

ФОРМИРАНЕ И РАЗВИТИЕ НА ПОНЯТИЕНО ЕНТРОПИЯ ПРИ ИЗУЧАВАНЕ НА ТОПЛИННИ ЯВЛЕНИЯ И ПРОЦЕСИ В 11 КЛАС

ВЕСЕЛИНА ДИМИТРОВА, ЕЛИЦА МИЛАНОВА

Катедра „Методика на обучението по физика“

Веселина Димитрова, Елица Миланова. ФОРМИРАНЕ И РАЗВИТИЕ НА ПОНЯТИЕНО ЕНТРОПИЯ ПРИ ИЗУЧАВАНЕ НА ТОПЛИННИ ЯВЛЕНИЯ И ПРОЦЕСИ В 11 КЛАС

В настоящата работа се представя едно дидактическо изследване, свързано с формирането и развитието на понятието ентропия при изучаване на топлинни явления и процеси в 11 клас. Учебното съдържание за топлинните явления и процеси за 11 клас е реструктурирано и въз основа на това са разработени два теоретични модела за формиране на понятието ентропия. Моделите са: формиране на понятието ентропия чрез трите му характеристики /обем, съдържание и връзки с други понятия/ и поетапно формиране на понятието ентропия. Проследяват се основните етапи от дидактическото изследване. Посочват се основните методи на изследване, както и използваният инструментариум.

Vesselina Dimitrova, Elica Milanova. FORMING AND DEVELOPMENT OF THE CONCEPT ENTROPY IN STUDYING THE HEATING PHENOMENA AND PROCESSES IN 11TH GRADE

The paper presents a didactic study of forming and development of the concept entropy in studying the heating phenomena and processes in 11th grade. The study materials are reorganized and thus two theoretical methods are presented on forming the concept entropy. The models are: forming the concept entropy by its three features (volume capacity, contents and relations with other concepts) and gradually forming the concept entropy. The main stages of didactic study are shown. The main methods of study are presented, the used tools are listed.

Keywords: heating phenomena, entropy, forming of concept

PACS number: 01.40.Ej

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Изучаването на топлинните явления и процеси в избираемата подготовка по физика в 11 клас дава възможност на учениците да разширят и обогатят знанията си, като използват принципите на термодинамиката и основните положения на молекулно-кинетичната теория. Въвеждането на новото понятие ентропия и осмислянето на същността му позволява на учениците да задълбочат знанията си за топлинните явления и процеси и да потърсят логично обяснение за обратимите и необратимите процеси в природата [1, 2]. Тези знания развиват екологичното съзнание на учениците и ги мотивират по-детайлно и по-задълбочено да вникнат в проблемите, свързани с опазване на околната среда и физичните замърсявания в нея.

Освен това понятието ентропия дава чудесна възможност за разкриване на връзките между физиката и други учебни дисциплини. Традиционно тези междупредметни връзки се търсят от изследователите в рамките на природоматематическите дисциплини. Понятието ентропия обаче позволява да бъдат потърсени измеренията и сферите му на влияние и в области като български език, литература, философия, психология и др. Тъй като междупредметните връзки на физиката с химията например са обект на друго наше изследване [3], а с философията тези връзки са подробно анализирани в [4], тук ще обърнем по-специално внимание върху отношението ентропия–изреченска семантика–текст, защото понятието не е изследвано подробно, а дава възможност на учениците да разберат и усвоят параметрите на една физична величина върху отдалечена от физиката област – българския език [5].

Спецификата на понятието позволява чрез формулата на Болцман да бъде изследван контекстът на речевите прояви в конкретен текст. Много убедително се реализират екстралингвистичните фактори с оглед на възможността дадено събитие да се случи или да не се случи в даден момент и в този смисъл допирна точка между двете дисциплини е опозицията обратимост–необратимост и изразяването и в изречение или текст. Както отбелязва Д. Милева, допирната точка между ентропията и речта е както свойството необратимост, така и връзката им с вероятността и информацията [5, с. 99]. Нулева ентропия съответства на пълна информация, а голямата ентропия – на практически изчезваща информация, при което нарастването на безпорядъка се съпровожда както с нарастването на ентропията, така и с намаляването на информацията, т.е. двете понятия се променят в противоположна посока.

От направените изследвания върху учебния материал по физика ста-

ва ясно, че знанията за понятието ентропия не са заложили за подробно разглеждане в ДОО. Ограниченото време за изучаване на физиката не позволява да бъде въведено понятието ентропия в пропедевтичния курс по физика в 8 клас, а според нас това е възможно и напълно приложимо в сега действащите учебни програми. Основният проблем, чийто отговор ще потърсим в настоящото дидактическо изследване, е формирането и развитието на понятието ентропия при изучаването на топлинните явления и процеси в избираемата подготовка по физика в 11 клас. Изследването е съобразено с постановките и препоръките на авторите в литературните източници [6, 7].

