

Работа над смыслом физических понятий

Учитель физики МБОУ СОШ № 19 г. Коврова,
заслуженный учитель РФ

При формировании физического языка науки в центре внимания учителя находится работа над понятиями, которая наряду с другими операциями включает и введение названий их терминов. Содержание физического термина чаще всего раскрывается определением понятия, т.к. последнее содержит наибольшие возможности четкого выделения объекта из всех остальных объектов данной науки. Определение раскрывает содержание понятия объекта по его существенным (отличительным), присущим только данному понятию признакам, выделяя предметную область, отображенную этим понятием. Определения понятий, отражающих суть физических явлений или свойств материальных объектов, двухступенчаты. Определяемое понятие прежде всего подводится под родовое, более общее понятие, затем перечисляются его видовые отличительные признаки: для приборов – особенности устройства или принципа действия; для явлений и процессов особенности их протекания; для материальных объектов и свойств – их характерные особенности. Например, «генератор – устройство для преобразования различных видов энергии в электрическую»; «диффузия – физическое явление проникновения одного вещества в другое при непосредственном их соприкосновении»; «изолятор – тело, обладающее высоким электрическим сопротивлением». Родовыми являются понятия: устройство для генератора, физическое явление для диффузии, тело для изолятора. Далее за родовым понятием описываются отличительные (существенные) признаки определяемых понятий. Часто родовое понятие указывает на категориальную принадлежность определяемого понятия, например: «диффузия – физическое явление», «жидкость – вещество», «инертность – свойство материальных объектов» и т.д.

Особую и основную группу физических понятий составляют физические величины. Определения физических величин имеют трехступенчатую структуру. В него вводится:

- 1) категориальная принадлежность понятия (физическая величина, векторная или скалярная);
- 2) характеристика (мера) материального объекта, явления или процесса;
- 3) способ изучения числового значения величины.

Например, «путь – скалярная физическая величина, характеризующая пройденное телом расстояние и измеряемая длиной траектории между начальным и конечным положениями тела». Таким образом, работа над определением физической величины алгоритмизируется, а это помогает учащимся лучше понять новый термин.

План рассказа о физическом понятии (физической величине)

- 1) Явления и свойства, которые характеризует данное понятие (величина).
- 2) Определение понятия (величины).
- 3) Формулы, связывающие данную величину с другими.
- 4) Какая это величина – скалярная или векторная.
- 5) Единицы измерения физической величины.
- 6) Способы измерения физической величины.

После раскрытия содержания понятия необходимо организовать работу по осмыслению этого содержания. Такой работе способствуют задания на разъяснение смысла слов и словосочетаний, включенных в определения, на некоторое изменение определений путем замены одних физических терминов другими или изъятия из них некоторых слов или словосочетаний.

Приведем примеры.

1. В ходе объяснения учитель вводит утверждение: «Все молекулы одного и того же вещества одинаковы». Дается задание: опустить из утверждения словосочетание «одного и того же». Смысл утверждения не изменился. В формулировке подразумевается определенное вещество, а слова «одного и того же» введены для уточнения, подчеркивая смысл утверждения. Далее учащимся предлагается поставить слово «Вещество» во множественном числе и определить, изменится ли при этом смысл утверждения. Обосновывая ответ, они возвращаются к тому, что все молекулы могут быть одинаковыми у определенного, «одного и того же» вещества, а молекулы разных веществ различны.
2. На уроке дано определение удельной теплоты плавления. Учащимся дают задание:
а) опустить словосочетание «при температуре плавления» и продумать, изменится ли смысл определения; б) после восстановления определения опустить слова «твердого кристаллического» и решить вопрос, изменится ли смысл определения; в) определение снова восстанавливается и дается задание заменить словосочетание «количество теплоты» словами «количество энергии» и определить, возможна ли такая замена.

Задания другого вида помогут сформировать представление о различной общности физических понятий одного класса, умение отличать менее общее (видовое) от более общего (родового) понятия.

Примеры таких заданий.

- 1) Расположите понятия «равномерное движение», «движение», «механическое движение» в порядке убывания общности (от более общего к менее общему).
- 2) Какое понятие является более общим: «сила», «сила трения», «сила упругости» «вес тела»?
- 3) Приведите примеры, показывающие, что понятие «изменение» является более общим, чем «механическое движение».

Такие задания играют обобщающую роль и могут быть выполнены той части темы, которая включает используемые понятия.

