

Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Facultas Rerum  
Naturalium. Mathematica-Physica-Chemica

---

Milan Bednařík; Miroslava Široká

Didaktické testy ve vyučování fyzice v prvním ročníku přírodovědecké fakulty

*Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Facultas Rerum Naturalium. Mathematica-Physica-Chemica*, Vol. 11 (1971), No. 1, 181--196

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/119936>

**Terms of use:**

© Palacký University Olomouc, Faculty of Science, 1971

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

## **DIDAKTICKÉ TESTY VE VYUČOVÁNÍ FYZICE V PRVNÍM ROČNÍKU PŘÍRODOVĚDECKÉ FAKULTY**

MILAN BEDNAŘÍK — MIROSLAVA ŠIROKÁ

*(Předloženo dne 1. června 1969)*

*Shrnutí*

Práce se zabývá otázkami realizace didaktických testů z fyziky jako jedním z mnohých prostředků soustavného zjišťování vědomostí studentů v daném oboru. Je popsána příprava, způsob realizace a metody hodnocení série tří didaktických testů z učiva mechaniky, použitých v prvním ročníku přírodovědecké fakulty UP u posluchačů studijních oborů matematika—fyzika, chemie—fyzika, matematika—deskriptivní geometrie, optika a jemná mechanika, analytická chemie a numerická matematika. Uvedena jsou doslovná znění testů, jejich základní data, statisticky podložené výsledky a interpretace těchto výsledků. Zjištěné parametry testů jsou použity ke konstrukci klasifikační normy, k testování rozdílů ve výkonech chlapců a dívek a ke korelaci výsledků mezi jednotlivými testy. Práce má přispět k vytvoření podkladů pro objektivizaci metod zjišťování úrovně fyzikálních vědomostí studentů na vysoké škole.

### **I. FORMULACE CÍLŮ**

Otázka systematické kontroly vědomostí subjektu v procesu jeho učení a otázka adekvátního hodnocení výsledků této kontroly jsou stále otevřenými problémy současné pedagogické teorie i praxe. Teorie vyučování dosud věnovala nesrovnatelně větší pozornost informační složce vyučovacího procesu, v níž jde především o vytváření nových vědomostí a dovedností, nežli neméně významné složce kontrolní. Teprve kontrolní složka vyučovacího procesu vytváří úplný komplex podmínek ke splnění všech vzdělávacích a výchovných cílů vyučování; prostřednictvím činnosti zpětné vazby zajišťuje potřebnou kontinuitu procesu osvojování nových poznatků se soustavou poznatků známých, indikuje reálný stav výuky a má tudíž diagnostický význam pro vyučujícího a konečně působí na psychiku studujícího, čímž do značné míry plní funkci motivační, výchovnou i společenskou.

Obsahem tohoto příspěvku jsou výsledky dílčího pokusu o vytvoření objektivních metod prověřování a hodnocení vědomostí ve výuce fyziky u skupiny studentů prvního ročníku přírodovědecké fakulty. Danou skupinu tvořili studenti, pro něž je stanovena studijním plánem fakulty čtyřhodinová nebo tříhodinová přednáška z fyziky a dvouhodinové cvičení z fyziky týdně; byly to jednak studijní kombinace

učitelského studia (MF, FCh, MDg), jednak studijní obory neučitelské (OJM, ACh, NM). Pokus proběhl v zimním semestru studijního roku 1968/69; ve všech skupinách se vyučovalo mechanice.

*Pokusem byly sledovány tyto hlavní cíle:*

a) vytvořit a standardizovat sérii zkoušek vhodných pro kontrolu průběžnosti studia posluchačů ve cvičení z fyziky;

b) připravit normu pro objektivní hodnocení výsledků zkoušek;

c) zjistit, zda existují významné rozdíly ve studijních výsledcích u chlapců a dívek;

d) určit stupeň korelace mezi výsledky jednotlivých zkoušek.

Za semestr byly provedeny a vyhodnoceny celkem tři zkoušky; všechny se konaly podle předem vypracovaného časového plánu v hodinách cvičení z fyziky.

## 2. POUŽITÉ METODY A PROSTŘEDKY

K realizaci zkoušek bylo použito metody písemných didaktických testů. Didaktickými testy rozumíme přesně stanovené soubory úkolů a otázek, umožňující srovnatelným způsobem posoudit vědomosti a dovednosti jednotlivých žáků či celých žákovských skupin v různých učebních předmětech [1]. Didaktické testy jsou proto založeny na kvantitativním hodnocení výkonu žáka, a to především s ohledem na množství a úroveň jeho vědomostí. Ve fyzice však mají didaktické testy splňovat ještě některé další podmínky, vyplývající ze specifických vlastností výuky tohoto předmětu; mají např. testovat schopnost transferu vědomostí do jiných obdobných situací, schopnost myšlenkové abstrakce, citlivě rozlišovat vědomosti formální a neformální [2].

Didaktické testy patří dnes k velmi efektivním a vysoce objektivním způsobům prověřování vědomostí. Jejich účinnost spočívá v rychlé a široké použitelnosti, jejich objektivita v přesně vypracovaných kritériích hodnocení a v jednotném postupu při jejich zadávání.

V našem případě jsme použili tři didaktických testů z mechaniky. První test byl testem vstupních vědomostí a obsahoval otázky z nezákladnějšího učiva středoškolské mechaniky; byl zadán na začátku semestru. Druhým testem byly prověřovány vědomosti studentů z první partie vysokoškolské mechaniky, tj. mechaniky hmotného bodu. Obsahem třetího testu byla mechanika soustavy hmotných bodů a tuhého tělesa.

Úkolem všech tří testů bylo zjišťovat jednak rozsah fyzikálních vědomostí studentů (znalost konkrétních fyzikálních veličin a vnější formy vztahů mezi veličinami, znalost fyzikálních jednotek), jednak jejich kvalitu (schopnost aplikovat existující vědomosti při řešení jednoduchých i složitějších fyzikálních úloh početních, případně grafických a problémových).

Každý z uvedených testů obsahoval celkem 24 otázek a úkolů, tematicky sružených do 5–7 skupin, v nichž byly jednotlivé otázky a úkoly seřazeny podle stoupající

náročnosti. Otázky vyžadovaly vzhledem k celkovému zaměření testu tvořené odpovědi.