2. ТЕОРЕТИЧНА РАМКА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Направеният преглед на литературата по темата показва, че преобладават общите научно-методически разработки върху изучаването на топлинните явления в училищния курс по физика, докато липсват резултати от проведени дидактически изследвания за изучаване на понятието ентропия в училище. Ето защо е необходимо да бъдат проведени методически изследвания, свързани с изучаването на това ново понятие в обучението по физика в училище.

От библиографския преглед на литературата, свързана с формиране на понятия, могат да се обособят следните проблеми:

- Специфика на термина *понятие* – същност, характеристика и отношение към други категории;
- Формиране и развитие на *понятие* в учебния процес в училище;
- Структурни елементи на физичното понятие;
- Формиране и развитие на физично понятие в обучението по физика.

Липсата на конкретни методически изследвания за формиране на понятието ентропия засилва актуалността на проблема и провокира изследователските търсения, което ще се отрази благоприятно върху изложението на учебното съдържание, свързано с понятието ентропия в учебниците по физика, а това ще доведе и до по-лесното разбиране, осмисляне и усвояване на това понятие от учениците.

Обектът на дидактическото изследване са ученици, изучаващи „Физика и астрономия“, 11 клас – второ равнище. Предмет на изследването са онези ученици от 11 клас, които изучават „Топлинни явления и процеси“ и тяхната познавателна дейност при усвояване на новото понятие ентропия в процеса на обучение.

Целта на дидактическото изследване е свързана с проучване на ефективността на учебно-възпитателния процес при формиране и развитие

на понятието ентропия в избираемата подготовка по физика в 11 клас.

Произтичащите от целта задачи са следните:

1. Да се проучи необходимата литература в областта на физиката, психологията, дидактиката, методиката на обучение по физика, педагогическата диагностика и др.
2. Да се направи научно-методичен анализ на учебното съдържание за топлинните явления и процеси, включено в учебниците по физика и астрономия, профилирана подготовка за 11 клас [1, 2].
3. Да се разработят два теоретични модела за формиране и развитие на понятието ентропия при изучаване на топлинните явления и процеси в избираемата подготовка по физика в 11 клас.
4. Да се разработят методически указания за организация и провеждане на учебните занятия съгласно двата теоретични модела.
5. Да се планира, организира и проведе дидактически експеримент в училище на базата на двата теоретични модела. Въз основа на резултатите от него да се направят съответните изводи за усвояване на понятието ентропия от учениците.

3. КОНЦЕПТУАЛНА РАМКА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

За дидактическото изследване може да се издигне следната работна хипотеза: Ако при изучаването на топлинните явления и процеси в избираемата подготовка по физика (по-конкретно в ЗИП) по физика в 11 клас се разработят два теоретични модела за формиране и развитие на понятието ентропия, то реализацията на всеки един от двата теоретични модела в учебно-възпитателния процес ще спомогне за ефективното усвояване на понятието ентропия от учениците.

Формирането на понятия в учебния процес изпълнява важна роля при развитие на мисленето на учениците и на техния светоглед. Във философията понятието се разглежда и като продукт на мисленето и като форма на отражение на материалната действителност в съзнанието на човека. Като продукт на отражението понятието може да се определи и като знание за общите съществени свойства на група явления и предмети. Понятието служи като средство за опознаване на предметите и явленията в заобикалящия ни свет.

Понятието е „опорен пункт“ на познанието, без който научната информация се възприема повърхностно. При формиране на понятие вниманието на познавателния субект се насочва към съществени признаци на понятието, като непременно се варират и несъществените признаци на понятието.

При формиране и развитие на понятията в учебно-възпитателния процес в училище във връзка с развитието на мисленето на учениците и тяхната личност като цяло от съществено значение е познаването и използването на основните теории за личността и нейното развитие, както и теориите, ориентирани към познавателните процеси [8, 17–23].

Съществуват различни методи за формиране на понятия. За целите на нашето изследване използваме две от класическите постановки за формиране на понятия, а именно формиране чрез трите характеристики на понятието, определени от гледна точка на логиката, и поетапно формиране на понятието. За оценяване на резултатите от дидактическото изследване се използват съответни критерии и показатели.

4. ЕМПИРИЧНА БАЗА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Дидактическото изследване премина през няколко основни етапа:

Първи етап. Обхваща периода февруари 2002 – февруари 2003 г.

На този етап бе направен научно-методически обзор върху литературата по дидактика, методика на обучението по физика и университетския курс по обща физика – разделите по термодинамика и молекулярна физика.

