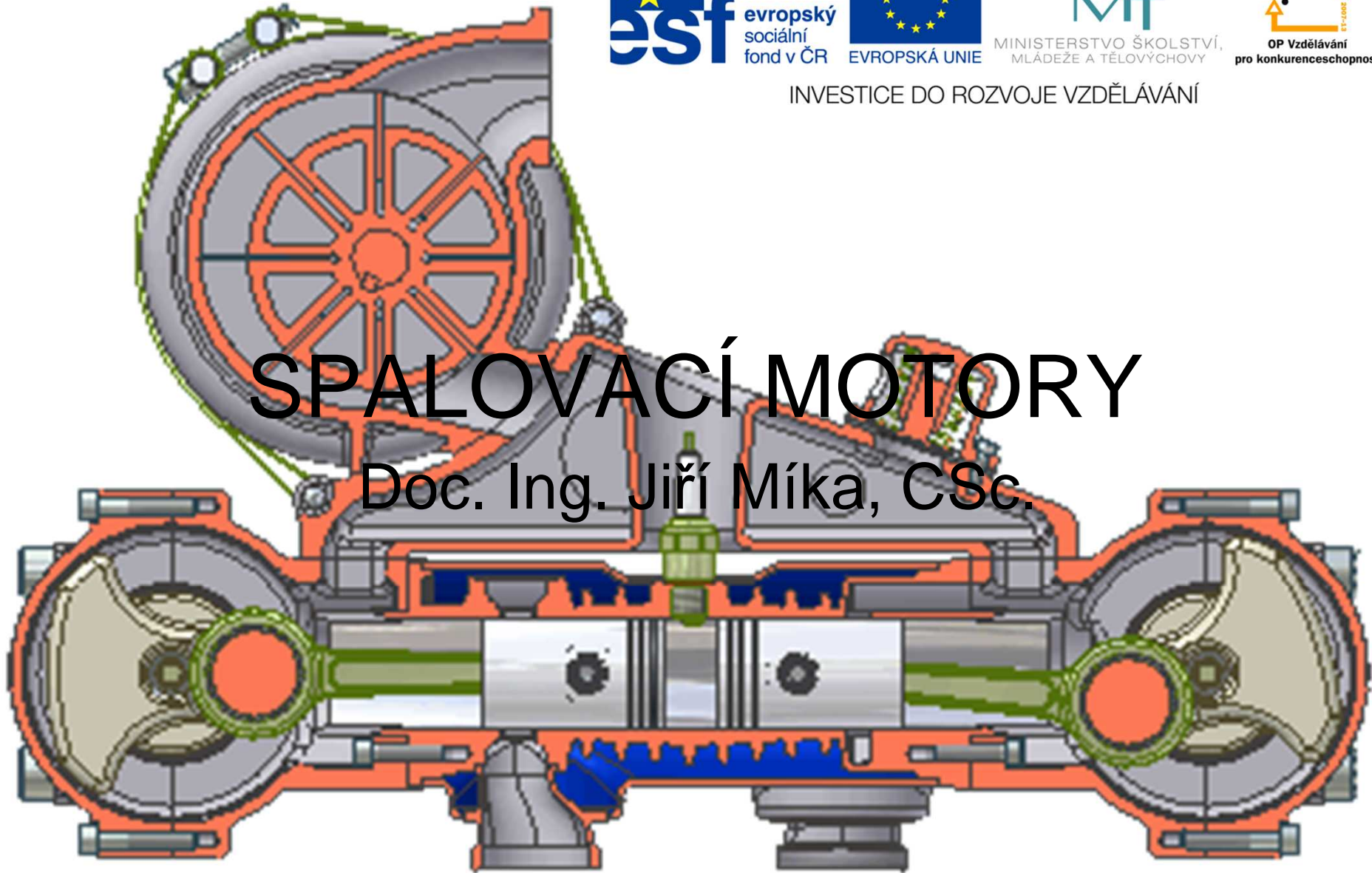


SPALOVACÍ MOTORY

Doc. Ing. Jiří Míka, CSc.



Rozdělení

Podle způsobu práce:

- Objemové (pístové)
- Dynamické

Podle uspořádání:

- S vnitřním spalováním
- S vnějším přívodem tepla



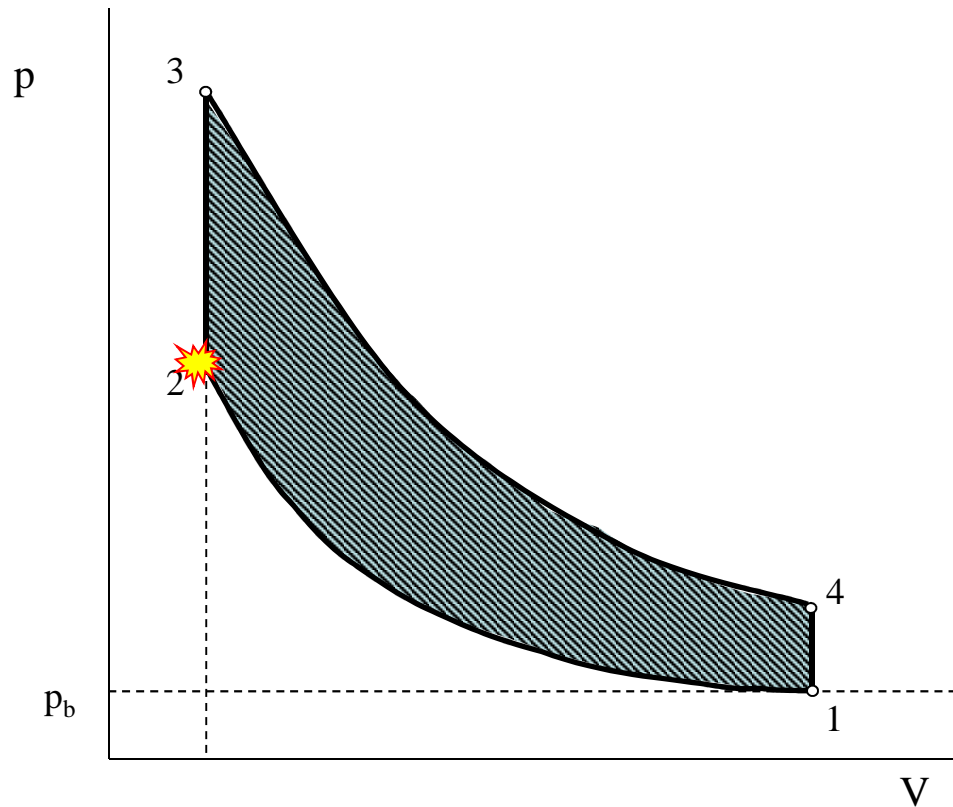
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Ideální oběhy pístových spalovacích motorů s vnitřním spalováním

Zážehový motor – Ottův cyklus



1-2 adiabatická komprese

2 iniciace spalování jiskrou

2-3 izochorický přívod tepla

3-4 adiabatická expanze

4-1 izochorický odvod tepla

Plocha oběhu představuje jeho práci



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



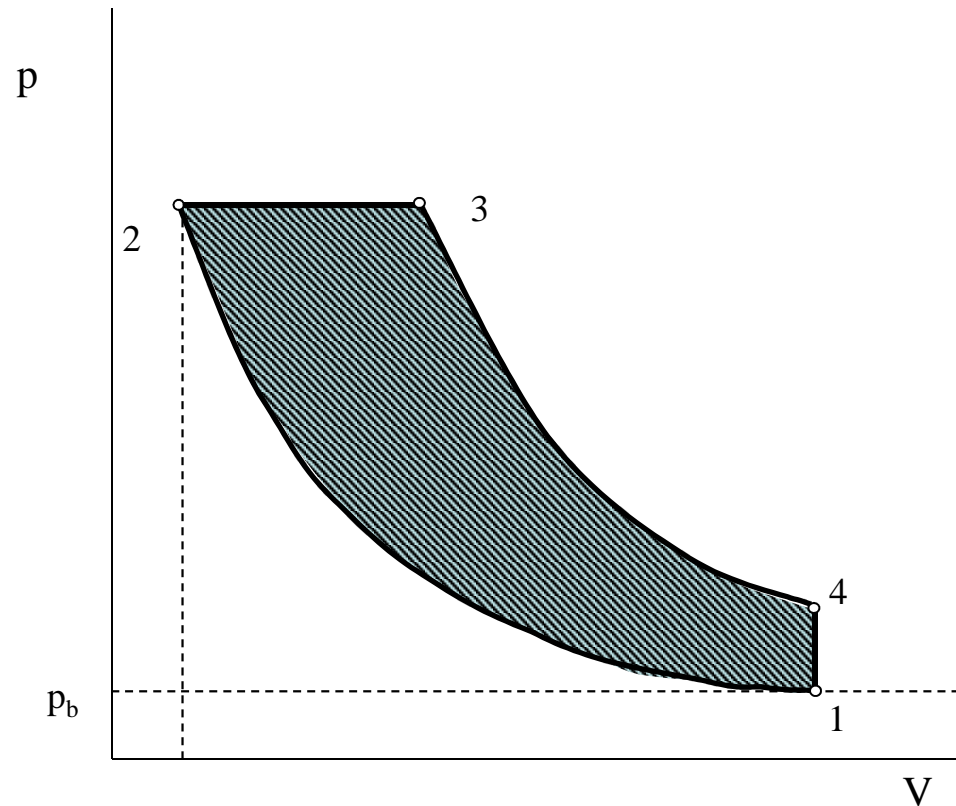
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vznětový motor – Diesselův cyklus



1-2 adiabatická komprese

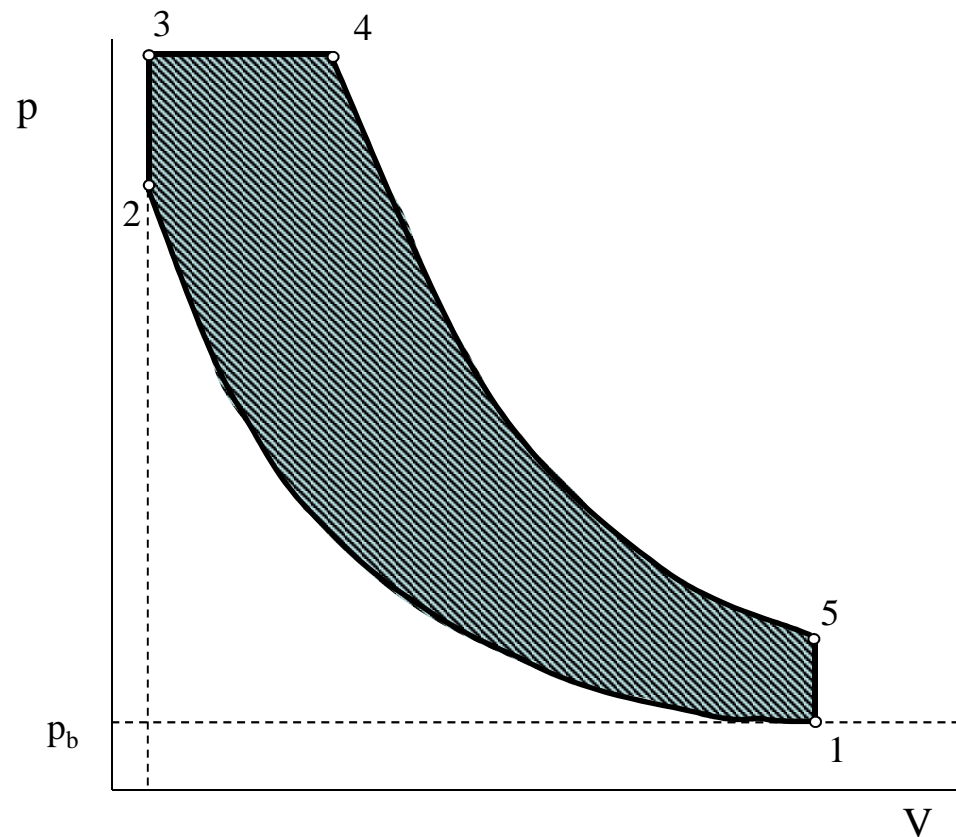
2-3 izobarický přívod tepla

3-4 adiabatická expanze

4-1 izochorický odvod tepla

Plocha oběhu představuje jeho práci

Smíšený motor – Sabatheův cyklus



1-2 adiabatická komprese

2-3 izochorický přívod tepla

2-3 izobarický přívod tepla

3-4 adiabatická expanze

4-1 izochorický odvod tepla

Plocha oběhu představuje jeho práci

Porovnání cyklů

- Teplota na konci komprese u Ottova cyklu musí být nižší než zápalná teplota směsi – kompresní poměr je nízký ($\varepsilon \leq 10 - 11$)
- Teplota na konci komprese u Dieselova cyklu musí být vyšší, než zápalná teplota - kompresní poměr je vyšší ($\varepsilon = 15 - 18$)
- Teplota na konci komprese u Sabatheova cyklu musí být vyšší než u Dieselova - kompresní poměr je vyšší ($\varepsilon \geq 20$)



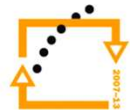
evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



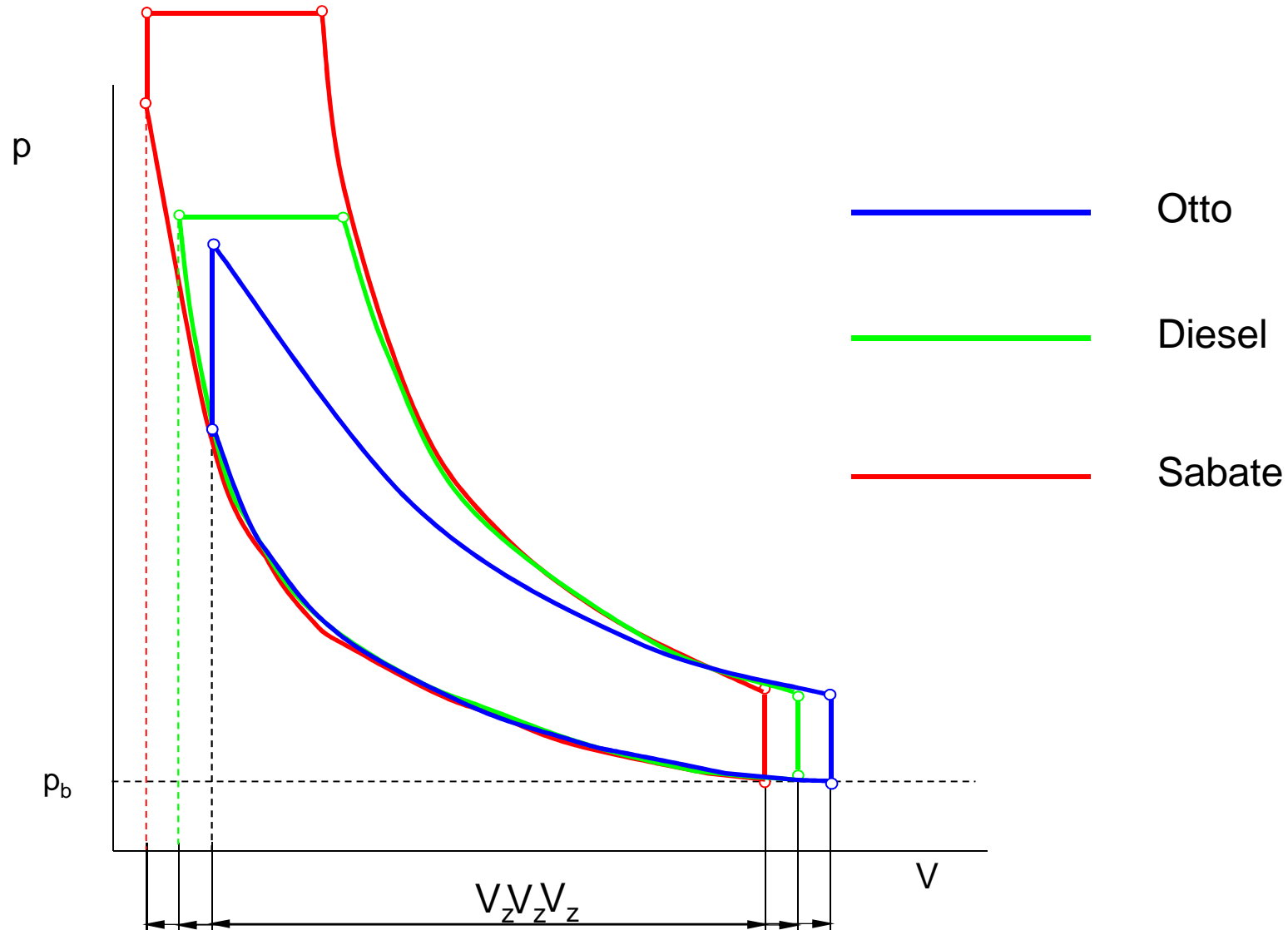
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Konstrukční provedení

pístových spalovacích motorů s vnitřním spalováním

Tyto motory pracují v otevřeném cyklu, to znamená, že pro každý cyklus je nutno přivést nové pracovní médium a na konci cyklu odvést spaliny. Podle provedení rozeznáváme:

- Motory čtyřdobé – potřebují pro jeden cyklus dvě otáčky
- Motory dvoudobé – jeden cyklus proběhne během jedné otáčky



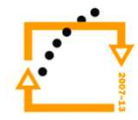
evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



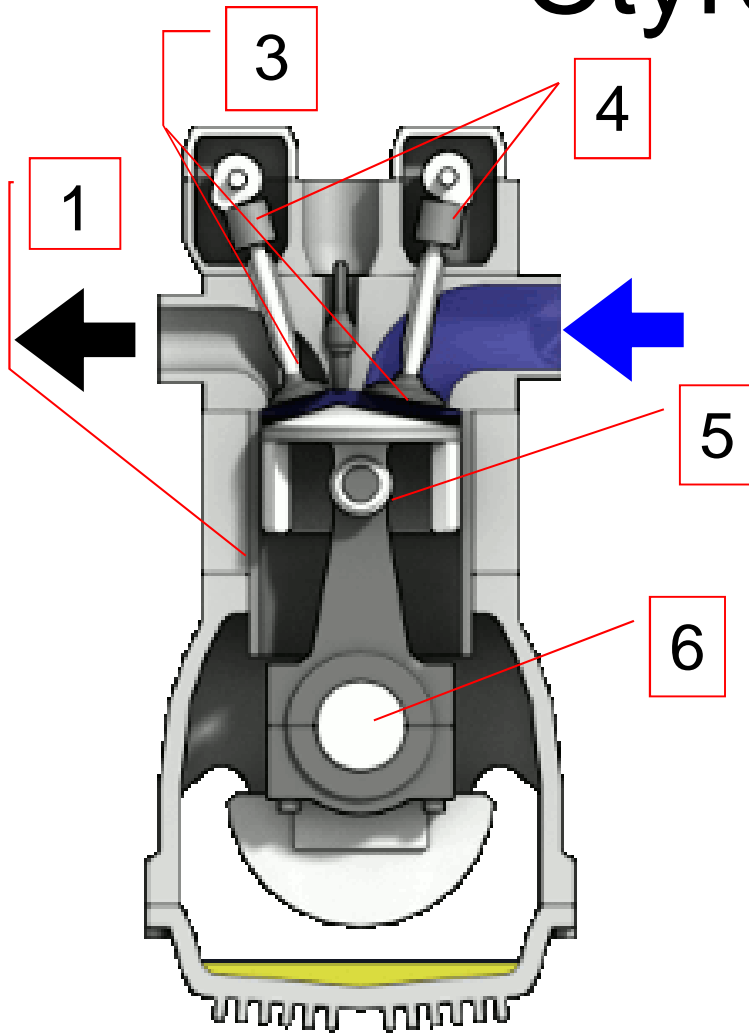
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

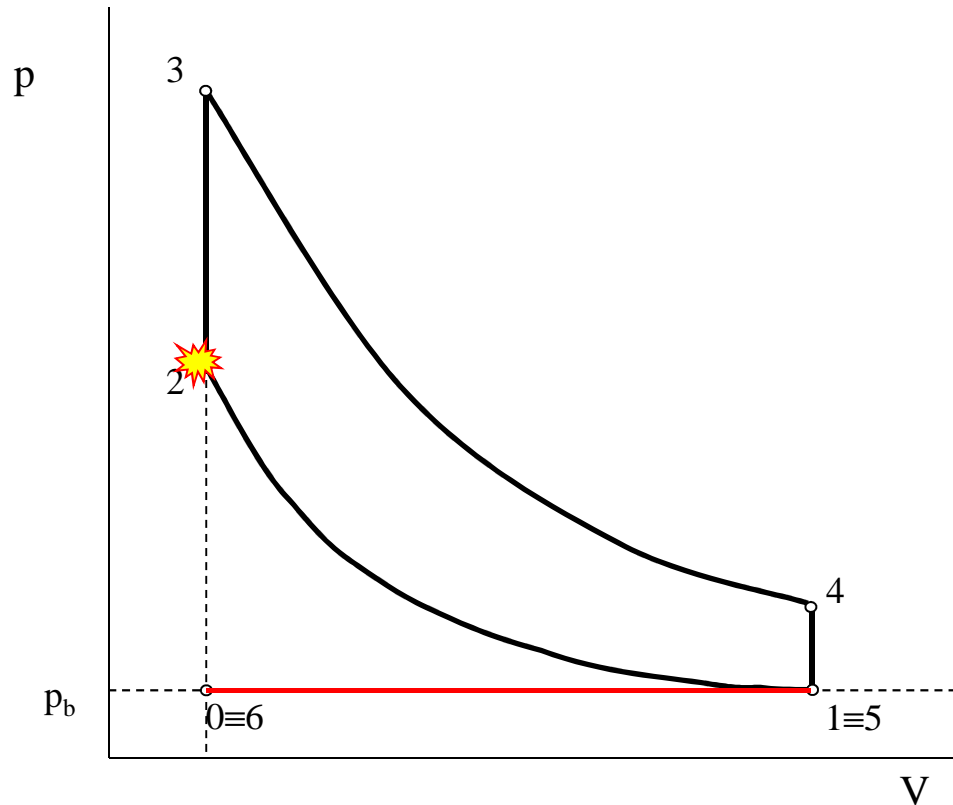
Čtyřdobý motor



Pracovní prostor motoru je tvořen válcem (1), který je na jedné straně uzavřen pevnou hlavou válce (2), v níž jsou umístěny rozvodné orgány – ventily (3), které jsou nuceně otvírány rozváděcím mechanismem (4). Na druhé straně je válec uzavřen pohyblivým pístem (5), který se pohybuje z horní úvrati (poloha nejbližší k hlavě válce) do dolní úvrati. Pohyb pístu je ovládán převodovým mechanismem (6), kterým je u naprosté většiny motorů zkrácený klikový mechanismus

Ideální cyklus

čtyřdobého zážehového motoru



0-1 Isobarické sání $p_0 = p_b$

1-2 adiabatická komprese

2 iniciace spalování jiskrou

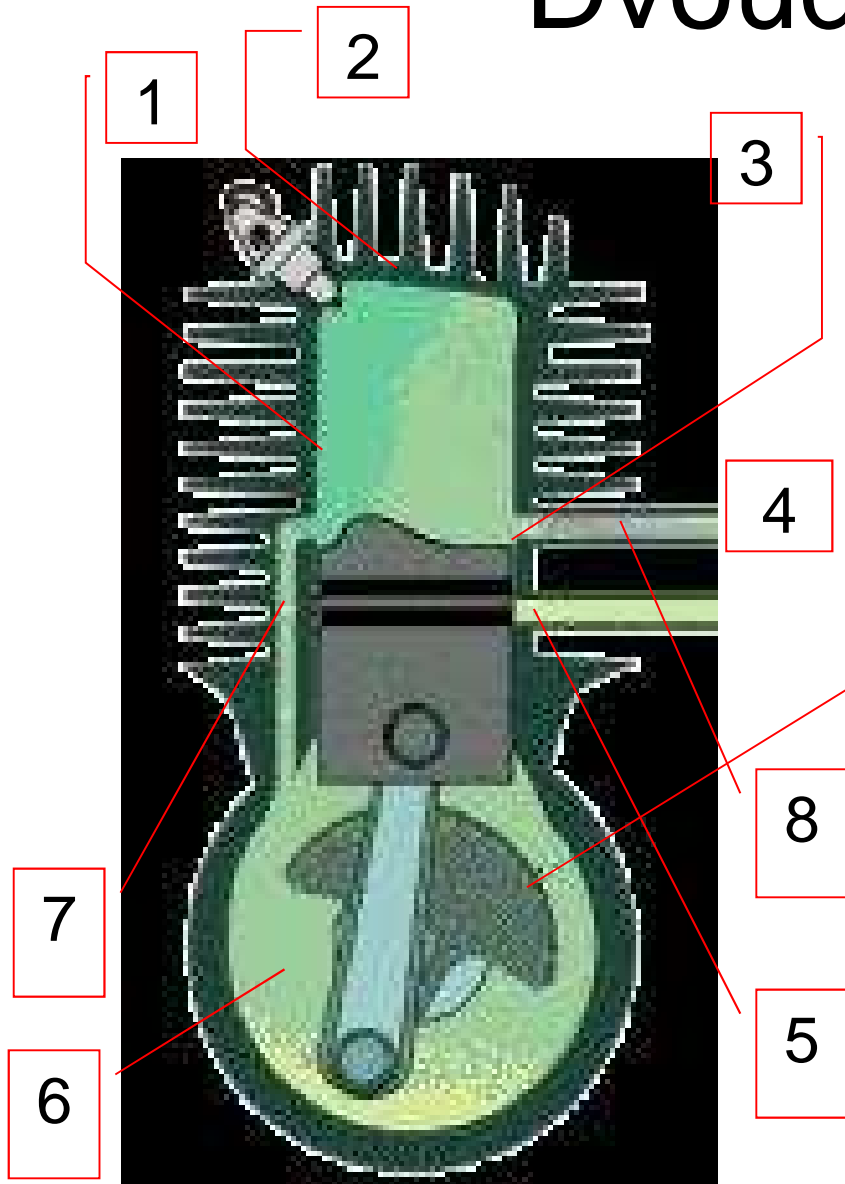
2-3 izochorický přívod tepla

3-4 adiabatická expanze

4-1 izochorický odvod tepla

0-1 Isobarický výfuk $p_5 = p_b$

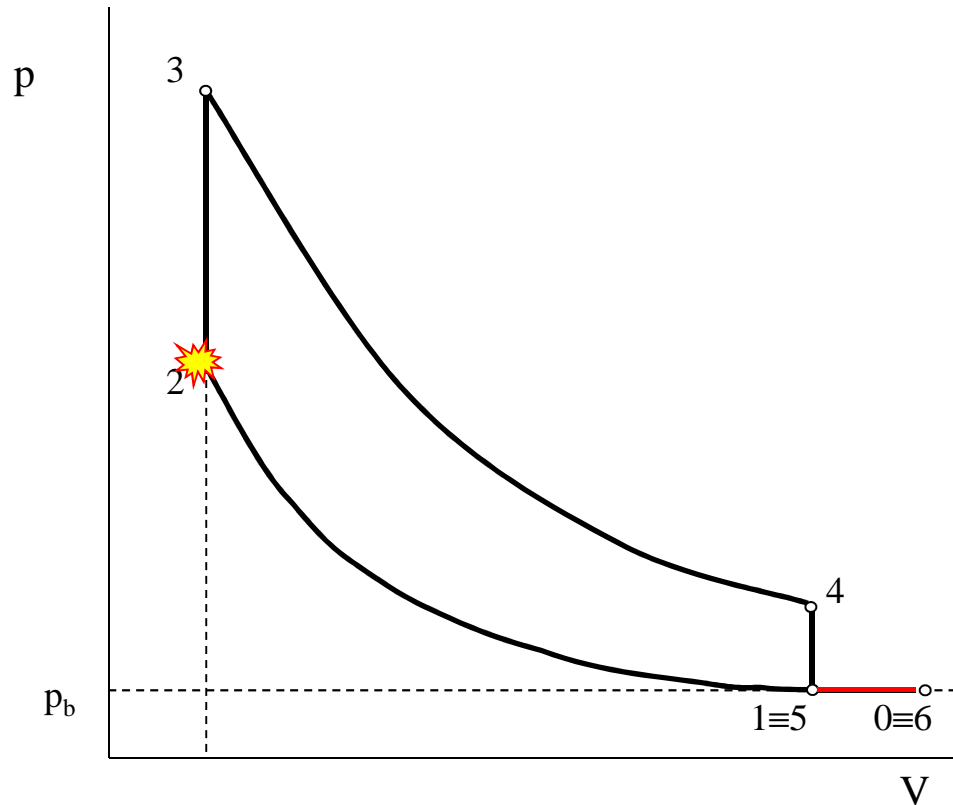
Dvoudobý motor



Pracovní prostor motoru je tvořen válcem (1) s pevnou hlavou válce (2). Na druhé straně je válec uzavřen pohyblivým pístem (3), který se pohybuje z horní úvrati (poloha nejbližší k hlavě válce) do dolní úvrati. Pohyb pístu je ovládán převodovým mechanismem (4). Medium je přiváděno vstupním kanálem (5) do klikové skříně (6) a odtud přepouštěcím kanálem (7) do pracovního prostoru. Výfukové plyny jsou odváděny výfukovým kanálem (8).

