


# Посебна питања физике

---

1

1



- Психолошке основе наставе физике

2

2

## Пијжеова теорија КОГНИТИВНОГ РАЗВОЈА

- Жан Пијаже (Jena Piaget, 1896-1980), швајцарски психолог
- Когнитивна (когниција - сазнање) теорија развоја детета
- Не постоји свеобухватна теорија: Виготски, Брунер, Чомски, ...
- Значај Пијажеа – питања и тестови које је вршио су били са физичком проблематиком
- Утемељио је *едукациони конструктивизам*



3


3

## Пијжеова теорија КОГНИТИВНОГ РАЗВОЈА

- Централно место у Пијажеовој теорији је **МЕНТАЛНА СТРУКТУРА**
- Ментална структура
  - Чврсто организован ментални систем који организује ефикасно функционисање особе у датој средини, управља понашањем појединца, контролише како и шта он мисли и како се понаша
  - МС је **модел** конструисан на основу ученог понашања великог броја људи.
- Менталне структуре појединца су подложне променама – мења се и понашање људи и њихово знање
- **Постизање одговарајуће менталне структуре је циљ образовања.**

4

4



## Процес развоја менталних структура, уравнотежавање и саморегулација

- Менталне структуре
  - Како настају?
  - По којим законитостима се мењају?
  - Ако се учење састоји од конструисања, доградње и реконструисања постојећих структура одакле долазе почетне менталне структуре појединца?
- Две крајности
  - Платонисти
    - Менталне структуре су урођене а временом се развијају са растом мозга
  - Класични емпиристи
    - Структуре нису урођене већ настају искључиво под дејством околине

5

5




## Процес развоја менталних структура, уравнотежавање и саморегулација

- Менталне структуре
  - Пијаже – рођењем јединка има само неке базичне менталне структуре
  - За настајање и развој одређене структуре нису довољна само чула (није довољно само држати очи у уши отвореним) већ и њихова ментална обрада
  - важи за разликовање објеката али и за разумевање неког апстрактног појма из физике (ЗОИ, опис судара два тела или осциловања клатна)

6

6



## Процес развоја менталних структура, уравнотежавање и саморегулација

- Менталне структуре
  - Човек/дете није у стању да уочи ствари и појаве док његова свест не развије структуру која му то омогућује.
  - Неуронауке: стицање знања и развој свести на молекуларном нивоу се своди на развој неурона успостављање све комплекснијих веза међу њима
  - Број неурона особе се не мења са временом али се они развијају и међусобно повезују.
  - **Развој менталне структуре догађа се у динамичком међуделовању особе са околином у процесу који се зове уравнотежавање (еквилибрација).**

7

7



## Процес развоја менталних структура, уравнотежавање и саморегулација

- Менталне структуре
  - Пијаже – рођењем јединка има само неке базичне менталне структуре
  - Како дете реагује на нова искуства и информације?
  - Два начина реакција и процеса развоја менталних структура:
    - Асимилација
    - Акомодација

8

8

## Процес развоја менталних структура, уравнотежавање и саморегулација

### ■ Асимилација

- Ако су нови подаци, искуство или информација у складу са постојећом м.с. особа их усваја/асимилира и м.с. се не мења уочљиво
- Нпр. асимилирањем нове информације у школи она постаје део знања

### ■ Акомодација

- Ако се добије информација која не може да се објасни на основу постојеће м.с. долази до **КОГНИТИВНОГ КОНФЛИКТА** односно **НЕРАВНОТЕЖНОГ СТАЊА** система менталне структуре.
- Да би се добило ново равнотежно стање ментална структура мора да се реструктурира и надогради

9

9

## Процес развоја менталних структура, уравнотежавање и саморегулација

### ■ Акомодација

- Процес усклађивања МС са конфликтним ситуацијама и информацијама назива се *акомодација*, а процес успостављања новог равнотежног стања је *уравнотежавање* или *еквilibрација*.
- Укупан процес прилагођавања и доградње менталних структура који укључује и акомодацију и асимилацију назива се *саморегулација*
- У процесу саморегулације особа активно истражује односе, узајамне везе и начине за разрешење настале контрадикције и уношења кохеренције у новостечено искуство.

