

2016/07/05

担当：頓部

Scientific Reasoning and Epistemological Commitments: Coordination of Theory and Evidence Among College Science Students

Ava Zeineddin, Fouad Abd-El-Khalick

JOURNAL OF RESEARCH IN SCIENCE TEACHING vol.47, no. 9, pp.1064–1093 (2010)

- 背景
- 科学推論
 - ・ 先行研究
 - 科学推論の本質の説明や、科学的推論がどのように認知的構成概念と関係しているのか
 - ・ 科学推論の本質について議論の余地がある
 - ・ 科学的思考 (Kuhn, 2004)
 - 知識探索を向上させる
 - 人が考えを変更することや、新しい考えを確立するために通過するプロセスである
 - ・ 推論プロセスの核は、理論と証拠の調整 (theory-evidence coordination) である
 - ・ theory-evidence coordination
 - 証拠により理論を修正するだけでなく、証拠と理論間を区別化させる
 - ・ 成功する理論と証拠の調整は、既存の理論に疑問をもったり、反対根拠を探索したり、代わりの説明を除外したりする (Kuhn, 1989, 2004)
 - ・ 証拠を評価する能力は、思考を促進させる (Klaczynski, 1997; Stanovich & West, 1997)
 - ・ 欠点、特徴
 - ◇ 生徒の推論は、理論的な考え方と証拠を区別する能力が欠けている
 - ◇ 理論について考える (think about) よりも、理論を用いて考える (think with) 傾向がある (Kuhn, 1989)
 - ◇ 反証を挙げずに、確証のないことよりも確証のあることを証明する傾向がある (Klaczynski & Narasimham, 1998)
 - ・ theory-evidence coordination (Kuhn, 2004)
 - ◇ 事前知識と推論過程を具体化させた推論の枠組みを示した
 - ◇ 理論的に考えることは、知識探索を不可欠とする
 - ◇ 理論と証拠の調整や区別化する推論は、理論の改正や新しい知識の発見を促進させる
 - 本研究では、特定した科学領域でタスクの推論や事前知識を説明させることで科学推論を調べる
 - ・ 理論と証拠を調整することは、持っているデータを理解するために持っている考えを膨らませたり、熟考させたりする
 - ・ 反対 (矛盾) 根拠に直面した時
 - ◇ 事前知識は推論過程にバイアスをかけ、ネガティブな影響を与える

2016/07/05

担当：頓部

- ◇ 資料データと知識間の一貫性の確認することで、既存した考えを熟考させたり、もっともらしい考えを探したりする推論過程が活性化される

➤ epistemological commitment (EC) と推論

● EC

本研究では、理論の一貫性を反映する条件として EC 使用

- 先行研究で、EC は異なる推論能力レベルを説明してきた
しかし、PK を考慮し EC と科学推論との間の関係性を調査したものはない

● 目的

PK を考慮し、EC (epistemological commitment : 認識論的関与) が推論の質に与える影響を調べる

● RQs

- 科学を専攻する大学生は、アルキメデスの原理もしくは浮力についてどれほど理解しているのか
- どの程度、生徒は証拠を伴った理論を一貫できるか
- アルキメデスの原理に関係した問題に取り組む上で生徒の推論の質はどのようなものであるか
- 事前知識を考慮に入れ、どの程度、理論の一貫性は推論の質に影響しているのか

● Method

- 理論の一貫性 (EC) の影響を調べる
- 従属変数：参加者の推論の質
- 独立変数：EC

● Participants

- 参加者 139 名の大学生 (女性 39%、男性 64%)
 - ◇ 2 つの物理コース
PHYS102(農学、生命科学、薬学), PHYS212 (工学、化学、物理学、数学)
 - ◇ 各コース別の参加者情報【Table.1】