Составление определений или выявление по определению существенных признаков понятия также относятся к заданиям, формирующим знание о соотношении понятий, об их соподчиненности.

Приведем примеры.

- 1) Автобус проехал путь между остановками; автомобиль едет по прямолинейному участку дороги так, что в равные промежутки времени проходит равные отрезки пути; спутник движется вокруг Земли по круговой орбите и в любые равные промежутки времени проходит равные отрезки пути. Выявите, какое из указанных тел движется равномерно, и укажите основной признак такого движения.
- 2) Известно, что сила – причина изменения скорости движения тела. Сформулируйте главный признак, по которому, по которому можно определить, действует ли на тело сила. Приведите примеры.

- 3) Можно сказать, что давление – это физическое явление, результат действия силы давления на тело, или давление – это физическая величина. Почему верно второе утверждение? Для ответа на вопрос ученик должен использовать существенные признаки понятия «физическая величина», а именно: а) физическая величина – характеристика определенной стороны физического явления или свойства объектов реальной действительности; б) физическая величина имеет количественную оценку в соответствующих единицах измерения. Это позволит учащемуся сформулировать правильный и обоснованный ответ: давление – характеристика результата действия силы давления на тело; давление равно отношению силы давления к площади поверхности, на которое действует эта сила; давление измеряется в паскалях ($1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$). Следовательно, давление – это физическая величина.

Выполнение подобных заданий особенно полезно при закреплении изученного материала, т.к. позволяет учащимся самостоятельно выделить главное, существенное в определении вновь введенного понятия.

Следующий вид упражнений – соотнесение разного рода формулировок (может быть, одинаково верных) одного и того же понятия – заставляет школьников не просто заучивать, но предварительно продумывать заучиваемое определение.

Пример. Линию, описываемую телом при его движении, называют траекторией движения тела. Можно ли считать траекторией линию, по которой движется тело? Можно ли любую линию назвать траекторией движения?

Такого рода упражнения полезны при закреплении изученного и при опросе на последующих уроках. В первом случае ученики вникают в суть понятия, во втором – учитель проверяет понимания изученного понятия.

Следующий вид заданий – задания, требующие оценить правомерность сочетания физических терминов со словами разговорного языка.

Примеры.

- 1) Возможны ли сочетания: «плотность тела», «плотность вещества», «плотность вещества тела»?
- 2) Верны ли сочетания: «работа затраченная», «работа совершенная»?

Предлагаемые задания привлекают внимание учащихся необычностью, кажущейся простотой выполнения, определенностью действий, которые следует провести. Ученик выполнил «внешние» действия, т.е. перефразировал определение, или прочитал на первый взгляд два ничем не отличающихся определения. Возникло недоумение: зачем написаны два почти одинаковых определения? Что изменилось с исключением слова из суждения? Прочитал еще раз. Чем-то они все-таки отличаются. Чем же? Начал сравнивать, соотносить суждения, анализировать слова и словосочетания, а это значит производить мыслительные действия.

Особое по значимости место в работе над физическими понятиями занимают задания на установление причинно-следственных связей, т.к. процесс вскрытия причин физических явлений тесно связан со знанием самих явлений, условий их протекания и физических теорий, на основе которых должна быть вскрыта причина. Ряд мыслительных операций (анализ, сопоставление, абстрагирование и др.) и составляет основу таких познавательных процессов, как объяснение и предсказание явлений.

Выделяют следующие мыслительные операции:

сравнение – установление сходства и различия между объектами, явлениями, свойствами;

анализ – мысленное расчленение сложного объекта на составляющие его части или характеристики;

синтез – мысленный переход в единичном процессе от частей к целому, объединение частей в целое;

классификация – мысленное разделение, распределение совокупности объектов (веществ, явлений и пр.) по какому-то существенному признаку;

обобщение – мысленное объединение предметов и явлений по их общим и существенным признакам; выводы из наблюдений отдельных фактов, явлений, выраженные в виде общего положения;

систематизация – мысленное составление целого из отдельных элементов и выявление связей между ними;

индукция – построение цепочки логических умозаключений от фактов к некоторой гипотезе (общему утверждению);

дедукция – построение цепочки логических умозаключений от общих положений к частным;

абстрагирование – выделение существенных свойств и связей предмета и отвлечение от других, несущественных;

конкретизация – углубление научного знания, его уточнение или пополнение путем анализа опытного материала и исследования всего многообразия связей и отношений изучаемого предмета в единстве; ограничение объема понятия, переход от понятия более общего к менее общему.

