

Supporting Information for:
**ComProScanner: A multi-agent based framework for
composition-property structured data extraction from
scientific literature**

Aritra Roy^{ab}, Enrico Grisan^c, John Buckeridge^{ab}, and Chiara Gattinoni^d

^aEnergy, Materials and Environment Research Centre, London South Bank University,
London SE1 0AA, UK.

^bSchool of Engineering and Design, London South Bank University, London SE1 0AA, UK.

^cBioscience and Bioengineering Research Centre, London South Bank University, London
SE1 0AA, UK.

^dDepartment of Physics, Kings College London, London WC2R 2LS, UK.

**Corresponding authors:* Aritra Roy (pgr.aritra.roy@lsbu.ac.uk), John Buckeridge
(j.buckeridge@lsbu.ac.uk), Chiara Gattinoni (chiara.gattinoni@kcl.ac.uk)

Contents

S1. Supported Publishers and Collection Methods	2
S2. Detailed components of extracted data	3
S3. Ensuring constant RAG environment	3
S4. Choosing LLMs for evaluation	4
S5. Comparison between semantic and agentic evaluation	5
S6. Comparing ComProScanner with existing frameworks	5

List of Tables

Table S1. Comparison of performance between all-mpnet-base-v2 and PhysBERT embedding models	7
Table S2. Examples of incorrect and hallucinated information extracted by the best-performing model DeepSeek-V3-0324.	8
Table S3. Custom-schema based relationship graph node information generated from 100 test data using ComProScanner	8

S1. Supported Publishers and Collection Methods

Full-text articles can be collected through an automated process for Elsevier, Springer Nature, Wiley and IOP Publishing, obtaining content in XML format from most sources, with the exception of Wiley, which provides articles exclusively in PDF format. The TDM API keys must be configured in the Python environment to enable automated article collection. In contrast to the others, IOP Publishing delivers XML articles as archived files (.zip) via SFTP server, and ComProScanner accepts the parent folder path containing all extracted XML files. For processing manually collected PDF files, the PDF folder path must be configured in the Python environment.

```
{
  "10.1016/j.apradiso.2024.111655": {
    "composition_data": {
      "compositions_property_values": {
        "Eu1.90Dy0.10Ge207": 0.66,
        "Eu1.90La0.10Ge207": 0.36,
        "Eu1.90Ho0.10Ge207": 0.62
      },
      "property_unit": "pC/N",
      "family": "RE2B207"
    },
    "synthesis_data": {
      "method": "Solid-state synthesis",
      "precursors": [
        "Eu203",
        "GeO2",
        "Dy203",
        "La203",
        "Ho203"
      ],
      "steps": [
        "Combine precursors in stoichiometric ratios.",
        "Dope Dy203, La203, and Ho203 at 5 mol% as activators.",
        "Heat samples at 800 \u00b0C for 2 h.",
        "Heat samples to 1150 \u00b0C for 10 h in alumina crucibles under open atmosphere.",
        "Slowly cool the samples."
      ],
      "characterization_techniques": [
        "TG/DTA",
        "XRD",
        "SEM",
        "EDX",
        "Luminescence spectrophotometer",
        "LCR-meter"
      ]
    }
  }
}
```

Figure S1: Agent-extracted JSON data for an article consisting of composition-property data and synthesis data.

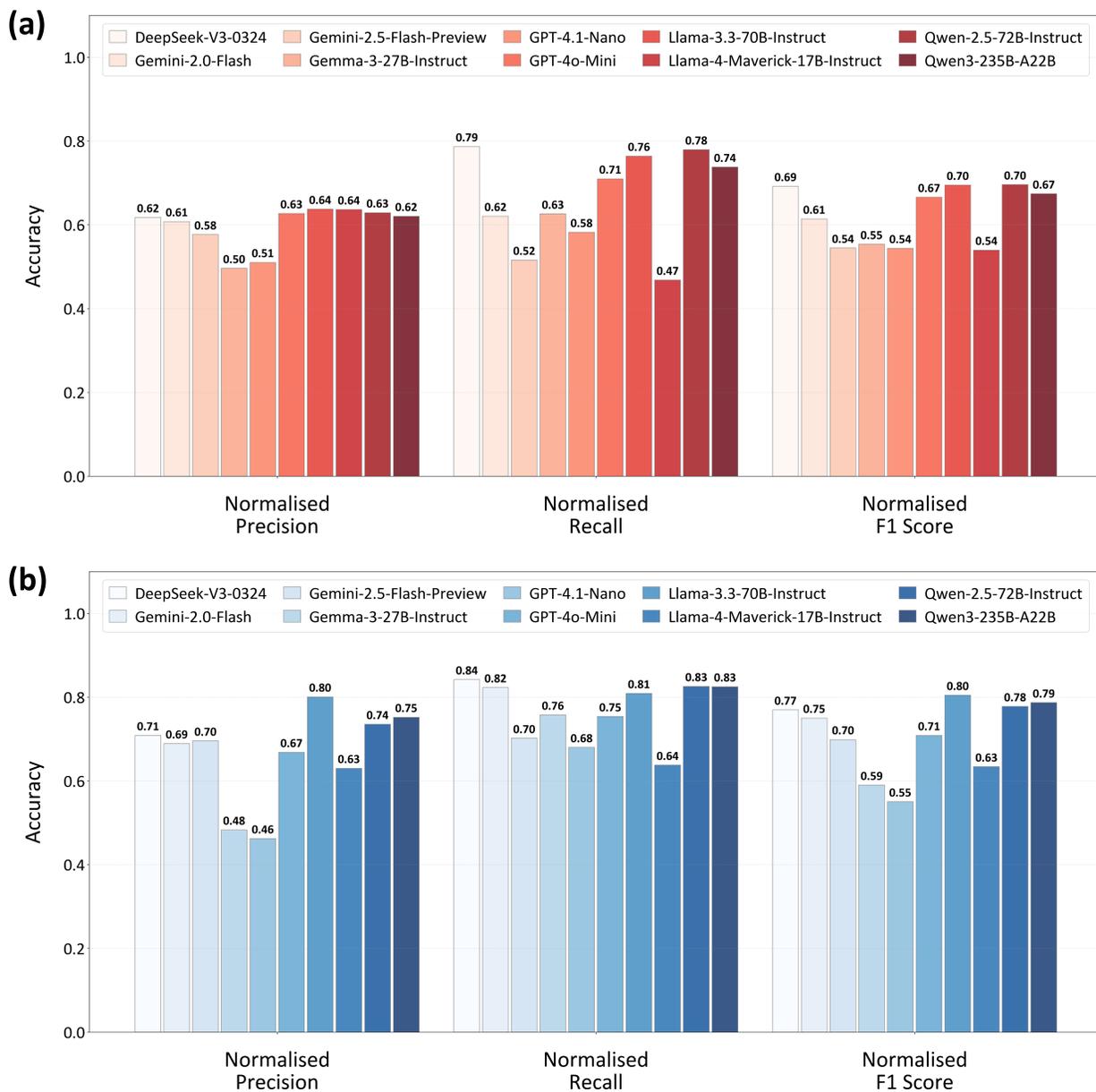


Figure S3: Normalised classification metrics (Precision, Recall, and F1 Score) to showcase the performance of ComProScanner’s performance capability for the considered models using: (a) semantic evaluation through the PhysBERT model, and (b) agentic evaluation through the Gemini-2.5-Pro reasoning model, where normalised metrics treat each article as an individual assessment unit, with every extracted item within an article contributing proportional weight to the article’s overall evaluation score.

S4. Choosing LLMs for evaluation

Both open-source models (Google’s Gemma-3-27B-Instruct, DeepSeek’s DeepSeek-V3-0324, Meta’s Llama-3.3-70B-Instruct and Llama-4-Maverick-17B-Instruct, and Alibaba’s Qwen3-235-

A22B-2507 and Qwen-2.5-72B-Instruct) and proprietary models (Google’s Gemini-2.0-Flash and Gemini-2.5-Flash-Preview, and OpenAI’s GPT-4o-mini and GPT-4.1-nano) were selected at similar price points, after analysing the cost-versus-accuracy ratio from the Chatbot Arena LLM Leaderboard, where models had Arena scores exceeding 1250 and output costs below \$1/1M tokens (pink-shaded region in Figure S2 (cutoff date: 24 July, 2025)). However, Google’s selection involved choosing the three highest-ranking models from five available options based on Arena scores, whereas for DeepSeek, the DeepSeek-V3-0324 model was chosen as a replacement for DeepSeek-V3, given its status as the successor to the latter model. Similarly, for Alibaba, the Qwen3-235B-A22B Mixture-of-Experts (MoE) model was selected instead of its predecessor Qwen2.5-Plus. All Gemini, Gemma, Llama, and Qwen models were accessed via the OpenRouter AI API² with 16-bit (bf16) or 8-bit (fp8) floating-point quantisation through the most cost-effective provider for each model, whilst other models were accessed through their respective companies’ API providers: GPT models via OpenAI’s API³ and the DeepSeek model via DeepSeek’s API⁴.

S5. Comparison between semantic and agentic evaluation

We evaluated 10 considered models’ performance both semantically and agentially which are summarised in Figure S3. While the PhysBERT model⁵ has been used for semantic evaluation, the Gemini-2.5-Pro reasoning model⁶ has been employed for agentic evaluation. Although normalised classification metrics for both semantic and agentic evaluation show similar trends, the agentic evaluation demonstrates superior performance accuracy compared to semantic evaluation, which is understandable given that reasoning models such as Gemini-2.5-Pro possess greater capability to compare sentence structures with equivalent meanings.

S5.1 Semantic evaluation

The semantic evaluation results demonstrate that Llama-3.3-70B-Instruct achieves the highest performance across all three metrics, with particularly strong recall (0.78) and F1 score (0.70). Qwen-2.5-72B-Instruct and Qwen3-235B-A22B also exhibit competitive performance, whilst lighter models such as Gemini-2.0-Flash and DeepSeek-V3-0324 show more modest but consistent results across the evaluation criteria. The performance distribution suggests a general correlation between model size and extraction accuracy, with the larger instruction-tuned models demonstrating superior capability for the task.