Ideální cyklus

dvoudobého zážehového motoru



1-2 adiabatická komprese

2 iniciace spalování jiskrou

2-3 izochorický přívod tepla

3-4 adiabatická expanze

4-1 izochorický odvod tepla

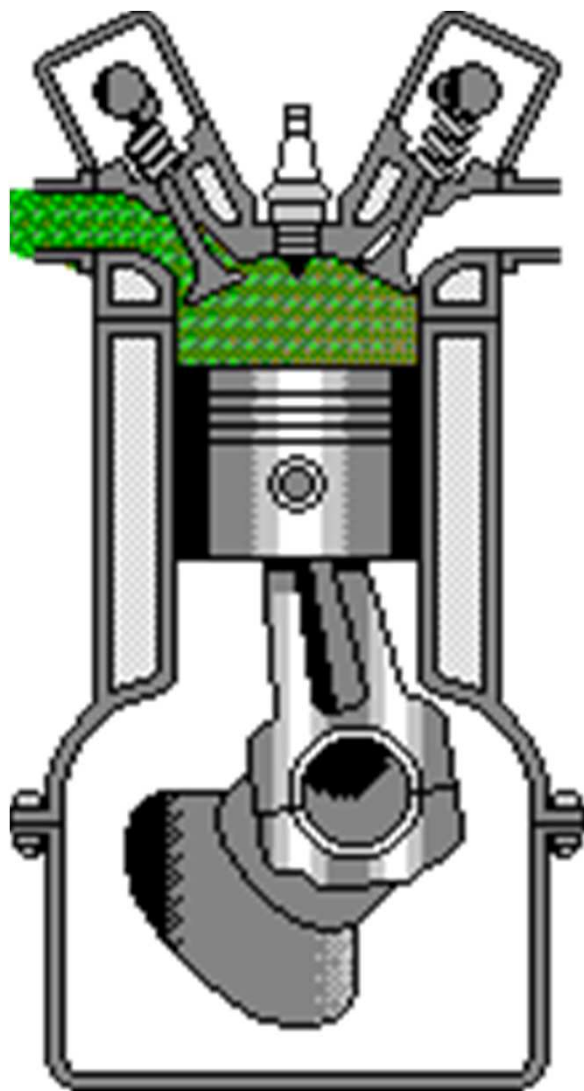
5-6 Isobarický výfuk $p_5 = p_b$

0-1 Isobarické sání $p_0 = p_b$

Čtyřdobý



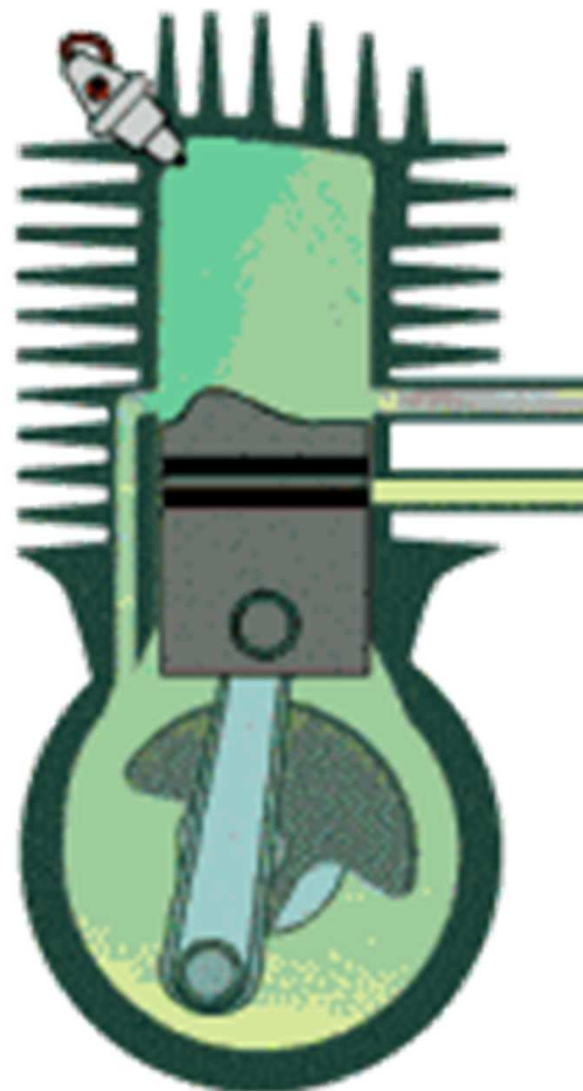
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Dvoudobý



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Výkon čtyřdobého a dvoudobého motoru

Dvoudobý

Čtyřdobý

$$P_{4d} = A_C \cdot n$$

$$P_{4d} = A_C \cdot \frac{n}{2}$$

Výkon dvoudobého motoru s ideálním cyklem je při stejných parametrech motoru dvojnásobný. U skutečného motoru bývá udávám poměr výkonů

$$P_{2d} = 1,4 - 1,8 P_{4d}$$



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Výhody a nevýhody

Výhody dvoudobého motoru:

- Vyšší měrný výkon
- Jednodušší konstrukce

Nevýhody dvoudobého motoru:

- Nižší účinnost
- Horší emisní parametry

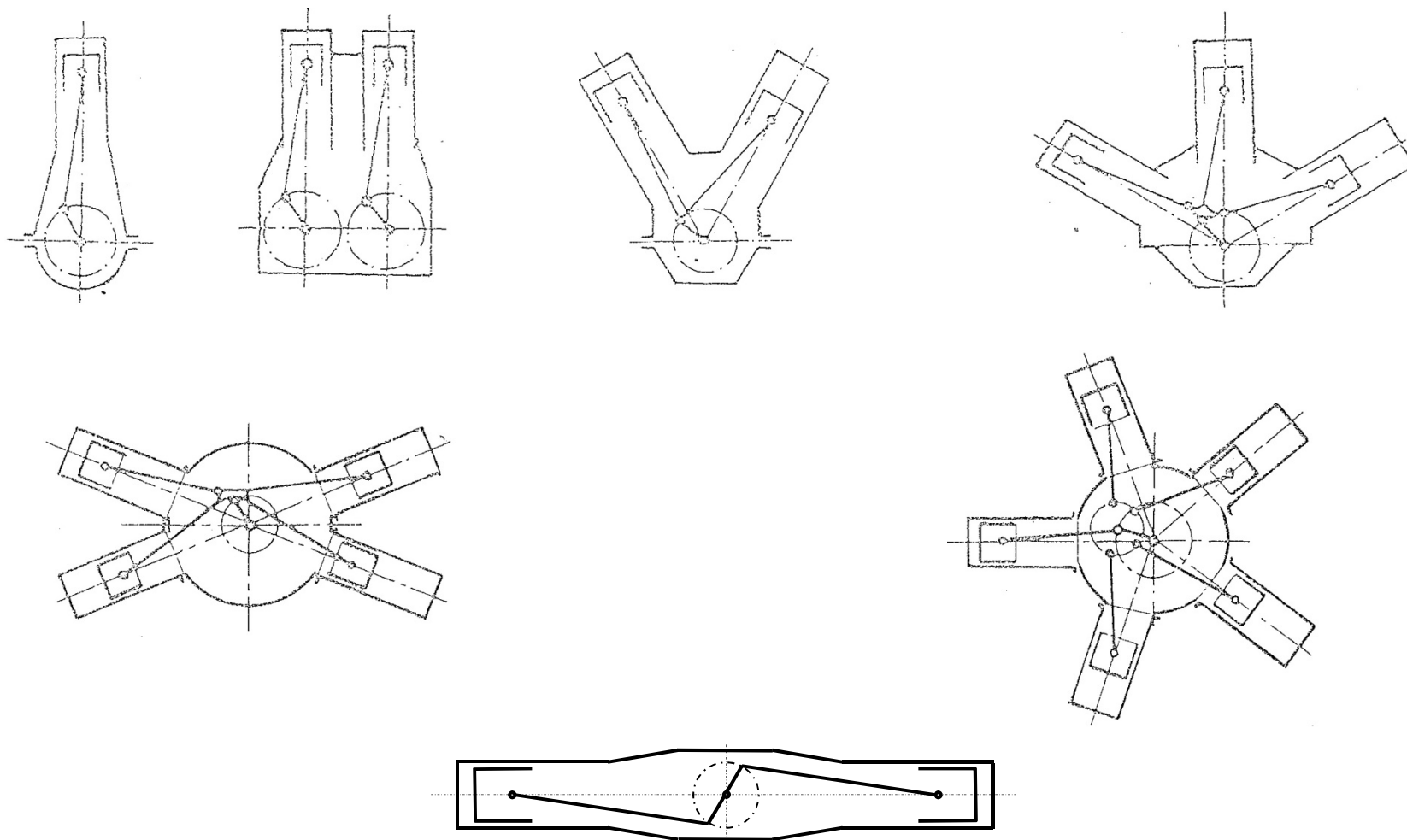


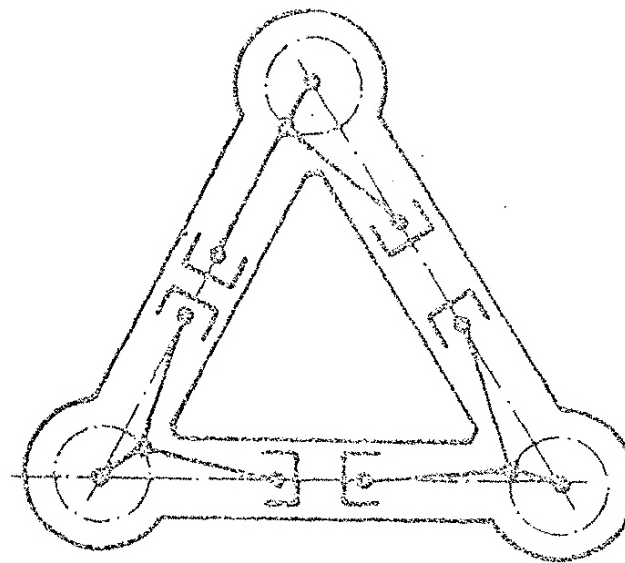
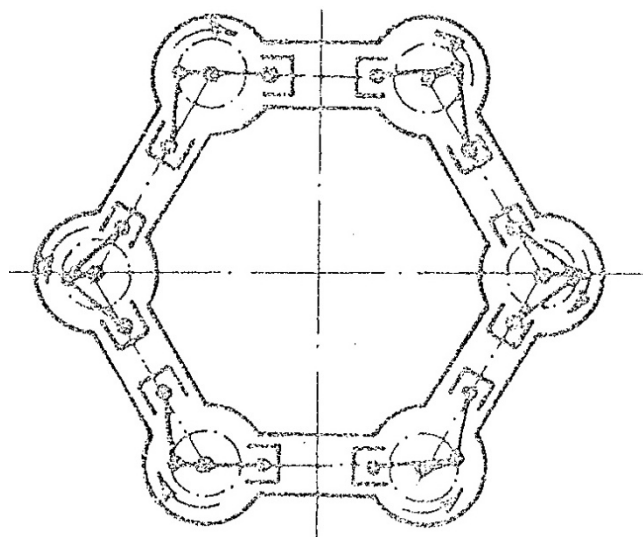
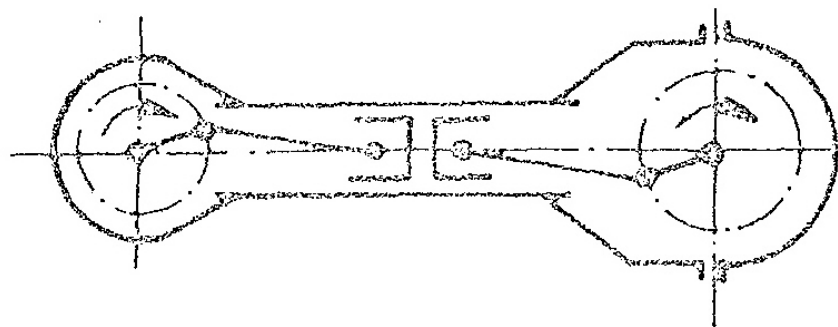
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Víceválcové motory