Table 1
Participant background information

Variable	PHYS 102		PHYS 212		Total	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>N</i>	%
Sex						
Female	21	48.8	29	30.2	50	36.0
Male	22	51.2	67	69.8	89	64.0
Total	43	100	96	100	139	100
Class						
Freshman	1	2.3	10	10.4	11	7.9
Sophomore	2	4.7	75	78.1	77	55.4
Junior	17	39.5	9	9.4	26	18.7
Senior	23	53.5	2	2.1	25	18.0
Physics rating						
"Only Okay"	7	16.3	13	13.5	20	14.4
Average	13	30.2	26	27.1	39	28.1
Good	13	30.2	26	27.1	39	28.1
Very good	7	16.3	26	27.1	33	23.7
Excellent	3	7.0	5	5.2	8	5.8

● Content

- ・ 使用した物理の内容は、水中の浮力、アルキメデスの原理
アルキメデスの原理：物体はその物体が押し出した水の重さに等しい浮力を受けるという法則
- ・ 参加者は中学校で学習済みであるが、理解が浅い
- ・ 浮力の構成要素
密度（質量、体積）、水圧や水深の関係、液体の変位量、物体平衡

● Procedure

- ・ 6週間オンライン上で、流体静力学のPKとECを評価できるアンケート調査を行った
- ・ アンケート調査のスコアの平均点を基準に139人を4つのグループに分ける
① High PK, High EC / ② High PK, Low EC / ③ Low PK, High EC / ④ Low PK, Low EC
- ・ スコアが高かった人、低かった人（計40人）1時間インタビューを行う
- 4つのグループからそれぞれ10人ずつ選択

● Instruments

- ・ オンラインのアンケート調査
2つのPartで構成
 - Part1：物理学のプレテスト
参加者の物理（浮力、密度の関連、水中における浮力の現象）に関連したPKを評価する目的
 - Part2：認識論的シナリオ
参加者の理論の一貫性ECの程度をはかる目的

☆ ECを測るタスク内容

1. 参加者は、証拠を確信、サポートする科学理論が記述された文を3つ読む
10段階で理論の信用度を評価する
(1は完全に間違った理論、10は完璧に正しい理論)
2. 1.の各文を読んだ後、理論に関係した2つのシナリオの追加情報を読む
10段階で理論の信用度を評価する

2016/07/05

担当：頓部

追加情報の種類

- ・(実験シナリオ,2種類) 理論の妥当性を損なう、理論に矛盾したシナリオ
- ・(統制シナリオ,1種類) 矛盾もサポートもない理論に関する情報を追加したシナリオ

◇ 仮説

参加者は追加情報を読み終えた後、理論の信用度を聞かれる

実験シナリオは、信用度下がる → strong / high EC

信用度上下に変動 → weak / low EC

統制シナリオは、信用度が変化 → strong / high EC

信用度変化なし → weak / low EC

・ 個人のインタビュー

推論の質を評価するため 2 (PK) × 2 (EC)

➤ First part 50分

4つの物理推論シナリオ 【Appendix C】

① 4つのシナリオ(浮力の問題など)を読み、答えを書き、説明させる

② インタビューをして、詳細な推論過程を調べる

アルキメデスの原理を参加者に与え、その原理を使用させて再び回答を考えさせる

- 初期の回答を促進させるか、もしくは回答を修正させるか

- 推論の変更がされるかどうか

原理への気づきが推論に影響するかどうかを確認するため

➤ Second part 10分

認識論的シナリオ (オンラインで解いた問題と同様のもの)

実験シナリオを回答させた後、インタビューで回答の理由を答えさせた

・ データ分析

1. PKとECに焦点を当てた分析

物理プレテストと認識論的シナリオ

PK (High vs Low), EC (High vs Low) の2×2

2. 4条件ごとの推論の質に焦点を当てた分析

◇ 物理プレテスト

9問の合計スコアがPKの大きさ

1問につき2点-0点、9問で合計のスコア範囲0点-18点

◇ 認識論的シナリオ

3つのシナリオの合計点がECの大きさ

合計スコア範囲-3点-12点

◇ 物理推論シナリオ

推論の質は6つの特徴によって評価 【Table.2】

(Greenhoot et al. ,2004; Hogan & Maglienti ,2001; Tytler & Peterson ,2003)