Příprava a konstrukce testů se opírala:

- o obsahovou analýzu příslušného učiva z mechaniky [3, 4, 5],
- o základní poznatky psychologické [6] a některé poznatky z teorie testování [7],
- o přímé zkušenosti autorů při vedení početních cvičení z fyziky [8, 9],
- o výsledky testování vědomostí studentů na střední škole [10] a o výsledky přijímacích zkoušek z fyziky [11].

Pro hodnocení testů byl zvolen jednoduchý bodovací systém s maximem 24 bodů, podle něhož za každou správnou odpověď či správné řešení byl přiřazen studentovi jeden bod, a to bez ohledu na obtížnost nebo závažnost otázky. Kritéria správnosti odpovědi byla stanovena předem.

Testy byly studentům zadávány na předtisknutých formulářích s jednotnými pokyny pro jejich vypracování. Doba potřebná k vypracování jednotlivých testů byla stanovena na základě předběžné časové zkoušky u několika studentů vyššího ročníku; pro první test to bylo 30 minut, pro druhý 50 minut a pro třetí rovněž 50 minut.

Výsledky jednotlivých testů byly podrobně zpracovány metodami matematické statistiky [12, 13, 14, 15], přičemž byl dodržován následující pracovní postup:

1. Označení výchozích veličin vplynulo z této úvahy: Nechť bodový zisk jednoho studenta, náhodně vybraného z daného souboru, představuje tzv. kvantitativní náhodnou veličinu  $X$ , která nabývá vzhledem k zavedenému bodovacímu systému pouze diskrétních hodnot  $x = 0, 1, 2, \dots, k$ , kde  $k$  je počet otázek testu. Počet studentů, jejichž bodový zisk je roven určité hodnotě  $x$ , představuje absolutní četnost  $n_x$  hodnot náhodné veličiny  $X$ ; počet všech studentů, kteří se podrobili zkoušce, označíme  $n$ .

2. Pro rozdělení absolutních četností  $n_x$  hodnot náhodné veličiny  $X$ , které lze pokládat za určitých podmínek (viz dále) za rozdělení normální, byly vypočítány základní výběrové charakteristiky:

průměr

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{x=0}^k n_x x,$$

rozptyl neboli variance

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{x=0}^k n_x (x - \bar{x})^2$$

a směrodatná odchylka  $s$  jako druhá odmocnina z variance.

3. Uvedených charakteristik bylo použito k testování některých statistických hypotéz. Testem dobré shody byla testována hypotéza o normálním rozdělení četností sledované veličiny  $X$ . Jako testovací kritérium byla vypočítávána veličina

$$\chi^2 = \sum_i \frac{(n_i - n_i)^2}{n_i},$$

kde  $n_i$  je pozorovaná absolutní četnost  $i$ -té třídy, do níž shrnujeme vždy několik hodnot veličiny  $X$ ,  $n_i$  je teoretická či hypotetická četnost, která v našem případě odpovídala normální distribuci. Kritické hodnoty  $\chi^2_\alpha$  pro posouzení platnosti uvedené hypotézy byly určovány pro předem zvolenou hladinu významnosti  $\alpha$  (pro všechny testy jsme zvolili  $\alpha = 0,05$ ) ze statistických tabulek [16].

4. Testem významnosti rozdílů mezi dvěma průměry byla určována statistická významnost zjištěných rozdílů ve výsledcích zkoušky u chlapců a dívek. Používali jsme  $t$ -testu s testovacím kritériem

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_d \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

kde  $\bar{x}_1$  a  $\bar{x}_2$  jsou průměry dosažené chlapckou a dívčí skupinou,  $s_d$  tzv. nestranný odhad rozptylu pro celý soubor studentů,  $n_1$  a  $n_2$  počet chlapců a dívek. (Uvedený vztah platí jen za předpokladu homogenních variancí  $s_1^2$  a  $s_2^2$ ; o homogenitě variancí rozhoduje výsledek tzv.  $F$ -testu.) Vypočítané hodnoty veličiny  $t$  byly porovnávány s kritickou hodnotou  $t$  Studentovy  $t$ -distribuce, která je rovněž tabelována [16].

5. Pro podrobnější popis skutečného rozdělení jsme určovali koeficient šikmosti (asymetrie)

$$A = \frac{\sum_{x=0}^k n_x(x - \bar{x})^3}{ns^3}$$

a koeficient špičatosti (exces)

$$E = \frac{\sum_{x=0}^k n_x(x - \bar{x})^4}{ns^4}$$

Pro normální rozdělení mají tyto koeficienty hodnoty  $A = 0$ ,  $E = 3$ .

6. Charakteristiky  $s^2$  bylo dále použito ke stanovení spolehlivosti (reliability) didaktického testu. Na spolehlivost testu možno usuzovat z hodnoty koeficientu

$$R = \frac{k}{k-1} \frac{s^2 - \sum_{i=1}^k p_i q_i}{s^2}$$

kde  $p_i$  jsou relativní četnosti správných odpovědí na jednotlivé otázky testu,  $q_i$  relativní četnosti nesprávných odpovědí. Spolehlivost testu roste s rostoucím koeficientem  $R$ , jehož maximální hodnota je rovna jedné; tedy  $0 < R \leq 1$ .

7. Za předpokladu platnosti hypotézy o normálním rozdělení náhodné veličiny  $X$  a za předpokladu spolehlivosti didaktického testu jsme mohli konstruovat klasifikační normu pro objektivní hodnocení výsledku zkoušky. Vycházeli jsme ze čtyřstupňové klasifikační stupnice používané na vysokých školách. Pro jednotlivé klasifikační stupně jsme zvolili procentové ekvivalenty 100–85 %, 85–50 %, 50–15 %, 15–0 %, a jim přiřadili meze náhodné veličiny  $X$ , tzv. kvantily  $x_p$  normálního rozdělení podle vztahu

$$x_p = \bar{x} + u_p s,$$

kde  $u_p$  jsou tzv. standardizované hodnoty kvantilů normálního rozdělení, které byly určeny opět z tabulek [16].