S5.2 Agentic evaluation

Llama-3.3-70B-Instruct outperforms all other models in normalised classification metrics with a precision value of 0.80, recall value of 0.81, and F1-score of 0.80. Furthermore, DeepSeek-V3-0324, Gemini-2.0-Flash, and both Qwen models also exhibited significant performance with over 75% accuracy on average, whilst surprisingly, Gemini-2.5-Flash-Preview underperformed compared to its predecessor model Gemini-2.0-Flash. Among all models, GPT-4.1-Nano performed poorest with only 56.33% average accuracy. Gemma-3-27B-Instruct and Llama-4-Maverick-17B-Instruct proved to be the second and third worst-performing models with 61% and 63.33% average accuracy respectively.

S6. Comparing ComProScanner with existing frameworks

We compared our framework with two similar existing frameworks, Eunomia⁷ and the extraction agent by CMEG-IITR⁸ using our agentic evaluation method where Gemini-3-Flash-Preview⁹ was

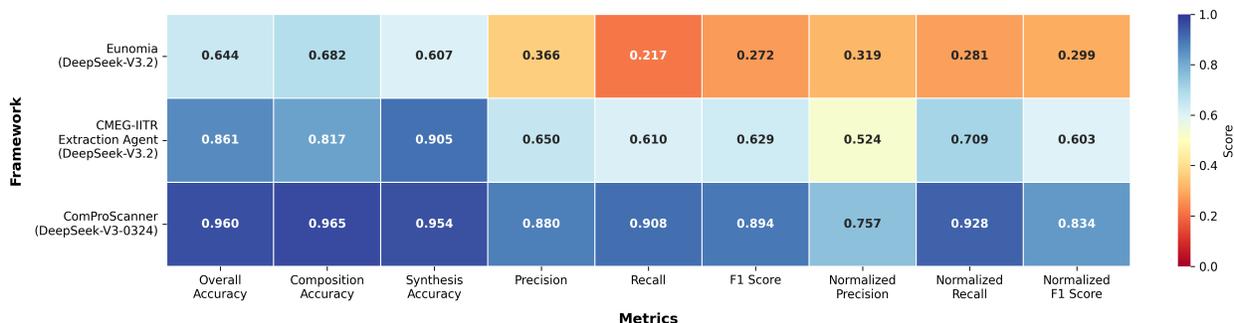


Figure S4: Comparison of ComProScanner framework with existing two frameworks, Eunomia⁷ and the extraction agent by CMEG-IITR⁸ based on various metrics.

used as the evaluator reasoning model provided its cost-effective high accuracy. By the time of comparison (28 January, 2026), DeepSeek-V3-0324¹⁰ had been replaced by DeepSeek-V3.2¹¹, which is the successor model comprising of both a chat model and a reasoning model. While DeepSeek-V3.2 were used for both Eunomia and CMEG-IITR extraction agent, ComProScanner’s results from DeepSeek-V3-0324 were taken for the comparison study, giving an edge to other two frameworks provided DeepSeek-V3-0324 is only a Mixture-of-Experts (MoE) chat model. In spite of the slight disadvantage of having only a MoE-based chat model, ComProScanner outperformed both frameworks in all metrics by significant values (Figure S4). Both Eunomia and CMEG-IITR extraction agent frameworks’ code along with agents’ instructions were adjusted to extract piezoelectric materials information from the articles in similar JSON output format. The complete comparison results along with their scripts can be found on GitHub (see the [comparing_existing_frameworks](#) folder).

Table S1.: Comparison of performance between all-mpnet-base-v2 and PhysBERT embedding models

Text 1	Text 2	all-mpnet- base-v2	PhysBERT	Cosine similarity difference
DOS	density of states	0.1046	0.9384	0.8338
CVD	chemical vapor deposition	0.1460	0.8543	0.7084
XRD	X-ray diffraction	0.3512	0.9523	0.6012
DFT	density functional theory	0.3243	0.9008	0.5765
SEM	scanning electron microscopy	0.3401	0.8070	0.4669
ESP	electrostatic potential	0.2437	0.6299	0.3862
PMMA	polymethyl methacrylate	0.3639	0.7370	0.3731
C ₆ H ₅ OH	phenol	0.3714	0.6070	0.2356
PVDF	polyvinylidene fluoride	0.5245	0.7582	0.2337
C ₆ H ₁₂ O ₆	glucose	0.3849	0.5444	0.1596
Zr(NO ₃) ₄ ·5H ₂ O	zirconium(IV) nitrate pentahydrate	0.6759	0.8140	0.1381
PVC	polyvinyl chloride	0.6318	0.6883	0.0566

Table S2.: Examples of incorrect and hallucinated information extracted by the best-performing model DeepSeek-V3-0324.

Incorrect Extractions				
DOI	Type	Key	Extracted Value	Ground Truth Value
10.1016/j.ceramint. 2025.01.250	Composition	N/A	Ca1Bi4Ti4O15 + 0.2 wt% MnO2	Ca(Na0.5Pr0.25Ce0.25) (Bi4Ti4O15) + 0.2 wt% MnO2
10.1016/j.ceramint. 2024.11.360	Property Value	Bi4Ti3O12	4.25	7.75
10.1016/j.ultsonch. 2024.107148	Property Unit	property_unit	eE-12 C/N	pC/N
10.1016/j.ceramint. 2024.11.033	Family	family	BaTiO3	PEO
10.1016/j.jece. 2024.114304	Method	method	Heterojunction formation	two-step hydrothermal method
10.1016/j.jallcom. 2024.177342	Precursors	precursors	–	Na2CO3, K2CO3
10.1016/j.jeurceramsoc. 2024.116815	Characterisation Technique	characterization _techniques	–	EDS
Hallucinated Extractions				
DOI	Type	Hallucinated Data		
10.1016/j.jeurceramsoc. 2024.116815	Composition- Property Pair	“K0.5Na0.5NbO3”: 120		
10.1016/j.ceramint. 2024.10.251	Composition- Property Pair	“1-3 BaZrxTi1-xO3 cement composite 40 vol% BaZrxTi1-xO3 7 vol% epoxy resin”: 76.2		

Table S3.: Custom-schema based relationship graph node information generated from 100 test data using ComProScanner

Node	Count	Used semantic similarity threshold
Paper	100	–
Method	16	0.8
Step	92	–
Family	35	0.9
Composition	410	–
Precursor	120	0.9
Characterisation Technique	66	0.8
Keyword	205	0.85
Author	619	–
Affiliation	162	–

References

- [1] W. L. Chiang, L. Zheng, Y. Sheng, A. N. Angelopoulos, T. Li, D. Li, H. Zhang, B. Zhu, M. Jordan, J. E. Gonzalez and I. Stoica, *Chatbot Arena: An Open Platform for Evaluating LLMs by Human Preference*, 2024.
- [2] *OpenRouter AI, Inc*, <https://openrouter.ai/>, Accessed: 2025-05-16.
- [3] OpenAI, *API Platform*, <https://openai.com/api/>, 2025, <https://openai.com/api/>, Accessed: 2025-07-22.
- [4] DeepSeek, *DeepSeek API Documentation*, <https://api-docs.deepseek.com>, 2025, <https://api-docs.deepseek.com>, Accessed: 2025-07-22.
- [5] T. Hellert, J. Montenegro and A. Pollastro, *PhysBERT: A Text Embedding Model for Physics Scientific Literature*, 2024, <https://arxiv.org/abs/2408.09574>.
- [6] G. Comanici, E. Bieber, M. Schaeckermann, I. Pasupat, N. Sachdeva, I. Dhillon, M. Blistein, O. Ram, D. Zhang, E. Rosen, L. Marris, S. Petulla, C. Gaffney, A. Aharoni, N. Lintz, T. C. Pais, H. Jacobsson, I. Szpektor, N.-J. Jiang, K. Haridasan, A. Omran, N. Saunshi, D. Bahri, G. Mishra, E. Chu, T. Boyd, B. Hekman, A. Parisi, C. Zhang, K. Kawintiranon, T. Bedrax-Weiss, O. Wang, Y. Xu, O. Purkiss, U. Mendlovic, I. Deutel, N. Nguyen, A. Langley, F. Korn, L. Rossazza, A. Ramé, S. Waghmare, H. Miller, V. Keshava, Y. Jian, X. Zhang, R. A. Popa, K. Dhamdhere, B. Bratanič, K. Kim, T. Koo, F. Alet, Y. ting Chen, A. Nagrani, H. Muckenhirn, Z. Zhang, C. Quick, F. Pavetić, D. D. Nguyen, J. Carreira, M. Elabd, H. Qureshi, F. Mentzer, Y.-Y. Yang, D. Eisenbud, A. Gulati, E. Talius, E. Ni, S. Ghalebikesabi, E. Yvinec, A. Saade, T. Ulrich, L. Blanco, D. A. Calian, M. Huang, A. van den Oord, N. Goyal, T. Chen, P. Rawlani, C. Schallhart, S. Lokhande, X. Luo, J. Shan, C. Montgomery, V. Krakovna, F. Piccinini, O. Barak, J. Cui, Y. Jia, M. Dektiarev, A. Kolganov, S. Huang, Z. Chen, X. Wang, J. Austin, P. de Boursac, E. Sluzhaev, F. Ding, H. Li, S. Bhupatiraju, M. Agarwal, S. Kwasiborski, P. Sandhu, P. Siegler, A. Iscen, E. Ben-David, S. Butt, M. Allamanis, S. Benjamin, R. Busa-Fekete, F. Hernandez-Campos, S. Goldshtein, M. Dibb, W. Zhang, A. Marsden, C. Radebaugh, S. Roller, A. Nayyar, J. Austin, T. Terzi, B. K. Shamanna, P. Shaw, A. Singh, F. Luisier, A. Mendonça, V. Aggarwal, L. Markeeva, C. Fantacci, S. Brin, H. Choe, G. Wang, H. Adam, A. Dabush, T. Kiyono, E. Marcus, J. Cole, T. Weber, H. Lee, R. Huang, A. Muzio, L. Kieliger, M. Le, C. Biles, L. Le, A. Sharma, C. Yang, A. Lamp, D. Dopson, N. Hurley, Katrina, Xu, Z. Shan, S. Song, J. Tan, A. Senges, G. Zhang, C. You, Y. Jun, D. Raposo, S. Ricco, X. Yang, W. Chen, P. Gupta, A. Szlam, K. Vilella, C.-S. Ferng, D. Kasenberg, C. Liang, R. Zhu, A. Narayanaswamy, F. Perot, P. Pucciarelli, A. Shekhawat, A. Stern, R. Ingale, S. Karp, S. Bahargam, A. Goedeckemeyer, J. Han, S. Li, A. Tacchetti, D. Yu, A. Chakladar, Z. Zhang, M. E. Mahdy, X. Gao, D. Johnson, S. Phatale, A. Piergiovanni, H. Lim, C. Farabet, C. Lebsack, T. Guidroz, J. Blitzer, N. Duduta, D. Madras, S. Li, D. von Dincklage, X. Li, M. Mahdieh, G. Tucker, G. Jawahar, O. Xiao, D. Tarlow, R. Geirhos, N. Velan, D. Vlasic, K. Bullard, S. Park, N. Gupta, K. Webster, A. Hitron, J. Mao, J. Eisenschlos, L. Prince, N. D’Souza, K. Zheng, S. Nasso, G. Botea, C. Doersch, C. Unlu, C. Alberti, A. Svyatkovskiy, A. Goel, K. Choromanski, P.-P. Jiang, R. Nguyen, F. Flynn, D. Ćurko, P. Chen, N. Roth, K. Milan, C. Habtegebriel, S. Narayan, M. Moffitt, J. Marcus, T. Anthony, B. McMahan, G. Cheon, R. Liu, M. Barnes, L. Lew, R. Santamaria-Fernandez, M. Upadhyay, A. Akula, A. M. Hrafnkelsson, A. Caceres, A. Bunner, M. Sokolik, S. Puttagunta, L. Moore, B. Isik, J. Hartford, L. Chan, P. Shenoy, D. Holtmann-Rice, J. Park, F. Viola, A. Salcianu, S. Rajayogam, I. Stewart-Binks,