1つのシナリオにつきスコア 0 点-12 点、4つのシナリオでスコア範囲 0 点-48 点

- A) 正しいタスクの概念化
- B) 関係する全変数の考慮
- C) 関係した理論的概念の解釈、適用
- D) 矛盾した説明、別の説明を行う
- E) 概念処理の広さ
- F) 正しいもしくはサポートされた推論、結論を導く

6つの特徴は、参加者の推論活動を具体化する

Table 2
Rubric used for scoring participants' quality of reasoning

Dimension	Criteria and Score		
	0	1	2
Accurate conceptualization of the task	Misrepresents or inaccurately encodes the problem; distorts the "given" and misinterprets what is required	Shows partially accurate conceptualization of the task; either misinterprets the "given" or what is required	Reveals accurate understanding and conceptualization of all instances of the task; shows accurate interpretation of what is given and what is required
Consideration of all relevant variables	Does not consider any of the relevant variables in a given task	Considers some but not all of the relevant variables and/or does not accurately distinguish and connect the variables	Considers and explicitly acknowledges all the relevant variables in the task, and accurately distinguishes and connects the variables
Accurate interpretation and/or application of relevant theoretical ideas	Does not mention or attempt to link the task to any theory or considers irrelevant theories	Attempts to link or apply a relevant theory (such as but not limited to Archimedes') but shows inaccurate conceptualization of theory, or fails to use it to build a valid argument or justification	Shows accurate application and interpretation of a relevant theory and use it successfully to provide a justification
Consideration of alternative or competing explanations/ideas	Does not mention or consider any alternative or competing explanations	Mentions, in passing, one alternative or competing explanation but does not pursue the implications of this alternative for tackling the task	Considers, at least, two alternative or competing explanations; compares the two in some systematic way; weighs the pros and cons associated with each and/or compares the two in some systematic way
Depth of conceptual "processing"	Provides an explanation(s) that does not make sense or is a mere repetition or description of the observations and instances of the task	Provides an explanation(s) that reveals partial conceptual processing: Explanations or justifications are partially valid; there are still gaps in the way ideas and variables are linked together to provide a supported and valid justification	Provides an explanation(s) that reveals deep conceptual processing: all variables, ideas, examples, and/or analogies are explicitly and accurately linked together to provide a valid justification
Reaching accurate or supported conclusions	Does not reach accurate or supported conclusions	Reaches partially accurate or partially justified conclusion	Reaches accurate and supported inferences or conclusions

☆ 成功する推論の3つの特徴

1. 予測した理論や仮説、既存の説明を想起 (C) させ、
匹敵する、もしくは別の仮説の考慮 (D)

2. 考えをサポートするため、また正しい結論に達するため証拠を使用 (E)
3. 対立仮説を評価するため、推論結果を導くための適切な処理過程 (A,B,F)

この特徴は、

- ・ 証拠を伴った理論を推論に適合 (整理、統合) できたことを表す
- ・ 結論を導くためにどのように参加者が PK や証拠を使用しているかを示す

● Results

・ PK と EC

物理のプレテストと EC シナリオの得点

◇ 参加者全員 【Table.3】

Table 3
Participants' scores on the online questionnaire (N = 139)

	Mean	SD	Minimum	Maximum
Physics pretest	11.72	2.87	3.5	17.5
EC scenarios	2.75	3.03	-3	12

◇ 物理コース PHY102・212 別 【Table.4】

コース間では、浮力の知識と EC に関する理解レベルは同じ

Table 4
Comparison of participants across the two physics courses

Test	PHYS 212 (n = 96)		PHYS 102 (n = 43)		T	p-Value
	Mean	SD	Mean	SD		
Physics pretest	11.17	3.00	11.97	2.80	1.51	0.134
EC scenarios	2.65	3.29	2.80	2.94	0.27	0.788

◇ 4 つのグループ別 【Table.5】

Table 5
Mean scores and standard deviations for participants in the four groups

Group (n = 10)	Physics Pretest		EC Scenarios	
	M	SD	M	SD
High PK-High EC	15.35	0.75	6.5	1.35
High PK-Low EC	13.95	1.07	0.1	0.99
Low PK-High EC	10.05	1.26	4.0	1.15
Low PK-Low EC	7.45	2.19	-1.2	1.55