За целта беше проучена необходимата литература по следните въпроси:

1. Структура на учебното съдържание по „Физика и астрономия“ – 11 клас, профилирана подготовка – раздел „Движение и енергия“ [1] и раздел „Топлинни явления“ [2].
2. Структура на учебното съдържание по аеромодинамика и молекулярна физика в университетски курсове по обща физика.
3. Формиране и развитие на физичните понятия в учебния процес в училище.
4. Методология на педагогическите изследвания и подбор на подходящи методи за предстоящото дидактическо изследване.

Втори етап. Обхваща периода февруари 2003 – февруари 2004г.

През този етап беше извършено следното:

1. Направен бе научно-методически анализ по отношение на структурните елементи на физичното знание, включени в учебното съдържание за топлинните процеси и явления в учебниците по физика и астрономия за 11 клас, профилирана подготовка [1, 2]. Анализът на учебното съдържание е направен и от гледна точка на реализация на ядрото „Дви-

жение и енергия“ от учебната програма на ниво стандарти, теми, нови понятия [9].

2. На базата на този анализ беше разработена структура на учебното съдържание за случаите, когато физиката е трети или четвърти профилиращ предмет. Това се наложи поради факта, че планираният констатиращ дидактически експеримент предстоеше да се осъществи в групи, при които физиката е трети или четвърти профилиращ предмет. По-подробното разглеждане на структурата е представено в [10].

3. Разработен беше и първият теоретичен модел за формиране на понятието ентропия чрез общите характеристики на понятието. Бяха направени и съответните методически разработки за реализиране на този теоретичен модел в учебния процес. [10]

В предлаганата структура за изучаване на топлинните явления и процеси е използван теоретичният модел за формиране и развитие на понятието въз основа на трите характеристики – съдържание, обем и връзки на понятието с други понятия. Тук сме се позовали на теоретичните концепции на психолозите В. Давидов и Д. Денев. Формирането на понятието ентропия се предвижда да се реализира предимно в темите „Втори принцип на термодинамиката“, „Работа, енергия, ентропия“, „Топлинни процеси и явления“.

В теоретичния модел въвеждането на понятието ентропия се предвижда да стане в темата „Втори принцип на термодинамиката“. [1] Трите характеристики на понятието ентропия се предлага да се разгледат както следва:

А. Съдържанието на понятието започва да се изучава, когато ентропията S се дефинира от термодинамична гледна точка чрез изменението на тази величина ($\Delta S = \Delta Q/T$). Учениците усвояват съдържанието на новото понятие чрез усвояване на знания за изменение на ентропията при изотермен процес, протичащ в изолирана макросистема. Съдържанието на понятието се разширява чрез дефиниране на ентропията от молекулно-кинетична гледна точка, където се използва термодинамична вероятност за дадено състояние и ентропията се представя като мярка за молекулния хаос.

Б. Обемът на понятието се разкрива при разглеждане на ентропията като критерий за обратимост или необратимост на процес, протичащ в изолирана термодинамична система. Разширяването на обема на понятието става в тема „Топлинни машини“ при описание на процесите в цикъла на Карно и изучаване на първата и втора теорема на Карно.

В. Връзката на понятието ентропия с други понятия се разкрива в темите „Работа, енергия, ентропия“ и „Топлинни процеси и явления“ [1, 2].

Чрез формулата $\Delta S = \Delta Q/T$ се изразява връзката между величините ентропия S , количество топлина Q и температура T . Тази връзка се разкрива и при разглеждането на величините работа A , енергия E и ентропия S . Разглеждането на понятията ентропия и енергия в термодинамиката позволява да се разкрие физическият смисъл на тези понятия и да се установи различието между ентропия, температура и количество топлина.

Трети етап. Обхваща периода февруари 2004 – февруари 2005 г.

I. През този период бе планиран, организиран и проведен дидактически експеримент на разработения първи теоретичен модела за формиране на понятието ентропия.

С цел да се провери ефективността на създадения теоретичен модел за изучаване на понятието ентропия в обучението по физика в 11 клас, през учебната 2003/2004 г. в 10 СОУ „Теодор Траянов“ – София, бе проведен дидактически експеримент с две паралелки, за които физиката е четвърти профилиращ предмет, от учителката по физика г-жа Калина Тонева .

Резултатите от апробацията на първия теоретичен модел с използване на част от избраните методи за дидактически изследвания са отразени в [10].

Активното наблюдение, използвано като дидактически метод за изследване на учебно-възпитателния процес, показва положителни резултати по отношение на включването на учениците в процеса на формиране на новото понятие. Усвояването на понятието ентропия от учениците беше проверено чрез дидактически тест след изучаването на раздела [10]. След количествения анализ на резултатите от теста могат да се направят следните изводи.