Все мыслительные операции тесно связаны между собой и выполняют аналитико – синтетическую функцию мышления. Большую пользу учащимся могут оказать алгоритмические предписания по выполнению мыслительных операций.

Алгоритмы мыслительных операций

Сравнение

1. Определите цель сравнения, объекты сравнения.
2. Установите однородность объектов сравнения.
3. Уточните фактические знания о сравниваемых объектах.
4. Четко выделите основные признаки, которые характеризуют каждый сравниваемый объект.
5. Выделите главные признаки, которые будут положены в основу сравнения.
6. Определите в сравниваемых объектах эти главные признаки.
7. Найдите общие признаки объектов.
8. Найдите отличительные признаки объектов.
9. Сделайте окончательный вывод из сравнения.

(*Вывод* – это выведение цепи умозаключений (рассуждений), звенья (высказывания) которой связаны отношением логического следования. Началом вывода являются гипотезы (предположительные суждения о закономерной (причинной) связи явлений, имеющие характер общих утверждений («общее»), а концом – следствие из посылок, теоремы («частное»). Таким образом, вывод – переход от посылок к следствиям (заключениям) по правилам логики).

Анализ

1. Определите цель мыслительной операции, анализируемый объект.
2. Мысленно расчлените объект, явление на части, имеющие функциональное значение, объедините их в блоки.
3. Найдите в выделенных частях особенности, детали.
4. Выявите связи.
5. Сформулируйте вывод.

Синтез

1. Определите цель мыслительной операции.
2. На основе чего происходит соединение частей в целое?
3. Найдите связи между отдельными частями явления.
4. Объедините, обобщите полученные сведения.

Классификация

1. Определите цель классификации.
2. Дайте характеристику класса.
3. Выберите основание (признак, свойство) для классификации.
4. Проведите деление на классы по заданному основанию.
5. Проверьте результаты классификации.

Обобщение

1. Определите цель обобщения.
2. Выделите главное, основное содержание в обобщаемых объектах.
3. Выделите основные факты, характеристики, отношения между объектами.
4. Сравните их между собой, выделите общее, фундаментальное, что легло бы в основу обобщения.
5. Сформулируйте на основе обобщения вывод (общую тенденцию, закономерность, фундаментальную идею и т.д.).

Индукция

1. Определите цель умозаключения.
2. Осознайте, достоверно представьте факты (явления, свойства) и пр.
3. Дайте им научное объяснение.
4. Сделайте обобщение, выделите суждение большей степени общности.

Дедукция

1. Определите цель дедуктивного умозаключения.
2. Опишите исходное теоретическое или опытное обобщение.
3. Достоверно представьте конкретное событие или явление.
4. Объясните конкретные факты и явления.

Абстрагирование

1. Определите цель абстрагирования.
2. Уточните фактические знания об исследуемом объекте (явлении).

3. Выделите главные (существенные) в данных условиях признаки, свойства, связи объекта.
4. Охарактеризуйте объект с использованием только выделенных вами главных признаков, свойств, связей.

Доказательство (обоснование истинности высказывания, суждения, теории)

1. Уясните, что требуется доказать.
2. Определите источники (факты), которыми будете пользоваться при аргументации.
3. Выделите существенные факты, подтверждающие вывод, систематизируйте их.
4. Постройте логично свои доказательства.
5. Выясните, все ли аргументы исчерпаны.

Вывод

1. Сообщите причины данного явления.
2. Определите, в чем состоят его характерные черты и особенности.
3. Назовите последствия данного явления.
4. Сообщите, закономерен ли данное явление:
 - а) повторяется ли данное явление;
 - б) есть ли причины, сделавшие данное явление в сложившихся условиях неизбежным;
 - в) назвать известные вам причины (закономерности), которые отразились в данном явлении.

Довольно четко выделяются уровни сформированности причинно-следственных представлений у школьников, изучающих физику в основной школе.

Первый начальный уровень - это уровень, на котором учитель вводит необходимый терминологический запас знаний и показывает связь явлений природы, возможность выявления причины явлений, известных из жизни, быта, других учебных курсов, и необходимость умения их объяснять.

Второй уровень формирует навыки сопоставления и анализа наблюдаемых фактов (физических явлений), установления связи между ними и условий, в которых эта связь существует. В выявленной связи школьники должны выделять внешние причинные явления и условия, в которых эти причины действуют.

