

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра физики и методико-информационных технологий

**Разработка учебно-методического материала по теме «Закон сохранения
энергии»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 4122 группы
направления подготовки 44.03.01 «Педагогическое образование»
института физики

Халлыевой Умыды

Научный руководитель

д.ф.-м.н., профессор



Т.Г.Бурова

Зав. кафедрой

д.ф.-м.н., профессор



Т. Г. Бурова

Саратов 2023

ВВЕДЕНИЕ

Законы сохранения занимают среди всех законов природы особое место. Общность и универсальность законов сохранения определяют их большое научное, методологическое и философское значение. Они являются основой важнейших расчетов в физике и ее технических приложениях, позволяют в ряде случаев предсказывать эффекты и явления при исследовании разнообразных физико – химических систем и процессов [1]. С законами сохранения связано введение в современную физику идей, имеющих принципиальное значение.

Актуальность работы состоит в том, что законы сохранения при изучении физики играют большую роль в формировании научного мировоззрения учащихся и в практическом применении в науке и технике.

Цель данной работы: проанализировать законы сохранения в физике и разработать учебно-методический материал по их изучению в общеобразовательной школе.

Для достижения цели были поставлены следующие цели:

- 1) выявить значимость законов сохранения при изучении физики;
- 2) рассмотреть сущность законов сохранения в механике;
- 3) разработать урок усвоения новых знаний по теме "Закон сохранения энергии" и урок закрепления знаний;
- 4) подобрать задачи различного уровня сложности;
- 5) представить демонстрационные эксперименты по теме;
- 6) представить натурную и виртуальную лабораторные работы по проверке закона сохранения энергии.

Выпускная квалификационная работа имеет традиционную структуру; она состоит из введения, двух разделов, заключения и списка использованных источников.

Первый раздел посвящен изучению теоретического материала по разделу «Закон сохранения энергии».

Рассмотрены основные законы и понятия, описан порядок изучения энергии, работы, закона сохранения энергии в школьном курсе физики.

Проведен анализ теоретического материала по теме.

Понятие энергии и закона сохранения энергии является одним из основополагающих в курсе физики. В серии учебников А.В.Перышкина понятие энергии и закона сохранения механической энергии впервые вводится в 7 классе в самом конце учебного года. В главе 4 учебника сначала рассматривается понятие работы и мощности, простые механизмы, коэффициент полезного действия. Затем вводится понятие энергии и рассматривается возможность превращения энергии из одного вида в другой. На изучение темы отводится три параграфа: §66 - энергия, §67 - потенциальная и кинетическая энергия, §68- превращение одного вида механической энергии в другой. Лабораторных работ для изучения закона сохранения энергии учебник не содержит.

В учебнике 9 класса закон сохранения энергии изучается в начале учебного года, при этом непосредственно этому закону отведен только один параграф.

В базовом курсе физики учащиеся получают представление об энергии: если тело или несколько взаимодействующих между собой тел способны совершить работу, то они обладают механической энергией. В старших классах общеобразовательной школы это представление необходимо развить и оформить в понятие: энергия – это физическая величина, которая зависит от состояния тела (системы тел), ее изменение при переходе из одного состояния в другое определяют совершенной работой [21].

Наиболее простым видом механической энергии является кинетическая энергия, так как во всех случаях она определяется половиной произведения массы тела на квадрат его скорости относительно других тел (тел отсчета) и не

зависит от того, взаимодействует его тело с другими телами или нет. Потенциальная же энергия относится к системе взаимодействующих тел, и ее рассчитывают в зависимости от вида сил, обуславливающих существование этого вида энергии. Поэтому целесообразнее начинать формировать понятие энергии в механике с рассмотрения кинетической энергии [22].

Потенциальная энергия. При изучении этого вида механической энергии очень важно, чтобы школьники усвоили, что потенциальная энергия в механике – это энергия взаимодействия по крайней мере двух тел, понятие потенциальной энергии относится к системе тел, а не к одному («изолированному») телу. Это одна из основных задач, которую учитель должен решить при формировании понятия потенциальной энергии. Вторая задача – расширить представления о потенциальной энергии, полученные учащимися в базовом курсе физики: надо показать, что потенциальной энергией обладают не только тела, поднятые над Землей, но и упруго деформированные тела, и дать количественное выражение для потенциальной энергии упруго деформированных тел. И, наконец, третья задача – показать, что выбор нулевого уровня состояния системы (нулевого уровня потенциальной энергии) произволен, так как разность энергий инвариантна относительно этого выбора, хотя потенциальная энергия и зависит от этого выбора.