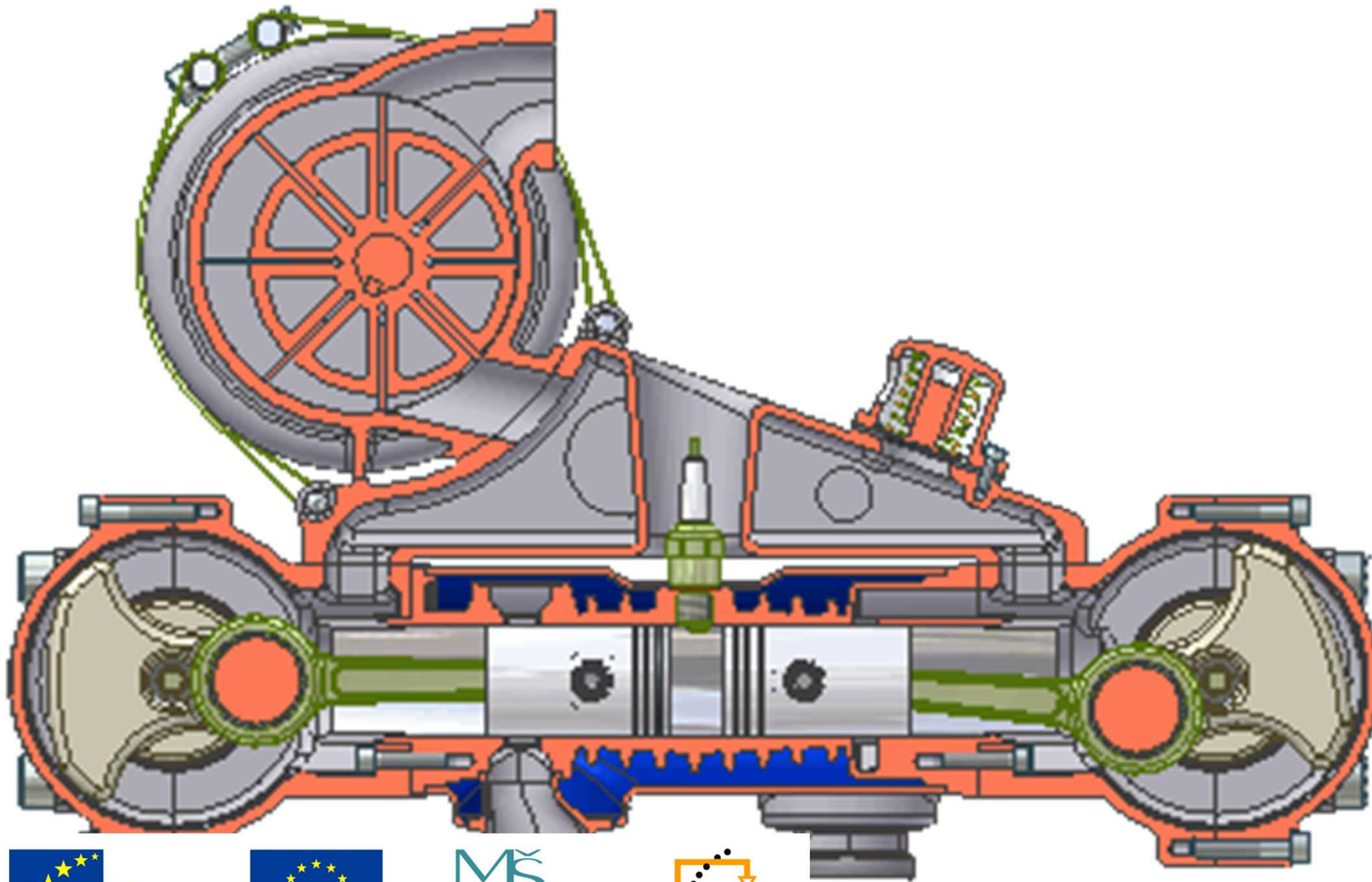


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

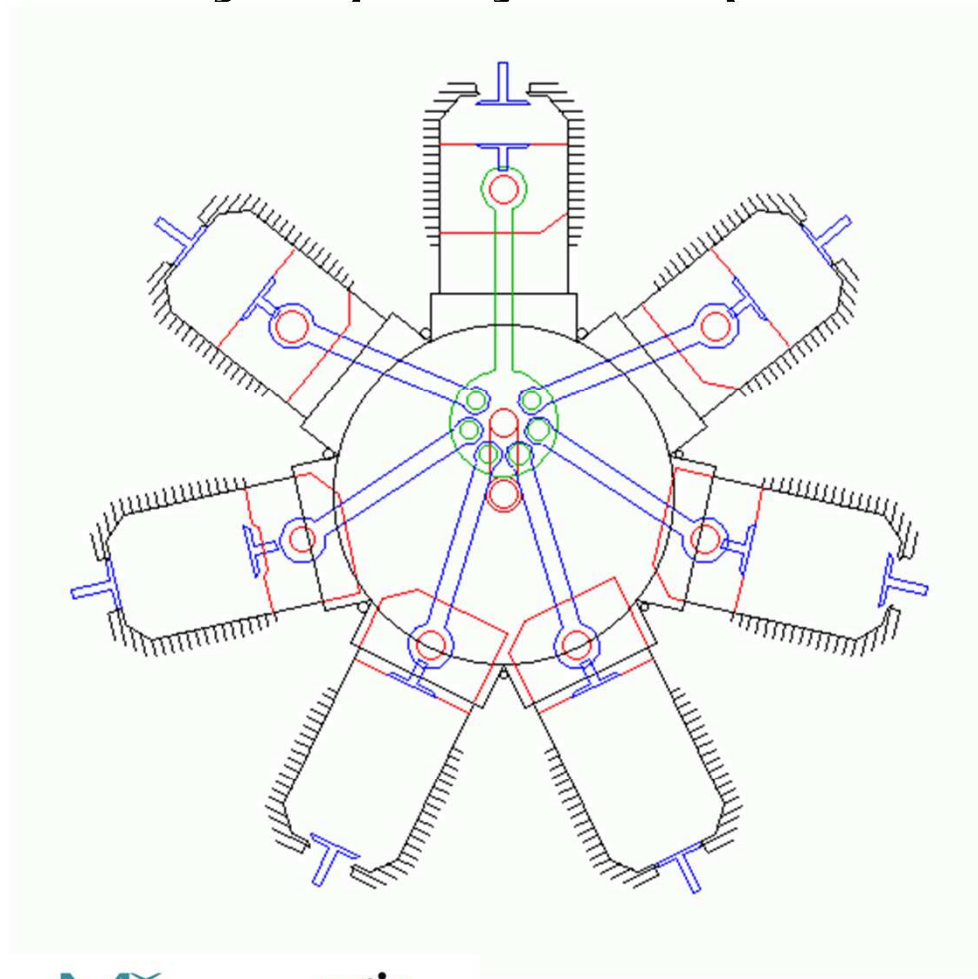


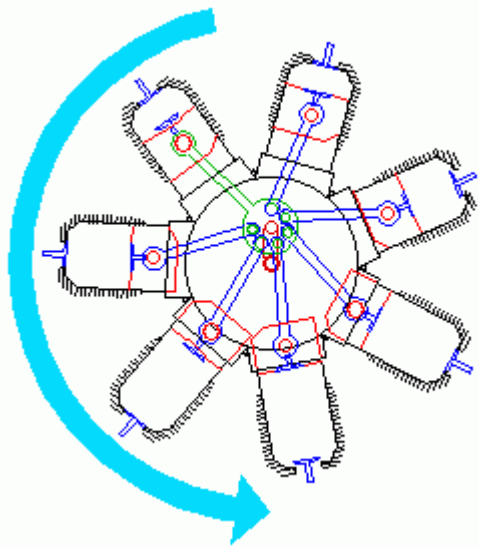
Umlauf-Flugmotoren 1914 bis 1918
Rotary aircraft engines

Die Herstellung und Verwendung
Umlaufmotoren (rotary engines)
wurde im Ersten Weltkrieg (1914-1918)
von großer Bedeutung.
Die meisten Umlaufmotoren wurden
in Frankreich, England, Italien,
Deutschland und den USA entwickelt.
Die ersten Umlaufmotoren wurden
von den Franzosen entwickelt.
Die ersten Umlaufmotoren wurden
von den Franzosen entwickelt.
Die ersten Umlaufmotoren wurden
von den Franzosen entwickelt.
Die ersten Umlaufmotoren wurden
von den Franzosen entwickelt.

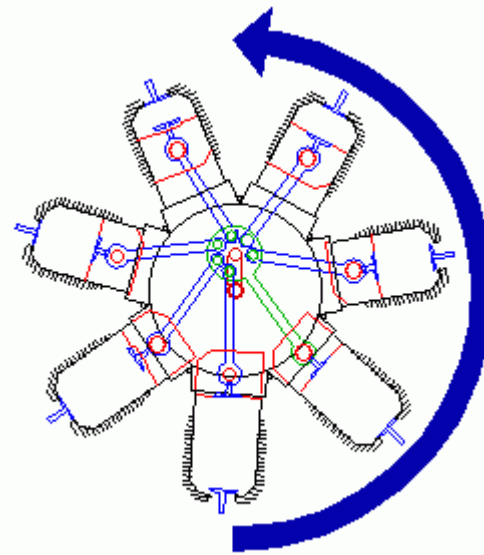


Rotační pístové motory s přímočarým vratným pohybem pístu

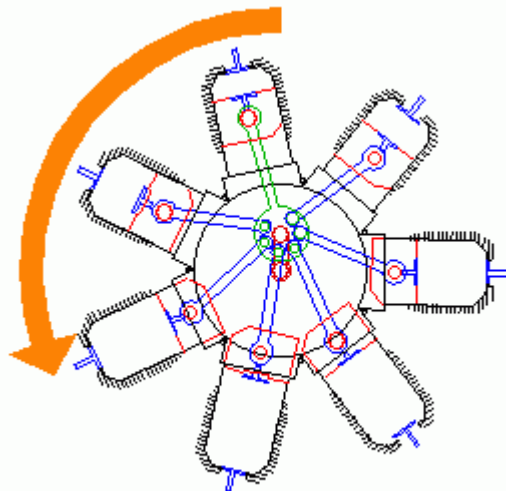




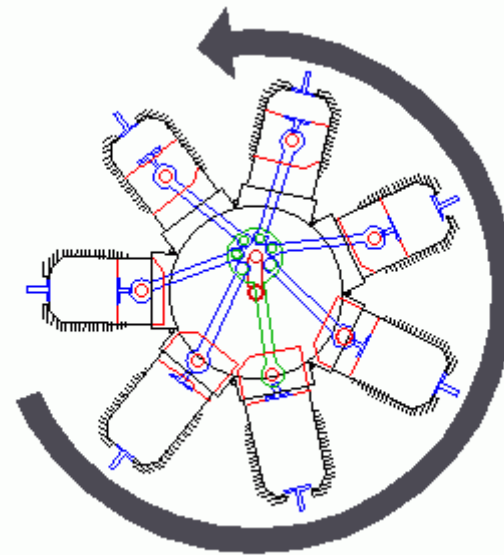
Sání



Kompresa



Expanze



Výfuk

Výhody:

- **Rovnováha.** Všimněte si, že skříň zalomené hřídele a válce otáčejí v jednom kruhu, zatímco písty otáčejí v dalším, vyrovnaném kruhu. Vzhledem k uložení motoru tam není žádný vratný pohyb součástky. Toto znamená, že není třeba pro mít těžkou protiváhu – motor vyšel lehčí.
- **Chlazení vzduchem.** Chlazení motoru byla velká výzva pro ranné konstruktéry motorů. Mnoho uchýlilo se k těžkému vodnímu chlazení. Vzduchové chlazení na točivých motorech bylo dostatečné - válce jsou vždy v pohybu.
- **Žádný setrvačnick.** Skříň zalomené hřídele a válce poskytly víc než adekvátní hybnost pro uhlazení výkonový pulsy - těžký setrvačnick nebyl nutný.

Všechny tyto faktory daly točivým motorům nejlepší poměr výkonu a hmotnosti, důležitý zejména pro použití na malých letadlech (stíhačky).



Nevýhody



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- **Gyroskopický efekt.** Těžký rotující objekt vzdoruje snaze o změnu směru (hračkový gyroskop) – letadla hůře manévrovala.
- **Úplná ztráta oleje z mazacího systému.** Odstředivá síla vrhá mazací olej ven po první cestě skrz motor. Používal se obvykle ricinový olej, který by mohl být dodáván v kombinaci s palivem (romanticky vypadající šála, kterou pilot nosil byl ve skutečnosti ručník užívaný pro čištění ochranný brýlí).
- Akční rádius letadla byl tak omezený množstvím oleje, které bylo možno nést spolu s palivem. Konvenční motory pracují s relativně malou zásobu oleje

Spalovací motory s rotujícími písty

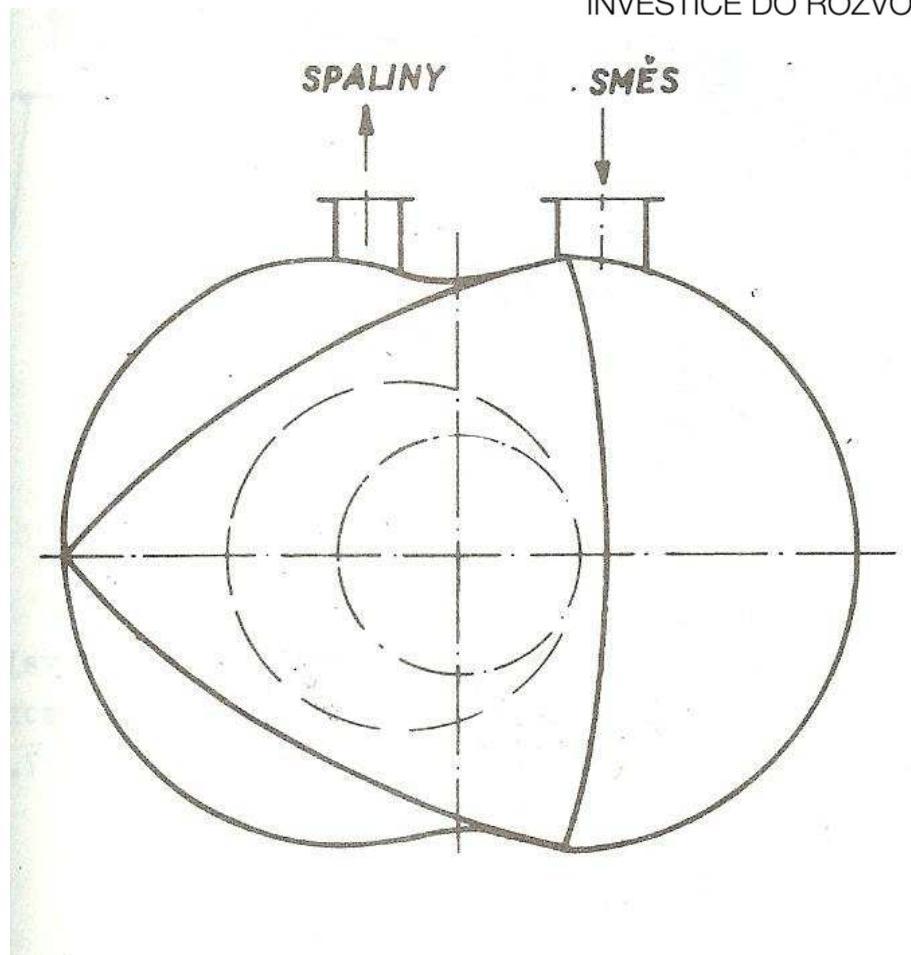
Wankelův motor



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Wankelův motor

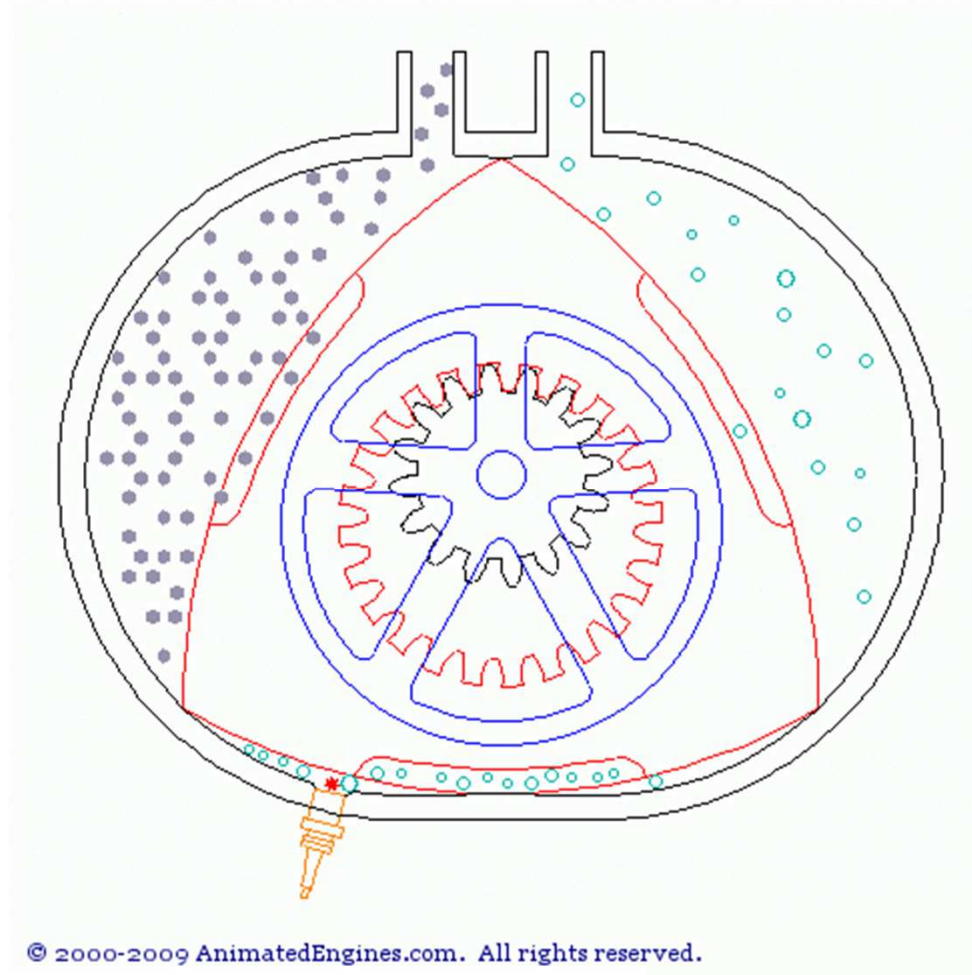
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Průřez rotoru: Trojúhelník ze stejných kruhových oblouků

