

六至十二岁儿童对落体运动因果关系的 认知发展的实验研究*

姚文忠

刘 范

四川教育学院

中国科学院心理研究所

一、课题

在对儿童认知发展的研究中,运动的因果关系是一个基本课题。⁽¹⁾⁽²⁾研究儿童认知发展水平,研究儿童对自然现象及其规律的认知的的发展,不能不涉及他们对运动现象因果关系的认知发展。积累这方面的资料对于发展心理学和改进自然学科的教学都有一定价值。

本研究从全国认知协作组的基本假设出发,意图通过落体实验来测查儿童在一定问题情况中的认知活动,以揭示其心理机制,并且描述其在各年龄组中的变化。特别重要的在于,试图了解儿童认知物理现象的因果关系的思维间接性水平与认知结构之间的关系。

二、方法和步骤

1.被试:从6—12岁的七个年龄组中随机选择被试。每一年龄组选35人。由于各种原因,有相当数量被试不符合测试要求,在统计时均已逐个剔除。

2.方法:临床法。

3.测试题目与启发:

(1)测试题目的大意,将等重的乒乓球与纸片在同等高度任其下落,哪个先落地?为什么?

(2)启发题目的大意:将等重的乒乓球与纸团在同一高度任其下落,哪个先落地?为什么?

(3)启发方法:言语启发,用口头言语向儿童讲出发启题目;图片启发,出示绘有乒乓球与纸团下落的画片;操作启发,让儿童玩乒乓球与纸团。

三、结果

1.题目效度的检查

本实验研究的重点在查明儿童对运动现象因果关系的认知水平。如果儿童不了解题目,其对于理由回答的正误就不可置信。因此,对于题目,他们都应该了解,即要求他们能比较

*本实验是全国认知研究协作组的一个课题,由四川教育学院教育专业班1982级认知小组的同学协助测试,得到成都实验小学、仁厚街小学、新华路小学、西马棚小学、肖家村小学、人民中学小学、西安中路小学、提督街小学、锦城小学和四川教育学院、省教科所家属的支持。谨此志谢。

表1 各年龄组儿童答案正确及理由通过人数比例

年 龄 组	6岁	7岁	8岁	9岁	10岁	11岁	12岁	总数
人数	31	30	31	31	34	32	30	219
答案正确人数	21	30	28	26	32	32	30	199
%	67.7	100.0	90.3	83.9	94.1	100.0	100.0	90.1
理由通过人数	5	3	14	18	22	21	21	110
%	16.1	30.0	45.2	58.1	64.7	65.6	70.0	50.2

表2 对理由通过者认识方式的分析

年 龄 组	概 念 活 动			表 象 活 动			感 知 操 作 活 动		
	人 数	科学概念	日常概念	人 数	一般表象	具体表象	人 数	直接操作	间接操作
6	0	0	0	4	2	2	1	0	1
7	2	0	2	2	0	2	5	1	4
8	2	0	2	6	2	4	6	3	3
9	2	0	2	7	2	5	9	4	5
10	11	5	6	9	0	9	2	2	0
11	9	5	4	11	3	8	1	1	0
12	13	10	3	6	0	6	2	2	0
总 数	39	20	19	45	9	36	26	13	13

正确地回答有关运动的结果。具体地说,对于测试题目,他们基本上应谈出纸片比乒乓球后落地。表1表明,各年龄组儿童,多数能通过这一步,占总人数的90.1%。其中,6岁组成绩最低,只67.7%;7、11、12岁通过的均为100%。但是,各年龄组的差异显著性均在 $P>0.5$ 范围,没有意义。可以肯定。本实验的题目用以测查儿童对运动现象的因果关系的认知水平是合适的。

2. 正确回答理由的人数

表1表示出能正确答出理由的人数的百分数,儿童解释运动现象的因果关系的认知水平随年龄逐渐增加。表中的数据记录了被试在系统学习落体知识之前对因果关系的认知水平的发展。

3. 在理解运动因果关系中儿童认知活动的发展

(1) 6—12岁被试以概念为主的认知活动,其发展的总趋势是随年龄的增长而增长。以这种方式来进行认知的被试基本上见不到用手去摆弄物体或作出摆动动作,他们能使用概念来表达认知结果,利用了概念这种思维形式。从表2可以见到,6岁被试都不能用概念去认知运动的因果关系。即至7岁,使用概念者增加到22.2%,10岁增至50%,12岁增至61.9%。其间有时呈下降趋势。