1. По отношение усвояването на съдържанието на понятието ентропия над 70% от учениците са отговорили правилно на задачите, свързани с тази характеристика на новото понятие. Дефиницията на понятието ентропия от молекулно-кинетична гледна точка е усвоена от над 78% от учениците. Този резултат малко се различава от резултата при задачата, изискваща дефиниция на понятието ентропия от термодинамична гледна точка. От една страна, това се дължи на дефиницията за ентропия, дадена и в двата учебника за 11 клас, въпреки че в предлагания теоретичен модел е дадено определение на ентропията в рамките и на термодинамиката, и на молекулно-кинетичната теория. От друга страна, дефиницията на понятието ентропия като мярка за молекулярния хаос е еднозначна и по-разбираема за учениците.

От гледна точка на термодинамиката величината ентропия се пред-

ставя чрез нейното изменение, което се отнася до третата характеристика на понятието-връзката му с други величини. Това преплитане между характеристиките на понятието при неговата дефиницията създава известни затруднения за учениците. Въпреки че учениците са усвоили съдържанието на понятието ентропия от молекулно-кинетична гледна точка, само 50% от тях го прилагат в конкретна ситуация. Това е така, защото в случая задачата изисква знания за връзката между понятието ентропия и вероятност. Потвърждава се предположението, че третата характеристика на понятието е съществена за усвояването му и главно за изграждане на умения за използването на понятието при решаване на различни проблеми в практиката.

2. Една от задачите, свързани с понятието ентропия, се оказва най-трудна за учениците на фона на 19 задачи в теста. Това е задачата, изискваща определяне на обратимостта или необратимостта на посочените в условието на задачата процеси. Само 9,4% от учениците са решили задачата. Причината за това вероятно е, че в задачата се изисква ученикът да умее да прилага знанията си за ентропия, свързани с обема на понятието.

3. Задачите, които проверяват уменията на учениците да прилагат знанията си за понятието ентропия в конкретни ситуации, са две-количествена и качествена. Количествената задача е решена от 22% от учениците, а качествената задача, която е свързана с третата характеристика на понятието ентропия, е решена от 72% от учениците. Това показва, че знанията за новото понятие ентропия по отношение връзката му с други понятия са усвоени главно на качествено ниво.

Въз основа на получените резултати и техния анализ по отношение усвояването от учениците на понятието ентропия чрез неговите три характеристики може да направим следните изводи: 75% от учениците са усвоили съдържанието на понятието ентропия, 32% – обема на понятието ентропия, и 47%-връзки на понятието ентропия с други понятия.

В резултат на проведената апробация бяха направени съответни корекции в методическите разработки на уроците от първия теоретичен модел.

II. Основният дидактически експеримент за формиране и развитие на понятието ентропия въз основа на първия теоретичен модел беше проведен през учебната 2004/2005 г. В него участваха две групи по физика в 12 клас: 22 ученици от 23 СОУ „Фредерик Жулио Кюри“ и 20 ученици от 68 СОУ „Никола Обрешков“, София, за които физиката е съответно трети и четвърти профилиращ предмет. Дидактическият експеримент се реализира чрез констатиращ, формиращ и заключителен експеримент [11, с. 173].

Целта на констатиращия експеримент е да установи входното ниво на знания и умения за топлинните явления на учениците, които участват в експеримента. Този експеримент се провежда преди учениците да са усвоили новото учебно съдържание, свързано с термодинамиката и молекулно-кинетичната теория като физични теории, изучаващи топлинните явления и процеси. Проверява се равнището на техните досегашни знания, получени от задължителната подготовка по физика в осми клас. За констатиращия експеримент са разработени критериални дидактически тестове за установяване на входното ниво на знанията на учениците. Входящият тест е разработен на базата на тест-спецификация в два варианта А и В, всеки от които съдържа 14 тестови въпроса и задачи със свободен (открит тип) и структуриран отговор (закрит тип).

Тестът след формиращия експеримент също е разработен на базата на тест-спецификация в два варианта А и В и съдържа 18 тестови въпроса и задачи от открит и закрит тип. Задачите, с които се проверяват знанията на учениците за понятието ентропия, изискват от учениците:

- да дефинират ентропията от термодинамична гледна точка;
- да дефинират ентропията като мярка за молекулярния хаос от молекулно-кинетична гледна точка;
- да определят реални природни процеси като обратими или необратими, използвайки знанията си за понятието ентропия и нейното изменение;
- да решават количествени и качествени задачи, като използват определението за величината ентропия от термодинамична и молекулно-кинетична гледна точка;
- да решават проблем, в който се прилагат знания за връзката между величините ентропия, температура и количество топлина.

