

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра физики и методико-информационных технологий

Методика решения задач по основным разделам курса физики

“Механика”

Автореферат

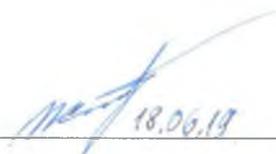
студента 5 курса 533 группы

направления 04.03.01 «Физика» физического факультета

Фильковой Василины Викторовны

Научный руководитель

профессор, д.ф.-м.н.

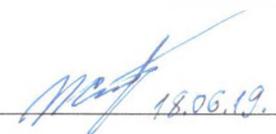


18.06.19

Б.Е. Железовский

Зав. кафедрой

профессор, д.ф.-м.н.



18.06.19.

Б. Е. Железовский

Саратов, 2019

Введение

В изучении курса физики решение задач имеет исключительно большое значение, и им отводится значительная часть курса.

Известно, что усвоение знаний происходит в процессе их применения – вначале в ситуации, сходной с той, что использовалась учителем при объяснении, а затем в новых ситуациях. Решение физических задач является одним из средств, обеспечивающих перенос знаний, а потому и их усвоение. Не может учащийся усвоить законы Ньютона, пока он многократно не поупражняется в поиске взаимодействующих тел сил, характеризующих взаимодействие. С другой стороны, и решение задач не может быть успешным без знания некоторых теоретических положений и выражающих их уравнений, которые, прежде чем применять, надо знать.

Решение задач по праву считается одним из средств развития мышления.

Но не всякая задача и не всякая организация ее решения в классе способствуют развитию мыслительных способностей. Ни задача на подстановку в формулу числовых значений (хотя поначалу и такие очень нужны), ни непосильные для большинства в классе задачи не развивают мышления (равно как и решение задачи одним учеником у доски, когда класс просто копирует написанное). Здесь очень важен дидактически обоснованный подбор системы задач и формы организации их решения на уроке.

К сожалению, опыт показывает, что многие учащиеся и выпускники школ испытывают большие трудности в решении даже стандартных типовых задач. Отсутствие у школьников умений решать задачи создает у них отрицательное отношение к физике, разрушает интерес, подрывает веру в собственные силы.

Использование алгоритмов во многом рационализирует и облегчает процесс формирования у школьников умений решать физические задачи.

Данная работа посвящена наиболее сложному для учащихся вопросу методики правильного решения задачи обсуждению допускаемых ими ошибок. Объект исследования в работе – учебный процесс в общеобразовательном учреждении. Методы исследования – анализ научно-методической литературы и методических

разработок по теме. Предмет исследования – рассмотрение задач по курсу “Механика” (“Кинематика”, “Динамика”, “Статика”) и выявление типичных ошибок при решении задач по данным разделам физики.

Цель работы: продемонстрировать решение задач повышенной сложности по кинематике, динамике и статике и обсудить типичные ошибки, допускаемые школьниками старших классов при их решении.

Задачи исследования: 1) рассмотреть типичные задачи повышенной сложности по разделу “Механика”, курс Общей физики; 2) провести решение типичных задач; 3) обсудить основные ошибки, допускаемые школьниками старших классов при решении задач по разделу Общей физики (“Механика”: “Кинематика”, “Динамика”, “Статика”).

Краткое содержание

Примеры решения задач по кинематике.

Задача 1. Движение материальной точки вдоль горизонтальной оси Ox описывается уравнением $x = 6 - 4t + t^2$. Определить координату точки через 5 с после начала движения, её скорость, пройденный путь и перемещение. Все величины заданы в единицах СИ.

Решение.

Уравнение движения материальной точки вдоль оси Ox имеет вид $x = x_0 + v_0t + \frac{at^2}{2}$.

(1)

Скорость изменяется по закону $v = v_0 + at$. (2)

Сравнивая уравнения (1) и (2) с уравнением $x = 6 - 4t + t^2$, получаем: $x_0 = 6$ м, $v_0 = -4$ м/с, $a = 2$ м/с².

Тогда через $t_1 = 5$ с координата точки $x_1 = 6 - 4 \cdot 5 + 25 = 11$ м.

Скорость точки в момент времени $t_1 = 5$ с равна $v_1 = -4 + 2 \cdot 5 = 6$ м/с.

Поскольку $v_0 < 0$, а $a > 0$, то точка сначала двигалась в направлении, противоположном направлению оси Ox , затем через интервал времени t_2 точка остановилась ($v_2 = 0$): $0 = -4 + 2t_2$, откуда время остановки $t_2 = 2$ с. В момент времени t_2 координата точки была равна $x = 6 - 4 \times 2 + 4 = 2$ м.