Остановимся несколько подробнее на первой задаче.

Очень важно довести до понимания учащихся, что потенциальная энергия в механике – это энергия взаимодействия тел, хотя бы двух. Если в системе имеется несколько тел, то потенциальная энергия системы равна сумме потенциальных энергий всех пар взаимодействующих тел (либо тело взаимодействует с каждым из остальных) [23].

Обычно при выводе формулы, связывающей изменение потенциальной энергии с работой сил, одно из тел системы принимают за неподвижное. Например, при рассмотрении падения груза на Землю под действием силы тяжести смещением Земли можно пренебречь. Поэтому работу сил

взаимодействия между Землей и грузом сводят к работе только одной силы, действующей на груз. При рассмотрении сжатия или растяжения пружины не учитывают смещения Земли (конец пружины, который закреплен с неподвижным телом, фактически скреплен с Землей). Работу в этом случае совершает лишь сила упругости деформированной пружины, приложенная к телу.

Из-за этого потенциальную энергию системы двух тел учащиеся привыкают рассматривать как энергию одного тела. Это осложняет процесс формирования понятия об этом виде энергии. Чтобы избежать указанных осложнений, правильнее во всех случаях раскрыть следующее положение: изменение потенциальной энергии двух тел, взаимодействующих с силами, зависящими только от расстояния между телами, равно работе этих сил, взятой с противоположным знаком.

Остановимся на методике введения понятия о нулевом уровне потенциальной энергии. При рассмотрении этого вопроса важно выделить следующие моменты [24]:

1. Определяют не саму потенциальную энергию, а ее изменение. Например, для силы тяжести вблизи поверхности Земли:

$$\Delta E_p = mgh_2 - mgh_1,$$

где h_1 и h_2 - высота тела над Землей в начальном и конечном состояниях.

Изменение потенциальной энергии деформированной пружины:

$$\Delta E_p = k (\Delta x_2)^2 / 2 - k (\Delta x_1)^2 / 2,$$

где k – коэффициент упругости (жесткость), Δx_1 и Δx_2 - начальная и конечная деформации пружины.

Так как работа определяет изменение энергии, а не саму энергию, то только изменение энергии имеет физический смысл. Исходя из этого, можно произвольно выбирать состояния системы, в которых потенциальную энергию можно считать равной нулю. Выбор нулевого уровня, таким образом, произволен и диктуется соображениями удобства (скажем, простотой записи уравнения, выражающего закон сохранения энергии).

2. Часто за нулевой уровень потенциальной энергии (состояние с нулевой энергией) выбирают такое состояние системы, при котором потенциальная энергия минимальна [25].

Для учащихся целесообразно на примерах показать, что значение потенциальной энергии зависит от выбора начала ее отсчета и что произвольность выбора нулевого уровня не влияет на изменение энергии.

Учащиеся не всегда понимают, что внешние силы непосредственно изменяют лишь кинетическую энергию тел системы, но не потенциальную энергию взаимодействия этих тел. Изменение потенциальной энергии системы определяется работой сил взаимодействия (внутренних сил).

Из рассмотрения того, что при совершении работы увеличение кинетической энергии сопровождается убылью потенциальной энергии (и наоборот), формулируют закон сохранения энергии для замкнутых систем.

Специально следует остановиться на рассмотрении закона сохранения энергии при наличии трения. В этом случае работа сил трения ведет к убыли кинетической энергии системы. Но при этом под действием сил трения потенциальная энергия не увеличивается, как это происходит в случае действия сил тяготения и сил упругости (консервативных сил). Это является следствием того, что силы трения не зависят от расстояния между взаимодействующими телами, а зависят от их относительных скоростей. Работа этих сил зависит от формы траектории, а не от начального и конечного положений тел в пространстве.

Завершая рассмотрение закона сохранения энергии, следует рассказать учащимся о научных воззрениях М. В. Ломоносова по вопросу сохранения материи и движения, явившихся гениальным предвидением закона сохранения и превращения энергии (который был открыт лишь только через 100 лет) и других законов сохранения.

Заканчивая изучение темы, следует рассмотреть применение закона сохранения энергии к анализу работы простых механизмов, при этом показать невозможность построения вечного двигателя; вывести закон Бернулли на

основании закона сохранения энергии, объяснить возникновение подъемной силы крыла самолета.

