

Examining young children’s conceptual change process in floating and sinking from a social constructivist perspective

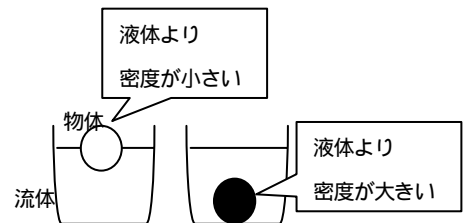
Havu. S.

International Journal of Science Education, 27, 3, p259–279, 2005.

概要

- ・ 小学校入学前の学習者(6 歳児)の浮力現象の学習を扱った実践
- ・ 浮力現象

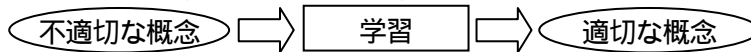
物体の密度が液体よりも小さい場合は浮き、重い場合は沈む
 : 様々な物体(Figure 2)を水に浮かべて、どのようなときに沈んでどのようなときに浮くのかを検討した



- ・ ただし、6 歳児なので密度の理解までは不可能
 「物体の材質」、「大きさ」、「形」、「中が空洞かどうか」を要因として物体の浮き沈みを検討
- ・ 学習者に求められた理解
 複数の要因に基づいて、物体の浮き沈みのメカニズムが説明できること
 : 1 つの要因に基づいた説明の例 : 「大きい」物体は沈む
 : 複数の要因に基づいた説明の例 : 「大きい」けれど「中が空洞」の物体は沈む
- ・ 授業を行い評価した

1 . Introduction

- ・ 学習者の科学的概念に関する研究は、概念理解の仕方と学習過程を明確にしてきた
 これらの研究は、あらゆる学年において、学習者は概念や概念同士の関係を理解していないことを明確にしてきた
 : このような結果から、多くの研究者は、学習を概念変容の過程であると考えた



- ・ 概念変容に関する従来の研究は、発達心理学の分野にルーツを持つ
 概念変容は認知機能であり、個人の技能に依存するものであると考えられてきた
 小学生高学年に焦点を当てた研究は多くあり、幼い学習者(幼稚園児から小学校低学年児童)を対象に行った研究はそれほど多くない
 : しかし、概念変容は生涯にわたる過程であり、幼少期における概念変容に関する研究を行う必要がある
- ・ 近年の学習理論では、概念変容の過程を構築の 1 つとみなしている
 これらの研究では、学習過程と概念変容に関する多様な視点を取り入れて、より広範なレベルから学習を議論している(e. g., Duit and Treagust 2003, Tyson et al. 1997)

・ この研究の目的 : 幼い学習者(6 歳児)の浮力の学習において、「学習者の概念変容を記述すること」と「社会的相互作用が概念変容にどのように影響するかを特定すること」

2 . 概念変容に対する認知的アプローチから社会構成主義アプローチへ

2.1 認知的アプローチ

- ・ 学習における概念変容アプローチは、長年にわたって極めて強く議論されてきて、認知心理学や科学教育の分野において多様な知見が示されてきた
 大抵の研究では、概念変容を低いレベルの概念と高いレベルの概念の 2 極化として考えてきた(e. g., Carey, 1985; Posner et al., 1982; Thagard, 1992)

しかし、より詳細な検討によって、概念変容を低い概念と高い概念の2極化ではなく、多様なルールに基づいて変容するものであることが明らかになった(Thagard, 1992)

：概念変容が段階的に、ゆっくりと複雑に行われるから

ゆえに、学習者内における概念の構築及び再構築の過程であると考えられるようになってきた(e. g., Thagard, 1992; Dekkers and Thijs 1998, Hynd et al. 1997, Palmer and Flanagan 1997).