8. Pro vzájemné srovnání výsledků zjištěných u dvou různých didaktických testů jsme vypočítávali součinný koeficient korelace

$$r_{xy} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2] [n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

kde  $n$  je počet účastníků testu,  $x_i$  a  $y_i$  jsou dvojice hodnot, kvantifikující výsledek jednoho a druhého testu u  $i$ -tého účastníka testu. Součinný koeficient korelace, který vyjadřuje těsnost vnitřního vztahu mezi výsledky dvou různých zkoušek, realizovaných u téže skupiny, může nabývat hodnot v intervalu  $-1 \leq r \leq 1$ . Znaménko koeficientu  $r$  vyjadřuje kladný nebo záporný smysl vztahu mezi oběma proměnnými, absolutní hodnota koeficientu stupeň těsnosti tohoto vztahu.

Pro  $0 < |r| < 0,3$  jde o nepatrnou korelaci, pro  $0,4 < |r| < 0,6$  o střední korelaci, pro  $0,7 < |r| < 0,8$  o vysokou korelaci a pro  $0,9 < |r| < 1$  o korelaci velmi vysokou. Korelace pro  $r = 1$  se dá interpretovat takto: pořadí studentů vytvořené podle jejich bodového zisku je shodné u obou testů; v případě  $r = -1$  by bylo pořadí studentů pro oba testy právě opačné.

Poněvadž korelace výsledků vyžaduje stejný počet účastníků u každého testu, vybrali jsme pro statistické zpracování ze 127 členného souboru studentů jen ty, kteří se podrobili všem testům; jejich počet byl  $n = 106$ .

9. Za účelem diagnostického rozboru vědomostí studentů byly u každého testu vyhodnoceny relativní četnosti správných odpovědí na jednotlivé otázky testu. Z procenta správných odpovědí dalo se pak usuzovat na celkovou snadnost nebo obtížnost jednotlivých otázek a úkolů a tím také na stav vědomostí v té které partii učiva. Zjištěné mezery ve vědomostech mohly být pak v další výuce vyrovnávány.

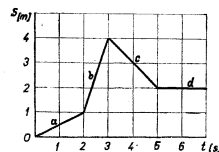
### 3. OBSAH A HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

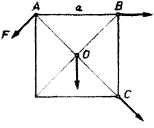
První test obsahoval pouze otázky ze středoškolského učiva mechaniky. Jeho cílem bylo zjistit rozsah a kvalitu fyzikálních vědomostí, které si studenti přinášejí na vysokou školu, a současně poskytnout přijatelnou normu pro hodnocení dalších testů.

#### A) Znění testu

1. Sledujte jednotlivé části grafu (úseky a, b, c, d), který vyjadřuje závislost dráhy pohybujícího se tělesa na čase. Určete rychlost tělesa v úsecích a, b, c, d.

2. Těleso padá volným pádem ( $g = 10 \text{ m s}^{-2}$ ) z výšky 80 m. Určete:



- a) okamžitou rychlost padajícího tělesa na konci první sekundy od začátku pohybu;  
 b) dráhu, kterou za tuto první sekundu těleso urazí;  
 c) dráhu, kterou těleso urazí během třetí sekundy pádu;  
 d) dobu, za kterou těleso dopadne na zem;  
 e) rychlost dopadu.
3. Těleso má hmotnost 10 kg. Vypočítejte:  
 a) tíhovou sílu, kterou působí těleso na podložku;  
 b) kinetickou energii tělesa, pohybuje-li se rychlostí  $36 \text{ km h}^{-1}$ ;  
 c) jeho potenciální energii vzhledem k zemi, je-li ve výšce 80 cm;  
 d) sílu, kterou udržujeme těleso v rovnoměrném přímočarém pohybu na vodorovné rovině, je-li součinitel tření mezi tělesem a rovinou 0,3;  
 e) velikost dostředivé síly, pohybuje-li se těleso po oblouku o poloměru 5 m rychlostí  $5 \text{ m s}^{-1}$ .
4. Čtvercová deska o straně  $a = 1 \text{ m}$  je otáčivá kolem osy  $O$  (viz obr.). Určete otáčivý účinek síly  $F = 10 \text{ kp}$  (moment síly), která působí:  
 a) v bodě  $A$ ; b) v bodě  $B$ ; c) v bodě  $C$ ; v bodě  $O$ .  
 Směry a orientace síly jsou zakresleny v obrázku.
- 
5. Hustota oceli je  $7,8 \text{ g cm}^{-3}$ . Stanovte:  
 a) jaká je hmotnost tělesa z oceli o objemu  $1 \text{ m}^3$ ;  
 b) jak velkou silou je těleso o objemu  $1 \text{ m}^3$  nadlehčováno, ponoříme-li je zcela do vody.
6. Dva hmotné body se přitahují ze vzdálenosti 10 m gravitační silou 1 N. Jak velkou silou by se přitahovaly, jestliže by se:  
 a) vzdálenost bodů zvětšila na 20 m;  
 b) hmotnost jednoho bodu zdvojnásobila;  
 c) hmotnost obou bodů zdvojnásobila.
7. Kruhová obruč a stejnorodý kruhový disk mají stejnou hmotnost a stejný poloměr. Obě tělesa se otáčejí stejnou úhlovou rychlostí kolem osy, která prochází jejich středem kolmo k jejich rovině. Kinetická energie těchto rotujících těles je:  
 a) stejná; b) větší u obruče; c) větší u disku.  
 Vyberte správnou odpověď a stručně ji zdůvodněte!

### B. Data testu

Učivo: vybrané partie z učiva mechaniky na střední škole.

Učebnice: [3].

Doba zadání: říjen 1968.

Časový odstup od probíraného učiva: 2,5 roku, od maturity 4 měsíce.

Doba trvání zkoušky: 30 minut.

Počet otázek testu:  $k = 24$

Počet účastníků celkem:  $n = 106$

z toho chlapců:  $n_1 = 49$

a dívek:  $n_2 = 57$

### C. Výsledky testu

Charakteristiky celé skupiny:  $\bar{x} = 13,25$   $s^2 = 33,72$   $s = 5,81$   
 chlapecké skupiny:  $\bar{x}_1 = 15,51$   $s_1^2 = 29,49$   $s_1 = 5,43$   
 dívčí skupiny:  $\bar{x}_2 = 11,30$   $s_2^2 = 28,17$   $s_2 = 5,38$

Test dobré shody:  $\chi^2 = 1,753$ ,  $\chi_{0,05}^2 = 7,81$

Test významnosti rozdílu  $\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 4,21$ :  $t = 4,03$ ,  $t_{0,05} = 1,96$

Koeficient šikmosti:  $A = -0,005$

Koeficient špičatosti:  $E = 2,12$

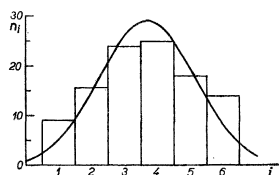
Reliabilita testu:  $R = 0,89$

Kvantily:  $x_{0,85} = 19,29$   $x_{0,50} = 13,25$   $x_{0,15} = 7,21$

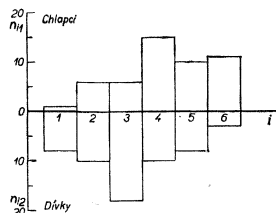
Klasifikační norma: výborně za 20–24 bodů, velmi dobře za 14–18 bodů, dobře za 8–13 bodů, nevyhověl za 0–7 bodů.