Второй раздел работы содержит учебно-методические материалы для проведения занятий.

Представлены:

конспект урока усвоения новых знаний на тему "Энергия. Закон сохранения энергии", 9 класс;

конспект урока закрепления знаний на тему «Закон сохранения механической энергии».

Для проведения уроков приведена подборка задач различного уровня сложности.

Качественные задачи

1. Могут ли два тела, поднятые на одну и ту же высоту, обладать одинаковой потенциальной энергией?

2. На столе лежат два бруска одинаковых размеров, один деревянный, другой мраморный. Как отличаются потенциальные энергии этих брусков?

3. Изменится ли потенциальная энергия кирпича, если его из горизонтального положения взять и поставить вертикально?

4. Парашютист первые несколько секунд двигался ускоренно, а затем, после раскрытия парашюта, равномерно. Одинаковую ли работу совершила сила тяжести за одинаковые промежутки времени?

5. Чем объяснить то, что опытный турист предпочитает перешагнуть через упавшее дерево, а не встать на него и потом спрыгнуть?

6. Автомобиль может спуститься с горы на равнину по одной из двух дорог: по короткой достаточно прямой дороге и по длинной извилистой. Сравните работу силы тяжести в этих случаях.

Задачи низкого уровня сложности

1. Мальчик столкнул санки с вершины горки. Сразу после толчка санки имели скорость 5 м/с. Высота горки 10 м. Трение санок о снег пренебрежимо мало. Какова скорость санок у подножия горки?

2. Камень массой 1 кг брошен вертикально вверх. В начальный момент его энергия равна 200 Дж. На какую максимальную высоту поднимется камень? (Ответ дайте в метрах.) Сопротивлением воздуха пренебречь.

3. Хоккейная шайба массой 160 г летит со скоростью 10 м/с без вращения. Какова её кинетическая энергия?

4. Тело, брошенное вертикально вверх от поверхности Земли, достигло максимальной высоты 20 м. С какой начальной скоростью тело было брошено вверх?

5. Два тела движутся с одинаковой скоростью. Кинетическая энергия первого тела в 4 раза меньше кинетической энергии второго тела. Определите отношение масс тел.

6. Максимальная высота, на которую шайба массой 40 г может подняться по гладкой наклонной плоскости относительно начального положения, равна 0,2 м. Определите кинетическую энергию шайбы в начальном положении. Сопротивлением воздуха пренебречь.

7. Санки сталкивают с горки высотой 10 м со скоростью 5 м/с. Какую скорость будут иметь санки у подножия горки. Силы трения не учитывать.

8. Тело движется со скоростью 10 м/с. Его кинетическая энергия равна 200 Дж. Какова масса тела?

9. Тело массой 1 кг, брошенное с уровня земли вертикально вверх, упало обратно. Перед ударом о землю оно имело кинетическую энергию 200 Дж. С какой скоростью тело было брошено вверх?

10. Первая пружина имеет жесткость 40 н/м, вторая — 60 н/м. Обе пружины растянуты на 1 см. Чему равно отношение потенциальной энергии второй пружины к потенциальной энергии первой?

Задачи среднего уровня сложности

Мяч массой 100 г бросили вертикально вверх с поверхности земли с начальной скоростью 6 м/с. На какой высоте относительно земли мяч имел скорость 2 м/с? Сопротивлением воздуха пренебречь

Решение.

Дано:

$$m = 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг}; v_0 = 6 \text{ м/с}; v = 2 \text{ м/с}.$$

Решение.

У поверхности земли полная механическая энергия мяча равна его кинетической энергии:

$$E = mv_0^2/2$$

На высоте h полная механическая энергия равна сумме кинетической и потенциальной энергий

$$E = E_p + mv^2/2$$

потенциальная энергия мяча есть разность полной механической энергии и кинетической энергии:

$$E_p = E - mv^2/2 = mgh$$

Отсюда $h = (v_0^2 - v^2)/(2g)$

Ответ: $h = 1,6 \text{ м}$.

1. Камень массой 1 кг брошен вертикально вверх с начальной скоростью 4 м/с. На сколько увеличится потенциальная энергия камня от начала движения к тому времени, когда скорость камня уменьшится до 2 м/с?

2. Растянутая на 2 см стальная пружина обладает потенциальной энергией упругой деформации 4 Дж. На сколько увеличится потенциальная энергия упругой деформации при растяжении этой пружины еще на 2 см?

