

Gameplay Engineering - Design Brief for the Function Dungeon Game

Anders Bouwer, Daan van Smaalen & Sonia Palha

a.j.bouwer@hva.nl, d.van.smaalen@hva.nl, s.abrantes.garcez.palha@hva.nl

Smart Education Lab, Faculty of Education
Amsterdam University of Applied Sciences

Draft Version 11 April 2024

Function Dungeon

Function Dungeon is an educational game for learning about mathematical functions, developed by AUAS students together with researchers from the Smart Education Lab (Palha et al., 2023) in the context of the EU Erasmus+ Project GAMMA (Bouwer & Palha, 2023). In Function Dungeon the player is an explorer trying to find a way through the dungeon (see Figure 1). In order to accomplish this goal, the player has to traverse through a labyrinth of different rooms. Many rooms are originally locked so it is up to the players to find a way to open them. The players can achieve this by interacting with different objects in a room. This will allow them to find function-related problems hidden throughout the rooms. Solving these problems will in turn open up the way to other rooms. While exploring the player can make friends by bringing hidden objects to Non-Playable Characters.

The main educational goal of the game is to provide students with an opportunity to practice with and learn about mathematical functions in an appealing and engaging gaming environment. The game should help students understand the (fundamental) characteristics of mathematical functions (*linear functions*) and apply them to solve questions and problems.

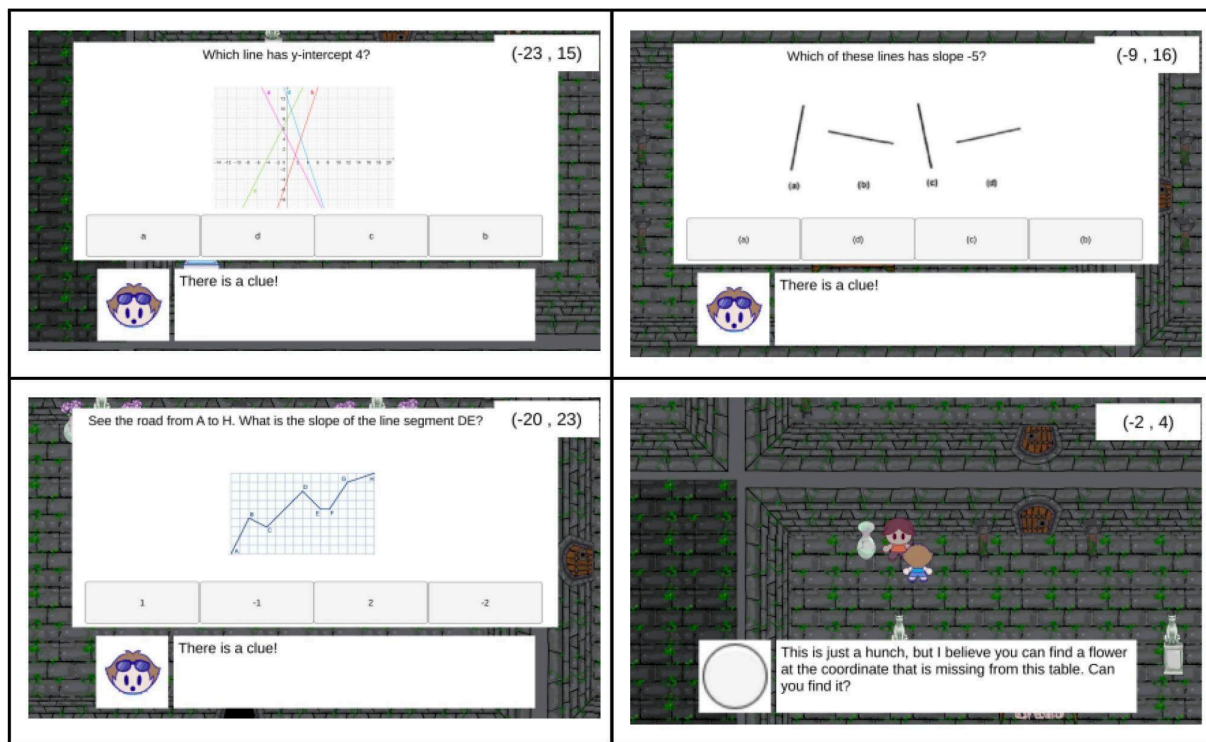


Figure 1: Screenshots from the Function Dungeon game

The Function Dungeon game can be played online using the following link:

<https://play.unity.com/mg/other/function-dungeon-english>

An overview of the code repositories for the different versions of Function Dungeon can be found on the github developers page:

<https://github.com/smart-education-gamelab/function-dungeon>

The Assignment

Currently, the Function Dungeon game contains a lot of multiple choice questions. We are now searching for ways to make the game more interesting and fun by integrating other game mechanics into the game in the form of mini-games where the gameplay is more directly related to the mathematical content (*intrinsic integration*). This document includes several ideas on how this could be done, but other ideas are also welcome.

The goal of this assignment is to design and implement one or more mini-games for the Function Dungeon game as an interactive prototype that can be tested by the product owners and possibly people from the target group of end users. Ideally, the code should be integrated into the existing game. Although the focus is on the addition of mini-games, ideas for working out the storyline of the game, and how solving the mini-games could relate to this storyline are also welcome.

Learning Goals of the Function Dungeon Game

The Function Dungeon game addresses the following five learning goals:

1. Understand the fundamental characteristics of a linear function, which are: constant rate of change; y-intercept (start value); sign and magnitude of the slope;
2. Apply the properties of linear functions to transform one representation (verbal, graph, formula, table) into another one;
3. Analyse or evaluate multiple representations of linear functions (verbal, graph, formula, table);
4. Apply properties of linear functions to solve equations;
5. Apply the appropriate representation to solve a question or problem.

More details about these goals, including subgoals and examples of questions that relate to each of the goals can be found in [this online spreadsheet](#). A list of all questions in the game, and how they relate to the different learning goals, levels in Bloom's taxonomy, and game levels can be found in [this online spreadsheet](#).

Examples of Game Design Ideas for Intrinsic Integration

Hieronder vind je negen voorbeelden waarin een begin is gemaakt met het integreren van wiskunde in de game mechanics: intrinsic integration.

Intrinsic integration beschrijft de situatie waarin "a designer integrates the subject matter with the game idea" (Kafai, 1996, p. 82). Het idee van intrinsic integration is al terug te vinden in

onderzoek van Malone (1981) en Malone en Lepper (1987) die spreken over endogenous of intrinsic fantasy: “the fantasy [...] is intimately related to the skill being used” (Malone, 1981, p. 350). Intrinsic integration betekent dat de te leren vakinhoud een integraal deel vormt van de gameplay en game mechanics (Walkington, 2021). Dit in tegenstelling tot educatieve games waarin leerlingen bijvoorbeeld multiple choice vragen beantwoorden en daarmee beloningen verzamelen (zoals bij Kahoot! en Blooket). Omdat in dit geval de wiskundige inhoud vervangen kan worden door andere vakinhoud is er geen sprake van intrinsic integration. Volgens Habgood en Ainsworth (2011) bestaat de definitie van intrinsic integration uit twee centrale componenten:

1. Intrinsically integrated games deliver learning material through the parts of the game that are the most fun to play, riding on the back of the flow experience produced by the game and not interrupting or diminishing its impact.
2. Intrinsically integrated games embody the learning material within the structure of the gaming world and the player’s interactions with it, providing an external representation of the learning content that is explored through the core mechanics of the gameplay. (p. 173)