Определени са следните характеристики на отделните тестови въпроси: трудност и дискриминативна сила, също така са изследвани качествата на тестовете надеждност и валидност като цяло [12, с. 210].

Анализът от наблюдението при провеждане на формиращия експеримент показва положителни резултати по отношение на включването на учениците в реализирането на отделните етапи при формирането на новото физично понятие. Учениците са добре мотивирани и с желание се включват в различни дейности на учебно-възпитателния процес. Широко е използвана самостоятелната работа в обучението.

След направения количествен анализ на резултатите по отношение на усвояването на трите характеристики на понятието ентропия-обем, съдържание и връзки на понятието с други понятия-могат да бъдат направени следните изводи:

1. По отношение усвояването на съдържанието на понятието ентропия голям брой ученици са отговорили правилно на задачите, свързани с тази характеристика на понятието. Определението на понятието ентропия от молекулно-кинетична гледна точка е усвоена от 95% от ученици. Този резултат малко се различава от резултата при задачата, изискваща дефиниция на понятието ентропия от термодинамична гледна точка. Понятието ентропия могат да прилагат в конкретна задача 98% от учениците. В случая задачата изисква знания за връзката между ентропия и вероятност, а учениците са усвоили съдържанието на понятието ентропия от гледна точка на молекулно-кинетичната теория.

2. Една от задачите в теста се оказва най-трудна за учениците – това е задачата, изискваща определяне на обратимостта или необратимостта на посочените процеси. Само 14,3% от учениците са решили тази задача. Причината е, че при решаването ѝ ученикът трябва да умее да прилага знанията си за ентропия, свързани с обема на новото понятие.

3. Две от задачите са свързани с използване на ентропията в конкретни случаи и изискват знания на учениците за връзката на ентропията с други понятия. Качествената и количествената задача са решени от 71% от учениците. Този резултат показва, че са усвоени знанията за понятието ентропия по отношение на връзката му с други понятия.

Въз основа на получените резултати и техния анализ по отношение на усвояването от учениците на понятието ентропия чрез неговите три основни характеристики можем да направим извода, че 97% от учениците са усвоили съдържанието на понятието ентропия, 56% – обема на понятието ентропия, и 71% – връзките на понятието ентропия с други понятия.

III. През посочения период беше разработен и втори теоретичен модел за формиране на понятието ентропия, който се основава на теоретичните постановки за поэтапното формиране на едно понятие [13,14]. Формирането и развитието на сложните и абстрактни физични понятия като материя, движение, маса, сила, работа, енергия е сложен и продължителен във времето процес. Той може да включва различни етапи в зависимост от конкретното понятие.

За новото понятие ентропия е разработен теоретичен модел, в който са представени следните етапи при формирането и развитието на това понятие [15]

1. Конкретно-чувствено възприятие на обекти, свързани с понятието

Този етап обикновено се осъществява в различни условия като домашни

наблюдения, наблюдения на обекти, демонстрирани от учителя или в процеса на фронтален експеримент, по време на работа с материали, предавания по телевизията и др.

В процеса на формиране на понятието ентропия този етап започва да се реализира още в първата тема – „Идеален газ“. При изучаване на дифузията учителят прави демонстрационен опит за дифузия на газове, а по-късно учениците провеждат фронтален експеримент за дифузия на течности. Анализират се проведените опити, при което учениците сами обясняват и формулират съответните изводи.

Реализацията на първия етап продължава и в следващата тема „Първи принцип на термодинамиката“. Тук се изучават топлообмен и изотермен процес и се прилага първият принцип на термодинамиката при качествен и количествен анализ на двата процеса. При изучаване на топлообмена учителят може да използва демонстрационния експеримент за определяне на изменението на вътрешната енергия ΔU на вода в калориметър, където водата се нагрява от проводник, по който тече електричен ток.

Друга възможност е използването на фронтален експеримент за топлообмен между две тела с различна температура или други подходящи за целта демонстрационни опити.

При анализа на опитите е важен изводът, че първият принцип на термодинамиката не забранява самопроизволното преминаване на системата от крайно състояние в начално, но с този принцип не е възможно да се определи посоката на протичане на процесите в системата.

В края на изучаване на втората тема учениците стигат до изводите, че общото при разгледаните дифузия, топлообмен и изотермен процес е това, че и в трите случая крайното състояние на системата е устойчиво и че системата самопроизволно не може да се върне в началното си състояние.

