

Název: Elektromagnetismus – 1. část (Oerstedův pokus)

Téma: Magnetické pole vodiče s proudem, magnetické pole cívky

Úroveň: 2. stupeň ZŠ, případně SŠ

Tematický celek: Vidět a poznat neviditelné

Předmět (obor):	fyzika
Doporučený věk žáků:	14–18 let
Doba trvání:	1 vyučovací hodina
Specifický cíl:	naučit žáky řídit se při provádění experimentů textem nebo pokyny učitele a samostatně formulovat závěry z experimentů

Seznam potřebného materiálu:

Do skupiny (2–4 žáci ve skupině): plochá baterie, 3 vodiče, 1 krokosvorka, kompas

Pro demonstrační experiment: zdroj napětí, cívka cca 200 závitů s jádrem, železné piliny, kompas

Seznam praktických (badatelských) aktivit:

Zjištění vzniku magnetického pole v okolí vodiče s proudem.

Prozkoumání tvaru magnetických indukčních čar u vodiče s proudem.

Teoretická úvaha o velikosti magnetického pole uvnitř proudové smyčky.

Prozkoumání tvaru magnetického pole cívky.

Popis – stručná anotace:

Žáci se v průběhu hodiny seznámí s charakterem magnetického pole vodiče s proudem a cívky.

Popis – jednotlivé součásti výuky

	náplň práce	čas	potřebné vybavení a pomůcky	činnost učitele	činnosti žáků
Úvod do tématu – motivace	Historické okénko	7 min.	–	Učitel vede řízený rozhovor se žáky, upřesňuje předchozí znalosti žáků	Žáci si evokují znalosti k danému tématu (získané z výuky dějepisu či z mimoškolních zdrojů)
Předlaboratorní příprava	Požadované předchozí vědomosti žáků jsou uvedeny v přípravě pro učitele. Rozdělení do skupin, rozdání pomůcek a pracovních listů	předchozí výuka 3 min.	Do každé skupiny: 1 plochá baterie, 3 vodiče, 1 krokosvorka, kompas nebo busola Pro každého žáka: pracovní list	Zadává pokyny žákům	Plní pokyny učitele
Praktická (badatelská) činnost	Experimentování ve skupinách	25 min.	Viz výše Dále: zdroj napětí, cívka (v podstatě libovolná, např. 200 závitů) s jádrem, železné piliny.	Kontroluje práci žáků, pomáhá jednotlivým skupinám v případě obtíží	Provádějí experimenty, formulují hypotézy, vyvozují závěry
Vyhodnocení výsledků	Společná kontrola získaných poznatků	7 min.	–	Společně s žáky shrnuje a případně doplňuje získané závěry	Žáci prezentují získané závěry a kontrolují jejich odbornou správnost
Prezentace výsledků	Evaluace práce každé skupiny	3 min.	–	Učitel diskutuje se žáky a hodnotí experimenty	Žáci hodnotí průběh pokusů

Domácí úkol pro žáky:

Výroba elektromagnetu, který při napájení z ploché baterie zvedne alespoň pět kancelářských sponek.

Přípravy pro učitele

Požadované předchozí vědomosti a dovednosti žáků:

Existence magnetického pole trvalého magnetu, tvar indukčních čar tyčového magnetu, vlastnosti indukčních čar (jsou to myšlené čáry popisující magnetické pole, jsou to uzavřené a orientované křivky vycházející ze severního pólu a směřující k jižnímu pólu magnetu a dále procházející magnetem zpět k severnímu pólu, tvar indukčních čar je možné detekovat pomocí železných pilin, strelka kompasu se natočí ve směru tečny indukční čáry magnetického pole), existence a tvar magnetického pole Země.

1. Úvod do tématu, motivace:

Historické „okénko“

V úvodu hodiny učitel v rozhovoru se žáky evokuje a upřesňuje předchozí znalosti žáků týkající se historie příslušných partií fyziky¹. Dle vlastní úvahy vybere z níže uvedeného textu ty informace, které považuje pro žáky za důležité pro získání základního historického přehledu.

