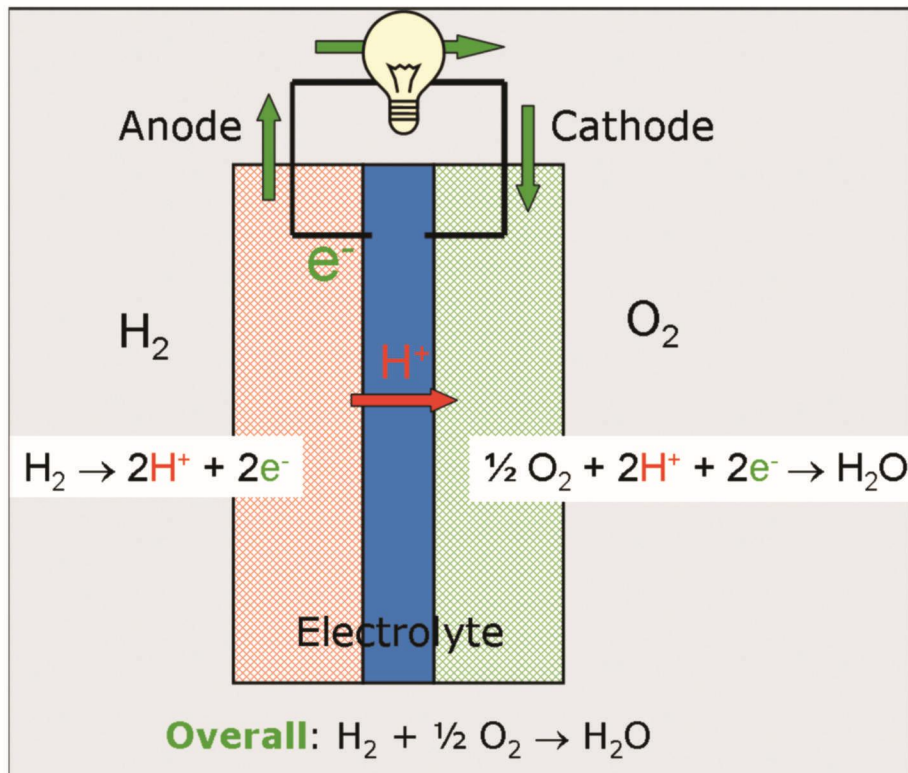


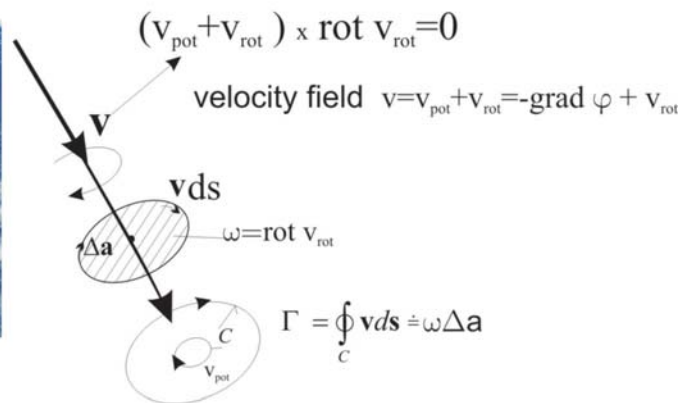
ŠÍŘENÍ VLN A NELINEÁRNÍ JEVY V DISIPATIVNÍCH SYSTÉMECH

FRANTIŠEK MARŠÍK



ŠÍŘENÍ VLN A NELINEÁRNÍ JEVY V DISIPATIVNÍCH SYSTÉMECH

Tropical Cyclone Catarina from the International Space Station
on March 26, 2004



A waterspout near the Florida Keys
(15 miles south of Miami) Tornado over water



Balance laws

- mass... $\text{div } \mathbf{v} = 0$
 momentum... $\mathbf{v} \times \text{rot } \mathbf{v} = \text{grad } h_c - T \text{grad } s$
 energy... $h_c = 0$
 entropy... $T \text{grad } s = \text{condensation heat}$

František Maršík

Motto:

Člověk buduje vědu z faktů tak,
jako staví dům z kamenů;
avšak pouhé hromadění faktů není vědou,
tak jako halda kamenů není dům.

Henri Poincaré

Šíření vln a nelineární jevy v disipativních systémech

Vydala VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, Ostrava 2015

Kniha je chráněna autorskými právy

©Prof., Ing. František Maršík, DrSc

ISBN 978-80-248-3668-3

Tento výsledek vznikl v rámci projektu „Intenzifikace mezioborového výzkumu a posílení lidských zdrojů v oblasti nových technologií v energetice - VŠB-TUO“, Vysoká škola báňská, Technická univerzita Ostrava, reg. č., CZ.1.07/2.3.00/20.0075

a projektu CENTEM, reg. č. CZ.1.05/2.1.00/03.0088, který je spolufinancován z ERDF v rámci programu MŠMT OP VaVpI, a v jeho navazující fázi udržitelnosti je podpořen projektem CENTEM PLUS (LO1402) financovaného v rámci programu MŠMT NPU I.