Соответствующие координаты представлены на рис. 1.

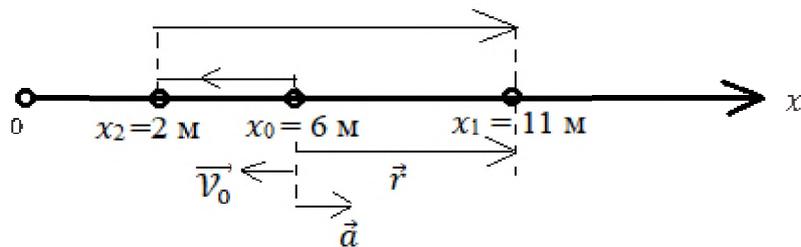


Рисунок 1 – Движение материальной точки вдоль оси x

Как следует из рис. 1 пройденный точкой путь S складывается из отрезка $|x_1 - x_2| = 4$ м и отрезка от пункта остановки x_2 до x_1 : $x_1 - x_2 = 9$ м. Тогда $S = 4 + 9 = 13$ м.

Перемещение — это расстояние от начальной точки координаты движения x_0 до конечной координаты x_1 : $|\vec{r}| = 11 - 6 = 5$ м. Перемещение — величина векторная, направленная из x_0 в точку x_1 .

Следует отметить, что материальная точка при своём движении всегда будет останавливаться, если её начальная скорость и ускорение будут направлены в разные стороны.

Задача 2. Ожидающий прибытия поезда пассажир, определил, что первый вагон прошёл мимо него за 4 с, а второй — за 5 с. После того, двигаясь равнозамедленно, поезд остановился. Передний край поезда оказался на расстоянии 75 м от стоящего пассажира. Определить начальную скорость поезда, ускорение и время замедленного движения. Начертить графики зависимости пути, скорости и ускорения поезда от времени. За начало отсчёта времени принять момент прохождения мимо пассажира переднего края поезда.

Решение.

Прежде всего представим графическое прохождение поезда мимо стоящего на платформе пассажира (рис. 2)

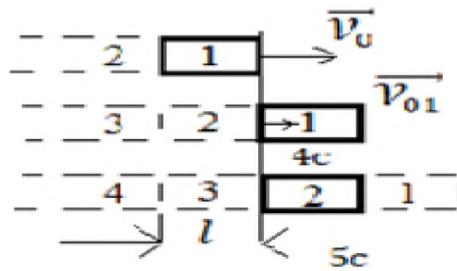


Рисунок 2 – Движение поезда мимо пассажира

Если l_1 — длина первого (и всех остальных) вагона, то

$$l_1 = v_0 t_1 - \frac{at_1^2}{2} l_1 = v_0 \times 4 - \frac{a4^2}{2}$$

$$v_{01} = v_0 - at_1 \quad \left. \vphantom{l_1} \right\} v_{01} = v_0 - a4$$

Длина второго вагона l_2 ($l_2 = l_1 = l$):

$$l_2 = l_1 = v_{01} \cdot 5 - \frac{a5^2}{2}.$$

Пример решения задач по динамике.

Задача 2.

На вершине двух плоскостей, составляющих с горизонтом углы $\alpha = 30^\circ$ и $\beta = 45^\circ$ находится невесомый блок, через который перекинута невесомая нерастяжимая нить, на концах которой закреплены тела массами $m_1 = m_2 = 1$ кг. Коэффициенты трения плоскостей $\mu_1 = 0,1$; $\mu_2 = 0,05$. Трение в блоке отсутствует. Найти ускорение системы тел и натяжение нити.

Решение

Представим (рис.3) силы, приложенные к каждому из тел: силы тяжести, силы реакции опоры, силы натяжения нитей силы трения.

Для правильного представления сил трения необходимо оценить соотношение сил $\vec{F}_{1,2}$, направленных вдоль наклонных плоскостей и являющихся суммой сил тяжести и сил реакции опоры $N_{1,2}$.

