

Федеральное агентство по образованию
Пензенская государственная технологическая академия
Институт образовательных технологий
Пензенский колледж управления и
промышленных технологий им. Е. Д. Басулина

Ю. В. ГОРИН
В.В. ЗЕМЛЯНСКИЙ

**СОЗДАНИЕ НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ
РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ФИЗИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ И ЯВЛЕНИЙ**

Методические рекомендации

ЧАСТЬ I

ПЕНЗА – 2005

УДК 377
ББК 74.57

Авторы:

Горин Ю.В., кандидат физико-математических наук, профессор кафедры физики Пензенской государственной технологической академии.

Землянский В.В., кандидат педагогических наук, доцент кафедры профессиональной педагогики и психологии Пензенской государственной технологической академии.

Горин Ю.В., Землянский В.В. Создание новых технических решений на основе использования физических эффектов и явлений: Методическое пособие для преподавателей образовательных учреждений СПО. – Пенза: ПГТА, ПКУ и ПТ им. Е.Д. Басулина, 2005. – 60 с.

Рецензенты:

Евстифеев В.В., доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики Пензенского государственного университета;

Чернова В.М., методист Пензенского колледжа управления и промышленных технологий им. Е.Д. Басулина, отличник народного просвещения.

Методические рекомендации предназначены для преподавателей факультативных курсов «Методы решения изобретательских задач» и «Творчество в моей профессии». Авторами приводится методика применения естественнонаучных знаний в целях развития творческого мышления студентов средних специальных учебных заведений. Методические рекомендации могут быть полезны студентам и преподавателям высших учебных заведений.

© ПГТА, 2005

© ПКУ и ПТ им. Е.Д.Басулина, 2005

© Ю.В. Горин, В.В. Землянский, 2005

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА I. ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ И ЭФФЕКТЫ КАК НАУЧНАЯ ОСНОВА РАЗРЕШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОТИВОРЕЧИЙ.....	8
ГЛАВА II. ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ И ЯВЛЕНИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ	16
ГЛАВА III. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЙ.....	49
ГЛАВА IV. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ И ЭФФЕКТОВ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ТВОРЧЕСКИХ ЗАДАЧ ТЕХНИЧЕСКОГО СОДЕРЖАНИЯ	54
ЛИТЕРАТУРА	59

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические рекомендации по изучению со студентами приемов использования физических явлений и эффектов при создании новых технических решений написаны кандидатом физико-математических наук, мастером ТРИЗ Ю.В. Гориним и кандидатом педагогических наук В.В. Землянским. Они предназначены для преподавателей факультативных и элективных курсов «Методы решения изобретательских задач» и «Творчество в моей профессии». Все основные идеи «Рекомендаций» базируются на теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), автором которой является Генрих Саулович Альтшуллер. Подробное изложение этой теории можно найти в книгах [1-3]. Один из авторов рекомендаций – ученик Г.С. Альтшуллера, исследующий проблему использования физических знаний для совершенствования технических систем. Ю.В. Горин ввел понятие физического противоречия и разработал основные приемы их преодоления путем разделения в пространстве, времени или в отношениях.

В первой части методических рекомендаций даны понятия о технических и физических противоречиях. Подробно рассмотрены подходы к использованию физических знаний при решении технических задач. На примерах конкретных изобретений показаны приемы использования знаний по физике для решения конкретных технических задач. Приведена методика целенаправленного применения естественнонаучных познаний студентов для развития творческого мышления участников творческого процесса. Данные «Рекомендации» целесообразно рассматривать как первичное, но действенное средство приобщения студентов к управляемому творчеству. При ознакомлении следует понимать, что применение физэффектов – это лишь фрагмент ТРИЗ – большой науки об организации творческого мышления.

При использовании пособия целесообразно учитывать, что конкретные формулы изобретений цитируются по официальным источникам, составляемым по правилам патентного ведомства страны.

В.В. Евстифеев,
доктор физико-математических наук, профессор кафедры
физики Пензенского государственного университета

ВВЕДЕНИЕ

Курс «Методы решения изобретательских задач» своей главной задачей имеет приобщение студентов к изобретательской деятельности на базе изучения основ современных научных методов, предназначенных для поиска новых технических решений. Молодому специалисту наряду с чисто профессиональным мастерством требуется умение творчески работать над усовершенствованием технических систем – как при модернизации уже имеющихся устройств, так и при создании новой техники. Это означает, что творческий подход к делу должен стать нормой, сочетаясь с высокой степенью владения «ремеслом». Система подготовки квалифицированных кадров, как правило, ремеслу обучает достаточно эффективно. Основное противоречие состоит в несоответствии того большого объема знаний, который студент получает в учебном заведении, и той части познаний, которую молодой специалист использует в практической работе. Одна из задач обучения методам творческого труда – научить целенаправленному применению всех полученных знаний. Современные техникумы, колледжи и вузы снабжают своих выпускников огромным запасом знаний и по специальности, и по общеобразовательным дисциплинам. Как правило, специальные знания, умения и навыки находят свое непосредственное применение в дальнейшей практической деятельности специалиста – ремесло нужно знать и им нужно владеть. С запасом знаний по физике, химии, биологии дело обстоит зачастую хуже. Во-первых, сам этот запас, как правило, невелик. Естественнонаучный компонент образованности в действующих стандартах образования представлен слабо. Во-вторых, сознательному и целенаправленному применению этих познаний учат мало и бессистемно, ограничиваясь либо решениями задач и упражнений с производственным содержанием, либо просто доброжелательными советами. Решение физических задач с производственным содержанием, являясь одной из эффективных форм обеспечения междисциплинарных связей, повышает интерес учащихся к восприятию учебного материала по специальности, оно же способствует закреплению знаний по физике. Но в настоящее время этого уже мало. Нужна системность, чтобы в практической деятельности выпускника «заработал» бы весь комплекс знаний, приобретаемых во время обучения.

Необходимо вырабатывать у учащихся умение сознательно применять *все* получаемые знания на практике, прежде всего для решения насущных технических задач. Недостаточная творческая активность молодых специалистов в высокой степени обусловлена неумением использовать, применять по назначению весь комплекс полученных знаний.

Поэтому одно из главных направлений на пути приобщения всех учащихся к техническому творчеству – обучение их научно обоснованным методам поиска и реализации новых технических решений на базе сознательного и целенаправленного применения всего комплекса знаний, приобретаемых при обучении в техникуме. Необходимо с полной ясностью осознать, что обучение техническому творчеству всех учащихся – это не отдаленная перспектива, а насущная задача сегодняшнего дня, которая не может быть выполнена без активного участия преподавателей ССУЗов и вузов.

Методические рекомендации написаны с учетом опыта работы автора с экспериментальными группами учащихся гимназий, студентов техникума и университета. Занятия показали огромную роль естественнонаучных знаний, прежде всего для раскрытия творческого потенциала студента. В техническом образовании особенно велика роль физики. Анализ патентных материалов показывает, что заметная часть новых технических решений основана на прямом применении физических явлений и эффектов. Такие «физические» изобретения резко выделяются среди других использованием качественно новых для данной области идей и принципов как при решении традиционных, так и вновь возникающих задач. Творцы новой техники используют физические эффекты, весьма различные по известности. Задействованы тепловое расширение и эффект Мёссбауэра, архимедовы силы и эффект Ребиндера и многие другие. Разумеется, использование теплового расширения никак нельзя отнести к принципиально новым идеям, однако применение этого эффекта, как и многих других, известных из школьной физики, позволяет решать технические задачи на уровне изобретений.

Но физических изобретений очень мало. Так же как и «химических». Причина такой «не востребованности» прежде всего в том, что физические знания специалистов существуют как бы сами по себе, обособленно от технических задач. Часто знания

простаивают или просто забываются. Как следствие технические задачи решаются с большим опозданием и не всегда лучшими способами. Преподавателю необходимо выработать у учащихся своего рода «динамический стереотип» – увидел, уяснил задачу – обращайся к физике, химии, биологии.

Данные методические рекомендации задуманы как пособие к экспериментальному курсу «Методы решения изобретательских задач». Назначение – служить в качестве методического материала для преподавателей. Вместе с тем мы полагаем, что изложенная информация будет очень полезной и для учащихся. Пособие построено по следующему плану.

В первой главе излагается понятие физического противоречия.

Вторая глава посвящена конкретному содержанию «Рекомендаций». В нее включено несколько однотипно построенных параграфов, каждый из которых посвящен одному из физических эффектов. Материал иногда выходит за рамки программы по физике школ и техникумов. Это обусловлено спецификой факультативных и элективных курсов. В каждом параграфе приведено краткое описание физического явления; дан разбор нескольких эвристических задач, в основе решения которых лежит применение этого эффекта.

В третьей главе обобщен опыт использования методических рекомендаций. В четвертой главе обсуждаются функциональные возможности физических эффектов и явлений. Некоторые из них мало известны в кругах технической интеллигенции. Первичную информацию о конкретной сущности упоминаемых физических эффектах можно извлечь из «Физической энциклопедии», ФЭСа, из оригинальной физической литературы или из консультаций профессионалов, физиков, химиков, биологов.

ГЛАВА I. ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ И ЭФФЕКТЫ КАК НАУЧНАЯ ОСНОВА РАЗРЕШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОТИВОРЕЧИЙ

Процесс поиска и нахождения решений технических задач особенно эффективен при использовании современных методов технического творчества. Алгоритмические методы, основанные на идее использования объективных законов развития технических систем, все более заменяют собой традиционный метод проб и ошибок. Одним из инструментов алгоритма решения изобретательских задач (АРИЗ) является понятие физического противоречия (ФП). Формулирование ФП входит во все модификации АРИЗ, начиная с АРИЗ-73, когда в теорию впервые было введено это понятие.

Понятие физического противоречия усваивается не сразу – в процессе овладения им имеются две трудности, о которых должен знать преподаватель. Физическое противоречие (в дальнейшем просто ФП) понимается как словесная формула, в которой к физическим свойствам одного и того же элемента технической системы предъявляются несовместимые, взаимоисключающие требования. По представлениям классической физики, которые справедливы для огромного числа технических макросистем, элементами технических систем могут выступать *вещество* и *физическое поле*, гравитационное или электромагнитное. По своей физической сущности всякая техническая система есть упорядоченное сочетание веществ и полей, или «веполей». Именно к свойствам веществ и полей и предъявляются противоречивые требования. Например, чтобы задача решалась, деталь из вещества должна быть и хорошим проводником, и отличным изолятором, что на первый взгляд представляется несовместимым. В другой задаче «конфликтный элемент» должен быть тяжелее жидкости, но плавать в ней; в третьей определенное вещество, входящее в состав модифицируемой технической системы, должно создавать электрическое поле, то есть нести на себе электрический заряд, и оно же должно быть электрически нейтральным. «Несовместимые» свойства оба нужны для выполнения разных функций подсистемы при её работе в структуре технической системы, в составе конкретного технологического процесса. Такие противоречивые формулировки («горячий и холодный», «легкий и тяжелый»),

«подвижный и неподвижный», и все это в одном и том же процессе!) вызывают первую трудность, которая обусловлена чисто психологическими причинами. «Это невозможно! Так быть не может!». Если бунт возникает в дискуссии, при обсуждении в группе, то он не страшен, а полезен. Хуже, если человек убеждает сам себя в «невозможности, абсурдности», отсекая себе же путь к нормальному решению. Преподавателю следует объяснить, что само понятие противоречия состоит в том, что обязательно должно быть то, чего быть не может. И сразу же привести наглядный и предельно понятный пример. Так, инженеры и ученые в начале двадцатого века были убеждены в том, что не может быть такого источника света, который излучал бы яркий дневной свет, но оставался холодным. Чтоб светило, но не грело – это казалось парадоксом вплоть до изобретения люминесцентных ламп. Или же: в шестидесятих годах XX-го века все были убеждены в том, что наручные часы обязаны тикать (стучать), но спустя всего десять лет бесшумные электронные часы на руке стали вполне обычным явлением. Интересно, что мнение о тикающих часах было настолько устойчивым, что у некоторых фантастов космонавты XXII века пытались определить на слух, целы их часы или нет. Так было и в бытовой технике, так же было и в большой науке. При создании теории относительности, где взаимоисключающие требования, предъявляемые к свойствам «всемирного эфира», и противоречащие друг другу экспериментальные данные были сведены в непротиворечивую систему постулатом о постоянстве скорости света в любой системе координат, что полностью отвергалось тогдашним здравым смыслом.

Следует разъяснить, что физическое противоречие возникает, как правило, тогда, когда одна и та же деталь (элемент, конструкция) входит как составная часть в две подсистемы разного функционального назначения; противоречие оттого и возникает, что каждая подсистема предъявляет «свои требования». Если эти требования совпадают, то творческой задачи просто нет. Если же они противоречат друг другу, ничего страшного в этом нет, ибо есть физика, есть физические эффекты, с помощью которых можно так изменить деталь, что она будет прекрасно работать в обоих качествах. Конечно, для этого надо хорошо знать физику или хотя бы иметь представления о ней. Иногда бывает достаточно понять, что вместо свойств элемента как целого (тяжелый, круглый,

металлический и т.п.) можно использовать физические или химические свойства того вещества, из которого состоит элемент. Например, стержень из стеклопластика обладает прекрасной прочностью и упругостью. Такой же по конфигурации и похожий по механическим свойствам стержень из углепластика может ещё проводить электрический ток и потому может служить нагревательным элементом. Здесь следует отметить, что ФП по сути своей составляют внутреннюю сущность так называемых технических противоречий.

