

Konceptuální test z elektřiny a magnetismu

Rozbor otázek a zjištěné miskoncepce

Celkové výsledky studentů jsou uvedeny v tabulce. U každé otázky je uvedena procentuální četnost konkrétní odpovědi v pretestu i posttestu. Písmeno v závorce za číslem otázky označuje správnou odpověď, četnost správné odpovědi je současně vyznačena tučným písmem. Nejčastější špatné odpovědi jsou vyznačeny kurzivou. Odpověď X znamená, že student nezaškrtl žádnou možnost (otázku vynechal) nebo naopak zaškrtl u dané otázky více možností.

Tabulka 1: Celkové výsledky účastníků testu (v procentech)

		A	B	C	D	E	X
1 (B)	PRE	2,4	26,7	49,2	12,5	8,7	0,5
	POST	3,8	49,8	34,4	8,1	4,0	0,0
2 (A)	PRE	13,5	6,3	3,4	5,8	<i>70,4</i>	0,7
	POST	33,4	6,6	5,2	5,2	<i>49,3</i>	0,2
3 (C)	PRE	13,0	9,2	72,5	2,7	2,2	0,5
	POST	10,9	5,9	76,3	5,5	1,4	0,0
4 (A)	PRE	15,4	<i>62,2</i>	14,7	3,1	4,3	0,2
	POST	28,4	<i>53,3</i>	9,7	5,2	2,8	0,5
5 (C)	PRE	5,3	5,8	79,3	7,5	1,7	0,5
	POST	5,0	3,6	85,8	3,6	1,9	0,2
6 (B)	PRE	<i>18,8</i>	58,8	3,9	6,0	12,0	0,5
	POST	<i>19,2</i>	56,4	4,0	7,8	12,3	0,2
7 (E)	PRE	13,0	14,7	1,2	<i>63,1</i>	6,5	1,4
	POST	13,5	8,5	5,0	<i>57,8</i>	14,9	0,2
8 (C)	PRE	3,4	3,4	11,1	3,6	<i>76,9</i>	1,7
	POST	7,3	4,7	22,5	5,5	<i>59,7</i>	0,2
9 (C)	PRE	20,7	9,6	61,7	4,1	2,2	1,7
	POST	<i>14,5</i>	7,1	71,3	3,8	2,8	0,5
10 (D)	PRE	10,8	22,2	20,5	41,7	3,4	1,4
	POST	9,0	16,8	17,3	52,8	3,6	0,5
11 (D)	PRE	29,9	<i>34,0</i>	17,6	12,3	3,9	2,4
	POST	15,6	<i>31,3</i>	21,3	23,0	7,1	1,7
12 (B)	PRE	20,5	63,9	4,3	6,3	3,6	1,4
	POST	28,0	53,8	7,1	6,9	3,6	0,7
13 (C)	PRE	30,6	11,1	9,9	3,9	<i>42,9</i>	1,7
	POST	24,9	15,9	19,2	8,3	<i>30,6</i>	1,2
14 (A)	PRE	16,6	12,3	22,2	<i>43,6</i>	3,9	1,4
	POST	27,7	31,5	17,8	20,1	1,7	1,2
15 (D)	PRE	31,8	11,8	10,8	13,7	29,6	2,2
	POST	32,2	13,7	18,2	20,9	14,5	0,5
16 (C)	PRE	30,4	15,9	31,6	11,1	7,7	3,4
	POST	24,4	9,0	53,1	8,5	4,5	0,5
17 (A)	PRE	14,2	23,1	26,5	25,3	7,7	3,1
	POST	14,9	20,9	38,2	21,6	3,8	0,7
18 (E)	PRE	33,5	13,0	21,7	19,3	10,8	1,7
	POST	41,0	11,8	23,5	12,1	10,4	0,9

Jednotlivé otázky, typické špatné odpovědi a z nich plynoucí miskoncepce jsou dále podrobně rozebrány. Zadání otázek je zkráceno.

Rozložení náboje na vodiči a izolantu (otázky 1 a 2)

První dvě otázky v testu se týkají rozložení náboje na vodiči a izolantu. Zadání obou otázek je podobné: Na izolační podložce je umístěna plechovka (či PET lahev), na kterou je na

konkrétní místo přivedeno malé množství náboje. Studenti mají rozhodnout, co zjistíme, jestliže budeme po náboji pátrat o několik sekund později. Možné odpovědi jsou u obou otázek obdobné:

- a) všechny přivedený náboj zůstal poblíž místa A.
- b) přivedený náboj se rozložil po celém vnějším povrchu plechovky.
- c) přivedený náboj se rozložil po celém vnějším i vnitřním povrchu plechovky.
- d) většina náboje zůstala poblíž místa A, ale část se ho rozprostřela po povrchu plechovky.
- e) nezjistíme žádný náboj.

