в последней нижней бутылке имеется большой вырез, через который вынимается скатившийся шарик. Шарикоприёмник в последней версии конструкции позволяет малышу сидеть возле игрушки, а не собирать раскатывающиеся по всей комнате шарики (как выяснилось, ему быстро надоедает вставать и подбирать шарики, укатившиеся дальше вытянутой руки).

Если в поисковой системе в интернете набрать ключевые слова «бизиборд своими руками (картинки)», то можно увидеть приблизительно аналогичные конструкции, в которых шарик движется внутри гофрированных или жест-

ких канализационных труб диаметром 50 мм. Преимуществом игрушки, изображённой на рисунке 17, является то, что за счёт прозрачных стенок (**принцип изменения окраски**) ребёнок может наблюдать за шариком на всём пути его движения, а не только на входе и выходе, как в случае использования канализационных труб.

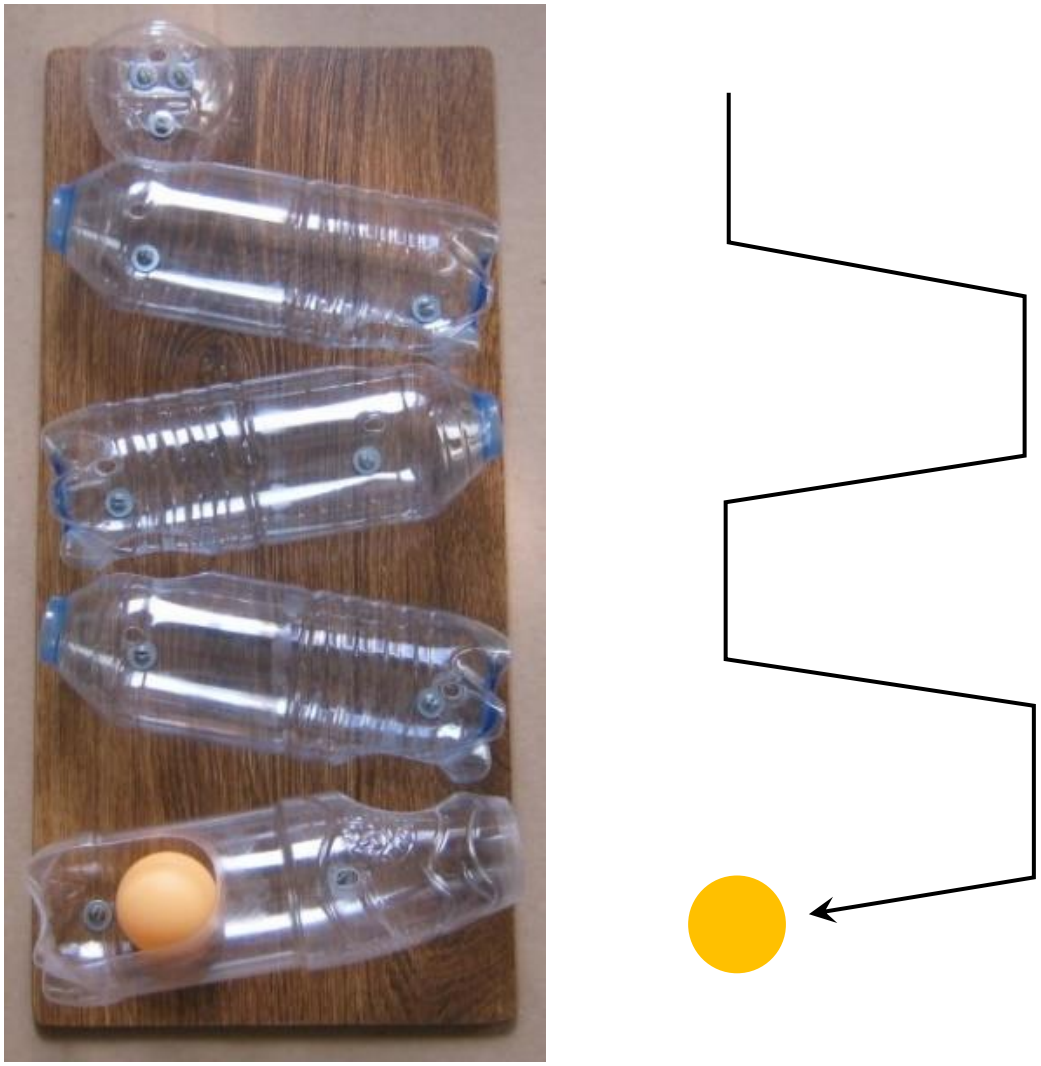


Рисунок 17 – Полисистема из 4 бутылок, обрезанных по ширине ламината

В результате проделанной работы дети получили несколько новых игрушек из ресурсов вещества, а родители – несколько спокойных минут для неотложных дел, а также пополнили свой опыт применения ТРИЗ.