10

10

## Фактори који утичу на развој менталних структура

- Ако је саморегулација = учење који фактори утичу на њега?
  - Искуство
  - Друштвена трансмисија (интеракција)
  - Дозревање

11

11

## Фактори који утичу на развој менталних структура - искуство

- Две врсте искуства
  - Физичко
  - Логичко-математичко
- Физичко
  - Стиче се стварном интеракцијом са објектима – након неког времена не виде се само објекти већ и нека врста реда односно законитости
- Логичко-математичко
  - Развија се на бази физичког – рефлексивна апстракција

12

12

## Фактори који утичу на развој менталних структура - искуство



- број куглица не зависи од смера њиховог бројања (са лева на десно или обратно),
- нити од начина њиховог распореда (у круг, четвороугао или било како).
- физичко искуство се односи на конкретних 10 куглица.
- На основу тога дете може да изврши генерализацију да збир било ког скупа објеката не зависи од њиховог редоследа и распореда.

13

13

## Фактори који утичу на развој менталних структура - искуство

- **Импликација на наставу физике**
  - ученик, без обзира на узраст, у сусрету са новим појавама мора се најпре срести са конкретним објектима и процесима како би у интеракцији са њима стекао физичко искуство
  - Обрнути процес није природан
  - Демонстрација експеримента у одељењу мора по правилу доћи пре апстрактне генерализације

14

14

## Фактори који утичу на развој менталних структура

- Ако је саморегулација = учење који фактори утичу на њега?
  - Искуство
  - **Друштвена трансмисија (интеракција)**
  - Дозревање
- Дете све посматра, посебно мања деца, из веома *егоцентричног* референтног система (Сунце ме прати)
- Да би се разбио егоцентризам неопходна је интеракција са другима. Ако је нема нема ни промене менталних структура које могу бити неадекватне

15

15

## Фактори који утичу на развој менталних структура

- Ако је саморегулација = учење који фактори утичу на њега?
  - Искуство
  - Друштвена трансмисија (интеракција)
  - **Дозревање**
- Процес развоја МС је поступан, за акомодацију је потребно време
- Настава физике: **садржаји у програму и уџбенику и учioniци су распоређени тако да се иста основна знања у њима стално понављају али не у једнаким већ у сличним али и сасвим новим ситуацијама.**
- Континуирана примена већ познатих фундаменталних појмова, закона, модела и теорија на нове ситуације, осим што продубљује и проширује њихово значење, у самом прилазу новим ситуацијама захтева од ученика присећање неких њихових својстава као и процедуре њихове употребе.

16

16



## Фактори који утичу на развој менталних структура

- Ако је саморегулација = учење који фактори утичу на њега?
  - Искуство
  - Друштвена трансмисија (интеракција)
  - **Дозревање**
- Примери:
  - 2. Њутнов закон
    - се уводи на почетку 1. разреда (тачније у 7. разреду)
    - Примењује се на различите механичке система током целог 1. разреда
    - Повремено у 2. разреду (кинетичка теорија, кретање наелектрисаних честица)
    - 3. разреду (хармонијско кретање, механички таласи, звук, ...)
  - Сила еластичности код опруге
    - 6. разред основне школе (сила је сразмерна деформацији)
    - Примена на динамометар
    - Осцилације (8. разред)
    - 1. разред гимназија – рад и енергија код опруге
    - 3. разред – осцилације и таласи

17

17

## Фактори који утичу на развој менталних структура

- Овакав приступ је у складу са Пијажеовим идејама о дозревању менталних структура, и даје много веће шансе да знање везано за наведене садржаје постане трајно.
- Када би се сви садржаји који говоре о својствима еластичне опруге ставили у један разред (у оквиру области механика), такав приступ би био непримерен могућностима ученика. Са временом, без враћања на сличне садржаје, на овакав начин стечено знање би, поступно, сасвим нестало.