Z. Wu, R. Everett, X. Xiong, P.-A. Manzagol, G. Leung, C. Saroufim, B. Pang, D. Wegner, G. Papamakarios, J. Palomaki, H. Pankov, G. Lai, G. Tubone, S. Zhao, T. Strinopoulos, S. Neel, M. Wang, J. Kelley, L. Li, P. Xu, A. Vijayakumar, A. D'olimpio, O. Levy, M. Nicosia, G. Rozhdestvenskiy, N. Lao, S. Xie, Y. Katariya, J. Simon, S. Kumar, F. Hartmann, M. Kilgore, J. Lee, A. Mahendru, R. Ring, T. Hennigan, F. Lang, C. Cherry, D. Steiner, D. Hwang, R. Smith, P. Wang, J. Chen, M.-H. Yang, S. Kwei, P. Schlattner, D. Kim, G. P. Girirajan, N. Momchev, A. Agarwal, X. Zhou, I. Safarli, Z. Garrett, A. Pierigiovanni, S. Jauhari, A. R. Rochman, S. Vashishth, Q. Yuan, C. Angermueller, J. Blanton, X. Song, N. B. Gundavarapu, T. Avrahami, M. Deines, S. Roy, M. Gupta, C. Semturs, S. Vasudevan, A. S. Veerubhotla, S. Sharma, J. Jacob, Z. Yang, A. Terzis, D. Karliner, A. Wright, T. Rojas-Esponda, A. Brown, A. G. Roy, P. Dogra, A. Kapishnikov, P. Young, W. Kan, V. K. Rajendran, M. Ivanova, S. Deshmukh, C.-H. Ho, M. Kwong, S. Ginzburg, A. Louis, K. Sawhney, S. Petrov, J. Xie, Y. Bai, G. Stoyanov, A. Fabrikant, R. Jayaram, Y. Li, J. Heyward, J. Gilmer, Y. Wang, R. Soricut, L. Liu, Q. Duan, J. Hayes, M. O'Brien, G. S. Tomar, S. Eiger, B. Fatemi, J. Hui, C. Barros, A. Chukwuka, A. Butryna, S. Thakur, A. Huang, Z. Pan, H. Tang, S. Cabi, T. Doshi, M. Bakker, S. Bagri, R. Ley-Wild, A. Lelkes, J. Lees, P. Kane, D. Greene, S. Wu, J. Bornschein, G. Surita, S. Hodkinson, F. Li, C. Hidey, S. Pereira, S. Ammirati, P. Lippe, A. Kraft, P. Han, S. Gerlach, Z. Wang, L. Panait, F. Han, B. Farris, Y. Bi, H. DeBalsi, M. Wang, G. Tyen, J. Cohan, S. Zhang, J. Barber, D.-W. Chung, J. Kim, M. Kunesch, S. Pecht, N. Akazawa, A. Friesen, J. Lyon, A. Eslami, J. Wu, J. Tan, Y. Song, R. Kumar, C. Welty, I. Akolzin, G. Gibson, S. Augenstein, A. Pillai, N. Yuen, D. Phan, X. Wang, I. Barr, H. Zen, N. Hua, C. Liu, Jilei, Wang, T. Bhatia, H. Xu, O. Elyada, P. Kohli, M. Olšák, K. Chen, A. Mirhoseini, N. Shazeer, S. Jakobovits, M. Tran, N. Ramsden, T. Bharti, F. Alcober, Y. Li, S. Shetty, J. Chen, D. Kalashnikov, M. Nawhal, S. Arik, H. Chen, M. Blokzijl, S. Gupta, J. Rubin, R. Swavely, S. Bridgers, I. Gemp, C. Su, A. Suggala, J. Pluto, M. Cassin, A. Vaucher, K. Ji, J. Cai, A. Audibert, A. Sinha, D. Tian, E. Farkash, A. Hua, J. Chen, D.-H. Tran, E. Loper, N. Brichtova, L. McConnaughey, B. Sandhu, R. Leland, D. DeCarlo, A. Over, J. Huang, X. Wu, C. Fan, E. Li, Y. Lei, D. Sharma, C. Paduraru, L. Yu, M. Bošnjak, P. Dao, M. Choi, S. Kudugunta, J. Adamek, C. Guía, A. Khodaei, J. Feng, W. Zeng, D. Welling, S. Tata, C. Butterfield, A. Vlasov, S. El-Sayed, S. Mishra, T. Sainath, S. Yang, R. Skerry-Ryan, J. Shar, R. Berry, A. Rajendran, A. Kandoor, A. Burns, D. Jain, T. Stone, W. Park, S. Wang, A. Cassirer, G. Wang, H. Kobayashi, S. Rogulenko, V. Govindaraj, M. Rybiński, N. Olmert, C. Evans, P.-S. Huang, K. Xu, P. Shah, T. Thurk, C. Sikora, M. Cai, J. Xie, E. Dabir, S. Shah, N. Kalb, C. Zhang, S. Prabhakara, A. Sabne, A. Myaskovsky, V. Raunak, B. Huergo, B. Neyshabur, J. Clark, Y. Zhang, S. Krishnan, E. Cohen, D. Tewari, J. Lottes, Y. Yamamori, Hui, Li, M. Elhawaty, A. M. Oflazer, A. Recasens, S. Luo, D. Nguyen, T. Bos, K. Andra, A. Salazar, E. Chi, J. Ko, M. Ginsberg, A. Andreassen, A. Ruoss, T. Davchev, E. Davoodi, C. Liu, M. Kim, S. Ontanon, C. M. To, D. Jia, R. Ke, J. Wang, A. Korsun, M. Ambar, I. Kornakov, I. Giannoumis, T. Creswell, D. Zhou, Y. Su, I. Watts, A. Zaks, E. Eltyshev, Z. Feng, S. Mudgal, A. Kaskasoli, J. Love, K. Dasgupta, S. Shleifer, R. Green, S. Seo, C. Lee, D. Webster, P. Shroff, G. Raboshchuk, I. Leal, J. Manyika, S. Erell, D. Murphy, Z. Xiao, A. Bulyenov, J. Walker, M. Collier, M. Kastelic, N. George, S. Prakash, S. Sidhwani, A. Frolov, S. Hansen, P. Georgiev, T. Sosea, C. Apps, A. Kamath, D. Reid, E. Cooney, C. Magister, O. Riva, A. Go, P.-C. Chen, S. Krause, N. Levine, M. Fornoni, I. Figotin, N. Roy, P. Mahmoudieh, V. Magay, M. Madhavan, J. Miao, J. Ni, Y. Fujii, I. Chou, G. Scrivener, Z. Tsai, S. Mcloughlin, J. Selier, S. Lefdal, J. Zhao, A. Karmarkar, K. Chauhan, S. Goel, Z. Zhang, V. Jain, P. Haghani, M. Dehghani, J. Scott, E. Farnese, A. Ilić, S. Baker, J. Pawar, L. Zhong, J. Camp, Y. Zeldes, S. Shetty, A. Iyer, V. Listík, J. Guo, L. Tang, M. Geller, S. Bucher, Y. Ding, H. Shi, C. Muir, D. Grewe, R. Eskander,