・ 物理推論の質

40 人 (4 グループ×10 人) 物理推論シナリオの結果 【Table.6】

Table 6
Performance on reasoning scenarios for participants in the four groups (n = 40)

Scenario	Mean	SD	Minimum	Maximum
Floating Wood	7.65	1.98	4	10
Five Blocks	6.50	2.26	2	12
Three Cubes	5.75	2.60	2	11
Metal and Wood	5.40	2.62	2	12
Total	25.3	7.57	12	45

2016/07/05

担当：頓部

- ・ インタビューから 6 つの推論特徴において推論の質を評価した

A) Accurate Conceptualization of the Task

ほとんどの参加者は推論シナリオの正しく概念化されていた

B) Consideration of All Relevant Variables

変数間を正しく区別、関連づけることができない

例) 重力はブロックの重さとは関係ない

関連付けられた人

例) ブロックの重さとブロックが水を押す力を関連付けて考える

質量に比例して沈む

C) Accurate Interpretation and/or Application of Relevant Theoretical ideas

アルキメデスの原理のような理論的な考えは、常に正しく当てはめて考えられていない

例) ブロックは水よりも軽いか重いかで決まる

D) Consideration of Alternative Explanations

対立仮説を考えることは、高いレベルの推論として考えられてきた (Kuhn, 2004; Stanovich & West, 1997)

例 1) 重いブロックほど沈む、もしくは質量の大きくなるにつれて深くなっていく

ブロック様々な体重の人がプールに入ったときに沈むか浮くかであり、真ん中でとどまる人はいないため、ブロックは浮くか沈むかである

例 2) ブロック A、ブロック B は重さが同じだから浮力も同じ、ブロック C は軽いから浮力が小さい。だけど、プールで考えると水深が大きいほど物が取りにくいいため、浮力は水深に關係している

E) Depth of Conceptual Processing

- ・ 参加者は、概念処理の深さが違う判断や説明をする

例) タスクに書かれた状況をシンプルに言い表す

理にかなわない状況を考える

- ・ 考えをつなぎ合わせて、ギャップのある概念を明らかにし妥当な根拠の説明をする

F) Reaching Accurate Conclusions

常に正しい推論や結論ができるわけでない

- ・ 正しい答えを出せなくても、質のある推論をしていた参加者は高得点をとっていた

アルキメデスの原理への反応

- ・ インタビューした 40 人中 10 人が使用

2016/07/05

担当：頓部

- ・ 原理を使用しなかった 30 人に原理を提供しても推論を変更することはなかった
- ・ 本研究で使用した物理タスクの成功した推論は、容易に知識や原理を使用する必要があった
- ・ 正当な結論導くために求められること
 - ◇ 理論的な考えとタスク中に提供された証拠の両方を考える
 - ◇ 変数間や考え、証拠の関連性を推論する

インタビュー時の認識論的シナリオ

- ・ 88%の人は、オンラインで解いた EC とほぼ同じ評価
- ・ 強い関与について議論し評価を下げた人 (strong EC)
 - 新情報が信用を揺らがす
 - 矛盾を示した情報に、より反応するようになった
- ・ 矛盾に反応する一方、評価が変わらなかった人 (weak EC)
 - 妥当、明確な判断が不可能、証拠や反例を必要とする
 - まだ発見できていない要因があると勝手に信じ込む
 - 証拠を理論に合うように誤って理解した
- ・ 使用したシナリオは、理論の一貫性の「高い」「低い」関与に参加者を分類することができた

PK、EC、推論の関係

- ・ グループごとの推論パフォーマンス 平均スコア 【Table.7】

Table 7
Reasoning performance of the four groups

Group	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
Low PK-Low EC	10	19.1	3.47	12	24
Low PK-High EC	10	23.6	6.88	14	36
High PK-Low EC	10	27.3	7.95	17	45
High PK-High EC	10	31.2	6.52	25	44
Total	40	25.3	7.66	12	45