Физические противоречия преодолеваются в основном тремя путями. В первом случае тщательный анализ ресурсов и физических свойств позволяет подобрать физический эффект, позволяющий разделить противоречивые свойства в пространстве, например, применением неоднородных электрических и магнитных полей. В одной части поле очень сильное, в другой – слабое. Во втором случае противоречивые свойства разделяются во времени, например, приведением предмета в колебательное движение, когда он и на одном месте закреплен, и движется в то же время. Разделение во времени дает также, например, применение знакопеременных или импульсных воздействий. Если же разделение во времени или в пространстве не «срабатывает», что бывает в очень сложных задачах, то возможно разделение в отношениях. В идеальном случае удастся так изменить физические свойства вещества, что противоречие снимается. Часто выявление и анализ физического противоречия вынуждают искать новые физические эффекты, формулируя своеобразный «заказ» физической науке.

Анализ физических свойств веществ и полей (или «веполей»), составляющих «конфликтный элемент», часто напрямую подсказывает необходимость использования соответствующего физического эффекта. Поясним на примере. Давно известно, что трение можно уменьшить вибрацией. Но для получения вибрации требуется создание каких-то механизмов. Например, для того, чтобы уменьшить вибрацией трение в подшипнике, по втулкам надо наносить какие-то удары или в общем случае применять механическое воздействие. Втулка и ударник используются просто как «железки», как детали определенной формы. Изобретатели предложили втулки подшипника изготавливать из пьезоэлектрического материала, а вибрацию их создавать

переменным током. Если втулки стальные, то для той же цели, очевидно, можно применить магнитострикцию, тот самый эффект, что вызывает гудение сердечников электрических трансформаторов с частотой 100 герц. Здесь используются физические свойства самого вещества. Это одна из основных тенденций в развитии современной техники.

Вторая трудность – в осознании тесной взаимосвязи понятия ФП с понятием технического противоречия (ТП) и идеального конечного результата (ИКР). Эта трудность сравнительно просто преодолевается при изучении полного курса "ТРИЗ", где понятия ИКР, ТП и ФП изучаются последовательно, в рамках единой науки. Преподаватель должен кратко пояснить, что развитие любой технической системы обязательно приходит к проблемной ситуации, когда попытки улучшить один из параметров системы традиционными способами неизбежно приводят к крупным потерям в других характеристиках. Подобная ситуация в ТРИЗ именуется техническим противоречием, традиционным примером которого служат попытки увеличить мощность двигателей транспортных средств, за что сразу же следует расплата в виде увеличения веса и расхода материалов и топлива. Но в основе ТП в большинстве случаев лежит физическое противоречие, а иногда – целый комплекс ФП.

Формулировка ИКР, то есть идеального результата, отсекая слабые компромиссные решения, фактически должна совпадать с идеальным вариантом разрешения физического противоречия. Элемент сам (сочетание веществ и полей) выполняет те различные функции, которые предъявляет к нему формула ФП. Рассмотрим два примера.

Емкость приличной стекловаренной печи – сотни тонн шихты, то есть той смеси, из которой варится стекло. Основа шихты – песок. Итак, в стекольный цех привезли кварцевый песок. Надо определить его влажность. Если это цех по производству бутылок, то влажность можно определять «на глазок» - там большая точность не требуется. Если же песок привезли в цех оптического стекла или в цех, где делают стеклянные трубки для люминесцентных ламп, то влажность нужно знать с высокой точностью. Количество кварца (двуокиси кремния) и других компонентов смеси в этих случаях нормируется с точностью до 0,5%. Хорошее качество стекла можно получить только при

строгом соблюдении состава смеси, из которой выплавляют стекло. Итак, привезли 100 тонн песка в трех вагонах; сушить его весь совсем незачем - он в печи все равно отдаст всю влагу. Но сколько в привезенном песке кварца и сколько воды, знать необходимо заранее. Очевидный и потому до некоторого времени общепринятый способ состоял в том, что брали пробу песка, взвешивали её и затем сушили на жаровне или в муфельной печи. Через определенные промежутки времени пробу снова взвешивали и так до той поры, пока вес пробы перестанет изменяться. Неизменность веса означает, что влаги в пробе песка больше нет, и влажность легко вычислить по потере веса. Способ надежен, достаточно точен и имеет только один недостаток – операция отнимает много времени. Это если не учитывать расход энергии на нагревание. Потери времени особенно нежелательны в тех случаях, когда песок "прямо с колес" должен идти в печь. Техническое противоречие очевидно – выигрывая в точности, теряем время. Попытки применить электрический способ, то есть загнать в песок два электрода и замерить сопротивление, показали, что он не дает приемлемой точности – электрическое сопротивление очень сильно зависит от утрямбовки пробы, к тому же даже небольшие примеси солей влияют очень сильно.

ИКР этой задачи может быть сформулирован так: проба песка сама сообщает о количестве влаги или собственно кварца в пробе, без разделения кварца и влаги. Проблемная ситуация ясна – мы имеем тесно связанную смесь кварца и воды; нам нужно знать массу либо того, либо другого. Старый способ основан на их разделении, на что требуется много времени. Типичное ТП – выигрываем в точности, теряем время и энергию. Гораздо лучше (идеальнее) будет, если мы сумеем определить массу одного из компонентов, не затрачивая ни времени, ни энергии на разделение. Итак, вода и кварц должны быть вместе и должны быть разделены. Поскольку масса проще всего определяется взвешиванием, уточним ФП: вода в смеси должна иметь вес, чтобы мы знали вес всей пробы, и вода в смеси не должна иметь веса, чтобы мы могли узнать массу кварца и воды по отдельности. Так как вода ничего не весит в воде, то ответ очевиден: метод гидростатического взвешивания для определения массы одного из компонентов неразделяемой смеси был известен еще Архимеду.

Второй пример иллюстрирует применение знаний по разделу

физики, который в школьной физике подробно не изучается. В свое время возникла проблема, связанная с необходимостью непрерывного контроля (измерения) диаметра микропровода в процессе ее производства. Место расположения «измерителя» – это часть двигающейся проволоки, которая находится между фильерой и приемной катушкой (фильера – это отверстие определенных размеров в сверхтвердом теле, через которую вытягивают проволоку). Примем здесь без доказательств, что контактные методы непригодны: контакты измерительного прибора, например, микрометра, сильно сжимают проволоку, а она очень тонкая и легко рвется. Допустим также, что светотеневые, емкостные и индукционные методы непригодны по точности. Это так на самом деле. Единственно подходящим был весовой способ: отрезается кусочек проволоки определенной длины, взвешивается, и по известным значениям массы, длины и плотности материала вычисляется диаметр. Недостаток очевиден – метод дискретен. Чем большую точность и надежность мы хотим обеспечить, тем чаще мы должны резать проволоку. Это и хлопотно, и накладно. Точность контроля находится в резком противоречии с непрерывностью. Это проявления технического противоречия в системе: «двигающаяся микропровода – измеритель».

Анализ задачи показывает, что ответственна за плохую выдачу информации о диаметре микропровода та часть пространства или внешней среды, которая непосредственно прилегает к поверхности двигающейся микропровода. Это тонкий цилиндрический слой обычного воздуха. Именно к нему предъявляются такие требования, которые, на первый взгляд, исключают друг друга. Для того, чтобы проволока приходила свободно, ничего не касаясь и без риска обрыва, необходимо, чтобы прилегающий к ее поверхности слой воздуха не был с ней связан. Но для того, чтобы воспринимать от поверхности информацию о диаметре и передавать ее наблюдателю, этот слой должен быть жестко связан как с проволокой, так и с наблюдателем (прибором). Отметим отличия ТП от ФП: ТП есть противоречие между параметрами системы, ФП – между физическими свойствами одного из элементов, в данном случае слоя воздуха. Сущность физического противоречия в этом случае: Тонкий слой внешней среды около поверхности проволоки должен быть воздухом, чтобы беспрепятственно пропускать движущуюся микропровода.

Функция «проницаемости» требует чего-то разреженного, например, обычного воздуха. Но этот же слой должен быть «не воздухом», а чем-то весьма плотно прилегающим к поверхности проволоки. Плотное прилегание необходимо для того, чтобы этот слой хорошо чувствовал малейшие изменения диаметра непрерывно двигающейся проволоки. Функция «чувствительности» требует очень высокой степени сцепления между слоем и поверхностью. Противоречие жесткое и на первый взгляд неодолимое.

Решение задачи было получено применением неоднородного электрического поля высокой напряженности. Рядом с проволокой поместили электрод и создали между ними большую разность потенциалов. Самые высокие значения напряженности поля создаются непосредственно на поверхности проволоки (электрода с малым радиусом кривизны). Сильное поле создает около поверхности проволоки слой возбужденного и ионизованного газа, так называемый «чехол коронного разряда». Этот возбужденный, светящийся воздух и есть тот самый «не воздух», который плотно прилегает к поверхности проволоки, но не создает никаких препятствий проходу проволоки. При известном значении высокого напряжения интенсивность свечения коронного разряда однозначно связана с диаметром. Измеряя световой поток чехла коронного разряда, мы непрерывно получаем информацию о диаметре микропроволоки. Сама проволока при этом никак не изменяется. Коронный разряд оказался прекрасным источником информации, но вместе с тем он остался разреженным флюидом, абсолютно не мешающим движению микропроволоки. На это решение было выдано авторское свидетельство (а.с.) на изобретение № 418729, опубликованное в официальном Бюллетене "Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки", при дальнейшем цитировании просто БИ, 1974, №9.

Рекомендации преподавателям. Одна и та же ситуация может быть переведена в несколько различных по своему уровню задач. Например, в случае "песок + вода" можно поставить задачу быстро и дешево высушить песок. Эта возможность перевода исходной ситуации в разные задачи должна учитываться преподавателем. При недостатке учебного времени в условии следует ввести какие-то ограничения, «отсекающие» иные задачи, кроме намеченной учебной. Но при этом полезно помнить, что умение видеть задачи и

умение их формулировать – качество весьма ценное. Аналогичная ситуация и с формулировками ИКР и ФП.

При разрешении ФП иногда наблюдается ситуация, когда учащимся не хватает знаний по физике. В частности, это касается примера с коронноразрядным микрометром. Свойства коронного разряда в школьной физике подробно не изучаются. Более того, тот факт, что свечение коронного чехла однозначно зависит от диаметра микропровода, в свое время был открыт авторами изобретения и не был известен даже инженерам. В таких случаях преподаватель должен ограничиться формулировкой требований к желательному физическому явлению. Например, при решении задачи об измерении диаметра учащиеся давали такие формулировки: нужна какая-то «шуба» около поверхности проволоки; одни предлагали опустить проволоку в электролит, подать напряжение и смотреть за «ионной шубой», возникающей на проволоке; другие предлагали охладить проволоку и пропустить ее через влажную камеру, чтобы судить потом о диаметре либо по числу капель росы, возникшей на проволоке, либо по намерзающему слою инея. Эвристическая ценность подобных решений очень велика.

ГЛАВА II. ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ И ЯВЛЕНИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

1. Тепловое расширение

Этот широко известный термин относится к физическому явлению, которое в осязаемом виде проявляется как изменение размеров тела при его нагревании или охлаждении. Количественно явление принято характеризовать температурным коэффициентом объемного расширения, т.е. той частью объема, на которую изменяется исходный объем при изменении температура на 1К или на 1°С. Нередко во внимание принимается только одно измерение, например, только длина стержня; в этом случае измерение размеров тела описывается *коэффициентом линейного расширения α (КЛР)*, величина которого в три раза меньше *коэффициента объемного расширения β* . Во многих таблицах даются именно величины КЛР.

Для всех газов температурный коэффициент объемного расширения положителен, так же как и для большинства жидких и твердых тел; иными словами, при нагревании большинство тел расширяется. Нагрев тела увеличивает его внутреннюю энергию; в твердых телах при этом увеличивается амплитуда колебаний атомов около своего положения равновесия. Из-за негармоничности колебаний при увеличении амплитуды электростатическое взаимодействие дает увеличение сил отталкивания, и размеры тела увеличиваются. Однако существуют и аномалии. Если между атомами в дополнение к электростатическим силам действуют ещё и магнитные силы, то возможно создание таких веществ, в которых при увеличении амплитуды колебаний атомов происходит увеличение "магнитного" компонента сил притяжения. В этом случае размеры тела могут при нагреве либо уменьшаться, либо оставаться неизменными, как у инварных сплавов (инвар – от слова *invaria* – неизменяемый). Аномалии в температурном изменении размеров свойственны также и воде. Вода имеет минимальный объём при +4°С (277К); то есть вода расширяется при нагреве от 277 К до 373 К и при охлаждении от 277 К до 273 К; удивительно, что при замерзании вода также расширяется почти на 10% своего объема. Учащимся

следует рассказать, что для решения технических задач возможно использование и других фазовых переходов, а не только замерзания. Так, при превращении белого олова в серое плотность вещества снижается на 25,7%. Если этот процесс провести в плотно закрытой капсуле, то можно получить очень высокое давление.

Основные физико-технические функции явления теплового расширения сводятся к следующему:

I. Осуществление микроперемещений. Использование температурных изменений размеров позволяет осуществлять хорошо управляемые перемещения на малые расстояния – можно передвигать объекты, изменять расстояние между ними и т.д. Некоторый недостаток – необходимость нагрева (охлаждения), инерционность процесса и сравнительно малые величины самого перемещения. Часто нужны именно микроперемещения, но если по условиям задачи требуется переместить предмет, например, контакт размыкателя электрического тока, на несколько миллиметров, то применяют так называемые биметаллические пластины, в которых даже малые изменения температуры вызывают заметный изгиб плоской пластины биметалла. Широкое применение имеют и другие комбинация из двух тел с различными значениями коэффициента температурного расширения, особенно в качестве различного рода температурных компенсаторов.