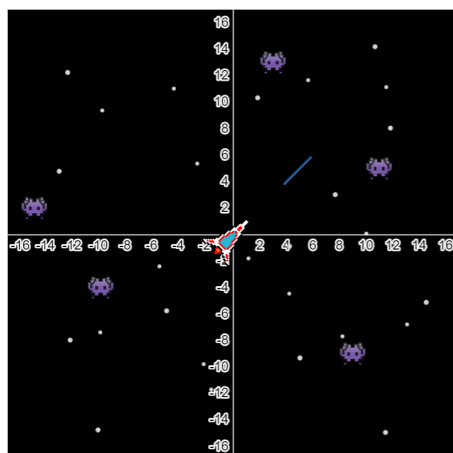
Voorbeelden van wiskunde games met intrinsic integration zijn DragonBox Algebra en Zombie Division. Het merendeel aan educatieve (wiskunde) games gebruikt echter geen intrinsic integration omdat zulke games lastig te maken zijn (Walkington, 2021). Volgens Ke (2016) is er behoefte aan onderzoek naar in-game scaffolds die helpen bij het leerproces maar de game flow niet verstoren en aan gedetailleerde beschrijvingen van game-design-features en -processen

Voorbeeld 1 – shooter (slope & y-intercept?)

Er komen spoken omhoog uit de vloer die met behulp van een ghost busters kanon (dat in een kamer gevonden moet worden) moeten worden opgezogen.

Wat doen de geesten: doden ze je of kun je door geesten te verzamelen iets verzamelen?

In deze minigame kunnen performance (raak of mis) en constructive (te laag of te hoog) feedback gecombineerd worden met intrinsic integration zoals in de onderstaande shooter. Alleen moeten de richting (en eventueel verticale verplaatsing geïntegreerd worden in de game zoals in het tweede voorbeeld).