U otázky č. 2 je místo plechovky PET lahev, odpověď d) zní: „část náboje se rozprostřela po celém povrchu PET lahve, ale většina ho zůstala v místě A.“

V první otázce, týkající se plechovky, odpověděla téměř polovina zúčastněných studentů v posttestu správně. Dalších necelých 35 % si i po výuce (v posttestu) myslí, že se náboj rozloží po vnějším i vnitřním povrchu plechovky. Otázka týkající se PET lahve dopadla mnohem hůř – správně odpovědělo 13,5 % resp. 33,4 % studentů v pretestu resp. posttestu. Téměř polovina studentů je i v posttestu přesvědčena, že náboj na izolantu zmizí (v pretestu tuto možnost zvolilo přes 70 % studentů). K porozumění této miskoncepci mohou pomoci zdůvodnění studentů, kteří se účastnili upraveného výzkumu. O tom, že náboj na PET lahvi zmizí, je přesvědčeno 13 studentů z 22 (tj. 60 %). Většina z nich svou odpověď zdůvodnila pouze konstatováním, že plast je izolant, případně že plast nevede elektrický proud. Mezi zdůvodněními se ale objevilo i „Plast nevede, proto náboj vyprchal“, případně „PET lahev nevede a množství náboje se na PET lahvi neudrží“. Zdá se, že alespoň někteří ze studentů mohou být přesvědčeni, že náboj se může vyskytovat jen na vodičích, na izolantech se náboj neudrží.

Pro srovnání uveďme výsledky studentů v testu CSEM: u rozložení náboje na vodiči odpověděla naprostá většina studentů správně (i když část z nich také zvolila možnost, že se náboj rozloží na vnějším i vnitřním povrchu), odpovědi u otázky týkající se rozložení náboje na izolantu byly v podstatě náhodné. Odpověď „nezjistíme žádný náboj“ zvolilo v pretestu 26 % (Algebra-based) resp. 24 % (Calculus-based), v posttestu pak 19 % resp. 11 % studentů.

Coulombův zákon (otázky 3 a 4)

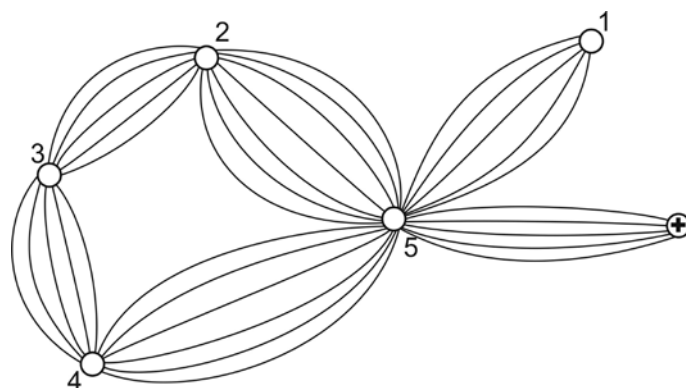
3. a 4. otázka se týkají Coulombova zákona. Studenti mají odpovědět, jak se změní síla, kterou na sebe vzájemně působí dvě kuličky s nábojem, jestliže jednu kuličku s nábojem $+Q$ vyměníme za kuličku s nábojem $+3Q$ (otázka 3) resp. když dvě kuličky s nábojem $+Q$ posuneme tak, aby byly dvakrát dál od sebe (otázka 4).

V otázce 3 odpověděla naprostá většina studentů správně (72 % v pretestu a 76 % v posttestu). Množství správných odpovědí ale nepřekvapí – pro studenty je přirozené, že když je $3\times$ větší náboj, bude $3\times$ větší i síla.

Na otázku 4 odpovědělo správně pouze 15 % v pretestu a necelých 30 % v posttestu. Nejčastější špatnou odpovědí byla odpověď „síla bude poloviční“. Tuto možnost zvolilo více než 60 % studentů v pretestu a 53 % studentů v posttestu. Výsledky této otázky odpovídají obdobné otázce v testu CSEM. Zdá se, že přestože se výpočtům Coulombova zákona věnuje na středních školách poměrně dost času, studenti mu pořádně nerozumí, alespoň ne na kvalitativní úrovni.

Rozložení elektrického náboje a síla působící na náboj v elektrickém poli (otázky 5 a 6)

Otázka 5 se ukázala být nejjednodušší v pretestu i v posttestu. Úkolem studentů je určit náboje nabitých kuliček na obrázku, kde jsou kromě těchto kuliček naznačeny i siločáry (viz obr. 1). Otázku zodpovědělo správně téměř 80 % studentů v pretestu a téměř 86 % v posttestu).