O. Ponce, B. Gong, D. Gasaway, S. Khan, U. Gupta, A. Filos, W. Kuo, K. Kloboves, J. Beattie, C. Wright, L. Li, A. Jin, S. Mariserla, M. Patel, J. Heitkaemper, D. Krishnan, V. Sharma, D. Bieber, C. Frank, J. Lambert, P. Caron, M. Polacek, M. Giménez, H. Choudhury, X. Yu, S. Tavakkol, A. Ahuja, F. Och, R. Jenatton, W. Skut, B. Richter, D. Gaddy, A. Ly, M. Bilenko, M. Umekar, E. Liang, M. Sevenich, M. Joshi, H. Mansoor, R. Lin, S. Sanghai, A. Singh, X. Li, S. Vijayanarasimhan, Z. Abbas, Y. Bitton, H. Srinivasan, M. R. Vuyyuru, A. Frömmgen, Y. Sun, R. Leith, A. Castaño, D. Strouse, L. Yan, A. Kyker, S. Kambala, M. Jasarevic, T. Sellam, C. Jia, A. Pritzel, R. R. H. Chen, N. Clay, S. Gandhe, S. Kirmani, S. Ebrahimi, H. Kirkwood, J. Mallinson, C. Wang, A. Ozturel, K. Lin, S. Upadhyay, V. Cohen-Addad, S. Purser-haskell, Y. Xu, E. Songhori, B. Seal, A. Magni, A. Gueta, T. Zou, G. Guruganesh, T. Kagohara, H. Nguyen, K. Salama, A. C. Ruiz, J. Frye, Z. Zhu, M. Lochbrunner, S. Osindero, W. Yuan, L. Lee, A. Prasad, L. N. Thiet, D. Calandriello, V. Stone, Q. Feng, H. Ke, M. Voitovich, G. Sampemane, L. Chiang, L. Wu, A. Bykovsky, M. Young, L. Vilnis, I. Dasgupta, A. Chawla, Q. Cao, B. Liang, D. Toyama, S. Payrits, A. Stefanoiu, D. Vytiniotis, A. Anand, T. Shen, B. Mitrevski, M. Tschannen, S. Gollapudi, A. P. S, J. Leal, Z. Shen, H. Fu, W. Wang, A. Kannan, D. Kukliansky, S. Yaroshenko, S. Grant, U. Telang, D. Wood, A. Chronopoulou, A. Tifrea, T. Zhou, Tony, N. ên, M. Ersoy, A. Singh, M. Xie, E. Taropa, W. Han, E. Agustsson, A. Sozanschi, H. Peng, A. Chen, Y. Drori, E. Robles, Y. Gao, X. Dotiwalla, Y. Chen, A. Boral, A. Bendebury, J. Nham, C. Tar, L. Castro, J. Jiang, C. Liu, F. Halim, J. Baek, A. Wan, J. Liu, Y. Cao, S. Dai, T. Acharya, R. Sun, F. Xue, S. Joshi, M. Lustman, Y. Xian, R. Joshi, D. Karkhanis, N. Kassner, J. Hall, X. Ding, G. Song, G. Li, C. Zhu, Y. Kulizhskaya, B. Ni, A. Vlaskin, S. Demmessie, L. Dery, S. Zaiem, Y. Huang, C. Fan, F. Gimeno, A. Balashankar, K. Kojima, H. Taitelbaum, M. Meng, D. Gharibian, S. Singla, W. Chen, A. Slone, G. Chen, S. Rajayogam, M. Schumacher, S. Kotecha, R. Blevins, Q. Wang, M. H. Taege, A. Morris, X. Liu, F. Jamil, R. Zhang, P. Joshi, B. Ingram, T. Liechty, A. Eleryan, S. Baird, A. Grills, G. Bansal, S. Han, K. Yalasangi, S. Xu, M. A. Merey, I. Gao, F. Weissenberger, I. Karpov, R. Riachi, A. Anand, G. Prasad, K. Lamerigts, R. Hayes, J. Rogers, M. Guo, A. Shenoy, Qiong, Hu, K. He, Y. Liu, P. Zablotskaia, S. Gubbi, Y. Chang, J. Pavagadhi, K. Kjems, A. Vadali, D. Machado, Y. Li, R. Wang, D. Ghosh, A. Mehta, D. Alon, G. Polovets, A. Tonioni, N. Kushman, J. D'sa, L. Zhuo, A. Wu, R. Shah, J. Youssef, J. Ye, J. Snyder, K. Lenc, S. Buthpitiya, M. Tung, J. Chang, T. Chen, D. Saxton, J. Lee, L. L. Zhang, J. Qin, P. Radhakrishnan, M. Chen, P. Ambroszczyk, M. Toksoz-Exley, Y. Zhong, N. Katz, B. O'Donoghue, T. von Glehn, A. G. Rosenthal, A. Świetlik, X. Zhao, N. Fernando, J. Wei, J. Mei, S. Vassilvitskii, D. Cedillo, P. Awasthi, H. Zheng, K. Kavukcuoglu, I. Laish, J. Pagadora, M. Brockschmidt, C. A. Choquette-Choo, A. Byravan, Y. Lu, X. Chen, M. Chen, K. Lee, R. Pasumarthi, S. Bhatnagar, A. Shah, Q. Wu, Z. Chen, Z. Nado, B. Perz, Z. Jiang, D. Kao, G. Mallya, N. Vieillard, L. Mei, S. Girgin, M. Jordan, Y. Ko, A. Agarwal, Y. Liu, Y. Altun, R. de Liedekerke, A. Kementsietsidis, D. Peng, D. Liu, U. Evcı, P. Humphreys, A. Tarango, X. Deng, Y. Lewenberg, K. Aydin, C. Wu, B. Mittal, T. Munkhdalai, K. Chatziprimou, R. Benenson, U. First, X. Ma, J. Li, A. Joulin, H. Tomlinson, T. Zhang, M. Nasr, Z. Hong, M. Sander, L. A. Hendricks, A. Sharma, A. Bolt, E. Vértés, J. Simsa, T. Levinboim, O. Sercinoglu, D. Shukla, A. Wu, C. Swanson, D. Vainstein, F. Bu, B. Wang, R. Julian, C. Yoon, S. Lebedev, A. Girgis, B. Bandemer, D. Du, T. Wang, X. Chen, Y. Xiao, P. Lu, N. Ha, V. Ionescu, S. Rowe, J. Matak, F. Lebron, A. Steiner, L. Jain, M. Faruqui, N. Lacasse, G. Evans, N. Subramaniam, D. Reich, G. Vezzani, A. Pandey, J. Stanton, T. Zhou, L. McCafferty, H. Griffiths, V. Rieser, S. H. Yeganeh, E. Briakou, L. Huang, Z. Wei, L. Luo, E. Jue, G. Wang, V. Cotruta, M. Khan, J. Park, Q. Guo, P. Li, R. Rong, D. Antognini, A. Petrushkina, C. Tekur, E. Collins, P. Bhatia, C. Kwak, W. Chen, A. Neelakantan, I. Odisho, S. Peng, V. Nallatamby, V. Tulsyan, F. Pedregosa, P. Xu, R. Lin, Y. Wang, E. Wang, S. Douglas, R. Tsarfaty, E. Gribovskaya, R. Aravamudhan,

M. Agarwal, M. Finkelstein, Q. Zhang, E. Cole, P. Crone, S. Velury, A. Das, C. Sauer, L. Xu, D. Qin, C. Gu, D. Marcus, C. Zheng, W. V. Gansbeke, S. Miryoosefi, H. Sun, Y. Li, C. Chen, J. Yoo, P. Dubov, A. Tomala, A. Yu, P. Wesołowski, A. Gunjan, E. Cao, J. Luo, N. Sethi, A. Socala, L. Graesser, T. Kocisky, A. BC, M. Chen, E. Lee, S. Wang, W. Kong, Q. Xu, N. Tripuraneni, Y. Li, X. Yu, A. Porter, P. Voigtlaender, B. Zhang, A. Vezer, S. York, Q. Wei, G. Cideron, M. Kurzeja, S. Kim, B. Li, A. Pouget, H. Lee, K. Daugaard, Y. Li, D. Uthus, A. Siddhant, P. Cavallaro, S. Ganapathy, M. Shah, R. Jagerman, J. Stanway, P. Mendolicchio, L. Xiao, K. Lee, T. Thompson, S. M. Phal, J. Chase, S. J. Lee, A. N. Reyes, D. Shrivastava, Z. Qin, R. Sukkerd, S. Odoom, L. Madmoni, J. Aslanides, J. Herzig, E. Pochernina, S. Zhang, P. Barnes, D. Ikeda, Q. Li, S. yiin Chang, S. Mohamed, J. Sproch, R. Powell, B. Samanta, D. Čevič, A. Kovsharov, S. B. Mallick, S. Tadepalli, A. Zheng, K. Ayoub, A. Noever, C. Reisswig, Z. Xu, J. Oh, M. Matysiak, T. Blyth, S. Ashraf, J. Amelot, B. Severson, M. Bevilacqua, M. Sano, E. Dyer, O. Roval, A. Sinha, Y. Zhong, S. Perel, T. Sabolić, J. Mauerer, W. Gierke, M. Verzetti, R. Cabrera, A. Abdagic, S. Hemingray, A. Stone, J. Lee, F. Ahmad, K. Raman, L. Shani, J. Lai, O. Firat, N. Waters, E. Ge, M. Shomrat, H. Gupta, R. Aggarwal, T. Hudson, B. Jia, S. Baumgartner, P. Jain, J. Kovac, J. Jung, A. Žužul, W. Truong, M. Zadimoghaddam, S. Peng, M. Liang, R. Sterneck, B. Lakshminarayanan, M. Reid, O. Woodman, T. Zhou, J. Wang, V. Coriou, A. Narayanan, J. Hoover, Y. Ma, A. Jindal, C. Sanford, D. Reid, S. Ramaswamy, A. Kurakin, R. Zimmermann, Y. Lunts, D. Dena, Z. Borsos, V. Cohen, S. Zhang, W. Grathwohl, R. Dadashi, M. Redshaw, J. Kessinger, J. Odell, S. Bonacina, Z. Dai, G. Chen, A. Dubey, P. Sprechmann, M. Pajarskas, W. Zhou, N. Ahuja, T. Thomas, M. Nikoltchev, M. Kecman, B. Mankalale, A. Ryabtsev, J. She, C. Walder, J. Shen, L. Li, C. Parada, S. Panthaplackel, O. Kwon, M. Lawlor, U. Prabhu, Y. Schroecker, M. Ranzato, P. Blois, I. Kemaev, T. Yu, D. Lepikhin, H. Xiong, S. Sharifzadeh, O. Johnson, J. Willcock, R. Yao, G. Farquhar, S. Basu, H. Shimokawa, N. Anderson, H. Li, K. Pham, Y. Liang, S. Borgeaud, A. Moufarek, H. Kazawa, B. Kutzman, M. Sieniek, S. Smoot, R. Wang, N. Axelsson, N. Fallen, P. Sundaram, Y. Zhai, V. Godbole, P. Maniatis, A. Wang, I. Shumailov, S. Thangaraj, R. Crocker, N. Gupta, G. Wu, P. Chen, G. Weisz, C. Smith, M. Seyedhosseini, B. Fang, X. Luo, R. Yogev, Z. Cankara, A. Hard, H. Ran, R. Sukthankar, G. Necla, G. Liu, H. Cai, P. Banzal, D. Keysers, S. Ghemawat, C. Tao, E. Dunleavy, A. Chaudhary, W. Li, M. Miłkuła, C.-Y. Lee, T. Refice, K. Somandepalli, A. Fréchet, D. Bahir, J. Karro, K. Rush, S. Perrin, B. Rosgen, X. Yang, C. H. Hu, M. Alnahlawi, J. Mao-Jones, R. Garg, H. Nguyen, B.-O. Batsaikhan, I. Iturrate, A. Levskaya, A. Singh, A. Kachra, T. Lu, D. Petek, Z. Xu, M. Graham, L. Zilka, Y. Karov, M. Kostelac, F. Liu, Y. Guo, W. Wang, B. Bohnet, E. Pitler, T. Bruguier, K. Kinoshita, C. Anastasiou, N. Jha, T. Liu, J. Connor, P. Wallis, P. Pham, E. Bailey, S. Li, H.-T. Cheng, S. Ma, H. Li, A. Maurya, K. Olszewska, M. Warmuth, C. Koh, D. Paulus, S. R. Jonnalagadda, E. Piqueras, A. Elqursh, G. Brown, H. Shemtov, L. Maggiore, F. Xia, R. Foley, B. Westberg, G. van den Driessche, L. B. Soares, A. Kar, M. Quinn, S. Zuo, J. Wu, K. Kastner, A. Bortsova, A. Bai, A. Mikhailap, L. Zhou, J. Brennan, V. Ramasesh, H. Zhuang, J. Maggs, J. Schalkwyk, Y. Xu, H. Huang, A. Howard, S. Brown, L. Xue, G. Shen, B. Albert, N. Jha, D. Zheng, V. Krayvanova, S. A. Hombaiah, O. Lacombe, G. Vasudevan, D. Graur, T. Xie, M. Gandhi, B. Wang, D. Zelle, H. Singh, D. Kim, S. Cevey, V. Ungureanu, N. Noy, F. Liu, A. Xie, F. Feng, K. Tsihlias, D. Formoso, N. Vats, Q. Wellens, Y. Wang, N. K. Bhumihar, S. Ghosh, M. Hoffman, T. Lieber, O. Lang, K. Bhatia, T. Paine, A. Pyne, R. Votel, M. C. Elish, B. Schillings, A. Panagopoulos, H. Yang, A. Raveret, Z. Yahav, S. Liu, D. E. Badawy, N. Agrawal, M. Badawi, M. Mirzazadeh, C. Bromberg, F. Ye, C. Liu, T. Sholokhova, G.-C. Muraru, G. Balasubramaniam, J. Malmaud, A. Carin, D. Martins, I. Jurenka, P. Botadra, D. Lacey, R. Singh, M. Schain, D. Zheng, I. Guyon, V. Lavrenko, S. Lee, X. Zhou, D. Hassabis, J. Challagundla, D. Cheng, N. Mehta, M. Mauger, M. Paganini, P. Mishra,