Описаните по-горе опити са емпирична база за усвояване на понятията обратим и необратим процес. Обръща се внимание, че при обратимите процеси трябва да съществуват и процеси, при протичането на които се отстраняват последствията върху околната среда, причинени от протичането на първоначалните процеси. В противен случай първоначалните процеси са необратими. Чрез разгледаните примери за обратими и необратими процеси се стига до необходимостта от въвеждане на критерий за обратимост или необратимост на процесите. Така се мотивира въвеждането на новото понятие ентропия.

2. Изразяване на общите, съществени свойства на наблюдаваните обекти. Абстрахиране

След подробното изучаване на преносните процеси-дифузия, осомо-

за, топлопроводност и вътрешно триене, в темата „Молекулно-кинетична теория на газове“ учениците стигат до извода, че в разгледаните процеси равновесното състояние е устойчиво. При тези процеси системата не може самопроизволно да се върне в първоначалното си състояние. Подчертава се също, че природните процеси протичат в определена посока и за описанието им е необходимо въвеждане на нова макровеличина, която да характеризира равновесното състояние на системата и която да позволява да се определя посоката на протичане на процесите в нея.

Абстрахирането, т.е. въвеждането на съответен термин за означаване на общите и съществени свойства на наблюдаваните обекти, в случая въвеждането на термина ентропия, се осъществява при изучаване на темата „Втори принцип на термодинамиката“. В началото на часа учителят актуализира знанията на учениците за преносните процеси, при които термодинамичната система не се връща самопроизволно в началното си състояние. От прилагането на първия принцип на термодинамиката за система, в която процесът протича обратно, става ясно, че той е в сила и за процесите, протичащи в посока обратна на посоката на естествените процеси. Вътрешната енергия като характеристика на състоянието на системата не дава отговор на въпроса за посоката на горепосочените процеси.

Стига се до извода, че е необходимо да се въведе нова физична величина, която да характеризира термодинамичната системата като цяло и с която да се определя посоката на протичане на процеса. Такава величина има във физиката. Тя е функция на състоянието на системата и нейната числената стойност е свързана с устойчивостта на равновесното състояние на системата. Тази величина е подобна на величината енергия и затова Клаузиус избира термин, с който да я обозначи и който да е близък до този за понятието енергия. Така Клаузиус въвежда термина ентропия.

3. Определение на понятието

Обикновено при формулиране на определението за дадено понятие се използват родовите и видовите отличия на понятието.

Реализирането на този етап от процеса на формиране на понятието ентропия става в тема „Втори принцип на термодинамиката“, при втората точка от плана на урока – „2. Ентропия на равновесна термодинамична система“.

В първа точка от плана на урока се разглеждат обратими и необратими процеси. За да премине към втората точка от плана учителят изис-

ква от учениците да посочат примери за дифузия на газове, течности и твърди тела, примери за други процеси на пренос, както и примери за топлообмен и да отговорят на въпросите: Обратими или необратими са процесите в приведените примери? Възможно ли е без външна намеса да протекат обратните процеси в тези случаи?

По този начин учителят цели да се провокира мисленето на учениците и те сами да достигнат до извода, че процесите топлопроводност, дифузия и вътрешно триене са необратими. Друг извод, до който достигат учениците, е необходимостта от въвеждане на критерий за обратимост или необратимост на протичащ процес в изолирана термодинамична система. Такъв критерий се оказва физичната величина ентропия.

За да се даде определение на понятието ентропия на този етап, се разглежда случаят за равновесна термодинамична система. Така се стига до определението за ентропия чрез нейното изменение $\Delta S = \Delta Q/T$. Тук понятието ентропия може да се определи чрез рода и вида на понятието, т.е. ентропията е физична величина, чието изменение се определя от горното равенство в разглеждания случай на равновесна термодинамична система.

4. Установяване на връзки на понятието с други понятия

При този етап се осъществява конкретизация на новото понятие, при което се разкриват връзките му с други, усвоени по-рано от учениците понятия. В нашия случай на този етап се разкрива връзката на понятието ентропия с понятията температура и количество топлина. Учениците знаят, че изменението на ентропията на една термодинамична система се определя чрез температурата на системата и количеството топлина, получено или отдадено от системата при тази температура.

Чрез беседа се анализират различни случаи, за да се стигне до извода, че когато системата получава количество топлина при дадена температура ентропията нараства, и обратно – когато системата отдава количество топлина ентропията намалява. Тук може да се реши и подходяща задача например от [1, с. 74]. По този начин се установява връзката на ентропията с количеството топлина.

За установяване на връзката на ентропията с температурата подходящо е да се разгледа процесът топлообмен между две тела, когато едното тяло е с температура T_1 , а другото – с температура T_2 , намиращи се в изолирана система [2, с. 64]. В случая се установява, че когато температурата T_1 е по-голяма от температурата T_2 , изменението на ентропията е по-голямо от нула. Това означава, че при топлообмен между две тела, съответно с температури T_1 и T_2 в една изолирана

система ентропията на системата нараства и топлообменът в системата се извършва от по-топлото към по-студеното тяло.