Например, а.с. № 175190 «Устройство для учета количества наливов металла в изложницу», где отсекабель соединен с биметаллической пластиной (БИ, 1965, № 19). По а.с. № 187122 чувствительный элемент регулятора температуры «выполнен в виде набора концентрически расположенных трубок с чередованием по величине коэффициента теплового расширения» (БИ, 1966, № 20); в изобретении по а.с. № 519167 «Кольцевая пружина» имеет внешнее и внутреннее кольца, которые изготовлены из материалов, имеющих разные коэффициенты линейного расширения», а между кольцами расположены шарики или рамки, изготовленные из материала, расширяющегося так же, как материал внутреннего кольца (БИ, 1976, № 24).

2. Получение больших усилий. При температурных сжатиях и расширениях твердых, жидких и газообразных тел развивается огромные силы, которые можно использовать в соответствующих технологических процессах. Общеизвестны паровые машины и другие двигатели внутреннего сгорания, где именно расширение

рабочего тела при нагреве составляет суть рабочего процесса машины. Тепловым расширением можно осуществлять штамповку, прессование, обжимы, горячую посадку втулок и другие процессы, где нужны огромные усилия без применения сложных механических устройств.

3. Температурные изменения размеров тел могут служить также мерой поглощенной или отданной ими энергии. Общеизвестный пример – обычный термометр, в котором удлинение столбика ртути или спирта пропорционально поглощенной тепловой энергии.

Рассмотрим изобретательскую ситуацию. Имеется устройство для малых установочных перемещений узлов приборов, допустим, штока какого-то калибратора или измерителя. Зазор между торцом штока и упором необходимо устанавливать с очень высокой точностью. Перемещения осуществляют регулировочными винтами и возвратными пружинами, то есть с помощью подвижного резьбового механизма. Механизм хорошо выполняет просто малые перемещения, но плохо и ненадежно работает, если перемещения нужны *очень малые*. Очевидно, дальнейшее совершенствование подвижного резьбового соединения, упоров, применяемых материалов и т.п. повышает сложность механизма и затраты квалифицированного труда как при изготовлении, так и при эксплуатации механизма. Техническое противоречие налицо. Сформулируем задачу: нужно, чтобы устройство, не потеряв возможности производить просто малые перемещения, могло бы делать и очень малые. Стало яснее ТП - расширение диапазона возможных перемещений есть повышение универсальности; при попытке достигнуть его традиционными способами усложняется устройство и снижается производительность труда. Итак, есть система из подвижного резьбового соединения; она плохо осуществляет очень малые перемещения. Очевиден и ИКР: подвижная часть соединения (шток) сама осуществляет очень малые перемещения, не теряя способности производить и просто малые. Последние успешно осуществляется с помощью резьбы. Шток – это кусок металла, вещества. Выполняются, как правило, в виде цилиндра, с резьбой на части поверхности. Все неприятности в области ультрамикроремещений связаны именно с подвижностью резьбового соединения: неточностями резьбы, люфтом, деформацией резьбы, трением покоя и т.д. А

перемещаться должен лишь торец штока. Тот, который касается измеряемого (калибруемого) тела. ФП: шток должен быть неподвижен, чтобы резьба покоилась, и шток должен быть подвижным, чтобы служить элементом калибровочного устройства. ФП разделяется в пространстве: резьба пусть будет неподвижной, перемещается должен лишь торец. Решение тоже очевидно: шток нужно сделать расширяющимся и сжимающимся. Контрольный ответ: а.с. № 424238 «Устройство для малых установочных перемещений узлов приборов, содержащее регулировочные винты и возвратные пружины, отличающиеся тем, что, с целью осуществления перемещений порядка долей микрона, регулировочные винты снабжены нагревательными элементами, подключенными к источнику тока через регулировочный элемент, например, реостат» (БИ, 1974, № 14).

При первичной постановке задача казалась обычной, а пути решения очевидными еще на стадии формулировки: надо усовершенствовать резьбу, повысить точность нарезки, для этого нужны сверхтвердые материалы, высокоточные станки и т. д. В этом направлении идеальным представлялось решение сделать шток из инвара с помощью эльборовых резцов на станке типа «вращающийся центр», т.е. с использованием самых современных достижений станкостроения, материаловедения и технологии резания. Такие задачи решаются годами с очень медленным продвижением вперед. Однако осмысливание ТП, формулировка ИКР и ФП помогают отсеять малоперспективные направления и свести решение к физике, часто к самой элементарной. Конечно, поиск решения для слушателей облегчен в нашем случае и тем фактом, что задача помещена в разделе «Тепловое расширение» и ответ должен быть таким, как контрольный. Ситуация с обеспечением микроперемещений возникает в разных областях техники. Приведем несколько технических решений, защищенных авторскими свидетельствами, где обеспечение перемещения достигается нагревом или охлаждением. Примеры подобраны из различных отраслей техники. А. с. №275751 «Регулируемый лабиринтный насос, содержащий ротор и статор, отличающийся тем, что с целью регулирования насоса с помощью изменения температуры, ротор и статор выполнены из материалов с различными коэффициентами теплового расширения» (БИ, 1970, № 22). А.с. № 242127 «Устройство для микроперемещения рабочего

объекта, например, кристаллодержателя с затравкой, тигля или индуктора-нагревателя в процессе кристаллизации, состоящее из стойки с направляющими, по которым перемещается каретка с кристаллодержателем и двумя путевыми переключателями, двух независимых регулируемых электроприводов, двух суппортов, отличающиеся тем, что с целью обеспечения максимальной плавности, особенно при малых скоростях перемещения, оно содержит два стержня, подвергаемых электронагреву и охлаждению по заданной программе, находящихся в закрепленных на суппортах термостатируемых камерах и поочередно перемещающих рабочей объект в нужном направлении» (БИ, 1969, № 15). Конечно, текст официального патентного документа кажется корявым, но суть ясна: затравку, на которую «наращивают» нужный кристалл, перемещают медленно и плавно с помощью теплового расширения.

Рассмотрим ещё одну задачу. Есть пластины памяти для разного рода вычислительных устройств. Это тонкие пластинки с маленькими отверстиями, в которых нанесена тонкая ферритовая пленка. При работе пластина нагревается. Известно, что при некоторой температуре, именуемой температурой Кюри (или точкой Кюри), феррит теряет свои магнитные свойства. Температура Кюри для ферритов лишь ненамного превышает рабочую температуру, поэтому нагрев пластин весьма нежелателен. Из физики магнитных состояний известно, что у пленок феррита температура Кюри повышается, если феррит подвергнуть деформации растяжения. Но наносить пленки в деформированном состоянии очень трудно, практически невозможно. ИКР задачи – пленка сама растягивается при повышении температуры. Решение ясно из формулировки ИКР; но все же сформулируем ФП: пленка должна быть растянутой, чтобы работать при нагреве, и пленка не должна быть растянутой, чтобы ее можно было нанести (и закрепить) на отверстия пластины. Для определенности можно задаться конкретными параметрами: размер пластин – 20 мм, диаметр отверстия – около 0,2 мм; толщина пленки феррита - 0,005 мм, число отверстий на 100мм^2 пластины – около пятисот, пленки на отверстия наносятся методом осаждения, что дает достаточно прочный контакт пленка-подложка. Противоречия разделяется во времени – быть растянутой (деформированной) и не быть таковой пленка должна в разное время. Контрольный ответ: а.с. № 266850

"Пластина памяти, содержащая подложку с отверстиями, в которых нанесена ферритовая пленка, отличающаяся тем, что, с целью расширения диапазона температуры работы ячеек памяти, подложка выполнена из материала со коэффициентом термического расширения большим, чем у феррита" (БИ, 1970, № 12). Авторы изобретения по а.с. № 584958 (БИ, 1977, № 77) применением теплового расширения улучшили работу «матрицы для горячего деформирования металлов». По а.с. № 552137 (БИ, 1977, №12) силы, возникающие при тепловом расширении, используются для прессования покрытий из металлических порошков. Для самостоятельной работы и составления задач преподаватели могут использовать также изобретения: а.с. № 410974 «Переносное вулканизационное устройство», а.с. №340811 «Торцовое уплотнение вращающегося вала», а.с. №506680 «Способ моделирования термонапряженного состояния бетонных массивов», а.с. №519567 «Кольцевая пружина», а.с. № 598775 «Трафарет для маркировки горячих изделий методом металлизации».

Где искать тексты подробных описаний и формулы изобретений – подскажут в патентной службе Вашего техникума. А мы пока рассмотрим еще одну задачу. Имеется цилиндрическая бомба высокого давления. Для определенности допустим, что она внешне похожа на газовый баллон, в котором обычно хранятся сжатые газы (кислород, углекислый газ). Естественно, бомба эта – специального изготовления; корпус ее из инвара (т.е. другой такой в нашем распоряжении нет), в бомбе, лежащей в холодильнике, содержится сжатый до очень высокого давления взрывоопасный и чрезвычайно ядовитый газ. При нагреве газа до 300 К (+27°C) он необратимо разлагается. Именно поэтому бомба хранится в холодильнике и запрещен какой-либо нагрев свыше 273 К (0°C). Пока идут только ограничения, усугубляющие ситуацию; перейдем собственно к задаче. При очередном осмотре на корпусе бомбы была замечена небольшая трещинка пока только в наружном слое, не насквозь. Наблюдения за ней показали, что она, хотя и медленно, но все же расширяется и (что самое страшное) растет вглубь. Требуется ремонт. Срок примерно месяц. Расчеты показали, что изготовить вторую бомбу из инвара и систему перекачки можно только за полгода, несмотря на наличие финансирования и солидные производственные возможности. Сварка, естественно,

невозможна (нагрев!); недопустима и горячая посадка какого-либо мощного бандажа (силового обруча). Поскольку корпус сделан из инвара, невозможно и уменьшение размеров бомбы путем её охлаждения. Ставить стяжной (на болтах) хомут бесполезно: если трещина прорастет, то высокого давления газа никакой стяжной хомут не выдержит. Удержат такое давление может только массивный бандаж, очень плотно прилегающей к корпусу бомбы. Фактически мы ограничиваем «стандартные способы». Требуется предложить какое-либо *физическое решение*. ИКР задачи: бандаж сам после одевания на корпус сжимает бомбу, не давая разрастаться трещине и обеспечивая безопасность и сохранность, если трещина все же прорастет насквозь.

Рекомендации преподавателям. В этом месте изложение целесообразно прервать, попросив учащихся сформулировать физическое противоречие, то есть фактически те требования к веществу бандажа, которым оно должно удовлетворять. Решение задачи связано с использованием аномальных сплавов, то есть таких сплавов, которые при нагревании *сжимаются*, а при охлаждении *расширяется*. Такие сплавы можно изготовить из вполне доступных материалов, например, на основе железа, никеля и кобальта. Они имеют *отрицательные* значения температурного коэффициента теплового расширения, аналогичные свойства имеют в сплавы «железо-платина», но они дороговаты.

Рассмотрим ещё одну проблемную ситуацию. Допустим, необходимо контролировать температуру быстро вращающегося объекта, работающего в вакууме. Ограничения очевидны: обыкновенный термометр не поставишь; термопару – тоже, поскольку вывести электрический сигнал с вращающегося объекта трудно. Для вывода информации следует, видимо, применить связь с помощью полей: электрического, магнитного или электромагнитного (оптика). А сам датчик температуры выполнить в виде тела, имеющего большой коэффициент линейного расширения. Если объект перегрелся, датчик расширяется и запускает световой сигнал. Задача решается сравнительно просто. Ту же идею решения можно применить и для любого труднодоступного объекта, ибо тепловое расширение, как отмечено выше, есть прямое следствие того, что какое-то тело поглощает некоторую дозу энергии. Несколько примеров. А.с. № 535473 "Устройство для контроля температуры вращающегося объекта,

содержащее чувствительный элемент, установленный на объекте магнитоуправляемый контакт, расположенный неподвижно, источник постоянного тока и регистратор, отличающееся тем, что, с целью расширения диапазона контролируемых температур, чувствительный элемент выполнен в виде полого тела из материала с высоким температурным коэффициентом линейного расширения, с неподвижно закрепленным на открытом его торце кольцевым постоянным магнитом, в центре которого расположен магнитоуправляемый контакт, электрически соединенный с источником постоянного тока (БИ, 1976, № 42). В а.с. № 580232 для выведения данных о температуре в качестве элемента индуктивной связи используют изменяющийся зазор между индуктором (нагревателем – Ю.Г.) и нагреваемой деталью, (БИ, 1977, № 42).

В заключение этого параграфа отметим следующее: температурное расширение и сжатие известны с давних времен. Мы в качестве примеров и рабочих материалов использовали технические решения, созданные не на заре развития техники, а в период интенсивного технического прогресса для подтверждения мысли о том, что хорошо известные физические явления и законы не стареют как средство решения новых технических задач.