Obr. 1. K zadání otázky 5

V otázce 6 měli studenti určit, jakým směrem bude působit síla na záporný náboj umístěný mezi nábojem označeným $+$ a nábojem označeným 5. Studenti si tak museli uvědomit, že dva náboje s opačným znaménkem se přitahují. Správnou odpověď zvolilo téměř 59 % studentů

v pretestu a více než 56 % studentů v posttestu. Nejčastější špatnou variantou byla síla mířící v opačném směru, tu zvolilo přibližně 19 % studentů v pretestu i posttestu.

Zdá se tak, že studenti nemají problém s pojmem siločar a s tím, že náboje s opačným nábojem se přitahují a náboje se stejným znaménkem se odpuzují.

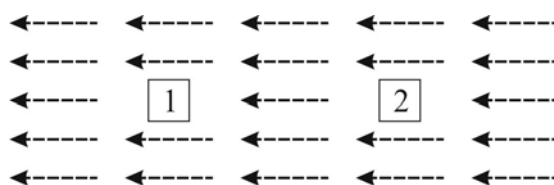
Elektrická intenzita (otázky 7 a 8)

Otázky 7 a 8 se týkají intenzity elektrického pole – v otázce 7 je znázorněn vektor elektrické intenzity v daném místě poblíž kladně nabitě kuličky. Studenti mají určit, jaký bude vektor elektrické intenzity v poloviční vzdálenosti od tohoto náboje. Správnou odpověď (4× větší) zvolilo 6,5 % studentů v pretestu a pouze necelých 15 % v posttestu. Nejčastější špatná odpověď byla, že intenzita bude 2× větší. Tuto možnost zvolilo více než 63 % studentů v posttestu a téměř 58 % v pretestu. Zdá se, že se zde opakuje obdobný problém jako u Coulombova zákona – studenti se zdají být často přesvědčeni, že kolikrát se změní vzdálenost, tolikrát se změní i efekt (síla, elektrická intenzita, apod.). Z výsledků se zdá, že tato miskoncepce přetrvává i přesto, že Coulombův zákon je v mnoha ŠVP na školách vnímán jako stěžejní partie elektrostatiky a výpočtům se tak obvykle věnuje poměrně dost času.

V otázce 8 měli studenti určit velikost intenzity mezi dvěma náboji opačného znaménka. Správnou odpověď zvolilo pouze 11 % studentů v pretestu a téměř 23 % v posttestu. Nejčastější špatnou odpovědí bylo, že výsledná intenzita bude nulová (tuto možnost zvolilo téměř 77 % studentů v pretestu a téměř 60 % v posttestu). K určení příčiny této chyby by ale bylo potřeba podrobnější výzkum týkající se toho, jak studenti při řešení otázky uvažovali. Je možné, že v zadání přehlédli, že mají náboje opačná znaménka, příčinou ale může být i miskoncepce ve smyslu „je to uprostřed mezi dvěma náboji, tak se to vyruší“ bez hlubšího zkoumání toho, mezi čím to je uprostřed.

Homogenní pole (otázka 9)

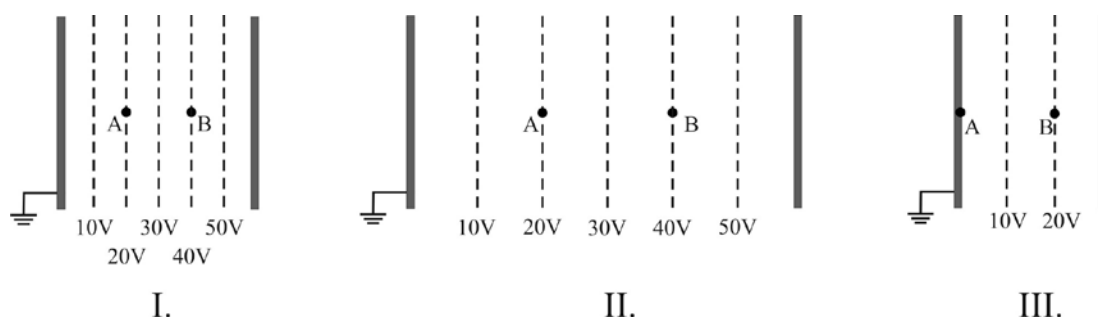
9. otázka se týká toho, jaká síla působí na částici na dvou místech v homogenním elektrickém poli (viz obr. 2, místa jsou označena 1 a 2). Tato otázka se ukázala být třetí nejjednodušší: správnou odpověď zvolilo více než 60 % studentů v pretestu a více než 70 % v posttestu. Nejčastější špatnou odpovědí (více než 20 % v pretestu a téměř 15 % v posttestu) je, že větší síla působí na náboj v místě 1.