5. Приложение на понятието при решаване на тренировъчни задачи

Целта на този етап е да се изградят у учениците умения да оперират с понятието при решаване на тренировъчни задачи. При решаването на такива задачи се стига до уточняване и затвърдяване на новите знания за връзките и отношенията на новото понятие с други понятия, усвоени по-рано от учениците, а също така и по-нататъшното разграничаване на тези понятия.

В конкретния случай учителят дава на учениците да решават тренировъчни задачи, при решаването на които те трябва да използват формулата за изменение на ентропията. При този тип задачи учениците затвърдят и разширяват знанията си и за усвоените по-рано понятия температура и количество топлина. Така на този етап се решава и друга дидактическа цел – учениците да могат да разграничават усвоените вече понятия температура и количество топлина от новото понятие ентропия. Подходящи за тази цел са задачите в [1, стр. 75–78] и в [2, стр. 63–64].

6. Обогащаване на понятието

Обогатяването на понятието в процеса на неговото формиране се нарича проявяването на нови съществени свойства на обектите, отразени в съзнанието на учениците с помощта на даденото понятие. Етапът на обучение, който съответства на обогатяването на понятието, е възлова точка в развитието на понятието.

За понятието ентропия този етап се реализира при изучаване на темата „Топлинни машини“ [1], и по-конкретно при изучаване на първата и втората теорема на Карно.

Още при изучаването на цикъла на Карно в случая на идеален газ чрез беседа се анализират двата изотермни и двата адиабатни процеса, чрез които се осъществява този цикъл. Тук учениците определят какви са измененията на ентропията при всеки един от тях. Интерес представляват равновесните адиабатни процеси, за които се доказва, че са изотропийни. Цикълът на Карно се представя чрез TS диаграми [1, 84–85]. Друга възможност за обогатяване на понятието ентропия е доказателството на втората теорема на Карно като отново се използва TS диаграма [2, с. 86].

7. Вторично, по-пълно определение на понятието

На този етап въз основа на усвоените нови признаци на понятията, отразяващи в съзнанието на учениците съществените свойства на класа обекти, се дава ново по-пълно определение на понятието или се въвежда ново определение, допълващо първоначалното, разкриващо нови страни на понятието.

В нашия случай този етап се реализира след изучаване на понятието ентропия от термодинамична гледна точка, когато в темата „Втори принцип на термодинамиката“ учениците изучават ентропията и от молекулно-кинетична гледна точка и се използва статистически подход. Тук след изучаване на термодинамична вероятност се въвежда молекулен хаос като характеристика на макроскопичната система. Тогава ентропията се разглежда като мярка за молекуления хаос на дадено състояние на една система. Учениците трябва да разберат, че ентропията на състоянието на системата е по-голяма, когато е по-голяма хаотичността на движението на частиците в системата при дадени условия, т.е когато хаосът е по-голям. А това означава, че и вероятността за осъществяване на молекуления хаос е по-голяма.

Темата „Втори принцип на термодинамиката“ е важна и с това, че при нея има възможност да се сравнят понятията вътрешна енергия и ентропия, а това позволява да се разкрие и разликата между тях. Чрез беседа учениците установяват, че ентропията и вътрешната енергия характеризират състоянието на една макроскопична система. Но тук е важно да се подчертае и съществената разлика между ентропията и вътрешната енергия. Ентропията е свързана с различието между насоченото и хаотичното движение на градивните частици, а вътрешната енергия – с механичната енергия на съвкупността от градивните частици.

При тази тема може да се направи сравнение между ентропията, работата и количеството топлина. Чрез беседа учениците сами трябва да установят, че докато ентропията характеризира състоянието на макроскопичната система, то работата и количеството топлина характеризират процесите, в които участва тази система.

За да се убедят учениците, че ентропията се различава и от температурата, може да се използват примери за процеси в природата, при които температурата остава постоянна, а ентропията нараства. В това отношение подходящ е примерът в [1, с.71].

8. Класификация на понятието

Целта на този етап е да се уточнят и обобщят знанията за връзките и отношенията на новото понятие с други вече формирани понятия. По

този начин учениците се запознават със същността и правилата на научната класификация, разкриват нейното значение за систематизиране на знанията.

Този етап се реализира в урок за решаване на физични задачи или в урок за преговор и обобщение. В началото на урока с цел актуализиране на знанията се използва самостоятелна работа, чрез която учениците сами попълват таблица за следните физични величини: количество топлина, работа, вътрешна енергия и ентропия. За всяка от тях учениците посочват обозначението на величината, дават нейното определение, посочват мерната единица и написват формулите, изразяващи връзките с други величини.