- Historie magnetismu – Objev minerálu magnetovce, někdy také označovaného magnetit, byl učiněn nezávisle na sobě v Řecku a v Číně. Naleziště magnetovce bylo často u nalezišť železné rudy, proto byly objeveny jeho magnetické účinky při těžbě železné rudy a výrobě železa z ní. Kousky magnetitu se přitahovaly a navíc jimi ještě byly přitahovány kousky železa. Je známo, že Číňané nejen objevili vlastnosti magnetitu, ale dokonce již zhruba kolem roku 400 př. n. l. (údaje z různých zdrojů se liší) používali kompas k navigaci lodí. Kompas byl vyroben z magnetitu, upraveného do tvaru lžice. Magnetit se umístil na hladkou desku způsobem, který umožnil pohyb držátka lžice podle zemského magnetického pole.
- Historie elektrostatiky – Žáci se obvykle při výuce dějepisu již dozvěděli, že první pokusy z elektrostatiky pocházejí ze starého Řecka, učitel případně doplňuje další informace. Thales z Milétu kolem roku 600 př. n. l. objevil, že třením se jantar dostává do zvláštního stavu, který se projevuje přitahováním lehkých předmětů. V novověku v 16. století zopakoval pokusy s jantarem Angličan William Gilbert (1544–1603) a ukázal, že kromě jantaru je možné elektrovat i mnoho jiných předmětů. Mimo jiné jasně rozlišil a oddělil jevy elektrické a magnetické a zavedl název „elektřina“ (v řečtině se jantar nazývá elektron). Gilbert však pozoroval pouze přitahování nabitých těles. Elektrické odpuzování objevil kolem roku 1660 Otto von Guericke a teprve roku 1734 Charles Francois Du Fay objevil existenci dvou druhů elektřiny podle toho, kterou látku třeme, a nazval je elektřina skelná a elektřina jantarová. Významný výzkum elektrických jevů provedl v letech 1747–1754 Benjamin Franklin. Franklin prováděl i poměrně riskantní experimenty s atmosférickou elektřinou a hledal souvislost mezi bleskem a jiskrou. V roce 1785 Charles Coulomb formuloval zákon popisující vzájemné silové působení nabitých těles.
- V roce 1780 začal nový úsek v dějinách elektřiny. Náhodným objevitelem nového jevu byl italský lékař Luigi Galvani, který pozoroval trhavé pohyby žabích stehýnek při

¹ Vhodným zdrojem dalších informací z historie fyziky může být publikace Štoll, I.: Dějiny Fyziky. Prometheus, Praha 2009. ISBN 978-80-7196-375-2

jejich kontaktu se dvěma různými kovy. Tomuto jevu věnoval jedenáct let podrobných výzkumů. Svá pozorování vyložil jako objev tzv. „živočišné elektřiny“. Alessandro Giuseppe Volta zopakoval Galvaniho pokusy a dospěl k jinému závěru. Zdrojem elektřiny je právě přítomnost dvou různých kovů oddělených elektrolytem a přítomnost živé tkáně s pozorovaným jevem nesouvisí. Sestrojil „Voltův sloup“ – baterii galvanických článků tvořenou střídavě měděnými a zinkovými kotoučky oddělenými plstí nasáklou slanou vodou. Díky těmto článkům začala tzv. galvanická elektřina či „galvanizmus“ vykonávat skutečnou práci. Avšak ještě na konci 18. století se předpokládalo, že elektrostatika a „galvanizmus“ jsou dva různé přírodní jevy. Teprve v roce 1801 William Hyde Wollaston referoval o tom, že galvanické a elektrické jevy mají stejnou podstatu a liší se jen tím, že pro elektrostatický výboj je charakteristické (s použitím dnešní terminologie) vysoké napětí a malý proud, zatímco pro galvanické články malé napětí a velký proud.

- Až do začátku 19. století však byl zcela oddělený magnetismus a elektřina. Teprve díky experimentům dánského fyzika Hanse Christiana Oersteda byly v roce 1820 objeveny magnetické účinky elektrického proudu.

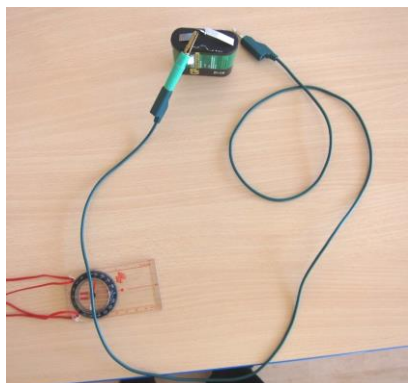
Tímto experimentem začnou žáci zkoumat základní vlastnosti elektromagnetismu.

