

Projekt **ŠABLONY NA GVM**

registrační číslo projektu: CZ.1.07/1.5.00/34.0948

III-2 Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

**3. Elektromagnetismus**

**3. 8. Magnetické pole 1**

**Autor:**  Aleš Trojánek

**Jazyk:** čeština

**Datum vyhotovení:** květen 2013

**Cílová skupina:**  žáci gymnázia: 3. ročník čtyřletého studia a 7. ročník

osmiletého studia + maturitní ročník, věk 16-19 let

**Druh učebního materiálu:** podpora a doplnění výuky fyziky, materiál je určen i pro samostatnou práci žáků

**Očekávaný výstup:** žáci si osvojí řešení typických fyzikálních úloh z  elektromagnetismu

**Anotace:** Učební materiál obsahuje vzorové příklady a úlohy z části – magnetické pole. Může sloužit při výkladu, procvičování i pro samostatnou práci žáků. Velmi vhodný je pro přípravu k maturitní zkoušce z fyziky.

**3. 8. Magnetické pole 1**

Úvodní poznámky (s využitím textu z [2], s. 744)

Připomenutí poznatků o **elektrickém poli**:

Elektrický náboj vytváří ve svém okolí elektrické pole, které působí na ostatní elektrické náboje. Elektrické pole můžeme popsat **intenzitou elektrického pole**. Tuto veličinu určíme (definujeme) tak, že do určitého místa prostoru vložíme testovací náboj a měříme elektrickou sílu , kterou elektrické pole na částici působí. Potom definujeme intenzitu elektrického pole vztahem:

.

Jak vzniká **magnetické pole** a jak definovat příslušnou veličinu, která by byla analogická intenzitě elektrického pole?

Bylo by logické očekávat, že existuje „magnetický náboj“, který vytváří ve svém okolí magnetické pole působící na jiné magnetické náboje. Existence takových magnetických nábojů, zvaných „magnetické monopóly“ nebyla experimentálně potvrzena, i když v některých teoriích vystupují. Magnetická pole, s nimiž se setkáváme, vznikají jinak.

Původ kteréhokoli magnetického pole můžeme vysvětlit jedním z těchto dvou mechanizmů:

1. Pohybující se elektricky nabité částice, jako jsou nosiče náboje ve vodičích, vytvářejí ve svém okolí magnetické pole.

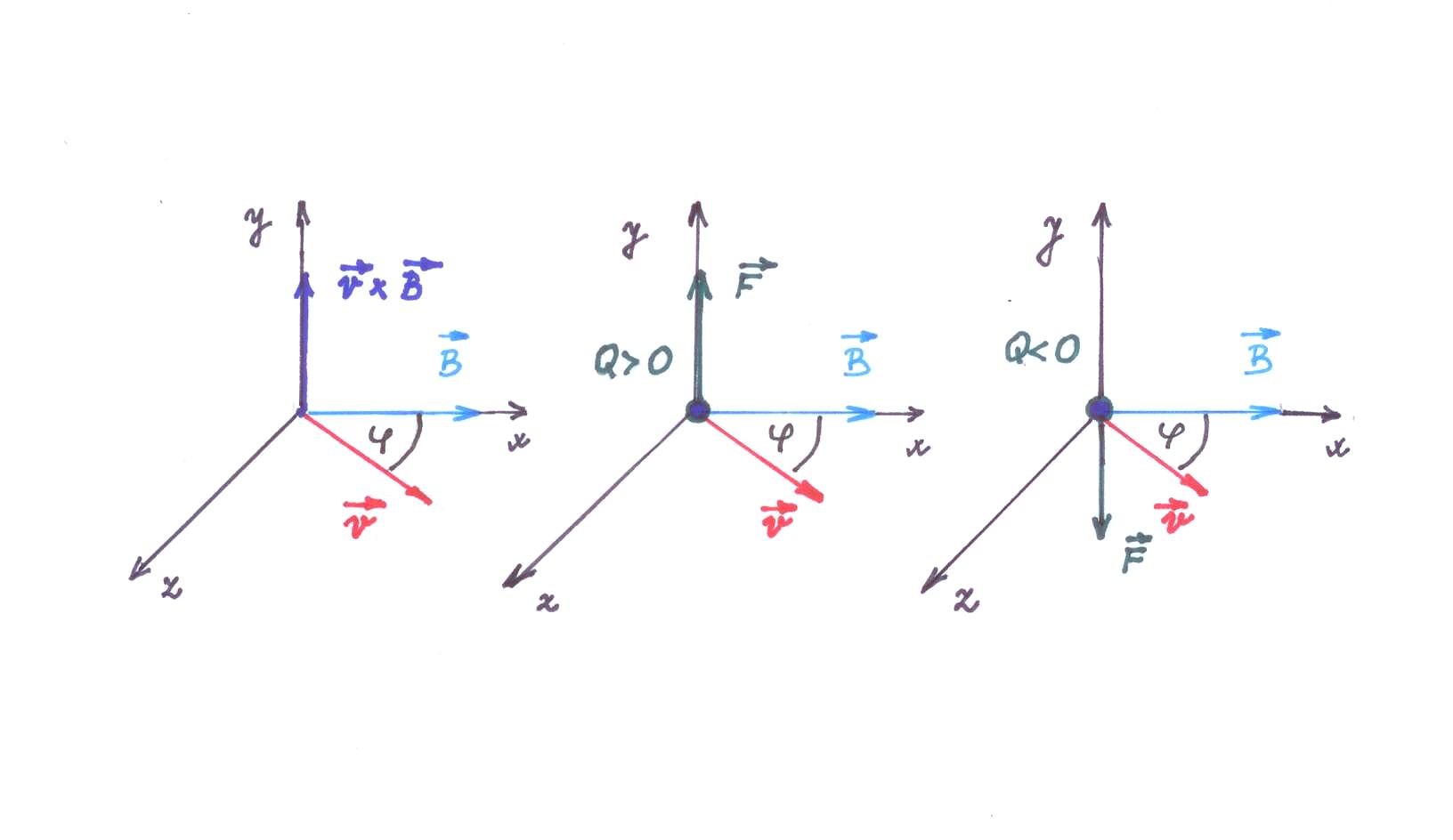
2. některé elementární částice, např. elektrony, mají také své magnetické pole. Toto pole je jejich základní charakteristikou stejně jako hmotnost či elektrický náboj. V určitých látkách se skládají magnetická pole všech elektronů a vytvářejí navenek výrazné magnetické pole. Z takových látek jsou vyrobeny permanentní magnety. V jiných látkách se magnetické pole všech elektronů vyruší a žádné výraznější magnetické pole jako výsledek nevznikne.