(2) 6—12岁的被试以表象为主的认知活动特点是,被试一般不借助外部动作,他们通过一定时间的思索后,基本上用直观形象语言来陈述理由。在他们的认知活动中,内部思维过程无需外部动作的支持可以独立进行。被试以表象为主的认知活动年龄曲线,是一条梯

形曲线。在7—8岁曲线上升,11岁后逐渐下降,8—11岁曲线基本呈起伏状态。曲线的走向表明8—11岁儿童在对运动的因果关系的认知活动中,以表象为主的认知活动占着稳定的优势。

(3) 6—12岁被试以感知操作为主的认知活动在6—9岁时上升;以后就一直跌落。这种方式是指被试在思考问题时,总要去摆弄物体或做出摆弄物体的动作,否则他们就沉默不语,无法回答问题。

从儿童被试的总体看,认知活动逐渐从外部感知操作活动内化为表象活动,继而发展为概念活动。

表3 儿童对运动因果关系认知的间接性水平

年 龄 组	理由通过 总 人 数	认 知 的 间 接 性 水 平					
		二 级 间 接 性		一 级 间 接 性		〇 级 间 接 性	
		人 数	%	人 数	%	人 数	%
6	5	0	0	3	60.0	2	40.0
7	9	1	11.1	2	22.2	6	66.7
8	14	2	14.3	6	42.9	6	42.9
9	18	2	11.1	8	44.4	8	44.4
10	22	11	50.0	9	40.9	2	9.1
11	21	7	33.3	11	52.4	3	14.3
12	21	10	47.6	8	38.1	3	14.3
总 数	110	33	30.0	47	42.7	30	27.3

表4 六至十二岁儿童对运动的因果关系认知的间接性发展阶段

阶 段	年 龄 组	通过理由 总 人 数	二 级 间 接 性		一 级 间 接 性		〇 级 间 接 性	
			人 数	%	人 数	%	人 数	%
			一	6—7	14	1	7.1	5
二	8—9	32	4	12.5	14	43.8	14	43.8
三	10—12	64	28	43.8	28	43.8	8	12.5

4. 认知运动因果关系的思维间接性的发展 (见表3、表4)

对认知运动因果关系的发展水平,还可以提出一个指标,就是思维间接性指标。这一指标既是心理学的,也是物理学的。

(1) 0级间接性或直观水平

儿童理解运动的因果关系,可能仅仅在于复述所看到的现象的某些方面,这些方面与下落的时间有运动学上的联系(如落体运动公式 $2gh = v_0^2 + v_t^2$ 所反映的)。如被试谈“乒乓球先落地,是它落得快。”这样讲,被试并未回答出根本的静力学和动力学上的原因,但下落的早迟与速度的快慢确实有函数关系,反映出某种因果联系。对此,我们不能完全否定被试儿童回答中的这一合理因素。因为,要作出完全科学的回答是必然要通过这一步并包含这一步的。从被试智力和知识方面讲,要作出上述回答,需有对表面现象进行的观察和联想

参加,即既要看到运动方向和运动速度,又要把它们与下落的时间联系起来。

(2) 一级间接性或间接水平

一级间接性是被试能从彼此直接作用的物体的关系中来理解因果,此时儿童已经能从物体与物体间的作用来进行联想了。有一个八岁的被试这样讲:“纸片落得慢是有风挡住了,风挡住它,它下来不了,就在空中飘,飘来飘去,最后才落下来,风挡不住乒乓球。”谈“风”挡住,当然不确切,说成是“空气”挡住要好些。不过在儿童这也是允许的。有数量不少的儿童确实谈到“纸片被空气浮起来的。”落体与空气的作用是隐蔽的,只有在观察运动现象的基础上,经过思考才能认知到,所以,这种认知是间接的。比起处于0级间接性认知的儿童,达到这一间接性,认知水平是提高了。