2. Закон Архимеда

В обычных условиях земного тяготения закон Архимеда справедлив в его классической формулировке. Она гласит: *на всякое тело, погруженное в жидкость или газ действует со стороны жидкости (газа) выталкивающая сила, направленная вертикально вверх. Величина этой силы равна весу вытесненной жидкости (газа)*. Существование архимедовой силы обусловлено разностью гидростатических (аэростатических) давлений на нижнюю и верхнюю поверхности тела. В невесомости закон Архимеда не действует. В самом общем виде закон о выталкивающей силе справедлив в текучих средах, каждая частица которых находится в каком-либо силовом поле, оказывающем воздействие на эту частицу. Весь земной флот, от детских корабликов до могучих авианосцев держится на воде именно выталкивающей силой по Архимеду. В остальной технике основное применение закона – использование различного рода «поплавков», то есть устройств, плавающих в жидкости. Главное свойство плавающего

тела – сохранение своего положения относительно уровня жидкости. На этом основано действие различного рода указателей и регуляторов уровня. Не разбирая здесь подробно вопрос об условиях плавания тел и о соответствующих соотношениях плотностей жидкости и средней плотности погруженного в нее тела, отметим лишь, что на основе закона Архимеда работает большинство измерителей плотности жидкостей – так называемые ареометры, в том числе лактометры, спиртометры и т.д. Часто кажется, что в этой части все уже давным-давно сделано. Вот не очень древнее изобретение: "Установка для измерения плотности жидкости, например, плотности или удельного веса бурового раствора, применяемого при бурении нефтяных скважин. Установка содержит первый поплавков, плавающий в жидкости, и второй поплавков, который удерживается в жидкости ниже первого поплавка. Между поплавками устанавливается устройство, воспринимающее изменение силы плавучести, создаваемого вторым поплавком относительно первого. Эта изменения силы плавучести вызывается изменениями плотности бурового раствора». Буровой раствор – жидкость весьма своеобразная, он должен быть тяжелым, и поэтому в него вводят значительное количество глины. Если раствор покоится, то в нем идет процесс седиментации, то есть осаждения более плотной фазы (отстаивание), поэтому для определения плотности не применимы весовые методы. Измерять плотность приходится в непрерывно перемешиваемом растворе; поэтому применение обычных ареометров затруднительно из-за волн. Вот и придумали поплавков с грузилом.

Группой инженеров было предложено сделать поворотный круг для железнодорожных локомотивов в виде поплавка (а.с. №505406). Конечно, изобретение сильно запоздало; оно появилось тогда, когда паровозы уходили с арены, для тепловозов и электровозов такие круги уже не нужны, поскольку они работают, как «тяги-толкай»: вперед и назад одинаково. Но сама идея мощного поплавка, на котором можно разместить устройство типа паровоза, явно не пропадет.

Далеко не полностью используются и возможности такого метода, как гидростатическое взвешивание, пример применения которого приведен в первой главе. Изобретения, связанные с этим методом, продолжают регулярно появляться; например, в патенте

США №3813947 описан способ, по которому «на основании закона Архимеда можно определить массу твердых частиц» в суспензии в процессе ее мокрого просеивания. Архимедовы силы используются и для создания дополнительной тяги вверх: всплытие подводных лодок, подъем аэростатов, подъем затонувших судов. Это старые технические приемы, которые непрерывно совершенствуются. Приведем один пример, основанный на оригинальном способе создания подъемной силы. А.с. № 638506 "Способ подъема затонувших объектов путем создания положительной плавучести в понтонах, заполненных водой, отличающийся тем, что, с целью упрощения процесса подъема и уменьшения стоимости подъемных работ на больших глубинах, воду в понтонах нагревают до температуры выше температуры парообразования" (БИ, 1978, №47). Техническое противоречие, составляющее основу задачи, состоит в том, что подача сжатого воздуха на большие глубины затруднительна: нужны сверхпрочные шланги, мощнейшие компрессоры и т.д. Задача легко решается после формулировки ИКР: газ сам должен появляться в понтоне. Техническое осуществление способа сводится либо к подаче в понтон электроэнергии (что немногим лучше шланга), либо предварительному помещению в понтон вещества, реагирующего с водой с выделением большого количества тепла. В определении вида вещества, его количества и т.д. целесообразно использовать помощь преподавателя химии.

Еще одна задача. При строительстве сооружений на слабых просадочных, насыщенных водой грунтах обычно перед началом строительства возводят замкнутую по периметру водонепроницаемую емкость и уже в ней ведут сборку запроектированного сооружения. Вся эта емкость покоится на слабом грунте. При оборке (строительстве) сооружения, как правило, не удается обеспечить равномерную нагрузку по всему периметру; поэтому иногда вся система получает крен. Проблему пытались решить несколькими традиционными способами. Были попытки морозить основание; это хорошо удается в городах (хотя и дороговато) и очень плохо в отдаленных болотистых местах, так как требуется мощная холодильная станция, при сооружении которой тоже нужна опора. Были предложения упомянутую емкость сделать с основанием, которое значительно шире возводимого сооружения, но подобная затея оказалась слишком

дорогой. Суть технических противоречий ясна. ИКР задачи: сооружение само устанавливается вертикально. В этом месте решения преподаватель должен сконцентрировать внимание учащихся на необычности ситуации: сооружение в принципе симметрично: когда оно готово, нагрузка на грунт будет примерно одинаковой по всей площади основания водонепроницаемой емкости. Трудности с неравномерной нагрузкой и угрозой крена возникают именно в процессе сборки. Парадоксальность состоит в том, что в процессе сборки абсолютно не требуется вертикальности сооружения, пусть оно будет наклонным – самое главное, чтобы не перекошилось основание. Сформулируем физическое противоречие.

Давление на основание в процессе сборки должно быть одинаковым по всей площади, чтобы не возникало даже угрозы крена, и в то же время давление не должно быть равномерным, чтобы можно было эффективно вести сборку. Здесь полезно для определенности рассмотреть модель сооружения: допустим, сооружается химическая установка, состоящая в окончательном варианте из четырех симметрично расположенных тяжелых реакторов; обеспечить их одновременное опускание на основание невозможно, поскольку подъемный кран только один, и реакторы приходится ставить по очереди, отчего и возникают резкая неравномерность в нагрузке и угроза крена. Итак, удельная нагрузка должна быть одинаковой, и она же не должна быть одинаковой. Контрольный ответ: а.с. № 485199 «Способ строительства сооружений на слабых и просадочных грунтах, включающий возведение замкнутой по периметру водонепроницаемой емкости, отличающийся тем, что с целью сохранения вертикального положения сооружения, в емкости сооружают пустотелое основание (поплавок – Ю.Г.), заполняют емкость водой до всплытия основания и по мере строительства на нем сооружения повышает уровень воды в емкости, поддерживая основание с сооружением в плавающем состоянии» (БИ, 1975, № 35). В решении используются два закона физики: закон Архимеда (поплавок все время плавает) и закон Паскаля, по которому давление сооружения передается на основание емкости строго равномерно.

Принцип, положенный в основу изобретения, сравнительно просто иллюстрируется на модели. На четырех (или трех) резиновых мячах устанавливается емкость: желательно, чтобы она

была легкой, например, большая коробка из пенополистирола. Мячи имитируют «просадочный грунт». В емкость наливается вода и опускается поплавок, изготовленный так же из пенополистирола. Затем на него по очереди ставится несколько гирь (можно, конечно, использовать любые грузы). С какой бы симметрией не грузили блок, вплоть до его переворачивания, мячи под основанием сплющиваются одинаково. Тот же опыт, но без воды (поплавок лежит на дне коробки) хорошо демонстрирует крен основания.

Приведем еще два технических примера на компенсацию веса архимедовыми силами. А.с. № 252397 «Устройство для записи на магнитном барабане, содержащее корпус с полостью, внутри которой жестко укреплены магнитные головки и размещен магнитный барабан, отличающееся тем, что, с целью уменьшения влияния внешних сил на равномерность вращения магнитного барабана, упомянутая полость корпуса заполнена жидкостью, а магнитный барабан выполнен с замкнутой полостью, при этом общий вес барабана равен весу вытесняемой им жидкости» (БИ, 1969, №29). В формулу изобретения почти один к одному введена формулировка закона Архимеда, но зато достигнута разгрузка опор и обеспечена плавность хода.

В а.с. № 254720 защищается «Способ изготовления литейных форм из жидких самотвердеющих смесей, включающий применение полой модели, выполненной из эластичного материала, заполняемой рабочим телом с последующим его удалением из модели после окончания процесса формообразования, отличающийся тем, что, с целью получения отливок заданных размеров, полость модели заполняется рабочим телом с удельным весом, равным удельному весу формовочной смеси в жидком состоянии» (БИ, 1969, № 32). Модель не надо крепить, подвешивать и т.п., она сама спокойно плавает в формовочной смеси до тех пор, пока смесь не затвердеет. Если модель имеет сложную конфигурацию и ее трудно или невозможно извлечь из формы, то модель надо выполнить из газифицируемого материала.

Рассмотрим очередную задачу. При заполнении искусственных водохранилищ иногда приходится затапливать участки леса. Лес, естественно, гибнет, но остающиеся мертвые стволы («древостой») водохранилища не украшают, а судоходству и рыболовству сильно мешают. Следовательно, приходится чистить водохранилища от древостоя. Конечно, было бы лучше убрать лес

до заполнения, в большинстве случаев так и делают, но иногда не успевают. Взрывать нельзя: гибнет рыба, теряется древесина, дно захламляется. Пробовали размывать корневую систему гидромонитором, но водолазам трудно работать, да и ультразвук от струи плохо действует.

Поэтому затопленные деревья приходится дергать, как морковку. Подходит баржа с краном, цепляют дерево захватом и тянут вверх, помогая себе раскачиванием. Но чем толще деревья, тем мощнее нужен кран, да и баржа требуется большая; маленькая может опрокинуться. Контрольный ответ: а.с. №477083 «Устройство для очистки водохранилищ от древостоев, смонтированное на плавучем основании и включающее кран-манипулятор с укрепленным на его свободном конце захватом, отличающееся тем, что, с целью повышения его производительности, устройство снабжено приспособлением для выдергивания деревьев, выполненным в виде заполняемой водой емкости с вырезом, снабженной компрессором сжатого воздуха, зажимами и вибратором» (БИ, 1975, № 26). Примечание для преподавателей. Задача в приведенной формулировке (но без введения ограничения) предлагалась трем учебным группам: группе преподавателей спецтехнологий (полиграфисты, автомеханики, строители и связисты), группе преподавателей физики и группе учащихся, изучавших физику по программе техникума. Первым двум группам задача была предложена в начале занятий без предварительного объявления темы занятий. Предложения были самые различные: пилить, взрывать, размывать, заменять кран лебедкой; из 22-х решений только пять совпало с контрольным ответом (три учителя физики и два строителя).

Учащимся же было предварительно объявлено, что занятие посвящено применению физических явлений, которые они изучали в 7-м классе школы (без упоминания закона Архимеда). Идея понтона была высказана раньше, чем автор успел закончить объяснение условий задачи.

Рассмотрим более «специальную» проблему. Требуется определить координаты центра массы однородного тела сложной формы, например, пера турбинной лопатки. В обычных условиях в задаче нет ничего сложного: несколько раз (достаточно три) подвесить это тело за разные точки, засечь вертикали и по их пересечению определить координаты центра массы.

Предполагается, что всяческого рода измерители расстояний, моментов сил, отметчики вертикалей в распоряжении есть. Трудность возникает тогда, когда требуется найти центр массы пера, не отделяя его от всей лопатки, например, после того, как собранная турбина отработала 1000 часов в агрессивной среде. Отделить и подвесить отдельно нельзя, а без данных об изменении балансировки турбин в процессе работы (т.е. без данных о том, как изменилось положение центров масс турбины и каждого пера) обойтись невозможно. Физическое противоречив: перо должно быть отделено, чтобы мы могли проверить его поведение в поле каких-то сил, и перо не должно отделяться, чтобы не ломать турбины. Отрезать перья для проверки и затем приваривать их снова нельзя, так как после этого мы получим существенно другое изделие, ибо характеристики всей турбины изменятся необратимым образом.

Контрольный ответ состоит в том, что перо турбинной лопатки, не отделяя его, погружают в жидкость, одновременно измеряют величину выталкивающей силы и ее момент. Затем расчетом определяют координаты центра тяжести погруженной части тела. Все устройство получается очень сложным (зажимы, подвески, уровнемеры, приборы для измерения сил и моментов), но идея довольно проста: используются архимедовы силы.

Техническая мысль не стоит на месте. Большие возможности архимедовых сил не дают покоя изобретателям. В 1972 г. выдано а. с. № 332989 на «Манипулятор, содержащий стол с устройством для его поворота, выполненным в виде металлического корпуса, наполненного жидкой средой, в которой размещен поплавок, отличающийся тем, что, с целью обеспечения возможности изменения подъемной силы поплавок, жидкая среда состоит из жидкостей с разными удельными весами» (БИ, 1972, №11). Применяя комбинацию из трех-четырех жидкостей разной плотности, можно получить необходимый для конкретного процесса ход изменения подъемной силы. Однако этот способ дает дискретное изменение подъемной силы. Для обогащения и сепарации минерального сырья (угля, руд) было бы очень желательно иметь жидкость, в которой выталкивающая сила изменяется непрерывно с управлением ее величиной. Такими возможностями обладают жидкости, кажущаяся плотность которых меняется при приложении магнитного поля (так называемые

магнитные жидкости).

Рекомендации преподавателям. Излагаемый далее материал выходит за рамки курса физики обычных техникумов; так, сведения о магнитных жидкостях включены даже не во все вузовские учебники.

Изменение кажущейся плотности жидкости магнитным полем в настоящее время производится тремя способами: магнитогидродинамическим методом, применением магнитных жидкостей и применением ферромагнитных суспензий.

Физическая сущность магнитогидродинамического метода состоит в изменении кажущейся плотности жидкости, если по ней проходит электрический ток и она помещена в поперечное (по отношению к направлению тока) магнитное поле. Дополнительная выталкивающая сила пропорциональна магнитной проницаемости жидкости и векторному произведению плотности тока и напряженности магнитного поля (при скрещенных под прямым углом электрическом и магнитном полях – просто произведению этих величин). Обычно применяются рабочие жидкости, которые хорошо проводят электрический ток и практически не магнитны. Это электролиты, например, 5-10% солевые или щелочные растворы. В промышленных установках по обогащению угля в качестве рабочей среды перспективно использование шахтных вод. Существенным преимуществом метода является простота регулирования выталкивающей силы. Она изменяется путем варьирования тока электромагнита. При практическом использовании необходимо учитывать, что из-за возникновения вихревых течений вокруг частиц величина выталкивающей силы оказывается еще зависящей от размеров, формы и ориентации частицы в жидкости.