Vysoká škola báňská, Technická univerzita Ostrava, 2014

Ústav termomechaniky AVČR, v.v.i., Akademie věd České Republiky, Praha, 2014

Nové technologie - výzkumné centrum, Západočeská universita v Plzni, 2014

Na titulní stránce je znázorněn princip *hurikánu* a *tornáda*. Oba tyto atmosférické útvary (termodynamické systémy) mohou sloužit jako příklady *termodynamických disipativních systémů*. Čerpají mechanickou energii z kondensačního tepla vody a formují se do potenciálního víru $v_{pot} = \text{grad}\varphi$, který je z hydrodynamického hlediska velmi stabilní. Jádrem víru má charakter tuhého tělesa rotujícího s úhlovou frekvencí $\omega = \text{rot } v_{rot}$. Specifické kondensační teplo je transformováno na mechanickou energii. Síla působící na 1 kg rotujícího vlhkého vzduchu je $\mathbf{v} \times \boldsymbol{\omega} = T \text{grad}s \left[\frac{\text{N}}{\text{kg}} \right]$. Obrázek hurikánu a tornáda převzaty z http://en.wikipedia.org/wiki/Tropical_Storm_Carina a <http://en.wikipedia.org/wiki/Waterspout>

Obsah

1. Úvod	14
1.1 Bilance entropie-entropie systému v okolí rovnovážného stavu	16
1.2 Vztah mezi fluktuacemi a změnou entropie	18
1.3 Stabilita rovnovážného systému	19
2. Termodynamická analýza účinnosti transformace energií	25
2.1 Transformace energie v důsledku objemové práce	27
2.2. Přeměna energie v důsledku neobjemové práce	30
2.3. Účinnost vodíkového palivového článku při zatížení	34
2.4 Termodynamická analýza účinnosti tlumiče	38
3. Šíření vln	42
3.1 Podmínky kompatibility na pohybujících se singulárních plochách	42
3.1.1 Podmínky kompatibility na zakřivených singulárních plochách	45
3.2 Rychlost šíření singulárních ploch	47
3.3 Klasifikace singulárních ploch	49
3.4 Zákony bilance na singulárních plochách	52
3.5 Rázové vlny v tekutinách	53
3.6 Pohyb rázových vln v tekutinách	59
3.7 Akcelerační a slabé vlny v tekutinách	67
3.7.1 Šíření slabých vln v unášeném prostředí	70
3.8 Akcelerační vlny v pevných tělesech. Obecná formulace	75
3.8.1 Šíření akceleračních vln. Jednorozměrné přiblížení	77
3.9 Rázové vlny v pevných tělesech. Základní vlastnosti	80
3.9.1 Šíření rázových vln	82
4. Nelineární jevy v disipativních systémech	85
4.1 Základní vlastnosti konzervativních a disipativních systémů	85
4.2. Základní typy nestabilit v disipativních systémech	93
4.3 Disipativní systémy s reálným vlastním číslem procházejícím nulou	96
4.4. Disipativní systémy s dvojicí komplexních vlastních čísel. Hopfova bifurkace	98
4.5 Stablní a nestablní pohyb	101
4.5.1 Základní vlastnosti atraktorů nelineárních disipativních systémů	102
4.5.2 Podivné atraktory	105
4.6. Základní scénáře chaosu	109
5 Hydrodynamická stabilita	111
5.1 Analýza hydrodynamické stability	112
5.2 Stabilita smykové vrstvy	116
5.3 Stabilita proudových polí vazké tekutiny. Formulace problému	118
5.4 Stabilita Poiseuillova proudění	120
5.5 Kvalitativní vlastnosti plně vyvinuté turbulence	124

6. Stabilita přenosu tepla	126
6.1 Přenos tepla tekutinou. Formulace problému	126
6.2 Hranice stability přenosu tepla, Bénardova nestabilita	129
6.3 Nestabilní přenos tepla. Lorentzův model	132
7. Základní vlastnosti laminárních smykových mezních vrstev	137
7.1 Rovnice laminární mezní vrstvy	138
7.2 Přibližné řešení rovnic laminární mezní vrstvy	142
7.3 Model blízkého úplavu s Kármánovou vírovou řadou	146
8. Transsonická nestabilita	153
8.1 Frekvence a silové účinky transsonické nestability	154
9 Závěr	158
References	159