Третий уровень наиболее трудный, но и наиболее важный в изучении физики. Учащиеся на основе применения теоретических знаний должны научиться выявлять внутренние причины и объяснять механизм изучаемых физических явлений.

Формирование причинно-следственных представлений идет одновременно на всех трех уровнях. Для этого используются задания разных типов.

Задания первого типа требуют указать причину (следствие) изучаемого явления. Они помогают проникнуть в суть физической науки, понять роль теорий, позволяющих вскрыть механизм физических процессов, следствием которых является изучаемое явление.

При составлении заданий второго типа следует учитывать, что у ряда школьников складывается неверное представление об определениях. Они считают, что определение понятия вскрывает причину явления, а не его суть. Поэтому целесообразно предлагать задания типа: «Верно ли, что деформация является причиной изменения объема и формы

тела?» или «Является ли тепловое движение следствием беспорядочного движения молекул?»

С целью отработки понимания, что одно и то же свойство материального объекта может быть описано разными (например, молекулярно-кинетической и термодинамической) характеристиками, связь между которыми описывается в следственной форме (хотя и не является причинно-следственной), рекомендуются задания третьего вида.

Пример. Верно ли: «Чем выше температура тела, тем больше скорость движения его молекул»; «Чем больше скорость движения молекул тела, тем выше его температура»? Является ли указанная связь причинно-следственной?

Для уяснения школьниками диалектики причинно-следственной связи (причина и следствие могут меняться местами) можно предлагать задания на выявление причин и следствия явлений.

Пример. В каждом суждении выделите причину и следствие, сопоставьте их между собой и сделайте вывод: «Вследствие действия на тело силы тяжести оно давит на опору»; «Так как тело давит на опору, то она деформируется (прогибается)»; «Вследствие деформации опоры в ней возникает сила упругости».

В обучении в форме следственной связи нередко выявляются условия, по которым устанавливается определенное качество материального объекта или при выполнении которых вызывается определенное физическое явление.

Пример. Выделите условия, при выполнении которых физическую величину считают векторной.

Задания на установление причинно-следственных связей могут быть использованы при изучении нового и закреплении изученного материала, а также при опросе учащихся, что позволяет установить, насколько глубоко усвоена изученная тема.

Подборка упражнений для работы над смыслом физических понятий в соответствии с программой «Физика. 7-9 классы» (авторы программы Е.М. Гутник, А.В. Перышкин).

Тема: «Взаимодействие тел»

1. Вдумайтесь в определение: «Изменение положения тела относительно других тел называют механическим движением». Приведите примеры, показывающие, что понятие «изменение» является более общим, чем «механическое движение». Выделите основной признак механического движения тела.
2. Вдумайтесь в определение: «Длину траектории, по которой движется тело в течение некоторого промежутка времени, называют пройденным путем за этот промежуток времени». Почему понятие «путь» относится к физическим величинам?
3. «Если тело за любые равные промежутки времени проходит одинаковые пути, то его движение равномерное». Выделите главный отличительный признак равномерного движения тела. Верно ли определение: «Равномерным называют движение, при котором тело за равные промежутки времени проходит равные пути»? Сформулируйте определение равномерного прямолинейного движения тела. Почему в определении неравномерного движения тела допустимо исключение слова «любые»?