Obr. 2. K otázce 9

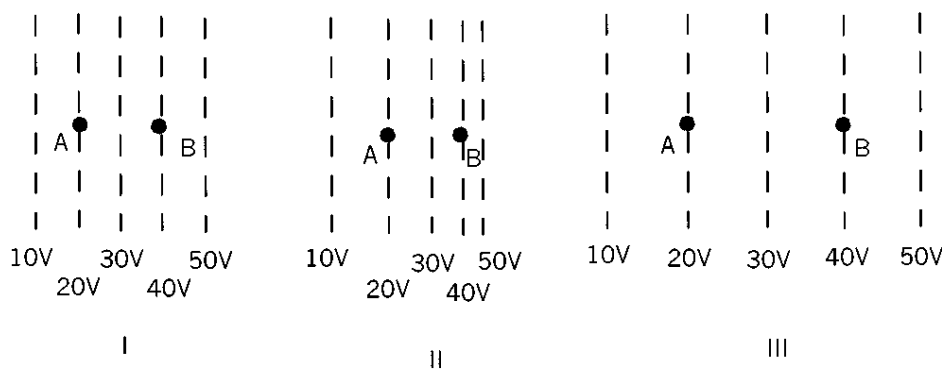
Práce v elektrickém poli (otázka 10)

V otázce 10 měli studenti určit, ve kterém ze tří případů na obr. 3 se při přesunu nabitě kuličky z bodu A do bodu B vykoná největší práce. Ke správnému vyřešení si studenti museli uvědomit, že nezáleží na fyzické vzdálenosti obou bodů ani na potenciálu bodů A a B, ale pouze na rozdílu potenciálů. Správnou odpověď (práce je ve všech případech stejná) zvolilo přibližně 42 % studentů v pretestu a 53 % v posttestu. Varianty „největší práce je na obrázku II.“ a „největší práce je na obrázku III.“ byly zastoupeny téměř rovnoměrně (v obou případech přibližně 20 % v pretestu a 17 % v posttestu). Možnost, že největší práci je potřeba vykonat na obrázku I, zvolilo přibližně 10 % studentů v pretestu i posttestu. Zdá se proto, že studenti nemají žádnou výraznou miskoncepci, ti, kteří nevěděli, odpověď spíše odhadli.



Obr. 3. K otázce 10

Obdobná otázka je i v testu CSEM (viz obr. 4). Zde zvolilo správnou odpověď 25 % (resp. 28 %) studentů v pretestu a 51 % (resp. 55 %) v posttestu. Varianty „největší práce je na obrázku II“ a „největší práce je na obrázku III“ zvolilo téměř stejně studentů. Autoři testu to komentují tak, že studenti často předpokládají, že větší vzdálenost mezi ekvipotenciálními čarami znamená silnější elektrické pole.