K. Lee, Z. Li, L. Baugher, O. Skopek, M. Chang, A. Zait, G. Menghani, L. Bellot, G. Han, J.-M. Sarr, S. Chikkerur, H. Sahni, R. Anil, A. Narayanan, C. Thekkath, D. Pighin, H. Strejček, M. Velic, F. Bertsch, M. Tragut, K. Rong, A. Parrish, K. Bailey, J. Park, I. Albuquerque, A. Bapna, R. Venkataraman, A. Kosik, J. Griesser, Z. Deng, A. Andreev, Q. Dou, K. Hui, F. Wei, X. Yu, L. Shu, A. Aharon, D. Barker, B. Ghazi, S. Flennerhag, C. Breaux, Y. Liu, M. Bilotti, J. Woodward, U. Alon, S. Winkler, T.-K. Huang, K. Andriopoulos, J. G. Oliveira, P. Koanantakool, B. Akin, M. Wunder, C. N. dos Santos, M. H. Bateni, L. Yang, D. Horgan, B. Changpinyo, K. Amiri, M. Ma, D. Lee, L. Liang, A. Baddepudi, T. Latkar, R. Hadsell, J. Xu, H. Mu, M. Han, A. Pope, S. Grover, F. Kim, A. Bhagatwala, G. Sun, Y. Bansal, A. Globerson, A. Nazari, S. Daruki, H. Soltau, J. Labanowski, L. E. Shafey, M. Harvey, Y. Ahmad, E. Rosenfeld, W. Kong, E. Pot, Y.-X. Tan, A. Wei, V. Langston, M. Prasetya, P. Veličković, R. Killam, R. Strudel, D. Ni, Z. Zhu, A. Archer, K. Kopparapu, L. Nguyen, E. Parisotto, H. Masoom, S. Addepalli, J. Grimstad, H. Hu, J. Moore, A. Hassidim, L. Hou, M. Raghavachari, J. Lichtarge, A. R. Brown, H. Dib, N. Ponomareva, J. Fu, Y. Zhang, A. Rahman, J. Iljazi, E. Leurent, G. Dulac-Arnold, C. Du, C. Asawaroengchai, L. Jin, E. Gruzewska, Z. Ji, B. Uria, D. D. Freitas, P. Barham, L. Beltrone, V. Campos, J. Yan, N. Kovelamudi, A. Nguyen, E. Davies, Z. Wu, Z. Egyed, K. Toutanova, N. Attaluri, H. Fei, P. Stys, S. Brahma, M. Izzard, S. Velusamy, S. Lundberg, V. Zhuang, K. Sequeira, A. Santoro, E. Amid, O. Aharoni, S. Ye, M. Sundararajan, L. Yu, Y.-C. Ling, S. Spencer, H. Song, J. Djolonga, C. Kirov, S. Gupta, A. Bissacco, C. Meyer, M. Bhutani, A. Dai, W. Wang, S. Liu, A. Sreevatsa, Q. Tan, M. Wang, L. Kim, Y. Wang, A. Irpan, Y. Xiao, S. Fort, Y. He, A. Gurney, B. Gale, Y. Ma, M. Roy, V. Patraucean, T. Bilal, G. Ghiasi, A. Hosseini, M. Johnson, Z. Li, Y. Tay, B. Beyret, K. Millican, J. Broder, M. Lunayach, D. Swisher, E. Vušak, D. Parkinson, M. Tessler, A. M. Gilady, R. Song, A. Dafoe, Y. Raimond, M. Yamaguchi, I. Karo, E. Nielsen, K. Kilgour, M. Dusenberry, R. Mathews, J. Choi, S. Qiao, H. Mehta, S. Potluri, C. Knutsen, J. Liu, T. Tan, K. Sengupta, K. Gopalakrishnan, A. Toki, M. Chiang, M. Burrows, G. Vesom, Z. Ahmed, I. Labzovsky, S. Vashishtha, P. Singh, A. Sharma, A. Ma, J. Xie, P. Talluri, H. Forbes-Pollard, A. Selvan, J. Wee, L. Matthey, T. Funkhouser, P. Gopavarapu, L. Proleev, C. Li, M. Thomas, K. Kolipaka, Z. Jia, A. Kakarla, S. Sunkara, J. Puigcerver, S. S. Sheth, E. Graves, C. Wang, S. M. Khan, K. Kang, S. Buch, F. Zhang, O. Savant, D. Soergel, K. Lee, L. Friso, X. Dong, R. Arya, S. Chandrakaladharan, C. Schenck, G. Billock, T. Iyer, A. Bakalov, L. Baker, A. Ruiz, A. Chandorkar, T. Trinh, M. Miecnikowski, Y. Zhou, Y. Huang, J. Nie, A. Shah, A. Thapliyal, S. Haves, L. Wang, U. Shaham, P. Morris-Suzuki, S. Radpour, L. Berrada, T. Strohmman, C. Yan, J. Shen, S. Goenka, T. Warkentin, P. Dević, D. Belov, A. Webson, M. Yenugula, P. Datta, J. Chang, N. Ghelani, A. Kumar, V. Perot, J. Lo, Y. Song, H. Schmit, J. Chen, V. Bashlovkina, X. Pan, D. Mincu, P. Roit, I. Edkins, A. Davis, Y. Li, B. Horn, X. Li, P. K. S, E. Doi, W. Zhu, S. G. S. Padmanabhan, S. Verma, J. Liu, H. Chen, M. Velimirović, M. Reynolds, P. Agrawal, N. Sukhanov, A. Modi, S. Goyal, J. Palowitch, N. Khajehnouri, W. Lowe, D. Klinghoffer, S. Silver, V. Tran, C. Schumann, F. Piccinno, X. Liu, M. Lučić, X. Yang, S. Kumar, A. Kannan, R. Kotikalapudi, M. Bansal, F. Fuchs, M. J. Hosseini, A. Abdelhamed, D. Bloxwich, T. Yu, R. Sang, G. Thornton, K. Gill, Y. Liu, V. Shejwalkar, J. Lin, Z. Yan, K. Han, T. Buschmann, M. Pliskin, Z. Xing, S. Tatineni, J. Zhang, S. Hsiao, G. Buttimore, M. Wu, Z. Li, G. Kovacs, L. Yeung, T. Huang, A. Cohen, B. Brownfield, A. Nowak, M. Rodriguez, T. Shi, H. van Hasselt, K. Cen, D. Ghoshal, K. Majmundar, W. Yu, Warren, Chen, D. Sinopalnikov, H. Zhang, V. Galić, D. Lu, Z. Zheng, M. Song, G. Wang, G. Citovsky, S. Gawde, I. Galatzer-Levy, D. Silver, I. Balazevic, D. Das, K. Majumder, Y. Cong, P. Dutta, D. Tran, H. Wan, J. Yuan, D. Eppens, A. Walton, B. Kim, H. Ragan, J. Cobon-Kerr, L. Liu, W. Wang, B. Petrini, J. Rae, R. Shivanna, Y. Xiong, C. Lee, P. Coquinot, Y. Gu, L. Patel, B. Hechtman, A. Boag, O. Jankowski, A. Wertheim, A. Lee, P. Covington, H. Noga, S. Sobell,