(3) 二级间接性或初期运算水平

二级间接性是被试在一级间接性基础上还能进一步认知彼此作用的物体在数量方面的关系,通过对数量的初步估算来解决对认知运动因果关系的问题。一个十岁的被试,在操作了启发题目之后说:“纸团与乒乓球同时落地了,纸片在空中飘。啊!纸片大些,空气要挡得多一些,……”这个被试通过具体运算(估算)或推理,说明了纸片后落地的原因。

这样,三级间接性水平分别反映着认知的不同深度。0级间接性在认知上最浅,也最少困难,二级间接性在认知上最深,困难也最大。

如果以通过某间接性水平的人数的显著增长,作为划分认知阶段的指标,那么,这个认知阶段可以作如下划分(见表4)。

第一阶段(即直观阶段),以0级间接性为标志,年龄在6—7岁,在这两个年龄组的被试中,有57.1%的被试属于0级,35.7%属于一级,7.1%是二级。

第二阶段(即间接阶段),以一级间接性为标志,年龄在8—9岁。在这两个年龄组中,有43.8%的被试属于一级,比第一阶段增加8.1%。在这两个年龄组的被试中,属于0级的下降了13.3%。属二级的增长5.4%。这些变化的差异显著性在 $P < 0.05$ 。

第三阶段(即初期运算阶段),以二级间接性为标志,年龄在10—12岁。在这三个年龄组的被试中,有43.8%属二级,比上一阶段增加31.3%。属0级的只占12.5%。差异也具有显著性。

从上述三个阶段的认知间接性的水平发展来看,6—12岁儿童对运动的现象的因果关系的认知是循着思维的间接性水平的提高这个方向进行的,间接性提高一步,因果认知就从现象向本质深入一步。用物理学的概念来表达,就是从运动学因素的定性认识,到静力学与动力学的定性认识,再到静力学与动力学的初步定量认识。

5. 间接性水平与认知方式的相关变化

间接性水平的提高与认知方式的变化具有一定的相关性,其相关系数 $r = 0.48$ 。这是一个不小的相关。它表明,间接性水平的提高是以认知方式的变化作基础的。就是说:不同的认知方式导致不同的间接性水平,而不同间接性水平又表明被试对运动因果关系的一个认知阶段,对运动的因果关系的认知的进一步完成必须借助于以概念为主的认知活动。

6. 发展的加速期

表2与表3表明,在9—11岁间(跨在两个间接性水平阶段上)儿童认知运动因果关系的间接性水平与认知活动都发生着急剧变化。此时感知操作变得不重要了,以概念为主的认

知活动的比重明显增加,从而使二级间接性在表象和概念两种认知活动的基础上大大提高了。

7. 启发效率

(1) 本研究表明,启发对所有年龄组的儿童都有效果,并且有几个年龄组(7、8、9、12)的被试因启发而通过理由的都在40%以上。但是,启发效率的大小与年龄增长的规律性联系似乎不好描述,这可能是因为个性积极性这个因素不易掌握所带来的。

(2) 就三种启发效果来看,语言启发与操作启发的作用比较显著。两者占理由通过总人数的17.9%与16.7%。图片启发只占7.1%。

(3) 启发的效率在7—9岁高,以后一直下落,到11岁之后回升。

四、讨论

1. 6—12岁儿童理解运动因果关系认知活动的特点

儿童认知运动因果关系借助于概念、表象和感知操作三种成分。在6—12岁儿童的这项认知活动中,表象的作用最为突出。其间可见感知操作、表象与概念活动的消长。这种现象说明,儿童认知的三种活动具有动态发展性质。其总趋势是直观动作成分减弱,抽象认知活动增强。但是,在任何阶段,三种认知成分都可以被动员而参加认知活动,其差别在于主导性、重要性和起作用的时机不同。

在6—12岁儿童对运动因果关系的认知活动中,表象占有突出位置。这不仅仅指多数8—11岁儿童在该认知活动中用形象化语言作答,而且在6—8岁的儿童的认知活动中就可以经常看到利用表象来比较和推理,11岁之后在启发中表象的活跃也十分显著。

一名9岁的被试说:“纸片会在空中飘,乒乓球不飘。纸片走弯路,乒乓球走直路,所以纸片落得慢,后落地。”主试追问:“为什么?”他说:“纸片好象风筝,可以在天上不往下落,乒乓球就不能。”这名被试一直引用各种形象来解释因果,表象成分十分突出。类似这一情况所占百分比很大(见表2)。