### D) Hodnocení výsledků

Vzhledem k výsledku  $\chi^2 < \chi_{0,05}^2$  u testu dobré shody lze pociádat rozdělení četností sledované veličiny  $X$  za normální. Také koeficienty šikmosti a špičatosti se podstatně neliší od hodnot těchto koeficientů pro normální rozdělení. Hodnota koeficientu  $A = -0,005$  značí, že vrchol skutečného rozdělení je vzhledem k vrcholu rozdělení normálního (pro něj je  $A = 0$ ) jen nepatrně posunut ve směru vyšších hodnot  $x$ . Číselná hodnota koeficientu  $E = 2,12$  ukazuje v porovnání s normální distribucí (která má  $E = 3$ ) na špičatost poněkud menší. Uvedené skutečnosti názorně vystupují na histogramu četností na obr. 1. Na vodorovné ose jsou vyneseny hodnoty



Obr. 1. Histogram četností ve třídních intervalech u prvního testu pro celou skupinu.



Obr. 2. Histogram četností ve třídních intervalech u prvního testu pro chlapeckou a dívčí skupinu.

třídý  $i$  náhodné veličiny  $X$ , na svislé ose četnosti  $n_i$  v jednotlivých třídách. Pro porovnání skutečného rozdělení s normálním je histogram proložen křivkou frekvenční funkce odpovídající normální distribuci s charakteristikami  $\bar{x}$  a  $s$ .

Pozoruhodný je zjištěný rozdíl mezi průměrnými výsledky u chlapecké a dívčí skupiny. Přestože výsledky u obou skupin vykazují přibližně stejný rozptyl (viz hodnoty



$s_1^2, s_2^2$ ), činí diference mezi průměry 4,21 bodu, což odpovídá 17,5 % variační šíře 24 bodů. Vzhledem k výsledku  $t$ -testu  $|t| > t_{0,05}$  je uvedený rozdíl statisticky významný ve prospěch chlapecké skupiny. Nestejně výkony chlapecké a dívčí skupiny jsou také patrné z dalšího histogramu na obr. 2.

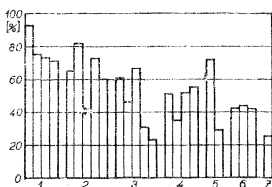
Výsledek vstupního testu byl celkem neočekávaný. Průměrná známka z fyziky na výročním vysvědčení na střední škole byla u chlapecké skupiny 1,62, u dívčí skupiny 1,40. Vzhledem k tomu bychom tedy očekávali lepší výkony spíše u dívek.

První didaktický test lze pokládat za dostatečně spolehlivý. Koefficient  $R$  dosahuje poměrně vysoké číselné hodnoty 0,89, která se blíží maximální hodnotě  $R = 1$ ; v praxi se berou za postačující kritérium spolehlivosti hodnoty podstatně nižší, např.  $R = 0,6$  [17].

Klasifikační norma, založená na předem zvoleném procentuálním rozdělení četností  $n_x$ , třídí hodnoty  $x$  celkem rovnoměrně; na jednotlivé klasifikační stupně (1, 2, 3 a 4) připadají postupně rozmezí 6, 5, 6 a 7 bodů. Skutečnost, že klasifikujeme studenta s 20 body při maximu 24 bodů ještě známkou výborně, zatímco studenta s 13 body známkou dobře nebo studenta se 7 body již známkou nedostatečně, vyplývá totiž z konkrétních naměřených výsledků celé skupiny. Takto stanovená

klasifikace je dána skutečnými výkony studentů a ocitá se tak mimo sféru často velmi subjektivních měřítek učitele; jediným subjektivním faktorem zde zůstává stanovení procentových ekvivalentů.

*E) Relativní četnosti správných odpovědí na jednotlivé otázky testu je možno sledovat z obr. 3. Délky jednotlivých sloupců spolu s otázkami testu poskytují hlavní podklady k diagnostické analýze úrovně vědomostí sledovaného souboru studentů. Diagnostický rozbor daného testu je proveden v práci [18].*



Obr. 3. Relativní četnosti správných odpovědí v % na otázky prvního testu.

Druhý test obsahoval úkoly z kinematiky a dynamiky hmotného bodu. Jeho výsledky poskytly již obraz o stavu vědomostí a nových poznatků získaných v prvním měsíci studia fyziky na fakultě.

#### A) Znění testu

1. Trajektorie hmotného bodu, pohybujícího se v rovině  $XY$ , je dána parametrickými rovnicemi

$$x = a + bt^3 \quad y = ct^2 + dt + e,$$

kde

$$a = 2 \text{ m}, b = -1 \text{ m s}^{-3}, c = 4 \text{ m s}^{-2}, d = -4 \text{ m s}^{-1}, e = -6 \text{ m}.$$

Určete:

- velikost rychlosti v čase  $t = 1 \text{ s}$ ;
- tangentu úhlu, který v čase  $t = 1 \text{ s}$  svírá rychlost s osou  $X$ ;

