

# Amalie Emmy Noether



- Naceu o 23 de marzo de 1882 en Alemaña, e morreu o 14 de abril de 1935 en Estados Unidos.
- Foi **unha das máis brillantes matemáticas**.
- Ca chegada de Hitler **tivo que emigrar** aos Estados Unidos, **por ser xudea**.
- Iniciou estudos en Historia e Linguas Modernas, pero finalmente decidiuse polas matemáticas.
- **Descendía dunha familia de matemáticos** (seu pai era matemático experto en xeometría alxebraica).
- A súa vida divídese en tres etapas.



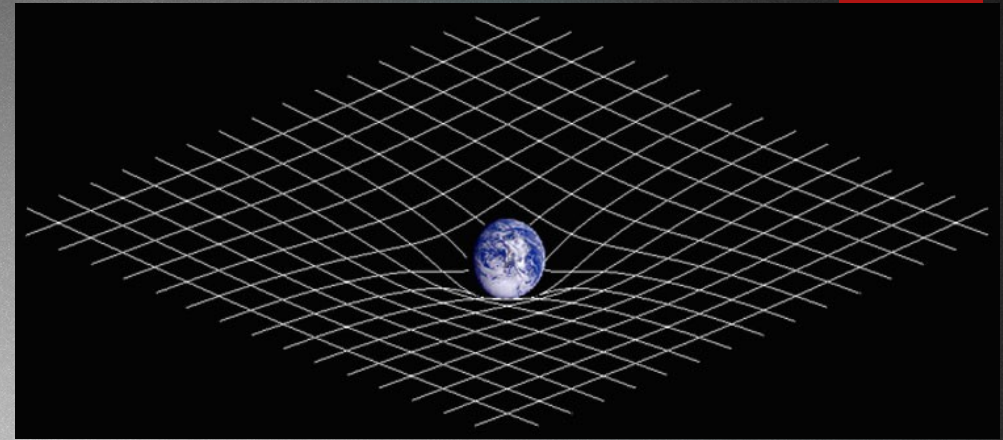
# Os seus estudos

- ▶ Foi unha **estudiante moi adiantada** ao seu tempo.
- ▶ Con **18 anos falaba perfectamente inglés e francés**, e matriculouse nunha escola para mulleres, **obtendo a titulación para dar clase en calquera institución feminina**.
- ▶ Asistiu de oínte a Universidade onde seu pai daba clase, e preparou o exame para entrar nela, **de 1000 estudantes tan só había 2 mulleres**.
- ▶ Emmy **axudaba a seu pai nas clases**, sen recibir un salario.
- ▶ Foi **invitada a ir de oínte na Universidade de Gottingen** (onde xa estudara un semestre) onde máis tarde creou os seus máis prestixiosos traballos.





# En Estados Unidos



- ▶ Tivo que emigrar, pero continuou a súa carreira no Instituto de Altos Estudos Princeton, donde traballou con Einstein e introduxo elementos alxebráicos básicos para a Teoría de Relatividade.
- ▶ Foi **invitada a dar clase na Universidade privada e elitista**, para mulleres en Filadelfia.
- ▶ Non obtivo pleno **recoñecemento do seu traballo ata 1932**, durante o Congreso Matemático celebrado en Suíza.
- ▶ Era **moi apreciada polos seus alumnos e alumnas** aos e ás que tamén invitaba a súa casa, con motivo de debatir sobre diversos temas matemáticos, coñecidos como “**Chicos de Noether**” ou “**Chicas de Noether**”.



# Aportacións

- ▶ As súas aportacións foron tan importantes, que lle serviron ata aos máis prestixiosos matemáticos e matemáticas da historia.
- ▶ Elaborou o programa de Erlangen.
- ▶ Publicou en 1921 un artigo sobre a Teoría de Ideais en Aneles, “idealtheorie in ringbereichen” no que introduxo o concepto de anel noetheriano, e distingue entre os aneis conmutativos e os non conmutativos.
- ▶ En 1924 publicou: “Construcións abstractas da Teoría de ideales no dominio do corpo dos números alxébricos”.





# Primeira etapa

- ▶ Na **Universidade Erlangen** (entre os anos 1882-1915) **donde leu a súa tese doutoral**, titulada: “Sistemas Completos de Invariantes para formar variantes bicuadráticas”, que **publicou nunha revista** científica.
- ▶ Foi **introducida no estudo da obra de David Hilbert**, por Hermann Emil Fischer, co cal mantiña correspondencia para debater sobre distintas impresións sobre álgebra abstracta.