S. Vasanth, W. Bono, C. Nagpal, W. Fan, X. Garcia, K. Soparkar, A. Turker, N. Howard, S. Menon, Y. Chen, V. Verma, V. Pchelina, H. Rajamani, V. Dalibard, A. Ramalho, Y. Guo, K. Badola, S. Bang, N. Rauschmayr, J. Proskurnia, S. Dasari, X. Chen, M. Sushkov, A. Hauth, P. Sho, A. Singh, B. Chandra, A. Culp, M. Dylla, O. Bachem, J. Besley, H. Zhao, T. Lillicrap, W. Wei, W. A. Jishi, N. Niu, A. Rrustemi, R. L. Kaufman, R. Poplin, J. Zhao, M. Truong, S. Bharadwaj, E. Hlavnova, E. Stickgold, C. Schmid, G. Stephanov, Z. Leng, F. Liu, L. Hussenot, S. Dodhia, J. V. Franco, L. Katzen, A. Sharma, S. Cogan, Z. Yang, A. Ray, S. Caelles, S. Yan, R. Kumar, D. Gillick, R. Wong, J. Ainslie, J. Hoech, S. Arnold, D. Abolafia, A. Dragan, B. Hora, G. Hu, A. Guseynov, Y. Lu, C. Lechner, J. Rao, A. Goyal, N. Baddi, D. H. Diaz, T. McConnell, M. Bain, J. Abernethy, Q. Yan, R. Schaeffer, P. Vicol, W. Thompson, M. G. Arenas, M. Bellaiche, P. Barrio, S. Zinke, R. Patana, P. Mehta, J. Kearns, A. Ruderman, S. Pollom, D. D'Ambrosio, C. Hope, Y. Yu, A. Gesmundo, K.-H. Lee, A. Rosenberg, Y. Zhou, Y. Li, D. Garmon, Y. Wu, S. Huda, G. Fidel, M. Baeuml, J. Li, P. Kirk, R. May, T. Tu, S. M. Carthy, T. Fukuzawa, M. Aperghis, C.-K. Yeh, T. Yoshino, B. Li, A. Myers, K. Yao, B. Limonchik, C. Ryu, R. Saxena, A. Goldin, R. Zhao, R. Rhodes, T. Zhu, D. Tyam, H. Howard, N. Byrd, H. Ma, Y. Wu, R. Mullins, Q. Wang, A. Amini, S. Baur, Y. Mao, S. Venugopalan, W. Song, W. Ding, P. Collins, S. Reddi, M. Shum, A. Rusu, L. Zintgraf, K. Chan, S. Goenka, M. Blondel, M. Collins, R. Pan, M. Giustina, N. Chinaev, C. Schuler, C. Zheng, J. Valfridsson, A. Loo, A. Yakubovich, J. Smith, T. Jiang, R. Munoz, G. Barcik, R. Bansal, M. Yang, Y. Du, P. Duque, M. Phuong, A. Belias, K. Lad, Z. Liu, T. Schuster, K. Duddu, J. Hu, P. Kunkle, M. Watson, J. Tolins, J. Smith, D. Teplyashin, G. Bingham, M. Ritter, M. Andreetto, D. Pitta, M. Patel, S. Viswanadha, T. Strohmaier, C. Ionescu, J. Luo, Y. Kalley, J. Wiesner, D. Deutsch, D. Lockhart, P. Choy, R. Dangovski, C. Sitawarin, C. Graves, T. Lando, J. van Amersfoort, N. Elue, Z. Huo, P. Moradi, J. Tarbouriech, H. Michalewski, W. Ye, E. Kim, A. Druinsky, F. Altché, X. Chen, A. Dwornik, D.-C. Juan, R. Moroshko, H. Toma, J. Kahn, H. Qian, M. Sieb, I. Cai, R. Goldenberg, P. Netrapalli, S. Raghuram, Y. Gong, L. Fan, E. Palmer, Y. Matias, V. Gabeur, S. Pathak, T. Ouyang, D. Metzler, G. Bacon, S. Venkatachary, S. Thiagarajan, A. Cullum, E. Ofek, V. Sakenas, M. Hammad, C. Magalhaes, M. Daswani, O. Chang, A. Popat, R. Li, K. Jalan, Y. Hou, J. Lipschultz, A. He, W. Jia, P. G. Sessa, P. Kolhar, W. Wong, S. Singh, L. Haas, J. Whang, H. Klimczak-Plucińska, G. Rotival, G. Chung, Y. Hua, A. Siddiqui, N. Serrano, D. Chen, B. Porter, L. Bai, K. Shivam, S. Arora, P. Talukdar, T. Cogley, S. Bhardwaj, E. Gladchenko, S. Green, K. Guu, F. Fischer, X. Wu, E. Wang, A. Singhal, T. Matejovicova, J. Martens, H. Li, R. Patel, E. Kemp, J. Pan, L. Wang, B. J. Chen, J.-B. Alayrac, N. Potti, E. Gemzer, E. Ie, K. McKinney, T. Saeki, E. Chou, P. Lamblin, S. Mah, Z. Fisher, M. Chadwick, J. Stritar, O. Sarvana, A. Hogue, A. Shtefan, H. Hashemi, Y. Xu, J. Gu, S. Vikram, C.-C. Chang, S. Ramos, L. Kilpatrick, W. Xi, J. Brennan, Y. Sun, A. Jindal, I. Gog, D. Chen, F. Wu, J. Lee, S. Kopalle, S. Bhojanapalli, O. Vinyals, N. Potikha, B. K. Ayan, Y. Yuan, M. Riley, P. Stanczyk, S. Kishchenko, B. Wang, D. Garrette, A. Yang, V. Feinberg, C. Carey, J. Azizi, V. Shah, E. Moreira, C. Shi, J. Feldman, E. Salesky, T. Lampe, A. Pappu, D. Kim, J. Adler, A. Caciularu, B. Walker, Y. Xu, Y. Blau, D. Scandinaro, T. Huang, S. El-Husseini, A. Sinha, L. Ren, T. Tobin, P. Sundberg, T. Sohn, V. Yadav, M. Ly, E. Xue, J. Xiong, A. S. Soudagar, S. Mondal, N. Khadke, Q. Ren, B. Vargas, S. Bileschi, S. Chakera, C. Wang, B. Wang, Y. Halpern, J. Jiang, V. Sindhvani, P. Petrov, P. Ponnuramu, S. V. Mehta, Y. Watanabe, B. Chan, M. Wisniewski, T. Pham, J. Zhang, C. Li, D. de Cesare, A. Khurshudov, A. Vasilloff, M. Tan, Z. Ashwood, B. Shahriari, M. Majzoubi, G. Tanzer, O. Kozlova, R. Alazard, J. Lee-Thorp, N. M. Phu, I. Tian, J. Ahn, A. Crawford, L. Lax, Y. Shangquan, I. Naim, D. Ross, O. Ferludin, T. Guo, A. Banino, H. Soyer, X. Ju, D. Rogozińska, I. Malhi, M. Valentine, D. Balle, A. Kulshreshtha, M. Kula, Y. Song, S. Austin, J. Schultz, R. Hirsch, A. Douillard,