- c) velikost počáteční rychlosti;  
 d) čas, ve kterém je rychlost rovnoběžná s osou  $X$ ;  
 e) velikost zrychlení v čase  $t = 1$  s.
2. Dvě tělesa se začnou současně pohybovat; jedno rovnoměrně zrychleně s počáteční rychlostí  $3 \text{ m s}^{-1}$  a se zrychlením  $0,5 \text{ m s}^{-2}$ , druhé rovnoměrně zpomalně s počáteční rychlostí  $6 \text{ m s}^{-1}$  a se zpomalením  $1 \text{ m s}^{-2}$ . Vypočítejte:  
 a) za jak dlouho od počátku pohybu budou mít obě tělesa stejnou rychlost a jak velká je tato rychlost;  
 b) za jak dlouho od počátku pohybu se druhé těleso zastaví;  
 c) jak velkou dráhu druhé těleso urazí, než se zastaví;  
 d) za jak dlouho urazí obě tělesa stejné velké dráhy;  
 e) načrtněte graf závislosti rychlostí obou těles na čase a z grafu ověřte výsledky a, b.
3. Kolo o poloměru  $2 \text{ m}$  se otáčí s úhlovou rychlostí  $10 \text{ rad s}^{-1}$ .  
 Určete:  
 a) dobu jedné otáčky kola;  
 b) normálové zrychlení bodů na obvodu kola;  
 c) dobu, za kterou se kolo zastaví, začne-li se otáčení rovnoměrně zpomalovat s úhlovým zpomalením  $1 \text{ rad s}^{-2}$ ;  
 d) tečné zpomalení bodů na obvodu kola;  
 e) kolik otáček ještě kolo vykoná, než se zastaví.
4. Na těleso o hmotnosti  $10 \text{ kg}$ , pohybující se rychlostí  $5 \text{ m s}^{-1}$ , začne působit konstantní síla  $20 \text{ N}$ , která má směr rychlosti.  
 Stanovte:  
 a) dobu, za níž se rychlost tělesa zvýší na  $15 \text{ m s}^{-1}$ ;  
 b) práci, kterou síla přitom vykoná;  
 c) střední výkon;  
 d) okamžitý výkon při počáteční rychlosti  $5 \text{ m s}^{-1}$ ;  
 e) poloměr oblouku, po němž by se těleso pohybovalo, kdyby síla začala na těleso působit ve směru kolmém k počáteční rychlosti.
5. Na těleso o hmotnosti  $5 \text{ kg}$ , pohybující se po přímce, působí proměnná síla ve směru dráhy. Závislost síly na dráze je dána vztahem
- $$F = k \cdot s,$$
- přičemž  $F$  je v newtonech,  $s$  v metrech, číselná hodnota konstanty  $k = 2$ . Určete:  
 a) fyzikální rozměr konstanty  $k$ ;  
 b) práci  $A_1$ , kterou síla vykoná na úseku dráhy od  $s_1 = 0$  do  $s_2 = 4 \text{ m}$ ;  
 c) práci  $A_2$  na úseku dráhy od  $s_3 = 6 \text{ m}$  do  $s_4 = 10 \text{ m}$ ;  
 d) načrtněte graf závislosti síly na dráze a v tomto grafu znázorněte práce  $A_1$  a  $A_2$ .

#### B) Data testu

Učivo: mechanika hmotného bodu.

Učebnice a studijní příručky: [4, 5, 8, 9].

Doba zadání: listopad 1968.

Časový odstup od probraného učiva: 2–4 týdny.

Doba trvání zkoušky: 50 minut.

Počet otázek testu:  $k = 24$

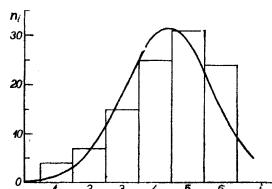
Počet účastníků celkem:  $n = 106$   
 z toho chlapců:  $n_1 = 49$   
 a dívek:  $n_2 = 57$

C) Výsledek testu

Charakteristiky celé skupiny:  $\bar{x} = 16,03$   $s^2 = 28,89$   $s = 5,37$   
 chlapecké skupiny:  $\bar{x}_1 = 16,59$   $s_1^2 = 32,47$   $s_1 = 5,68$   
 dívčí skupiny:  $\bar{x}_2 = 15,54$   $s_2^2 = 26,09$   $s_2 = 5,11$   
 Test dobré shody:  $\chi^2 = 4,976$   $\chi_{0,05}^2 = 7,81$   
 Test významnosti rozdílu:  $\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 1,05$ ;  $t = 1$ ,  $t_\alpha = 1,96$   
 Koeficient šikmosti:  $A = -0,60$   
 Koeficient špičatosti:  $E = 2,51$   
 Reliabilita testu:  $R = 0,86$   
 Kvantily:  $x_{0,15} = 21,61$   $x_{0,50} = 16,03$   $x_{0,85} = 10,45$   
 Klasifikační norma: výborně za 22–24 bodů, velmi dobře za 17–21 bodů,  
 dobře za 11–16 bodů, nevyhověl za 0–10 bodů.  
 Korelace s prvním testem:  $r = 0,49$   $r_1 = 0,50$   $r_2 = 0,49$

D) Hodnocení výsledků

Distribuci četností veličiny  $X$  je možno pokládat na zvolené hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  ještě za normální ( $\chi^2 < \chi_{0,05}^2$ ), i když je značně posunuta k vyšším hodnotám  $x$  (viz histogram četností s křivkou frekvenční funkce normálního rozdělení na obr. 4). Kromě výrazného jednostranného posunutí celé distribuce, které je způsobeno lepšími výsledky testu, je zde patrná i větší asymetrie ( $A = -0,6$ ).



Obr. 4. Histogram četností ve třídních intervalech u druhého testu.

Existující rozdíl 1,05 bodu mezi průměry chlapecké a dívčí skupiny je podstatně menší než u prvního vstupního testu (4,21 bodu) a vzhledem k výsledku  $|t| < t_\alpha$  není tentokrát na dané hladině významnosti signifikantní. Z toho můžeme usuzovat, že rozsah nových poznatků, které získali studenti během prvního měsíce studia fyziky na fakultě, se u obou skupin již výrazně neliší.

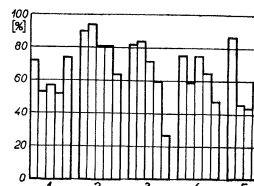
Také tento test lze pokládat vzhledem k číselné hodnotě koeficientu  $R = 0,86$  za dostatečně spolehlivý. Podstatně odlišná je klasifikační norma. Při týchž procentových ekvivalentech se posunuly meze klasifikačních stupňů (vzhledem k celkově vyššímu průměrnému výkonu studentů) k vyšším bodovým hodnotám. Jednotlivým klasifikačním stupňům zde připadla rozmezí 3, 5, 6 a 10 bodů. Norma je tedy ve srovnání s normou prvního testu přísnější; jestliže byl např. u prvního testu hodnocen student za 8 dosažených bodů ještě známkou dobře, pak u druhého testu je pokládán

výkon 10 bodů již za nevyhovující. Na tomto místě je nutno položit si otázku, do jaké míry je správně vypočítávat pro každý test novou klasifikační normu. Mohlo by totiž dojít k určité paradoxní situaci. Při postupném zvyšování úrovně vědomostí v celé skupině studentů by se zprůšňovala i norma hodnocení a větší píle studentů by nebyla odměňována vyšším klasifikačním stupněm. Opačná situace by pak nastala v případě poklesu vědomostí u celé skupiny.