一名7岁的被试,在自己的操作之后立即说:“纸片落得慢,后落地。”主试说:“你再想想。”被试又说:“纸片好象被人拉着,就慢慢落,所以,落得慢。”第一句回答是复述操作。第二句答话就有表象参加了。主试再提出,被试只能重复原来的回答。有些6—7岁的被试经启发追问后,能讲出一些与记忆表象有关的直观形象的话来,可见在这个年龄组,验经有表象参加认知了。

11岁以后的儿童也讲许多直观形象的话,并以此进行推理。但是,他们中的一部分验经能用接近科学的概念来回答问题了。比如一个11岁的被试说:“纸片飘,乒乓球与纸团不飘。它为什么要飘呢?因为有风吹,象吹肥皂泡一样。它一方面想往下落,一方面又有风把把它往上吹,这样两个力量抵销,落得就慢了。”“象肥皂泡一样,”无疑是唤起了表象。

“两个力量抵销”,就只能是概念的运用了。在这名被试的推理过程中明白地表示出表象与概念交互作用的过程。

2. 6—12岁儿童理解运动因果关系的认知发展的加速期

认知活动的三种成分的动态发展具有一个十分重要的现象。从这一现象,可以得到关于认知发展加速期的进一步描述。

在9岁以前,被试儿童以感知操作为主的认知活动占重要地位,以表象为主的活 动 次

之,以概念为主的认知活动最次。在9—11岁之间这种情况发生了急剧变化,其中感知操作的地位急剧下跌,表象活动稍有发展,概念活动则上升又下降,而后又上升。这种变化趋势意味着儿童的各种认知活动之间进行着复杂的更替,孕育和发展着新质的飞跃。此后,通过各种认知活动之间的矛盾斗争,以概念为主的认知活动就逐渐跃居主要位置。儿童的认知活动出现了新的面貌。

认知成分之间进行多种复杂交替活动的时期称为认知加速期。在认知加速期中,各种认知成分不是简单消长,它们之间充满矛盾、支持、制约和转化等活动。

3. 启发的敏感期

启发效率高的7—9岁,似乎可以称为启发的敏感期。7岁时,启发的成功率高达70%以上,9岁时也超过50%,与以后有显著差异。在这一阶段,通过各种启发,不少儿童被试可以通过理由。

如前所述,我们认为加速期在9—11岁,而启发敏感期则在加速期之前,加速期紧接在启发敏感期之后,这一结论与全国认知协作组的其它有关实验一致。我们认为加速期是发展的结果,必然与先前的成熟和学习有关,加速期是一个连续过程的一个阶段,而以前的阶段必定具有某种可以发展出后者的因素。这些因素可能在适当的刺激作用下作出某种先兆反应,甚至提前一个适当的时期获得发展。在自然发展中需要较长时期才能表现出来的性质,可以由适当的启发教育而提前,这可能是启发敏感期在加速期前出现的心理机制。

同时,在加速期前启发之所以容易奏效,还在于处于启发敏感期的儿童,其认知活动成分比较单纯,因而理解时的心理困扰较少,容易说出结论来。心理困惑,也即认知活动中内部矛盾较少既是启发敏感的条件,同时也反映出这个时期中认知的发展低于加速期,照本协作组其他同志的意见,加速期前后,心理的发展形成两个螺旋,第一个螺旋水平较低。

4. 间接性水平的逐步提高是儿童对运动的因果关系的认识水平的重要指标

本实验所设计的题目属落体活动,规定乒乓球与纸片下落时间不同的物理量是物体所受的重力与空气的阻力。重力与空气阻力的矢量和的不同是落体运动时间不等的原因。未学过该物理知识的儿童是不了解这一原因的,我们要求于儿童的答案止于之前。儿童能见到的是物体下落的现象,即飘落与竖直下落,速度快与速度慢,至于其它因素就需要被试去思考了。实验前,我们预期,儿童的回答将是描述现象而后寻找某些隐蔽的理由,等等。调查结果证明了我们的预期。