- ・概念変容とは領域知識が増えることと評価能力が発達すること

Carey (1985)は、領域知識が増えることには価値を置いたが、知識の再構築はそれほど重視しなかった

：幼い学習者にとっては、領域知識が増えることが、概念変容のスタート地点となるから

- ・認知的アプローチでは、学習の文脈(状況)を考慮することなく、認知機能のみを学習プロセスとみなしてきた

この研究では、概念変容を認知機能としてのみ捉えるのではなく、変容の過程が起きる文脈を考慮して扱う(社会構成主義の立場から検討)

2.2 社会構成主義

- ・学校教育における発達の研究では、認知的・文化的な文脈、状況を含めた議論が必要である

例えば、Hallén (1999)は、日常生活の文脈を考慮して科学知識と科学的説明について検討した

- ・社会的文脈における認知的発達に関する考え方は、Vygotsky (1962)の研究にルーツを持つ

ジグザグプロセス

：学習者は教師や他の学習者と協調することによって、日常で獲得した概念を関連する概念(学習させたい概念)と統合する

：協調における相互作用の中で、学習者は、自らの考えにおける制約、矛盾、前提、自らが保持する概念の意味を内省する

：このような内省が、学習者の持つ知識構造における概念変容を促進する(Vosniadou, 1994)

- ・他者とのコミュニケーションは、知識の構築及び再構築をする機会を学習者に与える

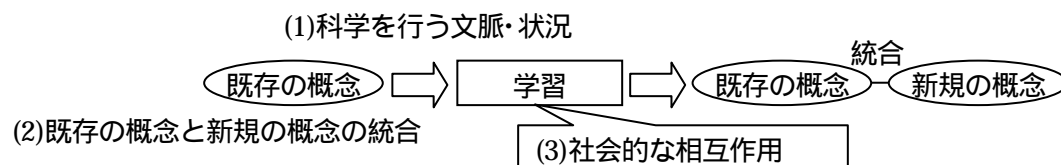
このようなコミュニケーションは、学習プロセスの中にある

：ゆえに、学習プロセスの分析は、概念変容がどのように行われるのか及びその要因を明確にすることができる

- ・教師や他の学習者との社会的相互作用の中で、学習者の認知的競合が引き起こされる

認知的競合は、個人的要因と社会的要因によって促進されたり阻害されたりする

社会構成主義をまとめると



2.3 この研究の目的

- ・幼い学習者(6歳児)の浮力の学習において、「学習者の概念変容を記述すること」と「社会的相互作用が概念変容にどのように影響するかを特定すること」

3 . 方法

3.1 参加学習者

- ・フィンランドの Joensuu 市の幼稚園児 10 人(年齢 6 歳)

ESKO プロジェクト(詳しくは、Aho et. al, 1999)に参与している幼稚園児

：学習者の所属している幼稚園では、問題解決型の科学授業は行っていない

学習者達の担任教師はこの研究に賛同をしていない

学習者達はボランティアで参加した

: 幼稚園における2つの男女混合グループから集められた

3.2 学習課題

・学習目標

物体の浮き沈みに影響する要因を特定する

: 実際には、物体の密度が、この授業では学習者が幼稚園児であるため、要因としては「物体の材質」、「大きさ」、「形」、「中が空洞かどうか」に基づいて実験をすることになる

・学習者が行う実験活動

実験活動1: 教師により指定された物体を用いて実験を行う

実験活動2: 学習者各自が家などにある物体を選択して実験を行う

・ワークシート

実験活動1で用いたワークシート(Figure 2)

: 学習者になじみのある物体が示してある

: 学習者は、これらの物体を用いて実験を行う

: その際、実験前の予想と結果を記入する

実験活動2において用いたワークシート

: Figure 2と同じフォーマットだけど、具体的な物体は記入してなく、学習者が各自持ってきた物体について検討をする

3.3 研究の手順

・研究の流れ

プレインタビュー 学習セッション ポストインタビュー

(1)プレインタビュー(インタビューは個別に行われ、オーディオテープで記録した。詳しくは後述)

(2)学習セッション(プレインタビューの1週間後に行った)

・概要

協同発見学習により授業を行った

: 発見学習は伝統的な科学授業の形式である(Ausubel & Robinson, 1969)

: 学習者に、観察、予想、発見、説明をする機会を与える

協同では、社会的な相互作用、個々の学習者が行う評価、学習者同士の議論、知識の共有を重視する

授業における教師の役割

: 学習者同士の議論の管理

: 質問をする、問題を与える、学習者による概念の再構築の仲介者となる

・授業の構成(オリエンテーション 実験活動1 実験活動2)