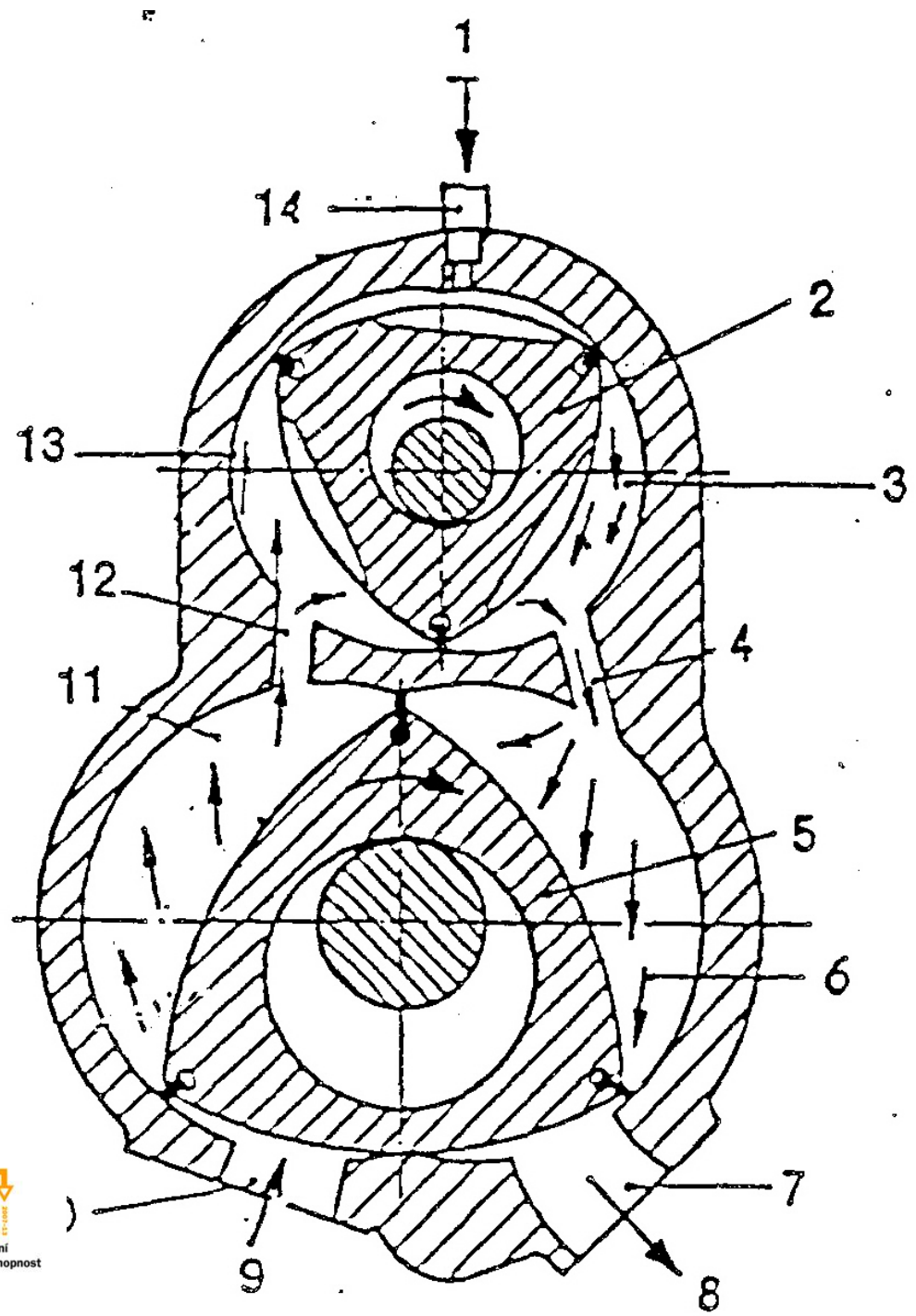
Výsledná dráha vrcholů pístu je EPITROCHOIDA, (vnitřní. profil prac. prostoru)

Wankelův motor



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Dvoustupňový motor s krouživými písty



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



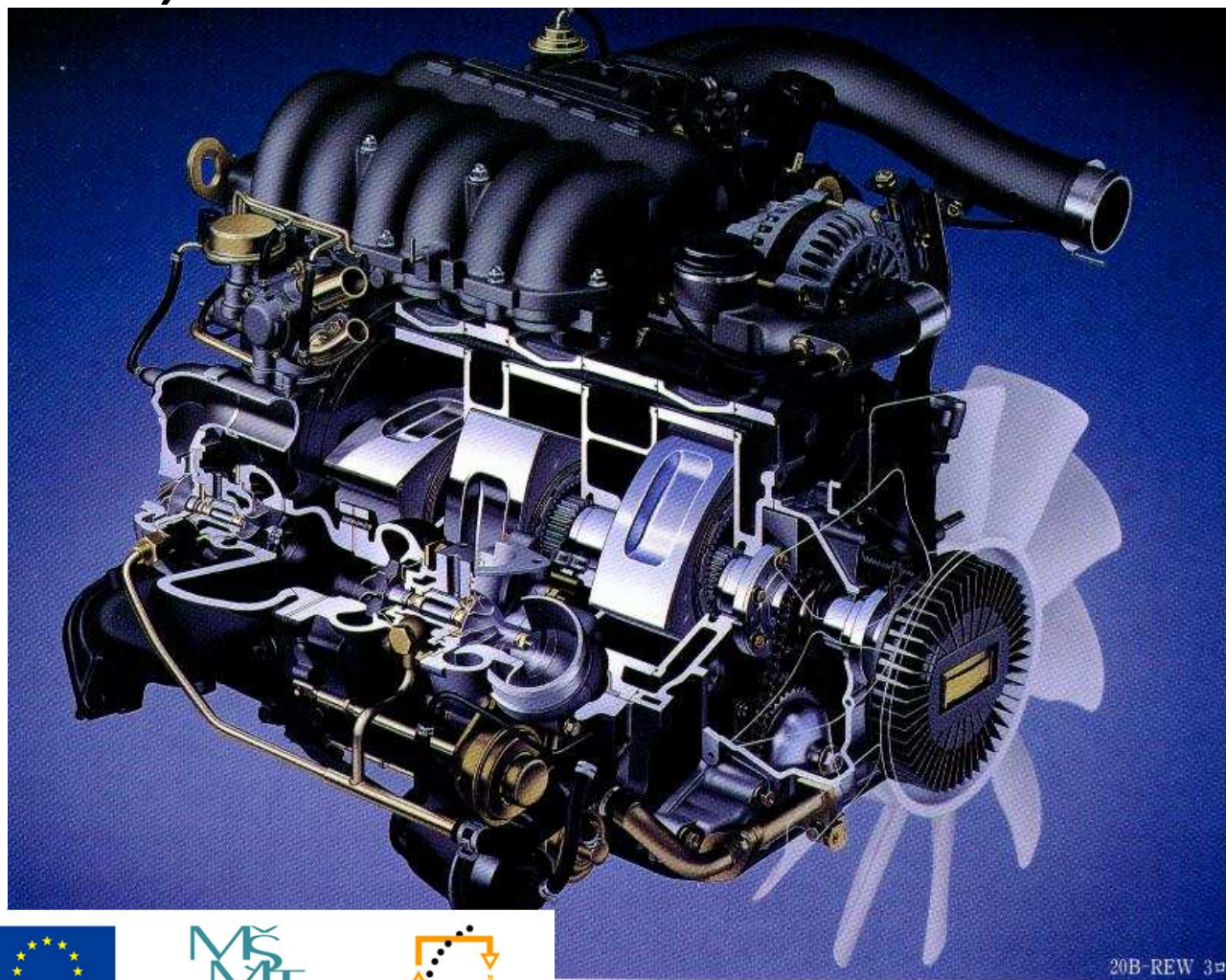
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tříválcový Wankelův motor (Mazda)



20B-REW 3000



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



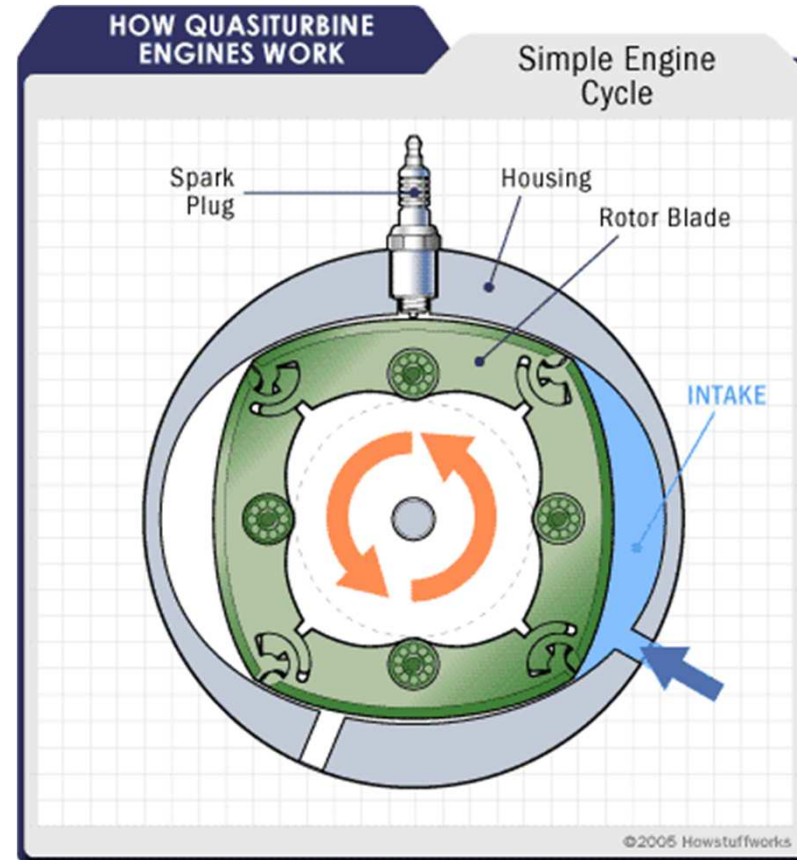
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Quasiturbíny

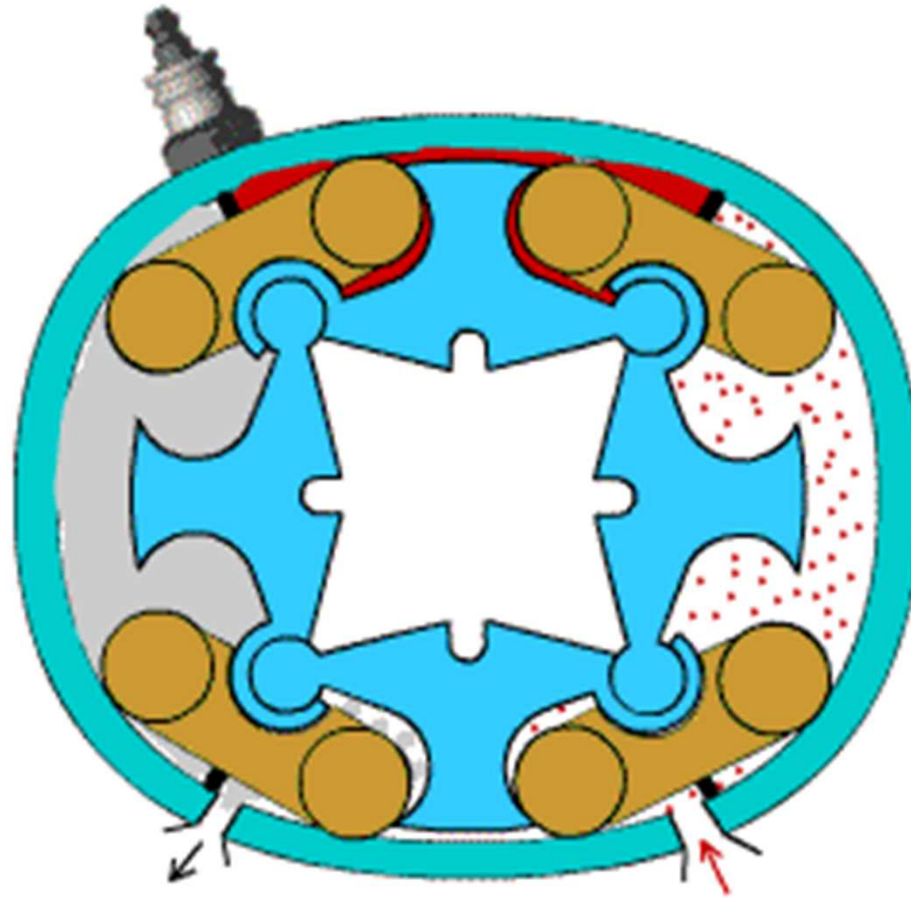


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Quasiturbíny



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Objemové plynové motory, které pracují bez spalování



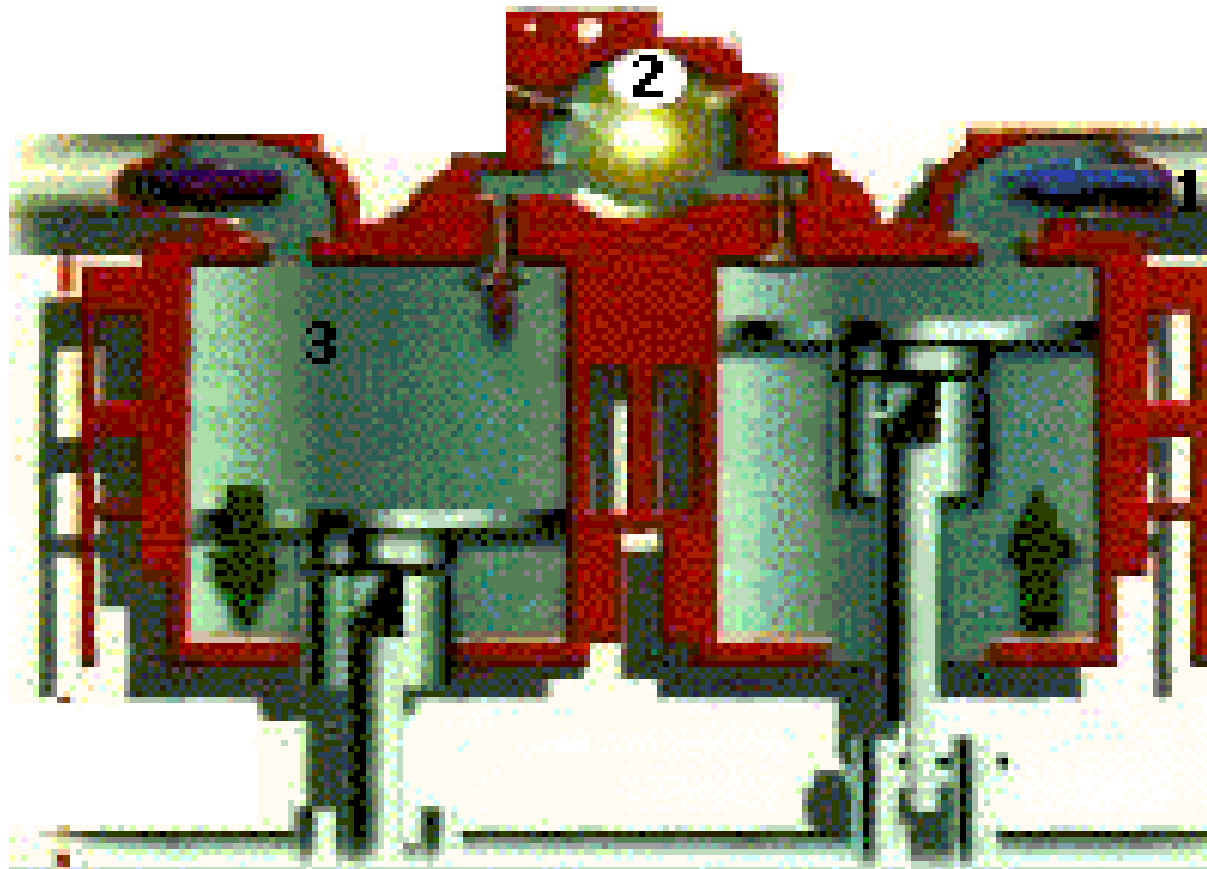
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Motor MDI