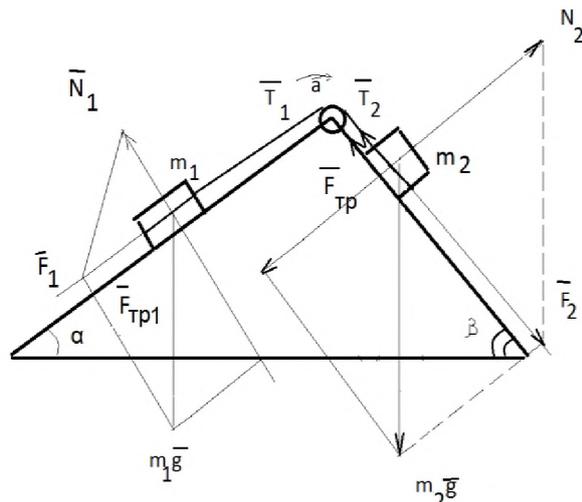


Рисунок 3 — Разложение сил, действующих на тела

В векторном виде уравнения движения тел имеют вид:

$$\begin{cases} m_1 \vec{a} = m_1 \vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{T}_1 + \vec{F}_{\text{тр}1} = \vec{F}_1 + \vec{T}_1 + \vec{F}_{\text{тр}1}, \\ m_2 \vec{a} = m_2 \vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{T}_2 + \vec{F}_{\text{тр}2} = \vec{F}_2 + \vec{T}_2 + \vec{F}_{\text{тр}2}. \end{cases}$$

Для перехода к скалярной форме представления уравнений необходимо определить соотношение сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 .

$$F_1 = m_1 g \sin \alpha = 1 * 10 * \frac{1}{2} = 5 \text{ Н}$$

$$F_2 = m_2 g \sin \beta = 1 * 10 * 0,7 = 7 \text{ Н.}$$

Таким образом $F_2 > F_1$ и тело будет двигаться вниз в направлении тела массой m_2 .

Силы трения будут иметь противоположные направления. В скалярном виде уравнения движения имеют вид:

$$m_1 a = -m_1 g \sin \alpha + T_1 - \mu_1 m_1 g \cos \alpha$$

$$m_2 a = m_2 g \sin \beta - T_2 - \mu_2 m_2 g \cos \beta$$

По третьему закону Ньютона $T_1 = T_2 = T$, тогда

$$(m_1 + m_2) a = (m_2 \sin \beta - m_1 \sin \alpha) g - (\mu_1 m_1 \cos \alpha + \mu_2 m_2 \cos \beta) g,$$

$$a = \frac{(m_2 \sin \beta - m_1 \sin \alpha) - (\mu_1 m_1 \cos \alpha + \mu_2 m_2 \cos \beta)}{m_1 + m_2} * g,$$

$$a = \frac{(0,7 - 0,5) * 1 - (0,1 * 0,87 + 0,05 * 0,7) * 1}{1 + 1} * 10 = 0,39 \text{ М/с}^2.$$

$$T_1 = a + m_1 g \sin \alpha + \mu_1 m_1 g \cos \alpha,$$

$$T_1 = 1 * 0,39 + 1 * 10 * 0,5 + 0,1 * 1 * 10 * 0,87 = 6,26 \text{ Н.}$$

Замечание. Тела считаются точечными и все силы можно свести в одну точку – центр тяжести, хотя к центру тяжести приложена лишь сила тяжести, а сила реакции опоры приложена к основанию тела и направлена перпендикулярно наклонной поверхности. Сила \vec{F} – результирующая сил тяжести и реакции опоры.

Пример решения задачи по статике.

Задача 1. Нить удерживает стержень АВ, шарнирно укрепленный на вертикальной стене в точке В (рис.4).

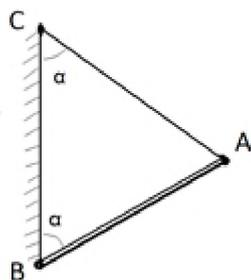


Рисунок 4 — Рассматриваемая физическая модель

Масса стержня m , угла ABC и BCA одинаковы и равны α . Чему равна сила натяжения нити? Расчеты провести для $m = 4$ кг, $\alpha = 15^\circ$.

Решение

Условием равновесия стержня является равенство моментов сил тяжести $m\vec{g}$ и натяжения нити \vec{T} относительно шарнира В (рис.5).

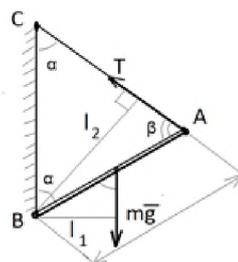


Рисунок 5 — Определение сил и их моментов

Сила тяжести приложена к центру стержня АВ (пусть его длина l), тогда момент $m\vec{g}$ относительно точки В:

$$mgl_1 = mg\frac{l}{2}\sin \alpha$$

Момент силы \vec{T} относительно точки В:

$$Tl_2 = T \perp \sin\beta = T \perp \sin(\pi - 2\alpha) = T \perp \sin 2\alpha.$$

$$\Sigma \vec{M}_i = 0, \text{ тогда } mg \frac{1}{2} \sin \alpha = T \perp \sin 2\alpha = T \perp 2 \sin \alpha \cos \alpha.$$

$$T = \frac{mg}{4 \cos \alpha} = \frac{4 \cdot 10}{4 \cdot 0.97} = 10.3 \text{ Н.}$$

Примеры типичных ошибок. “Кинематика”.