3. Тело массой 1 кг, брошенное с уровня земли вертикально вверх, упало обратно. Перед ударом о землю оно имело кинетическую энергию 200 Дж. С какой скоростью тело было брошено вверх?

4. Автомобиль, двигаясь с выключенным двигателем, на горизонтальном участке дороги имеет скорость 20 м/с. Какое расстояние он проедет до полной остановки вверх по склону горы под углом 30° к горизонту?

5. Тела 1 и 2 взаимодействуют только друг с другом. Изменение кинетической энергии тела 2 за некоторый промежуток времени равно 10 Дж. Работа, которую совершили за этот же промежуток времени силы взаимодействия тел 1 и 2, равна 30 Дж. Чему равно изменение кинетической энергии тела 1 за это время?

6. Шайба соскальзывает с нулевой начальной скоростью по наклонной плоскости с высоты 80 см. Какой максимальной скоростью будет обладать тело у конца плоскости?

7. Шарик массой 100 г падает с высоты 100 м с начальной скоростью, равной нулю. Чему равна его кинетическая энергия в момент перед падением на землю, если потеря энергии за счёт сопротивления воздуха составила 20 Дж?

8. Потенциальная энергия упругой пружины при её растяжении на 2 см равна 2 Дж. Найдите модуль изменения потенциальной энергии этой пружины при уменьшении её растяжения на 0,5 см.

9. Груз начинает свободно падать с некоторой высоты без начальной скорости. Пролетев 40 м, груз приобрёл скорость 20 м/с. Чему, на этом участке пути, равно отношение изменения потенциальной энергии груза к работе силы сопротивления воздуха?

10. Растянутая на 2 см стальная пружина обладает потенциальной энергией упругой деформации 4 Дж. На сколько увеличится потенциальная энергия упругой деформации при растяжении этой пружины ещё на 2 см?

Задачи повышенной сложности

1. Жёсткость пружины детского игрушечного пистолета равна 40 Н/м. Для его зарядки нужно приложить максимальную силу 2 Н, направленную вдоль оси пружины. Какую кинетическую энергию приобретает шарик, которым выстреливают из этого пистолета, если трение в механизме пистолета очень мало?

Решение.

При выстреле происходит превращение потенциальной энергии упруго деформированной пружины в кинетическую энергию шарика. По закону сохранения энергии $E_k = E_p$.

Деформация пружины из закона Гука $x = F/k$, откуда получаем:

$$E_k = kx^2/2 = F^2/(2k)$$

Ответ: 50.

2. Закрепленный пружинный пистолет стреляет вертикально вверх. Какой была деформация пружины перед выстрелом, если жесткость пружины 800 н/м, а пуля массой 4г в результате выстрела поднялась на высоту 8м? Трением пренебречь.

3. Автомобиль, двигаясь с выключенным двигателем, на горизонтальном участке дороги имеет скорость 20 м/с. Какое расстояние он проедет до полной остановки вверх по склону горы под углом 30° к горизонту?

4. Лыжник массой 60 кг спустился с горы высотой 20 м. Какой была сила сопротивления его движению по горизонтальной лыжне после спуска, если он остановился, проехав 200 м? Считать, что по склону горы он скользил без трения.

5. Доска массой 0,8 кг шарнирно подвешена к потолку на легком стержне. На доску со скоростью 10 м/с налетает пластилиновый шарик массой 0,2 кг и прилипает к ней. Скорость шарика перед ударом направлена под углом 60° к нормали к доске. Чему равна высота подъема доски относительно положения равновесия после соударения?

6. Маленький шарик начинает падать на горизонтальную поверхность пола с высоты 2 м. Из-за дефектов поверхности пола шарик при ударе о него теряет 20% своей кинетической энергии и отскакивает от пола под углом 60° к горизонту. На какую максимальную высоту поднимется шарик после удара о пол?

7. с высоты 5 м мальчик бросил камешек в горизонтальном направлении. Начальная скорость камешка 7 м/с, его масса 0,1 кг. Какова кинетическая энергия камешка через 2 с после броска?

8. Горизонтально расположенная невесомая пружина с жёсткостью 1000 н/м находится в недеформированном состоянии. Один её конец закреплён, а другой касается бруска массой 0.1 кг находящегося на горизонтальной поверхности. Брусок сдвигают, сжимая пружину, и отпускают. На какую длину Δx была сжата пружина, если после отпускания бруска его скорость достигла величины 1 м/с ? Трение не учитывать.