オリエンテーション

浮力現象について初期の段階で知っていることを話し合った

: 学習者は、浮力に関して一般的に知っていることに関して、教師から質問され、それに回答した

: 学習者は、浮力に関するこれまでにしてきた経験について話をした

実験活動1

協同で実験を行った(1グループ3人か4人で、合計3グループ)

実験の結果については、教師主導の全体討論において議論された

：重さ、大きさ、形、材質、空洞について話し合い、浮力に関する一般的な知識を構築した活動を通して、学習者は自らが持つアイデアを明確にして再構築した
実験活動2(実験活動1の2日後に行った)

協同で実験を行った

：学習者自身が設定した目的に基づいて実験を行った(目的はグループごとに異なる)

実験の結果については、教師主導の全体討論において議論された

：それぞれが行った実験についてクラス全体で話し合い、一般化した

学習は、学習した内容を新規の状況へ応用して、知識をより一般化した

(3)ポストインタビュー(特に記述なし。おそらく、プレインタビューと同じ内容)

3.4 インタビューの分析(プレインタビューとポストインタビュー)

・インタビューの目的

子どもの授業前後における浮力に関する理解を把握すること

・インタビューの流れ

第1段階：浮力に関する用語の説明をさせる

：どんな物体が浮いて、どんな物体が沈むのかをたずねる

第2段階：子どもの浮力に関する経験についてたずねる

第3段階：様々な物体について浮くか沈むかたずねた

・分析基準(Table 2)

レベル1：Non-relevant and non-scientific explanation

物理的な特徴や浮力現象との関係について言及しない説明

レベル2：Non-relational justification

レベル2a：重さのみを要因とした説明

レベル2b：重さと他の要因(個々の物質の材質、大きさ、形、空洞かどうか)を関連付けて説明するがその関係が不明確な説明

レベル2c：(重さを含めた)複数の要因に基づいた説明をするが、不適切な説明(関係は不明確?)

レベル2d：重さと他の要因を関連付けて構築した説明(関係は明確?)

レベル3：Water-related justification

物体の重さと水の重さを比較した説明

4 . 結果

4.1 インタビューの結果(Table 4)

・プレインタビューの結果

非科学的で不合理な説明が多かった(レベル1：22%)...

：回答例：日常の経験に基づいた言及(例：野球のボールを沈めたことがあるから)

：回答例：第3者から聞いたことを根拠にする(例：お母さんが言っていたから)

：回答例：循環論的な言及(例：沈むから沈むんだ)

大半の学習者が、1つの要因(重さ)のみに基づいて説明していた(レベル2a：37%)...

物体の大きさ、材質、空洞などに言及する学習者がいた(レベル2b：16%)...

：ただし、これらを関連が不明確

・ポストインタビューの結果

全ての学習者が、様々な側面を関連付けた言及をしていた(レベル2a～d)...

：インタビューにおける発話の例

発話者	発話内容
Interviewer	大きくて重いボートは、なぜ、沈まないの
Kaisa	沈まない形をしているから
Interviewer	そうだね。どんな形のものが沈まないと思う?
Kaisa	卵形のもの
Interviewer	卵形だとどうして沈まないの?
Kaisa	(卵形だから)、水の上をこうやって移動する

形に言及

形と水を関連付けている

非科学的で不合理な説明がほとんどなくなった(レベル1)...

密度について完全に回答できた学習者はいなかったが、物体における空洞と容積の関係について言及した回答はあった

: インタビューにおける発話の例

発話者	発話内容
Interviewer	どんなものが沈むと思いますか?
Jussi	重いもの
Interviewer	重いもの
Jussi	物体の重さが水の重さと同じとき(沈む)
Interviewer	物体の重さが水の重さと同じだったら沈むの?
Jussi	うん、それか、水より重いとき
Interviewer	オーイエー、水より重いとき

4.2 学習過程における事例

(1)様々な側面の関連付けに関する学習過程

- ・ポストインタビューにおいては、レベル2の説明が増加していた

この増加に関連した特定のグループにおける学習プロセス

: 文脈: Anna と Sara のグループで、Anna が水に鉛筆を沈めたことにより、このエピソードが始まる

発話者	発話内容
Anna	鉛筆は中が空洞になっていない
Sara	鉛筆の芯は鉄でできている

空洞かどうかと言及

材質に言及

(2)非科学的・不合理な説明から、科学的な説明への変遷に関する学習過程

- ・ポストインタビューにおいては、レベル1の説明が減少していた

学習過程においてもレベル1の言及は確認されなかった

(3)密度の理解(空洞と容積の関連)に関する学習過程

- ・なぜ、インタビューにおいて空洞と容積の関係に言及できたのか?