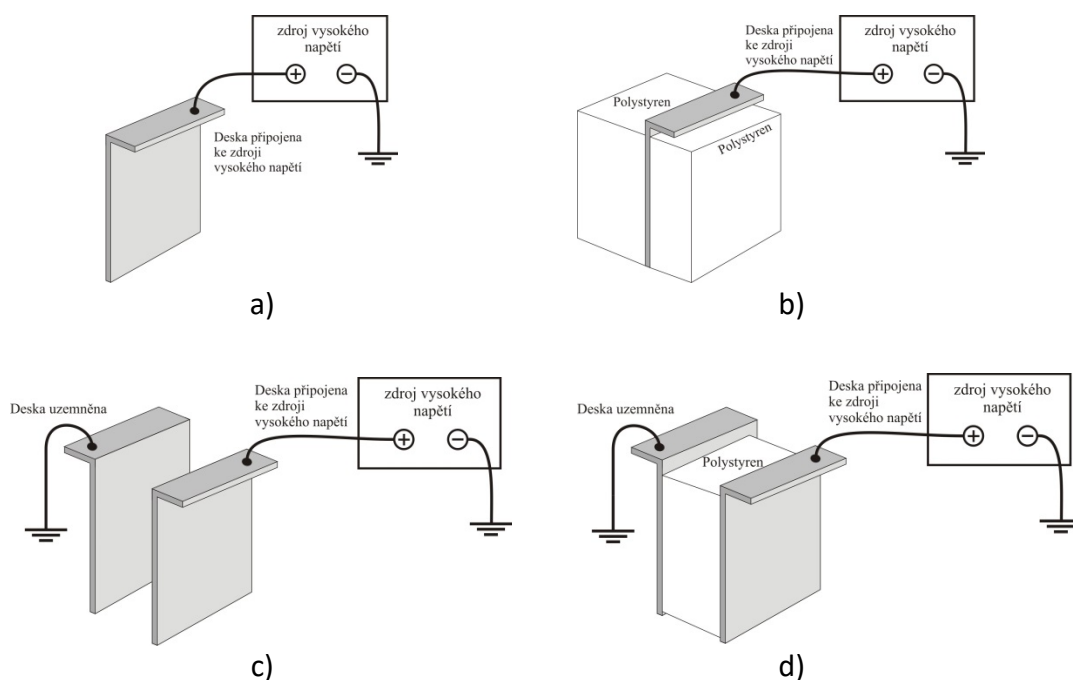


Obr. 4. Otázka týkající se práce v elektrickém poli z testu CSEM

Kondenzátory (otázky 11 a 12)

V otázce 11 jsou znázorněny kovové desky připojené ke zdroji vysokého napětí. Ve dvou případech jde pouze o jednu desku, ve zbylých třech o dvojici desek, z nichž jedna je uzemněná a druhá připojená ke zdroji vysokého napětí (dvojice desek tedy tvoří kondenzátor). U třech kondenzátorů se liší vzdálenost mezi deskami, případně přítomnost nebo nepřítomnost dielektrika. Studenti měli určit, v kterém z případů je na desce připojené ke zdroji napětí největší náboj. Studenti si museli uvědomit, že dvojice desek tvoří kondenzátor a náboj na jedné z desek je tak větší. Správnou variantu (viz obr. 5d) zvolilo přibližně 12 % studentů v pretestu a 23 % studentů v posttestu. Nejčastější špatné varianty byly v pretestu ty, kde byla jen jedna deska (viz obr. 5a a 5b). Tyto možnosti zvolilo v pretestu 30 % resp. 34 % studentů, v posttestu pak 16 % a více než 30 % studentů. Studenti považovali za správnou i možnost kondenzátoru se dvěma deskami bez dielektrika (viz obr. 5c), tu zvolilo téměř 18 % studentů v pretestu a více než 21 % studentů v posttestu.

Ve třídě, která se účastnila upraveného výzkumu, zvolilo v pretestu 9 studentů (40 %) možnost b. Pět z těchto studentů svou odpověď zdůvodnilo ve smyslu „polystyren to odizoluje, náboj nemá kam unikat“.



Obr. 5. K otázce 11

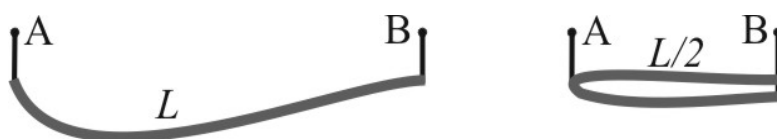
Zdá se, že ani po probrání tématu nemají studenti jasnější představu o tom, co to kondenzátor je a jak vypadá – část studentů nejspíš z popisu „dvě desky, z nichž jedna je uzemněná a druhá je připojena ke zdroji vysokého napětí“ kondenzátor vůbec nepoznala. Další část studentů nejspíše nerozeznala v kusu polystyrenu dielektrikum.

Z otázky 12 se zdá také, že studenti mají problém s aplikací vztahu mezi nábojem, kapacitou a napětím. Studenti měli určit, jak se změní napětí na kondenzátoru, na kterém je napětí U , jestliže k němu paralelně připojíme druhý nenabitý kondenzátor se stejnou kapacitou. Správnou odpověď sice zvolila většina studentů (téměř 64 % v pretestu a 54 % v posttestu), špatnou odpověď, že napětí zůstane stejné, ale zvolilo více než 20 % studentů v pretestu a 28 % v posttestu. Zdá se proto, že pochopení souvislosti mezi napětím, kapacitou a nábojem mezi studenty naopak při výuce kleslo! Příčina miskoncepce, že napětí na obou kondenzátorech zůstane stejné, může být v častém opakování poznatku „napětí paralelně je stejné“, který si tak studenti mechanicky zapamatují bez hlubšího pochopení jeho souvislostí a mezí platnosti.

Odpor vodiče (otázka 13)

Otázka 13 se týká závislosti odporu vodiče na délce a průřezu. K jejímu správnému vyřešení je potřeba, aby si studenti uvědomili, že pokud se průřez vodiče dvakrát zvětší, jeho odpor se dvakrát zmenší, a pokud se vodič zkrátí na polovinu, jeho odpor se také dvakrát zmenší. Současně je k vyřešení potřeba, aby si studenti uvědomili, že čím má vodič menší odpor, tím větší proud v něm při konstantním napětí poteče.

Konkrétní zadání otázky je na obr. 6 – studenti mají určit, jak se změní proud, který teče „přepůleným vodičem“ připojeným ke zdroji konstantního napětí.