18

18

## Стадијуми когнитивног развоја

- Когнитивни развој сваке особе одвија се неједнаком брзином, али по одређеном редоследу, од мање ефикасних до ефикаснијих начина мишљења.
- Стадијум **психомоторичког развоја** / сензомоторни стадијум (0-2. године)
- **Предоперациони** стадијум (2-7. година)
- Стадијум развоја **конкретних операција** (7-11. година)
- Стадијум развоја **формалних (апстрактних) операција** (од 11. године па надаље)

19

19

## Стадијуми когнитивног развоја - психомоторички развој (0-2)

- Рефлекси и основне навике
- За дете постоје само објекти које види или пипа
- Развија се свест о перманентном постојању материјалних објеката
- Потреба за изналажењем симбола за оне објекте који нису у непосредној близини – резултира развитком језика и стварањем услова за прелазак у виши стадијум
- Шеме понашања: дете сваки предмет тресе али не дају сви звук. Нпр. магнет не може да се асимилира у постојеће шеме – ствара се нова – магнет привлачи нека тела

20

20

## Стадијуми когнитивног развоја - Предоперациони развој (2-7)

- Развија се језик, искуства покушавају да се споје у целине, развија се **егоцентризам**
- Развија се **интуитивна мисао** и **трансдуктивно мишљење** (прелази се са једног појединачног својства на друго а да се не прелази преко општег – нпр. "Зашто Месец виси на небу?" "Зато што је жут.")
- Није развијена способност каузалног мишљења – некритички се повезују сасвим некорелисане појаве: "Зашто ексер тоне ако га ставимо на површину воде у посуди?" "Зато што је мален." "А зашто чекић потоне?" "Зато што је велик."

21

21

## Стадијуми когнитивног развоја - Предоперациони развој (2-7)

- Каузално мишљење је немогуће јер недостају 4 битна елемента која се еволутивно надограђују:
  - Претерани егоцентризам - треба да прође процес десубјектификације
  - У опажању детета се не уочава временски след догађаја и последице – као да је веза изванвременска
  - Дете не може да разматра појаве временски реверзибилно
  - Не примењује интуитивно елементарне законе одржања (количине, тежине/масае, запремине, ...)

22

22

Стадијуми когнитивног развоја –  
 Стадијум развоја **конкретних  
 операција** (7-11)

- Способност конкретних мисаоних операција
- У стању је да интуитивно примњује једноставне законе одржања и да *МИСЛИ каузално*
  - Али само ако се све то односи на конкретне објекте и процесе
  - Не и на вербално и апстрактно изнете хипотезе

23

23

Стадијуми когнитивног развоја –  
 Стадијум развоја **конкретних  
 операција** (7-11)

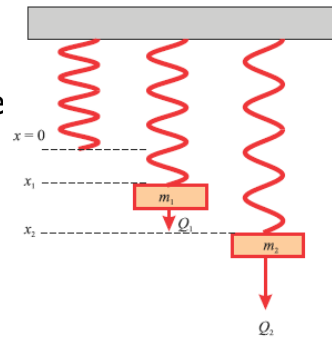
- Одлике менталних структура у том узрасту
  - Реверзибилност
  - Укључивање очувања
  - Уређивање у серијски редослед

24

24

## Стадијум развоја конкретних операција -Реверзибилност

- Особа је у стању да ментално обрне редослед конкретног физичког процеса – ако се скине тег опруга дете би требало да очекује да се опруга враћа у неистегнуто стање
- Пре обраде својстава опруге ученицима треба поставити овај проблем да се утврди да ли сви међу њима укључују у размишљање временску реверзибилност