実験活動後の全体ディスカッションにおいて教師が教えた

: しかし、教師と学習者の相互作用がなければ、言及はできなかった

: 全体ディスカッションにおける教師と学習者(Kaisa)の会話

発話者	発話内容
Teacher	オーイエー、なんで、Kaisa 君はスチールボールが沈むと思ったの?
Kaisa	固体だから
Teacher	どういうこと?
Kaisa	中が空洞になっていないから

空洞かどうかと言及

(4)概念変容に対する問題解決課題の重要性

- ・問題解決課題を学習者に課した

課題：粘土でボールを作って浮かせること

：特定のグループにおける作成中の学習者のディスカッション

発話者	発話内容
Tuuli	ここに穴がある
Paula	そうだね。穴がある
Tuuli	これをふさがなきゃいけない
Julia	見て、浮いている
Julia	2つの粘土ボールがある。これを試してみる
Tuuli	これはとても良いボートだ
Child	両方浮かべてみよう
Julia	私達の目的は浮かべること、やったー！

空洞と関連

- ・問題解決課題に取り組ませた結果

ポストインタビューよりボールがどのようにして浮かぶのか説明できた

問題解決課題が学習者の動機付けとなった

：実際に、ボールが浮いたときはうれしそうだった

5. 考察

- ・この研究の目的は、「学習者の概念変容を記述すること」と「社会的相互作用が概念変容にどのように影響するかを特定すること」

学習者は、多様な視点から浮力現象を考えて、これらを統合して概念変容に至っていた
メタ認知も概念変容に関与していた

- ・社会的な相互作用が活発であった

ディスカッションのはじめは、学習者は浅い理解しか示さなかった

：教師が質問などを投げかけることによって介入した

：その結果、高いレベルの相互作用が学習者同士で行われた

- ・学習者同士の相互作用より、学習者と教師の相互作用のほうが多様性に富んだものであった(Table 5)

教師の役割は、学習者に現象へ焦点を当てさせたり、学習者の理解の再構築や自由な表現を促進すること

- ・概念変容においては、複数の視点を統合すること、原因と結果を結びつけること、比較すること、要約することが重要(Aho, 1999)