Magnetická indukce se zavádí (definuje) pomocí magnetické (Lorentzovy) síly, kterou působí magnetické pole na nabitou pohybující se částici nebo pomocí magnetické (Ampérovy) síly, kterou magnetické pole působí na úsek přímého vodiče protékaného proudem. Těmto definicím magnetické indukce se zde podrobněji věnovat nebudeme, ale uvedeme a procvičíme si vztahy pro Lorentzovu a Ampérovu sílu.

**Lorentzova síla**, kterou působí magnetické pole o magnetické indukci na nabitou částici s nábojem , která se pohybuje rychlostí , je dána vztahem:

). (1)

Její velikost je , kde  je úhel sevřený vektory , . Její směr: Orientaci síly určíme podle obr. 1. Využijeme pravidlo pravotočivého šroubu pro vektorový součin . Vztah (1) je výsledek získaný pokusy. Je z něj zřejmé, že na klidnou nabitou částici magnetické pole nepůsobí.

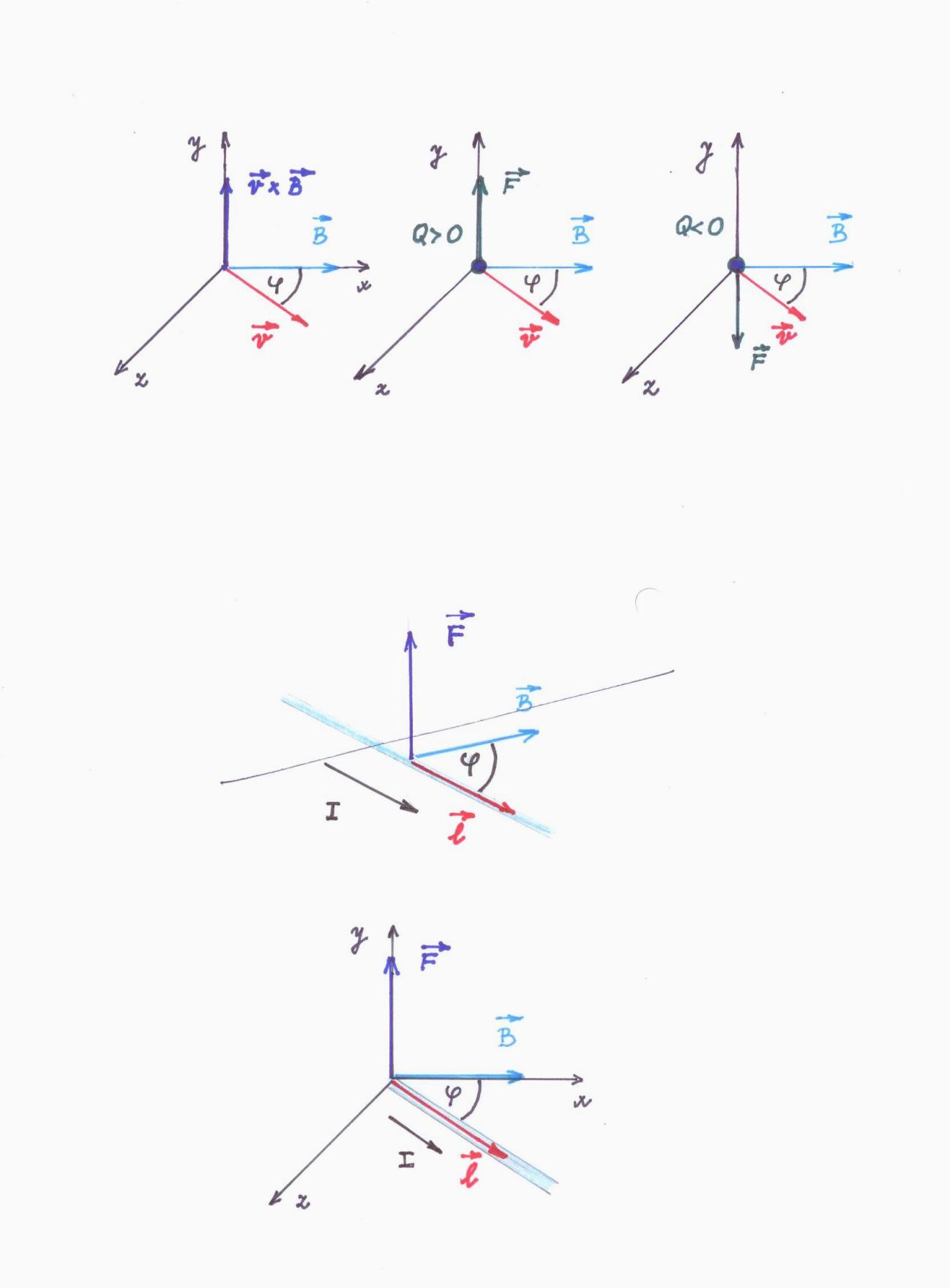
**Poznámka**: Lorentzova síla se značí také , případně.

