



# ✕ ✕ ✕ ✕ ✕ ✕ ✕ ✕

1. ✕✕✕✕✕✕✕✕✕✕ ✕✕✕✕✕✕✕✕✕ ✕✕✕ ✕✕✕✕ ✕✕✕

1.1. ✕✕✕✕✕✕✕ ✕✕ ✕✕✕✕-✕✕✕✕ ✕✕ ✕✕✕✕✕✕ ✕✕✕✕

1.2. ∞ ✕✕✕✕ ✕✕✕✕✕✕✕✕✕ ✕✕ ✕✕✕✕ ✕✕ ✕✕✕✕✕✕

2. ✕✕✕✕✕✕✕✕✕ ✕✕✕✕✕

3. ✕✕✕✕✕✕✕✕✕✕ ✕✕ ✕✕✕✕✕✕

3.1. 1930: ✕✕✕✕✕ ✕✕ ✕✕✕✕✕ ✕✕✕✕✕✕✕ ✕✕✕✕✕ ✕✕ ✕✕✕ ✕✕✕✕✕✕✕✕✕✕  
✕✕ ✕✕✕✕✕✕✕✕ ✕✕✕✕

3.2. 1926: ✕✕✕✕✕✕✕✕ ✕✕ ✕✕✕✕✕ ✕✕ ✕✕✕ ✕✕✕ ✕✕ ✕✕✕ ✕✕✕

3.3. 1927: ✕✕✕✕✕ ✕✕✕✕✕✕✕ ✕✕ ✕✕✕✕✕✕✕✕-✕✕✕✕✕ ✕✕✕

3.3.1. 🎮 ✕✕✕✕✕✕✕✕: “✕✕✕✕✕ ✕✕✕✕ ✕✕✕✕ ✕✕✕✕✕”

4. ✕✕✕✕✕✕✕✕✕✕ ✕✕✕✕✕✕ ✕✕ ✕✕✕ ✕✕✕✕✕✕✕✕✕✕ ✕✕✕✕✕✕ ✕✕

4.1. 1934: ✕✕✕✕✕✕ ✕✕✕✕✕✕✕ ✕✕

4.2. 1935: ✕✕✕✕✕ ✕✕✕✕✕✕✕ ✕✕

4.3. ✕✕✕✕✕✕: ∞ ✕✕✕✕ ✕✕ ✕✕✕✕ ✕✕ ✕✕✕✕✕✕

4.3.1. ✕✕✕✕ ✕✕ ✕✕✕✕ ✕✕✕✕ ✕✕ ✕✕✕✕

5. ✕✕✕✕✕✕✕ ✕✕✕✕✕✕✕✕

5.1. ✕✕✕✕✕✕✕ ✕✕✕✕✕✕✕✕✕ ✕✕✕

5.1.1. ✕✕✕✕ ✕✕✕✕: ✕✕✕✕✕✕ ✕✕✕✕✕✕ ✕✕✕ ✕✕✕

5.1.2. ✕✕✕✕✕✕✕ ✕✕✕✕ ✕✕✕✕: ✕✕✕✕✕✕ ✕✕✕✕✕✕ ✕✕✕ ✕✕✕✕✕✕

5.2. 🌊 ✕✕✕✕✕✕✕✕✕ ✕✕✕: ✕✕✕✕✕✕ ✕✕ ✕✕✕✕✕✕✕✕✕ ✕✕ ✕✕✕✕✕✕✕✕  
✕✕✕✕ ✕✕ ✕✕✕✕

6. ✕✕✕✕✕✕✕✕✕ ✕✕✕✕✕✕ ✕✕✕✕✕✕

7. ✕✕✕✕✕✕✕

🎓 ✕✕✕✕ ✕✕ ✕✕✕✕✕✕✕ ✕✕ ✕✕✕✕✕✕✕ ✕✕✕✕✕ ✕✕✕✕✕

7.1. ✕✕✕✕✕✕ ✕✕✕✕✕✕ ✕✕✕✕✕✕✕



“ ”

700 (1)

(1) 700 ( :  $m_3 \approx 70 \text{ meV}, m_1 \approx 0.1 \text{ meV}$ )

(2024) ?