特に、教師との相互作用がこれらの要因を促進した

- ・密度に基づいた理解を示した学習者はいなかった

その代わりに、物体の重さと水の重さの関係に言及した学習者はいた

：このことは、認知スキルや経験が乏しいことによる

- ・浮力現象の学習には、力のつりあいに基づいたアプローチと密度に基づいたアプローチがある

この研究では、密度に基づいたアプローチを用いた

：今後は、両方を考慮するべきである

- ・今後は、学習活動を捉える他のフレームワークを考慮して行う必要がある

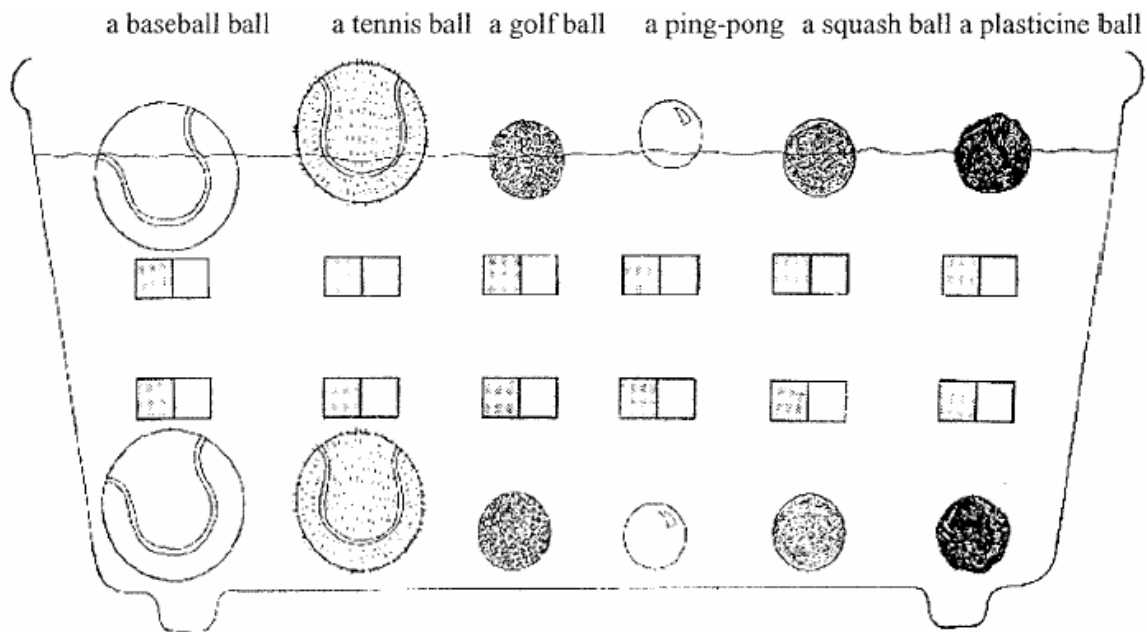


Figure 2. The children's worksheet during the teaching stage (first page).

1. Merkitse rastilla tummaan ruutuun, mitä luulet pallolle tapahtuvan, kun se pannaan veteen. What happens to the balls when they are put into water? Mark your answer in the dark box.
2. Kokeile pallolla, mitä sille tapahtuu, kun se pannaan veteen. Experiment with a ball to see what happens when it is put into water.
3. Merkitse rastilla havaintosi vaaleaan ruutuun. What happened during the experiment? Mark your answer in the white

Table 2. Categorization scheme for the description of children's understanding of the phenomena of floating and sinking.

-
- (1) *Non-relevant and non-scientific explanations.* The child did not mention any physical properties or the responses were non-relevant to the phenomenon of sinking and floating.
 - (2) *Non-relational justifications*
 - (a) The justifications are based only on the weight of the object. The child stated arguments only for weight, even though some of them seemed to understand that it is not the only reason.
 - (b) The phenomenon is explained in arguments for the effect of material or shape or the air. It seems that the child has an intuitive conception about the relationship between mass and volume (density); however, it is not clear.
 - (c) The responses consist of many characteristics, and non-relevant explanations are also used. The child explains the phenomenon with different relevant characteristics based on volume. The answers may also include non-relevant properties.
 - (d) The justifications are based on many relevant characteristics. The child explains the phenomenon with at least two relevant properties and it understands that the weight is not the only reason for sinking and floating.
 - (3) *Water-related justifications.* The child produces evidence for sinking and floating by comparing the weight of the object and the weight of water.
-

Table 4. Children's judgements on flotation in pre-interviews (♦) and in post-interviews (♥).

	<i>I</i>	<i>2a</i>	<i>2b</i>	<i>2c</i>	<i>2d</i>	<i>3</i>
Anna (241)	♦♦♦♦ ♥♥	♦♦♦♦♦♦ ♦ ♥♥♥♥	♦♦♦♦ ♥♥ ♦♦	♦ ♥	♦♦♦	
Sara (229)	♦♦ ♥	♦♦♦♦♦♦ ♦♦♦♦♦♦ ♥♥♥♥	♦♦♦♦ ♥♥♥♥	♦♦ ♥♥	♦♦ ♥♥♥♥	♦
Julia (243)	♥	♦♦♦♦ ♥♥♥♥♥	♦♦ ♥♥♥	♦ ♥	♦ ♥	♥
Taina (223)	♦♦♦	♦♦♦♦♦♦ ♥♥♥♥♥♥	♦ ♥♥♥	♦♦♦♦♦♦ ♥	♦♦♦♦♦♦ ♥♥♥♥♥♥	
Teemu (228)	♦♦♦♦♦♦ ♦♦♦ ♥♥♥	♥♥♥♥♥♥		♦ ♥♥♥♥♥♥ ♥		
Tuuli (237)	♦♦♦♦♦♦ ♦♦♦	♦♦♦♦♦♦ ♦♦♦ ♥♥♥♥	♦♦♦♦♦♦ ♥♥♥♥	♦♦♦♦ ♥♥♥♥	♦♦♦♦ ♥♥♥♥♥♥ ♥♥	♦♦♦
Jussi (225)	♦♦♦♦	♦♦♦♦♦♦ ♦♦♦♦♦♦ ♥♥♥♥♥♥ ♥	♦♦ ♥♥♥♥		♦♦♦♦ ♥♥	♥♥
Paula (245)	♦♦	♦♦♦♦♦♦ ♦♦♦♦ ♥♥♥♥	♦♦ ♥♥♥	♥♥♥	♦♦ ♥♥	♥
Harri (226)	♦♦♦	♦♦♦♦ ♥	♦♦♦♦ ♥♥♥♥♥♥ ♥♥♥♥		♦ ♥♥♥♥♥♥	♥♥
Kaisa (240)	♦♦♦♦	♦♦♦♦♦♦ ♥♥♥♥♥♥	♦♦	♥♥♥♥♥♥ ♥♥♥♥♥♥	♥	
Pre-interview	22%	37%	16%	6%	9%	2%
Post-interview	4%	29%	20%	22%	20%	5%