4. «Скорость тела при равномерном движении показывает, какой путь проходит тело в единицу времени». Относится ли понятие «скорость» к физическим величинам? Почему? Что характеризует скорость?
5. «Скорость тела может изменяться только при действии на него другого тела». Объясните, что значит «изменяться»? Исключите слово «только» и объясните, как изменится смысл утверждения.
6. «Явление сохранения скорости тела при отсутствии действия на него других тел называют инерцией». Относится ли понятие «инерция» к физическим величинам? Из определения выделите два главных признака, позволяющих установить, движется ли тело по инерции. Выявите верные формулировки: «Явление сохранения скорости тела неизменной называют инерцией»; «Явление равномерного и прямолинейного движения тела при отсутствии действия на него других тел называют инерцией»; «Явление сохранения равномерного движения тела при отсутствии действия на него других тел называют инерцией».
7. Плотность показывает, чему равна масса 1 м^3 вещества. Верно ли, что плотность – физическая величина? Верно ли: «Плотность вещества показывает, какая масса содержится в единице объема тела»? Можно ли слова «плотность вещества» заменить словами «плотность тела»? Почему? Имеет ли смысл словосочетание «плотность вещества тела»?
8. «Сила – причина изменения скорости движение». К чему следует отнести понятие «сила»: к физическим величинам, явлениям, свойствам или материальным объектам (телам)? Выделите главный признак, по которому можно определить, действует ли на тело сила. Что характеризует сила? Подумайте, не лучше ли сказать, что сила – причина изменения скорости движения тела. Почему?
9. «Силу, которая производит на тело такое же действие, как несколько одновременно действующих сил, называют равнодействующей этих сил». Исключите слово «одновременно». Нарушится ли смысл определения? Объясните, что значит сила оказывает на тело «такое же действие, как несколько одновременно действующих сил».
10. Можно ли считать причиной механического движения изменение положения тела относительно других тел?
11. Является ли инерция следствием сохранения телом скорости при отсутствии действия на него других тел?
12. Выделите причину и следствие в суждении: «Скорости тел могут изменяться только при взаимодействии».
13. Верно ли:
«Тележки обладают разными массами, так как при взаимодействии они изменили скорость различно»;
«Тележки при взаимодействии по разному изменили скорость, так как они обладают разными массами»?
Что является причиной, а что – следствием?
14. «Сила – причина изменения движения». Что является следствием действия силы?
15. Верно ли:
«Деформация – причина объема и формы тела»;
«Деформация – следствие неодинакового перемещения отдельных частей тела»?
Причиной деформации тела является действие на него внешних сил?

16. Выделите условия, при выполнении которых вес тела равен силе тяжести.
17. При каком условии силу можно считать равнодействующей?
18. Укажите условия, при которых: тело движется равномерно и прямолинейно несмотря на действие двух сил; тело находится в состоянии покоя.
19. Выделите условия, при выполнении которых динамометр показывает значение измеряемой силы трения.

Тема: «Тепловые явления»

1. Вдумайтесь в определение: «Хаотическое движение молекул называют тепловым движением». Верно ли, что «тепловое движение – это хаотическое движение»? Является ли тепловое движение относительным? Какое понятие является более общим: «тепловое движение», «механическое движение тела», «движение»?
2. «Энергию движения и взаимодействия частиц, из которых состоит тело, называют внутренней энергией тела». Верно ли, что внутренняя энергия тела – это совокупность кинетической и потенциальной энергии молекул этого тела?
3. «Внутреннюю энергию тела можно увеличить путем совершения работы над телом». А можно ли уменьшить внутреннюю энергию тела? Если можно, то как? Верно ли утверждение: «Внутренняя энергия тела не изменяется, если не совершается работа над ним»?
4. «Процесс изменения внутренней энергии, при котором над телом не совершается работа, а энергия передается от одних частиц к другим, называют передачей теплоты или теплопередачей». Опустите слова «а энергия передается от одних частиц к другим». Нарушится ли смысл? Теперь дополнительно опустите слова «при котором над телом не совершается работа». Изменится ли смысл определения? Какое положение наиболее важно для теплопередачи: «над телом не совершается работа» или «энергия передается от одних частиц к другим»?
5. «Ту часть внутренней энергии, которую тело получает или теряет при теплопередаче, называют количеством теплоты». Является ли количество теплоты физической величиной? Можно ли из определения опустить слова «при теплопередаче»? Почему? Можно ли в определении слова «при теплопередаче» заменить словами «при теплообмене»? Почему?
Можно ли сказать: «Количество теплоты – это количественная характеристика изменения внутренней энергии вещества тела»? «Количество теплоты – это мера изменения внутренней энергии тела»?
6. Выберите верное определение:
«Удельной теплоемкостью вещества называют величину, характеризующую изменение внутренней энергии вещества массой 1 кг при его нагревании на 1 °С»;
«Удельная теплоемкость – это количество теплоты, которое необходимо для нагревания единицы массы вещества на 1 °С»;
«Удельная теплоемкость – это то количество теплоты, которое выделится при охлаждении единицы массы вещества на 1 °С».
7. «Энергия не исчезает и не создается. Она только превращается из одного вида в другой или переходит от одного тела к другому». Выделите сначала ту часть закона, которая говорит о неуничтожимости энергии, а затем ту, которая говорит о возможности ее превращения».
8. Выделите причину и следствие в суждениях:

«При повышении температуры тела внутренняя энергия тела увеличивается, так как увеличивается скорость, а значит, и кинетическая энергия молекул этого тела»;
«Внутреннюю энергию тела можно увеличить путем совершения работы над телом».