9. С балкона высотой 20 м упал на землю мяч массой $0,2 \text{ кг}$. Из-за сопротивления воздуха скорость мяча у земли оказалась на 20% меньше скорости тела, свободно падающего с высоты 20 м . Чему равен импульс мяча в момент удара о землю?

10. Груз лежит на столе и прикреплён к пружине жёсткости 200 Н/м , он совершает гармонические колебания в горизонтальном направлении. Максимальная кинетическая энергия груза при этом равна 1 Дж . Какова амплитуда колебаний груза?

Обсуждены *демонстрационные эксперименты и лабораторные работы*

1. Демонстрационный эксперимент с раскачивающимся шаром

Рассмотрим опыт, демонстрирующий закон сохранения энергии. Тяжелый шар из боулинга закрепляется на прочном канате, в исходном состоянии шар висит вертикально. Затем человек отклоняет шар, придерживая его руками, одновременно отходя в сторону. Далее человек отпускает шар и он начинает совершать колебания. Человек должен быть неподвижен с момента, когда отпустил шар. Набравшись смелости, можно убедиться, что двигаясь обратным ходом, шар не ударит в человека. Он вернется в то положение, откуда его (шар) отпустили. Это говорит о том, что потенциальная энергия шара, имевшаяся при отклонении и равная mgh , перешла в нижней точке в кинетическую энергию, а при максимальном отклонении в другую сторону - снова в потенциальную. Энергия сохраняется в замкнутой системе, значит шар не поднимется на высоту, большую, чем исходная высота и не ударит человека. С течением колебания постепенно затухают, т.к. строго говоря, система не

является замкнутой, действие сопротивления воздуха имеет место, и изменение полной энергии системы равно работе этой внешней силы.

Описанная демонстрация с шаром из боулинга, подвешенным на цепи, доступна по адресу www.galileo-tv.ru и может использоваться на уроке усвоения новых знаний, что наверняка вызовет интерес школьников.

2. Демонстрационный эксперимент "Вертушка"

Эксперимент можно подготовить своими руками и продемонстрировать в классе, а также рекомендовать учащимся самостоятельно сделать его дома. Для проведения эксперимента понадобится катушка от удочки с ручкой, к которой надо прикрепить (приклеить) стержень с противовесами. Намотаем на катушку нить и отпустим груз. По мере опускания груза его потенциальная энергия будет убывать и переходить в кинетическую энергию движения. Нить разматывается и приводит во вращательное движение катушку удочки, с ней вращается стержень с грузами. Происходит превращение потенциальной энергии груза в кинетическую энергию поступательного движения груза и вращательного движения катушки.

Подробно описаны натурная и виртуальная лабораторные работы «Проверка закона сохранения механической энергии».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Законы сохранения — фундаментальные физические законы, согласно которым при определённых условиях некоторые измеримые физические величины, характеризующие замкнутую физическую систему, не изменяются с течением времени. Эти законы являются наиболее общими законами в любой физической теории и имеют большое эвристическое значение.

Выпускная квалификационная работа содержит введение, два раздела, заключение и список использованных источников.

Во введении сформулированы цели и задачи исследования.

Первый раздел содержит основные законы и понятия изучаемой темы, а также анализ изложения материала в курсе физики общеобразовательной школы.

Во втором разделе представлены учебно-методические материалы для проведения занятий. Разработаны конспект урока усвоения новых знаний и конспект урока закрепления знаний по теме "Закон сохранения механической энергии".

Для проведения занятий подобраны задачи различного уровня сложности: качественные задачи, по 10 задач низкого, среднего и повышенного уровня сложности.

Описаны демонстрационные эксперименты, которые можно использовать в процессе объяснения нового материала.

Представлены две лабораторные работы (натурная и виртуальная) с комментариями и пояснениями.

Таким образом, поставленные в работе цели можно считать достигнутыми, а задачи выполненными.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Орехова, В. П. Методика преподавания физики в 8 – 10 классах средней школы / В. П. Орехова, А. В. Усова. – М.: Просвещение, 2011. – 243 с.
- 2 Кикоин, И. К. Физика: Учеб. для 9 кл. сред. шк. / И. К. Кикоин. – М.: Просвещение, 2014. – 191 с.
- 3 Гершензон, Е. М. Курс общей физики: Механика / Е. М. Гершензон, Н. Н. Малов. – М.: Просвещение, 2017. – 127 с.
- 4 Бабанский, Ю. К. Оптимизация процесса обучения / Ю. К. Бабанский. – М.: Просвещение, 2011. – 197 с.
- 5 Савельев, И. В. Курс общей физики. Механика, колебания и волны, молекулярная физика / И. В. Савельев. – М.: Издательство «Наука», 2017 – 352 с.
- 6 Вигнер, Э. Инвариантность и законы сохранения энергии / Э. Вигнер. – М.: Издательство «Эдиториал», 2012. – 357 с.