- ・ 4 つのグループの推論スコア 【Table.8】 【Figure.2】

PK、EC で主効果がみられた

推論の質において、2 要因 (PK と EC) の交互作用はなし

- どちらの PK レベルにおいても高い EC は高いレベルの推論をもたらす

Table 8
Reasoning mean scores and main effects across the four groups

	Prior Knowledge		Mean
	High	Low	
Epistemological commitment			
High	31.20	23.60	27.40
Low	27.30	19.10	23.20
Mean	29.25	21.35	

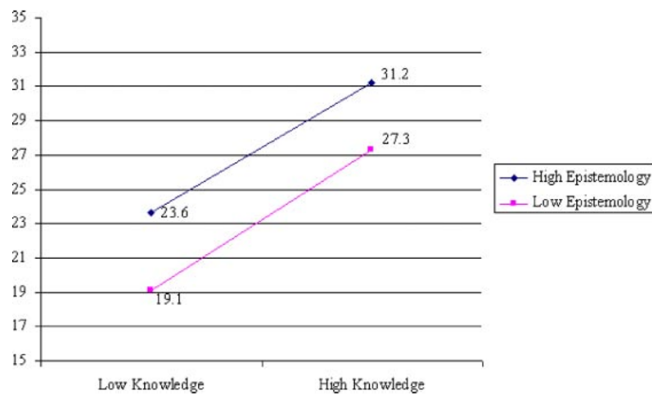


Figure 2. Reasoning scores showing no interaction.

• A two-way ANOVA 【Table.9】

- 4つのグループの平均 有意差あり ($F=6.46, p<0.001$)
 グループ間のばらつきは、グループ内のばらつきより大きい
 - 4つのグループの推論の質に差異があった
- PKとEC 交互作用なし ($F=0.02, p<0.884$)
- PKの2つのレベル (high/low) 間で有意差あり ($F=15.09, p<0.001$)
- ECの2つのレベル (high/low) 間で有意差あり ($F=4.27, p<0.046$)

Table 9
Results of two-way ANOVA test

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected model	801.40 ^a	3	267.13	6.46	0.001
PK	624.10	1	624.10	15.09	0.000
EC	176.40	1	176.40	4.27	0.046
PK × EC	0.90	1	0.90	0.022	0.884
Error	1489.00	36	41.36		
Total	27894.00	40			

^a $R^2 = 0.35$ (adjusted $R^2 = 0.29$).

• チューキー検定の多重比較 【Table.10】

Low PK-Low EC と High PK-High EC の間 有意差あり

Low PK-Low EC と High PK-Low EC の間 有意差あり

Table 10
Tukey HSD multiple comparisons

Group (I)	Group (J)	Mean Difference (I - J)	Sig.	95% Confidence Interval	
				Lower	Upper
H-PK/H-EC	L-PK/L-EC	12.10**	0.001	4.35	19.85
	L-PK/H-EC	7.60	0.056	-0.15	15.35
	H-PK/L-EC	3.90	0.534	-3.85	11.65
H-PK/L-EC	L-PK/L-EC	8.20*	0.035	0.45	15.95
	L-PK/H-EC	3.70	0.577	-4.05	11.45

*The mean difference is significant at the 0.05 level.

**The mean difference is significant at the 0.01 level.

• 重回帰分析 【Table.11】

重回帰式 $E(Y)=7.2+7.9PK+4.2EC$

PKの方が、ECよりも推論において強い因子である

Table 11
Regression model with no interaction

Parameter	B	Sig.
Intercept	7.2	0.111
PK	7.9**	0.000
EC	4.2*	0.043

*Coefficient is significant at the 0.05 level.