25

25

## Стадијум развоја конкретних операција –укључивање очувања

- Особа интуитивно усваја једноставне законе очувања за неке конкретне ситуације
  - Претакање воде у посуду другачијег облика (знатно ужу или знатно ширу)
  - У 6. разреду је мерење запремине течности помоћу мензуре
  - Проверити да ли сви ученици усвојили ову операциону способност јер је неопходна за даљи рад

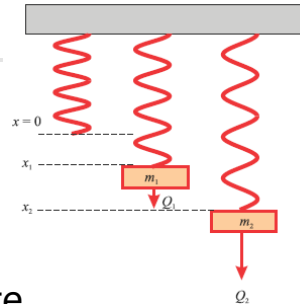


26

26

## Стадијум развоја **конкретних операција** –уређивање у серијски редослед

- За физичке објекте су у стању да их уреде у серијски редослед
- У стању су и да утврде 1-1 кореспонденцију (ако постоји) између два таква редоследа
- За апстрактне објекте или податке то није у стању да уради и о томе мора да се води рачуна у настави физике у ОШ
- Нпр. у 6. разреду се тражи корелација између тежине тела, дужина опруге и њеног издужења.

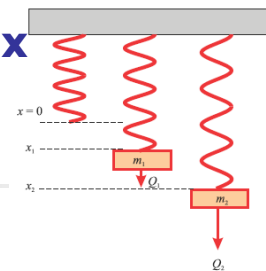


27

27


## Стадијум развоја **конкретних операција** –уређивање у серијски редослед

- Експеримент
- Ученици су у стању да уреде три низа података у одговарајуће низове
- Да уоче 1-1 кореспонденцију и корелацију између тежине тегова, дужина и издужења



28

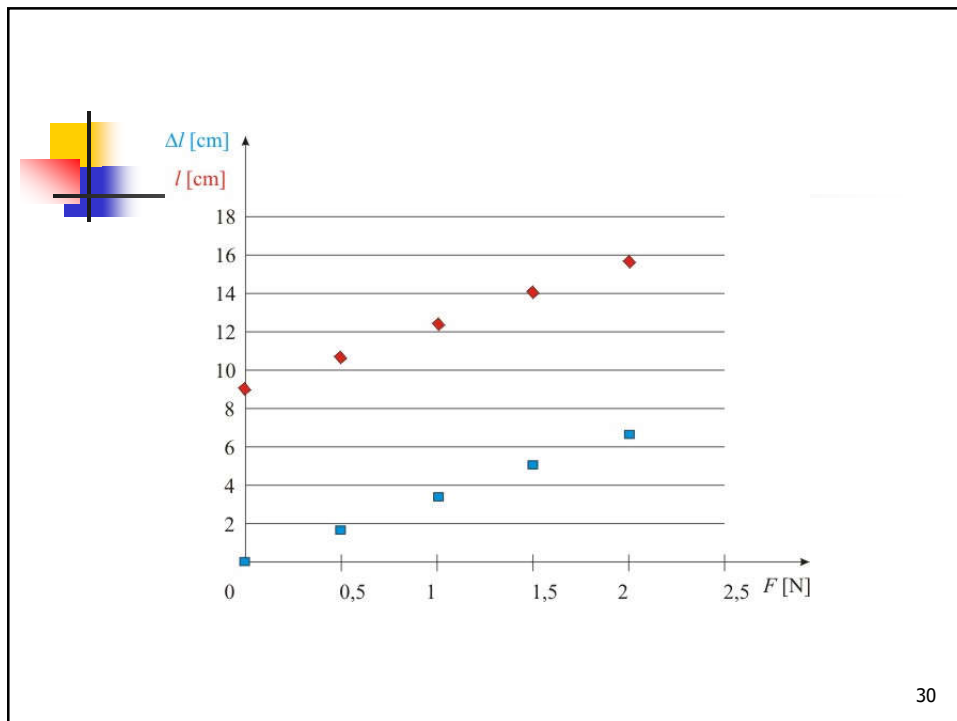
28



Број тега	$F$ [N]	$l$ [cm]	$\Delta l$ [cm]
0	0	9,0	0
1	0,5	10,6	1,6
2	1	12,3	3,3
3	1,5	13,8	4,8
4	2	15,4	6,4