Note: Total percentages of each level pre-interview and post-interview are presented.

Table 5. The frequencies of cognitive nature of the discourses during the instructional process of floating and sinking.

	<i>Descriptive</i>				<i>Reasoning</i>	
	<i>One case</i>	<i>Comparative</i>	<i>Deliberation</i>	<i>Hypothezing</i>	<i>One case</i>	<i>Comparative</i>
Peer interaction	13		4		4	
Teacher-child interaction	61	6	27	17	98	7

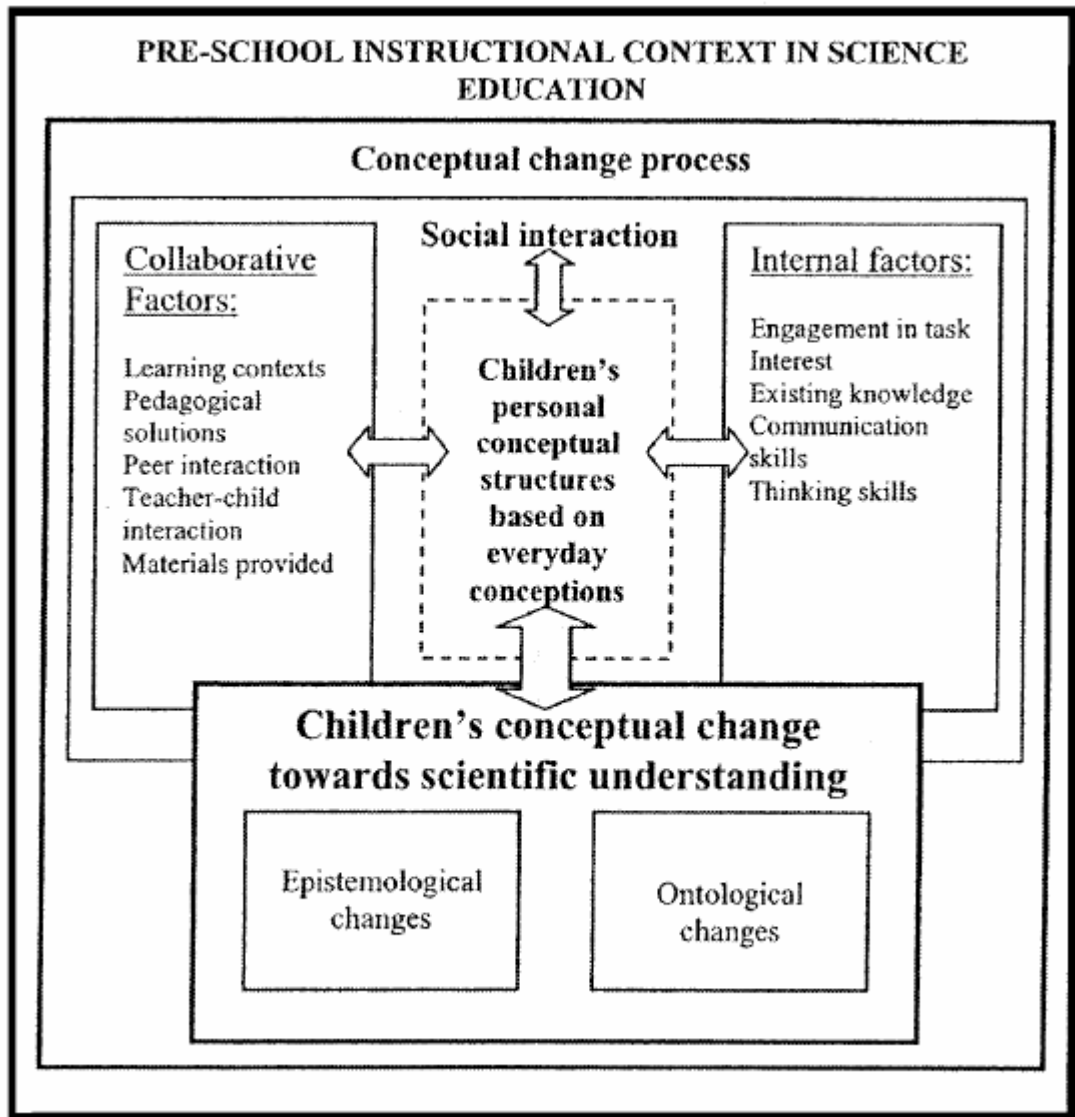


Figure 1. A framework for analysing the children's conceptual change.

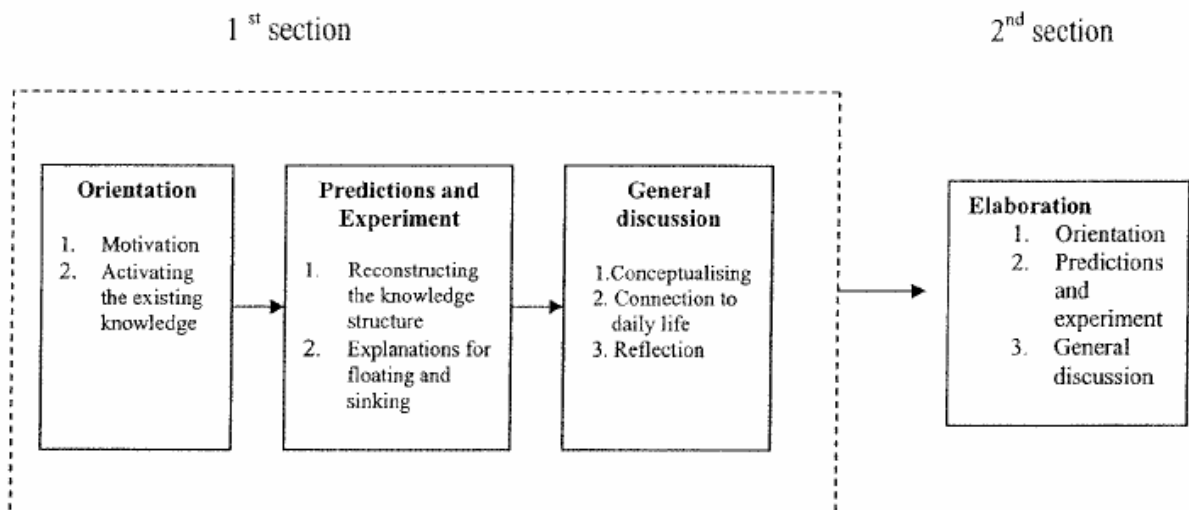


Figure 3. The progression of the instructional process.

Table 3. Categorization scheme of verbal interaction.

-
- (1) *Conceptual.* Dialogues concerning the phenomenon (sinking and floating) and its properties and reason or causes for it. The conceptual discussion of test materials (properties)
 - (2) *Procedural.* Dialogues in which any kind of practical, procedural supervising and management features of activities are discussed
 - (3) *Direction of the interest.* Expressions in which the children's interest in the activities is involved
 - (4) *Everyday themes.* Conversations that are dealing with some other subjects or content areas than those in the task. Also the interaction units of meanings, which mostly or explicitly are in irregular relationship for the task but are implicitly or partly involved
-