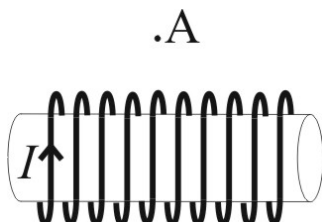


Obr. 6. Jak se změní proud, který teče do „přepůleného vodiče“ ze zdroje?

Správnou odpověď (zvětší se 4×) zvolilo téměř 10 % studentů v pretestu a 19 % studentů v posttestu. Mezi hodně zastoupenými špatnými odpověďmi bylo jednak „a) Zvětší se 2×“ (přibližně 30 % studentů v pretestu a 25 % v posttestu) a „e) Nezmění se“ (více než 40 % studentů v pretestu a 30 % v posttestu). Je možné, že studenti, kteří zvolili možnost „Zvětší se 2×“ si neuvědomili, že se nejen vodič zkrátí na půlku, ale i se dvojnásobil jeho průřez. Studenti, kteří zvolili možnost „Nezmění se“ možná byli naopak přesvědčeni, že se oba jevy vykompenzují.

Magnetické pole a magnetická síla (otázky 14, 15, 16)

Otázka 14 se týká směru magnetického pole okolo cívky s proudem. Studenti mají určit, jakým směrem se natočí střelka kompasu v bodě A na obr. 7.

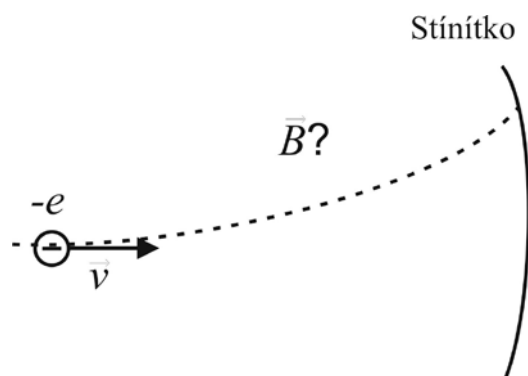


Obr. 7. Jakou orientaci bude mít střelka kompasu umístěného v bodě A?

Správnou orientaci střelky zvolilo necelých 17 % studentů v pretestu a skoro 30 % v posttestu. Dalších přibližně 12 % studentů zvolilo v pretestu opačnou orientaci, stejnou možnost zvolilo více než 30 % studentů v posttestu. Je možné, že tito studenti si spletli reálný a domluvený směr proudu. Téměř 66 % studentů v pretestu a 38 % v posttestu ale zvolilo jako správnou možnost orientaci střelky směrem k nebo od cívky. Tato miskoncepce odpovídá zjištěním z testu CSEM, ve kterém je obdobná otázka týkající se směru magnetické indukce v okolí vodiče s proudem. Zdá se ale, že velká část studentů tuto miskoncepti během výuky opouští a přiklání se ke správné (nebo opačné) orientaci střelky.

Ve třídě, která se účastnila upraveného výzkumu, zvolilo v pretestu orientaci střelky k nebo od cívky 16 studentů (73 %). Jako nejběžnější zdůvodnění se objevilo to, že střelka je přitahována magnetickým polem cívky: „bude ukazovat směrem k poli“, „je přitahována magnetismem (směrem dolů)“, příp. „přitáhne ji magnetická síla“.

V odpovědích na otázku 15 týkající se pohybu částice v magnetickém poli jsou vidět miskoncepce popsané ve výsledcích testu CSEM i v dalších výzkumech. V otázce měli studenti určit směr vektoru magnetické indukce, jestliže částice v tomto magnetickém poli zatáčí směrem nahoru (viz obr. 8).



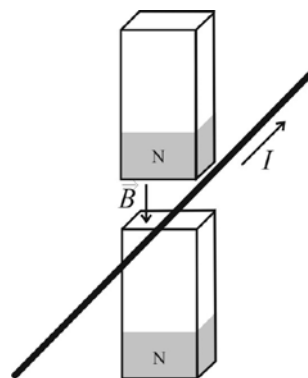
Obr. 8. Jaký je směr vektoru magnetické indukce magnetického pole?

Správnou odpověď „před stránku“ zvolilo přibližně 14 % studentů v pretestu a 20 % studentů v posttestu. Další přibližně stejně velká skupina (11 % studentů v pretestu a 18 % studentů v posttestu) zvolilo opačný směr vektoru magnetické indukce („za stránku“).