Приведем некоторые сведения по использованию в технике магнитных жидкостей, обладающих большой магнитной восприимчивостью и практически непроводящих электрического тока. В большинстве случаев это водные растворы парамагнитных солей. В качестве этих солей обычно используются соли, образующиеся при взаимодействии железа, марганца, никеля, кобальта с соляной, серной и азотной кислотами. Физическая плотность таких растворов лежит в пределах от 1400 до 1600 кг/м³.

При помещении магнитной жидкости в неоднородное магнитное поле в ней возникает дополнительная выталкивающая

сила, пропорциональная объему выталкиваемых частиц, разности магнитных восприимчивостей вещества частиц и жидкости, а также градиенту напряженности магнитного поля и самой величине этой напряженности. Варьированием величины и распределения (градиента) напряженности магнитного поля, в котором расположена жидкость, можно заставить плавать в водном растворе каплю ртути.

Способностью изменять свою кажущуюся плотность под действием магнитного поля обладают также так называемые феррожидкости – суспензии, содержащие ультрамалые ферромагнитные частицы, например, частицы окислов железа. В качестве жидкости – носителя обычно применяется вода с глицерином; глицерин нужен для предотвращения седиментации ферромагнитных частиц. Объемное содержание частиц – доли процента, концентрация их от 10^{20} до 10^{24} на куб. метр. Оптимальный размер частиц составляет около 10^{-8} м. Если частицы больше по размерам, то феррожидкость нежизнеспособна из-за седиментации; при меньших размерах частицы теряют свои ферромагнитные свойства, поскольку атомы железа сами по себе магниты не сильнее, чем, например, атомы марганца. Ферромагнитные свойства как чисто коллективный квантовый эффект появляются только в том случае, если образуется кристаллик железа или окиси железа определенных размеров. Как и в магнитных жидкостях, «утяжеление» возникает только в неоднородных магнитных полях. Феррожидкости с размером частиц от 10 нанометров до 30 нанометров (нм) устойчивы; при наложении неоднородного магнитного поля они начинают двигаться всей массой; если размеры частиц на порядок больше, они сжимаются в конгломераты и резко изменяют вязкость жидкости.

В заключение приведем изобретение, сделанное девятиклассником А. Ждан-Пушкиным после изучения им методики изобретательского творчества: а.с. № 527280 «Манипулятор для сварочных работ, содержащий поворотный стол и узел поворота стола, выполненный в виде поплавкового механизма, шарнирно соединенного через кронштейн со столом и помещенного в емкость с жидкостью, отличающийся тем, что, с целью увеличения скорости перемещения стола, в жидкость введена ферромагнитная взвесь, а емкость с жидкостью помещена в электромагнитную обмотку».

3. Люминесценция

В физике свечение люминесценции определяется как излучение, избыточное над тепловым излучением тела. Длительность люминесцентного высвечивания значительно превышает период колебаний световой электромагнитной волны. Вещества, способные генерировать свечение люминесценции («холодный свет»), называют люминофорами. Свечение люминофоров возникает без нагрева; длительность отличает люминесценцию от других видов холодного излучения (отражение и рассеяние света, свечение Вавилова-Черенкова и др.)

В технических применениях люминесценцию разделяют на два типа: фосфоресценцию и флуоресценцию. Первый вид представляет собой длительное "послесвечение", второй – свечение непосредственно при возбуждении. Резкой границы между ними нет; так, экран телевизора ярко светится при воздействии на него электронного луча (флуоресценция) и слабо светится еще некоторое время после выключения телевизора (фосфоресценция); в абсолютной темноте человеческий глаз способен заметить фосфоресценцию «телевизионного» люминофора через несколько часов после выключения.

В физике виды люминесценции различают по способу возбуждения люминофора, то есть того вещества, которое мы хотим заставить светиться.

Катодолюминесценция: люминофор возбуждается под действием ударов электронов, сформированных в пучок. Используется она в осциллографических и радиолокационных трубках. Под воздействием управляемого электронного луча светятся экраны наших телевизоров и компьютерных мониторов. Эти же люминофоры реагируют на воздействие «бета-излучение», то есть на электроны, испускаемые радиоактивными веществами при бета-распаде ядер. Люминофоры, чувствительные к электронным ударам, обычно светятся также и под действием альфа-частиц. Следовательно, явление катодолюминесценции может использоваться в технических устройствах для обнаружения ядерных излучений (радиолюминесценция). Уже сравнительно давно выпускаются не требующие внешнего питания автономные люминесцентные светильники. Они сделаны в виде запаянных

отрезков стеклянных трубок, внутренняя поверхность которых покрыта радиолуминофором, а сама трубка заполнена радиоактивным изотопом водорода – тритием. Тритий испускает электроны с энергией примерно в 5000 электронвольт, которые очень быстро поглощаются воздухом. Поэтому тритиевые светознаки практически безопасны, а служить могут свыше 10 лет.

Фотолюминесценция: люминофор возбуждается инфракрасным (ИК), видимым, ультрафиолетовым (УФ) светом или рентгеновским излучением. Одно из технических применений этого эффекта известно всем – это люминесцентные лампы дневного света. Фотолюминесценция при ИК-излучении составляет физическую основу приборов ночного видения, а также индикаторов ИК, УФ и рентгеновского излучения.

Электролюминесценция: люминофор возбуждается под действием постоянного и переменного электрического поля (электролюминесцентные конденсаторы и панели, индикаторы электрического поля). Очень близко по физической сути к явлению электролюминесценции примыкает излучение светодиодов, так называемая инжекционная электролюминесценция. Светодиоды – полупроводниковые точечные источники света, используемые в цифровых индикаторах и устройствах для воспроизведения изображения. Они дают довольно яркое свечение в красной и зеленой областях спектра.

Существует еще ряд специфических видов люминесценции: хеми-трибо-кандо(пламя), ионо-, термолюминесценция. Их физическая сущность ясна из названий. Не описывая их подробно (это сделано в «Физико-энциклопедическом словаре» и подробно – в «Физической энциклопедии»), отметим лишь, что многие виды люминесценции усиливаются при воздействии электрического поля. Во многих случаях интенсивность люминесценции повышается при применении комбинированных способов возбуждения, как, например, в случае радиотермолюминесценции.

Остановимся чуть подробнее на той единственной разновидности люминесценции, которая получила свое название не по виду возбуждения, а по самим светящимся объектам. Это биолюминесценция – свечение биологических объектов: светлячков, растений и т.д.; во многих случаях это свечение бактерий. Некоторые типы бактерий светятся за счет хемилюминесценции; отдельные классы обладают своего рода фотолюминесценцией,

причем каждый класс характеризуется собственным спектром излучаемого света, по которому их можно определить. На этом свойстве основаны, например, способ и устройство для обнаружения бактерий в атмосфере при облучении ультрафиолетовым светом. Очень характерно также для практических приложений биолюминесценции изобретение по а.с. № 559695 «Способ диагностики инфекционного гепатита путем исследования сыворотки крови, отличающийся тем, что, с целью повышения точности и сокращения времени исследования, сыворотку крови облучают светом с длиной волн 306-315 нм, регистрируют люминесценцию в области длин волн 320-600 нм, и по положению длинноволнового максимума в интервале 485-605 нм устанавливают наличие патологии» (БИ, 1977, № 20). Очевидно, при патологических изменениях в сыворотке крови образуются какие-то микробы (вирусы), излучающие свет с определенной длиной волны; этот факт и использован для и экспресс-анализа.

На аналогичном свойстве основано и а.с. № 638300 «Способ прогнозирования способности семян к хранению, преимущественно рисовых, включающий помещение их в условия искусственного старения и последующий анализ, отличающийся тем, что, с целью ускорения анализа, семена нагревают до разрушения ферментов, выделяют зародыши, из которых готовят водный гомогенат и по интенсивности его хемилюминесценции судят о способности семян к хранению» (БИ, 1977, №47). Согласно а.с. № 547199 о жизнеспособности фитопланктона после специспытаний судят по интенсивности фотохемилюминесценции.

Люминесцирующие биообъекты светятся сами; в технике же в основном применяются синтезированные люминофоры – вещества, свойства которых наиболее удовлетворяют каким-либо техническим функциям. Например, для фотолюминесценции применяются галофосфаты, активированные сурьмой и марганцем. Атомы этих элементов, внедренные в кристаллическую решетку галофосфатов, образуют так называемые люминесцентные центры. Поглощение и излучение энергии, то есть возбуждение и последующее высвечивание связаны с электронными переходами в пределах люминесцентного центра. Соответственно, изменение цвета свечения таких характеристических люминофоров можно получить, варьируя вид и количество активатора.

Поскольку при возбуждении люминесценции электронами,

рентгеновским излучением, альфа-излучением энергия в основном поглощается кристаллической решеткой, то для соответствующих устройств синтезируются такие люминофоры, кристаллическая решетка которых обладает свойством передавать поглощенную энергию к люминесцентному центру (рекомбинационные люминофоры). Как правило, в качестве таких люминофоров используются халькогениды металлов второй группы менделеевской таблицы (халькогениды – химические соединения, имеющие в составе молекулы атомы серы, селена или теллура). Например, основу телевизионных люминофоров составляют соединения типа сернистого кадмия и сернистого цинка с соответствующими добавками. Этот же тип люминофоров используется и в электролюминесцентных панелях. Цинкосульфидные люминофоры, активированные кобальтом и медью, обладают длительным послесвечением (фосфоресценцией), применяются они в различных сигнальных устройствах, указателях, на шкалах приборов и на экранах запоминающих трубок. В светодиодах в основном используются фосфид и арсенид галлия, активированные селеном, теллуrom, цинком, кадмием и др.

Особый класс образуют цинкосульфидные и цинкадмийсульфидные люминофоры, активированные серебром. Эти люминофоры в смеси с прозрачными лаками служат основой люминесцентных самосветящихся красок, в последнее время они почти целиком вытеснили недостаточно устойчивые флуоресцентные органические красители типа родамина.

Весьма важны для практических целей антистоксовские люминофоры, состоящие из фторидов и оксихлоридов редкоземельных элементов, активированных ионами эрбия и иттербия. Эти люминофоры способны преобразовывать невидимое глазом инфракрасное излучение в видимое разных цветов, например, в зеленое, красное, голубое и даже близкое ультрафиолетовое излучение. При большой плотности инфракрасного излучения энергетическая эффективность преобразования может достигать 90%. Антистоксовские люминофоры составляют основу устройств, предназначенных для визуализации инфракрасного излучения, в том числе для визуализации излучения лазеров, работающих в ближней инфракрасной области.

Конечно, запомнить все классы люминофоров вместе с их

характерными функциями практически невозможно. Но для этого есть справочники. При анализе задачи важно сформулировать идеальную функцию.

На основании вышеизложенного можно выделить три основных направления практического использования явления люминесценции и люминофоров различного вида.

1. Люминесцентные источники света.
2. Индикация различного рода излучений.
3. Использование люминесцирующих добавок для обнаружения различного рода неоднородностей, прежде всего, дефектов типа утечек и т.п.

Рассмотрим задачу. Требуется контролировать герметичность сварных изделий. Для определенности допустим, что речь идет о сварке баков, в которых потом будет находиться горячий ядовитый газ. Такие емкости широко применяются в современной химической технологии. Существует множество способов проверки качества швов. Как правило, все они связаны с опрессовкой готовых изделий и тем или иным способом визуализации имеющихся дефектов сварки. Не разбирая их подробно, введем ограничение: контроль герметичности нужен непосредственно в процессе сварки. Достоинства такого способа очевидны, поскольку дефект может быть исправлен сразу же по ходу сварки. Будем считать, что нам уже известна сущность изобретения по а.с. № 277805г. «Способ обнаружения неплотностей в холодильных агрегатах, заполненных фреоном и маслом, преимущественно домашних холодильниках, отличающийся тем, что, с целью повышения точности определения мест утечек, в агрегат вместе с маслом вводят люминофор, освещают агрегат в затемненном помещении ультрафиолетовыми лучами и определяют место утечек по свечению люминофора в просачивающемся через неплотности масле» (БИ, 1970, № 25). Изобретение довольно старое и хорошо известное. Попробуем перенести его идею на решение разбираемой задачи. Технические трудности очевидны: шов еще целиком не заварен, поэтому ни о какой опрессовке и речи быть не может. Контрольный ответ по этой задаче: а.с. № 331271 «Способ контроля герметичности сварных изделий с помощью люминофора, при котором на изделие направляют ультрафиолетовые лучи и судят о герметичности по свечению люминофора, отличающихся тем, что с целью повышения производительности путем

осуществления контроля непосредственно в процессе сварки, люминофорную суспензию наносят на внутреннюю поверхность свариваемых деталей перед сваркой, а в качестве источника ультрафиолетовых лучей используют сварочную дугу».

Идея люминесцирующих добавок позволила улучшить и традиционные виды дефектоскопии; так, известен способ определения повреждений поверхности (в виде микротрещин) при помощи флуоресцентного магнитного порошка; порошок концентрируется около краев трещины и после облучения ультрафиолетовым излучением «высвечивает» местонахождение трещины. Та же идея лежит в основе изобретения способа неразрушающего обнаружения дефектов и трещин на поверхности образца путем выявления агломератов частиц, состоящих из органического флуоресцирующего вещества и магнитного порошка.

В заключение этого раздела приведем несколько примеров, иллюстрирующих техническое применение различных видов люминесценции.

Радиационный дозиметр, который содержит порошок из материала, обладающего термолюминесцентными свойствами, укрепленный на основании из графита или другого материала, способного нагреваться (т.е. поглощать энергию) под действием излучения в диапазоне радиочастот.