Změna klasifikační normy však může být způsobena také snížením nebo zvýšením obtížnosti úkolů testu nebo prodloužením či zkrácením doby určené pro vypracování testu. V těchto případech by ovšem změna normy byla na místě. Poněvadž je objektivní posouzení uvedených faktorů obtížné a bez série opakování téhož testu nemožné, ponecháváme problém proměnné klasifikační normy zatím otevřený.

Korelace mezi výsledky prvního a druhého testu je určena koeficientem  $r = 0,49$  pro celou skupinu,  $r_1 = 0,50$  pro chlapeckou část a  $r_2 = 0,49$  pro dívčí část. Vědomosti studentů získané studiem fyziky na fakultě korelují s jejich vstupními vědomostmi pouze středně; nedá se tedy říci, že by vstupní vědomosti měly u všech studentů rozhodující vliv na studijní výsledky v prvních týdnech jejich dalšího studia.

E) *Relativní četnosti* správných odpovědí na otázky druhého testu jsou zřejmé z obr. 5.



Obr. 5. Relativní četnosti správných odpovědí v % na otázky druhého testu.

Třetím testem byly prověřovány vědomosti studentů v další partii mechaniky. Úkoly testu byly zaměřeny na učivo o soustavě hmotných bodů a tuhém tělese.

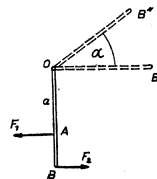
#### A) *Znění testu*

1. Těleso  $A$  o hmotnosti  $m_1 = 4 \text{ kg}$  se pohybuje rychlostí  $v_1 = 6 \text{ m s}^{-1}$  a narazí na těleso  $B$  o hmotnosti  $m_2 = 2 \text{ kg}$ , jehož rychlost je  $v_2$ . Po nárazu se obě tělesa pohybují společnou rychlostí  $v$ . Stanovte:

- rychlost  $v$ , je-li rychlost tělesa  $B$  před nárazem  $v_2 = 0$ ;
- úbytek kinetické energie při srážce;
- rychlost  $v$ , je-li rychlost  $v_2 = 3 \text{ m s}^{-1}$  a má-li stejný směr jako  $v_1$ ;
- jaká musí být rychlost  $v_2$ , aby tělesa zůstala po srážce v klidu;
- vzdálenost hmotného středu obou těles od tělesa  $A$  v okamžiku, kdy jejich vzdálenost je  $d = 6 \text{ m}$ .

2. Na homogenní tyč o hmotnosti  $m = 6 \text{ kg}$  a délce  $d = 1 \text{ m}$ , která je otáčivá kolem vodorovné osy  $O$ , působí kromě tíhy dvě síly: v bodě  $A$ , jehož vzdálenost od osy je  $a = 0,6 \text{ m}$ , síla  $F_1 = 100 \text{ N}$ , v bodě  $B$  síla  $F_2$ ; obě síly jsou stále kolmé k tyči. Určete:

- velikost síly  $F_2$ , je-li tyč v rovnováze;
- ve svislé poloze,
- ve vodorovné poloze,
- svírá-li s vodorovným směrem úhel  $\alpha = 60^\circ$ ;



- b) moment dvojice sil, je-li  $F_2 = F_1 = 100 \text{ N}$ ;  
 c) pomocí Steinerovy věty moment setrvačnosti vzhledem k ose  $O$ , je-li moment setrvačnosti vzhledem k rovnoběžné ose jdoucí těžištěm  $J_O = 0,5 \text{ kg m}^2$ .
3. Válec o poloměru  $R = 0,1 \text{ m}$  má hmotnost  $m = 2 \text{ kg}$  a moment setrvačnosti vzhledem k rotační ose  $J = 0,01 \text{ kg m}^2$ . Vypočítejte:  
 a) úhlové zrychlení válce, působí-li na něj moment síly  $M = 2 \text{ Nm}$ ;  
 b) moment hybnosti válce, otáčí-li se kolem osy úhlovou rychlostí  $\omega = 20 \text{ rad s}^{-1}$ ;  
 c) kinetickou energii válce, valí-li se rychlostí  $v = 2 \text{ m s}^{-1}$  po vodorovné rovině;  
 d) rychlost válce na konci nakloněné roviny, po které se válec začne valit vlastní vahou; délka roviny  $s = 4 \text{ m}$ , úhel  $\alpha = 30^\circ$ ;  
 e) zrychlení válce při jeho pohybu po nakloněné rovině.
4. Na vlákně vedeném přes kladku o poloměru  $R = 0,2 \text{ m}$  jsou zavěšena závaží o hmotnostech  $m_1 = 2 \text{ kg}$ ,  $m_2 = 3 \text{ kg}$ . Stanovte:  
 a) zrychlení obou závaží, je-li moment setrvačnosti kladky zanedbatelně malý;  
 b) sílu, kterou je napínáno vlákno;  
 c) zrychlení obou závaží, je-li moment setrvačnosti kladky  $J = 0,2 \text{ kg m}^2$ ;  
 d) zrychlení závaží  $m_2$ , je-li přitom  $m_1 = 0$  (vlákno na kladce neprokluzuje);  
 e) sílu, kterou je v tomto případě vlákno napínáno.
5. Gravitační zrychlení na povrchu Země je  $g_Z$ , poloměr Země  $R_Z$ , její hmotnost  $M_Z$  a střední hustota  $\rho_Z$ , kruhová (první kosmická) rychlost při povrchu Země  $v_Z$ . Pomocí  $g_Z$  vyjádřete gravitační zrychlení  $g$  a pomocí  $v_Z$  kruhovou rychlost  $v$  na povrchu planety, u níž je:  
 a)  $R = 2R_Z$ ,  $M = M_Z$ ;  
 b)  $R = 2R_Z$ ,  $\rho = \rho_Z$ .