9. Верно ли:

«Осуществлена теплопередача, - значит, изменилась внутренняя энергия тела»;
«Внутренняя энергия тела изменилась, - значит, произошла теплопередача»?

Выделите причину и следствие.

10. Верно ли:

конвекция – причина переноса энергии струями газа или жидкости;

перенос энергии струями газа или жидкости – причина конвекции;

конвекция – это физическое явление переноса энергии струями газа или жидкости?

Тема: «Электрические явления»

1. «Электроскоп - прибор, при помощи которого выясняют, наэлектризовано ли тело». Какое понятие – «электроскоп» или «прибор» - является более общим? Можно ли в этом определении заменить «тело» словом «вещество»?

2. «Электрон – частица с наименьшим отрицательным зарядом». Выделите определяемое и определяющее его понятие? Которое из них является более общим? Укажите основные признаки частиц, называемых электронами. Имеет ли смысл к термину «частица» добавить слово «материальная» или «вещества»?

3. «Тело заряжено отрицательно в том случае, если оно обладает избыточным по сравнению с нормальным числом электронов». Объясните, что значит «нормальное» число электронов в атоме. Можно ли, определяя понятие отрицательно заряженного тела, сказать о недостаточном числе положительных зарядов в сравнении с числом электронов? Почему?

4. Сравните определения: «Электрический ток в металлах представляет собой упорядоченное движение электронов»; «Электрическим током называют упорядоченное движение заряженных частиц». Какое из них является более общим? Почему?

5. «За направление тока условно приняли то направление, по которому движутся (или могли бы двигаться) в проводнике положительно заряженные частицы, т.е. от положительного полюса источника к отрицательному». Объясните, что значит «условно». Почему «могли бы двигаться»? Важно ли слово «в проводнике»?

6. Можно ли сказать:

«Сила тока определяется количеством электричества (зарядом), проходящим через поперечное сечение проводника в 1 с»;

«Силой тока называют заряд, проходящий через поперечное сечение проводника в 1 с»;

«Сила тока – количественная характеристика тока, определяемая зарядом, проходящим через поперечное сечение проводника в единицу времени»;

«Величину, численно равную заряду, проходящему через поперечное сечение проводника в единицу времени, называют силой тока»?

7. «В неподвижных проводниках вся работа тока идет на нагревание проводников, т.е. на увеличение их внутренней энергии». Важно ли указание на

неподвижность проводников? Согласуйте смысл этого утверждения с законом сохранения и превращения энергии для неподвижных и других проводников.

8. Верно ли:
«Потеря одного или нескольких электронов является причиной образования положительного иона»;
«Что является следствием приобретения электронов нейтральной частицей»?
9. Свяжите словосочетания в суждение, выражающее причинно-следственную связь: «тело заряжено отрицательно», «избыточный», «число электронов», «электризация».
10. Верно ли, что электрический ток является следствием упорядоченного движения заряженных частиц?
11. Назовите условия возникновения электрического тока. Все ли условия оговорены фразой: «Чтобы получить электрический ток в проводнике, надо создать в нем электрическое поле»?
12. Можно ли считать электрический ток в металлах причиной упорядоченного движения электронов?
13. В чем причина «мгновенного» появления тока при замыкании цепи в любом месте проводника, как бы длинен он не был?
14. Что является причиной распада молекул на ионы при растворении медного купороса в воде? Нужно ли для этого пропускать электрический ток через раствор?
15. Вследствие чего показания амперметра не зависят от места его включения в цепь?
16. Восстановите текст с пропущенными словами или словосочетаниями. (Учащиеся в своих тетрадях записывают лишь пропущенные слова и словосочетания).

«Электрический ток в металлических проводниках».

В твердом состоянии металлы имеют ... строение. В узлах кристаллической ... располагаются ..., имеющие ... заряд. В пространстве между ионами ... движутся В обычных условиях металлы электрически Это объясняется тем, что в них ... заряд всех свободных электронов по абсолютному значению равен ... заряду всех ионов. Для того, чтобы в металлическом проводнике возник электрический ток, необходимо создать в нем Таким образом, электрический ток в металлических проводниках представляет собой ... движение ... под действием ... , создаваемого