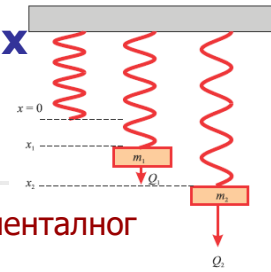
29

29



30

## Стадијум развоја **конкретних операција** –уређивање у серијски редослед



- Помоћу графичког приказа уз мало менталног напора ученик може да уочи **пропорционалност** између тежине тегова и издужења опруге
- Стиче се физичко искуство које је основа за постепено напредовање у стицању логичко-математичког искуства.
- Последња операција (уочавање сразмерности) између тежине и издужења опруге (за конкретну ситуацију) чини прелаз према развоју менталних структура које карактеришу стадијум **формалних операција**

31

31

## Стадијум развоја **конкретних операција** –недостаци (у начину мишљења)

- Приступ истраживању нове појаве није систематски
  - није у стању да примени контролу променљивих – утврђивање како на период клатна утичу дужина нити и маса куглице – мењају истовремено и једну и другу променљиву
- Приликом мерења не узимају у обзир све могућности и нису у стању да уоче изворе грешака
- Произвољност у решавању проблема применом некоректних алгоритама ( $s=at^2/2$  и када убрзање није константно)
- Нису довољно самостални и критични и сложеније проблеме од неколико корака могу да решавају само уз упутства
- Има проблем са вербалним изношењем дефиниција и интерпретацијом релација, употребом симбола и планирањем
- Није у стању да провери исправност сопствених резултата и закључака упоређивањем са искуством и постојећим подацима. Нпр. не примећује ништа чудно ако добије резултат који се за 10 редова величине разликује од тачног

32

32



## Стадијуми когнитивног развоја

- Стадијум **психомоторичког развоја** / сензомоторни стадијум (0-2. године)
- **Предоперациони** стадијум (2-7. година)
- Стадијум развоја **конкретних операција** (7-11. година)
- Стадијум развоја **формалних (апстрактних) операција** (од 11. године па надаље)

33

33

## Стадијум развоја **формалних (апстрактних) операција (>11)**

- Нема недостатака који су побројани код "конкретног" мислиоца
- У стању је да размишља апстрактно
- Пијаже: У просеку се достиже око 15 године али није у свим подручјима исто ни истовремено (до 20. година свакако)
- Истраживање у САД, 50% одраслих није достигло стадијум формалног мишљења
- Енглеска, мање од 20% ученика достиже тај стадијум на крају обавезног школовања (16. год.)

34

34

## Стадијум развоја **формалних (апстрактних) операција**

- Операционе шеме
  - Идентификовање *релевантних променљивих*, елиминација *ирелевантних* и примена процедуре *контроле променљивих*
  - Формулисање *хипотеза* и њихова примена
  - *Комбинаторно размишљање*
  - Налажење и утврђивање *функционалне зависности*
  - Примена *пропорционалности* у проналажењу међузависности различитих величина

35

35

## Стадијум развоја **формалних (апстрактних) операција – примена пропорционалне зависности**

- Примена *пропорционалности* у проналажењу међузависности различитих величина
  - 6. разред пресипање течности из мензуре једног попречног пресека у мензуру другог и процена у ком односу ће порасте висина нивоа када се исти камен урони у једну па у другу мензуру
  - Проблем – пропорционалност се из математике учи у 7. разреду
  - Ученици је прихвате формално али велики број њих не зна да примени то знање у пракси док год не усвоје то знање на физичком искуству (у складу са Пијажеовим тврдњама да **апстрактној генерализацији претходи физичко искуство**)
  - 7. разред – нпр. зависност убрзања тела чија је маса константна од силе

36

36

Стадијум развоја **формалних (апстрактних) операција** – идентификовање променљивих и параметара