Obr. 1

**Ampérova síla**, kterou působí magnetické pole o magnetické indukci na lineární přímočarý vodič délky , v němž je proud , je dána vztahem

(2)

kde je vektor o velikosti rovné délce , orientovaný ve směru proudu. Pro velikost Ampérovy síly platí: , kde je úhel sevřený vektory . Platí Orientaci síly určíme podle obr. 2. Využijeme přitom pravidlo pravotočivého šroubu pro vektorový součin

Poznámka: Ampérova síla se také značí např. .

Obr. 2

**Příklad 1**

(Příklad vznikl úpravou PŘÍKLADU 15.1 z [1], s. 152.)

V homogenním magnetickém poli, jehož magnetická indukce má velikost 0,080 0 T, je elektron. Určete směr a velikost síly, kterou na něj magnetické pole působí, jestliže elektron:

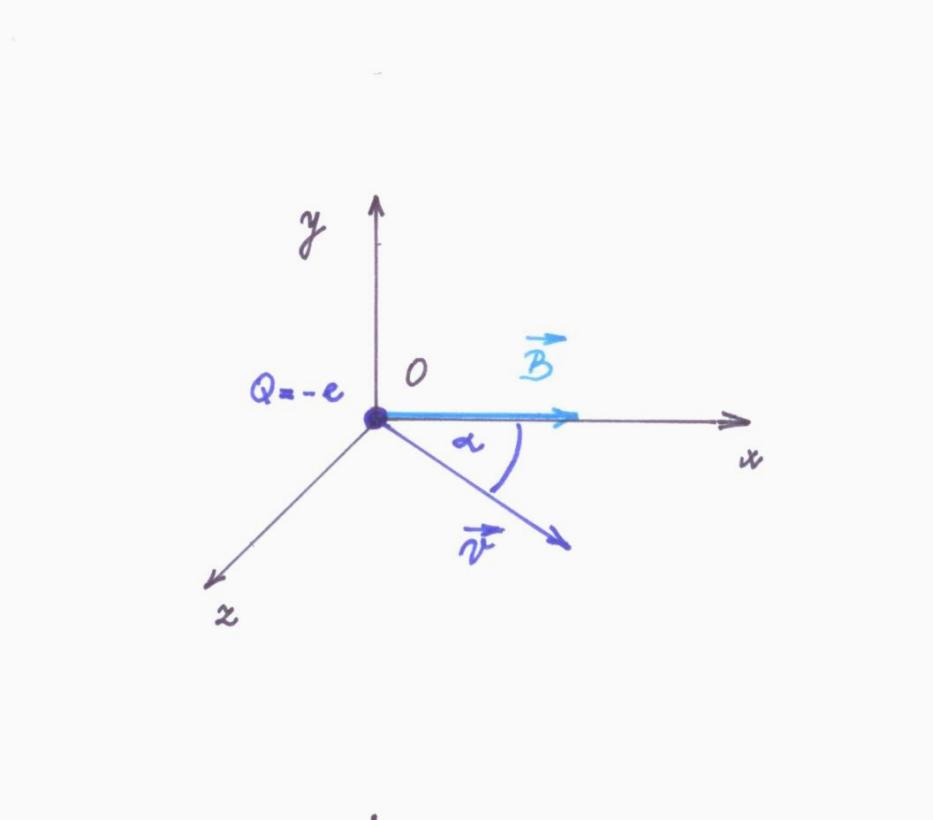
1. je v klidu,

2. pohybuje se rychlostí o velikosti 8 000 m·s-1

a) ve směru indukčních čar

b) proti směru indukčních čar

c) ve směru svírajícím s indukčními čarami úhel 40 (viz obr. 3).

****

Obr. 3

***Řešení:***

Užijeme vztah), resp.

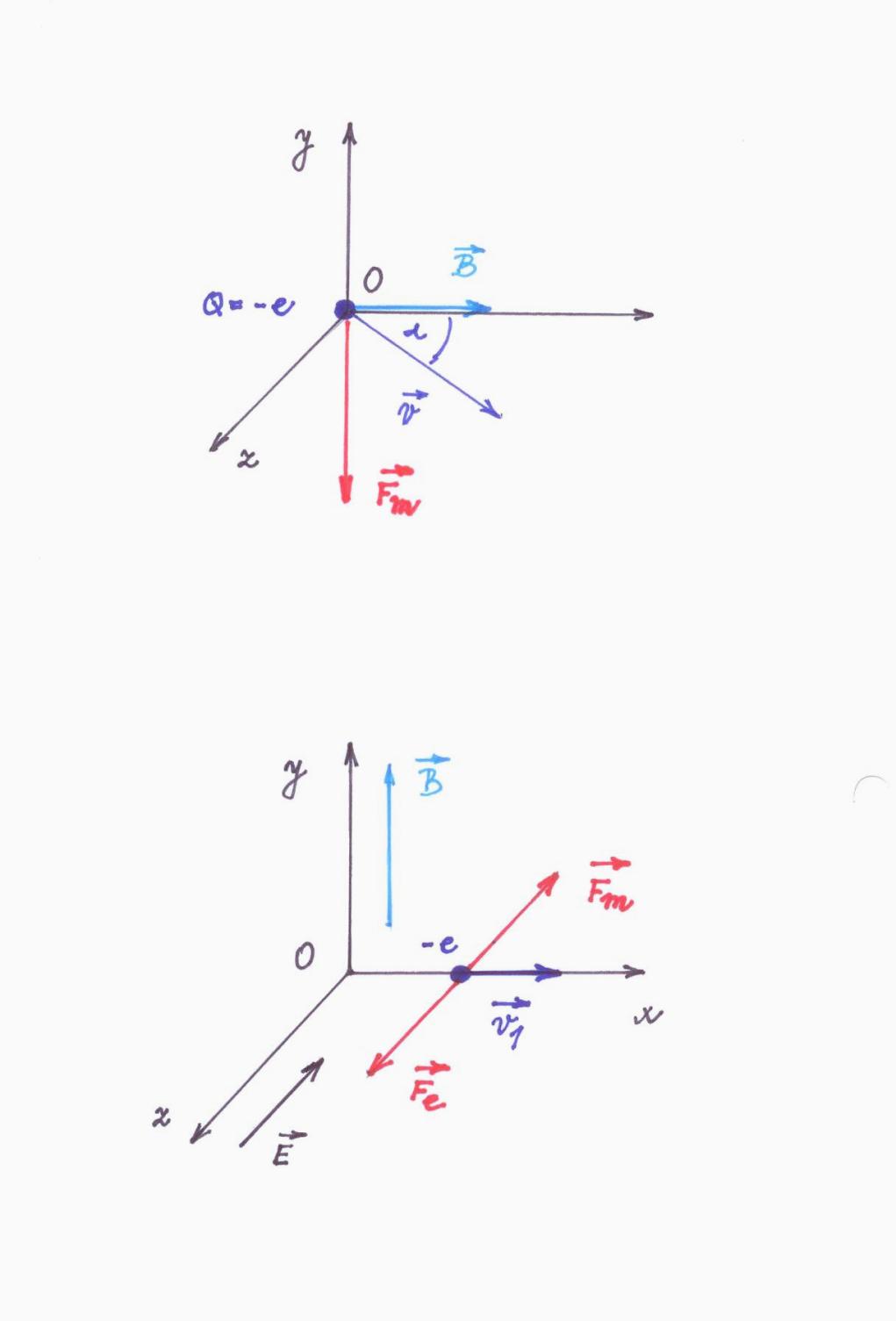
1. .