2. Předlaboratorní příprava

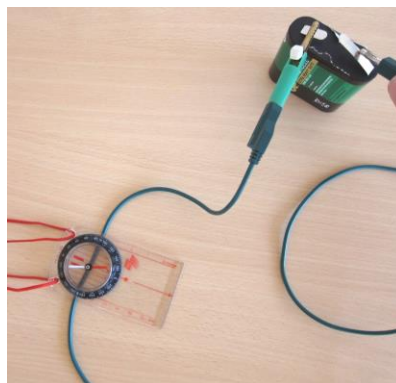
Žáci vytvoří skupiny po dvou až čtyřech (dle pokynu učitele). Každá skupina obdrží jednu plochou baterii, 3 vodiče, 1 krokosvorku, kompas nebo busolu. Každý žák dostane svůj pracovní list.

3. Badatelská činnost

- Oerstedův pokus
- Žáci provedou čtyři experimenty s kompasem a vodičem. Nejdříve je vodič položený na kompasu tak, aby směřoval rovnoběžně se střílkou. Jeden konec vodiče žáci připojí pomocí krokosvorky ke kladnému pólu ploché baterie, druhým koncem se **krátce dotknou** záporného pólu baterie (je třeba zdůraznit žákům nutnost dodržování tohoto pokynu, baterie je při experimentu na krátkou dobu zkratovaná). Pozorují a zapisují směr pohybu střílky kompasu. Potom vymění póly baterie, takže proud ve vodiči teče opačným směrem. Opět pozorují a zapisují směr pohybu střílky kompasu. Oba experimenty zopakují, avšak nyní je vodič položený na stole a kompas leží na něm (opět vodič natočíme ve směru střílky).
- *Upozornění: Při všech následujících experimentech je nutno brát v úvahu, že výsledek experimentu je ovlivňován existencí magnetického pole Země. Střílka kompasu tedy v daném místě ukazuje indukční čáry výsledného magnetického pole, které vznikne superpozicí magnetického pole vodiče nebo cívky a magnetického pole Země.*



Obr. 1. Příprava prvního experimentu



Obr. 2. Vodič pod busolou, výchylka střílky

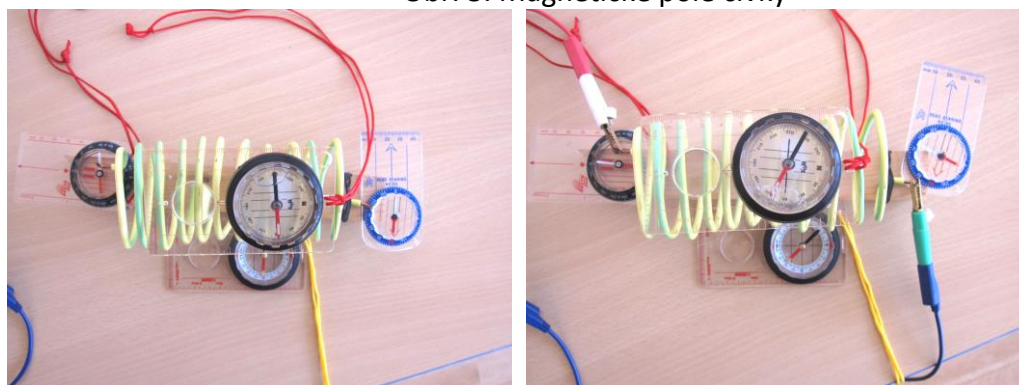
- Na základě experimentu a svých předchozích vědomostí o vlastnostech magnetických indukčních čar si žáci vytvoří představu o tvaru indukčních čar vodiče s proudem (orientované kružnice ležící v rovině kolmé na vodič se středem na vodiči).
- Má-li učitel k dispozici potřebné pomůcky (dostatečně tvrdý zdroj elektrického proudu řádu několika ampér), může žákům předvést experiment, který ukazuje tvar indukčních čar svisle zavěšeného vodiče s proudem jednak pomocí busoly („objížďení“ vodiče busolou, jejíž střílka se otáčí dokola podél indukčních čar), jednak pomocí železných pilin (piliny vytvoří soustředné kružnice v těsné blízkosti vodiče). Z důvodu bezpečnosti nemohou žáci tento experiment provádět samostatně.
- Žáci z vodiče vytvoří smyčku a provedou úvahu o tom, zda magnetické pole uvnitř smyčky bude silnější (indukční čáry uvnitř smyčky míří stejným směrem), nebo slabší (indukční čáry uvnitř smyčky míří proti sobě) než v případě rovného vodiče. Indukční čáry při těchto úvahách vhodným způsobem modelují (například pomocí prstů).