- 7 Перышкин, А. В. Физика 9 кл.: Учебник для общеобразовательных учебных заведений / Перышкин А. В., Гутник Е. М. – 5-е изд. – М.: Дрофа, 2012. – 122 с.
- 8 Покровский, А. А Демонстрационный эксперимент по физике в старших класса средней школы / А. А. Покровский.– М.: Просвещение, 2011. – 303 с.
- 9 Свитков, Л. П. Термодинамика и молекулярная физика / Л. П. Свитков. – М.: Просвещение, 2012. – 260 с.
- 10 Яворский, Б. М. Основы физики / Б. М. Яворский, А. А. Пинский. – М.: Наука, 2012. – 102 с.
- 11 Чеботарева, А. В. Тесты по физике: 7 класс: к учебнику Перышкина А.В. «Физика 7 класс»: учебник для общеобразовательных учреждений / Чеботарева А. В. – 4-е изд. – М.: Издательство «Экзамен», 2011. – 354 с.
- 12 Каменецкий, С. Е. Теория и методика обучения физике в школе: Частные вопросы / С. Е. Каменецкий, Н. Е. Пурышева. – М.: Академия, 2000. – 384 с.
- 13 Эвенчик, Э. Е. Методика преподавания физики в средней школе: Механика / Э. Е. Эвенчик, В. А. Орлов. – М.: Просвещение, 2017. – 273 с.
- 14 Каменецкий, С. Е. Теория и методика обучения физике в школе: Общие вопросы / С. Е. Каменецкий, Н. Е. Пурышева. – М.: Академия, 2000. – 384 с.
- 15 Голин, Г. М. Вопросы методологии физики в средней школе / Г. М. Голин. – М.: Просвещение, 2012. – 200 с.
- 16 Лукашик, В. И. Сборник задач по физике для 7-9 классов общеобразовательных учреждений / Лукашик В. И., Иванова Е. В. – 17-е изд. – М.: Просвещение, 2014. – 191 с.
- 17 Глазунов, А. Т. Методика преподавания физики в средней школе: Электродинамика нестационарных процессов. Квантовая физика / А. Т. Глазунов, И. И. Нурминский, А. А. Пинский. – М.: Просвещение, 2008. – 297 с.

- 18 Перышкин, А. В. Физика 7 кл.: Учебник для общеобразовательных Учреждений / Перышкин А. В. – 11-е изд. – М.: Дрофа, 2007. – 91 с.
- 19 Объедков, Е. С. Ученический эксперимент на уроках физики / Е. С. Объедков. – М.: Просвещение, 2011. – 240 с.
- 20 Мякишев, Г. Я. Физика. 10 класс: учебник – 20-е издание / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский. – М.: Просвещение, 2011. – 186 с.
- 21 Малафеев, Р. И. Проблемное обучение в средней школе / Р. И. Малафеев. – М.: Просвещение, 2010. – 127 с.
- 22 Буров, В. А. Фронтальные экспериментальные задания по физике (в 8 классе) / В. А. Буров. – М.: Просвещение, 2011. – 206 с.
- 23 Бударный, А. И. Какой урок можно считать современным / А. И. Бударный // Народное образование. – 2014. – 247 с.
- 24 Антипин, И. Г. Экспериментальные задачи по физике в 6 – 7 классах / И. Г. Антипин. – М., 2017. – 132 с.
- 25 Рымкевич, А. П. Сборник задач по физике. – 8 – 10 классов средней школы / А. П. Рымкевич, П. А. Рымкевич. – М.: Просвещение, 2011. – 140 с.
- 26 Федоренко А.Н., Чугуй А.И. Самодельные приборы по физике (тема «Законы сохранения в механике») // Старт в науке. – 2016. – № 2. – С. 137-142; URL: <http://science-start.ru/ru/article/view?id=52> (дата обращения: 03.04.2018).
- 27 Фестиваль педагогических идей «Открытый урок»[Электронный ресурс]// <http://xn--i1abbnckbmcl9fb.xn--p1ai/%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D0%B8/654470/> (дата обращения 3.03.2018)

М.И.Да