#### B) Data testu

Učivo: mechanika soustavy hmotných bodů a tuhého tělesa.

Učebnice a studijní příručky: [4, 5, 8, 9].

Doba zadání: leden 1969.

Časový odstup od probraného učiva: 3–6 týdnů.

Doba trvání zkoušky: 50 minut.

Počet otázek:  $k = 24$

Počet účastníků celkem:  $n = 106$

z toho chlapců:  $n_1 = 49$

a dívek:  $n_2 = 57$

#### C) Výsledky testu

Charakteristiky celé skupiny:  $\bar{x} = 12,50$   $s^2 = 20,90$   $s = 4,57$

chlapecké skupiny:  $\bar{x}_1 = 12,53$   $s_1^2 = 24,23$   $s_1 = 4,92$

dívčí skupiny:  $\bar{x}_2 = 12,47$   $s_2^2 = 18,53$   $s_2 = 4,30$

Test dobré shody:  $\chi^2 = 0,97$   $\chi_{0,05}^2 = 7,81$

Rozdíl  $\bar{x}_1 - \bar{x}_2 \approx 0,06$  je prakticky zanedbatelný.

Koeficient šikmosti:  $A = -0,08$

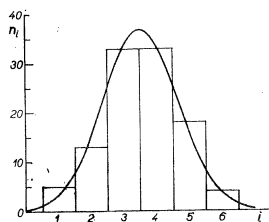
Koeficient špičatosti:  $E = 2,74$

Reliabilita testu:  $R = 0,82$

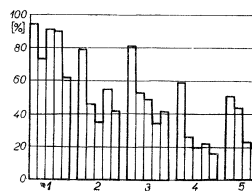
Kvantily:  $x_{0,85} = 17,25$   $x_{0,50} = 12,50$   $x_{0,15} = 7,75$   
 Klasifikační norma: výborně za 18–24 bodů, velmi dobře za 13–17 bodů,  
 dobře za 8–12 bodů, nevyhověl za 0–7 bodů.  
 Korelace s prvním testem:  $r = 0,41$   $r_1 = 0,53$   $r_2 = 0,33$   
 Korelace s druhým testem:  $r = 0,64$   $r_1 = 0,67$   $r_2 = 0,63$

#### D) Hodnocení výsledků

Rozdělení četností sledované veličiny se v tomto případě odchyluje od normální distribuce minimálně. Vypočtená hodnota testovacího kritéria  $\chi^2$  je velmi nízká a mnohem menší nežli kritická hodnota  $\chi_{0,05}^2$ . Kromě toho dané rozdělení vykazuje vzhledem k předchozím distribucím značnou homogenitu (rozptyl  $s^2 = 20,9$ ), téměř normální špičatost ( $E = 2,74$ ) a zřetelnou symetrii ( $A = -0,08$ ). Na uvedené vlastnosti dané distribuce ukazuje také histogram na obr. 6.



Obr. 6. Histogram četností ve třídnicích intervalech u třetího testu.



Obr. 7. Relativní četnosti správných odpovědí v % na otázky třetího testu.

Rozdíl  $\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 0,06$  je zanedbatelně malý, z čehož vyplývá, že výkony chlapecké a dívčí skupiny můžeme pokládat vzhledem k výsledkům testu za naprosto vyrovnané. Dívčí skupina je přitom dokonce ve výsledcích testu stejnorodější ( $s_2^2 = 18,53$ ) než skupina chlapců ( $s_1^2 = 24,23$ ); tento rozdíl však není signifikantní.

Reliabilita testu je přibližně stejná jako u předchozích testů. Klasifikační norma je přiměřená výsledkům testu; vykazuje symetrické rozdělení bodů na jednotlivé klasifikační stupně: 7, 5, 5 a 7 bodů. Test tedy obsahoval pro danou skupinu studentů dostatečný počet úkolů obtížných (pouze 2 ze 106 studentů odpověděli na všech 24 otázkách testu správně, 5 studentů mělo 23 odpovědí správných) a přibližně stejný počet úkolů snadných. Celkově můžeme tedy parametry tohoto třetího testu pokládat za nejlepší.

Výsledky třetího testu vzhledem k výsledkům testu prvního vykazují celkově opět střední korelaci  $r = 0,41$ , přičemž však korelace  $r_2 = 0,33$  u dívčí skupiny je nižší než korelace  $r_1 = 0,53$  u skupiny chlapecké. Zde se již projevil vliv vstupních vědomostí na úspěšnost v dalším studiu silněji u chlapců.

Korelace mezi výsledky třetího a druhého testu je již podstatně vyšší. Vzhledem k číselným hodnotám koeficientů korelace  $r = 0,64$ ,  $r_1 = 0,67$  a  $r_2 = 0,63$  je ji možno označit jako střední až vysokou. Můžeme tak usuzovat na menší proměnlivost pořadí, které tvoří studenti podle výsledků druhé a třetí zkoušky, a tím na větší stabilitu diferenciaci studentů podle úspěšnosti.

E) *Výsledky testu* vzhledem k jeho jednotlivým úkolům je možno sledovat opět na histogramu relativních četností správných odpovědí na obr. 7.

#### 4. ZÁVĚR

V tabulce 1 uvádíme přehled průměrných výsledků podle oborové příslušnosti. U každého ze tří testů je uveden průměrný bodový zisk (průměr  $\bar{x}$ ) jednak pro jednotlivé studijní obory zvlášť (zlomek za značkou oboru představuje počet týdenních hodin přednášky a cvičení z fyziky), jednak pro skupiny učitelského a neučitelského studia celkem. Čísla označená hvězdičkou ukazují na lepší průměrné výsledky některých skupin ve srovnání s průměrnými výsledky celého souboru (viz poslední řádek tabulky).