Skoro třetina studentů (přibližně 32 % v pretestu i posttestu) zvolilo jako správnou odpověď směr vektoru magnetické indukce směrem k hornímu okraji stránky. Dalších více než 10 % studentů zvolilo jako správný směr k dolnímu okraji stránky. Zdá se, že tito studenti jsou přesvědčeni, že magnetické pole přímo „strká“ do částice a tak způsobuje její zatáčení.

Podobnou představu mohou mít i studenti, kteří zvolili možnost směru magnetické indukce ve směru zakřivené trajektorie elektronu (tuto variantu vybralo téměř 30 % studentů v pretestu a skoro 15 % v posttestu). Autoři testu CSEM i dalších dospěli k podobným výsledkům – v testu CSEM zvolilo v obdobné otázce v posttestu možnost odpovídající směru magnetického pole směrem k hornímu nebo dolnímu okraji stránky přibližně 30 % studentů. Varianta ve směru zakřivené trajektorie elektronu nebyla pro studenty ve výzkumu CSEM tak populární – v pretestu ji sice zvolilo v 26 % resp. 16 % studentů (v Algebra-based resp. Calculus-based kurzech), v posttestu už jen 4 % resp. 2 %.

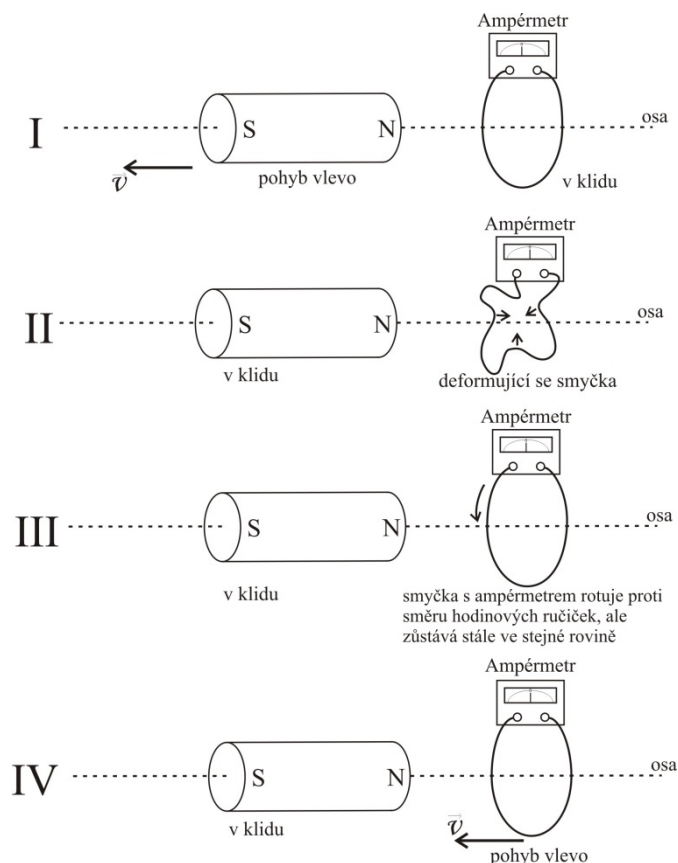
Podobnou miskoncepci ve smyslu „pohyb ve směru magnetického pole“ resp. „síla ve směru magnetického pole“ lze vidět i v odpovědích na otázku 16. V ní měli studenti určit směr síly na vodič s proudem umístěný mezi dvěma magnety (viz obr. 9). I když tato otázka nebyla pro studenty tak těžká (správnou odpověď zvolilo přibližně 32 % studentů v pretestu a více než 53 % v posttestu), možnost „síla má směr ve směru magnetické indukce“ zvolila skoro třetina studentů v pretestu (konkrétně 30,4 %) a téměř čtvrtina v posttestu (24,4 %).



Obr. 9. Jaký je směr síly působící na vodič s proudem v magnetickém poli?

Elektromagnetická indukce (otázka 17)

Zadání otázky týkající se elektromagnetické indukce je vidět na obrázku 10. Studenti měli určit, ve kterých případech ukáže ampérmetr nějakou výchylku.

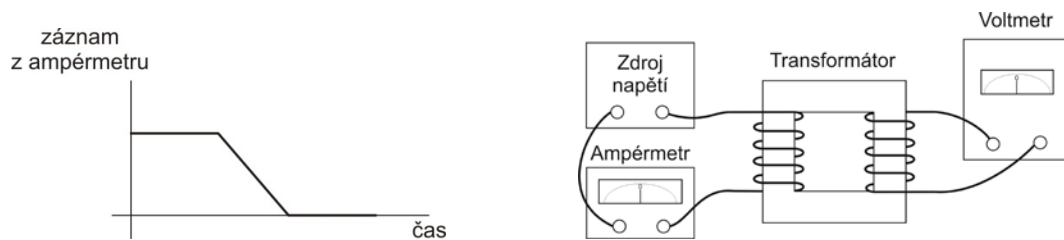


Obr. 10. Ve kterých případech ukáže ampérmetr nějakou výchylku?