„Motor s nulovými emisemi“

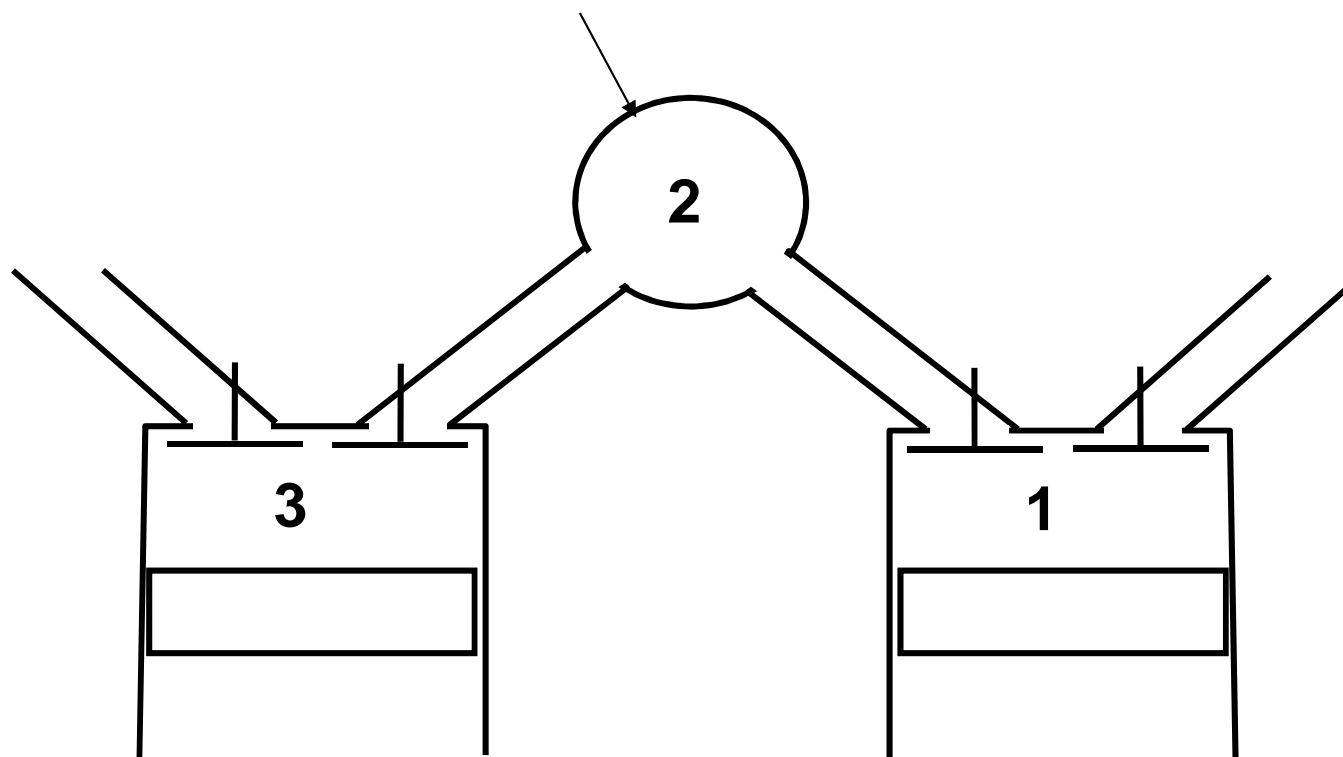


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Motor MDI

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Kompresní píst (1) nasaje a stlačuje vzduch z atmosféry. Stlačený vzduch je vytlačen do kulové komory (2), kam je poté vstříknut vzduch pod vysokým tlakem z nádrže. Rozpínání směsi venkovního a stlačeného vzduchu tlačí na píst (3), který dává vozidlu energii.

Důležité vlastnosti



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- Spotřeba vozidla je méně než jeden dolar na 200km jízdu
- Protože zde není žádné spalování, nevznikají žádné zplodiny. Vzduch, odebíraný z atmosféry je před použitím filtrován, čímž se vyčistí až 90m³ vzduchu denně.
- Dojezd prvního dokončeného prototypu je dvojnásobný oproti současným nejlepším (a nejdražším) elektromobilům (mezi 200 a 300 km, nebo 10 hodinová jízda).
- Doplnovat vzduch se bude, s rozrůstajícím se trhem, na benzínových pumpách přizpůsobených pro poskytování stlačeného vzduchu. Zhruba za tři minuty a za cenu kolem jednoho dolaru bude auto připraveno na další 200/300 km jízdu.
- Vzhledem k absenci spalování a spalin, olej v motoru (1 litr rostlinného oleje) je nutné vyměnit každých 50.000 km.

Mé neuctivé poznámky

- Naplnění potápěčské láhve vzduchem o obsahu 15 litrů na tlak 20 MPa stojí v centrech v současné době cca 5 Eur.
- Spočítáme-li účinnost od výroby elektřiny z fosilních paliv, bude její hodnota velmi **VELMI** nízká.
- Pokud nepředpokládáme výrobu elektřiny z větrných, vodních nebo solárních elektráren je nesmyslné tvrzení o nulových emisích.



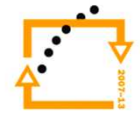
evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



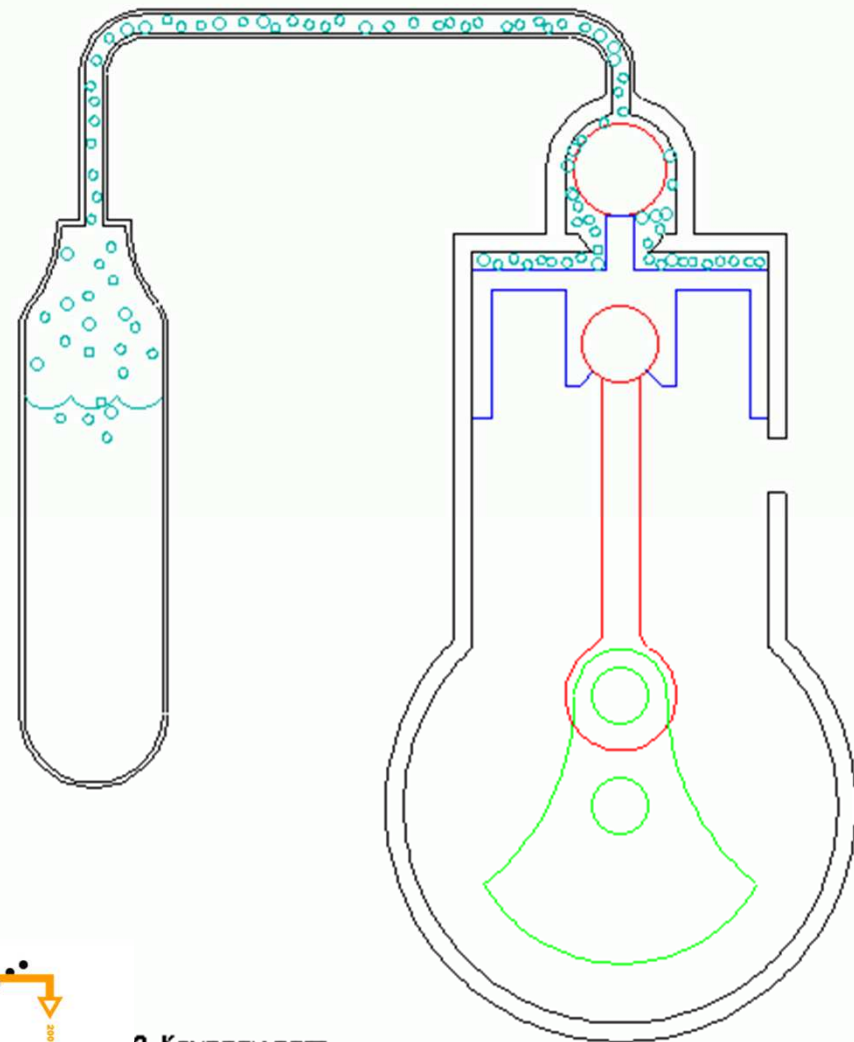
OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

S tímto motorem se nejčastěji setkáváme v malých modelech letadel poháněných stlačeným vzduchem nebo oxidem uhličitým.

Modelové motory tohoto typu bývají neuvěřitelně malých rozměrů. Stefan Gasparin produkuje motor se zdvihovým objemem jen 163 krychlových milimetrů.

CO₂ motor

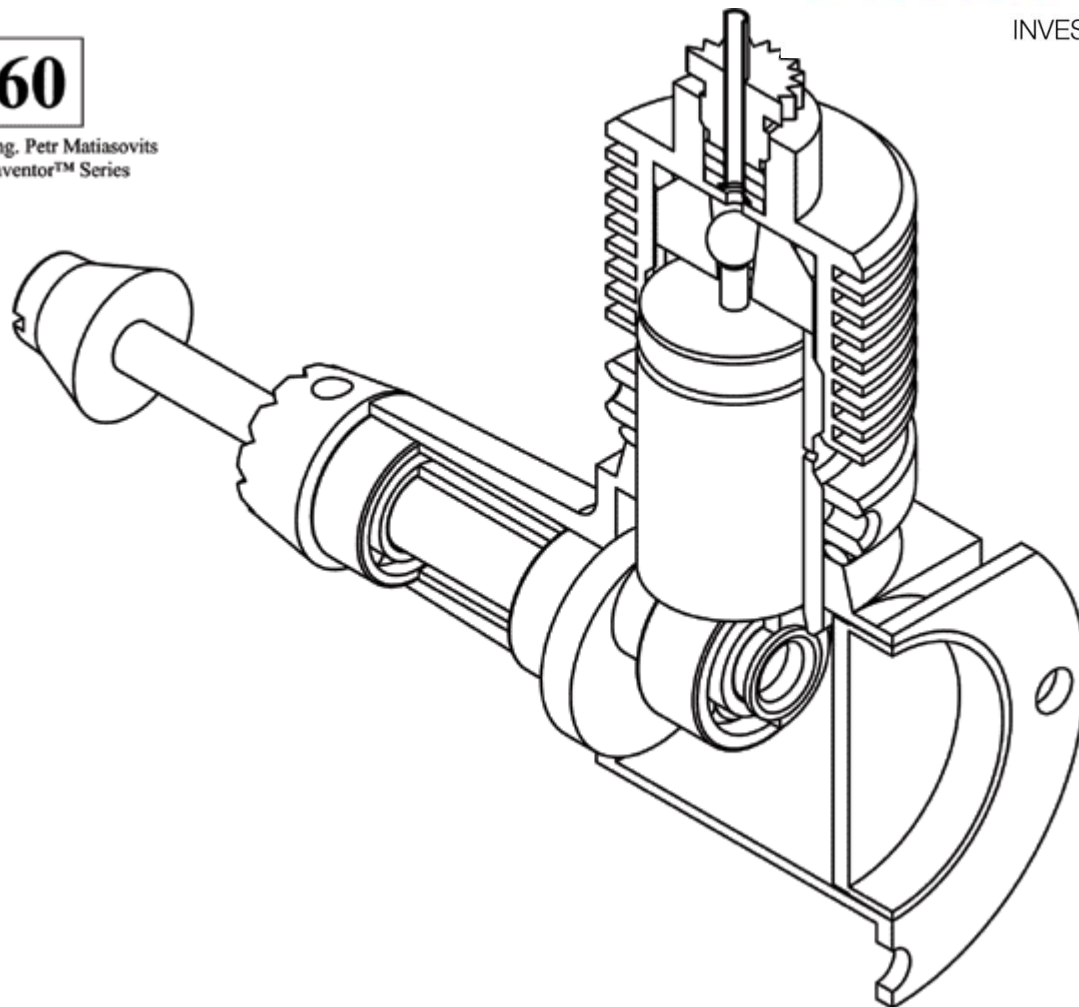


Motory Gašparín

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

G160

Drawn by © Ing. Petr Matiasovits
In Autodesk Inventor™ Series

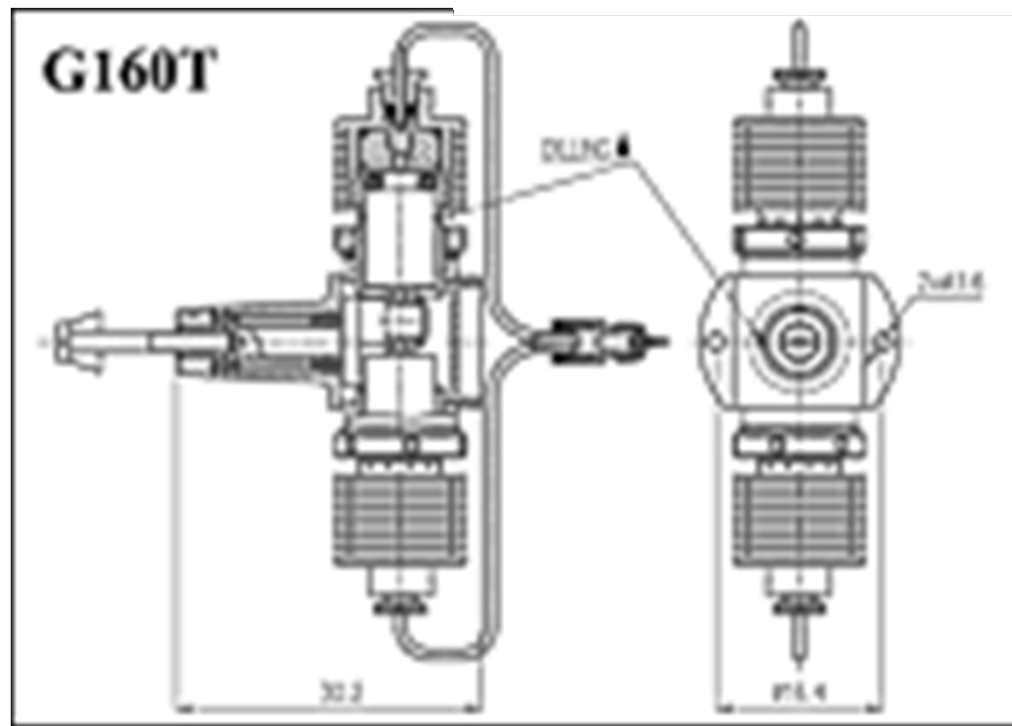


Typ	Vrtání	Zdvih	Zdvihový objem	Hmotnost	Cena
	[mm]		[mm ³]	[g]	Kč
G160	7	4.2	161.63	18.5	2240,-

Motory Gašparín



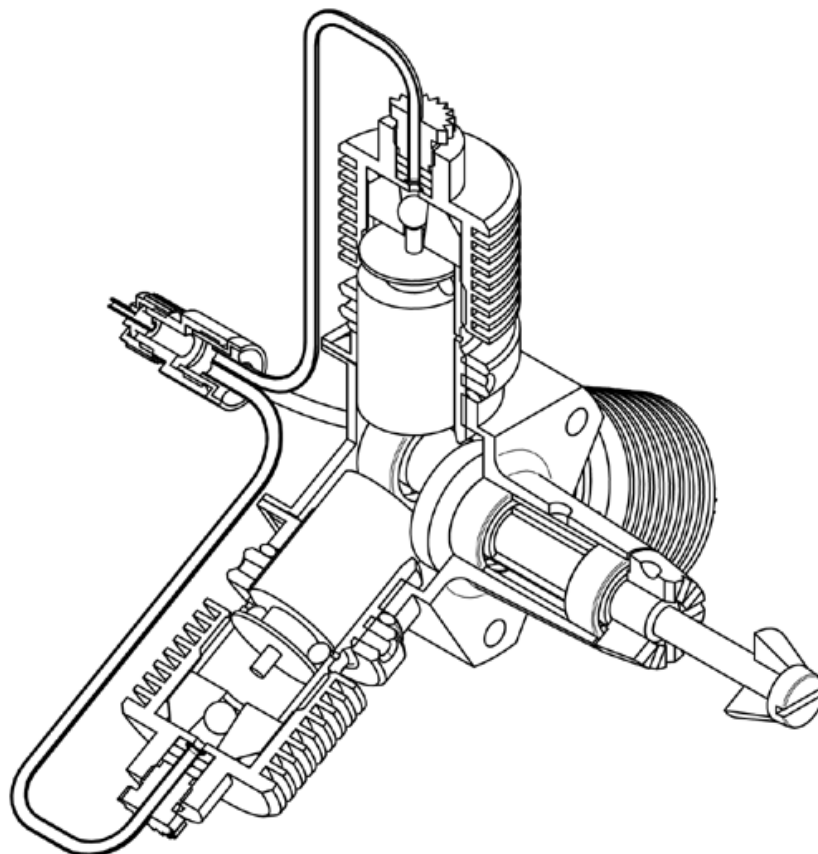
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Typ	Vrtání	Zdvih	Zdvihový objem	Hmotnost	Cena
	[mm]		[mm ³]	[g]	Kč
G160 TS	7	4.2	2x161.63	29,0	2240,-