Při správné úvaze usoudí, že uvnitř smyčky bude magnetické pole silnější. Potřebujeme-li tedy získat ještě silnější magnetické pole, použijeme více závitů, tedy cívku.

- Žáci spojí dohromady vodiče, které mají k dispozici, do jednoho dlouhého vodiče, a ten smotají do tvaru cívky (závity vodiče mohou svázat provázkem). Jeden konec vodiče připojí pomocí krokosvorky k baterii, druhým koncem se dotýkají druhého pólu baterie. „Objížděním“ cívky kompasem se pokusí zjistit tvar magnetického pole cívky. Zjistí, že tvar magnetického pole cívky s proudem je velmi podobný tvaru magnetického pole tyčového magnetu.
- Učitel pak předvede žákům demonstrační experiment, při kterém zapojí cívku ze školních souprav ke zdroji (školní zdroj napětí, autobaterie) a pomocí pilin nebo kompasu potvrdí předchozí závěry žáků.

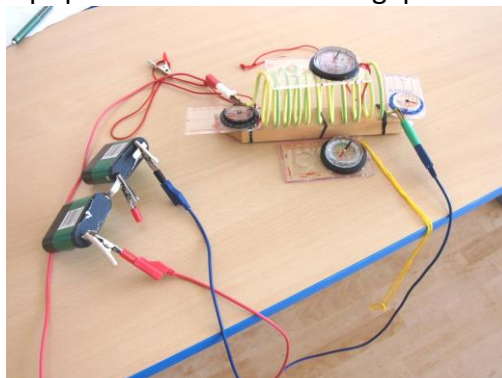


Obr. 3. Magnetické pole cívky



Obr. 4a. Mag. pole cívky – příprava

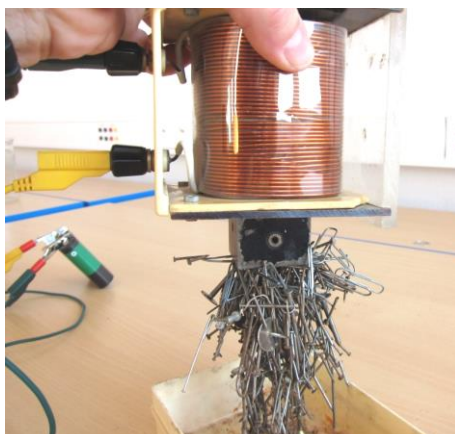
Obr. 4b. Mag. pole cívky s proudem



Obr. 4c. Mag. pole cívky s proudem – uspořádání experimentu

- Pomocí cívky z rozkladného transformátoru s jádrem může učitel žákům ukázat rozdílnou vzdálenost, ve které reaguje kompas na zapnutí a vypnutí proudu v případě, kdy je cívka bez jádra a s jádrem. Velikost magnetického pole cívky tedy závisí na počtu závitů cívky, na vzdálenosti od cívky, na tom, zda je do cívky vloženo jádro a samozřejmě na velikosti proudu procházejícího cívku.

- Dále učitel ukáže žákům, jak zmagnetované železné jádro cívky přitahuje drobné železné předměty (hřebíčky či kancelářské sponky), tedy princip elektromagnetu (v případě experimentu na fotografii je použita plochá baterie).



Obr. 5. Elektromagnet

- V závěru této části hodiny učitel zadá žákům jako domácí úkol (doporučuji dobrovolný domácí úkol) výrobu elektromagnetu, který při napájení z ploché baterie zvedne alespoň pět kancelářských sponek.



Obr. 6. Žákovský elektromagnet



Obr. 7. Zapojený žákovský elektromagnet

4. Prezentace výsledků práce, evaluace

V poslední části hodiny každá skupina zhodnotí, jak se jim dařilo plnit zadané úkoly, jak probíhala komunikace ve skupině, co se dařilo a co by bylo vhodné v příštích hodinách zlepšit. Pracovní listy si žáci uloží tak, aby se k nim mohli v dalších hodinách vrátit.