В а.с. № 459802 предлагается запоминающий элемент, обеспечивающий оптическое считывание информации. Элемент состоит из слоев проводника (электрода), полупроводника, диэлектрика с остаточной поляризацией (электрета) и слоя электролюминофора, покрытого вторым полупрозрачным электродом. Электрический сигнал, приходящий на элемент, вызывает изменение в полупроводнике, которые, в свою очередь, изменяют поляризацию в диэлектрике. Соответствующие изменения электрического поля визуализируются люминофором.

Интересно также а.с.№636513 «Способ определения интенсивности собственного свечения воздуха, обусловленного хемилюминесценцией веществ, входящих в его состав, отличающийся тем, что, с целью определения токсичности загрязненного воздуха, регистрируют спектр свечения в области, где хемилюминесценция обуславливается токсичными веществами, входящими в его состав» (БИ, 1978, № 45).

Эффект электролюминесценции как эффект индикации

напряженности переменного электрического поля использован при разработке принципиально новой конструкции вольтметра для измерения высоких напряжений. Сильная зависимость яркости свечения электролюминофоров (сульфид цинка, активированный медью) от приложенного напряжения обеспечивает весьма высокую чувствительность прибора, а стабильность характеристик люминофора – рекордную точность измерения (около 0,1 %) даже на верхних пределах измерения.

4. Электростатические силы

Закон Кулона количественно определяет силу взаимодействия двух точечных зарядов. Для технических приложений, где в большинстве случаев заряды не точечные, основную роль играют два фактора:

1. Заряженные тела могут и отталкиваться, и притягиваться, в зависимости от их знаков.

2. Электростатические силы имеют значительную величину. Можно с уверенностью сказать, что если бы электрические поля высокой напряженности не были бы опасны для жизни человека, то техника развивалась бы в основном на использовании электростатических сил.

Прежде чем рассматривать вопросы использования электростатических сил в технике, преподавателю следует добиться понимания учащимися двух основных положений электростатики:

1. Наличие в природе положительных и отрицательных зарядов позволяет с помощью электростатики реализовать и силы притяжения, и силы отталкивания, тогда как в гравитации есть только притяжение.

2. Взаимодействие заряженных тел осуществляется через электрическое поле, и это поле есть не только удобный способ описания, но вполне реальная, физически ощутимая и измеряемая материальная среда, обладающая определенным запасом энергии. Система «заряд-поле» – самый распространенный в технике «веполь». Иногда под веполем понимают триаду: заряд – поле – заряд.

Техническое применение электростатических сил и сильных электрических полей связано с несколькими аспектами.

Электрическое поле поляризует молекулы, которые приобре-

тают определенную пространственную ориентацию. Если молекула не круглая, а продолговатая, то её можно «вытянуть» вдоль поля и тем самым изменить свойства вещества, которое состоит из таких молекул. Такой способ установления «порядка» в веществе в последнее время всё более широко применяется в производстве полимерных материалов.

Используются в технике и непосредственно силы взаимодействия между двумя заряженными телами. В качестве наглядного примера можно привести конструкцию электростатических вольтметров, чувствительная система которых состоит из двух электродов: подвижного и неподвижного. Сила электростатического взаимодействия поворачивает подвижный электрод на определенный угол, что и служит основой измерения разности потенциалов между двумя электродами.

Заряженное тело в электрическом поле не имеет положения устойчивого равновесия (теорема Ирн-Шоу). Однако при наличии следящей автоматики, регулирующей поле, возможно осуществление левитации (свободного парения) заряженных тел в условиях гравитационного поля Земли. Существуют, например, управляющие гироскопы с электростатической подвеской; ротор такого гироскопа может быть свободно подвешен с помощью электрического поля в вакууме. Такая подвеска весьма сложна, но оправдана из-за абсолютного отсутствия тормозящего действия полей подвески, что очень ценно для космических систем инерциальной навигации, где вакуум бесплатный. Так, изобретатели предлагают гироскопы и акселерометры (измерители ускорения), инерционные элементы которых подвешены в электрическом поле между электродами. В свое время была изобретена бесшумная и скоростная пишущая машинка, она выводила знаки с помощью струйки чернил. Капельки чернил, заряженные в поле высокого напряжения, направляются в заданное место системой отклоняющих пластин. Машинка послужила основой так называемых струйных принтеров.

Силовое проявление электричества - явление, известное с древних времен; в наше время наука об использовании силовых свойств электростатических полей переживает второе рождение. В какой-то степени это связано с тем, что современная химическая технология все большее количество своей продукции дает в диспергированном (порошкообразном) виде. Самым удобным

инструментом для транспортировки и укладки такого сырья являются электростатические силы, которые дают возможность очень тонкого регулирования и управления потоками заряженных порошков.

Где перспективнее всего применять силы электростатического поля?

Прежде всего - это разделение смесей, состоящих из мельчайших порошков, взвешенных в газе. Близки к этому и задачи, связанные с выделением из газовых потоков взвешенных в них жидких или твердых частиц, т.е. в устройствах электрофльтрации и электрогазоочистки. В электрических полях весьма интенсивно протекают процессы сепарации: разделение по крупности и другим свойствам диспергированных смесей материалов, например, пухоперовых смесей, измельченных руд, зерна и т.п.

Очень перспективно использование электростатических полей для нанесения защитных и декоративных покрытий. Процесс электростатической окраски применяется достаточно широко. Интенсивно разрабатываются методы нанесения полимерных покрытий, например, на трубы. Преимущество способа равномерность покрытия: заряженные частицы сами идут туда, где их осело меньше. Например, по а.с №596297 предлагается "Способ электростатического нанесения полимерного порошка на металлические изделия пропусканием его в камере через экранную сетку из зоны зарядки в зону напыления, отличающийся тем, что, с целью улучшения физико-химических свойств покрытия, порошок пропускают через заряженную сетку»

К этому же процессу - осаждению покрытий - близко примыкает и ныне широко известная электропечать, в технологии которой одной из операций является электростатическое удержание на поверхности пластины заряженного порошкового красителя. Электростатические силы успешно справляются с задачей ориентирования волокнистых материалов в процессах прядения и ворсования.

Для того, чтобы воздействовать на что-то электрическим полем, это "что-то" надо зарядить – сообщить ему электрический заряд. Нет таких веществ, которым нельзя было бы тем или иным способом сообщить электрический заряд; зарядить можно и самый проводящий металл, и самый непроводящий диэлектрик. Одним из

способов зарядки тел является осаждение на них ионов из газового объема. Осуществляется этот способ чаще всего в поле коронного разряда, хотя источником ионов могут служить и другие виды разрядов, а также ионизирующее излучение.

Электризацию массивных тел проще всего осуществить присоединением их к источнику напряжения. Иногда используют метод контактной зарядки (путем электростатической индукции).

Существуют материалы, которые способны сами заряжаться при нагреве или резком охлаждении (кварц и другие пьезоэлектрики). Широкое применение получила электризация тел трением ("трибоэлектричество"). Появление зарядов при трении связано с контактными явлениями: контактной разностью потенциалов, разрывом двойных электрических слоев и др. Для трибоэлектричества известен ряд закономерностей, большинство из которых установлено чисто эмпирическим путем и не имеет надежного теоретического обоснования. Так, при трении металла и диэлектрика металл заряжается отрицательно; мраморная пыль при трении о мрамор заряжается также отрицательным зарядом. По знаку трибозаряда различные материалы располагаются в трибоэлектрические ряды; например, ряд Фарадея (от плюса к минусу): мех, фланель, слоновая кость, перья, горный хрусталь, флинтглас (тяжелое стекло), бумажная ткань, шелк, дерево, металлы, сера. Любую пару из этих материалов можно использовать для экспериментального определения знака заряда, возникающего, например, на синтетике.

Рассмотрим некоторые конкретные примеры.

Электреты – вещества, способные длительное время сохранять поляризованное состояние и создавать электрическое поле вокруг себя. Электрическое состояние диэлектриков создается либо их нагреванием с последующим охлаждением в сильном электрическом поле, либо освещением их ультрафиолетовыми лучами в сильном электрическом поле. И в том, и в другом случае внешнее электрическое поле ориентирует имеющиеся в веществе диполи в одном направлении.

Ориентирующая способность поля, как уже отмечалось, используется при производстве ориентированных полимеров. Вот пример; а.с. №563427 "Способ формирования изделий из фторопластов нагреванием заготовки до температуры, превышающей температуру плавления полимера на 10-30°C, в

постоянном электрическом поле о последующим охлаждением, отличающийся тем, что, с целью увеличения прочности изделий, нагревание осуществляют в постоянном электрическом поле о напряжением 10-50 кВ и поддерживают его до конца охлаждения".

Рассмотрим задачу. После разного рода обработок в химических реактивах меховые шкурки сушат. Процесс необходимо вести медленно, так как при интенсивной сушке мех портится. При высушении меха происходят разные неприятности вроде слипания и перевивов волосков, из которых состоит мех, это замедляет сушку. Плохо и то, что даже при наличии последующего расчесывания слипание и перевивы остаются и заметно ухудшают физико-механические (теплозащитные) и эстетические характеристики меха. Разного рода обдувания почти не помогает. Надо предложить способ, при котором указанные недостатки устраняются. Физическое противоречие: волоски должны быть вместе, чтобы был мех; волоски должны сохнуть в вытянутом состоянии каждый в отдельности, чтобы мех был высокого качества. ИКР - каждый волосок сам отделяется от остальных, не отделяясь от основы.

Рекомендации преподавателям; Если до решения упоминается про электростатику, закон Кулона, взаимное расталкивание заряженных тел и т.п., то решение получают практически все учащиеся еще при изложении условий, поэтому задачу интереснее давать без предварительного объявления темы занятий. На уроках физики содержание авторского свидетельства может служить хорошим примером, тем более что эта тема в учебниках, как правило, техническими применениями электростатики иллюстрирована слабо, если не считать обсуждения трибоэлектризации одежды и бумаги – примера хотя и наглядного, но связанного с нежелательным проявлением электростатических сил.

Контрольный ответ состоит, естественно, в том, что меховую шкурку после очистки помещают в электростатическое поле (а.с. №563437). Величина напряженности поля подбирают достаточной для вытягивания меховых волосков вдоль силовых линий поля, но меньшей той, при которой начинается ионизация воздуха. Электростатическое отталкивание волокон предотвращает их слипание. Метод ориентирования волокон по силовым линиям применяется также при электроворсовании, где электрическое поле,

кроме ориентирования, с силой втыкает ворсинки торцом в клеевой слой. При электропрядении электрическое поле успешно применяется для параллелизации волокон при поступлении их из чесального аппарата в скручивающий.

Иногда для улучшения качества волокнистого материала его размалывают. Волоконца, естественно, слипаются и скручиваются; в результате после размола получающиеся обрывки имеют разную длину. Согласно изобретению по а.с. №638656 предложено с целью повышения гомогенности потока волокнистого материала его электрически заряжать, причем зарядное устройство выполнять в виде сменного вкладыша из трибоэлектризуемого материала.

Рассмотрим задачу. Требуется определить силу адгезии между тонкой пленкой из полимера и напыленной на нее еще более тонкой алюминиевой пленкой. Обычные методы отрыва неприменимы (пленку просто нечем ухватить), любой механический захват рвет и пленку, и полимерную подложку. Пытались с каждой стороны приклеивать какие-нибудь крючки так, чтобы клей с обеих сторон держался прочнее, чем пленка с пленкой. Но такие полимеры, как полиэтилентерефталат и политетрафторэтилен (фторопласт или тефлон) склеиванию практически не поддаются, да и к алюминиевой пленке, имеющей окисленный слой, приклеить что-нибудь очень трудно.

ИКР задачи: слои сами отталкиваются друг от друга с нарастающей известным образом силой вплоть до отрыва; решение задачи очевидно после формулировки ИКР. Если проводящей пленке сообщить электрический заряд, то он распределится по поверхности проводника так, что напряженность поля будет нормальна к поверхности проводника в любой точке; величина напряженности будет тем выше, чем больше кривизна поверхности. Электрическое давление, в общем случае пропорциональное квадрату напряженности поля, в каждой точке будет определяться общим зарядом и кривизной поверхности. Комбинируя величину потенциала и радиус кривизны, можно достичь таких электростатических давлений, которые скомпенсируют силу адгезии. Если сила электрического давления будет больше силы адгезии между слоями, то на участке большей кривизны произойдет шелушение металлической пленки. Таким же методом можно определять и адгезию, например, пленки серебра и кварцевой подложки. В этой задаче используется отталкивание плоских слоев одноименных

зарядов, которым заряжаются обе пленки. Очевидно, если подложка выполнена из металла и соединена с землей и на ней будет находиться диэлектрическая пленка, то нанесение зарядов одного знака на внешнюю поверхность вызовет появление зарядов другого знака на металлической подложке. В результате возникает сила, прижимающая пленку к подложке. Этот эффект использован в изобретении по а.с. № 311241 "Способ удаления жидкой среды, содержащей газы, включения, например, при гляцевании фотографий, отличающийся тем, что, с целью устранения механического воздействия накатывающих средств, фотоотпечаток накладывают на пластину с зеркальной поверхностью, накрывают изолирующей влагонепроницаемой основой, поверх которой размещают гибкую накладку, и воздействуют направленным электростатическим полем высокого напряжения". Если в качестве изолирующей влагонепроницаемой основы взять пленку полиэтилена толщиной в 0,2-0,3 мм, то можно получить высокое электростатическое давление, достаточное для бесклевого соединения («склеивание без клея»). Если пленку полистирола положить на очищенный металл, хорошо зарядить (например, осадить на полистирол заряды из коронного разряда), то в результате больших и длительно действующих давлений полистирол и металл склеятся и без клея. Даже после саморазряда пленки сила адгезии остается достаточно большой.