- Први корак у разматрању ма ког проблема – идентификовање променљивих и параметара
  - У традиционалној настави наставник наводи све величине

37

37

Стадијум развоја **формалних (апстрактних) операција** – идентификовање променљивих и параметара

- 1. Пример из гимназије – просто хармонијско осциловање – тег окачен о опругу
- Сопствена фреквенција система – у традиционалној настави обично кажемо да је одређена константом еластичности опруге  $k$  и масом тега  $m$
- Алтернативни прилаз: ученици сами треба да нађу решење




38

38

## Стадијум развоја **формалних (апстрактних) операција** – идентификовање променљивих и параметара

- Алтернативни прилаз: ученици сами треба да нађу решење
- Кроз два sukcesivna питања
  - Одредити релевантне параметре осцилатора од којих зависи његова сопствена фреквенција
  - Одредити њихову функционалну зависност (димензионалном анализом)
- Студенти и ученици често имају доста проблема са првим питањем јер су обично добијали "готов" списак променљивих
- Кад дефинишу релевантне променљиве димензионалном анализом лако добијају функционалну зависност



39

39

## Стадијум развоја **формалних (апстрактних) операција** – идентификовање променљивих и параметара

- 2. Пример из гимназије – математичко клатно
- Два sukcesivna питања
  - Одредити релевантне параметре осцилатора/математичког клатна од којих зависи његова сопствена фреквенција
  - Одредити њихову функционалну зависност (димензионалном анализом)
  - Прва идеја:  $l$  и  $m$ . Не даје добар резултат јер се не може добити фреквенција.
  - Потпитање – зашто се клатно њише? Наводи на то да се и гравитација узме у обзир. Величине ( $l, m, g$ )

40

40

## Стадијум развоја **формалних (апстрактних) операција** – контрола променљивих

- Поступак који се примењује када величина зависи од више променљивих
- Када се тражи зависност од једне остале се одржавају константним.
- У традиционалном прилазу се овоме такође не придаје пажња

41

41

## Стадијум развоја **формалних (апстрактних) операција** – контрола променљивих

- 1. Кружно кретање
  - Питање: како центрипетална сила зависи од полупречника путање?
  - Одговор: израз који се обично први изводи (преко убрзања) – обрнуто је пропорционална
  - Постоје и други: директно је пропорционална
  - Који је прави?

$$F_c = m \frac{v^2}{r}$$

$$F_c = mr\omega^2$$

42

42

## Стадијум развоја **формалних (апстрактних) операција** — контрола променљивих

- 2. Електрична отпорност
  - Опиши релацију  $R=U/I$  речима.
  - “електрична отпорност је пропорционална напону”, електрична отпорност је обрнуто пропорционална јачини струје”
- 3. Други Њутнов закон
  - Опиши речима релацију  $F=ma$
  - “Сила је пропорционална маси”, “Маса је обрнуто пропорционална убрзању”.

43

43

## Ученичке претконцепције

- Ученици долазе на наставу физике са већ успостављеним системом физичких концепата
- Засновани су делом на сопственом искуству, а делом на знањима стеченим у претходном школовању.
- физика је добрим делом апстрактна и често није у сагласности са уобичајеном интуицијом,
- ученичке идеје (претконцепције) често су у супротности са физичким идејама и могу представљати препреку њиховом усвајању
- Да би настава била ефикаснија потребно је, након утврђивања, радити на њиховом елиминисању, и замени правим научним концептима.