Pracovní list pro žáky

V pracovním listu jsou uvedeny úkoly, které žáci plní; na několika místech je uvedeno, že žáci mají požádat o kontrolu svých úvah učitele. Je třeba buď skutečně kontrolovat práci jednotlivých skupin, nebo na chvíli badatelskou práci všech skupin přerušit a závěry zkontrolovat a zapsat společně s celou třídou.

Stejně tak je možné vůbec žákům pracovní listy nerozdávat, postupně jim zadávat úkoly ústně a po splnění jednotlivých úkolů s nimi řešení ihned zkontrolovat. Někdy je pro žáky vhodnější, když pokyny slyší a mohou se ihned zeptat na případné nejasnosti, než když musí číst a pochopit složitější text. **Není možné, aby badatelská činnost žáků probíhala neřízeně, bez ověřování správnosti závěrů.**

Řešení pracovního listu pro žáky

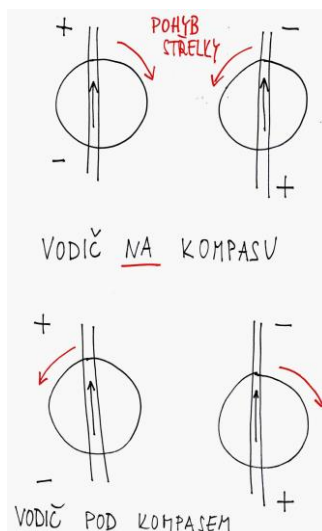
(Návrh řešení je do textu psán kurzívou, žáci však samozřejmě mohou použít odlišné formulace či nákresy. Učitel musí fyzikální správnost řešení sám zkontrolovat, není možné kontrolovat řešení jen podle tohoto textu.)

1. Zapiš si podstatné informace týkající se historie zkoumání elektřiny a magnetismu.
2. Ve skupině máte vodič, plochou baterii, 1 krokosvorku a kompas nebo busolu. Položte kompas na stůl a přes něj položte vodič tak, aby byl rovnoběžný se střílkou. Nakreslete obrázek tohoto experimentu. Jeden konec vodiče připojte pomocí krokosvorky ke kladnému pólu ploché baterie, druhým koncem se **krátce dotkněte** záporného pólu baterie. Pozorujte směr pohybu střílky kompasu, pohyb znázorněte do obrázku. Vyměňte póly baterie a pokus zopakujte. Nakreslete druhý obrázek popisující experiment.
Nyní položte vodič na stůl a kompas položte na něj (opět je střílka rovnoběžná s vodičem). Nejdříve připojte vodič k baterii stejně jako v prvním experimentu, potom jako ve druhém. Ke každému experimentu nakreslete obrázek, ve kterém vyznačíte jak plus a mínus pól baterie, tak směr pohybu střílky kompasu.

Zapište závěry z experimentů:

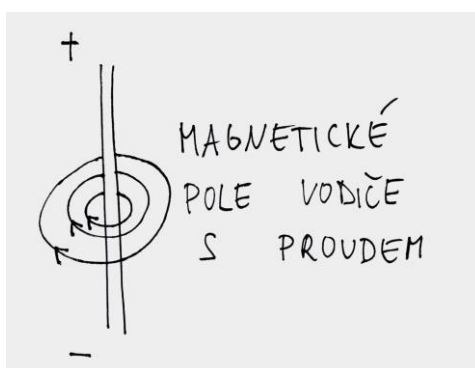
- a) závěr týkající se zdůvodnění, proč se střílka kompasu vůbec pohybuje, když na lavici není žádný magnet.
Kolem vodiče s proudem vzniká magnetické pole, které ovlivňuje chování střílky kompasu.
- b) závěry popisující směr pohybu střílky kompasu v závislosti na uspořádání experimentu.

Nakresleno v obrázku (v horním řádku leží vodič na kompasu, v dolním řádku leží vodič pod kompasem).