2. a)

b)

c) 1,60·10-19·8,00·103·0,080 0 N = 6,58·10-17 N. Směr síly je

patrný z obr. 4.

****

Obr. 4

**Příklad 2**

(Jedná se o PŘÍKLAD 15.2 z [1], s. 153.)

Elektron se pohybuje v elektromagnetickém poli ve směru osy stálou rychlostí o velikosti

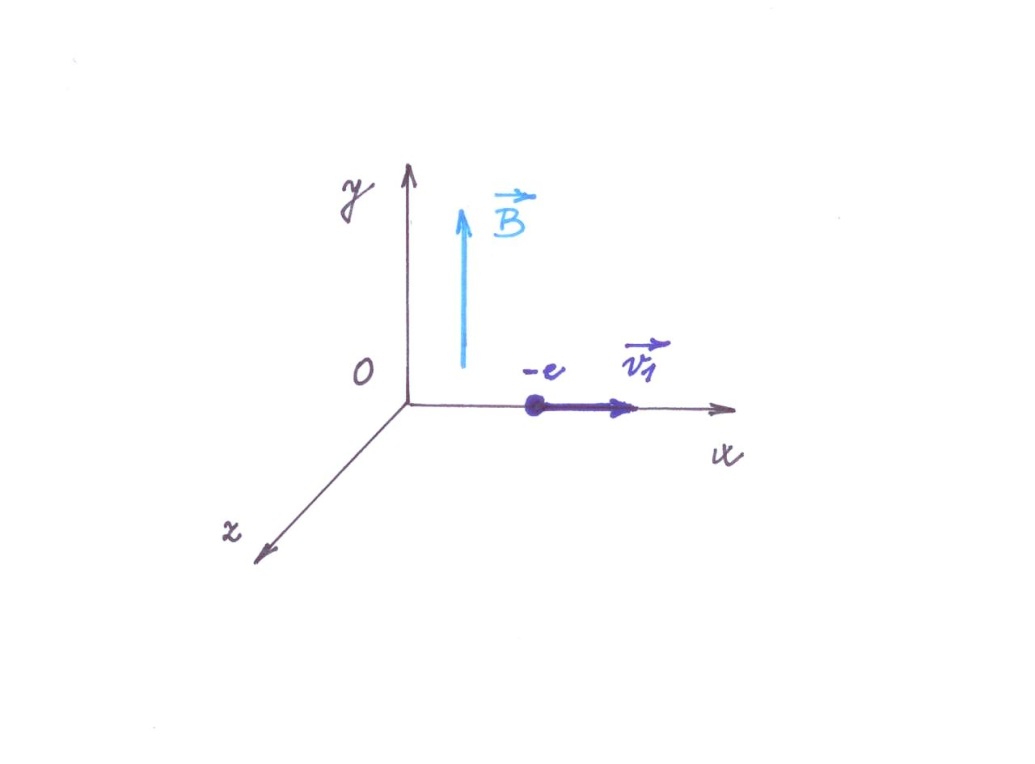
5 000 m·s-1. Působí na něj pouze uvedené pole. Magnetická složka tohoto pole má magnetickou indukci o velikosti 0,080 0 T orientovanou ve směru osy Určete a do obr. zakreslete:

1. výslednou sílu, sílu magnetickou a elektrickou působící na elektron,

2. intenzitu elektrického pole

3. výslednou sílu, která by na elektron působila, kdyby se v nějakém okamžiku pohyboval rychlostí

o velikosti ve směru osy

****

Obr. 5

***Řešení:***

1. Elektron má stálou rychlost , tedy nulové zrychlení. Předpokládáme, že děj probíhá v laboratorní

vztažné soustavě. Pak z druhého pohybového zákona plyne .

Magnetická síla je dána vztahem kde Vektor má směr osy vektor má směr opačný, neboť Viz obr. 6.

Velikost síly : 1,60·10-19 ·5,00·103·0,080 0N = 6,40·10-17 N.