A. Reddy, M. Fink, S. Yue, K. Gupta, A. Zhang, N. Rink, D. McDuff, L. Meng, A. György, Y. Razeghi, R. Liang, K. Osawa, A. Atias, M. Eyal, T. Hill, N. Grigorev, Z. Wang, N. Kulkarni, R. Soh, I. Lobov, Z. Charles, S. Lall, K. Hashimoto, I. Kessler, V. Gomes, Z. Mariet, D. Driess, A. Agostini, C. Akbulut, J. Hu, M. Ikonomidis, E. Caveness, K. Audhkhasi, S. Agrawal, I. Bica, E. Senter, J. Mudigonda, K. Chen, J. Ye, X. Wang, J. Svensson, P. Fränken, J. Newlan, L. Lao, E. Schnider, S. Alabed, J. Kready, J. Emond, A. Halumi, T. Zaman, C. Ye, N. Raisinghani, V. Meshram, B. Chang, A. S. Rawat, A. Stjerngren, S. Levi, R. Wang, X. Long, M. Rasquinha, S. Hand, A. Mavalankar, L. Agubuzu, S. Roy, J. Chen, J. Wilkiewicz, H. Zhou, M. Jastrzebski, Q. Hu, A. D. Lago, R. S. Boppana, W.-J. Ko, J. Prendki, Y. Su, Z. Li, E. Rutherford, G. R. Rao, R. Comanescu, A. Puigdomènech, Q. Chen, D. Petrova, C. Chan, V. Milutinovic, F. T. Ferreira, C.-Y. Cheng, M. Zhang, T. Dey, S. Yang, R. Sampath, Q. Le, H. Zhou, C.-C. Lin, H. Lam, C. Kaeser-Chen, K. Hui, D. Hirsch, T. Eccles, B. Mustafa, S. Rijhwani, M. Rivière, Y. Xu, J. Wang, X. Geng, X. Si, A. Khare, C. Kim, V. Mirrokni, K. Lee, K. Baatarsukh, N. Braun, L. Wang, P. LV, R. Tanburn, Yuvein, Zhu, F. Li, S. Ariafar, D. Goldberg, K. Burke, D. Mirylenka, M. Guo, O. Ronneberger, H. N. Vogel, L. Cheng, N. Shetty, J. Jia, T. Jimma, C. Fry, T. Xiao, M. Sundermeyer, R. Burnell, Y. Assael, M. Pinto, J. Chen, R. Sathyanarayana, D. Cho, J. Lu, R. Agarwal, S. Basu, L. Gonzalez, D. Shah, M. Wei, D. Mahaarachchi, R. Agrawal, T. Rissa, Y. Donchev, R. Leal-Cavazos, A. Hutter, M. Mircea, A. Jacovi, F. Ahmed, J. Zhang, S. Hu, B.-J. Chen, J. Kanerva, G. Desjardins, A. Lee, N. Parotsidis, A. Mujika, T. Weyand, J. Snoek, J. Chick, K. Chen, P. Chang, E. Mahintorabi, Z. Wang, T. Powell, O. Keller, A. Gupta, C. Sha, K. Garg, N. Heess, Ágoston Weisz, C. Hardin, B. Wydrowski, B. Coleman, K. Zainullina, P. Joshi, A. Epasto, T. Spitz, B. Xiong, K. Zhao, A. Klimovskiy, I. Zheng, J. Ferret, I. Yona, W. Khawaja, J.-B. Lespiau, M. Krikun, S. Shakeri, T. Cour, B. Li, I. Krivokon, D. Suh, A. Hofer, J. A. Abdallah, N. Putikhin, O. Akerlund, S. Lattanzi, A. Kumar, S. Settle, H. Srivastava, F. Campbell-Ajala, E. Rosseel, M. D. Istin, N. Dikkala, A. Rao, N. Young, K. Lin, D. Bhaswar, Y. Wang, J. S. Elias, K. Muralidharan, J. Keeling, D. Du, S. Gopal, G. Dibb, C. Blundell, M. Delakis, J. Liang, M. T. Ribeiro, G. Karadzhov, G. Garrido, A. Bapna, J. Cao, A. Sadovsky, P. Tafti, A. Guez, C. Devin, Y. Di, J. Xing, Chuqiao, Xu, H. Lin, C.-T. Chu, S. Ponda, W. Helmholz, F. Yang, Y. Gao, S. Javanmardi, W. Farhan, A. Ramirez, R. Figueira, K. C. Sim, Y. Bahat, A. Vaswani, L. Yuan, G. Zhang, L. Rechis, H. Dai, T. Oguntebi, A. Cordell, E. Rives, K. Tekelioglu, N. Kumar, B. Zhang, A. Zhou, N. Savinov, A. Leach, A. Tudor, S. Ganapathy, Y. Zheng, M. Rossini, V. Axelrod, A. Autef, Y. Zhu, Z. Zheng, M. Zhang, B. Sun, J. Ren, N. Tomasev, N. Kannen, A. Sinha, C. Chen, L. O'Bryan, A. Pak, A. Kusupati, W. Yang, D. Ramachandran, P. Griffin, S. Kim, P. Neubeck, C. Schiff, T. Spalink, M. Ling, A. Nair, G.-Y. Joun, L. Deng, A. Bhoopchand, L. Aroyo, T. Duerig, J. Griffith, G. Barth-Maron, J. Ades, A. Haig, A. Taly, Y. Song, P. Michel, D. Orr, D. Weesner, C. Tallec, C. G. Bostock, P. Niemczyk, A. Twigg, M. Verma, R. Vallu, H. Wang, M. Gelmi, K. Sodhia, A. Chuklin, O. Goldman, J. George, L. Bai, K. Zhang, P. Sirkovic, E. Nehoran, G. Pundak, J. Mu, A. Chen, A. Greve, P. Zacchello, D. Amos, H. Ge, E. Noland, C. Bishop, J. Dudek, Y. Namiki, E. Buchatskaya, J. Li, D. Sadigh, M. Samsikova, D. Malkin, D. Vincent, R. David, R. Willoughby, P. Meadowlark, S. Gao, Y. Li, R. Apte, A. Jhindal, S. X. Lin, A. Polozov, Z. Wang, T. Mery, A. GP, V. Yerram, S. Stevens, T. Liu, N. Fiedel, C. Sutton, M. Johnson, X. Song, K. Baumli, N. Shabat, M. Mohammad, H. Liu, M. Selvi, Y. Zhou, M. H. Manshadi, C. ling Ko, A. Chen, M. Bendersky, J. G. Mendez, N. Kothari, A. Zandieh, Y. Huang, D. Andor, E. Pavlick, I. Brusilovsky, J. Harlalka, S. Goldman, A. Lampinen, G. Li, A. Ushio, S. Gupta, L. Zhang, C. K. Fu, M. Sewak, T. Denk, J. Borovik, B. Jou, A. Zipori, P. Jain, J. Bai, T. Luong, J. Tompson, A. Li, L. Liu, G. Powell, J. Shen, A. Feng, G. Chole, D. Yu, Y. Chow, T. Yin, E. Malmi, K. Xiao, Y. Pande, S. Paul, N. D. Santo, A. Dostmohamed, S. Guadarrama, A. Phillips, T. S. Pillai, G. Yona, A. Ghafouri, P. Lahoti,

B. Lee, D. Madeka, E. Sezener, S. Tokumine, A. Collister, N. D. Cao, R. Shin, U. Kalra, P. Beak, E. Nottage, R. Nakashima, I. Jurin, V. Schwag, M. Gaba, J. Zeng, K. R. McKee, F. Pereira, T. Yakar, A. Panda, A. Dhar, P. Zhong, D. Sohn, M. Brand, L. L. Sjoesund, V. Carpenter, S. Lin, S. Thakoor, M. Wainwright, A. Chaugule, P. Srinivasan, M. Zhu, B. Orlando, J. Weber, A. Wahid, G. Baechler, A. Suman, J. Mitrović, G. Taubman, H. Yu, H. King, J. Dillon, C. Yip, D. Varma, T. Izo, L. Bolelli, B. D. B. Pigem, J. D. Trapani, F. Iliopoulos, A. Paszke, N. Ranka, J. Zou, F. Pongetti, J. McGiffin, A. Siegman, R. Galt, R. Hemsley, G. Žužić, V. Carbune, T. Li, M. Ott, F. de Chaumont Quitry, D. V. Torres, Y. Chervonyi, T. Tsai, P. Eruvbetine, S. Yang, M. Denton, J. Walker, S. Andačić, I. H. Shtacher, V. Premachandran, H. T. Lehri, C. Baetu, D. Yates, L. Lamprou, M. Inuma, I. Mihailescu, B. Albrecht, S. Dave, S. Sargsyan, B. Perozzi, L. Manning, C. Zhang, D. Vnukov, I. Mordatch, R. H. W. Macherey, R. Kappedal, J. Stephan, A. Tripathi, K. Macherey, J. Qian, A. Bhowmick, S. Azizi, R. Leblond, S. M. R. Garlapati, T. Knight, M. Wiethoff, W.-C. Hung, A. Angelova, G. Evangelopoulos, P. Janus, D. Paparas, M. Rahtz, K. Caluwaerts, V. Sampathkumar, D. Jarrett, S. Noghabi, A. Miech, C. Yeung, G. Clark, H. Prior, F. Zheng, J. Pouget-Abadie, I. Bhattacharya, K. Krishna, W. Bishop, Z. Yuan, Y. Deng, A. Sathe, K. Krasowiak, C. Chelba, C.-J. Hsieh, K. Vodrahalli, B. Liu, T. Köppe, A. Khalifa, L. Litchev, P. Charoenpanit, R. Roberts, S. Yadav, Y. Onoe, D. Ivanov, M. Mohabey, V. Birodkar, N. Rakićević, P. Sermanet, V. Mehta, K. Subudhi, T. Choma, W. Ng, L. He, K. Wang, T. Kementsietsidis, S. Gu, M. Gupta, A. Nystrom, M. Kazemi, T. Chung, N. Cano, N. Dhawan, Y. Wang, J. Xia, T. Yacovone, E. Jia, M. Chen, S. Ivanov, A. Sheshan, S. Dalmia, P. Stradomski, P. Yin, S. Haykal, C. Wang, D. Duan, N. Bulut, G. Kochanski, L. MacDermed, N. Godbole, S. Weng, J. Chen, R. Fellingner, R. Mehran, D. Suo, H. Husain, T. He, K. Patel, J. Howland, R. Parker, K. Nguyen, S. Maddineni, C. Rawles, M. Khan, S. Cohen-Ganor, A. Mandhane, X. Wu, C. Kuang, I. Comşa, R. Ganeshan, H. Sedghi, A. Bloniarz, N. W. Pierse, A. Briukhov, P. Mitrichev, A. Gergely, S. Zhan, A. Zhou, N. Saxena, E. Lu, J. Dean, A. Gupta, N. Perez-Nieves, R. Wu, C. McLean, W. Liang, D. Jindal, A. Tsitsulin, W. Yu, K. Alarakyia, T. Schaul, P. Patil, P. Sung, E. Peake, H. Yu, F. Behbahani, J. Co-Reyes, A. Ansell, S. Sun, C. Barbu, J. Lee, S. Noury, J. Allingham, B. Piot, M. Sharma, C. Yew, I. Korotkov, B. Xu, D. Brady, G. Petrovic, S. Mourad, C. Cui, A. Gupta, P. Schuh, S. Khanna, A. Goldie, A. Arora, V. Zubov, A. Stuart, M. Epstein, Y. Zhu, J. Liu, Y. Stuken, Z. Wang, K. Misiunas, D. Guo, A. Gill, A. Hartman, Z. Nabulsi, A. Roy, A. Faust, J. Riesa, B. Withbroe, M. Wang, M. Tagliasacchi, A. Marzoca, J. Noraky, S. Toropov, M. Mehrotra, B. Raad, S. Deur, S. Xu, M. Monteiro, Z. Wu, Y. Luan, S. Ritter, N. Li, H. Garnes, Y. He, M. Zlocha, J. Zhu, M. Hessel, W. Wu, S. R. Babbula, C. Kawamoto, Y. Li, M. Hassen, Y. Wang, B. Wieder, J. Freedman, Y. Zhang, X. Bai, T. Yu, D. Reitter, X. Sheng, M. Wirth, A. Kini, D. Damen, M. Gao, R. Hornung, M. Voznesensky, B. Roark, A. Kuncoro, Y. Zhou, R. Shah, A. Brohan, K. Chen, J. Wendt, D. Rim, P. K. Rubenstein, J. Halcrow, M. Liu, T. Geri, Y. Sung, J. Shapiro, S. Bijwadia, C. Duvarney, C. Sorokin, P. Natsev, R. Ingle, P. Gupta, Y. Maeng, N. Ndebele, K. Zhu, V. Anklin, K. Lee, Y. Liu, Y. Akulov, S. Gupta, G. Su, F. Prost, T. Liu, V. Kovalev, P. Moreno, M. Scholz, S. Redmond, Z. Zhou, A. Castro-Ros, A. S. Pinto, D. Kharrat, M. Yarom, R. Saputro, J. Bulian, B. Caine, J. Liu, A. Abdolmaleki, S. Iqbal, T. Misiunas, M. Sirotenko, S. Garg, G. Bensky, H. Gui, X. Wang, R. Koster, M. Bernico, D. Huang, R. Thoppilan, T. Cohn, B. Golan, W. Zhou, A. Rosenberg, M. Freitag, T. Gangwani, V. Tsang, A. Shukla, X. Ren, M. Giang, C. Zou, A. Elisseeff, C. L. Lan, D. Dua, S. Lall, P. Shyam, F. Garcia, S. Nguyen, M. Guzman, A. Maschinot, M. Maggioni, M.-W. Chang, K. Gregor, L. Weerts, K. Venkatesan, B. Damoc, L. Liu, J. Wassenberg, L. Ho, B. Roelofs, M. Hadian, F.-X. Aubet, Y. Liang, S. Lachgar, D. Karmon, Y. Cheng, A. Vázquez-Reina, A. Chen, Z. Dai, A. Brock, S. Agrawal, C. Pang, P. Garst, M. Sanchez-Vargas, I. Rendulic,