Obr. 8. Chování střelky kompasu v blízkosti vodiče s proudem

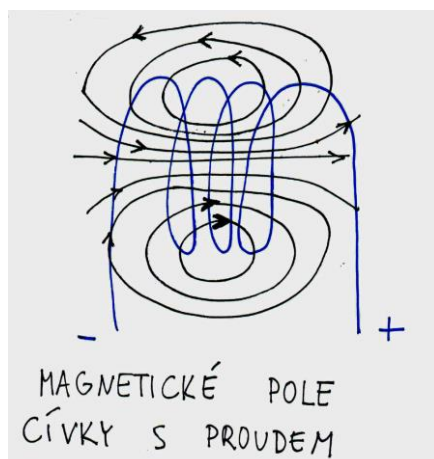
- Víte, že indukční čáry magnetického pole jsou myšlené čáry, které mají charakter uzavřených a orientovaných křivek, střelka kompasu se vždy natočí ve směru tečny indukční čáry. Vezměte si do ruky vodič a na základě těchto vědomostí a předchozích experimentů zkuste navrhnout, jaký tvar mají indukční čáry vodiče s proudem. Zapište a nakreslete svůj návrh. Při svých úvahách si uvědomte, že střelka kompasu je ovlivňována nejen magnetickým polem vodiče s proudem, ale i magnetickým polem Země.
Indukční čáry magnetického pole vodiče s proudem mají tvar soustředných kružnic ležících v rovině kolmé na vodič.



Obr. 9. Magnetické pole vodiče s proudem

- Požádejte učitele o kontrolu vašeho návrhu.
- Z vodiče vytvořte smyčku a uvažujte, zda magnetické pole uvnitř smyčky bude silnější (indukční čáry uvnitř smyčky míří stejným směrem) nebo slabší (indukční čáry uvnitř smyčky míří proti sobě) než v případě rovného vodiče. Indukční čáry při těchto úvahách vhodným způsobem modelujte (například pomocí prstů). Zapište svůj názor.
Magnetické pole uvnitř smyčky bude větší (šipky indukčních čar jdou stejným směrem, tedy se síly sčítají).
- Požádejte učitele o kontrolu vašeho návrhu.
- Spojte vodiče, které máte k dispozici, do jednoho dlouhého vodiče a smotejte ho tak, abyste získali co nejvíce závitů (vytvoříte cívku). Zapojte konce vodiče na chvíli k baterii a pomocí kompasu prozkoumejte tvar magnetického pole této cívky. Přehledně nakreslete cívku a její magnetické pole.

Nakresleno na obrázku. Magnetické pole cívky s proudem je podobné magnetickému poli trvalého magnetu.



Obr. 10. Magnetické pole cívky s proudem

8. Požádejte učitele o kontrolu vašeho návrhu.
9. Pozorujte experiment předvedený učitelem a запиšte, čím můžeme ovlivňovat velikost magnetického pole cívky.
Počtem závitů cívky, velikostí proudu, vložení jádra.
10. Popište nebo nakreslete princip elektromagnetu. Napište, kde se v praxi využívá.
Je to cívka s jádrem. Při zapojení proudu se z jádra stane magnet, který může přitahovat hřebíky. Využívá se například při třídění železného odpadu. Jeho hlavní výhodou je, že můžeme ovlivňovat sílu magnetu a můžeme ho i vypnout.
11. Jako dobrovolný domácí úkol vyrobte elektromagnet, který při napájení z ploché baterie zvedne alespoň pět kancelářských sponek.

Závěrečné poznámky

Jiné varianty a další možné úpravy či doporučení

Viz Navazující a rozšiřující aktivity.

Reflexe po hodině

Kontrola správnosti závěrů, ke kterým žáci v průběhu experimentování došli (například formou kontroly vyplněných pracovních listů nebo záznamů v sešitech).

Navazující a rozšiřující aktivity

Navazující aktivita viz Elektromagnetismus 2.

Rozšiřující aktivita:

Možnost výroby tangentové busoly (měřidlo proudu vyrobené pouze z busoly a vodiče), sestavené například dle návodu Zdeňka Poláka na internetové stránce

http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/sbornik/rozsirene/Polak/12_Polak.html.

Vysvětlení její funkce, případně její kalibrace. Využití tangentové busoly při indikaci nebo měření proudu (je-li známa hodnota magnetické indukce zemského magnetického pole) nebo naopak při měření magnetického pole Země (je-li měřidlo kalibrováno známým proudem).