

КПД – тема за практико-теоретично изследване

Заглавието на тази кратка бележка е, разбира се, провокационно – сред класификациите на физичните задачи няма нито “практико-теоретични”, нито “теоретико-практически”. Сега обаче, когато ролята на прагматичния подход в обучението расте, когато на все по-преден план излиза целта да покажем ясно мястото и ролята на физичните знания във всекидневието, да учим учениците да правят оценки и т.н., търсенето и използването на задачи като разглежданата по-долу може да спомогне както за по-задълбоченото усвояване и осъзнаване на изучаваните закономерности, така и за привеждане обучението в съответствие със споменатите тенденции. С две думи – **да търсим физиката около нас!**

Величината коефициент на полезно действие (КПД) в училище изучаваме при разглеждане на:

– механика, когато се отчитат загубите на механична енергия поради триене и съпротивление (напр. при прости механизми);

– термодинамика, когато се отчитат ограниченията върху преобразуването на вътрешната енергия в работа, налагани от втория принцип (напр. при действието на топлинните машини);

– процесите при протичане на ток в различни електрични и магнитни устройства, когато се отчитат загуби в джаулева топлина, за пренамагнитване, от излъчване и т.н. (далеч не винаги и не във всички случаи).

Ако излезем обаче от едно по-широко разбиране за **КПД като отношение между оползотворена и изразходвана енергия**, кръгът от случаите, в които можем да говорим за КПД, се разширява значително. По-долу предлагаме един пример в това отношение. Да разгледаме действието на един бързовар. Обикновено смятаме, че неговият КПД е 100 %, защото цялото количество отделена топлина се предава на водата, в която е потопен. Колко е обаче **изразходваната енергия**? ако излезем от неизбежната предпоставка, че изразходвано е онова, за което плащаме, отговор на поставения въпрос дават показанията на електромера преди включване и след изключване на уреда.

Възможно ли е, ако нагревател (или въобще електроуред) с мощност P работи време t , произведението Pt да се различава от отчетеното по електромера количество електроенергия E ? Възможно е, и една от очевидните причини за това са загубите в джаулева топлина, отделена в проводниците, по които тече токът от електромера до уреда. Тогава бихме могли да говорим не за КПД на уреда, а на домашната електрическа инсталация и именно този КПД е меродавен, когато се определя колко трябва да платим за изразходваната електроенергия. Като отчетем, че токът през уреда и по съединителните проводници е един и същ, от закона на Джаул–Ленц лесно получаваме, че КПД на инсталацията η е равен просто на отношението между съпротивлението R_0 на уреда и общото съпротивление ($R_0 + R$) на цялата система (R – съпротивлението на съединителните проводници), т.е. $\eta = \frac{R_0}{R_0 + R}$. Тъй като обикновено не съпротивлението R_0 на консуматора е известно, а неговата мощност P , има смисъл да се изследва зависимостта на η от P , като посредством връзката $P = \frac{U^2}{R_0}$ на формулата се придаде вид:

$$(1) \quad \eta = \frac{1}{1 + \frac{PR}{U^2}},$$

където U е номиналното напрежение на повечето консуматори в домакинствата.

На тази основа можем да поставим пред учениците следната, за сега “теоретична” задача.

1. Нека построят графика на зависимостта (1) по няколко нейни точки, като зададат фиксирана стойност на R от порядъка на 1–3 Ω (съединителните проводници са винаги едни и същи, независимо от мощността на уредите, които сме включили в даден момент), и при $U = 220 \text{ V}$. Графиката трябва да ги убеди, че така дефинираният КПД намалява с увеличаване на мощността на включените потребители (или все едно – с увеличаване на броя на потребителите), но тази зависимост се проявява едва при твърде големи мощности. Да достигнат до извода, че когато мощността на тези потребители расте неограничено, то $\eta \rightarrow 0$ (ако са наясно с процесите във веригата, те трябва да съобразят, че далеч преди това ще изгорят бушоните).

2. При фиксирана стойност на P (напр. 1000 W) по аналогичен начин да изследват зависимостта на η от съпротивлението R на съединителните проводници.

3. Отново при фиксирано P , като използват зависимостта $R = \rho \frac{l}{S}$, да изследват поотделно зависимостите на η от дължината l на съединителните проводници и от тяхното напречно сечение S .