# Segunda etapa

- ▶ **Destacan as súas aportacións a Universidade de Gottingen** entre 1915-1932, **xunto con Felix Klein, David Hilbert e o seu equipo** de traballo, alí elaborou a súa tese de habilitación en 1918, sobre invariantes alxebraicos, que impactaron na álgebra abstracta, que describe grupos de simetrías e establece a relación entres estos grupos e os sistemas que correspondan
- ▶ **A “Variationsprobleme” deu lugar a dúas demostracions de teormas elementais para a teoría da relatividade** que permitiron resolver os fallos en que incurria o teorema da conservación de enerxía relacionando a simetría cas leis físicas de conservación desta. Estes deron lugar ao teorema que leva o seu nome, Teorema Noether

$$\begin{cases} I_1 = \sum_{j=1}^n \lambda_j = \lambda_1 + \dots + \lambda_n \\ I_2 = \sum_{j=1}^n \sum_{k=j+1}^n \lambda_j \lambda_k \\ \dots \\ I_n = \lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_n \end{cases}$$



# Teorema Noether

- ▶ Básico en álgebra abstracta e utilizado en mecánica e teoría de campos que relaciona o álgebra e a análise.
- ▶ Este teorema baséase nas propiedades de invarianza do lagragiano dun sistema baixo a acción de certas transformacións, chamadas simetrías. As leis de conservación as que obedece este, chámanselle tamén “principios”, porque rexen en todas as leis da natureza gobernadas por Lagragianos invariantes, baixo o mesmo grupo de transformacións. Así ocorre co principio de conservación de enerxía ou o principio de conservación da cantidade de movemento ou impulso dos corpos ou o principio de conservación do momento angular.

$$\begin{aligned} La(x, s, \lambda, \pi, \mu) = & f(x) - \delta \left( \sum_{k=1}^n \ln su_k + \sum_{k=1}^n \ln sl_k \right) + \sum_{i=1}^m \lambda_i g_i(x) \\ & + \sum_{k=1}^n \pi u_k (x_k + su_k - x_k^{max}) + \sum_{k=1}^n \pi l_k (x_k - sl_k - x_k^{min}) \\ & + \sum_{j=1}^r \begin{cases} \mu_j h_j(x) + \frac{1}{2} c h_j^2(x), & \text{se } h_j(x) \geq -\frac{\mu_j}{c} \\ -\frac{\mu_j^2}{2c}, & \text{se } h_j(x) \leq -\frac{\mu_j}{c} \end{cases} \end{aligned} \quad (8)$$



- ▶ Este expresa de maneira xeral que se **ao principio dunha reacción contase con certo número de cantidades** (cargas, variones, leptones) **ao final encontrase o mesmo número** de cantidades.

**Noether's theorem:**

Comparing Eqs. (4), (5) and (7), we see that, for a symmetry transformation,

$$\frac{d}{dt} \left( \sum_{i=1}^n \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \delta q_i + \delta \Omega \right) = 0 \quad (8)$$

for possible motions. That is,

$$\delta Q \equiv \sum_{i=1}^n \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \delta q_i + \delta \Omega \quad (9)$$

is a constant of the motion. Note, however, that  $\delta Q = \delta Q(q_1, \dots, q_n, t)$  may depend explicitly on the time! For a continuous transformation, the  $\delta q$ 's can be taken proportional to an infinitesimal parameter  $\delta \epsilon$ . Then, from Eq. (5),  $\delta Q$  is also proportional to  $\delta \epsilon$ ,

$$\delta Q = Q \delta \epsilon. \quad (10)$$

$Q$  is the generalized "conserved charge" associated with the transformation, and *generates* the transformation in the Hamiltonian form of mechanics, as we will see.

**Foron moitos os conceptos matemáticos que levan o seu nome:** Invariable noether, os grupos Noetherianos, Teorema do homomorfismo e o isomorfismo, Condición da cadena ascendente e descendente para grupos ideais ou nocións de grupos con operadores.



# Terceira etapa

- ▶ De 1933 a 1935 pasouna en EEUU donde **traballou con Einstein**, na **consolidación alxebraica da teoría da relatividade** a partir da teoría dos invariantes.
- ▶ **Os seus traballos foron recoñeciós mundialmente** como fundamentais polas eminencias matemáticas mais competentes do século XX.
- ▶ **Einstein publicou un artigo nun periódico un mes despois do seu falecemento**, no que admitía que os seus descubrimentos foran moi importantes.

Según el juicio de los más eminentes matemáticos en vida, Emmy Noether era la más importante inteligencia matemática creativa que ha nacido desde que comenzó la educación superior de las mujeres..."  
Prof. Albert Einstein,  
The New York Times  
(5 de mayo de 1935).