Motory Gašparín

G160TS

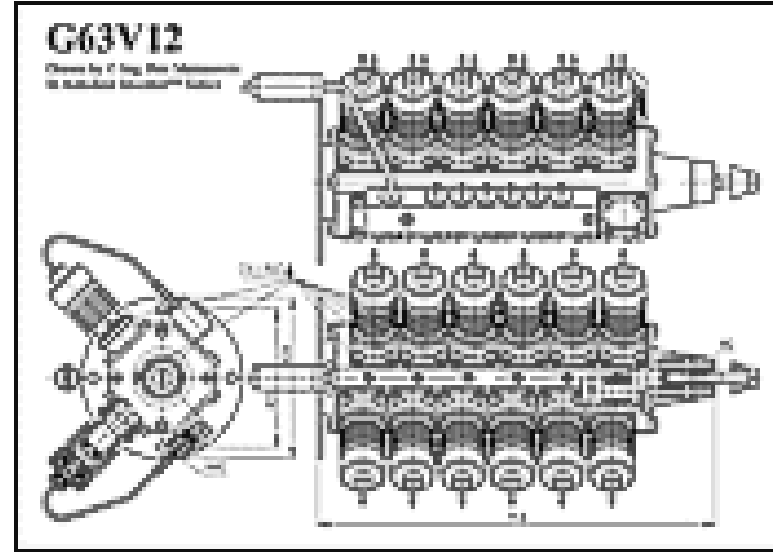
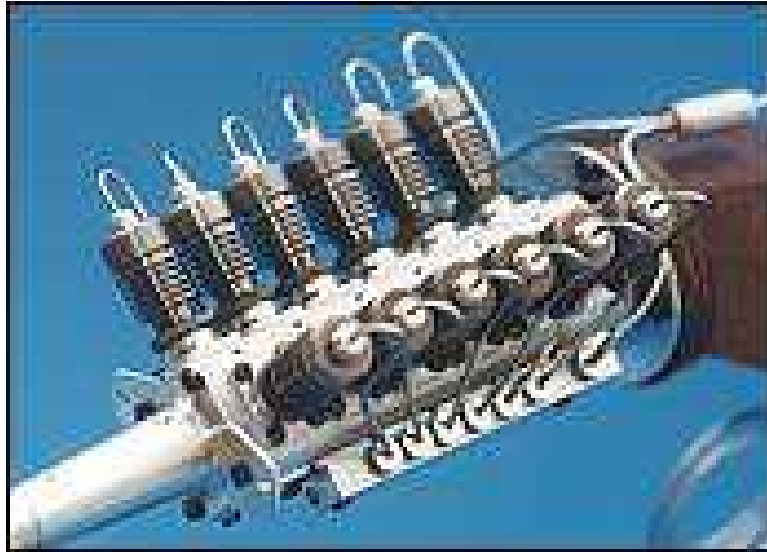


Typ	Vrtání	Zdvih	Zdvihový objem	Hmotnost	Cena
	[mm]		[mm ³]	[g]	Kč
G160 TS	7	4,2	3x161,63	33,0	2240,-

Motory Gašparín – G63V12



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



G63BX



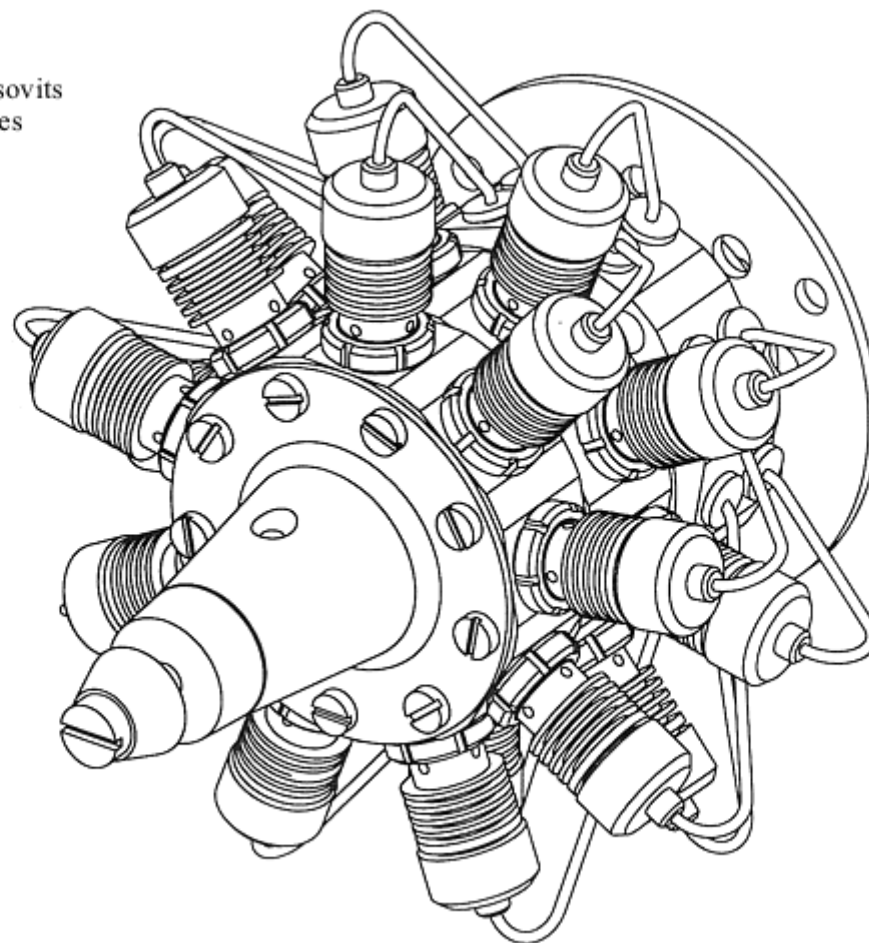
Motory Gašparín



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

G24NN

Drawn by © Ing. Petr Matiasovits
In Autodesk Inventor™ Series





Model má rozpětí 228mm a má hmotnost 3,5g. Je poháněn mikro jednotkou pohonu s CO2 motorem G2,6 se zdvihovým objemem 2,6 cmm. Hmotnost úplné jednotky pohonu G2,6 s vrtulí je 1g.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

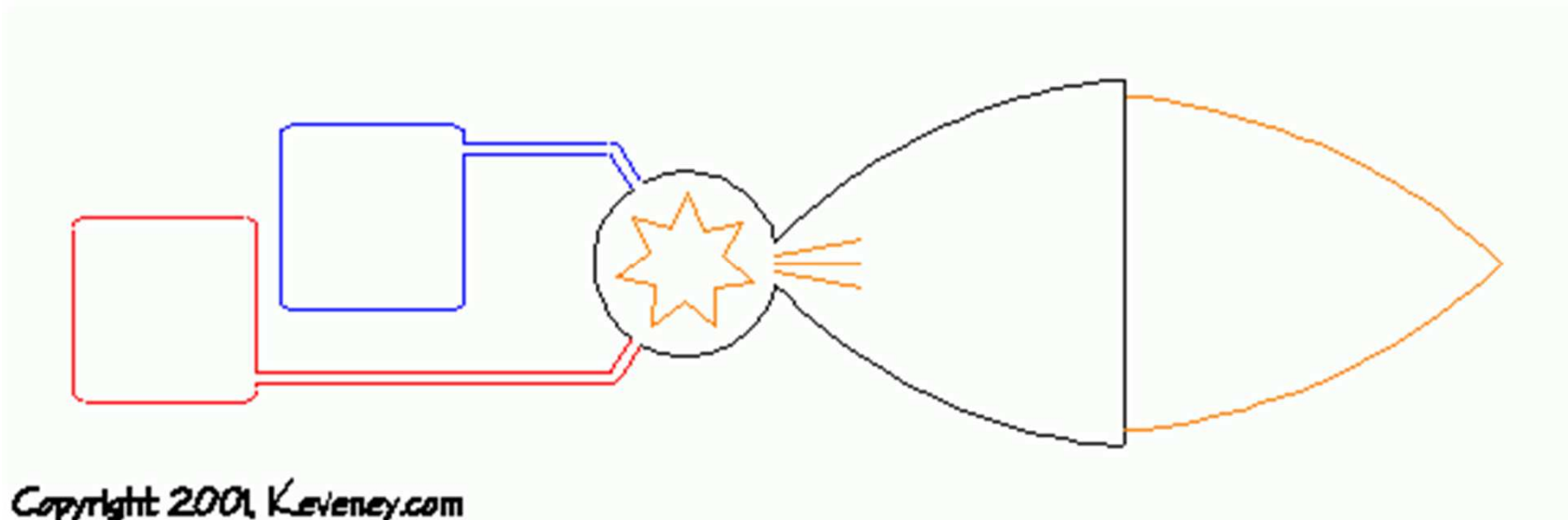
Motory dynamické

- Raketové
- Proudové
- Turbovrtulové
- Dvouproudové



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Raketové motory



Raketový motor je nejjednodušší této rodiny, začneme tedy s ním. Raketový motory pracuje s vlastní zásobou kyslíku, kterou musí nést sebou, stejně jako palivo. Směs je vstříknuta do spalovací komory kde to hoří kontinuálně. Vysokotlaké plyny unikající přes trysku, způsobující pohyb v opačném směru. Tato vlastnost jej předurčila jako vhodný motor do vesmíru.

Proudové motory



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



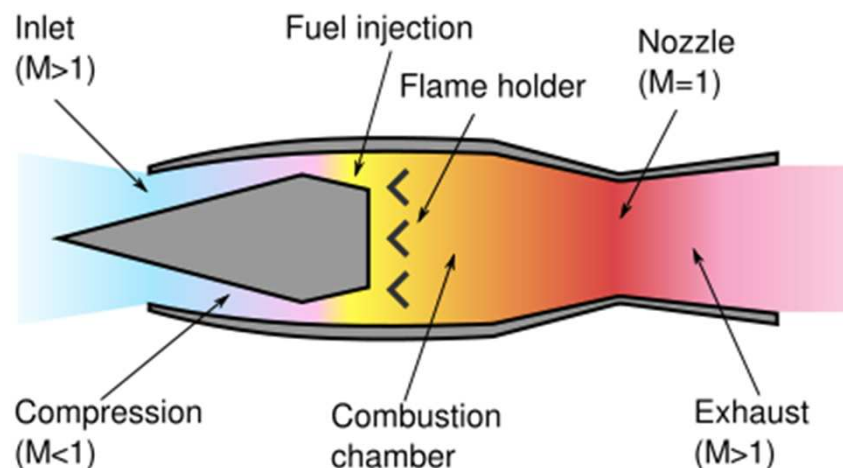
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

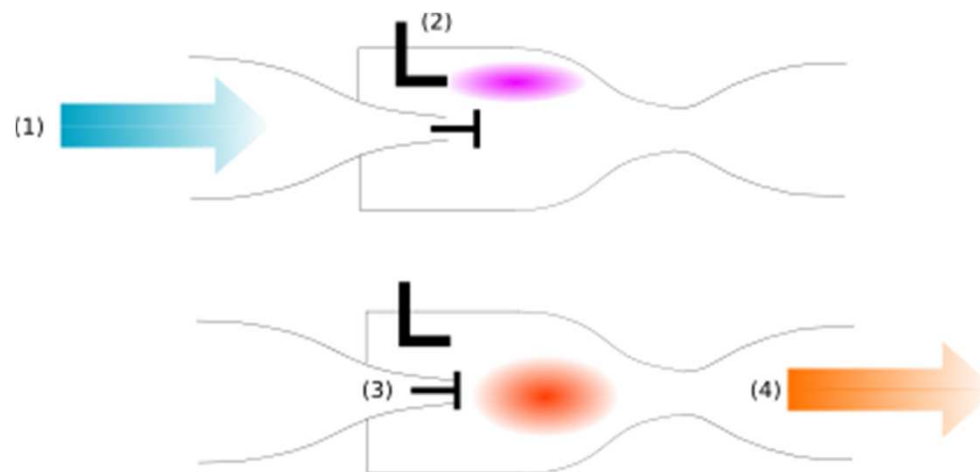
Náporový motor



Náporový motor (ramjet) je nejjednodušším typem reaktivního motoru. Je tvořen zužující se trubicí, na obou koncích otevřenou. Vzduch do motoru vstupuje rychlostí letu, kde se poté jeho rychlost sníží, čímž naroste tlak. Při průchodu spalovacím prostorem se do stlačeného vzduchu přidá palivo, čímž se uvolní tepelná energie a teplota spalin pak prudce naroste; spaliny pak vysokou rychlostí unikají zužující se tryskou. Nevýhodou je, že nemůže pracovat za klidu a musí se na potřebnou pracovní rychlost patřičně urychlit. Největší účinnosti dosahuje při vysokých rychlostech, tak okolo M3.

Proudové motory

Pulzační (pulzní) motor



Pulzační motor funguje na velmi jednoduchém principu spalování směsi paliva a vzduchu ve spalovací komoře. Oproti náporovému motoru dosahuje vyššího výkonu při rychlostech nepřesahující rychlost zvuku (nadzvukový pulzní motor se nevyrábí), díky použití lamel, které uzavřou nasávací otvor a vytvoří tak uzavřenou spalovací komoru s výstupní tryskou. Proces nasátí vzduchu, vytvoření směsi s palivem a jeho zapálení je velmi rychlý a proběhne jich několik desítek během sekundy.