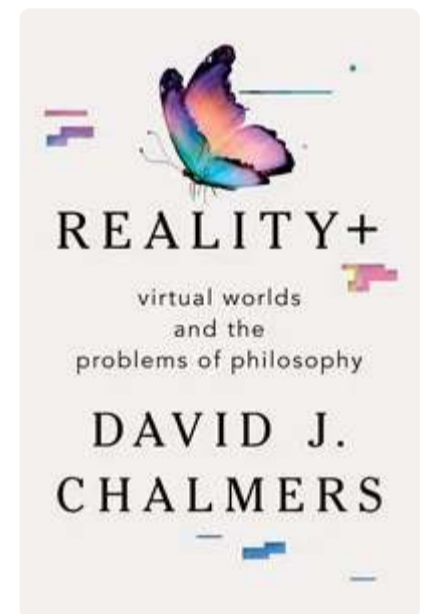
□□□□: □□□□□□ □□□□□□



Δt

- ▶ Δt
- ▶ Δt

(1995) (1996, )



(2022)

Science.org

?









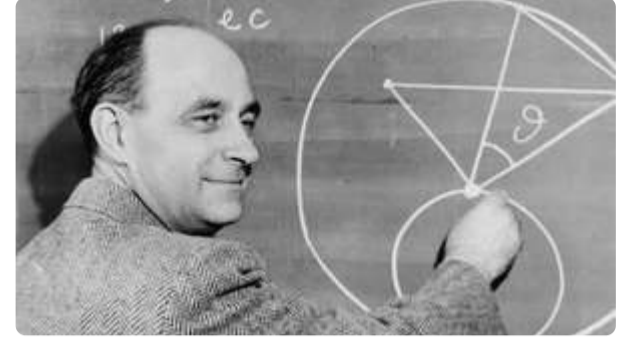


XXXXXXXX XX XXXX

XXXXX 4.1.

XXXXXXXXXX XXXXXXXX XX

1934 XXX, XXXXXXXXXXXXXXXX XX XXXXXXXXXXXXXXXX XX 4 XXX  
 XXX, XXXXXXXX-XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXX  
 XXXXXXX XX XXXXXXX XXXXXXX XX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXX  
 XXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XX XXXXXXX XXXXX XXXX  
 XX XXXXXXX XX XX XXXXXXX XX XX XXXXXXX XXXX XXXXX,  
 XXXXX XXXXXXXXXXXXXXX "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"  
 XX "XXXXXXXXXX XX" XXXXX



XX XXX, XXXXXXXXXXXXXXX XX XXXXXXX XXXX XX XXXXXXXXXXXXXXX XX XXXXXXXXXXXXXXX  
 XXXXX XXXXXXX XX, XXXXXXX XX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX

XXXXXXXXXX XX XX XXXXXXXXXXXXXXX XX XXXXXXXXXXXXXXX XX XXXXXXX XX XXXXXXX XX XX  
 XXXXXXXXXXXXXXX XX XXXXXXXXXXXXXXX XX XXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXX XX XXXXXXX  
 XXXXXXXXXXXXXXX XX XXXXXXXXXXXXXXX XXXX XXXX XXXXXXXXXXXXXXX XX XXXXXXXXXXXXXXX  
 XXXXXXX XX XXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XX XXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX

4.2.

XXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XX

XX XXXX XXXX 1935 XXX, XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XX 5 XXXX XXXX,  
 XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX  
 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XX XXXX XX XXXXXXXXXXXX XX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
 XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX XX XXXX XXXX XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX XX  
 XX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX XXX XXXX XXXX  
 XXXX “XXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX” XX  
 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXX XX XXX XXXX XXXX XXXX XX XX XX  
 XXXX <sup>(1)</sup> XX-XXXXXXXXXXXXXXXXX (XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX) XX XX  
 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX<sup>1</sup> XXXXXXXXXXX XX XXXX XX XXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX



(1) XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX “XXXXXXXX” (XXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXX, XXXXX XX XXXX) XX, XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XX, XXXX XXXX XXXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXXXXXXX XX  
 XXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXXXXXXX-XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX (XXXXXXXX XX “XXXXXXXX XXXXXXX”) XX XXXXXXXXXXXX “XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX”

XX XX, XXXXXXXXXXX XX XX XXXX XXXXXXXXXXX XXXX XX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX  
 “XXXXXXXXXX XX XXXX XXXX XXXX” XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX, XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XX  
 “XXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XX XXXX XXXXXXXXXXX” XX XXXX, XXXXXXX XX XX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
 XXXX XXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XX 99% XX XXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXX XXXX  
 XXXX

“XXXXXXXXXX XX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XX XXX XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX XXXX  
 XXXX XX XX”  
 (2023) XXXXXXX XX XX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XX?  
 XXXXXX: XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX

4.3.

XXXXXXXXXX: ∞ XXXXXXX XX XXX XXXXXXXXXXX XXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

XXXX XXXXXXXXXXX XXXX XX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
 XXXX XX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX ∞ XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXX XXXXXXXXXXX  
 XXXXXXXXXXX XX XXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXX XXXXXXXXXXX XXXX  
 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXX XX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

1979 XXXX XXXXXXXXXXX XX XXXX XX XXXXXXXXXXX XX XXXX - XXXXXXXXXXX XX XX XXXXXXXXXXX XX-  
 XXXX XX - XX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXX  
 XXXX XX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XX, XXXXX XX “XXXXXXXXXX XXXX





xx xxx xxx xxxxxxxx xxx xxx xxxxxxxx xxxxxx xxx xxx xxx xxxxxxxx  
xxxxxxxxxxxxxxxx xxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxx  
xxxxxxxx xxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxx xxxxxx xxx “xxxx xxx xxxxxx” xxx xxxxxxx xxxxxx,  
xx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxx xxx xxx xxxxxxx xxxxxx xxx xxxxxxxxxxx xxx xxxxxxxxxxxxxxx  
xxxxxxxx xxx xxx xxxx xxx “xxxxxxx” xxxxxx xxx xxxxxxx xxx, xxx xxxxxxxxxxx xxxxxx  
xxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxx xxxxxx xxx xxxxxxxxxxx xxxxxx xxx xxxxxx  
xxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxx

xxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxx xxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxxxx xxx, xxx xxxxxx xxxxxxxxxxx  
xxxxx, xxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxx xxx  
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx.  
xxxxxxxx xxx xxxxxx 2019 xxx xxxxxx “xxxxxxxxxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx” xxx  
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxx xxxxxx, xxx xxxxxxxxxxx xxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxx xxxxxx  
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxx xxxxxxxxxxx xxxxxxx xxx:

xx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxx, xxxxxxx xxxxxx xxx xxx-xxxx  
xxxx-xxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxx xxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxx xxx xxxxxx  
xxxx xxxxxx xxx xxx xxxxxxxxxxx xxxxxx xxx xxxxxx-xxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxx-xxxxxxx  
xxxxxxxx xxxxxx xxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxx xxx  
xxxxxxxxxxx xxxxxx (xxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxx xxx xxxxxx xxxxxx) xxx

(2019) xxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxx xxxxxx  
□□□□: [Academia.edu](http://Academia.edu)

xxx xxx xxx 5.1.

xxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx

xxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxx  
xxxxxxxx xxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxx xxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxx xxx xxxxxx  
xxx xxx xxxxxxxxxxx (xxxxxxxxxxxxxxxx xxx  $W/Z^0$  xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx “xxxxxxxx xxxxxxxxxxx  
xxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx”) xxxxxxxxxxx xxxxxx

- ▶ xxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxx (xxx xxxxxx, xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx) xxxxxx xxxxxxxxxxx  
xxxxx
- ▶ xxx xxxxxxxxxxx xxx xxx xxxxxxxxxxx xxx xxxxxxxxxxx xxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxx  
xxxxxxxx xxx  $Z^0$  xxxxxxxxxxx (xxx xxx xxxxxx, xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxx) xxx xxxxxx-  
xxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxx xxxxxx

xxx xxx xxx xxxxxx xxx xxx xxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxx, xxxxxx xxxxxxxxxxx  
xxxxxxxxxxx 2025 xxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxx xxx xxxxxxxxxxx xxx



