# THE ANIMATION OF THERMODYNAMIC ACTIONS IN GASES ANIMACE TERMODYNAMICKÝCH DĚJŮ V PLYNECH

### Pindor D., Filípek J.

Ústav techniky a automobilové dopravy, Agronomická fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika.

E-mail: xpindor@node.mendelu.cz, filipek@mendelu.cz

### ABSTRACT

The multimedia courseware built-up by software Macromedia Flash displays by visual demonstration state changes of gases in all contexts. In each of animations in threedimensional area a point moves on thermodynamic surface. Position of the point is synchronized with state changes of the gas, which is closed in cylinder with movable piston. On the basis of input parameters and trajectory of the point student is going to calculate all of the state quantities. Subsequently acquired results compares with right values.

Keywords: state changes of gas, thermodynamic surface, animation

### ABSTRAKT

Multimediální výukový program sestavený pomocí software Macromedia Flash názorně zobrazuje stavové změny plynu ve všech souvislostech. V jednotlivých animacích se v trojrozměrném prostoru po termodynamické ploše pohybuje bod. Poloha bodu je synchronizována se stavovými změnami plynu, který je uzavřen ve válci s pohyblivým pístem. Na základě vstupních parametrů a trajektorie pohybu bodu student vypočítá všechny stavové veličiny. Získané výsledky následně porovná se správnými hodnotami.

Klíčová slova: stavové změny plynu, termodynamická plocha, animace

## ÚVOD

Všude kolem nás neustále probíhají termodynamické děje, aniž si to člověk uvědomuje. Typickým příkladem strojů a zařízení fungujících na principu termodynamických změn jsou pracovní cykly spalovacích motorů, kompresorů, tepelných čerpadel nebo chladicích zařízení.

Úkolem tohoto projektu je vytvoření výukového programu, který umožní studentům pochopit fyzikální principy stavových změn plynu. Program obsahuje plynulé animace stavových změn a tabulky, které student vyplní na základě termodynamických výpočtů.

### OVLÁDÁNÍ VÝUKOVÉHO PROGRAMU

Po spuštění programu se zobrazí stránka s trojrozměrným grafem termodynamické plochy (Obr. 1). Student má za úkol posunout se z výchozího bodu **1** do konečného bodu **6**.

Program nabízí pět možných způsobů přesunu po termodynamické ploše:

- průběh (1-3-6) izochorická + izobarická změna
- průběh (1-4-6) izobarická + izochorická změna
- průběh (1–5-6) izotermická + izochorická změna
- průběh (1-2-6) adiabatická + izochorická změna
- průběh (1-6) polytropická změna

V tomto případě si student zvolil průběh (1-2-6).

#### Obr. 1 Termodynamická plocha s vyznačenými stavovými změnami



Poté se zobrazí stránka, na které se nachází termodynamická plocha a model válce s plynovou náplní uzavřenou pohyblivým pístem (Obr. 2). Plášť válce a píst jsou dokonale tepelně izolovány. Dno válce může být dokonale tepelně vodivé, dokonale tepelně izolované, popř. nedokonale tepelně izolované. Přívod tepla je zajištěn plamenem, odvod tepla vodní sprchou. Působení vnějších sil je vyvozeno tíhou ocelových kuliček, popř. pomocí zarážek. Ve válci lze navodit všechny vratné termodynamické změny ideálního plynu (izotermickou, izobarickou, izochorickou, adiabatickou a polytropickou). V našem případě po stisknutí tlačítka (Obr. 2) proběhne nejprve adiabatická a poté izochorická stavová změna (Obr. 3).

Ovládacími tlačítky lze animaci zastavit, znovu spustit, postupovat vpřed či vzad po krocích a nebo vrátit animaci na začátek.

Obr. 2 Adiabatická stavová změna



Obr. 3 Izochorická stavová změna



Po skončení termodynamických procesů začne student vyplňovat bílá políčka v tabulce (Obr. 4). Nejprve v levé části vypočítá stavové veličiny **p**, **V**, **T**. Potom v pravé části tabulky doplní množství tepla vyměněného s okolím **Q**, změny stavových funkcí  $\Delta U$ ,  $\Delta I$ ,  $\Delta S$ , objemovou práci **A** a technickou práci **A**<sub>t</sub>.

Obr. 4 Doplnění tabulky vypočtenými hodnotami



Po kliknutí myší do růžových políček v tabulce (Obr. 5) si student může ověřit správnost vypočtených hodnot.

Obr. 5 Kontrola vypočtených hodnot



Přednastavené hodnoty v zadání platí pro vzduch, ale je možné je změnit (Obr. 6). Vstupní veličiny měrných tepelných kapacit  $\mathbf{c}_v$ ,  $\mathbf{c}_p$  a polytropického exponentu **n** si může student upravit podle druhu použitého plynu a podmínek příslušné stavové změny. Rovněž si může změnit i množství plynu **m**, jeho počáteční teplotu **T**<sub>1</sub> a počáteční objem **V**<sub>1</sub>. Po stisknutí šedého tlačítka s černou šipkou se přepočítá hodnota měrné plynové konstanty **r**, Poissonovy konstanty **k** a tlak plynu **p**<sub>1</sub> uzavřeného ve válci.





## ZÁVĚR

Výukový program velmi jednoduše a přehledně znázorňuje teorii termodynamických dějů v plynech, a proto doporučuji jeho využití v rámci studia vědní disciplíny termomechanika. Předností je nejenom názornost, ale i možnost aplikace termodynamických zákonů ve výpočtech, což studenta aktivně zapojí do výuky.

### LITERATURA

Rousek, M., Filípek, J., Klepárník, J.: Termodynamika a energetické stroje - cvičení. MZLU Brno 2001, s. 59, ISBN 80-7157-500-3.

Pavelka, M. a kol.: Termomechanika. CERM Brno 2003, s. 286, ISBN 80-214-2409-5.

Fotr, J.: Macromedia Flash MX. Computer Press Praha 2002, s. 355, ISBN 80-7226-677-2.