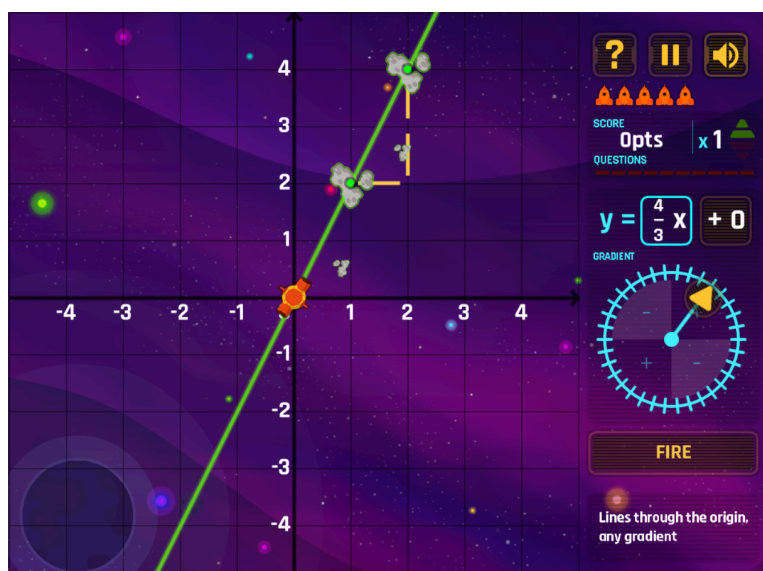


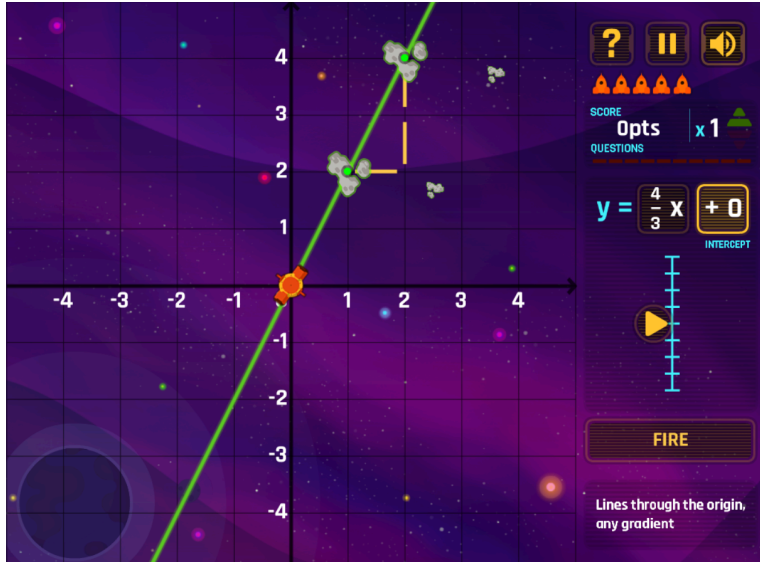
Enter the slope to aim the spaceship and destroy all 

Slope	Aim Left or Right
1	Right

Reload

Onderstaande twee screenshots komen van [Graphs of the Galaxy from Mangahigh.com](https://www.mangahigh.com/graphs-of-the-galaxy)

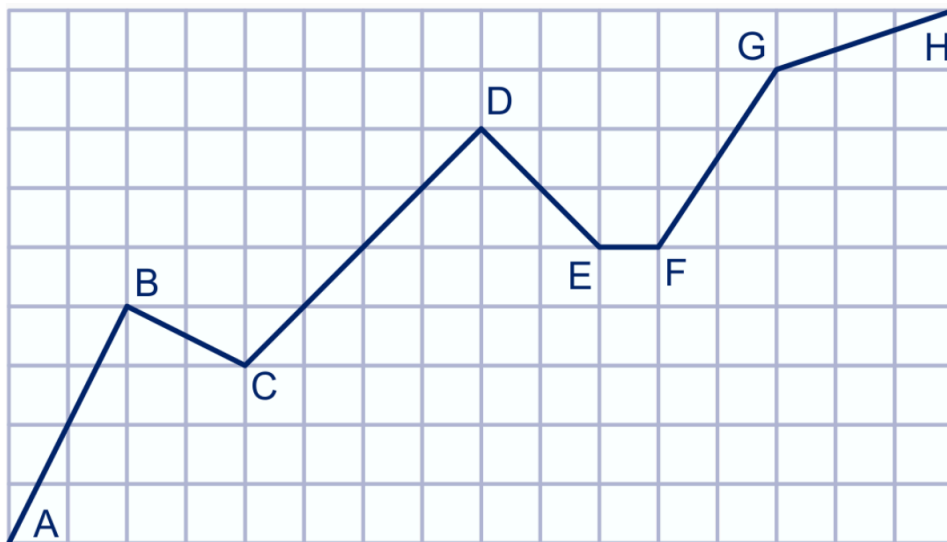




Voorbeeld 2 - connect the dots (slope)

Door punten te verbinden (door de slope aan te geven) wordt een “levenslijn” (elektriciteit, water, ...) verbonden via de tussenpunten, of een brug die via verschillende punten moet. Dit in de plaats van de onderstaande meerkeuzevraag uit de huidige Function Dungeon.

Door middel van bijvoorbeeld meters moeten de verschillende hellingen worden aangegeven om zo een pad te vormen door de verschillende punten. Ook hier kan de feedback weer geïntegreerd worden: je ziet het effect van een keuze (een verbinding is te steil, goed, te plat).



Voorbeeld 3 – Gear puzzel (slope, maar ook verschillende representaties)

Gebaseerd op het spelidee van Iris en MathDungeon.