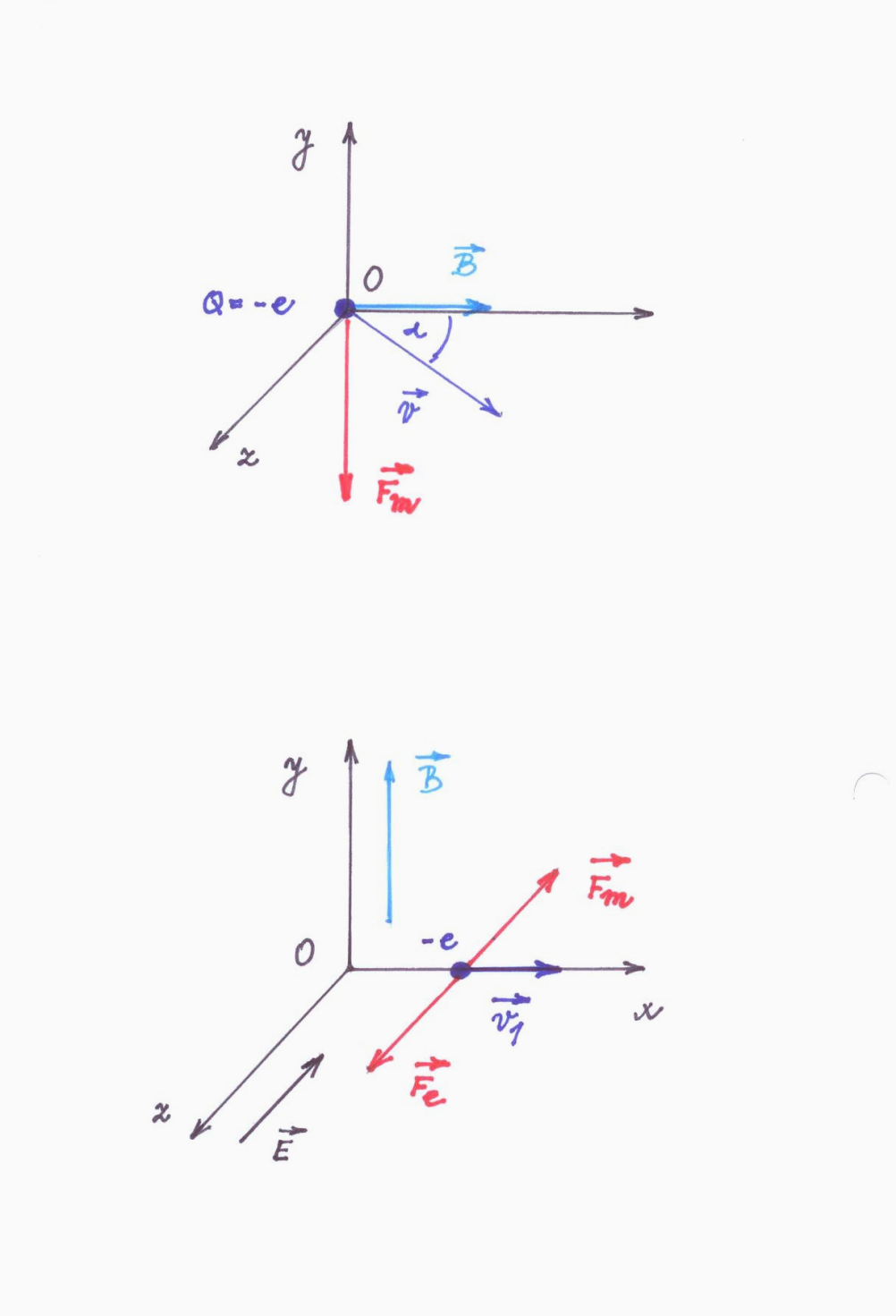
Elektrická síla . Určíme ji ze vztahu. Protože , platí .

2. Intenzita elektrického pole je definována vztahem, zde tedy . Odtud

plyne: směr, tj. , velikost: … = 400 V·m-1.

3. Výsledná síla . Rychlost je rovnoběžná s vektorem , takže magnetická síla je nulová.

Elektrická síla na rychlosti náboje nezávisí, zůstane tedy stejná. Platí tedy.