Представляется полезным кратко остановиться на некоторых неточностях, а часто и ошибках, допускаемых учащимися при решении задач по физике.

Известно, что на выпускных экзаменах по физике в школе и вступительных экзаменах в вуз к экзаменуемым предъявляют требования, определяемые программой, утверждаемой Министерством общего и профессионального образования РФ. По сути дела это типовая программа средней общеобразовательной школы.

Учащиеся, согласно требованиям типовой программы, должны основное внимание уделить на понимание сущности физических явлений и законов, явлений и понятий, на умение с их использованием решить физические задачи. Следует при этом помнить, что при расчетах нужно умело пользоваться Международной системой единиц (СИ), уметь переводить в эту систему единицы из других систем единиц.

Как показывает опыт работы с выпускниками школ особенно обращает на внимание неумение решать физические задачи, хотя они способны правильно формулировать физические законы, знают основные формулы, но в конкретных условиях той или иной физической задачи не пользуются этим теоретическим багажом, что говорит об определенном формализме усвоения или получаемых физических знаний.

Безусловно, существенным недостатком учащихся является неправильное понимание физических понятий и величин, нечеткое понимание основных физических законов, неумение пользоваться математическим аппаратом,

некритическая оценка полученных результатов, которые могут просто противоречить здравому смыслу.

Представляется полезным кратко остановиться на некоторых неточностях, а часто и ошибках, допускаемых учащимися при решении задач по физике.

Известно, что на выпускных экзаменах по физике в школе и вступительных экзаменах в вуз к экзаменуемым предъявляют требования, определяемые программой, утверждаемой Министерством общего и профессионального образования РФ. По сути дела это типовая программа средней общеобразовательной школы.

Учащиеся, согласно требованиям типовой программы, должны основное внимание уделить на понимание сущности физических явлений и законов, явлений и понятий, на умение с их использованием решить физические задачи. Следует при этом помнить, что при расчетах нужно умело пользоваться Международной системой единиц (СИ), уметь переводить в эту систему единицы из других систем единиц.

Как показывает опыт работы с выпускниками школ особенно обращает на внимание неумение решать физические задачи, хотя они способны правильно формулировать физические законы, знают основные формулы, но в конкретных условиях той или иной физической задачи не пользуются этим теоретическим багажом, что говорит об определенном формализме усвоения или получаемых физических знаний.

Безусловно, существенным недостатком учащихся является неправильное понимание физических понятий и величин, нечеткое понимание основных физических законов, неумение пользоваться математическим аппаратом, некритическая оценка полученных результатов, которые могут просто противоречить здравому смыслу.

Примеры типичных ошибок. “Динамика”.

Учащиеся не всегда правильно формулируют законы Ньютона, чему они в значительной степени “обязаны” появившемуся в последние годы определению 1-го

закона ньютона. Так в учебнике для 10 класса Г. Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева, Н.Н. Сотского [9] говорится, что существуют системы отсчета, называемые инерциальными, относительно которых свободные тела движутся равномерно и прямолинейно. Несмотря на то, что авторы учебника поясняют, что свободные тела – это тела, на которые не оказывают воздействие другие тела, сама формулировка, что существуют инерциальные системы отсчета, не верна. Таких систем не существует. Можно лишь говорить о том, что при определенных условиях действующими на рассматриваемое тело других тел можно пренебречь.

Существенно, что в других учебниках утверждения о существовании неинерциальных систем отсчета не имеется. Законы Ньютона справедливы в инерциальных системах отсчета, но такие системы являются лишь определенным приближением. Кроме того, эти уравнения рассматривают движение материальных точек или центра масс абсолютно твердого тела что же касается инерциальных систем, то это системы движущиеся равномерно и прямолинейно. В них предполагается, что течение времени во всех инерциальных системах отсчета происходит одинаково, масса тела – величина постоянная, ускорение и силы взаимодействия не зависят от скорости их движения. Как следует из преобразований Галилея, все механические явления протекают во всех инерциальных системах отсчета одинаково.