Разберем еще один технический пример. А. с. №566169 "Способ препарирования углеродистых реплик для электронно-микроскопических исследований, включающий вакуумное напыление при испарении углерода, отличающийся тем, что с целью получения реплик, обладающих высокой контрастностью и разрешением, процесс напыления углерода ведут в электростатическом поле, приложенном между образцом и угольным электродом». Реплика - это слепок, копирующий изменения поверхности образца, например, его эрозию под воздействием излучения. Не всякий образец можно затолкнуть в электронный микроскоп, поэтому изучают маленькие копии-реплики. Естественно, чтобы копия как можно точнее передавала рельеф образца, атомы углеродной пленки должны очень сильно прижиматься к поверхности; именно эту функцию и выполняет электростатическое поле в созданном техническом решении.

Рассмотрим чуть подробнее процесс нанесения покрытий.

Если частицы дисперсного материала - проводящие, то все обстоит хорошо. Частица зарядилась, поле притащило ее на поверхность, частица отдала подложке свой заряд и уютно устроилась среди себе подобных. Так формируются проводящие покрытия. Сложнее обстоит дело, если частицы непроводящие (так называемое осаждение высокоомных аэрозолей). Первые осевшие слои ведут себя нормально, последующие хуже. Чем больше оседает частиц, тем больше накапливается заряда; поле осевших частиц всё сильнее противодействует осаждению и прилипанию новых частиц. Задача создания сплошных покрытий достаточной толщины становится не такой простой. Процесс замедляют, чтобы заряд успел уйти на подложку, но нейтрализация заряда из-за плохой проводимости уже осевших частиц идет медленно. Иногда подмешивают к осаждаемому полимеру сажу (углерод) – это убыстряет процесс, но делает слой проводящим, к тому же неоднородным. А если нужно нанести изолирующее покрытие, например, из чистого тефлона (фторопласта)? Ясно вырисовывается физическое противоречие: частицы должны быть заряжены, чтобы электрическое поле могло их транспортировать и «укладывать» на подложку, но эти же частицы не должны быть заряженными, чтобы образующийся слой не отталкивал бы последующие частицы. То есть: заряженными должны быть летящие частицы, электрически нейтральным – слой из заряженных частиц. Собственно, ничего невозможного уже нет: любой электрически нейтральный кусок вещества состоит из заряженных частиц. Эта простая истина послужила основой способа нанесения покрытий на поверхности с помощью электростатического поля путем сообщения частицам дисперсного материала (порошка) электрических зарядов, в котором этим частицам вещества попеременно сообщают разноименные заряды. Задача решена, да еще с дополнительным положительным эффектом – упрочнением покрытия, поскольку разноименно заряженные прослойки притягиваются друг к другу. С течением времени заряды внутри покрытия нейтрализуются. Идентичная идея использована в а.с №418220 "Установка для нанесения покрытий в электростатическом поле, включающая генератор электрически заряженных частиц и источник высокого напряжения, отличающаяся тем, что, с целью повышения эффективности осаждения диспергируемого материала, источник высокого напряжения снабжен коммутатором, периодически

переключающим полярность напряжения, поданного на генератор заряженных частиц". Электростатика – почти универсальный инструмент для решения многих задач (впрочем, как и любая другая физика). Например, а.с. №478828 «Способ отделки бетонных поверхностей, заключающийся в последовательном нанесении двух слоев полимерцементной краски с промежуточным изолирующим слоем, обличающийся тем, что, с целью повышения водостойкости и долговечности покрытия, между слоями полимерцементной краски укладывают слой материала с зарядом частиц, противоположным заряду соседних слоев».

Рассмотрим задачу. В процессе обработки изделий абразивными кругами поверхность инструмента иногда «засаливается», иначе говоря, происходит прилипание под давлением частиц обрабатываемого материала к поверхности круга. Эффект явно нежелательный, поскольку изменяется шероховатость поверхности, затрудняется или совсем прекращается контакт абразивных зерен с материалом, снижаются скорость и качество обработки. Круги обычно чистят щетками, но операция эта трудоемка, к тому же при обработке мягких материалов ее приходится повторять очень часто. Проблемная ситуация очевидна, но задачи еще нет. Обсуждение ситуации на занятиях показало, что учащиеся превращают её в совершенно разные задачи.

Пытаются предложить способ обработки мягких материалов без абразивного инструмента. Предлагают различные способы очистки кругов пескоструйкой, жидкостью и т.д. Действительно, задач здесь две: либо очищать, либо не допускать «засаливания». Второе предпочтительнее, но при сохранении процесса обработки любых материалов.

ИКР задачи: частицы сами не прилипают к поверхности абразивного инструмента. ФП задачи: частицы и поверхность должны плотно прилегать друг к другу, чтобы шел процесс обработки; частицы и поверхность не должны касаться друг друга, чтобы не было адгезионного контакта. С первого взгляда противоречие неустранимо: Мы хотим иметь плотное прилипание, но без контакта. Рекомендации преподавателям. В этом месте целесообразно провести аналогию с изложенной выше задачей об определении силы адгезии. Там эту силу требовалось измерить, здесь ее требуется преодолеть. С точки зрения физики это одна и та же задача. Решение, естественно, должно быть аналогичным.

Контрольный ответ: а.с. №564418 «Способ предотвращения "засаливания" абразивных кругов в процессе обработки, заключающийся в том, что на рабочей поверхности круга и детали создают одинаковые по знаку и величине электрические потенциалы". Характерная деталь: в формуле изобретения отсутствует слово «отличающийся». По патентным правилам, такая формулировка означает, что до даты подачи заявки (29.03.1976 г.) не было официально зарегистрировано вообще никаких способов предотвращения «засаливания». Соответствующее устройство (описано там же) содержит «установленный вблизи круга изолированный разрядник и источник постоянного тока, один полюс которого соединен с деталью и разрядником, а другой подключен к станку».

Аналогичное решение применено и в изобретении, согласно которому осаждение пыли на отражателе, открытом для окружающей атмосферы, предотвращается подачей на отражатель небольшого положительного потенциала. Поскольку частицы пыли большей частью заряжены положительно, такое устройство весьма эффективно предотвращает осаждение пыли на поверхности отражателя. Решение не универсально, оно, например, не применимо там, где ведется обработка мрамора, так как мраморная пыль при трении о мрамор заряжается отрицательно.

Рассмотрим задачу. При работе электрофотографических устройств бывает необходимо чистить электрографические пластины от остатков порошкообразного проявителя. Механические способы непригодны, так как можно повредить поверхность пластины.

Поэтому обычно применяют пневмоотсос. Нужен именно отсос – сдувание недопустимо по причине дефицита проявителя и нежелательности его рассеивания в воздухе. Операция отсоса хотя и эффективна, но полной очистки не гарантирует; требуется помощь – оставшиеся частицы нужно оттолкнуть от поверхности пластины. Логично использовать электростатику, что сделано в изобретении по а.с. №568933 «Устройство для очистки электрографической пластины от остатков порошкообразного проявителя, содержащее сопло, соединенное воздуховодом через фильтр с устройством отсоса воздуха, отличающийся тем, что, с целью улучшения качества очистки электрографического слоя и увеличения его тиражеустойчивости, оно снабжено источником

статического электричества, подключенным к соплу».

Рекомендации преподавателям. В контрольном ответе описан в принципе обычный пылесос, снабженный электростатической добавкой. Идея контактной зарядки и последующего отскакивания частиц от заряженной плоскости используется в оригинальном решении следующей задачи. Необходимо просеять порошок, состоящий из очень мелких частиц, допустим, менее 0,4 мм. Сита с таким размером ячеек есть. Трудность состоит в том, что частички налипают на ячейки; для того, чтобы их просеять, сито нужно подвергать сильной вибрации. Можно, конечно, трясти ультразвуком или магнитострикцией, но ультразвук – вредное производство, к тому же вибрировать должны частицы. Вибрация самого сита не нужна, она – промежуточная операция. Итак, сито должно покоиться, скакать должны только частицы. Контрольный ответ: а.с. №574246 "Способ отсева порошкообразных материалов крупностью менее 400 мкм, отличающийся тем, что, с целью интенсификации процесса отсева и повышения точности измерений, пробу материала помещают в зазор между обкладками конденсатора, одна из которых, нижняя, выполнена в виде сетки с заданными размерами ячеек, и, подводя напряжение, создают поле электростатических сил, посредством которых сообщают частицам материала интенсивное движение в направлении нормали к поверхности сетки». Все сравнительно ясно: если частица прилипла к проволочке сетки, она заряжается тем же знаком и, оттолкнувшись, летит к противоположному электроду, на котором оставляет свой заряд, приобретает заряд другого знака и летит к сетке, и так до той поры, пока не провалится в ячейку. Способ, конечно, не идеален – частицы могут коагулировать при встречном движении. К тому же через конденсатор течет довольно большой ток (вместо электронов пылевые частицы), но зато сито стоит на месте. Механическая тряска не нужна, частицы «вибрируют» под действием электрического поля.

ГЛАВА III. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЙ

Как Вы заметили, в тексте почти все примеры и контрольные ответы даны в виде формул изобретений, в силу действующих патентных правил эти формулы излагаются весьма своеобразным языком; с непривычки они читаются и воспринимаются тяжело. Поэтому на первых занятиях с использованием таких примеров целесообразно до или после изложения формулы пояснить ее смысл более простым языком. Саму формулу приводить очень желательно, так как оперирование формулами изобретений необходимо в силу трех обстоятельств.

Во-первых, строгое научное изложение очень конкретно. В юридически однозначных формулировках нет даже намека на эмоциональное начало. Поэтому «формула изобретения» наиболее четко передает суть технического решения. Во-вторых, регулярное общение с формулами изобретений оказывается потом весьма полезным при изучении темы «Охрана интеллектуальной собственности» в курсах «Методы решения изобретательских задач» или «Творчество в моей профессии». Оно же приучает студентов видеть сущность технических решений в приобретаемой студентами профессии. Отметим, что после получения приемлемого ответа на учебную задачу полезно рекомендовать учащимся формулировать ответы в стиле и по правилам составления формул изобретения. В-третьих, обстоятельный разбор формул изобретений вырабатывает у учащихся умение быстро схватывать и формулировать идею, умение абстрагировать технические идеи от конкретного содержания. В дальнейшем это значительно облегчает переход к самостоятельной работе с патентной литературой и патентной документацией. Нестандартность стиля этой документации при первом с ним ознакомлении сначала несколько смущает, но практика занятий показывает, что учащиеся довольно быстро привыкают и с удовольствием оперируют формулами изобретений.

При проведении занятий целесообразно обращать внимание на дату создания изобретения. Примеры, использованные в этом пособии, относятся, как правило, к элементарной физике, но созданы эти изобретения в период научно-технического прогресса. Это служит подтверждением работоспособности физики и

способствует выработке у учащихся сознания, что и они учат физику и прочее естествознание не зря, что и сейчас есть еще много задач, для решения которых достаточны и, следовательно, остро необходимы знания и закона Архимеда, и закона Кулона.

Само собой разумеется, что при подготовке к занятиям преподавателю необходимо не только тщательно изучить формулу изобретения, но и ознакомиться с содержанием описания изобретения. Именно в тексте официального описания изложена информация, необходимая для превращения реальной ситуации в учебную задачу.

Как составить учебную задачу?

Учебные задачи целесообразнее всего базировать на известные решения, описанные в патентной или технической литературе, а также в специализированной картотеке. Итак, допустим, что мы имеем готовое решение, а из него нужно сделать задачу. Если это решение изложено в виде формулы изобретения, то обязательно следует прочесть описание и выявить те технические противоречия, которые данное изобретение ликвидирует. Следующий этап – выявление физического противоречия. Важно заметить, что описание не следует расценивать как истину в последней инстанции, поскольку в тексте описания оперируют с конкретной технической системой, а нас, прежде всего, интересует эвристическая ценность идеи изобретения. И эту идею надо изложить применительно к формулировке условия учебной задачи. Поэтому в тексте задачи могут фигурировать совершенно другие системы с другими параметрами. Важно учитывать две особенности процесса создания эвристической учебной задачи.

Первая особенность состоит в необходимости введения ограничений после описания изобретательской ситуации.

Так как задача предназначена для решения на занятиях по техническому творчеству, то характер ограничений таков, что надо оставить только то техническое противоречие, которое преодолевается в контрольном ответе. При этом обязательно нужно учитывать, что практически равнозначные по идее ответы могут быть получены применением различных физических явлений. Выбор того или иного варианта определяется более конкретными деталями, прежде всего, уровнем подготовки слушателей. Для пояснения вернемся к задаче о микроперемещениях торца саморасширяющегося штока. В контрольном ответе применено

тепловое расширение. Задачу можно усложнить путем введения требования строгого постоянства температуры, что делает контрольный ответ неприемлемым. Варианты ответа используют другие физические явления, происходящие в веществе штока: магнитострикцию, пьезоэффект, эффект Баушингера и т.д. Например, а.с. №222676 "Устройство для измерения линейных размеров деталей, содержащее измерительный шток, отличающееся тем, что, с целью увеличения пределов измерения, шток выполнен составным в виде последовательно расположенных пьезоэлементов, параллельно подключены к источнику напряжения питания".

Вторая особенность составления учебных эвристических задач состоит в возможности формулировки задачи с различной степенью полноты изложения условия. Степень полноты условия выбирается в соответствии с основными принципами дидактики. На первых стадиях обучения в условии должна быть описана система и дан анализ технических противоречий. Практически в явном виде следует формировать ИКР и ФП – это делает решение доступным. В полную силу должен работать принцип наглядности. Рисунки, схемы, эскизы просто незаменимы, одни лишь вербальные формулировки к цели не приводят. По мере накопления опыта решения студентам следует давать задачи с более урезанными условиями; в некоторых случаях можно ограничиться просто изложением изобретательской ситуации.