Proudové motory



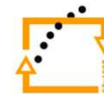
evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE

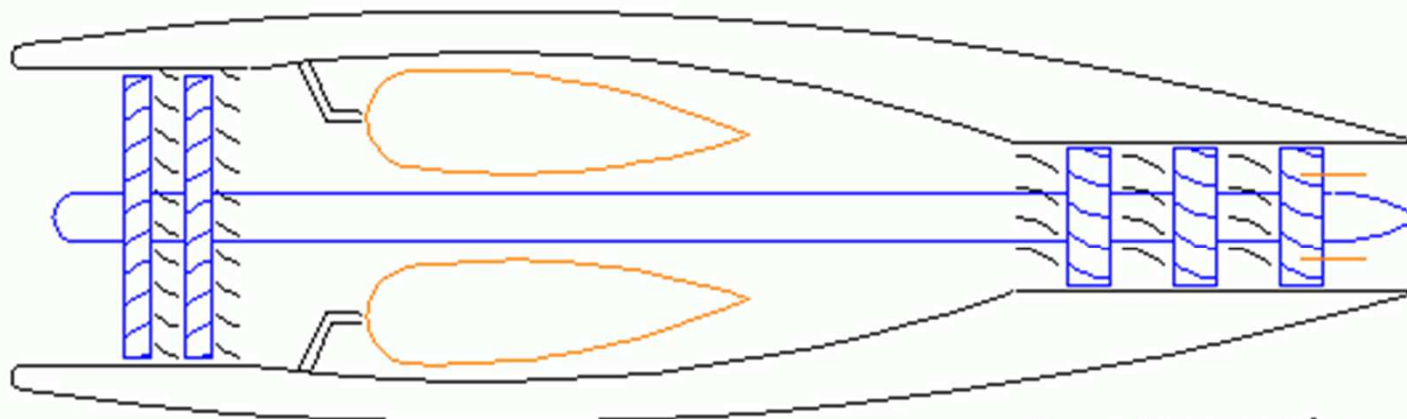


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

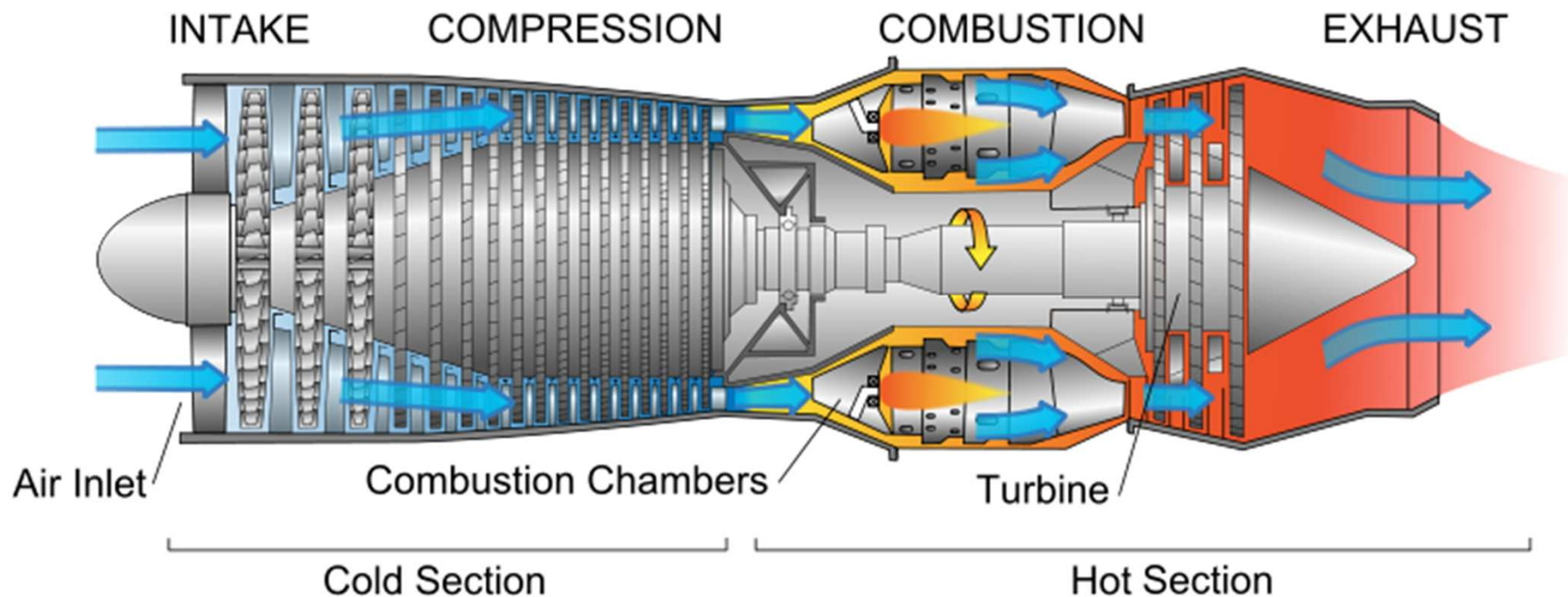


Copyright 2001, Kevoney.com

Proudový motor používá stejný princip jak raketa. Pouze pro spalování potřebuje kyslík z okolní atmosféry - Pro jeho stlačení je nutný kompresor. Všimněte si podobných věcí: Palivo spojitě hoří uvnitř spalovací komory právě jako v raketě. Expandující plyn uniká ven tryskou a způsobuje pohyb v opačném směru.

Nyní rozdíl: Na své cestě ven tryskou, **část** tlaku plynu je používána pro pohon turbíny, která pohání kompresor. Proudové motory jsou neúčinnější ve vysokých polohách, kde řídký vzduch minimalizuje účinnost vrtule.

Proudové motory



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Turbovrtulové motory



evropský
sociální
fond v ČR

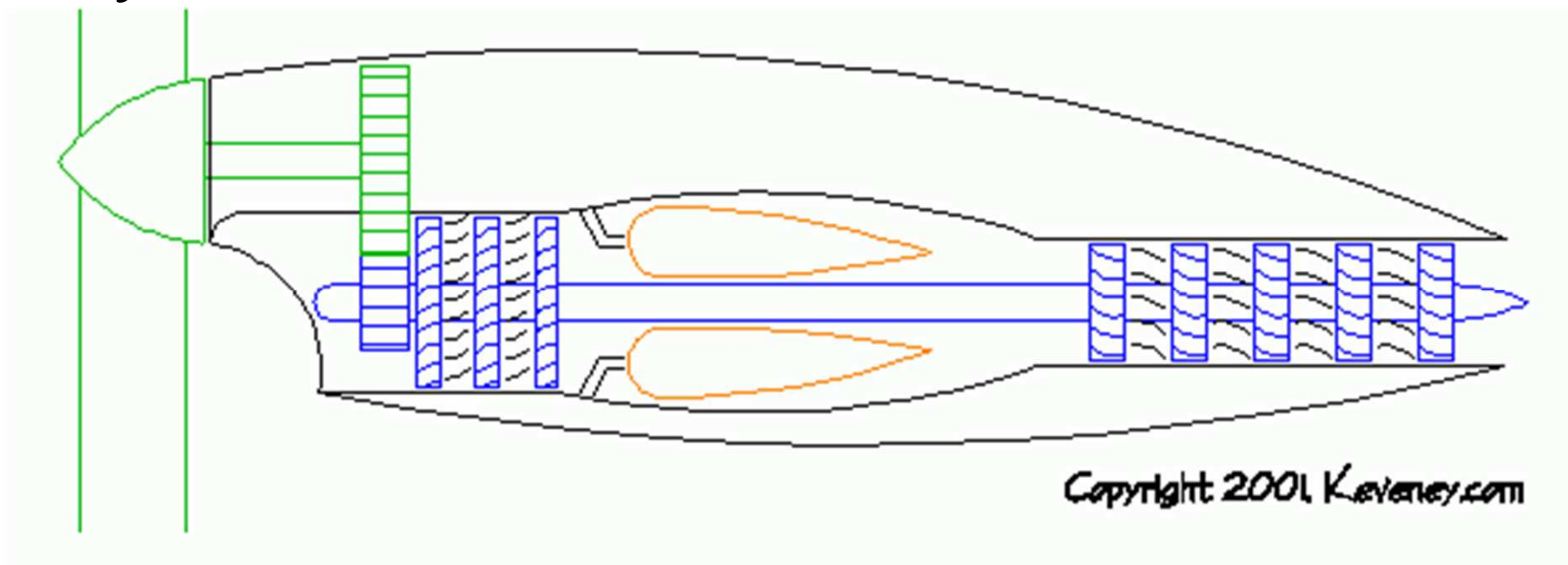


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Turbovrtulový motor je podobný jako proudový, až na to, že **většina** tlaku plynu je spotřebována na pohon turbíny, která předává výkon hřídeli vrtule, podíl tlaku plynů, vystupujících tryskou je velmi malý, většinu pohonu obstarává tah vrtule

Turbovrtulové motory jsou účinnější než proudové v nízkých polohách, kde hustější vzduch dává vrtuli dostatečný tah - Letadla používaná pro krátké lety, kde čas strávený v nízkých polohách reprezentuje větší procento celkového letového času.

Dvouproudové motory



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE

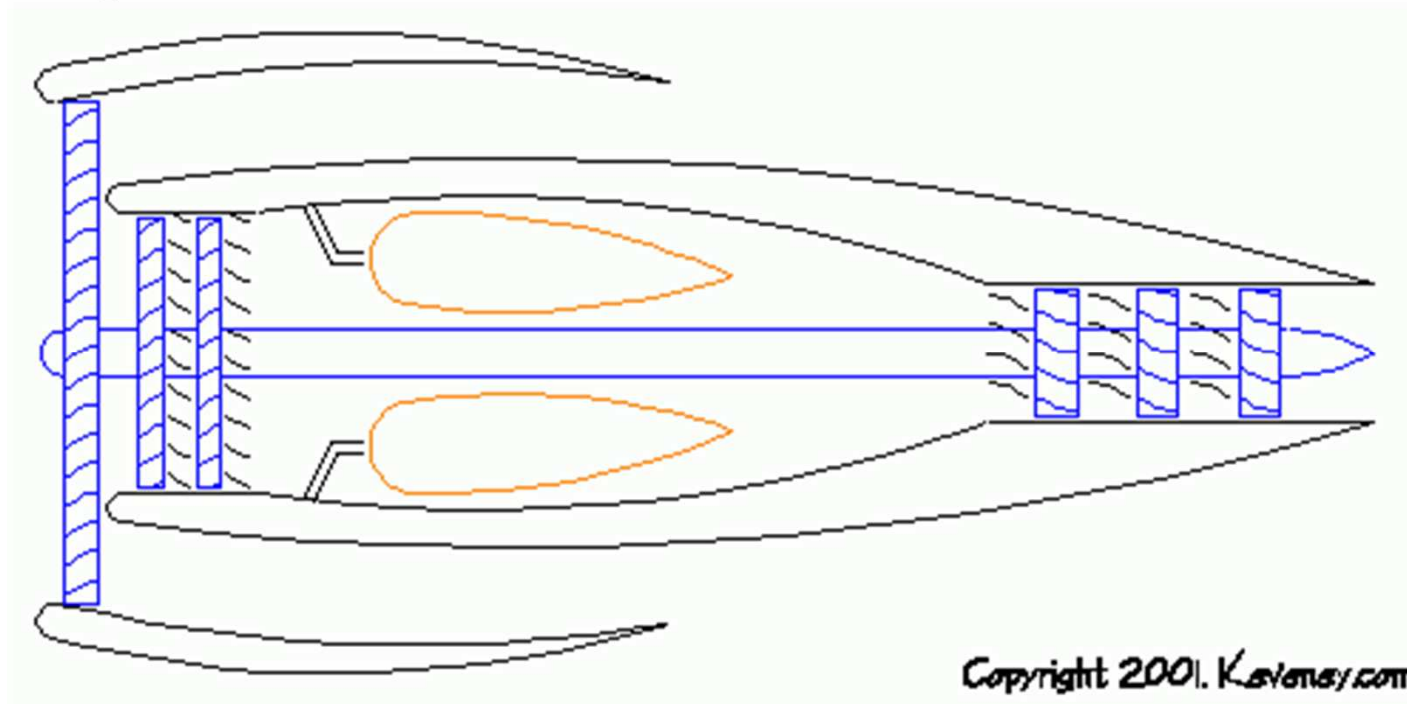


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



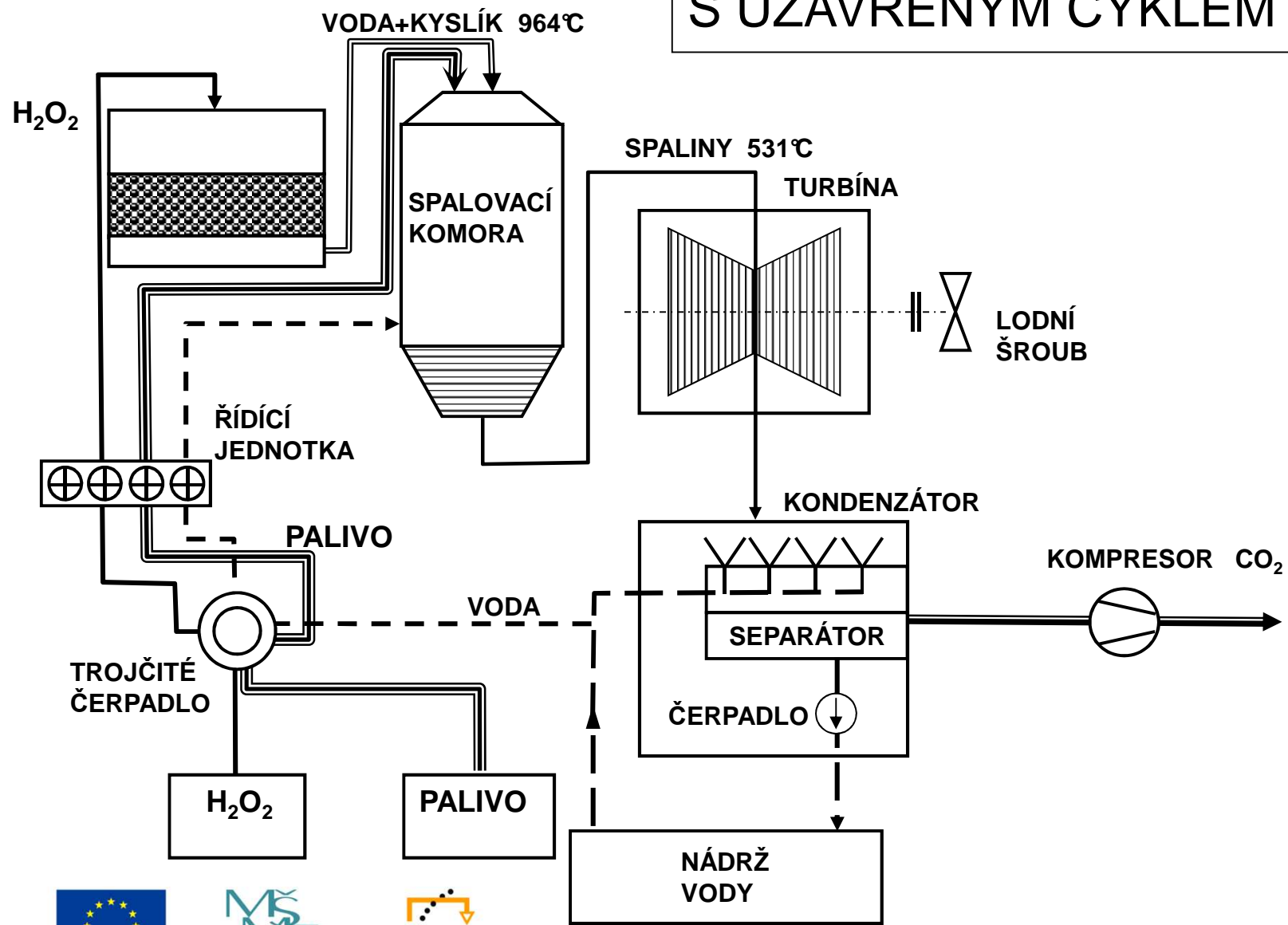
Dvouproudový motor (Turbofan – Turboventilátor) je něco jako kompromis mezi čistě proudovým a turbovrtulovým. Také pracuje jako proudový, s tím, že hřídel turbíny pohání jakýsi externí „ventilátor“, obvykle umístěný v přední části motoru. Tento „ventilátor“ má více lopatek než vrtule a rotace je mnohem rychlejší. Kryt kolem jeho obvodu zvyšuje účinnost proudu a jeho nasměrování. To zvyšuje tah motoru ve vysokých polohách, kde je vrtule neúčinná. Velká část tahu zde vychází ještě přichází z výfukových plynů, ale použití „ventilátoru“ zvyšuje účinnost motoru oproti čistě proudovému. Nejmodernější proudová letadla používají tyto motory.

Používá je i **Boeing VC-25A - Air Force One**



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

WALTROVA TURBÍNA S UZAVŘENÝM CYKLEM



Děkuji za pozornost

A omlouvám se, pokud jsem nudil.