Správnou odpověď (I, II, IV) zvolilo 14,2 % studentů v pretestu a 14,9 % v posttestu. Přibližně čtvrtina studentů (25,3 % v pretestu a 21,6 % v posttestu) zvolila jako správnou možnost odpověď, že se napětí indukce pouze v případě IV, dalších 26,5 % v pretestu a 38,2 % v posttestu zvolilo odpověď odpovídající indukovanému napětí v případech I a IV. Tato odpověď koresponduje s tím, že je elektromagnetická indukce obvykle ukazována na pohyb magnetu směrem k cívce (resp. pohybu cívky směrem k magnetu). Přibližně čtvrtina studentů (23,1 % v pretestu a 20,9 % v posttestu) zvolilo jako správnou odpověď případy I, III, IV. Zdá se, že tito studenti mají pocit, že pokud smyčka rotuje kolem vlastní osy, tak se pohybuje a tedy se v ní indukce elektrického napětí. Podle výsledků to vypadá, že studenti nerozumí dostatečně pojmu magnetický indukční tok a neví, v jakých případech se magnetický indukční tok mění. Výsledky českých studentů korespondují s miskoncepce zjištěnými v testu CSEM.

Transformátor (otázka 18)

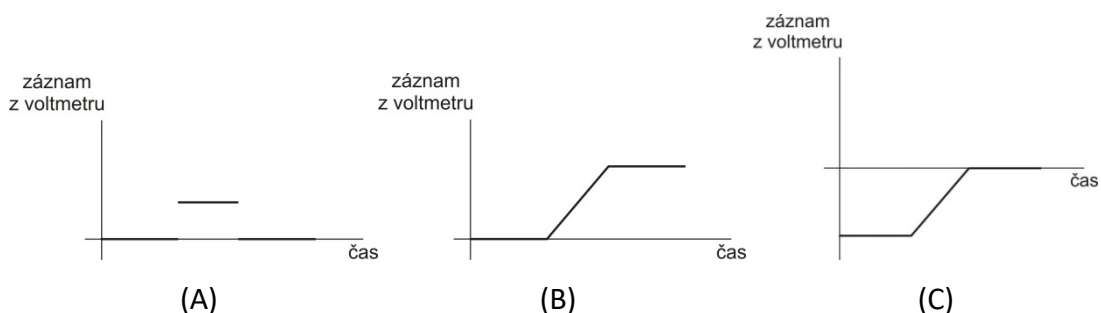
Poslední otázka testu je zaměřena na porozumění elektromagnetické indukci v transformátoru. Zadání je vidět na obrázku 11 – studenti znají záznam z ampérmetru připojeného na primární stranu transformátoru a mají určit, jak bude vypadat záznam z voltmetru umístěného na sekundární straně. K správnému vyřešení otázky je potřeba si uvědomit, že k elektromagnetické indukci (tedy nenulové výchylce na voltmetru) dochází pouze tehdy, když se mění proud v primární cívce.



Obr. 11. Zadání otázky 18

Otázka má největší obtížnost (0,1) a současně nejmenší citlivost (0,06). Pro studenty může být náročná z několika důvodů – k jejímu správnému vyřešení potřeba spojit několik poznatků (funkce transformátoru, to, že transformátor funguje jen při změně proudu, jaký je vztah mezi proudem v primárním obvodu a v sekundárním obvodu,...) a současně je otázka zadaná graficky. Vzhledem k tomu, že z výzkumů plyne, že studenti mají s grafickým zadáním úloh problém, je možné, že formulace „*Určete, v kterých případech proudu tekoucího do transformátoru naměříme na voltmetru nějakou výchylku: 1) konstantní proud 3 A, 2) proměnný proud, 3) žádný proud*“ by mohla být pro studenty jednodušší.

Správnou odpověď e) (viz obr. 12A) zvolila přibližně desetina studentů (11 % v pretestu a 10 % v posttestu). Mezi nejběžnější distraktory patří v testu možnost a) (viz obr. 12B), kterou zvolilo více než 30 % studentů v pretestu a 41 % v posttestu, možnost c) (viz obr. 12C) zvolilo 22 % studentů v pretestu a 23 % v posttestu.



Obr. 12. správná odpověď na otázku 18 a nejběžnější distraktory

Výše popsané miskoncepce identifikované pomocí testu KTEM se velmi podobají miskonceptům identifikovaným v zahraničních výzkumech. I přesto se zdá, že čeští studenti mají některé specifické problematické představy (například týkající se rozložení náboje na vodiči).