在实验中,回答水平最低的儿童是这样讲的:“纸片后落地因为纸片要飘。”被试仅能从观察到的现象去解释问题,他们的认知活动仅仅是简单的观察加联想,所以,其回答具有表面联想性质,反应也可能比较爽快。我们以这种认知为0级间接性水平,就是指儿童仅仅把两种观察得到的现象联系在一起,作为因果。

“纸片飘,落地就晚。”在属于0级间接性认知水平的儿童来讲,这是自然而然的。但是,要触到真正的理由,显然需要回答“为什么要飘?”这就要进行深一层的思维加工。在无启发条件下独立通过的被试,主动解决了这个问题。而足以显露出进一步思维加工过程的却是经过启发才回答出理由的被试。一个8岁被试在操作启发中自己用口吹了几下纸团,没有吹纸片。这时被试搔了一下头,不回答。主试说:“再想想。”被试说:“纸片吹得动,

(下转第64页)

(上接第16页)

纸团吹不动。”答案只于此，再也深入不下去了。这名被试的回答过程表明，8岁儿童在问题启发条件下可以找到深一层因果关系中的原因，将思维过程推进到一级间接性。而思维推进的关键在指出问题，问题促进儿童开展更复杂的认知活动，就能导致这种推进。对于在教学工作中发展儿童的思维，这可能是有益的参考。但是，启发的效果也有局限性，不可能认为可以超过个体认知的发展水平收到意外的启发效果。⁽⁸⁾

对于处于二级间接水平的儿童，他们就能加工更多的信息，从而获得对问题更深的认知。我们仍以经过启发通过理由的被试来分析。

一个十岁的被试在语言启发时问主试：“你说的是纸团吗？”主试说：“是”。被试要求自己做一下，启发方式一下就跳到操作。他将乒乓球、纸团、纸片一齐拿在手上放，放了两次，他笑了。说：“乒乓球与纸团一起落地，纸片不。因为纸团与乒乓球是圆的。”说到这里，他望了望主试，自己又否定道：“不对，肥皂泡肯定不会同时落地。”这时，他焦灼起来。主试安定了他的情绪。他又想：“纸片飘，纸团不飘，都是纸，对，纸片大些，空气对他阻力大”。(喃喃自语)。接着这名被试就作了肯定回答。这里，被试的思维过程，首先在于比较，反复比较，先比形状，再比面积。但是，单单比较不能产生结论，还必然抽象，概括。这名被试先抽取了圆(严格的说是“球”，而不是“圆”)这一属性，接着用肥皂泡将这一属性的作用否定了。再抽象出面积并与空气联系起来，就概括出了应得的结论。

在实验中，许多被试或者无从比较，或者无从否定自己错误的抽象，或者在概括有关的属性和事物时感到困难，都妨碍了他们认知加工过程的深入。所以，为了提高儿童认知间接性水平的发展，必须发展其比较、抽象等信息加工能力。感知操作、表象、概念等认知活动的成分与认知加工能力的结合就形成和发展着更高级的认知水平。

我们还须指出，上面一例11岁被试的认知过程还反映出有一定认知成分积累的被试，当其认知加工能力的发展尚未跟上各成分的积累速度和认知要求时，理解活动要遇到特殊困难。这可能是本实验在11岁，即加速期中各项指标较低的原因。

五、结论

1. 6—12岁儿童对运动的因果关系的认知水平是随年龄逐步发展提高的。9—11岁是这一认知发展的加速期。7—9岁是启发的敏感期。

2. 6—12岁儿童对运动因果关系的认知可有三个阶段：直观阶段、间接阶段和初期运算阶段。这三个阶段代表三种水平，它们各与感知操作，表象和概念为主的三种活动相对应，其相关系数为0.48。

3. 通过启发等训练可以适当加速儿童因果思维的发展。这种发展与儿童的认知活动方式和认知加工能力的提高不可分。

参考文献

①何其恺等：“学前儿童因果思维发展的初步实验研究”，《教育心理论文选》，人民教育出版社，1962，第79—102页。

②文格尔：“学龄前儿童认识因果关系的发展”，《心理学译报》，1958，第5期。

③柳布林斯卡娅：《儿童心理发展概论》，人民教育出版社，1961，第572—587页。