Учащиеся часто забывают, что 2 закон Ньютона $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$ включает в себя 2 векторных величины \vec{F} и \vec{a} , где \vec{F} - векторная сумма всех действующих на тело сил: $\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$, а следовательно, и ускорение тела представляет собой результирующее ускорений, вызываемых действием каждой из сил.

При решении задач целесообразно от векторных соотношений переходить к скалярной форме записи уравнений, особенно если речь идет о решении задач, где присутствует сила трения, поскольку сила трения связана с вертикальной составляющей силы реакции опоры. Учащимся полезно знать, что второй закон Ньютона определяет изменение импульса тела $\Delta(m\vec{v})$ за счет действия импульса силы ($\vec{F} \Delta t$): $\Delta m\vec{v} = \Delta \vec{F} \Delta t$.

Это соотношение позволяет заключить, что тело даже большей массы может изменить свой импульс при малой силе, но за счет длительности ее действия на тело.

Типичной ошибкой учащихся является утверждение, что скорость тела – это результат действия силы, хотя сила приводит к ее изменению, т.е. к появлению ускорения.

Примеры типичных ошибок. Статика.

Под статикой понимается раздел курса Механика, изучающий условия равновесия материальных тел под действием внешних сил. При этом вводится понятие плеча силы как длины перпендикуляра, опущенного из оси вращения на линию действия силы. Однако учащиеся под плечом силы понимают расстояние от оси вращения до точки приложения силы.

Следующим затруднением оказывается решение задач без указания на положение оси вращения. Вместе с тем за ось вращения можно взять любую ось, перпендикулярную плоскости вращения тела, но целесообразно эту ось выбрать таким образом, чтобы через нее проходило большинство сил, действующих на тело и стремящихся его повернуть. Особенно это важно, когда определение тех или иных сил затруднено.

После этого записывается условие равновесия $\sum_{i=1}^n \vec{M}_i$, где \vec{M}_i - момент каждой из внешних сил. Ему тождественно утверждение о том, что для равновесия необходимо, чтобы сумма моментов сил, стремящихся повернуть тело по часовой стрелке было бы равно сумме моментов, стремящихся повернуть тело вокруг выбранной оси против часовой стрелки.

В ряде случаев встречается неправильное толкование другого правила равновесия, требующего равенства нулю всех сил, действующих на тело:

$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i$, что эквивалентно равенству нулю проекций векторов сил на оси введенной системы координат:

$$\sum_{i=1}^n F_{ix} = 0; \sum_{i=1}^n F_{iy} = 0.$$

Делая правильные формулировки условия равновесия тел некоторые учащиеся не могут правильно ответить на вопросы, требующие применения этих знаний в конкретных ситуациях.

Примером тому служит рассмотрение обычных рычажных весов. Учащиеся правильно отвечают на вопрос обеспечения условий их равновесия

($m_1gl_1 = m_2gl_2$, где $m_{1,2}$ - массы, $l_{1,2}$ – плечи весов, $m_1 = m_2$ при $l_1 = l_2$, то есть когда весы равноплечные), но не могут объяснить, почему коромысло весов имеет горизонтальное устойчивое положение, а не безразличное равновесие.

Дело в том, что конструкция весов такова, что центр тяжести коромысла находится ниже точки опоры, через которую проходит ось вращения (точка опоры). Поэтому, если коромысло наклонено, то центр тяжести коромысла поднимается, а для равновесия необходимо, чтобы он оказался возможно ниже. Это приводит к выравниванию уровней, занимаемых концами коромысла, то есть оно должно занять горизонтальное положение.

Неверно высказывание учащихся, что с помощью рычажных весов можно сравнивать только массы тел. Это не так, поскольку при равенстве плеч

$$m_1gl = m_2gl, \text{ то есть равны и веса тел.}$$

Правда ускорение сил тяжести изменяется при изменении широты местности, поэтому на разновесах обозначают массы тел, а не их веса.

Некоторые учащиеся ошибочно считают, что центр тяжести тела не может находиться вне тела. Для понимания этого достаточно, например, сделать шар полым, поэтому представляется полезным рассматривать в разделе Статика задачи о нахождении центра тяжести тела, которое имеет различные формы.

Заключение

Данная выпускная квалификационная работа посвящена одной из важнейших проблем – методике и практике преподавания физики в общеобразовательной школе – проблеме решения физических задач.

При этом выбраны кинематика, динамика и статика, т.е. фундаментальные разделы “Механики”.