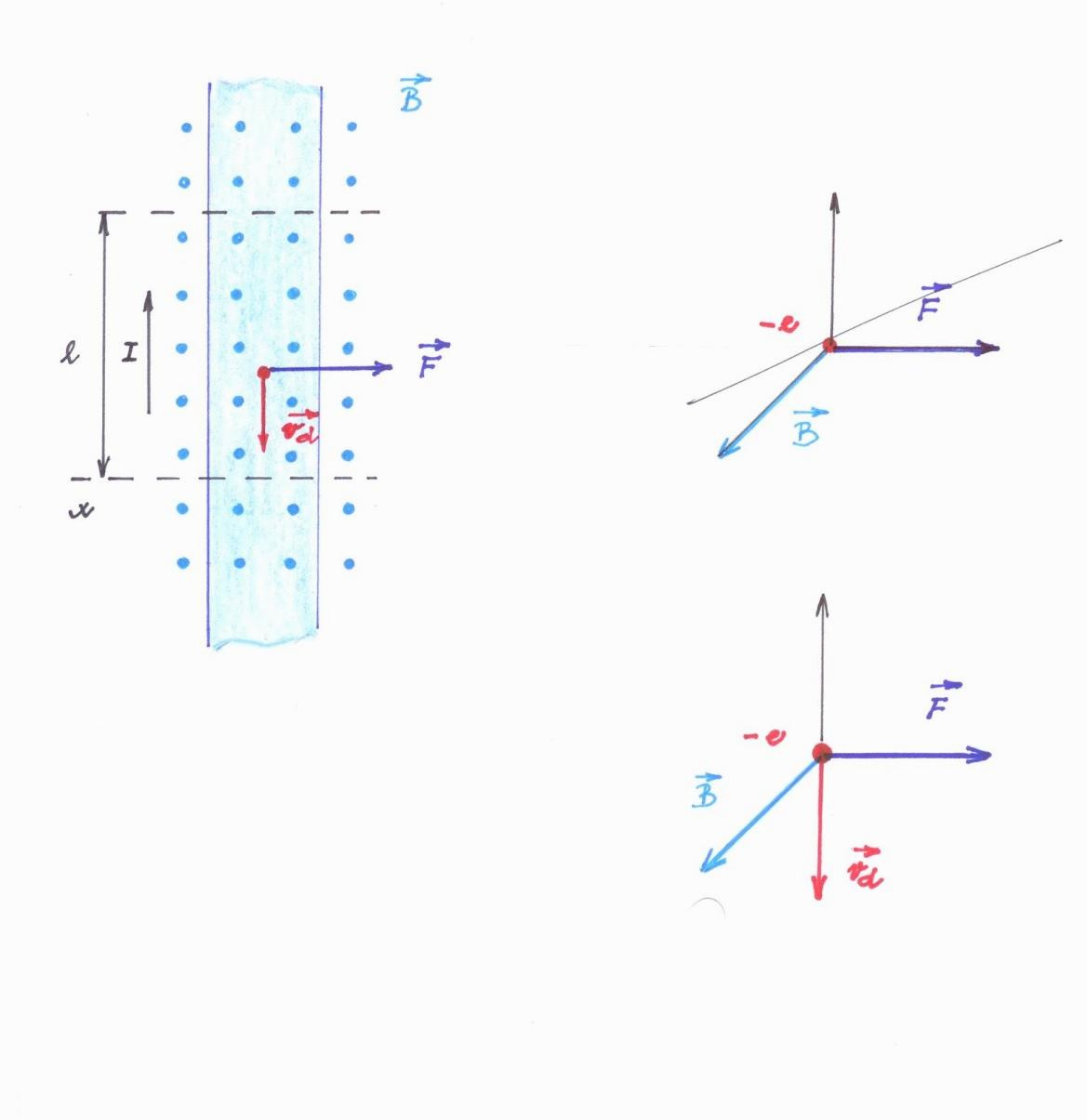


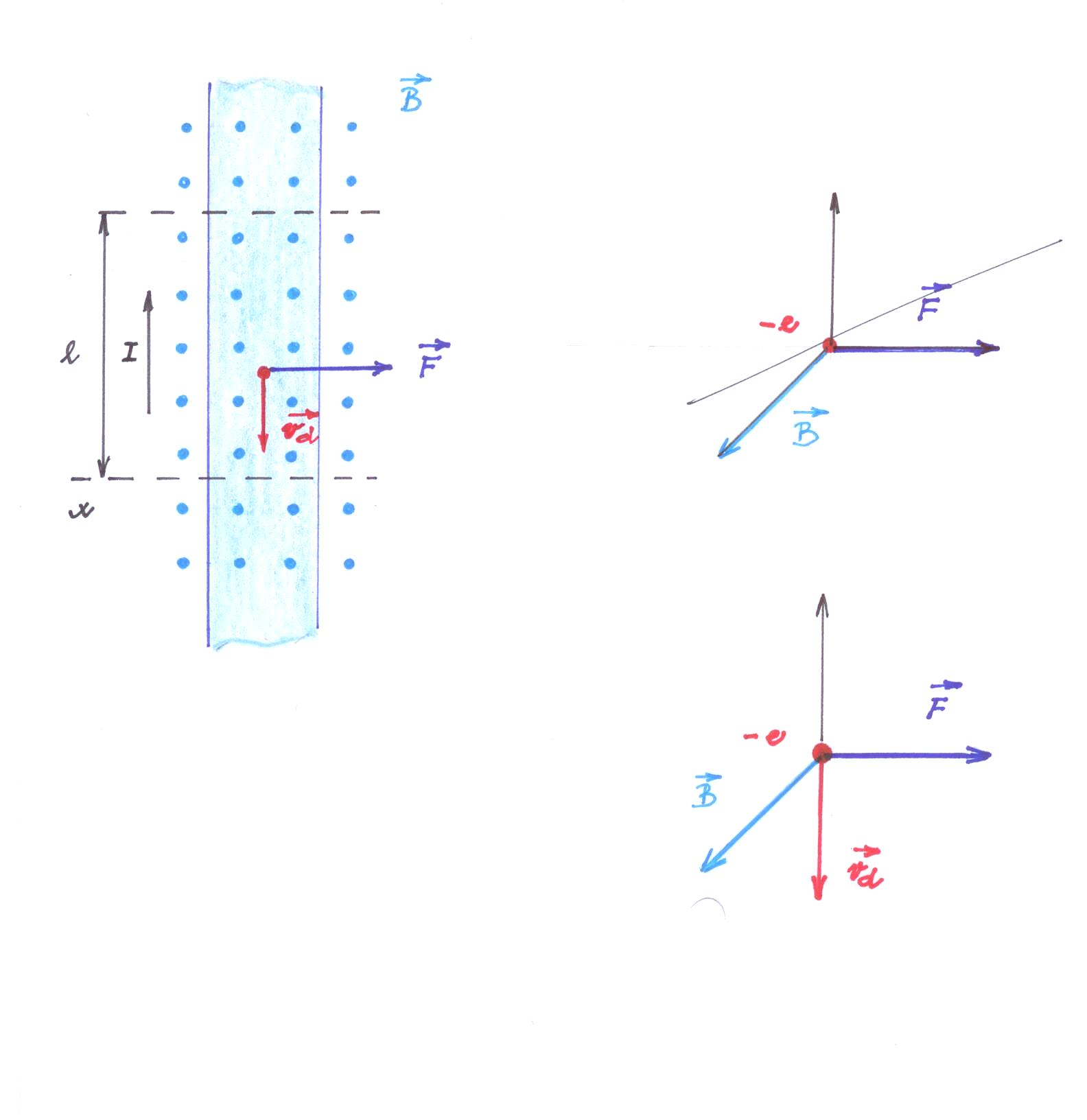
Obr. 6

**Příklad 3**

Ukažte, jak souvisí vztah pro Lorentzovu sílu), kterou působí magnetické pole o magnetické indukci na elektricky nabitou částici o náboji pohybující se rychlostí a vztah pro Ampérovu sílu , kterou působí magnetické pole o magnetické indukci na přímý vodič délky protékaný proudem .