Чрез беседа учениците си припомнят, че ентропията и енергията са физични величини, функции на състоянието на системата, а работата и количеството топлина са величини, характеризиращи процесите на преминаване на системата от едно състояние в друго при взаимодействие с околната среда.

Също чрез беседа вниманието на учениците се насочва към двата термодинамични принципа. Подчертава се, че докато първият принцип на термодинамиката е свързан с изменението на вътрешната енергия, то вторият принцип на термодинамиката може в най-общ вид да се разглежда като закон за нарастване на ентропията.

9. Приложение на понятието при решаване на задачи

Този етап също може да се реализира в урок за решаване на задачи или в урок за преговор и обобщение. В случая за понятието ентропия на този етап учениците трябва да приложат своите знания за ентропията от термодинамична и от молекулно-кинетична гледна точка при решаване на качествени и количествени задачи. Предлагат се задачи, при които съществено да се използват формулата за изменение на ентропията и вторият принцип на термодинамиката. Може да се включат въпроси и задачи, при които да се затвърждават и връзките на понятието ентропия с други понятия – вътрешна енергия, работа, количество топлина, температура. Подходящи за целите на такива уроци са задачите, посочени в темите 1, 2, 3, 4 и 5 в [1], както и задачите, предложени в част I „Топлинни явления“ в [2].

За целите на дидактическото изследване се използват следните методи:

- Дидактически тестове;
- Методи на експертните оценки;

- Активно наблюдение;
- Дидактически експеримент.

В структурата на дидактическия експеримент бяха включени:

Констатиращ експеримент – с него се цели да се установи нивото на знания и умения на учениците в началото на експерименталното въздействие. Входното ниво се проверява чрез предварително разработен тест, който включва знания за топлинните явления и процеси, усвоени в 8 клас.

Формиращ експеримент – неговата цел е практическо реализиране на двата теоретични модела за формиране и развитие на понятието ентропия при изучаване на топлинните явления и процеси в избираемата подготовка по физика в 11 клас.

Заклучителен експеримент – целта му е да се установи нивото на знания и умения на учениците след експерименталното въздействие. Провежда се чрез предварително разработен тест за установяване на изходното ниво на знания и умения на учениците за понятието ентропия и топлинните явления и процеси. Провежда се количествен и качествен анализ на резултатите от дидактическия експеримент и се правят съответните констатации и изводи.

При дидактическите изследвания беше използван и следният инструментариум:

1. Дидактически тестове – с тях се установява входното и изходното ниво на знания и умения на учениците. Всеки тест е разработен в два варианта. Изследвани са следните характеристики на тестовете: трудност и дискриминативна сила на отделните тестови задачи, средна трудност на теста, надеждност и валидност.

2. Метод на експертните оценки – с него се установява съответствието между съдържанието на отделните тестови задачи и поставените образователни и възпитателни цели на тестовете. По този начин може да се определи и съдържателната валидност на последните.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов, Хр. и др. Физика и астрономия за 11 клас-профилирана подготовка. С., 2002.
2. Максимов, М. и др. Физика и астрономия за 11 клас-профилирана подготовка. С., 2002.
3. Димитрова, В., Е. Миланова. Сборник доклади от XXXII национална конференция по въпроси на обучението по физика. Благоевград, 2004, 182.
4. Димова, В. Автореферат на дисертация. С., 2001.
5. Милиева, Д. Сборник „Езикът: история и съвременност“. Шумен, 2002.
6. Мерджанова, Я. *Педагогика*, 3, 2000, 14.
7. Научно развитие на педагогическите кадри. В. Търново, 2002.

8. Цацова, Д. За психологическите основи на обучението. С., 2005.
9. Учебна програма по физика и астрономия 11 клас-II равнище, Учебни програми, IV част, МОН, 2003.
10. Димитрова, В., Е. Миланова. *Физика*, **6**, 2004, 37. Бижков, Г., В. Краевски. Методология и методи на педагогическите изследвания. С., 2002.
12. Бижков, Г. Теория и методика на дидактическите тестове. С., 1996.
13. Десев, Л., Психология на учебния процес. С., 1993.
14. Усова, А., Формирование у школьников научных понятий в процессе обучения. М., 1986.
15. Димитрова, В., Е. Миланова. *Физика*, **4**, 2005, 204.

Постъпила декември 2005

Веселина Димитрова
Софийски университет „Св. Климент Охридски“
Физически факултет
Катедра „Методика на обучението по физика“
Бул. „Джеймс Баучер“ 5А
1164 София, България
E-mail: veselina@phys.uni-sofia.bg