- A. Ayyar, A. Ražnatović, O. Ma, R. Vij, N. Sharma, A. Balakrishna, B. Liu, I. Mackinnon, S. Baltateanu, P. Poklukar, G. Ibagon, C. Ji, H. Jiao, I. Noble, W. Stokowiec, Z. Li, J. Dean, D. Lindner, M. Omernick, K. Chiafullo, M. Dimarco, V. Rodrigues, V. Selo, G. Honke, Xintian, Wu, W. He, A. Hillier, A. Mohananeey, V. Piratla, C. Ye, C. Malik, S. Riedel, S. Albanie, Z. Yang, K. Vassigh, M. Bauza, S. Li, Y. Tao, N. Wichers, A. Maksai, A. Ittycheriah, R. Mcilroy, B. Seybold, N. Goodman, R. Datta, S. M. Hernandez, T. Shi, Y. Kochinski, A. Bulanova, K. Franko, M. Sazanovich, N. FitzGerald, P. Kacham, S. S. Raghvendra, V. Hellendoorn, A. Grushetsky, J. Salazar, A. Lazaridou, J. Chang, J.-T. Peter, S. Kaffle, Y. Dauphin, A. Rao, F. Graziano, I. Shafran, Y. Liao, T. Ding, G. Yan, G. Chu, Z. Fu, V. Roulet, G. Rasskin, D. Williams, S. Drath, A. Mossin, R. Hoffmann, J. Orbay, F. Bertolini, H. Sheftel, J. Chiu, S. Xue, Y. Kuang, F. Naeem, S. Nath, N. Nti, P. Culliton, K. Krishnakumar, M. Isard, P. Sun, A. Chakrabarti, N. Clement, R. Cohen, A. Wongpanich, G. Oh, A. Murthy, H. Zheng, J. Hamrick, O. Bunyan, S. Ganesh, N. Gupta, R. Frostig, J. Wieting, Y. Malkov, P. Marcenac, Zhixin, Lai, X. Tang, M. Saleh, F. Zubach, C. Kulkarni, H. Zhou, V. Zayats, N. Ding, A. Tripathi, A. Pramanik, P. Zochbauer, H. Ganapathy, V. Misra, Z. Behrman, H. Vallet, M. Zhang, M. Sridhar, Y. Jin, M. Babaeizadeh, S. Pöder, M. Goel, D. Jain, T. Nasir, S. Mittal, T. Dozat, D. Ardila, A. Severyn, F. Pardo, S. Jerome, S. Qin, L. Rouillard, A. Yazdanbakhsh, Z. Zhang, S. Agrawal, K. Shivakumar, C. Lu, P. Kallakuri, R. Chhaparia, K. Rao, C. Kwong, A. Fadeeva, S. Nigam, Y. Virin, Y. Zhang, B. Venkatraman, B. Gunel, M. Wilson, H. Wang, A. Gupta, X. Xu, A. A. Taïga, K. Mohamed, D. Fritz, D. Rodriguez, Z. Ghahramani, H. Askham, L. Belenki, J. Zhao, R. Gupta, K. Jastrzębski, T. Kosakai, K. Katircioglu, J. Schneider, R. Panigrahy, K. Bousmalis, P. Grabowski, P. Ramachandran, C. Hegde, M. Rosca, A. S. Scarpati, K. Axiotis, Y. Xu, Z. Gleicher, A. H. Michaely, M. Sharma, S. Jain, C. Hirnschall, T. Marian, X. Jia, K. Mather, K. Gupta, L. Qiu, N. Nayakanti, L. Ionita, S. Zheng, L. Loher, K. Shuster, I. Petrovski, R. Sharma, R. Chaabouni, A. Yeh, J. An, A. Gupta, S. Schwarcz, S. Ellis, S. Conway-Rahman, J. Snaider, A. Zhai, J. Atwood, D. Golovin, L. Peng, T. I, V. Xia, S. Scellato, M. Malihi, A. Bražinskas, V.-D. Ion, Y. Jun, J. Swirhun, S. Mariooryad, J. Sun, S. Chien, R. Coaguila, A. Brand, Y. Gao, T. Kwiatkowski, R. Aharoni, C.-C. Lee, M. Žanić, Y. Zhang, D. Ethier, V. Nikolaev, P. Nair, Y. B. Shalom, H. Fitoussi, J. Gupta, H. Liu, D. Cattle, T. Bolukbasi, B. Murdoch, F. Huot, Y. Li, C. Hahn, U. Khandelwal, F. Benzing, A. Conmy, A. Simanovsky, F. Beaufays, E. Weinstein, T. Chen, L. Leonhard and B. Ramabhadran, *Gemini 2.5: Pushing the Frontier with Advanced Reasoning, Multimodality, Long Context, and Next Generation Agentic Capabilities*, 2025, <https://arxiv.org/abs/2507.06261>.
- [7] M. Ansari and S. M. Moosavi, *Digital Discovery*, 2024, **3**, 2607–2617.
- [8] S. Ghosh and A. Tewari, *Computational Materials Science*, 2026, **265**, 114521.
- [9] T. Doshi and the Gemini Team, *Gemini 3 Flash: frontier intelligence built for speed*, <https://blog.google/products-and-platforms/products/gemini/gemini-3-flash/>, 2025, Google blog post.
- [10] *DeepSeek-V3-0324 Release*, <https://api-docs.deepseek.com/news/news250325>, 2025, Accessed: 2025-05-16.
- [11] DeepSeek-AI, A. Liu, A. Mei, B. Lin, B. Xue, B. Wang, B. Xu, B. Wu, B. Zhang, C. Lin, C. Dong, C. Lu, C. Zhao, C. Deng, C. Xu, C. Ruan, D. Dai, D. Guo, D. Yang, D. Chen, E. Li, F. Zhou, F. Lin, F. Dai, G. Hao, G. Chen, G. Li, H. Zhang, H. Xu, H. Li, H. Liang, H. Wei, H. Zhang, H. Luo, H. Ji, H. Ding, H. Tang, H. Cao, H. Gao, H. Qu, H. Zeng, J. Huang, J. Li, J. Xu, J. Hu, J. Chen, J. Xiang, J. Yuan, J. Cheng, J. Zhu, J. Ran, J. Jiang, J. Qiu, J. Li,

J. Song, K. Dong, K. Gao, K. Guan, K. Huang, K. Zhou, K. Huang, K. Yu, L. Wang, L. Zhang, L. Wang, L. Zhao, L. Yin, L. Guo, L. Luo, L. Ma, L. Wang, L. Zhang, M. S. Di, M. Y. Xu, M. Zhang, M. Zhang, M. Tang, M. Zhou, P. Huang, P. Cong, P. Wang, Q. Wang, Q. Zhu, Q. Li, Q. Chen, Q. Du, R. Xu, R. Ge, R. Zhang, R. Pan, R. Wang, R. Yin, R. Xu, R. Shen, R. Zhang, S. H. Liu, S. Lu, S. Zhou, S. Chen, S. Cai, S. Chen, S. Hu, S. Liu, S. Hu, S. Ma, S. Wang, S. Yu, S. Zhou, S. Pan, S. Zhou, T. Ni, T. Yun, T. Pei, T. Ye, T. Yue, W. Zeng, W. Liu, W. Liang, W. Pang, W. Luo, W. Gao, W. Zhang, X. Gao, X. Wang, X. Bi, X. Liu, X. Wang, X. Chen, X. Zhang, X. Nie, X. Cheng, X. Liu, X. Xie, X. Liu, X. Yu, X. Li, X. Yang, X. Li, X. Chen, X. Su, X. Pan, X. Lin, X. Fu, Y. Q. Wang, Y. Zhang, Y. Xu, Y. Ma, Y. Li, Y. Li, Y. Zhao, Y. Sun, Y. Wang, Y. Qian, Y. Yu, Y. Zhang, Y. Ding, Y. Shi, Y. Xiong, Y. He, Y. Zhou, Y. Zhong, Y. Piao, Y. Wang, Y. Chen, Y. Tan, Y. Wei, Y. Ma, Y. Liu, Y. Yang, Y. Guo, Y. Wu, Y. Wu, Y. Cheng, Y. Ou, Y. Xu, Y. Wang, Y. Gong, Y. Wu, Y. Zou, Y. Li, Y. Xiong, Y. Luo, Y. You, Y. Liu, Y. Zhou, Z. F. Wu, Z. Z. Ren, Z. Zhao, Z. Ren, Z. Sha, Z. Fu, Z. Xu, Z. Xie, Z. Zhang, Z. Hao, Z. Gou, Z. Ma, Z. Yan, Z. Shao, Z. Huang, Z. Wu, Z. Li, Z. Zhang, Z. Xu, Z. Wang, Z. Gu, Z. Zhu, Z. Li, Z. Zhang, Z. Xie, Z. Gao, Z. Pan, Z. Yao, B. Feng, H. Li, J. L. Cai, J. Ni, L. Xu, M. Li, N. Tian, R. J. Chen, R. L. Jin, S. S. Li, S. Zhou, T. Sun, X. Q. Li, X. Jin, X. Shen, X. Chen, X. Song, X. Zhou, Y. X. Zhu, Y. Huang, Y. Li, Y. Zheng, Y. Zhu, Y. Ma, Z. Huang, Z. Xu, Z. Zhang, D. Ji, J. Liang, J. Guo, J. Chen, L. Xia, M. Wang, M. Li, P. Zhang, R. Chen, S. Sun, S. Wu, S. Ye, T. Wang, W. L. Xiao, W. An, X. Wang, X. Sun, X. Wang, Y. Tang, Y. Zha, Z. Zhang, Z. Ju, Z. Zhang and Z. Qu, *DeepSeek-V3.2: Pushing the Frontier of Open Large Language Models*, 2025, <https://arxiv.org/abs/2512.02556>.