Z daného přehledu lze usuzovat na několik významnějších souvislostí:

- trvale nadprůměrné výsledky prokazují studenti oborů MF a NM;
- nadprůměrná úroveň vstupních vědomostí zjištěná prvním testem u skupiny OJM neovlivnila úroveň vědomostí této skupiny během studia; dá se usuzovat na nižší studijní morálku uvedené skupiny;

Tabulka 1

Průměrné výsledky testů podle oborové příslušnosti

Stud. obor	Počet studentů	Test 1	Test 2	Test 3
MF 4/2	26	14,81*	19,27*	14,46*
FCh 4/2	10	11,40	14,60	13,90*
MDg 3/2	14	8,79	14,57	10,36
JMO 4/2	7	18,71*	13,71	11,14
ACh 4/2	15	10,53	12,13	7,33
NM 3/2	34	14,50*	16,77*	14,03*
Učit. studium	50	12,44	17,02*	13,20*
Neučit. studium	56	13,96*	15,14	11,88
Celkem	106	13,25	16,03	12,50

c) trvale horší výsledky vykazují skupiny MDg a ACh, jenže s opačnou tendencí. Skupina MDg, jejíž vstupní vědomosti byly relativně minimální (tato skupina nekonala přijímací zkoušku z fyziky), se během studia znatelně zlepšila, zatímco výkony skupiny ACh postupně klesaly;

d) studenti učitelských kombinací vykazují v průměru lepší studijní výsledky nežli studenti neučitelských oborů, a to přesto, že jejich předpoklady ke studiu zjišťované vstupním testem byly relativně nižší.

#### LITERATURA

- [1] *Linhart J.*: Psychologie učení. SPN, Praha 1967.
- [2] *Hnilíčková J.*: Diagnostické metody ve vyučování fyzice. Ústav učitelského vzdělání na UK, Praha 1969.
- [3] *Marek J. a kol.*: Fyzika pro 1. ročník SVVŠ. SPN, Praha 1964.
- [4] *Bětar A.—Fuka J.—Rudolf V.*: Mechanika a akustika. Učební texty vysokých škol. SPN, Praha 1964.
- [5] Základy fyziky pro studující nefyzikálních oborů I. Učební texty vysokých škol. SPN, Praha 1966.
- [6] *Meili R.—Rohracher H.*: Učebnice experimentální psychologie. SPN, Praha 1967.
- [7] *Chauncey H.—Dobbin J.*: Testing. New York 1963.
- [8] *Široká M.—Tillich J.*: Cvičení z experimentální fyziky. Učební texty vysokých škol. SPN, Praha 1963.
- [9] Cvičení z fyziky pro studující nefyzikálních oborů. Učební texty vysokých škol. Ediční středisko UP, Olomouc 1968.
- [10] *Bednařík M.*: Statistické zpracování testů vědomostí ve fyzice. Acta Universitatis Palackianae Olomucensis 1969, Facultas rerum naturalium—Tom 30, s. 155—168.
- [11] *Franc L.—Bednařík M.*: Přijímací zkoušky z fyziky na přírodovědeckou fakultu UP v Olomouci. — „Fyzika ve škole“ 5, 1967, č. 7, s. 316—320.
- [12] *Lindquist E. F.*: Statistická analýza v pedagogickém výzkumu. SPN, Praha 1967.
- [13] *Mittenecker E.*: Plánování a statistické hodnocení experimentů. SPN, Praha 1968.
- [14] *Guilford J. P.*: Podstawowe metody statystyczne w psychologii i pedagogice. Państwowe wydawnictwo naukowe, Warszawa 1964.
- [15] *Itelson L.*: Mathematische und kybernetische Methoden in der Pädagogik. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1967.
- [16] *Janko J.*: Statistické tabulky. Nakladatelství ČSAV, Praha 1958.
- [17] *Hnilíčková J.*: Zpracování standardního didaktického testu z fyziky. „Pedagogika“ 18, 1968, č. 2, s. 203—216.
- [18] *Bednařík M.—Široká M.*: Výsledek průzkumu vědomostí z fyziky u skupiny absolventů střední školy. — „Fyzika ve škole“ 8, 1969, č. 2, s. 90—98.

#### Резюме

#### ДИДАКТИЧЕСКИЕ ТЕСТЫ ПО ФИЗИКЕ НА ПЕРВОМ КУРСЕ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ФАКУЛЬТЕТА

МИЛАН БЕДНАРЖИК—МИРОСЛАВА ШИРОКА

Работа занимается вопросами реализации дидактических тестов по физике, как одним из возможных средств систематического установливания знаний



студентов в данной области. Авторы описывают подготовку, способ реализации и методы обсуждения серии трёх дидактических тестов по учебному материалу механики, применённых на первом курсе естественнонаучного факультета у студентов, изучающих специальность математика—физика, химия—физика, математика—начертательная геометрия, оптика и точная механика, аналитическая химия и численная математика. Приведены оригинальные тексты тестов, их основные данные, статистически подтверждённые результаты и интерпретация этих результатов. Установленные параметры тестов применены к конструкции классификационной нормы, к определению различий между знаниями юношей и девушек и к корреляции результатов между отдельными тестами. Работа должна содействовать созданию объективного метода определения уровня знаний студентов по физике.

#### Zusammenfassung

### DIDAKTISCHE TESTE IN DER PHYSIKAUSBILDUNG DES ERSTEN STUDIENJAHRES DER NATURWISSENSCHAFTLICHEN FAKULTÄT

MILAN BEDNAŘÍK – MIROSLAVA ŠIROKÁ

Die Arbeit beschäftigt sich mit Fragen der Durchführung didaktischer Tests in Physik als einer der möglichen Mitteln, um die Kenntnisse der Studenten systematisch festzustellen. Es geht hierbei um Beschreibung der Vorbereitung, der Art der Durchführung sowie um Bewertungsmethoden drei didaktischer Tests aus dem Lehrstoff der Mechanik, wie sie im ersten Studienjahr der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Palacký-Universität bei den Hörern der Studienfächer Mathematik—Physik, Chemie—Physik, Mathematik—Darstellende Geometrie, Optik und Feinmechanik, Analytische Chemie und Numerische Mathematik durchgeführt worden sind. Es werden der Wortlaut der Untersuchungen, ihre grundlegenden Daten, die statistisch ermittelten Ergebnisse und die Interpretation dieser Ergebnisse dargestellt. Die festgestellten Parameter der Tests dienen zur Herausbildung der Klassifikationsnorm, zum Testen der Unterschiede in den Leistungen der Knaben und Mädchen, sowie zur Beziehung der Ergebnisse zwischen den einzelnen Untersuchungen. Die Arbeit soll ein Beitrag zur Schaffung der Grundlagen für die Objektivierung der Methoden sein, um das Niveau der physikalischen Kenntnisse der Studenten auf der Hochschule zu ermitteln.