XXXX XX XXXXX XX XXXXXX XX (XX XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXX XX “XXXX XX XXXX  
XXXXXX XX XX XXXXXXXXXX”) XX XXXXXXXXXX XX XX XXXXX  
XXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXXXX XX XXXXX, XX XXXXXXXXXX “XXXXXX  
XXXXXX” XX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXX “XXXX XX XXXX XX XXXX” XX  
“XXXXXXXXXXXX XX XX XXXXXXXXXX” (“XXXX XX XXXX” XXXXX XXXXXXXXXX XX  
XXXXXX XXXXXXXX) XX XXXXXXX XXXXXXXX XXXXX XX

XX XX XX 5.2.

XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX

XX XX

XX XX XX XX XX

XXXXXXXXXXXXXXXX XX XXXXX XXXX XX XXXXXXXX XXXXXXXX XXXX, XX XXXXXXX XX XXXXXXX  
XXXXX XXXXXXXXXX XXXX XX XXXXXXX XXXXXXX XX, XX XXX XXXXXXX XX XX  
XXXXXXXXXX XX XXXX XX XXXXXXXXXX XX XXXXXXX XXXXXXX XX XXXXXXX XXXXXXXXXX  
XXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXX

(2024) XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXX XX ‘XXXXXXXXXXXX XXXX’ XX XXXXX  
XXXX XXXXXXX XX

XXXXXXXXXXXXXXXX XX XXXXXXXXXX XXX XXXXXXX XX XXX XXXXXXX XX, XXXXXX XX XXXXXXX XXXX  
XXXXXXXXXXXXXXXX XX XXXX XX XXXXXXX XXX XXXXXXX XXXXXXX XX

□□□□: □□□□ □□□□

XXXXXXXX XX XX XXXXXXXXXX XXXXXXXXXX XX XXXXX “XXXXXXXXXXXXXXXX XXXX” XXXX XXXXX  
XX, XXXXX XXXXX XX XXXXXXX XXX XXXXX XXXX, XXXXXXX XXXXXXX XX XX XXXXXXX XXXXXXX  
XXXXXXXXXXXXXXXX XX XXXXXXXXXX XXXXXXXXXX XXXXXXX XX XXXX, XXXXXXXXXX  
XXXXXXXXXXXXXXXX XX XXXXXXX XXXXXXXXXX XX ‘XXXXXXX’ XXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXX  
XXXXX

XX XXXXXXXXXX XXXX XXXXXXXXXX XX XX XX XXXXXXXXXX XXXXXXX XXX XXXXXXX XXXX-XXXX  
XXXXXXXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXXXXX XX XXXXXXXXXX XXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXX  
XXXXX XX XX XXXX XXXXXXXXXX XX XXXX XXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX  
XXXX

XX “XXXXXXX” XXXXXXXXXX XXX XXXXX XXXXXXXXXX XXX XXX XXXXXXX XXX XXXXX  
XXXXXXXXXXXXXXXX XXXX XX XXXXXXXXXX XXXXX XX XXX XXXXXXXXXX XXXXXXXXXX (XXXXXX  
XXXXXX) XX XXXXXXX XXXXXXXXXX XXXXXXX XX XXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXX

XXXXX XXXXXXXXXX XX XXXXXXX (XXXX XXXXXXX XX XXXXXXX) XXXXXXXXXX XXXXXXXXXX  
XXXXXXXX XX XX XXXXX ‘XXXXXXXX XXXXXXXXXX’ XXXX XXXXXXXXXX XXXXXXX XXXX

XXXXXXXX XXXXXXXXXX-XXXXXXX XXXXXXXXXX XXXXXXX XXX XXXXXXXXXX,  
XXXXXXXXXX XXXXXXXXXX XXXXXXX XXX XXXXXXXXXX XXX XXX-XXXXX XXXX XXXXXXX-