**Coefficient is significant at the 0.01 level.

Discussion and Conclusions

- ・ これまでの研究では、相関により EC または PK と推論の関係性を示してきた
 - PK と推論の関係
 - 日常推論における知識にポジティブな影響がある (Sadler & Zeidler, 2005)
 - 学習者の予想と実験結果の関係性を強調する (Schauble, 1996)
 - 方法論的概念の理解が弱い時、ネガティブなバイアス、影響を推論に与える (Greenhoot, 2004)
 - EC と推論の関係
 - 認識論的理解は日常推論のレベルにポジティブに関連している (Weinstock & Cronin, 2003)
 - この 2 つの関係性についての先行研究はない

- ・ 本研究の新しい点
 - 静水力学に特定した物理領域についてのタスクを用いた
 - EC に加え、推論において参加者の PK の役割を説明するための手段
 - 3 つの方法論を展開
 1. 準実験的要因計画法を利用
 2. 異なるタスクで 3 つの変数 (PK、EC、推論の質) を評価した
 3. 推論の質を評価するため点数をつけた

結果

- ・ PK と EC は推論の質を決定させる大きな要因であった
- ・ High EC (理論の一貫性がある) は高いレベルの推論を行う
- ・ 高い PK は推論の質を高くする結果は驚くべきものでない
 - たくさんの先行研究においても示されている
- ・ プレテストと物理推論シナリオは同じ内容 (浮力、アルキメデスの原理) を扱う
 - プレテストを解くことで、推論シナリオのタスク内容の理解が深くなり推論レベルも高くなる
 - PK は介在要因

- ・ 有意差あり
 - Low PK-Low EC と High PK-High EC の間、Low PK-Low EC と High PK-Low EC の間
 - PK、EC の両方が高いレベルは、高い推論レベルと強い関連性がある

2016/07/05

担当：頓部

- EC が弱くなれば、推論の質は PK に大きく影響される

→PK の役割が顕著に表れ推論の質を高めてしまうから？

- ・ 反対に、PK が比較的弱い領域では、推論の質は EC に大きく影響される
→知識は無くても、比較検証を行い、自分の考えを何度も見直す

課題

- ・ EC を複雑化される時、正しい PK の使用される時に、科学推論は最もよく促進される
- ・ しかし、PK、EC のどちらか一方が低くても高いレベルの推論が行われる
- ・ High PK-Low EC、Low PK-High EC の参加者について、推論における PK と EC の相対的な影響を詳しく調べなければならない

2016/07/05

担当：頓部

【Appendix B】

Appendix B:

An Illustrative Example of the Epistemological Scenarios Used to Assess Participants' Commitment to the Consistency of Theory With Evidence

Mass Extinction Theory

Several mass extinctions had occurred throughout Earth's history. Probably the most famous of these is the extinction that occurred about 65 million years ago and brought an end to the reign of dinosaurs. This extinction happened toward the end of the Cretaceous period (abbreviated with the letter K). It was not just the dinosaurs that died out during this mass extinction. Indeed, the catastrophic event responsible for this extinction had caused the death of around 70% of all living species on Earth. Mammals somehow survived this extinction to usher in a new period, the Tertiary period (abbreviated with the letter T), and later became the dominant group of large animals on Earth. The geological boundary between these two periods is known as the Cretaceous-Tertiary (or K-T) boundary.

Scientists believe that a giant asteroid, 10km in diameter, struck Earth around the time of the formation of the K-T boundary at a velocity of more than 10 km/second. When it hit the ground, its kinetic energy would be converted to heat in a nonnuclear explosion 10,000 times as strong as the total world arsenal of nuclear weapons. The impact liberated enormously huge amounts of energy and caused a chain of environmental disasters, such as global fires, storms, tsunamis, cold and darkness, greenhouse warming, and acid rains. These events led to the mass extinction of dinosaurs in no more than a thousand years.

The asteroid would clearly kill everything within sight of the fireball generated on impact. The impact also would have lifted huge amounts of rock, dust, and vapor into the atmosphere. Coupled with ash from global fires, the dust in the atmosphere would result in extended periods of darkness by blocking sun rays. The darkness would produce extremely cold temperatures; a condition termed "impact winter." Also, the vapor released from the impact would stay in the atmosphere more than dust, and so the impact winter would have been followed by greenhouse warming. Many plants and animals that survived the extreme cold of impact winter would eventually be killed by a subsequent period of extreme heat. Additionally, without sunlight plant photosynthesis would have stopped, and food chains everywhere would have collapsed. Dinosaurs that survived the initial impact eventually would have no access to reliable and plentiful sources of food they needed for their survival.