Op een hoger abstractieniveau zoeken naar de game mechanics, bijvoorbeeld: de gear puzzel is een matching puzzel maar wel met een bepaalde structuur. Er zijn namelijk twee aspecten gegeven en daaraan moet een derde aspect gekoppeld worden. Maar een bepaald gegeven aspect hoort bij verschillende te koppelen aspecten. Bijvoorbeeld de oplossing 6 hoort zowel bij de vergelijking $x^2-8x+12=0$ maar ook bij de vergelijking $x^2-4x-12=0$. Afhankelijk van het tweede aspect past een vergelijking wel of niet. Je zou deze puzzel kunnen veranderen in dat er punten gegeven zijn (2,3), (4,9), (...), en er zijn andere aspecten gegeven (bijvoorbeeld helling: helling = 3, helling = -3, ...; of vergelijkingen $y=3x+2$, $y=..x+..$) en de leerling moet nu dit matchen. Structuur is dus als volgt:



Bijvoorbeeld: Gegeven 1 is (0,3) en gegeven 2 is (2,7) en er is een te koppelen slope = 2

Gegeven 3 is (0,0). Te koppelen met slope = 3,5

Voorbeeld 4 – Visuele numerieke representaties (patterns)

Wellicht kunnen we ook iets met de wijze waarop DESMOS patronen heeft geïntegreerd, zie bijvoorbeeld <https://teacher.desmos.com/> en zoek op *Toothpicks and Tiles*. Hier is de feedback ook geïntegreerd in de opdracht (je ziet het effect van je actie).

Dit voorbeeld dient vooral ter inspiratie voor mogelijke vormen van feedback.

Voorbeeld 5 – PHET simulatie – functie als machine

[Function Builder \(colorado.edu\)](https://phet.colorado.edu/) → zie Patterns en Equations

Door middel van machines (functie als machine met een input en een output) kunnen bepaalde grondstoffen worden omgezet in andere grondstoffen. Er moet een bepaald doel zijn zoals bijvoorbeeld in Minecraft: je moet door middel van verschillende grondstoffen te combineren komen tot een nieuwe grondstof/werktuig.

Een andere mechanic zou kunnen zijn op basis van de PHET simulatie en eventueel met blokken die kunnen worden geprocessed. Zo zou bijvoorbeeld een bepaald materiaal via een machine omgezet kunnen worden in een hoeveelheid ander materiaal. Je moet iets toevoegen voordat je de machine kunt aanzetten: bijvoorbeeld: 6 blokken A leveren op 2 blokken B omdat de machine beschrijft (en de beschrijving kan via verschillende representaties) “de ingevoerde hoeveelheid A wordt gehalveerd en vervolgens met 1 verminderd”. Leerlingen moeten met bepaalde grondstoffen andere stoffen produceren die nodig zijn om ... [bijvoorbeeld een product te maken om een deur op te blazen].

Misschien is er ook iets te doen met bewerkingen als spiegelen (bv. in de x-as of y-as of een andere lijn) of translatie (verschuiving), zowel met visuele patronen of iconen (zoals in het Patterns-deel van de Function Builder game), als met formules (bv. hoe moet de formule $y = 3x + 2$ aangepast worden om deze te spiegelen in de x-as?).

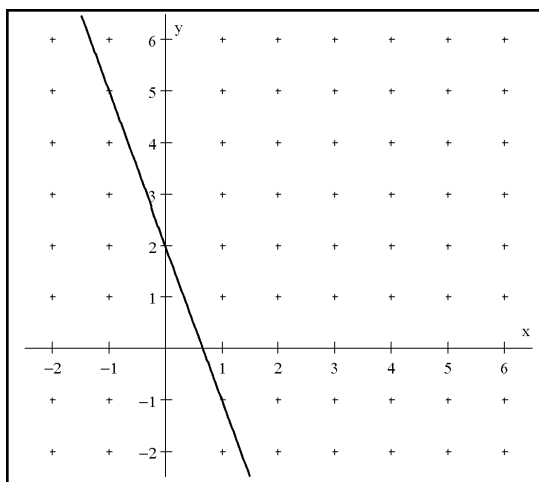
Voorbeeld 6 – gebaseerd op We were here

Proceed to the second room, where you find a gallery of paintings. Each painting represents a linear function, and you must identify the y-intercept of each. Use the clues hidden in the paintings to figure out the constant term in the linear equations. Dit lijkt op de tweede kamer in *We were here*. We kunnen op de schilderijen ook bijvoorbeeld een rechte lijn tekenen (grafische representatie) waarbij de x- en y-waarde vrij groot zijn en de andere representaties hebben niet direct deze grootte. Ook dit is een matching taak; het valt onder dezelfde mechanic als de gear puzzel. Alleen wellicht net een andere uitwerking zoals hieronder:

Gegeven1	Gegeven2	Gegeven3
Te koppelen 1	Te koppelen 2	Te koppelen 3
Te koppelen 4	Te koppelen 5	Te koppelen 6
Te koppelen 7	Te koppelen 8	Te koppelen 9

Voorbeeld van uitwerking hiervan, rond de formule $y = -3x + 2$ als gegeven1:

$y = -3x + 2$	
1 De grafiek gaat door de punten (-1, 5) en (3, -7).	4 $3x + y = 2$
7	



Voorbeeld 7 – Gebaseerd op DESMOS marble slide

In DESMOS is een hele reeks activiteiten beschikbaar rond het idee van Marble slides in combinatie met wiskundige functies (leerlingen spelen met de relatie tussen grafiek en formule).

[Marbleslides: Lines • Activity Builder by Desmos](#)

Voorbeeld 8 – Mini-loco

Mini-loco is een populaire tool op veel scholen. Zie bijvoorbeeld: [Mini-loco Rechte lijnen \(4\) \$y = ax + b\$ \(henkreuling.nl\)](#) In deze specifieke mini-loco moeten twee representaties (grafisch en analytisch) met elkaar verbonden worden.

Eventueel met op de achterzijde iets wat een getal vormt in digitale vorm.

Meer voorbeelden op: [HomePage van Henk Reuling](#)

Voorbeeld 9 – Op volgorde plaatsen

Een game mechanic zou ook kunnen zijn het plaatsen van bepaalde objecten in een bepaalde volgorde, bijvoorbeeld plaats een aantal functies op volgorde van kleinste helling naar grootste helling.

References

- Bouwer, A., & Palha, S. A. G. (Eds.) (2023). [GAMe-based learning in MATHematics – Handbook for Teachers](#). Erasmus+ Project GAMMA deliverable.
- Habgood, M. J., & Ainsworth, S. E. (2011). Motivating children to learn effectively: Exploring the value of intrinsic integration in educational games. *The Journal of the Learning Sciences*, 20(2), 169-206.
- Kafai , Y. B. (1996). Learning design by making games: Children's development of strategies in the creation of a complex computational artifact. In Y.B. Kafai & M. Resnick (eds), *Constructionism in practice: Designing, thinking and learning in a digital world* (pp. 71 – 96). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Ke, F. (2016). Designing and integrating purposeful learning in game play: A systematic review. *Educational Technology Research and Development*, 64, 219-244.
- Malone, T. W. (1981). Toward a theory of intrinsically motivating instruction. *Cognitive science*, 5(4), 333-369.
- Malone, T. W., & Lepper, M. R. (1987). Making learning fun: A taxonomy of intrinsic motivations for learning. In R.E. Snow & M.J. Farr (eds.) *Aptitude, learning and Instruction: Vol. 3. Conative and affective process analysis* (pp 223-253). Hillsdale: Erlbaum.
- Palha, S., Bouwer, A., van Smaalen, D., & Hooijschuur, K. (2023). [Fostering joyful practice with digital educational games: the Function Dungeon game](#). In *Proceedings of the 16th Int. Conference on Technology in Mathematics Teaching (ICTMT 16)*, 7–10 Jun 2023, Athens, Greece.
- Walkington, C. (2021). Intrinsic integration in learning games and virtual instruction. *Educational Technology Research and Development*, 69, 157-160.