44

44

## Извори стварања индивидуалних концепата



- Концептуализација директног искуства
- На основу података из културног окружења
- Формално образовање (школа)

45

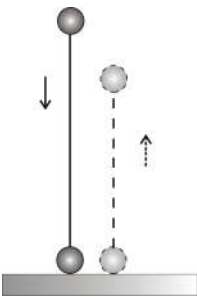
45

- Претконцепције/интуитивне идеје
  - ученичке идеје о неком феномену пре формалног учења
- Алтернативне идеје
  - могу постојати или као претконцепције, или као мешавина претконцепција и формалног учења у школи

46

46

## Пример



- Концепти које ће користити физичар
  - *гравитациона сила, убрзање, кинетичка енергија, еластична деформација, унутрашња енергија, еластична одбојна сила, потенцијална енергија еластичне деформације*
  - Ниједан не може да се региструје чулима
  - Сви су последица мисаоних конструкција
- Ученик
  - Употребиће своје личне интуитивне конструкције

47

47

## Претконцепције у механици

- Основна област физике
- Кроз њу се ученици навикавају на методе физике као науке
- Неке претконцепције
  - за било какво кретање потребно је деловање силе,
  - за кретање константном брзином потребна је константна сила,
  - кретање се одвија у смеру деловања силе,
  - тело које мирује не може на друга тела да делује силом,
  - тежа тела падају брже, ...

48

48





## Тежа тела падају брже

- заснива на искуству ученика које је везано за свакодневне, неидеализоване услове у којима метална кугла пада брже од пера због деловања силе отпора ваздуха
- Другачији резултат експеримента са две металне куглице различитих тежина (занемарљив отпор па падају истовремено) не утиче на њихов одговор.
- Та претконцепција је толико дубоко усађена да неки ученици тврде да „експеримент није успео јер знамо да то не може бити тако“.

49

49



## Утврђивање ученичких претконцепција

- Задају се проблеми који се не решавају рачунањем
- У решавању ученици не користе Њутнове законе већ се служе сопственом интуицијом.
- Иако ученици декларативно знају Њутнове законе, такве њихове идеје спадају у предњутновско раздобље, у коме је доминирао аристотеловски приступ физици.
- Разлог– **аристотеловска механика је ближа интуицији**, јер свет посматра око нас без идеализација.
- **Њутнова механика је контраинтуитивна**, јер кретања разматра у идеализованом свету (нпр. нема трења).

50

50

## Утврђивање ученичких претконцепција

- Force Concept Inventory, 1992. у САД
- концептуални тест из механике
- тест вишеструког избора који кроз 30 питања испитује ученичко разумевање њутновског концепта силе, без икакве употребе формула и рачунања.
- При томе су понуђени одговори базирани на познатим ученичким алтернативним концепцијама.
- Резултати су били лоши чак и када су га радили студенти након слушања првих курсева физике

51


51

## Упоређивање претконцепција у различитим областима физике

- концептуални тестови у областима механика и струјна кола
  - уз одговор су требали да назначе и то колико су сигурни у њега на скали до 1 (несигуран) до 5 (веома сигуран)
- Резултати слични али **поузданост одговора** није

52

52



## Упоређивање претконцепција у различитим областима физике

- У механици је поузданост одговора била готово максимална, док је поузданост одговора о струјним колима била веома мала.
- Претконцепције у механици су веома чврсте, док је концептуално разумевање струјних кола веома несигурно.
- Да би се успешно отклонили ови недостаци неопходно је разумети процес усвајања концепата.
- У области механике је на основу тих сазнања потребно радити на елиминисању претконцепције, а у области струјних кола применити их тако да се код ученика не створе погрешне идеје

53

53



## Промена/Измена концепција

- *концептуална* промена?
- Одговара *акомодацији* у Пијажеовој моделу развоја сазнања
- концептуална промена је когнитивни процес у коме се, у процесу учења, реализује трансформација концепција

54

54



## Промена/Измена концепција

- Основни услови за успешно остваривање промене концепција у настави су:
  - постојеће концепције се морају показати незадовољавајућим да би их ученик одбацио,
  - нова идеја мора, макар делом, да буде разумљива и конзистентна,
  - нова идеја мора од почетка да делује уверљиво (нпр. уколико омогућује разрешавање неких битних проблема), и
  - нова идеја мора да делује плодносније од старе по успешности, ширини и снази

55