The impact theory is supported by good evidence. Scientists studying the clay layer at the K-T boundary in Gubbio, Italy, came upon an unusually high spike in the amount of the element iridium. The levels of iridium contained in the K-T boundary clay were roughly 30 times the normal levels found on Earth. Iridium is an extremely rare element, most of the Earth's allotment is alloyed with iron in the Earth's core. The iridium spike found at the K-T boundary could not have come from Earth or cosmic dust. On the other hand, iridium is highly concentrated in some meteorites. It has been calculated that a chondritic asteroid approximately 10km in diameter would contain enough iridium to account for the iridium spike contained in the K-T boundary throughout the globe. Moreover, analysis of the K-T clay layer has revealed the presence of soot (very fine ash), which is believed to have come from the enormous global fires caused by an impact. Shocked quartz crystals have also been found in the clay. This form of altered quartz only occurs under conditions of extreme temperature and pressure such as those caused from meteorite impacts or nuclear explosions.

Are you familiar with this theory? Yes No

RATE YOUR DEGREE OF BELIEF IN THE MASS EXTINCTION THEORY.

Completely false theory	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Perfectly correct theory
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Paleontologists are continuously studying new fossil records. Recent analyses of fossil-bearing sedimentary rocks show that the formation of the K-T boundary would have extended over tens or hundreds of thousands of years. Such duration is considered by geologic standards much slower than that which would have resulted from a giant asteroid impact.

[If you want to refer to the text explaining the mass extinction theory again, click here]

RATE YOUR BELIEF IN THE MASS EXTINCTION THEORY in light of the above information.

Completely false theory	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Perfectly correct theory
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

The 150-kilometer crater that the supposed asteroid impact would have made 65 million years ago and that would have caused the mass extinction has yet to be found and positively identified.

[If you want to refer to the text explaining the mass extinction theory again, click here]

RATE YOUR BELIEF IN THE MASS EXTINCTION THEORY in light of the above information.

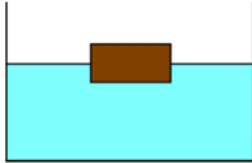
Completely false theory	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Perfectly correct theory
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

【Appendix C】 物理の推論シナリオ

Appendix C: Reasoning Scenarios

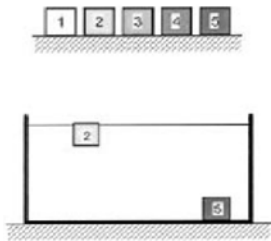
(1) A block of wood is floating on the surface of still water as shown in the figure below.

(a) Is there any force or forces acting on the wooden block? If yes, specify the kind of force and compare their magnitudes (strengths).

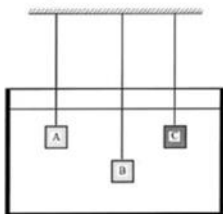


(b) Sugar is dissolved in the water. As a result, would the block float lower, higher, or at the same level? Explain why.

(2) Five blocks of the same size and shape but different masses are shown in the figure below. The blocks are numbered in order of increasing mass (i.e. $m_1 < m_2 < m_3 < m_4 < m_5$). All the blocks are held approximately halfway down in an aquarium filled with water and then released. The final positions of blocks 2 and 5 are shown in the figure. On the diagram, sketch the final positions of blocks 1, 3, and 4. Explain your reasoning.

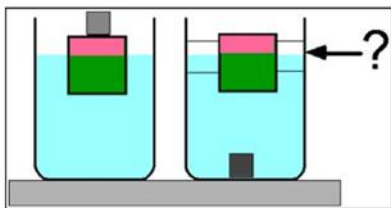


(3) Three cubical blocks of equal volume are suspended from strings of varying lengths. Blocks A and B have the same mass and Block C has less mass. The blocks are lowered into a tank of water and end up in the positions shown in the figure below.



Rank the buoyant force acting on each block from largest to smallest. If any buoyant forces are equal indicate that explicitly. Explain your reasoning.

(4) A metal block sits on top of a floating wooden block.



If the metal block is dropped into the bottom of the beaker, does the level of water in the beaker increase, decrease, or stay the same? Justify your answer.