***Řešení:***

******

******

Obr. 8

Obr. 7

Na obr. 7 je znázorněn malý úsek vodiče, který je v magnetickém poli o indukci , která je kolmá k rovině obrázku a směřuje k nám[[1]](#footnote-1). Sledujme jeden z vodivostních elektronů, pohybující se driftovou rychlostí směrem dolů. Podle rovnice (1) pro 90 zjistíme, že na něj působí síla o velikosti . Tato síla směřuje doprava, jak je vidět z pomocného obr. 8. Také na ostatní pohybující se elektrony ve vodiči bude působit magnetické pole „boční“ silou. Protože vodivostní elektrony nemohou vodič opustit, přenáší se tato síla na samotný vodič.

Uvažujme úsek přímého vodiče podle obr. 7. Vodivostní elektrony v tomto úseku vodiče se budou pohybovat driftovou rychlostí dolů kolmo k řezu po dobu . Za tuto dobu projde řezem náboj

.

Dosadíme-li tento výsledek do rovnice (1), dostaneme

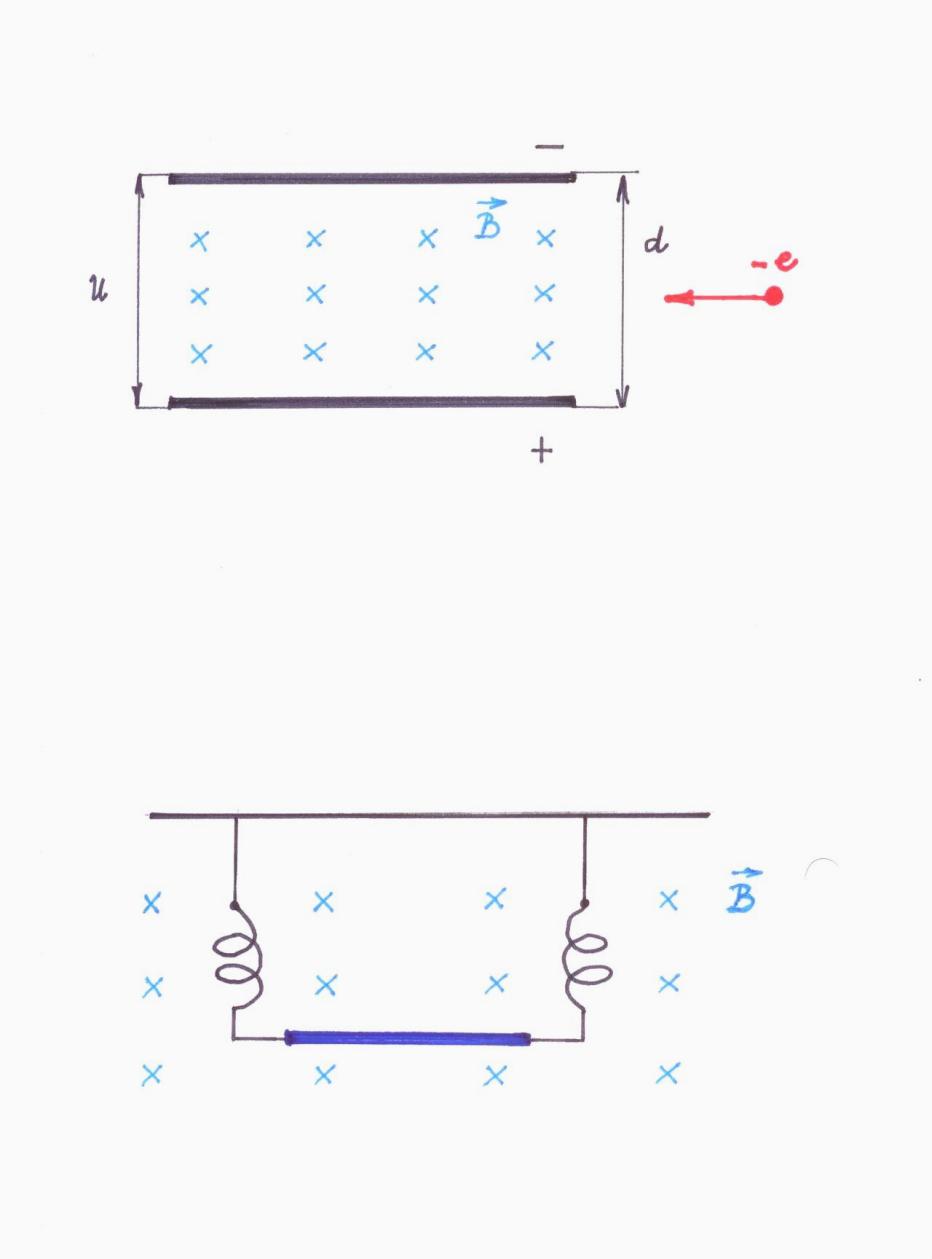
,

Odkud

Tato rovnice určuje velikost síly, kterou působí magnetické pole o indukci na úsek přímého vodiče délky protékaný proudem a ležícím v rovině kolmé k . Jestliže magnetické pole není kolmé k vodiči (obr. 2), bude Ampérova síla dána zobecněným vektorovým vztahem (2).

**Úloha 1**

Deskový kondenzátor, jehož desky jsou od sebe vzdáleny o 5 mm, je připojen ke zdroji napětí 800 V a je umístěn do homogenního magnetického pole tak, že . Určete velikost rychlosti elektronu, jestliže se při průletu mezi deskami kondenzátoru neodchyluje ze svého původního směru rovnoběžného s deskami kondenzátoru (obr. 9). Magnetická indukce má velikost 0,08 T a platí pro ni: .