Поясню сказанное на примере.

Имеем текст а.с. № 562781 "Способ определения чувствительности пьезоприемника путем его объемного сжатия, последующего сброса давления и измерения электрических параметров пьезоприемника, отличающийся тем, что, с целью упрощения процесса измерения, пьезоприемник подвергают объемному сжатию в феррожидкости с известной зависимостью давления от внешнего магнитного поля".

Идея решения ясна. Чтобы не возиться с измерениями по трем-четырем направлениям, изобретатели предлагают использовать объемное сжатие в феррожидкости. Итак, при испытаниях пьезоприемников требуется обеспечить равные условия для всех граней пьезообразца. Введение понятия "границы" упрощает восприятие; реальный пьезоприемник может быть даже круглым, но грань (плоская площадочка) позволяет избежать

мешающих усложнений, связанных с криволинейной поверхностью. Уточняем далее: испытывать нужно по прямому пьезоэффекту, то есть задается сила, а возникает и измеряется ЭДС.

Введем ограничение: наиболее информативен сигнал, получаемой при изменении нагрузки. Смысл ограничения ясен - исключить варианты чисто статических нагрузок. Нужны переменные нагрузки.

Отсечем стремление к конструированию механических схем. Пусть пьезоприемник имеет сложную форму, например, икосаэдра – правильного 20-гранника. Пьезокристалл подобной формы может быть предназначен, например, для инерциальных акселерометров в объектах с произвольной пространственной ориентацией (межпланетные полеты космических летательных аппаратов – КЛА). В действительности в КЛА достаточно трехмерного акселерометра, но усложнение (20-гранник) хорошо отсекает всяческие механические схемы. Любому студенту понятно, что создать двадцать синхронно работающих толкателей – задача очень сложная.

Отсечем вариант последовательного измерения пьезоэффекта по парам противоположных граней. Можно просто наложить запрет; можно его обосновать физически – пьезоэффект описывается тензорными величинами, т.е. результат испытания одной пары противоположных граней будет различным в зависимости от того, свободны или нагружены другие грани. Нужно всестороннее сжатие.

Здесь иногда возникает идея: загнать пьезокристалл в жидкость и механически (поршнями, взрывами) изменять в ней давление, Идея сама по себе хорошая – закон Паскаля сработает надежно, поскольку нужно именно давление, а не его градиент. Принцип решения есть; чуть усложним еще условия: пусть требуются быстрое сжатие всех граней, например, за время 10 мкс. Изменять внешнее давление нецелесообразно, так как время на распространение волны давления в сосудах приемлемых размеров порядка 1-10 мс, то есть грани будут испытывать скачок давления неодновременно. Нужно равномерное, одновременное сжатие или сбрасывание давления.

Итак, после анализа задача формулируется: "При испытаниях пьезоприемников требуется обеспечить одновременное всестороннее изменение давления на их поверхность. Предложите

способ испытания, обеспечивающий время нарастания или сброса давления менее 0,0001 с".

Между первой и второй фразой можно ввести любое ограничение, изложенное выше, в зависимости от подготовленности аудитории.

Курсы «Методы решения изобретательских задач» и «Творчество в моей профессии» предполагают широкие межпредметные связи, в том числе с курсом физики. Преподавателям следует это учитывать:

Даже в сильно сокращенную программу по физике для системы СПО включен вполне приличный объем знания. Отрыв этих знаний от техники недопустим. Они должны работать. Тематику творческих факультативов в техникумах целесообразно связывать с конкретными задачами технической области, близкой к специальности студентов. Первичным итогом обучения должна быть уверенность студентов в том, что ни создание новой техники, ни ее эффективная эксплуатация невозможны без четкого представления о физических принципах работы машин и механизмов. По техническому творчеству есть несколько хороших задачников, составленных различными авторами. Специальности у авторов разные. Поскольку обучение творчеству в нашей системе образования предполагается вести не только на факультативах, но и вводить элементы такого обучения в преподавание всех учебных дисциплин, то наряду с общетехническими задачами нужны и учебные изобретательские задачи «по специальности». Эффективная подготовка студента будет тогда, когда у каждого преподавателя будет свой фонд задач «с творческим содержанием», привязанных к специальности, с использованием общенаучных знаний. Да и самому преподавателю значительно легче изложить именно такие задачи.

ГЛАВА IV. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ И ЭФФЕКТОВ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ТВОРЧЕСКИХ ЗАДАЧ ТЕХНИЧЕСКОГО СОДЕРЖАНИЯ

При использовании нижеприведенной информации необходимо сознавать, что вся техника работает на основе физики, химии, биологии и математики. Поэтому в тексте не рассматривается то, что стало обыденным и привычным, например, физические основы использования линеек, весов и других известных измерительных средств, применение механических мешалок, химических горелок, термоэлектрических нагревателей и других аналогичных по известности (стандартных) технических способов и средств. Конечно, отбор материала по степени его стандартности или «обыденности» очень субъективен и в значительной степени зависит от интересов автора. Впервые «Таблица применения физических эффектов и явлений» опубликована в работе (3). С дополнениями и изменениями она появлялась в разных изданиях, неся на себе отблеск личности составителя. Но в отборе задействовано и «объективное начало». Так, предпочтение отдается тем физическим явлениям, которые составили сущность новых решений в области техники, которые зафиксированы в патентных материалах примерно за последние полсотни лет.

Определение положения и перемещения тел в пространстве.

Оптические способы индикации, отражение и преломление света. Механо-оптические явления. Поляризация света. Интерференция и дифракция света. Голография. Оптический и акустический эффект Доплера. Ультразвук. Реверберация. Электромагнитная индукция. Метки магнитные, радиоактивные и другие. Пьезоэлектрический эффект.

Управление перемещением твердых тел.

Гравитация. Гидростатические явления (закон Архимеда, выталкивающая сила в жидкостях и газах). Силы инерции. Центроостремительные силы различной физической природы. Давление звуковых волн. Тепловое расширение. Электростатические и магнитные силы. Магнитострикция и электрострикция. Давление света.

Управление движением жидкости и газа.

Центростремительные силы и силы инерции. Поверхностное натяжение жидкостей, Капиллярные явления. Эффект Томса. Волновое движение. Электрокинетические явления. Электрогидравлические удары. Ионизация. Магнитогидродинамический эффект.

Управление потоками суспензий и аэрозолей (порошки, дым, туман).

Силы гравитации, инерции. Центростремительные силы. Ультразвук. Воздействие электрических и магнитных полей, статических и переменных. Фотофорез, термофорез. Конвекция.

Управление потоками света.

Преломление и отражение света. Электрооптические и магнитооптические явления (фотоупругость, эффекты Керра и Максвелла).

Стабилизация положения объекта.

Гироскопический эффект. Сверхпроводимость. Левитация в электрических и магнитных полях. Тепловое расширение.

Силовое воздействие. Регулирование сил. Создание больших давлений.

Гравитационные силы. Деформации упругие и неупругие. Центростремительные силы. Передача давления жидкостями или газами. Эффект Александра. Тепловое расширение. Фазовые переходы. Электростатические поля. Магнитные поля. Гидравлический и электрогидравлический удары. Осмос. Световое давление. Магнито- и электрострикция.

Понижение температуры. Отбор энергии.

Эффект Джоуля-Томсона. Эффект Ранка. Магнитокалорический эффект. Термоэлектрические явления. Фазовые переходы. Термокапиллярный эффект.

Повышение температуры. Накачка энергии.

Электрический разряд. Поглощение излучения веществом. СВЧ-излучение. Вихревые токи. Ультразвук. Трение. Термоэлектрические явления.

Стабилизация температуры.

Фазовые переходы. Турбулентность.

Измерение температуры.

Тепловое расширение. Термоэлектрические явления. Спектр излучения. Изменение оптических, электрических, магнитных свойств.

Создание вакуума и его измерение. Отбор вещества.

Сорбция. Диффузия. Воздействие электрических и магнитных полей. Электрические разряды в газах и вакууме.

Изменение размеров объекта.

Деформации. Тепловое расширение. Магнито- и электрострикция. Эффект Пойнтинга. Пьезоэлектрический эффект

Создание заданной структуры. Стабилизация структуры объекта.

Интерференция волн. Стоячие волны. Муаровый эффект. Магнитные поля. Фазовые переходы. Механические и акустические колебания. Кавитация.

Исследование и регистрация структуры объекта.

Голография. Рентгеновское и радиоактивные излучения. Ультразвук. Эффект Мёссбауэра. Поглощение света. Поляризованный свет. Термомагнитные явления. Магнитооптические и электрооптические явления. Эффект Холла.

Изменение структуры.

Фазовые переходы. Ультрафиолетовое, рентгеновское и радиоактивные излучения. Деформации. Электрические и магнитные поля. Диффузия. Электрогидравлический удар.

Разрушение объектов.

Электрические разряды в газах и жидкостях. Резонанс. Ультразвук. Кавитация. Лазерное излучение.

Аккумуляция механической и тепловой энергии.

Упругие деформации. Гироскопический эффект. Фазовые переходы.

Передача энергии.

Механической: деформации, колебания, эффект Александра, волновое движение, ударные волны.

Тепловой: излучения, теплопроводность, конвекция, фазовые переходы.

Лучистой: полное внутреннее отражение электромагнитных волн, лазерный луч.

Электрической: лазерный луч как проводник, сверхпроводимость.

Изменение поверхностных свойств.

Трение. Адсорбция. Диффузия. Эффект Баушингера. Электрические разряды. Механические и акустические колебания. Ультрафиолетовое излучение.

Изменение трения.

Эффект Джонсона-Рабека. Явление Крагельского. Воздействие излучений. Колебания.

Контроль состояния и свойств поверхности.

Отражение света. Электронная эмиссия. Эффект Молтера. Оже-эффект. Муаровый эффект. Электрические разряды.

Контроль состояния и свойств в объеме.

Преломление света. Электрооптические и магнитооптические явления. Поляризованный свет. Рентгеновское и радиоактивные излучения. Электронный парамагнитный и ядерный магнитный резонансы.

Генерация электромагнитного излучения.

Эффект Джозефсона. Явление индуцированного излучения. Люминесценция. Туннельный эффект. Эффект Ганна. Эффект Черенкова.

Инициирование и интенсификация химических реакций.

Ультразвук. Кавитация. Ультрафиолетовое, рентгеновское и радиоактивные излучения. Электрические разряды. Ударные волны.

Анализ состава тел.

Сорбция. Осмос. Электрические поля. Воздействие излучений. Анализ излучения тел. Оптико-акустический эффект. Эффект Мёссбауэра. Явления электронного парамагнитного и ядерного магнитного резонанса. Поляризованный свет.

Изменение оптических свойств.

Электрооптические и магнитооптические явления. Фотохромный эффект. Деформации. Воздействие излучений.

Изменение электрических свойств.

Излучения. Фазовые переходы. Электрические разряды. Воздействие сильных электрических и магнитных полей. Сорбция. Диффузия. Внутренний фотоэффект.

Изменение магнитных свойств.

Магнитные поля. Фазовые переходы. Деформации.

Индикация электрических и магнитных полей.

Осмос. Электризация тел. Электрические разряды.

Пьезоэлектрический и сегнетоэлектрический эффекты. Электреты. Электронная эмиссия. Электрооптические и магнитооптические эффекты. Эффект Гопкинса. Эффект Холла. Гиромагнитные явления.

Индикация излучений.

Оптико-акустический эффект. Тепловое расширение. Фотоэффект. Люминесценция. Фотопластический эффект.

Получение и перемешивание физических и химических смесей.

Диффузия. Кавитация. Механические колебания. Ультразвук. Электрофорез.

Разделение смесей.

Гравитация, Центростремительные силы. Капиллярный полупроводник. Фазовые переходы. Сорбция. Диффузия. Осмос. Ультразвук. Резонанс. Электризация. Электроосмос и электрофорез. Магнитная сепарация.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альтшуллер Г.С., Селюцкий А.Б. Крылья для Икара.– Петрозаводск: Карелия, 1980.
2. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука. – М.: Советское радио, 1979.
3. Горин Ю.В. Применение физических эффектов и явлений в решении изобретательских задач//Теория и практика решения изобретательских задач. – М.: ЦНИПИ, 1976.
4. Горин Ю.В., Исаева Н.А. Техническое творчество на уроках физики//Физика в школе. – 1978. – №6. – С.25-27.
5. Джуварлы Ч.М., Горин Ю.В., Мехтизаде Р.Н. Коронный разряд в электроотрицательных газах. – Баку: ЭЛМ, 1988.
6. Разумовский В.Г. Развитие творческих способностей учащихся. – М. Просвещение, 1975.
7. Сильные электрические поля в технологических процессах: Сборник статей/Под ред. акад. В.И.Попкова. – М.: Энергия, 1969.
8. Физическая энциклопедия. Т.1 – 5. – 1988 – 1998.
9. Физический энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия, 1983.

Юрий Васильевич Горин
Валентин Валентинович Землянский

СОЗДАНИЕ НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ И ЯВЛЕНИЙ

Методические рекомендации

Ответственный редактор В.В. Землянский
Редактор Я.В. Канакин

Подписано в печать 13.01.05.
Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Печать ризограф.
Усл. печ. л. 3,7 Тираж 100. Заказ 2

Издательство Пензенского колледжа управления и промышленных
технологий им. Е.Д. Басулина
440066, г. Пенза, пр. Строителей, 7

Отпечатано с готового оригинал-макета в информационно-
издательском центре ПКУ и ПТ