Резултатите ще подсказат защо, въпреки стремежа за пестене на метали, в домашните електрически инсталации не се използват много тънки проводници.

С това “теоретичната” част на задачата може да приключи и може да се пристъпи към “практическата”.

Поставете на учениците задачи:

1. Да оценят общата дължина на проводниците от електромера до един от стенните контакти (да не пропуснат факта, че проводниците са два!). Тъй като инсталациите са скрити, точно измерване не е възможно. Достатъчна е оценка с точност няколко метра.

2. Да намерят сведения за диаметъра на съединителните проводници (чрез консултация със специалист, използване на справочник или пряко измерване – ако разполагат с подходящо парче от проводника).

3. Да пресметнат КПД на инсталацията за случая, когато в контакта е включен нагревател с мощност примерно 1 kW.

4. Да потопят нагревателя в съд с вода и го включат за известно време (напр. $t = 10 \text{ min}$), като отчетат по показанията на електромера консумираната електроенергия E . След това да пресметнат КПД като отношение Pt/E , да сравнят резултата с пресметнатия теоретично и да коментират евентуалните причини за получената разлика (топлинни загуби от изпарение, топлопроводност и т.н., загуби в съединителните проводници).

И накрая следва може би най-важната част: **оценка** на смисъла на цялата тази дейност:

1. Резултатът трябва да покаже, че пресметнатият по формулата (1) КПД ще започне да се отклонява от 1 при такива големи мощности на консуматорите, каквито предпазителите на инсталацията не могат да издържат. (Обикновено инсталацията на един апартамент е пресметната да издържи консумация до 10–15 kW.) С други думи – излишно е да се безпокоим за загубите на енергия в съединителните проводници, когато ползваме обикновени консуматори.

2. Нека учениците намерят сведения за точността на битовите електромери (тя може да е означена върху самия уред, може да се потърси в БДС, да се консултират в лаборатория за проверка на електромерите, със специалист и т.н.). Ако при дадена мощност на консуматора пресметнатата разлика $(1 - \eta)$ се окаже по-малка или дори

сравнима с грешката, която допуска електромерът, може да смятаме, че КПД на инсталацията е 100 %.

От направените разглеждания е ясно, че в тази насока са възможни както усложнения на разглежданията, така и опростявания – всичко е въпрос на избор от страна на учителя. (Така например пресмятанията и оценките може да включат съпротивленията на контактите, факта, че самата номинална мощност на уредите се задава с определена точност – когато на един нагревател е отбелязано, че мощността му е 1 kW, това съвсем не означава, че тя е точно 1000 W и ред други.)

Следващо обобщение може да включва обсъждане на ефективността на цялата електропреносна мрежа на страната. Учениците може да потърсят в подходящи източници сведения за общите загуби на електроенергия в нашата страна. Ако към загубите се причисли и онази немалка част от произведената електроенергия, която се изразходва за поддържане на самото производство в електростанциите, те не може да не останат учудени от числата, които ще научат. И само когато станат наясно с всички влияещи върху ефективността фактори, един ден в бъдеще те ще могат компетентно да обсъждат и вземат решения по въпроси, свързани с енергетиката, а чрез нея – и с екологията.

Дейността в тази насока може да бъде организирана в рамките на един семинарен урок, на една дискусия, на цяло едно изследване или в друга подходяща форма.

Предлагането на учениците на подобни теми е полезно от различни гледни точки. Преди всичко то извежда ученика от стандартната ситуация на учебникарските задачи, в които всичко необходимо е зададено и трябва само да се съобрази кои закономерности и как да се използват – останалото обикновено е въпрос на алгебрични преобразования и пресмятания. Със съдържащия се изследователски елемент задачи като разгледаната поставят ученика в нова ситуация, в която той сам трябва да действа, да съобразява, да търси информация от различни източници, да преценява доколко даден фактор е съществен за разглеждания проблем, дали може да се пренебрегне и т.н. – все дейности, които ще му се наложи да извършва в реалния живот. Обикновено физиката в подобни задачи не е сложна (за разлика от отбелязаните със звездичка задачи от сборниците), но процесът на решаването позволява на ученика да вникне в този физика по-пълно и да оцени практическото ѝ значение. В този процес обаче ученикът следва непрекъснато да се насочва и коригира от учителя.

Всеки търсещ учител би могъл да състави подобни задачи – достатъчно е да се огледа наоколо.