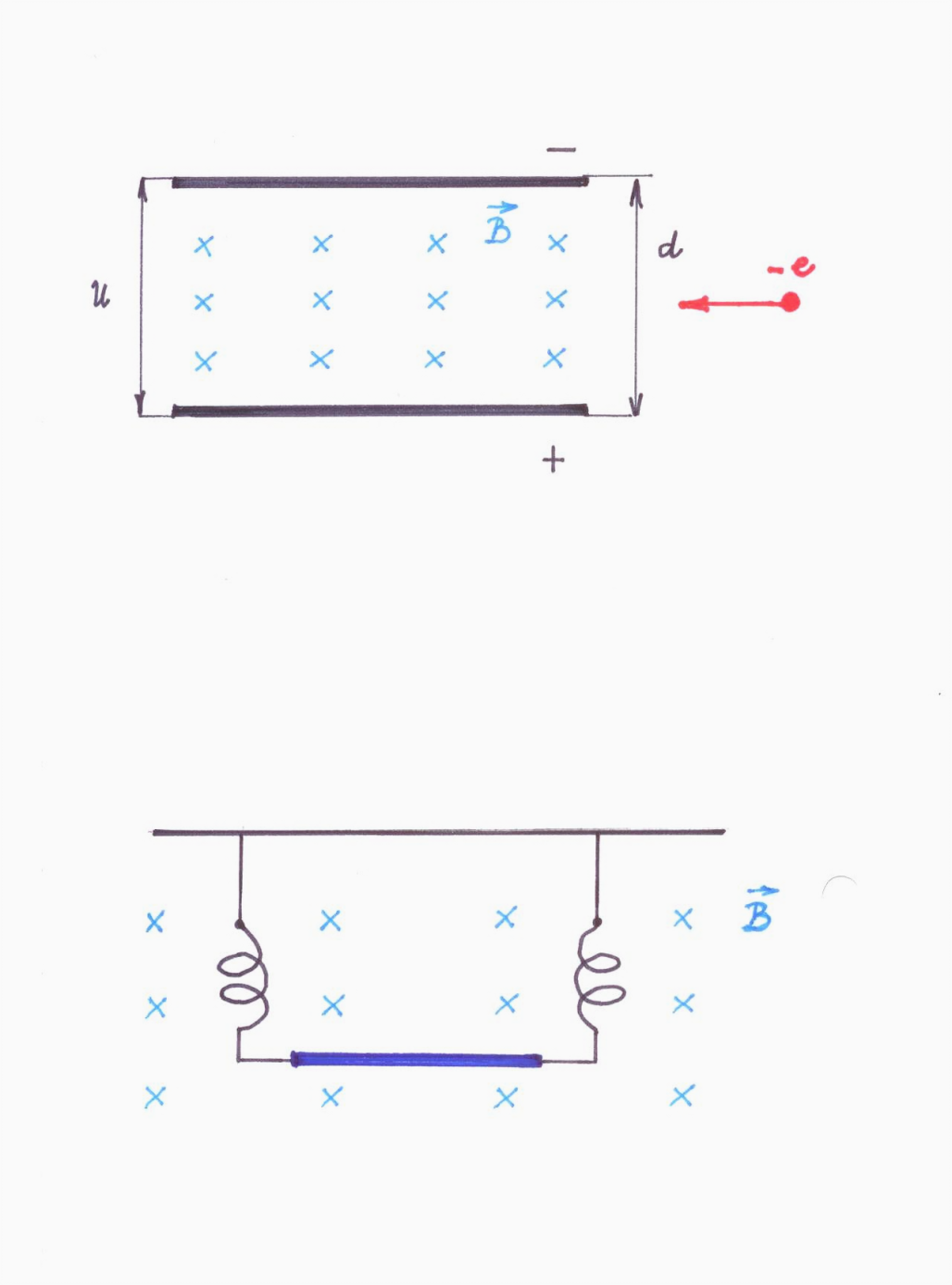
Obr. 9

[Návod k řešení a výsledek: Jestliže si situaci zakreslíme v soustavě souřadnic v prostoru, zjistíme, že . Pro velikost rychlosti elektronu pak dostaneme: … = 2,00·106 m·s-1.]

**Úloha 2**

(Jedná se o úlohu 46C z [2], s. 769.)

Vodič délky 62,0 cm má hmotnost 13,0 g a je zavěšen na dvou vodivých pružinách. Umístíme jej do magnetického pole o indukci 0,440 T (obr. 10). Jaká musí být velikost a směr elektrického proudu protékaného vodičem, aby v pružinách nevzniklo žádné mechanické napětí?



Obr. 10

[Výsledek: Proud musí téct zleva doprava a jeho velikost musí být: 4,67 A.]

**Literatura:**

[1] ŠANTAVÝ, I., TROJÁNEK, A.: *Fyzika. Příprava k přijímacím zkouškám na vysoké školy.*

Praha, Prometheus, 2000. ISBN 80-7196-138-8.

[2] Halliday, D., Resnick, J., Walker, J.: *Fyzika*. *(Vysokoškolská učebnice obecné fyziky.)*

VUT v Brně - nakladatelství VUTIUM a Prometheus, Brno 2001. Dotisk 2003.

ISBN 80-214-1868-0.

**Zdroje obrázků:**

Obr. 1-10 kreslil Aleš Trojánek a jsou určeny pro bezplatné používání pro potřeby výuky a vzdělávání na všech typech škol a školských zařízení.

1. Obr. 7 i řešení příkladu 3 jsou inspirovány kapitolou *29. 7 Ampérova síla* z [2], s. 756. [↑](#footnote-ref-1)