Во введении обсуждается актуальность, сформулированы цели и задачи проведенного исследования, а также рассмотрены общие вопросы методики преподавания выбранных разделов курса физики.

В первой главе приводится методика решения ряда физических задач выбранных разделов общего курса физики с подробным обсуждением алгоритма их решения.

Во второй главе приводится подробное обсуждение типичных ошибок, допускаемых учащимися при решении задач по выбранным разделам курса общей физики.

Представляется, что полученные в выпускной работе результаты, могут быть в дальнейшем использованы для составления методического пособия по всем разделам курса общей физики, что будет безусловно полезно широкому кругу учащихся (как школьникам, так и студентам младших курсов физического факультета).

Список использованных источников

1. Ферганг Е.В. Руководство к решению задач по курсу общей физики: учебное пособие для вузов / Е.В. Ферганг. - М.: Высш. школа, 1977. – 351 с.
2. Ландау Л.Д. Курс общей физики. Механика и молекулярная физика / Л.Д. Ландау, А.К. Ахиезер, Е.М.Лифшиц.- М.: Наука, 1965. – 399 с.
3. Хайкин С.Э. Физические основы механики / С.Э. Хайкин. - М.: Наука, 1971. – 752 с.
4. Гурьев Л.Г.. Сборник задач по курсу общей физики / Л.Г. Гурьев [и др.]. – М.: Высшая школа, 1966. – 408 с.
5. Иродов И.Е., И.В. Савельев, О.И. Замма. Сборник задач по общей физике / И.Е. Иродов, И.В. Савельев, О.И. Замма. - М.: Наука, 1972. -
6. Сахаров Д.И. Сборник задач по физике / Д.И. Сахаров. - М.: Просвещение, 1966. -
7. Чертов А.Г. Задачник по физике с примерами решений задач и справочными материалами / А.Г. Чертов, А.А.Воробьев, М.Ф.Федоров. - М.: Высшая школа, 1973. – 256 с.
8. Новодворская Е.М. Методика проведения упражнений по физике: учеб. пособие для студентов вузов. / Е.М. Новодворская, Э.М. Дмитриев - М.: Высшая школа, 1981. – 320 с.
9. Буховцев. Б.Б.. Сборник задач по элементарной физике / .Б.Б.Буховцев, В.Д. Кривченков, Г.Я.Мякишев, И.М. Сараева . - М.: Наука, 1987. – 416 с.
10. Касьянов. В.А. Физика 10 класс: учебн. для общеобразоват. учеб заведений / В.А.Касьянов.- М.: Дрофа, 2001. – 410 с.
11. Зайцева А.М. Задачник – практикум по общей физике. Механика / А.М. Зайцева М. - М.: Просвещение, 1972. – 128 с.
- 12.Савченко Н.Е. Задачи по физике с анализом их решения / Н.Е.Савченко.- М.: Просвещение: учеб. Лит., 1966. – 322 с.
13. Воробьев И.И. Задачи по физике: учеб. пособие / И.И. Воробьев [и др.] М.: Наука, 1988. – 432 с.

12. Н.Е.Савченко. Задачи по физике с анализом их решения.- М., “Просвещение”: учеб. Лит., 1966. – 322 с.
13. И.И. Воробьев и др. Задачи по физике. Учеб. Пособие.- М., “Наука”, 1988. – 432 с.
14. Л.П. Баканина и др. Сборник задач по физике.- М., “Наука”,1971. 415 с
15. Р.И. Грибовский. Курс физики: Учебник для с.-х. вузов.-М., Высшая школа, 1970. – 432 с.
16. В.И. Гутман, В.Н. Мощанский. Алгоритмы решения задач по механике в средней школе.-М., “Просвещение”, 1988. – 95 с:
17. А.И. Буздин, В.А. Ильин, И.В. Кривченков, С.С. Кротов,Н. А. Свешников. Задачи московских физических олимпиад. – М., “Наука”, 1988. – 190 с.
18. И.К. Кикоин, А.К. Кикоин. Физика 10 класс. Учебн. Для 9 классов сред. Школы.- М., “Просвещение”,1990. – 191с.
19. И.В. Савельев. Курс общей физики: в 5-и книгах:кн.1: механика: учеб. Пособие для втузов. – М., “Астрель”, 2008. – 272 с.
20. Л. В. Тарасов, А.Н. Тарасова. Вопросы и задачи по физике (Анализ характерных ошибок поступающих во втузы). Учеб. Пособие.- М., “Высш. шк.”, 1990. – 255 с.

